

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証
【開発実証事業】

ローカル5Gを活用したドラマ映像制作の
合理化に向けた実証

成果報告書

令和5年3月

株式会社NHKエンタープライズ

目次

1.	実証概要	4
1.1	背景・目的	4
1.2	実証の概要	7
2.	実証環境の構築	9
2.1	対象周波数帯	9
2.2	実施環境	9
2.3	ネットワーク・システム構成	13
2.4	システム機能・性能・要件	27
2.5	その他	29
2.5.1	実証システムの拡張性等	29
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策	30
3.	ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）	32
3.1	実証概要	32
3.2	実証環境	32
3.3	実施事項	33
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化	33
3.3.2	エリア構築の柔軟性向上	33
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発	113
3.3.4	基本的な電波伝搬データの取得	238
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）	258
4.1	実証概要	258
4.1.1	背景となる課題	258
4.1.2	本実証におけるローカル 5G 活用モデル	268
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性	289
4.1.4	実証目標	291
4.2	実証環境	293
4.3	実施事項	295
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証	295
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証	375
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討	412
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開	416

5.	普及啓発活動の実施	433
5.1	映像制作	433
5.2	実証視察会の実施	433
5.3	その他普及啓発活動	434
6.	実施体制	435
6.1	実施体制の全体像	435
6.2	実施体制内の役割	436
7.	スケジュール	438

1. 実証概要

1.1 背景・目的

(1) 映画やドラマ等の制作フローの非効率性

1929年BBCがテレビ放送を始めて以来、世界各地でテレビ放送局が設立され、日本では1953年NHKが放送開始した。国内の地上系放送事業者数は2020年末時点で529社となっており、依然として日常的に身近な情報メディアとなっている（図1-1参照）。

年度末		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
地上系	テレビジョン放送（単営）	VHF	16	16	93	93	94	94	98	94	94	95	95	95	
		UHF	77	77											
	ラジオ放送（単営）	中波（AM）放送	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	
		超短波（FM）放送		290	298	307	319	332	338	350	356	369	377	384	384
			うちコミュニティ放送	237	246	255	268	281	287	299	304	317	325	332	334
		短波	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	テレビジョン放送・ラジオ放送（兼営）	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	32	32	32	
	文字放送（単営）	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	マルチメディア放送				1	1	1	4	4	4	6	6	2		
	小計	432	440	449	461	475	481	500	502	515	526	533	529		
衛星系	衛星基幹放送	BS放送	16	20	20	20	20	20	20	19	19	22	22	20	
		東経110度CS放送	13	13	13	22	23	23	23	23	20	20	20	20	
	衛星一般放送	91	91	82	65	45	7	5	4	4	4	4	4		
	小計	113	113	108	92	72	46	44	41	39	41	41	39		
ケーブルテレビ	登録に係る有線一般放送（自主放送を行う者に限る）	旧許可施設による放送（自主放送を行う者に限る）	517	502	556	545	539	520	510	508	504	492	471	-	
		旧有線役務利用放送	23	26											
		うちIPマルチキャスト放送	5	5	5	4	3	3	3	5	5	5	5	-	
	小計	540	528	556	545	539	520	510	508	504	492	471	-		

- ※1 2015年度末のテレビジョン放送（単営）の数には、移動受信地上基幹放送を行っていた者（5者。うち1者は地上基幹放送を兼営）を含む。
- ※2 衛星系放送事業者については、2011年6月に改正・施行された放送法に基づき、BS放送及び東経110度CS放送を衛星基幹放送、それ以外の衛星放送を衛星一般放送として位置づけている。
- ※3 衛星系放送事業者について、「BS放送」、「東経110度CS放送」及び「衛星一般放送」の2以上を兼営している者があるため、それぞれの欄の合計と小計欄の数値とは一致しない。また、2011年度以降は放送を行っている者に限る。
- ※4 ケーブルテレビについては、2010年度までは旧有線テレビジョン放送法に基づく旧許可施設事業者及び旧電気通信役務利用放送法に基づく登録事業者。2011年度以降は、放送法に基づく有線電気通信設備を用いて自主放送を行う登録一般放送事業者。（なお、IPマルチキャスト放送については、2010年度までは旧有線役務利用放送の内数、2011年度以降は有線電気通信設備を用いて自主放送を行う登録一般放送事業者の内数。）

図 1-1 民間放送事業者数の推移

（引用）令和3年総務省情報通信白書

一方で近年、若年層を中心に「テレビ離れ」が顕在化する中、放送市場規模及びテレビ広告市場規模は縮小傾向にあり、それに伴って番組制作費も減少している。このような背景から、放送事業者及び映像制作会社の経営改善のため、番組制作フローを見直しコスト構造を改善することが課題となっている。

放送事業者及び映像制作会社の番組等の制作フローは、企画・脚本等のプリプロダクションフェーズ、撮影等のプロダクションフェーズ、編集等のポストプロダクションフェーズに大別さ

れるが、上記の背景を踏まえたこれまでの制作費削減の取組は、削減が比較的容易なクリエイティブに関連する部分が多いプリプロダクションフェーズを中心に行われることが多く、それがコンテンツの品質低下につながり、かえって「テレビ離れ」を助長しかねないという懸念がある。そこで、放送関連業界ではプロダクション及びポストプロダクションに該当する撮影業務フロー及び編集業務フローの改善が求められている。

① 撮影業務フローの課題

テレビ放送開始から今日まで様々なコンテンツが生み出されるとともに、技術の進化によりコンテンツの品質も発展してきた。映像品質についてはモノクロからカラーへ、SD からハイビジョンそして 4K/8K へ、音響品質についてもモノラルからステレオ、5.1 や 22.2 チャンネルなどへとユーザーインターフェースシステムも変わり、現在では高い映像・音響品質でニュース、ドキュメンタリー、ドラマ、スポーツ、音楽エンターテインメント、教育など多様なジャンルで番組が提供されている。

上記のコンテンツタイプの多様化及び品質の向上に伴い、映像伝送システム、収録システム、送出システム、編集システムなどワークフローも大きく変化してきているが、およそ 100 年のテレビ放送の歴史において、まだ変わらないのがケーブルや中継車（※1）を前提とした制作ワークフローである。ニュース、音楽、スポーツ、ドラマなどいずれの番組でも複数のカメラを使用する際には、依然として収録機材や送出機等をケーブルで接続し、中継車でこれらの機器やケーブルを管理して制作されている。

制作現場では、事前に機材位置を決め、必要な台数分のカメラや音声ケーブルを敷設するとともに中継車の手配をするなどの対応が必要である。また、場所によっては、ケーブルを数百メートル敷設しなければならないことや、ケーブルが敷設できない又は中継車が入れないことを理由として撮影自体を諦めなければならない場合も珍しくない。テレビ放送が始まって以来、制作現場は常にケーブルや中継車といった制約があり、このために撮影業務は多大な時間、人手・労力、費用を要する運用が常態（※2）となっていた。

※1 生放送ではない収録であっても、「制作中継車」という設備が用いられる。

※2 近年では、ライブUなど、通信技術を活用したライブワークフローもあるが、通信の安定性に懸念があることや、4K/8K などの高精細かつマルチカメラでの送出では、データ量の限界もあり、台数や場所の制約から逃れられない。

こうした制作現場の長年の課題に対するニーズは高い。ケーブルや中継車を前提としない撮影ワークフローが実現できれば、多大なコスト削減が実現できるとともに、今までになかったコンテンツの制作も可能となる。また、上記の新たな撮影ワークフローの実現は地域や団体などよりエンドユーザーに近い層も放送クオリティのコンテンツを制作できるようになり、クリエイティブの裾野の拡大にもつながる。

こうした背景から、本実証では、テレビ放送が始まって以来現在まで変わらないケーブルや中継車を前提とした撮影ワークフローの課題を解決し、ひいては映像制作の「民主化」を進めるために、ローカル 5G の特性を活かしたワイヤレスのワークフローパッケージを開発・実証することを目的として実証を実施することとした。

②編集業務フローの課題

放送市場規模及びテレビ広告市場規模の縮小、番組制作費の減少という背景から、①で記載述べた撮影業務フローのワイヤレス化によって、プロダクションフェーズを見直すことだけではなく、ポストプロダクションフェーズに該当する編集業務の合理化による一気通貫した制作フローの見直し及びこれによるさらなるコスト削減が求められている。

この点、近年の番組制作では、撮影した映像の背景等に CG を合成するスタイルが増えているが、現場で映像を撮れるだけ撮り、編集のタイミングで帳尻合わせをするという非効率なワークフローにより、CG 制作・合成作業に多大な時間・費用・労力がかかっていることがポストプロダクションフェーズ（編集業務）の課題となっている。

こうした背景から、本実証では、編集業務におけるこの大きなコスト要因を解決する手段として、①のワイヤレス環境を基盤として活用したリアルタイム VFX システムを活用した実証を実施することとした。

※リアルタイム VFX システムとは、今後一般化が進むとされているバーチャルプロダクションの 1 つであるインカメラ VFX の技術を応用し、人の手による CG の合成・編集作業を不要とするソリューションである（詳細について 4.1.2 で後述）。

(2) 放送関連業界の新たな収益源の確保の課題

(1) で記載した制作フローの合理化・コスト削減のほか、放送関連市場規模及びテレビ広告市場規模の縮小への対策として、新たな収益源を確保していくことが重要である。

このため、テレビ広告市場と対照的に拡大を続けているインターネット広告市場に着目し、動画配信サービス市場において訴求力のある新たな映像コンテンツを開発して、ワンソースマルチユース（収益源の多角化）による収益の増加を図る必要があるが、現在も実施されている放送用番組の 2 次利用では、動画配信プラットフォームにおける訴求力が不足するため、国内外の最新の流行を踏まえた新たなコンテンツの開発が求められる。

また、従来の放送と動画配信プラットフォームによる提供といった展開のあり方を多段階化することも重要である。このため、近年海外では収録時（放送前段階）で観客を動員する新たなコンテンツのモデルも生まれ始めている。

上記の背景を踏まえ、本実証では、ワンカット撮影（※3）及びイマーシブシアター撮影（※4）の要素を取り入れた新たなドラマコンテンツを制作することで、マルチユースを実現することとして実証を実施した。

※3 シーンごとの撮影ではなく、映像の最初から最後まで編集によるカット割りを行わず、一気に撮影する技法。

※4 体験型演劇作品の総称。決まった客席やステージはなく、空間全体が舞台となり、役者が同時多発的に演技を行い、観客は自分で好きなように楽しむことができる点が特徴である。

加えて、従来のビジネスモデルにはなかった、放送前段階の観客動員等により新たな収入源を発掘することで、マルチユースの段階を増やした新たなビジネスモデルを構築している。

1.2 実証の概要

本実証では、1.1.に記載の放送関連業界の課題解決を図るため、ローカル 5G を活用したソリューションを開発の上、実装及び横展開を見据えた技術実証及び課題実証を実施している。

（1）技術実証

本実証では、屋外型ロケ施設であるワープステーション江戸においてローカル 5G を活用したソリューションの有効性、実装性等の屋外型ロケ施設の利用を想定したローカル 5G の電波伝搬に関する各種調査検討が必要となるところ、本実証では、以下の2つのテーマについて取り組んでいる。

①エリア構築の柔軟性向上

本実証会場であるワープステーション江戸は、敷地面積 54,457 m²の広大な施設であることから、分散アンテナシステム（DAS）の使用による効率的なエリア構築の可否に関する評価を実施。

②準同期 TDD の追加パターンの開発

本実証では、ドラマ等の映像制作に関するソリューションの検証を行うこととしたため、カメラ映像等の伝送等アップリンクの容量を確保する必要があることから、ローカル 5G のアップリンク及びダウンリンクの運用比率を可変とする場合におけるアップリンク通信の高速化に関する確認及び同期局と準同期局が隣接した場合の干渉の影響の評価を実施。

（2）課題実証

ドラマ制作のワークフローを対象に想定し、以下の①～③のソリューションについて、その機能・効果・運用に関する有効性の検証及びその実装・横展開性等について検証を行っている。

①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ

カメラの撮影映像、送り返し映像、インカムの音声やタリー信号といった撮影現場で有線接続されている機器をまとめてワイヤレス化するとともに、現場カメラマンに選ばれる機材とするためにトランスミッターとエンコーダーのパッケージ化を行い、さらにスイッチャー等の機器をスリム化することにより中継車等の大規模な設備を省略化して撮影を柔軟化・簡易化する撮影システム。

②リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション

①の合理的な撮影システムを基盤として、カメラのメタデータ(各カメラの位置や画角等)を映像とともにリアルタイムで伝送し、当該メタデータに基づいて演者の背景等に映し出す3DCGを自動かつリアルタイムで調整してCGレンダリングを行うリアルタイム VFX システム(詳細は4.1.2で後述)をワイヤレス環境で行うシステム。

③複数のローカル 5G 基地局を活用した新たなドラマコンテンツ制作ソリューション

複数の基地局を活用し、近年海外で普及が始まっている同時多発型ドラマ(施設内の各所で同時並行的に演技を行うドラマ)(詳細は4.1.2で後述)を対象に、各カバーエリア内の複数の映像をリアルタイムで同期・スイッチングする制作システム。

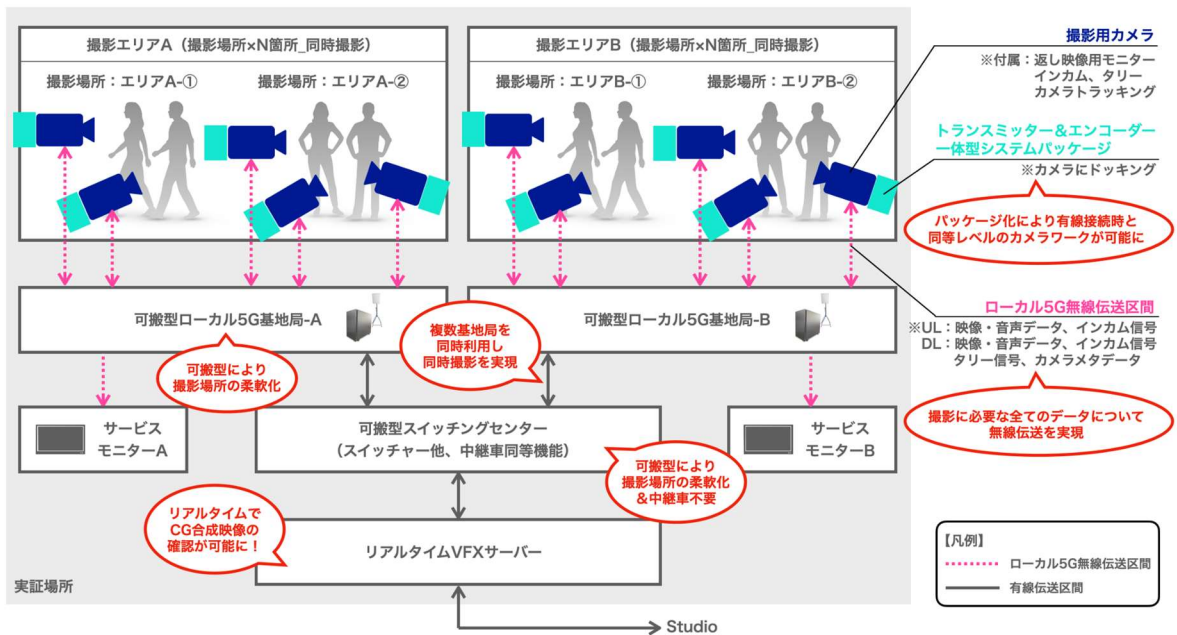


図 1-2 民間放送事業者数の推移

2. 実証環境の構築

2.1 対象周波数帯

本実証においては課題実証に必要な伝搬距離や伝送速度を鑑みてローカル 5G として電波法関係審査基準に記載されている Sub6 帯を活用した。本実証においては屋外にてローカル 5G の電波放射を行うため 4.8GHz-4.9GHz の指定を受け実証を行っている。

2.2 実施環境

本実証事業は、茨城県つくばみらい市中央に位置する「ワープステーション江戸」（茨城県つくばみらい市南太田 1176）にて実施している。

本施設は、つくばみらい市が所有する歴史公園に隣接する平地約 5.5ha の敷地に時代劇のオープンセットが建ち並ぶ、株式会社 NHK エンタープライズが管理運営する屋外型撮影専用施設（ドラマ等映像作品の制作用施設）であり、中近世エリア、近現代エリア、150 坪スタジオ、バックヤード（支度部屋・撮影準備室・出演者控え室など）からなる戦国・江戸から明治・大正・昭和と幅広い時代考証に対応した施設である。

本施設を実証環境として設定した理由は以下の（１）～（４）の通りである。

（１）実装の確実性

本施設は実証コンソーシアム代表機関である NHK エンタープライズが土地の賃借権を有して管理・運営する施設であり、実証後の実装は NHK エンタープライズの意思決定により実現可能であることから、確実な実装を図ることができること。

（２）実証成果の認知向上

本施設は、関東圏随一の規模・設備を有しており、NHK 大河ドラマを始め民放のドラマ、バラエティ番組、映画、CM、ミュージックビデオ、イベントから、近年は Web、配信コンテンツの撮影まで行われる全国的に著名な撮影施設である。従って、本施設で実証を行うことにより、当該施設以外撮影施設における実証システムの導入のメルクマールとすることができるほか、全国の撮影施設を有する他社に対する実証成果の認知向上及び実証システムの導入促進に資すると考えられること。

（３）マネタイズの実現性

本施設のような広範囲敷地での撮影・生中継のニーズは高く、映画やドラマ等の番組撮影その他の映像制作の現場として、NHK エンタープライズ以外の民放各局や配信コンテンツ制作会社等の活用が広がっており、次年度の実装以降も高い利用頻度が見込まれ、本実証コンソーシアムでのマネタイズの実現性が高いと考えられること。

（４）地方自治体との連携可能性

土地所有者であるつくばみらい市の「第 2 次つくばみらい市総合計画」では、「ロケ機能を有するワープステーション江戸を核とし、施設周辺地区への映像関連産業の誘致を図り、映像

のまちを推進する取組を実施するなど、映像を活用した新たな魅力創出による地域振興策の展開を検討」することとされており、これまでつくばみらい市観光協会等と本施設を舞台としたイベントを開催するなど自治体と連携した取組を実施しており、本事業や次年度以降のシステムの利活用の面で自治体と連携する体制が構築できていること。



図 2-1 ワープステーション江戸 航空写真

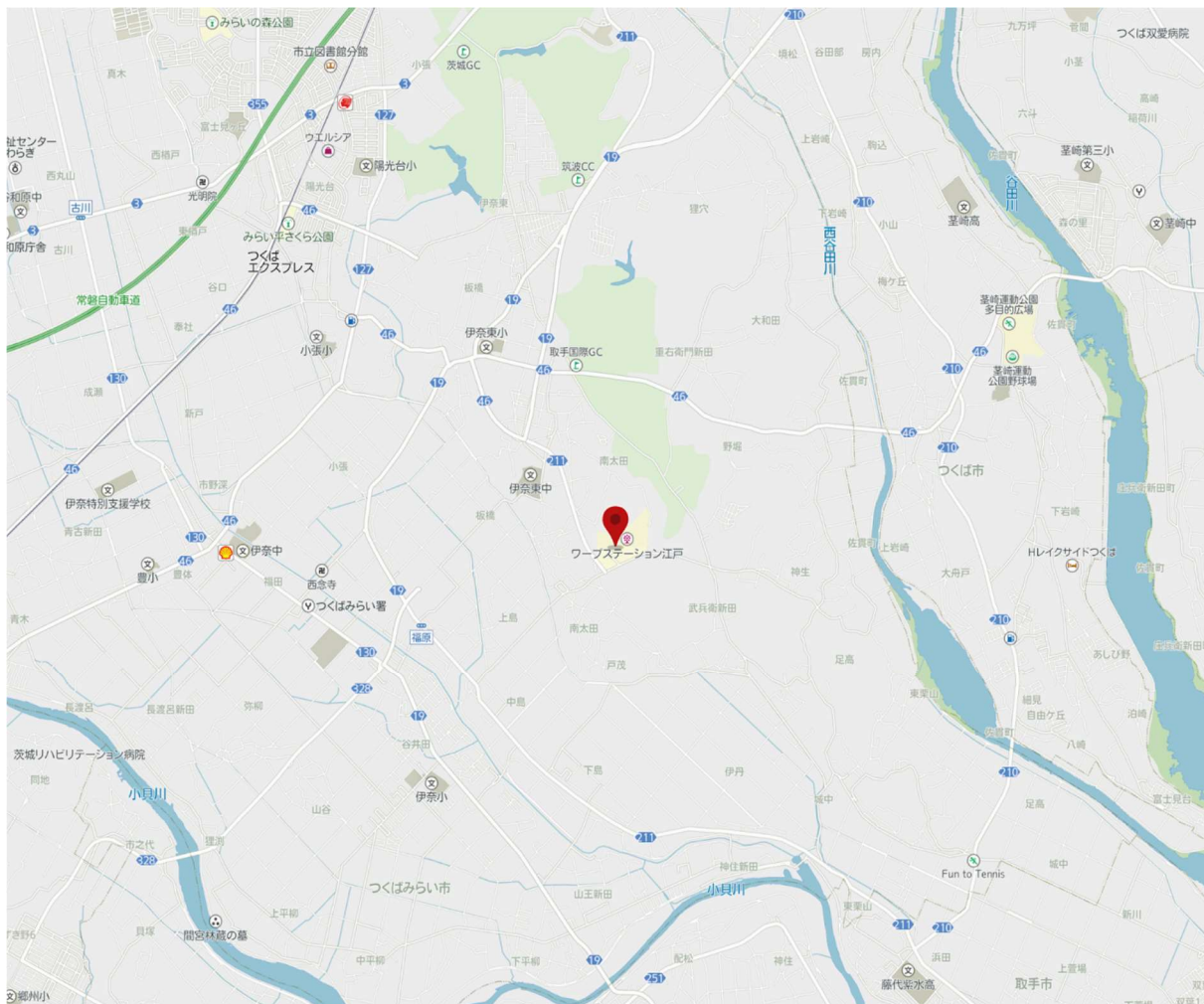


図 2-2 ワポステーション江戸 所在地

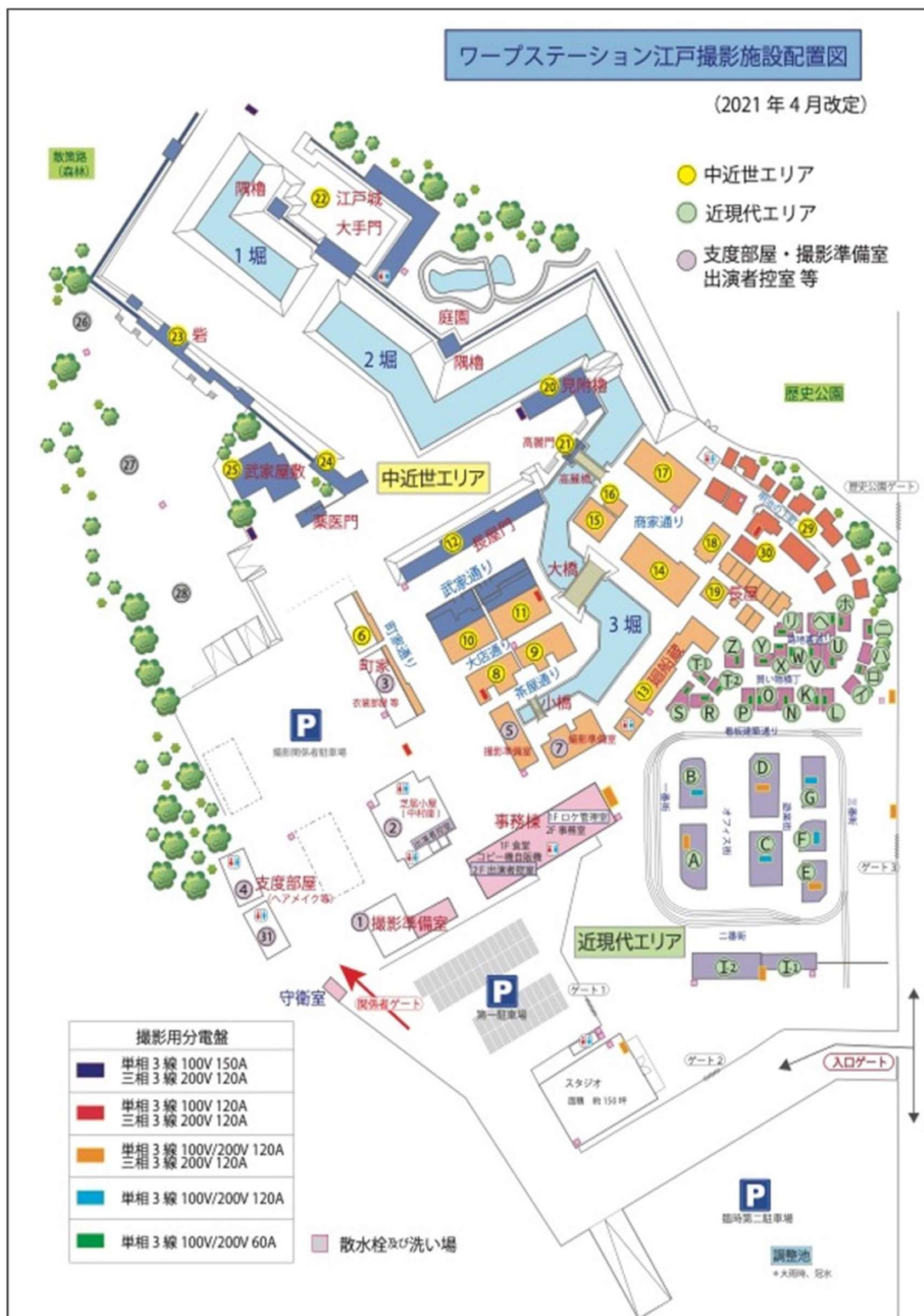


図 2-3 ワープステーション江戸 配置図

表 2-1 施設概要

住所	〒300-2306 茨城県つくばみらい市南太田 1176
実施場所・地形	屋外、平面
土地所有者	つくばみらい市（NHK エンタープライズにおいて借地権取得済）
施設管理運営者	NHK エンタープライズ
利用用途	時代劇オープンセット常備 屋外型ロケ施設
運用開始年月日	2012 年 4 月 1 日（2018 年 6 月近現代エリア追加リニューアル）
敷地面積	54,457 m ² ※中近世エリア 21 セット、近現代エリア 31 セット、 バックヤード 9 施設
主な撮影作品	NHK ドラマ：「どうする家康」、「ちむどんどん」、「大富豪同心」、 「赤ひげ」、「いだてん 東京オリンピック噺」「花燃ゆ」、 「軍師官兵衛」他 民放ドラマ：「人形佐七捕物帖」、「信長協奏曲」、「仁」、「天皇の料理 番」、「仮面ライダー・戦隊シリーズ」、他 映画：「ラーゲリより愛を込めて」「峠 最後のサムライ」、 「翔んで埼玉」、「曇天に笑う」、「るろうに剣心」、「永遠の 0」、 「銀魂」他

2.3 ネットワーク・システム構成

(1) ネットワークの全体構成

本実証において構築したネットワークの全体構成については、検討を進める中で、一部当初の想定から変更し図 2-4 の通りとした。

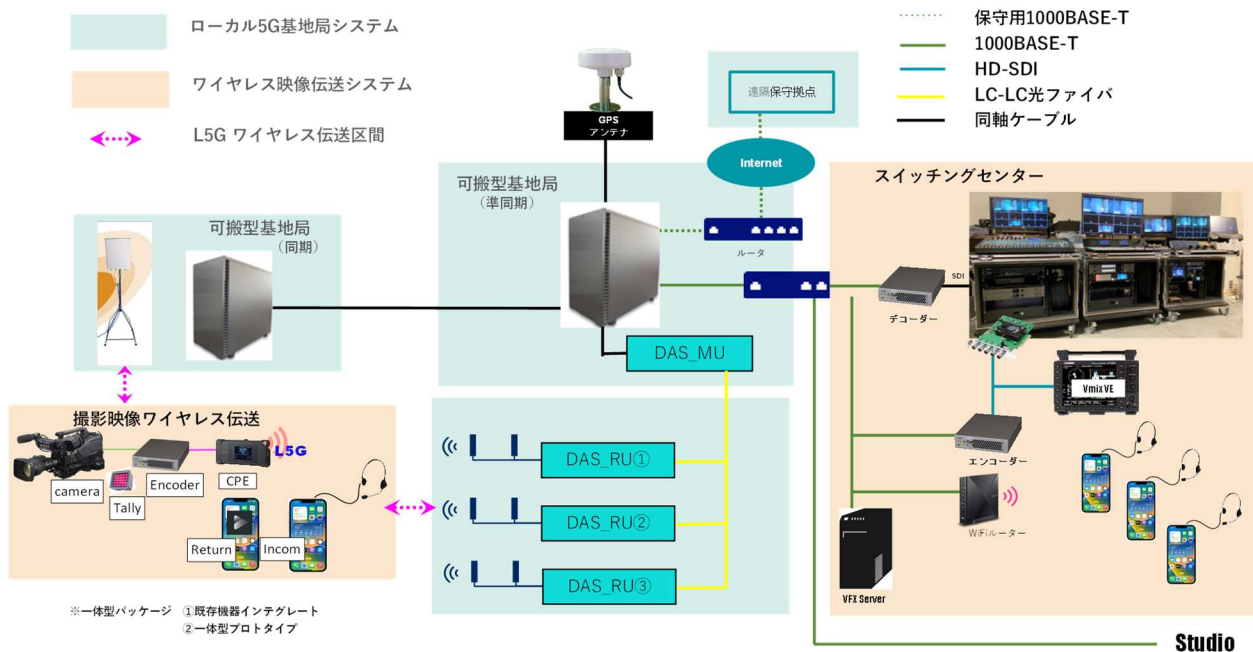


図 2-4 ネットワークの全体構成

①カメラ関連構成について

撮影場所に構築したカメラ関連構成要素は、カメラ本体、映像エンコーダー、送り返し映像用モニタ（スマートフォンのアプリで実現）、タリー表示器（汎用マイコンによる専用デバイスで実現）、インカム装置（スマートフォンのアプリで実現）、及びローカル 5G に対応した CPE である。一体型パッケージ部分については、入手可能なコンポーネントを用いた構成にて構築する方法と、映像エンコーダー及びローカル 5G 対応 CPE を一体型とする機器を新規開発する方法の 2 パターンのアプローチで開発を行っている。

カメラ映像はエンコーダーにて IP 化される。さらにカメラの動作状態や位置/姿勢を示す情報であるカメラメタデータ (MetaData) も WiFi 経由で取得し、CPE 内のルータで多重化され 5G 端末から上り回線で送出される。下り回線に多重された送り返し映像信号、タリー信号、インカム信号は、CPE のルータにて分離し、WiFi でそれぞれの端末に提供される。図 2-5 にその系統を示す。

カメラ関連システムについては、検討を進めていく中で構成の変更を行った。

(ア) SDI 信号によるスイッチング処理

当初、スイッチングも含め全てを IP 化する想定で計画し、NDI (Network Device Interface) で映像信号を処理することを考えていたが、以下の理由で SDI 信号によりスイッチング処理することとした。

- ・ローカル 5G の基地局を含む伝送系で NDI に必要なマルチキャストの伝送ができないことがわかったため、NDI が使えないことになった。
- ・2.3 (1) ②に示すフライバックシステムを導入することになり、このシステムに実装されたスイッチャーは SDI 信号対応であるため、スイッチングはローカル 5G 経由で受信した IP 信

号をデコードした後の SDI 信号で行うことになった。

- ・ 送り返しはスイッチング出力を別途エンコードして配信することとなり、iPhone の再生アプリで実装することとした。

(イ) タリー装置の見直し

タリー装置はカメラへの実装の際、カメラマンの要望から小型化が求められ、既に NT 社内で開発した汎用マイコンベースのタリー装置を活用することとした。

(ウ) インカムシステムの見直し

インカムは子機全てと同時通話できる仕様が必要であるため、SIP/PBX で交換機サーバを構築し、カメラマンが携行する子機を iPhone のアプリで実装した。

※カメラ関連構成の変更に関する詳細は 4.3.1 (1) の機能検証の項目で詳述。

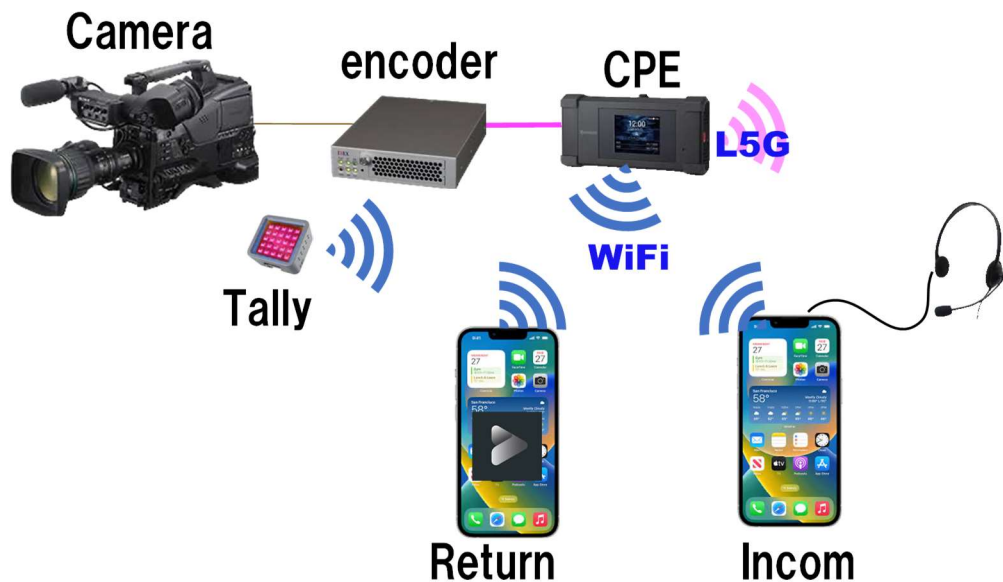


図 2-5 カメラ関連構成

②スイッチングセンターの構成について

カメラからの映像を受けてスイッチングなどの処理を行うスイッチングセンター側の構成要素は、ローカル 5G 基地局から出力される IP 信号を分離する L2 スイッチ、撮影映像を変換するデコーダー、映像音声の監視・選択を行うフライバックシステム、カメラメタデータを受ける VFX サーバ、信号特性を確認するモニタ、スイッチング映像をモニタに配信するためのエンコーダー、インカム及びインカム用 WiFi ルータである。

ローカル 5G 基地局から提供された上り回線に多重されていた IP ストリームは、スイッチングセンターにて L2 スイッチで分離され、各カメラの信号ごとにデコードされて SDI 信号となり、フライバックシステムに実装されたスイッチャーを用いて処理する。選択されたタリー信号などの制御情報がフライバックシステムから出力できる。送り返しは出力映像をエンコードして、

制御情報をもとに生成したタリー信号やインカムの情報とともに下りリンクに多重する。

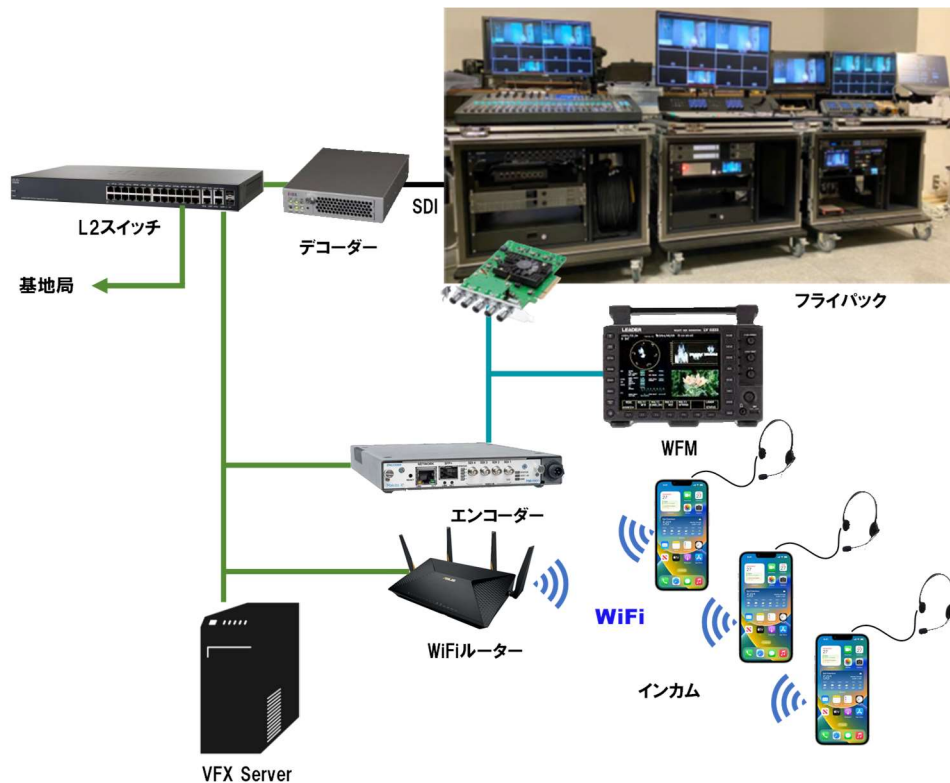


図 2-6 スイッチングセンター構成

③ モニタ関連構成について

スイッチングセンターで制作されたコンテンツ（スイッチング映像）を、撮影現場や観客等向けに視聴環境を構築する際の構成となる。観客等向けの映像は本線を分岐して提供する。視聴系に合わせた解像度にエンコードし、ローカル 5G の下り回線に多重し、それを受信側で再生する。下図では複数人で視聴できるモニタを想定し、ダウンリンクをデコードして視聴する例を掲載している。さらに、観客個人でも視聴できるようにするため、WiFi でポータブルデバイス上に表示する例も併せて掲載している。



図 2-7 モニタ関連構成

(2) ネットワーク構成の詳細

ネットワーク構成機器は表 2-2、表 2-3 の通りである。なお、システム構成機器の一覧及び各ネットワーク構成機器・システム構成機器の仕様は本書末尾に添付資料として掲載している。

表 2-2 ローカル 5G システム(基地局)の概要

	基地局 (FW-L5G-3)
製造ベンダ	FLARE SYSTEMS 社
台数	2 台
設置場所 (屋内/屋外)	屋外
同期/準同期	同期, 準同期 (両方に対応)
UL : DL 比率	2:7, 4:4, 5:3, 6:2 (各比率に対応)
周波数帯	4.8GHz 帯
SA/NSA	SA
UL 周波数	4.8~4.9GHz
DL 周波数	
UL 帯域幅	100MHz
DL 帯域幅	
UL 中心周波数	4.84980GHz
DL 中心周波数	
UL 変調方式	Pi/2BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
DL 変調方式	QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
MIMO	2×2MIMO

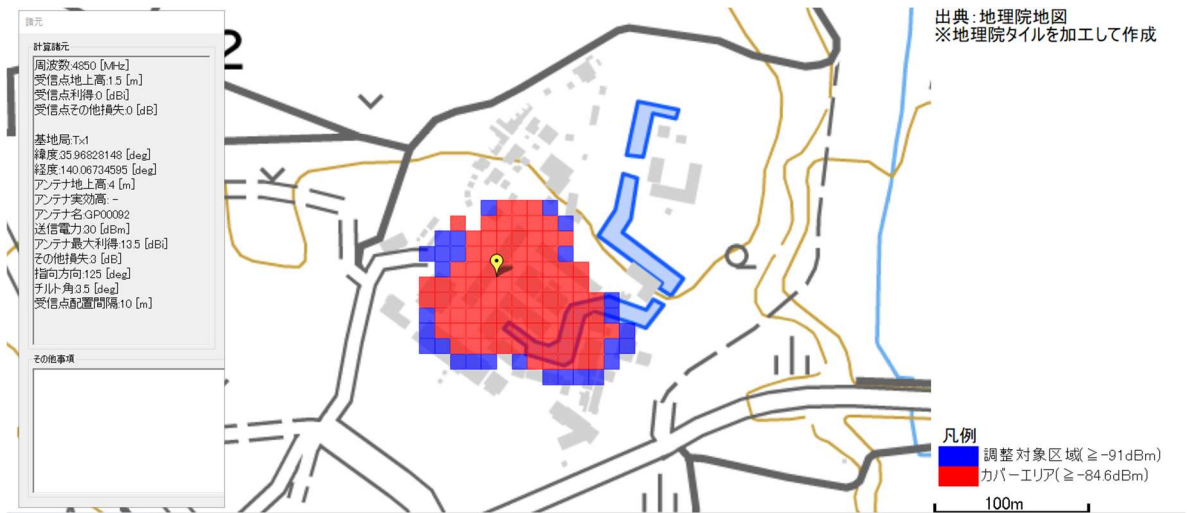
表 2-3 ネットワーク構成機器の明細

#	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
1	建物内	FW-L5G-3	ローカル 5G 基地局	1	可搬	FLARE SYSTEMS
2	建物内	AT-XS916MXT	ローカル 5G 用ネットワークスイッチ	1	可搬	Allied Telesis
3	フィールド	FW-L5G-3	ローカル 5G 基地局	1	可搬	FLARE SYSTEMS
4	フィールド	ART4801P	DAS	3	可搬	東芝インフラシステムズ
5	フィールド	RAKU+	CPE	8	可搬	Compal
6	フィールド	K5G-C-100A	CPE	8	可搬	京セラ
7	フィールド	iR730B	CPE	2	可搬	IDY
8	フィールド	SMDE01001	スマートフォン	2	可搬	FCNT

(3) 機器設置位置・ネットワークのカバーエリア

本実証環境におけるローカル 5G 基地局の電波伝搬シミュレーション (RSSI) によるエリアシミュレーション図及び実証環境を以下に示す。

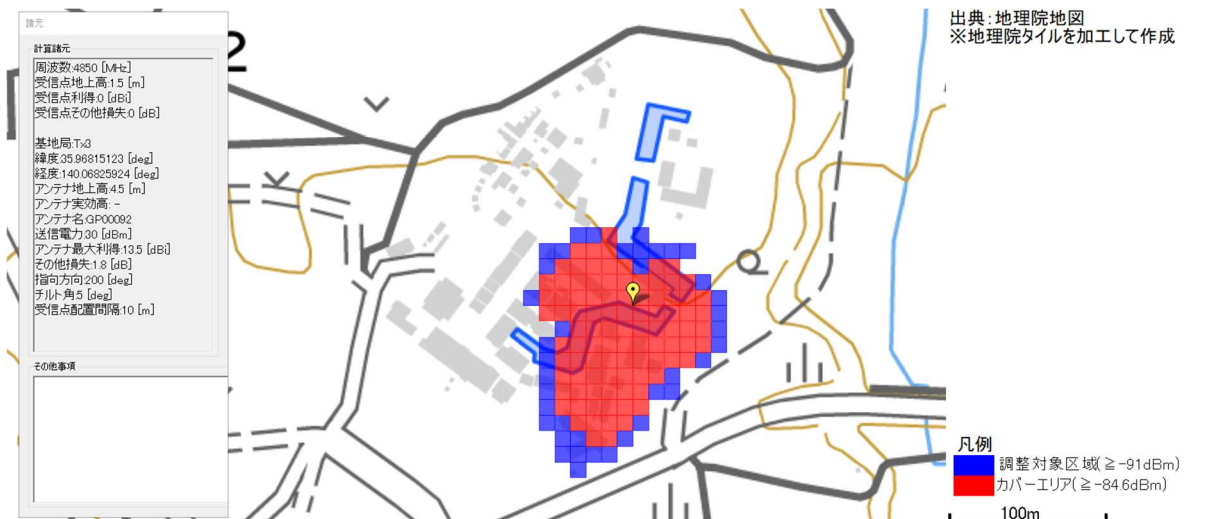
なお、シミュレーション結果は電波法審査基準に準じた計算式により実施した。シミュレーションに係る諸元については図の中に合わせて記載している。



※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

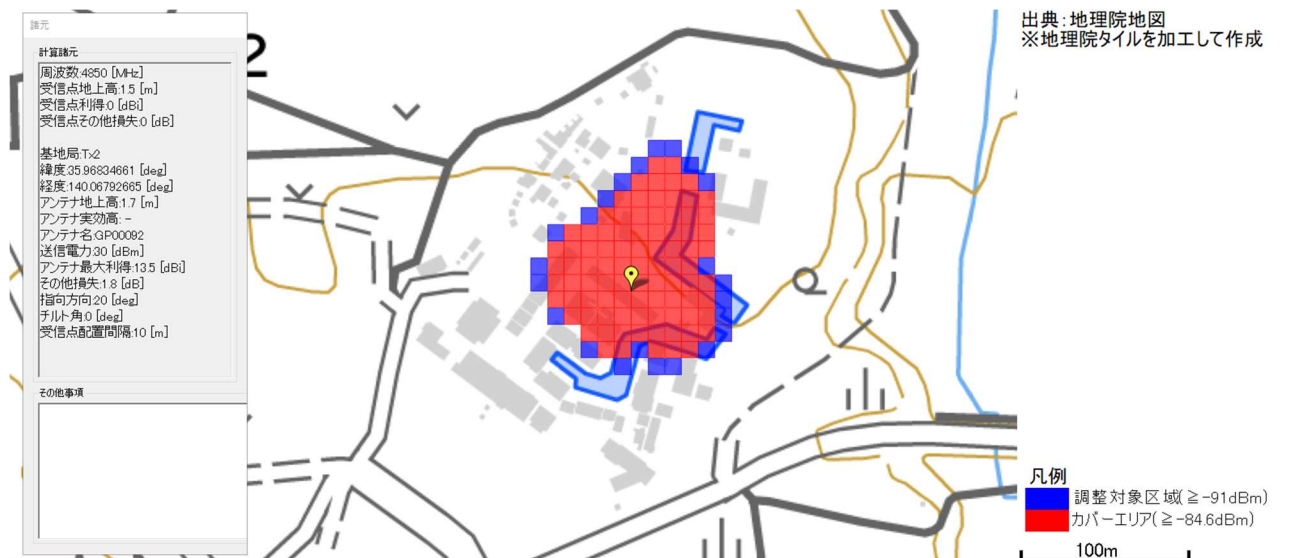
図 2-8 想定カバーエリア及び置局位置:大店通り対象(準同期局)



※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

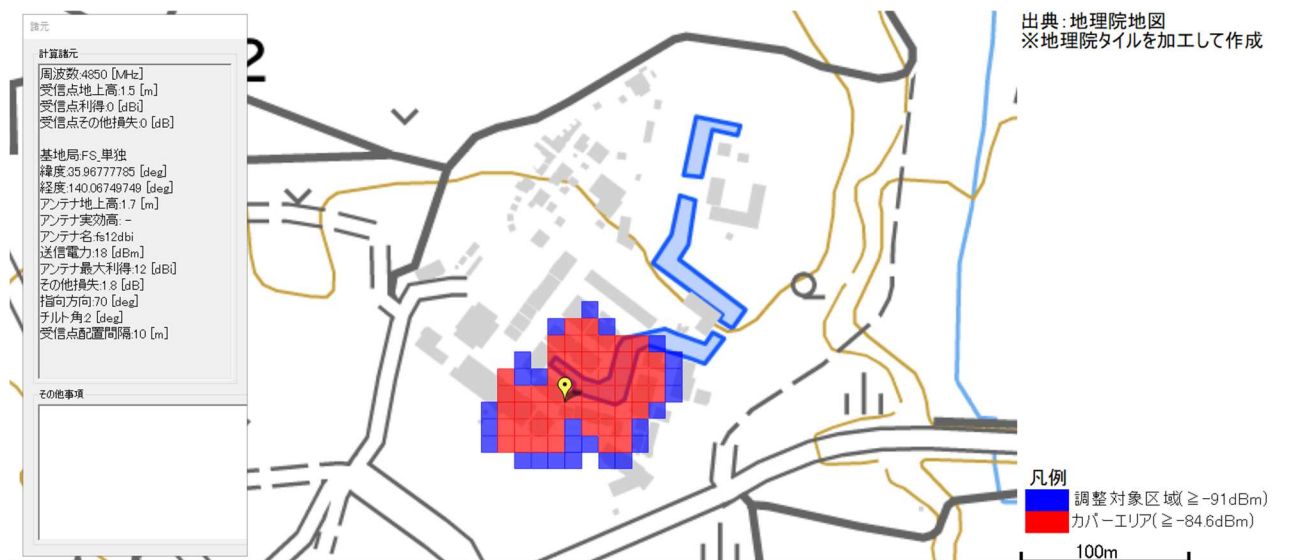
図 2-9 想定カバーエリア及び置局位置:商家通り・長屋対象(準同期局)



※赤色: カバーエリア:-84.6dBm、青色: 調整対象区域:-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

図 2-10 想定カバーエリア及び置局位置:大手門・岩前広場対象(準同期局)



※赤色: カバーエリア:-84.6dBm、青色: 調整対象区域:-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

図 2-11 想定カバーエリア及び置局位置:撮影準備室前設置(同期局)

各 DAS 及び基地局の現地環境における設置状況及びアンテナからの見通し状況を示す。



図 2-12 DAS MU 接続用基地局設置(実施環境に即する)



図 2-13 DAS-RU 設置(実施環境に即する)- 大店通り対象



図 2-14 DAS-RU 見通し(実施環境に即する)- 町家通り対象

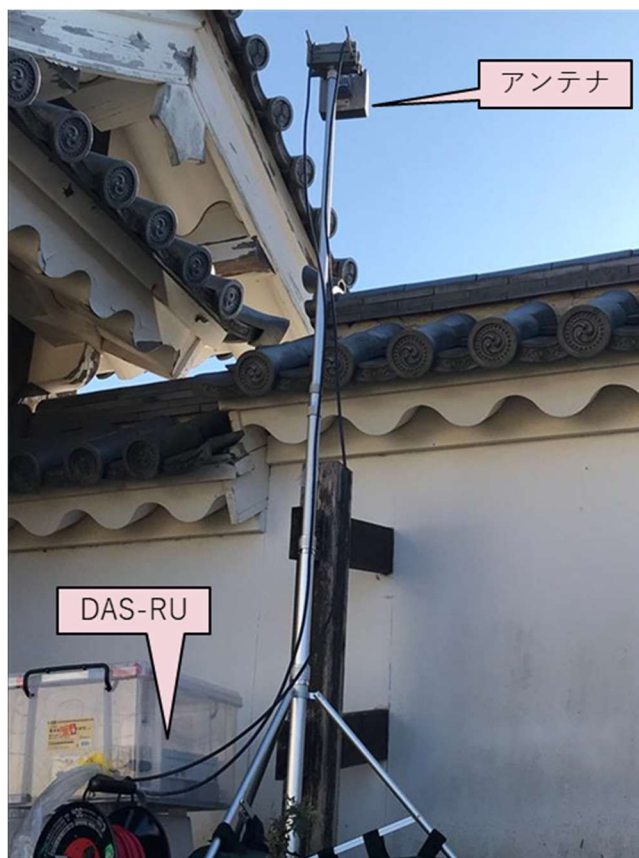


図 2-15 DAS-RU 設置(実施環境に即する)- 商家通り・長屋対象



図 2-16 DAS-RU 見通し(実施環境に即する)- 商家通り・長屋対象

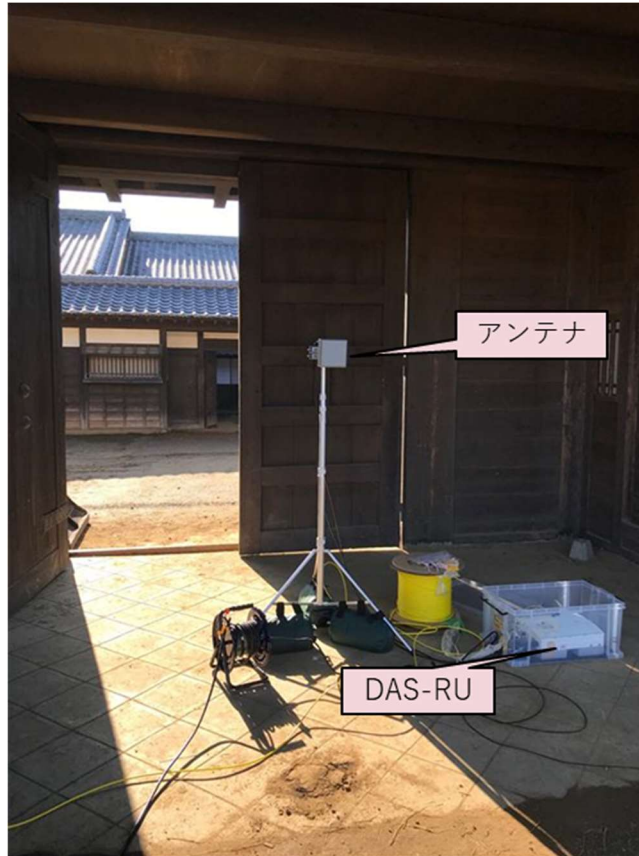


図 2-17 DAS-RU 設置(実施環境に即する)- 大手門・砦前広場対象



図 2-18 DAS-RU 見通し(実施環境に即する)- 大手門・砦前広場対象



図 2-19 同期基地局設置(実施環境に即する)- 撮影準備室前設置



図 2-20 同期基地局見通し(実施環境に即する)- 撮影準備室前設置

表 2-4 DAS 設置環境

設置場所	町家通り	商家通り・長屋対象	大手門・砦前広場	撮影準備室前
送信電力[dBm]	30			
アンテナ利得[dBi]	13.5			
給電線損失[dB]	3	1.8	1.8	1.8
指向方向 TN[deg]	125	200	20	110
アンテナ高[m]	4	4.5	1.7	1.7
チルト角[deg]	3.5	5	0	2
都市規模	市街地（中小都市）			

また、環境構築については、採択後速やかに機器の発注に向けて調整するとともに、詳細な現地調査を行った。その後調査結果を踏まえて配線経路等を検討し、ラボでの事前検証を経て本免許取得後の12月上旬から疎通・結合試験を行っている。

表 2-5 環境構築スケジュール

分類	項目	8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
環境構築	システム構成機器発注調整																								
	調達遅延等発生時の代替機検討調整																								
	システム構成機器等納品																								
	現地調査																								
	機器設置位置・配線経路調整																								
	機器設置・配線工事																								
	ラボにおける事前試験																								
	疎通・結合試験																								

2.4 システム機能・性能・要件

(1) システム全体のスループット

本実証システムは、ドラマ等のコンテンツ制作の合理化・高度化を目的として、アップリンクにおいて複数のカメラ映像やカメラメタデータ、インカムデータを基地局経由でスイッチングセンターに送り、ダウンリンクにおいてスイッチング先の選択カメラを示すタリーの信号やカメラマン向け送り返し映像（スイッチング先の選択カメラの映像）及び現地観客向けディスプレイ投影映像をローカル 5G 回線で伝送するものである。

※送り返し映像については、現地観客（後述する同時多発ドラマの観客）用のディスプレイに投影するとともに、カメラマンが常時スイッチング先の選択カメラの映像を付随するモニターで確認するために送られる。

制作現場においては一般的に 5～10 台程度のカメラを有線で接続して運用しているところであり、また撮影する映像の画質は HD から 4K の移行も進んでいる。従って、こうした現在の運用実態を踏まえ、本実証システムでは HD カメラを最大 10 台、4K カメラを最大 5 台とする構成を想定する。当該構成を踏まえたシステム全体のアップリンクスループットの要求性能は下表の通り合計 210～260Mbps（ソリューション②のインカメラ VFX 技術を応用したリアルタイム VFX システムを活用しない場合はメタデータの伝送が不要であるため 200～250Mbps）となる。

また、ダウンリンクで使用する送り返し映像は、カメラ台数分のモニター及び観客用ディスプレイに接続する必要があるところ、本実証では上述の通りカメラ台数と同数のモニター 5～10 台及び観客用ディスプレイ数として一般的な 5 台の合計 10～15 台に同時接続する必要がある。また映像品質については、カメラマン向けの送り返し映像は映像を認識できれば良く、現状 HD の映像品質で行われているため HD による。また、観客向けディスプレイ投影映像も現在は HD 映像が主流であるため HD による構成とする。かかる構成を踏まえたシステム全体のダウンリンクスループットの要求性能は下表の通り合計 120～140Mbps と設定している。

※なお、このほかにリアルタイム VFX ソリューションに活用されるカメラメタデータや、インカムの音声データ、タリー信号データも伝送するため、上記計算にはこれらのデータ量も含めている。

表 2-6 本実証システムの要求性能(例)

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
カメラ構成①	HD	UL	20Mbps	10 台	200Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps
	合計要求スループット				
カメラ構成②	HD	UL	20Mbps	8 台	160Mbps
	4K	UL	45Mbps	2 台	90Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps
	合計要求スループット				
カメラ構成③	4K	UL	45Mbps	5 台	225Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	5 台	5Mbps

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
	インカム	UL・DL	50kbps	5台	250kbps
	送り返し	DL	4Mbps	5台	20Mbps
	タリー	DL	1kbps	5台	5kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5台	100Mbps
	合計要求スループット				UL230Mbps (220Mbps) DL120Mbps

(2) システム全体の遅延時間

本実証システムでは複数のカメラから伝送された映像をスイッチングしながら収録するため、それぞれがばらばらに伝送されてくる映像の時刻を同期する必要がある（同期しなければ、スイッチング時に演者の動きが途中で飛んだり、繰り返されたりしてしまう）。

このため、スイッチャー（機器）の同期処理機構（フレームシンクロナイザ）が同期可能な遅延値に遅延量を収めなければならないところ、本実証で使用する一般的なスイッチャーのシステムは、仕様上 660ms が同期する上での限界値となっている。

一方で、実証システムの遅延はローカル 5G の無線区間のほか、各種伝送経路の遅延量の合計値となる。支配的な遅延は、映像のエンコーダー/デコーダーに起因する。今回はコンテンツ制作作用に画質を確保する必要があり、また、アップリンクの伝送容量も確保できる見通しがあることから、遅延量の少ないエンコーダー/デコーダーを採用することで、133ms 程度に抑えられることが期待される。また、今回採用するスイッチャーのシステムにおいては、20 フレームまでディレイ調整可能なタイミングコントロールを使用するため、許容値が 660ms（20 フレーム×33ms）であり、エンコード・デコードで 133ms、スイッチャーで 33ms の遅延量があると想定した場合の無線部の要求遅延性能は 494ms となる（660-133-33）。

2.5 その他

2.5.1 実証システムの拡張性等

FLARE SYSTEMS 製 5GC、gNB（CU/DU/RU）は ITU や 3GPP 等の国際標準化（2022 年 6 月現時点においては、3GPP リリース 15 対応）に依拠し、汎用サーバにソフトウェア実装されていることから、チューニングが容易であること、機能拡張においても、ソフトウェアアップデートによる対応が容易である特徴を持つ。

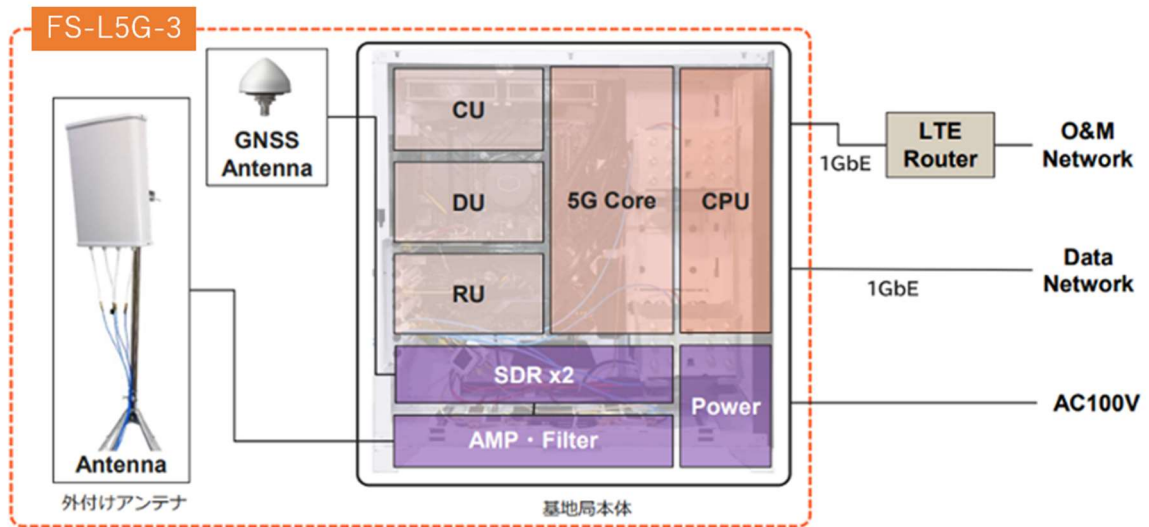


図 2-21 FLARE SYSTEMS 製ソフトウェア基地局のアーキテクチャ

また、3GPP 等の国際標準化（2022 年 6 月現時点においては、3GPP リリース 15 対応）に依拠しているため、日本において販売されているローカル 5G 端末（3GPP 依拠）と課題なく接続が可能である。下記は接続確認済の端末である。

表 2-7 接続確認済の端末

CPE 型	IDY 社製 NEC マグナスコミュニケーションズ製
モバイルルータ	APAL 製 京セラ製
スマートフォン	FCNT 製 Fujitsu 製
USB ドングル	APAL 製

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

本実証で使用したローカル 5G 基地局設備は、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及

び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器ではなく、株式会社 FLARE SYSTEMS 製のローカル 5G 基地局を採用した。

株式会社 FLARE SYSTEMS 製ローカル 5G 基地局は、国際規格 3GPP に準拠して開発され、令和 2 年度及び令和 3 年度の総務省ローカル 5G 開発実証の採択案件にも採用されている。

今回の実証で使用するローカル 5G システムは、NEC ネットエスアイ株式会社のラボ環境で検証・評価を行った機器を用いて構築される。

(2) その他の実証システム

サイバーセキュリティ対策においては、モバイルシステムのセキュリティの特徴である SIM 認証を活用し、なりすましなどの不正アクセスを防止する対策を取っている。また、外部ネットワークとの接続部分においてはファイヤーウォールや UTM を活用することにより外部ネットワークとの接続時のリスクを極力減らす対策を施した上で実証を行っている。また、保守回線においてはインターネット回線を VPN などの手段で暗号化することにより攻撃を困難とする対策を施している。

3. ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

3.1 実証概要

本コンソーシアムにおける課題実証では、広大な屋外型ロケ施設においてローカル 5G を活用し、撮影システムをワイヤレス化するソリューション等の実証を行い、次年度以降実装を行うこととしている。このため技術実証として当該施設の利用を想定したローカル 5G の電波伝搬に関する各種調査検討が必要となるため、本実証では技術実証の 2 つのテーマについて取組んだところである。

1 つ目のテーマであるエリア構築の柔軟性向上については、本実証システムで分散アンテナシステム（DAS）の使用による広範囲の実証フィールドにおいて効率的なエリア構築が可能かどうかについての評価を行った。

2 つ目のテーマである準同期 TDD の追加パターンの開発については、ローカル 5G のアップリンク及びダウンリンクの運用比率を可変とする場合におけるアップリンク通信の高速化について確認するとともに、同期局と準同期局が隣接した場合の干渉の影響を評価した。

3.2 実証環境

本実証は茨城県つくばみらい市の屋外型ロケ施設「ワープステーション江戸」において行っている。

※施設概要については 2.2 参照。

約 5.5ha の広大な当該施設を広く利用する本実証のソリューションを運用するためには広範囲をエリア化する必要があるが、本施設は撮影用の建物が乱立している環境であり、周辺地域に高い建物がないため、ローカル 5G の趣旨である自己土地内利用を満たすためには、高い位置から吹き降ろす形式でエリアを展開することができない。また、撮影用の施設のため景観を損なうような電波塔の建設もすることができないことから、撮影時に映り込まない場所に基地局装置を設置し、電波を発射する必要がある。このような環境では周りの建物と同等の高さから建物が乱立している地形に電波を発射するため、実際の電波の動きが複雑になり、シミュレーションも難しい。実証施設の上記の環境を踏まえ、エリア構築の柔軟性向上を目的として、分散アンテナシステム（DAS RU）のみを移動もしくは増設させる環境を設定した。

また、本実証のソリューションは番組等の制作に関するソリューションであり、テレビ放送用の高精細なカメラを使用する。テレビ放送用の映像信号はデータ量が多いため、ソリューションの運用のために大容量のアップリンク方向への帯域を確保し、実用に耐えうるのかを検証する必要がある。また、全国キャリアとの干渉による影響も検証する必要がある。上記を踏まえ、準同期 TDD の追加パターンの検証を目的として、実証施設内に同期局と準同期局の 2 局の基地局

を設置し実証を行った。



図 3-1 技術実証の実証環境

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

このテーマには取組まなかった。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

ローカル 5G のカバーエリアを広い範囲にわたり展開するためには、基地局の数を増やす必要があり、導入コスト及び運用コストが増大する。必要なタイミングで必要なエリアを作ることができれば、導入コスト及び運用コストを削減することが可能となる。基地局を移動させることも想定されるが、現行の法規制においては無線局免許の変更申請が必要となることから頻繁に移動させることは避け、可能な限りエリアを柔軟化させることで広範囲をエリア化することが望ましい。

また、今回実証を行うワープステーション江戸のようなロケ施設においては、景観が重要な要素となるため、高い電波塔からの吹き降ろしにて全エリアを対象とする電波発射が行えず、同等の高さの建物から電波を発射することになり、ローカル 5G システムを設置する場所が限られる。そのような環境下において、撮影に必要となる場所に効率的なローカル 5G のカバーエリアを展開するには、DAS と光ケーブルの延伸にて、必要となるエリアを構築することが望ましいと考える。さらに今回の実証環境のような建物が密集している場所では、建物が遮蔽となり不感地帯が生じる。DAS を用いることで不感地帯を解消しつつ目的の場所にカバーエリアを柔軟に展開できることが期待される。

以下にローカル 5G 基地局 1 局を想定した場合の予想されるカバーエリアと不感地帯を示す。

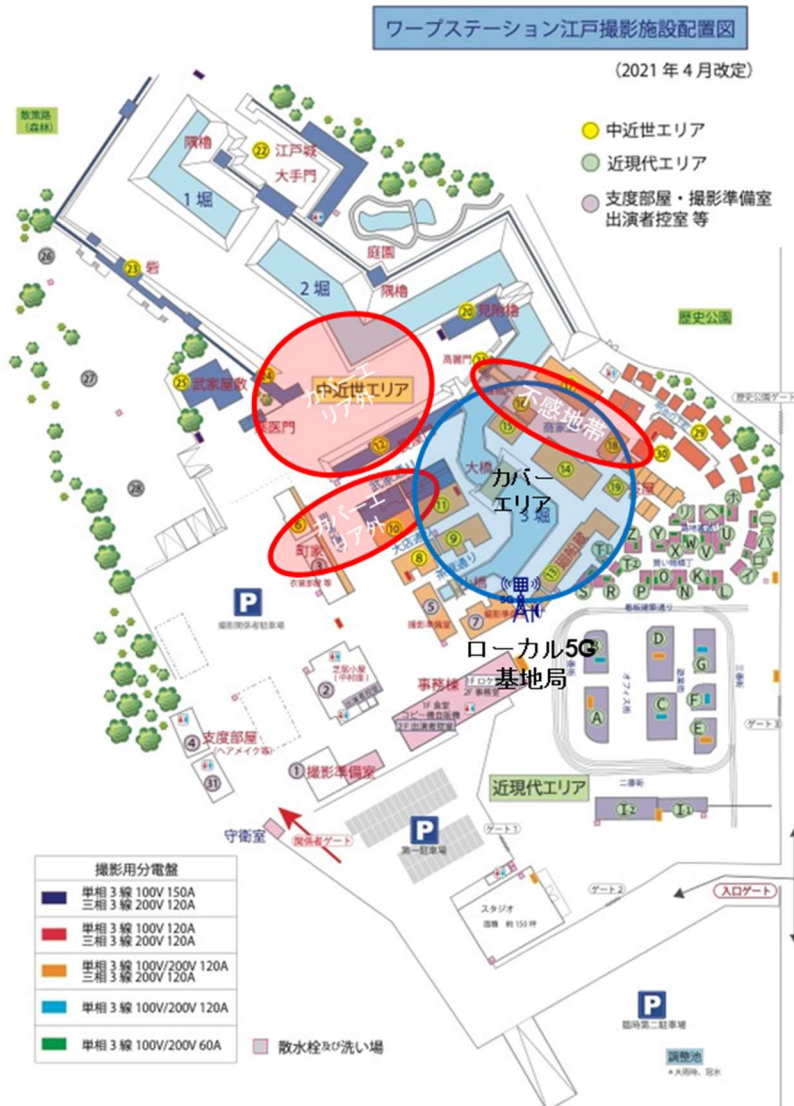


図 3-2 ワープステーション江戸想定カバーエリアと不感地帯(DASなし)

基地局1台で展開できる範囲には限りがあり、アンテナの向きと出力によって、カバーエリアから外れるエリアが発生する。カバーエリアの場所が開けていれば良いが、建物がある場所ではそれが遮蔽物となり、不感地帯が発生する。DAS-RUを用いることで、不感地帯の解消や、カバーエリアの拡大に期待できる。次図に不感地帯を解消するようにDAS-RUを設置した場合に期待できるカバーエリアイメージを記載する。

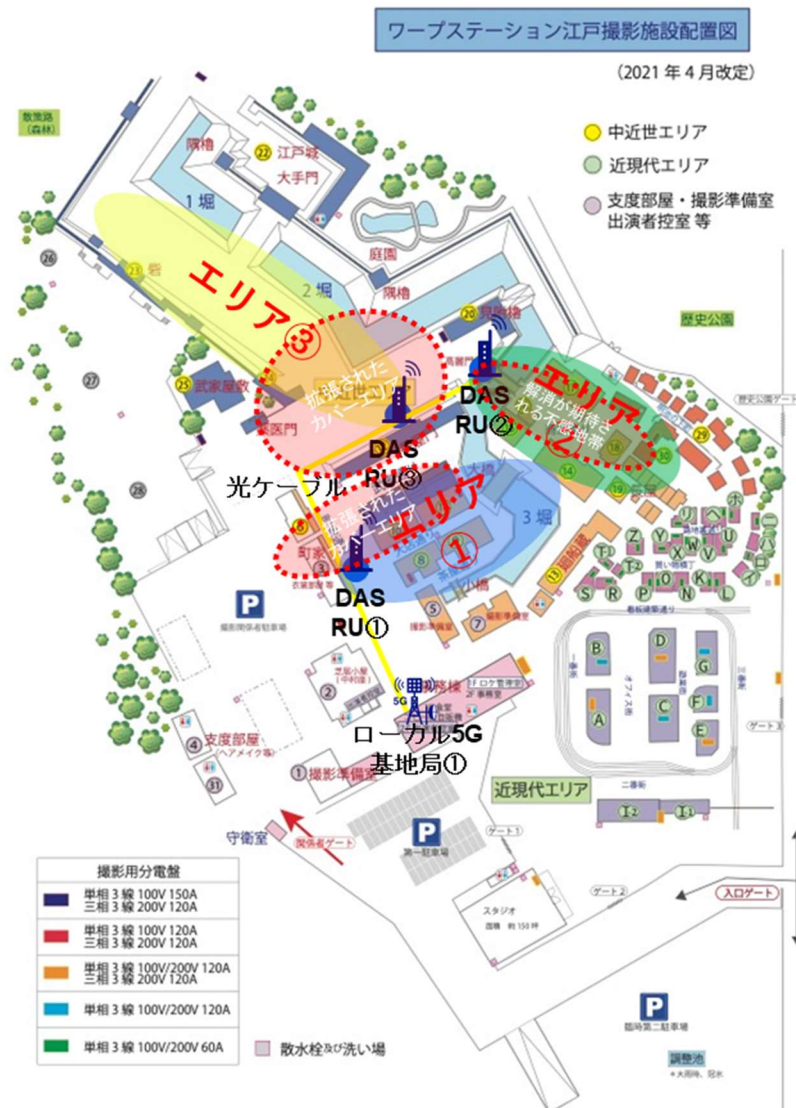


図 3-3 ワーブステーション江戸想定カバーエリアと解消される不感地帯(DASあり)

その他の拡張方法としてリピータ、漏洩同軸ケーブルを用いた拡張が考えられる。しかしながら、リピータでは、建物が乱立しているロケ施設では目的の場所まで複数回の中継が必要になることが考えられ、本利用ケースでは非効率的であるといえる。漏洩同軸ケーブルを用いる場合、ケーブルが物理的に存在してしまうため撮影の際に映り込む可能性があり、不適であるといえる。DASを用いる場合、光ケーブルを埋設することで撮影の邪魔にならず必要な場所に延伸することができるため、ロケ施設においては最適なエリア構築手法であると考えられる。

このため今回の実証では、複数の基地局を使わず、1台の基地局にDASを接続し、DAS-RUのみを移動もしくは増設させることで必要とするエリアにローカル5Gのカバーエリアを展開することを実証することとし、これにより導入・運用にかかるコストの削減につなげることにした。さ

らに、自己土地内でのアンテナ移動を行う際にかかる問題点を明確にすることで、総務省が検討しているアンテナ移設時における免許手続の簡素化に寄与することを目指すこととした。また、DAS を用いる前と用いた後で、どのようにカバーエリアが拡張され、スループット等の通信品質がどのように改善するのかを明らかにすることとした。

2) 実証目標

ワープステーション江戸にて、撮影を行うタイミングで、撮影場所にローカル 5G を展開した。従来であれば、広いロケ施設内にて複数基地局を用いてカバーエリアを構築することとなるが、今回の実証では DAS-RU のみを移動もしくは増設させることで、必要な場所にシステム性能要件を満たしたカバーエリアを展開することを目標として設定した。複数台の DAS-RU を用いることでの、不感地帯の解消やカバーエリアの拡大にも期待したものである。

課題実証でも行う 4K カメラによる映像といったデータ通信を行うために、展開するローカル 5G エリアでは、下記の性能要件が必要となる。

伝送遅延については 5G システムの 5G 端末～UPF までのエンドツーエンドの遅延である（2.4 システム機能・性能・要件(2)システム全体の遅延時間に記載のものとする）。下記にシステム性能要件を示す。

表 3-1 本実証システムの要求性能(例)再掲

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
カメラ構成①	HD	UL	20Mbps	10 台	200Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps
	合計要求スループット				
カメラ構成②	HD	UL	20Mbps	8 台	160Mbps
	4K	UL	45Mbps	2 台	90Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps
合計要求スループット					UL261Mbps (250Mbps) DL141Mbps
カメラ構成③	4K	UL	45Mbps	5 台	225Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	5 台	5Mbps

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
	インカム	UL・DL	50kbps	5台	250kbps
	送り返し	DL	4Mbps	5台	20Mbps
	タリー	DL	1kbps	5台	5kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5台	100Mbps
	合計要求スループット				UL231Mbps (220Mbps) DL121Mbps

電波法関係審査基準においては今回採用する 100MHz システムの場合、カバーエリアは-84.6dBm、干渉調整区域（許容干渉レベル）は-91.0dBm である。

表 3-2 受信電力一覧表

無線設備の区分	40MHz システム	50MHz システム	60MHz システム	80MHz システム	100MHz システム
カバーエリア	-88.6dBm	-87.6dBm	-86.9dBm	-85.6dBm	-84.6dBm
調整対象区域	-95.0dBm	-94.0dBm	-93.0dBm	-92.0dBm	-91.0dBm

※今回の実証においては 100MHz システムを採用している。

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

エリア構築の柔軟性の実証として、令和 3 年度では反射板を用いた無給電方式にてカバレッジ拡張手法が実証されているが、反射板を用いたエリア拡張では、連続した空間上でなければならず、離れたエリアにカバーエリアを展開することは難しく、今回のユースケースには適していない。

今回の実証においては、DAS-RU のみを移動・増設させることで、カバーエリアを必要に応じて展開することの優位性を確認することとした。

(2) 実証仮説

基地局を 1 台設置した場合、展開可能なカバーエリアは限りがある。また、図 3-4 のように

建物による遮蔽がある場合には、その陰は不感地帯となることが予測される。これら不感地帯の解消や、離れた複数の場所にローカル 5G のカバーエリアを展開する場合、場所ごとに基地局を設置する必要があり、設備導入コストがかかってしまう。しかしながら、DAS を導入することで、図 3-5 のように DAS-RU のみをカバーエリア展開する場所に設置することでローカル 5G のエリア展開を行うことができる。光ファイバで延伸した場所に DAS-RU を設置するだけでローカル 5G エリアの展開が行えるため導入コスト・運用コストを抑えたサービス展開が可能となる。

本実証では、ローカル 5G 基地局 1 台で電波放射した際と DAS-RU を用いて複数か所で電波放射した際の双方で実証を行い、DAS-RU のみの増設で不感地帯が解消されカバーエリアが展開可能であることを実証することとした。加えて、必要な場所にシステム性能要件を満たしたカバーエリアを展開可能であることを確認することとした。

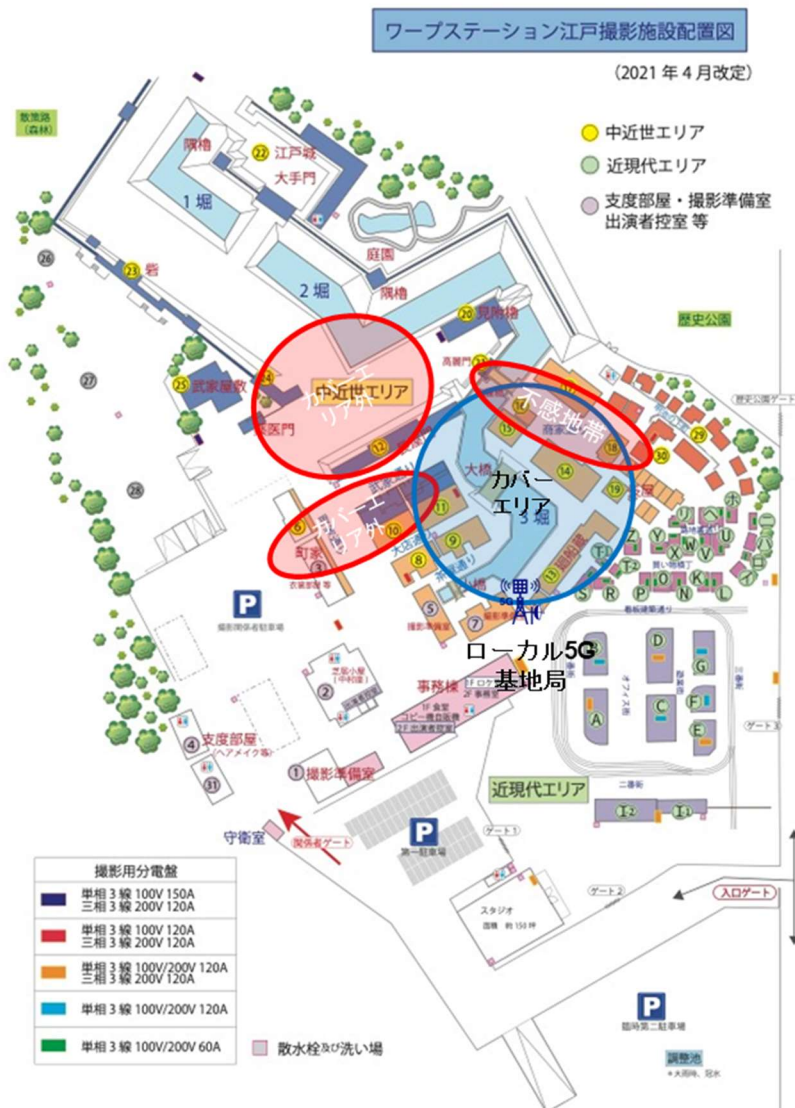


図 3-4 基地局 1 台運用(再掲)

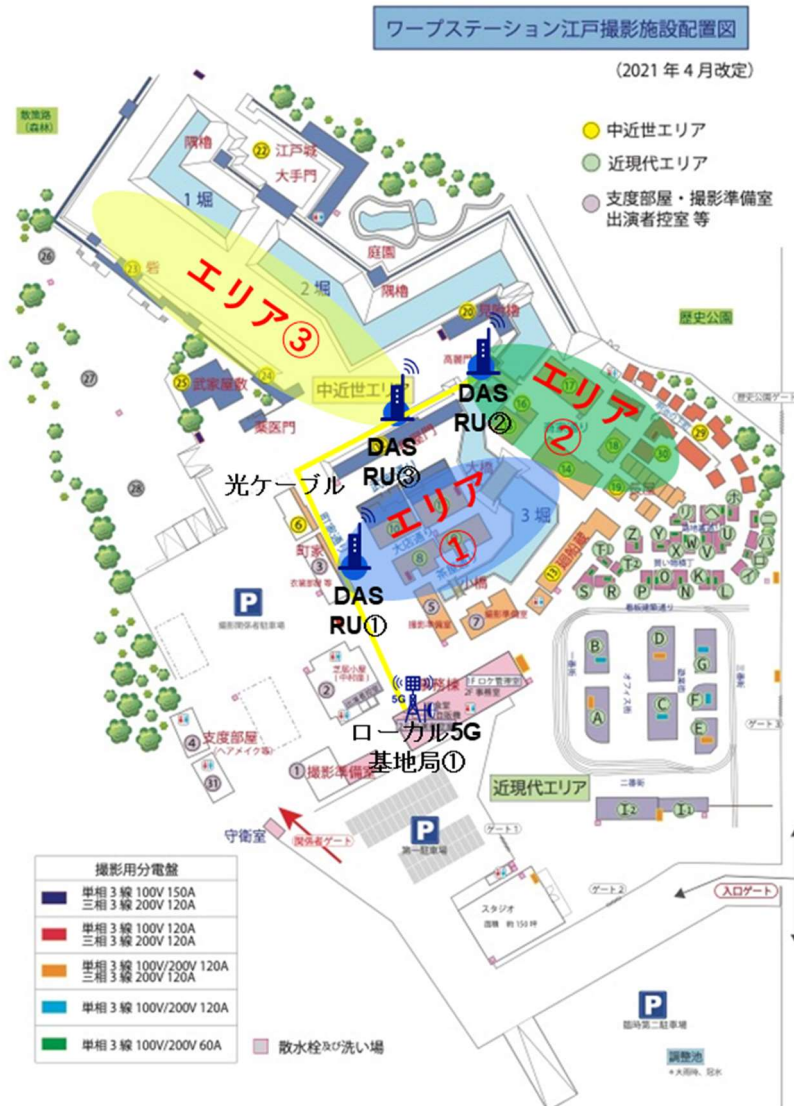


図 3-5 DAS を用いた基地局運用

エリアシミュレーションの結果を下記に示す。

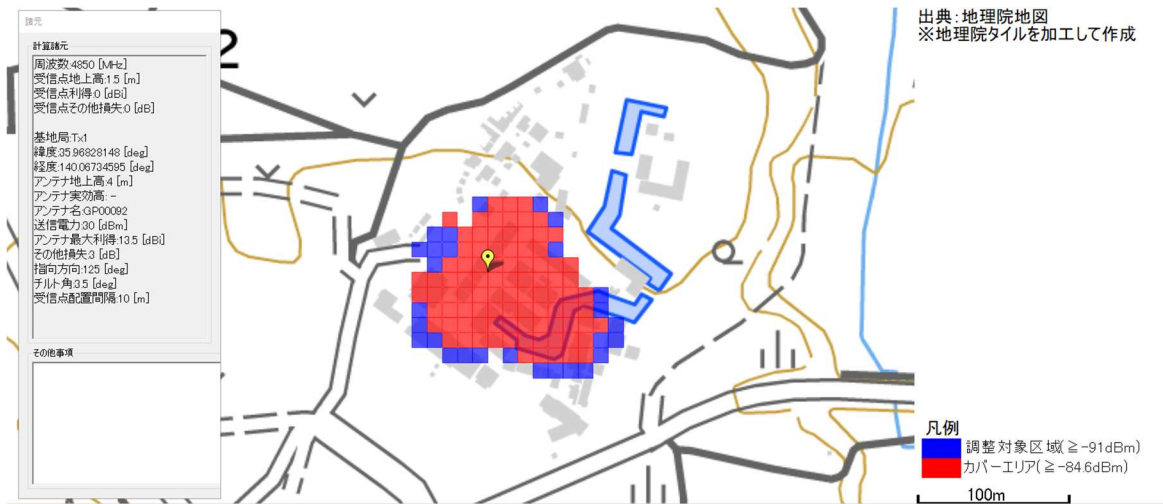


図 3-6 エリア①大店通り対象エリアシミュレーション結果:DAS(再掲)

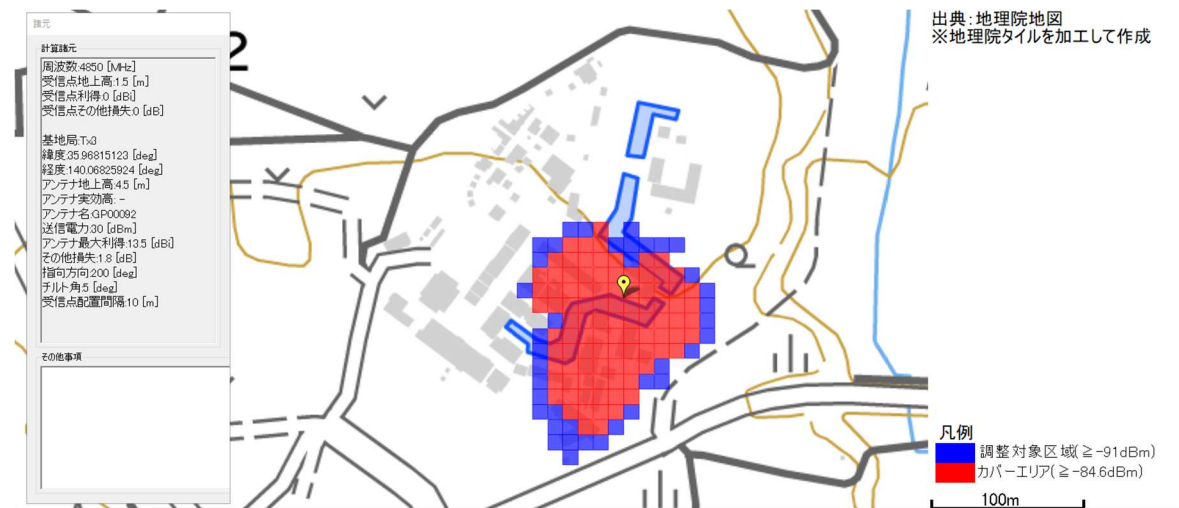


図 3-7 エリア②商家通り・長屋対象エリアシミュレーション結果:DAS(再掲)

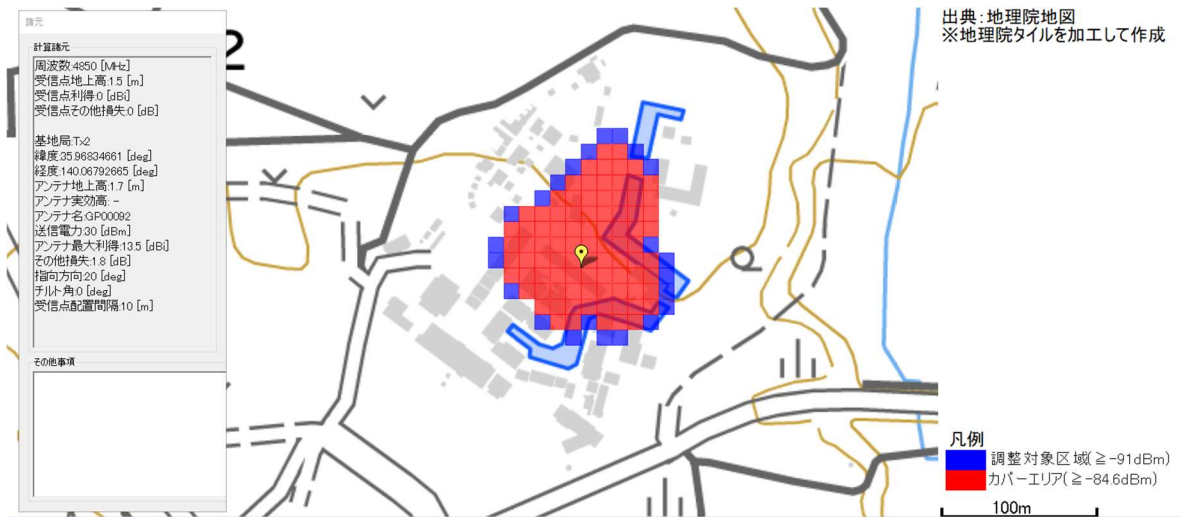


図 3-8 エリア③大手門・砦前広場対象エリアシミュレーション結果:DAS(再掲)

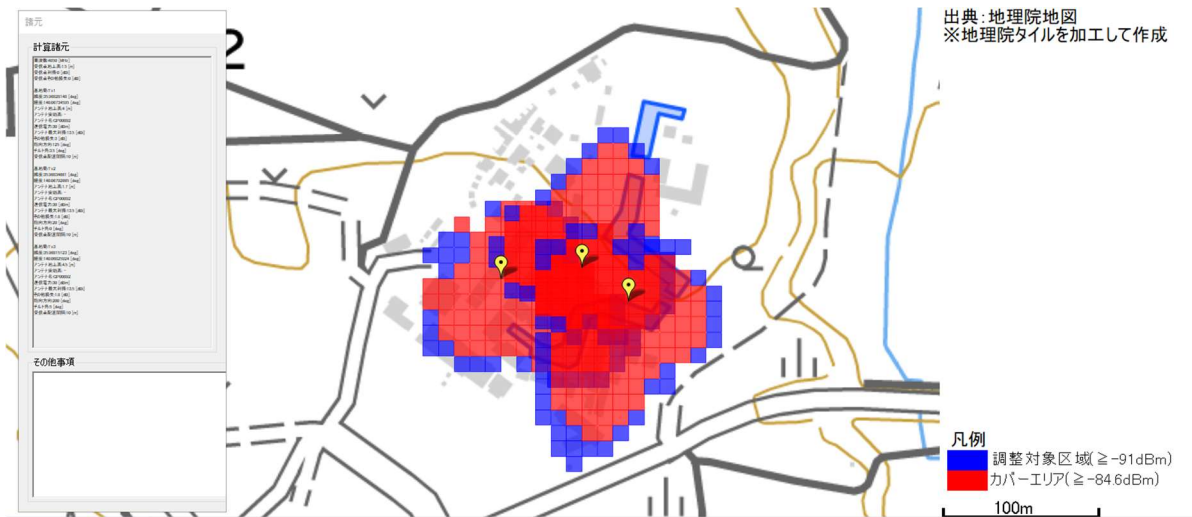


図 3-9 DAS-RU3 台同時電波照射時エリアシミュレーション結果:DAS

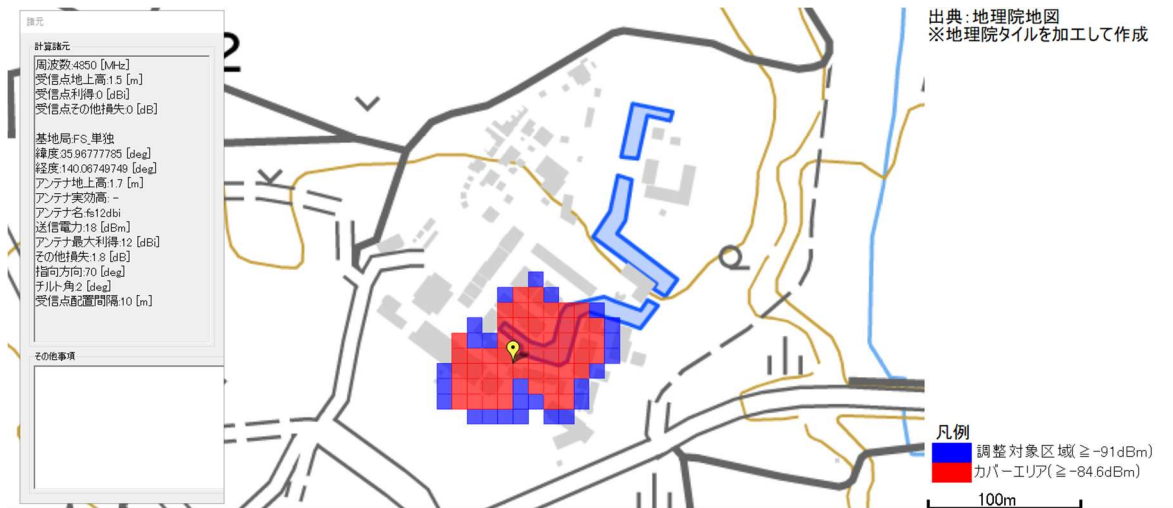


図 3-10 基地局のみ運用時(DAS なし)エリアシミュレーション結果:ローカル 5G 基地局(FLARE SYSTEMS)

エリアシミュレーションの結果より、DAS を 3 台用いることでカバーエリアが拡大していることがわかる。DAS を使用しない基地局では距離の影響によりカバーが難しい遠方においてもエリアがカバーできており、DAS によるエリア拡張の有用性がシミュレーションから確認できる。

(3) 評価・検証項目

ワープステーション江戸敷地内にて DAS-RU を用いて 3 か所のローカル 5G のエリアを展開した。また、エリア設計で作図したシミュレーション図におけるカバーエリア、調整対象区域内において 30 地点の測定を行っている。測定項目は RSRP、SINR、通信品質（スループット、遅延速度）とした。本測定はエリアを展開する 3 か所において測定を行っている。測定点は複数 DAS-RU 運用時のエリアの中心点より 8 方向のカバーエリアの中及び境界、調整対象区域の境界、調整対象区域の外周とした。建物の状況、立地により、測定そのものが行えない場所については、別の場所の測定を追加している。

DAS によるエリア展開の有効性を確認するために、①DAS を使用しない場合（基地局のみ運用時）、②各 DAS-RU 単独動作時、③各 DAS-RU 同時動作時についても測定を行い、比較対象として使用している。

また、①基地局のみ運用（DAS なし）②DAS-RU 同時使用時の各パターンにて、カバーエリア測定も行った。

表 3-3 測定項目と測定方法

測定項目	測定指標	測定手法	測定する値 (単位)	測定器
受信電力	RSRP	Anritsu エリアテスタ	dBm	ML8780A
受信電力	RSSI	Anritsu エリアテスタ	dBm	ML8780A
電波干渉	SINR	Anritsu エリアテスタ	dB	ML8780A
通信品質	スループット	SpeedTest ツール	Mbps	CPE
遅延	遅延時間	ping	msec	WindowsPC (ping)

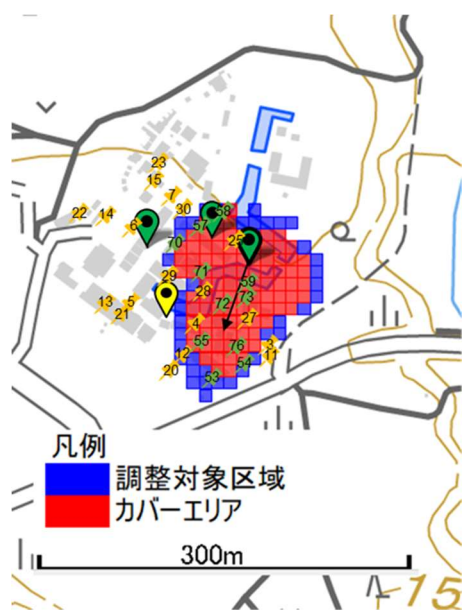


※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-11 大店通り受信電力測定箇所



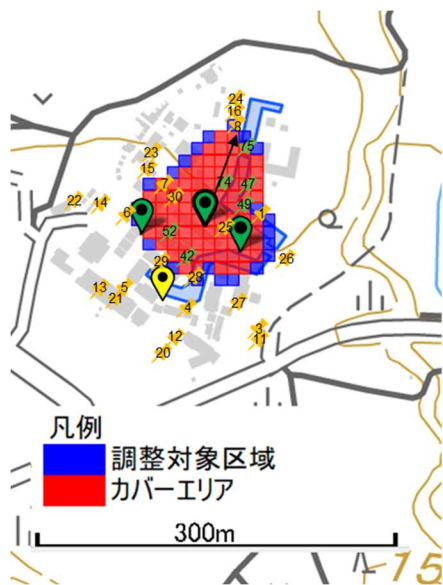
- ★ 8方向測定位置
- ★ 追加測定位置
- 📍 DAS-RU / アンテナ
- 📍 基地局 / アンテナ
- ※測定対象については太枠にて強調
- アンテナ指向方向

※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-12 商家通り・長屋受信電力測定箇所



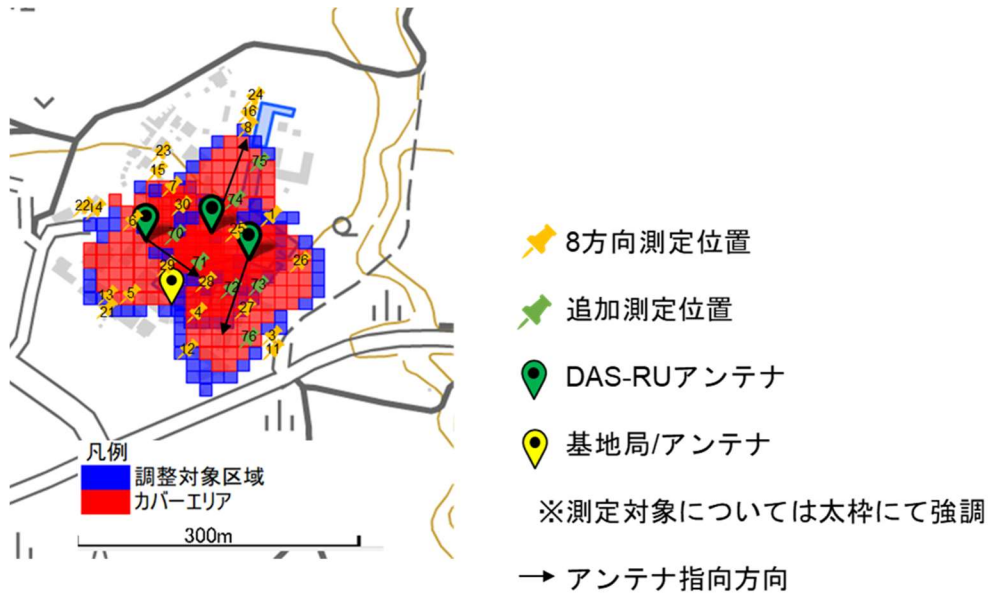
- ★ 8方向測定位置
- ★ 追加測定位置
- 📍 DAS-RU / アンテナ
- 📍 基地局 / アンテナ
- ※測定対象については太枠にて強調
- アンテナ指向方向

※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-13 大手門・岩前広場受信電力測定箇所

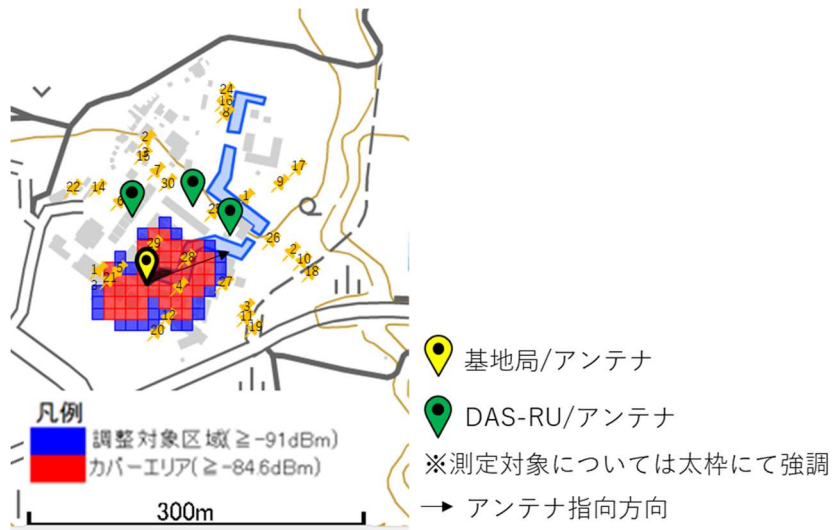


※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-14 DAS-RU3 台同時電波照射時受信電力測定箇所

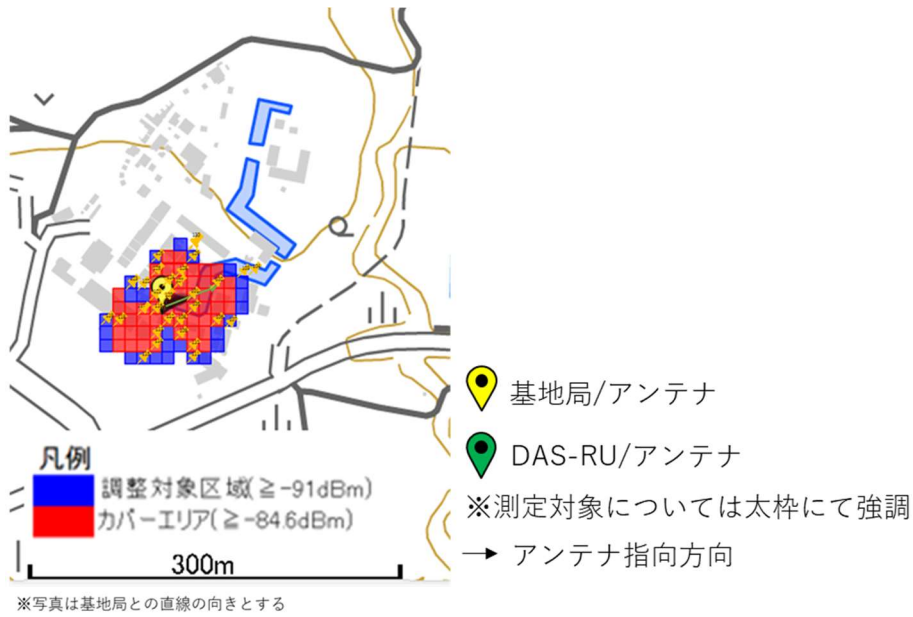


※赤色：カバーエリア：-84.6dBm、青色：調整対象区域：-91.0dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-15 基地局のみ運用(DAS なし)受信電力測定箇所

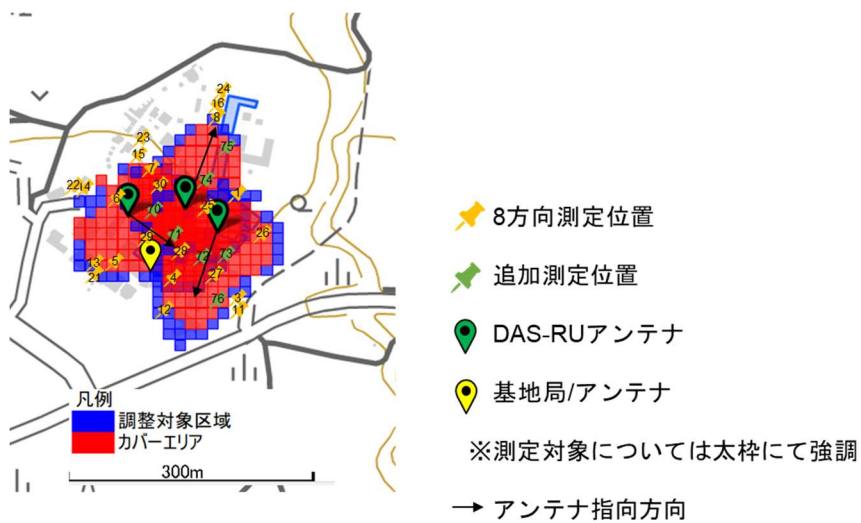


※赤色：カバーエリア： -84.6 dBm、青色：調整対象区域： -91.0 dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-16 基地局(DAS なし)電波照射時カバーエリア端測定箇所



※赤色：カバーエリア： -84.6 dBm、青色：調整対象区域： -91.0 dBm

※マーカー位置にアンテナ置局

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-17 DAS-RU3 台同時電波照射時カバーエリア端測定箇所

(4) 評価・検証方法

①受信電力

受信電力 (RSRP) について①DAS を用いない基地局のみ運用時及び、②各 DAS-RU 単独使用時、③DAS-RU 同時使用で各 30 地点にて測定し、電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較した。比較の差異は電波法関係審査基準の伝搬モデルは受信電力 (RSSI) を用いているため、測定した RSRP と RSSI を変換した上で比較、検証を行っている。RSRP と RSSI の変換式は下記の式を利用している。

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 \log(12N)$$

N ; リソースブロック数 本実証においては 273 となる

伝搬モデルとの比較についてはパラメータのチューニングについては行わず、実測値と審査基準に示された伝搬式でのシミュレーションとの差異を求めた。

差異が確認できた場合、実測値と机上計算で算出した伝搬モデルの差異について建物影響の有無や見通しの有無といった観点で差異の要因を考察することで、建物が密集した環境での机上計算の有効性の知見を得ることとした。

今回の実証場所では建物が密集しており建物の影響があることが予測された。

測定についてはアンリツ製測定機「ML8780A」を使用している。各地点の位置情報については「ML8780A」に搭載の GPS 受信機により測定した。

※GPS の水平誤差は受信状況によるが最高値で 2-10m 程度である。GPS の垂直誤差は大きいいため、GPS で測位した水平面の位置の国土地理院地形データにアンテナ高を足すことにより、アンテナの海拔高としている。

また、受信電力の測定に際しては定在波の影響を避けるため、1つの測定点において 10λ (λ は波長) の範囲で測定位置を動かしながら測定を実施し、得られた全てのサンプルを統計処理し結果とした。($10\lambda = 61.8\text{cm}$)

測定点あたり、合計 1000 サンプル以上の測定を実施し、中央値、平均値、標準偏差、上位 10 値、下位 10% 値を算出している。

なお、「ML8780A」の測定下限値は $-129\text{dBm} \pm 4.7\text{dB}$ であり、測定結果が得られない場合は、測定不可としている。

受信レベルを比較の上、測定結果とシミュレーション結果と実測値の差分を比較した。

さらに、DAS を用いない基地局のみ運用でエリア展開した場合と DAS を用いてエリア展開した場合とで比較を行い、カバーエリアの変化について確認した。

②その他の指標

通信品質であるスループット、遅延時間を測定し、RSRP との相関が取れているかの確認を行い、システムに必要な性能が出せることを確認した。

また、スループットの測定に際しても定在波の影響を避けるため、1つの測定点において 10λ (λ は波長)の範囲で測定位置を動かしながら測定を実施し、得られた全てのサンプルを統計処理し結果とした。測定点あたり測定位置①～③の3回の測定として測定を行った。

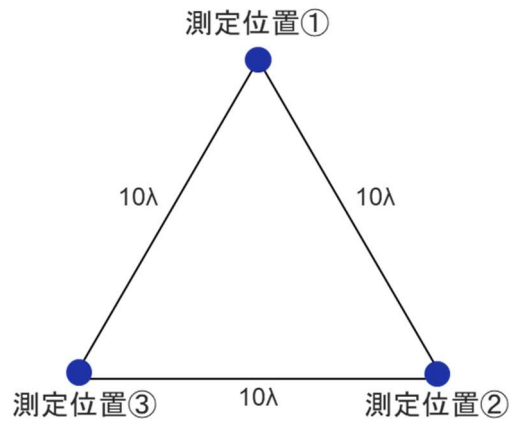


図 3-18 測定点イメージ

スループットについてはオープンソースの「LibreSpeed」を用いて試験を行い、結果については15秒間の平均値にて表示される値を使用した。

SINR、RSSI を測定し、外部からの干渉により通信品質が損なわれていないかを確認し、RSRPと通信品質の相関に外部からの影響がないことを確認した。

今回使用した DAS の諸元について、下記に示す。

表 3-4 DAS 諸元

写真	項目	仕様
	製造ベンダ	東芝インフラシステムズ
	台数	MU : 1台 / RU : 3台
	設置場所 (屋内/屋外)	MU : 屋内 / RU : 屋外
	同期/準同期	同期・準同期
	周波数帯	4.8/4.9GHz 帯
	RF 出力	17dBm/5MHz, 30dBm/100MHz,

写真	項目	仕様
		Total 33dBm(2W)
	システムゲイン	30dB Settable gain 0 ~ -15dB(1dB step)
	消費電力	MU : 78W / RU : 107W

今回の実証にて設置したアンテナ特性及び、アンテナ配置平面図と垂直図を下記に示す。

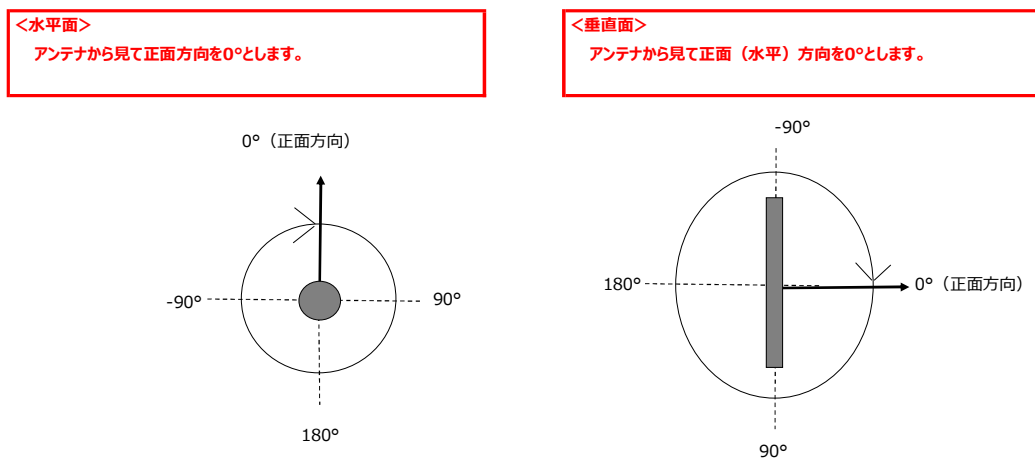


図 3-19 アンテナ特性

水平面パターン

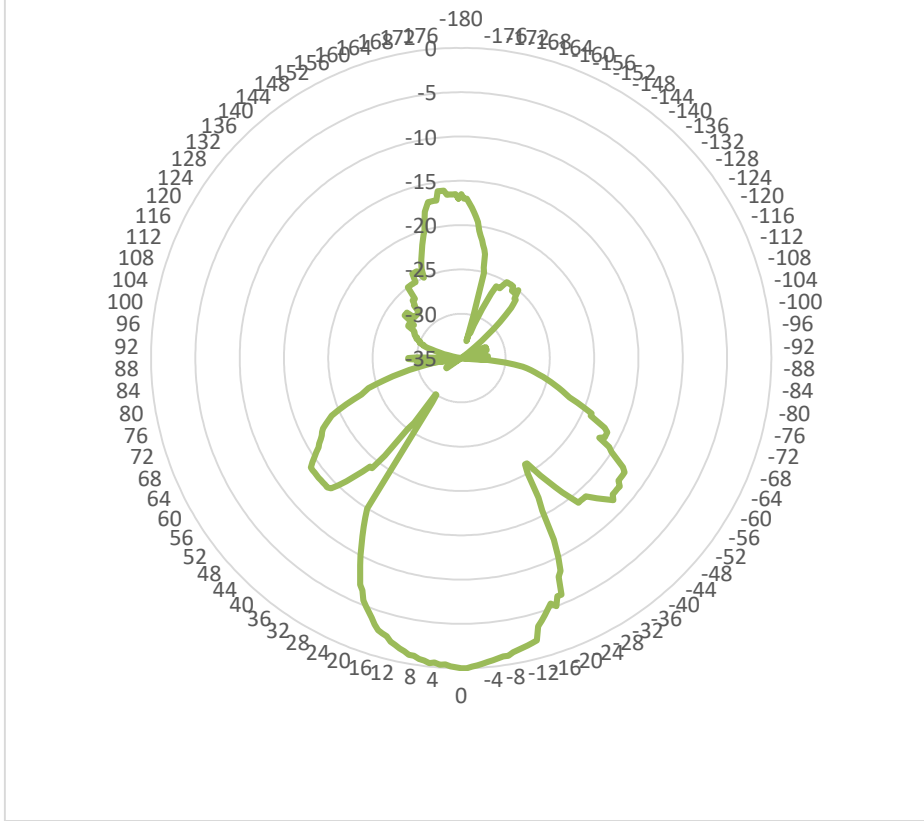


図 3-20 基地局(DAS なし)用アンテナ特性水平面パターン

垂直面パターン

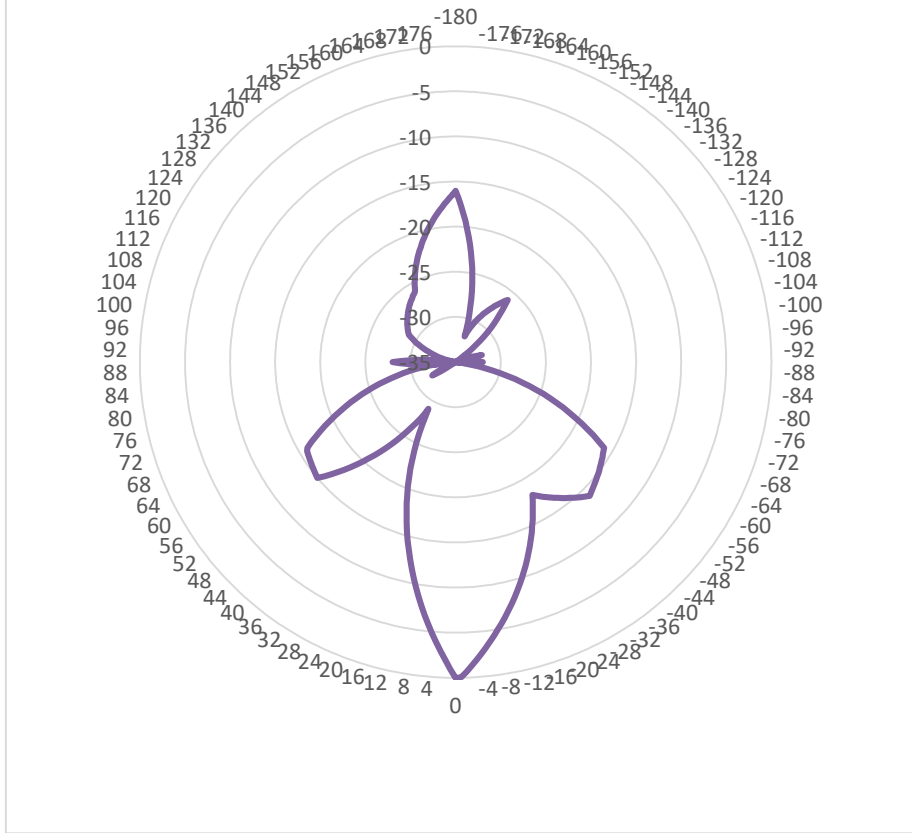


図 3-21 基地局(DAS なし)用アンテナ特性垂直面パターン

水平面パターン

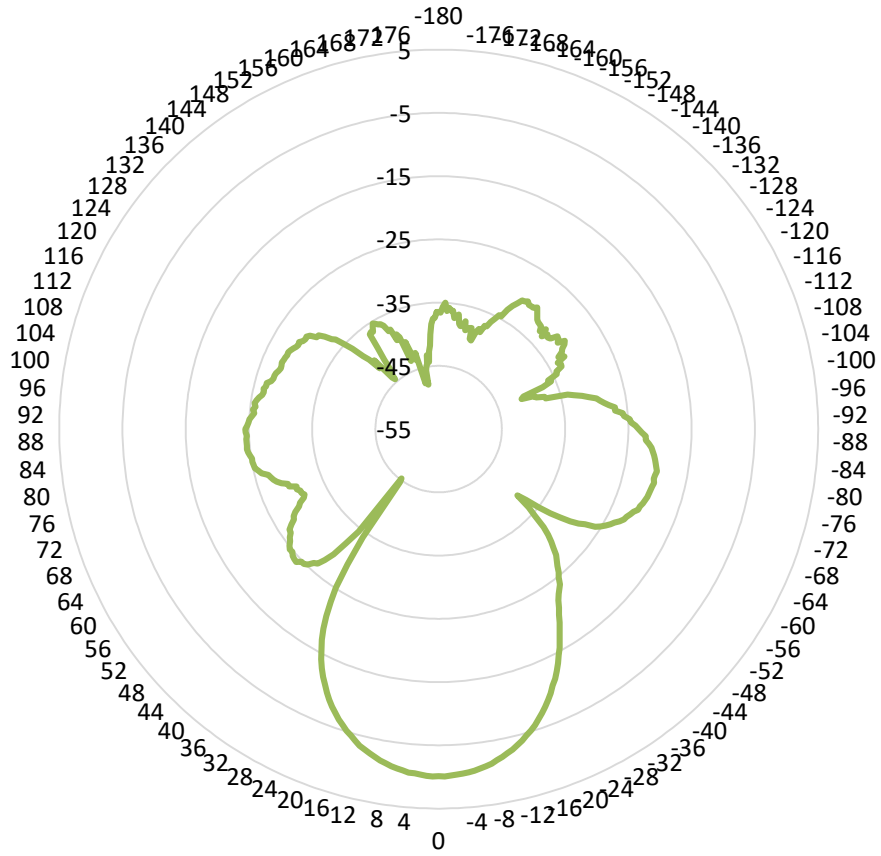


図 3-22 DAS-RU 用アンテナ特性水平面パターン

垂直面パターン

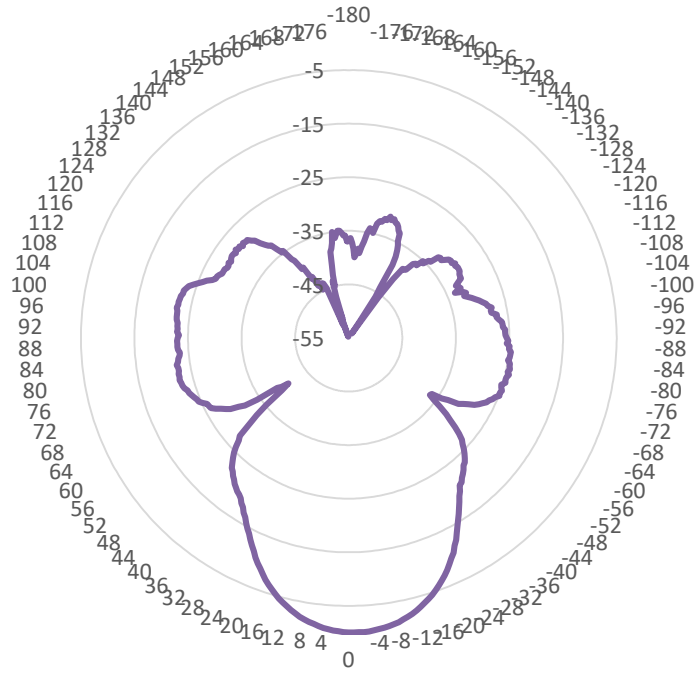


図 3-23 DAS-RU 用アンテナ特性垂直面パターン

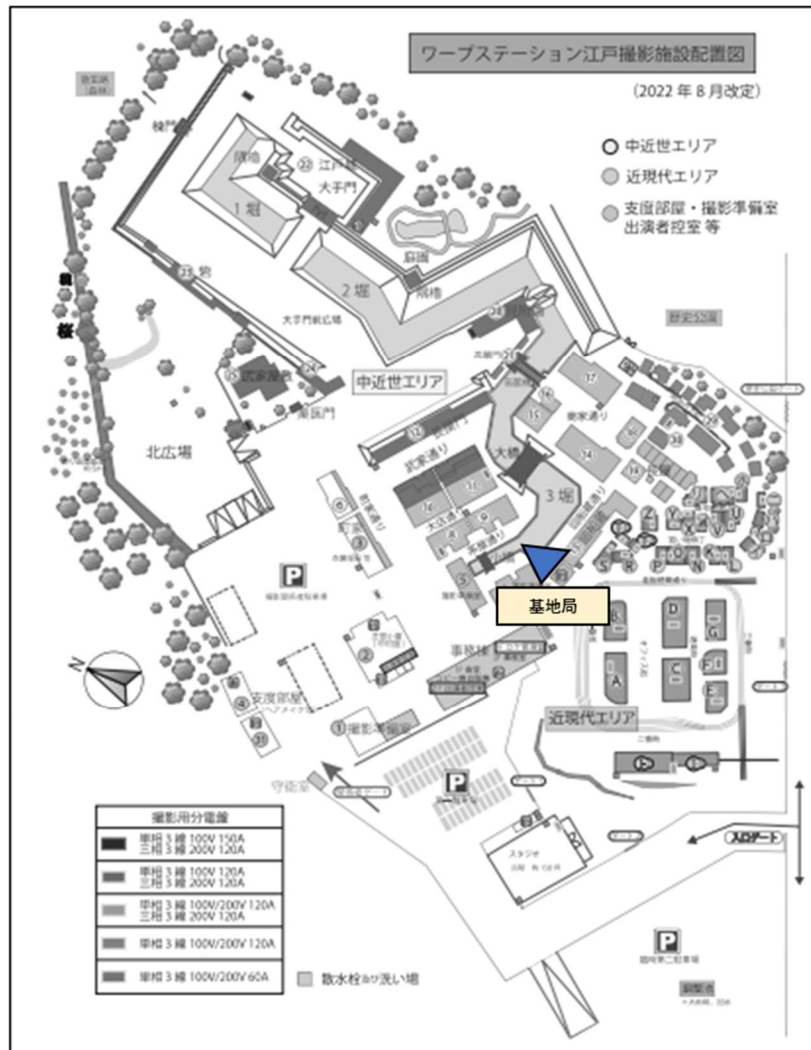


図 3-24 基地局(DASなし)設置平面図

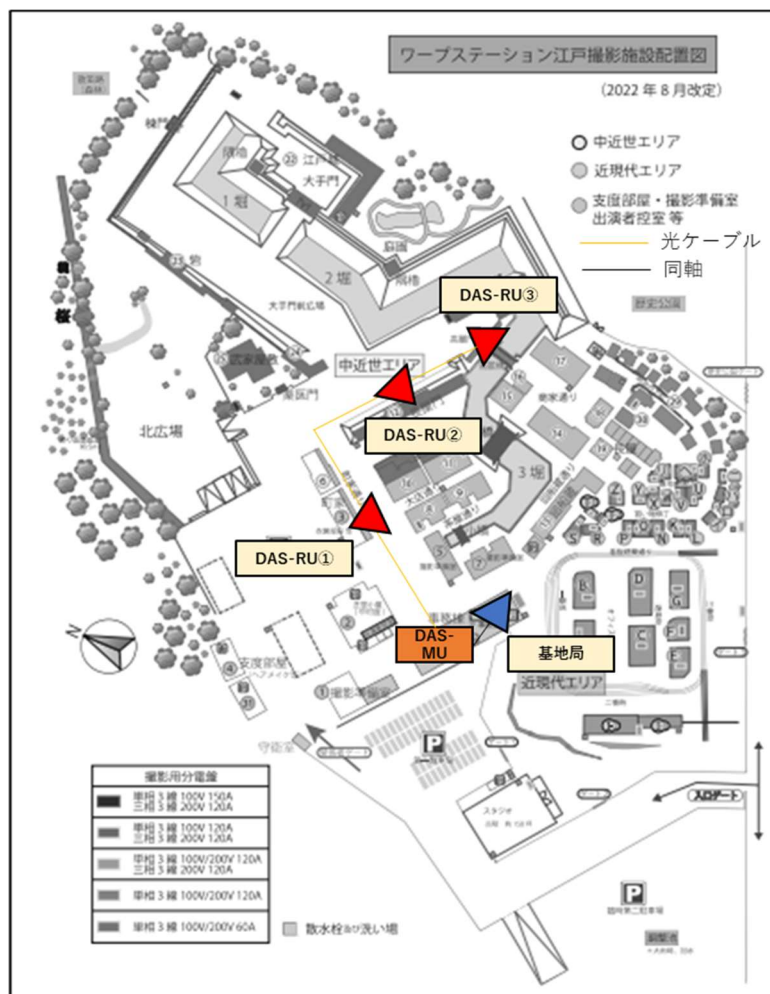


図 3-25 DAS-RU3 台設置位置平面図

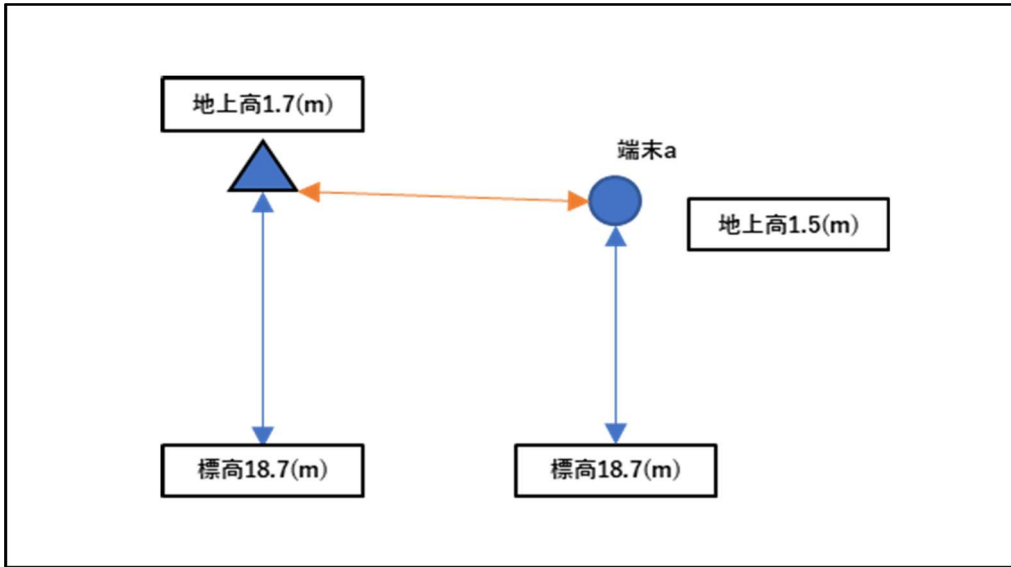


図 3-26 基地局(DAS なし)設置垂直図



図 3-27 基地局(DAS なし)設置写真(再掲)

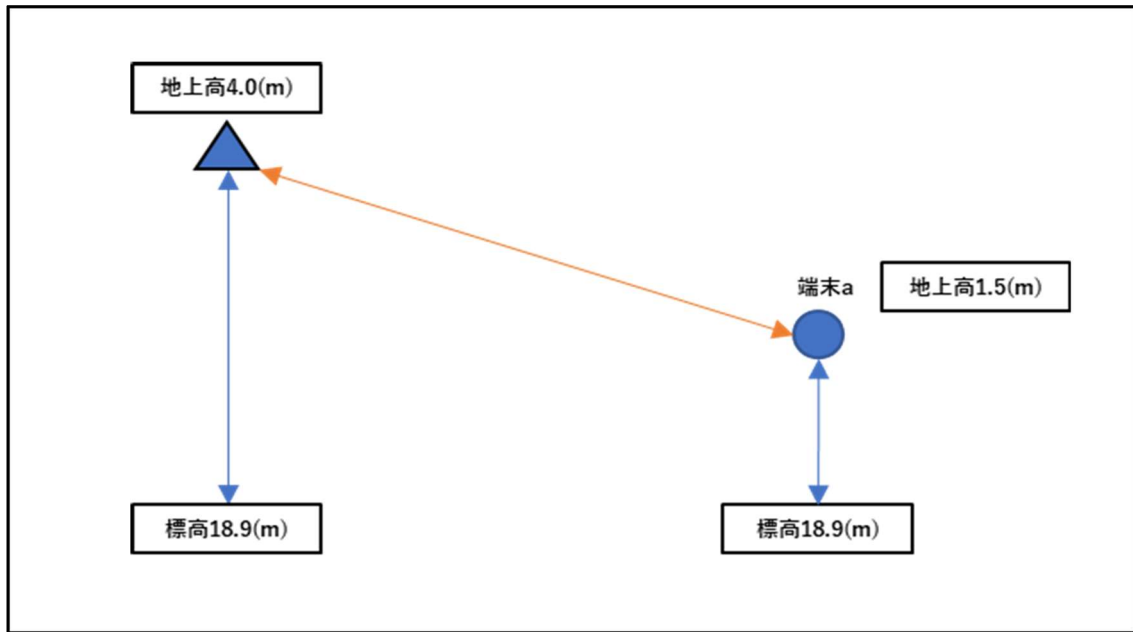


図 3-28 大店通り(DAS-RU①)設置垂直図



図 3-29 大店通り(DAS-RU①)アンテナ設置写真(再掲)

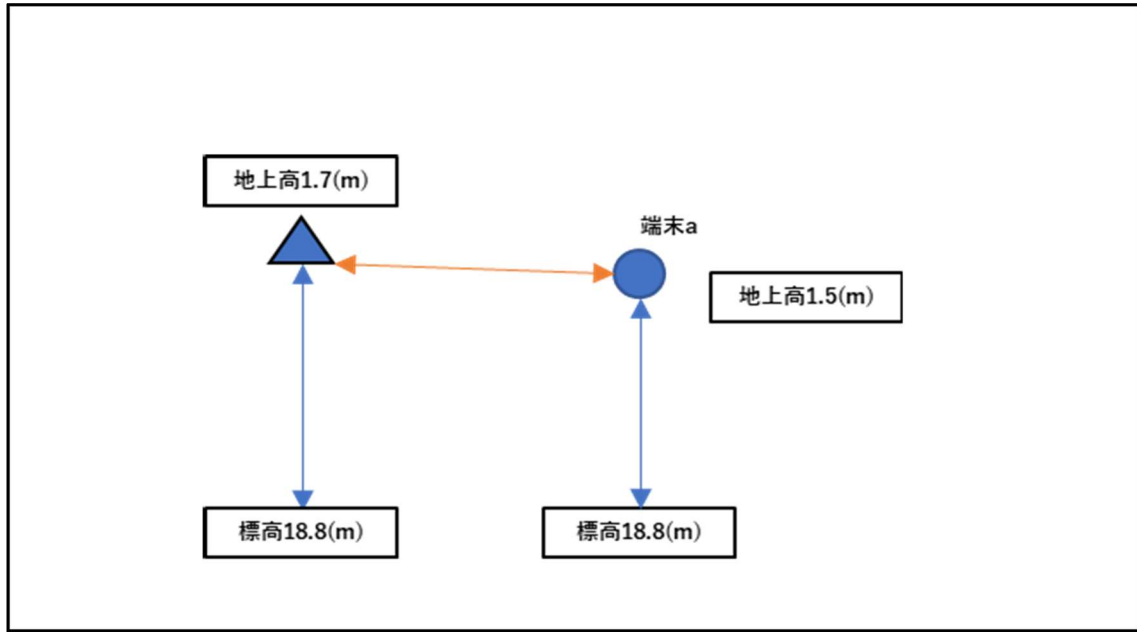


図 3-30 大手門・砦前広場(DAS-RU②)設置垂直図

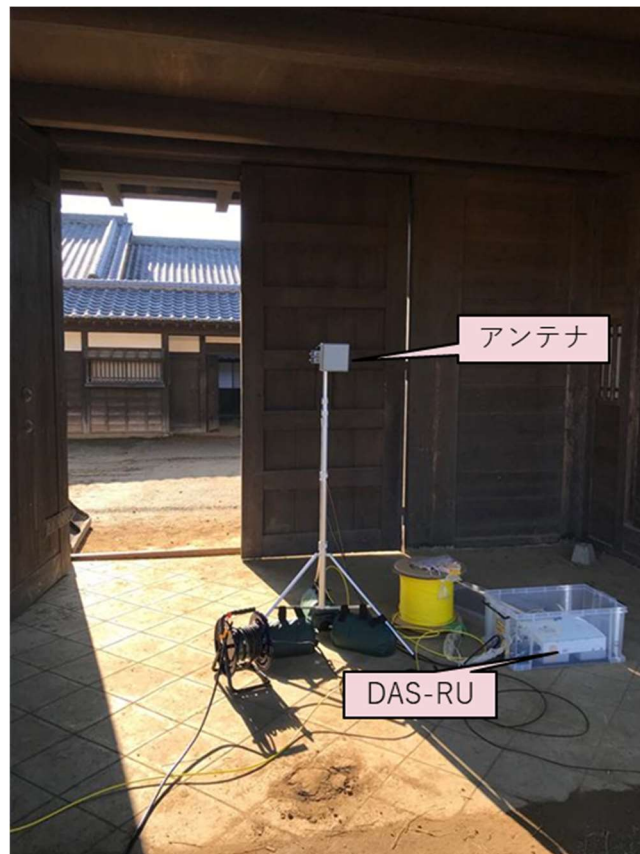


図 3-31 大手門・砦前広場(DAS-RU②)アンテナ設置写真(再掲)

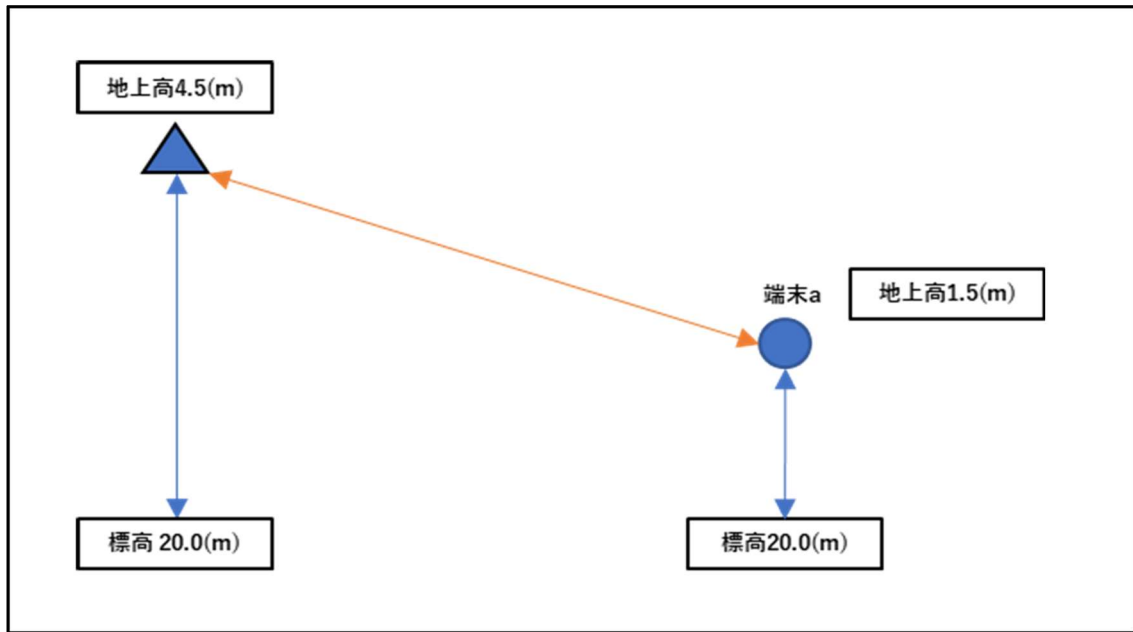


図 3-32 商家通り・長屋(DAS-RU③)設置垂直図

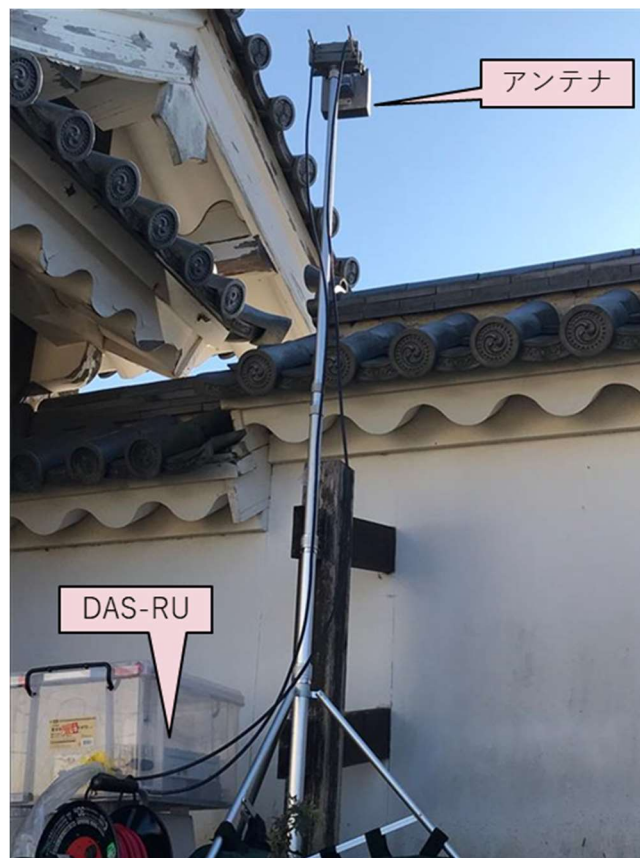


図 3-33 商家通り・長屋(DAS-RU③)アンテナ設置写真(再掲)

(5) 実証結果及び考察

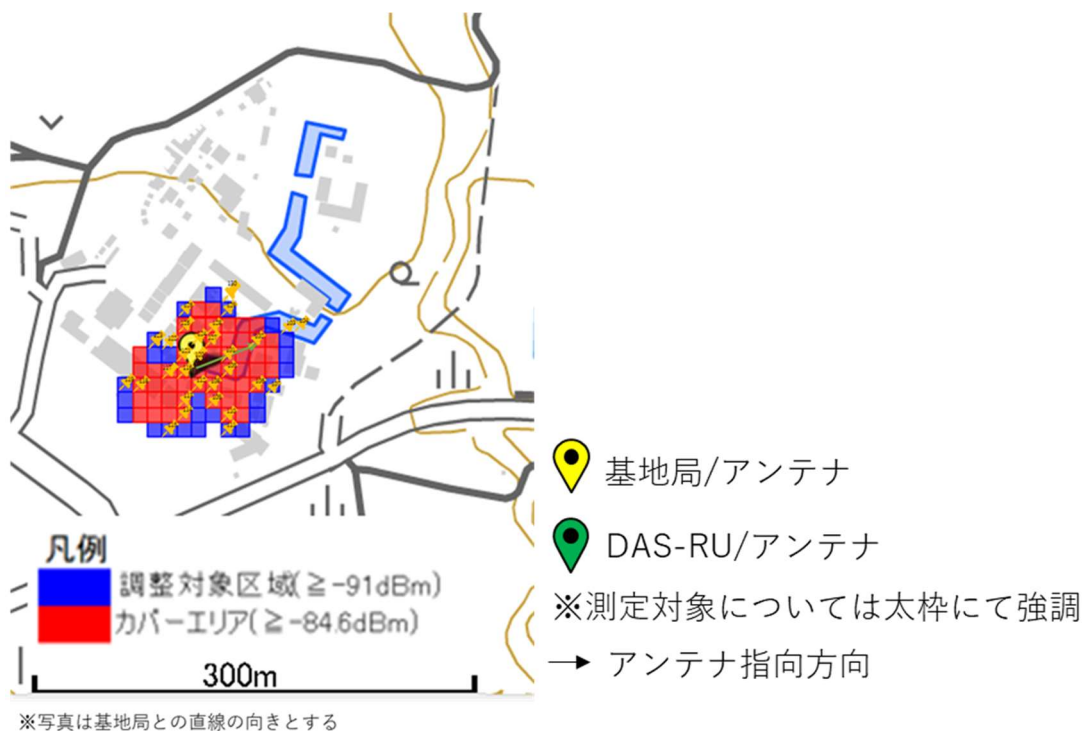
1) 受信電力測定結果

DAS によるエリア拡張、不感地帯の解消効果確認のために、DAS を使用せずに 1 台の基地局のみでエリアを展開した場合の受信電力測定結果を下記に示す。

表内にある算出式による受信電力 (RSSI) について使用した K 値, S 値, R 値については下記の通りである。

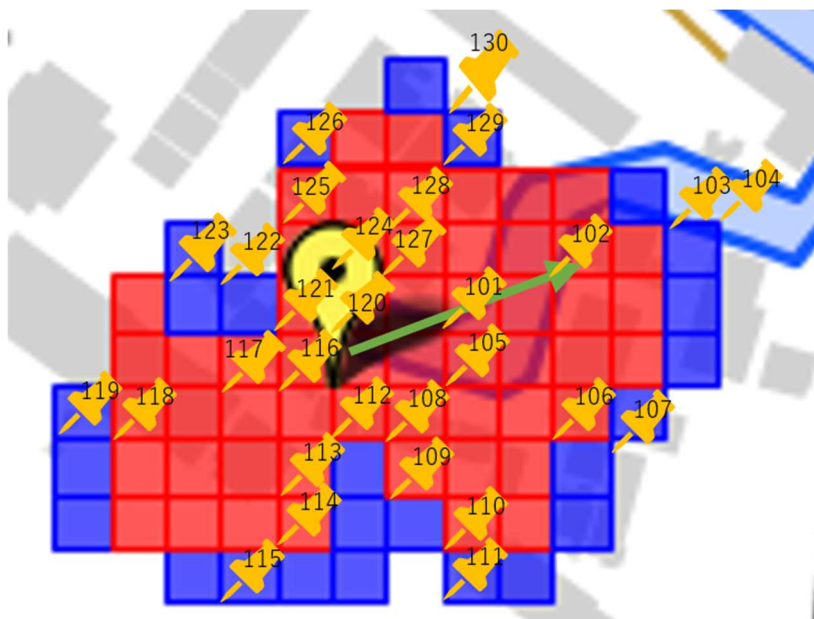
表 3-5 受信電力計算パラメータ

パラメータ名	値[dB]
K 値	0.0
S 値	0.0
R 値	0.0



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-34 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定箇所



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-35 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定箇所(拡大図)

表 3-6 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定位置情報

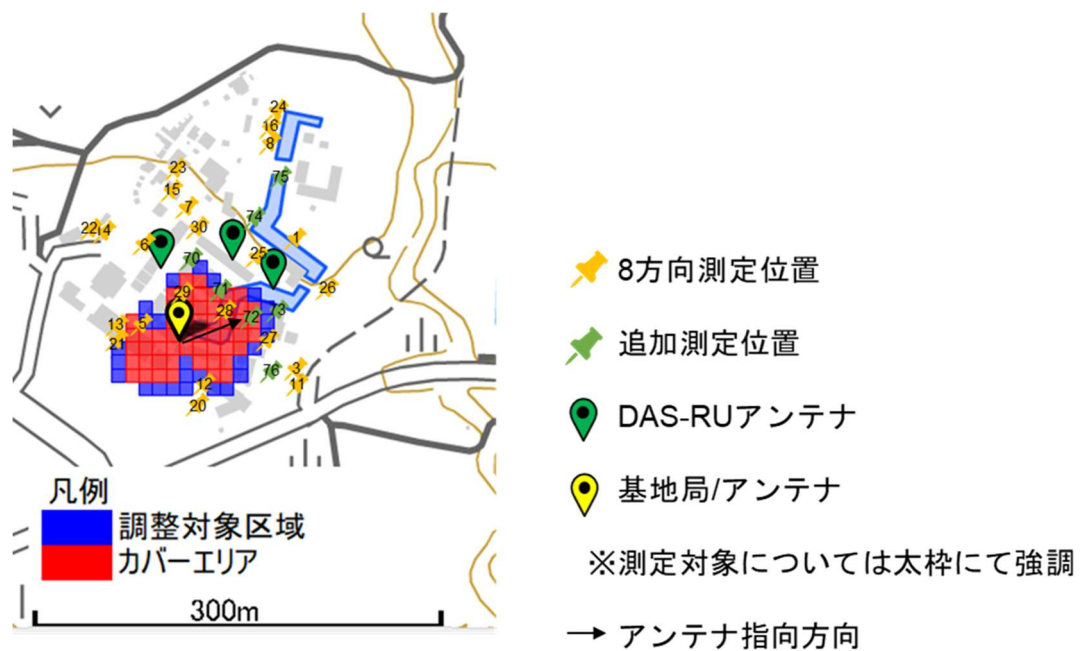
測定点 ID	基地局との 3D距離[m]	基地局との 水平距離[m]	基地局アンテナ 地点標高 [m]	基地局アンテナ 地上高 [m]	送信電力 Pt [dBm]	送信アンテナ利得 Gt [dBi]	基地局給電線損失 Lf [dB]	受信アンテナ利得 Gr [dBi]	受信給電線損失 [dB]	測定点標高 [m]	端末(測定器) アンテナ地上高 [m]	LOS (0:LOS 1:NLOS)	測定日 (yyyy/mm/dd)
101	22.36	22.36	18.70	1.70	18.00	11.14	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	0	2022/12/09
102	44.72	44.72	18.70	1.70	18.00	11.14	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	0	2022/12/09
103	67.09	67.08	18.70	1.70	18.00	11.14	1.80	0.00	0.00	20.00	1.50	1	2022/12/09
104	76.16	76.16	18.70	1.70	18.00	11.71	1.80	0.00	0.00	19.10	1.50	1	2022/12/09
105	20.00	20.00	18.70	1.70	18.00	7.50	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	0	2022/12/09
106	41.23	41.23	18.70	1.70	18.00	(18.00)	1.80	0.00	0.00	18.80	1.50	1	2022/12/09
107	50.99	50.99	18.70	1.70	18.00	(2.00)	1.80	0.00	0.00	18.90	1.50	1	2022/12/09
108	14.14	14.14	18.70	1.70	18.00	(6.50)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
109	22.36	22.36	18.70	1.70	18.00	(23.00)	1.80	0.00	0.00	18.60	1.50	1	2022/12/09
110	36.06	36.06	18.70	1.70	18.00	(16.00)	1.80	0.00	0.00	18.60	1.50	1	2022/12/09
111	44.72	44.72	18.70	1.70	18.00	(23.00)	1.80	0.00	0.00	18.40	1.50	1	2022/12/09
112	10.00	10.00	18.70	1.70	18.00	(18.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
113	22.36	22.36	18.70	1.70	18.00	(16.00)	1.80	0.00	0.00	18.50	1.50	1	2022/12/09
114	31.63	31.62	18.70	1.70	18.00	(15.00)	1.80	0.00	0.00	18.10	1.50	1	2022/12/09
115	44.73	44.72	18.70	1.70	18.00	(16.00)	1.80	0.00	0.00	17.80	1.50	1	2022/12/09
116	10.00	10.00	18.70	1.70	18.00	(20.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
117	20.00	20.00	18.70	1.70	18.00	(20.00)	1.80	0.00	0.00	18.60	1.50	1	2022/12/09
118	41.23	41.23	18.70	1.70	18.00	(7.00)	1.80	0.00	0.00	18.50	1.50	1	2022/12/09
119	50.99	50.99	18.70	1.70	18.00	(9.00)	1.80	0.00	0.00	18.30	1.50	1	2022/12/09
120	10.00	10.00	18.70	1.70	18.00	(10.00)	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	1	2022/12/09
121	14.14	14.14	18.70	1.70	18.00	(21.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
122	28.28	28.28	18.70	1.70	18.00	(21.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
123	36.06	36.06	18.70	1.70	18.00	(24.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
124	20.00	20.00	18.70	1.70	18.00	(10.00)	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	1	2022/12/09
125	31.62	31.62	18.70	1.70	18.00	(22.00)	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
126	41.23	41.23	18.70	1.70	18.00	(18.00)	1.80	0.00	0.00	18.80	1.50	1	2022/12/09
127	22.36	22.36	18.70	1.70	18.00	(1.50)	1.80	0.00	0.00	19.00	1.50	1	2022/12/09
128	28.28	28.28	18.70	1.70	18.00	3.50	1.80	0.00	0.00	18.70	1.50	1	2022/12/09
129	44.72	44.72	18.70	1.70	18.00	(1.50)	1.80	0.00	0.00	18.80	1.50	1	2022/12/09
130	53.85	53.85	18.70	1.70	18.00	0.00	1.80	0.00	0.00	18.80	1.50	1	2022/12/09

表 3-7 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定結果

測定点 ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	DAS なし: 端末(測定器)の受信電力 (RSRP) 実測値 [dBm]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
101	-64.9	-99.3	-99.85	3.33	-95.91	-104.5	
102	-82.8	-109.7	-110.24	3.77	-105.8	-115.8	
103	-104.1	-114.1	-114.51	2.65	-111.4	-118.1	

測定点 ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	DAS なし: 端末(測定器)の受信電力(RSRP) 実測値 [dBm]					備考
		中央値	平均値	標準偏 差	上位 10%値	下位 10%値	
104	-112.4	-114.5	-114.74	2.52	-111.9	-117.8	
105	-50.0	-83.3	-83.65	2.15	-81	-86.6	
106	-68.1	-99.8	-100.28	4.20	-95.5	-105.3	
107	-79.2	-90.7	-91.21	2.49	-88.4	-94.7	
108	-63.9	-118.2	-118.61	4.51	-112.4	-124.4	
109	-70.3	-121.2	-121.67	3.74	-117.3	-127.18	
110	-71.5	-	-	-	-	-	測定不可
111	-81.8	-131.6	-132.05	3.92	-127.2	-137.82	
112	-88.0	-102.7	-103.19	4.31	-98.3	-109.1	
113	-89.3	-108.6	-108.52	2.43	-105.31	-111.4	
114	-86.9	-123.9	-124.34	5.12	-118.3	-130.8	
115	-107.7	-	-	-	-	-	測定不可
116	-76.6	-	-	-	-	-	測定不可
117	-79.2	-	-	-	-	-	測定不可
118	-94.5	-129.2	-129.43	3.86	-124.65	-134.6	
119	-103.7	-129.4	-130.29	3.75	-126.4	-135.49	
120	-70.3	-100.6	-100.83	3.87	-96	-105.9	
121	-66.8	-118.5	-119.17	3.92	-114.5	-124.7	
122	-77.4	-125.9	-126.24	4.00	-121.5	-131.8	
123	-75.2	-127.7	-128.40	2.91	-125.2	-132.5	
124	-84.1	-106	-106.20	2.21	-103.8	-109	
125	-80.9	-	-	-	-	-	測定不可
126	-86.7	-124	-124.27	2.42	-121.32	-127.6	
127	-90.0	-96.6	-97.90	5.23	-92.4	-105.4	
128	-92.1	-124.4	-124.42	2.53	-121.3	-127.6	
129	-90.5	-111.2	-112.06	3.48	-108.2	-117.2	
130	-118.5	-131.4	-131.73	3.13	-127.9	-136.2	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。



※追加測定位置は8方向測定位置に設定していた位置に人が入れなかったため、追加で設定した測定位置である。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-36 基地局のみ設置(DASなし)時受信電力測定箇所(DAS 拡張エリア込み)

測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-8 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定箇所詳細(DAS 拡張エリア込み)

測定点 ID	基地局との 3D距離[m]	基地局との 水平距離[m]	基地局アンテナ 地上高 [m]	送信電力 Pt [dBm]	送信アンテナ利得 Gt [dBi]	基地局給電線損失 Lf[dBi]	端末(測定器) アンテナ地上高 [m]	LOS (0:LOS 1:NLOS)	測定日 (yyyy/mm/dd)
1	136.01	136.01	1.70	18.00	(7.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
3	85.44	85.44	1.70	18.00	(6.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
4	22.36	22.36	1.70	18.00	(2.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
5	31.62	31.62	1.70	18.00	(13.50)	1.80	1.50	1	2022/12/09
6	76.16	76.16	1.70	18.00	(28.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
7	100.00	100.00	1.70	18.00	(10.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
8	152.32	152.32	1.70	18.00	0.50	1.80	1.50	1	2022/12/09
11	89.44	89.44	1.70	18.00	(2.00)	1.80	1.50	0	2022/12/09
12	31.62	31.62	1.70	18.00	(26.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
13	50.99	50.99	1.70	18.00	(13.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
14	94.34	94.34	1.70	18.00	(24.50)	1.80	1.50	1	2022/12/09
15	110.45	110.45	1.70	18.00	(12.50)	1.80	1.50	1	2022/12/09
16	161.56	161.55	1.70	18.00	0.00	1.80	1.50	1	2022/12/09
20	41.23	41.23	1.70	18.00	(24.50)	1.80	1.50	1	2022/12/09
21	40.00	40.00	1.70	18.00	(20.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
22	106.30	106.30	1.70	18.00	(20.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
23	130.38	130.38	1.70	18.00	(12.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
24	170.88	170.88	1.70	18.00	0.00	1.80	1.50	1	2022/12/09
25	86.02	86.02	1.70	18.00	(7.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
26	104.40	104.40	1.70	18.00	11.60	1.80	1.50	1	2022/12/09
27	60.83	60.83	1.70	18.00	0.00	1.80	1.50	1	2022/12/09
28	36.06	36.06	1.70	18.00	10.14	1.80	1.50	0	2022/12/09
29	30.00	30.00	1.70	18.00	(10.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
30	90.55	90.55	1.70	18.00	(5.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
70	50.00	50.00	1.70	18.00	(10.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
71	36.06	36.06	1.70	18.00	(5.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
72	50.99	50.99	1.70	18.00	11.00	1.80	1.50	1	2022/12/09
73	70.71	70.71	1.70	18.00	10.50	1.80	1.50	1	2022/12/09
74	102.96	102.96	1.70	18.00	(2.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
75	130.38	130.38	1.70	18.00	(3.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09
76	72.11	72.11	1.70	18.00	(2.00)	1.80	1.50	1	2022/12/09

表 3-9 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定結果(DAS 拡張エリア込み)

測定点 ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	DAS なし: 端末(測定器) の受信電力 (RSRP) 実測値 [dBm]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	-127.1	-117.4	-117.8	2.35	-115.3	-120.95	
3	-97.7	-127.7	-128.3	4.34	-123.3	-134.23	
5	-74.1	-110.5	-111.0	4.59	-105.4	-117.51	
6	-111.9	-	-	-	-	-	測定不可
7	-134.8	-	-	-	-	-	測定不可
8	-150.8	-	-	-	-	-	測定不可
11	-104.7	-112.6	-112.9	2.57	-109.8	-116.1	
12	-74.1	-127.8	-128.3	4.00	-123.8	-133.4	
13	-95.8	-131.9	-132.1	4.00	-127	-137.7	
14	-132.0	-	-	-	-	-	測定不可
15	-145.1	-	-	-	-	-	測定不可
16	-157.8	-	-	-	-	-	測定不可
20	-83.1	-	-	-	-	-	測定不可

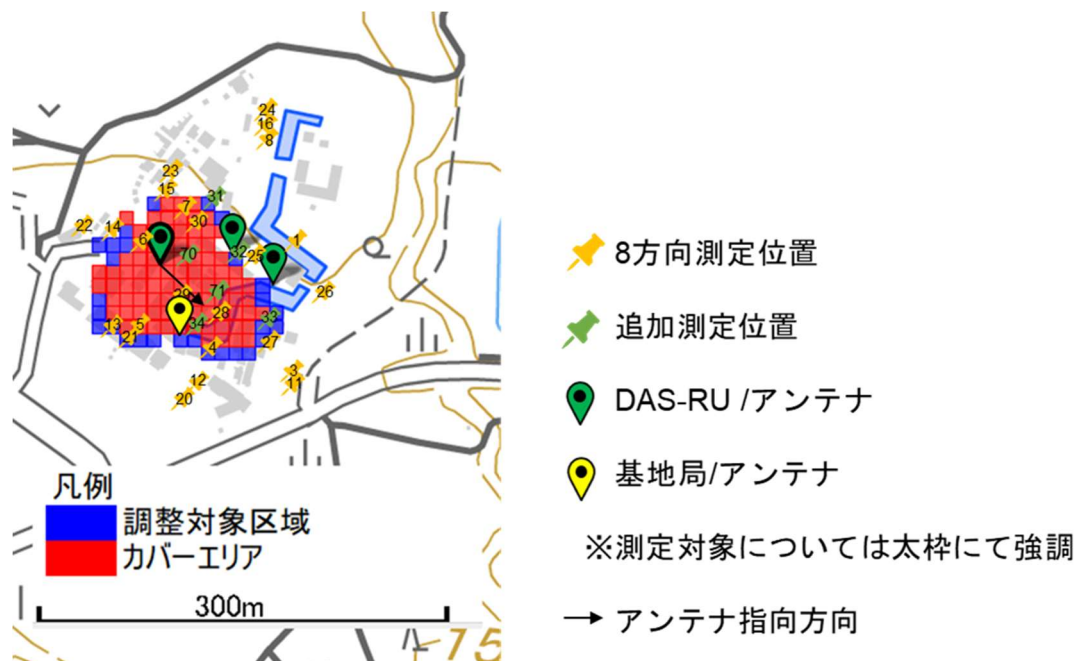
測定点 ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	DAS なし: 端末(測定器)の受信電力(RSRP) 実測値 [dBm]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
21	-89.8	-130	-130.3	3.43	-126	-134.3	
22	-141.8	-	-	-	-	-	測定不可
23	-146.4	-	-	-	-	-	測定不可
24	-160.0	-	-	-	-	-	測定不可
25	-113.7	-122.2	-122.6	3.49	-118.6	-127	
26	-128.1	-126.6	-126.6	3.55	-121.75	-131	
27	-79.2	-114	-114.3	2.85	-110.8	-118.1	
28	-67.2	-86.5	-86.7	1.78	-84.6	-89.1	
29	-90.1	-110.5	-110.6	2.64	-107.3	-114.2	
30	-127.6	-	-	-	-	-	測定不可
70	-98.2	-113.4	-113.4	0.99	-112.4	-115	
71	-74.9	-105.8	-106.2	4.37	-100.9	-112.3	
72	-75.3	-94.2	-94.56	4.76	-88.9	-100.5	
73	-96.5	-103.7	-102.8	5.49	-94.5	-109.4	
74	-136.8	-	-	-	-	-	測定不可
75	-144.8	-	-	-	-	-	測定不可
76	-87.9	-130.4	-130.9	2.89	-127.5	-134.9	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生している。

次に、今回の実証で設置した 3 台の DAS-RU をそれぞれ単独で起動させ、エリアを展開した場合の測定結果について下記に示す。

表 3-10 DAS-RU 設置位置関係詳細

測定点ID	DAS ID	アンテナとの 3D距離 [m]	アンテナとの 水平距離 [m]	DASアンテナ 地点標高 [m]	DASアンテナ 地上高 [m]	継末 (測定器) 地上高 [m]	アンテナ	LOS (0:LOS 1:NLOS)	測定日 (yyyy/mm/dd)
1	1	90.6	90.6	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
1	2	40.3	40.3	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
1	3	30.1	30.0	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
3	1	120.4	120.4	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
3	2	94.9	94.9	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
3	3	70.8	70.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
4	1	76.2	76.2	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
4	2	82.5	82.5	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
4	3	78.2	78.1	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
5	1	53.9	53.9	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
5	2	99.0	99.0	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
5	3	120.9	120.8	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
6	1	22.5	22.4	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
6	2	70.7	70.7	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
6	3	102.0	102.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
7	1	38.2	38.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
7	2	54.1	54.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
7	3	91.8	91.8	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
8	1	114.0	114.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
8	2	82.5	82.5	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
8	3	100.5	100.5	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
11	1	127.3	127.3	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
11	2	104.4	104.4	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
11	3	80.7	80.6	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
12	1	92.2	92.2	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
12	2	114.0	114.0	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
12	3	100.0	100.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
13	1	64.1	64.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
13	2	114.0	114.0	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
13	3	133.5	133.4	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
14	1	38.2	38.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
14	2	90.6	90.6	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
14	3	123.7	123.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
15	1	50.1	50.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
15	2	70.7	70.7	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
15	3	100.0	100.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
16	1	122.1	122.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
16	2	92.2	92.2	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
16	3	110.5	110.5	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
20	1	100.5	100.5	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
20	2	126.5	126.5	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
20	3	114.1	114.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
21	1	67.1	67.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
21	2	113.1	113.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
21	3	120.9	120.8	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
22	1	63.3	63.2	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
22	2	110.5	110.5	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
22	3	145.6	145.6	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
23	1	60.1	60.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
23	2	78.1	78.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
23	3	113.2	113.1	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
24	1	130.4	130.4	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
24	2	102.0	102.0	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
24	3	120.5	120.4	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
25	1	65.0	65.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
25	2	14.1	14.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
25	3	22.6	22.4	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
26	1	111.8	111.8	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
26	2	61.0	61.0	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
26	3	31.8	31.6	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
27	1	92.2	92.2	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
27	2	82.5	82.5	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
27	3	51.1	51.0	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
28	1	56.6	56.6	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
28	2	53.9	53.9	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
28	3	50.1	50.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
29	1	35.4	35.4	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
29	2	67.3	67.3	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
29	3	70.8	70.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
30	1	36.1	36.1	0.0	4.0	1.5	0	2022/12/08	
30	2	33.5	33.5	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
30	3	72.2	72.1	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
70	1	16.0	15.8	0.0	4.0	1.5	0	2022/12/08	
70	2	41.2	41.2	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
70	3	70.8	70.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
71	1	42.5	42.4	0.0	4.0	1.5	0	2022/12/08	
71	2	36.1	36.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
71	3	51.1	51.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
72	1	72.2	72.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
72	2	51.0	51.0	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
72	3	39.2	39.1	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
73	1	89.5	89.4	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
73	2	58.3	58.3	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
73	3	30.1	30.0	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
74	1	67.1	67.1	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
74	2	22.4	22.4	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
74	3	44.8	44.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
75	1	100.0	100.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
75	2	62.7	62.6	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
75	3	70.1	70.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
76	1	94.4	94.3	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
76	2	92.2	92.2	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
76	3	70.1	70.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
31	1	50.1	50.0	0.0	4.0	1.5	0	2022/12/08	
32	1	50.1	50.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
33	1	86.1	86.0	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
34	1	53.9	53.9	0.0	4.0	1.5	1	2022/12/08	
42	2	36.1	36.1	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
47	2	42.4	42.4	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
49	2	31.6	31.6	0.0	1.7	1.5	0	2022/12/08	
52	2	41.2	41.2	0.0	1.7	1.5	1	2022/12/08	
53	3	107.7	107.7	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
54	3	90.6	90.6	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
55	3	86.1	86.0	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
57	3	53.9	53.9	0.0	4.5	1.5	1	2022/12/08	
58	3	50.09	50.0	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	
59	3	22.56	22.4	0.0	4.5	1.5	0	2022/12/08	



※追加測定位置は8方向測定位置に設定していた位置に人が入れなかったため、追加で設定した測定位置である。測定位置はDASを用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

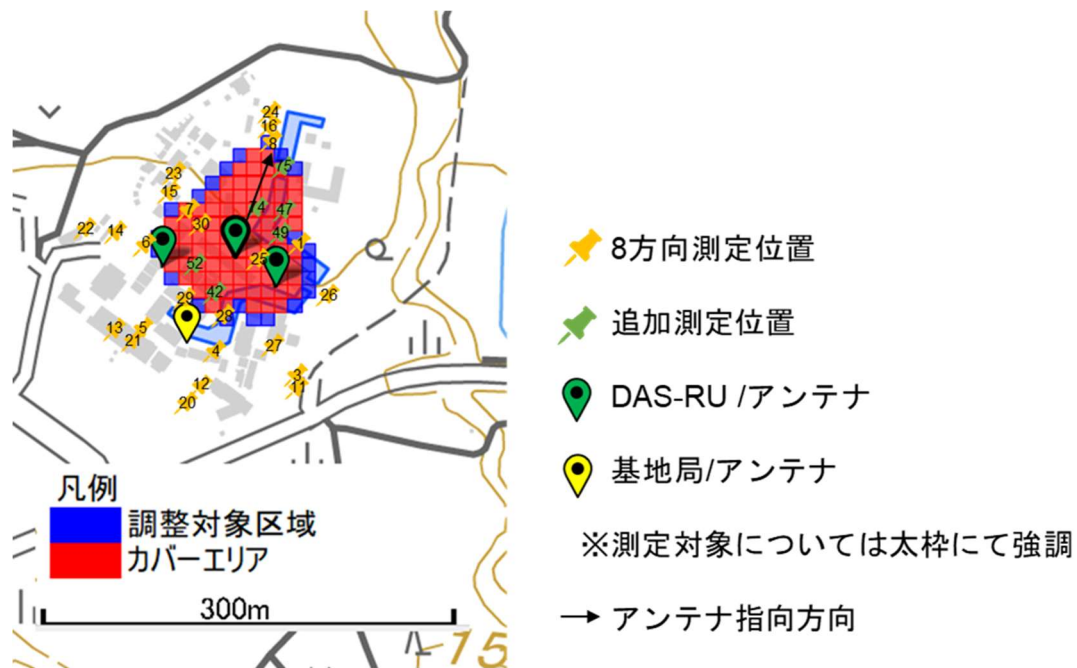
出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-37 大店通り(DAS-RU①)受信電力測定箇所

表 3-11 大店通り(DAS-RU①)単独起動時受信電力測定結果

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	1	-110.3	-110.7	-111.1	3.4	-107.0	-115.6	
3	1	-92.9	-102.8	-103.6	5.3	-97.5	-111.6	
4	1	-87.4	-119.8	-120.1	2.8	-116.7	-124.0	
5	1	-85.0	-107.0	-107.4	2.9	-104.1	-111.3	
6	1	-79.1	-100.9	-101.1	3.8	-96.1	-106.5	
7	1	-69.5	-113.0	-113.1	2.6	-109.9	-116.6	
8	1	-114.6	-112.9	-112.9	4.3	-107.5	-118.7	
11	1	-94.5	-112.9	-113.6	4.0	-108.9	-119.6	
12	1	-108.9	-121.1	-121.2	3.4	-117.0	-125.6	
13	1	-88.6	-106.0	-106.8	3.7	-102.6	-111.9	
14	1	-87.9	-105.1	-105.7	3.8	-101.3	-111.0	
15	1	-82.4	-111.0	-111.3	2.9	-107.9	-115.5	
16	1	-115.8	-114.0	-114.0	2.9	-110.2	-117.8	
20	1	-115.0	-125.1	-125.6	3.2	-122.0	-129.9	
21	1	-94.9	-105.8	-107.3	4.9	-102.3	-115.3	

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
22	1	-104.6	-108.3	-108.2	4.2	-102.7	-113.5	
23	1	-97.0	-106.8	-107.1	2.3	-104.4	-110.3	
24	1	-116.9	-117.1	-117.1	2.9	-113.5	-121.1	
25	1	-90.2	-102.5	-103.3	4.5	-98.3	-109.7	
26	1	-102.0	-112.5	-112.6	3.2	-108.3	-117.0	
27	1	-88.6	-91.5	-92.3	3.6	-88.8	-97.1	
28	1	-65.5	-91.7	-92.1	4.1	-87.2	-97.4	
29	1	-67.4	-102.8	-102.8	3.8	-98.0	-107.5	
30	1	-65.7	-79.8	-80.0	2.2	-77.9	-82.5	
70	1	-40.6	-58.6	-59.0	2.6	-56.1	-62.4	
71	1	-46.4	-69.4	-69.9	3.2	-66.3	-73.9	
31	1	-71.7	-84.1	-84.5	3.2	-80.9	-88.9	
32	1	-68.6	-104.8	-105.0	3.4	-100.7	-109.4	
33	1	-80.7	-89.6	-90.6	5.4	-84.6	-97.9	
34	1	-81.8	-94.3	-95.1	3.9	-90.6	-100.4	



※追加測定位置は8方向測定位置に設定していた位置に人が入れなかったため、追加で設定した測定位置である。測定位置はDASを用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

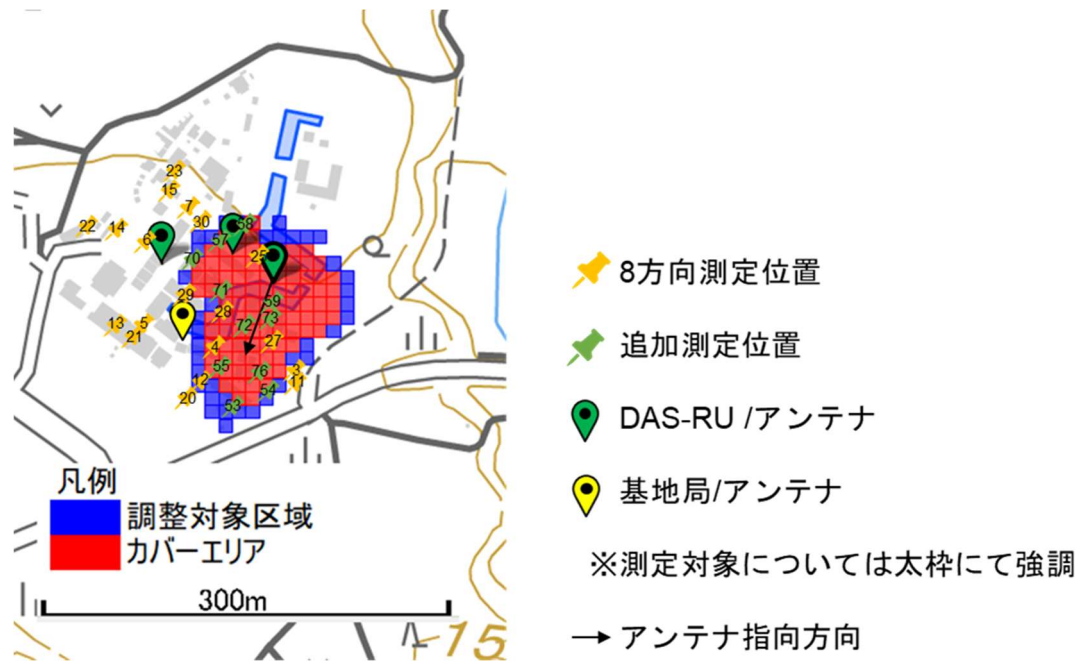
図 3-38 大手門・砦前広場(DAS-RU②)受信電力測定箇所

表 3-12 大手門・砦前広場(DAS-RU②)単独起動時受信電力測定結果

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	2	-73.1	-97.9	-98.4	4.4	-93.2	-104.4	
3	2	-127.7	-	-	-	-	-	測定不可
4	2	-122.7	-	-	-	-	-	測定不可
5	2	-134.3	-	-	-	-	-	測定不可
6	2	-107.1	-120.7	-120.8	2.8	-117.4	-124.5	
7	2	-79.9	-120.7	-120.7	2.5	-117.4	-123.8	
8	2	-80.7	-79.8	-79.9	1.7	-77.8	-82.3	
11	2	-129.3	-	-	-	-	-	測定不可
12	2	-137.8	-	-	-	-	-	測定不可
13	2	-133.0	-	-	-	-	-	測定不可
14	2	-119.1	-117.7	-117.9	2.3	-115.1	-120.9	
15	2	-97.8	-109.9	-110.1	2.8	-106.4	-113.88	
16	2	-88.0	-87.4	-87.7	2.0	-85.4	-90.9	
20	2	-138.6	-	-	-	-	-	測定不可
21	2	-136.7	-	-	-	-	-	測定不可
22	2	-124.2	-123.2	-123.3	2.0	-120.9	-125.8	
23	2	-104.1	-108	-108.3	3.3	-104.5	-113	
24	2	-94.7	-89.7	-90.1	3.9	-85.6	-95.7	
25	2	-63.8	-114.4	-114.7	3.7	-110.2	-119.9	
26	2	-91.2	-123.2	-123.5	3.2	-119.6	-127.7	
27	2	-119.7	-119.1	-119.2	1.5	-117.3	-121.13	
28	2	-93.1	-123.0	-123.5	2.8	-120.4	-127.5	
29	2	-108.9	-	-	-	-	-	測定不可
30	2	-65.4	-108	-107.9	2.7	-104.5	-111.2	
74	2	-33.5	-72.4	-73.5	4.8	-68.8	-80.3	
75	2	-65.6	-68.9	-68.8	1.5	-67.0	-70.8	
42	2	-81.0	-119.0	-119.0	2.7	-115.4	-122.1	
47	2	-40.7	-60.9	-60.9	0.5	-60.4	-61.4	
49	2	-68.3	-75.4	-75.7	3.1	-72.1	-79.5	
52	2	-83.1	-117.2	-117.1	3.0	-112.8	-120.6	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。

DAS-RU②については、アンテナ指向が北側を向いており、南側については電波が届かず測定不可となるエリアが存在している。南側についてはDAS-RU①、③にてカバーを行う。



※追加測定位置は8方向測定位置に設定していた位置に人が入れなかったため、追加で設定した測定位置である。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

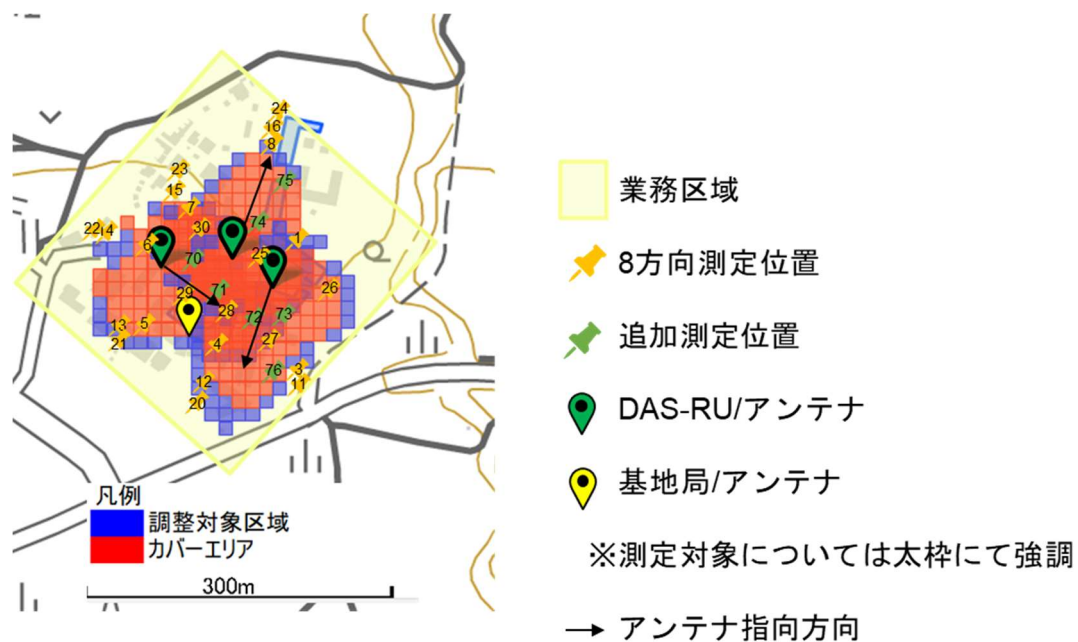
図 3-39 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時受信電力測定箇所

表 3-13 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時受信電力測定結果

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位10%値	下位10%値	
3	3	-84.6	-108.6	-109.1	4.8	-103.2	-115.8	
4	3	-85.9	-104.1	-104.5	4.6	-98.6	-110.8	
5	3	-113.9	-115.8	-116.3	3.4	-112.4	-121.1	
6	3	-108.7	-120.5	-120.6	3.0	-116.7	-124.3	
7	3	-104.9	-110.9	-111.2	2.8	-107.6	-114.9	
11	3	-89.5	-103.9	-104.4	5.3	-98.1	-111.5	
12	3	-89.3	-115.7	-115.9	2.2	-113.3	-118.5	
13	3	-120.5	-125.6	-126.2	3.1	-122.7	-130.3	
14	3	-111.8	-123.2	-123.8	3.3	-120.3	-128.5	
15	3	-110.1	-115.8	-116.0	3.3	-112.0	-120.6	
20	3	-91.7	-120.2	-120.5	2.6	-117.4	-124.1	
21	3	-113.5	-123.2	-123.4	2.7	-120.3	-127.0	
22	3	-113.4	-124.3	-124.8	3.3	-121.0	-128.9	
23	3	-112.5	-104.2	-104.9	4.5	-99.5	-111.1	
25	3	-61.2	-93.1	-93.3	4.8	-87.4	-99.7	
27	3	-59.4	-70.1	-70.8	5.1	-64.7	-77.4	

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
28	3	-75.9	-98.6	-96.7	4.7	-91.4	-107.3	
29	3	-101.7	-115.3	-115.8	4.4	-110.5	-121.5	
30	3	-92.9	-102.3	-102.6	3.7	-98.1	-107.5	
70	3	-94.4	-114.4	-114.8	4.1	-109.6	-120.2	
71	3	-82.4	-85.6	-85.8	4.8	-79.6	-92.4	
72	3	-49.7	-93.1	-93.6	4.9	-87.0	-100.5	
73	3	-42.3	-62.1	-62.9	3.8	-58.8	-68.1	
76	3	-74.8	-99.1	-99.3	4.6	-93.3	-105.3	
53	3	-81.0	-115.5	-116.1	4.7	-110.4	-122.8	
54	3	-85.9	-115.9	-116.0	3.7	-111.2	-120.7	
55	3	-78.7	-111.4	-111.8	1.9	-109.6	-114.6	
57	3	-67.5	-98.5	-98.6	5.2	-92.0	-105.1	
58	3	-67.5	-98.8	-99.3	4.4	-94.0	-105.2	
59	3	-34.4	-62.0	-62.7	5.0	-57.0	-68.7	

最後に、3台のDAS-RU 全台起動させた場合の受信電力測定結果を下記に示す。



※追加測定位置は8方向測定位置に設定していた位置に人が入れなかったため、追加で設定した測定位置である。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

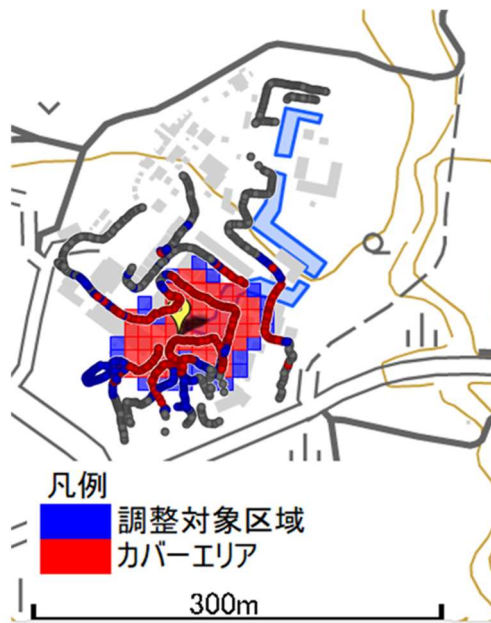
図 3-40 DAS-RU3 台同時電波照射時受信電力測定箇所

表 3-14 DAS-RU3 台同時電波照射時受信電力測定結果

測定点 ID	DAS ID	算出式による 受信電力 (RSSI) [dBm]	実測値 (RSRP) [dBm]					備考
			中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	ALL	-72.6	-86.6	-86.5	3.5	-82.0	-90.8	業務区域内
3	ALL	-84.0	-107.7	-107.7	5.3	-100.8	-114.6	業務区域内
4	ALL	-83.6	-92.6	-92.9	3.4	-88.8	-97.4	業務区域内
5	ALL	-85.0	-114.4	-113.6	5.1	-105.7	-119.8	業務区域内
6	ALL	-79.1	-105.2	-105.3	3.3	-101.1	-109.4	業務区域内
7	ALL	-69.1	-110.9	-111.3	3.0	-107.8	-115.3	業務区域内
8	ALL	-80.7	-70.4	-70.5	1.4	-68.8	-72.4	業務区域内
11	ALL	-88.3	-106.0	-106.6	6.2	-98.9	-115.3	業務区域内
12	ALL	-89.3	-110.2	-110.5	2.4	-107.5	-113.8	業務区域内
13	ALL	-88.6	-112.4	-112.9	3.5	-108.5	-117.8	業務区域内
14	ALL	-87.9	-107.2	-107.2	3.2	-102.9	-111.3	業務区域内
15	ALL	-82.3	-106.4	-106.2	4.2	-100.2	-111.4	業務区域内
16	ALL	-88.0	-83.5	-84.0	3.5	-79.7	-88.8	業務区域内
21	ALL	-94.8	-113.1	-113.1	3.5	-108.5	-117.7	業務区域内
22	ALL	-104.0	-108.6	-108.6	3.0	-104.6	-112.3	業務区域内
23	ALL	-96.1	-94.0	-95.1	4.6	-90.0	-101.5	業務区域内
24	ALL	-94.7	-94.2	-93.7	5.8	-85.5	-101.3	業務区域内
25	ALL	-59.3	-84.9	-85.8	4.3	-81.0	-91.8	業務区域内
26	ALL	-62.8	-89.0	-89.5	4.3	-84.1	-95.6	業務区域内
27	ALL	-59.4	-77.2	-77.3	5.5	-70.9	-83.7	業務区域内
28	ALL	-65.1	-90.8	-91.9	6.1	-84.8	-100.8	業務区域内
29	ALL	-67.4	-101.8	-101.9	3.7	-97.3	-106.6	業務区域内
30	ALL	-62.5	-88.7	-89.2	3.3	-85.4	-93.9	業務区域内
70	ALL	-39.1	-72.8	-74.1	4.6	-69.5	-81.0	業務区域内
71	ALL	-46.4	-76.9	-77.0	4.5	-71.5	-82.5	業務区域内
72	ALL	-49.7	-84.5	-85.1	3.7	-80.8	-90.2	業務区域内
73	ALL	-42.3	-59.5	-59.7	1.9	-57.4	-62.4	業務区域内
74	ALL	-33.5	-62.5	-62.9	2.6	-60.1	-66.3	業務区域内
75	ALL	-65.6	-67.1	-67.2	1.7	-65.1	-69.5	業務区域内
76	ALL	-74.8	-103.2	-103.8	4.3	-98.8	-109.7	業務区域内

備考「※」は今回のカバーエリア展開のターゲットとしていた場所の測定ポイント。

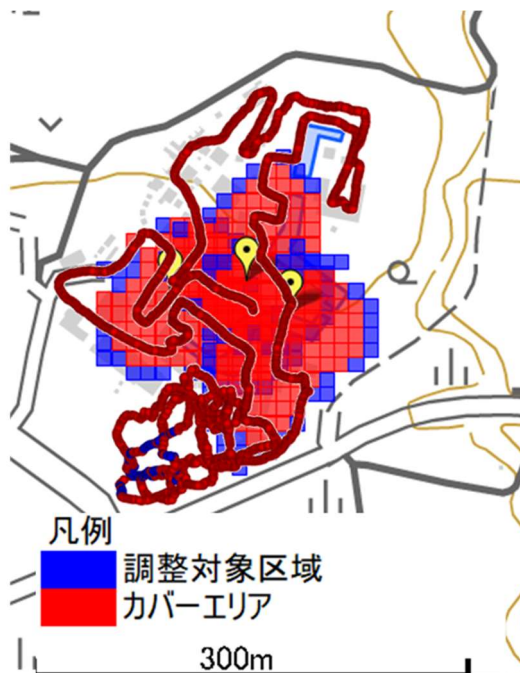
事前のエリアシミュレーションと、測定結果（プロット）を重ねた図を下記に示す。



※図内のマーカーは RSSI を表し、色については赤： $\geq -84.6\text{dBm}$ 、青： $\geq -91.0\text{dBm}$ 、黒： $< -91.0\text{dBm}$ を表す。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-41 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定結果



※図内のマーカーは RSSI を表し、色については赤： $\geq -84.6\text{dBm}$ 、青： $\geq -91.0\text{dBm}$ 、黒： $< -91.0\text{dBm}$ を表す。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-42 DAS-RU3 台同時電波照射時受信電力測定結果

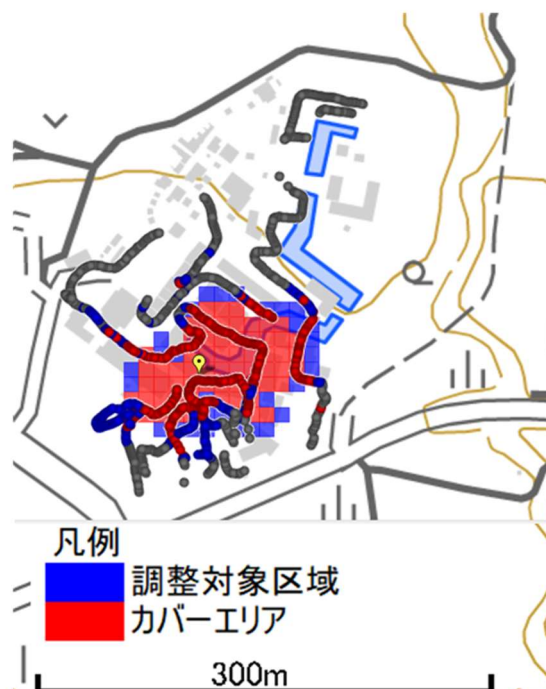
差分の傾向としては、実測値の方が高い値となっている。算出式には審査基準の市街地設定としたが、ワープステーション江戸に建設されている建物は木造であり、一部の建物は簡素な作りとなっている。このため、電波の減衰が算出値ほど発生しなかったと考えられる。建物の密度から見ると市街地レベルだったが、建物高が低い建物であったため実環境に沿って郊外地設定にするなど、高さを考慮したシミュレーション手法の検討をしていくべきである。

上記より算出式のパラメータを一般的な郊外地 $S=12.3$ に変更して再度シミュレーションを実施し実測データと比較を行った。より精度の高いシミュレーションとするためには S 値の調整が必要となるが、精緻化はテーマが異なるため、一般的な郊外地の S 値である 12.3 を用いてシミュレーションを行う。

表 3-15 受信電力計算パラメータ(実測後)

パラメータ名	値[dB]
K 値	0.0
S 値	12.3 (変更)
R 値	0.0

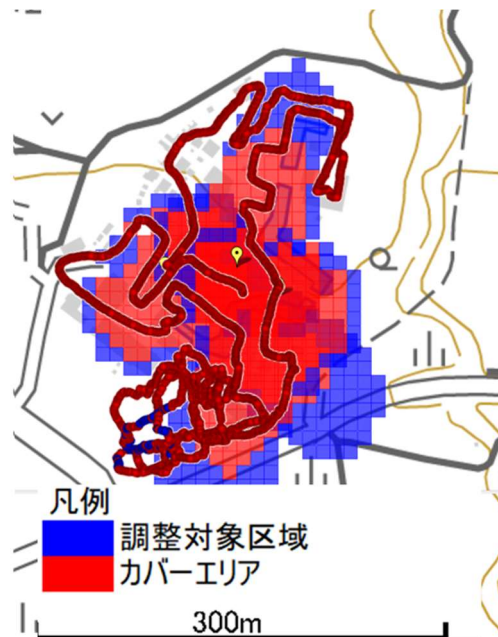
算出式のパラメータを変更したエリアシミュレーションと、測定結果（プロット）を重ねた図を下記に示す。



※図内のマーカーは RSSI を表し、色については赤： $\geq -84.6\text{dBm}$ 、青： $\geq -91.0\text{dBm}$ 、黒： $< -91.0\text{dBm}$ を表す。

出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-43 基地局のみ運用時(DAS なし)受信電力測定結果



※図内のマーカーは RSSI を表し、色については赤： $\geq -84.6\text{dBm}$ 、青： $\geq -91.0\text{dBm}$ 、黒： $< -91.0\text{dBm}$ を表す。

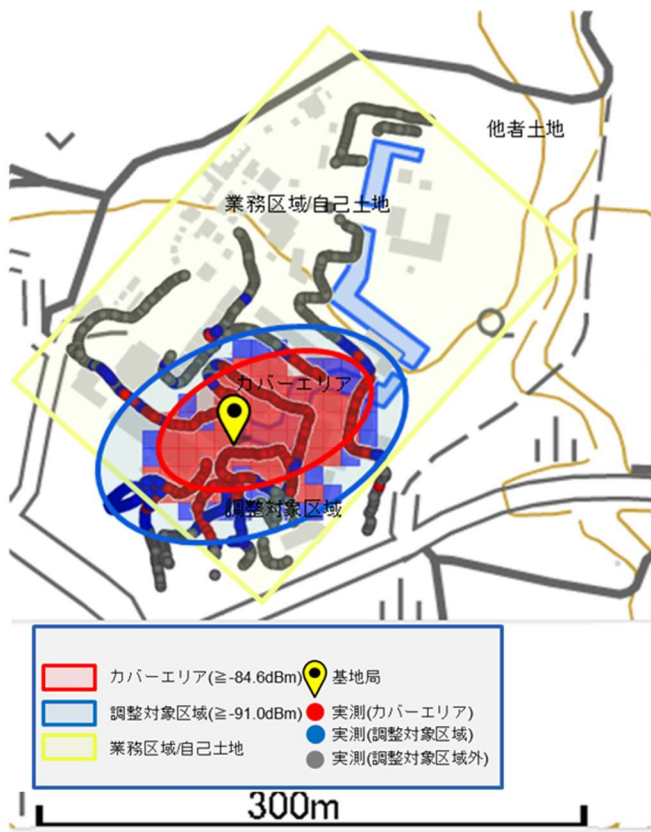
出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-44 DAS-RU3 台同時電波照射時受信電力測定結果

算出式を郊外地に設定した場合においても市街地設定時より差は小さくなっているが、差分がみられる結果となった。実環境に合わせ S 値を設定することでシミュレーション値がより実測値に近くなる。

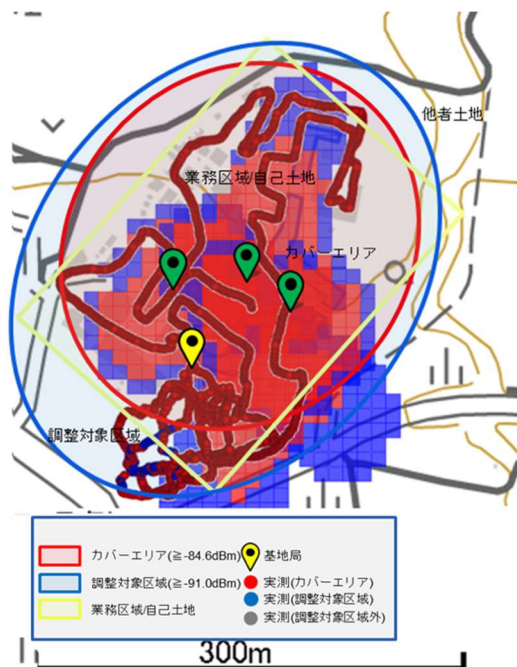
提案手法実施前後について実測データにおけるカバーエリア及び調整対象区域閾値の関係図を示す。実測結果をプロットで表示しており、実測結果から考えられるカバーエリア及び調整対象区域を囲んでいる。

提案手法実施前後についてカバーエリア閾値及び調整対象区域閾値の関係図を示す。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

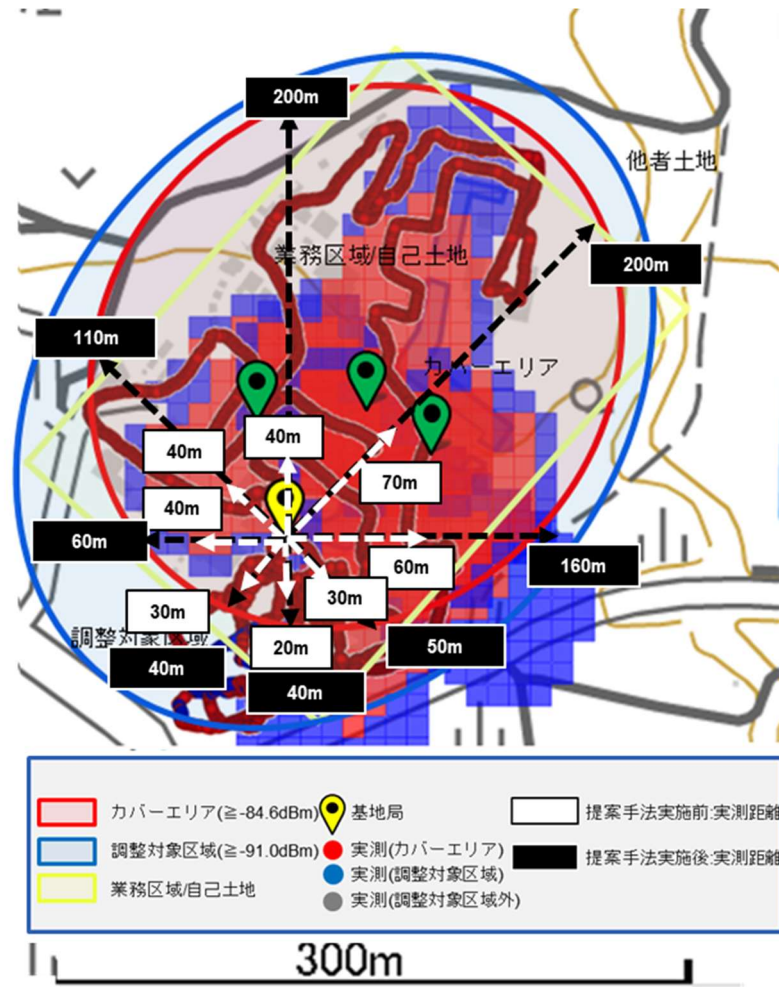
図 3-45 提案手法実施前 基地局単体でのカバーエリア及び調整対象区域関係図



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-46 提案手法実施後 DAS-RU3 台でのカバーエリア及び調整対象区域関係図

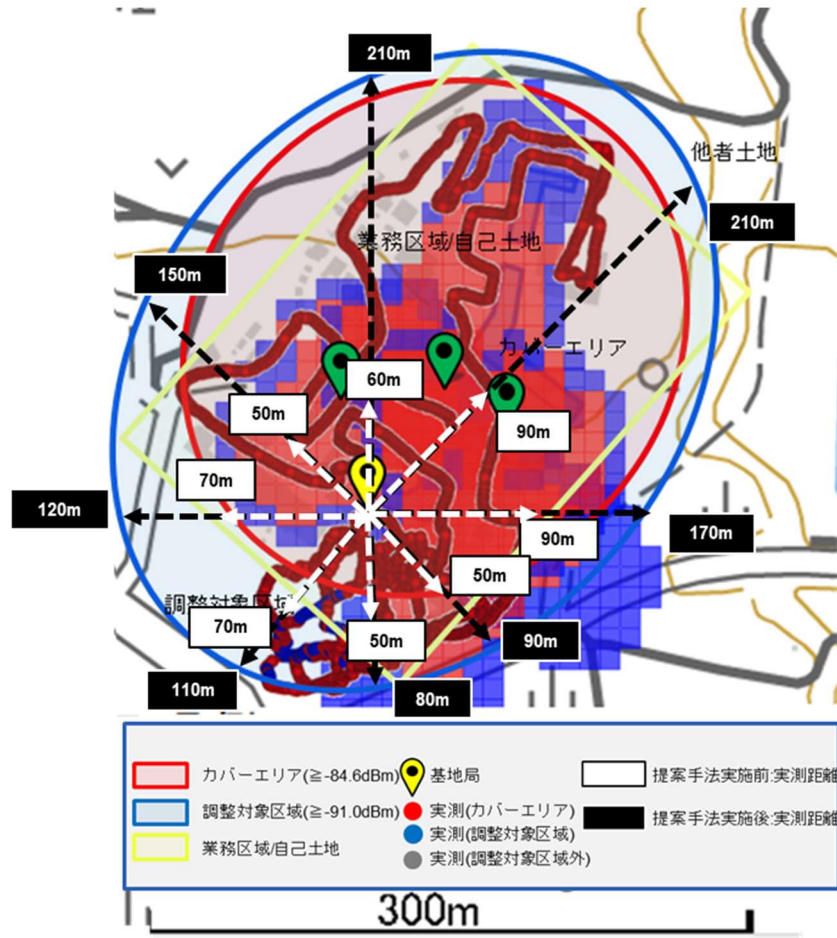
以下に提案手法実施前後での実測値におけるカバーエリア（ $\geq -84.6\text{dBm}$ ）の閾値を示す。白線を提案手法前、黒線を提案手法後のカバーエリアの距離としている。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-47 提案手法実施前後 カバーエリア変化比較

提案手法実施前後での実測値における調整対象区域（ $\geq -91.0\text{dBm}$ ）の閾値を示す。白線を提案手法前、黒線を提案手法後の調整対象区域の距離としている。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-48 提案手法実施前後 調整対象区域変化比較

表 3-16 各エリアの距離の変化

方位角*	カバーエリアの閾値を実測した距離		調整対象区域の閾値を実測した距離	
	提案手法実施前	提案手法実施後	提案手法実施前	提案手法実施後
0°	40m	200m	60m	210m
45°	70m	200m	90m	210m
90°	60m	160m	90m	170m
135°	30m	50m	50m	90m
180°	20m	40m	50m	80m
225°	30m	40m	70m	110m
270°	40m	60m	70m	120m
315°	40m	110m	50m	150m

*基地局から真北を0° とする

基地局に DAS を接続することでアンテナ位置が基地局の位置から DAS-RU の位置に変更となるが、距離の始点については、DAS 接続前の基地局の位置から計算している。基地局のみの状態と

比べ、カバーエリアが各方位に対して広がっている。特にアンテナ指向を向けている方位角 0° ~ 45° の方向においては大きく広がっている。これは、基地局のみの状態では届かなかった場所に DAS を置局し、電波を外側に向けて発射しているためであり、想定通りの広がりとなっている。DAS を用いることでエリアの拡張が行われていることが測定結果からもいえる。

基地局のみ設置 (DAS なし) 時と DAS-RU3 台同時電波照射時における受信電力を測定ポイントごとにグラフ化したものが下図である。

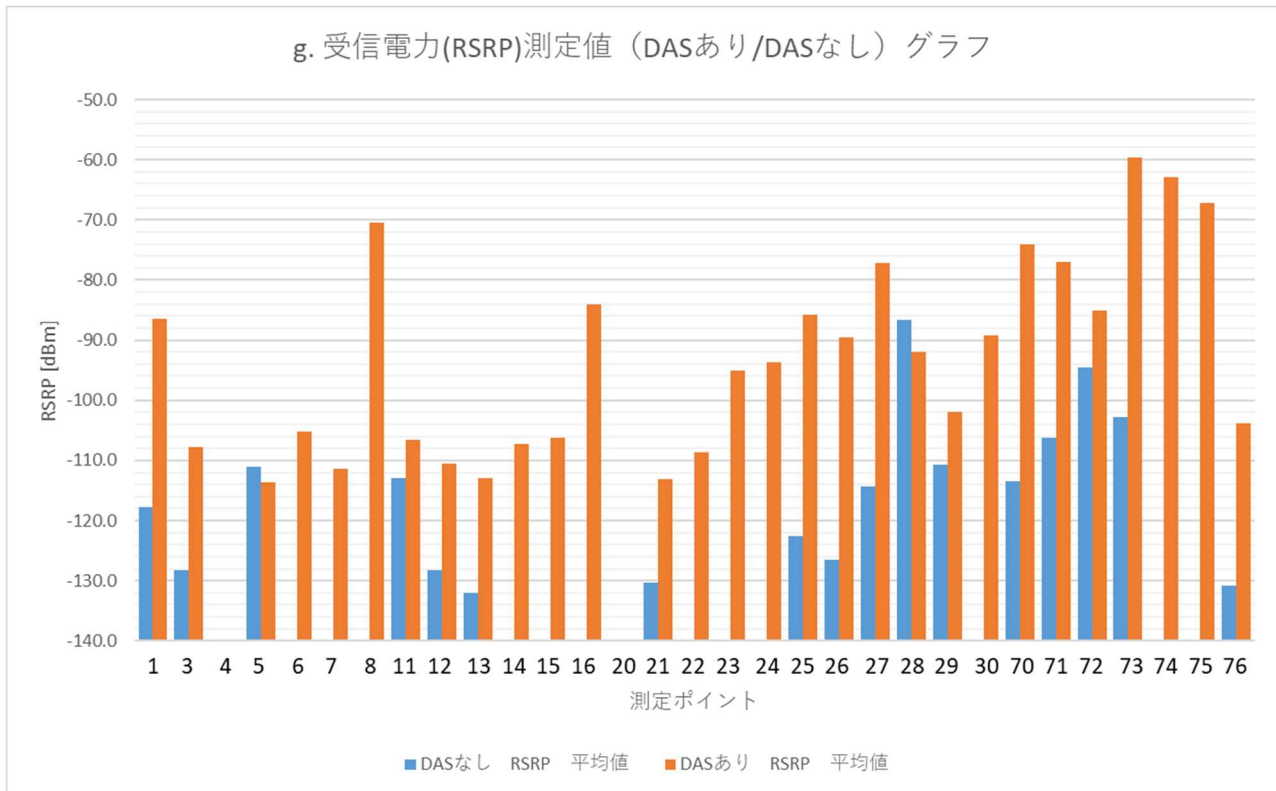


図 3-49 受信電力(RSRP)測定値(DAS あり/DAS なし)グラフ

受信電力測定結果より、DAS を使用することによるエリア拡張、不感地帯の解消が有効に働いていると考える。基地局のみ運用時 (DAS なし) では 17 測定ポイントにおいて受信電力の測定を行うことができたが、DAS を使用した場合は 29 測定ポイントで受信電力の測定ができている。また、受信電力の値についても DAS を使用した場合増加しており、これらの測定結果よりカバーエリアの拡張、不感地帯の解消が行えていると考える。

測定ポイント 5 において、基地局のみ運用時 (DAS なし) の方が高い値となっているが、基地局のみ運用時 (DAS なし) のアンテナの背面放射の範囲となっていたことが原因と考えられる。また、測定ポイント 28 においても同様の現象がみられるが、この場所は基地局のみ運用 (DAS なし) のアンテナから近い場所であった。DAS アンテナからは距離があったため、基地局のみ運用 (DAS なし) 側が良い結果となった。

2) 電波干渉測定結果

電波干渉について測定した結果を下記に示す。なお、測定場所については①受信電力測定と同じ場所で測定を行っている。

表 3-17 基地局のみ運用(DAS なし)時電波干渉測定結果

測定点 ID	DAS ID	SINR 実測値 [dB]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	なし	3.7	2.9	3.96	7.1	-2.2	
3	なし	-5.0	-5.2	3.82	-0.3	-10.5	
5	なし	11.9	11.3	4.32	16.2	5.3	
6	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
7	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
8	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
11	なし	9.8	9.7	2.64	12.8	6.3	
12	なし	-5.0	-5.1	3.64	-0.5	-10.1	
13	なし	-8.8	-8.4	2.84	4.5	-12.0	
14	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
15	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
16	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
20	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
21	なし	-7.2	-7.0	2.76	-3.5	-10.5	
22	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
23	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
24	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
25	なし	0.3	-0.1	3.55	4.1	-4.6	
26	なし	-3.9	-3.7	3.58	1.0	-8.3	
27	なし	6.9	6.9	2.74	10.4	3.3	
28	なし	21.3	21.4	2.44	23.0	19.8	
29	なし	11.9	11.7	2.64	14.8	8.2	
30	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
70	なし	6.9	7.1	1.61	9.1	5.1	
71	なし	14.6	14.1	3.72	18.3	8.7	
72	なし	20.5	20.3	1.99	22.3	18.3	
73	なし	14.4	14.5	4.24	20.3	8.8	
74	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
75	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
76	なし	-7.6	-7.7	2.12	-5.0	-10.6	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。測定位置はDASを用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-18 大店通り(DAS-RU①)单独起動時電波干渉測定結果

測定点 ID	DAS ID	SINR 実測値 [dB]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	1	9.3	9.0	3.38	13.1	4.5	
3	1	16.2	15.1	4.35	19.7	8.6	
4	1	0.5	0.3	3.05	4.1	3.9	
5	1	12.7	12.3	2.78	15.6	8.6	
6	1	17.6	17.1	2.97	20.5	12.9	
7	1	7.3	7.2	2.80	10.7	3.5	
8	1	7.5	7.4	4.24	12.6	1.8	
11	1	7.4	6.7	4.09	11.6	0.7	
12	1	-0.6	-0.7	3.49	3.7	-5.3	
13	1	13.5	12.8	3.43	16.5	8.2	
14	1	14.2	13.5	3.31	17.3	8.9	
15	1	9.2	8.9	2.91	12.5	4.8	
16	1	6.4	6.3	3.02	10.2	2.5	
20	1	-4.9	-5.1	3.02	-1.3	-9.3	
21	1	13.6	12.3	4.52	17.0	5.1	
22	1	11.5	11.5	3.90	16.6	6.5	
23	1	12.1	11.8	2.35	14.7	8.7	
24	1	3.5	3.3	3.05	7.2	-0.9	
25	1	16.3	15.4	3.73	19.5	10.0	
26	1	7.9	7.6	3.30	11.9	3.3	
27	1	20.9	20.7	1.82	22.7	18.7	
28	1	20.4	20.2	1.99	22.6	17.8	
29	1	16.1	15.7	3.01	19.2	11.8	
30	1	21.8	21.7	1.30	23.4	20.1	
70	1	21.8	21.8	1.35	23.5	20.1	
71	1	21.7	21.7	1.39	23.4	20.0	
31	1	21.4	21.4	1.33	23.0	19.6	
32	1	14.4	14.2	3.00	17.8	10.3	
33	1	20.9	20.5	2.34	22.7	18.2	
34	1	20.0	19.7	2.27	22.2	16.9	

表 3-19 大手門・砦前広場(DAS-RU②)単独起動時電波干渉測定結果

測定点 ID	DAS ID	SINR 実測値 [dB]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	2	17.5	17.0	2.89	20.1	13.0	
3	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
4	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
5	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
6	2	-0.6	-0.6	2.96	3.1	-4.5	
7	2	-0.6	-0.6	2.64	2.9	-4.0	
8	2	18.9	18.9	1.45	20.7	17.0	
11	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
12	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
13	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
14	2	2.1	2.0	2.41	5.1	-1.2	
15	2	9.9	9.7	2.80	13.3	6.0	
16	2	17.9	17.7	1.72	19.8	15.5	
20	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
21	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
22	2	-2.9	-3.1	2.28	-0.2	-6.1	
23	2	11.6	11.2	3.12	14.9	6.9	
24	2	19.4	19.1	2.16	21.6	16.1	
25	2	5.6	5.3	3.73	9.9	0.2	
26	2	-2.8	-3.1	3.26	1.0	-7.5	
27	2	1.2	1.1	1.89	3.4	-1.4	
28	2	-2.8	-3.2	2.98	0.4	-7.4	
29	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
30	2	11.3	11.3	2.64	14.6	7.9	
74	2	21.2	20.6	3.02	23.0	18.2	
75	2	21.8	21.8	1.39	23.5	20.1	
42	2	4.0	3.9	2.86	7.5	0.3	
47	2	22.3	22.3	0.67	23.0	21.7	
49	2	21.8	21.7	1.35	23.4	19.9	
52	2	4.7	4.9	2.91	9.0	1.6	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-20 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時電波干渉測定結果

測定点 ID	DAS ID	SINR 実測値 [dB]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
3	3	14.4	13.7	3.99	18.2	8.1	
4	3	17.1	16.6	3.02	20.0	12.3	
5	3	4.0	3.5	3.60	7.9	-1.5	
6	3	-0.4	-0.6	3.28	3.4	-4.9	
7	3	9.0	8.7	2.89	12.2	5.1	
11	3	17.1	16.4	3.24	19.8	11.9	
12	3	6.8	6.7	2.21	9.4	3.8	
13	3	-5.9	-6.0	2.84	-2.4	-9.8	
14	3	-3.3	-3.7	3.23	0.1	-8.5	
15	3	4.2	4.0	3.37	8.3	-0.4	
20	3	2.9	2.4	2.82	5.8	-1.5	
21	3	-0.3	-0.5	2.95	2.9	-4.3	
22	3	-4.5	-4.7	3.07	-0.8	-8.9	
23	3	14.7	13.9	3.89	18.4	8.5	
25	3	19.7	19.4	1.95	21.6	17.0	
27	3	20.3	20.1	1.72	21.9	18.4	
28	3	18.9	18.6	2.23	21.8	14.0	
29	3	8.9	8.3	4.25	13.3	2.5	
30	3	15.6	15.2	3.17	18.8	11.0	
70	3	9.8	9.3	3.97	14.1	3.9	
71	3	20.1	20.2	1.52	22.0	18.5	
72	3	19.7	19.6	1.71	21.7	17.5	
73	3	20.3	20.3	1.38	22.0	18.6	
76	3	18.6	18.3	2.22	20.9	15.5	
53	3	8.6	8.0	4.56	13.4	1.4	
54	3	4.1	4.0	3.80	8.9	-0.9	
55	3	8.3	8.0	2.20	10.6	5.1	
57	3	19.0	18.8	2.19	21.1	16.2	
58	3	19.0	18.6	2.31	21.0	15.9	
59	3	20.3	20.3	1.40	22.1	18.5	

※備考の「測定不可」は、実際測定を行ったが、測定器での受信電力が低く測定できなかったことを表す。

表 3-21 DAS-RU3 台同時電波照射時電波干渉測定結果

測定点 ID	DAS ID	SINR 実測値 [dB]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	ALL	20.2	20.1	18.50	22.4	17.7	
3	ALL	12.4	12.0	4.39	17.4	6.3	
4	ALL	20.2	20.1	1.78	22.2	17.7	
5	ALL	6.7	6.9	4.51	13.3	1.3	
6	ALL	12.8	12.5	3.08	16.3	8.4	
7	ALL	8.4	8.2	2.91	11.7	4.3	
8	ALL	21.9	21.8	1.33	23.6	20.2	
11	ALL	13.6	12.8	5.08	18.7	5.7	
12	ALL	9.4	9.3	2.44	12.4	6.1	
13	ALL	6.9	6.6	3.42	10.8	1.8	
14	ALL	10.7	10.7	3.01	14.5	7.0	
15	ALL	13.4	13.3	3.28	17.4	9.1	
16	ALL	21.6	21.5	1.39	23.2	19.7	
21	ALL	6.9	6.9	3.56	11.5	2.3	
22	ALL	10.3	10.3	2.90	14.1	6.6	
23	ALL	20.0	19.6	2.28	22.2	16.7	
24	ALL	20.0	19.6	2.30	22.2	16.5	
25	ALL	20.7	20.4	2.14	22.9	17.8	
26	ALL	20.8	20.6	1.83	22.8	18.2	
27	ALL	21.8	21.7	1.56	23.7	19.9	
28	ALL	20.0	19.6	2.35	22.2	16.5	
29	ALL	16.2	15.8	2.88	19.3	12.2	
30	ALL	19.6	19.3	2.32	22.0	16.2	
70	ALL	21.3	21.2	1.69	23.1	19.2	
71	ALL	20.2	20.0	2.20	22.5	17.0	
72	ALL	20.4	20.3	1.92	22.6	18.0	
73	ALL	22.0	22.0	1.35	23.7	20.2	
74	ALL	21.5	21.5	1.41	23.2	19.7	
75	ALL	21.8	21.8	1.31	23.5	20.1	
76	ALL	15.7	15.0	3.69	18.9	10.0	

基地局のみ運用時（DAS なし）と DAS-RU3 台同時電波照射時における電波干渉（SINR）を測定ポイントごとにグラフ化したものが下図である。

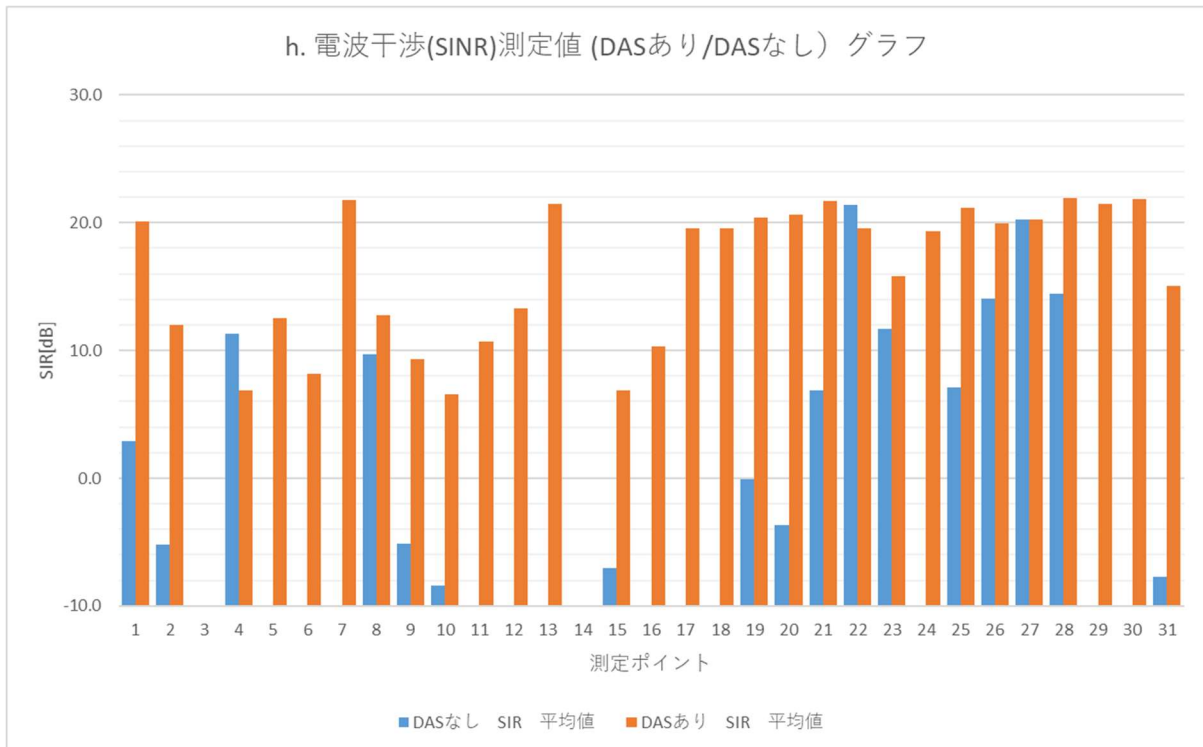


図 3-50 電波干渉(SINR)測定値 (DAS あり/DAS なし)グラフ

電波干渉の測定値より、基地局のみ (DAS なし) と比べ、DAS を用いた測定結果の方が SINR の改善がみられる。

3) 通信品質測定結果

通信品質について測定した結果を下記に示す。なお、測定場所については①受信電力測定と同じ場所で測定を行っている。スループットについては理論値と実データの差、アンテナの方向調整による誤差により理論値より低い数値となっている。

アンテナ高やチルト角、方位角、出力電力調整といったサイトエンジニアリング観点での最適化を行うことで、より高い数値になることが期待できる。

表 3-22 基地局のみ運用時(DAS なし)UL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	なし	0	0.90	1.3	2.7	0	
28	なし	39.0	39.73	2.1	42.6	37.6	
29	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	なし	0	0.00	0.0	0.00	0	
72	なし	36.1	34.43	3.5	37.60	29.6	
73	なし	10.8	11.57	1.3	13.40	10.5	
74	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
75	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
76	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-23 基地局のみ運用時(DAS なし)DL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	なし	98.2	69.27	42.1	99.8	9.8	
28	なし	99.6	99.57	0.1	99.7	99.4	
29	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	なし	9.25	6.92	3.3	9.25	2.3	
72	なし	99.5	99.47	0.4	99.9	99.0	
73	なし	99.8	99.60	0.4	99.9	99.1	
74	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
75	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
76	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-24 基地局のみ運用時(DAS なし)伝送遅延測定結果

測定点 ID	DAS ID	伝送遅延* 実測値 [msec]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	なし	42.7	42.40	11.1	28.6	55.9	
28	なし	41.0	39.37	4.4	33.4	43.7	
29	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	なし	46.7	47.13	8.4	57.6	37.1	
72	なし	42.3	42.13	0.5	42.6	41.5	
73	なし	42.3	42.47	2.6	45.7	39.4	
74	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
75	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
76	なし	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-25 大店通り(DAS-RU①)単独起動時 UL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	1	0	0.0	0.0	0	0	
6	1	0	0.89	1.3	2.66	0	
7	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	1	0	0.39	0.5	1.16	0	
26	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	1	0	0.00	0.0	0.0	0	
29	1	0	1.29	1.8	3.86	0	
30	1	20.3	24.60	11.8	40.7	12.8	
70	1	26.8	24.27	4.4	27.90	18.1	
71	1	36.8	46.83	19.5	74.10	29.6	
31	1	2.61	6.05	4.9	13.00	2.54	
32	1	0	1.31	1.8	3.92	0	
33	1	2.83	14.04	16.1	36.80	2.48	
34	1	1.16	1.20	1.0	2.45	0	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-26 大店通り(DAS-RU①)単独起動時 DL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	1	0	0.00	0.0	0	0	
6	1	0.2	0.19	0.1	0.34	0.03	
7	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	1	0.45	6.68	9.1	19.5	0.08	
26	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	1	98.4	78.77	28.7	99.7	38.2	
29	1	6.05	5.47	4.0	9.99	0.4	
30	1	99.3	94.43	7.2	99.7	84.3	
70	1	98.3	96.30	3.5	99.2	91.4	
71	1	99.5	98.40	1.9	100	95.7	
31	1	99.8	99.57	0.5	100	98.9	
32	1	0.08	0.97	1.3	2.82	0.0	
33	1	94.5	92.73	6.4	99.5	84.2	
34	1	22.1	21.74	15.8	40.9	2.2	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-27 大店通り(DAS-RU①)単独起動時伝送遅延測定結果

測定点 ID	DAS ID	伝送遅延* 実測値 [msec]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
3	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	1	552.00	552.00	120.0	405.00	699.0	
6	1	72.8	82.70	21.1	63.3	112.0	
7	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
16	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
24	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	1	55.7	60.17	7.9	53.5	71.3	
26	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	1	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	1	39.4	38.83	1.2	37.2	39.9	
29	1	53.1	52.10	11.2	37.9	65.3	
30	1	40.1	40.60	1.9	38.6	43.1	
70	1	37.3	37.20	1.1	38.5	35.8	
71	1	32.1	32.33	6.0	39.8	25.1	
31	1	42.4	44.17	5.3	51.4	38.7	
32	1	55.7	42.03	30.3	70.4	0.0	
33	1	40.5	39.57	1.6	40.9	37.3	
34	1	39.1	43.93	6.9	53.7	39.0	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-28 大手門・砦前広場(DAS-RU②)単独起動時 UL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	2	2.45	1.66	1.2	2.53	0	
3	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	2	89.9	82.83	13.2	94.3	64.3	
11	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	2	0	0.0	0.0	0.0	0	
16	2	76.3	75.77	1.2	76.9	74.1	
20	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	2	0	1.33	1.9	3.98	0	
24	2	69.0	54.77	21.4	70.8	24.5	
25	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	2	0	0.00	0.0	0.0	0	
74	2	88	90.80	9.8	104.00	80.4	
75	2	94.8	92.47	8.1	101.00	81.6	
42	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
47	2	82.7	82.23	13.4	98.40	65.6	
49	2	88.3	90.97	5.4	98.50	86.1	
52	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-29 大手門・砦前広場(DAS-RU②)単独起動時 DL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	2	88.2	85.50	6.5	91.7	76.6	
3	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	2	99	97.73	2.2	99.6	94.6	
11	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	2	0.85	1.16	1.0	2.47	0.16	
16	2	99.4	99.33	0.3	99.7	98.9	
20	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	2	0.82	0.89	0.7	1.8	0.04	
24	2	95.1	94.43	4.6	99.7	88.5	
25	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	2	8.35	10.10	8.3	21	0.94	
74	2	99.3	99.30	0.6	100	98.6	
75	2	99.5	99.47	0.2	99.7	99.2	
42	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
47	2	99.3	97.80	2.6	100	94.1	
49	2	99.9	98.47	2.1	100	95.5	
52	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-30 大手門・砦前広場(DAS-RU②)単独起動時伝送遅延測定結果

測定点 ID	DAS ID	伝送遅延* 実測値 [msec]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	2	30.9	29.07	3.7	23.9	32.4	
3	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8	2	31.0	29.57	2.8	25.7	32.0	
11	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	2	62.9	64.57	5.4	59.0	71.8	
16	2	26.5	26.70	1.7	24.7	28.9	
20	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	2	55.3	60.07	7.3	54.5	70.4	
24	2	27.3	27.97	1.5	26.6	30.0	
25	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
26	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
27	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
28	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	2	49.9	48.90	4.9	42.4	54.4	
74	2	33.2	35.23	4.4	41.4	31.1	
75	2	41.1	37.30	6.6	42.8	28.0	
42	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
47	2	31.4	32.40	4.7	38.6	27.2	
49	2	31.7	32.87	1.7	35.3	31.6	
52	2	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-31 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時 UL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
3	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	3	1.32	8.34	10.9	23.7	0	
27	3	85.3	84.93	3.7	89.3	80.2	
28	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	3	10.6	9.75	2.2	11.90	6.76	
72	3	105	102.73	20.0	126.00	77.2	
73	3	137	136.33	4.9	142.00	130	
76	3	2.36	2.39	0.1	2.48	2.33	
53	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
54	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
55	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
57	3	2.7	1.83	1.3	2.78	0	
58	3	1.32	1.32	1.1	2.65	0	
59	3	83.8	85.50	8.1	96.20	76.5	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-32 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時 DL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
3	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	3	99.7	99.50	0.4	99.9	98.9	
27	3	99.7	99.77	0.2	100	99.6	
28	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	3	89.8	92.13	4.6	98.5	88.1	
72	3	154	147.00	27.8	177	110.0	
73	3	180	181.00	7.0	190	173.0	
76	3	18.1	34.92	34.7	83.3	3.4	
53	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
54	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
55	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
57	3	6.9	5.11	3.3	7.92	0.5	
58	3	93.15	93.15	3.2	97.1	89.2	
59	3	151	150.67	12.7	166	135.0	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-33 商家通り・長屋(DAS-RU③)単独起動時伝送遅延測定結果

測定点 ID	DAS ID	伝送遅延* 実測値 [msec]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
3	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
4	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
5	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
6	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
11	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
12	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
13	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
14	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
15	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
20	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
21	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
22	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
23	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
25	3	34.7	34.80	1.3	33.3	36.4	
27	3	37.3	33.20	9.8	19.7	42.6	
28	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
29	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
30	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
70	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
71	3	41.7	99.40	88.9	31.5	225.0	
72	3	30.8	33.23	8.5	24.3	44.6	
73	3	30.2	30.70	1.5	29.2	32.7	
76	3	40.7	43.37	7.6	35.7	53.7	
53	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
54	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
55	3	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
57	3	59.5	58.47	12.8	42.3	73.6	
58	3	45.1	45.10	3.3	41.1	49.1	
59	3	38.5	37.33	8.7	26.2	47.3	

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。測定位置は DAS を用いてエリア拡張を行う有効性を確認するため拡張後のエリアを含んでいる。そのため、電波が届かず測定不可となるポイントが発生する。

表 3-34 DAS-RU3 台同時電波照射時 UL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	ALL	9.85	40.71	45.5	105.00	7.28	業務区域内
3	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
4	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
5	ALL	0	0.0	0.0	0.0	0	業務区域内※
6	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
7	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
8	ALL	5.04	22.68	28.6	63.0	0	業務区域内※
11	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
12	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
13	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
14	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
15	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
16	ALL	4.08	9.23	9.3	22.3	1.32	業務区域内※
21	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
22	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
23	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
24	ALL	6.93	6.64	3.3	10.5	2.49	業務区域内※
25	ALL	11.6	11.75	7.0	20.4	3.24	業務区域内※
26	ALL	0	0.39	0.5	1.16	0	業務区域内※
27	ALL	94.5	89.67	10.5	99.4	75.1	業務区域内
28	ALL	0.41	1.73	2.2	4.79	0	業務区域内※
29	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
30	ALL	0	0.84	1.2	2.53	0	業務区域内※
70	ALL	68	76.00	15.0	97.00	63	業務区域内
71	ALL	79.1	79.83	1.0	81.30	79.1	業務区域内
72	ALL	73.2	72.87	18.4	95.20	50.2	業務区域内
73	ALL	79.9	79.80	7.7	89.20	70.3	業務区域内
74	ALL	88.2	83.13	7.8	89.10	72.1	業務区域内
75	ALL	49.2	50.77	8.3	61.60	41.5	業務区域内
76	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※

※は業務区域内の測定ポイントにおいて十分な性能とならなかった測定ポイント。

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。

表 3-35 DAS-RU3 台同時電波照射時 DL 通信品質測定結果

測定点 ID	DAS ID	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	ALL	99.1	98.57	1.0	99.4	97.2	業務区域内
3	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
4	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
5	ALL	23.62	29.65	26.5	64.7	0.63	業務区域内※
6	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
7	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
8	ALL	80.2	86.27	10.5	101	77.6	業務区域内
11	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
12	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
13	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
14	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
15	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
16	ALL	99.6	80.50	27.2	99.9	42.0	業務区域内
21	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
22	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
23	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
24	ALL	58.4	49.29	33.3	84.7	4.77	業務区域内※
25	ALL	99.1	72.37	37.9	99.3	18.7	業務区域内
26	ALL	99.6	98.37	2.0	100	95.5	業務区域内
27	ALL	99.9	99.60	0.5	100	98.9	業務区域内
28	ALL	94.5	94.77	4.2	100	89.8	業務区域内
29	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
30	ALL	96.8	92.90	6.5	98.2	83.7	業務区域内
70	ALL	99.5	99.40	0.3	99.7	99.0	業務区域内
71	ALL	99.6	99.70	0.2	100	99.5	業務区域内
72	ALL	100	99.80	0.3	100.00	99.4	業務区域内
73	ALL	99.7	99.63	0.1	99.7	99.5	業務区域内
74	ALL	99.6	99.60	0.2	99.8	99.4	業務区域内
75	ALL	99.3	99.17	0.3	99.5	98.7	業務区域内
76	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※

※は業務区域内の測定ポイントにおいて十分な性能とならなかった測定ポイント。

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。

表 3-36 DAS-RU3 台同時電波照射時伝送遅延測定結果

測定点 ID	DAS ID	伝送遅延* 実測値 [msec]					備考
		中央値	平均値	標準偏差	上位 10%値	下位 10%値	
1	ALL	32.8	32.27	5.6	25.1	38.9	業務区域内
3	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
4	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
5	ALL	35.8	35.67	2.4	32.7	38.5	業務区域内
6	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
7	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
8	ALL	27.4	29.77	3.7	26.9	35.0	業務区域内
11	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
12	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
13	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
14	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
15	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
16	ALL	28.5	31.47	5.1	27.2	38.7	業務区域内
21	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
22	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
23	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
24	ALL	31.5	34.80	12.5	21.4	51.5	業務区域内
25	ALL	35.0	32.70	4.5	26.4	36.7	業務区域内
26	ALL	28.9	29.43	1.9	27.4	32.0	業務区域内
27	ALL	32.0	33.23	7.6	24.6	43.1	業務区域内
28	ALL	31.1	30.97	2.1	28.3	33.5	業務区域内
29	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※
30	ALL	28.9	28.90	3.1	25.1	32.7	業務区域内
70	ALL	36.3	36.33	1.5	34.5	38.2	業務区域内
71	ALL	37.1	34.33	5.8	26.2	39.7	業務区域内
72	ALL	28.9	28.33	1.6	26.2	29.9	業務区域内
73	ALL	30	26.13	5.6	18.2	30.2	業務区域内
74	ALL	32.1	32.43	7.1	23.9	41.3	業務区域内
75	ALL	30.6	29.27	2.8	25.4	31.8	業務区域内
76	ALL	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	業務区域内※

※は業務区域内の測定ポイントにおいて十分な性能とならなかった測定ポイント。

※「測定不可」は、実際に測定を行ったが、端末にてスループット測定ができなかったことを表す。

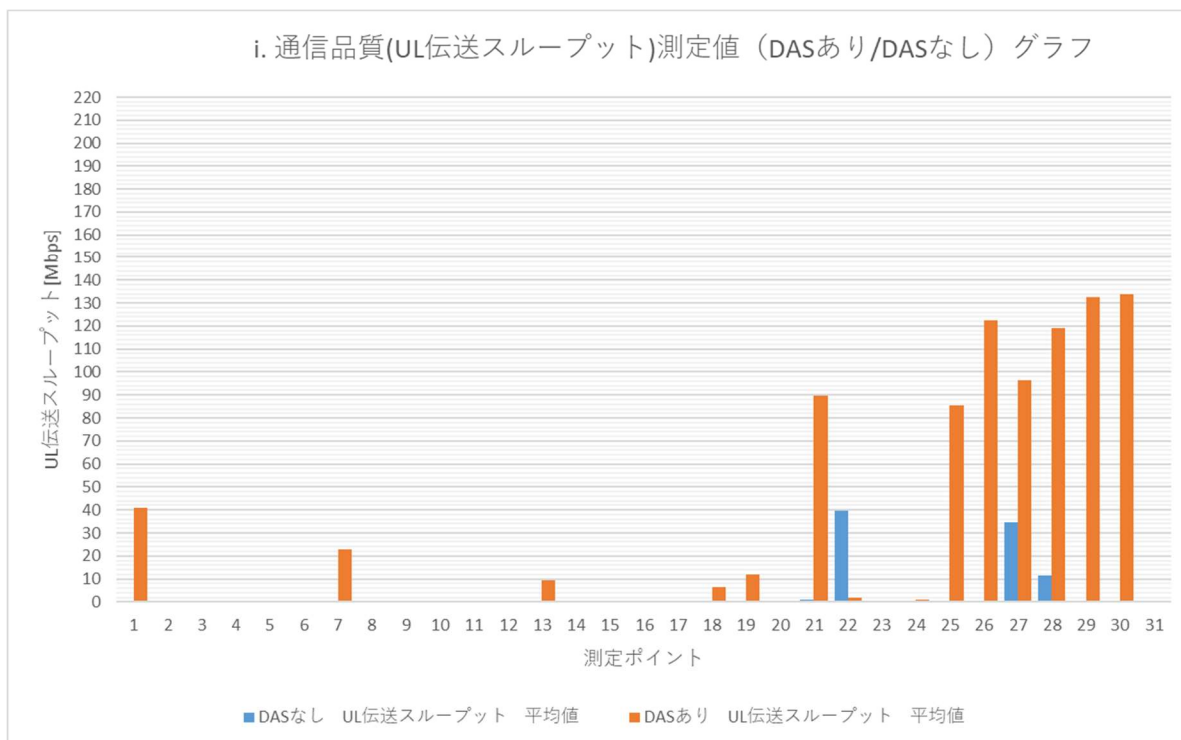


図 3-51 通信品質(UL 伝送スループット)測定値 (DAS あり/DAS なし)グラフ

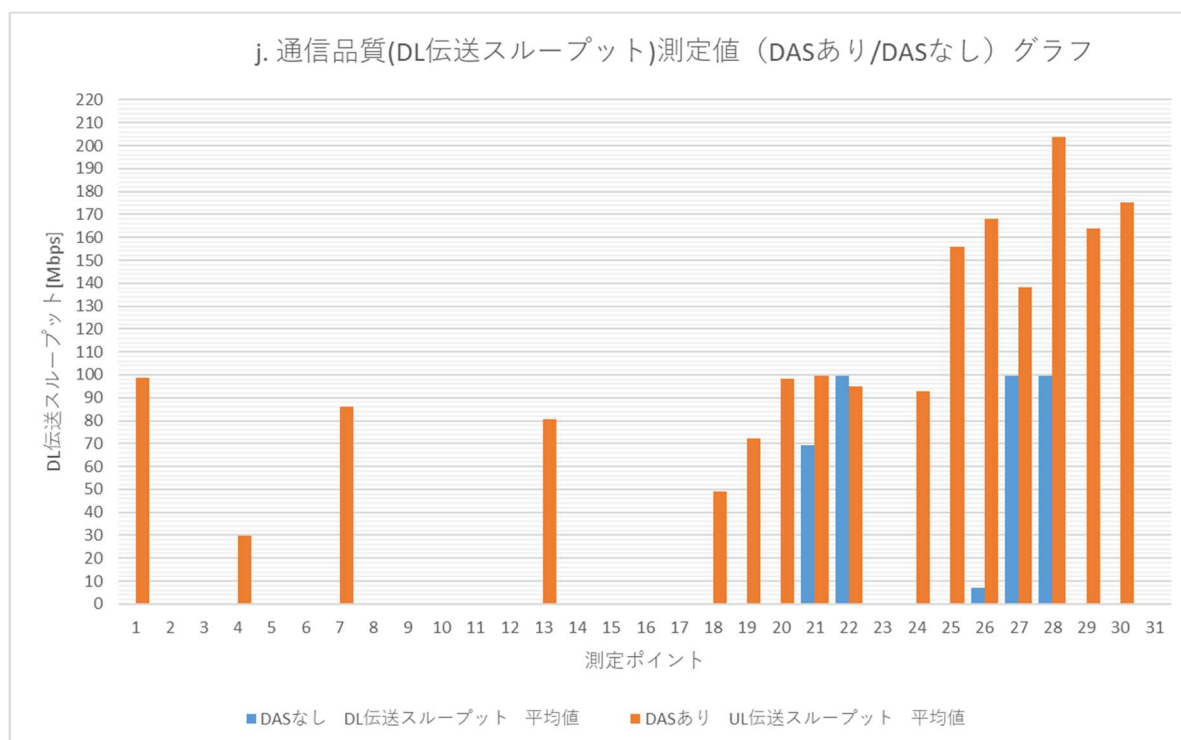


図 3-52 通信品質(DL 伝送スループット)測定値 (DAS あり/DAS なし)グラフ

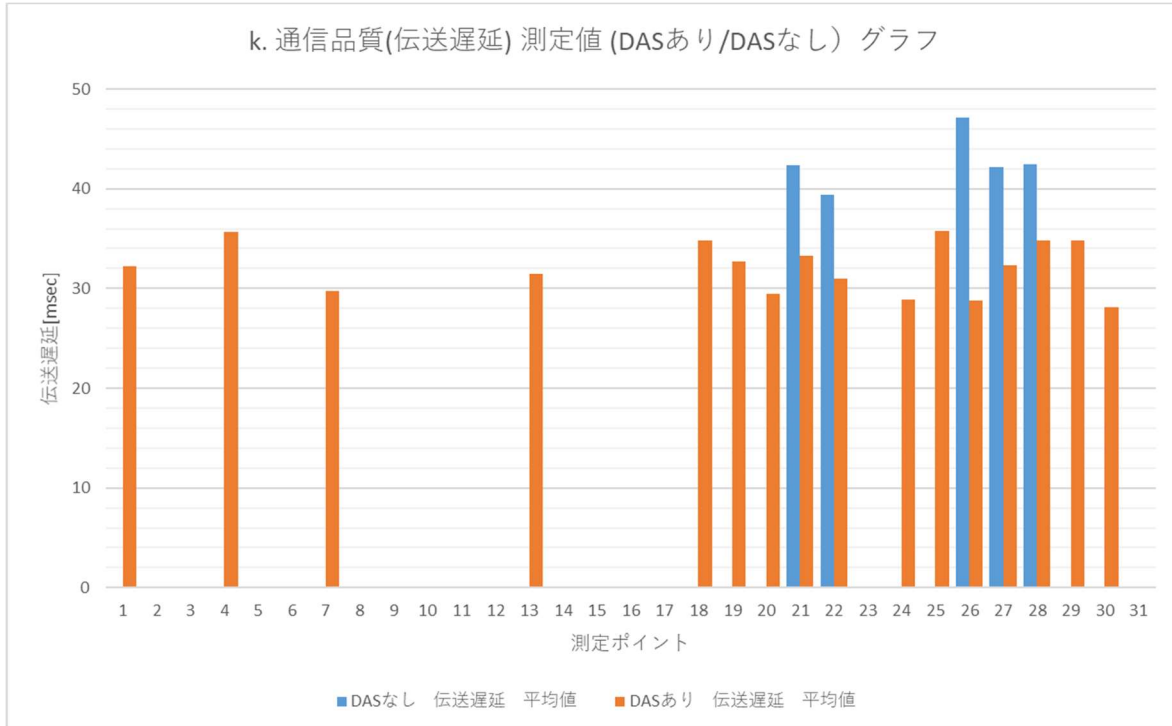


図 3-53 通信品質(伝送遅延)測定値 (DAS あり/DAS なし)グラフ

通信品質においては DAS により広がったカバーエリアという概念ではなく、アンテナの見通しが重要な要素となる。下記のグラフは DAS-RU3 台同時照射時における受信電力 (RSRP) と UL 伝送スループット、DL 伝送スループットの比較を表したグラフである。

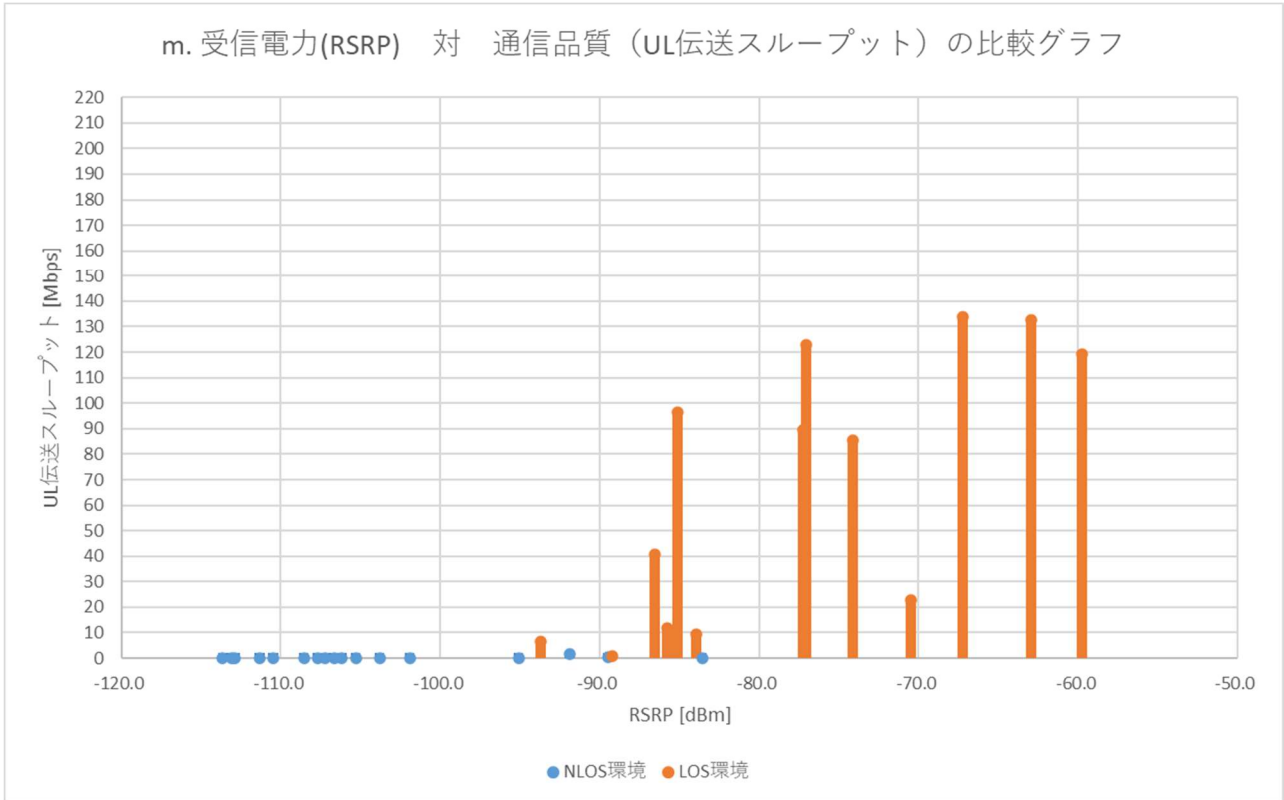


図 3-54 受信電力(RSRP) 対 通信品質(UL 伝送スループット)の比較グラフ(DAS3 台同時照射時)

上記グラフは受信電力 (RSRP) ごとの UL 伝送スループットのグラフである。RSRP の低い測定ポイントにおいてはスループットの測定が行えない場所もあったが、RSRP-80dBm~-100dBm の区間においては、アンテナの見通しによりスループットが測定できたものがある。RSRP はエリアスキャナで測定を行った結果だが、スループットの測定にはローカル 5G 端末 (K5G-C-100A) を使用している。無線回線のインバランスにより 上りが通らないのが理由であるが、基地局アンテナ高が低いので、4.85GHz という波の性質上、建物による影響で建物の裏側に電波が通らないのが原因と思われる。

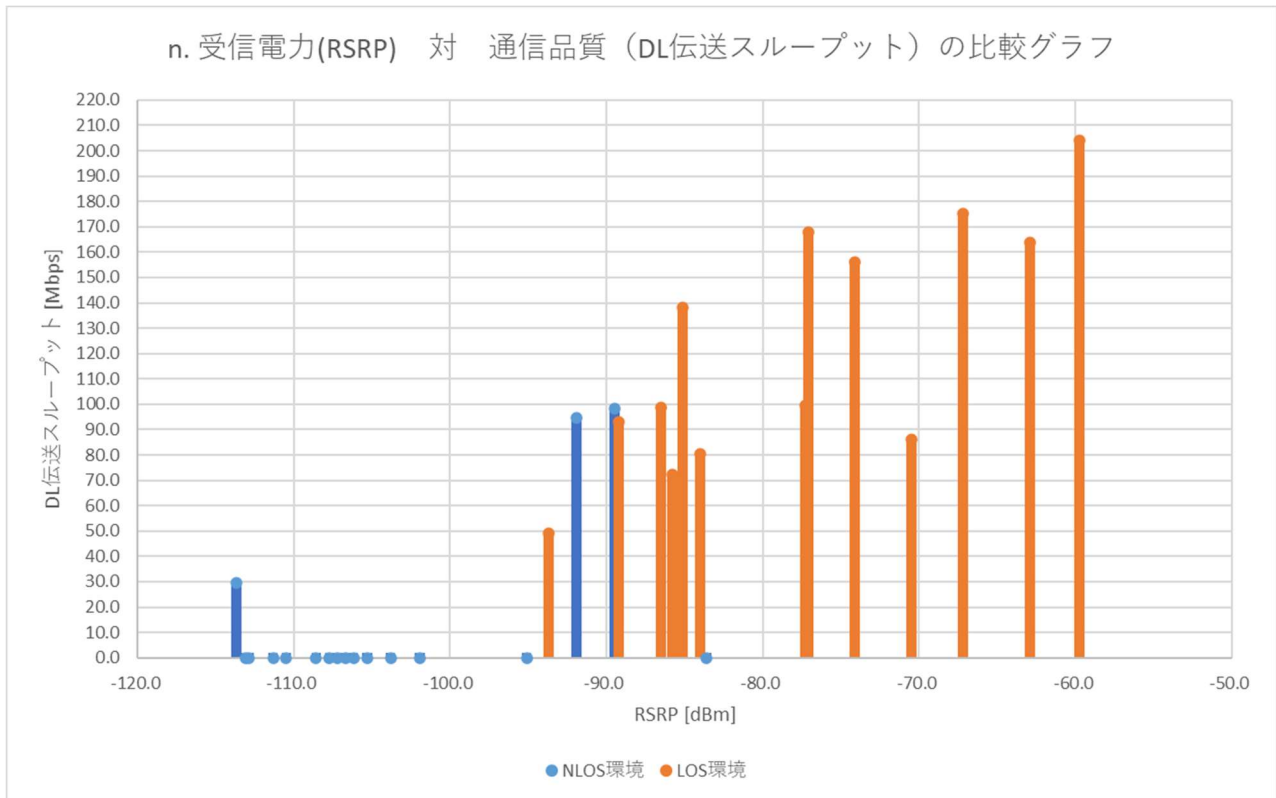


図 3-55 受信電力(RSRP) 対 通信品質(DL 伝送スループット)の比較グラフ(DAS3 台同時照射時)

上記グラフは受信電力ごとの DL 伝送スループットのグラフである。DL 伝送スループットにおいても UL 伝送スループットと同様のことがいえる。

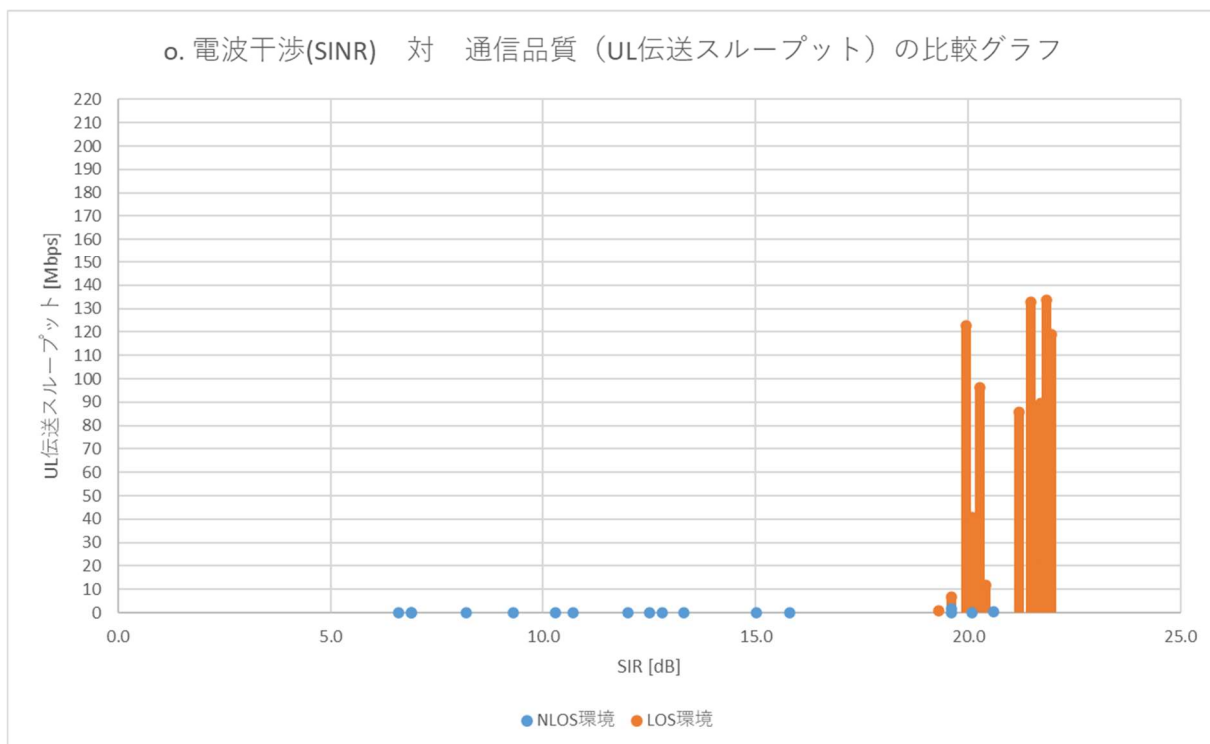


図 3-56 電波干渉(SINR) 対 通信品質(UL 伝送スループット)の比較(DAS3 台同時照射時)

アンテナ見通しの可能な場所において、SINRが高くなる傾向がみられ、スループットも測定できている。見通しができない場所では、4.85GHz という波の性質上、建物による影響で建物の裏側に電波が通らないのが原因となり、スループット測定ができなかったものと思われる。

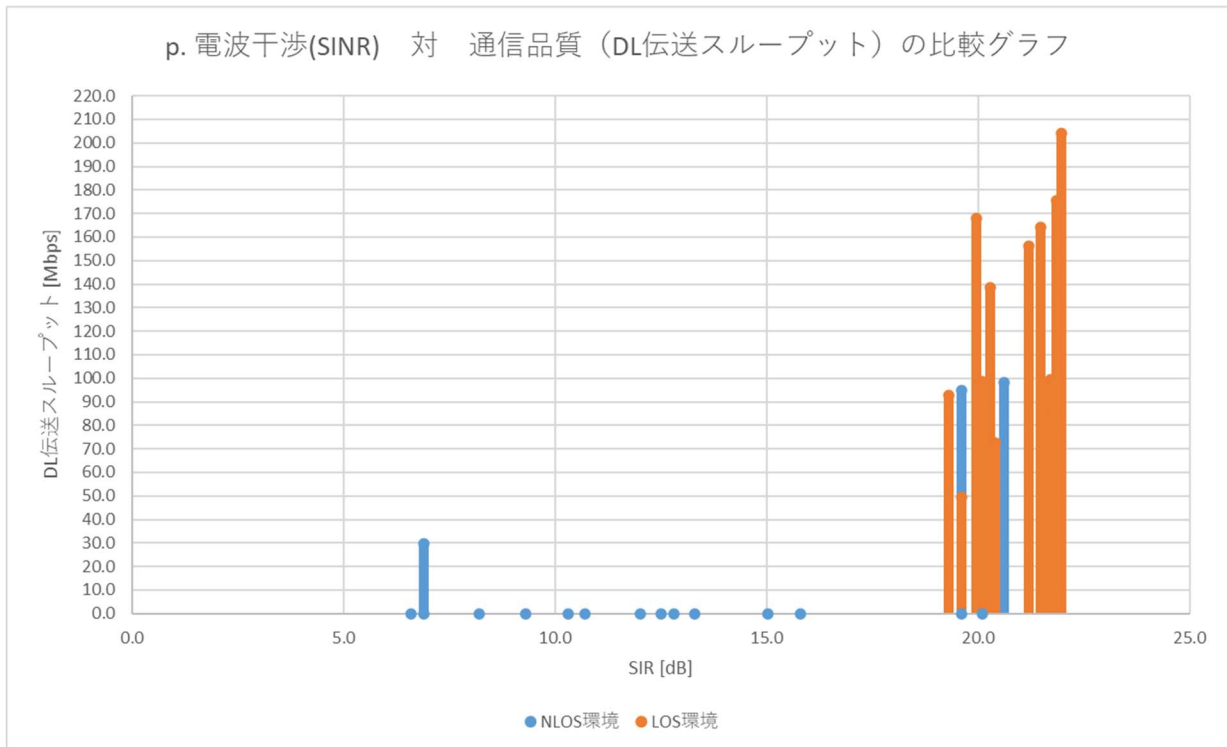


図 3-57 電波干渉(SINR) 対 通信品質(DL 伝送スループット)の比較(DAS3 台同時照射時)

UL と同じ傾向がみられるが、基地局からの電波出力が高く、SINR が高い場所においては、一部 DL 通信が可能となったと思われる。

アンテナの見通しができる環境 (LOS 環境) とアンテナの見通しができない環境 (NLOS 環境) では、アンテナの見通しができる環境においてスループットが高い結果となっている。UL スループットでは顕著にその傾向があらわれている。DL においては、1 点アンテナの見通しができない環境で DL スループットの測定ができていない測定ポイントがあるが、本測定ポイントは、周りに建物がなく、最も近い DAS-RU のアンテナまでの直線上において屋根がわずかにかかるだけの環境であったため直接アンテナを確認することはできないが、電波は到達できたものと思われる。今回の測定結果から、4.8GHz-4.9GHz 帯の電波は直進性が高く、回折しにくい傾向が確認できた。

カバーエリア展開のターゲットとしていた場所の測定ポイントにおいて伝送遅延については性能を満たしていたが、UL/DL スループットについては十分な性能とならなかった測定ポイントがいくつか見られた。この原因としては、上記の通りアンテナの見通しの可否が大きく影響していると考えられる。今回のエリア全てを同時にカバーする場合、図 3-58 で示すように、追加で 3 台の DAS の設置する必要があると考える。しかしながら、使用するエリアのみをピンポイントでカバーする場合、現行の制度では認められていないが、他の場所から DAS-RU を移動させることで、エリア展開をするといった運用も考えられるため、必要となるケースに応じて DAS-RU の設置数を減少させることも可能であると考えられる。

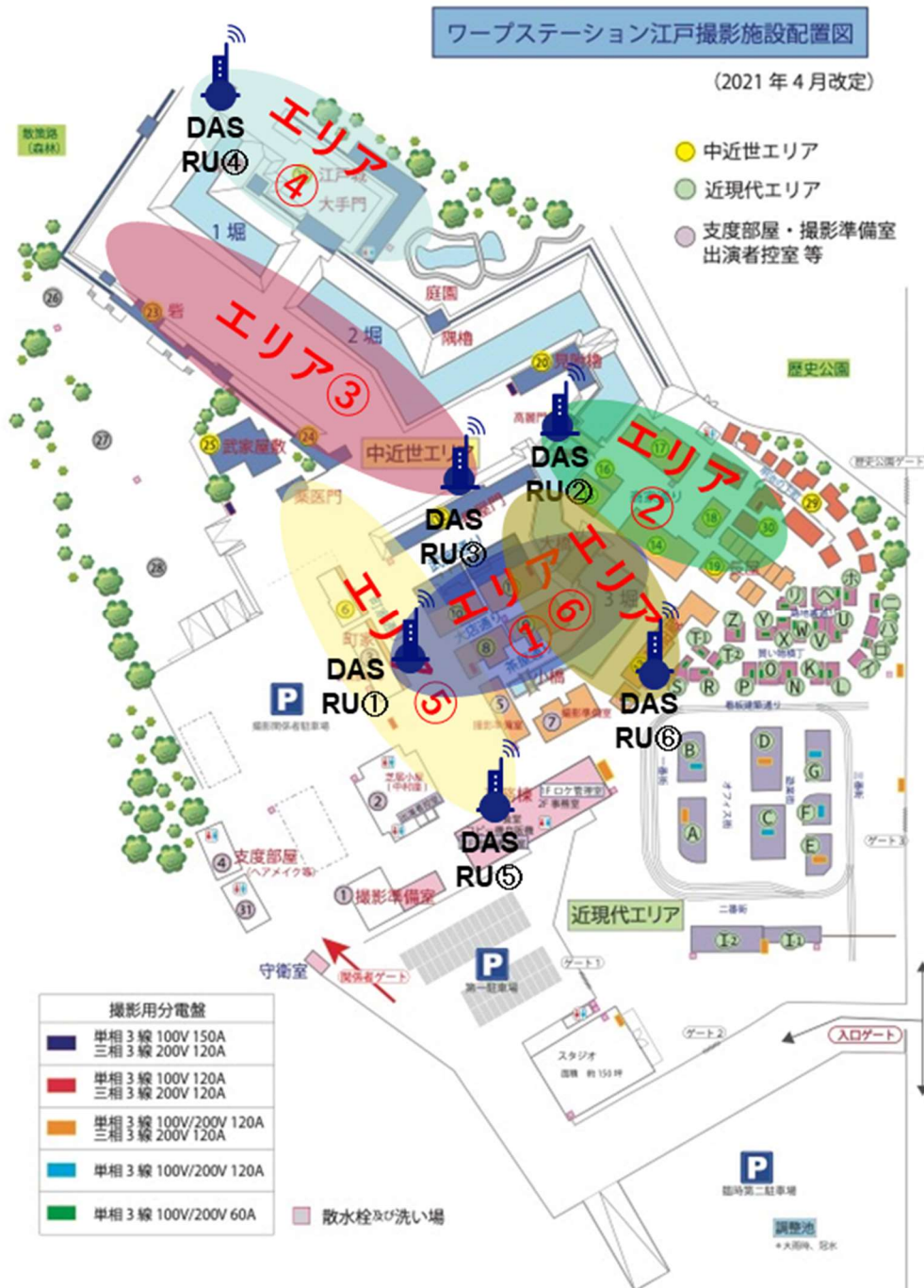


図 3-58 中近世エリアを全てカバーしようとした場合の DAS 配置例



図 3-59 測定の様子

4) まとめ

DAS を使用したカバーエリアの拡張は有効性が高いと判断する。物理的に電波放射装置を増設することが可能であり、エリアを拡張したい場所に DAS-RU を増設することでその場所から電波

を発射することが可能となるため、思い通りの場所にカバーエリアを展開することができる。反射板のような電波の伝搬経路に手を加えるのではなく、アンテナの増設となるため、確実性が高い。電波伝搬シミュレーションにより、不感地帯が予測される場所においても、DAS-RUを増設することで、別の場所から電波を発射することが可能となるため、不感地帯の解消にも有効に働くといえる。今回の実証での受信電力の測定可能なエリアが広がったことから同様のことがいえる。

しかしながら、通信品質という観点から見ると、DAS-RUを増やしエリアカバーするだけでは不十分であると考えられる。なぜなら今回の測定結果から高速な通信が可能となるカバーエリアを提供するためにはRSRP -90dBm以上、SINR 20dB以上をターゲットとしてエリア構築を行うことが良いと考えられ、そのために4.9GHz帯の周波数特性を理解し、アンテナ設置場所・方位/チルト角度が重要な要素になることが今回の実証結果からいえる。

今回の実証を行ったような建物が密集している場所において、映像伝送ソリューションが必要とする伝送性能を満たしたカバーエリアを展開するためにDASを使用することは前述の通り有効だが、アンテナ見通しという要素も考慮し、DASの設置台数を増やすことが必要となると考える。DASの増設においては、反射板を用いたエリア拡張、漏洩同軸ケーブルを用いたエリア拡張といった他の拡張手段と比べ、安価に確実なエリア構築が行えると考える。なぜなら、令和3年度実証において反射板は有効とはいえないことが確認されており、漏洩同軸ケーブルを使用する場合はエリアにくまなくケーブル敷設が必要となるため高額な設備投資が必要になるためである。DASの拡張はDAS-RUの増設のみとなり、他の手段よりも安価に希望の場所にカバーエリアを展開することができる。また、今回のユースケースである映像コンテンツの作成という観点においても、物理的にケーブルが存在することになる漏洩同軸ケーブルよりも、光ケーブルを埋没させ見えない状態で延伸できるDASの利便性が高いと考える。

エリア設計においてはDASを使ったエリア拡張方式では、既存のエリアシミュレーションで行うことができることも利便性の高さといえる。DAS-RUの出力電力、DAS-RUに接続するアンテナ特性を用いてシミュレーションを行うことになるが、これは、基地局を設置する場合と同じ要素であるため、同じ方法でシミュレーションを行うことができる。そのため、基地局設計のエリアシミュレーションの技法やツールをそのまま流量できることもDASを用いたエリア拡張の強みであると考える。

また、基地局にDASを接続することにより、実際に電波放射を行う装置がDAS-RUとなる。強い電波を発射できない基地局においては、出力を上げる手段の1つとしてDASを使うという選択をとることができる。

ただし、DAS活用時の注意点としては、以下を考慮する必要がある。エリア拡張においてDASは有効に働くが、1台の基地局で処理を行っているため基地局あたりの通信容量そのものは増加していない。セルでの通信パフォーマンスを増大するには、DASによるエリア拡張か、基地局増設によるエリア拡張、及び通信容量拡張かを状況に合わせて検討していく必要がある。

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

5G 回線は超高速ネットワークであるが、全国キャリアが展開する 5G サービスにおいてはダウンロードを中心としたコンシューマーサービスを想定しており、TDD 方式においては設定で無線リソースの多くをダウンリンク側に割り振るため一般的にダウンロード方向と比較して、アップロード方向の通信速度は小さくなっている。ローカル 5G では全国キャリアとの干渉を防ぐため TDD の同期パターンを原則キャリアの 5G 網に合わせたパターンとなっているが、監視カメラ等の活用期待が大きいローカル 5G ではアップリンク側の無線リソースを増加させつつ全国キャリアとの干渉を抑制した準同期パターンでの運用が認められている。本実証においては、複数の HD カメラを用いて断続的に大容量の画像データをコアネットワーク側にアップロードする必要があり、4K カメラ 1 台あたりのアップリンクスループットは最大 50Mbps になる可能性がある。この値を安定して得るには、アップリンクへの無線リソース配分を増やした新たな準同期パターンの開発が必要になり、同期局と準同期局の隣接運用の検討が必要である。

本実証で活用した FLARE SYSTEMS 社製のソフトウェア基地局は既に準同期 TDD の追加パターンを実現している。本実証では、隣接又は重ねて配置された 2 つのセルで同期と準同期 TDD の追加パターンが併用される場合における相互の干渉の影響を確認し、無線設計に必要な条件を明らかにすることを目的とした。

実証場所はワープステーション江戸であり、同期システムは FLARE SYSTEMS 製基地局を用いた。準同期システムはエリア拡張に使用した DAS システムを使用し、異なる同期システムを隣接させて実証を行うこととした。

2) 実証目標

課題実証でも使用する高解像度の映像を複数台でデータ通信を行うために、上り方向へ高いスループットを要求される運用が想定されたことから、追加準同期パターンの開発は、アップロード通信の高速化の検証と、ダウンロードとのバランスを取った TDD3 とした。本実証では準同期 TDD3 を用いて実証を行い、どの程度までアップロード通信を増加させることができるのかを確認している。周辺に同期パターンで運用する基地局が存在する状態で、同期局と準同期局が隣接した環境での干渉の影響を確認し、追加準同期パターンの構築条件（必要なスループットを確保するために必要な基地局間離隔距離及び同期と準同期の移動機間離隔距離）を確認することを目標とした。

同期 TDD パターン及び準同期 TDD パターンを下記に記載する。

表 3-37 同期 TDD 及び準同期 TDD パターン

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期 TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
準同期 TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U
準同期 TDD2	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
準同期 TDD3	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U

※D:下りスロット U:上りスロット S:DからUへの切り替えスロット

準同期 TDD1 では、下りスロットと上りスロットの割り当てが 4:4、準同期 TDD2 では 3:5、準同期 TDD3 では 2:6 となる。

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

準同期に関する実証は令和 3 年度から開始されているが令和 3 年度の準同期パターンの開発の実証は実機によるものが少ない。本実証では次のステップとして準同期 TDD 環境を実環境にて構築し、実運用環境下での同期・準同期の併用を想定した干渉による影響を評価することを目的とした。

実証環境のイメージ図を下図に示す。ローカル 5G 基地局を 2 台準備し、それぞれ同期、準同期に設定したセルを屋外環境にて展開し、実際の運用状態における影響を評価することを目的とした。

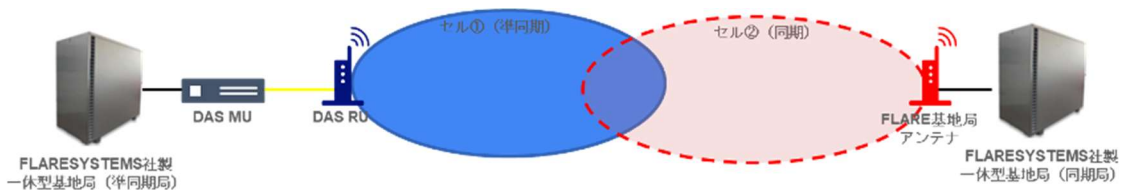


図 3-60 実証環境イメージ図

(2) 実証仮説

1) 同期タイミングパターンと干渉の可能性

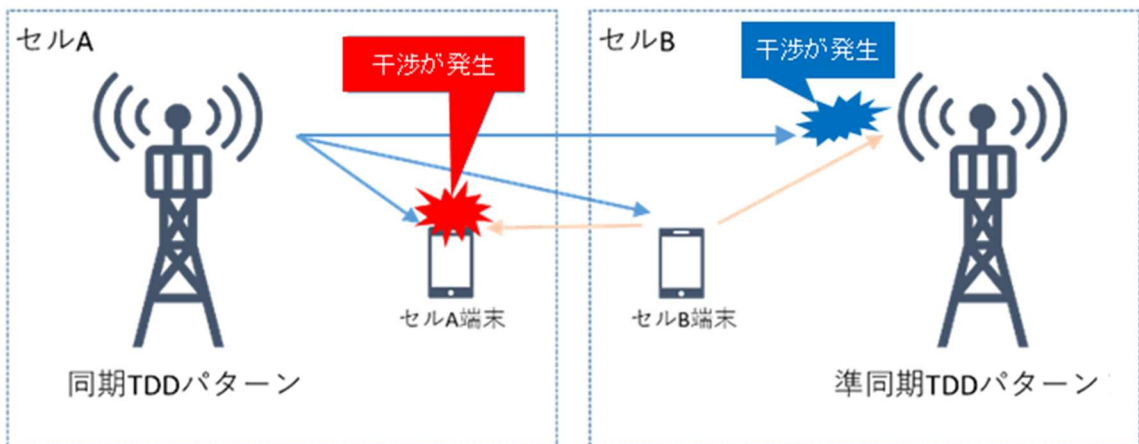
実証環境においては同期 TDD パターンの基地局と準同期 TDD パターンを個別に運用する場合と同時に運用する場合の運用方法を検討した場合、同期 TDD パターンと準同期 TDD パターンの違いは上りスロット数の違いであり、準同期パターンにおける上りスロットの送信中には同期パターンシステムへの干渉量が一定値を超えた場合に干渉し、スループットの低下などの実運

用上に関わる影響をもたらす可能性がある。

同一周波数で複数の基地局のカバレッジが完全に重なる場合には、同期局同士であっても大きな干渉が発生するため運用が困難であること過年度の実証から判明している。また、同期 TDD パターンの基地局と準同期 TDD パターンでの基地局が正対時は干渉影響が大きく所要離隔距離が必要であるが、離隔距離が大きくなると、スループットの低下が大きくなるため実運用には不適と考えられる。エリア設計の際に指向性アンテナを使用し、ダウンチルトなど基地局無線装置同士が正対しないようにシステム設計を行うことで、干渉量を抑えることができる。その場合は、移動局間干渉を考慮する必要がある。

本実証では同期システムと準同期システムを同時に運用する際の運用上の制約及び必要な離隔距離を導出することとした。

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期TDD	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
準同期TDD1	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U
準同期TDD2	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
準同期TDD3	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U	D	S	U	U	U	U	D	S	U	U



※セルAとセルBは同一周波数
 ※スロット番号8の時点での状態を想定

図 3-61 基地局装置間干渉と移動局装置間の干渉

上記では赤塗が移動局装置間の干渉、青塗が基地局装置間の干渉について記載しているが、移動局装置と基地局装置間の干渉も発生する。なお、移動局装置と基地局装置間の干渉は同期システム同士でも起こり得る。干渉量及び離隔距離については次節以降で机上計算を実施している。計算を行い、実機において基地局装置間の干渉量と離隔距離の関係を測定、干渉量の増加とともにスループットや SINR 値が低下することを確認した。

移動局間干渉での小さいセルの場合、端末の出力を制限することによって、干渉を抑えることができると考えられたことから、干渉量を増減させることで評価を行い、離隔距離相当を割り出

すこととした。

なお、基地局装置-基地局装置間の正対における現地試験は、計算上の離隔距離が著しく長距離となるため実証が困難であり実施していない。

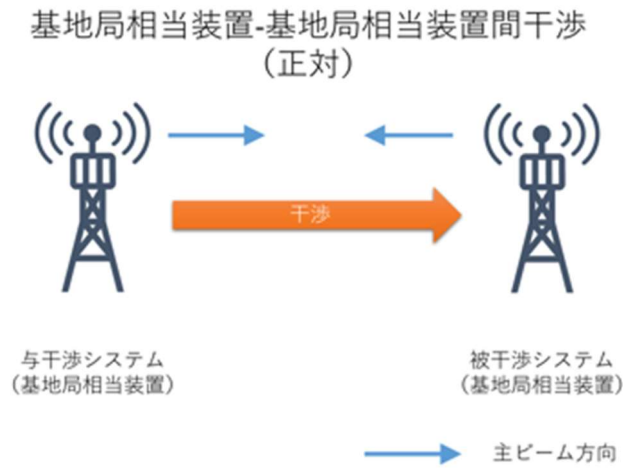


図 3-62 基地局装置間の干渉(正対)

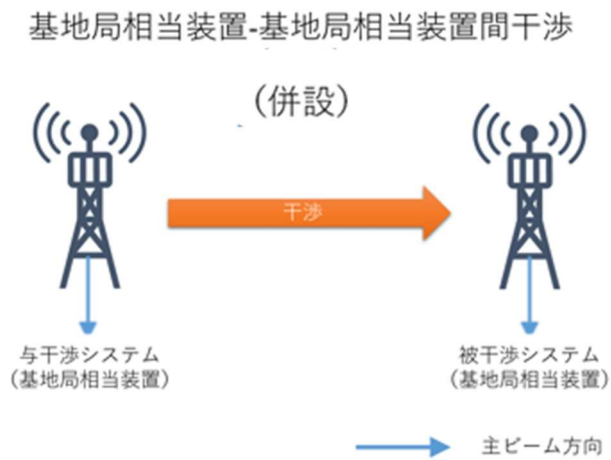


図 3-63 基地局装置間の干渉(併設)

移動局相当装置-移動局相当装置間干渉



図 3-64 移動局装置間の干渉

移動局相当装置-基地局相当装置間干渉

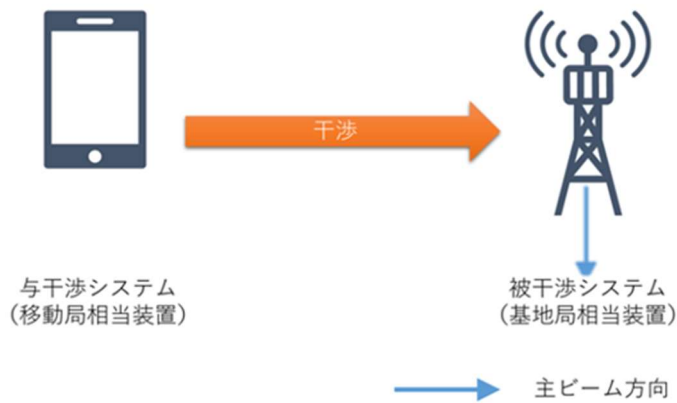


図 3-65 移動局装置-基地局装置間の干渉

2) 予想される干渉の計算

干渉量の計算においては下記条件にて計算を実施した。

- 基地局間干渉

与干渉システム（同期基地局 D）と被干渉システム（準同期移動局 U）が同時に送信された場合、被干渉システム（準同期基地局 U）にて干渉を受ける。

（同期 D スロット→準同期 U スロット）

- 移動局間干渉

与干渉システム（準同期移動局 U）と被干渉システム（同期基地局 D）が同時に送信された場合、被干渉システム（同期移動局 D）にて干渉を受ける。

（準同期 U スロット→同期 D スロット）

・ 移動局-基地局間干渉

与干渉システム（同期移動局 U）と被干渉システム（準同期移動局 U）が同時に送信された場合、被干渉システム（準同期基地局 U）にて干渉を受ける。

（同期 U スロット→準同期 U スロット）

なお、与干渉・被干渉ともに同期パターン及び TDD3 の組み合わせにて試験を実施した。

与干渉システムと被干渉システムが上記のスロット状態になった場合を試験対象とするが、特定のパターンのみのスループット測定は困難なため無干渉状態と干渉状態の合計スループットで比較を行うこととした。

表 3-38 帯域内干渉の計算

項番	パラメータ	帯域内干渉離隔距離 (m)
基地局-基地局 (正対)	計算値	15400
基地局-基地局 (併設)	計算値	11.4
移動局-移動局	計算値	691
移動局-基地局	計算値	35

表 3-39 机上計算の根拠(基地局装置間の干渉(正対))

基地局装置間の干渉 (正対)			
※与干渉及び被干渉側の基地局の諸元については表 3-46 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	-2.0	dBm/MHz	18dBm/100MHz
送信空中線利得	12.0	dBi	12dBi ANT
送信諸損失	1.8	dB	

基地局装置間の干渉（正対）			
※与干渉及び被干渉側の基地局の諸元については表 3-46 を用いている。			
EIRP	8.2	dBm/MHz	
離隔距離	15400.0	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-121.7	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.0	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	13.5	dBi	GP00092FS
受信諸損失	1.8	dB	
干渉量	0.0	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	129.9	dB	伝搬式:自由空間損失

表 3-40 机上計算の根拠(基地局装置間の干渉(併設))

基地局装置間の干渉（併設）			
※与干渉及び被干渉側の基地局の諸元については表 3-46 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	-2.0	dBm/MHz	18dBm/100MHz
送信空中線利得	-29.0	dBi	-29dBi ANT

基地局装置間の干渉（併設）			
※与干渉及び被干渉側の基地局の諸元については表 3-46 を用いている。			
送信諸損失	1.8	dB	
EIRP	-32.8	dBm/MHz	
離隔距離	11.4	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-100.1	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.0	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	-8.1	dBi	GP00092
受信諸損失	1.8	dB	
干渉量	0.0	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	67.3	dB	伝搬式:自由空間損失

表 3-41 机上計算の根拠(移動局装置間の干渉(併設))

移動局装置間の干渉（併設）			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	3.0	dBm/MHz	23dBm/100MHz

移動局装置間の干渉（併設）			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
送信空中線利得	2.97	dBi	
EIRP	-2.0	dBm/MHz	
離隔距離	691.00	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-104.98	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.006	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	2.97	dBi	
干渉量	-0.006	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	102.946	dB	伝搬式:自由空間損失

上記移動局装置間の干渉について、共用検討の結果 691m となった。実証環境にて 691m の離隔をとることは不可能であるため、サイトエンジニアリングとして与干渉移動局の送信電力を 20dBm/100MHz, 17dBm/100MHz, 14dBm/100MHz とした場合の評価も実施する。この時、UL/DL のバランスをとるために、基地局送信 DL の送信電力においても同等のレンジで送信電力を下げるものとする。干渉の影響を排除するには、表 3-42 にあるパラメータまで与干渉移動局の送信電力を下げる必要があると考えるが、セル半径が小さくなりすぎることと与干渉システム側が他からの干渉影響を受けやすくなり現実的でない試験となるため、本実証においては、上記設定における評価を行うものとする。

表 3-42 机上計算の根拠(移動局装置間の干渉(併設)):サイトエンジニアリング適用
移動局送信電力 20dBm

移動局装置間の干渉 (併設)			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	0.0	dBm/MHz	20dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
EIRP	-5.0	dBm/MHz	
離隔距離	489.00	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-104.97	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.003	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	2.97	dBi	
干渉量	-0.003	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	99.943	dB	伝搬式:自由空間損失

表 3-43 机上計算の根拠(移動局装置間の干渉(併設)):サイトエンジニアリング適用
移動局送信電力 17dBm

移動局装置間の干渉 (併設)			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	-3.0	dBm/MHz	17dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
EIRP	-8.03	dBm/MHz	
離隔距離	347.00	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-104.99	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.023	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	2.97	dBi	
干渉量	-0.023	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	96.963	dB	伝搬式:自由空間損失

表 3-44 机上計算の根拠(移動局装置間の干渉(併設)):サイトエンジニアリング適用
移動局送信電力 14dBm

移動局装置間の干渉 (併設)			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	-6.0	dBm/MHz	-3dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
EIRP	-11.03	dBm/MHz	
離隔距離	245.00	M	帯域内
受信空中線での入力電力	-104.97	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-110.0	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	2.97	dBi	
干渉量	0.0	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	M	
伝搬損失	93.940	dB	伝搬式:自由空間損失

表 3-45 机上計算の根拠(移動局-基地局装置間の干渉(正対))

移動局-基地局装置間の干渉 (正対)			
※与干渉及び被干渉側の基地局の諸元については表 3-46 を用いている。			
※移動局装置の諸元については表 3-47 を用いている。			
項目	値	単位	備考
与干渉局送信電力	3.0	dBm/MHz	
送信空中線利得	2.97	dBi	
送信諸損失	8.0	dB	
EIRP	-2.0	dBm/MHz	
離隔距離	35.0	m	帯域内
受信空中線での入力電力	-79.068	dBm/MHz	帯域内
受信機入力電力	-109.868	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110.0	dBm/MHz	帯域内
受信空中線利得	-29.0	dBi	
受信諸損失	1.8	dB	
干渉量	0.132	dB	帯域内
周波数	4849.980	MHz	
波長	0.062	m	
伝搬損失	77.038	dB	伝搬式:自由空間損失

(3) 評価・検証項目

同期 TDD システムと準同期 TDD パターンを採用したシステム間での干渉を評価した。評価にあたっては双方のシステムを独立して運用した状態と並行して運用した状態にてデータの取得を行っている。

1) システムの条件

- ・与干渉及び被干渉装置：FLARE SYSTEMS 製基地局装置/DAS システム
- ・周波数隣接状況：同一周波数（4.8GHz—4.9GHz）
- ・与干渉及び被干渉装置の運用パターン：同期 TDD/準同期 TDD3
- ・与干渉及び被干渉装置：移動局装置
- ・運用パターン：同期 TDD/準同期 TDD3

準同期システム基地局から同期基地局システムへの干渉はスロット配置の関係上発生しないため双方向での干渉試験は実施していない。

本構成は FLARE SYSTEMS の基地局の電波を DAS システムと接続し、DAS-RU から放射している。FLARE SYSTEMS 社製基地局及び DAS-RU の諸元を以下に示す。

表 3-46 与・被干渉側の基地局設備

種別	基地局	DAS
メーカー	FLARE SYSTEMS	東芝インフラシステムズ株式会社
型番	FW-L5G-3	ART4801P
空中線電力	18.0dBm	33.0dBm
給電線損失	1.8dB	1.8dB
アンテナゲイン	正対時:12.0dBi 併設時:-29.0dBi	正対時:13.5dBi 併設時:-8.1dBi
EIRP	28.2dBm (正対時) -12.8dBm (併設時)	44.7dBm (正対時) 23.1dBm (併設時)
TDD パターン	基地局間干渉:同期 移動局間干渉:同期	基地局間干渉:TDD3 移動局間干渉:TDD3

	移動局-基地局間干渉:TDD3	移動局-基地局間干渉:同期
干渉・被干渉	基地局間干渉:与干渉 移動局間干渉:被干渉 移動局-基地局間干渉:被干渉	基地局間干渉:被干渉 移動局間干渉:与干渉 移動局-基地局間干渉:与干渉

移動局の諸元を以下に示す。

表 3-47 与・被干渉側の移動局設備

メーカー	IDY
型番	iR730B
空中線電力	23.0dBm ※移動局間干渉試験の際は 20dBm, 17dBm, 14dBm
給電線損失	0.0dB
アンテナゲイン	2.97dBi
EIRP	25.97dBm
TDD パターン	同期 準同期 3

2) 測定する項目

エリア設計で作図したシミュレーション図におけるカバーエリア、調整対象区域内において 20 地点の測定を行った。測定項目は RSRP、SINR、通信品質（スループット、遅延速度）とした。

表 3-48 測定項目

測定項目	測定指標	測定手法	測定する値（単位）	測定機器
受信電力	RSRP	Anritsu エリアテスタ	dBm	ML8780A
受信電力	RSSI	Anritsu	dBm	ML8780A

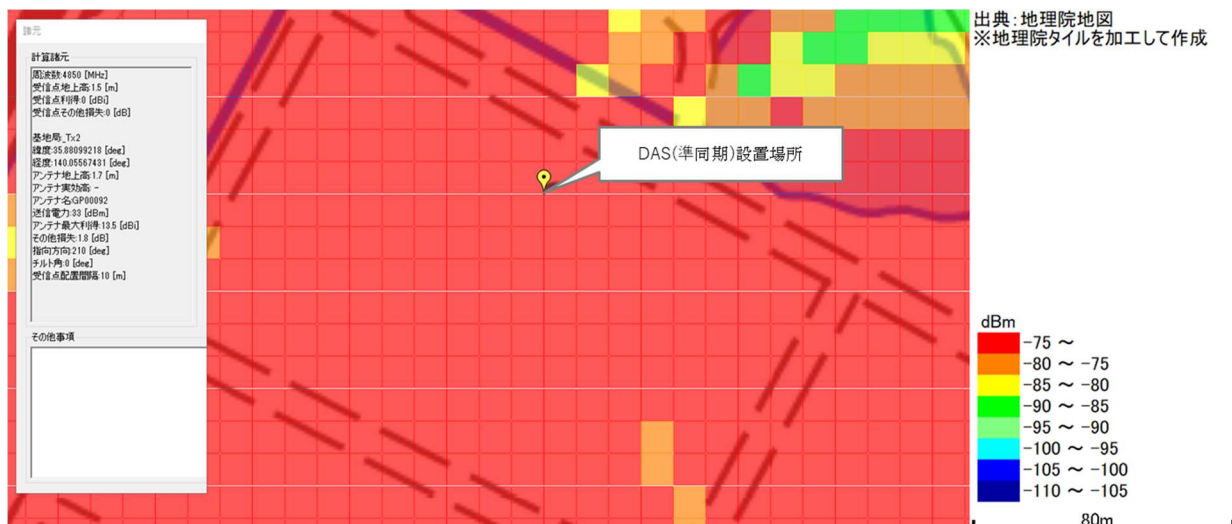
測定項目	測定指標	測定手法	測定する値（単位）	測定機器
		エリアテスタ		
電波干渉	SINR	Anritsu エリアテスタ	dB	ML8780A
通信品質	スループット	SpeedTest ツール	Mbps	CPE
遅延	遅延時間	ping	msec	WindowsPC (ping)

以下に与干渉システム及び被干渉システムにおける伝搬シミュレーション図を記載している。今回試験を行うエリアについては見通し環境のため、伝搬損失については自由空間伝搬損失を用いて計算を行っている。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-66 与干渉システムの伝搬シミュレーション図(自由空間伝搬損失)



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-67 被干渉システムの伝搬シミュレーション図(自由空間伝搬損失)

●基地局間干渉

基地局間干渉では、被干渉側となるのは準同期システム (UL) である。

試験環境物理構成図を以下に示す。

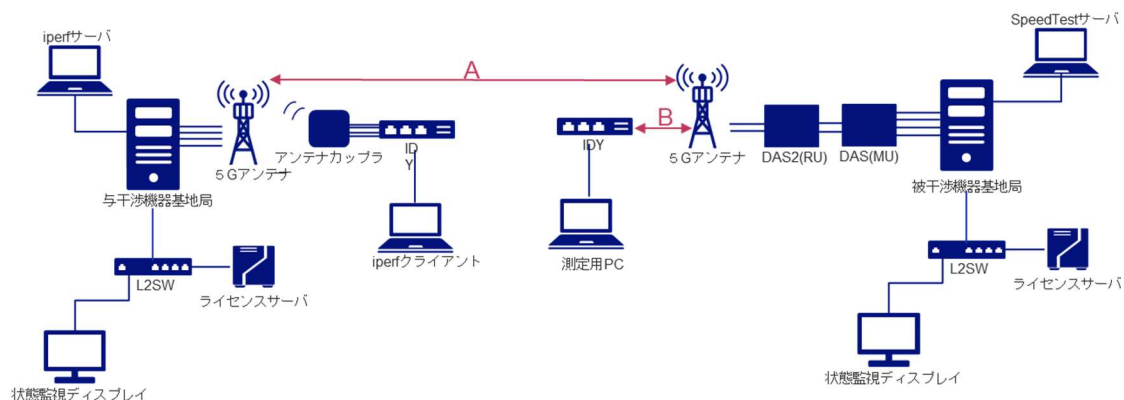


図 3-68 基地局間干渉物理構成図

基地局間干渉については以下をパラメータとして測定を行っている。

- ・パラメータ A: 「被干渉基地局と与干渉基地局との距離」(上記図中 A)
- ・パラメータ B: 「被干渉基地局と被干渉移動局との距離」(上記図中 B)

またパラメータ決定方法について記載する。

- ・パラメータ A: 「被干渉基地局と与干渉基地局との距離」

パラメータ A については事前の共用検討計算（併設）表 3-40 より干渉波が $-110\text{dBm}/\text{MHz}$ となる 11.5m を基準に $3.5\text{m}\sim 21.5\text{m}$ の地点で設定を行った。

- ・パラメータ B: 「被干渉基地局と被干渉側端末との距離」（上記図中 B）

被干渉側端末の位置については準同期カバーエリアを考慮して、準同期カバーエリア内にて各測定点位置 8 ポイントを決定した。

下記にカバーエリア内に被干渉移動局の測定点を示す。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-69 準同期カバーエリア及び被干渉移動局測定ポイント

また、測定ポイントについて表 3-49 及び図 3-71 に示す。

与干渉側の移動局については与干渉側基地局の送信電力が固定となるよう設置位置を固定とした。

表 3-49 基地局間干渉における距離パラメータ関係

ポイントID : 1	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
A:被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	3.5							
B:被干渉基地局と被干渉移動局との距離 (m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	西 : 45	西 : 15	東 : 15	東 : 45	北 : 30 西 : 30	北 : 30 西 : 15	北 : 30 東 : 15	北 : 30 東 : 30
ポイントID : 2	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8
A:被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	6.5							
B:被干渉基地局と被干渉側移動局との距離 (m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	西 : 45	西 : 15	東 : 15	東 : 45	北 : 30 西 : 30	北 : 30 西 : 15	北 : 30 東 : 15	北 : 30 東 : 30
ポイントID : 3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8
A:被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	11.5							
B:被干渉基地局と被干渉側移動局との距離 (m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	西 : 45	西 : 15	東 : 15	東 : 45	北 : 30 西 : 30	北 : 30 西 : 15	北 : 30 東 : 15	北 : 30 東 : 30
ポイントID : 4	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8
A:被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	16.5							
B:被干渉基地局と被干渉側移動局との距離 (m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	西 : 45	西 : 15	東 : 15	東 : 45	北 : 30 西 : 30	北 : 30 西 : 15	北 : 30 東 : 15	北 : 30 東 : 30
ポイントID : 5	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7	5-8
A:被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	21.5							
B:被干渉基地局と被干渉側移動局との距離 (m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	西 : 45	西 : 15	東 : 15	東 : 45	北 : 30 西 : 30	北 : 30 西 : 15	北 : 30 東 : 15	北 : 30 東 : 30

上記評価ポイントについて平面図上に記載した図を以下に示す。

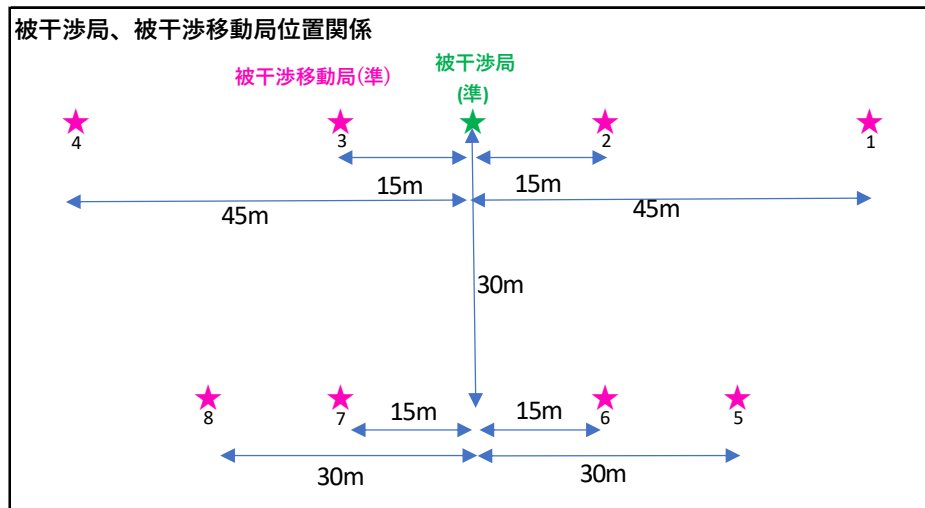


図 3-70 被干渉局基本配置(平面)

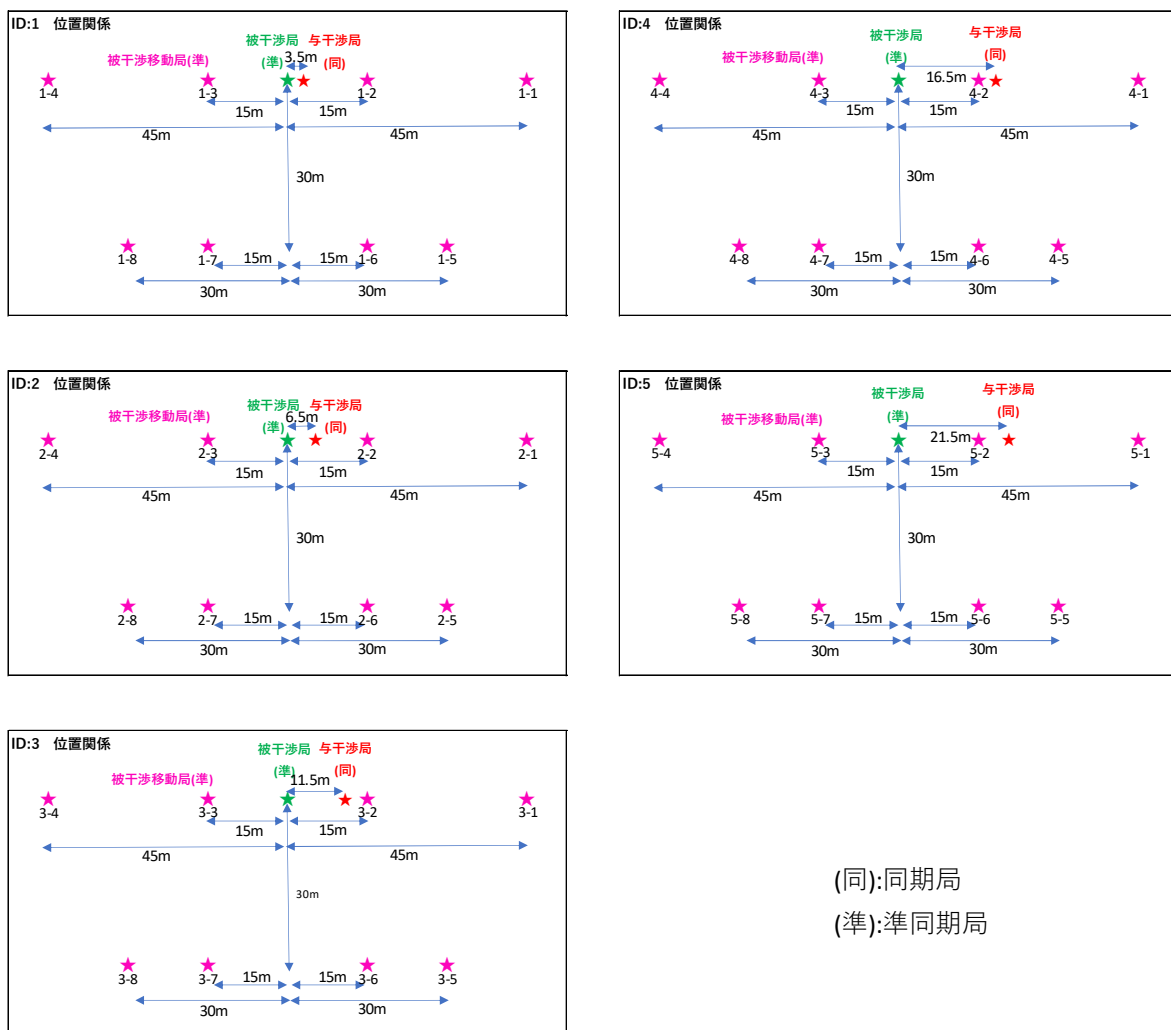
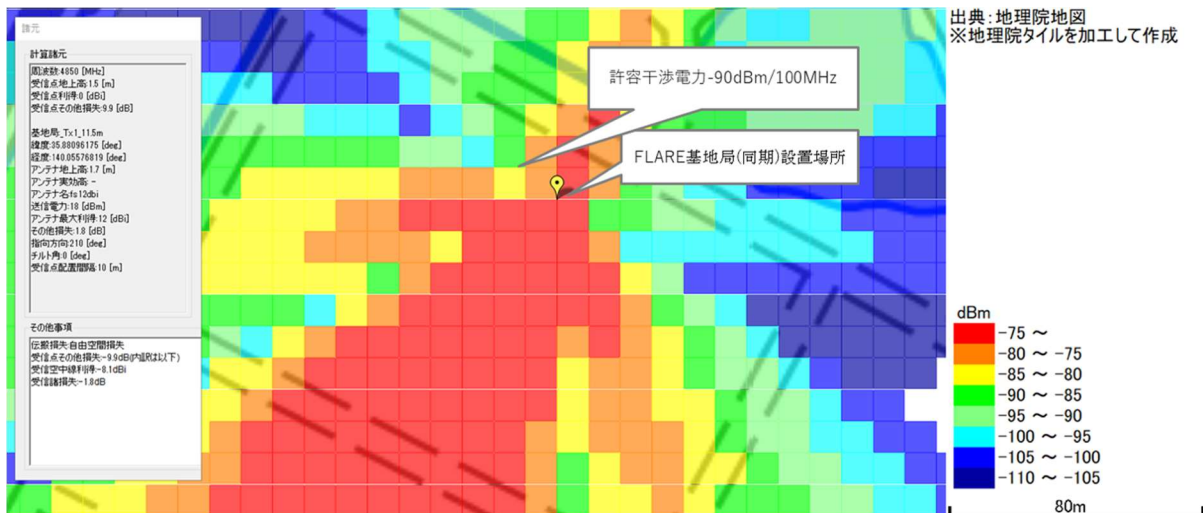


図 3-71 測定ポイントイメージ(平面)

図 3-72 に与干渉システムにおける伝搬シミュレーション図を記載する。表 3-40 基地局間干渉(併設)条件における共用検討のパラメータをもとに算出を行っている。

また、受信側の損失として被干渉側の基地局の受信空中線利得(-8.1dB)及び受信機入力端での結果を示しており、例えば、与干渉基地局から 11.4m 離れた X 点における受信機入力電力は、許容干渉電力である-90dBm/100MHz となっている。



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-72 与干渉システムの伝搬シミュレーション図(基地局間干渉時)

基地局間干渉における検証手順を以下に示す。

1. 単体測定: 与干渉基地局から放射した干渉波の測定

被干渉基地局の想定測定点 (各 A 地点) において干渉波の測定を行う。

エリアスキャナにて RSRP (単位: dBm) の測定を行い、RSSI (単位: dBm) に換算をすることで干渉波の記録を行う。

測定時においては常に与干渉基地局からの与干渉波を発生させるため与干渉システムにおいてダウンロード方向の負荷をかける。負荷をかけた際にリソースブロックを全て使用した状態 (100MHz 帯域幅を全て使用している状態) の確認をスペクトラムアナライザにて行う。電波照射は与干渉システムのみとし、被干渉システムは停波する。

2. 単体測定: 被干渉システムにおける受信レベル RSRP (単位: dBm) 及びスループット測定

被干渉システムの移動局の想定測定点 (各 B 地点) において受信レベル RSRP (単位: dBm) 及びスループット測定を行う。

電波照射は被干渉システムのみとし、与干渉システムは停波する。

3. 基地局間干渉試験

A: 被干渉基地局と与干渉基地局との距離、B 被干渉基地局と被干渉側端末の距離をポイント ID1~5 の組み合わせにおいて評価を行い単体での測定結果と比較し干渉における影響を評価する。

●移動局間干渉

移動局間干渉では、被干渉側となるのは同期システム (DL) である。

試験環境物理構成図を以下に示す。

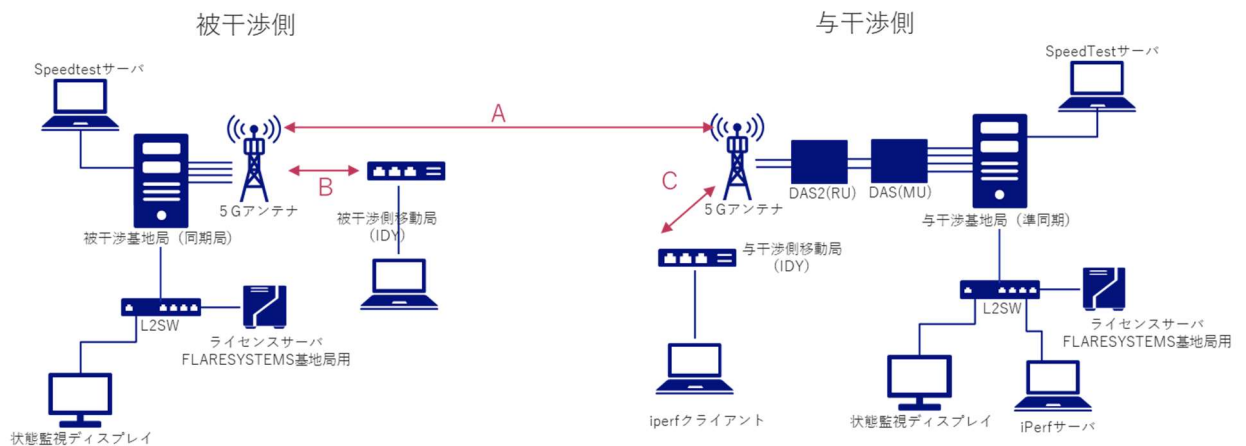


図 3-73 移動局間干渉物理構成図

移動局間干渉については以下をパラメータとして測定を行っている。

- ・パラメータ A: 「被干渉基地局 (同期) と与干渉基地局 (準同期) との距離 (上記図中 A)」
- ・パラメータ B: 「被干渉基地局 (同期) と被干渉移動局 (同期) との距離 (上記図中 B)」
- ・パラメータ C: 「与干渉基地局 (準同期) と与干渉移動局 (準同期) との距離 (上記図中 C)」

また、パラメータ決定方法について記載する。

・パラメータ A: 「被干渉基地局 (同期) と与干渉基地局 (準同期) との距離 (上記図中 A)」
エリアの重複度合を可変し、3 パターン (基地局間距離 45m, 60m, 75m) の基地局間距離を設定した。

- ・パラメータ B: 「被干渉基地局 (同期) と被干渉移動局 (同期) との距離 (上記図中 B)」
- ・パラメータ C: 「与干渉基地局 (準同期) と与干渉移動局 (準同期) との距離 (上記図中 C)」

パラメータ B 及び C については事前の伝送性能シミュレーションより干渉影響を考慮し、事前のシミュレーションで得た SINR が 16dB~-16dB の範囲でまばらになるようポイントの選定を行い干渉影響が多いパターン及び少ないパターンを設定している。(表 3-52)

パラメータ B については 3 ポイントとし、パラメータ C の与干渉移動局 (準同期) の位置を被干渉移動局 (同期) に近い場合と離れた場合の 2 ポイントを設定し干渉影響を変化させ評価を行っている。測定ポイントについて表 3-50 及び図 3-74 に示す。

また与干渉移動局については干渉低減手法として基地局による移動局の出力制御及び離隔距離の変更を行い評価している。

表 3-50 移動局間干渉における距離パラメータ関係

ポイントID: 6	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6
A:被干渉基地局(同期)と与干渉基地局(準同期)との距離(m)	75					
B:被干渉基地局(同期)と被干渉移動局(同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	北東: 40	北東: 40	北西: 40	北西: 40	北東: 40	北西: 40
C:与干渉基地局(準同期)と与干渉移動局(準同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	北: 15	北西: 20	北: 15	北西: 20	北西: 16	北西: 16

ポイントID: 7	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6
A:被干渉基地局(同期)と与干渉基地局(準同期)との距離(m)	45					
B:被干渉基地局(同期)と被干渉移動局(同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	北東: 40	北東: 40	北西: 40	北西: 40	北東: 40	北西: 40
C:与干渉基地局(準同期)と与干渉移動局(準同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	東北東: 38	北東: 26.6	東北東: 38	北東: 26.6	東北東: 32.6	東北東: 32.6

ポイントID: 8	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6
A:被干渉基地局(同期)と与干渉基地局(準同期)との距離(m)	60					
B:被干渉基地局(同期)と被干渉移動局(同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	北東: 40	北東: 40	北西: 40	北西: 40	北東: 40	北西: 40
C:与干渉基地局(準同期)と与干渉移動局(準同期)との距離(m) (基地局のビーム方向を北と仮定した場合)	北東: 21	北: 15	北東: 21	北: 15	北北東: 17.5	北北東: 17.5

上記評価ポイントについて平面図上に記載した図を以下に示す。

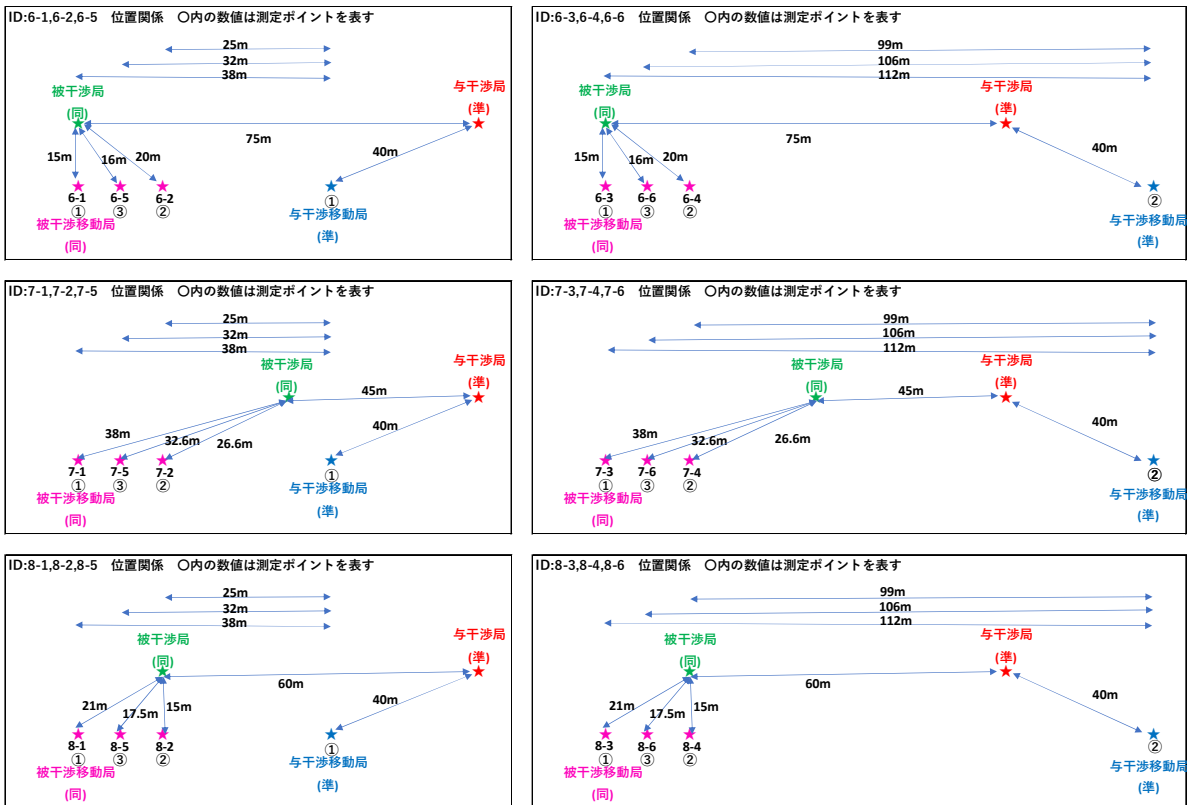


図 3-74 移動局間干渉測定ポイントイメージ(平面)

移動局間干渉における検証手順を以下に示す。

1. 単体測定: 与干渉移動局から放射された干渉波の測定

与干渉移動局を表 3-50 記載の距離パラメータ B となる各点に配置し、被干渉移動局を表 3-50 記載の距離パラメータ C となる各点においてスペクトラムアナライザを用いて干渉波の測定を行う。

常に与干渉移動局からの与干渉波を発生させるためアップリンク方向に負荷をかけて評価を行う。

また、最大限のリソースブロックを使用した状態の確認としてスペクトラムアナライザを用いて確認を行う。

電波照射は与干渉システムのみとする。

2. 単体測定: 被干渉システムにおける受信レベル及びスループット測定

被干渉移動局を表 3-50 記載の距離パラメータ A となる各点に配置し、被干渉移動局を表 3-50 記載の距離パラメータ C となる各点において受信レベル RSRP (単位: dBm) 及びスループット測定を行う。

電波照射は被干渉システムのみとする。

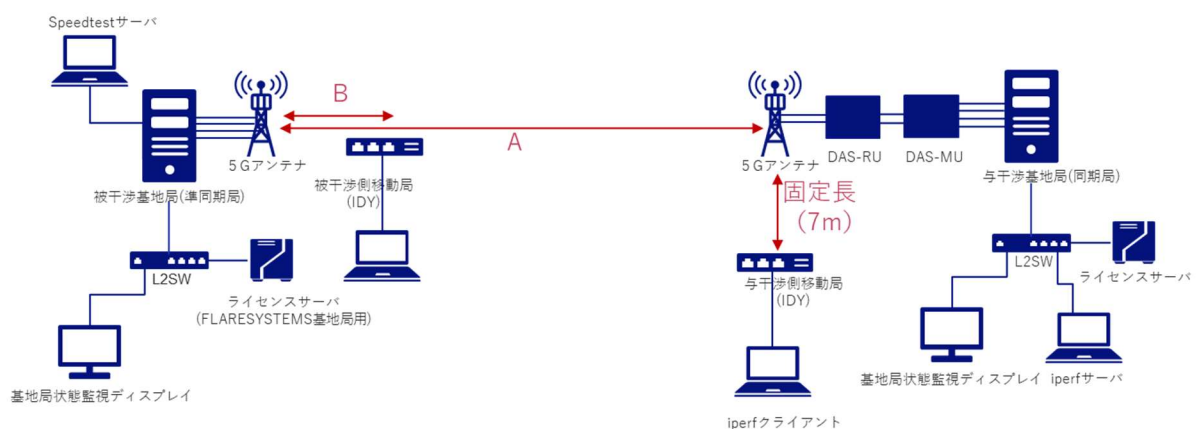
3. 移動局間干渉試験

A: 被干渉基地局 (同期) と与干渉基地局 (準同期) との距離、B: 被干渉基地局 (同期) と被干渉移動局 (同期) との距離 (m)、C: 与干渉基地局 (準同期) と与干渉移動局 (準同期) との距離をポイント ID6、7、8 の組み合わせにおいて評価を行い単体での測定結果と比較し干渉における影響を評価する。

● 移動局-基地局間干渉

移動局-基地局間干渉では、被干渉側となるのは準同期システム (UL) である。

試験環境物理構成図を以下に示す。



移動局間干渉については以下をパラメータとして測定を行っている。

- ・パラメータ A: 「与干渉基地局と被干渉基地局との距離」(上記図中 A)
- ・パラメータ B: 「被干渉基地局と被干渉移動局との距離」(上記図中 B)

※パラメータ A に関して: 本検証は移動局-基地局間干渉試験であるが、実際に移動させた対象は基地局-基地局間の距離であるため本来の試験目的と同等のものとする。

パラメータ A 及び B については事前の共用検討計算(表 3-45)より干渉波が -110dBm/MHz となる 35m を上限に $5\text{m}\sim 35\text{m}$ の地点で設定を行った。

また、 35m を上限としている理由は現地の試験環境上、パラメータ A 及び B を 35m 以上変更させた際に試験環境場所では収まらず実施不可のため上限を 35m と設定した。

また、測定ポイントについて表 3-51 及び図 3-76 に示す。

表 3-51 移動局-基地局間干渉における距離パラメータ関係

ポイントID: 11	11-1	11-2	11-3	11-4
A:与干渉基地局と被干渉基地局との距離 (m) (与干渉移動局と被干渉基地局との距離 (m))	5 (8.6)			
B:被干渉基地局と被干渉移動局との距離 (m)	5	10	20	35

ポイントID: 12	12-1	12-2	12-3	12-4
A:与干渉基地局と被干渉基地局との距離 (m) (与干渉移動局と被干渉基地局との距離 (m))	10 (12.2)			
B:被干渉基地局と被干渉移動局との距離 (m)	5	10	20	35

ポイントID: 13	13-1	13-2	13-3	13-4
A:与干渉基地局と被干渉基地局との距離 (m) (与干渉移動局と被干渉基地局との距離 (m))	20 (21.2)			
B:被干渉基地局と被干渉移動局との距離 (m)	5	10	20	35

ポイントID: 14	14-1	14-2	14-3	14-4
A:与干渉基地局と被干渉基地局との距離 (m) (与干渉移動局と被干渉基地局との距離 (m))	35 (35.7)			
B:被干渉基地局と被干渉移動局との距離 (m)	5	10	20	35

上記評価ポイントについて平面図上に記載した図を以下に示す。

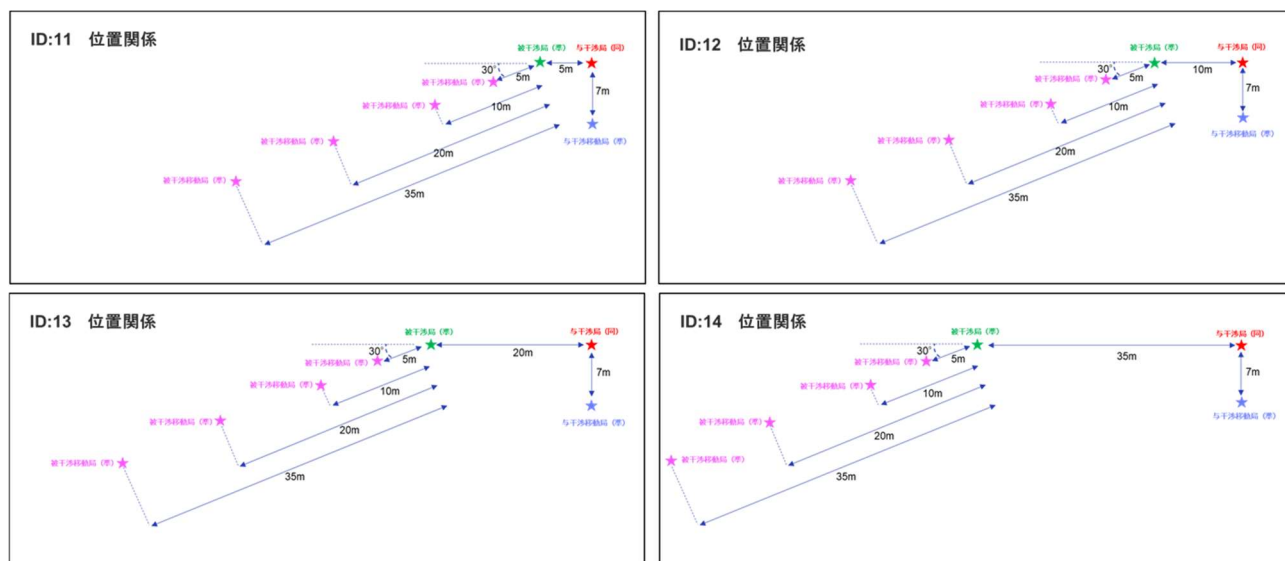


図 3-76 移動局-基地局間干渉測定ポイントイメージ(平面)

移動局-基地局間干渉における検証手順を以下に示す。

1. 単体測定: 与干渉移動局における干渉波測定

被干渉移動局の想定測定点 (各 B 地点) において干渉波の測定を行う。

常に与干渉移動局からの与干渉波を発生させるためアップリンク方向に負荷をかけて評価を行う。

また、最大限のリソースブロックを使用した状態の確認としてスペクトラムアナライザを用いて確認を行う。

電波照射は与干渉システムのみとする。

2. 単体測定: 被干渉システムにおける受信レベル RSRP (単位: dBm) 及びスループット測定

被干渉基地局と被干渉移動局間距離が各 A 地点において受信レベル RSRP (単位: dBm) 及びスループット測定を行う。

電波照射は被干渉システムのみとする。

3. 移動局-基地局間干渉試験

A: 被干渉側基地局と被干渉移動局との距離、B 与干渉移動局と被干渉基地局との距離をポイント ID11~14 の組み合わせにおいて評価を行い単体での測定結果と比較し干渉における影響を評価する。

(4) 評価・検証方法

下記、評価項目を実施し、①の結果と②の結果を比較し、同期システムと準同期システムを共用した場合の影響度について評価を行った。

与干渉システムと被干渉システムは干渉パターンによって異なる。

基地局間干渉では、与干渉システムは同期側となり、被干渉システムは準同期側となる。

移動局間干渉では、与干渉システムは準同期側となり、被干渉システムは同期側となる。

移動局-基地局間干渉では、与干渉システムは同期側となり、被干渉システムは準同期側となる。

①被干渉システム単体での測定

②同時にシステムを運用し、与干渉側の送信電力を変更しながら行う被干渉側での干渉の影響量の測定

(ア) 受信電力

受信電力 (RSRP) を測定し、記録した。同時に RSSI も記録を行っている。RSRP は基地局装置ごとの受信電力を識別することができるが、RSSI は総受信電力であり、他局からの干渉も含め記録が可能であり、双方のデータを取得している。

(イ) スループット、伝送遅延

通信品質であるスループット、遅延時間を測定し、伝送状況を記録した。外部からの干渉により通信品質が損なわれていないかを確認している。

スループットの測定の際には、与干渉システムにおいて 5G 端末との通信を発生させトラフィックを発生させることにより無線リソースブロックが最大限に利用されている状態にしている。

スループットの測定に際しても定在波の影響を避けるため、1つの測定点において 10λ (λ は波長) の範囲で測定位置①～③の位置を変更しつつ 5 回の測定として測定を行った。($10\lambda = 61.8\text{cm}$)

得られたスループットのうち、最大値と最小値を除いた 3 回の測定値の平均値を結果とした。

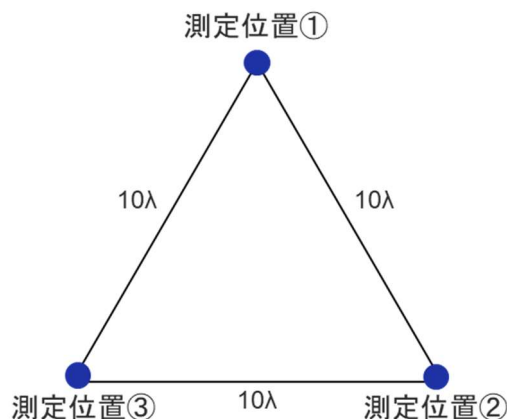


図 3-77 測定点イメージ

スループットについてはオープンソースの「LibreSpeed」を用いて試験を行い、結果については 15 秒間の平均値にて表示される値を使用した。

測定の際は、台等に設置し、測定時に位置関係を固定させた状態で測定を行った。

(ウ) 通信品質（スループット及び SINR）

無線通信区間における信号対干渉波比を記録した。SINR が低下し通信品質が低下していないかを記録している。スループットについても記録している。

(エ) 相関

記録された受信電力、SINR、通信品質（スループット）から相関関係を見出し、異なる TDD パターンの影響による通信への干渉度合を見出している。また、その際に必要な離隔距離を情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会報告

(https://www.soumu.go.jp/main_content/000697525.pdf) に記載の干渉許容電力と比較している。

(オ) 試験時の出力

基地局-基地局のように離隔距離が現実的に取れない組み合わせにおいては法令の範囲内において送信出力を低減するなどの手法を用いるなど現実に則した試験方法で実験を実施することとした。

(カ) 伝送特性シミュレーション

実証に利用する実機の実力値を用いて、離隔距離をパラメータとした伝送スループットを以下 a、b の両方についてシミュレーションしている。

- a. 同期基地局（与干渉）、準同期基地局（被干渉）をそれぞれ単独運用した場合
- b. 同期基地局（与干渉）、準同期基地局（被干渉）を同時運用した場合

伝送特性シミュレーションは東陽テクニカ社の電波伝搬シミュレーションツール iBwave Design を使用し、理論値スループットを導出することを検討している。

アンテナパターンについてはメーカーから入手し、シミュレーションツールに取り込んでいる。測定後に測定結果とシミュレーション結果を比較し、必要に応じてシミュレーション条件を見直し・修正した上で再度シミュレーションすることとした。

(キ) 共用検討シミュレーション

以下の条件で共用検討を実施している。

- ・干渉相手との周波数関係： 帯域内
- ・干渉相手の運用パターン：同期パターン

1) 事前シミュレーション結果

実機での測定前のシミュレーションについては情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（令和2年7月）に記載された手法によりシミュレーションしている。伝送性能シミュレーションは実証に利用する実機の実力値を用いて実施し、測定結果とシミュレーション結果を比較し、必要に応じてシミュレーション条件を見直し・修正した。

伝送性能シミュレーションの実施手順は下記の通りである。

1) 使用する基地局装置と移動機の諸元（送信電力、給電線損失、帯域幅、アンテナパターン等）により受信側の RSRP 及び SINR 値を推定する。推定には東陽テクニカ社の電波伝搬シミュレーションツール iBwave Design を使用した。

シミュレーション結果図の見方について下記図に記載を行う。

大きく以下の記載を行っている。

1. 表題→干渉条件（基地局間干渉/移動局干渉/移動局-基地局間干渉）の記載
2. シミュレーション対象→DL もしくは UL、同期もしくは準同期
3. ポイント番号
4. 縮尺
5. 凡例（SINR[dB]）→凡例の表示（色）とシミュレーション図のヒートマップ（色）が対応している。2dB ごとに凡例の色を変化させている。
6. 被干渉地点→干渉を受ける地点を★で表示
7. 凡例（基地局/移動局）→図中のマークについて判例を記載
8. シミュレーション対象を赤枠表記

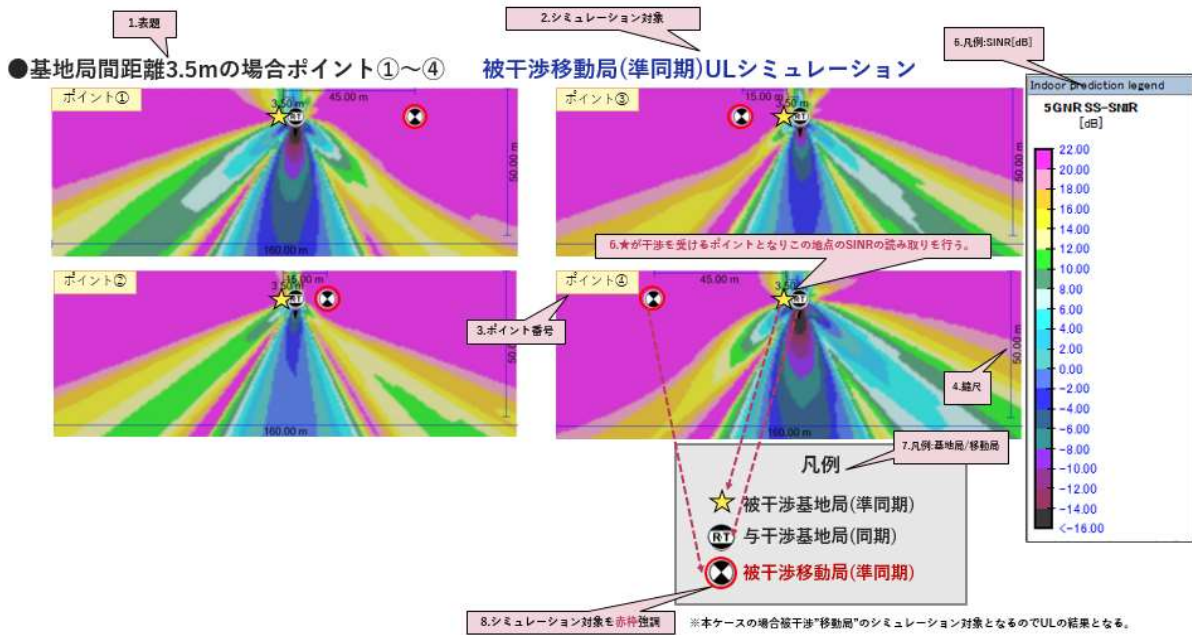


図 3-78 シミュレーション結果図見方

2) SINR 値と MCS 値 (Modulation and Coding Scheme) との相関から、MCS 値を導出する。

SINR vs MCS 相関グラフは 3GPP 等にて規定されておらずベンダ依存であるため、実機測定から導かれたものである。

実測値による SINR と MCS (DL/UL) の関係図を示す。下記の相関図よりシミュレーションにより求めた SINR から MCS の導出を行う。

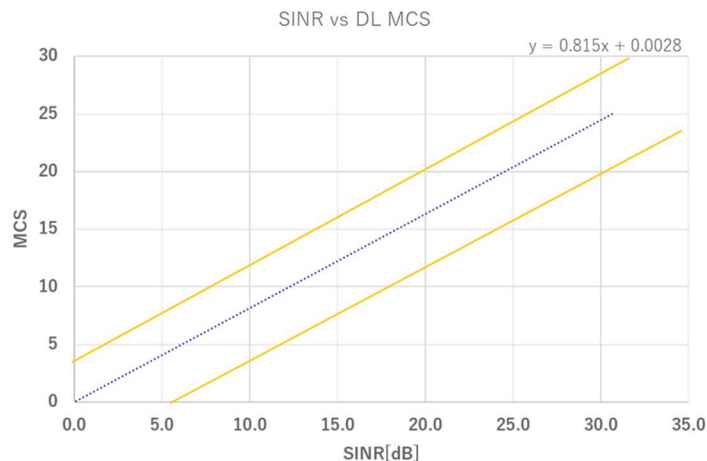


図 3-79 SINR vs DL MCS 相関図

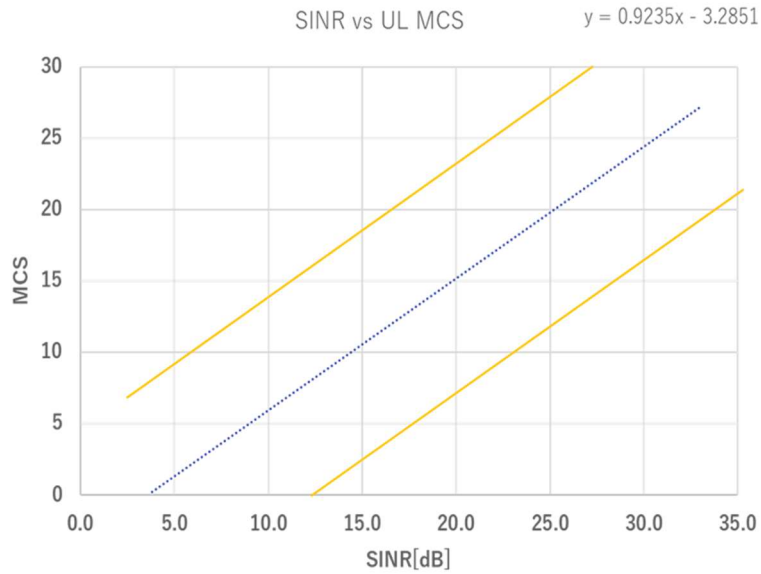


図 3-80 SINR vs UL MCS 相関図

図内のオレンジの線はばらつきの範囲を示す。オレンジのラインは有線接続で測定した際のばらつき範囲である。フィールド測定においてもこの範囲の結果となることが想定されるため、これを測定データの許容範囲として取り扱うものとする。この1例をスループットのばらつき範囲として示すと、SINR20 の場合、図 3-80 から MCS は 7.5~22.5 の範囲と読める。これを表 3-52 にあてはめると約 100~313Mbps (TCP ヘッダ等含む理論値) となる。

3) 3GPP TS38.214 MCS Table に従って、2) 項で導出した MCS 値から MCS ごとの理論スループット値 (UL/DL) を算出する。

前述の通り、スループット理論値導出のために 3GPP 38.214 を引用している。その値から期待値となる Data Rate を想定するため、TCP ヘッダを考慮した理論値との乖離率 10%を想定し、90%Rate と仮定した。

表 3-52 理論スループット

MCS Index I _{MCS}	Modulation Order Q _m	Target code Rate R _x [1024]	Spectral efficiency	Layer UL	N _{sub} UL	n UL	N _{sub} UL	TBS Index UL	TBS UL [bits]	Bit Rate UL /slot [bps]	SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]
-1								0	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	120	0.2344	1	36.1	3.0	32.0	2	32	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5	3.3	6.6	8.2	9.8
1	2	193	0.377	1	58.1	3.0	56.0	5	56	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3	5.7	11.5	14.3	17.2
2	2	308	0.6016	1	92.6	3.0	88.0	9	88	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8	9.0	18.0	22.5	27.0
3	2	449	0.877	1	135.1	3.0	128.0	14	128	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9	13.1	26.2	32.8	39.3
4	2	602	1.1758	1	181.1	3.0	176.0	20	176	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7	18.0	36.0	45.0	54.0
5	4	378	1.4766	1	227.4	3.0	224.0	24	224	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4	22.9	45.8	57.3	68.7
6	4	434	1.6953	1	261.1	3.0	256.0	26	256	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9	26.2	52.3	65.4	78.5
7	4	490	1.9141	1	294.8	3.0	288.0	28	288	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3	29.4	58.8	73.5	88.3
8	4	553	2.1602	1	332.7	3.0	328.0	31	336	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1	34.3	68.6	85.8	102.9
9	4	616	2.4063	1	370.6	3.0	368.0	33	368	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6	37.5	75.1	93.9	112.6
10	4	658	2.5703	1	395.8	3.0	392.0	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7	41.6	83.2	104.0	124.8
11	6	466	2.7305	1	420.5	3.0	416.0	36	432	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5	44.0	88.1	110.1	132.1
12	6	517	3.0293	1	466.5	3.0	464.0	38	480	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2	48.9	97.8	122.2	146.7
13	6	567	3.3223	1	511.6	3.0	504.0	39	504	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1	51.3	102.6	128.3	153.9
14	6	616	3.6094	1	555.8	3.0	552.0	41	552	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8	56.2	112.3	140.4	168.5
15	6	666	3.9023	1	601.0	3.0	600.0	43	608	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2	61.8	123.7	154.6	185.5
16	6	719	4.2129	1	648.8	3.0	648.0	45	672	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1	68.3	136.6	170.8	204.9
17	6	772	4.5234	1	696.6	3.0	696.0	46	704	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6	71.5	143.1	178.8	214.6
18	6	822	4.8164	1	741.7	3.0	736.0	47	736	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1	74.7	149.5	186.8	224.2
19	6	873	5.1152	1	787.7	3.0	784.0	49	808	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7	82.0	164.0	205.0	246.0
20	8	682.5	5.332	1	821.1	3.0	816.0	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	86.0	172.0	215.0	258.1
21	8	711	5.5547	1	855.4	3.0	848.0	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	86.0	171.9	214.9	257.9
22	8	754	5.8906	1	907.2	3.0	904.0	52	928	253,344	101.3	202.7	253.3	304.0	94.0	188.1	235.1	282.1
23	8	797	6.2266	1	958.9	3.0	952.0	53	984	268,632	107.5	214.9	268.6	322.4	99.7	199.3	249.1	299.0
24	8	841	6.5703	1	1,011.8	3.0	1,008.0	54	1,032	281,736	112.7	225.4	281.7	338.1	104.5	208.9	261.1	313.4
25	8	885	6.9141	1	1,064.8	4.0	1,056.0	55	1,064	290,472	116.2	232.4	290.5	348.6	107.6	215.3	269.1	322.9
26	8	916.5	7.1602	1	1,102.7	4.0	1,088.0	56	1,128	307,944	123.2	246.4	307.9	369.5	114.1	228.1	285.1	342.2
27	8	948	7.4063	1	1,140.6	4.0	1,136.0	57	1,160	316,680	126.7	253.3	316.7	380.0	117.2	234.4	293.1	351.7

以上手法により求めた各測定ポイントでの SINR、MCS 値 (Modulation and Coding Scheme) ※より求めた理論スループットを表にまとめる。

※MCS 値：空間ストリーム (Spatial Stream)、変調方式、符号化率で Index 化したもの。

上記、SINR→MCS の導出手順及び表への記載例を示す。理論値スループットについては表 3-52 を参照している。

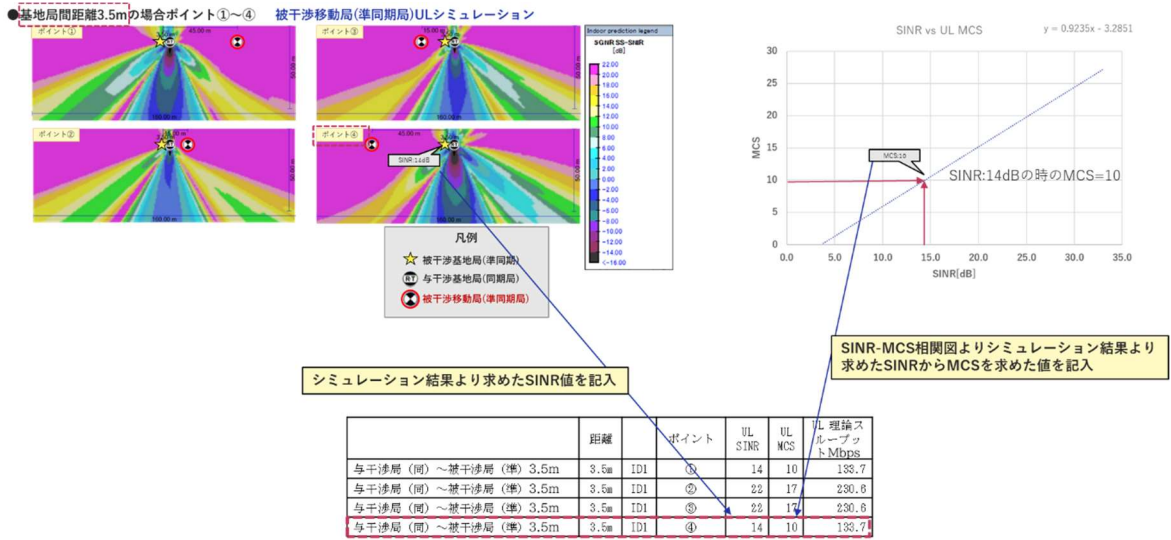


図 3-81 理論スループット算出手順イメージ

a. 基地局間干渉シミュレーション結果

基地局間干渉の測定ポイントイメージを記載する。(再掲)

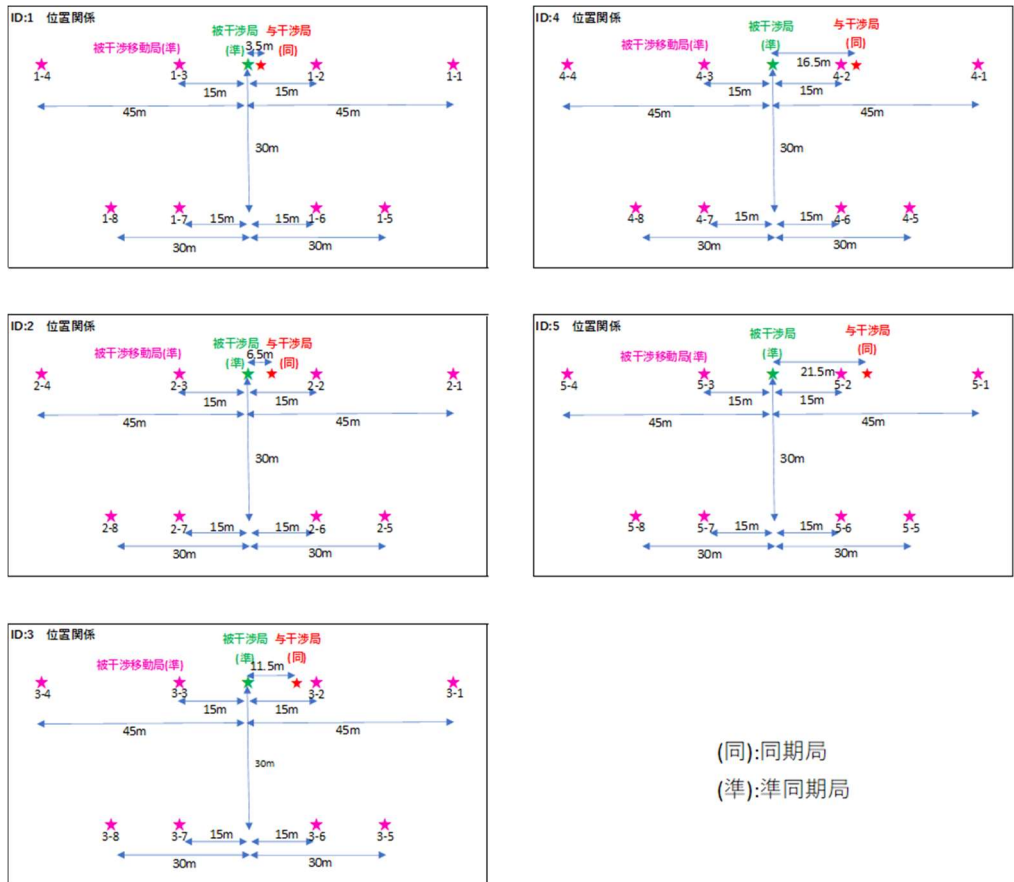


図 3-82 測定ポイントイメージ(平面):再掲

以下に基地局間干渉についてのシミュレーション結果を示す。与干渉基地局（同期）DL と被干渉移動局（準同期）UL が同時に電波を照射している際の被干渉移動局（準同期）UL の SINR の結果となる。

シミュレーション条件は下記である。

表 3-53 シミュレーション諸元

種別	与干渉基地局	被干渉移動局
空中線電力	18.0dBm	23.0dBm
給電線損失	1.8dB	0.0dB
アンテナゲイン	12.0dBi	2.97dBi

● 基地局間距離3.5mの場合ポイント①～④ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

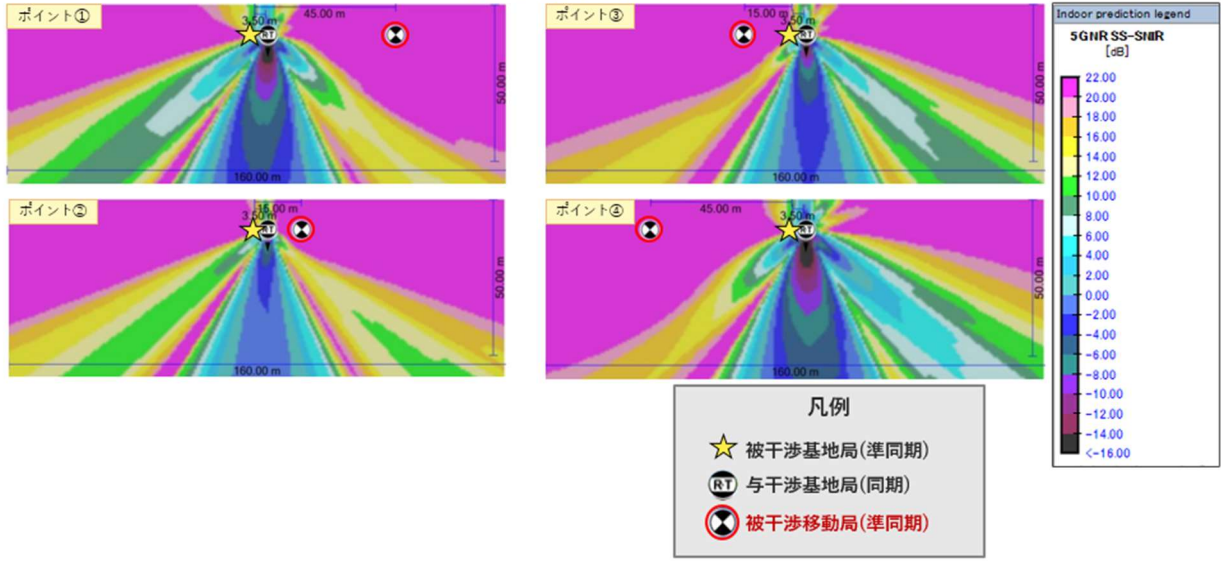


図 3-83 基地局間干渉_基地局間距離 3.5mの場合ポイント①～④

● 基地局間距離3.5mの場合ポイント⑤～⑧ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

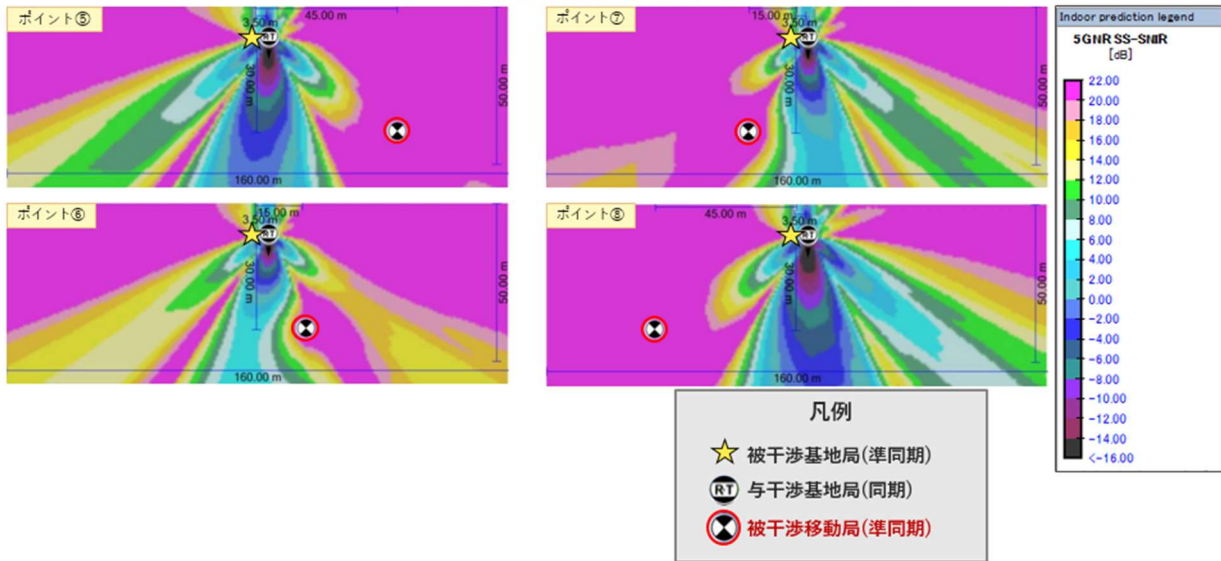


図 3-84 基地局間干渉_基地局間距離 3.5mの場合ポイント⑤～⑧

●基地局間距離6.5mの場合ポイント①～④ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

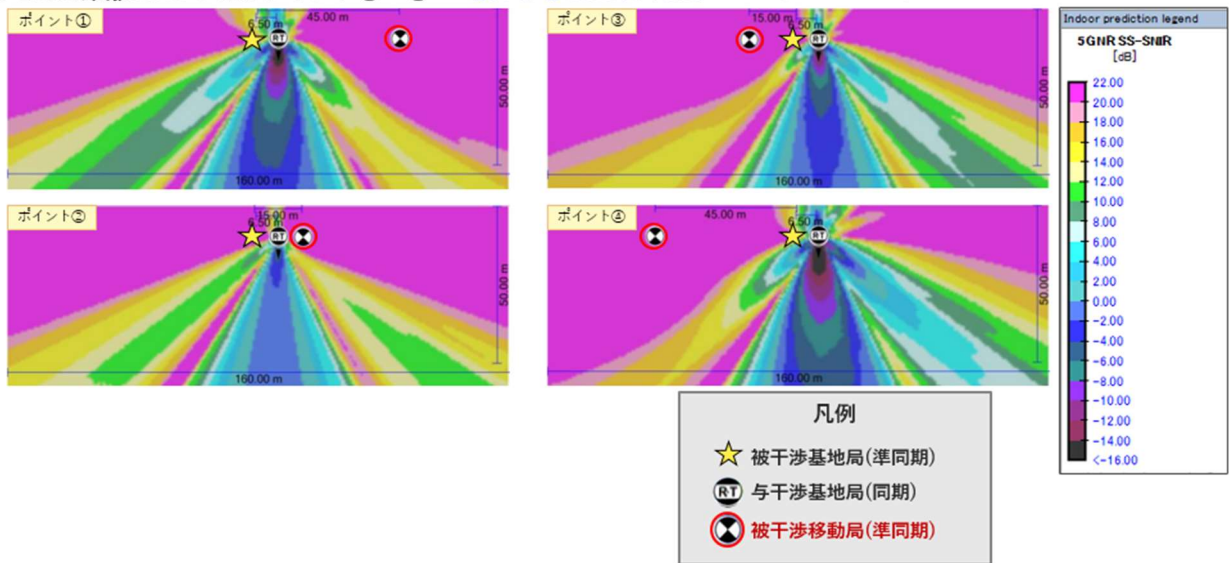


図 3-85 基地局間干渉_基地局間距離 6.5mの場合ポイント①～④

●基地局間距離6.5mの場合ポイント⑤～⑧ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

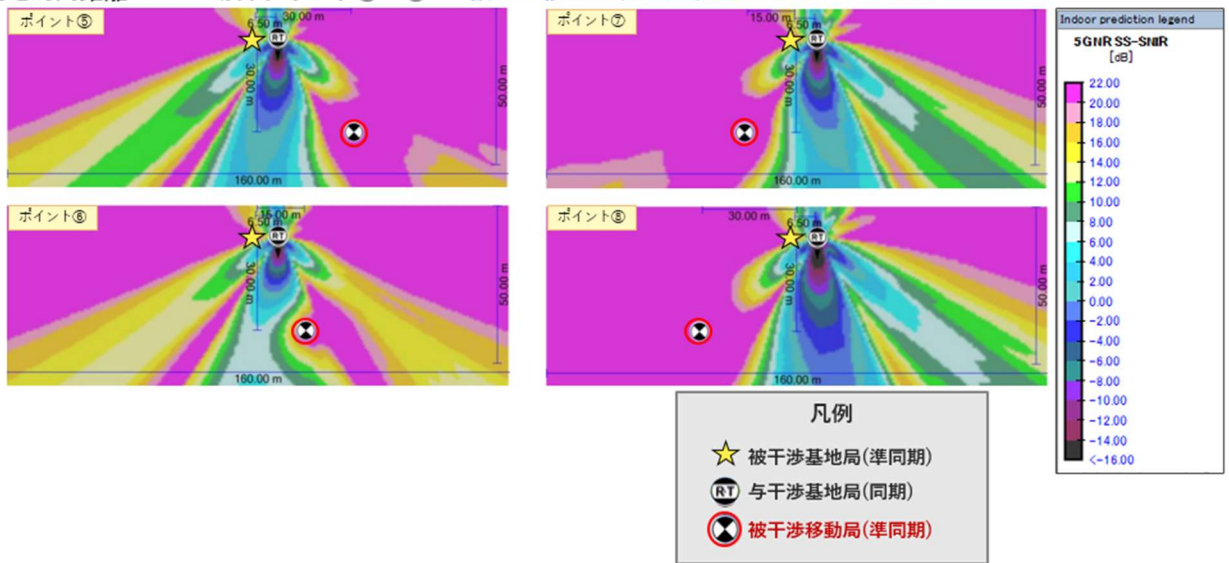


図 3-86 基地局間干渉_基地局間距離 6.5mの場合ポイント⑤～⑧

●基地局間距離11.5mの場合ポイント①～④ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

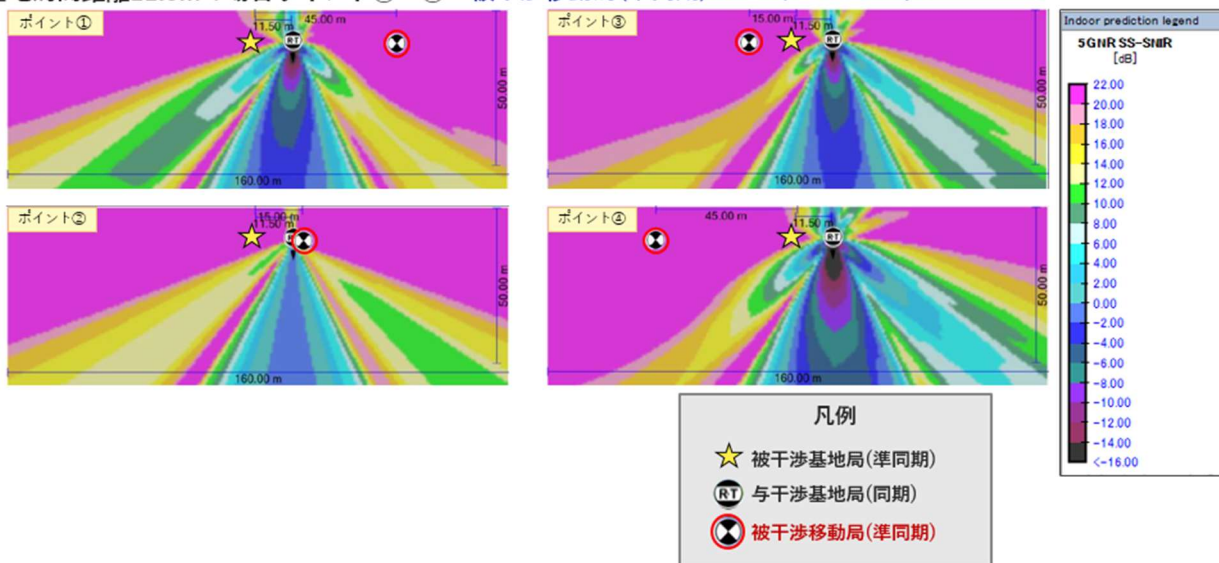


図 3-87 基地局間干渉_基地局間距離 11.5mの場合ポイント①～④

●基地局間距離11.5mの場合ポイント⑤～⑧ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

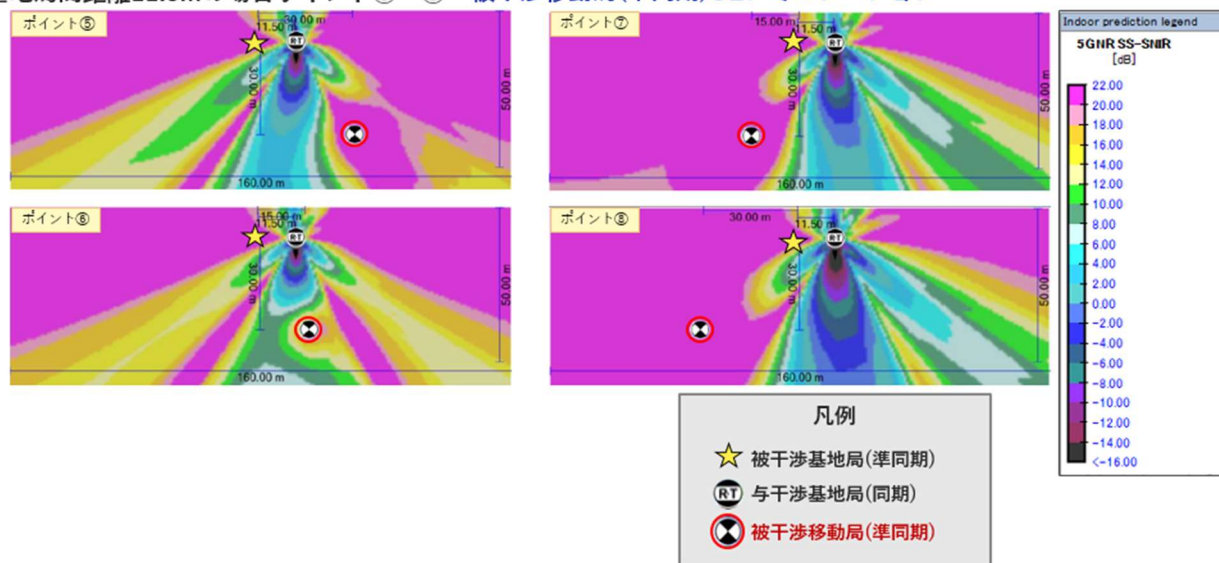


図 3-88 基地局間干渉_基地局間距離 11.5mの場合ポイント⑤～⑧

●基地局間距離16.5mの場合ポイント①～④ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

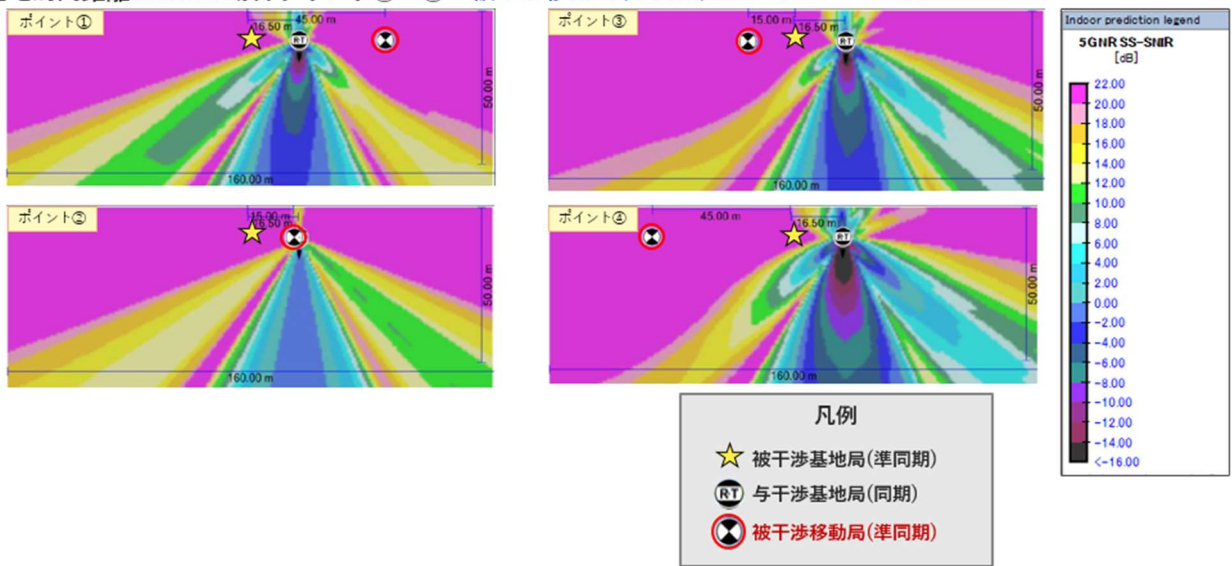


図 3-89 基地局間干渉_基地局間距離 16.5mの場合ポイント①～④

●基地局間距離16.5mの場合ポイント⑤～⑧ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

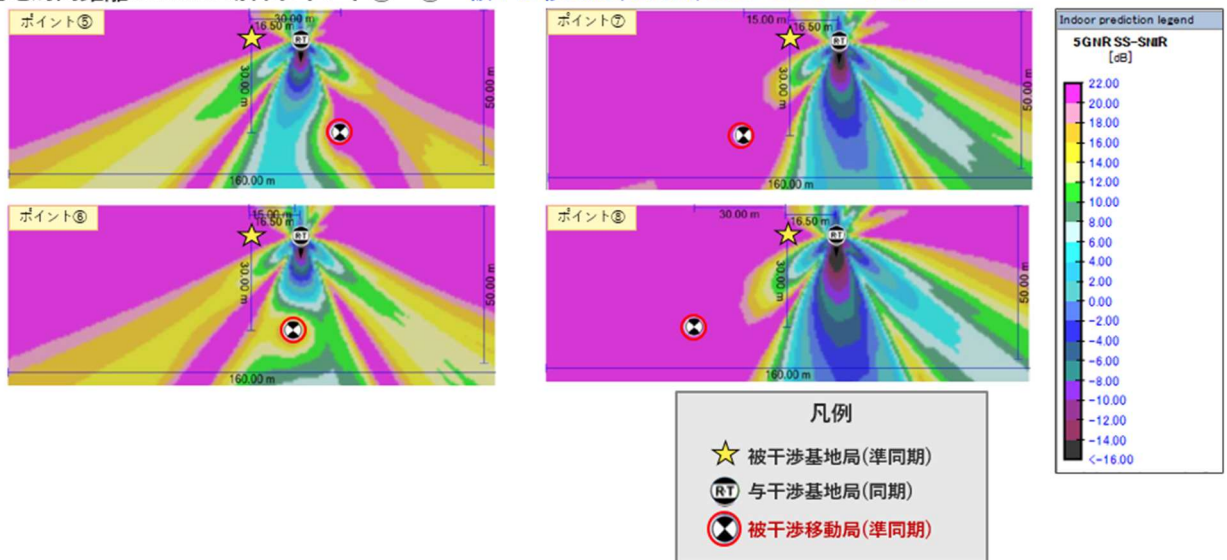


図 3-90 基地局間干渉_基地局間距離 16.5mの場合ポイント⑤～⑧

●基地局間距離21.5mの場合ポイント①～④ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

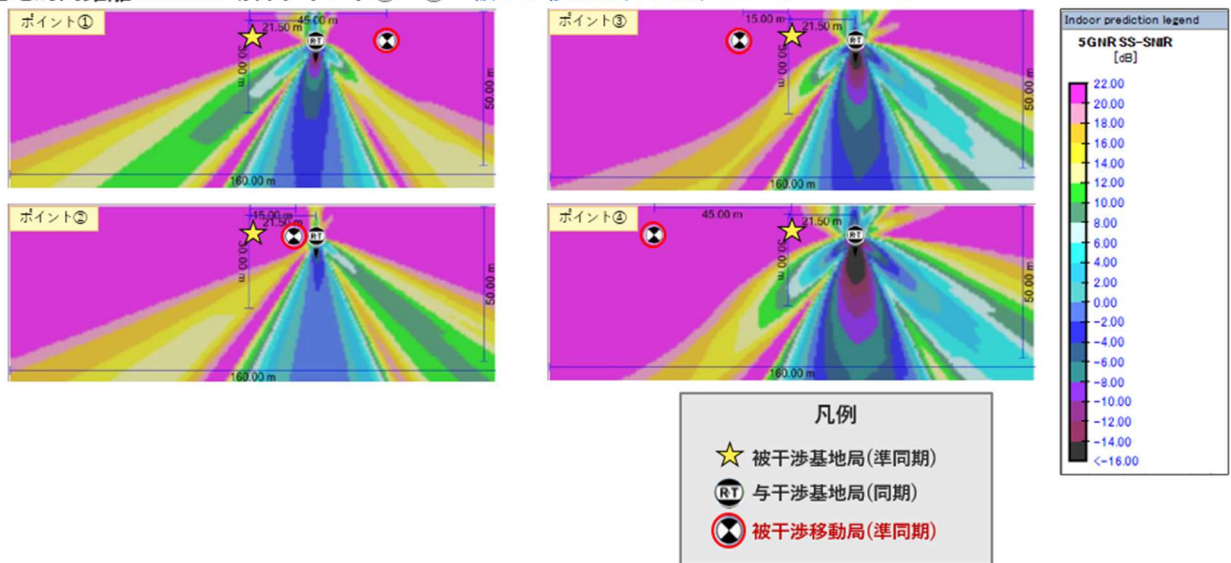


図 3-91 基地局間干渉_基地局間距離 21.5mの場合ポイント①～④

●基地局間距離21.5mの場合ポイント⑤～⑧ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

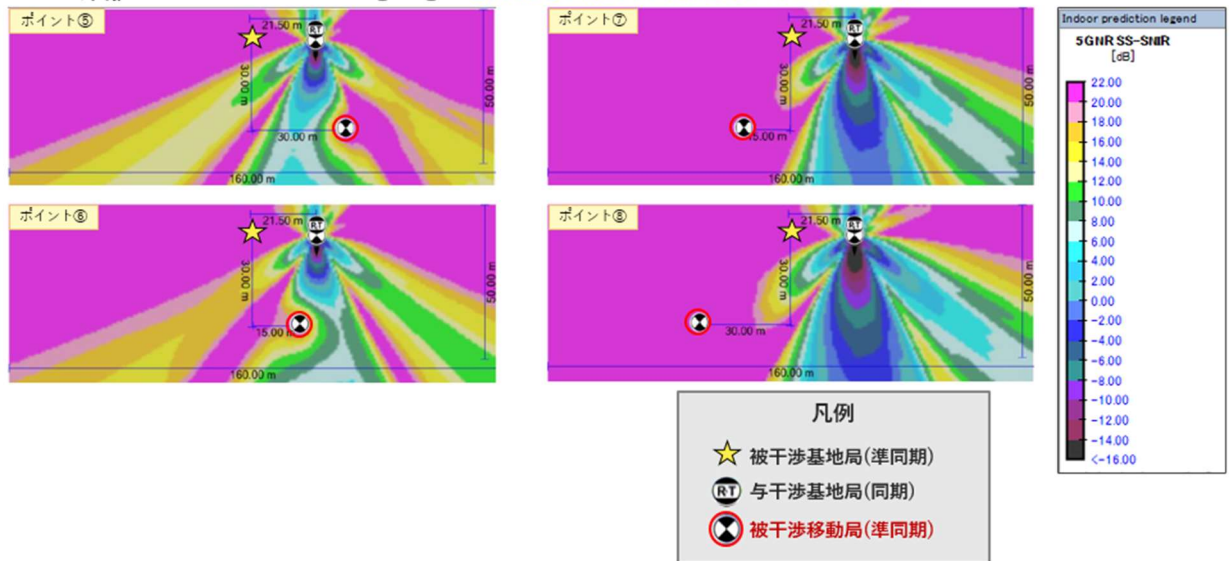


図 3-92 基地局間干渉_基地局間距離 21.5mの場合ポイント⑤～⑧

表 3-54 基地局間干渉理論スループット

	距離		ポイント	UL SINR	UL MCS	UL 理論スループット Mbps
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	①	14	10	133.7
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	②	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	③	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	④	14	10	133.7
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	⑤	14	10	133.7
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	⑥	14	10	133.7
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	⑦	14	10	133.7
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 3.5m	3.5m	ID1	⑧	10	6	83.9
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	①	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	②	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	③	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	④	18	13	165.1
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	⑤	16	12	157.2
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	⑥	16	12	157.2
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	⑦	16	12	157.2
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 6.5m	6.5m	ID2	⑧	16	12	157.2
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	①	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	②	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	③	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	④	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	⑤	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	⑥	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	⑦	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 11.5m	11.5m	ID3	⑧	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	①	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	②	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	③	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	④	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	⑤	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	⑥	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	⑦	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 16.5m	16.5m	ID4	⑧	22	17	230.6

	距離		ポイント	UL SINR	UL MCS	UL 理論スループット Mbps
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	①	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	②	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	③	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	④	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	⑤	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	⑥	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	⑦	22	17	230.6
与干渉局（同）～被干渉局（準）21.5m	21.5m	ID5	⑧	22	17	230.6

シミュレーション結果より基地局間距離が遠ざかるほど干渉影響は少なくなり SINR が改善する結果となった。これは与干渉基地局からの干渉波レベルが距離に応じて下がっているためと考えられる。

また、基地局間距離 11.5m 以上をとることでポイント①～⑧全ての地点において良好な SINR (22dB 以上) を保つことができる結果となった。

●干渉低減手法について

上記(カ)に記載の無線機の出力低減及びアンテナの指向方向を調整し干渉低減を検討しており、その後、干渉軽減検討結果を反映させたシミュレーションを再度実施している。

干渉軽減手法の評価については、実機を用いた環境にて実際に無線出力の変更、アンテナ指向方向の変更を行い、測定を都度実施している。干渉影響がなくなるまで測定を行い、本結果より適切な離隔距離、アンテナ指向方向を導き出すことで、干渉軽減の手法として影響を及ぼすアンテナ角度、離隔距離を求めている。

基地局間干渉においてサイトエンジニアリング適用時の測定ポイントイメージを記載する。

本実証においては、基地局間干渉にて使用した下記 2 パターンの位置関係において、与干渉基地局（同期局）のアンテナ角度を、正面を 0 度として、30 度ステップで左方向にアンテナを回転させ、被干渉基地局への干渉影響度を確認した。

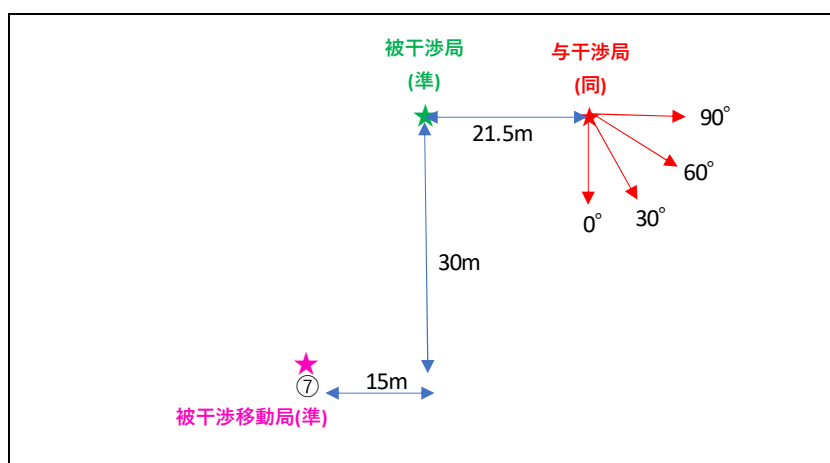
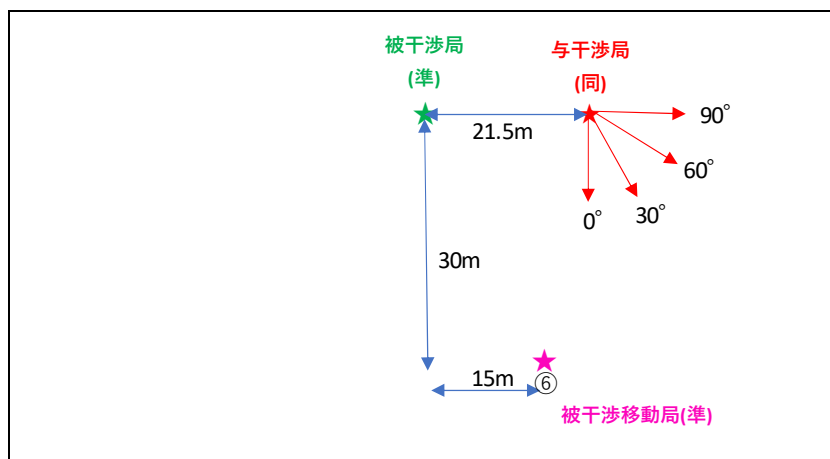


図 3-93 基地局間干渉サイトエンジニアリング測定位置(平面図)

その際のシミュレーション結果を記載する。諸元については表 3-46 と同一である。

●基地局間距離21.5m 30° ポイント⑥,⑦ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

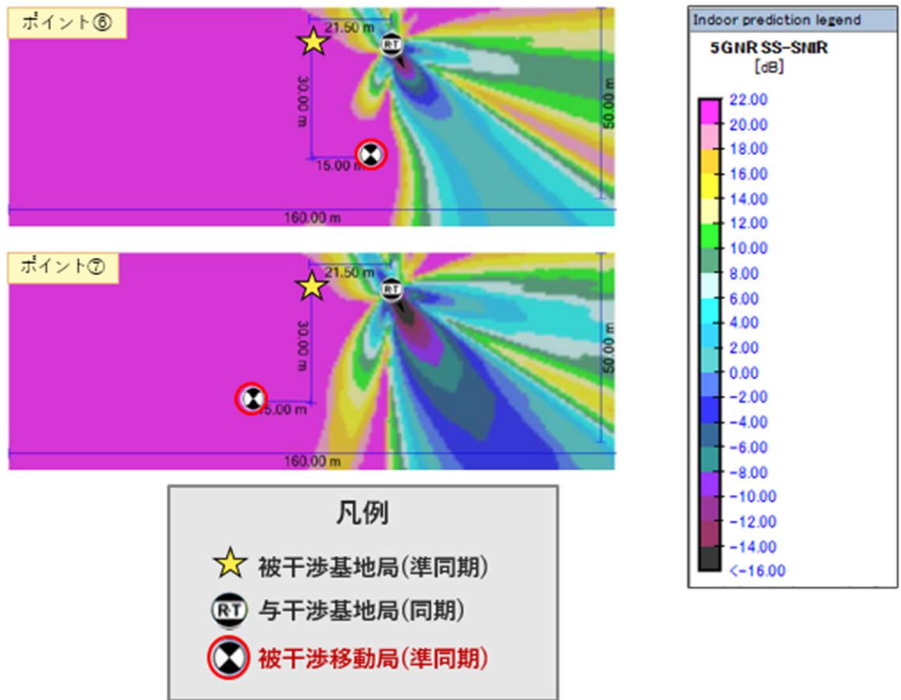


図 3-94 基地局間干渉サイトエンジニアリング_基地局間距離 21.5m 30°ポイント⑥、⑦

●基地局間距離21.5m 60° ポイント⑥,⑦ 被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

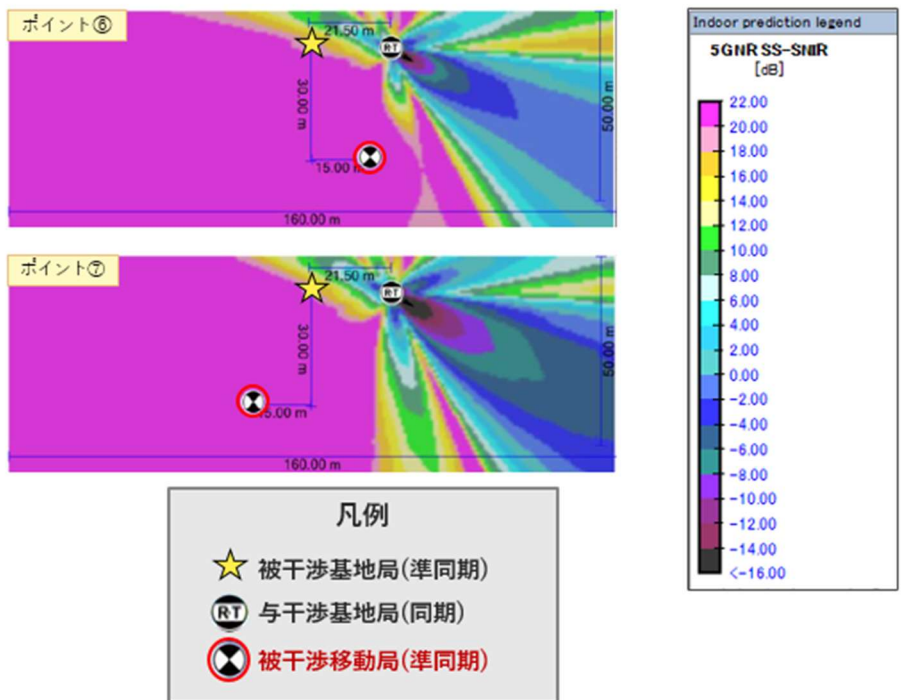


図 3-95 基地局間干渉サイトエンジニアリング_基地局間距離 21.5m 60°ポイント⑥、⑦

● 基地局間距離21.5m 90° ポイント⑥,⑦

被干渉移動局(準同期)ULシミュレーション

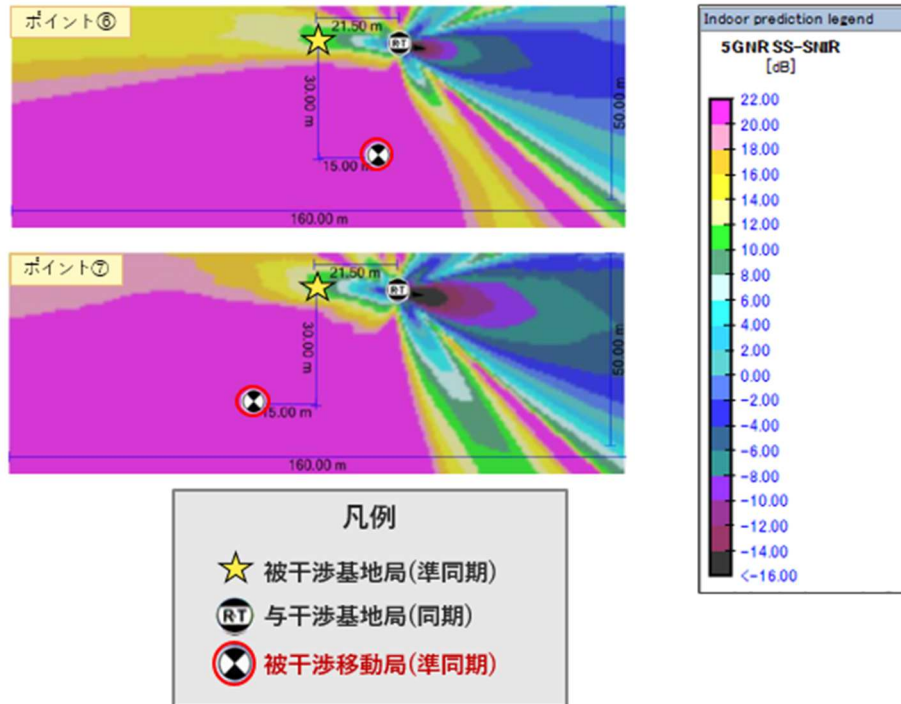


図 3-96 基地局間干渉サイトエンジニアリング_基地局間距離 21.5m 90°ポイント⑥、⑦

表 3-55 基地局間干渉-サイトエンジニアリング 理論スループット

	距離	角度 (水平)	ポイント	UL SINR	UL MCS	UL 理論スループット Mbps
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	30°	⑥	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	30°	⑦	22	17	230.6
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	60°	⑥	18	13	165.1
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	60°	⑦	16	12	157.2
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	90°	⑥	10	6	83.9
与干渉局 (同) ~被干渉局 (準) 21.5m: サイトエンジニアリング	21.5m	90°	⑦	10	6	83.9

シミュレーション結果よりサイトエンジニアリング手法としてアンテナ方位角を調整する手法は有効であると考えられる。

与干渉基地局のアンテナ方位角度を 0° →30° →60° →90° と変化させるにつれて SINR が変化する結果となった。

SINR-ポイント⑥:22dB(0°)→22dB(30°)→18dB(60°)→10dB(90°)

SINR-ポイント⑦: 22dB(0°)→22dB(30°)→16dB(60°)→10dB(90°)

これは与干渉基地局の角度ごとのアンテナパターンによる変化となり、干渉波のレベルが変化しているためであると考えられる。

アンテナパターンによる角度ごとの考察については実機での測定結果の章にて記載する。

b. 移動局間干渉シミュレーション結果

移動局間干渉の測定ポイントイメージを記載する。(再掲)

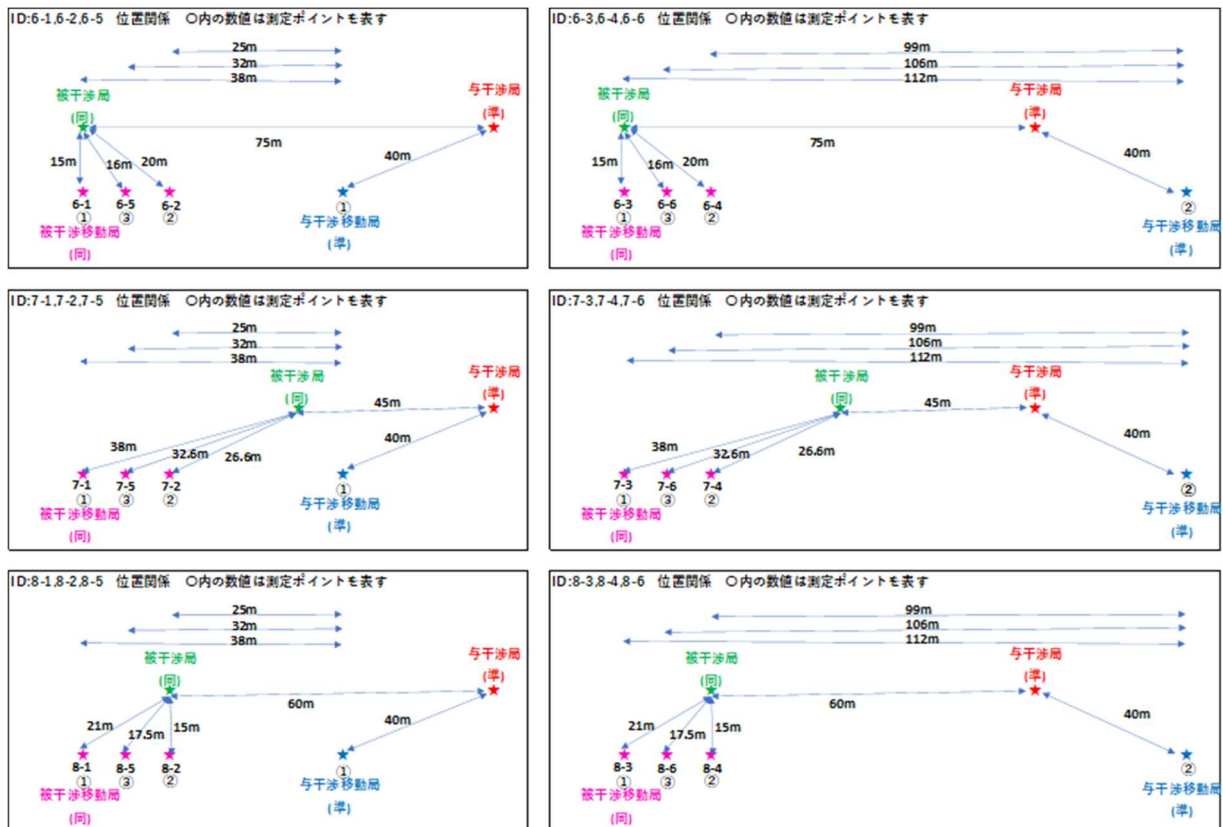


図 3-97 移動局間干渉測定ポイントイメージ(平面):再掲

以下に移動局間干渉についてのシミュレーション結果を示す。与干渉移動局(準同期)ULと被干渉基地局(同期)DLが同時に電波を照射している際の被干渉基地局(同期)DLのSINRの結果となる。

シミュレーション条件は表 3-56 である。

表 3-56 移動局間干渉シミュレーション諸元

種別	与干渉移動局	被干渉基地局
空中線電力	23.0dBm	18.0dBm
給電線損失	0.0dB	1.8dB
アンテナゲイン	2.97dBi	12.00dBi

● 基地局間距離75m 与干渉移動局ポイント①、② 被干渉基地局(同期)DLシミュレーション

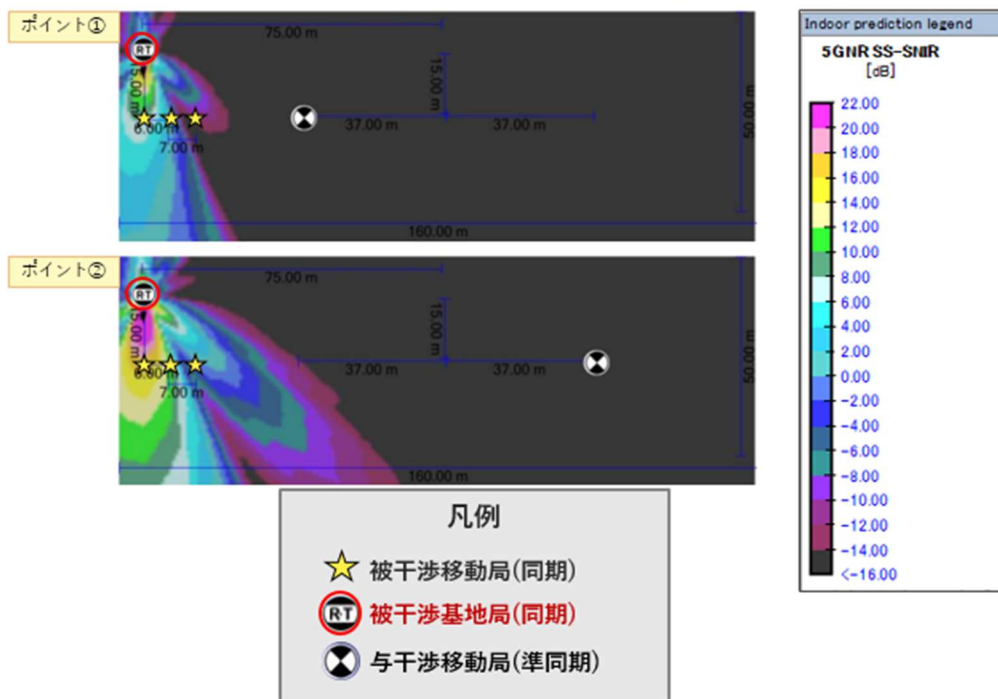


図 3-98 移動局間干渉_基地局間距離 75m 与干渉移動局ポイント①、②

● 基地局間距離60m 与干涉移動局ポイント①,② 被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

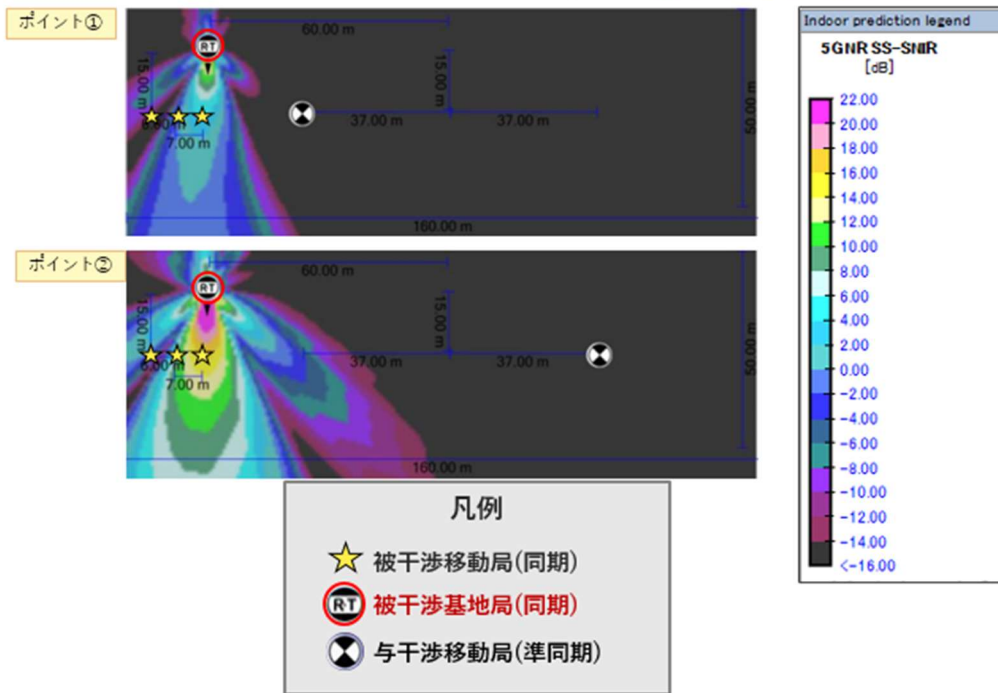


図 3-99 移動局間干渉_基地局間距離 60m 与干涉移動局ポイント①、②

● 基地局間距離45m 与干涉移動局ポイント①,② 被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

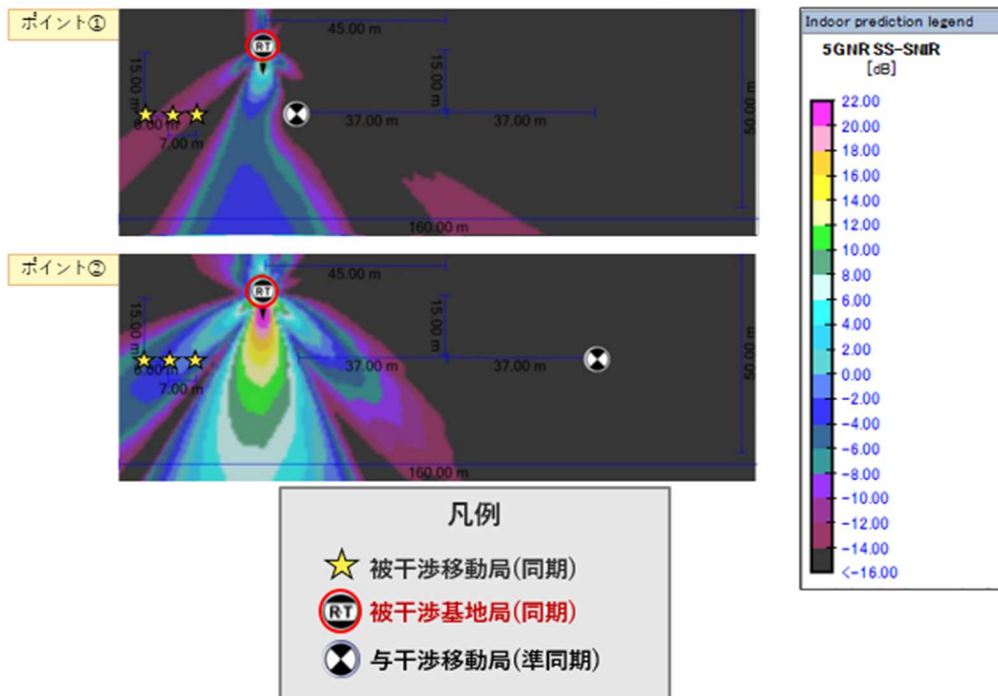


図 3-100 移動局間干渉_基地局間距離 45m 与干涉移動局ポイント①、②

表 3-57 移動局間干渉理論スループット

	距離		ポイント	DL SINR	DL MCS	DL 理論スループット Mbps
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機①	①	-16	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機①	②	-14	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機①	③	-16	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機②	①	-6	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機②	②	-4	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）45m	45m	与干渉子機②	③	-2	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機①	①	-12	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機①	②	2	2	27
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機①	③	-4	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機②	①	-4	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機②	②	14	12	168.5
与干渉局（準）～被干渉局（同）60m	60m	与干渉子機②	③	8	7	88.3
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機①	①	8	7	88.3
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機①	②	-12	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機①	③	4	4	54
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機②	①	16	13	146.7
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機②	②	-4	0	0
与干渉局（準）～被干渉局（同）75m	75m	与干渉子機②	③	10	8	102.9

シミュレーション結果より基地局間距離 75m 地点については被干渉移動局が被干渉基地局の正面位置からずれるポイント②では干渉影響により SINR がマイナス（与干渉子機①:-12dB, 与干渉子機②:-4dB）となった。SINR がマイナスの地点については図 3-79 より通信不可の地点と予測される。被干渉基地局のアンテナ正面であれば SINR はプラスの値となり干渉影響はあるものの通信ができると予測される。

基地局間距離 60m 地点についても被干渉基地局のアンテナ正面についてはプラスの SINR となる。

基地局間距離 45m 地点については被干渉移動局が被干渉基地局から離れた方向となるため基地局からの希望波のレベルも下がり、干渉波が支配的となるため SINR がマイナスとなり、基地局間距離 45m については通信不可と予測される。

移動局間干渉においてサイトエンジニアリング実施内容について記載する。

本実証においては、移動局間干渉にて使用した上記パターンの位置関係において、与干渉移動局（準同期局）の最大送信電力制限値を下げることにより、被干渉基地局への干渉影響度を確認した。（この時、UL/DL のパワーバランスをとるため、基地局の送信電力もあわせて下げる設定としている。）

- ・ 基地局間距離 75m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 38m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- ・ 基地局間距離 75m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 112m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- ・ 基地局間距離 60m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 38m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- ・ 基地局間距離 60m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 112m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- ・ 基地局間距離 45m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 25m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- ・ 基地局間距離 45m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 99m
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm

サイトエンジニアリング適用時のシミュレーション結果を記載する。諸元については表 3-56 と同一である。

● 基地局間距離75m 与干涉移動局ポイント①

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

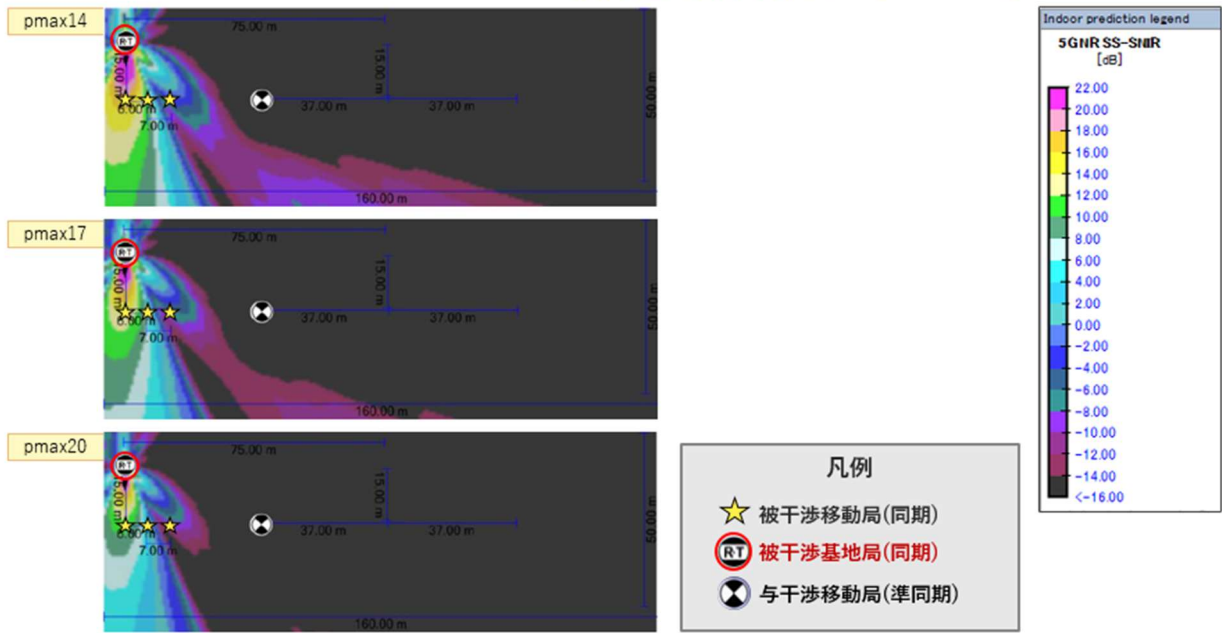


図 3-101 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 75m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、17、20)

● 基地局間距離75m 与干涉移動局ポイント②

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

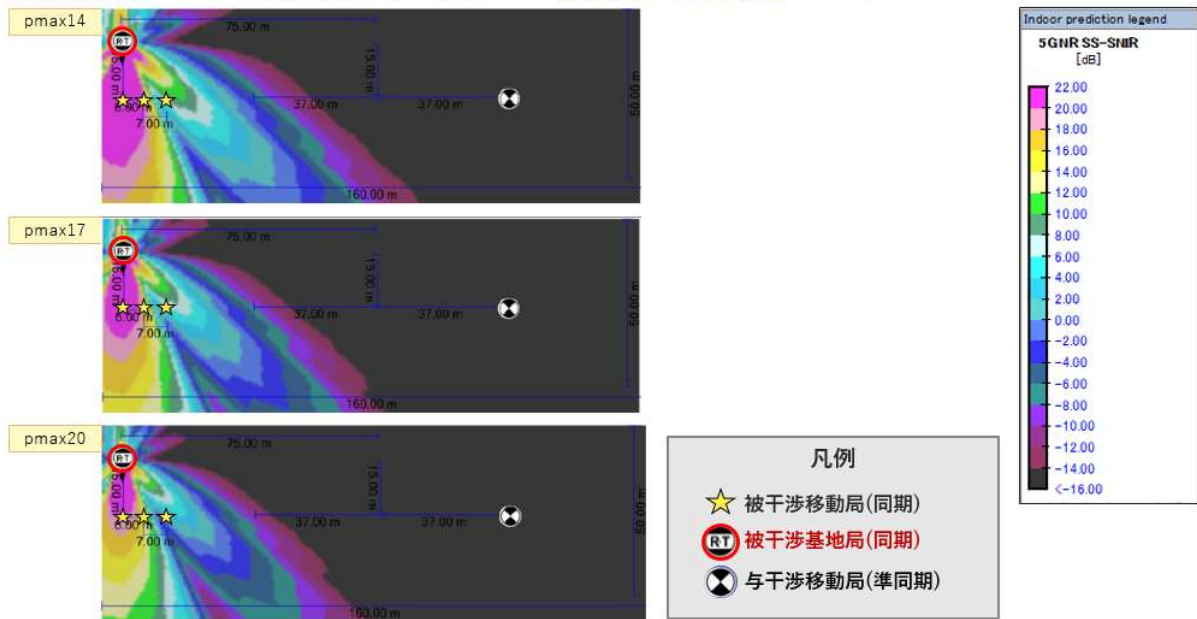


図 3-102 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 75m 与干涉移動局ポイント②(Pmax:14、17、20)

●基地局間距離60m 与干涉移動局ポイント①

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

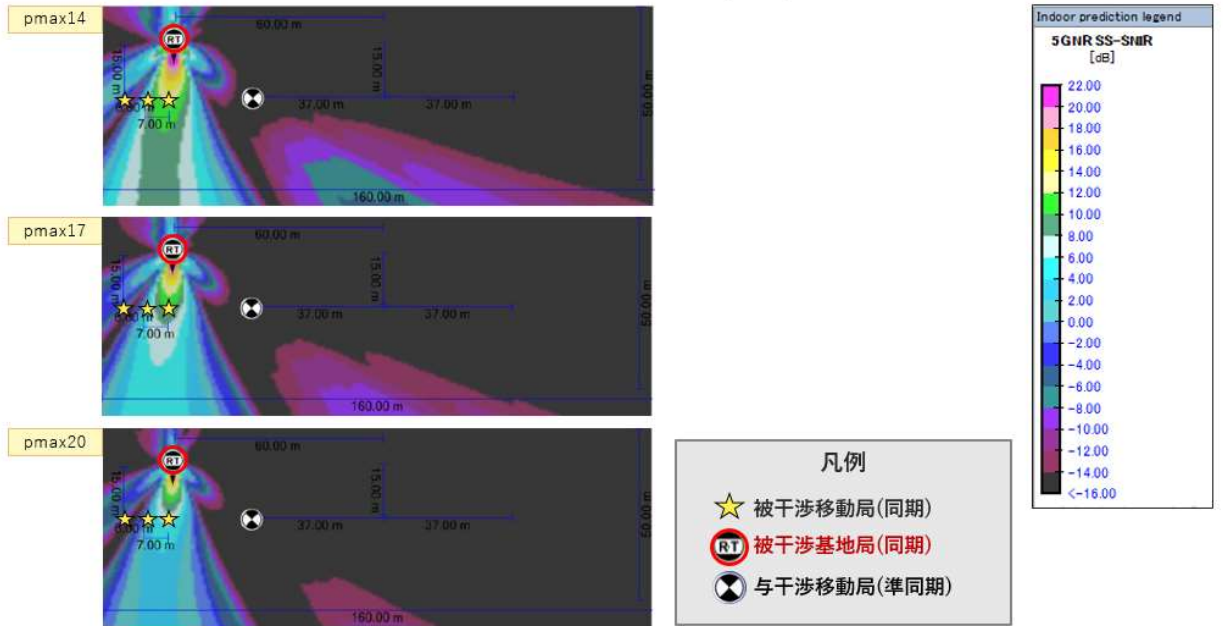


図 3-103 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 60m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、17、20)

●基地局間距離60m 与干涉移動局ポイント②

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

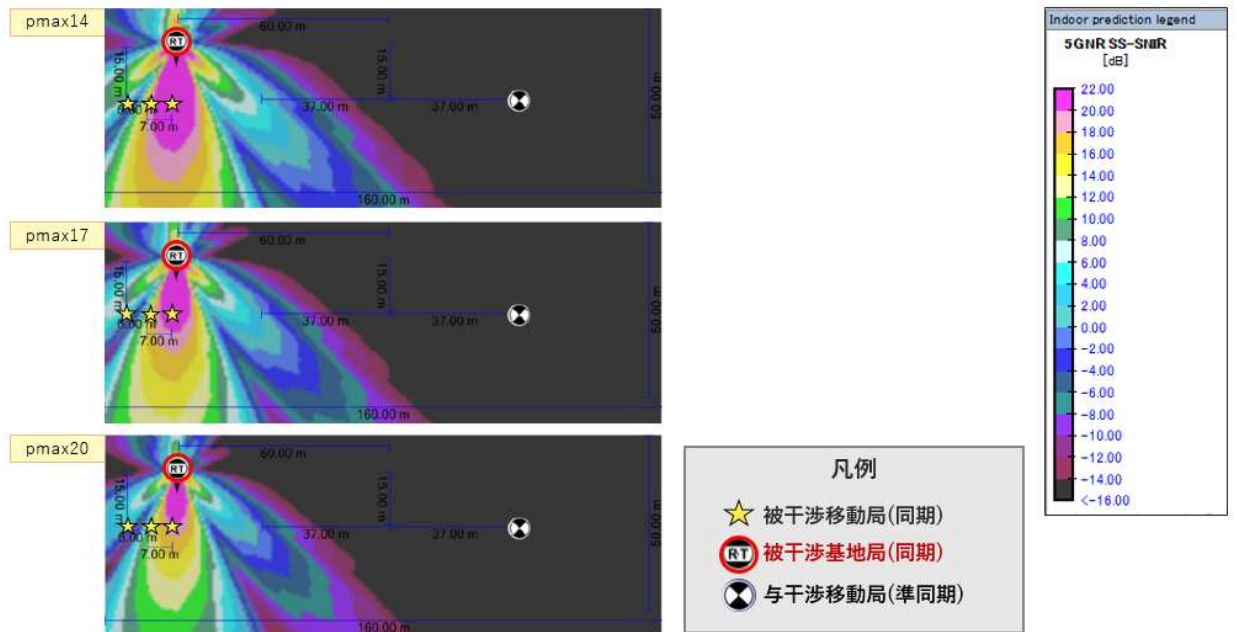


図 3-104 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 60m 与干涉移動局ポイント②(Pmax:14、17、20)

●基地局間距離45m 与干涉移動局ポイント①

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

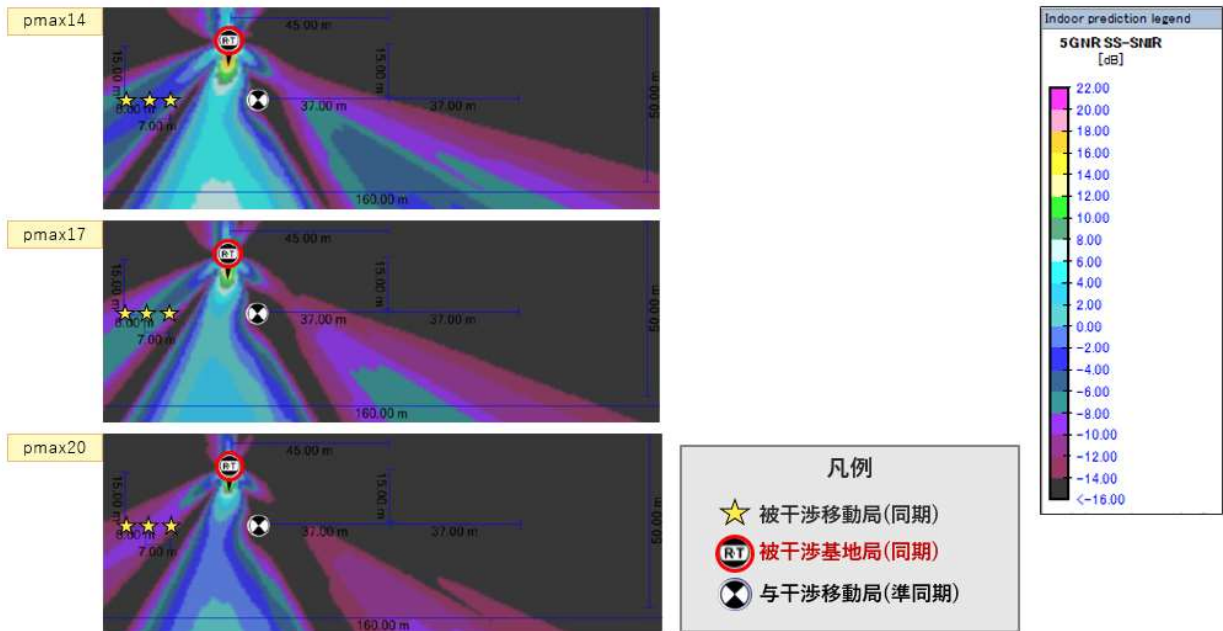


図 3-105 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 45m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、17、20)

移動局間干渉サイトエンジニアリング

●基地局間距離45m 与干涉移動局ポイント②

被干涉基地局(同期)DLシミュレーション

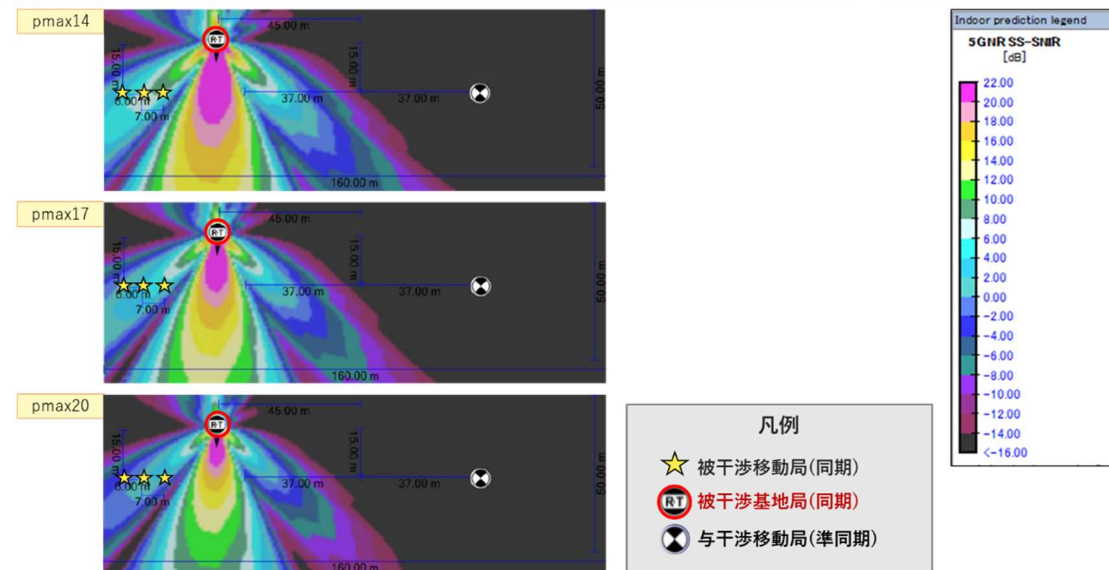


図 3-106 移動局間干渉サイトエンジニアリング 基地局間距離 45m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、17、20)

表 3-58 移動局間干渉-サイトエンジニアリング 理論スループット

	距離			Pmax	ポイント	DL SINR	DL MCS	DL 理論スループット Mbps
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	38m	14	①	18	15	185.5
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	25m	14	②	-4	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	32m	14	③	12	10	124.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	38m	17	①	16	13	153.9
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	25m	17	②	-6	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	32m	17	③	8	9	112.6
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	38m	20	①	12	10	88.3
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	25m	20	②	-8	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機①	32m	20	③	6	5	68.7
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	112m	14	①	22	18	224.2
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	99m	14	②	10	8	102.9
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	106m	14	③	20	16	204.9
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	112m	17	①	22	18	224.2
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	99m	17	②	6	5	68.7
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	106m	17	③	18	15	185.5
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	112m	20	①	22	18	185.5
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	99m	20	②	4	3	39.3
与干渉局(準)~被干渉局(同)75m	75m	与干渉子機②	106m	20	③	16	13	153.9
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	38m	14	①	-2	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	25m	14	②	14	11	132.1
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	32m	14	③	6	5	68.7
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	38m	17	①	-6	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	25m	17	②	12	10	124.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	32m	17	③	6	5	68.7
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	38m	20	①	-8	0	9.8
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	25m	20	②	8	7	88.3
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機①	32m	20	③	4	3	39.3
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	112m	14	①	6	5	68.7
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	99m	14	②	22	18	224.2
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	106m	14	③	18	15	185.5
与干渉局(準)~被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	112m	17	①	4	3	39.3

	距離			Pmax	ポイント	DL SINR	DL MCS	DL 理論ス ループット Mbps
与干渉局(準)～被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	99m	17	②	22	18	224.2
与干渉局(準)～被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	106m	17	③	16	13	153.9
与干渉局(準)～被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	112m	20	①	2	2	27.0
与干渉局(準)～被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	99m	20	②	20	16	204.9
与干渉局(準)～被干渉局(同)60m	60m	与干渉子機②	106m	20	③	12	10	124.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	38m	14	①	-4	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	25m	14	②	-2	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	32m	14	③	-2	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	38m	17	①	-8	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	25m	17	②	-6	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	32m	17	③	-6	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	38m	20	①	-10	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	25m	20	②	-8	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機①	32m	20	③	-8	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	112m	14	①	4	3	39.3
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	99m	14	②	10	8	102.9
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	106m	14	③	8	7	88.3
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	112m	17	①	2	2	27.0
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	99m	17	②	6	5	68.7
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	106m	17	③	4	3	39.3
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	112m	20	①	-2	0	9.8
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	99m	20	②	4	3	39.3
与干渉局(準)～被干渉局(同)45m	45m	与干渉子機②	106m	20	③	2	2	27.0

シミュレーション結果よりサイトエンジニアリング手法として与干渉移動局の最大送信電力制限値を下げる手法は有効であると考えます。最大送信電力を低下させていくことで同一地点における SINR が改善していく結果が得られています。

(例：与干渉局(準)～被干渉局(同)75m 与干渉子機①地点において Pmax14→SINR:18dB、Pmax17→SINR:16dB、Pmax20→SINR:12dB)

与干渉移動局の最大送信電力を低下させることで相手側のシステムに与える干渉量を抑制することが可能となると考えます。

下記は最大送信電力制限値を変化させたことにより与干渉移動局の SINR がどのように変化する

るかをシミュレーションした結果である。

●基地局間距離75m 与干涉移動局ポイント① 与干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

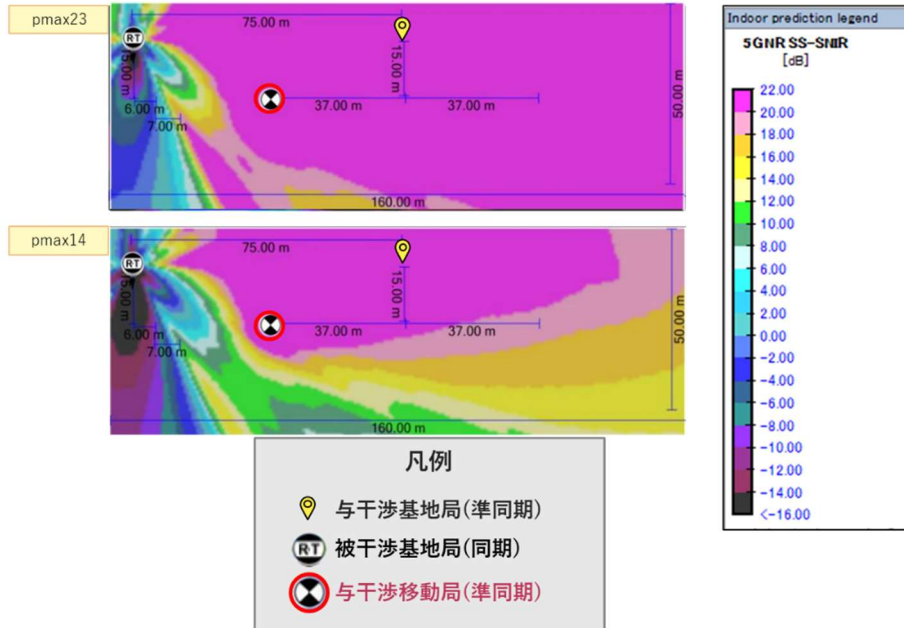


図 3-107 移動局間干渉サイトエンジニアリング与干涉側(準同期)ULシミュレーション_基地局間距離 75m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、23)

●基地局間距離45m 与干涉移動局ポイント① 与干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

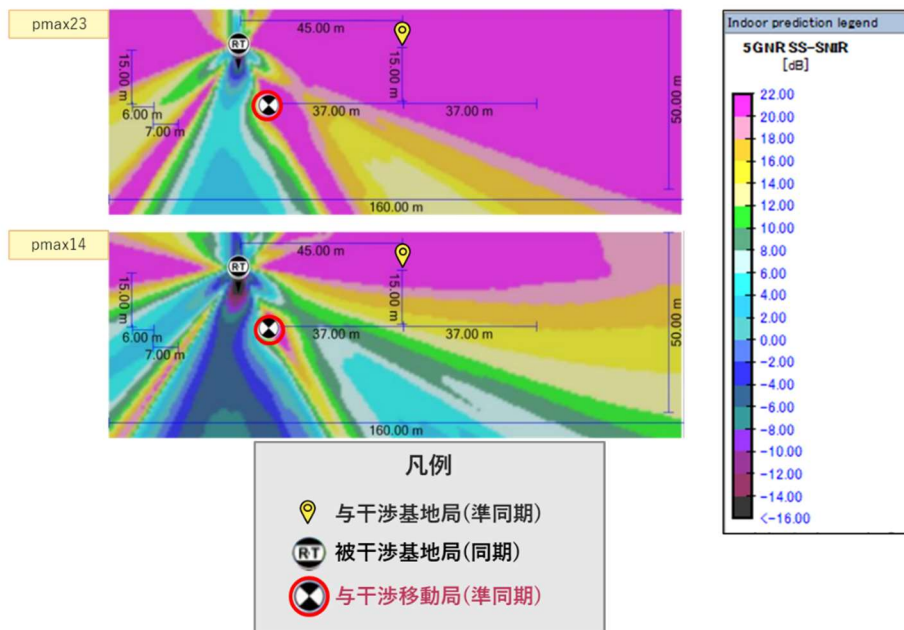


図 3-108 移動局間干渉サイトエンジニアリング与干涉側(準同期)ULシミュレーション_基地局間距離 45m 与干涉移動局ポイント①(Pmax:14、23)

基地局間距離 75m/45m どちらの場合においても、与干涉移動局出力 23dBm に対して、14dBm の場合が電波の良好なエリアが狭くなっている（同期局からの干渉を受けている）ことがわかる。

c. 移動局-基地局間干渉シミュレーション結果

移動局-基地局間干渉の測定ポイントイメージを記載する。(再掲)

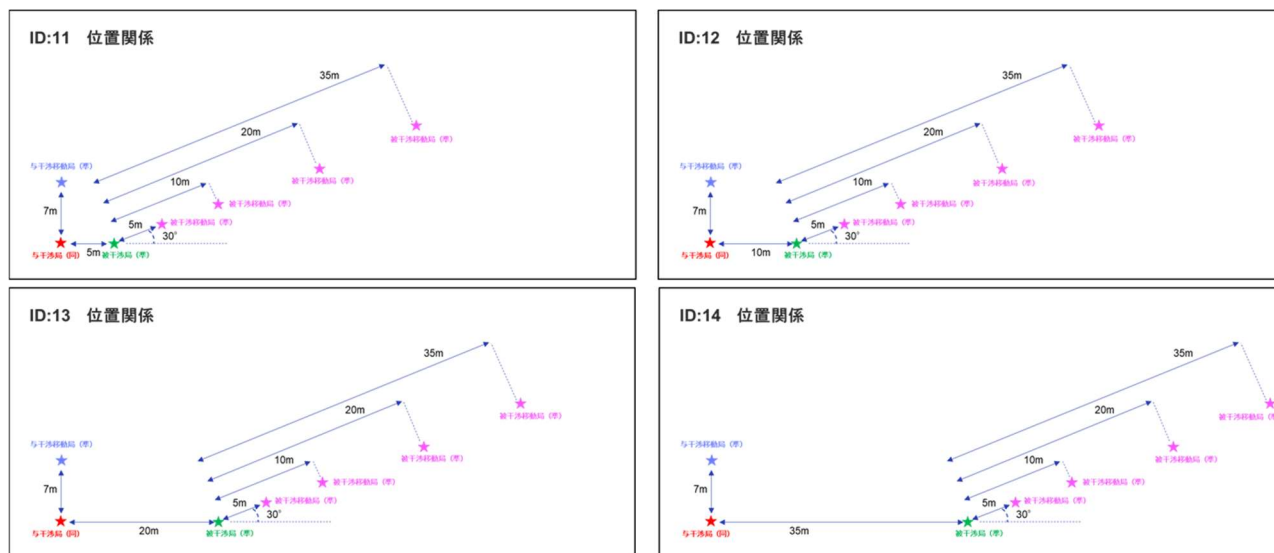


図 3-109 移動局-基地局間干渉測定ポイントイメージ(平面)

以下に移動局-基地局間干渉についてのシミュレーション結果を示す。与干渉移動局（同期）ULと被干渉移動局（準同期）ULが同時に電波を照射している際の被干渉移動局（準同期）ULのSINRの結果となる。

シミュレーション条件は表 3-59 である。

表 3-59 シミュレーション諸元

種別	与干渉移動局	被干渉移動局
空中線電力	23.0dBm	23.0dBm
給電線損失	0.0dB	0.0dB
アンテナゲイン	2.97dBi	2.97dBi

● 基地局間距離5m 与干涉移動局~被干涉移動局 5,10,20,35m 被干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

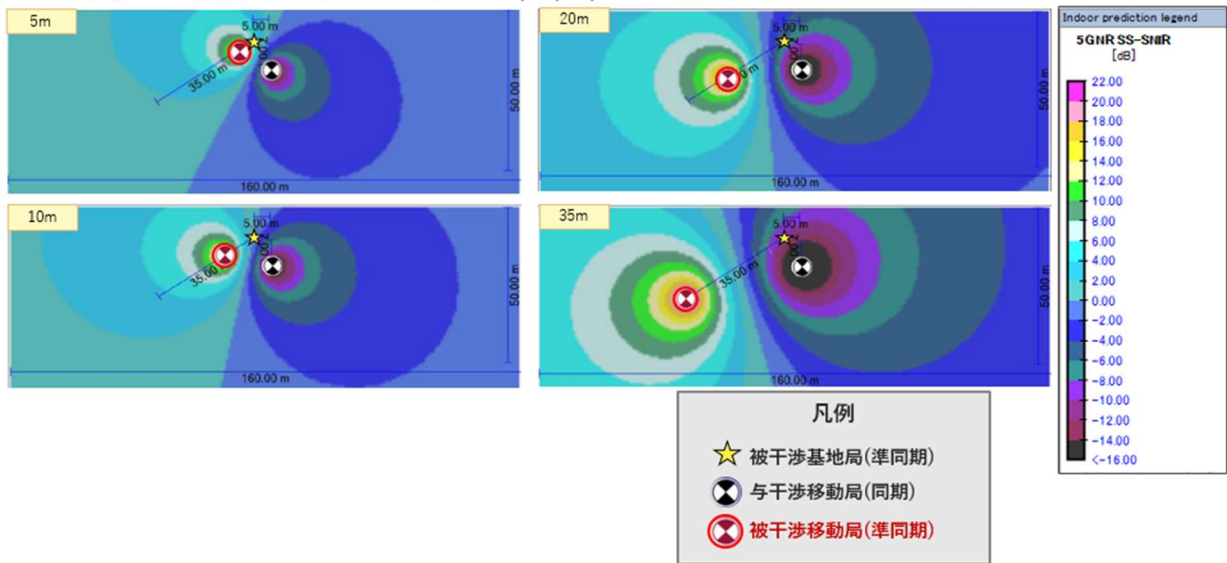


図 3-110 移動局-基地局間干渉_基地局間距離 5m 与干涉移動局~被干涉移動局 5、10、20、35m

● 基地局間距離10m 与干涉移動局~被干涉移動局 5,10,20,35m 被干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

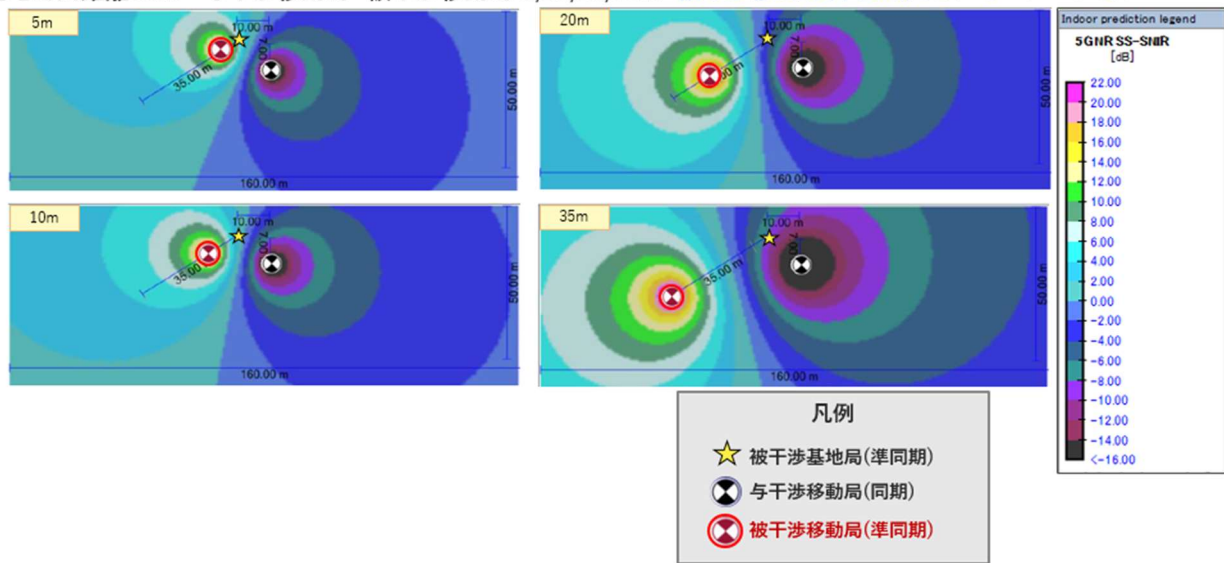


図 3-111 移動局-基地局間干渉_基地局間距離 10m 与干涉移動局~被干涉移動局 5、10、20、35m

● 基地局間距離20m 与干涉移動局~被干涉移動局 5,10,20,35m 被干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

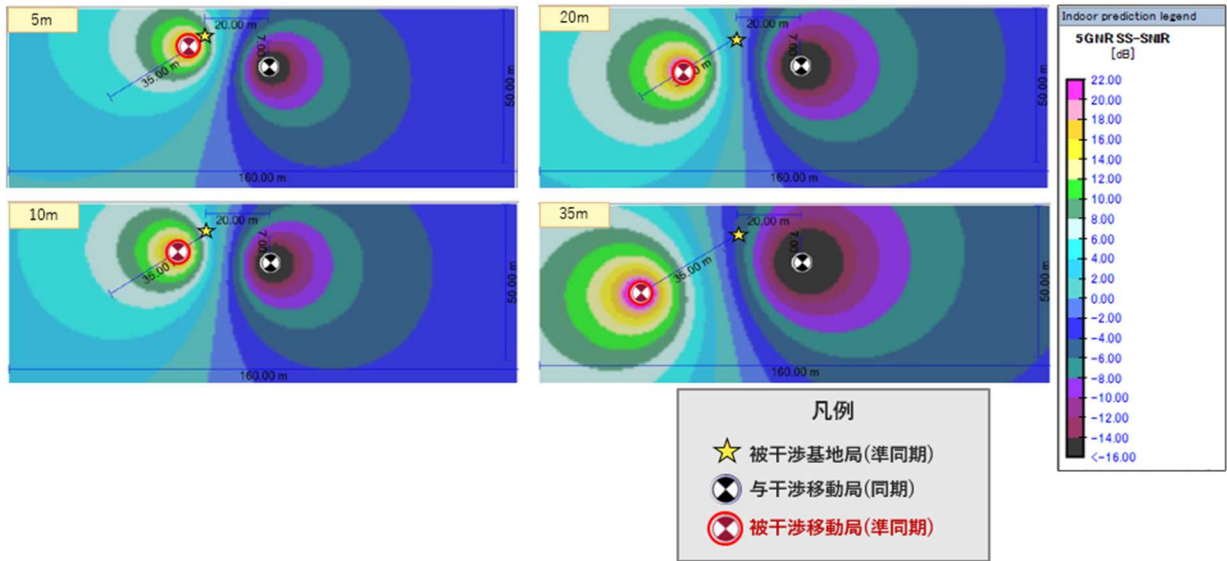


図 3-112 移動局-基地局間干渉_基地局間距離 20m 与干涉移動局~被干涉移動局 5、10、20、35m

● 基地局間距離35m 与干涉移動局~被干涉移動局 5,10,20,35m 被干涉移動局(準同期)ULシミュレーション

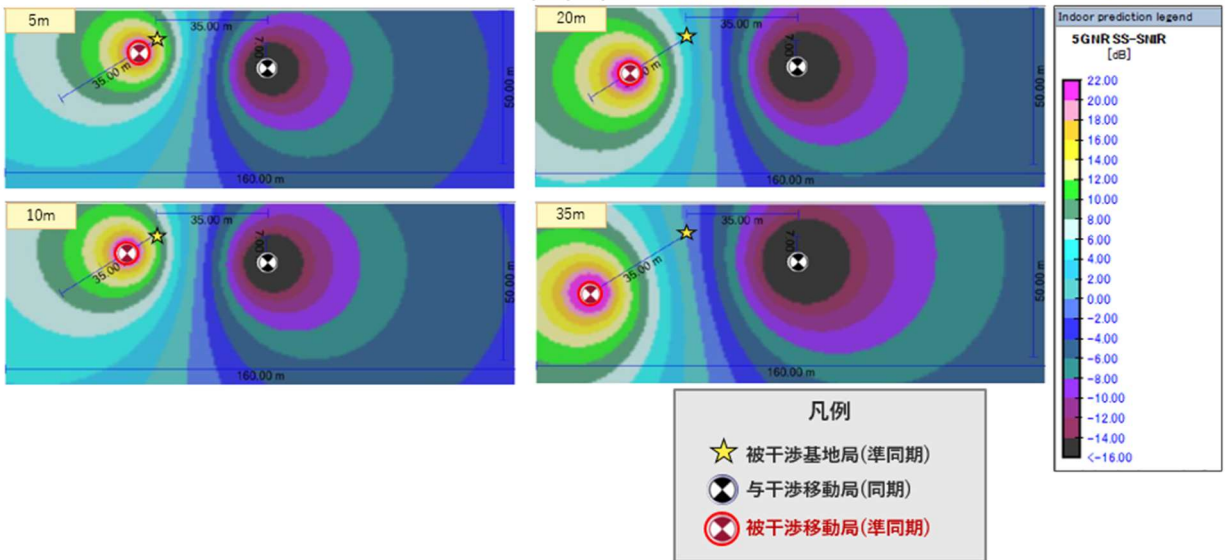


図 3-113 移動局-基地局間干渉_基地局間距離 35m 与干涉移動局~被干涉移動局 5、10、20、35m

表 3-60 移動局-基地局間干渉 理論スループット

		距離	UL SINR	UL MCS	UL 理論スループット Mbps
与干渉局（同）～被干渉局（準）5m	被干渉移動局（準）	5m	6	3	41.9
与干渉局（同）～被干渉局（準）5m	被干渉移動局（準）	10m	0	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）5m	被干渉移動局（準）	20m	-8	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）5m	被干渉移動局（準）	35m	-12	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）10m	被干渉移動局（準）	5m	6	3	41.9
与干渉局（同）～被干渉局（準）10m	被干渉移動局（準）	10m	0	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）10m	被干渉移動局（準）	20m	-8	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）10m	被干渉移動局（準）	35m	-10	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）20m	被干渉移動局（準）	5m	10	6	83.9
与干渉局（同）～被干渉局（準）20m	被干渉移動局（準）	10m	2	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）20m	被干渉移動局（準）	20m	0	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）20m	被干渉移動局（準）	35m	-6	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）35m	被干渉移動局（準）	5m	12	8	110.1
与干渉局（同）～被干渉局（準）35m	被干渉移動局（準）	10m	10	6	83.9
与干渉局（同）～被干渉局（準）35m	被干渉移動局（準）	20m	2	-1	0
与干渉局（同）～被干渉局（準）35m	被干渉移動局（準）	35m	-2	-1	0

シミュレーション結果より基地局間距離を離す、つまり与干渉移動局からの距離が離れるほどULのSINRは改善していることがわかる。

ただし被干渉基地局と被干渉移動局の距離を離すと希望波のレベルが低下してしまうためSINRが低下している結果となっている。

(5) 実証結果及び考察

1) 基地局間干渉測定結果

a. 測定結果

干渉影響そのものの測定は行えないため、被干渉局に対して、干渉を与える前後で測定を行い、差分を確認することで、干渉影響を検証する。

測定結果をグラフにて描画している。グラフ内の破線は近似曲線を表す。

測定結果に MCS 値を記載しているが、取得した MCS 値は、基地局上で取得したデータとなり、2 秒間の平均値となっている。そのため小数を含んだ値となっている。

実機評価時の空中線電力設定値について示す。

表 3-61 実機評価時の空中線電力設定値(基地局間干渉)

種別	与干渉基地局	与干渉移動局	被干渉基地局	被干渉移動局
空中線電力	18.0dBm	23.0dBm	33.0dBm	23.0dBm

与干渉基地局から放射した被干渉基地局地点での干渉波の測定結果を下記に示す。

表 3-62 与干渉基地局 干渉波測定結果

被干渉基地局との距離 [m]	ANT マイナス 45 度				ANT プラス 45 度			
	実測値		計算値		実測値		計算値	
	RSSI [dBm]	RSRP [dBm]	RSSI [dBm]	RSRP [dBm]	RSSI [dBm]	RSRP [dBm]	RSSI [dBm]	RSRP [dBm]
3.5	-71.57	-96.49	-65.03	-100.14	-76.68	-100.09	-65.03	-100.14
6.5	-80.86	-103.99	-70.41	-105.51	-83.19	-107.04	-70.41	-105.51
11.5	-80.98	-105.51	-75.37	-110.47	-87.14	-111.61	-75.37	-110.47
16.5	-84.75	-108.29	-78.50	-113.61	-88.20	-111.97	-78.50	-113.61
21.5	-85.17	-109.88	-80.80	-115.91	-90.73	-114.19	-80.80	-115.91

今回使用した基地局側の指向性アンテナは、マイナス 45 度、プラス 45 度の 2 つの偏波面を持ったアンテナとなる。基地局内で、この両偏波面で受信した電波が合成される。

以下に与干渉波の電波をスペクトラムアナライザにて測定した結果を示す。100MHz 帯域幅にて

電波が出ていることを確認している。

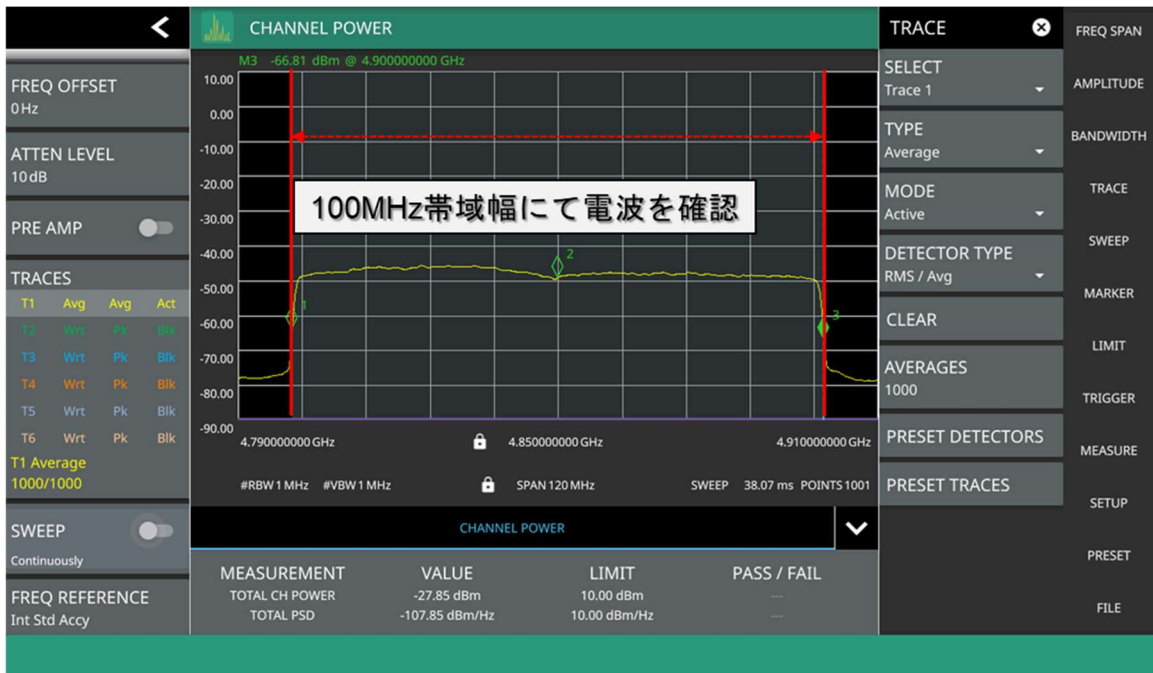


図 3-114 スペクトラムアナライザでの確認結果

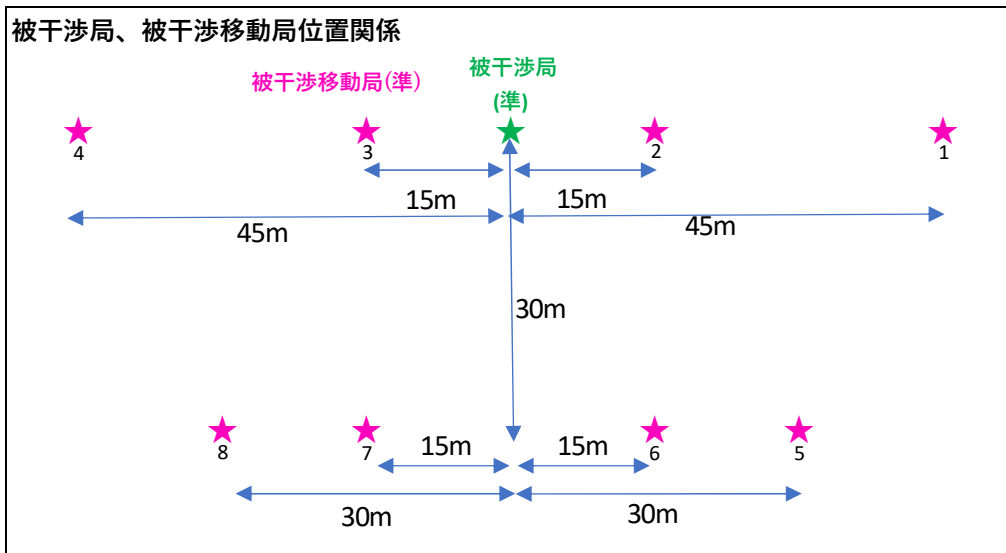


図 3-115 被干渉基地局と被干渉移動局の位置関係

表 3-63 事前干渉なし(DAS 単体)測定結果

被干渉基地局と被干渉移動局の位置関係	準同期 DL RSRP [dBm]	準同期 DL SINR [dB]	準同期 UL RSSI [dBm]	準同期 UL SINR [dB]	準同期移動局 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期移動局 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期移動局 伝送遅延* 実測値 [msec]
	平均値	平均値	平均値	基地局表示値	平均値	平均値	平均値
ポイント①	-86.12	14.70	-61.06	11.90	99.77	116.67	26.93
ポイント②	-75.82	14.26	-55.40	15.13	143.67	108.33	38.27
ポイント③	-73.14	17.42	-49.41	19.77	199.33	158.33	36.50
ポイント④	-84.38	13.93	-57.76	13.60	103.80	158.00	33.83
ポイント⑤	-93.40	10.10	-67.27	4.73	26.17	84.27	30.20
ポイント⑥	-66.56	20.58	-42.80	19.97	193.00	245.00	31.03
ポイント⑦	-74.07	19.17	-49.92	20.10	207.67	115.33	37.97
ポイント⑧	-89.93	8.87	-63.87	9.67	46.83	84.33	38.20

※位置関係については、図 3-115 を参照

表 3-64 基地局間干渉試験 測定結果

測定点 ID	被干渉基地局と干渉基地局との距離 (m)	準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]	準同期 UL RSSI [dBm]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期移動局 伝送遅延* 実測値 [msec]
		平均値	平均値	平均値	基地局表示値	平均値	平均値	平均値
1-1	3.5	-86.42	12.58	-62.83	12.77	61.00	71.73	35.37
1-2	3.5	-74.50	12.18	-53.25	16.03	36.10	92.50	31.70
1-3	3.5	-72.83	15.95	-50.65	19.17	68.90	90.30	32.73
1-4	3.5	-85.29	13.04	-58.89	13.73	43.20	122.67	35.97
1-5	3.5	-94.53	-1.55	測定不可	4.73	測定不可	測定不可	測定不可
1-6	3.5	-65.89	19.70	-42.11	18.90	69.40	190.33	34.10
1-7	3.5	-69.74	19.17	-46.54	15.47	32.77	121.67	39.13
1-8	3.5	-88.88	10.01	-63.18	5.70	23.70	61.53	39.20
2-1	6.5	-85.26	14.77	-60.73	11.93	62.23	94.77	29.60
2-2	6.5	-75.94	10.27	-54.43	15.67	30.00	102.33	44.10
2-3	6.5	-72.64	17.99	-51.13	18.07	92.17	28.97	34.17
2-4	6.5	-84.67	12.65	-57.58	13.20	57.70	107.33	31.97
2-5	6.5	-94.22	-3.44	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
2-6	6.5	-66.81	18.18	-42.37	19.00	77.90	187.00	35.23

測定点 ID	被干渉基地局と干渉基地局との距離 (m)	準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]	準同期 UL RSSI [dBm]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期移動局 伝送遅延* 実測値 [msec]
		平均値	平均値	平均値	基地局表示値	平均値	平均値	平均値
2-7	6.5	-71.13	17.91	-46.51	14.39	60.58	128.00	37.20
2-8	6.5	-90.42	9.37	-64.11	5.43	24.47	53.73	42.03
3-1	11.5	-86.18	12.49	-60.74	11.10	65.60	80.77	30.27
3-2	11.5	-76.12	1.86	-54.82	15.90	48.53	63.03	45.50
3-3	11.5	-73.91	18.14	-48.46	19.77	112.00	31.50	31.33
3-4	11.5	-84.82	12.59	-58.13	14.03	76.53	101.00	32.67
3-5	11.5	-93.08	-3.25	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
3-6	11.5	-66.33	20.22	-42.83	18.27	80.30	159.00	33.77
3-7	11.5	-71.73	18.30	-47.51	19.63	84.27	123.33	33.27
3-8	11.5	-91.21	8.00	-66.42	5.90	27.87	53.77	42.87
4-1	16.5	-87.20	11.40	-61.74	12.40	70.10	90.80	33.87
4-2	16.5	-75.81	-0.52	-55.36	15.47	49.40	70.30	39.80
4-3	16.5	-74.12	17.61	-49.59	19.73	105.37	28.50	36.50
4-4	16.5	-84.45	14.06	-58.04	13.77	81.07	78.37	36.53
4-5	16.5	-92.84	-4.78	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
4-6	16.5	-67.08	19.40	-43.09	18.30	95.73	185.33	33.00
4-7	16.5	-72.11	18.40	-46.31	21.13	96.10	144.00	39.60
4-8	16.5	-87.96	6.51	-62.26	6.67	30.63	37.53	39.57
5-1	21.5	-89.43	4.75	-63.23	12.40	57.97	66.90	36.53
5-2	21.5	-75.68	9.06	-54.30	15.37	87.83	94.40	37.87
5-3	21.5	-73.66	16.36	-50.52	19.70	140.33	31.93	31.87
5-4	21.5	-84.49	13.72	-58.23	11.95	93.08	94.63	33.20
5-5	21.5	-94.13	0.76	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
5-6	21.5	-66.43	19.45	-43.45	18.03	106.00	185.67	32.60
5-7	21.5	-71.58	19.25	-47.70	20.20	151.33	120.67	37.27
5-8	21.5	-88.94	5.58	-63.52	9.13	33.67	42.20	36.77

表 3-65 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点①)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離[m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-1	3.5	61.00	12.77	71.73	12.58	35.37	
2-1	6.5	62.23	11.93	94.77	14.77	29.60	
3-1	11.5	65.60	11.10	80.77	12.49	30.27	
4-1	16.5	70.10	12.40	90.80	11.40	33.87	
5-1	21.5	57.97	12.40	66.90	4.75	36.53	

表 3-66 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果 (測定点①)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-1	3.5	12.77	4.63	61.00	14	10	133.7
2-1	6.5	11.93	4.77	62.23	22	17	230.6
3-1	11.5	11.10	5.37	65.60	22	17	230.6
4-1	16.5	12.40	5.23	70.10	22	17	230.6
5-1	21.5	12.40	4.00	57.97	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

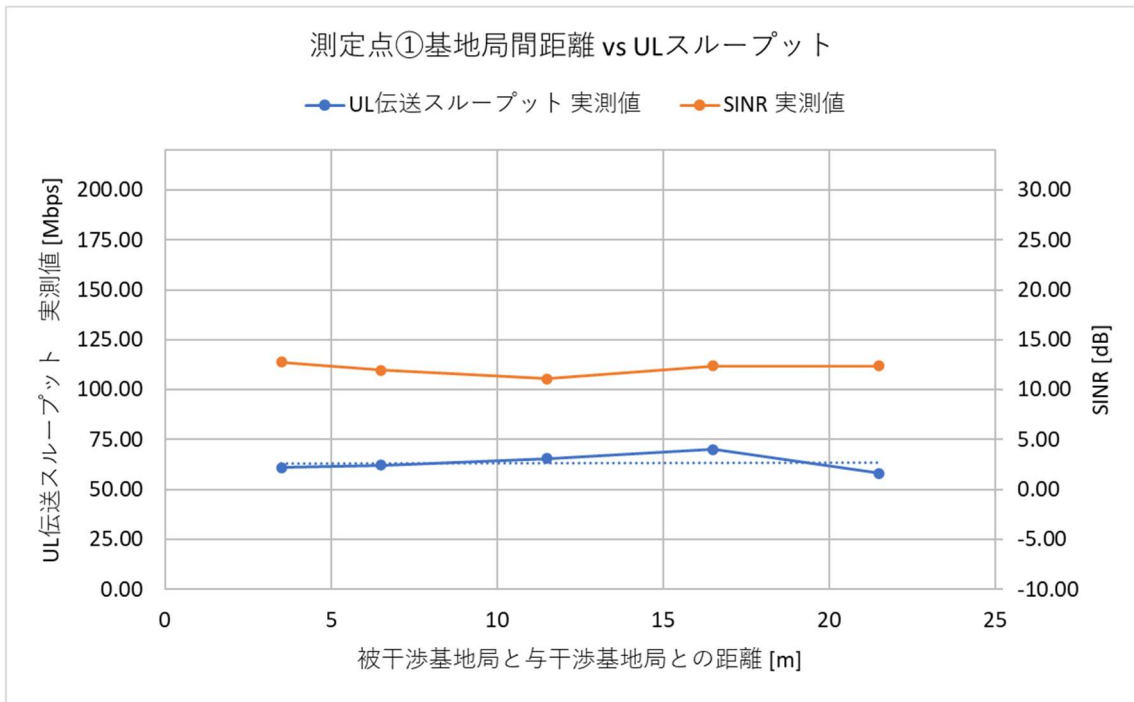


図 3-116 測定点①における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

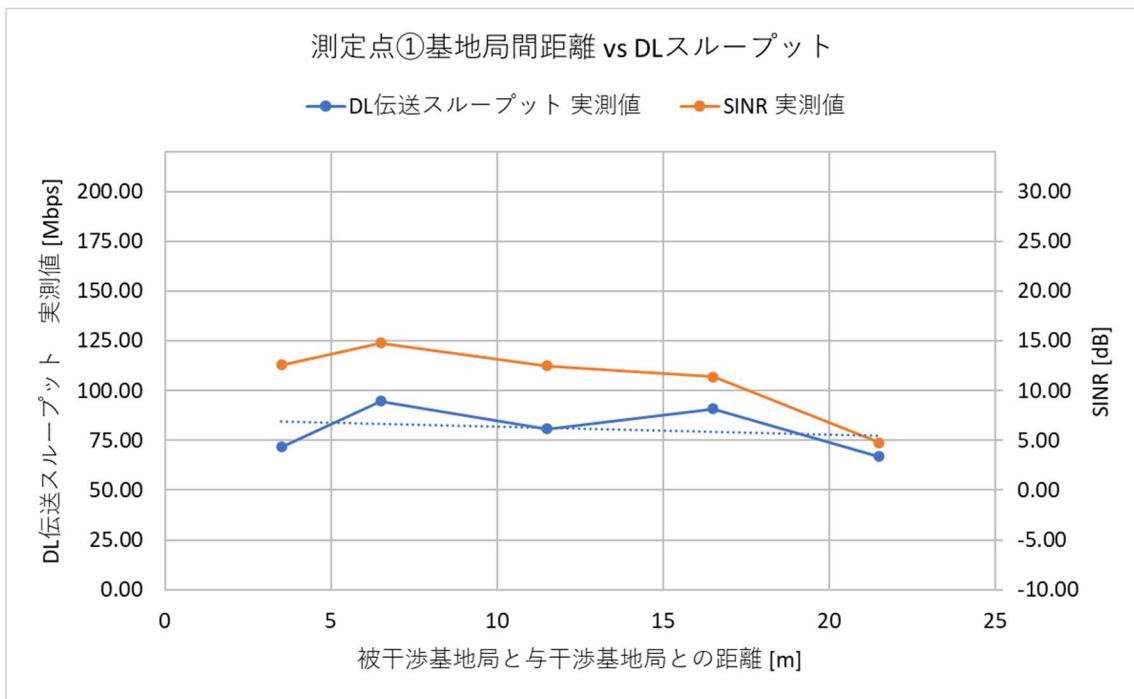


図 3-117 測定点①における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

UL スループットは与干渉基地局が離れるにつれて増加傾向にある。UL スループットの干渉は被干渉基地局にて起きているため、与干渉基地局が離れることで干渉影響が軽減したと考えられる。DL スループットは、与干渉局 6.5m をピークに、与干渉基地局が離れるに従い、スループット低下傾向となっている。これは、与干渉基地局が、被干渉移動局に近づく方向（被干渉基地局

からは離れる方向)であることから、被干渉システム DL SINR が悪化する方向となるため、周波数干渉が発生しているものである。

実測結果(表 3-65 及び図 3-117)からも与干渉基地局が、被干渉移動局に近づく(被干渉基地局からは離れる)につれて DL の SINR が下がっていることがわかる。

表 3-67 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点②)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離[m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-2	3.5	36.10	16.03	92.50	12.18	31.70	
2-2	6.5	30.00	15.67	102.33	10.27	44.10	
3-2	11.5	48.53	15.90	63.03	1.86	45.50	
4-2	16.5	49.40	15.47	70.30	-0.52	39.80	
5-2	21.5	87.83	15.37	94.40	9.06	37.87	

表 3-68 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点②)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離(m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-2	3.5	16.03	2.77	36.10	22	17	230.6
2-2	6.5	15.67	1.87	30.00	22	17	230.6
3-2	11.5	15.90	3.17	48.53	22	17	230.6
4-2	16.5	15.47	3.33	49.40	22	17	230.6
5-2	21.5	15.37	6.67	87.83	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値(期待値)スループットとの差分検証の項にて記載する。

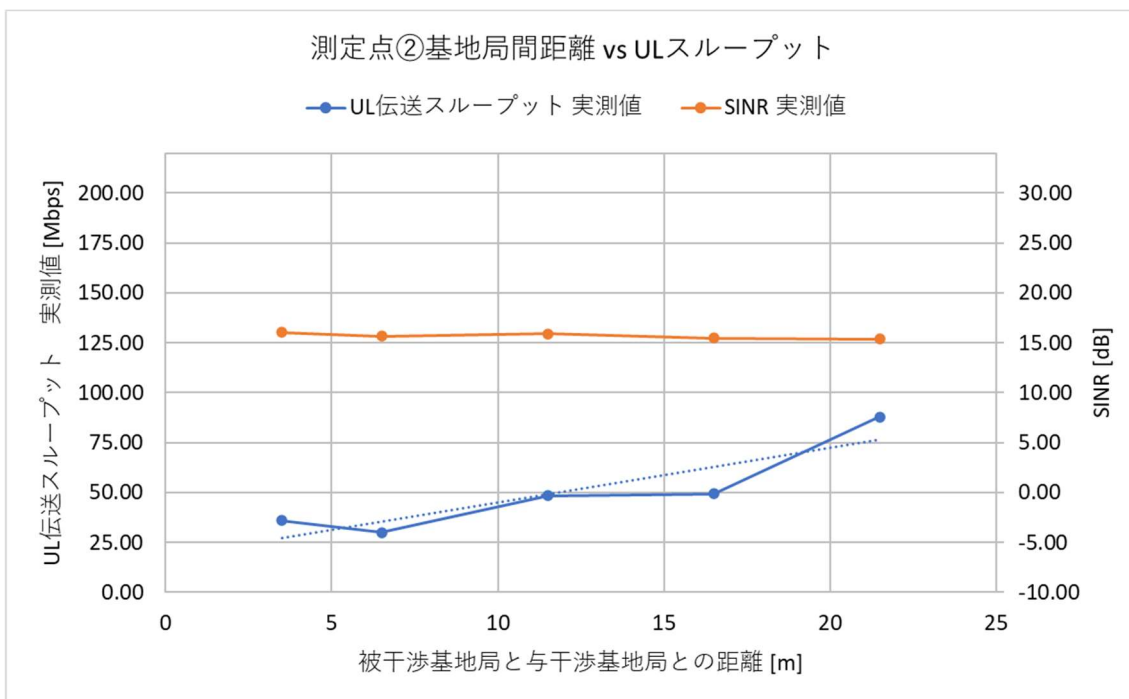


図 3-118 測定点②における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

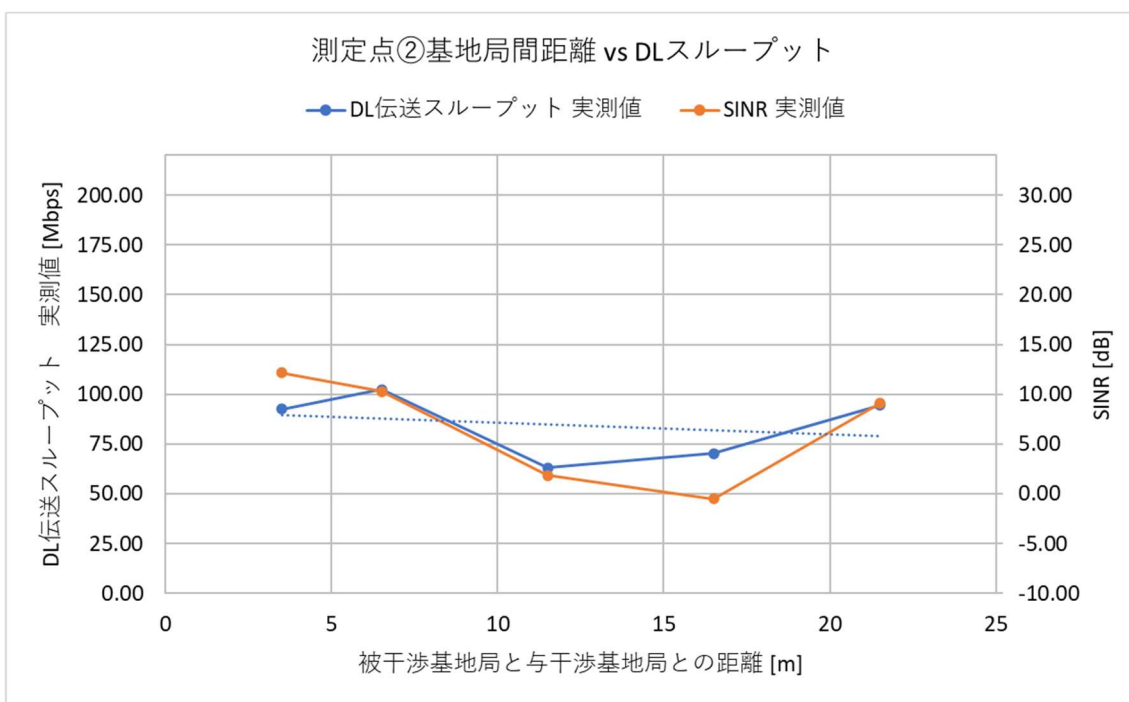


図 3-119 測定点②における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

被干渉システムの内側に与干渉システムがある本ケースの 3.5m~15m では、与干渉基地局の影響が顕著となり、UL スループットは低い傾向となっている。

11.5m→16.5m→21.5m の位置関係では、与干渉基地局が被干渉基地局から離れる方向へ動くため、与干渉局が離れるに従い、UL スループットは増加傾向。3.5m, 6.5m の位置で、与干渉基地局

と被干渉基地局が最も影響を受け、本測定の中では最も UL スループットが低い結果となっている。

DL スループットについては、与干渉局の影響は見られない。

表 3-69 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点③)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-3	3.5	68.90	19.17	90.30	15.95	32.73	
2-3	6.5	92.17	18.07	28.97	17.99	34.17	
3-3	11.5	112.00	19.77	31.50	18.14	31.33	
4-3	16.5	105.37	19.73	28.50	17.61	36.50	
5-3	21.5	140.33	19.70	31.93	16.36	31.87	

表 3-70 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点③)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-3	3.5	19.17	5.23	68.90	22	17	230.6
2-3	6.5	18.07	6.73	92.17	22	17	230.6
3-3	11.5	19.77	8.17	112.00	22	17	230.6
4-3	16.5	19.73	8.60	105.37	22	17	230.6
5-3	21.5	19.70	10.50	140.33	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

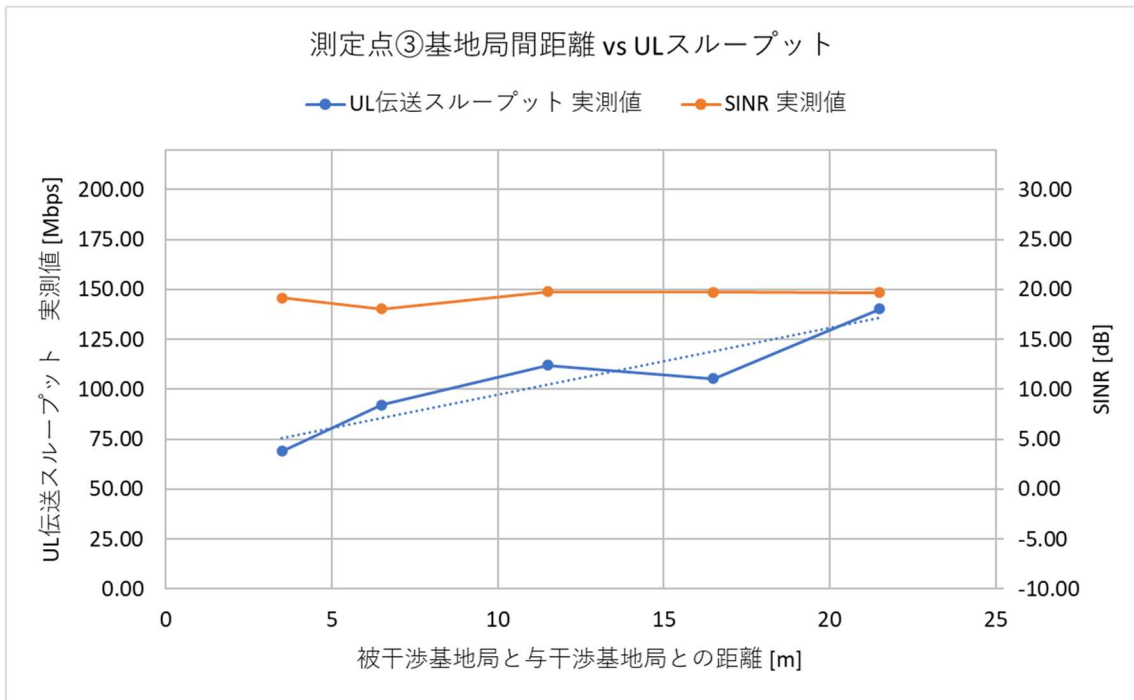


図 3-120 測定点③における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

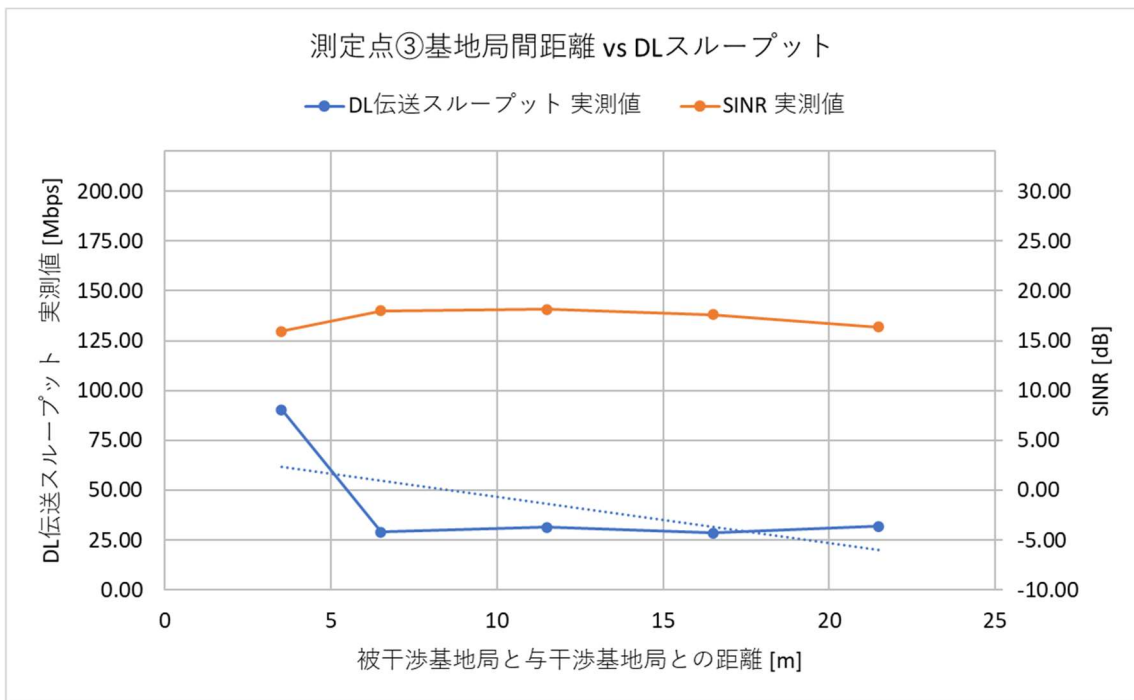


図 3-121 測定点③における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

与干渉基地局が被干渉基地局から離れる方向へ動くため、与干渉局が離れるに従い、UL スループットは増加傾向となっている。

DL スループットについて、与干渉基地局 3.5m のスループット 89.5Mbps が与干渉基地局 6.5m

以降で 30Mbps 程度に低下している。

本事象については、MCS 値とスループットの結果が逆転していることもあり、機器の動作に不安定なところがあったものと推測される。

ポイント②との結果を比較し、与干渉基地局 3.5m のスループット 89.5Mbps 前後での推移となる結果（DL スループットに影響を受けない結果）が妥当と判断される。

表 3-71 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点④)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-4	3.5	43.20	13.73	122.67	13.04	35.97	
2-4	6.5	57.70	13.20	107.33	12.65	31.97	
3-4	11.5	76.53	14.03	101.00	12.59	32.67	
4-4	16.5	81.07	13.77	78.37	14.06	36.53	
5-4	21.5	93.08	11.95	94.63	13.72	33.20	

表 3-72 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点④)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-4	3.5	13.73	6.77	43.20	14	10	133.7
2-4	6.5	13.20	6.60	57.70	18	13	165.1
3-4	11.5	14.03	6.87	76.53	22	17	230.6
4-4	16.5	13.77	6.70	81.07	22	17	230.6
5-4	21.5	11.95	6.88	93.08	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

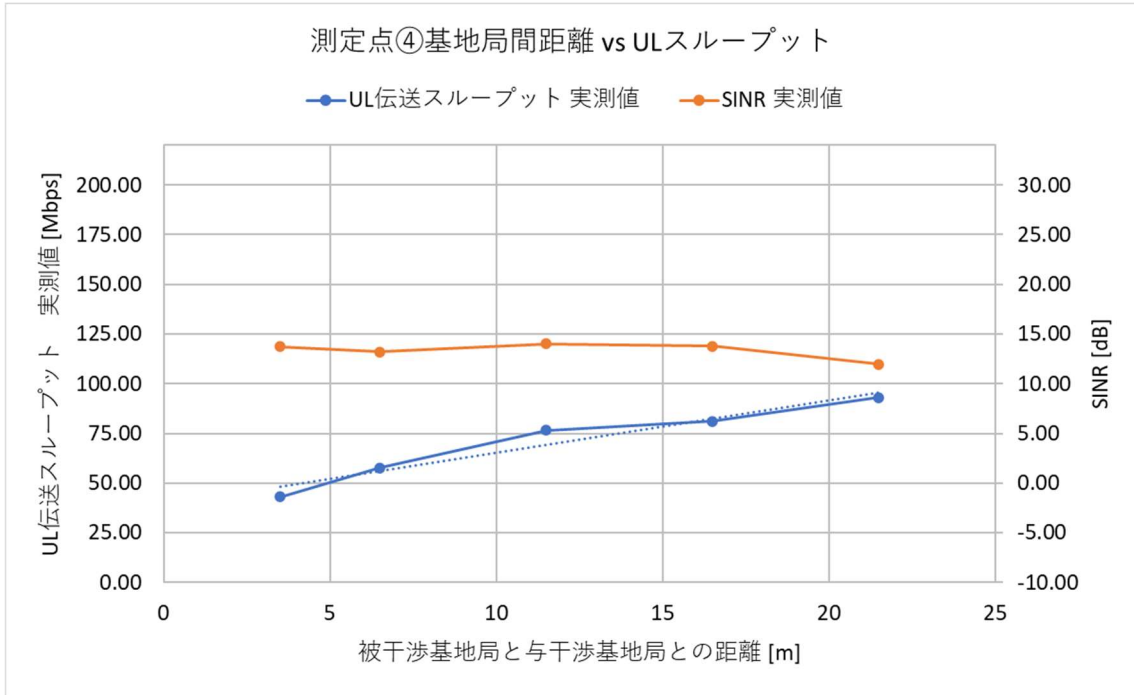


図 3-122 測定点④における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

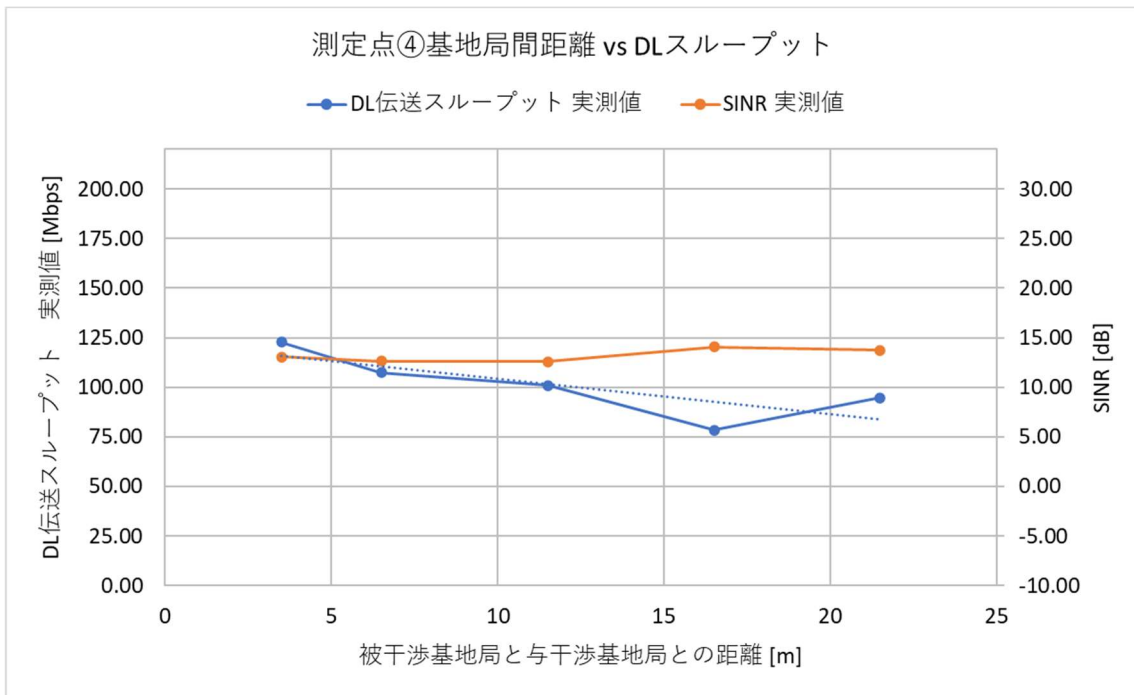


図 3-123 測定点④における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

与干渉基地局が被干渉基地局から離れる方向へ動くため、与干渉局が離れるに従い、UL スループットは増加傾向となっている。

DL スループットについては、与干渉局の影響は見られなかった。

表 3-73 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点⑤)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-5	3.5	測定不可	4.73	測定不可	-1.55	測定不可	
2-5	6.5	測定不可	測定不可	測定不可	-3.44	測定不可	
3-5	11.5	測定不可	測定不可	測定不可	-3.25	測定不可	
4-5	16.5	測定不可	測定不可	測定不可	-4.78	測定不可	
5-5	21.5	測定不可	測定不可	測定不可	0.76	測定不可	

表 3-74 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点⑤)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-5	3.5	4.73	測定不可	測定不可	14	10	133.7
2-5	6.5	測定不可	測定不可	測定不可	16	12	157.2
3-5	11.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6
4-5	16.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6
5-5	21.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

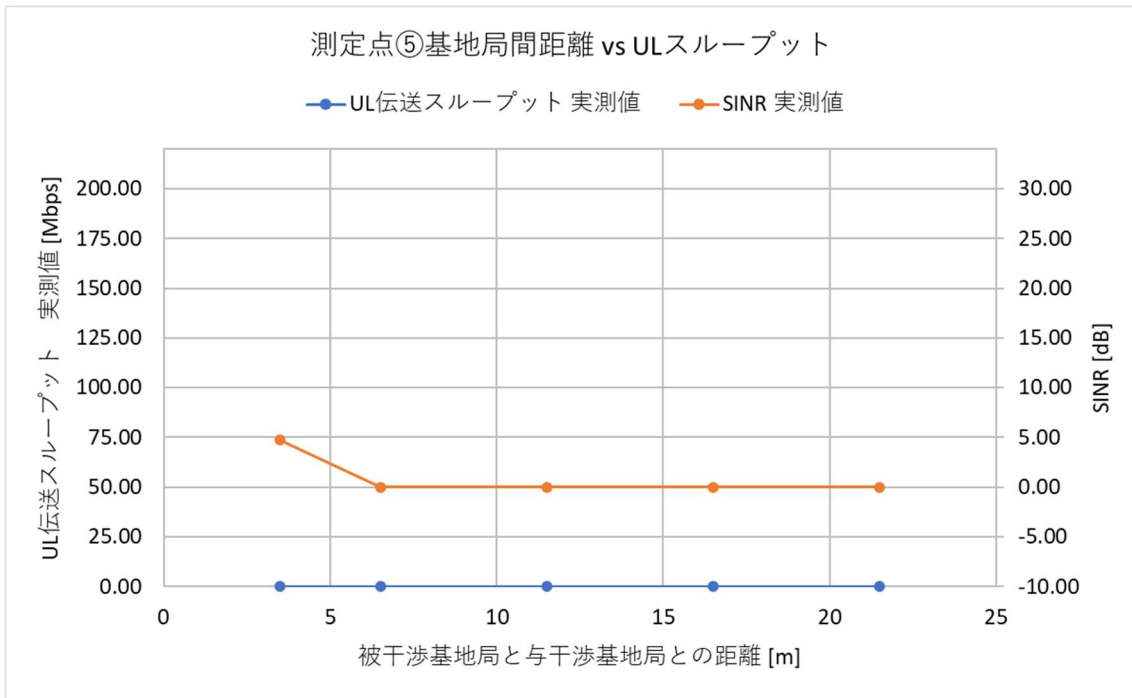


図 3-124 測定点⑤における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

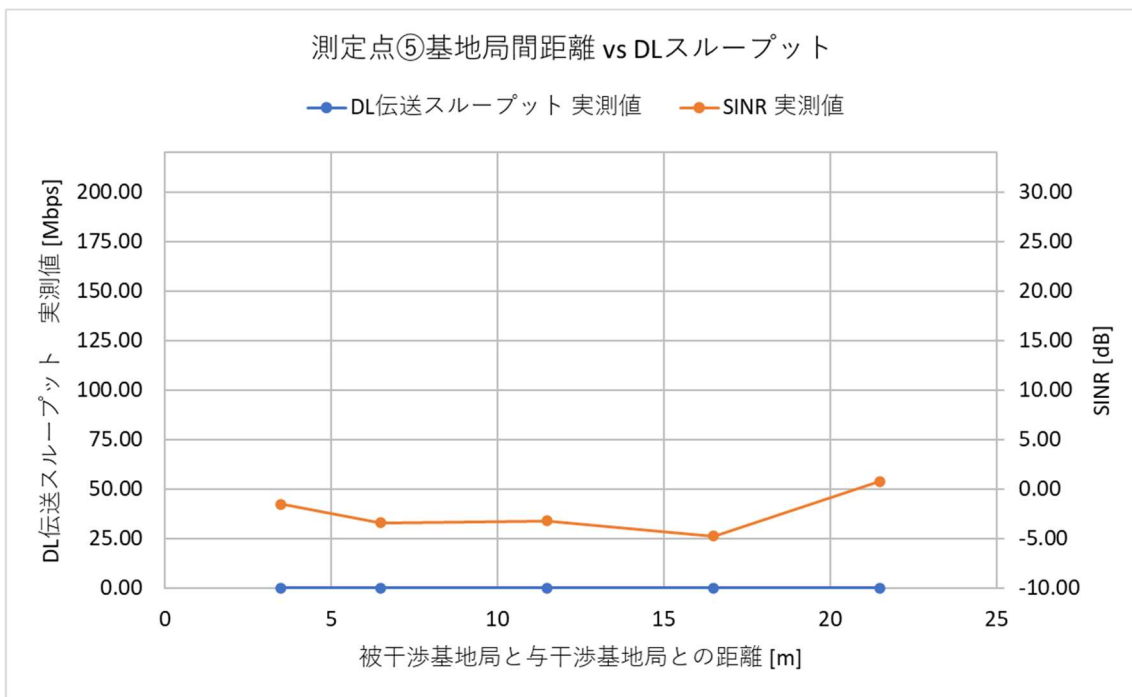


図 3-125 測定点⑤における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

ポイント⑤について、与干渉局の電波を発射した場合、被干渉移動局と被干渉基地局との接続が不安定となり、スループットの測定が行えなかった。本ポイントについては、干渉がない状態においても表 3-63 の通り最も RSRP (-93.40dBm)/SINR (10.10dB) が悪く、そのため、与干渉基地局からの干渉影響を最も受ける位置であることから、表 3-73 の結果の通り DL SINR がマイナスと

なり通信ができない状況である。無線状況が悪い点については、次項の測定点⑥に記載する。

表 3-75 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点⑥)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-6	3.5	69.40	18.90	190.33	19.70	34.10	
2-6	6.5	77.90	19.00	187.00	18.18	35.23	
3-6	11.5	80.30	18.27	159.00	20.22	33.77	
4-6	16.5	95.73	18.30	185.33	19.40	33.00	
5-6	21.5	106.00	18.03	185.67	19.45	32.60	

表 3-76 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点⑥)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 (m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-6	3.5	18.90	5.40	69.40	14	10	133.7
2-6	6.5	19.00	5.93	77.90	16	12	157.2
3-6	11.5	18.27	5.73	80.30	22	17	230.6
4-6	16.5	18.30	7.40	95.73	22	17	230.6
5-6	21.5	18.03	7.97	106.00	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

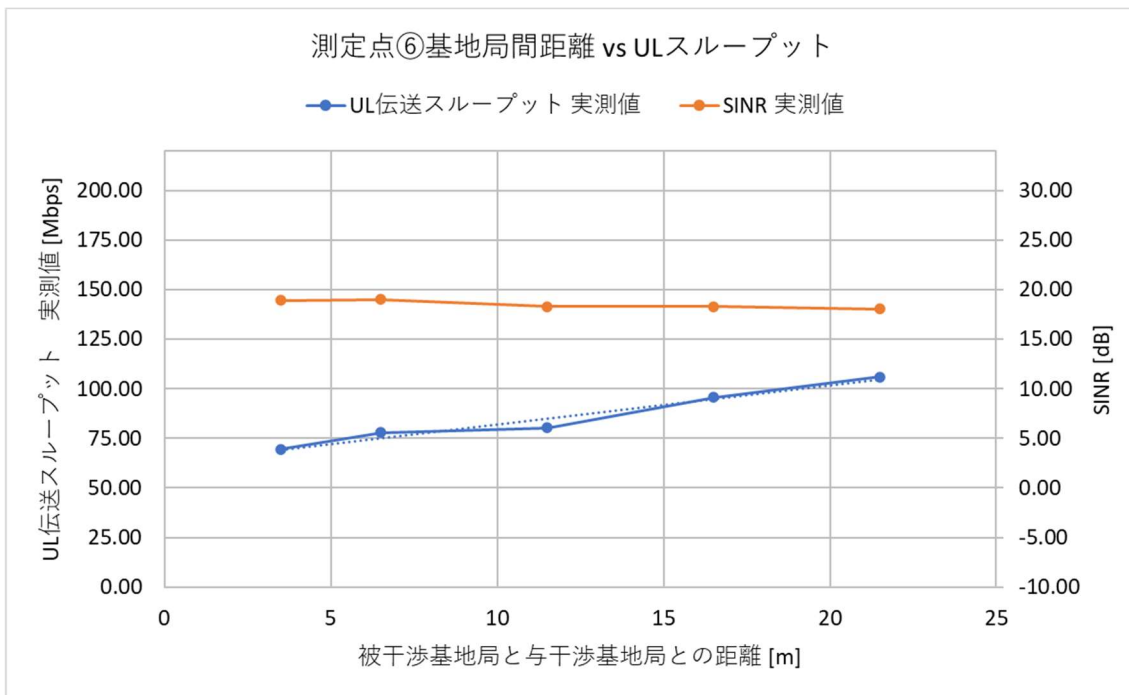


図 3-126 測定点⑥における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

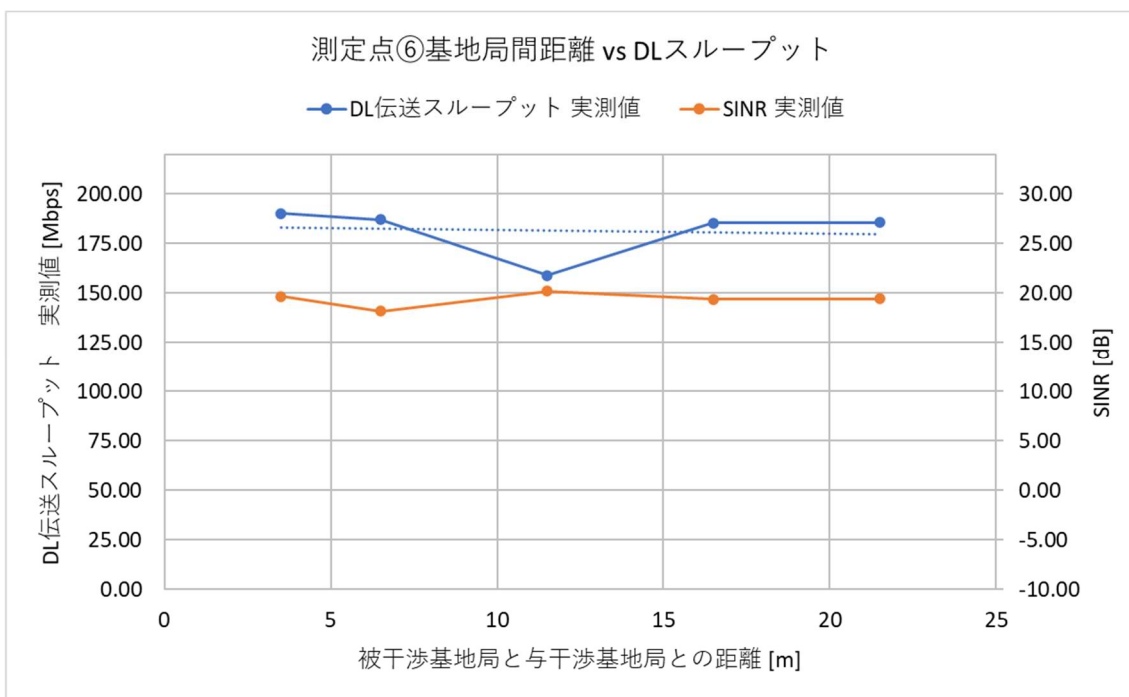


図 3-127 測定点⑥における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

与干渉基地局が被干渉基地局から離れる方向へ動くため、与干渉局が離れるに従い、UL スループットは増加傾向。DL スループットについては、与干渉局の影響は見られなかった。

ポイント⑤と⑥の位置関係における SINR 差異理由については、下記図参照。

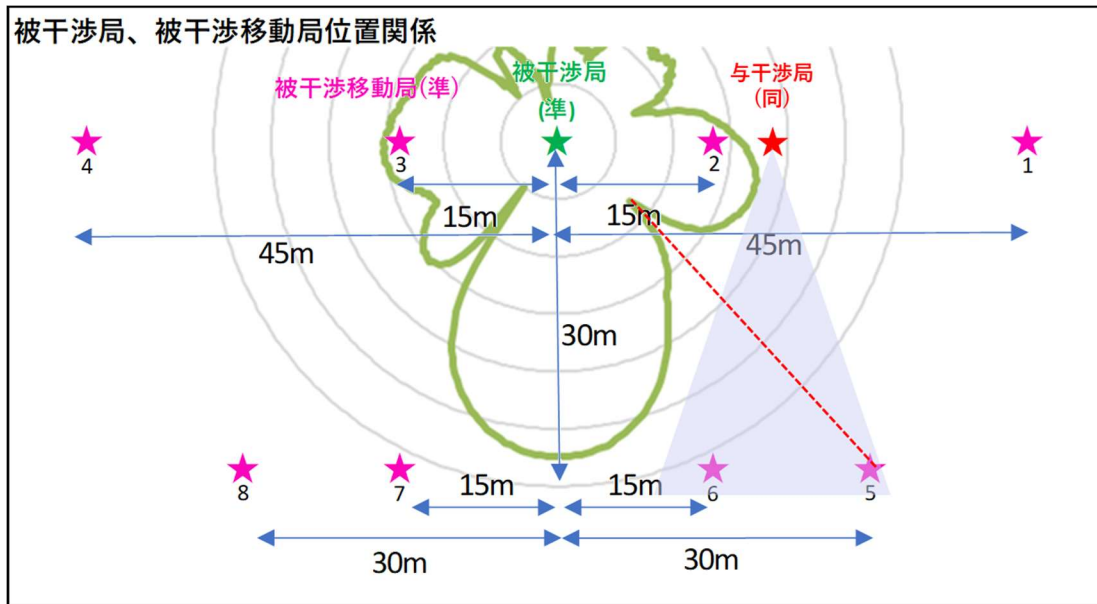


図 3-128 測定点⑤、⑥における SINR 差異について

ポイント★5 は、被干渉基地局アンテナのヌル点方向に位置しており、SINR は最も低い。

また、ポイント★5 においては表 3-74 よりシミュレーション上の SINR は良好な値 (14~22) となっているがシミュレーションについては基地局間干渉時のシミュレーション、つまり与干渉基地局 (同期) DL と被干渉移動局 (準同期) UL が同時に電波を照射した際の被干渉移動局 (準同期) UL SINR となる。しかし今回ポイント★5 において測定不可となっている原因は測定点⑤の考察にて記述している通り準同期側の DL の SINR が悪い (マイナス) となり、基地局間干渉におけるスロット間干渉ではなく同一周波数による干渉の影響が支配的であったためである。

一方で、ポイント★6 は被干渉基地局の正面左方向であり、電波が良好な位置関係となるため、★5 に近いポイントでありながら、良好な SINR となっている。

表 3-77 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点⑦)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-7	3.5	32.77	15.47	121.67	19.17	39.13	
2-7	6.5	60.58	14.39	128.00	17.91	37.20	
3-7	11.5	84.27	19.63	123.33	18.30	33.27	
4-7	16.5	96.10	21.13	144.00	18.40	39.60	
5-7	21.5	151.33	20.20	120.67	19.25	37.27	

表 3-78 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点⑦)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離(m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-7	3.5	15.47	2.00	32.77	14	10	133.7
2-7	6.5	14.39	4.03	60.58	16	12	157.2
3-7	11.5	19.63	6.07	84.27	22	17	230.6
4-7	16.5	21.13	7.80	96.10	22	17	230.6
5-7	21.5	20.20	11.90	151.33	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

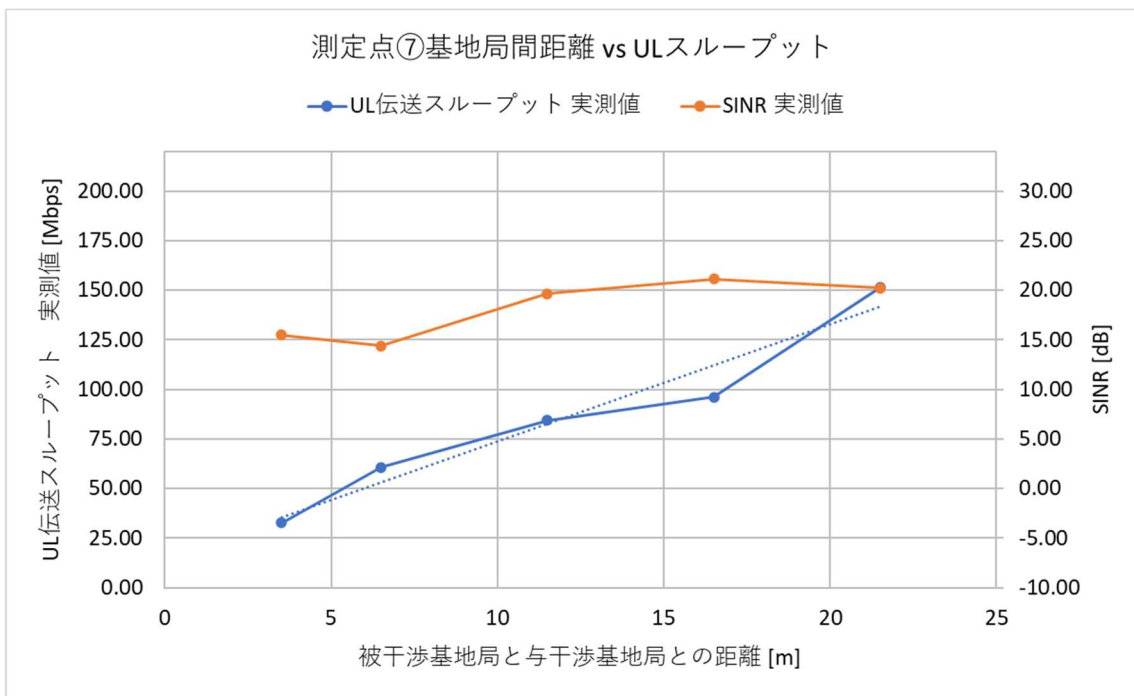


図 3-129 測定点⑦における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

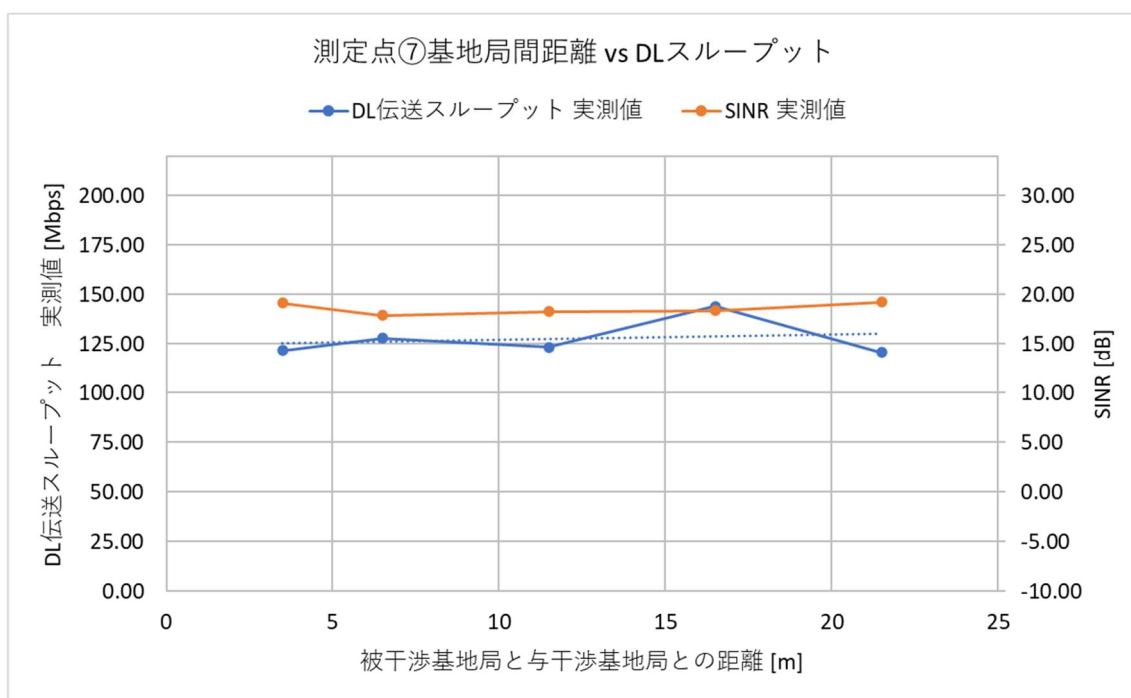


図 3-130 測定点⑦における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

与干渉基地局が被干渉基地局から離れる方向へ動くため、与干渉局が離れるに従い、UL スループットは増加傾向。スロット間干渉の軽減が顕著に確認できる。

DL スループットについては、ほぼ一定であり与干渉局の影響は見られなかった。

表 3-79 基地局間干渉試験 通信品質測定結果(測定点⑧)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL SINR [dB]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
1-8	3.5	23.70	5.70	61.53	10.01	39.20	
2-8	6.5	24.47	5.43	53.73	9.37	42.03	
3-8	11.5	27.87	5.90	53.77	8.00	42.87	
4-8	16.5	30.63	6.67	37.53	6.51	39.57	
5-8	21.5	33.67	9.13	42.20	5.58	36.77	

表 3-80 基地局間干渉試験 シミュレーション比較結果(測定点⑧)

測定点 ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離(m)	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
1-8	3.5	5.70	6.80	23.70	10	6	83.9
2-8	6.5	5.43	6.90	24.47	16	12	157.2
3-8	11.5	5.90	6.83	27.87	22	17	230.6
4-8	16.5	6.67	6.93	30.63	22	17	230.6
5-8	21.5	9.13	6.87	33.67	22	17	230.6

シミュレーションとの差分については基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証の項にて記載する。

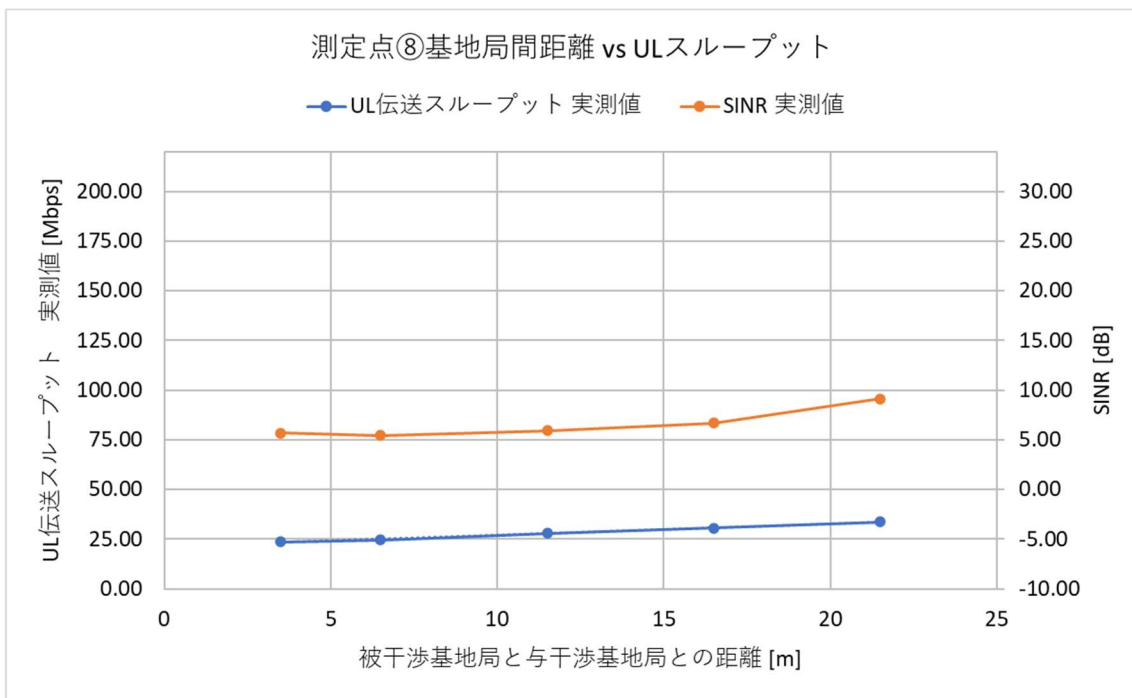


図 3-131 測定点⑧における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs UL スループット/SINR グラフ

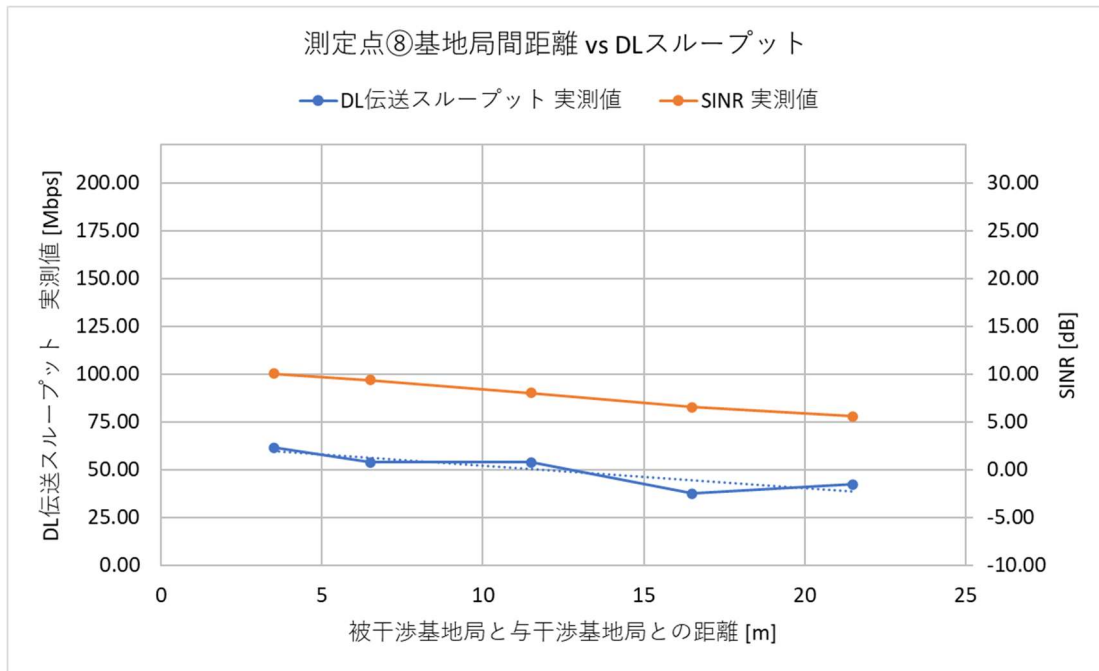


図 3-132 測定点⑧における被干渉基地局と与干渉基地局との距離 vs DL スループット/SINR グラフ

与干渉基地局の位置が離れるに従い、UL スループットは若干増加となっている。被干渉移動局と与干渉基地局の距離が最も遠い位置関係にあるため、干渉軽減の影響はわずかである。

DL スループットは与干渉基地局が離れるに従い、スループット低下傾向。与干渉基地局が離れるに従い DL スループットが下がる傾向に見られたのは、アンテナパターンのヌル点から離れる位置関係にあったためと推測される。

UL スループットの改善は UL スロット比から考えると、⑦のように大きな傾きで改善がみられることが考えられたが、⑦と比べ、改善が緩やかであることは、上記で示すように与干渉基地局の DL 干渉と相殺される関係であったためと推測される。

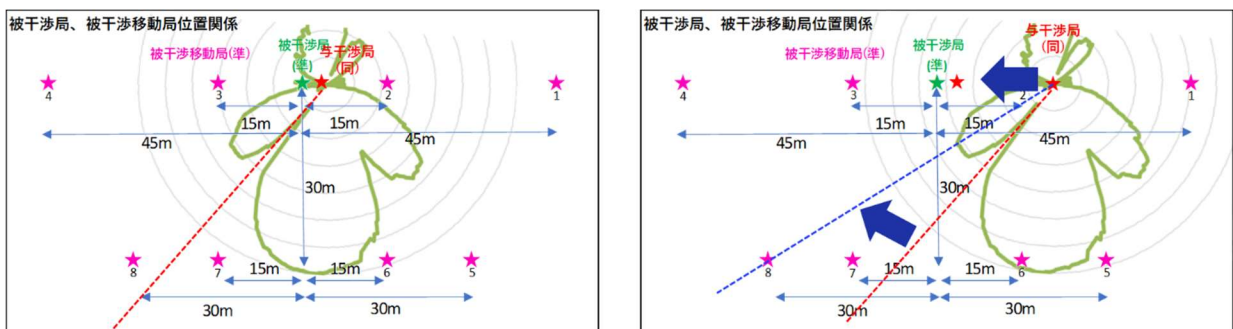


図 3-133 測定点⑧におけるアンテナパターンのヌル点について

与干渉基地局が、被干渉基地局の近く 3.5m にある時は、与干渉基地局のアンテナのヌル点方向 (赤点線) にポイント⑧がある。

与干渉基地局が、被干渉基地局から離れるに伴い、ポイント⑧では、与干渉基地局からの干渉

を受けやすくなり、DL スループットが低下している。

b. 基地局間干渉に対する考察

今回の実証から、基地局離隔を取ることで概ねスロット間干渉を軽減できることがわかる。

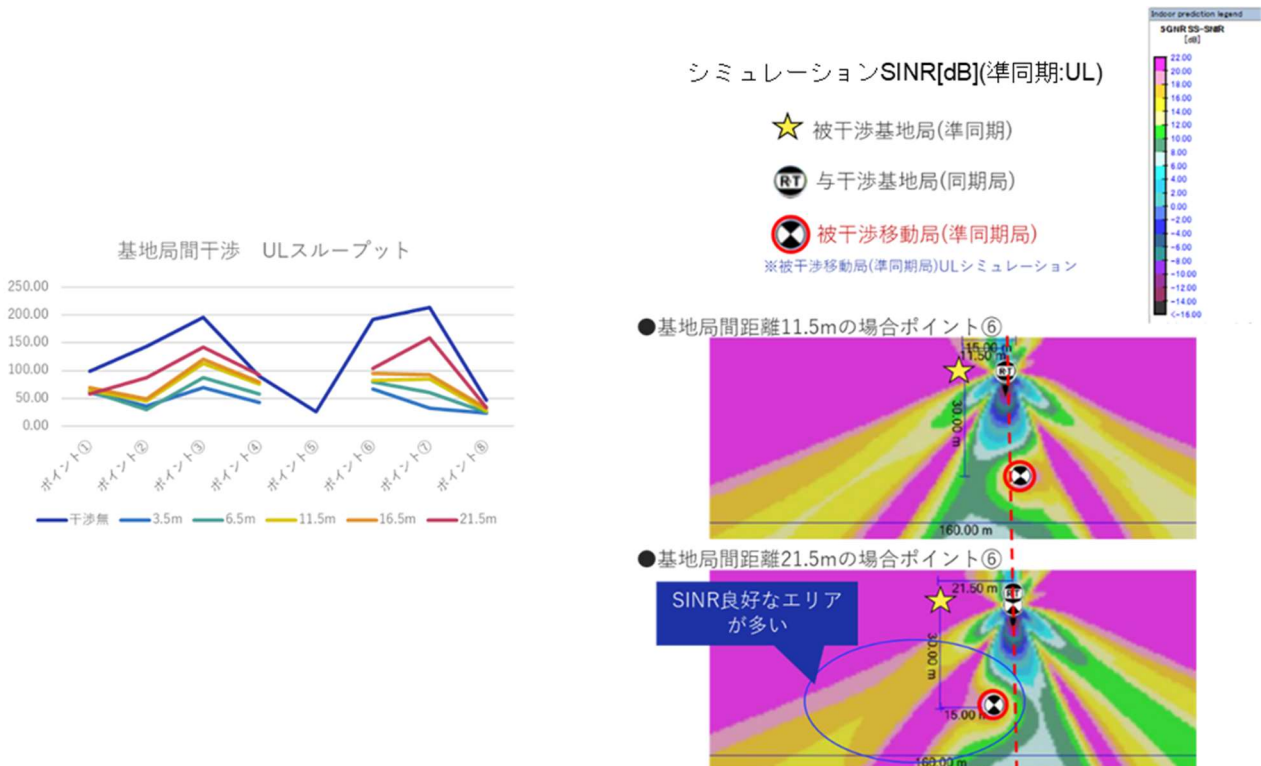
ポイント②の結果から、被干渉システムの内側に与干渉システムがないこと、及び、基地局間を 21.5m とすることで 50Mbps 以上のスループットを期待できる。

ただし、同期システムと準同期システムを同時に運用する際、アンテナ併設であっても、ポイント⑤の位置関係では周波数干渉にてシステムとして機能しないヌルポイントが発生する。この場合、互いのシステムにおいての干渉調整（機能するセルの調整）が重要となる。

アンテナ設置位置を併設とした場合、測定位置により干渉度合が異なるため、評価ポイントとしてポイント⑥⑦（アンテナ半値角内のターゲットセル）を選定する。

その結果において、基地局間 21.5m の位置において UL スループットが干渉影響のない状態から 54%~75% という最も干渉を回避できる位置結果が得られた。

計算上、干渉の影響を考えなくて良い基地局間 11.5m (-110dBm/MHz)においても 50Mbps 前後のスループットを得ることができると、より安定したスループットのエリアを得ること、を考慮すると、シミュレーション結果からも被干渉システム運用エリアは与干渉基地局より被干渉基地局側に配置されることが推奨される（下記図の赤点線より左側で運用されることが推奨される）。



c. 基地局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証

基地局アンテナが 45° 偏波であり、移動局アンテナを 45° 傾けることで偏波面を合わせて測定を実施。これにより、基地局側 1 偏波のみの整合となるため期待値より 3dB 低下する。（今回、反射波が少ない開放地場所での測定であり、一方が強い時は 他方は相当レベルが落ちる特性を考慮）

また、移動局にてアンテナ 2 本を近距離で使用することによる指向性がみられ、今回使用した向きでは基準より 1dB ゲインが低い。

上記物理的要因を除き、広帯域システムによる時間的なレベル変動、MSC 決定プロセスによるばらつきを考慮すると、±12dB 以内の変化がみられた（表 3-81 参照）。このばらつきは、図 3-136 に示した範囲内であり、今後このばらつき範囲を正確にシミュレーションしていくことが課題である。

基地局アンテナが 45° 偏波であり、移動局アンテナを 45° 傾けることで偏波面を合わせて測定を実施した。これにより、基地局側 1 偏波のみの整合となるため期待値より 3dB 低下。移動局にてアンテナ 2 本を近距離で使用することによる指向性と広帯域システムによる時間的なレベル変動を考慮すると、3dB～10dB の変化がみられた。

この結果が SINR の変動に表れており、理論値（期待値）スループットとの差分として表れている。

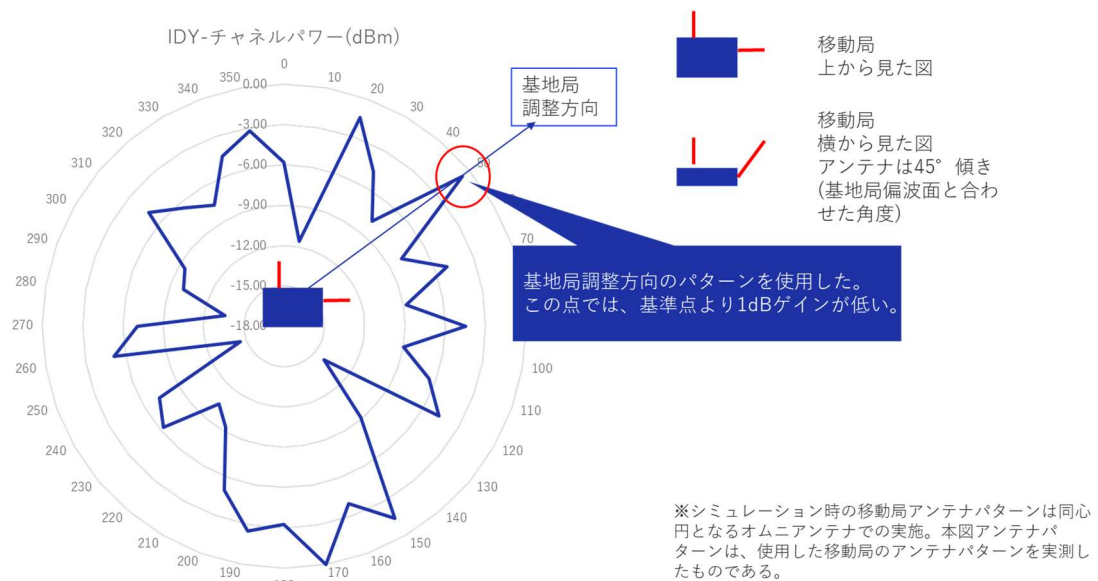


図 3-135 移動局アンテナ 2 本設置時(45°傾き)のアンテナパターン(水平面)

表 3-81 理論値(期待値)スループットとの差分検証

測定点ID	被干渉基地局と与干渉基地局との距離(m)	準同期UL	準同期UL	準同期UL	準同期UL	準同期UL MCS	準同期UL	物理的要因想定後のSINR計算値	物理的要因想定後のMCS	物理的要因想定後のスループット	物理的要因想定後の90%Rate計算値	物理的要因を除いたSINR	物理的要因を除いたスループット
		SINR [dB]	MCS	伝送スループット実測値 [Mbps]	SINR [dB]		伝送スループット [Mbps]						
		基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値						
1_1	3.5	12.77	4.63	61	14	10	133.7	10	6	83.9	75.51	-2.77	14.51
2_1	6.5	11.93	4.77	62.23	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	6.07	86.36
3_1	11.5	11.1	5.37	65.6	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	6.9	82.99
4_1	16.5	12.4	5.23	70.1	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	5.6	78.49
5_1	21.5	12.4	4	57.97	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	5.6	90.62
1_2	3.5	16.03	2.77	36.1	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	1.97	112.49
2_2	6.5	15.67	1.87	30	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	2.33	118.59
3_2	11.5	15.9	3.17	48.53	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	2.1	100.06
4_2	16.5	15.47	3.33	49.4	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	2.53	99.19
5_2	21.5	15.37	6.67	87.83	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	2.63	60.76
1_3	3.5	19.17	5.23	68.9	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-1.17	79.69
2_3	6.5	18.07	6.73	92.17	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-0.07	56.42
3_3	11.5	19.77	8.17	112	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-1.77	36.59
4_3	16.5	15	8.6	105.37	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	3	43.22
5_3	21.5	15.07	10.5	140.33	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	2.93	8.26
1_4	3.5	13.73	6.77	43.2	14	10	133.7	10	6	83.9	75.51	-3.73	32.31
2_4	6.5	13.2	6.6	57.7	18	13	165.1	14	10	133.7	120.33	0.8	62.63
3_4	11.5	14.03	6.87	76.53	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	3.97	72.06
4_4	16.5	13.77	6.7	81.07	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	4.23	67.52
5_4	21.5	11.95	6.88	93.08	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	6.05	55.51
1_5	3.5	4.73	測定不可	測定不可	14	10	133.7	-	-	-	-	-	-
2_5	6.5	測定不可	測定不可	測定不可	16	12	157.2	-	-	-	-	-	-
3_5	11.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6	-	-	-	-	-	-
4_5	16.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6	-	-	-	-	-	-
5_5	21.5	測定不可	測定不可	測定不可	22	17	230.6	-	-	-	-	-	-
1_6	3.5	18.9	5.4	69.4	14	10	133.7	10	6	83.9	75.51	-8.9	6.11
2_6	6.5	19	5.93	77.9	16	12	157.2	12	7	94.3	84.87	-7	6.97
3_6	11.5	18.27	5.73	80.3	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-0.27	68.29
4_6	16.5	18.3	7.4	95.73	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-0.3	52.86
5_6	21.5	18.03	7.97	106	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-0.03	42.59
1_7	3.5	15.47	2	32.77	14	10	133.7	10	6	83.9	75.51	-5.47	42.74
2_7	6.5	14.39	4.03	60.58	16	12	157.2	12	7	94.3	84.87	-2.39	24.29
3_7	11.5	19.63	6.07	84.27	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-1.63	64.32
4_7	16.5	21.13	7.8	96.1	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-3.13	52.49
5_7	21.5	20.2	11.9	151.33	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	-2.2	-2.74
1_8	3.5	5.7	6.8	23.7	10	6	83.9	6	2	28.8	25.92	0.3	2.22
2_8	6.5	5.43	6.9	24.47	16	12	157.2	12	7	94.3	84.87	6.57	60.4
3_8	11.5	5.9	6.83	27.87	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	12.1	120.72
4_8	16.5	6.67	6.93	30.63	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	11.33	117.96
5_8	21.5	9.13	6.87	33.67	22	17	230.6	18	13	165.1	148.59	8.87	114.92

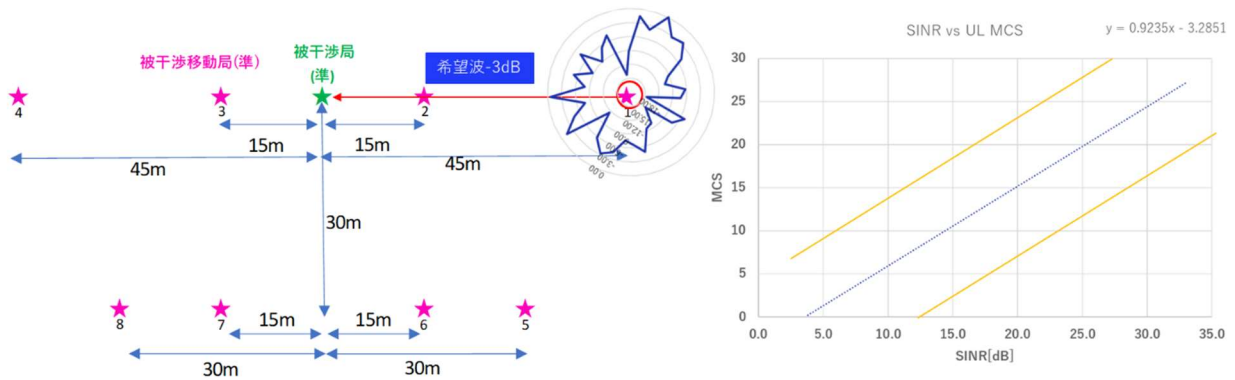


図 3-136 ばらつき範囲

2) サイトエンジニアリングによる基地局間干渉軽減測定結果

a. 測定結果

今回の実証では与干渉側のアンテナ角度を変更する手法にて干渉軽減がどの程度行われるかを確認する。測定の位置関係について次図に示す。

サイトエンジニアリング：無線システムを最良に運用するための各種パラメータ調整。

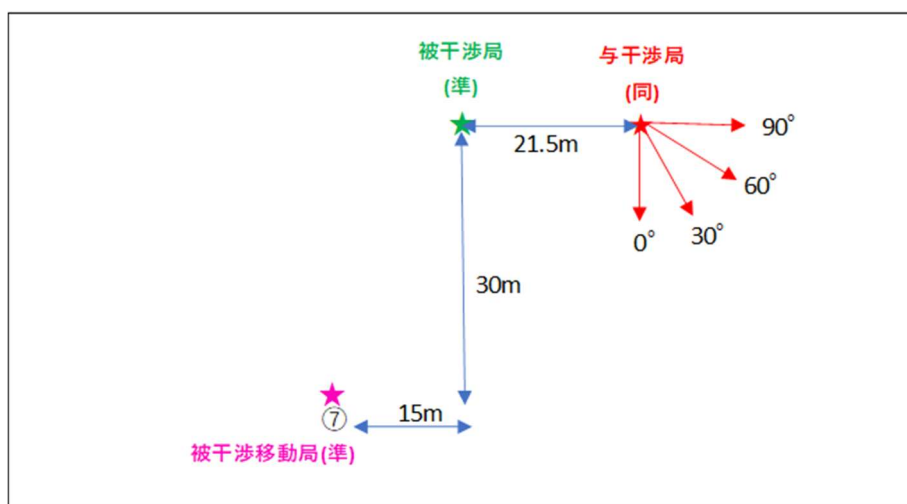
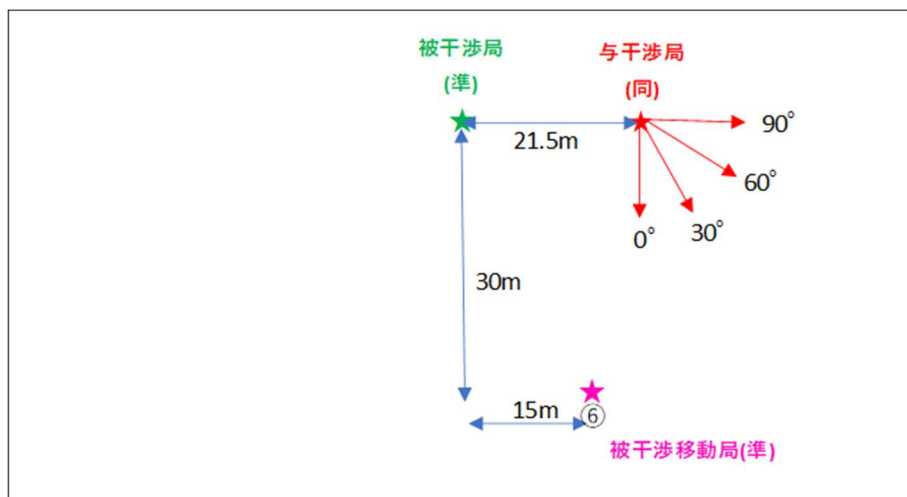


図 3-137 基地局間干渉サイトエンジニアリング測定位置(平面図)

本実証においては、基地局間干渉にて使用した上記 2 パターンの位置関係において、与干渉基地局（同期局）のアンテナ角度を、正面を 0 度として、30 度ステップで左方向にアンテナを水平方向に回転させ、被干渉基地局への干渉影響度を確認した。

表 3-82 基地局間干渉サイトエンジニアリング試験_電界測定、電波干渉測定結果

被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	与干渉基地局 ANT 角度 [度]	被干渉移動局位置	準同期 DL RSRP 実測値 [dB]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]	準同期 UL RSSI	準同期 UL SINR	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
			平均値	平均値	平均値	基地局表示	平均値	平均値	平均値
なし	-	⑥	-90.40	18.65	-69.17	20.33	218.33	233.00	32.50
21.5	0	⑥	-66.43	19.45	-43.78	19.97	106.00	185.67	32.60
21.5	30	⑥	-88.34	14.88	-67.13	19.57	102.40	87.93	41.20
21.5	60	⑥	-89.71	15.32	-68.21	19.33	103.00	107.33	31.27
21.5	90	⑥	-89.15	19.01	-67.67	20.23	100.90	139.00	31.23
なし	-	⑦	-69.37	20.41	-43.88	20.77	236.33	147.67	33.20
21.5	0	⑦	-71.58	19.25	-47.78	20.20	151.33	120.67	37.27
21.5	30	⑦	-69.19	20.34	-44.15	22.07	132.67	120.67	35.20
21.5	60	⑦	-69.76	20.10	-45.25	20.10	112.67	132.00	34.37
21.5	90	⑦	-69.57	20.38	-44.68	20.57	108.33	127.67	35.27

表 3-83 基地局間干渉サイトエンジニアリング試験 通信品質測定結果

被干渉基地局と与干渉基地局との距離 [m]	与干渉基地局 ANT 角度 [度]	被干渉移動局位置	準同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	準同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
			平均値	平均値	平均値
なし	-	⑥	218.33	233.00	32.50
21.5	0	⑥	106.00	185.67	32.60
21.5	30	⑥	102.40	87.93	41.20
21.5	60	⑥	100.70	106.33	38.57
21.5	90	⑥	94.30	139.00	31.23
なし	-	⑦	236.33	147.67	33.20
21.5	0	⑦	151.33	120.67	37.27
21.5	30	⑦	132.67	120.67	35.20
21.5	60	⑦	112.67	132.00	34.37
21.5	90	⑦	108.33	127.67	35.27

表 3-84 基地局間干渉試験 サイトエンジニアリングシミュレーション比較結果

被干渉基地局と与干渉基地局との距離[m]	与干渉基地局 ANT 角度 [度]	被干渉移動局位置	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット実測値 [Mbps]	準同期 UL SINR [dB]	準同期 UL MCS	準同期 UL 伝送スループット [Mbps]
			基地局表示	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
21.5	0	⑥	19.97	8.0	106	22	17	230.6
21.5	30	⑥	19.57	8.6	102.4	22	17	230.6
21.5	60	⑥	19.33	7.2	100.7	18	13	165.1
21.5	90	⑥	20.23	7.5	94.3	10	6	83.9
21.5	0	⑦	20.2	11.9	151.33	22	17	230.6
21.5	30	⑦	22.07	11	132.67	22	17	230.6
21.5	60	⑦	20.1	9.3	112.67	16	12	157.2
21.5	90	⑦	20.57	8.7	108.33	10	6	83.9

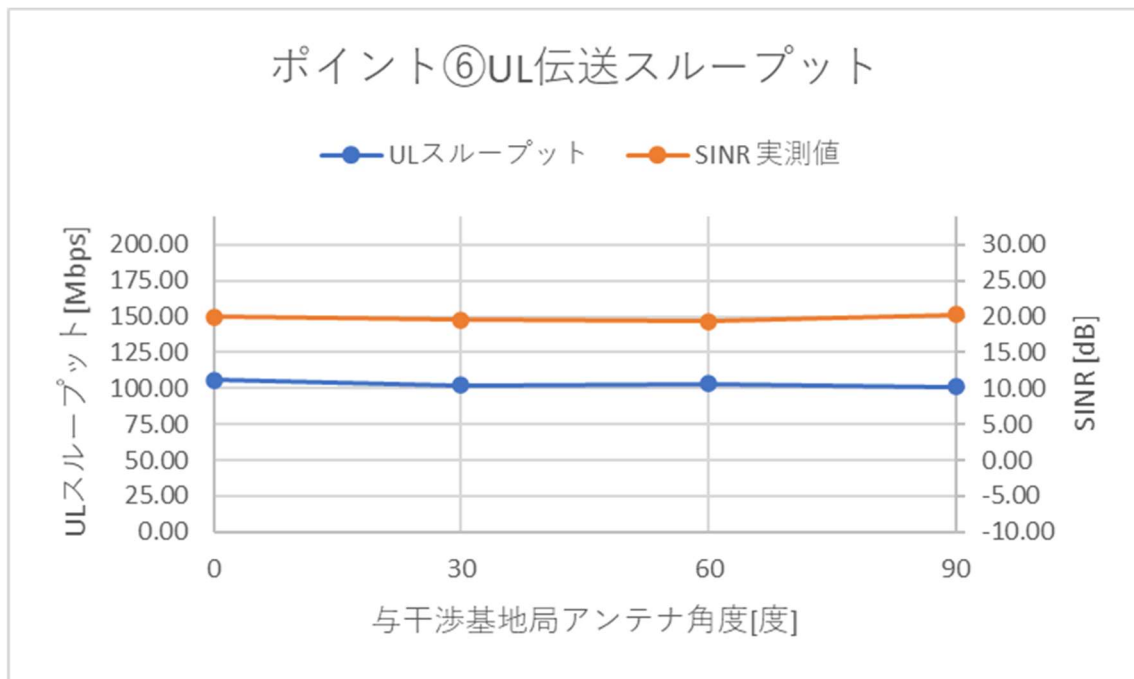


図 3-138 測定点⑥における与干渉基地局アンテナ角度 vs UL スループットグラフ

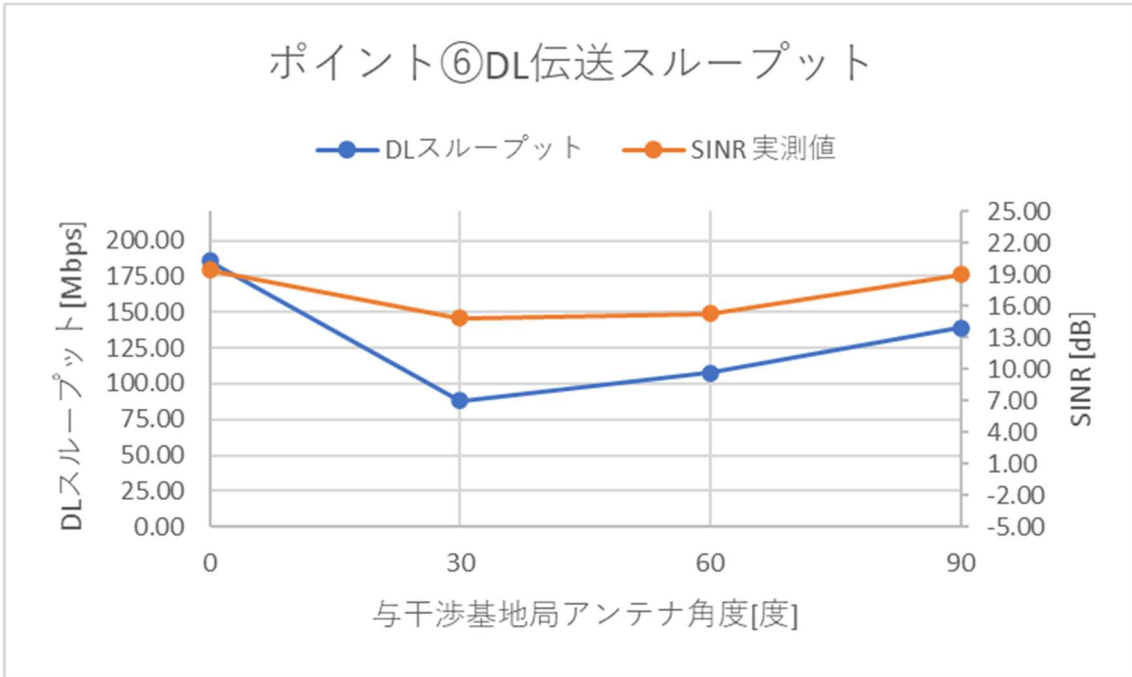


図 3-139 測定点⑥における与干渉基地局アンテナ角度 vs DL スループットグラフ

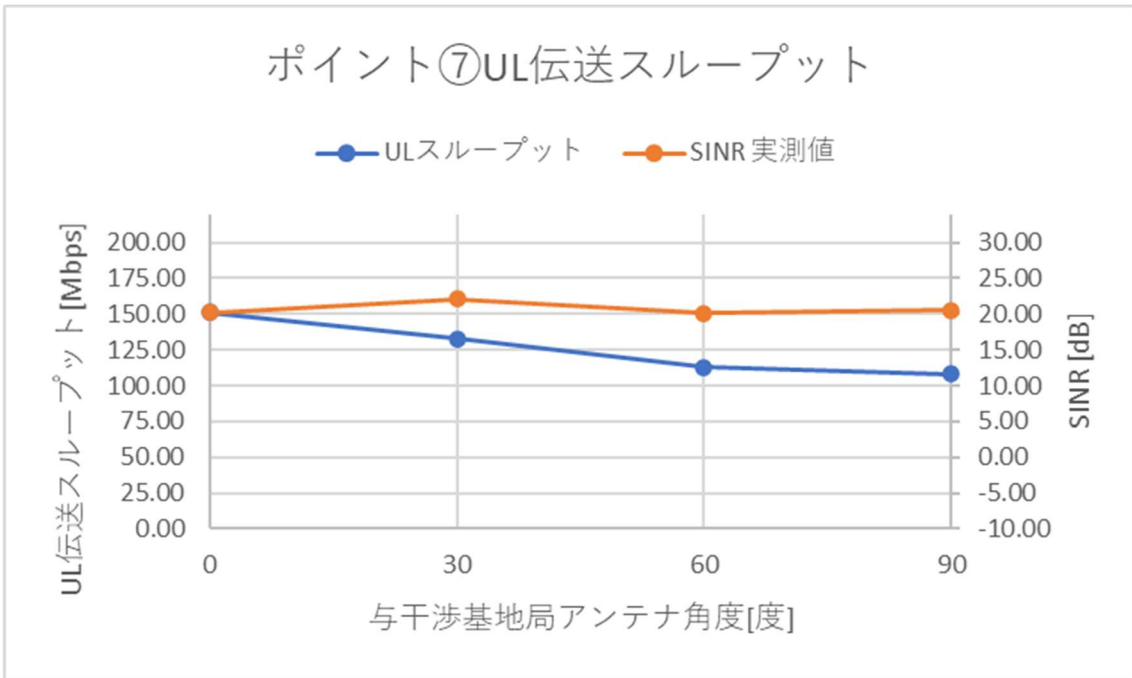


図 3-140 測定点⑦における与干渉基地局アンテナ角度 vs UL スループットグラフ

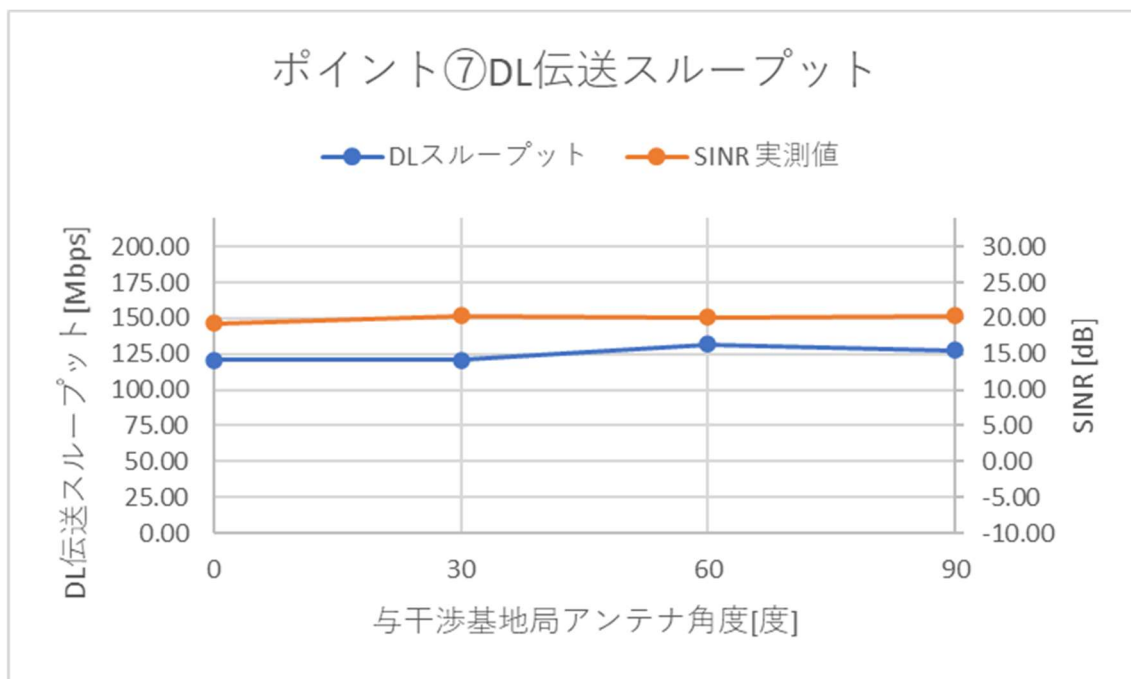


図 3-141 測定点⑦における与干渉基地局アンテナ角度 vs DL スループットグラフ

b. サイトエンジニアリングによる基地局間干渉軽減に対する考察

本実証の結果として、UL/DL ともにアンテナ方向の変更による大きな差異はみられていないが、0 度方向におけるスループットが最も高い傾向が見られた。

これは、アンテナが 0 度方向を向いている時の±90 度方位において、アンテナパターン上のヌル点に近い特性があるためと考えられる。(図 3-144)

測定結果(表 3-82) からアンテナ方向を 0 度→30 度→60 度→90 度とアンテナ方向を変化させると UL スループットが減少する結果が得られているが、与干渉基地局のアンテナ(図 3-144) パターンからも 0 度→90 度になるにつれて被干渉基地局方向に対するアンテナ利得が大きくなっており与干渉波が大きくなっているためである。(0 度(-29dBi)→30 度(-16.8dBi)→60 度(-12dBi)→90 度(-5dBi))

下記パターンは、メーカー提供のアンテナパターンを確度ごとに傾けたものであるが、通常アンテナパターンは個体差があり一概にこの角度とはいえないことから、実測におけるアンテナパターンでのヌル点を確認した上で、相互に基地局アンテナを設置することが望ましい。今回の実証では、アンテナ高が低い(1.7m) ために、水平方向のアンテナ方向の確認を実施したが、垂直方向のアンテナ方向の調整においても調整を行うことで、干渉回避ができる可能性は高い。

また、セル半径が小さくする(基地局送信出力を下げる) ことでの干渉回避も一般的に有効である。

多くのローカル 5G 基地局設置においては、後発の基地局設置は、準同期基地局として、先発の同期基地局に影響を与えないようにサイトエンジニアリング(アンテナ方向調整等)を実施することが一般的である。(先発同期局を保護する観点から) 今回の実証では、与干渉基地局である同

期基地局のアンテナ水平方向の調整を行う実証であったが、この結果は、互いの干渉を回避するという意味で相対的に同じ有効性がいえる。

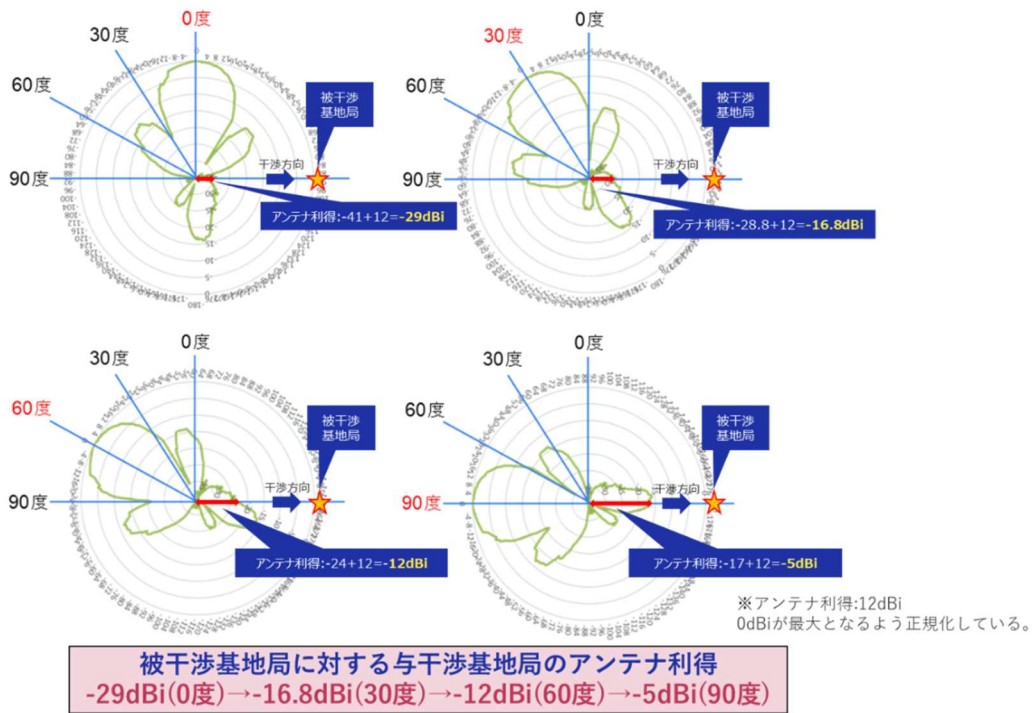


図 3-142 アンテナパターン

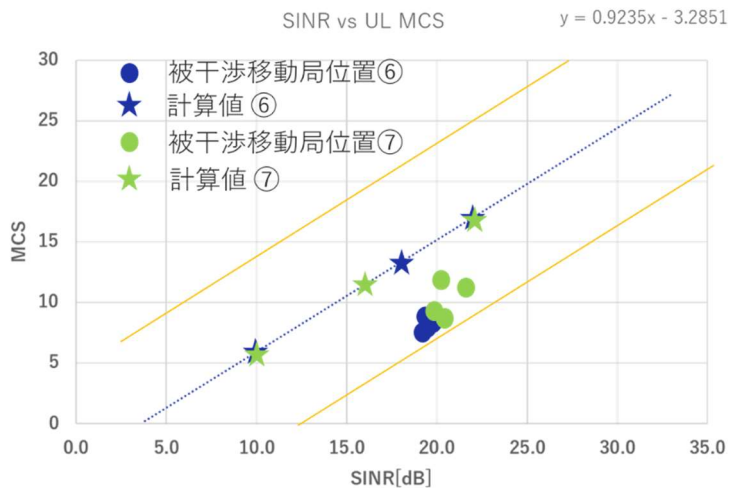


図 3-143 SINR vs MCS 相関図と測定値(ばらつき範囲込み)

上図は図 3-80 に今回の測定値のプロットを行った。オレンジのラインは有線接続で測定した際のばらつき範囲である。フィールド測定においてもシミュレーション値の差分については、ばらつき範囲内であることがわかる。(ばらつき範囲については機器特性に依存する)

3) 移動局間干渉測定結果

a. 測定結果

干渉影響そのものの測定は行えないため、被干渉局に対して、干渉を与える前後で測定を行い、差分を確認することで、干渉影響を検証する。

測定結果に MCS 値を記載しているが、取得した MCS 値は、基地局上で取得したデータとなり、2 秒間の平均値となっている。そのため小数を含んだ値となっている。

実機評価時の空中線電力設定値について示す。

表 3-85 実機評価時の空中線電力設定値(移動局間干渉)

種別	与干渉基地局	与干渉移動局	被干渉基地局	被干渉移動局
空中線電力	33.0dBm ※サイトエンジニア リング適用時は以下3 パターンとする。	23.0dBm ※サイトエンジニア リング適用時は以下3 パターンとする。	18.0dBm	23.0dBm
	30.0dBm	20.0dBm		
	27.0dBm	17.0dBm		
	24.0dBm	14.0dBm		

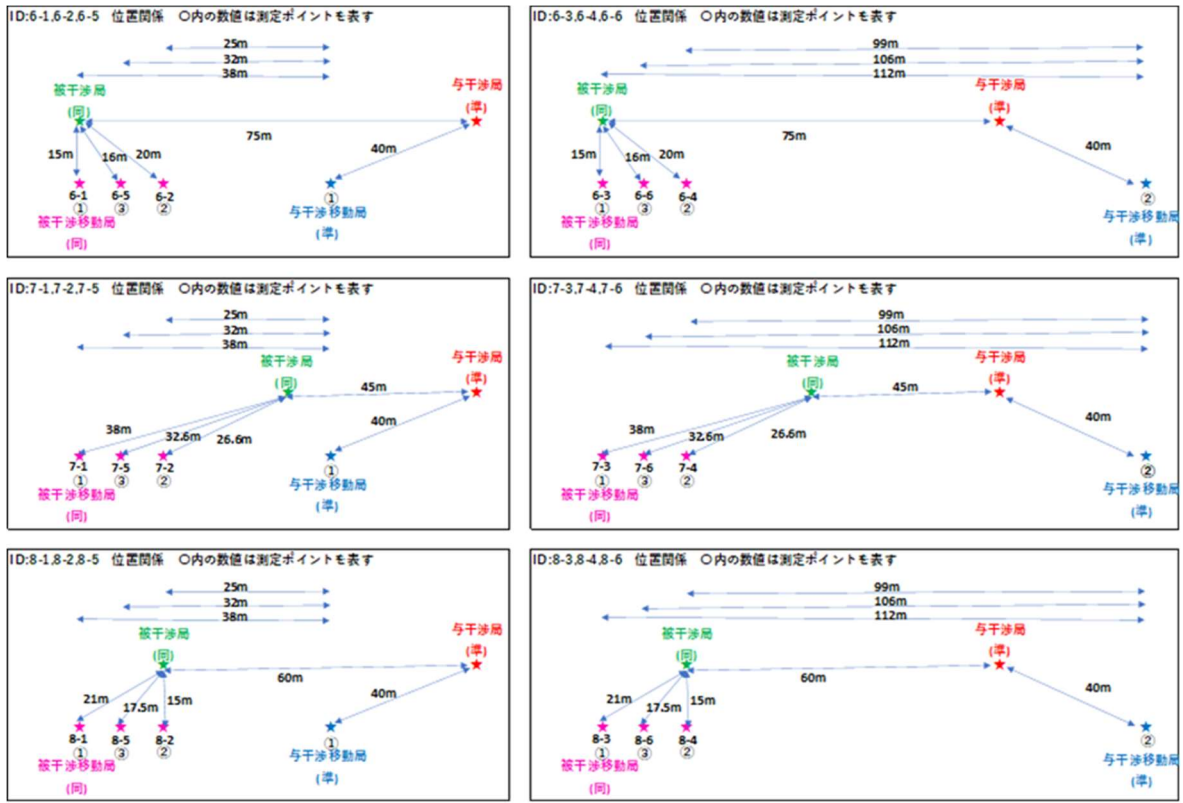
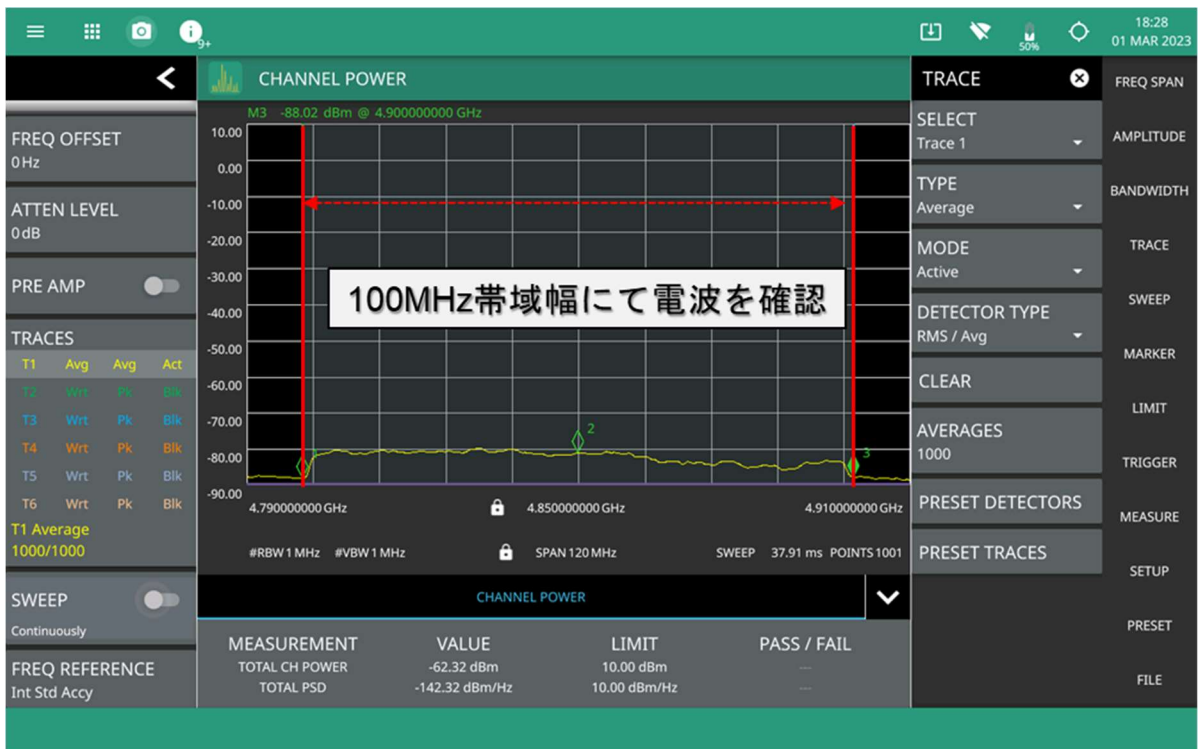


図 3-144 移動局間干渉測定ポイントイメージ(平面)(再掲)

表 3-86 与干渉移動局干渉量測定結果

与干渉移動局 ポイント	被干渉移動局 ポイント	移動局間距離 [m]	受信電力 RSSI [dBm]
①	①	38m	-66.70
①	②	25m	-57.39
①	③	32m	-65.88
②	①	112m	-69.26
②	②	99m	-69.96
②	③	106m	-69.19

以下に与干渉波の電波をスペクトラムアナライザにて測定した結果を示す。100MHz 帯域幅にて電波が出ていることを確認した。



Anritsu MS2090A SN: 2010023 SW Package: V2019.12.1
 Options: 0031,0090,0104,0199,0732,0888
 Date/Time: 01 Mar 2023 18:28 JST GPS: ---

図 3-145 スペクトラムアナライザでの確認結果

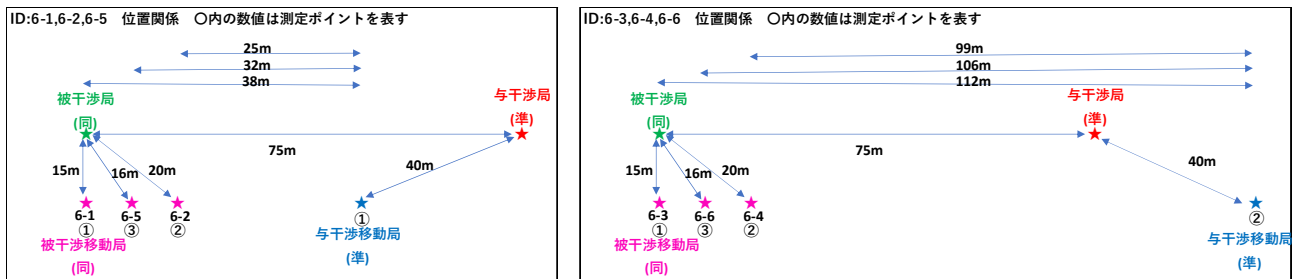


図 3-146 移動局干渉 基地局間距離 75m 位置関係

表 3-87 基地局間距離 75m 同期局電界測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	与干渉移動局位置	移動局間距離 [m]	被干渉 (同期局)					備考
				同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					
				中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	
6-1	75	なし	-	-75.3	-75.35	1.29	-77.20	-73.70	
6-5	75	なし	-	-80.2	-80.01	1.52	-81.90	-77.90	
6-2	75	なし	-	-85.4	-85.24	1.22	-86.70	-83.60	
6-1	75	①	38	-76.7	-77.12	1.93	-79.60	-75.30	
6-5	75	①	32	-80.1	-80.22	2.11	-83.10	-77.60	
6-2	75	①	25	-86.3	-86.68	2.16	-89.50	-84.30	
6-3	75	②	112	-77.6	-77.59	1.43	-79.50	-75.60	
6-6	75	②	106	-90.5	-90.65	1.98	-93.10	-88.20	
6-4	75	②	99	-84.2	-84.28	1.79	-86.50	-82.00	

表 3-88 基地局間距離 75m 同期局電波干渉測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	与干渉移動局位置	移動局間距離 [m]	被干渉 (同期局)		備考
				同期 DL SINR [dB]	同期 UL SINR [dB]	
				基地局データからの算出値	基地局表示値	
6-1	75	なし	-	25.9	14.60	
6-5	75	なし	-	23.7	14.23	
6-2	75	なし	-	24.6	2.83	
6-1	75	①	38	25.1	10.73	
6-5	75	①	32	干渉により測定不可	干渉により測定不可	
6-2	75	①	25	干渉により測定不可	干渉により測定不可	
6-3	75	②	112	25.8	14.97	
6-6	75	②	106	干渉により測定不可	干渉により測定不可	
6-4	75	②	99	10.7	2.77	

表 3-89 基地局間距離 75m_与干涉(準同期局)電界測定、電波干渉測定結果

測定点 ID	移動局間距離 [m]	基地局間距離 [m]	被干渉移動局位置	与干渉 (準同期局)	
				準同期 DL RSRP 実測値 [dB]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]
				平均値	平均値
6-1	38	75	①	-	-
6-3	112	75	①	-	-
6-2	25	75	②	-78.49	5.41
6-4	99	75	②	-78.72	3.48
6-5	32	75	③	-84.36	-5.53
6-6	106	75	③	-80.75	7.18

表 3-90 基地局間距離 75m_通信品質測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
				平均値	平均値	平均値	
6-1	75	-	なし	44.87	213.33	31.47	
6-5	75	-	なし	38.77	218.67	36.87	
6-2	75	-	なし	7.89	202.00	35.57	
6-1	75	38	①	33.37	125.00	29.97	
6-5	75	32	①	測定不可	測定不可	測定不可	干渉により測定不可
6-2	75	25	①	測定不可	測定不可	測定不可	干渉により測定不可
6-3	75	112	②	44.53	201.00	30.03	
6-6	75	106	②	測定不可	測定不可	測定不可	干渉により測定不可
6-4	75	99	②	7.46	87.40	28.80	

表 3-91 基地局間距離 75m シミュレーション比較結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局データからの算出値	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
6-1	75	38	①	25.1	20.50	125.00	8	7	88.3
6-5	75	32	①	測定不可	測定不可	測定不可	-12	-	0
6-2	75	25	①	測定不可	測定不可	測定不可	4	4	54
6-3	75	112	②	25.8	21.00	201.00	16	13	146.7
6-6	75	106	②	測定不可	測定不可	測定不可	-4	-	0
6-4	75	99	②	10.7	8.73	87.40	10	8	102.9

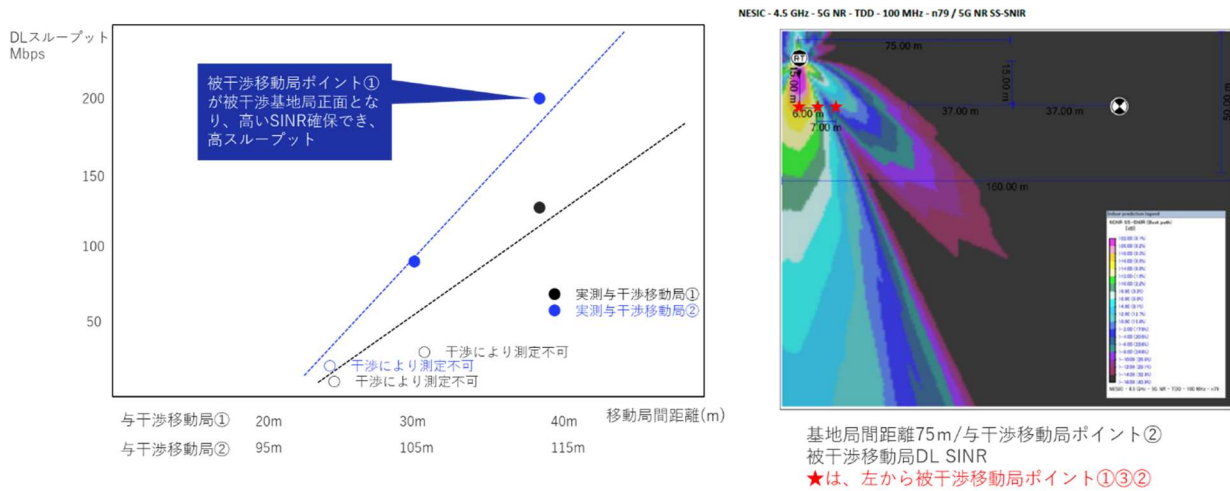


図 3-147 基地局間距離 75m/与干渉移動局ポイント①② 移動局間距離 vs 被干渉移動局 DL スループット

表 3-41 に記載の通り、移動局間干渉に必要な離隔距離は 691m であり、通信に十分な無線環境を得るには厳しい位置関係であることがわかる。

図 3-147 左図においては、被干渉基地局の正面（被干渉移動局ポイント①（測定点 ID 6-1））においては、プラス（+）の DL SINR 値が確保できるものの（表 3-89 参照）、正面から数 m ずれが生じる位置（被干渉移動局ポイント②（測定点 ID 6-5）③（測定点 ID 6-2））においては、与干渉移動局からの干渉によりマイナス（-）の DL SINR となり、正常な通信を確保できない状況となる。これは、シミュレーション結果と一致する。

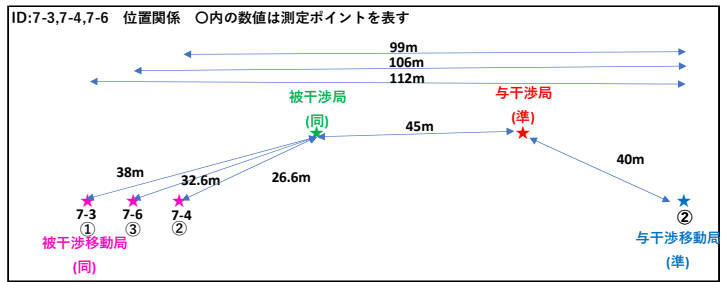
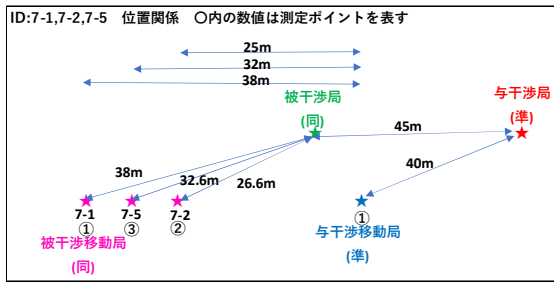


図 3-148 移動局干渉 基地局間距離 45m 位置関係

表 3-92 基地局間距離 45m_同期局電界測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	与干渉移動局位置	移動局間距離 [m]	被干渉 (同期局)					備考
				同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					
				中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	
7-1	45	なし	-	-89.4	-89.73	1.62	-92.00	-87.80	
7-5	45	なし	-	-88.1	-88.25	1.39	-90.20	-86.60	
7-2	45	なし	-	-84.3	-84.63	2.20	-87.70	-82.10	
7-1	45	①	38	-90.5	-90.89	1.86	-93.30	-89.00	
7-5	45	①	32	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
7-2	45	①	25	-83.9	-84.15	2.03	-86.70	-81.80	
7-3	45	②	112	-92.8	-92.95	1.67	-95.10	-90.90	
7-6	45	②	106	-89.3	-89.53	1.60	-91.70	-87.70	
7-4	45	②	99	-83.6	-83.95	2.07	-86.80	-81.50	

表 3-93 基地局間距離 45m 同期局電波干渉測定結果

測定点 ID	基地局間距離[m]	与干渉移動局位置	移動局間距離[m]	被干渉（同期局）	
				同期 DL SINR [dB]	同期 UL SINR [dB]
				基地局データからの算出値	基地局表示値
7-1	45	なし	-	17.6	5.13
7-5	45	なし	-	16.0	4.10
7-2	45	なし	-	17.5	12.50
7-1	45	①	38	測定不可	干渉により測定不可
7-5	45	①	32	測定不可	干渉により測定不可
7-2	45	①	25	測定不可	干渉により測定不可
7-3	45	②	112	測定不可	干渉により測定不可
7-6	45	②	106	測定不可	接続不可
7-4	45	②	99	測定不可	干渉により測定不可

表 3-94 基地局間距離 45m_与干渉(準同期局)電界測定、電波干渉測定結果

測定点 ID	被干渉端末と与干渉端末との距離 [m]	基地局間距離 [m]	被干渉移動局位置	与干渉（TDD3）	
				準同期 DL RSRP 実測値 [dB]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]
				平均値	平均値
7-1	38	45	①	-88.55	0.60
7-5	112	45	①	-85.21	12.25
7-2	25	45	②	-78.12	3.78
7-3	99	45	②	-89.01	1.89
7-6	32	45	③	-84.25	2.92
7-4	106	45	③	-78.17	3.74

表 3-95 基地局間距離 45m_通信品質測定結果

測定点 ID	基地局 間距離 [m]	移動局 間距離 [m]	与干渉 移動局 位置	同期 UL 伝送 スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL 伝送 スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]	備考
				平均値	平均値	平均値	
7-1	45	-	なし	8.40	242.33	36.50	
7-5	45	-	なし	8.71	257.33	37.33	
7-2	45	-	なし	41.17	251.67	32.07	
7-1	45	38	①	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	
7-5	45	32	①	接続不可	接続不可	接続不可	
7-2	45	25	①	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	
7-3	45	112	②	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	
7-6	45	106	②	接続不可	接続不可	接続不可	
7-4	45	99	②	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	干渉により 測定不可	

表 3-96 基地局間距離 45m シミュレーション比較結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局データからの算出値	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
7-1	45	38	①	測定不可	干渉により測定不可	干渉により測定不可	-16	-	0
7-5	45	32	①	測定不可	接続不可	接続不可	-16	-	0
7-2	45	25	①	測定不可	干渉により測定不可	干渉により測定不可	-14	-	0
7-3	45	112	②	測定不可	干渉により測定不可	干渉により測定不可	-6	-	0
7-6	45	106	②	測定不可	接続不可	接続不可	-2	-	0
7-4	45	99	②	測定不可	干渉により測定不可	干渉により測定不可	-4	-	0

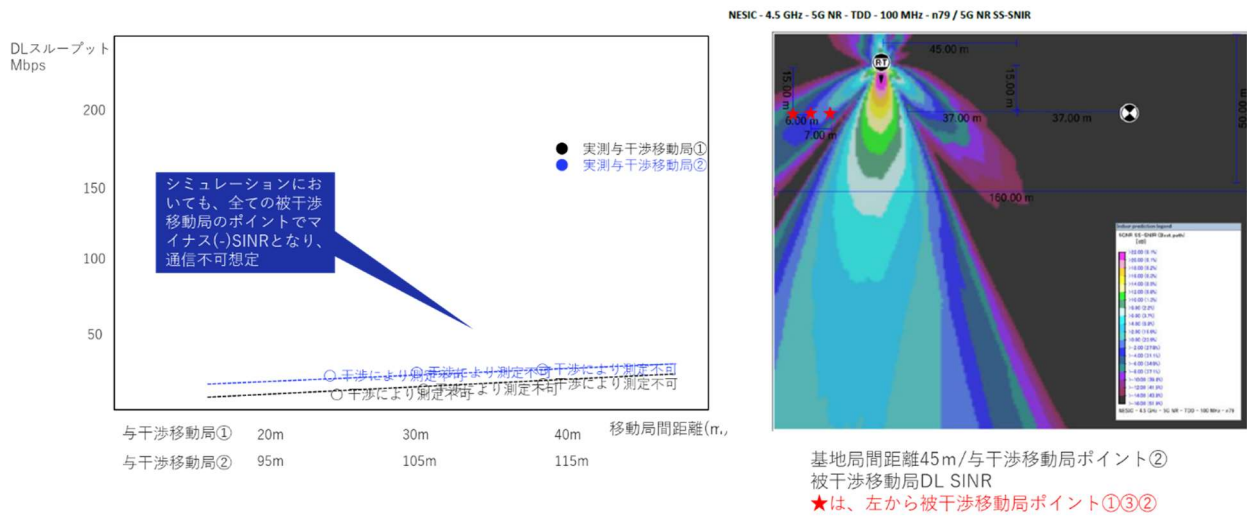


図 3-149 基地局間距離 45m/与干渉基地局ポイント①②移動局間距離 vs 被干渉移動局 DL スループット

基地局間距離 45m/与干渉移動局ポイント①（測定点 ID 7-1 / 7-5 / 7-2）②（測定点 ID 7-3 / 7-6 / 7-4） 移動局間距離 vs 被干渉移動局 DL スループットにおいては、被干渉基地局正面からのずれが大きく（希望波の低下）、基地局間距離 45m が評価計画上最も短い（近い）ことにより与干渉移動局からの干渉の影響を大きく受けることで、移動局間距離 25m/32m/38m の全ての距離において通信を確立することはできなかった。

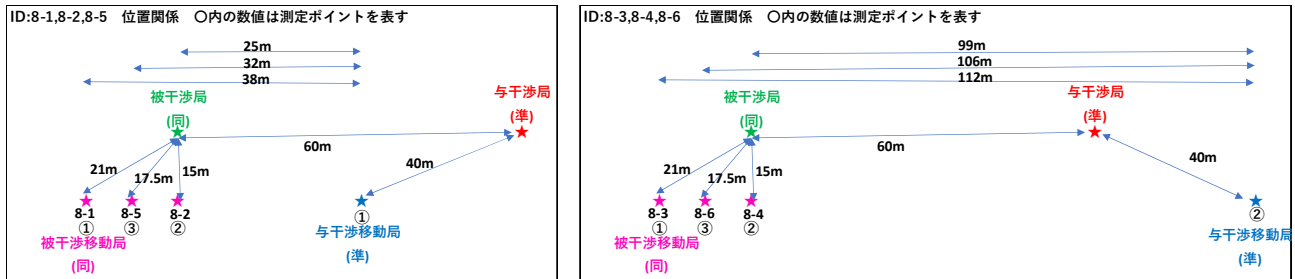


図 3-150 移動局干渉 基地局間距離 60m 位置関係

表 3-97 基地局間距離 60m_同期局電界測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	与干渉移動局位置	移動局間距離 [m]	被干渉（同期局）					備考
				同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					
				中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	
8-1	60	なし	-	-87.5	-87.68	1.88	-90.00	-85.60	
8-5	60	なし	-	-89.5	-89.52	1.16	-90.90	-88.00	
8-2	60	なし	-	-79.9	-79.71	1.78	-81.90	-77.30	
8-1	60	①	38	-87.6	-87.95	2.96	-91.90	-84.60	
8-5	60	①	32	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	
8-2	60	①	25	-79.7	-79.84	1.90	-82.30	-77.50	
8-3	60	②	112	-86	-86.39	2.22	-89.40	-83.83	
8-6	60	②	106	-90.2	-90.70	2.63	-94.30	-88.00	
8-4	60	②	99	-83.5	-84.18	3.83	-89.47	-79.80	

表 3-98 基地局間距離 60m 同期局電波干渉測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	与干渉移動局位置	移動局間距離 [m]	被干渉 (同期局)	
				同期 DL SINR [dB]	同期 UL SINR [dB]
				基地局データからの算出値	基地局表示値
8-1	60	なし	-	17.7	5.03
8-5	60	なし	-	12.9	3.07
8-2	60	なし	-	23.3	16.23
8-1	60	①	38	18.4	3.45
8-5	60	①	32	測定不可	干渉により測定不可
8-2	60	①	25	21.5	15.40
8-3	60	②	112	16.2	4.13
8-6	60	②	106	測定不可	接続不可
8-4	60	②	99	23.3	15.47

表 3-99 基地局間距離 60m 与干渉(準同期局)電界測定、電波干渉測定結果

測定点 ID	被干渉端末と与干渉端末との距離 [m]	基地局間距離 [m]	被干渉移動局位置	与干渉 (TDD3)	
				準同期 DL RSRP 実測値 [dB]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]
				平均値	平均値
8-1	38	60	①	-89.71	-2.38
8-5	112	60	①	-84.42	14.27
8-2	25	60	②	-81.28	-2.85
8-3	99	60	②	-90.33	-4.25
8-6	32	60	③	-84.66	4.06
8-4	106	60	③	-79.21	3.11

表 3-100 基地局間距離 60m 通信品質測定結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 UL 伝送スループット実測値 [Mbps]	同期 DL 伝送スループット実測値 [Mbps]	伝送遅延*実測値 [msec]	備考
				平均値	平均値	平均値	
8-1	60	-	なし	12.13	222.00	32.73	
8-5	60	-	なし	8.06	239.33	33.03	
8-2	60	-	なし	45.50	220.00	35.63	
8-1	60	38	①	8.29	181.50	30.05	
8-5	60	32	①	接続不可	接続不可	接続不可	
8-2	60	25	①	38.23	142.67	29.53	
8-3	60	112	②	11.00	165.67	31.03	
8-6	60	106	②	接続不可	接続不可	接続不可	
8-4	60	99	②	45.43	203.67	30.77	

表 3-101 基地局間距離 60m シミュレーション比較結果

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局データからの算出値	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
8-1	60	38	①	18.4	15.0	181.50	-12	-	0
8-5	60	32	①	測定不可	接続不可	接続不可	-4	-	0
8-2	60	25	①	21.5	17.50	142.67	2	2	27
8-3	60	112	②	16.2	13.17	165.67	-4	-	0
8-6	60	106	②	測定不可	接続不可	接続不可	8	7	88.3
8-4	60	99	②	23.3	19.00	203.67	14	12	168.5

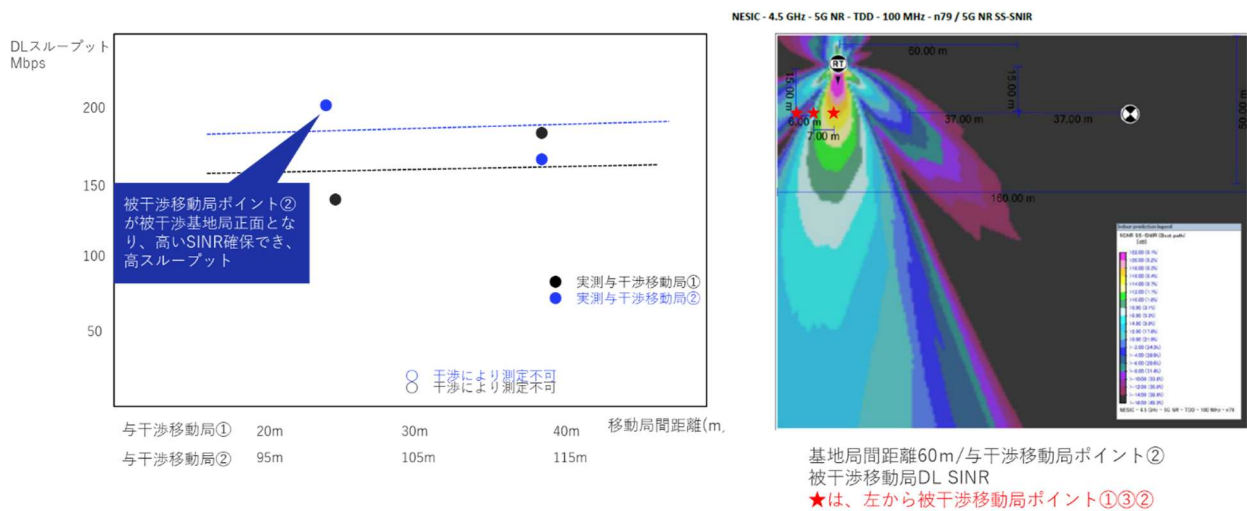


図 3-151 基地局間距離 60m/与干渉基地局ポイント①②移動局間距離 vs 被干渉移動局 DL スループット

基地局間距離 60m/与干渉移動局ポイント① (測定点 ID 8-1 / 8-5 / 8-2) ② (測定点 ID 8-3 / 8-6 / 8-4) 移動局間距離 vs 被干渉移動局 DL スループットにおいては、被干渉基地局の正面に近い移動局間距離 25m ポイントでは、プラス (+) の SINR 値が確保でき通信可能であるが、正面から数 m ずれが生じる位置においては、与干渉移動局からの干渉によりマイナス (-) の SINR となり、正常な通信を確保できない状況となり、シミュレーション結果と一致する。

b. 移動局間干渉に対する考察

移動局間干渉では、被干渉システム (同期移動局 DL) に与干渉移動局 (準同期 UL) が影響を与えることにより、被干渉システム (同期移動局 DL) のスループットが低下することが想定されたが、今回の実証では、移動局間距離 (必要な離隔距離 691m) が十分に取れないこともあり、厳しい無線環境条件の試験であったため、与干渉移動局 (準同期移動局) からのスロット間干渉よりも同一周波数による干渉の影響が支配的であった。このことは、基地局間距離が近づくに従い、UL-SINR の悪化 (被干渉基地局 UL への干渉) が顕著にみられることから確認できる。下記表参照。

表 3-102 移動局間干渉 UL-SINR の悪化

被干渉同期基地局 UL 基地局間距離	被干渉端末-与干渉端 末との距離	UL-MCS	UL-SINR
75m	112m	10.57	14.97
	38m	7.4	10.73
60m	112m	2.83	4.13
	38m	1.7	3.45
45m	112m	測定不可	測定不可
	38m	測定不可	測定不可

このため、与干渉移動局干渉により UL/DL ともにスループット低下（通信が確立できないポイント）が発生した。本事象の回避のためには、与干渉移動局 UL の最大送信電力制限値を抑える（合わせて UL/DL のバランスをとるために基地局送信電力の縮小も重要）が必要となる。

今回の測定結果では、移動局間距離 112m 位置で最良の値（干渉が最も低い値）となり、この離隔位置において、UL スループットで与干渉システムによる干渉影響のない状態から 99%という結果が得られた。（ただし、被干渉基地局正面エリアのみ）併設基地局の正面（半値角内）から外れると急激に干渉を受けるため、併設のセル設計においては、移動局間干渉についての影響を十分に考慮した設計を行う必要がある。

ローカル 5G 併設運用では、移動局間干渉による影響を受けやすい状況が想定されるが、近接運用の場合、移動局間距離を 100m 程確保した上で基地局正面エリア（アンテナ半値角内）40m 程度が通信可能なエリアであり、この考えに基づき設置したい場所で基地局アンテナを調整することで運用が可能となる。

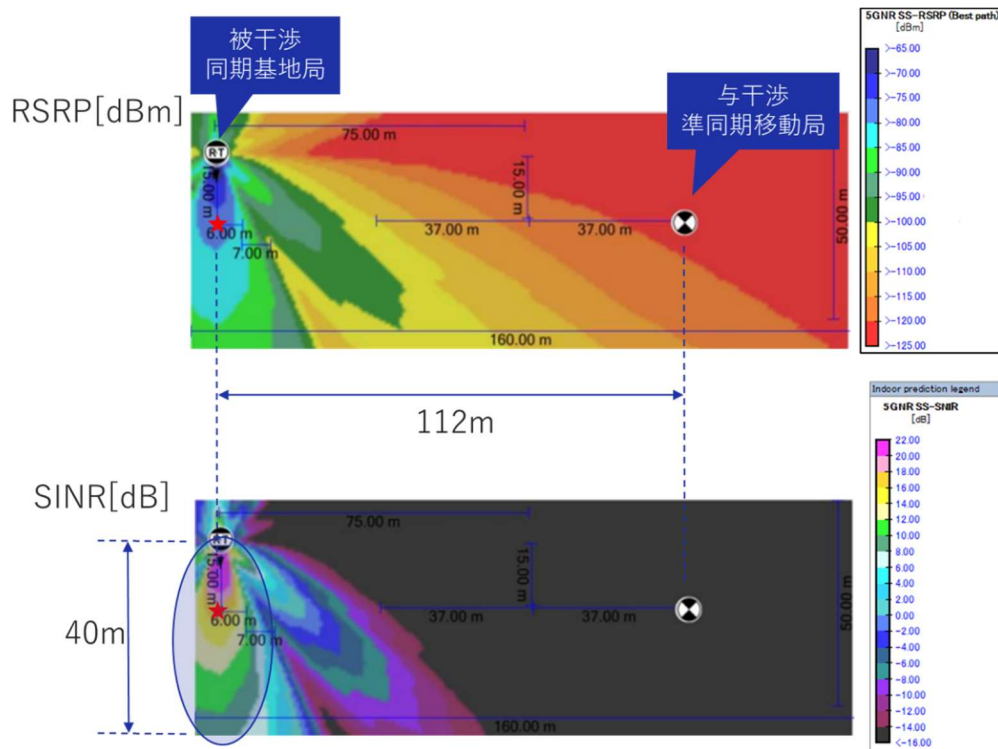


図 3-152 一次的運用可能エリア

c. 移動局間干渉における理論値（期待値）スループットとの差分検証

実測値が、シミュレーション結果より良い値で確認されているが、これは、移動局の位置関係により、シミュレーション時の想定 SINR より良い値となっていることによるものである。

例として以下 2 ポイント（測定点 ID 6-1/6-3 下記表内赤表示）について考察する。

表 3-103 基地局間距離 75m_シミュレーション比較結果(再掲)

測定点 ID	基地局間距離 [m]	移動局間距離 [m]	与干渉移動局位置	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局データからの算出値	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
6-1	75	38	①	25.1	20.50	125.00	8	7	88.3
6-5	75	32	①		測定不可	測定不可	-12	-	0
6-2	75	25	①		測定不可	測定不可	4	4	54
6-3	75	112	②	25.8	21.00	201.00	16	13	146.7
6-6	75	106	②		測定不可	測定不可	-4	-	0
6-4	75	99	②	10.7	8.73	87.40	10	8	102.9

38m 地点（測定点 ID 6-1）では、移動局からの与干渉波が想定よりも 10dB 低いため、計算値 SINR8 から+10dB で 18dB（この時の DL MCS15 / 想定スループット 185.5Mbps）90%Rate で、想定 167Mbps となる。

112m 地点（測定点 ID 6-3）では、移動局からの与干渉波が想定よりも 5dB 低いため、計算値 SINR16 から+5dB で 21dB（この時の DL MCS17 / 想定スループット 214Mbps）90%Rate で、想定 192.6Mbps となる。

下記に、移動局の位置関係からの与干渉波の影響を図示する。図内赤丸は移動局を表す。シミュレーション時の移動局アンテナパターンは同心円となるオムニアンテナでの実施。本図アンテナパターンは、使用した移動局のアンテナパターンを実測したものである。

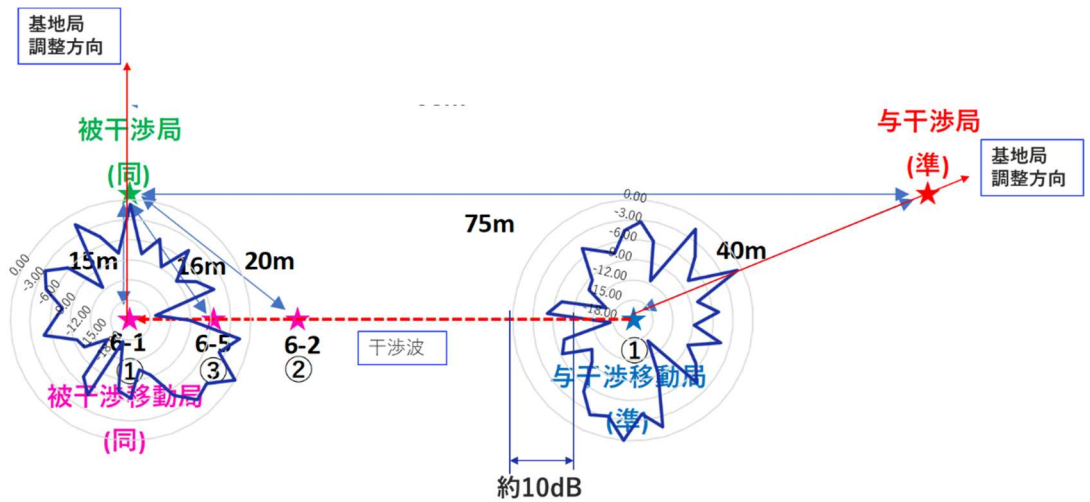


図 3-153 移動局間干渉 測定点 6-3 時の位置関係アンテナパターン(水平面)

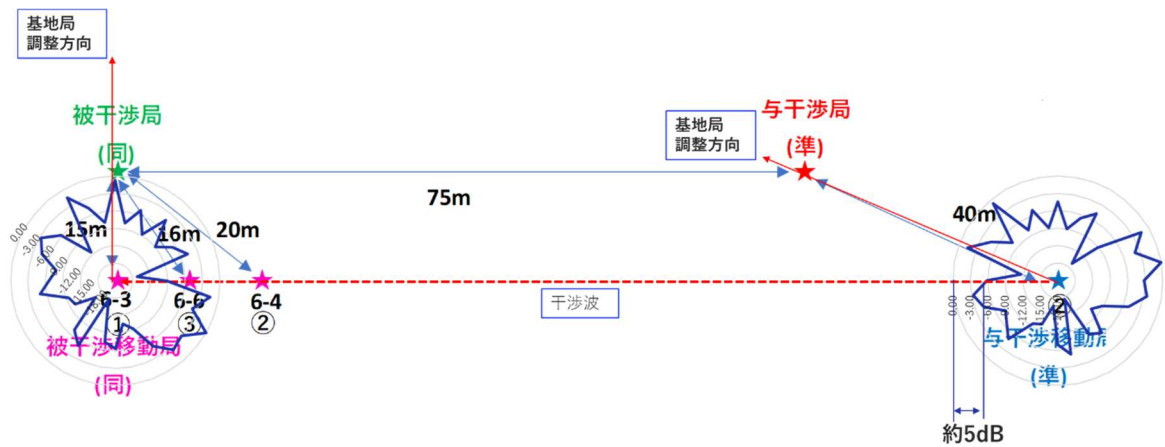


図 3-154 移動局間干渉 測定点 6-3 時の位置関係アンテナパターン(水平面)

4) サイトエンジニアリングによる移動局間干渉軽減測定

a. 測定結果

本実証においては、移動局間干渉にて使用した下記パターンの位置関係において、与干渉移動局（準同期局）の移動局最大送信電力制御値を下げることにより、被干渉基地局への干渉影響度を確認した。移動局最大送信電力値を下げる方法として、基地局におけるパラメータ（P-max）を設定変更し、基地局からの報知情報（SIB1）にて移動局へ通知させることで本設定変更を実施した。（この時、UL/DL のパワーバランスをとるため、基地局の送信電力もあわせて下げる設定

としている。)

- 基地局間距離 75m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 38m (測定点 ID 6-1)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- 基地局間距離 75m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 112m (測定点 ID 6-3)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- 基地局間距離 60m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 38m (測定点 ID 8-1)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- 基地局間距離 60m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 112m (測定点 ID 8-3)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- 基地局間距離 45m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 25m (測定点 ID 7-2)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm
- 基地局間距離 45m/与干渉基地局ポイント②/移動局間距離 99m (測定点 ID 7-4)
与干渉移動局最大送信電力 20dBm/17dBm/14dBm

表 3-104 サイトエンジニアリング_電界測定結果

測定点 ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	被干渉 (同期)					与干渉 (準同期)
				同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]
				中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	平均値
6-1	75	14	9	-79.1	-79.44	2.15	-80.90	-77.80	-96.40
6-1	75	17	6	-78	-78.56	2.34	-81.30	-76.20	-97.25
6-1	75	20	3	-77	-77.62	2.44	-80.59	-75.60	-92.91
6-3	75	14	9	-78.4	-78.69	2.08	-80.80	-76.70	-
6-3	75	17	6	-80.9	-81.10	2.21	-83.50	-78.50	-96.80
6-3	75	20	3	-84.1	-83.87	5.01	-90.10	-77.20	-93.25
8-1	60	14	9	-96.7	-97.26	4.52	-104.00	-91.80	-102.21
8-1	60	17	6	-98.1	-97.95	4.90	-104.40	-91.60	-99.30
8-1	60	20	3	-95	-96.04	4.23	-102.20	-91.50	-94.24
8-3	60	14	9	-98.3	-98.83	4.04	-104.20	-93.80	-98.55
8-3	60	17	6	-97.1	-97.96	4.58	-104.16	-93.00	-98.21
8-3	60	20	3	-94.9	-96.48	4.16	-103.10	-93.00	-93.27
8-2	60	14	9	-81	-80.76	1.41	-82.00	-78.60	-93.53
8-2	60	17	6	-80.6	-80.14	2.01	-81.80	-77.60	-90.84
8-2	60	20	3	-81	-80.85	1.75	-82.60	-78.70	-86.66

測定点 ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	被干渉 (同期)					与干渉 (準同期)
				同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]
				中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	平均値
8-4	60	14	9	-78.4	-78.85	1.43	-81.00	-77.40	-
8-4	60	17	6	-76.1	-76.13	1.36	-76.70	-75.30	-
8-4	60	20	3	-77	-77.79	2.94	-80.10	-76.00	-89.71

表内の DAS-pmax が移動局の最大送信電力制限値を表す。23(dBm) が初期値であり、20(dBm), 17(dBm), 14(dBm) と移動局の最大送信電力を制限している。DL-Atten は基地局内部の送信電力減衰量を表し、移動局の制限と同じだけ基地局からの送信電力を制限している。

表 3-105 より DL-Atten を 9→6→3 と変更することにより基地局の送信電力を減衰させることで準同期 DL の RSRP も減衰していることがわかる。(例: ID8-1 -102.21 (DL-Atten:9) → -99.30 (DL-Atten:6) → -94.24 (DL-Atten:3))

表 3-105 サイトエンジニアリング 電波干渉測定結果

測定点 ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	被干渉 (同期)		与干渉 (準同期)
				同期 DL SINR [dB]		準同期 DL SINR 実測値 [dB]
				基地局データからの算出値		平均値
6-1	75	14	9	17.7		-11.92
6-1	75	17	6	17.6		-10.08
6-1	75	20	3	23.3		-11.72
6-3	75	14	9	-		-
6-3	75	17	6	15.1		-11.77
6-3	75	20	3	16.8		-4.93
8-1	60	14	9	-		-5.55
8-1	60	17	6	-		-2.37
8-1	60	20	3	-		0.10
8-3	60	14	9	-		-1.54
8-3	60	17	6	-		-1.94
8-3	60	20	3	-		3.09

測定点 ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	被干渉（同期）	与干渉（準同期）
				同期 DL SINR [dB]	準同期 DL SINR 実測値 [dB]
				基地局データからの算出値	平均値
8-2	60	14	9	-	-10.88
8-2	60	17	6	-	-9.87
8-2	60	20	3	-	-6.53
8-4	60	14	9	-	-
8-4	60	17	6	-	-
8-4	60	20	3	-	-9.59

表内の DAS-pmax が移動局の最大送信電力制限値を表す。23(dBm) が初期値であり、20(dBm), 17(dBm), 14(dBm) と移動局の最大送信電力を制限している。DL-Atten は基地局内部の送信電力減衰量を表し、移動局の制限と同じだけ基地局からの送信電力を制限している。

表 3-106 サイトエンジニアリング 通信品質測定結果

測定点 ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
				平均値	平均値	平均値
6-1	75	14	9	84.63	253.00	39.03
6-1	75	17	6	45.57	221.33	29.73
6-1	75	20	3	45.30	152.67	33.63
6-3	75	14	9	※	※	※
6-3	75	17	6	39.53	223.33	34.60
6-3	75	20	3	45.48	219.20	38.10
8-1	60	14	9	-	-	-
8-1	60	17	6	-	-	-
8-1	60	20	3	-	-	-
8-3	60	14	9	-	-	-
8-3	60	17	6	-	-	-
8-3	60	20	3	-	-	-
---8-2	60	14	9	-	-	-

測定点 ID	基地局 間距離	DAS-pmax	DL Atten	同期 UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
				平均値	平均値	平均値
8-2	60	17	6	-	-	-
8-2	60	20	3	-	-	-
8-4	60	14	9	-	-	-
8-4	60	17	6	-	-	-
8-4	60	20	3	-	-	-

表内の DAS-pmax が移動局の最大送信電力制限値を表す。23(dBm) が初期値であり、20(dBm), 17(dBm), 14(dBm) と移動局の最大送信電力を制限している。DL-Atten は基地局内部の送信電力減衰量を表し、移動局の制限と同じだけ基地局からの送信電力を制限している。

※測定点 ID 6-3 DAS-pmax14/DL Atten9 では、与干渉である準同期側にて送信電力及び移動局最大送信電力制限値を下げたことで、与干渉移動局がアタッチできなくなってしまうため、干渉測定を行っていない。

表 3-107 移動局間干渉サイトエンジニアリング_シミュレーション比較結果

測定点 ID	基地局 間距離 [m]	DAS-pmax	DL Atten	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局 データからの算出値	基地局 表示	平均値	計算値	計算値	計算値
6-1	75	14	9	17.7	14.40	253.00	18	15	185.5
6-1	75	17	6	17.6	14.33	221.33	16	13	153.9
6-1	75	20	3	23.3	19.00	152.67	12	10	88.3
6-3	75	14	9	※	※	※	22	18	224.2
6-3	75	17	6	15.1	12.33	223.33	22	18	224.2
6-3	75	20	3	16.8	13.72	219.20	22	18	224.2
8-1	60	14	9	-	-	-	-2	-	0
8-1	60	17	6	-	-	-	-6	-	0
8-1	60	20	3	-	-	-	-8	-	0
8-3	60	14	9	-	-	-	6	5	68.7

測定点 ID	基地局間距離 [m]	DAS-pmax	DL Atten	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット実測値 [Mbps]	同期 DL SINR [dB]	同期 DL MCS	同期 DL 伝送スループット [Mbps]
				基地局データからの算出値	基地局表示	平均値	計算値	計算値	計算値
8-3	60	17	6	-	-	-	4	3	39.3
8-3	60	20	3	-	-	-	2	2	27
8-2	60	14	9	-	--	--	14	11	132.1
8-2	60	17	6	-	-	-	12	10	124.8
8-2	60	20	3	-	-	-	8	7	88.3
8-4	60	14	9	-	-	-	22	18	224.2
8-4	60	17	6	-	-	-	22	18	224.2
8-4	60	20	3	-	-	-	20	16	204.9

※測定点 ID 6-3 DAS-pmax14/DL Atten9 では、与干渉である準同期側にて送信電力及び移動局最大送信電力制限値を下げたことで、与干渉移動局がアタッチできなくなってしまったため、干渉測定を行っていない。

基地局間距離 75m での移動局間距離が大きく取れるケースにおいてかろうじてスループット測定が可能であったが、基地局間距離 60m/与干渉移動局最大送信電力 17dBm/20dBm のケースでは、被干渉システムの負荷をかける（データを流す）とデータ通信が止まる。

基地局間距離 60m/与干渉移動局最大送信電力 14dBm のケースでは、アタッチはできるがデータ通信ができないという事象が見られた。同期 DL SINR が概ね 14dB を下回ると通信不能になっている。

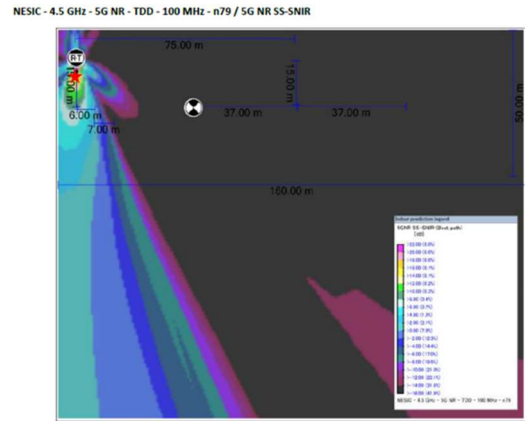
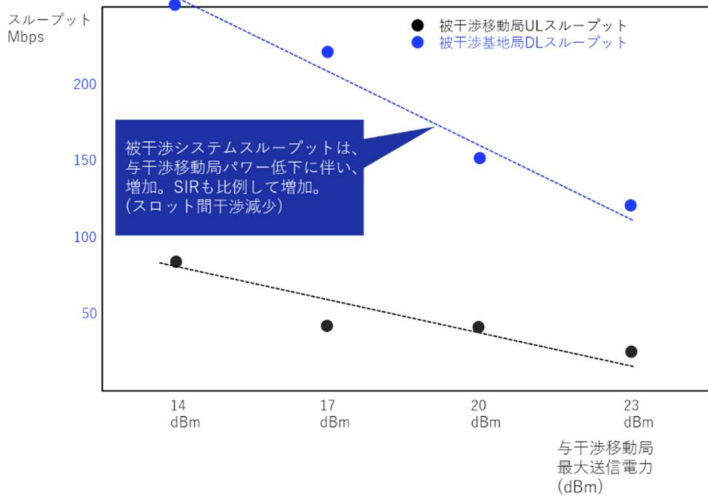
b. サイトエンジニアリングによる移動局間干渉軽減に対する考察

スループット測定データが得られたケースからは、以下のことが確認できる。

与干渉移動局（準同期移動局 UL）の最大送信電力制限値を順に下げっていくことで、被干渉システムへの干渉が軽減される方向に働き、被干渉システムの UL/DL スループットともに改善する方向になる。

これはシミュレーション結果と同じ傾向である。

基地局間距離75m/与干渉基地局ポイント①/移動局間距離 38m
与干渉移動局最大送信電力14dBm/17dBm/20dBm/23dBm



基地局間距離75m/与干渉移動局ポイント①
被干渉移動局DL SINR
★は、ポイント①スループット測定点

測定点ID	基地局間距離	DAS-pmax	DL Atten	与干渉 (同期) PCI 400		与干渉 (TDD3) PCI 500		UL伝送スループット	DL伝送スループット
				同期 DL RSRP 実測値 [dB]	同期 DL SINR 実測値 [dB]	同期 DL RSRP 実測値 [dB]	同期 DL SINR 実測値 [dB]	平均値	平均値
				中央値	中央値	中央値	中央値		
6-1	75	14	9	-79.1	16.10	-96.05	-11.80	84.63	253.00
6-1	75	17	6	-78	15.40	-96.2	-10.60	45.57	221.33
6-1	75	20	3	-77	14.60	-92.15	-11.75	45.30	152.67

図 3-155 移動局間干渉サイトエンジニアリング説明

今回の実証では、与干渉移動局（準同期局）の最大送信電力制限値を下げることで被干渉システムへの干渉が軽減されることは確認できたが、一方で相対的に与干渉システム側が、被干渉システム側の影響を強く受けることになる。（移動局間干渉の低減から間接的に与干渉側（準同期側）の性能低下が生じる）

そのため、同期システム保護の観点から準同期側の最大送信電力制限値を調整する場合には、準同期側への影響を考慮した上で、相互の調整（最適化）が必要である。

そのため、与干渉移動局（準同期局）の最大送信電力制限値を下げることに合わせて、アンテナチャルト、方位の変更も有効である。

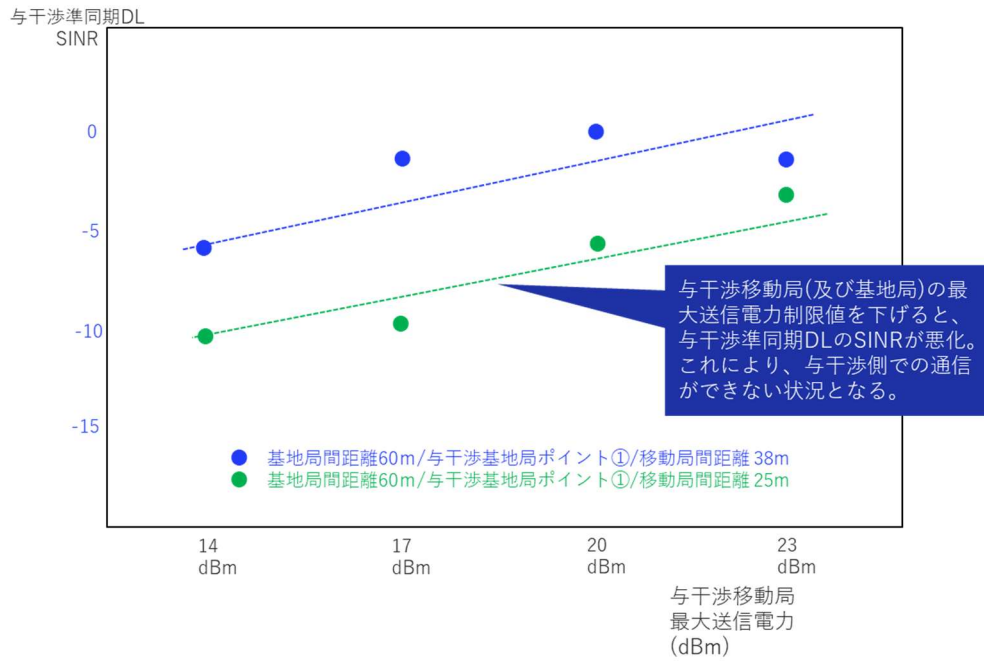


図 3-156 与干渉システムの相対的無線環境の悪化

また、与干渉移動局の最大送信電力制限値変化による被干渉基地局と与干渉基地局の SINR 関係はトレードオフの関係であることがわかる。下記の実データ 1 例グラフである。

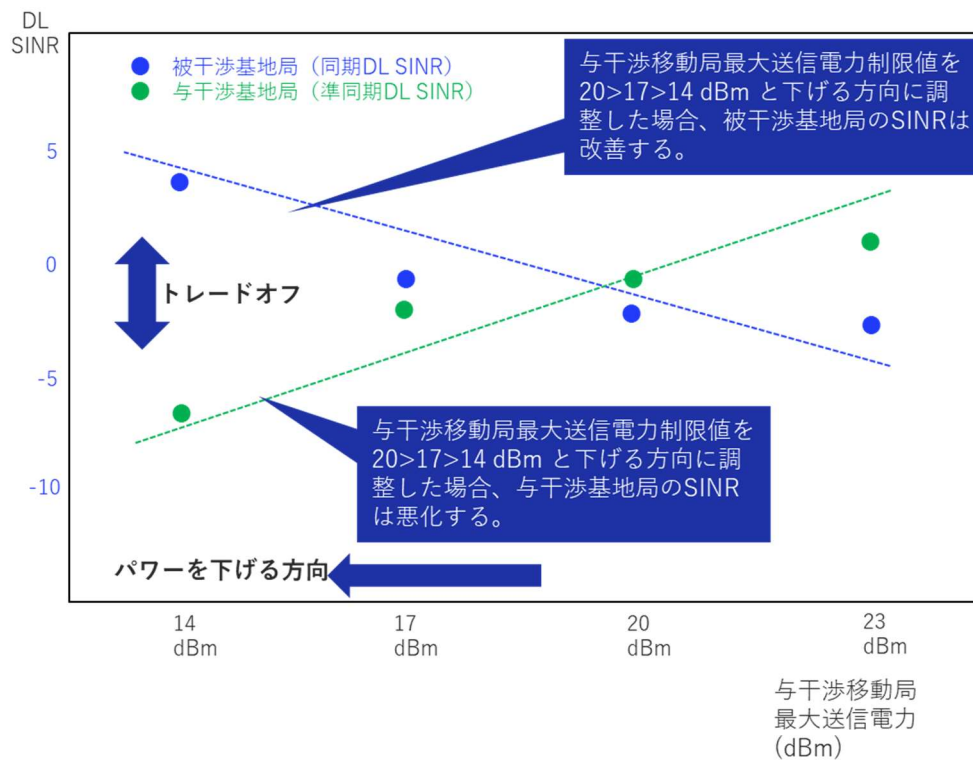


図 3-157 与干渉移動局最大送信電力 vs 各基地局 DL SINR

与干渉基地局（準同期 DL）SINR が下がるのは、与干渉移動局の最大送信電力制限値を下げるこ
とが直接作用しているのではなく、リンク確保の必要性から与干渉基地局（準同期基地局）の送
信出力を同じ値下げたことによって希望波レベルが下がったためである。

（参考）

同期システム、準同期システムでの DL SINR vs DL スループット の 2 軸グラフ（実測値）を
以下に示す。

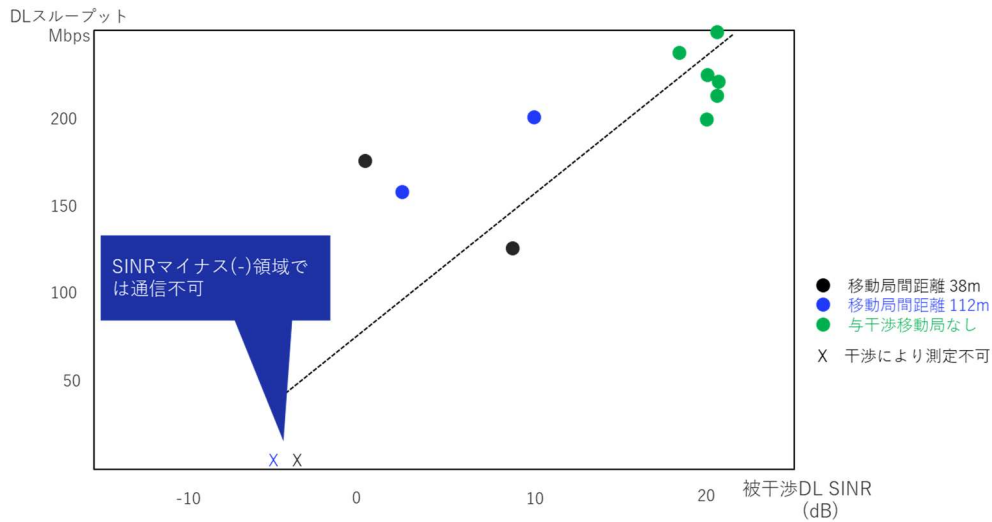


図 3-158 同期システム DL SINR vs 被干渉移動局 DL スループット

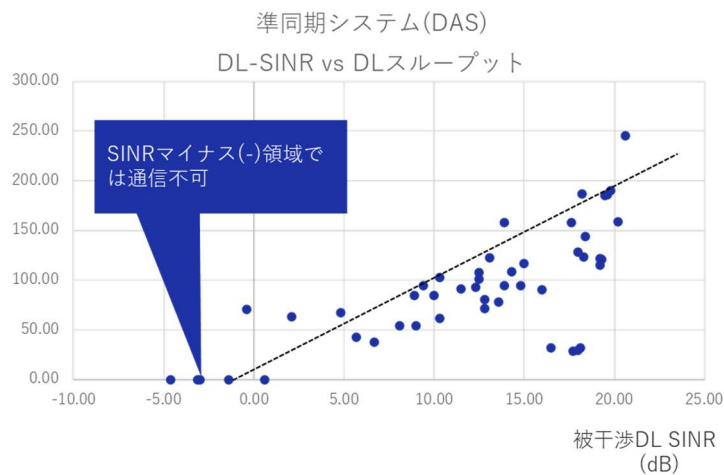


図 3-159 準同期システム DL SINR vs 被干渉移動局 DL スループット

SINR 20 で 200Mbps 前後の実測値が確認された。SINR マイナス (-) 領域では、通信不可とな
る。干渉による SINR マイナス (-) 領域を作らない様、エリア設計を行う必要がある。

5) 移動局-基地局間干渉測定結果

a. 測定結果

干渉影響そのものの測定は行えないため、被干渉局に対して、干渉を与える前後で測定を行い、差分を確認することで、干渉影響を検証する。

実機評価時の空中線電力設定値について示す。

表 3-108 実機評価時の空中線電力設定値(移動局-基地局間干渉)

種別	与干渉基地局	与干渉移動局	被干渉基地局	被干渉移動局
空中線電力	33.0dBm	23.0dBm	18.0dBm	23.0dBm

表 3-109 事前干渉なし(準同期局)電界、電波干渉測定結果

被干渉基地局と被干渉移動局との距離 [m]	被干渉移動局角度	被干渉 (準同期)									
		準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					準同期 DL SINR 実測値 [dB]				
		中央値	平均値	標準偏差	下位10%	上位10%	中央値	平均値	標準偏差	下位10%	上位10%
5	30	-81.7	-82.13	3.15	-86.00	-78.70	21.00	20.98	1.51	19.40	22.60
10	30	-88.65	-89.19	4.29	-94.31	-84.60	20.50	20.27	1.96	18.50	22.10
20	30	-87.6	-87.89	1.88	-90.40	-85.70	20.90	20.88	1.20	19.30	22.40
35	30	-89.3	-89.32	0.99	-90.60	-88.10	20.50	20.55	1.12	19.10	22.00

表 3-110 事前干渉なし(準同期局)通信品質測定結果

被干渉基地局と被干渉移動局との距離 [m]	被干渉移動局角度	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
		平均値	平均値	平均値
5	30	259.00	142.67	29.10
10	30	192.00	170.00	36.03
20	30	110.67	142.67	32.33
35	30	102.80	127.00	34.93

表 3-111 移動局-基地局間干渉試験 被干渉側電界、電波干渉測定結果

基地局間距離 [m]	被干渉基地局と被干渉移動局との距離 [m]	被干渉移動局角度	被干渉 (準同期) PCI 400									
			準同期 DL RSRP 実測値 [dBm]					準同期 DL SINR 実測値 [dB]				
			中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%
5	5	30	-80.9	-81.46	3.21	-85.90	-77.90	-2.90	-2.92	4.13	-8.70	2.20
5	10	30	-87.7	-88.25	3.47	-92.77	-84.50	-5.20	-5.27	3.09	-9.30	-1.40
5	20	30	-87.8	-87.71	1.74	-89.70	-85.30	-0.70	-0.47	3.00	-4.14	3.20
5	35	30	-92.5	-92.59	1.29	-94.30	-91.00	4.30	4.93	4.48	-0.30	11.60
10	5	30	-80.5	-80.48	1.77	-82.80	-78.20	1.50	1.47	2.57	-1.70	4.60
10	10	30	-85.5	-85.59	2.09	-88.20	-83.10	3.30	3.58	4.77	-2.20	9.90
10	20	30	-90.3	-90.86	2.58	-94.20	-88.10	-3.30	-3.39	3.04	-7.50	0.30
10	35	30	-90.5	-90.58	1.04	-92.00	-89.30	-2.10	-1.94	2.03	-4.40	0.80
20	5	30	-80.1	-80.59	2.47	-83.70	-78.10	5.70	5.37	3.52	1.20	9.00
20	10	30	-86.4	-86.82	4.66	-92.80	-81.60	-0.90	-1.42	4.40	-7.50	3.70
20	20	30	-86.6	-86.69	1.67	-89.00	-84.60	8.70	8.93	3.47	4.70	13.60
20	35	30	-89.2	-89.35	1.06	-90.90	-88.10	-3.40	-3.34	1.45	-5.20	-1.40
35	5	30	-81.2	-81.22	1.40	-83.00	-79.40	18.20	17.90	2.47	14.50	20.80
35	10	30	-88.6	-88.05	4.67	-94.24	-82.00	3.60	3.04	4.58	-3.40	8.40
35	20	30	-86.2	-86.33	1.34	-88.10	-84.70	1.50	1.64	1.67	-0.40	3.90
35	35	30	-89.5	-89.57	0.79	-90.70	-88.60	6.10	6.17	1.94	3.80	8.90

表 3-112 移動局-基地局間干渉試験 与干渉側電界、電波干渉測定結果

基地局間距離 [m]	被干渉基地局と被干渉移動局との距離 [m]	被干渉移動局角度	与干渉 (同期) PCI 500									
			同期 DL RSRP 実測値 [dB]					同期 DL SINR 実測値 [dB]				
			中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%	中央値	平均値	標準偏差	下位 10%	上位 10%
5	5	30	-79.1	-79.27	2.52	-82.30	-76.30	0.60	0.82	4.32	-4.50	7.10
5	10	30	-83.6	-83.37	2.48	-86.20	-80.00	3.40	3.91	4.40	-1.00	9.00
5	20	30	-88.2	-88.51	2.75	-91.90	-85.30	-1.90	-2.11	2.96	-6.00	1.59
5	35	30	-97.6	-98.67	4.67	-105.50	-93.60	-6.30	-6.49	3.45	-11.40	-2.20
10	5	30	-83.1	-83.37	2.82	-86.60	-80.10	-4.00	-4.00	2.57	-7.10	-0.80
10	10	30	-89.1	-90.15	4.55	-96.60	-85.30	-5.40	-5.29	3.83	-10.30	-0.30
10	20	30	-88.3	-88.47	2.11	-91.20	-86.00	0.70	0.86	3.21	-2.90	5.20
10	35	30	-89.7	-89.86	1.79	-92.30	-87.70	-0.60	-0.73	2.06	-3.40	1.90
20	5	30	-87.8	-87.90	2.93	-91.70	-84.30	-7.90	-7.43	3.28	-11.10	-3.40
20	10	30	-86.3	-86.45	1.73	-88.50	-84.60	-1.40	-0.70	5.14	-6.60	6.40
20	20	30	-97	-97.29	3.68	-102.38	-93.00	-9.70	-9.40	2.27	-12.18	-6.30
20	35	30	-87.1	-87.21	0.96	-88.50	-86.00	0.80	0.67	1.45	-1.30	2.50
35	5	30	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可
35	10	30	-92.8	-93.07	2.24	-96.00	-90.40	-4.60	-4.35	4.15	-9.60	1.20
35	20	30	-89.1	-89.32	1.49	-91.40	-87.60	-4.10	-4.26	1.75	-6.68	-2.12
35	35	30	-97.6	-97.99	2.98	-102.00	-94.50	-8.40	-8.40	2.10	-11.20	-5.70

表 3-113 移動局-基地局間干渉試験 通信品質測定結果

基地局間 距離 [m]	被干渉基地局と被干渉移動局との距離 [m]	被干渉移動局 角度	UL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	DL 伝送スループット 実測値 [Mbps]	伝送遅延* 実測値 [msec]
			平均値	平均値	平均値
5	5	30	126.00	79.20	30.97
5	10	30	50.13	96.67	30.53
5	20	30	54.23	114.67	31.47
5	35	30	46.30	125.67	35.10
10	5	30	126.33	94.70	34.50
10	10	30	85.90	106.00	32.10
10	20	30	54.87	96.93	32.67
10	35	30	39.13	61.37	34.43
20	5	30	191.67	70.10	30.63
20	10	30	153.67	149.67	32.70
20	20	30	123.33	117.67	32.17
20	35	30	83.03	101.33	31.83
35	5	30	208.67	124.00	33.03
35	10	30	165.00	172.67	31.67
35	20	30	106.67	111.33	30.63
35	35	30	100.40	127.67	33.27

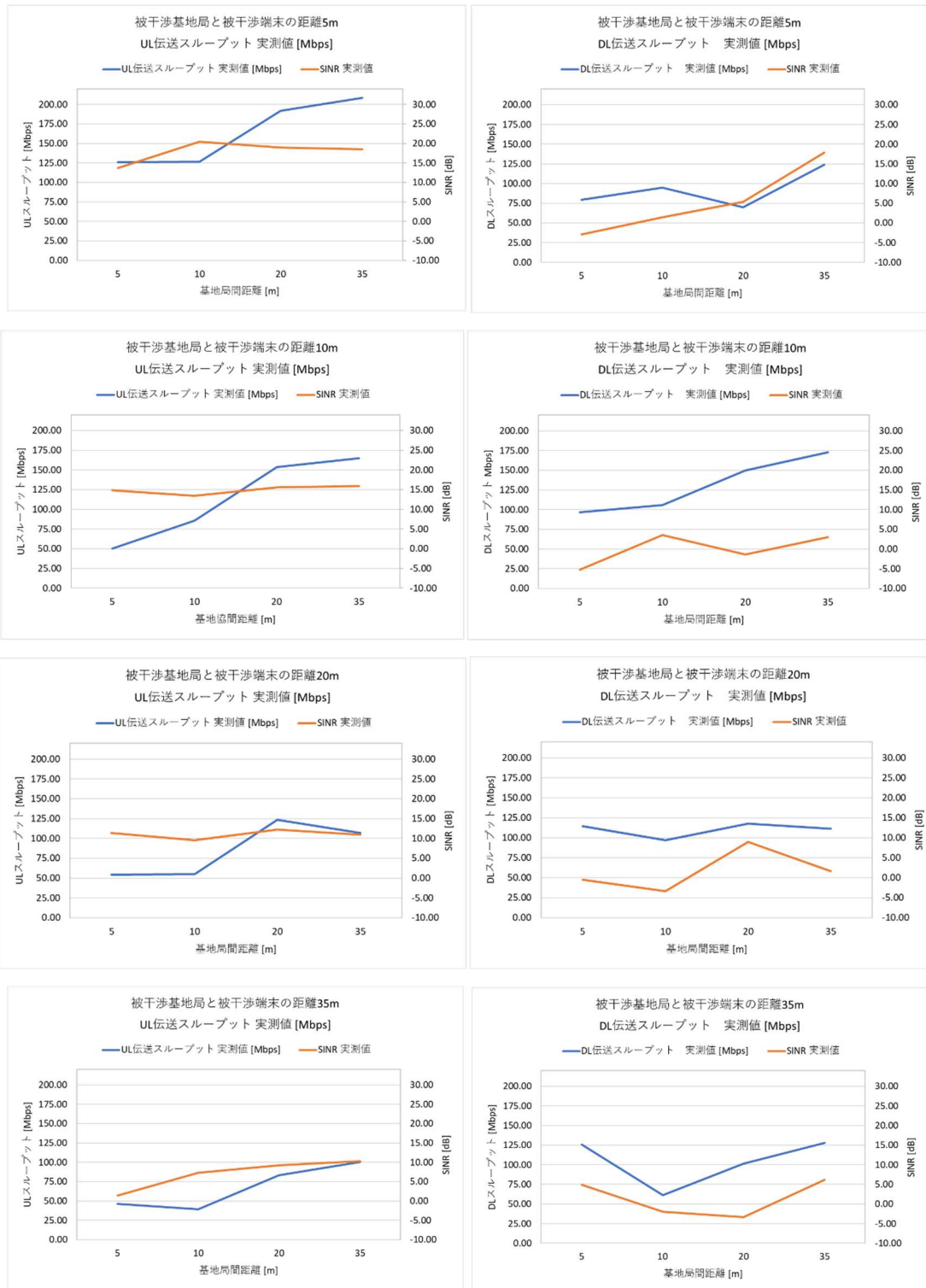


図 3-160 移動局-基地局間干渉における基地局間距離 vs スループット

b. 移動局-基地局間干渉に対する考察

図 3-160 の UL スループットグラフは、被干渉基地局と被干渉移動局を一定の距離の条件で基地局間距離を横軸にとったものである。被干渉システムが与干渉移動局から離れていく方向（干渉が少ない方向）へ動くため、スループットは増加する想定である。

結果からも、基地局間距離 5m→10m→20m→35m と与干渉移動局－被干渉基地局 の距離が遠くなるに伴い、UL スループットは増加傾向にあり、アンテナ設置位置を併設とした場合の基地局間距離を 35m まで離れた測定位置で干渉が最小となるデータとなっている。この離隔 35m 位置において、UL スループットで最良値から 81%～98%という結果が得られた。与干渉移動局（同期局 UL）から被干渉基地局（準同期 UL）への干渉影響が軽減していることがわかる。また、基地局間距離 5m～35m の全てのパターンで被干渉基地局－被干渉移動局 の距離が遠くなるに伴い、UL スループットは低下しており、これは単純に、距離に伴う受信レベル低下によるものであるため、想定の結果といえる。

与干渉移動局（同期局 UL）が与えるスロット間干渉はスロット配列から DL スループットには影響しない想定であり、今回の結果図 3-160 の DL スループットグラフでは、スループットはほぼ一定であり、想定した結果が得られている。

今回の実証から、今回の位置関係における移動局→基地局間干渉 は大きな影響はないとみられるが、より相互の基地局の離隔をとることでより良い無線環境を構築できることがわかる。

ただし、今回のケースでは、与干渉基地局と与干渉移動局の距離が近い（7m）ために同システム内の電力制御により与干渉移動局の送信電力が抑えられており（約 0dBm）、移動局干渉の影響を低く抑えられている。下記、与干渉移動局（準）送信電力 参照

No.	Tx Pow Cpout(dBm) スペアナ読値	ロス補正後 Tx Pow(dBm)
1	-33.75	-0.45
2	-34.68	-1.38
3	-35.54	-2.24
4	-34.15	-0.85
5	-34.22	-0.92
Average	-34.468	-1.168

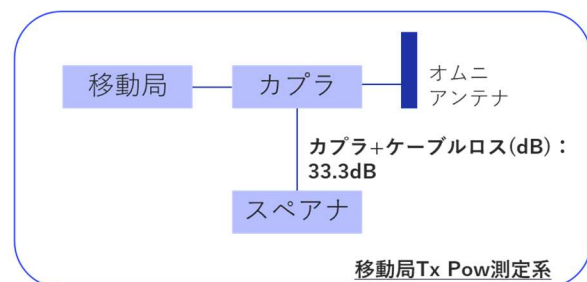


図 3-161 与干渉移動局(準)送信電力

与干渉移動局の位置次第（より遠方となった場合）では、移動局の送信電力が最大 23dBm まで上がるため、移動局間干渉による影響が顕著に表れる。このため、移動局間干渉を考慮に入れる必要が発生する。下記シミュレーションは、与干渉移動局の送信電力が最大（23dBm）での結果であり、このケースでも被干渉システム側は通信良好であり、通信エリアを分けて利用するケースでは、基地局間を 35m 離すことで、良好なエリアが比較的広範囲に取れる。

※下記シミュレーション参照

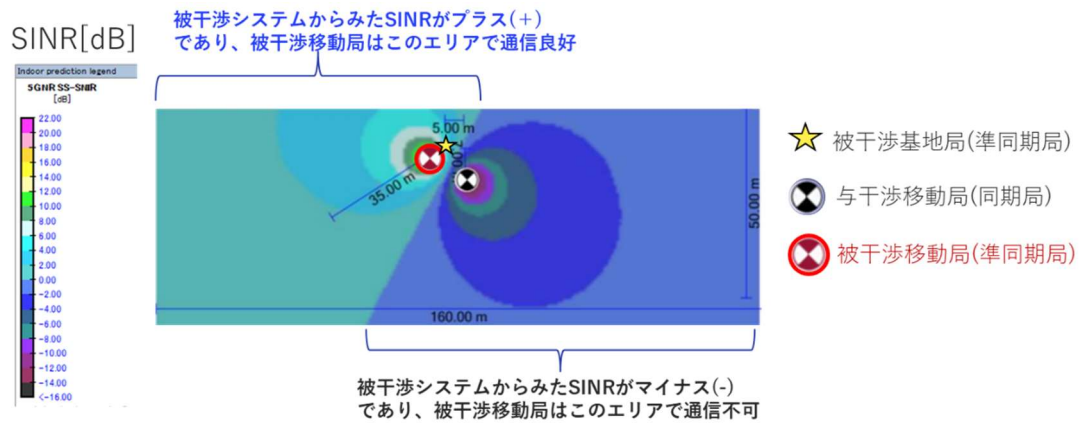


図 3-162 基地局間距離 5m 与干渉移動局~被干渉移動局 5m の場合

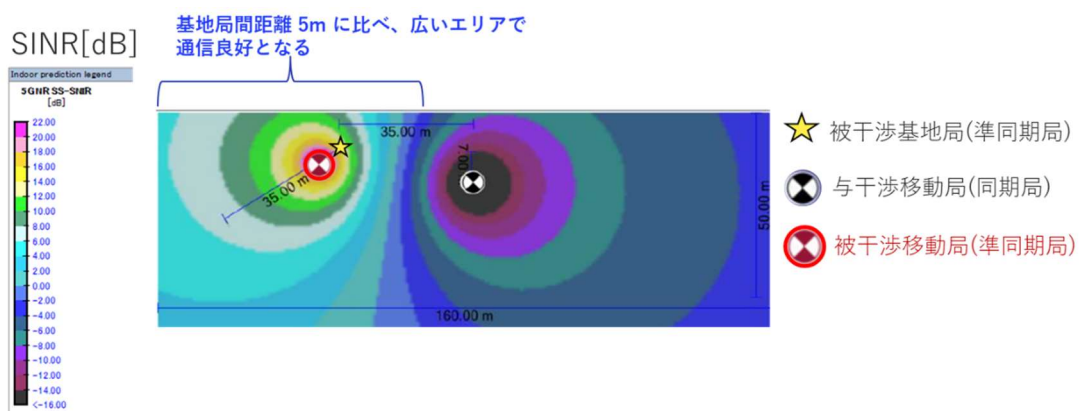


図 3-163 基地局間距離 35m 与干渉移動局~被干渉移動局 5m の場合

6) 干渉離隔距離について

準同期システムと同期システムを併設運用するためには、離隔距離を確保し運用することが干渉軽減の観点から望ましい。今回の実証環境下において求めた離隔距離を下表にて示す。

表 3-114 許容干渉電力の算出結果

項番	パラメータ	帯域内干渉離隔距離 (m)
基地局-基地局 (正対)	計算値	15400
	実測値	測定対象外
基地局-基地局	計算値	11.4

項番	パラメータ	帯域内干渉離隔距離 (m)
(併設)	実測値	11.4 (30%~60%の伝送性能にて運用可) 21.5 (54%~75%の伝送性能にて運用可)
移動局-移動局	計算値	691
	実測値	112 (99%の伝送性能) ※被干渉基地局正面半値角内 40m エリアのみ
移動局-基地局	計算値	35
	実測値	35 (81%~98%の伝送性能にて運用可)

基地局間干渉において、アンテナ設置位置を併設とした場合、測定位置により干渉度合が異なるため、評価ポイントとしてポイント⑥⑦（アンテナ半値角内のターゲットセル）を選定する。その結果において、基地局間 21.5m の位置において UL スループットが最良値から 54%~75% という最も干渉を回避できる位置結果が得られた。

移動局間干渉においては、移動局間距離 112m 位置で最良の値（干渉が最も低い値）となり、この離隔位置において、UL スループットで最良値から 99%という結果が得られた。

併設基地局の正面（半値角内）から外れると急激に干渉を受けるため、移動局間干渉については最も考慮したセル設計を行うべきである。

移動局-基地局間干渉においては、アンテナ設置位置を併設とした場合の基地局間距離を 35m まで離れた測定位置で干渉が最小となるデータとなっている。

この離隔 35m 位置において、UL スループットで最良値から 81%~98%という結果が得られた。

7) まとめ

今回の実証環境下において、基地局間干渉という観点では、準同期基地局、同期基地局間の離隔距離を確保することで干渉軽減が行えることが確認できた。離隔距離 11.5m の場合、UL スループットが最良値（干渉影響のない状態）から 30%~60%劣化したスループットとなった。21.5m の場合、UL スループットが最良値（干渉影響のない状態）から 54%~75% という結果となった。離隔距離を大きくするほど干渉量が軽減していることがわかる。離隔距離による干渉軽減以外に、基地局のアンテナ方向を変更する方法による干渉軽減手法を実施したが、スループットに大きな変化は見られなかった。これはアンテナパターンにより干渉影響が変化してくるため、実運用の際には、使用するアンテナのアンテナパターンを考慮して（アンテナの個体差によるパターンの違いを考慮）シミュレーションを行うことで、干渉影響を推測し、実運用で必要となるスループットに応じて劣化の許容範囲内となるよう調整することが必要である。

移動局間干渉実証では、実証環境下は移動局間干渉の影響が強い場所での測定であったため干渉影響を強く受け、スループットに影響が出ていた。ローカル 5G 併設運用では、移動局間干渉による影響を受けやすい状況が想定されるが、近接運用の場合、移動局間距離を 100m 程確保した上で基地局正面エリア（アンテナ半値角内）40m 程度が通信可能なエリアであり、この考えに基づき設置したい場所で基地局アンテナを調整することで運用が可能となる。その際、その範囲内で利用する移動局からの隣接システムへの干渉影響には十分に配慮する必要がある。移動局間の干渉軽減のために、与干渉移動局（準同期移動局）の最大送信電力制御値を下げる設定を行い、測定を行った結果、干渉軽減の手段として有効であることを確認した。しかしながら、一方的に与干渉移動局のみ送信電力を下げる場合、被干渉側（同期システム）の影響を与干渉側（準同期システム）が受ける状態となるため、与干渉移動局を一方的に抑制するのではなく、同期システム側からの影響を考慮した調整を行う必要がある。

移動局-基地局間干渉という観点においても、離隔距離に応じて干渉影響が小さくなり、干渉影響を受ける UL スループットは増加傾向となることが確認できた。しかしながら、他干渉と比べ通信に大きな影響はないとみられる。

今回、基地局併設の条件下で共用可能となる条件を実証したが、ローカル 5G 屋外環境では同一周波数（4.8~4.9GHz）での運用しか認められておらず、ローカル 5G 免許人が同期システムで運用していた場合、準同期免許人は、同期システム側を保護する必要があるため、共用のための干渉調整がより重要となる。今回得られた知見をベースに干渉影響に配慮し、サイトエンジニアリングや NLOS 環境になるようなサイト構築（遮蔽等）なども検討し、同期システムの免許人の同意を得ることができれば共用運用も視野に入れて活用できることが期待される。

■DAS 接続に関わる実証作業からの気付き（参考）

- ・ DAS-基地局間の接続

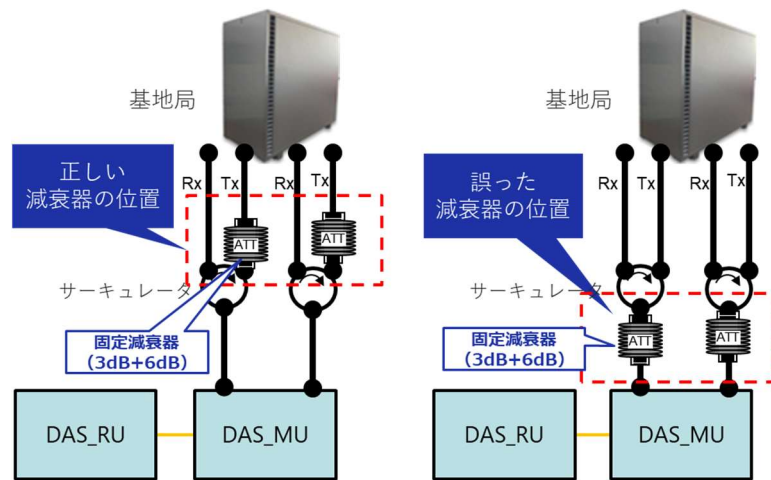


図 3-164 基地局-DAS_MU 間の接続

実証途中、上記図に示す通り、基地局と DAS_MU 間の同軸接続において、誤った位置に減衰器を接続している事象が発生。これにより、Rx 側の信号が 9dB 減衰した状態で基地局へ入力されていた。

そのため、UL スループットが、十分に性能が出ない状況が確認された。誤接続により UL と DL のレベル差のバランスが想定と異なるため、性能が低下していた。入出力のレベルを適切にとることが重要である。また、運用の際には、確実な作業が必要であり、各装置の入出力レベルが設計通りとなっていることを確認することで、設計通りの性能を持ったエリア展開ができる。今回の実証においても、正しい接続状態に修正したうえで各装置の入出力レベルが設計通りとなっていることを確認し、再測定を実施した。

3.3.4 基本的な電波伝搬データの取得

(1) 実施方法

電波法関係審査基準に記載のローカル 5G Sub6 周波数帯のエリア算出法に基づき、基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域図を下記に貼付する。また、電波法関係審査基準に記載の伝搬モデルと市販ソフトウェアにおける伝搬式の比較を行うために東陽テクニカ社の iBwave Design を使用し、比較している。

これらのカバーエリア端における実際の受信電力を測定することとした。

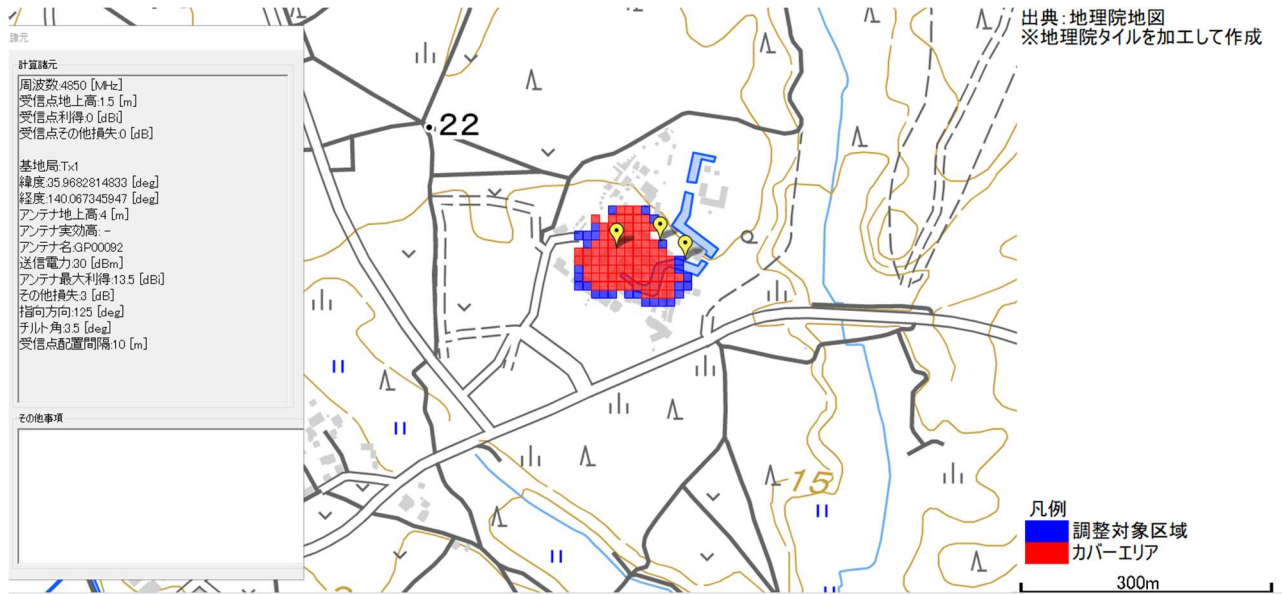


図 3-165 大店通り対象エリアシミュレーション結果(再掲)

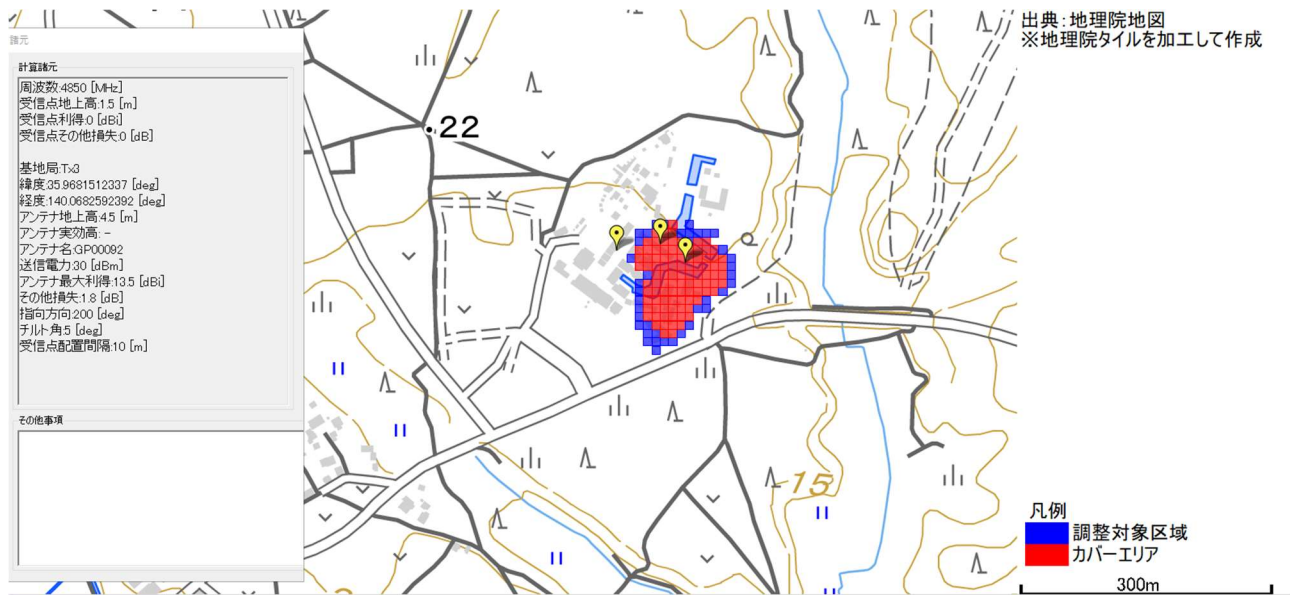


図 3-166 商家通り・長屋対象エリアシミュレーション結果(再掲)

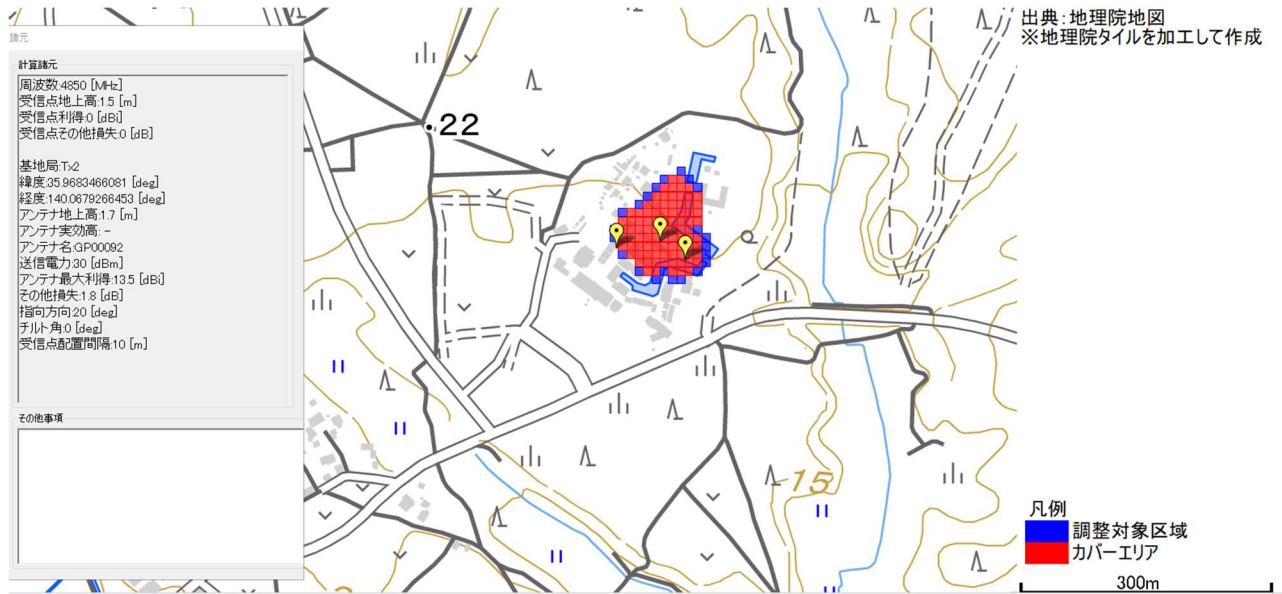
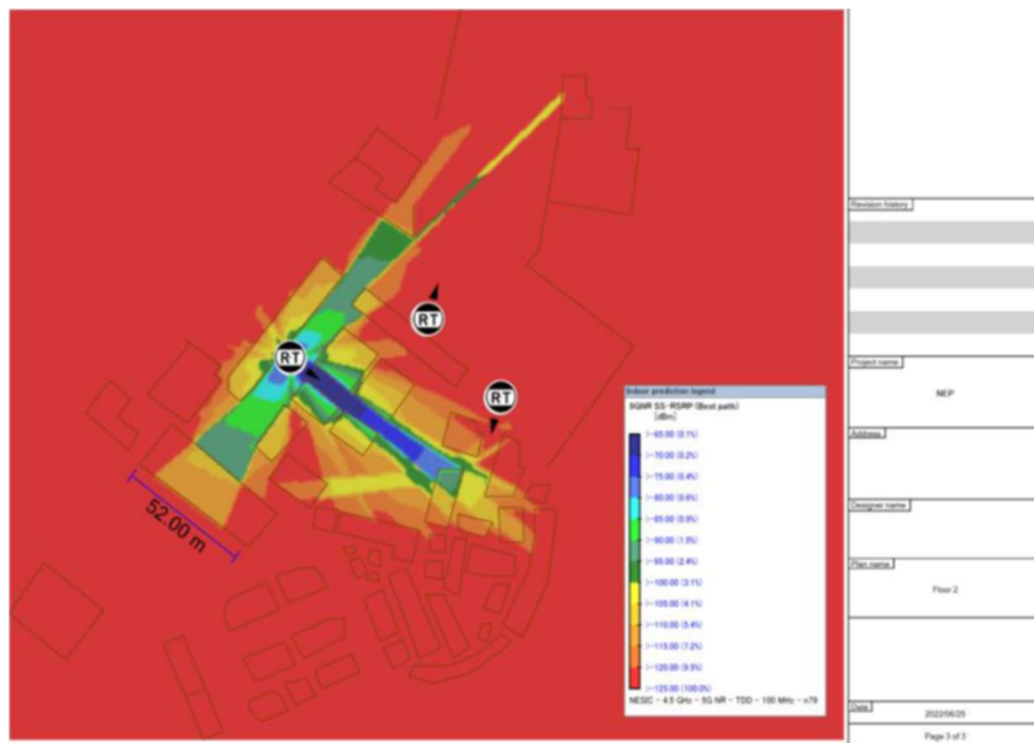
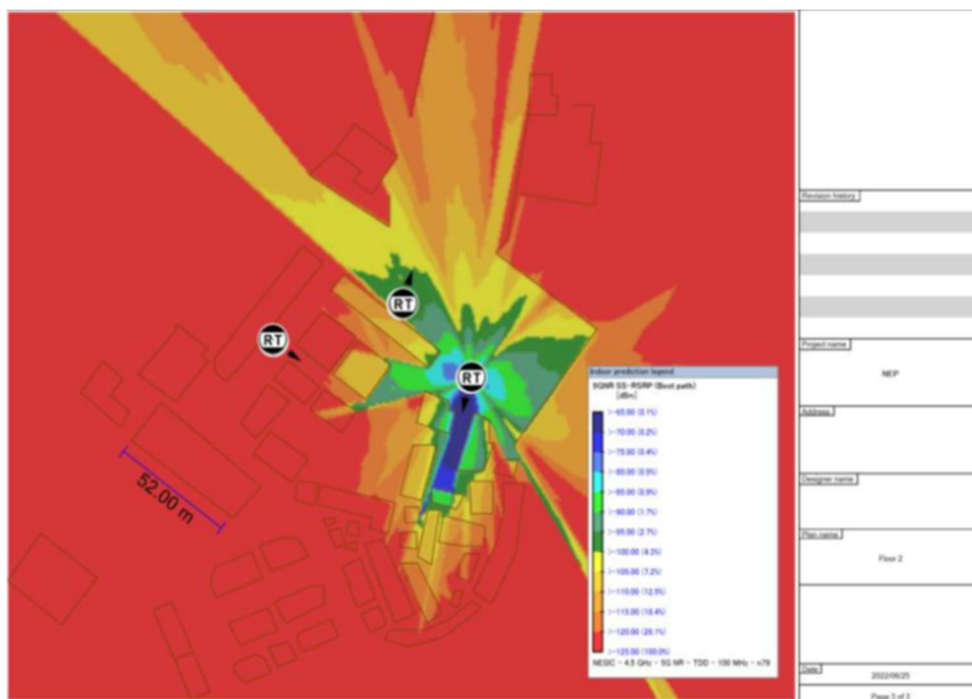


図 3-167 大手門・岩前広場対象エリアシミュレーション結果(再掲)



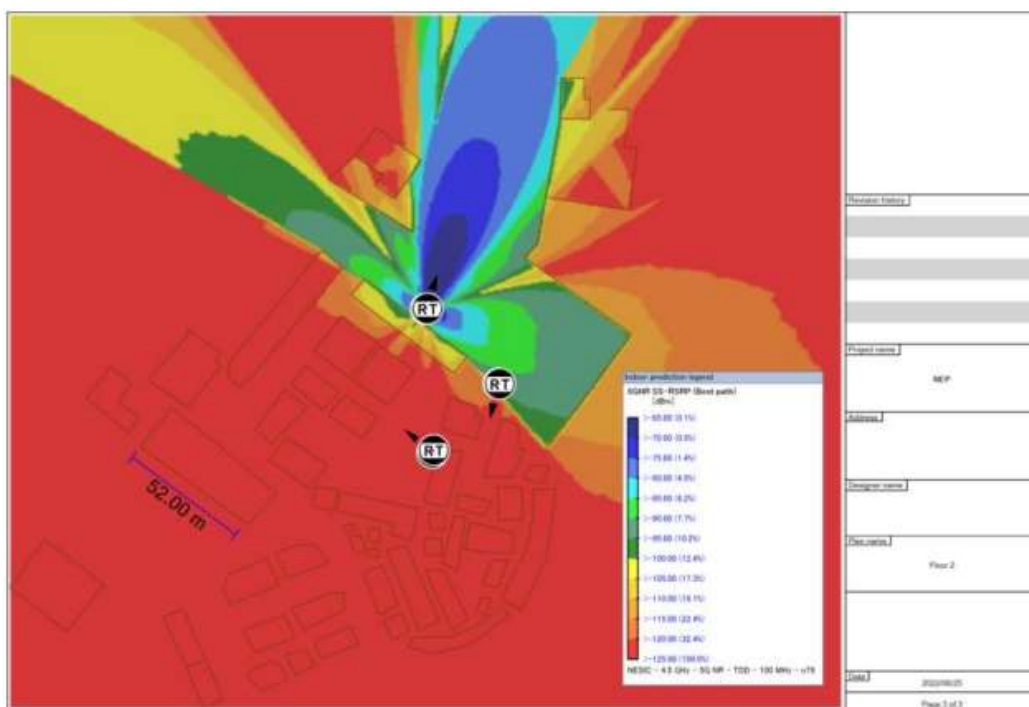
出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-168 大店通り対象エリアシミュレーション結果



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-169 商家通り・長屋対象エリアシミュレーション結果



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-170 大手門・岩前広場対象エリアシミュレーション結果

エリア設計で作図したシミュレーション図におけるカバーエリア、調整対象区域内において 20

地点の測定を行った。測定項目はRSRP、SINR、通信品質（スループット、遅延速度）とした。

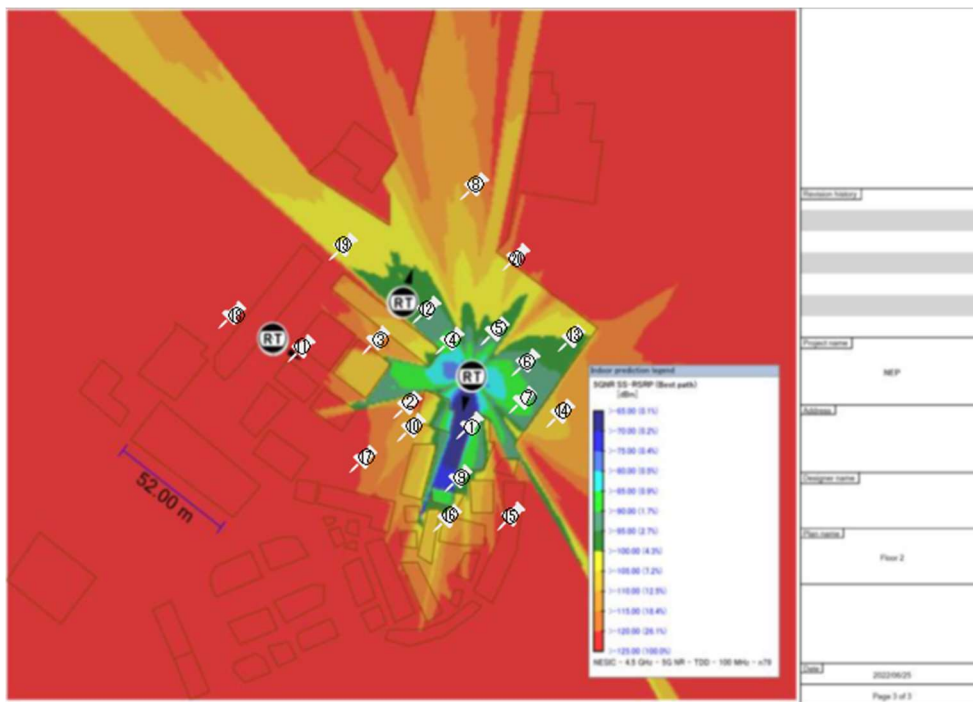
表 3-115 測定項目

測定項目	測定指標	測定手法	測定する値 (単位)	測定機器
受信電力	RSRP	Anritsu エリアテスタ	dBm	ML8780A
受信電力	RSSI	Anritsu エリアテスタ	dBm	ML8780A
電波干渉	SINR	Anritsu エリアテスタ	dB	ML8780A
通信品質	スループット	SpeedTest ツール	Mbps	CPE
遅延	遅延時間	ping	msec	WindowsPC (ping)



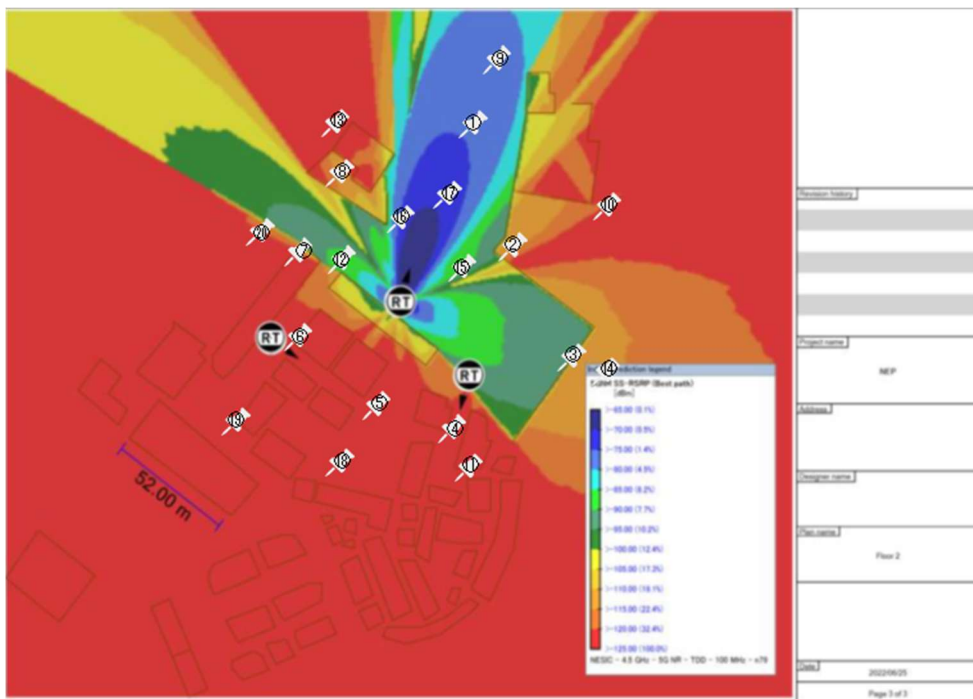
出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-171 大店通り対象エリアシミュレーション結果



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-172 商家通り・長屋対象エリアシミュレーション結果



出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成

図 3-173 大手門・岩前広場対象エリアシミュレーション結果

①受信電力

受信電力 (RSRP) を 20 地点にて測定し、電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較している。比較の差異は電波法関係審査の伝搬モデルは受信電力 (RSSI) を用いているため、測定した RSRP と RSSI を変換した上で比較、検証を行っている。RSRP と RSSI の変換式は下記の式を利用した。

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 \log(12N)$$

N ; リソースブロック数 本実証においては 273 となる

②その他の指標

通信品質であるスループット、遅延時間を測定し、RSRP との相関が取れているかの確認を行い、システムに必要な性能が出せることを確認した。

SINR、RSSI を測定し、外部からの干渉により通信品質が損なわれていないかを確認し、RSRP と通信品質の相関に外部からの影響がないことを確認した。

(2) 実証結果

受信電力の測定結果を下記に記載する。

表内のポイント ID は図 3-171、図 3-172、図 3-173 に示したポイントを示す。

表 3-116 大店通り対象エリア測定結果

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	測定回数	RSRP [dBm]	RSRP 標準偏差	SINR [dB]	SINR 標準偏差
1	35° 58' 4.8"	140° 4' 3.9"	130	47	1683	-69.9	3.2	21.7	1.4
2	35° 58' 4.6"	140° 4' 2.7"	168	33	1588	-102.8	3.8	15.7	3.0
3	35° 58' 5.1"	140° 4' 2.0"	210	23	1337	-85.0	14.7	18.8	8.8
4	35° 58' 5.1"	140° 4' 0.8"	243	47	1583	-101.1	3.8	17.1	3.0
5	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	284	23	1536	-101.1	3.8	17.1	3.0
6	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	15	33	1556	-113.1	2.6	7.2	2.8
7	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	40	28	1598	-80.0	2.2	21.8	1.3
8	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.3"	90	47	1884	-105.0	3.4	14.2	3.0
9	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	137	56	1820	-92.1	4.1	20.2	2.0
10	35° 58' 4.2"	140° 4' 3.2"	160	53	1569	-95.1	3.9	19.7	2.3
11	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	203	50	1574	-107.4	2.9	12.3	2.8

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	測定回数	RSRP [dBm]	RSRP 標準偏差	SINR [dB]	SINR 標準偏差
12	35° 58' 7.1"	140° 4' 3.6"	34	49	1626	-84.5	3.2	21.4	1.3
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	91	61	1643	-103.3	4.5	15.4	3.7
14	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	126	84	1878	-90.6	5.4	20.5	2.3
15	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	153	68	1578	-120.1	2.8	0.3	3.1
16	35° 58' 3.7"	140° 4' 1.2"	207	72	1566	-107.3	4.9	12.3	4.5
17	35° 58' 6.3"	140° 3' 59.9"	283	68	1551	-108.2	4.2	11.5	3.9
18	35° 58' 6.1"	140° 4' 0.4"	279	52	1558	-105.7	3.8	13.5	3.3
19	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	357	47	1556	-111.3	2.9	8.9	2.9
20	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	130	92	1542	-92.3	3.6	20.7	1.8

表 3-117 商家通り・長屋対象エリア測定結果

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	測定回数	RSRP [dBm]	RSRP 標準偏差	SINR [dB]	SINR 標準偏差
1	35° 58' 4.5"	140° 4' 5.3"	197	31	1865	-62.7	5.0	20.3	1.4
2	35° 58' 4.9"	140° 4' 4.0"	246	44	-	-	-	-	-
3	35° 58' 5.9"	140° 4' 3.6"	283	52	-	-	-	-	-
4	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	293	20	1608	-93.3	4.8	19.4	2.0
5	35° 58' 6.2"	140° 4' 6.0"	24	22	-	-	-	-	-
6	35° 58' 5.6"	140° 4' 6.9"	84	31	2695	-91.4	4.7	20.2	2.0
7	35° 58' 5.5"	140° 4' 7.1"	-	-	-	-	-	-	-
8	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	353	91	2356	-101.6	2.2	15.7	2.0
9	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	190	52	1638	-70.8	5.1	20.1	1.7
10	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	231	53	-	-	-	-	-
11	35° 58' 5.4"	140° 4' 3.0"	267	68	1653	-114.8	4.1	9.3	4.0
12	35° 58' 6.3"	140° 4' 4.1"	302	46	1719	-99.3	4.4	18.6	2.3
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 7.9"	-	-	-	-	-	-	-
14	35° 58' 4.5"	140° 4' 7.9"	-	-	-	-	-	-	-
15	35° 58' 3.0"	140° 4' 6.1"	172	77	2174	-109.1	4.8	13.7	4.0
16	35° 58' 2.1"	140° 4' 4.4"	196	109	2363	-116.0	3.7	4.0	3.8
17	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	222	71	1593	-104.5	4.6	16.6	3.0

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	測定回数	RSRP [dBm]	RSRP標準偏差	SINR [dB]	SINR標準偏差
18	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	278	103	2309	-120.6	3.0	-0.6	3.3
19	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	298	68	2371	-102.6	3.7	15.2	3.2
20	35° 58' 6.7"	140° 4' 6.3"	-	-	-	-	-	-	-

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

表 3-118 大手門・砦前広場対象エリア測定結果

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	測定回数	RSRP [dBm]	RSRP標準偏差	SINR [dB]	SINR標準偏差
1	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	16	77	1784	-79.9	1.7	18.9	1.5
2	35° 58' 6.8"	140° 4' 6.3"	-	-	-	-	-	-	-
3	35° 58' 5.0"	140° 4' 6.9"	119	72	1574	-123.5	3.2	-3.1	3.3
4	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	162	63	-	-	-	-	-
5	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	189	50	1644	-123.5	2.8	-3.2	3.0
6	35° 58' 5.7"	140° 4' 2.9"	252	39	733	-117.1	3.0	4.9	2.9
7	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	302	45	1618	-120.7	2.5	-0.6	2.6
8	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	306	60	756	-112.3	3.1	10.0	3.1
9	35° 58' 8.9"	140° 4' 5.2"	13	88	1457	-87.7	2.0	17.7	1.7
10	35° 58' 7.2"	140° 4' 7.5"	-	-	-	-	-	-	-
11	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	160	73	1568	-119.2	1.5	1.1	1.9
12	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	292	30	1821	-107.9	2.7	11.3	2.6
13	35° 58' 7.6"	140° 4' 2.5"	317	70	1596	-108.3	3.3	11.2	3.1
14	35° 58' 4.8"	140° 4' 8.3"	-	-	-	-	-	-	-
15	35° 58' 7.9"	140° 4' 4.1"	351	57	765	-107.0	5.4	14.2	4.4
16	35° 58' 7.3"	140° 4' 4.9"	17	40	1646	-80.6	4.8	20.9	2.0
17	35° 58' 6.7"	140° 4' 5.2"	48	27	691	-73.5	4.8	20.6	3.0
18	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	193	72	-	-	-	-	-
19	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	229	87	-	-	-	-	-
20	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.5"	307	60	756	-112.3	3.1	10.0	3.1

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

次に通信品質測定結果を示す。

表 3-119 大店通り対象エリア通信品質測定結果

ポイント 番号	北緯	東経	基地局 からの 角度 [TN]	基地局 からの 距離 [m]	LOS/ NLOS	DL 伝送 スルー プット [Mbps]	UL 伝送 スルー プット [Mbps]	伝送遅延 [msec]
1	35° 58' 4.8"	140° 4' 3.9"	130	47	LOS	98.4	46.8	32.3
2	35° 58' 4.6"	140° 4' 2.7"	168	33	NLOS	5.5	1.3	52.1
3	35° 58' 5.1"	140° 4' 2.0"	210	23	LOS	97.7	52.8	40.6
4	35° 58' 5.1"	140° 4' 0.8"	243	47	NLOS	-	-	-
5	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	284	23	NLOS	0.2	0.9	82.7
6	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	15	33	NLOS	-	-	-
7	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	40	28	LOS	94.4	24.6	40.6
8	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.3"	90	47	NLOS	1.0	1.3	42.0
9	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	137	56	NLOS	78.8	0.0	38.8
10	35° 58' 4.2"	140° 4' 3.2"	160	53	NLOS	21.7	1.2	43.9
11	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	203	50	NLOS	0.0	0.0	552.0
12	35° 58' 7.1"	140° 4' 3.6"	34	49	LOS	99.6	6.1	44.2
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	91	61	NLOS	6.7	0.4	60.2
14	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	126	84	NLOS	92.7	14.0	39.6
15	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	153	68	NLOS	-	-	-
16	35° 58' 3.7"	140° 4' 1.2"	207	72	NLOS	-	-	-
17	35° 58' 6.3"	140° 3' 59.9"	283	68	NLOS	-	-	-
18	35° 58' 6.1"	140° 4' 0.4"	279	52	NLOS	-	-	-
19	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	357	47	NLOS	-	-	-
20	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	130	92	NLOS	-	-	-

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

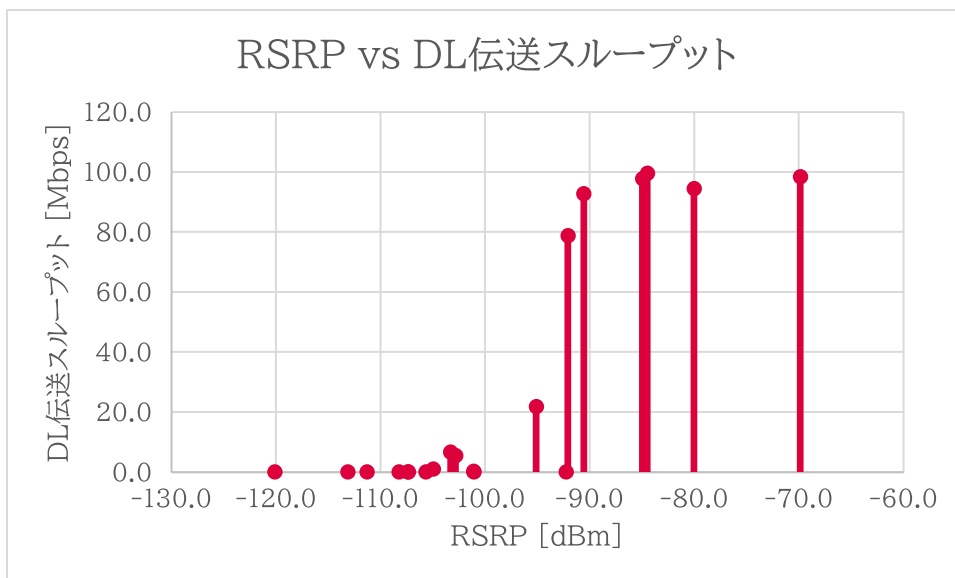


図 3-174 大店通り対象エリア RSRP vs DL スループット測定結果

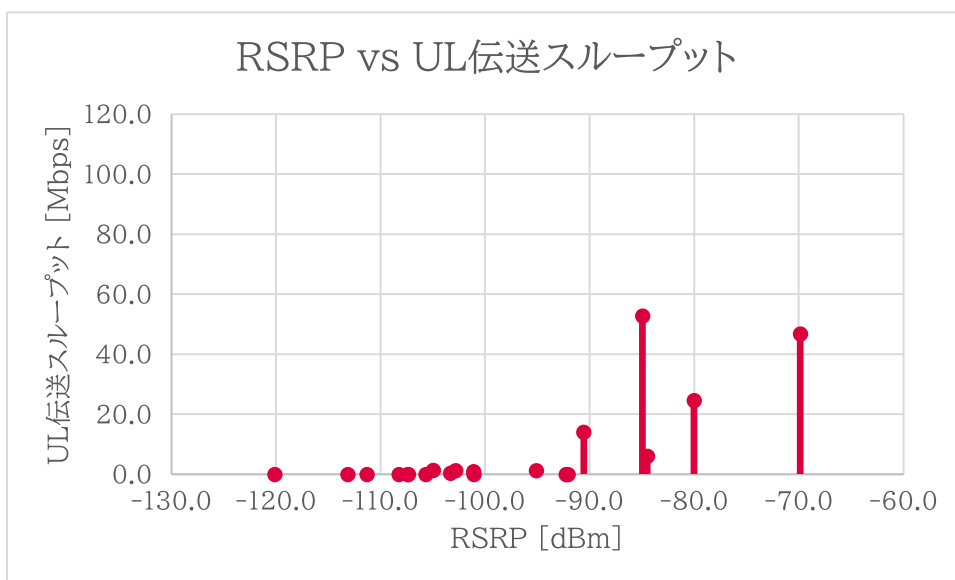


図 3-175 大店通り対象エリア RSRP vs UL スループット測定結果

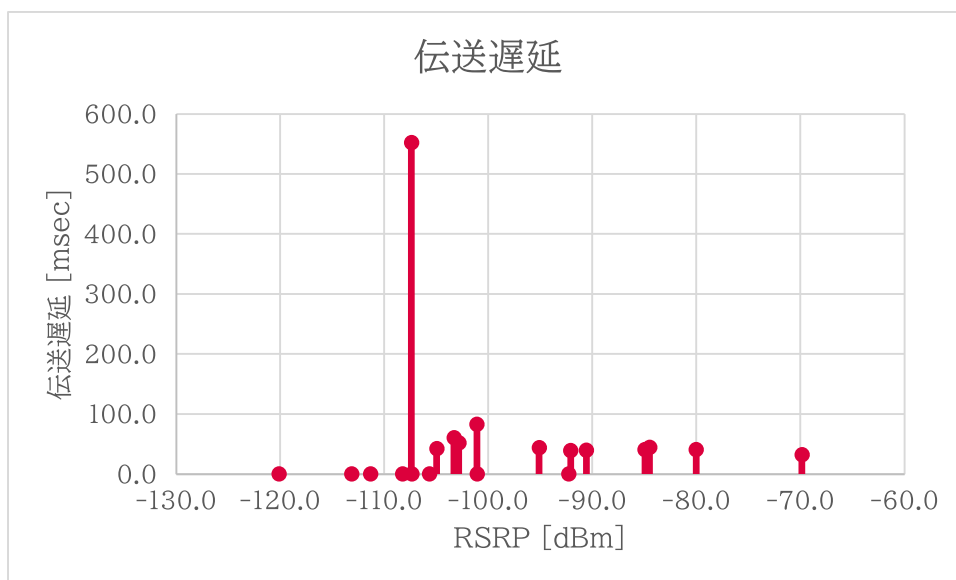


図 3-176 大店通り対象エリア RSRP vs 伝送遅延測定結果

表 3-120 商家通り・長屋対象エリア通信品質測定結果

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	LOS/NLOS	DL 伝送スループット [Mbps]	UL 伝送スループット [Mbps]	伝送遅延 [msec]
1	35° 58' 4.5"	140° 4' 5.3"	197	31	LOS	99.5	64.8	36.2
2	35° 58' 4.9"	140° 4' 4.0"	246	44	NLOS	-	-	-
3	35° 58' 5.9"	140° 4' 3.6"	283	52	NLOS	-	-	-
4	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	293	20	LOS	99.5	8.3	34.8
5	35° 58' 6.2"	140° 4' 6.0"	24	22	NLOS	-	-	-
6	35° 58' 5.6"	140° 4' 6.9"	84	31	NLOS	93.0	19.2	-
7	35° 58' 5.5"	140° 4' 7.1"	-	-	NLOS	-	-	-
8	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	353	91	LOS	6.1	0.8	-
9	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	190	52	LOS	99.8	84.9	33.2
10	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	231	53	NLOS	-	-	-
11	35° 58' 5.4"	140° 4' 3.0"	267	68	NLOS	-	-	-
12	35° 58' 6.3"	140° 4' 4.1"	302	46	LOS	62.6	0.9	45.7
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 7.9"	-	-	NLOS	-	-	-
14	35° 58' 4.5"	140° 4' 7.9"	-	-	NLOS	-	-	-
15	35° 58' 3.0"	140° 4' 6.1"	172	77	NLOS	-	-	-
16	35° 58' 2.1"	140° 4' 4.4"	196	109	NLOS	-	-	-
17	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	222	71	NLOS	-	-	-

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 [TN]	基地局からの距離 [m]	LOS/NLOS	DL 伝送スループット [Mbps]	UL 伝送スループット [Mbps]	伝送遅延 [msec]
18	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	278	103	NLOS	-	-	-
19	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	298	68	NLOS	-	-	-
20	35° 58' 6.7"	140° 4' 6.3"	-	-	NLOS	-	-	-

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

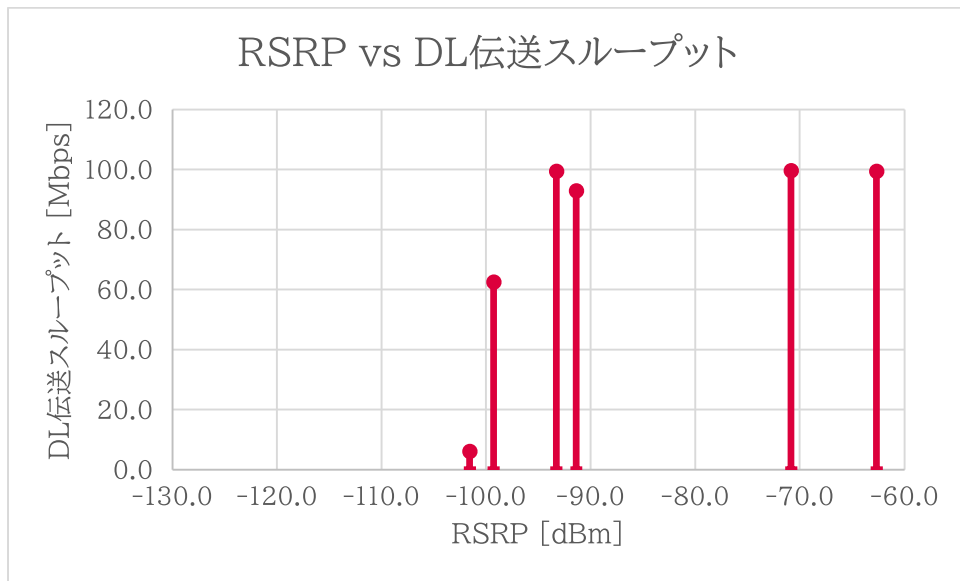


図 3-177 商家通り・長屋対象エリア RSRP vs DL スループット測定結果

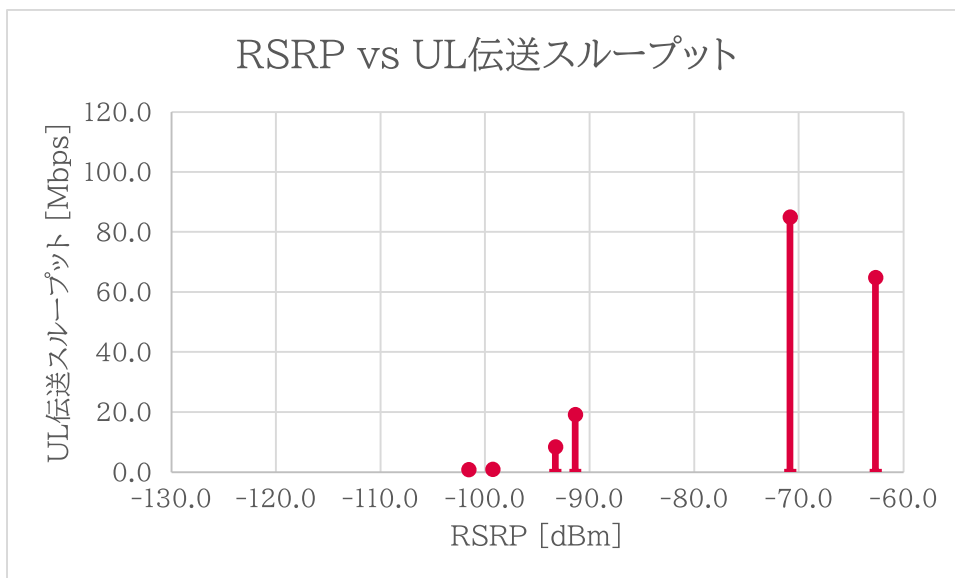


図 3-178 商家通り・長屋対象エリア RSRP vs UL スループット測定結果

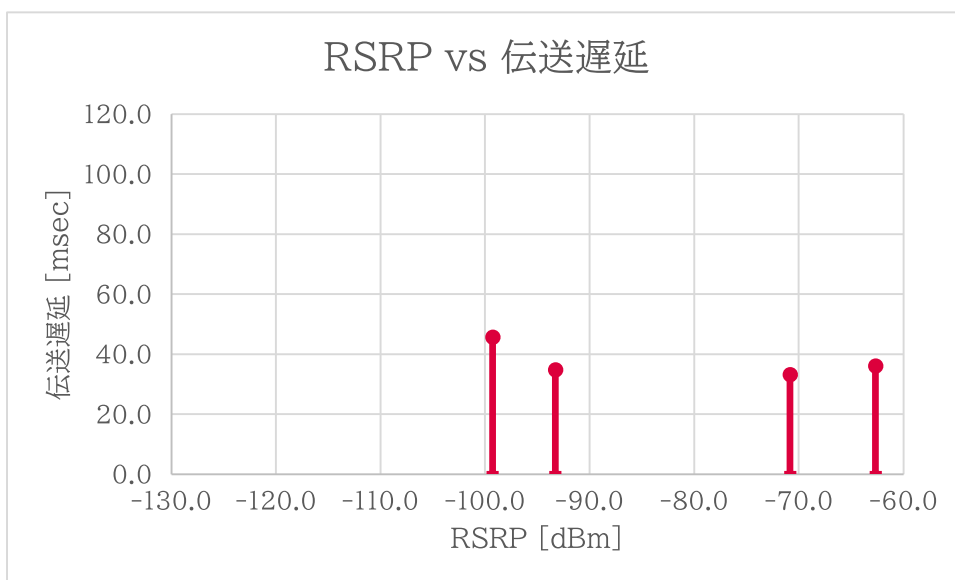


図 3-179 商家通り・長屋対象エリア RSRP vs 伝送遅延測定結果

表 3-121 大手門・砦前広場対象エリア通信品質測定結果

ポイント 番号	北緯	東経	基地局 からの 角度 [TN]	基地局 からの 距離 [m]	LOS/ NLOS	DL 伝送 スルー プット [Mbps]	UL 伝送 スルー プット [Mbps]	伝送遅延 [msec]
1	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	16	77	LOS	97.7	82.8	29.7
2	35° 58' 6.8"	140° 4' 6.3"	-	-	NLOS	-	-	-
3	35° 58' 5.0"	140° 4' 6.9"	119	72	NLOS	-	-	-
4	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	162	63	NLOS	-	-	-
5	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	189	50	NLOS	-	-	-
6	35° 58' 5.7"	140° 4' 2.9"	252	39	NLOS	-	-	-
7	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	302	45	NLOS	-	-	-
8	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	306	60	NLOS	-	-	-
9	35° 58' 8.9"	140° 4' 5.2"	13	88	LOS	99.3	75.8	26.7
10	35° 58' 7.2"	140° 4' 7.5"	-	-	NLOS	-	-	-
11	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	160	73	NLOS	-	-	-
12	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	292	30	NLOS	10.1	0.0	48.9
13	35° 58' 7.6"	140° 4' 2.5"	317	70	NLOS	0.9	1.3	60.1
14	35° 58' 4.8"	140° 4' 8.3"	-	-	NLOS	-	-	-
15	35° 58' 7.9"	140° 4' 4.1"	351	57	NLOS	-	-	-
16	35° 58' 7.3"	140° 4' 4.9"	17	40	LOS	100.2	75.0	30.9
17	35° 58' 6.7"	140° 4' 5.2"	48	27	LOS	99.3	90.8	35.2
18	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	193	72	NLOS	-	-	-
19	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	229	87	NLOS	-	-	-
20	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.5"	307	60	NLOS	-	-	-

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

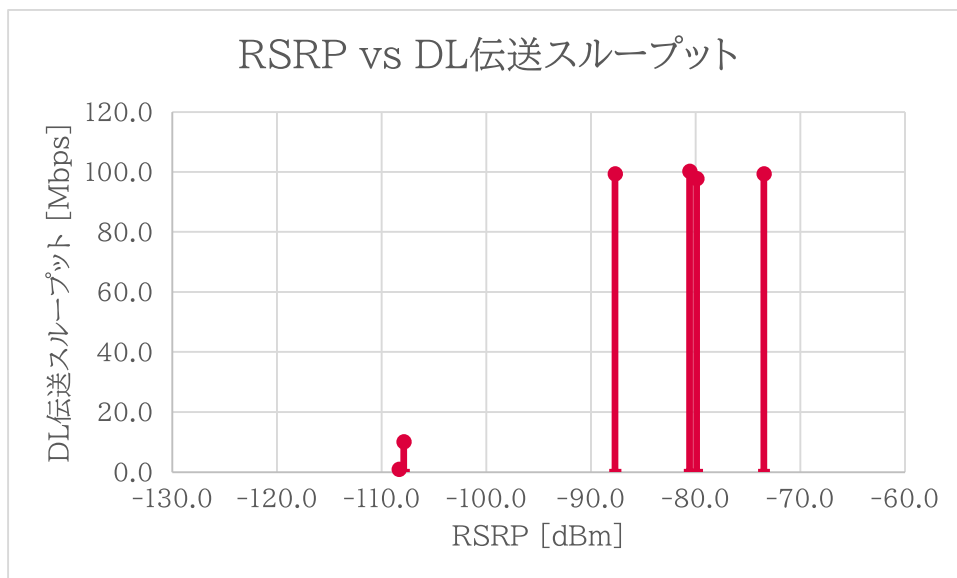


図 3-180 大手門・砦前広場対象エリア RSRP vs DL スループット測定結果

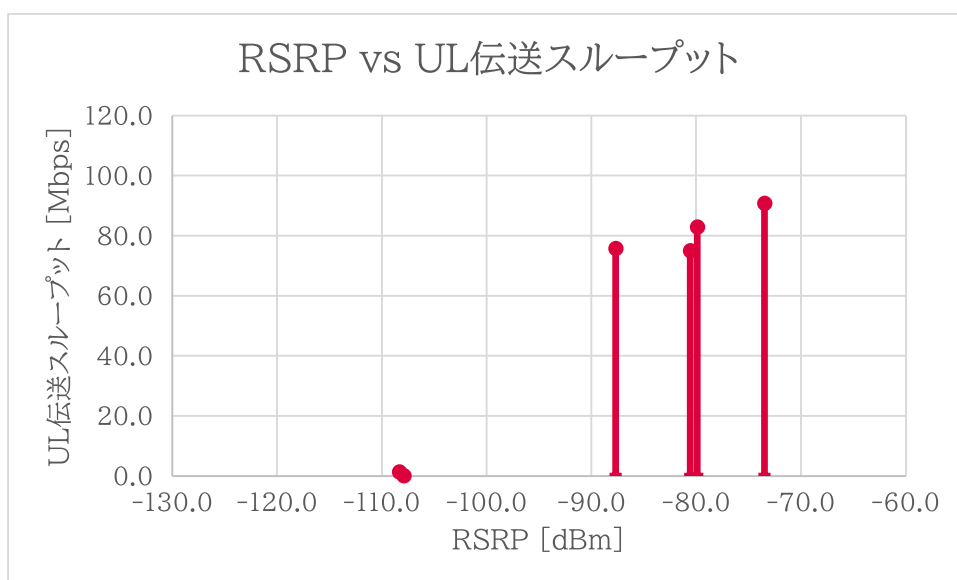


図 3-181 大手門・砦前広場対象エリア RSRP vs UL スループット測定結果

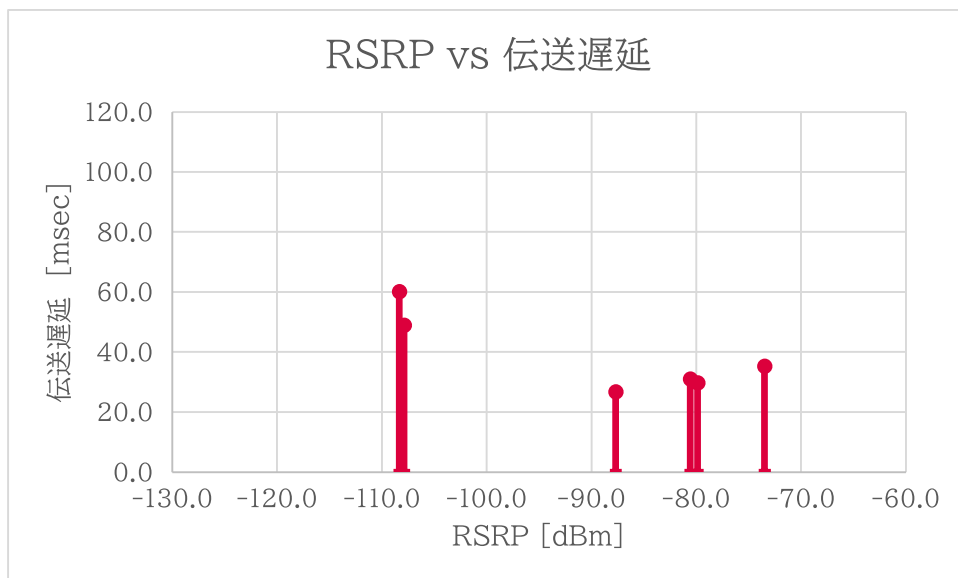


図 3-182 大手門・砦前広場対象エリア RSRP vs 伝送遅延測定結果

通信品質測定に関しては、RSRP だけでなくアンテナの見通しが重要な要素となることが考えられる。アンテナ見通しができない環境（NLOS 環境）では、RSRP が高い場所であってもスループットの測定が行えない場所が多々あった。

測定できた場所からは、RSRP が高い場所の方が通信品質は概ね良い結果となっている。

最後に、机上計算した受信電力と実際に測定した受信電力とを表に示す。

表 3-122 大店通り対象エリア RSRP 机上計算値実測値比較

ポイント番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
1	35° 58' 4.8"	140° 4' 3.9"	-81.5	-69.9
2	35° 58' 4.6"	140° 4' 2.7"	-102.5	-102.8
3	35° 58' 5.1"	140° 4' 2.0"	-97.1	-85.0
4	35° 58' 5.1"	140° 4' 0.8"	-117.2	-101.1
5	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	-114.2	-101.1
6	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	-104.6	-113.1
7	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	-100.8	-80.0
8	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.3"	-107.0	-105.0
9	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	-102.6	-92.1

ポイント 番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
10	35° 58' 4.2"	140° 4' 3.2"	-107.4	-95.1
11	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	-108.8	-107.4
12	35° 58' 7.1"	140° 4' 3.6"	-116.2	-84.5
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	-125.3	-103.3
14	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	-115.8	-90.6
15	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	-122.5	-120.1
16	35° 58' 3.7"	140° 4' 1.2"	-130.0	-107.3
17	35° 58' 6.3"	140° 3' 59.9"	-139.7	-108.2
18	35° 58' 6.1"	140° 4' 0.4"	-123.0	-105.7
19	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	-117.5	-111.3
20	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	-123.7	-92.3

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

表 3-123 商家通り・長屋対象エリア RSRP 机上計算値実測値比較

ポイント 番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
1	35° 58' 4.5"	140° 4' 5.3"	-76.0	-62.7
2	35° 58' 4.9"	140° 4' 4.0"	-117.5	-
3	35° 58' 5.9"	140° 4' 3.6"	-115.9	-
4	35° 58' 5.8"	140° 4' 4.9"	-98.5	-93.3
5	35° 58' 6.2"	140° 4' 6.0"	-117.1	-
6	35° 58' 5.6"	140° 4' 6.9"	-111.6	-91.4
7	35° 58' 5.5"	140° 4' 7.1"	-106.1	-
8	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	-161.8	-101.6
9	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	-86.5	-70.8
10	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	-110.9	-
11	35° 58' 5.4"	140° 4' 3.0"	-122.5	-114.8
12	35° 58' 6.3"	140° 4' 4.1"	-117.5	-99.3
13	35° 58' 5.8"	140° 4' 7.9"	-124.6	-
14	35° 58' 4.5"	140° 4' 7.9"	-121.2	-

ポイント 番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
15	35° 58' 3.0"	140° 4' 6.1"	-112.8	-109.1
16	35° 58' 2.1"	140° 4' 4.4"	-121.0	-116.0
17	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	-123.0	-104.5
18	35° 58' 5.9"	140° 4' 1.6"	-144.1	-120.6
19	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	-136.2	-102.6
20	35° 58' 6.7"	140° 4' 6.3"	-128.1	-

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

表 3-124 大手門・砦前広場対象エリア RSRP 机上計算値実測値比較

ポイント 番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
1	35° 58' 8.5"	140° 4' 5.2"	-115.8	-79.9
2	35° 58' 6.8"	140° 4' 6.3"	-113.2	-
3	35° 58' 5.0"	140° 4' 6.9"	-126.3	-123.5
4	35° 58' 4.1"	140° 4' 5.1"	-131.5	-
5	35° 58' 4.4"	140° 4' 4.0"	-128.2	-123.5
6	35° 58' 5.7"	140° 4' 2.9"	-105.2	-117.1
7	35° 58' 6.8"	140° 4' 2.9"	-115.0	-120.7
8	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.4"	-128.4	-112.3
9	35° 58' 8.9"	140° 4' 5.2"	-123.1	-87.7
10	35° 58' 7.2"	140° 4' 7.5"	-142.8	-
11	35° 58' 3.9"	140° 4' 5.3"	-142.9	-119.2
12	35° 58' 6.5"	140° 4' 3.2"	-100.5	-107.9
13	35° 58' 7.6"	140° 4' 2.5"	-139.1	-108.3
14	35° 58' 4.8"	140° 4' 8.3"	-151.5	-
15	35° 58' 7.9"	140° 4' 4.1"	-121.4	-107.0
16	35° 58' 7.3"	140° 4' 4.9"	-87.6	-80.6
17	35° 58' 6.7"	140° 4' 5.2"	-75.8	-73.5
18	35° 58' 3.8"	140° 4' 3.7"	-155.0	-
19	35° 58' 4.2"	140° 4' 1.7"	-170.5	-

ポイント 番号	北緯	東経	RSRP 机上計算 [dBm]	RSRP 実測値 [dBm]
20	35° 58' 7.3"	140° 4' 2.5"	-128.3	-112.3

※表内の「-」は測定できなかったポイントを示す。

机上計算した受信電力と実際に測定した受信電力では全般的に机上計算結果に比べ測定結果の方が受信電力は高い結果となった。本事象の原因としてはテーマⅡの中でも考察しているが、算出式は審査基準の市街地設定としたが、ワープステーション江戸に建設されている建物は木造であり、一部の建物は簡素な作りとなっている。このため、電波の減衰が算出値ほど発生しなかったと考えられる。建物の密度からみると市街地レベルだったが、建物高が低い建物であったため実環境に沿って郊外地設定にするなど、高さを考慮したシミュレーション手法の検討をしていくべきである。

4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

4.1.1 背景となる課題

（1）背景となる課題の概要（総論）

若年層を中心に「テレビ離れ」が顕在化している現在、放送市場規模及びテレビ広告市場規模は縮小傾向であり、それに伴い番組制作費も減少している。このような状況の中、放送事業者及び映像制作会社の経営改善の観点から、番組制作フローを見直しコスト構造の改善を行うとともに、拡大を続けるインターネット広告市場を取り込むため、成長市場である動画配信サービス市場において訴求力のある新たな映像コンテンツを開発してワンソースマルチユースによる収益の増加を図ることが求められる。

（2）メディア広告市場の変化とこれに伴う放送市場の縮小

① テレビ及びインターネットの広告市場について

株式会社電通が公表している「2021年日本の広告費」の媒体別広告費によると、テレビメディアの広告費は2021年で1.84兆円であり、過去10年間で最も高かった2016年の1.97兆円から6%（1,264億円）減少している。一方でインターネット広告費は右肩上がりに成長しており、2019年にはテレビメディアを追い抜き、2021年は2.71兆円となっている。2016年の1.31兆円から5年間で倍以上の規模となっており急拡大を続けている。

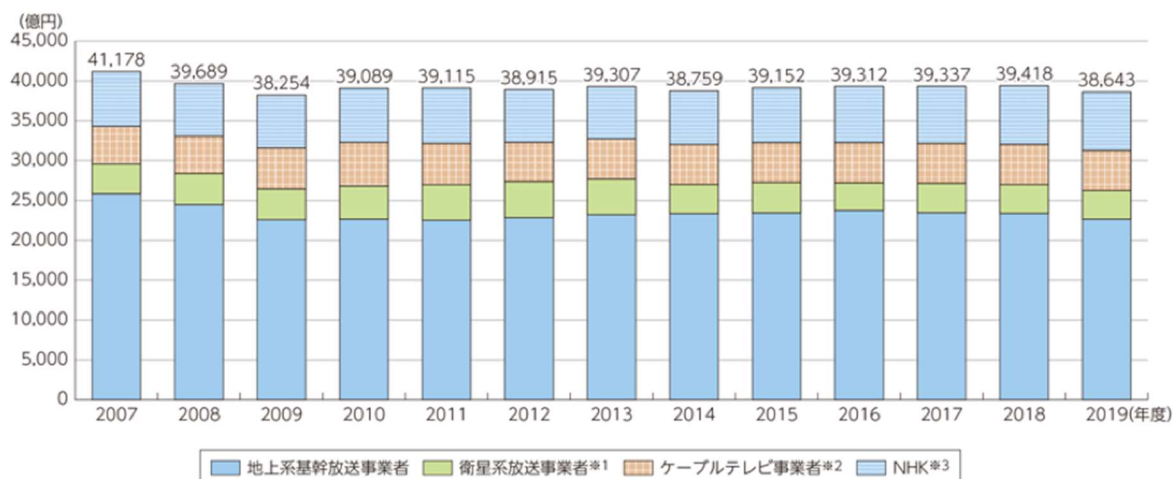
媒体	広告費	広告費(億円)									
		2012年	13年	14年	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年
総広告費		58,913	59,762	61,522	61,710	62,880	63,907	65,300	69,381	61,594	67,998
マスコミ四媒体広告費		28,809	28,935	29,393	28,699	28,596	27,938	27,026	26,094	22,536	24,538
	新聞	6,242	6,170	6,057	5,679	5,431	5,147	4,784	4,547	3,688	3,815
	雑誌	2,551	2,499	2,500	2,443	2,223	2,023	1,841	1,675	1,223	1,224
	ラジオ	1,246	1,243	1,272	1,254	1,285	1,290	1,278	1,260	1,066	1,106
	テレビメディア	18,770	19,023	19,564	19,323	19,657	19,478	19,123	18,612	16,559	18,393
	地上波テレビ	17,757	17,913	18,347	18,088	18,374	18,178	17,848	17,345	15,386	17,184
	衛星メディア関連	1,013	1,110	1,217	1,235	1,283	1,300	1,275	1,267	1,173	1,209
インターネット広告費		8,680	9,381	10,519	11,594	13,100	15,094	17,589	21,048	22,290	27,052
プロモーションメディア広告費		21,424	21,446	21,610	21,417	21,184	20,875	20,685	22,239	16,768	16,408
	屋外	2,995	3,071	3,171	3,188	3,194	3,208	3,199	3,219	2,715	2,740
	交通	1,975	2,004	2,054	2,044	2,003	2,002	2,025	2,062	1,568	1,346
	折込	5,165	5,103	4,920	4,687	4,450	4,170	3,911	3,559	2,525	2,631
	DM	3,960	3,893	3,923	3,829	3,804	3,701	3,678	3,642	3,290	3,446
	フリーペーパー								2,110	1,539	1,442
	フリーペーパー・フリーマガジン	2,367	2,289	2,316	2,303	2,267	2,136	2,021			
	電話帳	514	453	417	334	320	294	266			
	POP	1,842	1,953	1,965	1,970	1,951	1,975	2,000	1,970	1,658	1,573
	イベント・展示・映像ほか								5,677	3,473	3,230
	展示・映像ほか	2,606	2,680	2,844	3,062	3,195	3,389	3,585			

図 4-1 媒体別広告費の推移

(引用)株式会社電通「2021年日本の広告費」(<https://www.dentsu.co.jp/news/item-cms/2022003-0224.pdf>)

②放送関連市場及び動画配信市場の規模・推移について

総務省が公表している「令和3年 情報通信白書」によると、放送事業収入及び放送事業外収入を含めた放送事業者全体の売上高については、直近の調査年度である2019年度が3兆8,643億円(前年度比2.0%減)と足元で減少しており、また近年横ばいであったものの長期的に見ると減少傾向である。メディア広告市場の変化によりテレビ広告の広告費が減少していることが大きな要因となっていると考えられる。



年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
民間放送事業者													
地上系基幹放送事業者	25,847	24,493	22,574	22,655	22,502	22,870	23,216	23,375	23,461	23,773	23,471	23,396	22,640
(うちコミュニティ放送*4)	148	150	123	116	120	115	124	127	126	136	136	143	145
衛星系放送事業者*1	3,737	3,905	3,887	4,185	4,490	4,510	4,491	3,661	3,809	3,463	3,697	3,619	3,623
ケーブルテレビ事業者*2	4,746	4,667	5,134	5,437	5,177	4,931	5,030	4,975	5,003	5,031	4,992	5,030	5,008
NHK*3	6,848	6,624	6,659	6,812	6,946	6,604	6,570	6,748	6,879	7,045	7,177	7,373	7,372
合計	41,178	39,689	38,254	39,089	39,115	38,915	39,307	38,759	39,152	39,312	39,337	39,418	38,643

※1 衛星放送事業に係る営業収益を対象に集計。

※2 ケーブルテレビ事業者は、2010年度までは自主放送を行う旧有線テレビジョン放送法の旧許可施設（旧電気通信役務利用放送法の登録を受けた設備で、当該施設と同等の放送方式のものを含む。）を有する営利法人、2011年度からは有線電気通信設備を用いて自主放送を行う登録一般放送事業者（営利法人に限る。）を対象に集計（いずれも、IPマルチキャスト方式による事業者等を除く）。

※3 NHKの値は、経常事業収入。

※4 ケーブルテレビ等を兼業しているコミュニティ放送事業者は除く。

図 4-2 放送産業の市場規模(売上高集計)の推移と内訳

(引用)令和3年版情報通信白書 (<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd241810.html>)

一方、動画配信市場については、一般財団法人デジタルコンテンツ協会が公表している「動画配信市場調査レポート 2022」によると、2021年の市場規模は4,230億円であり、前年比114%であると足元で大幅に増加している。また、2026年には5,250億円になると推計されており市場規模は拡大傾向であることがわかる。

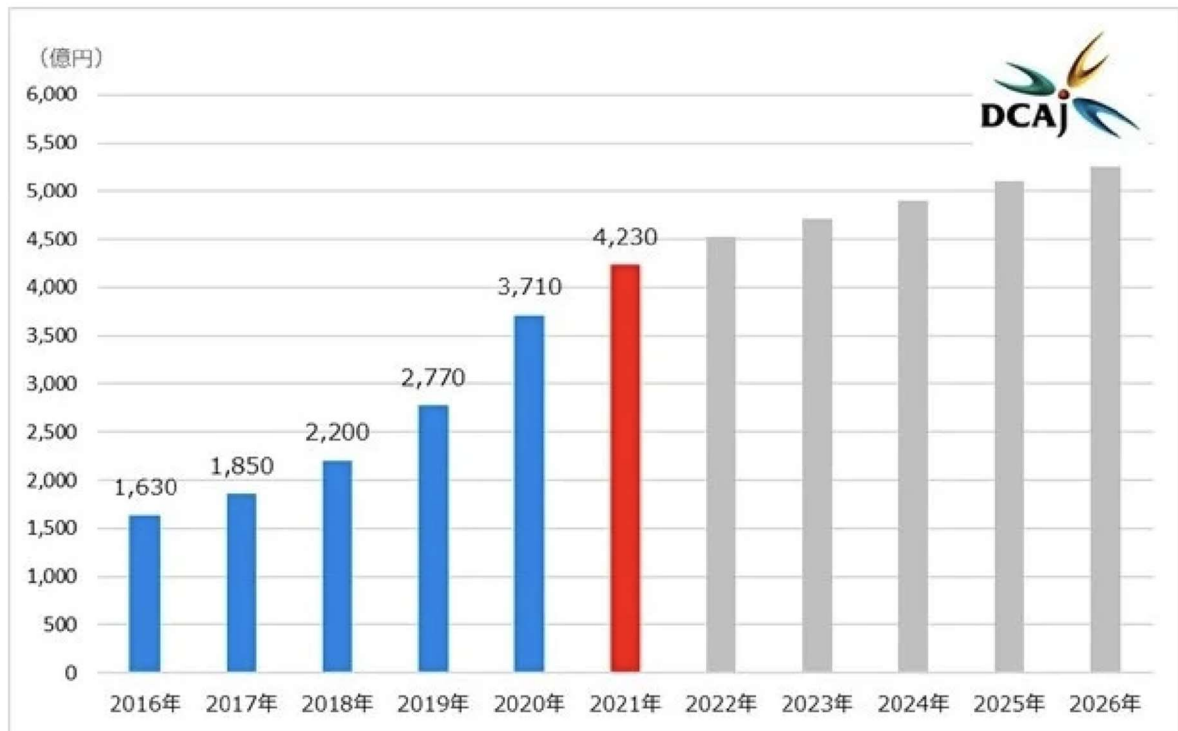
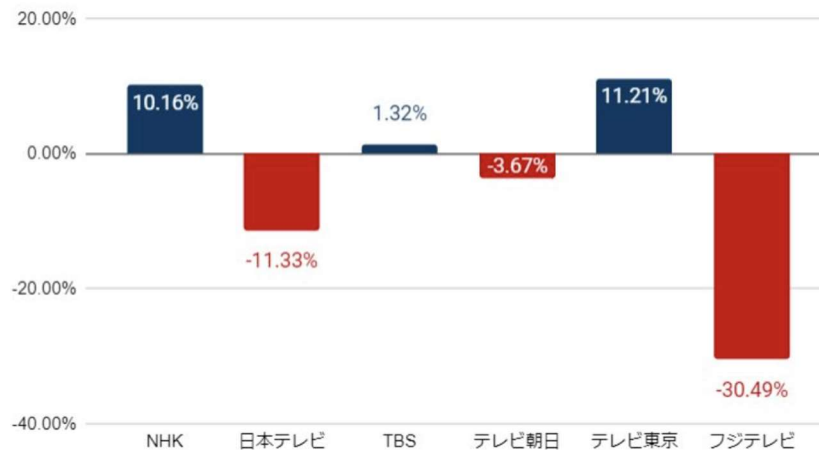


図 4-3 動画配信市場規模の推移
 (引用)一般財団法人デジタルコンテンツ協会「動画配信市場調査レポート 2022」
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000031.000037875.html>

(3) 番組制作費の削減

テレビ広告市場規模の縮小及びこれに伴う放送関連市場の縮小により、テレビCMを主な収入源とする放送事業者の制作費も大きく変化している。10年前の制作費と比較すると、フジテレビが▲30%以上と最も大きくコストカットしており、日本テレビが▲11%、テレビ朝日が▲4%と続いている。

NHK + 民放5社の10年間の制作費の変化



出典：各局の最新の決算書から作成

図 4-4 NHK 及び民放各社の制作費の変化

(引用)決算が読めるようになるマガジン (<https://news.yahoo.co.jp/byline/shibatanaoki/20220621-00301707>)

このような制作費の削減は、クリエイティブに関連する部分（企画や脚本、セット、出演者等）に及ぶと、コンテンツの品質低下をもたらし、さらなるテレビ離れにもつながることも考えられ、放送関連業界にとっての懸念となっている。

なお、こうした製作費の削減は放送事業者から番組等の制作の委託を受ける制作会社の売上減少をもたらすため、制作費の減少は放送事業者の課題であるのみならず、制作会社の経営課題にもなっている。総務省情報流通行政局が公表している「情報通信業基本調査結果（2021年調査）」の放送番組制作業の「経営上の課題、問題点」によると、受注単価が低いことが受注量の安定に次いで共通の課題となっており、制作費の削減の影響を窺うことができる。

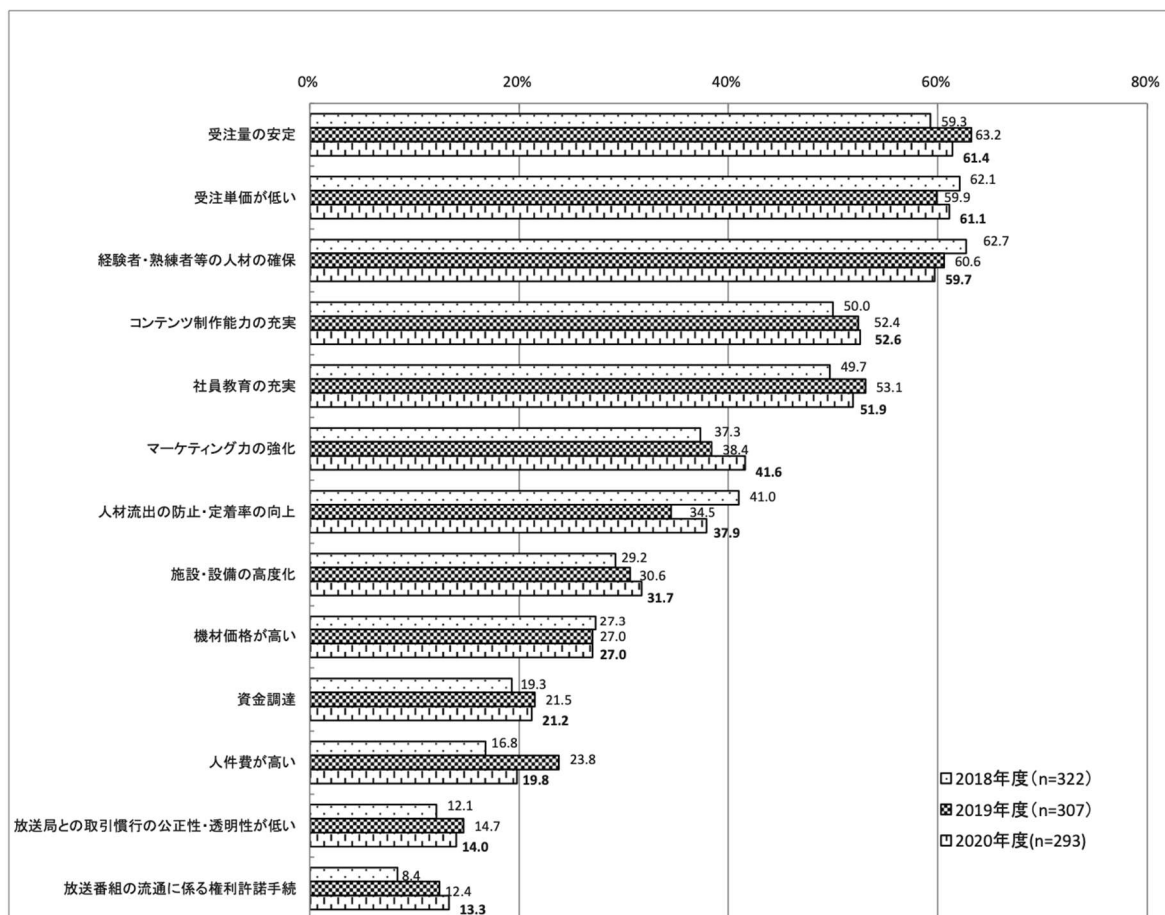


図 4-5 放送番組制作業の経営上の課題及び問題点
(引用)総務省「情報通信業基本調査結果(2021年調査)」

(<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/jouhoutsususin220329b.pdf>)

(4) 放送事業者及び番組等制作会社の収益低下への対応課題

① 番組等制作フローの効率化・合理化

放送事業者の番組等制作費が減少し、これに伴って番組等制作会社における制作費も減少する中で、番組等制作フローを見直して効率化を進め、制作コストの削減とコンテンツの品質担保の両立は喫緊の課題である。

番組等の制作は大きく分けて以下の3つのフェーズで構成される(表4-1参照)ところ、番組制作費を削減するにあたってこれまで削減対象として優先順位が低かった項目が、Phase2の撮影業務及びPhase3の編集業務に関わるコストである。これらの業務は従来コスト削減策が存在せず、変えることができないであろう、と合理化が諦められていた部分である。番組等制作ワークフローの効率化・合理化を図るためには上記の撮影業務及び編集業務にアプローチすることが必要である。

表 4-1 番組等制作のフロー

Phase 1	プリプロダクション	企画、プロット、脚本、出演者、コンセプトアート、デザイン、絵コンテ、プリビジュアルライゼーション、スケジュール、使用機材・ソフトウェア検討
Phase 2	プロダクション	撮影、CG 等素材制作
Phase 3	ポストプロダクション	編集、MA

(ア) 撮影業務の効率化・コスト削減

上記のうち撮影業務でクリエイティブに直結しない部分については、主に、技術ロケハン・ロケ地借用料・機材運搬・ケーブル敷設・中継車手配・電源車手配・セット転換・撤収といった業務が該当するが、中でも以下の(i)～(iii)が課題となっている。

(i) ケーブル敷設・撤収業務の効率化・コスト削減

現在、カメラとスイッチャーをつなぐケーブルはSDI (Serial Digital Interface) ケーブルが使われている。番組等の映像制作現場向けに作られた規格であり、仕組みが単純なため信頼性が高く、接続するだけで映像・音声を確認できるという利点がある。しかし、課題も多い。SDI の高速化は難しく、4K や 8K では複数本のケーブルを束ねて使用する必要があるため、中継車内や放送局内のスペースや重量が課題になっている。さらに系統変更のたびにケーブルを引き直す必要があるため柔軟性に乏しく、入出力の多いビデオマトリクスの整備が難しいといった課題もある。また、SDI ケーブルの最大伝送距離は 100 メートル程度のため、それを超える長距離伝送には 1 信号ずつに高価な光伝送装置の導入が必要になる。撮影・中継のたびに機材運搬し、何百本のケーブルを引き、番組が終わったら撤収するのは非常に多くのコスト・労力を要する。

従って、制作費の減少に対応して番組等の制作フローの効率化・合理化を図るためには、従来削減できなかった撮影業務の効率化・コスト削減が必要であり、大きなコスト要因となっているケーブル敷設コストの削減が課題となっている。

なお、上記の課題を解決する撮影カメラケーブルをワイヤレス化する試みは、令和 3 年度課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証「ローカル 5G ネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像撮影システムの構築」にて実証された。当該実証では、アップリンクを用いた撮影カメラからの映像伝送は達成できたが、放送業界の技術関係者にアンケートを行ったところ、さらに放送現場には以下の課題があることが明らかになっている (表 4-2 参照)。

放送事業者及び制作会社におけるワイヤレス化の実装性をさらに高めるためには、昨年度実証の課題解決が求められる。

表 4-2 ケーブルのワイヤレス化を放送現場に導入する際の課題

昨年度実証システムの適用課題 1	映像品質（ビットレート）が放送番組に求められる品質を満たしていない
昨年度実証システムの適用課題 2	有線接続時に通常使用しているカメラ以外の機器（送り返し映像（※1）やタリー（※2）、インカム）のデータ伝送を実施できていないため、撮影映像のみ無線伝送が可能となっても大きなコスト削減・省力化にならない ※1 マルチカメラ撮影時にカメラマンが現在のスイッチング出力を確認するための映像。 ※2 マルチカメラ撮影時にどのカメラの映像が記録中（放送中）か出演者やスタッフに知らせるために、カメラやモニタの上に付け点灯させるランプ。
昨年度実証システムの適用課題 3	撮影カメラに取り付けたトランスミッターとエンコーダーは一体型となっておらず、有線接続時と同等レベルの稼働をカメラマンがした際にコネクタが外れるなど実運用に耐えられない恐れがある

(ii) 中継車利用に関する業務の効率化・コスト削減

ケーブル敷設コストと並んで撮影業務の非効率性・コスト要因となっているのが、中継車である。中継車とは、映像や音声を収録・伝送するための機材を搭載した自動車で、主にスタジオ外で行われる撮影やイベントの際に使用される。一般的に中継車といわれるものの多くは制作中継車と呼ばれるもので、数台から十数台のカメラ及び付随するケーブルを搭載し、撮影現場付近に駐車して使用する。内部にはスイッチャー（映像製作）やCCU（カメラコントロールユニット）、CG装置など多くの機材が設置される。

特殊な用途である中継車はオーダーメイドして生産されており、レンタルする場合も含めて中継車の確保には高いコストを要する。また、中継車を稼働させる際には、中継車の利用に関する許可取得や現場調査等の事前準備が必要であり、当日の運用も含めて多大な人手・時間・費用がかかる運用面でも高コストの設備である。

表 4-3 中継車を利用する際の課題

特殊車両のため発注はオーダーメイドする必要がある、レンタルも可能だが高額である。
駐車許可交渉のための準備や事前の現場調査（電波テスト）が必要になるなど人手・時間等のコストも要する。
撮影時間が数日に渡る場合は電源車が必要になるなど別途のコストを要する。

(iii) 撮影場所の柔軟化

上記の通り、撮影業務においてはケーブル敷設や中継車の利用で多大なコストを要している現状であるが、中継車が撮影現場近くまで入れない状況では中継車と撮影現場のカメラをつなぐケーブルが長距離化するため、光伝送装置の用意や追加的なケーブル敷設・撤収が必要となり、さらなるコスト負担が発生する。

このため、当該コストを抑制するために中継車が近くまで入りにくい撮影現場は敬遠される傾向にあり、現状として「撮影したい場所で撮影する」ことができず、本来は近隣地で続けて撮影できるにも関わらず別の場所へ移動して撮影をするなど、効率的・柔軟な撮影業務が行われていない。このように撮影の長期化及びこれに伴う人件費の増大など、時間的・金銭的なコストが発生している。

(イ) 編集業務の効率化・コスト削減

近年映画やドラマ等の番組の制作では、撮影した映像の背景等にCGを合成することが増えている。このCG制作・合成作業等は番組等制作フローのPhase 3(表 4-1 参照)のコスト及び演出の制約要因となっている。

結果的にポストプロダクションに予期せぬ負担がかかる。全ての撮影が終了しCG合成編集中に、完成形に沿わない描写が発覚し、そのシーンの撮り直しのために改めて演者やスタッフを集め、場所の再確保・さらなる時間・費用・労力がかかってしまうことが業界全体の課題となっている。また、コンテンツのクオリティに関して、従前の方法では、撮影時に演者とCGとの映像上の位置関係を確認する手段がないため、撮影現場で演者や監督や制作スタッフは、仕上がりのCGの映像の正確な配置がわからない状態で、想定しながら撮影を行わなくてはならないという演出上の制約も課題である。

番組等の制作フローの効率化・合理化を図り、演出の制約を低減しコンテンツのクオリティを上げるためには、撮影業務の効率化だけでなく、ポストプロダクション段階の大きなコスト要因であるCG等の編集業務の効率化・コスト削減が望まれる。

(ウ) まとめ

ここまで述べてきた通り、制作費が減少する中でクリエイティブに直結する企画・脚本・セット・出演者等のコスト削減が進むと、コンテンツの品質低下につながりかねないことが、放送関連業界の懸念である。このため、クリエイティブに直結しないコストである撮影業務や編集業務を効率化・合理化し、番組等の質を落とすことなく放送事業者や番組等制作会社の負担する番組等の制作コストを削減するのみならず、ケーブルレスのワークフローにより演出の選択肢を増やしコンテンツのクオリティ向上につなげることが、放送関連業界・番組等制作業界全体で求められている。

②新たな収益源の確保

テレビ広告市場及び放送関連市場の縮小やこれに伴う製作費の減少という現状の放送事業

者・番組等制作会社の経営課題の改善のためには、制作フローの効率化・コスト減によって対応するだけでなく、積極的に新たな収益源を確保していく必要がある観点から 1 番組あたりの収益源の増加も同時に課題となっている。

前述した通り、動画配信市場・インターネット広告市場は拡大傾向にあるため、ワンソースマルチユース (1つの番組等のコンテンツを複数の媒体で使用することで収益源の増加を図ること) の拡張の場として有効だと考えらる。

現在、放送のために制作した番組を動画配信プラットフォームへ展開するビジネスモデルは一般化しているが、これはあくまで放送用に作成した番組を 2 次利用しているに過ぎず、動画配信プラットフォームにおける訴求力が高いとはいえない。

従って、ワンソースマルチユースを実効的に拡大していくためには、動画配信プラットフォームにおいても訴求力を有する新たな番組等のコンテンツ及びその制作フローを開発していくことが、放送関連業界の課題となっている。

加えて、マルチユースを面的に拡大するためには、訴求力のあるコンテンツの制作だけではなく、従来の放送と動画配信プラットフォームよる提供といった 2 段階の展開を多段階化することも重要である。このため、収録時 (放送前段階) で観客を動員する新たなコンテンツのモデル開発も課題となっている。

(5) 課題の整理 (イシューツリー)

以上の内容を踏まえて、イシューツリーを以下の通り整理する。各課題に対して本実証事業でどのように解決するかについては、4.1.2 (1) で後述する。



図 4-6 背景・課題の整理とイシューツリー

4.1.2 本実証におけるローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション

本実証では、次の3つのソリューションに係る実証を行っている。

- ① ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ
- ② リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション
- ③ 複数のローカル 5G 基地局を活用した新たなドラマコンテンツ制作ソリューション

以下、各ソリューションについて記す。

①放送関連業界で汎用的な「ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ」

■ソリューション概要

番組等制作フローのうち撮影業務の効率化・合理化を目的に、4.1.1(4)①(ア)で記載した放送関連業界の撮影業務における以下の課題(表 4-4 参照)をローカル 5G を活用して解決するソリューションである。

表 4-4 番組等制作フローのうち撮影業務に係る効率化・コスト削減合理化における課題

課題 1	撮影現場のケーブル敷設・撤収に関するコストの削減
課題 2	中継車等の準備及び運用に関するコストの削減
課題 3	撮影場所の柔軟化・効率化

本ソリューションは、現状の番組等の撮影現場で敷設・撤収が必要となっている全てのケーブルについて、ローカル 5G を用いてワイヤレス化するとともに可搬型のスイッチャー周辺機器パッケージを利用することで、中継車等の運用を不要とするものである。

また、ワイヤレス化及び中継車の不要化によって柔軟かつ効率的な撮影業務が可能となるものの、無線基地局で全ての撮影予定現場をエリア化することができない広大な土地・施設における撮影の場合、エリア外の撮影で結局ケーブル敷設及び中継車が必要となり本末転倒となってしまうことから、広大な土地・施設における撮影にも対応することができるよう可搬型の無線基地局を用いて、同一土地・施設内を撮影場所に合わせて置局場所を移動させるソリューションである。

■従来の撮影業務



■ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務



図 4-7 ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューション概要

以上の通り本ソリューションは、先述3つの課題を解決するパッケージであり、2.3で掲載した下図がネットワーク全体構成の概要となる。

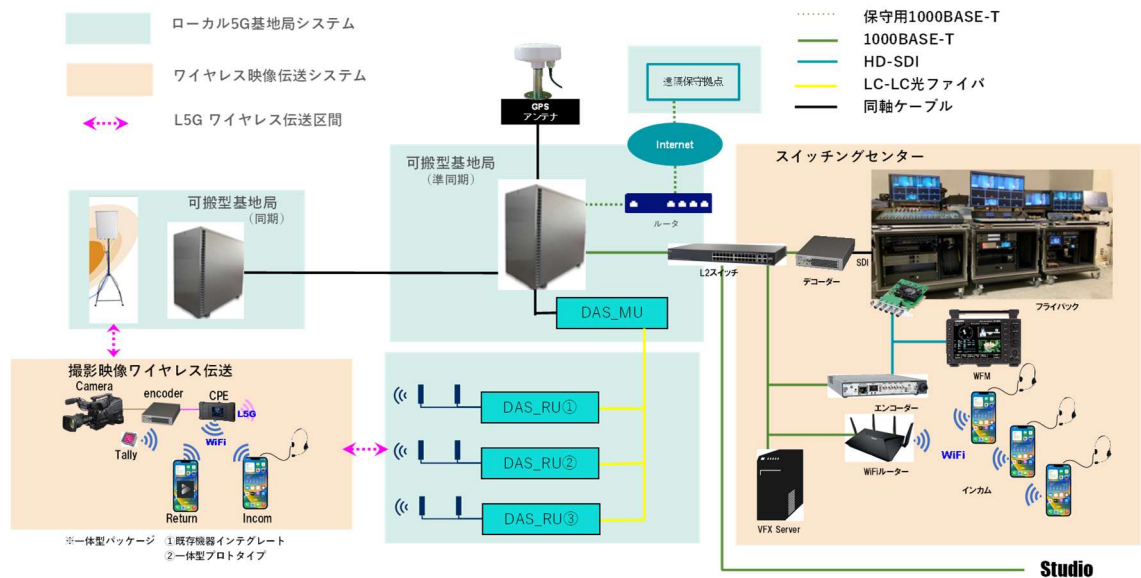


図 4-8 ネットワークの全体構成(再掲)

■ソリューションのうち課題1の対応部分

4.1.1 (4) ① (ア) で記載した通り、ヒアリングの結果から、昨年度実証事業の「ローカル5G ネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像撮影システムの構築」で実証された映像伝送システムを放送関連業界に導入するには以下の課題があることが明らかとなっている。

表 4-5 ケーブルのワイヤレス化を放送現場に導入する際の課題

現在の番組等と同等の映像品質（ビットレート）での無線伝送を実現すること
送り返し映像やタリー等、現在、放送番組制作時（有線接続時）に使用しているデータ伝送機器の全てで無線伝送を実現すること
撮影業務の実運用に耐えられるよう、トランスミッターとエンコーダーを一体化すること

従って本コンソーシアムで今年度開発する実証システムでは、昨年度実証システムの放送番組等の撮影現場への適用課題を解決することとした。

具体的には、放送番組等の撮影無線化に必要なアップリンクのスループットを確保するため、昨年度と比較して大容量の通信を行うことができる可能性が高い基地局を用いるとともに、準同期のシステムを活用することとした。

また、アップリンクを活用してカメラ映像の伝送のみが可能であり番組等の撮影現場への適用が困難であった昨年度の実証システムの課題を解決するため、撮影映像のワイヤレス伝送に加えて、有線接続時に使用している下記項目についてワイヤレス化を実現することとした（表 4-6 参照）。

表 4-6 ワイヤレス化の対象

アップリンクを用いた伝送	撮影カメラ映像	ビットレート 20Mbps
	収録マイク音源	ビットレート 1Mbps
ダウンリンクを用いた伝送	送り返し映像	ビットレート 4Mbps
	送り返し音声	ビットレート 100kbps
	モニタ用映像	ビットレート 20Mbps
	タリー	ビットレート 1kbps
アップリンクとダウンリンクを用いた伝送	インカム	ビットレート 50kbps

加えて、昨年度の実証システムでは撮影カメラに取り付けるトランスミッターとエンコーダーが一体となっておらず、有線接続時と同等レベルの動きをカメラマンがした際にコネクタが外れるなど実運用に耐えられない恐れがあった。そこで、撮影カメラに取り付け可能なトランスミッターとエンコーダーが一体となったワイヤレスシステムと、スイッチングシステム（課題2対応にて記載）を、ローカル5G基地局システムと接続するパッケージ開発を行った。

2.3 ネットワークの全体構成で記載した通り、カメラ関連構成要素は、カメラ本体、映像エンコーダー、送り返し映像用モニタ、タリー表示器、インカム装置、及びローカル5Gに対応したCPEである。当該開発において実装性を高めるために2つのアプローチを取っている。

1つ目の方法は、一体化パッケージ部分（カメラ・エンコーダー・CPE）を既存機器の活用によりインテグレートし、送り返し映像用モニタ（スマートフォンのアプリで実現）、タリー表示器（汎用マイコンによる専用デバイスで実現）、インカム装置（スマートフォンのアプリで実現）をワイヤレスで連携させる方法である。

2つ目の方法は、カメラ以外の機器自体を新規で開発する方法であり、単体商品として展開できる仕様を目指す。本実証ではまずは実証用開発に着手してプロトタイピングを行い、その有用性を評価した。その結果をもとにソリューション②、③で活用し、次年度以降、放送機器メーカーと協業し商用向け開発を進める。

既存機器インテグレート版の構成、そして新規開発機器の要件及び構成は下記の通りである。



図 4-9 既存機器のインテグレートによる一体化システムの系統図

表 4-7 新規開発機器の要件

トランスミッター システム パッケージ	5G 対応トランスミッター 入力 : カメラ映像、音声 入出力 : ネットワーク ・カメラ映像は映像用信号 (SDI 信号) を IP 変換することが望ましい ・ネットワークより、カメラトラッキングとカメラメタデータを入力 以上の機能を要したシステムをパッケージ化し、カメラに取付可能にする。
レシーバー システム パッケージ	出力 : カメラ映像、音声 入出力 : ネットワーク 以上の機能を要したシステムをパッケージ化する。

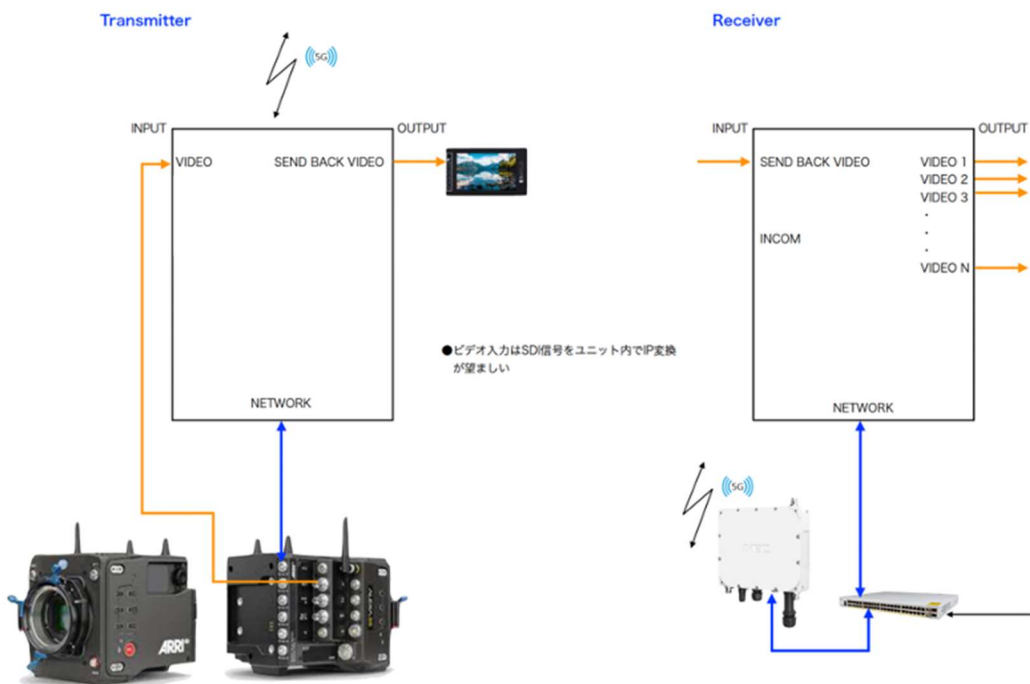


図 4-10 新規開発機器の系統図

■ソリューションのうち課題2の対応部分

中継車使用に伴う準備及び運用に関するコスト削減を目的に、可搬型のスイッチャー周辺機器システムのパッケージ「フライバックシステム」を活用することとした。フライバックシステムは NHK エンタープライズが開発したシステムパッケージで、テレビ放送の副調整室や中継車並みの機能を備えながら、放送よりも小人数でのオペレーションが可能な設計となっている。さ

らに可搬型パッケージにより、屋内外に持ち出して使用することができるため、様々な撮影状況に対応可能である。

本パッケージを活用することで、これまで中継車の設置が困難であった場所での撮影が可能になるほか、可搬型であるため電源さえ取ることができればどこにでも設置することが可能である。伝送機能を要する場合においても、近年 IP 化が進んでおり光ファイバ伝送に変わってきており、これに対応する機能を付随しているため、撮影敷地内の光ファイバ敷設箇所に可搬することで対応可能である。



図 4-11 フライバックシステム

フライバックシステムを核として、ローカル 5G 基地局と有線又はワイヤレスで接続するスイッチングセンターを構築する。

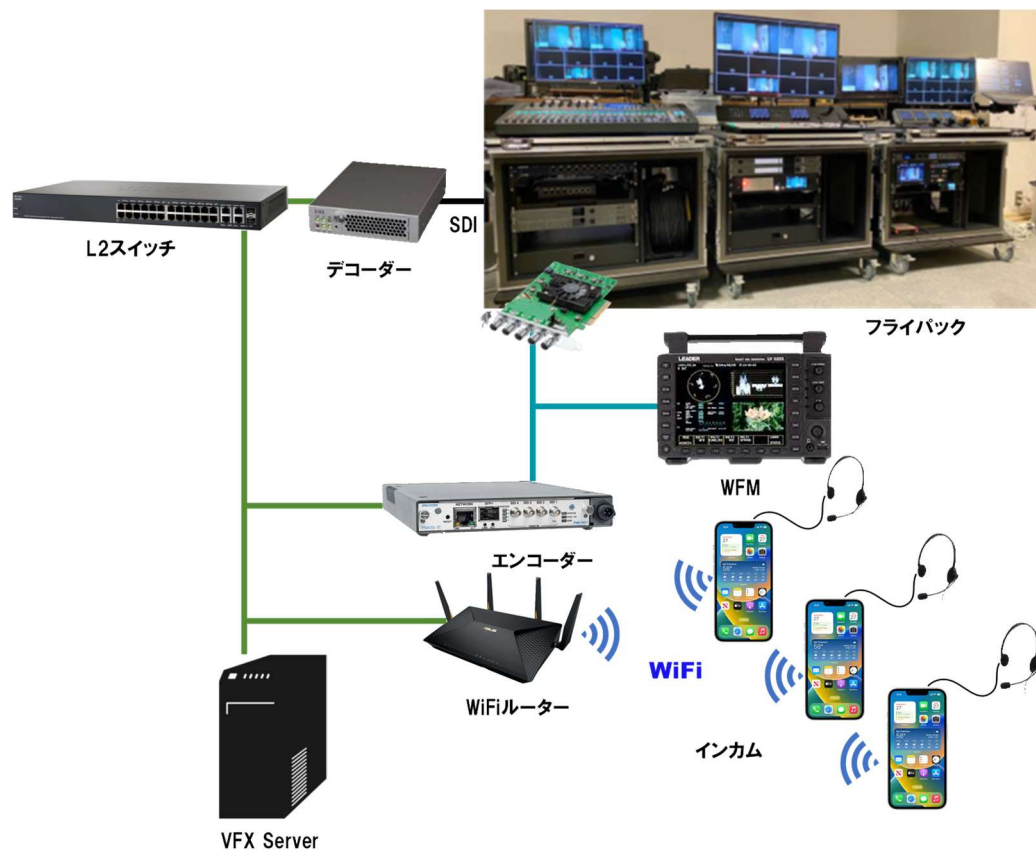


図 4-12 スイッチングセンター構成(再掲)

■ソリューションのうち課題3の対応部分

カメラ及びカメラ周辺機材がワイヤレス化して中継車も不要となることによって、撮影事前準備時間は圧縮され、撮影体制も簡易化されるので、「いつでも・どこでも」撮影が可能になるなど撮影業務が柔軟化することが考えられる。この際、ローカル5G基地局についても「いつでも・どこでも」撮影することに対して対応できなければならない。

具体的には、固定運用を想定して移設が困難なローカル5G基地局や、立上げ準備に時間を要するローカル5G基地局である場合、広大なロケ施設で撮影場所を転々とするのが往々にして起こる撮影現場に適用することは（施設内を全てエリア化できない限り）不可能である。このため、可搬型基地局を用いて、撮影箇所の移動スケジュールに合わせて置局場所を変更して運用できることが望ましい（※）。

※技術実証で検証している DAS の活用により基地局を動かす必要がないケースは DAS の活用によることが望ましい。

※広大な土地や施設内を全てエリア化できない場合、施設内の一定箇所をエリア化した上で一定期間当該エリア内の複数の撮影ポイントで順次撮影を行い、可搬型基地局を移設して施設内の残りのエリアをカバーし、当該エリア内の撮影に移行する運用を想定しており、撮影ポイントの移動の都度置局場所を変更するものではない。

本ソリューションでは可搬型基地局及びコンパクトなスイッチングセンターを組み合わせ、システム全体を可搬可能なパッケージとすることとした。こうすることにより、準備時間・撮影場所の転換時間の効率化及び柔軟な撮影場所の転換に寄与する（図 4-13 参照）。



図 4-13 可搬型基地局及び可搬型スイッチングセンターによる構成

②放送関連業界で汎用的な「リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション」

本ソリューションは、番組等制作フローの効率化・合理化を目的に、ローカル 5G を活用して 4.1.1 (4) ① (イ) で記載した放送関連業界の編集業務（CG 合成等に係る業務）における課題を解決するソリューションである。

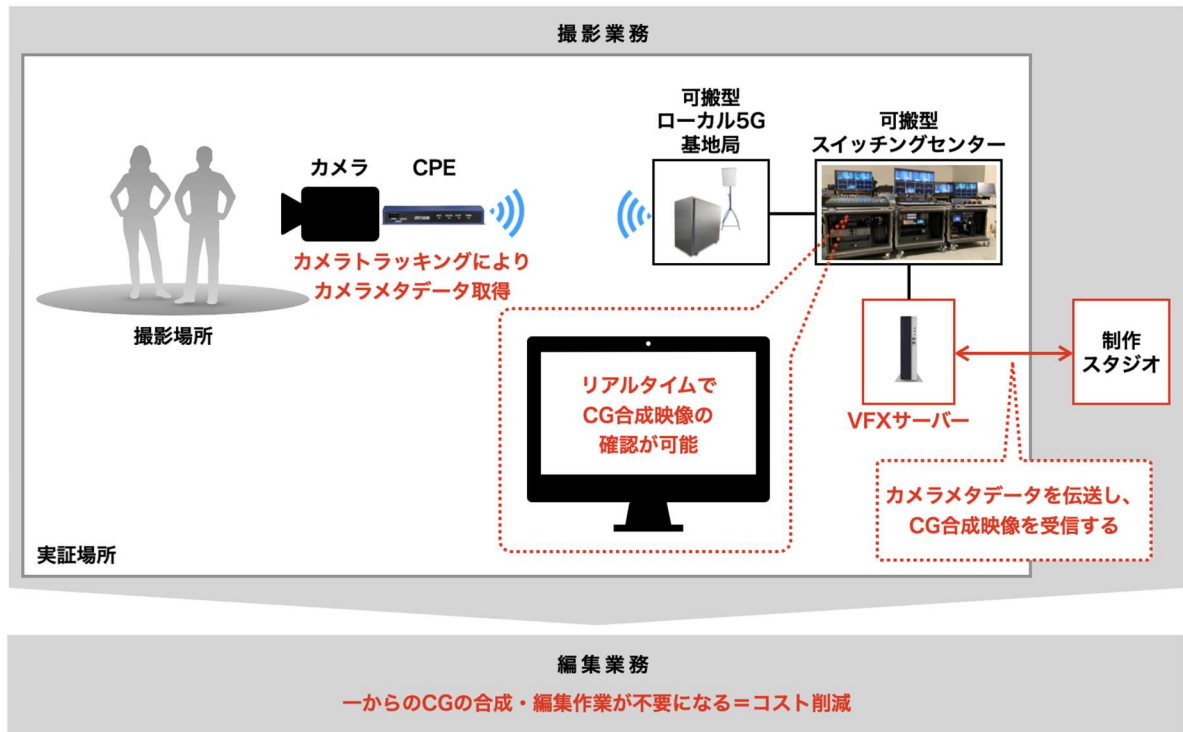


図 4-14 リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション概要

具体的には、撮影前に用意したストーリーボード又は絵コンテをもとにその都度擦り合わせをして現場で映像を撮れるだけ撮り、編集のタイミングで帳尻合わせをするという現行の非効率かつ高コストの編集業務フローを解消するために、バーチャルプロダクションの1つの「インカメラ VFX (ビジュアルエフェクトの略。3DCG を使って映像を作成し、実際の映像と組み合わせて加工するもの)」を応用するものである。

※インカメラ VFX・・・LED ディスプレイ・システム、カメラトラッキング、リアルタイムレンダリングを組み合わせた撮影技法。スタジオセットの背景となる高精細LEDディスプレイに3DCGで制作した情景(仮想世界)を映し、仮想世界と同期させたカメラで被写体と一緒に撮ることで、バーチャル空間の撮影をリアルタイムに実現する。



図 4-15 インカメラ VFX の概要

今後一般化が進むと想定されているこのインカメラ VFX 撮影は、撮影時にカメラのメタデータ(各カメラの位置や画角等)を映像とともにリアルタイムで伝送し、当該メタデータに基づいて背景となる3DCGの角度等を自動かつリアルタイムで調整してCGレンダリングを行うものである。インカメラ VFX の技術を応用した撮影方法ではポストプロダクションフェーズにおけるCGの合成・編集作業が不要になるため、編集ワークフローを大幅に効率化できるとともに編集

工程のコスト削減を実現することができる。

本ソリューション②は、ローカル 5G 環境下において、インカメラ VFX の技術を応用し、ワープステーション江戸のオープンセットを背景に演者の動きに合わせ 3DCG を合成するものである。

これにより、現場にいる演者や監督等のスタッフがリアルタイムで完成形の映像を確認できるため、一度撮影した場面の撮り直しを行いたい場合でも編集フェーズに入ってから再撮影をする必要がなく、すぐに現場で再撮影が可能となる。このように編集工程のコスト削減はもとより、後々のことを考慮せず撮影に集中できることも現場にいる演者や監督等のスタッフのパフォーマンスを向上させ、クオリティアップにもつながる。

リアルタイムで CG レンダリングを行うことから、カメラのメタデータ伝送は低遅延である必要があり、これまで撮影現場をワイヤレス化した場合には実現不可能であると考えられていた。

本ソリューションはかかる課題に対してローカル 5G を活用し、①のソリューションで無線伝送するカメラ映像、送り返し映像、タリー等のデータに加えて、カメラメタデータについても無線伝送を行う。これにより、ケーブル・中継車を排除した効率的かつ低コストなワイヤレス撮影とリアルタイム CG 合成といった高度な撮影・編集手法を組み合わせ、撮影から編集に至るまでの工程を一気通貫で効率化・コスト削減するシステムである。

③複数のローカル 5G 基地局を活用した新たなドラマコンテンツ制作ソリューション

■ソリューション概要

放送事業者・番組等制作会社の新たな収益源の確保を目的に、複数のローカル 5G エリアを活用して各地からの映像を同期・スイッチングすることにより 4.1.1 (4) ②で記載した訴求力のある新たなコンテンツを制作するソリューションである。

現状実施されている放送用番組の 2 次利用は動画配信プラットフォームにおける訴求力が高いとはいえ、ワンソースマルチユース（1 つの番組等のコンテンツを複数の媒体で使用することで収益源の増加を図ること）の拡張のためにはこれまでにない新たなコンテンツの制作が求められている。特にワンソースマルチユースのビジネスモデルと親和性が高い（Phase2, 3 での収益性の高い）ストーリー性のあるコンテンツの代表であるドラマにおいて、新たなあり方が求められている。

近年、海外ではワンカット撮影（シーンごとの撮影ではなく、映像の最初から最後まで編集によるカット割りを行わず、一気に撮影する技法のこと）が人気を博している。日本でも、脚本・監督三谷幸喜氏による完全ワンシーン・ワンカットのドラマ「short cut」や映画「カメラを止めるな」で 40 分程度のワンカット撮影が採用されるなど普及している。さらに、このワンカット撮影に加えて「イマーシブシアター」要素を加味する試みも始まっている。イマーシブシアターとは、2000 年代にロンドンから始まった「体験型演劇作品」の総称である。特徴として、決まった客席やステージはなく、空間全体が舞台となり、役者が同時多発的に演技を行い、観客は自分好きに楽しむことができ人気を博している。

以上の背景を踏まえて、本ソリューションではワンカット撮影及びイマーシブシアター撮影

によるドラマコンテンツ制作により、さらなるマルチユースを実現することとした。

■ソリューションの詳細

さらなるマルチユースを検討する上では、放送用番組の 2 次利用の検討ではなく、これまでにない訴求力のある新たなコンテンツの制作を可能にすることが重要である。また、放送前の段階を新しく作ることで、これまでとは異なる新たなビジネスモデル（さらなるマルチユース化）を構築することができる。

表 4-8 従来のビジネスモデルと新たなビジネスモデルの比較

	従来のビジネスモデル	新たなビジネスモデル
マルチユース Phase 1	なし	新たな収入源の発掘 (観客動員等)
マルチユース Phase 2	放送番組	放送番組
マルチユース Phase 3	別プラットフォームでの配信 (単なる 2 次利用)	別プラットフォームでの配信 (訴求力ある新たなコンテンツ)

新たなビジネスモデルとして Phase1 を設ける際には、放送番組や別プラットフォームでの配信にはない付加価値として、現地観客動員が可能なリアルタイムで展開するドラマコンテンツ（ライブエンターテインメント市場）が有効であると考えられる。なお、ライブエンターテインメント市場はコロナ禍により一時落ち込みを見せたが、現在は堅調に回復傾向である。

このような背景の中、ワンソースマルチユースと親和性が高いストーリー性のあるドラマにライブエンターテインメント要素である「リアル体験」と「オンラインライブ体験」を盛り込んだ番組制作のあり方を追求する。



図 4-16 ライブエンターテインメント市場の予測

https://corporate.pia.jp/news/detail_live_enta20210928.html

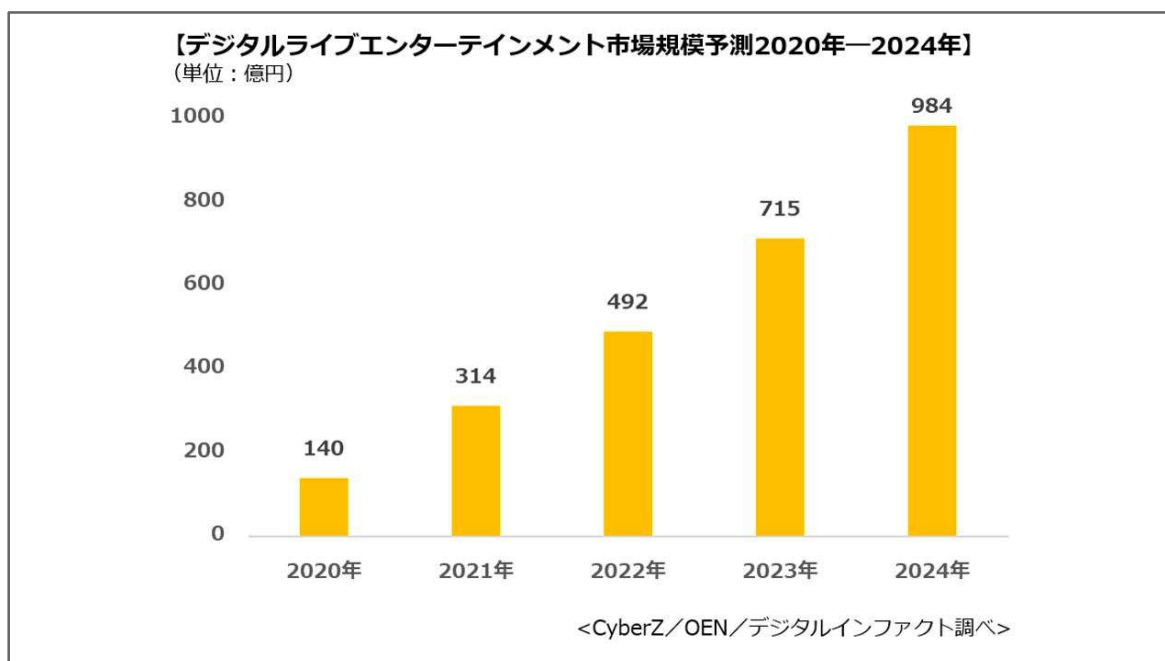


図 4-17 デジタルライブエンターテインメント市場の予測

https://cyber-z.co.jp/news/research/2020/0730_9838.html

本実証では、上記のマルチユースの拡大による収益源の増加に資する新たなコンテンツとして、ワイヤレスかつリアルタイムの撮影システムの特長を最大限発揮する「ワンカットによる同時多発撮影ドラマコンテンツ」をターゲットにその制作及びマルチユースを可能とするソリューションを実証することとした。

同時多発撮影とは、複数箇所でも同時に演技をして撮影を行うコンテンツ類型であり、日本でもこの新しい試みは徐々に広まっている。それぞれの箇所での撮影を各ストーリーとしてとらえると、1つのストーリーだけでも完結する上に、ストーリー同士が交わることで新たな楽しみ方が可能になる。

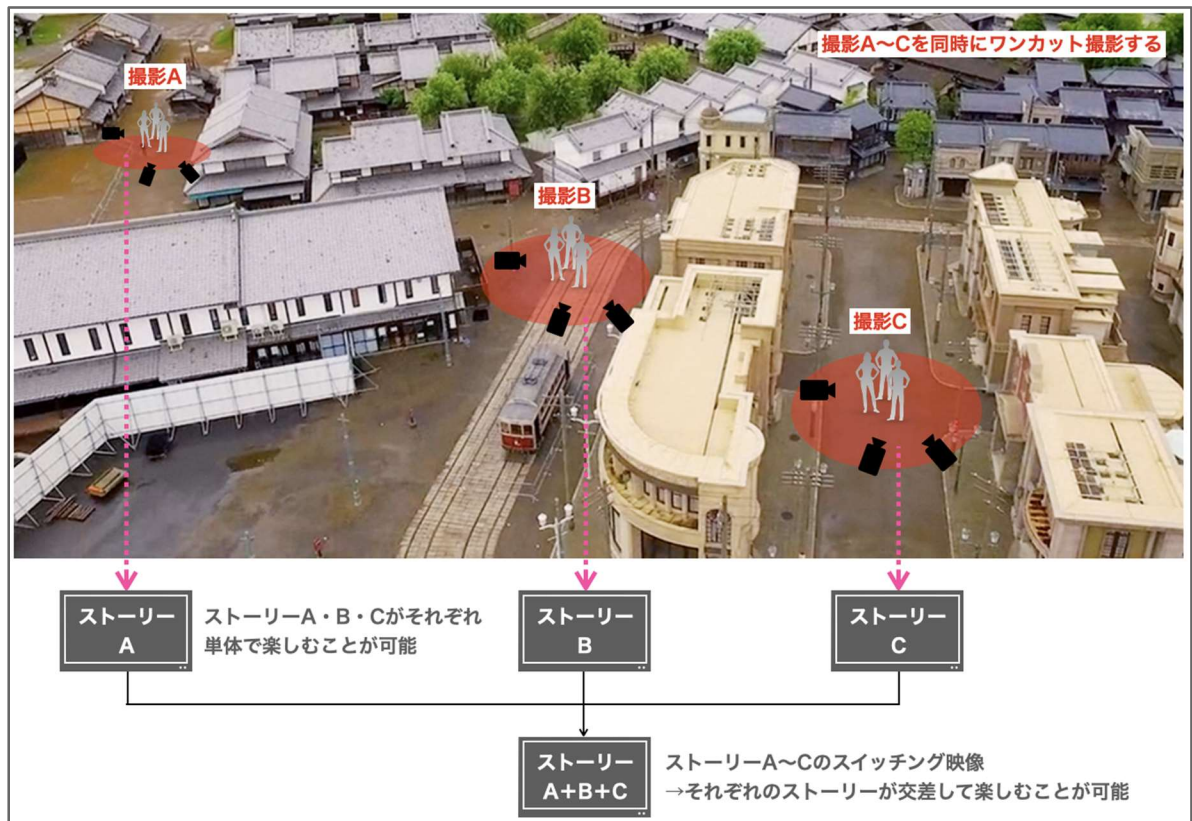


図 4-18 同時多発撮影コンテンツの事例・イメージ

上記の新たなコンテンツを実現するにあたっては、施設内の各所で演者が演じるとともに、それぞれの箇所に1台ずつのカメラを配置して収録・配信をすることになる。この場合、会場内の観客が（演技をする箇所にケーブルが大量に敷設されていることによる）違和感を生じないように完全にワイヤレスで撮影を行うことが求められるため、撮影機材等の無線伝送が必要となる。

加えて、施設内の様々な箇所が舞台となることから、1つの基地局で全ての箇所をカバーすることが困難であり、多くの場合複数の基地局を活用することが想定され、複数の基地局のそれぞれのカバーエリア内で、同時進行で撮影されている映像をまとめてスイッチングを行うシステムが必要となる。

このため、本ソリューションでは、複数の基地局を利用してそれぞれのエリアで多数の撮影が同時に行われている状況においても、各所から映像をリアルタイムで集約・同期してスイッチングをすることができる制作システムを実証することとした。

なお、下図のソリューション全体像はその全てを導入した場合の全体的な構成であるが、②と③はそれぞれ①を前提としたソリューションという位置付けのため、①～③を一体的に運用する必要はなく、①のみを独立して運用することが可能であるとともに、①と②又は①と③のみを運用することも可能である。下図のリアルタイム VFX サーバは②を運用する場合のみ必要となり、また複数の基地局を用いた構成は③を運用する場合に必要と想定されるものである。

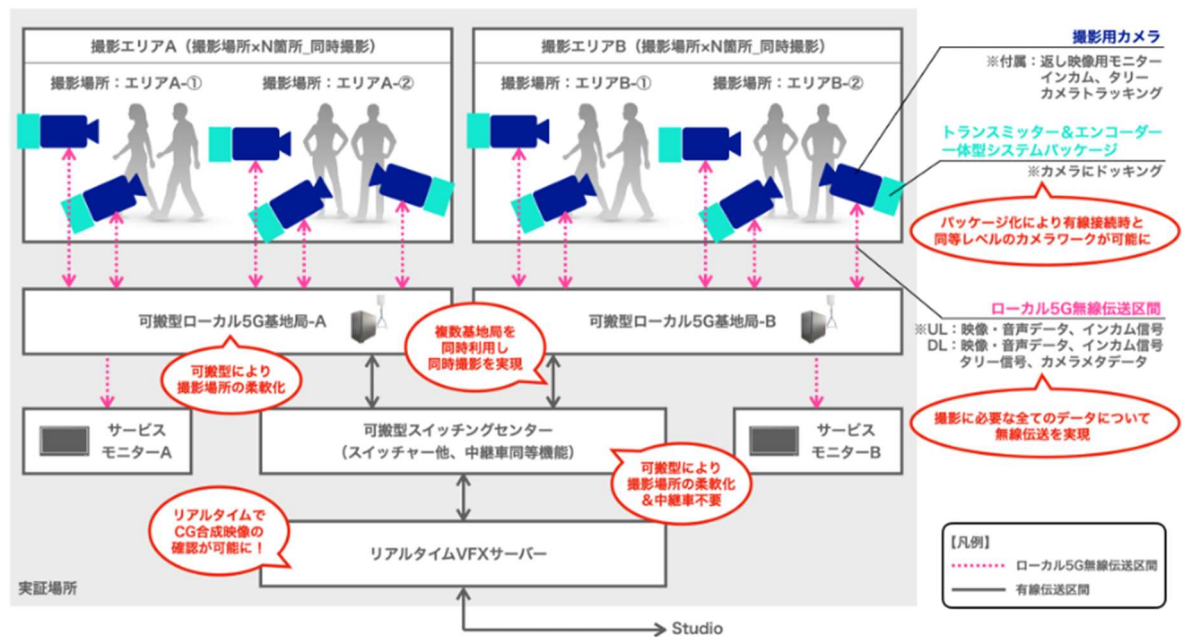


図 4-19 ソリューションの全体像

※各ソリューションの関係性

上記①～③はそれぞれ放送関連業界の課題解決を目的としたソリューションであるが、①のソリューションが基盤となって、②・③のソリューションはそれぞれ①を利用・応用したソリューションである。

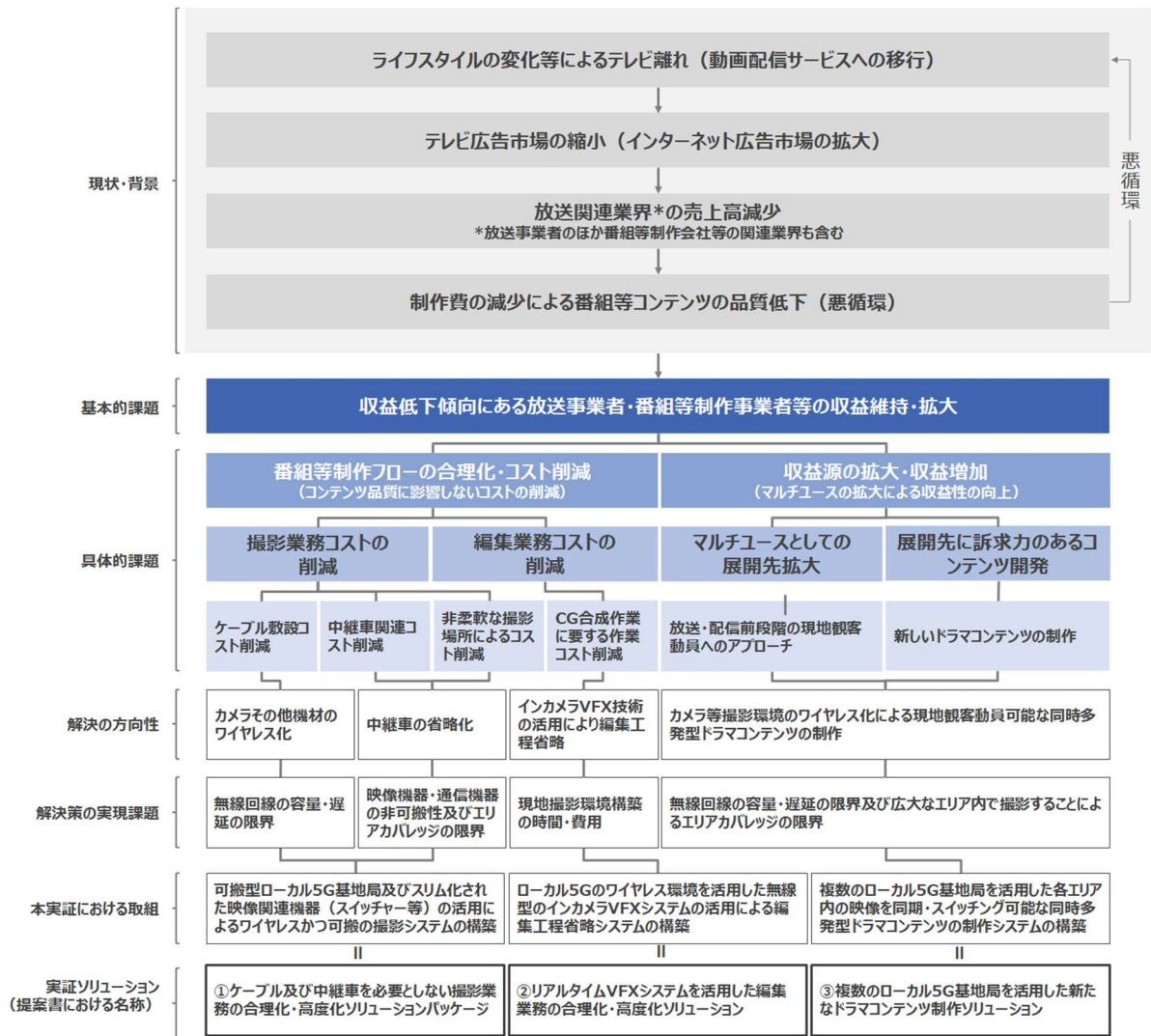


図 4-20 放送関連業界の課題とソリューションの対応関係

(2) ローカル 5G 活用モデル（当初仮説）

本事業終了後、実証地であるワープステーション江戸に実証システム（ローカル 5G ネットワーク機器、トランスミッター等の通信機器、撮影周辺機材）を常置して商用運用を行うところ、実証開始時点で以下のビジネススキームを想定モデルとして設定した（図 4-21 参照）。また、実証開始当初の仮説として設定した活用モデルの詳細は以下の通り。

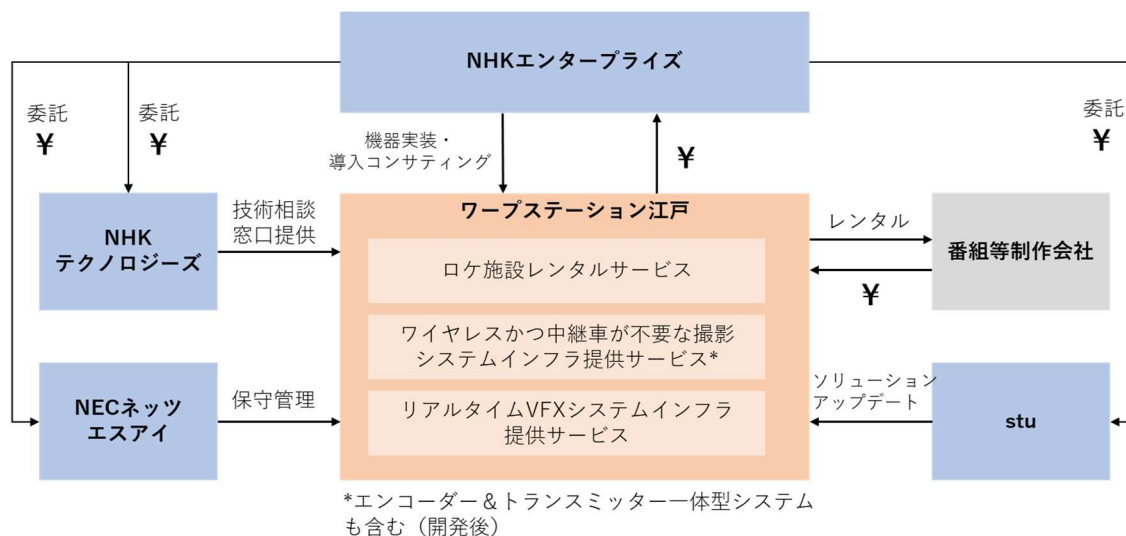


図 4-21 ビジネスモデル

①ターゲット

ワプステーション江戸においてドラマや映画、CM等の撮影を行う番組等制作会社を商用運用時の想定ターゲットとする。現在でもワプステーション江戸は管理運営者である株式会社NHKエンタープライズの利用だけでなく、他の放送事業者や番組等制作会社にロケ施設として有償で貸し出しを行っているところ、実証終了後はこれらの事業者に対してレンタルオプションとして実証システムの提供を行う。

※なお、株式会社NHKエンタープライズがワプステーション江戸で撮影業務を行う際は自らシステムを利用する。

表 4-9 ワプステーション江戸のレンタル事業の利用実績

昨年度利用社数	38社
昨年度施設稼働率 (稼働日数/365×100)	27.9%
昨年度利用社例	日本放送協会／(株)TBSテレビ／(株)フジテレビジョン／(株)東映テレビ／東映(株)京都撮影所／(株)KADOKAWA／(株)TYO／(株)ロボット／つくばみらい市

②提供するソリューション

商用運用の際の提供内容については、ワイヤレスかつ中継車が不要な撮影システム(ローカル5Gネットワークインフラのほかトランスミッター等の通信機器、撮影機材等)を施設利用のオプションとして提供するとともに、撮影事業者がリアルタイムVFXの撮影を行う場合には上記

の撮影システムに加えてカメラトラッキング、VFX サーバの機器をレンタルする。

③ソリューションの提供・利用方法

実証終了後、実証地であるワープステーション江戸に実証システム機器（ローカル 5G ネットワーク機器、トランスミッター等の通信機器、撮影周辺機材）を設置してレンタルする。

レンタルの申込（利用日の 1～2 か月前までの申込が必要）があった場合には、本コンソーシアムは、エリア化する必要のある撮影予定箇所についてヒアリングを行った上で利用マニュアルを交付するとともに、利用日までに当該エリアをカバーする置局場所（※）を設定した上で必要な場合は免許変更申請を行い、基地局を設置することを想定する。

※ワープステーションの場合、一度に全ての撮影エリアをカバーすることはできないため、顧客ごとに特定の 3～4 地点間を移動させながら運用する想定。

また、撮影前の段階で本コンソーシアムは、電波状況の確認を行った上で、利用日当日は、制作会社等の技術担当に対してトランスミッター等の通信機器等を交付してその利用方法に係る説明を行う。また、無線通信の技術的な問題が発生した場合にすぐに対応ができるよう、コンソーシアム内に技術相談窓口を設ける。

④運用に係る事業スキーム

運用は原則として全て NHK エンタープライズにおいて行う。具体的には、免許申請等の事務対応のほか、顧客に対する営業及び利用サポートを行う。技術相談窓口については、NHK テクノロジーズに委託することとし、NHK テクノロジーズではローカル 5G システムの利用予定日には技術相談の体制を確保することとする。技術相談があった際は遠隔監視を行いながら改善方法の指導を行う。また、ソリューションのアップデートが必要な場合は株式会社 stu に対して、ローカル 5G システムの保守管理については株式会社 NEC ネットズエスアイに対して委託を行う。

表 4-10 運用体制

NHK エンタープライズ	ワープステーション江戸の管理・運営 実装・横展開を図るための取組（営業活動や導入に向けたコンサルティング等）の実施主体及び顧客窓口 本実証システムの免許申請・手続、利用サポート
NHK テクノロジーズ	技術相談窓口
stu	ソリューションアップデート
NEC ネットズエスアイ	ローカル 5G 基地局の保守管理

⑤導入効果

顧客となる放送事業者や番組等制作会社は番組制作フローの改善に伴うコスト削減や新たな収益源の確保が可能になる。また、事業を運営する株式会社 NHK エンタープライズは、新たなシステムの提供による顧客増・施設稼働率の向上及びオプション利用による客単価の向上が期待される。

⑥横展開のあり方

横展開については、①～⑤の運用を他施設でも実現できるよう、他の撮影ロケ施設運営事業者（所有者）に対してシステムを提供するとともに運用のサポートを行う（表 4-11 参照）。映像制作会社に対して、本実証で新規開発する「トランスミッター&レシーバーシステムパッケージ」の提供に関しては、他と形態が異なる。こちらは、ローカル 5G 環境にて使用可能な機器の販売となることを想定している。

表 4-11 横展開におけるビジネスモデル

想定ターゲット	提供ソリューション	ビジネスモデル
撮影ロケ施設 運営事業者	実証システムのロケ施設 への導入	本実証場所であるワープステーション江戸と同様の撮影ロケ地の運営事業者に対して、本実証システムの機器販売及び導入コンサルティングを実施する。 ユースケースの紹介及び 2023 年度の年間実運用実績を用いて営業活動を行うことで、ターゲットに訴求する。
放送局	実証システムのスタジオ への導入	2023 年度に屋内利用向けシステム開発を行った上で、屋内スタジオを保有する放送局及びケーブル会社に対して、本実証システムの機器販売及び導入コンサルティングを実施する。 屋内スタジオ保有の放送局に関しては、NHK グループである利点を活かし、NHK において試行運用を実施し、ユースケースとしての実績を積みながら展開を進める。
ケーブル会社		

想定ターゲット	提供ソリューション	ビジネスモデル
番組等制作会社	実証システムの導入 ※制度改正により、同一基地局を異なる敷地で簡易的に利用が可能になる想定	現状の制度では、異なる他者の敷地において同一基地局を移動しながら使用するには、調整や都度の免許申請が必要であるため実現が困難である。しかし、当該制度が将来的に変更され、1つの基地局を用いて複数敷地で自由に使用することができることとなった場合、ロケ地運営事業社側ではなく、ロケ地へ赴く制作会社側での需要が拡大することが見込まれる。 そこで、様々なロケ地へ赴く映像制作会社・放送技術会社に対して、本実証システムの機器販売及び導入コンサルティングを実施する。
	トランスミッター&レシーバーシステムパッケージの導入	カメラに取り付けすることができる、5Gトランスミッター及びSDI-IP変換が一体化したボックスはいまだ市場にないため、需要が見込まれる。 本実証で開発したシステム以外にも5G接続する環境があれば使えるため汎用性は高い。そこで当該システム機器の個別販売も実施する。

(3) ローカル 5G の必然性・必要性

放送業界の課題解決としてワイヤレス化が必要である旨は前述の通りである。本項では、課題解決の方策として無線通信回線を利用するにあたり、なぜローカル 5G が最適解であるかについて言及する。

①大容量通信が可能であること

放送関連事業で用いられる映像品質は高く、HDのほか4Kが利用されており、将来的には8Kカメラの利用も想定される。加えてドラマ等の番組や映画の撮影時には5台~10台のカメラが同時に運用されているほか、カメラメタデータや送り返し映像の伝送が必要になることから、これらを同時接続した際には大容量のスループットを確保することが必要になる。構成別には下

記の通りとなる（表 4-12 参照）。このため、撮影現場をワイヤレス化する場合には、大容量通信が可能であることが求められる。

表 4-12 撮影現場全体をワイヤレス化した場合の必要スループット

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
カメラ構成①	HD	UL	20Mbps	10 台	200Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps
	合計要求スループット				
カメラ構成②	HD	UL	20Mbps	8 台	160Mbps
	4K	UL	45Mbps	2 台	90Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	10 台	10Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	10 台	500kbps
	送り返し	DL	4Mbps	10 台	40Mbps
	タリー	DL	1kbps	10 台	10kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5 台	100Mbps

構成パターン	伝送データ	回線	符号化レート	接続数	総レート
	合計要求スループット				UL261Mbps (250Mbps) DL141Mbps
カメラ構成③	4K	UL	45Mbps	5台	225Mbps
	メタデータ	UL	1Mbps	5台	5Mbps
	インカム	UL・DL	50kbps	5台	250kbps
	送り返し	DL	4Mbps	5台	20Mbps
	タリー	DL	1kbps	5台	5kbps
	モニタ	DL	20Mbps	5台	100Mbps
	合計要求スループット				UL230Mbps (220Mbps) DL120Mbps

②低遅延通信が可能であること

中継や配信だけでなく収録の場合であっても、撮影現場では複数のカメラから伝送された映像をスイッチングしながら収録するため、それぞれがばらばらに伝送されてくる映像の時刻を同期する必要がある（同期しなければ、スイッチング時に演者の動きが途中で飛んでしまったり、繰り返されてしまったりする）。

このため、スイッチャー（機器）の同期処理機構（フレームシンクロナイザ）が同期可能な遅延値に遅延量を収めなければならず、撮影現場をワイヤレス化する場合には低遅延性の無線通信環境が求められる。

③通信の安定性が確保できること

本実証ソリューションはBtoBの企業間取引の対象であり、顧客である放送事業者や番組等制作会社の利用の際に電波環境を安定的に運営することが不可欠である。従って、他のユーザーの利用状況によって通信性能が変化するキャリア 5G や Wi-Fi6 では適切な事業運営が不可能であ

り、クローズドのネットワーク構築が求められる。

表 4-13 ネットワーク性能の比較

	ローカル 5G	キャリア 5G	Wi-Fi6	Wi-Fi	4G/LTE
通信速度	○	○	○	× 比較的速度が遅い	× 比較的速度が遅い
遅延性	○	○	○	× 比較的遅延量 が大きい	× 比較的遅延量 が大きい
安定性	○	× 免許制ではな く干渉・混信 による不安定 性の懸念	× 免許制ではな く干渉・混信 による不安定 性の懸念	× 免許制ではな く干渉・混信 による不安定 性の懸念	× 免許制ではな く干渉・混信 による不安定 性の懸念

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

本実証では、カメラ等の各機材をワイヤレス化してデータを無線伝送するとともに、中継車等を不要化して柔軟かつ効率的な撮影を可能とする①「ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ」を基盤に、これを前提として、CG の編集工程を効率化する②「リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション」、③「ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション」を実現することとしたものである。

上記の実証内容の新規性として、まずはドラマなどの番組等制作分野のユースケースを対象としたものであることが挙げられる。放送関連業界は旧態依然のワークフローが色濃く残っており、その分非効率な作業も多く残っているが、かかる分野でローカル 5G を始めとする高度通信技術を活用して合理化・高度化を図られた前例はない。

また、ソリューション①の新規性については、広大な自己土地の中で可搬型の基地局を移動させ、順次必要な箇所をエリア化するという点はこれまでにない新たなユースケースであるということができる。

ソリューション①についてはそのほか、これまで撮影現場ではケーブル敷設及び中継車の準備が必要不可欠であったことから、これらを不要化することは放送関連業界にとって新規性のある取組である。特に、無線化することによりカメラケーブルを省略するだけでなく、送り返し映像、タリー信号、インカム信号も含めてワイヤレス化して現場のケーブル敷設業務の完全撤廃を実現すること、関連機器をスリム化して中継車を不要化し、より実効的なソリューションとすることは、過去の他分野の実証にはない新たな取組である。

ソリューション②の新規性として、ワイヤレス環境を基盤にインカメラ VFX 技術を応用してリアルタイムでCG レンダリング(合成)を行うという技術要素に新規性があることはもとより、映像の編集工程を効率化するという観点でも新規性がある。さらに、撮影現場で演者とCGの位置関係をリアルタイムで確認しながら制作が行えるというフローにおいても従前のものとは異なる演出上の効果が期待できる。

またソリューション③の新規性として、複数の基地局のエリア内で撮影された映像を統合してスイッチングをするシステムの機能に新規性がある。また、こうしたシステムを用いてこれまでにないコンテンツ類型を開発する点についても、新たな試みであるといえることができる。

(2) 過年度実証事業との関連性

今年度の提案は昨年度開発実証の「ローカル5Gネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像撮影システムの構築」とは有線接続カメラのワイヤレス化という点で共通するものの、ソリューションの内容、実証環境・対象領域の面で異なる。

特にソリューションの内容について、(2)の記載内容を下図で図示している。カメラのワイヤレス化による無線映像伝送システムの実証を行っていたものであるが、今年度は昨年度実証システムの課題解決を図るとともに、撮影現場・編集工程等制作フローのさらなる合理化を図り、さらには収益源の増加を図ることとしていることから、より付加価値が高く実装性の高いものである。

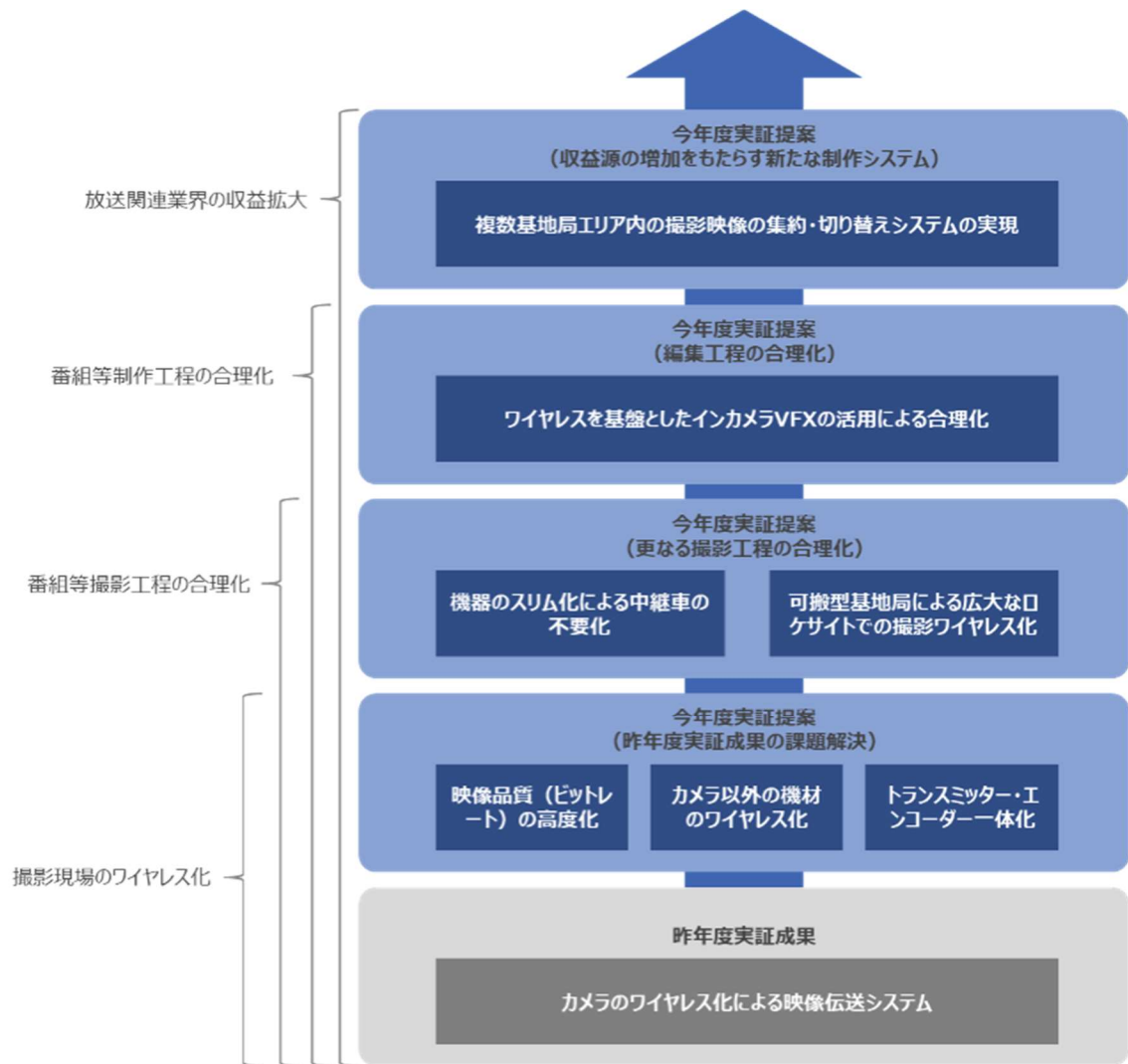


図 4-22 過年度実証の内容と本提案の関係性

4.1.4 実証目標

上記を踏まえ、本活用モデルの目標として以下を設定した。

(1) 実証システムの有用性を立証すること

① コスト削減に関する目標

本実証システムを用いて、ワークステーション江戸内で（同時多発型ではない通常の）ドラマ撮影を行う際のシミュレーションを行い、労働時間の短縮化及び機器の不要化によるコスト削減効果について検証を行った。撮影業務フローにおける 20%のコスト削減及び編集業務フローにおける 10%のコスト削減効果を目指すこととした。

撮影業務フローのコスト削減については、例えばケーブル敷設作業費・カメラケーブルを担当するカメラアシスタント費が削減される。これらは昨年度の実証では、カメラ台数 10 台の有線カメラと無線カメラの設営・撤去に要する時間を比較した結果、施設利用期間を 2 日間の想定で算出した場合、総額で 100 万円、1 日あたり 50 万円の削減効果が得られた。有線カメラと比較して 50%のコスト削減となっている。このほかにも、技術ロケハン（下見）費、ロケ地借用料、機材運搬（設営・調整を含む）、中継車借用（手配経費を含む）、電源車借用（手配経費を含む）、駐車道路許可交渉費といった削減項目が見込まれ、これらは項目ごとで比較する場合は 50%以上の削減可能性が高い。以上の削減項目と非削減項目の内容を踏まえて、撮影業務フロー全体の中で品質維持も含めてコストバランスを調整し、20%のコスト削減を目指すこととした。

編集業務フローにおける 10%のコスト削減については、昨年度の実証結果はないが、モデリング（CG 素材作成）、テクニカルプリビズ（撮影前の VFX 合成試写）、オンセットプリビズ（撮影現場でカメラを見ながらの VFX 合成試写）、ポストプリビズ（撮影後の VFX 合成試写）、コンポジット（CG 素材と実写映像等の各種素材との合成作業）、グレーディング（色調や解像度を調整する仕上げ処理）業務の費用削減が見込まれたところ、上記業務に要する費用は人件費であり、主な構成は作業時間 90%と確認作業時間 10%になることから、今回、リアルタイムでの確認が可能になるので、この確認作業 10%削減を目指すこととした。

②費用対効果に関する目標

本実証システムのインシヤル・ランニングコストと①の削減効果を踏まえ、本システム導入の費用対効果を算出し、これがプラスであることを目指すこととした。

③マルチユース拡大に関する目標

本実証システムを用いて、ワープステーション江戸内にて複数の基地局を活用した同時多発型ドラマの制作を行った上で現地動員・配信を行い、そのコンテンツとしての魅力について観劇者及び視聴者に対してアンケート調査を行い、マルチユースの拡大にどの程度資するものであるか検証を行う。アンケート結果として、同様のコンテンツ類型を再度現地観劇又は視聴したいと回答する者の割合が 75%（※）を超えることを目指すこととした。

※75%の数字設定について

弊社の事業収支構造として、収益に対して 70～80%程度のコスト構造となるように調整することから、リピート希望者が 75%を超える場合、最低限の収益が 75%見込める想定にて事業決定・投資を実施できるため当該数字を基準としたものである。

④システムユーザーのニーズに関する目標

本システムの有用性をあらわすには、システムのユーザーニーズに応えることが大前提である。前項で本実証実験の新規性でも述べた、カメラケーブルを省略化するだけでなく、送り返し映像、タリー信号、インカム信号も含めてワイヤレス化することや、それらを基盤に撮影現

場でリアルタイムで CG レンダリング（合成）を行うことに対するユーザーの利便性や演出の向上に関するニーズを満たすことも目指す。

（２）実装横展開の課題を明らかにすること

本実証においては、通常のドラマ及び同時多発型ドラマの撮影を行うこととしているが、ロケ施設を利用する立場の放送事業者や番組等制作会社、他のロケ施設の管理・運営事業者を招待して撮影日に実証視察会を開催している。そこでコンソーシアムで把握しきれていない実証システムの利用についての課題及び実証システムの導入についての課題をヒアリングし、次年度以降の実装・商用利用及び横展開を進めるにあたって改善すべき点を明確化することを目標とした。

4.2 実証環境

本実証事業は、茨城県つくばみらい市中央に位置する「ワープステーション江戸」（茨城県つくばみらい市南太田 1176）にて実施した。

課題実証では①～③のソリューションを実施している。

- ①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ
- ②リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション
- ③ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション

実施に際して、実証会場を以下の通りエリア化する（図 4-23 参照）。基地局を 2 局利用し、3 か所の撮影エリアをカバーすることとした。

- エリア 1 : ローカル 5G 基地局①接続 DAS-RU を中近世⑭に設置し構築
(大橋～大店・茶屋通り対象)
- エリア 2 : ローカル 5G 基地局①接続 DAS-RU を中近世・高麗門に設置し構築
(商家通り・長屋対象)
- 同期局エリア : ローカル 5G 基地局②接続アンテナを堀端に設置し構築 (大橋・堀対象)

ワークショップ江戸撮影施設配置図

(2021年4月改定)

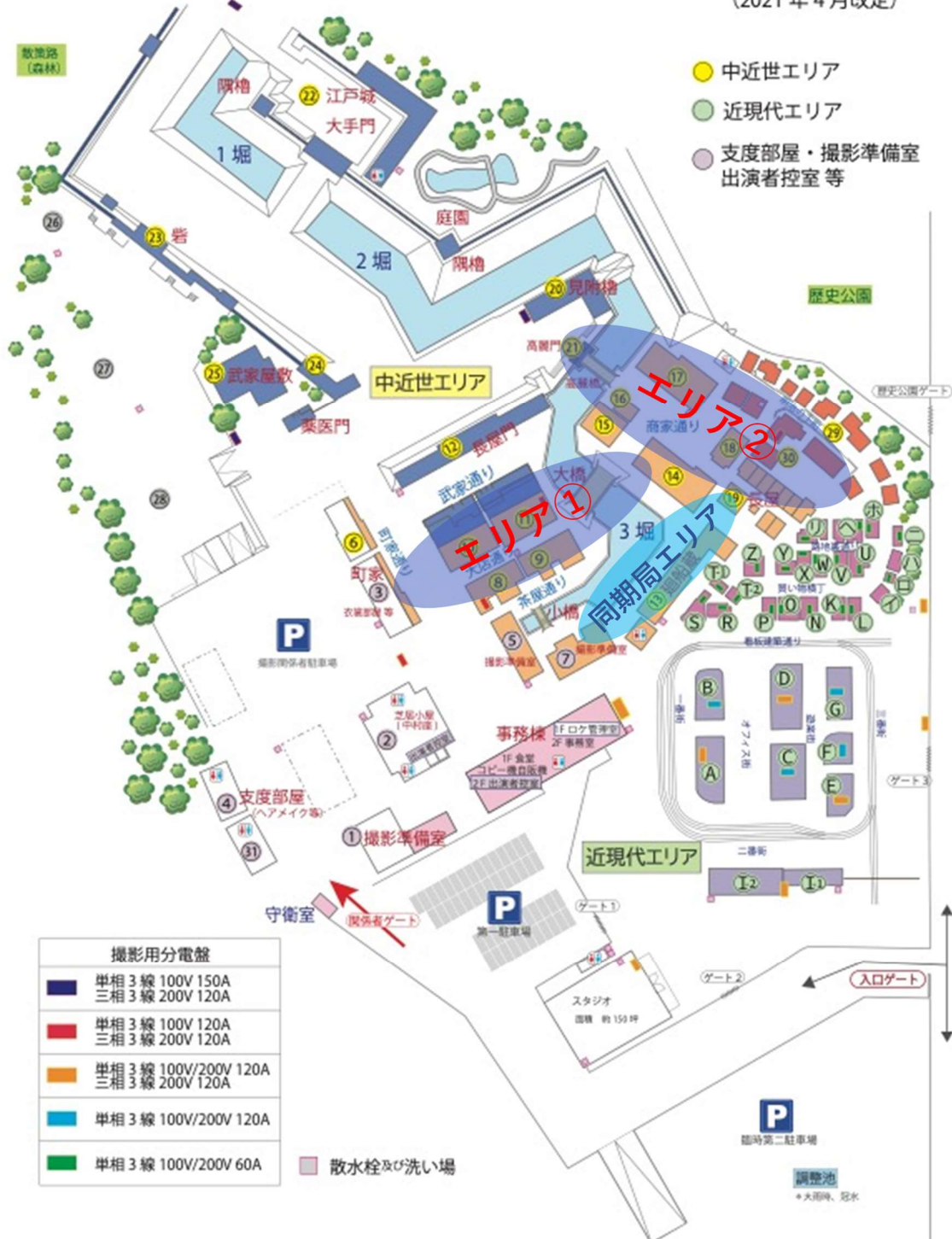


図 4-23 実証会場における課題実証を行う際のエリア予定図

表 4-14 各エリアの利用とソリューション検証の対応

	エリア 1	エリア 2	同期局エリア
①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ	○	○	—
②リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション	○	—	—
③ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション	○	○	○

4.3 実施事項

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

(1) 機能検証

1) 検証項目

本実証では、以下の項目について検証を行った。

- ①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージに関する検証項目（ソリューション①）

ここではローカル 5G による無線伝送の可能性について、表 4-15 記載の項目を検証した。

表 4-15 機能検証項目一覧

項目		概要	定量/ 定性
撮影映像 (UL)	Ua: 伝送可否・安定性	撮影した映像の伝送可否及び映像のフリーズ、カクツキ、ブロックノイズの発生有無等の安定性をデコード後の映像をモニターで表示させて検証する。	定性検証項目
	Ub: 映像品質	放送番組として求められるビットレートの映像を安定的に伝送できるか、放送素材として十分な画質となるかをデコード後の映像をモニターで表示させて検証する。 HDTV(1440/1080i/59)で少なくとも 20Mbps、4K(3840/2160p/59)で 45Mbps を目標とする。	定量検証項目
	Uc: 伝送遅延量	放送番組の制作におけるスイッチング等の実施に影響がない遅延量の条件を満たしているかを検証する。 今回予定するドラマコンテンツの場合、スイッチャーが違和感なく処理できるように、エンコーダー入力(カメラ出力)とデコーダー出力(スイッチャー入力)の伝送遅延を含めたトータルの遅延量が 500ms 程度を限度とする。 カメラ出力とデコーダー出力の間の遅延量は遅延測定器を用いて測定し、実際にスイッチャーの操作感を担当者にヒアリングする。	定量検証項目
	Ud: 同時接続台数	放送番組の制作において必要なカメラその他の機材の同時接続台数を確保できるか否かを検証する(映像品質との組み合わせで検証)。 事前のアップリンクのスループットが 200Mbps とされていることから、最大で HDTV10 チャンネルのカメラ伝送を目標とする。 最低数は、実際の演出プランを考慮し、HDTV で 4 チャンネルとする。 実際に、複数のカメラ(もしくはビデオプレイヤー)の映像を複数の CPE からアップリンクし、それぞれが適切にデコードできるかを映像モニターで表示させて検	定量検証項目

項目		概要	定量/ 定性
		証する。	
返し映像 及びモニ タ映像 (DL)	Da: 伝送可 否・安定性	カメラマンにスイッチング状況を知らせるために送られる送り返し映像及びパブリックビューイング(PV)向けを含むモニタ用映像の伝送可否及び安定性について、送り返し映像を表示するポータブルデバイスでの表示により検証する。	定性検証 項目
	Db: 映像品質	送り返し映像及びモニタ用映像として必要なビットレートの映像を伝送できるかについて、送り返し映像を表示するポータブルデバイスでの表示により検証する。 ポータブルデバイスで 4Mbps 程度での表示を想定する。	定量検証 項目
	Dc: 遅延時間	送り返し映像及びモニタ用映像として必要な遅延条件を満たしているかを検証する。遅延時間は、カメラ映像とポータブルデバイスでの画面を同時に撮影し、表示されるフレーム値の差から求める。	定性検証 項目
タリー (DL)	T1: 表示可否	タリーが正しく表示されるかどうかをタリーデバイスの表示により検証する。	定性検証 項目
インカム (UL・DL)	Ic: 伝送可否	撮影スタッフ間の指示出し等に使われるインカムの音声データが伝送できるか、コンテンツ制作の現場での利用に適するかを実際の利用スタッフにヒアリングするなどして検証する。	定性検証 項目
その他	Ss: システム セッティング 所要時間	撮影場所におけるシステムのセッティング所要時間を検証する。	定量検証 項目

②リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューションに関する
検証項目 (ソリューション②)

撮影から CG レンダリングが行われた合成映像が現場モニタに表示されるまでの遅延時間

が撮影現場の運用上許容範囲であるかを確認した。(定性評価項目)

- ③ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューションに関する検証項目 (ソリューション③)
複数の基地局のカバーエリアからそれぞれ伝送された映像を同期してスイッチング可能で、効率的な番組制作に寄与できるかを確認した。(定性評価項目)

2) 検証方法

- ①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージに関する検証方法

(Ua、Ub: 映像伝送可否・安定性及び映像品質)

映像伝送可否については、本実証システムで構成する全てのカメラの映像を伝送し、スイッチングセンターにおいてスイッチャーで個別に選択し、映像モニターにて各画像を目視にて確認する。また、伝送後の映像をスイッチャーで選択し各映像について5分間評価し、その安定性と画質を評価した。受信画像において、ノイズ、カクツキ、フリーズなどの劣化が発生する場合には、デコーダーに接続した制御PC上の管理画面で、パケットの状態を確認して劣化の原因を見極め、改善の可能性を図ることとした。

なお、画質や安定性の確認のためにスイッチングセンターにおいて、適宜録画を行った。

(Uc: アップリンク遅延量)

映像の伝送遅延量は、専用の遅延測定器を用いて計測する。この装置はSDI信号の入出力が必要であるため、これが使えない場合には、送受の映像を並べてカメラで撮影することで、フレーム周期単位の精度(33ms)で遅延量を測定する。

各地点からの伝送遅延の測定結果でスイッチング等の運用に影響があるかどうかを評価する。

(Ud: 同時接続台数)

適切な伝送レートのチャンネルを順次増加し、安定に配信できる同時接続台数を確認する。

(Da, Db, Dc: ダウンリンク映像評価)

アップリンクと同様に、ダウンリンクにて伝送する送り返し映像について、安定性、品質、遅延の評価も行う。

(T1: タリー評価)

タリーは、実際のシステムにおいてスイッチングの動作に対して正しく反応することを確認する。タリーの伝送遅延は、上述のいずれの方法でも測定は困難であるため、体感上不都合があるかどうかで評価することとする。

(Ic: インカム評価)

インカムについても、個々の端末において適切にコミュニケーションが取れるかどうかの確認を行う。さらに、これらの動作については定性的に業務運営上問題ないかを撮影スタッフにヒアリングし、その結果をもって検証とする。

②リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューションに関する検証方法

CG レンダリングが行われた合成映像が現場モニタに表示されるまでの遅延状態が、撮影と同時に効率的・効果的に編集結果の確認を進める上で違和感のない程度に収まっているかどうかについて、撮影業務従事者に対してヒアリングを行い確認することで検証を行う。

③ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューションに関する検証方法

複数のカメラからの信号がコンテンツ制作に適切にスイッチングできるか、複数の基地局のカバーエリアからそれぞれ伝送された映像をスイッチングした際の、双方の映像にタイムラグが生じていないかどうか、双方の映像をフレーム単位で確認して検証を行う。

3) 検証結果及び考察

a. ソリューション①・③に係る検証の経過（概要）

今回計画しているソリューションパッケージの検証のために、ソリューション①とソリューション③については、密接に連携していることから、図 4-24 のような段取りで進めることとした。以下、詳説する。

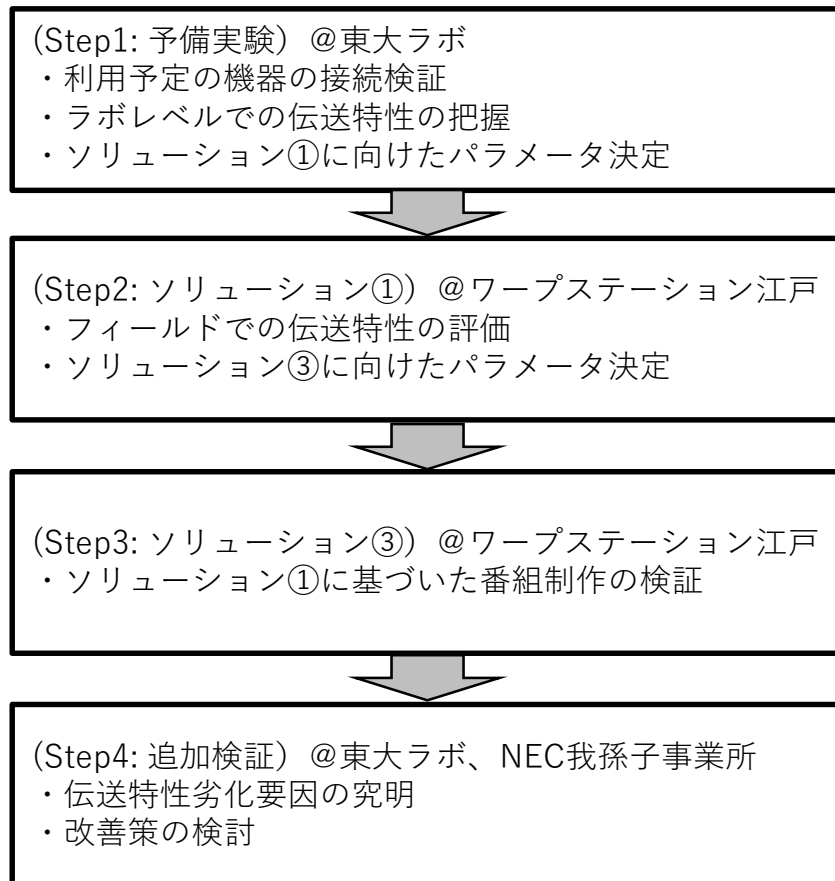


図 4-24 検証手順

(Step-1) 予備実験としてラボ環境で次の項目について検証する。

- ・ CPE-基地局間の伝送性能の確認
- 使用を予定している CPE が複数種類あり、それらの伝送特性を評価する。
- CPE とエンコーダーとの接続を確認する。
- CPE の WiFi によるタリー、送り返し、インカム機能を確認する。
- 利用可能なビットレートとチャンネル数を見極める。
- Step2 以降のシステム構成を決定する

この予備実験を通して、機器の性能確認を行い、必要な機材の確定と実際のシステム構成を決定する。

(Step-2) ソリューション①

フィールド(ワープステーション江戸)において予備実験の結果をもとに、改めて伝送可能な条件を検証し、本番での検証システムを確定する。

具体的には以下のように実験を進める。

- ・ 実験 1 : アップリンク機能の検証(実験 1-1～実験 1-6)

予備実験で得られた結果をもとに、DAS からの距離を変えて、伝送可能な範囲を確認する。始めに、1 波で安定配信できるパラメータを設定し、順次、波数を増やして最大の性能が得られる環境を見出す。

今回のフィールドでは、2つのエリアに向けて2台のDASで配信していることから、両エリアにて準同期での伝送実験を行う。この時、DAS アンテナの見通し範囲でどこまで伝送できるか位置を変えて検証する。また、同期エリアでの映像伝送も確認する。

・実験2：ダウンリンク機能の検証

- 送り返しの映像をいくつかのエンコード方式を使って実用性を評価する。
- タリーの動作状況の評価する。

・実験3：移動による伝送可能エリアの確認

実験1では、DAS アンテナの放射方向での評価を行った。実際には想定されるエリア内の様々な場所にカメラマンが移動することを考慮して、伝送可能な範囲を確認する。

実験1～3の結果と演出要件をもとに、ソリューション③で用いるパラメータを決定する。

(Step-3) ソリューション③

ソリューション①の検証結果に基づいて構築したシステムを実際のドラマ本番収録に適用し、実運用面での検証に資する。

(Step-4) ソリューション①、③の結果、想定していた特性が得られなかったことから、原因究明と対策について、ラボ実験とフィールド実験を通して検討する。

b. ラボにおける予備実験 (Step1)

11月7日に東大ラボでの実証実験を実施した。実際にワープステーション江戸のフィールドでの実証実験に先立つ予備実験としての位置付けであり、以下の手順で検証を進めることにした。

1. まずエンコーダーを1チャンネル活かし、安定して伝送できるビットレートを設定する。事前に得られた情報として準同期のアップリンクは200Mbpsが可能ということを前提に設計しているのでそれに整合するように設定。もしも劣化が生じるならば、それに合わせて符号化パラメータを調整する。
2. 伝送可能となる最大値のエンコーダー台数で環境構築し、状況に合わせて、エンコーダーの運用を制御して、伝送チャンネル数と総伝送レートを変更して伝送状況を観測する。
3. 遅延時間については、SDI 入出力での遅延測定器により測定する。
4. 送り返しは、遅延測定器が使えないため、送受映像の再撮影によるフレーム単位の遅延確認とする。

5. 送り返しやパブリックビューイング (PV) の映像はデコーダー出力を映像モニター又は iPhone の再生アプリで表示し、品質、遅延量を確認する。
6. タリーの動作は、最大伝送状態でチャンネルごとにスイッチングすることで検証する。
7. インカムの通話状態の検証も同時に行う。

試験システムを図 4-25 に示す。基本的には、カメラ又は映像再生装置から出力される映像信号 (HD-SDI/12G-SDI) をエンコーダーに入力し、エンコーダーから出力される IP 信号を有線で CPE に入力する。今回、CPE は京セラ製、コンパル製、IDY 製を評価した。CPE からはローカル 5G の準同期モードのアップリンクで伝送する。基地局で受信・復調後の IP 信号を L2 スイッチで分配、各デコーダーに入力し、映像音声を再生する。

当初計画と機材調達状況を踏まえ、10 系統の伝送系を用意し検証を進めた。

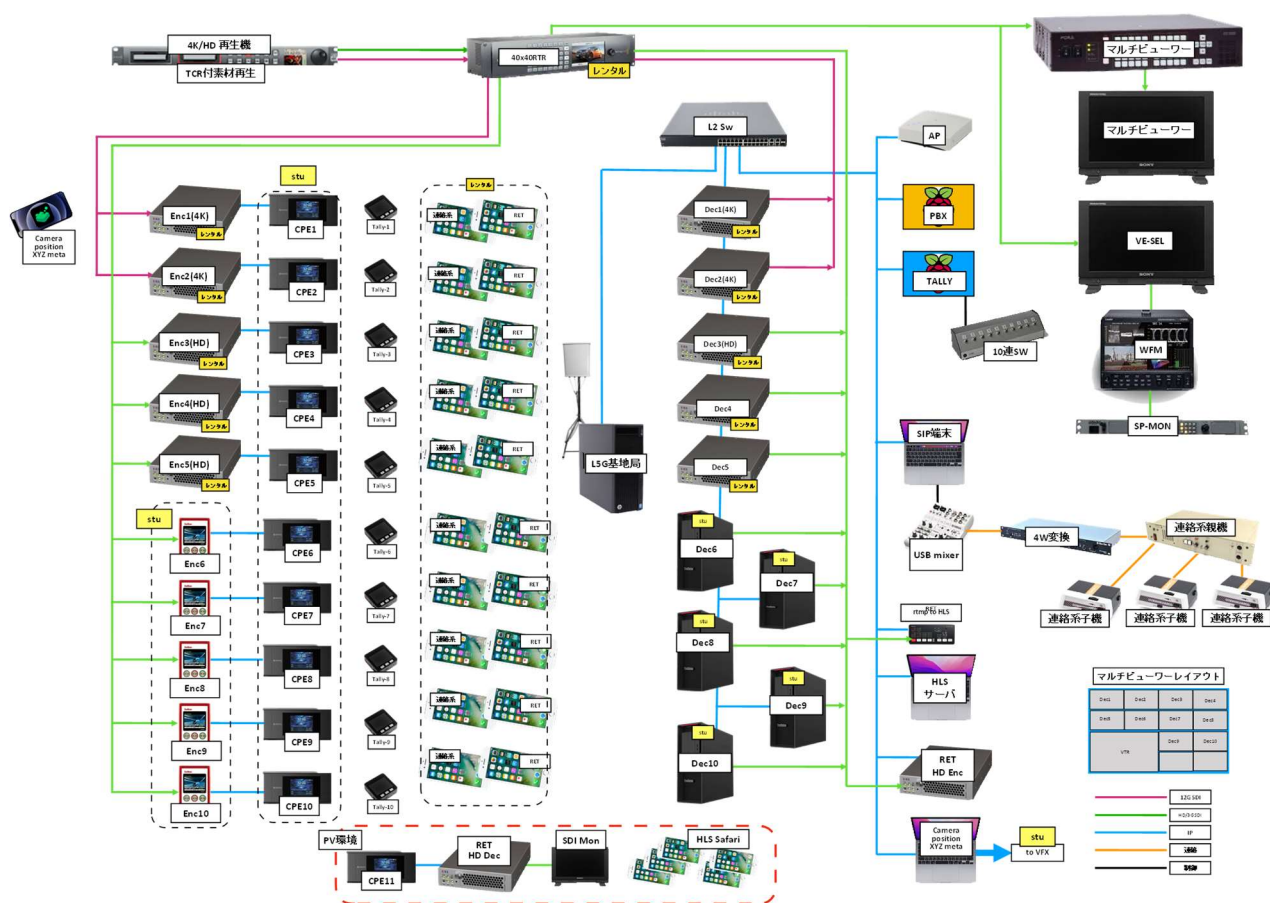


図 4-25 東大ラボでの検証システム

実際に行った実験の内容とその結果を
表 4-16 に示す。

表 4-16 予備実験の内容と結果

・アップリンク

#	内容	設定環境	結果と考察
1	1 チャンネルの伝送状況をもとに、最大 10 チャンネル、均等のビットレートでの疎通確認	<ul style="list-style-type: none"> ・エンコーダー： 1440/1080i (H.264) の HDTV、又は 2160p の 4K (HEVC) ・チャンネル数：最大 10 ・伝送プロトコル： UDP/RTP (ARQ、FEC なし) 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画値とした HDTV 20Mbps の設定では、安定に伝送できず、フリーズなどの障害が頻発 ・以下の設定で伝送可能であることを確認 <ul style="list-style-type: none"> - 伝送レート 10Mbps×9ch - デコーダーバッファ長 200ms ・エンコーダーとデコーダーの直結では問題なく伝送でき、DAS により無線環境を安定化しても同様に画質劣化が発生する。 ・図 4-26 のように総伝送レートが増減する現象が 300～400ms 程度の周期で観測され、これに伴い画質劣化が生じる。この原因としてローカル 5G の基地局か CPE でのバッファリング処理などに不具合が発生している可能性が考えられる ・CPE は京セラ製のジッタが少なく、台数も確保できることから、フィールドではこれを採用することとする。
2	1 つのチャンネルの伝送レートを上昇	<ul style="list-style-type: none"> ・伝送する 10 チャンネルのうち、ch-3 を 10Mbps から 5Mbps ステップで上昇 	<ul style="list-style-type: none"> ・総レート上限：105Mbps ・ch-3=25Mbps まで伝送可能なこともあり ・安定伝送時最長遅延量：410～430ms
3	複数のチャンネルの伝送レートを上昇	<ul style="list-style-type: none"> ・伝送する 10 チャンネルのうち、ch-3 を 20Mbps にしたまま、ch-5 のレートを変更 	<ul style="list-style-type: none"> ・総伝送レートが 100Mbps を超えると伝送は不安定
4	UDP でのスループットの測定	<ul style="list-style-type: none"> ・スループット測定アプリである iPerf3 を利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・多チャンネル伝送時は、ほとんどの時間で十分なスループットが得られず、20%以上のパケットロスが生じる ・基地局と CPE をリセットした直後、20Mbps

#	内容	設定環境	結果と考察
		<ul style="list-style-type: none"> • UDP で検証 	<ul style="list-style-type: none"> 超/ch のスループットが得られる • IDY 製 CPE では 70~80Mbps が上限
5	伝送パラメータの調整	<ul style="list-style-type: none"> • MTU (Maximum Transmission Unit) 値の調整 • MCS (Modulation Coding Scheme) 値の調整 	<ul style="list-style-type: none"> • エンコーダーのデフォルトの MTU 値は 1280 であり、これを下げても改善は見られない • MCS を固定値に設定すると安定度が改善する傾向がみられる

・ダウンリンク

1	送り返し信号の伝送	<ul style="list-style-type: none"> • SRT (※1) と HLS (※2) でエンコードして伝送 • iPhone で再生 	<ul style="list-style-type: none"> • 再生映像は良好 • 遅延時間は表 4-17 となり、HLS の遅延量が多い • HLS はスマートフォンのブラウザでも再生できるので PV 用に有効
2	タリー信号	<ul style="list-style-type: none"> • タリーサーバで 10 チャンネルを個々に切り替え、制御信号を伝送 • CPE の WiFi 経由で汎用マイコンのタリー装置と接続して表示 	<ul style="list-style-type: none"> • 制御、タイミング等、実用上問題なし • 10 チャンネルを同時に実施すると、CPE の WiFi が混信するため、配置を考慮する必要あり
3	インカム信号	<ul style="list-style-type: none"> • SIP/PBX サーバとクライアントアプリを搭載した iPhone を L5G 経由で接続 	<ul style="list-style-type: none"> • 一斉同報も含め、コミュニケーションは可能 • 遅延の影響は考慮が必要

※1 Secure Reliable Transport、映像伝送に必要なリアルタイム性を追求しつつ、送受のバッファリングと再送要求により、伝送劣化に対応できるプロトコル。

※2 HTTP Live Streaming、Web ブラウザ上で動画や音声のストリーミング配信・再生を行うために広く用いられているプロトコル。

表 4-17 繰り返し映像の伝送遅延時間(送受映像再撮による)

方式	Frame 差	遅延時間 (ms)
SRT	25F	412.5
HLS	2' 41F	2656.5

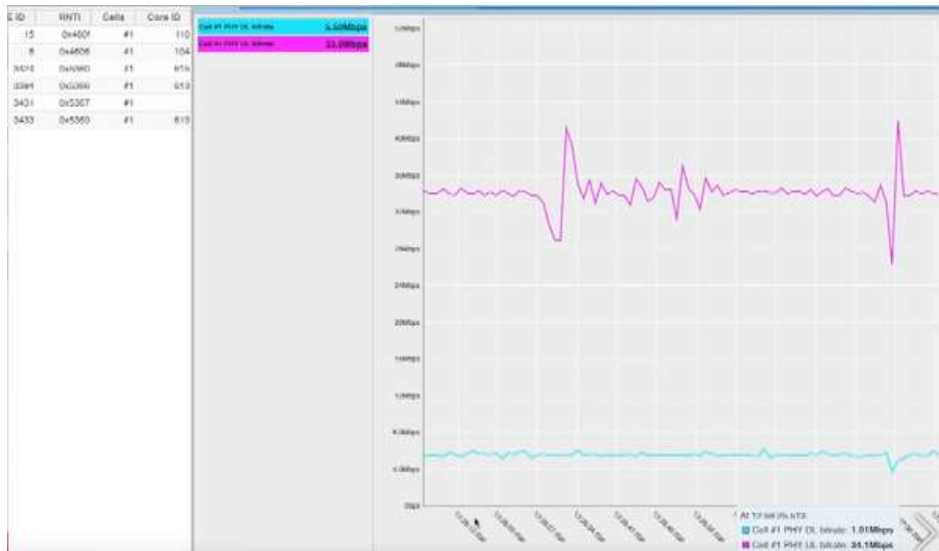


図 4-26 伝送レートが変動する例

予備実験の結果として、以下が明らかになった。

- 当初計画していた準同期でのアップリンクのスループットが 200Mbps 以上であるという結果と大幅に異なる結果となった。200Mbps 超という値は TCP 伝送によるものであった。UDP 伝送でのアップリンクのスループットは、総レートで 100Mbps 程度、1 チャンネルあたり 10Mbps、基地局と CPE の状態が良い時に 20Mbps 程度である。
- CPE の転送能力にボトルネックがあり、iPerf3 によるスループット検証では 70-80Mbps あたりで、パケットロス、ジッタが大きく悪化する。
- 伝送に伴うパケットロスとジッタが映像パケットの劣化につながり、デコーダーでの Syntax Error や Sync Loss などが発生し、映像再生の劣化につながる。
- MCS テーブル (L5G の符号化変調方式の制御パラメータ) の固定により変調パラメータを自動変更しないことで、ある程度の改善が見られる。
- ダウンリンクを用いる繰り返し、タリー、インカムはいずれも基本的な動作を確認できた。

これらを考慮して、フィールドでの伝送は以下を基本として検証することにした。

- (1) 今回採用した機器では、安定に伝送できるアップリンクの総伝送レートは 100Mbps 程度、1

チャンネルあたり 10Mbps 程度に抑える必要がある。素材映像としては満足できる画質ではないが、L5G を用いたカメラのワイヤレス化の有効性検証を優先して、運用可能なこのパラメータとする。

- (2) ジッタ補償のためのバッファ設定を 400ms に延ばす。これにより遅延量は増加するが、映像の品質をある程度確保可能できることが期待できる。
- (3) CPE の WiFi 経由での送り返し、タリー、インカムは計画した構成にて運用検証を行う。

c. フィールドにおけるソリューション①の検証結果 (Step2)

Step-1 のラボ検証の結果と、演出上の要件をもとに、実際にフィールド（ワープステーション江戸）における伝送検証を実施した。当初計画していた伝送特性を実現できないことが判明したことから、表 4-15 の検証項目をより細分化してフィールドでの実証を行い、コンテンツ制作本番での検証システム構成を確定することとした。

実際に、撮影現場（出先）から映像をアップリンクし、基地局からの信号を芝居小屋に構築した試験設備で処理する環境を構築し、ラボで事前検証した手法と同様に 1 チャンネルの伝送特性を取るところから始め、さらに DAS からの距離を変化させるなど手順を踏んで検証を進めた。

ア) ソリューション①における機器の構成

(1) 基本的な信号の流れと設備の構成

図 4-27 に出先の伝送設備の構成を示す。カメラ映像の代わりとして用意した映像再生機からの映像信号 (SDI 信号) は、各エンコーダーに分配され IP 化して CPE からアップリンクされる。この L5G 波は、DAS 経由で基地局にて受信、復調され、IP 信号として光ファイバを介して試験設備に送られる。出先の機器は台車に装備し、移動可能な状態で実験を行った (図 4-28)。

試験設備で各映像信号はデコードされ、映像音声のモニタリングと遅延やジッタ量の測定を行った。

試験設備で選択された本線信号は、リターン映像として再度エンコードされ、逆ルートで基地局から L5G のダウンリンクにより伝送される。CPE でこれを受信、復調し、CPE 内蔵の WiFi 経由で iPhone のアプリにより再生される。

タリー信号は、リターン映像とともにダウンリンクに重畳され、出先にあるタリー表示装置を CPE の WiFi からの信号で制御する。

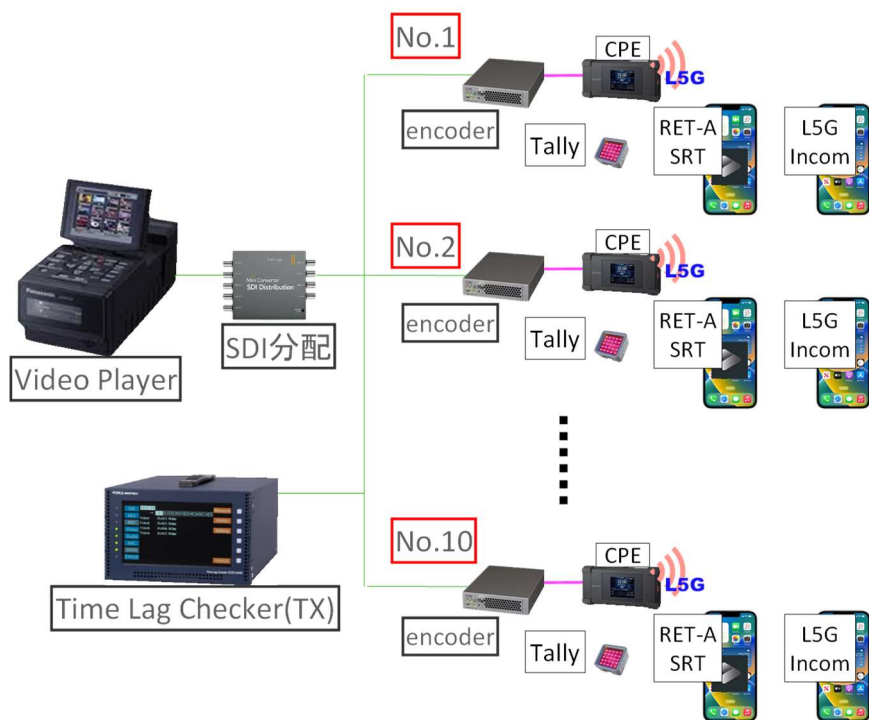


図 4-27 出先の系統



図 4-28 出先の装置外観

試験設備の構成を図 4-29 に示す。基地局で IP 信号に復調された出先からの L5G 経由の信

号は、試験設備の L2 スイッチで分配され、各デコーダーで復号される。復号された映像音声は、SDI ルータ(※)で選択され、大型ディスプレイのマルチビュー画面に送られ、図 4-30 のように表示される。

試験設備のネットワークには監視用の Macbook を接続して、各エンコーダー、デコーダーの設定や動作確認、ping コマンドによる各機器への疎通確認を行った。

出先へのタリーはタリーサーバから疑似的にスイッチング信号を送り、動作確認を行った。

実際の運用の様子を図 4-31 に示す。

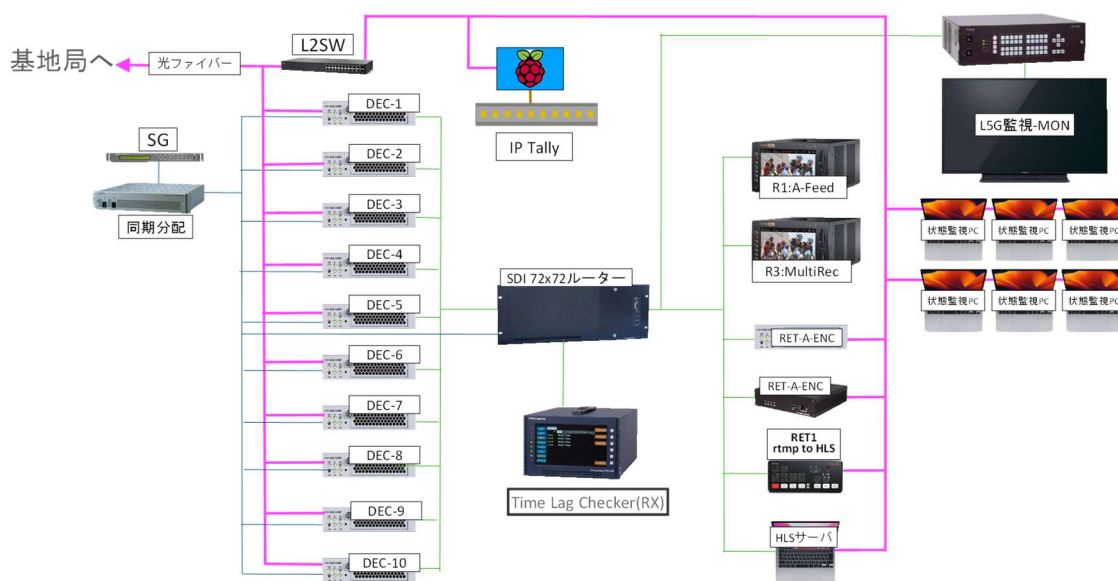


図 4-29 試験設備の構成



図 4-30 最大 10 チャンネルの伝送状況をモニタするマルチビュー画面の 1 例



図 4-31 試験設備の様子

(※)多数の SDI 入力信号を任意の SDI 出力に切り替えるための装置。今回は、本番収録に 2 系統のスイッチングが必要となったため、フライバックシステムに加えて運用した。

イ) 実証実験 1 : 伝送性能の検証 (UL)

実験 1 : アップリンク機能の検証 (Ua, Ub, Uc, Ud) の結果を表 4-18 に示す。

表 4-18 実験 1 の結果

実験	内容	手法、環境	結果と対策
1-1	アップリンク機能の検証	<ul style="list-style-type: none"> ・ DAS アンテナから約 20m の地点を基準点として CPE から送信 ・ 伝送ビットレート : 10Mbps ・ デコーダーバッファ長 : 100ms ・ MCS : 5 に固定 ・ DAS アンテナ高 : 4.5m 	<p>●結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 波伝送は可能。デコーダーでのジッタ量は 46~53ms ・ 2 波伝送は不安定となる。安定に受信できている時のジッタ量は 30ms 台に収まっているが、画像乱れが生じると 350ms 程度になる。さらに映像が断になるとジッタ量はそれ以上に延びる。 ・ アンテナに近づき、電界強度を高めても改善せず <p>● 安定性の改善の方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基地局のリセット ・ 基地局と DAS の電源投入順序 : 基地局の後に DAS を起動

実験	内容	手法、環境	結果と対策
			<ul style="list-style-type: none"> ・準同期のパターン(ダウンリンクとアップリンクの比率)を準同期 TDD3 から準同期 TDD1 に変更: ラボ検証でアップリンクの帯域が少ない準同期 TDD1 の方が安定していた実績をもとにした対応 ・CPE のリセット ・CPE の設置高と仰角を調整してアンテナ方向を確保 ・デコーダーバッファ長を 400ms に変更: 頻発する 350ms 程度のジッタを吸収する。 ● 対応後の結果 以下の地点からはほぼ安定に配信可 ・T 字路中央 (DAS アンテナから 6m) ・大店通り中間地点 (同 21m) ・大橋のたもと (同 46m)
1-2	アンテナからの距離を変えて 1 チャンネル伝送	<ul style="list-style-type: none"> ・1 チャンネル ・ビットレート: 10Mbps ・デコーダーバッファ量: 400ms ・MCS: 5 	<ul style="list-style-type: none"> ● 伝送状態 ・10m 地点までは、問題なく伝送可 ・15m 地点では、やや劣化 ・45m 地点まで伝送を確認 ● ジッタ量 ・安定して受信できる間は、30~50ms ・フリーズや断が生じると、数 100ms から数秒に増加
1-3	2 波以上の多重	<ul style="list-style-type: none"> ・2~4 チャンネル ・ビットレート: 10Mbps ・デコーダーバッファ量: 400ms ・MCS: 5 ・最もアンテナから離れた 	<ul style="list-style-type: none"> ● 伝送状態 ・10Mbps×4 波の伝送を確認 ・チャンネルを追加した際、伝送不可でも、CPE リポートにより伝送可となる ● ジッタ量 ・波数が増えると徐々に増加

実験	内容	手法、環境	結果と対策
		45m 地点で、2 波目の伝送系を起動、以降、4 波まで追加	4ch で 50~60ms
1-4	5 波伝送	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2~4 チャンネル ・ ビットレート : 10Mbps ・ デコーダーバッファ量 : 400ms ・ MCS : 5 ・ 45m 地点 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アップリンクの総ビットレートを 40Mbps 以下にしないと、安定な配信ができない ・ 総ビットレート 40Mbps 以下では、5 チャンネルでも伝送可能である ・ 複数のチャンネルの中でどのチャンネルが劣化するかは決まらない。多重される時の条件によるのではないかと推測される。
1-5	移動しての伝送	<ul style="list-style-type: none"> ・ アンテナから直線に台車を動かしながら伝送状況を確認 ・ 10Mbps×2ch+5Mbps×3ch 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 概ね伝送は継続できる
1-6	同期局からの伝送	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 チャンネル ・ ビットレート : 10Mbps ・ デコーダーバッファ量 : 400ms ・ MCS : 5 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安定して伝送可能

ウ) 実証実験 2 : ダウンリンクの検証 (DL)

本線出力を出先のカメラマン、パブリックビューイング向けに送り返す機能を検証した (Da, Db, Dc, T1, Ic)。

用意したのは、以下の 3 種類である。

a) IBEX 社製のエンコーダー/デコーダーを用いた H. 264 による系統

本線系の伝送に用いるエンコーダー/デコーダーによる系統を 1 系統用意した。クレーンカメラに対する送り返しにするため、同期局のダウンリンクに適用した。ここでは 8Mbps のビットレートで安定配信が実現した。

b) SRT による系統

SRT のエンコーダーを用いて、カメラマン向けに送り返し系を構築した。符号化は H. 265 に

より 2Mbps で行った。受信は iPhone のアプリ Larix Player を用いた。遅延時間は 1 秒程度が実現できた。

c) HLS による系統

オープンソースである Nginx を用いて HLS サーバを構築し、パブリックビューイング(PV)用の iPhone 向けに提供した。符号化は H. 264 で 5~8Mbps にて行った。5~7 秒程度の遅延時間が生じるが、Web 配信としてはこなれた技術であり、L5G 準同期局のダウンリンクにて 10 台の iPhone に向けての配信も確認できた。

iPhone で受信する系統では遅延測定器を使うことができないので、送信映像と受信映像の同時再撮で表示されているタイムコードの値から遅延量を求めた。その結果を表 4-19 に示す。

表 4-19 検討したリターン映像

方式	符号化	機材	遅延量	利用
UDP	8Mbps/H. 264	IBEX 社製 HLD-540DC	350~400ms	クレーンカメラ用
SRT	2Mbps/H. 265	HaiVision 社製 Makito X4	1 秒 01~02F (1.033 秒~1.066 秒)	カメラマン送り返し
HLS	5~8Mbps/H. 264	Nginx/Ubuntu	7 秒 27F (7.9 秒)	PV 用

タリー信号についても確認を行い、体感上ほぼ遅延なく制御されていることを確認した。連絡系インカムについては、SIP/PBX の信号を L5G にて伝送し、iPhone の AGEphone アプリで実現した。しかし、伝送品質劣化による遮断の問題に加え、遅延も影響し、特に通話者の肉声が聞こえる距離での通話が難しい状況にあった。

エ) 実証実験 3：移動環境での検証

12 月 9 日には、エリア 2 での実証と個別移動での検証を行った。

実験 3-1：エリア 1，エリア 2 各カメラ 2 台の本番環境を想定した 4 チャンネル伝送の検証

前日のエリア 1 での検証と同様に、エリア 2 での検証を行った。ここでも最大ビットレートを考慮して伝送パラメータを決定すれば、ジッタ量の増加やフリーズが発生するなど不安定な状態も生じるが、基地局や CPE のリセットなどを行い安定した伝送も可能となった。

最終的にソリューション③での本番対応を想定して、4 チャンネル伝送、10Mbps を 2 チャンネル、8Mbps を 2 チャンネル、総ビットレート 36Mbps で検証することにした。

その上で、エリア 2 のいくつかの地点での伝送状況を測定し、いずれの地点でも最終的には 4 チャンネルを安定して配信できることが確認できた。

実験 3-2：移動しての伝送

エリア 2 の見通し地点では、概ね良好に伝送できることが確認できたので、台車を直線移動しての測定を行った。この結果、20m 地点→50m 地点、また逆に 50m 地点→20m 地点の往復でいずれも概ね安定に配信できることが確認できた。なお、30m 地点付近で建物の陰になると瞬間フリーズする現象が確認されたが、すぐに復旧した。

さらに、実際のカメラマンの動きを想定して、台車の映像をケーブルで延長し、本番時のカメラマンと同様にエンコーダー、CPE を背負って動き回る場合をエリア 1、エリア 2 にて検証した。結果を図 4-32 以下に示す。桃色の破線のエリアでは、DAS アンテナからの陰になるため、伝送ができなかった。しかし大店通りと商家通りのほとんどの場所に加え、大橋の上でも伝送できることが確認できた。



図 4-32 移動環境での伝送測定の結果

移動環境での試験結果

緑○：台車で移動させて測定したポイント

青○：機材を背負って移動しながら伝送できたポイント

赤×：伝送できなかったポイント

桃色ハッチング：伝送不可となるエリア

オ) ソリューション①の結論

ソリューション①の結果を表 4-20 にまとめる。

表 4-20 ソリューション①の結果サマリ

項目		結果
撮影映像 (UL)	Ua: 伝送可否・安定性	・当初想定した 20Mbps での安定な映像伝送は得られなかった。基地局装置か CPE においてバッファリング処理の不安定性により、周期的にデータエラーやパケットロスが生じている。伝送レートを低減させ、さらにデコーダーのバッファ量を 400ms まで増加させて、エンコーダーの出力 10Mbps で 4 チャンネルは比較的安定に伝送できたが、それでも本番収録中にもフリーズ等は発生した。
	Ub: 映像品質	・映像伝送を安定させるため、エンコーダーのビットレート設定を 10Mbps 程度まで低減させた。このため HDTV 用の放送素材の品質としては不十分である。
	Uc: 伝送遅延量	・映像伝送を安定させるため、デコーダーのバッファ量を 400ms に設定した。このため、当初目標の 500ms 以下と、予定するドラマコンテンツでは許容範囲に収まった。
	Ud: 同時接続台数	・当初計画した 10 チャンネルは、ラボレベルでは 1 チャンネル 10Mbps で伝送できたこともあるが、安定性に欠けた。 ・フィールドでは最低目標とする 4 チャンネルの伝送を行うことができたが、フリーズを起こすこともあり、完璧な安定性は確保できなかった。
	ソリューション③に向けた対応	・DAS アンテナからの陰になるエリアに注意すれば、演出用件を考慮したエリア 1、エリア 2 の各エリアで 2 カメラの運用は概ね可能と考えられる。ただし伝送レートは、各カメラとも当初計画よりも小さい 8~10Mbps 程度とする必要がある。 ・同期局エリアに設置されるクレーンカメラは準同期系とは独立に運用されるため問題なく伝送できる。
返し映像 及びモニタ映像 (DL)	Da: 伝送可否・安定性	・SRT のエンコーダーを用いたところ、実用上問題ない伝送が実現できた。 ・HLS を用いた伝送も、予定した端末での受信が実現できた。
	Db: 映像品質	・送り返し映像としての利用は十分可能であった。

項目		結果
	Dc: 遅延時間	・SRT の伝送は送り返しとして問題ない遅延時間に収まった。PV 用の HLS の遅延時間は長かったが、観客向けサービスとしての利用には有効であった。
	ソリューション③に向けた対応	・送り返しは利用可能。SRT をカメラマン向けに利用する。 ・HLS の遅延は大きいですが、ブラウザで再生できることから、パブリックビューイング用に利用する。ただし、観客が増えた場合のダウンリンクのトラフィック量には注意する必要がある。
タリー (DL)	T1: 表示可否	・タリーは利用可能。反応時間も実用上問題なし。
インカム (UL・DL)	Ic: 伝送可否	・L5G 系統連絡系 (SIP/PBX) は品質と遅延の課題があった。事前のラボ検証では問題ないと考えられたが、回線が断になったり、ジッタが増加することで、通話が断になったり、音声 codec の切り替わりが起きて音質が劣化するなどが発生した。このため、バッファ量を増加して、このような劣化を極力抑える対応を取ったことで遅延量が増えた。 ・遅延により、通話者の肉声が聞こえる距離での通話に難があった。 ・このようなコミュニケーション系は制作時には極めて重要で、常時制作担当者間でつながっている必要があることから、L5G が回線断となることを考慮して、予備系として放送用ワイヤレスインカムも利用することになった。
その他	Ss: システムセッティング所要時間	・演出に対応するため、2 系統のシステムを構築することとなったが、予定していたセッティング時間には収まり、リハーサル、本番収録を予定通り実施できた。

d. フィールドにおけるソリューション③の検証結果 (Step3)

ア) 機器構成

(1) 出先の映像系

出先はエリア 1 にて行われる A ステージとエリア 2 にて行われる B ステージの 2 か所であり、それぞれのエリアに 2 台のカメラ (A1 カメラ、A2 カメラ、B1 カメラ、B2 カメラ) が配置される。

このカメラには伝送に必要な機器として、以下が装備されている。

- ・エンコーダー：カメラマンが背負うザックに実装
- ・バッテリー：カメラマンが背負うザックに実装
- ・CPE：カメラに延長アングルで実装
- ・送り返しモニタとしての iPhone：カメラに実装
- ・インカム用 iPhone：カメラマンに装着
- ・ワイヤレスインカム：カメラマンに装着（L5G 経由のインカムのバックアップ）
- ・タリー装置：カメラに実装

iPhone とタリー装置は、CPE と WiFi で接続される。CPE は人体の影響が少なくなるように高い位置に設定した。以上の系統を図 4-33 に示す。

これに加えて、俯瞰映像を撮影するため、同期局エリアに C カメラとしてクレーンカメラを設置し、L5G の同期回線を用いてスイッチングセンターに送った。

カメラマンとスイッチングセンター間のコミュニケーションは、SIP/PBX（※）の信号を L5G 回線で伝送し、iPhone の AGEphone アプリを用いて構築した。番組制作時のコミュニケーション手段は重要であるため、本番中に L5G 回線が断になっても連絡系を確保できることが望ましい。このため、AGEphone の手法に加えてワイヤレスインカムを用意し、中継伝送装置経由で利用できるようにした。

※SIP(Session Initiation Protocol)は、IP ネットワークを利用した通話相手と受発信する制御機能を実現する通信プロトコル。PBX(Private branch exchange)は、電話交換を実現する機能。

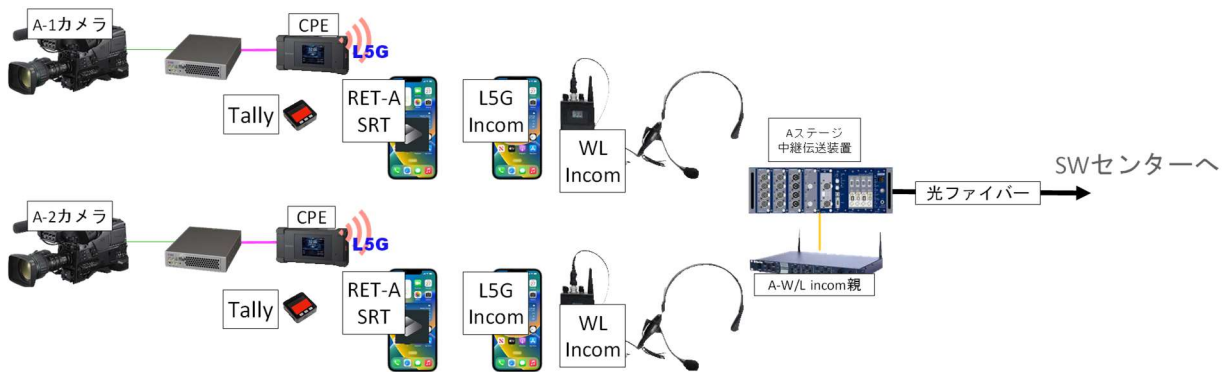


図 4-33 出先の映像系構成



図 4-34 カメラの状況(上左:移動カメラ、上右:クレーンカメラ、下:移動カメラ実装状態)

(2) スイッチングセンターの映像系構成

出先のカメラで撮影された映像は、エンコード後に CPE からアップリンクされる。L5G 基地局で IP 信号に復調され、光ファイバ経由で芝居小屋に構築したスイッチングセンターに送られる。スイッチングセンターでは L2 スイッチでカメラごとの信号に分配され、それぞれに対応するデコーダーで SDI 信号に戻され、コンテンツ制作のためにスイッチングされる。

スイッチングされた信号は、SDI ルーターで分配され、各制作担当のモニターやカメラマンへの送り返しとパブリックビューイング用に再エンコードされ、基地局経由でダウンリンクされる。この系統を図 4-35 に示す。

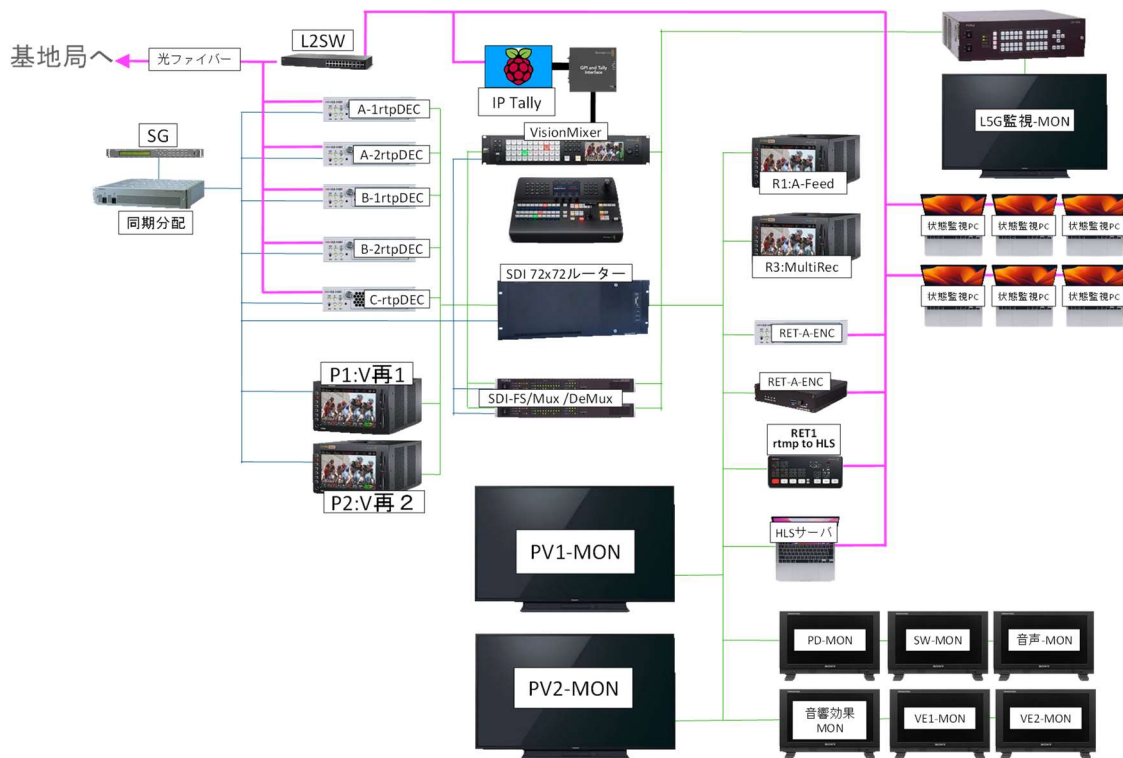


図 4-35 映像系統(スイッチングセンター)

(3) 出先の音声系統

出先の音声系統を図 4-36 に示す。出演者は、A ステージ、B ステージを往き来するメインキャストの 3 人、各ステージに配されるそれぞれ 6 人となる。出演者にはワイヤレスマイクを装着してもらい、ワイヤレスマイク受信機からの出力は PA 用に用意したミキサーで調整される。ミキシング後の音声信号は、音声伝送装置で IP 化され、CPE から L5G でアップリンクされる。また、各カメラのマイクで集音した音声は、映像信号に多重 (エンベディッド) され、映像信号とともにエンコードされて L5G で伝送される。なおエンコーダーでの音声符号化は、2 チャンネルステレオ、AAC、144kbps とした。

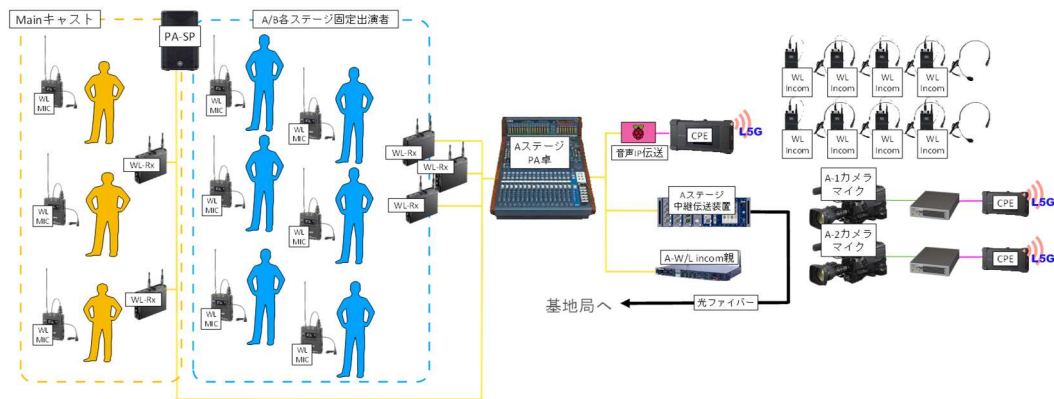


図 4-36 出先の音声系統

(4) スイッチングセンターの音声系全体構成

スイッチングセンターの音声系統を図 4-37 に示す。基地局から配信された出先で制作された IP 信号は、L2 スイッチで分配され、デコーダーや音声伝送装置に入力される。デコーダーからの SDI 信号にエンベディッドされた音声信号は Demux で分離され、アナログ音声信号に復元される。これと音声伝送装置で復元された音声とがメインミキサーで調整され、本線、送り返し、パブリックビューイング用に出力される。

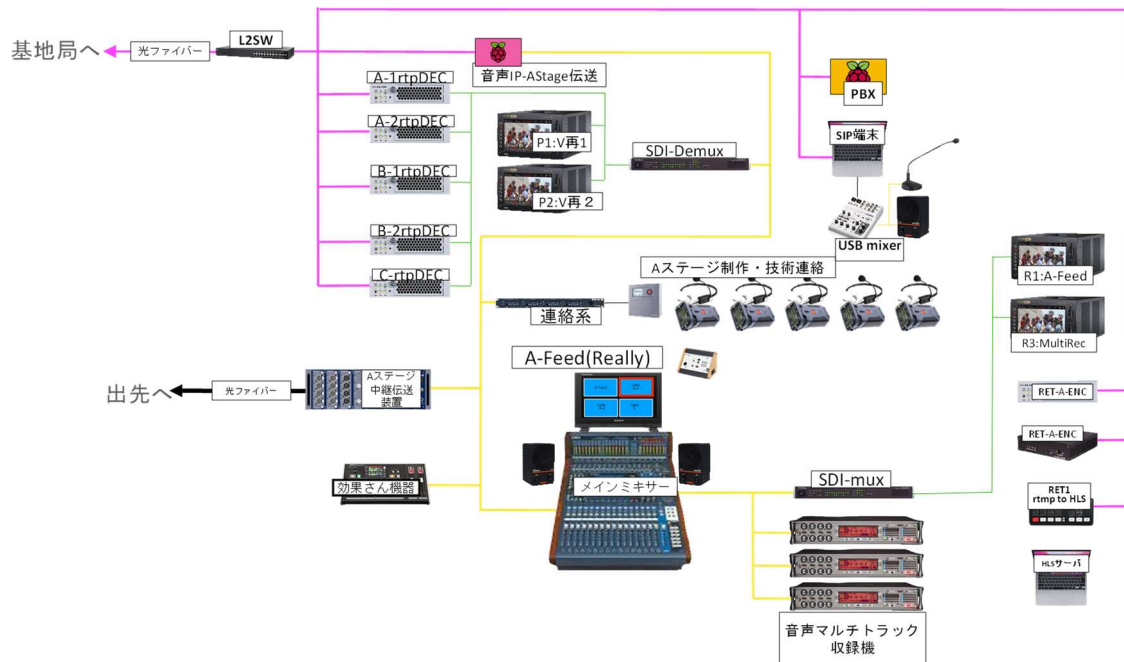


図 4-37 スイッチングセンターでの音声系統

(5) 連絡系統

カメラマンなど出先のスタッフとスイッチングセンターとは、L5G を利用した連絡系を構築した。実験中に L5G が遮断して連絡が取れなくなる場合に備えて、スイッチングセンターと出先、基地局間を光ファイバで結んだ中継伝送装置を用意して、確実に連絡が取れる環境も追加した。

(6) 送り返しとパブリックビューイング対応

送り返し系には、IBEX 社製のエンコーダー（クレーンカメラ用）、SRT のエンコーダー（カメラマン向け）、現在ライブストリーミングで主流である HLS（PV 向け）の 3 種類を用意した。

出先や周辺の来客スペースには CPE を配置し、L5G のダウンリンク経由で配信された送り返し映像を WiFi 経由でモニタに表示するとともに、希望する来場者向けに iPhone のブラウザで視聴する環境も構築した。

スイッチングセンターには、スイッチャーの A 系統と B 系統の出力を 64 インチの大型ディスプレイに表示して、見学者向けに展示した。

イ) 疎通試験

ソリューション①の結果を受けて、伝送パラメータを

- ・伝送レート 10Mbps
- ・デコーダーバッファサイズ 400ms
- ・MCS 10

として、各カメラの伝送地点からスイッチングセンター間での疎通試験を実施した。この時、計測された遅延時間は以下の通りである。

- ・CPE-1 28～342ms
- ・CPE-2 26～353ms
- ・CPE-3 25～347ms
- ・CPE-4 24～375ms

安定に配信できている時は 30ms 程度であったが、不安定になると 300ms 台まで増加した。同時に下りリンクでタリー制御信号と送り返し信号を送った。いずれの信号も動作を確認できた。



図 4-38 スwitchingセンターの全景

ウ) リハーサルの実施

12月13日13時のリハーサル

午前中に伝送チェックを行った際、デコーダー4が頻繁にフリーズした。CPEの方向を調整すると回復するが、発生頻度は軽減できなかった。デコーダー2、デコーダー3も数回フリーズした。可能性のある原因として、以下が考えられた。

- ・これまでの疎通試験時に比べて、カメラの周りに人が多い。

・雨天だったが、使用周波数や伝送距離から、降雨や湿度の影響は少ないと判断した。しかし、周辺に傘をさした人間がいたことで、傘の金属部分や、また照明スタッフのレフ板の影響も伝搬に影響があったと考えられる。実際、リハーサル最後に映像がエンドロールになって人が減ると改善の傾向が見られた。

このため、以下の対策を実施した。

- ・CPEの高さを改善して、頭より上に位置するように設定した。
- ・カメラ回りのスタッフにはDASアンテナとカメラの間にはなるべく立たないように注意喚起した。

12月13日16時のリハーサル

手直しを行って、2回目のリハーサルを行った。今回、フリーズは大きく減少した。本線に影響したのは軽微なフリーズが2回ほど発生する程度に収まった。14日の本番もこの点を留意して対応することになった。

エ) 本番収録

本番収録を行う12月14日は、朝にDAS2の不具合が発生し、機器の代替を行った。また、DAS1アンテナの方向ずれとさらにその後のポールからのアンテナ滑落などのトラブルがあったが、それぞれ手当して、本番に向けて準備を進めた。

これまでの実績から、開始前に基地局、DASのリセットを行うことで安定度が改善される期待があるため、欠かさずこれを実施した。

13時から本番収録を開始したが、昨日までよりも伝送の安定性は低下した。実際に収録された映像を分析した結果を図4-39に示す。横軸は時間で、黄色い区間でブロックノイズやフリーズが発生した。赤い区間は、本線系をおことわり画面に切り替えた期間である。

この結果から、発生回数や累積時間で分析した結果を表4-21、表4-22に示す。なお、本番収録はAステージで28分47秒間、Bステージで28分25秒間行われた。これに対する比率を求めると、安定性が確保できなかったエリア1のAカメラは1割ほどの時間に不具合が発生していた。リハーサル時には安定していた大橋付近での電界が開始直前に起きたDASアンテナ落下後の再調整が不十分だったことも考えられる。

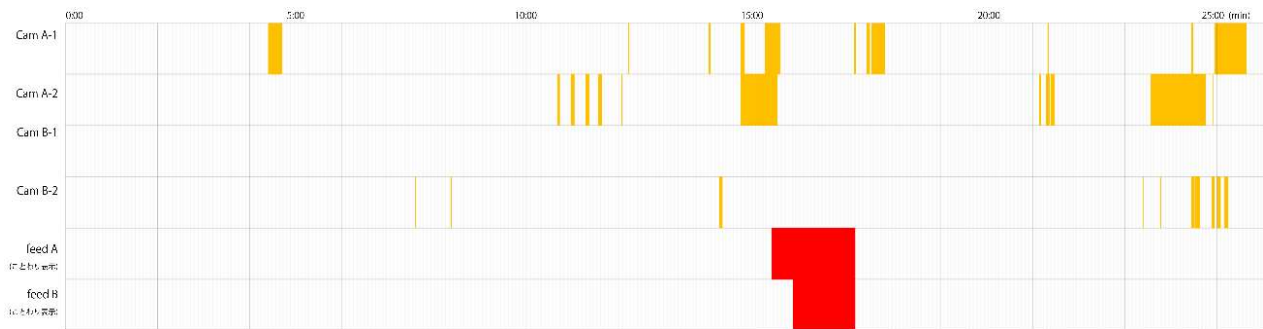


図 4-39 各カメラからの信号の動作状況(黄色:フリーズ等、赤:ことわり送出)

表 4-21 本番中のフリーズ発生回数と累積時間

カメラ	フリーズ等発生回数	累積発生時間	発生率
A-1	10	2:45	9.6%
A-2	11	2:22	8.2%
B-1	0	0:00	0.0%
B-2	10	0:22	1.3%

表 4-22 場所ごとのフリーズ発生状況

カメラ位置	フリーズ等発生回数	累積発生時間
大店通り中頃	7	1:04
大橋上	8	3:44
大橋麓	6	0:19
商屋通り縁台	3	0:03
高麗橋-T字路間	7	0:19

オ) 結果の分析と考察

伝送に関わる結果分析

実験中には、スイッチングセンターから CPE に向けて ping (※) を出し続け、各装置の動作状況をモニタした。ping コマンドで送出されるパケットは、スイッチングセンターの端末→基地局→CPE→基地局→スイッチングセンターの端末というルートで折り返す。すなわち、ping 値が増加すればジッタやパケットロスによる障害や適切なバッファリングでの遅延が発生している可能性があり、ping が返らなければ何らかの原因で遮断されたところがあるとの考え方に基づいている。なお、ping は 1 秒周期で基地局と CPE に送出している。

※インターネットなどの IP ネットワークにおいて、特定の機器からの応答（到達性）を確認するためのプログラム。

実際の本番中の測定結果を示す。ここで横軸は 1 秒周期の ping の経過時間であり、絶対値には

グラフ相互の関係はないが、他の結果との整合のため、横軸の範囲は 4000 サンプルに統一してある。図 4-40 に示す基地局への ping は概ね 20ms 未満に収まっており、ここまでの通信は安定している。スイッチングセンターと基地局の間は光回線につながっていることから妥当な結果といえる。

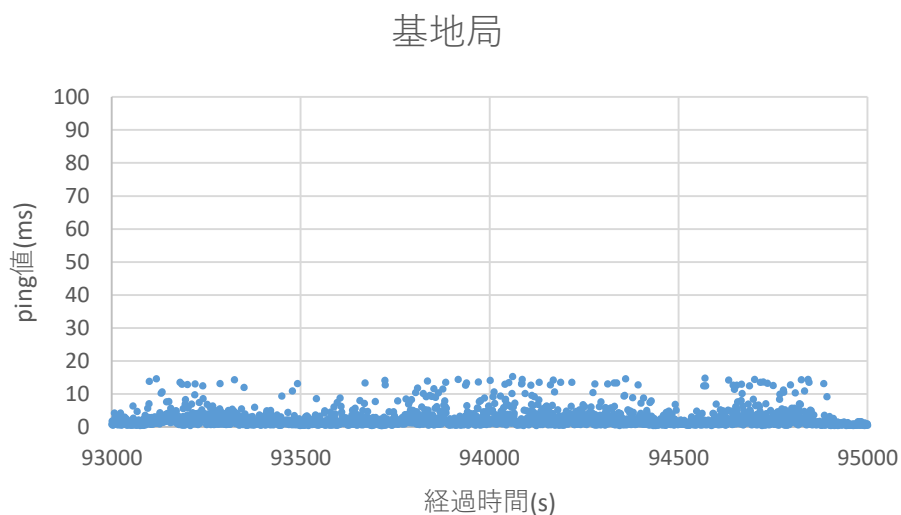


図 4-40 SW センター基地局間の ping 値

次に、各 CPE との ping 値を

図 4-42 に示す。このグラフと実際の映像を付き合わせて見ると、安定に伝送できている場合には、100ms 程度までに収まっているが、頻繁に 300ms~400ms 程度にまで増える。1000ms 近くまで上昇していることもあり、ここではパケットロスや大きなジッタなどが生じている可能性が高い。また回線断と思われる応答がない時間帯も見られる。

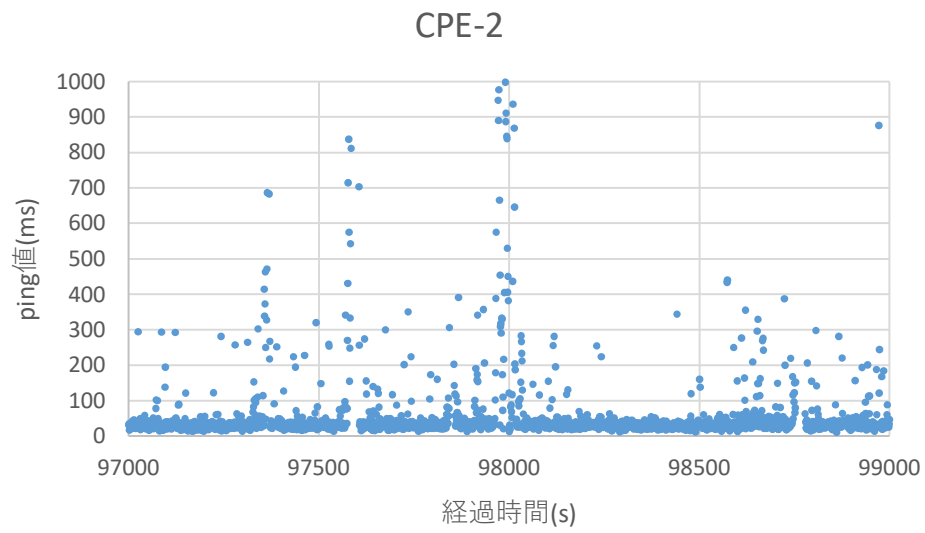
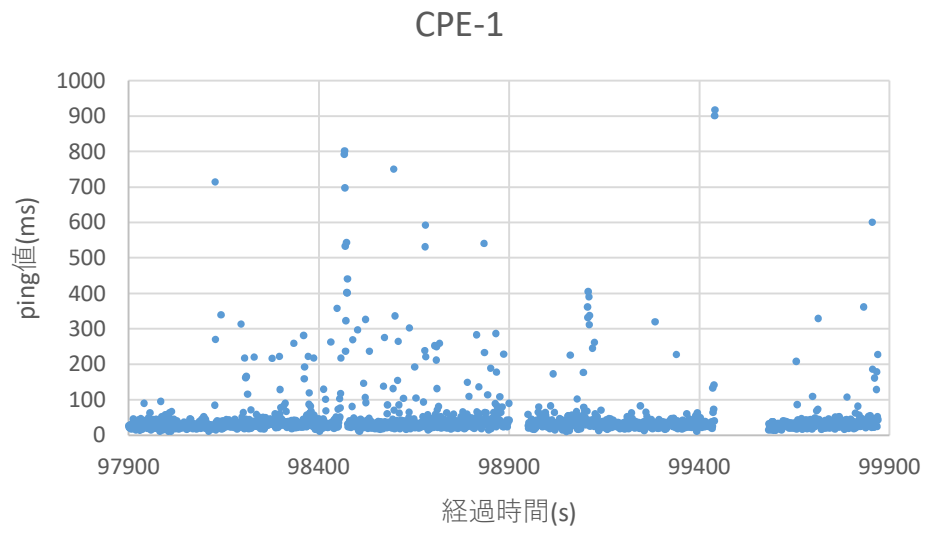


図 4-41 SW センター各 CPE 間の ping 値-(1) (次ページへ続く)

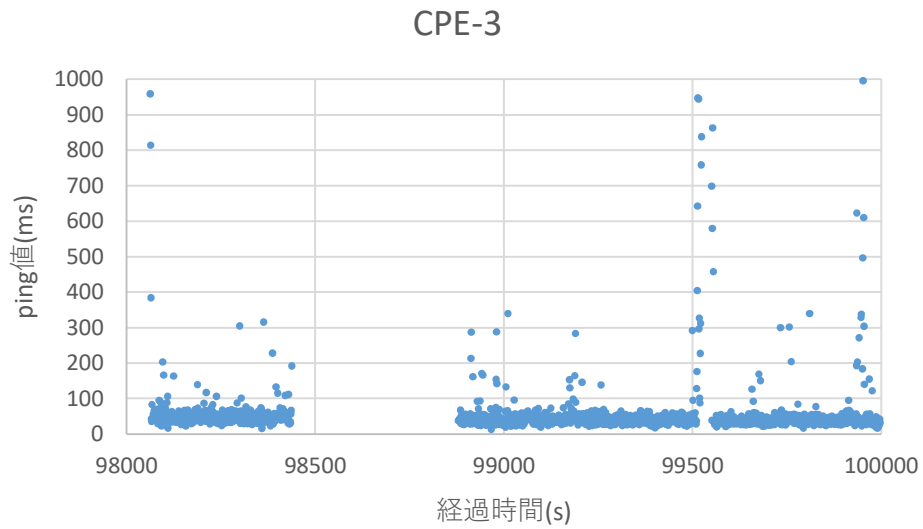
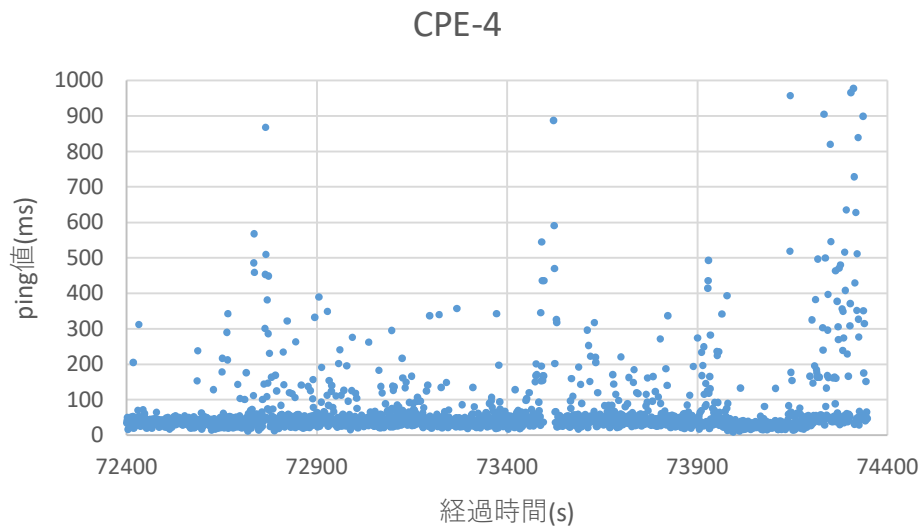


図 4-42 SW センター各 CPE 間の ping 値-(2) (前ページより続き)

この結果と実際の画像の状況から、分析を行った結果を表 4-23 にまとめる。

表 4-23 ping の状況と画面状況による劣化原因の分析と対処方法

ping の状況	症状	想定される原因や対処
ping が連続して通らない	映像がフリーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・本線のパケットも届いていない。無線圏外や、CPE の動作不良が考えられる。 ・カメラを圏内に移動し、必要ならば CPE を再起動する。
ping が連続して通らない	映像がフリーズ CPE の管理画面にも入れない	<ul style="list-style-type: none"> ・CPE が動作不良になる原因として、入力信号の乱れやインターフェースとの接続の不良などが考えられる ・CPE の再起動もしくは機内モードにして復旧させる
ping が数サンプル通らなくても画像の乱れが生じない	映像の乱れはない 本番時、準同期全系統で同様の現象を確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ping のパケットがジッタかパケットロスで届かなかったのではないか。 ・デコーダーのコンシールメントが効いて画面の劣化に気付いていない可能性もある
ping 値が増加する	映像に乱れやフリーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・ping パケット以外で劣化が起きているのではないか。 ・パケットロスやジッタによるデータエラーにより、必要な TS パケットがデコーダーに届かない、又は TS として Sync Loss、Syntax Error 等になりデコーダーで適切に処理できない
ping が通っていてもフリーズする	映像がフリーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・CPE のネットワークインターフェースの接続 (USB-C) が不安定で。USB-C の指し直しで回復することがある。

CPE への ping 値は、安定に伝送できている期間には、概ね 200ms 以下に収まっている。しばしば 300ms 超になることもあり、画像乱れになることがあるが、デコーダーのバッファで吸収されて劣化しないこともあると考えられる。さらに ping 値が増加して、1000ms 程度又はそれ以上にまで増えることがあり、これは回線のどこかで断やバッファ処理の不具合になるなどが生じている可能性がある。これは画像の劣化につながる。

パケットロスやジッタ増が生じる原因としては、基地局と CPE の性能や、回線の CN の劣化（遮蔽や圏外になることも含む）が考えられる。

東大ラボでの予備実験では、基地局装置は 100Mbps 程度まではパケロス、ジッタはほぼないが、CPE での劣化は 70~80Mbps で増える症状も観測されている。回線劣化や伝送帯域増などをきっかけに基地局で TDD の同期が正確に取れなくなるなどが原因でパケットロスの増加につながることも考えられる。実際、チャンネル数が増えると不安定になるのは伝送レートの上昇でスループット上限に近づくこととともに、TDD の同期ロスなどの信号処理エラーに起因するのではないかと考えられる。

今回は遅延時間をなるべく少なくするために FEC (※1) や ARQ (※2) を利用しなかったが、ジッタに起因する軽度のエラーは FEC で回復できる可能性も考えられる。また、より安定で低遅延な配信を行うためには、伝送プロトコルに SRT を用いるなども有効である。

※1 Forward Error Correction、誤り訂正。冗長な情報を付加しておくことで、伝送上の誤りを修復する手法。

※2 Automatic Repeat reQuest、自動再送要求。受信側はデータを正しく受信できなかった場合に再送を要求し、送信側はある一定時間内に送達のお知らせを受け取るまで再送を繰り返す手法。

ソリューション③の結果を表 4-24 にまとめる。

表 4-24 ソリューション③の結果サマリ

カメラ映像 (アップリンク)	<ul style="list-style-type: none"> 安定な配信を実現するためのスループットが計画値より著しく低く、ワイヤレス化の運用検証を優先してアップリンク 1 チャンネルあたり 10Mbps 程度での検証となった。当初計画では素材映像として 20Mbps を計画していたため画質はやや劣ることになった。 本番時の伝送チャンネル数は演出要件を受けて準同期の回線に 4 チャンネルを割り当てた。 DAS からの見通し範囲でも、伝送エラーが生じて映像のフリーズ、断が生じた。原因分析は別途行うこととする。 伝送の安定度を高めるためにデコードバッファを 400ms としたため、伝送遅延は 450~500ms となった。今回のコンテンツではスイッチング処理への影響はなかった。 基地局間、DAS 間の遅延量の違いによるスイッチングへの影響はなかった。
音声 (アップリンク)	<ul style="list-style-type: none"> 回線断に伴い音声の遅延量が変わることがあり、リップシンクの調整に影響があった。 出先での PA が必要となったため、有線伝送を主体で実施した。
送り返し映像音声 (ダウンリンク)	<ul style="list-style-type: none"> カメラマン向けに利用した SRT による伝送は問題なく実施できた。カメラに装備した iPhone での視認性も良く、遅延量も 1 秒程度と実用上問題なかった。 HLS による伝送は、10 台程度の端末に対して問題なく実施できた。一般ユーザーに対しては、スマートフォンのブラウザで再生できる本方式が望ましいが、遅延時間は SRT に比べて長い。また、受信端末数が今回より増えた場合、ユニキャストで各ユーザーに配信されるため、ダウンリンクの回線が圧迫されてエラーが生じる可能性がある。 クレーンカメラ向けの UDP/RTC による伝送は問題なく実施できた。
タリー (ダウンリンク)	<ul style="list-style-type: none"> スイッチング状況を的確に伝送できた。 カメラマンへの視認性も問題なし。
インカム	<ul style="list-style-type: none"> iPhone の AGEphone アプリを用いて、L5G 経由で構築したが、L5G の回線断による品質劣化と、伝送遅延により通話者の肉声が聞こえる距離での通話に難があった。このため本番時には放送用ワイヤレスインカムでバックアップした。
制作全般	<ul style="list-style-type: none"> 演出要件を満たすため 2 系統のスイッチングを行う環境を構築することになった。また、音声系等も出先での PA (スピーカーを用いた音響設備) が必要となったことから、エリア 1、エリア 2 に仮設 PA 環境を構築することになり、スイッチングセンターまでの有線伝送も併用した。このため、設備が大規模化し、2 トントラック 2 台が必要となる程の機材が必要となっ

	<p>た。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カメラがワイヤレス化して自由度が高くなる利点は確認できたが、コンパクトな制作環境を活かすには、フライバック標準システムをベースとして、常設で運用できるイベントをターゲットに、コンテンツ内容とサービス範囲を規定することが望ましい。
--	---

d. 制作スタッフからのヒアリング結果

(1)1)の検証項目のうち定性的な検証項目に係る制作スタッフへのヒアリング結果は以下の通りである。

イ)ウ)及びエ)で記載した実験結果と同様、アップリンクの撮影映像伝送、ダウンリンクの返し映像・モニタ映像、及びインカムについては、現地スタッフからも主に安定性に係る懸念が示された。一方で、安定性が確保された場合には有用なシステムであること、中継車の不要化や機材の軽量化の点でも撮影現場の合理化に資する点が確認された。

なお、課題として示された映像伝送等の安定性の改善については後述する。

表 4-25 定性検証項目に係るヒアリング結果(2022年12月19日、23日、26日にヒアリング実施)

1. 撮影映像 (UL) の伝送可否・安定性に係るコメント
<ul style="list-style-type: none"> ■ 通常の制作と比較すると、バッファを持たせても伝送が不安定で、5G回線の映像を本線としたテレビ番組制作に活用する場合は、この点においてまだ改善の余地があると感じた。 ■ 伝送も突然落ちることがほとんどで、伝送路の管理が難しい印象だった。 ■ 今回、人の少ないワープステーションでの運用でも映像が途切れることが多く、実際に配信も途中で流れを止めざるを得ない事態が起こった。これを鑑みると、人の多い場所や干渉周波数が出ていそうな場所での運用はまだ不安要素が強く、本線としての使用は厳しいと感じた。 ■ 受信機アンテナの角度ですぐ映像が破綻してしまうのはとてもシビアであると実感した。 ■ (映像伝送が途切れた後)再接続のたびに遅延量が増えたため、音声との合わせ込みが完全には行えなかった。落とし込みやバックアップする方法を決めておかないと番組としてのクオリティが担保できなくなることも考えられる。 ■ (映像伝送が途切れた後)伝送の立上げのタイミングで、遅延量が異なるため、今回のスケジュール感よりも余裕を持ったスケジューリングでスタンバイ(システムチェック、リップシンク)が必要だと感じた。
2. 送り返し映像・モニタ映像 (DL) の伝送可否・安定性に係るコメント
<ul style="list-style-type: none"> ■ タリーや返し映像、制御信号など、普段の中継で求められる要素を満たした制作が行えた。 ■ 一方で、伝送の不安定性がフリーズや遮断につながり、視聴体験が劣化した。 ■ 伝送障害以外、安定して受信できている期間は、エンコーダーの符号化レートが低いいため、大画面で視聴すると符号化による劣化が見える。素材としてはもう少し高い画質が望ましい。 ■ 無線伝送した送り返し映像及びモニタ映像について、有線接続時と比較すると不安定であっ

た。今回は複数のカメラを用いてスイッチングする構成としたため、ライブ制作において、フリーズなどの障害が生じた場合に他のカメラに切り替えることで、回避できる可能性もあるが、実務における演出上それば不可能な場合には、本線映像に障害が生じてしまう。

3. 送り返し映像・モニタ映像（DL）の遅延性に係るコメント

- 有線接続時と比較するとやや遅延性を感じた。実務を想定すると、業務上の支障が部分的に生じる又は支障が生じる可能性がある。
- 伝送エラーを軽減するために、デコーダーのバッファ長を当初計画よりも延ばし、400ms とした。これによりエラー軽減の効果はあったが、遅延量に影響が出た。
- フリーズ等の障害が出た場合、その後の遅延量の変動する現象も生じ、リップシンクへの影響も見られた。
- カメラマンは、スイッチングされているかどうかをタリーや送り返しにより判断し、次のシーンへの準備をするが、伝送障害や遅延によりの確な撮影対応が困難になる。
- カメラのワイヤレス化による効果を活かすために、カメラマンは自由に動き回ることが可能になる点は評価できる。しかし、伝送可能と考えられていた場所においても障害が生じると、ワイヤレス化の有効性を活用できない。

4. タリー（DL）の表示可否等に係るコメント

- 特にタリーはディレイが少ない分、カメラの切り替えを確認でき、次のカットを狙いに行けた。
- タリーや返し映像、制御信号など、普段の中継で求められる要素を満たした制作が行えた。（再掲）

5. インカム（UL・DL）の伝送可否等に係るコメント

- 有線接続時と比較するとやや不安定であった。実務を想定すると、業務上の支障が部分的に生じる又は支障が生じる可能性がある。
- 今回は有効エリア内であったが、通信状態が不安定のため送受信時の明瞭度が悪く内容が不鮮明になる現象が生じた。本番時は、テスト時と異なり見学者各自のスマートフォンでPV映像を伝送したことにより帯域が圧迫された可能性も考えられる。
- 今回は iPhone に有線イヤホンマイクを接続した実験仕様で運用したため、取り回しが悪化した面がある。しかし L5G/WiFi エリア内で自由に動け、追加の通信料が不要であることに加え、制作スタッフが使うワイヤレスインカムと連絡系統が切り離されるため有効性を感じる。今後、インカム機能も含む L5G 対応のカメラが実現すれば、例えば Bluetooth のワイヤレスイヤホンとの組み合わせことで自由度がより増すと考えられる。

6. その他本システムに係るコメント

- 実際にローカル 5G 回線を利用して映像+制御（+エンベデッド音声）を相互伝送し、ストリーミング配信を制作することができたことが大きな成果といえる。
- リモートプロダクションとして、こういった中継スタイルもあるという良い前例を作れたと実感している。
- 素材収録+編集ありきであれば、マルチカメラでの制作手法のとして今回は十分に機能したと思う（現場の映像を生で見ながらオペレーションできる点）。
- カメラシステムは利便性があると感じた。WiFi モジュールで VE（ビデオエンジニア）が制御

- する IRIS（光量調節機能）もカメラの明るさを安定するのに、一律化が図れる。
- ケーブリングに縛られないカメラワークが行えるのは大きな利点と考える。全てを L5G 回線にすることで機動性の高い撮影ができたことは、撮影手法として 1 つ新しい要素を提案できたのではないだろうか。
 - 今後の番組制作では一般的な光ケーブルで接続するカメラの中に 5G 伝送のカメラを混ぜて運用することで、高い効果が期待できると考える。今回は実証実験ということで全てのカメラが 5G 伝送であったが、実際の制作に投入する時にはベースカメラは光ケーブル、部分的に柔軟な動きができる機動班として 5G など、すみ分けをきっちり行うことで、生きてくる道があるのではないだろうか。
 - 各装置の電力消費が少ない分、カメラのバッテリーだけ意識すれば良かったのは助かる。
 - そもそも機材量で考えると中継車を使うよりは少なかったと感じた。汎用ラックにマウントし、ワンパッケージにまとめるなどの運用改善を行うことで、中継車も停められない狭い現場などでの中継運用も期待できる。
 - LiveU（小型軽量のモバイル映像中継システム。複数のネットワークに分散して映像信号を伝送する）の一方通行による映像伝送の場合よりもリュックが軽く、タリー・送り返しが見られる分、中継現場に活かせるのではと感じる。
 - 超小型 FPU（無線中継伝送装置）を使ったワイヤレスカメラと比較して機器構成がシンプルとなり、カメラ側機器としては少しではあるが重量が軽減できていると思う。

e. 伝送障害の分析と対策及び追加検証（Step4）

12 月までの検証では、当初計画で想定していた伝送レートが得られず、安定性にも課題が残った。しかしコンテンツ制作のスケジュールが迫っていたため、伝送可能な範囲でコンテンツ制作の運用上の検証を優先して取組むこととなった。このためこれまでに述べたような伝送レートを抑えての実証となった。以下ではこれらの障害の原因分析と対策について述べる。

(1) 手法

12 月のフィールド実証の後、劣化原因の調査と伝送の安定性改善に向けて以下の取組みを行った。

1) 無線区間とベースバンド区間の動作の切り分けのため、有線接続可能な機器にて基地局と CPE を有線接続して現象を確認する。

2) ベースバンド区間のパケットのバッファ処理や同期処理の不具合の可能性が予想されるため、可能であれば実際の回路やファームウェアにテストポイントを設けて動作確認を行う。これが困難であれば、機器の config 設定やファームウェア修正等でパラメータや機能を調整して動作の改善を確認する。

3) スループットの測定とともに、実際の映像音声での確認も行い、手直した環境で確実に映像伝送が実現できるかを確認する。

(2) ラボ検証

有線接続でも映像の不安定性は変わらなかったことから、パケットロスやジッタによるデータエラーは CPE か基地局で発生していると判断した。CPE を京セラ製と IDY 製に交換しても同様の劣化が生じたため、障害の原因は基地局の動作にあるとの結論に至った。

12月16日に基地局用に新しいファームウェアがリリースされた。この状態で検証したところ、準同期 TDD1（ダウンリンク/アップリンク比率が4:4）においては、図 4-26 のような伝送レート
の顕著な変動が見られなくなった。この環境で1月30日、31日に東大ラゴで検証を行い、表 4-28
のような結果が得られた。また、準同期 TDD3 での検証も行ったが、この設定においてはまだ十分
な安定性が確保できているとはいえない。

ファームウェアの改善点を調査したが、スケジューリングの処理の改善との情報が得られた。
これから想定されるのは、アップリンクで受信されたパケットの読み出しタイミングが改善され、
これまでに起きていたバースト的なエラーの発生が抑えられたことが原因ではないか。

このように基地局のファームウェアの修正で、安定性の改善が確認でき、準同期 TDD1 のみであ
るため、限定的ではあるが、当初計画に則った運用の可能性が高まった。

表 4-26 新ファームウェアでの検証結果

	内容	手法、環境	結果
1	スループット	iPerf4 で1ch のレートを増や して観測 TDD1	最大 110Mbps までパケットロスなし この時の MCS=14~15 程度
2	1 チャンネル 伝送	1 チャンネル ビットレート：20~50Mbps デコーダーバッファ量：100ms MCS：ダイナミック TDD1	50Mbps まで安定に伝送可 MCS=8~11 ジッタ量：30ms 程度（20~45ms） 遅延：6~7F（200~230ms）
3	多チャンネル 伝送 MCS：ダイ ナ ミック	2~3 チャンネル 各チャンネル：20~30Mbps デコーダーバッファ量：100ms TDD1	30+20+20Mbps（総レート 70Mbps）まで安定 に伝送 MCS は 16, 5, 16 などアンバランス
4	3 チャンネル 伝送 MCS：固定	3 チャンネル 各チャンネル：20~30Mbps デコーダーバッファ量：100ms TDD1	MCS = 14 で、40+30+30Mbps（総レート 100Mbps）まで安定に伝送
5	6 チャンネル 伝送 MCS：固定	6 チャンネル 各チャンネル：20Mbps	MCS=16 で、20Mbps×6ch まで安定に伝送

	内容	手法、環境	結果
		デコーダーバッファ量: 100ms	
6	TDD3 での 6 チャンネル 伝送 MCS: 固定	6 チャンネル 各チャンネル: 20Mbps デコーダーバッファ量: 100ms TDD3	MCS=14 で、伝送できたが、数分ごとにフリーズが発生する

(3) フィールド検証

1月の東大ラボでの結果をもとに、2月15日、NEC 我孫子事業所にてフィールド検証を実施した。基本的には1月の東大ラボでの検証と同様の系統に DAS を追加し、屋外での最大6チャンネルの伝送を検証した。全体系統を以下図 4-43 に示す。

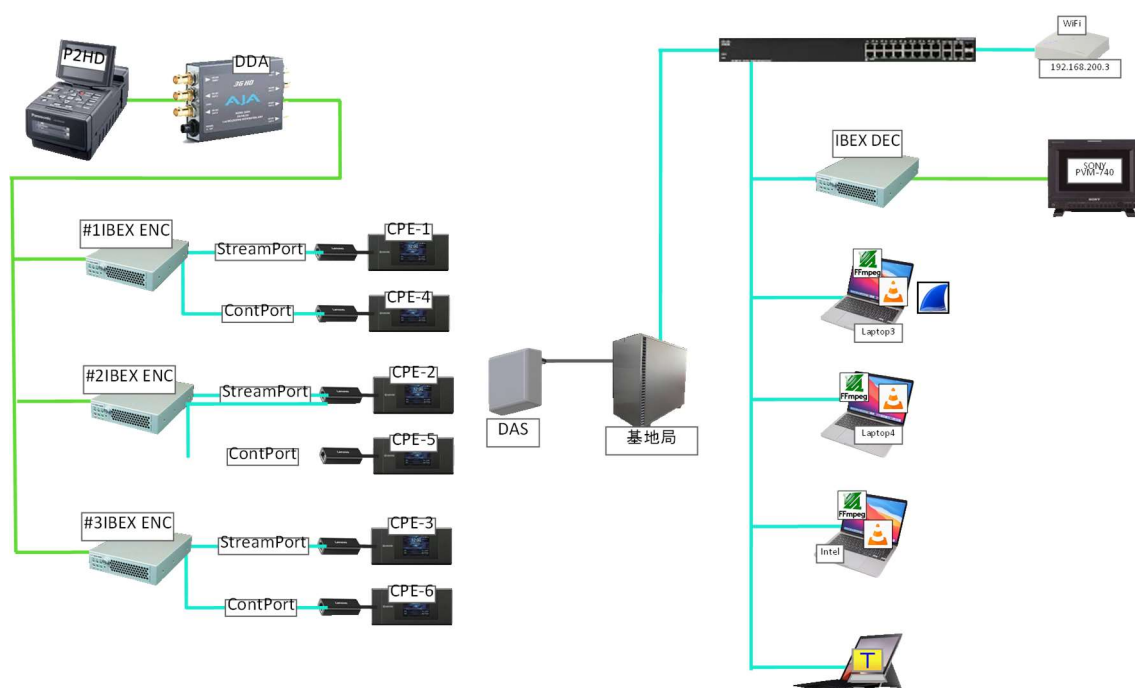


図 4-43 フィールドテスト系統図

まず、エンコーダーを1チャンネルだけ活かし、DAS と CPE の距離を変更して、伝送の状況を確認した。その結果をもとに、チャンネル数を増加させて伝送状況を確認した。結果を表 4-27 に示す。

表 4-27 新ファームウェアでのフィールド検証結果

	内容	手法、環境	結果
1	1 チャンネル 伝送で DAS アンテナからの距離を変化	ビットレート：20Mbps デコーダーバッファ量：100ms MCS：10（固定） 準同期 TDD1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 5～65m で伝送可能。 ・ ジッタ量は 30～35ms 程度で安定 ただし距離が離れると、100ms 近くまで増加 <ul style="list-style-type: none"> ・ 70m 地点で、瞬断、同期外れ
2	2 チャンネル 伝送	50m 地点 1 と同じ設定で 1 チャンネル追加	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2 チャンネルとも受信可 ・ ジッタ量 30～60ms ・ rxko 値（無線区間の再送発生数）は、追加チャンネル側が 400 程度まで増加している。元々活かしていたチャンネルの rxko 値は 0 程度であり、アンバランスな状態が生じている。
3	3 チャンネル 伝送	50m 地点 2 と同じ設定でさらに 1 チャンネル追加	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 チャンネルとも伝送は可能 ・ rxko は最後に追加したチャンネルが 100 程度、他は 0 程度
4	4 チャンネル 伝送	50m 地点→30m 地点 3 と同じ設定でさらに 1 チャンネル追加	<ul style="list-style-type: none"> ・ MCS10 では帯域不足のため MCS を 16 に変更 ・ 50m 地点では不安定、30m 地点で 4 チャンネルとも伝送可能
5	5 チャンネル 伝送	30m 地点 4 と同じ設定でさらに 1 チャンネル追加	30m地点でもブロックエラーが頻出し、安定配信できず 後発のチャンネルの画像が安定しないことが多い

フィールド検証をまとめると、

- ・ 基地局装置のファームウェアの改善で、準同期 TDD1 であれば、MCS を固定することで、ある程度の安定な配信が可能である。

- 1 チャンネルであれば、70m 程度まで 20Mbps の伝送が可能である

- チャンネル数が増えると、次第に安定性が劣化するが、3 チャンネルまでは 70m 程度までは伝送可能である

- 4 チャンネルになると 30m 程度まで近づかないと安定しない
- 5 チャンネル以上は安定配信できなかった。

(4) 結果と今後の対応

追加検証の結果、実用化に向けては L5G 機器、特に基地局回りの改善が必要であることが明らかになった。以下、技術面で必要と考えられる要件についてまとめる。

・基地局の準同期機能の改善

現状のファームウェアでは、準同期 TDD1 であれば、MCS を固定することで、ある程度の安定な配信が可能である。フィールドにおいても、3 チャンネルを 70m まで伝送できることが確認できた。この条件であれば、12 月のワープステーション江戸での配信は、20Mbps で 4 チャンネルを実施できた可能性もある。しかし、今後の実用化に向け、L5G を有効活用して 4K を含むような番組制作を行うためには、アップリンクの伝送レートの向上が必要である、このため、今回は最後まで安定性が確保できなかった準同期 TDD3（ダウンリンク/アップリンク比率 2:6）についてもファームウェアを含む手段等による性能改善を期待したい。すなわち、各 CPE からの信号を安定確実に伝送できるような信号処理が実現することが必須である。

・基地局の準同期機能のチャンネル間の動作

チャンネル数増に伴い、rxko の値がアンバランスになるなどの現象が見られ、全体的に安定性が劣化していく。特に、後発のチャンネルに帯域が確保されていなかった。チャンネル数が変化した場合、ダイナミックに調整して安定状態にするなどの機能が基地局にはないため、その都度リセットするなどの対応が必要となった。このような機能についても改善が望まれる。

・DAS の安定性

フィールド試験では、基地局と DAS の接続が不安定になり、何回かリセットする必要があった。気温などの影響も考えられ、今後、実用化に向けては、DAS 装置のさらなる改善や実験環境の調整などが必須である。

・CPE の改善

CPE も準同期での帯域増加に対して安定性の向上が必要である。今回、実験で主に利用した CPE は、エンコーダーと接続するネットワークインターフェースケーブルの物理的な接触の不安定性による信号断がしばしば発生した。こういった部分の安定性の改善が必要である。なお、将来、CPE やエンコーダーなどを一体化したモジュールが開発されることで、このような瑕疵については、改善されることが期待できる。

・伝送プロトコルの改善

伝送プロトコルについては、UDP/RTP を用いたが、安定性確保のため遅延時間も増える傾向に

あった。基地局の安定性が向上し、デコーダーのバッファ量が少なくても済めば、SRT などのエラー耐性の高い方式の採用も有効と考えられる。

- ・電波伝搬環境の改善

今回は見通し範囲でのテストで行われたが、OFDM ベースの L5G であればメッシュ化など複数の DAS を用いることで、重複するエリアでの安定な伝送に効果があると技術的には考えられる。このような改善の開発も期待したい。

f. フィールドにおけるソリューション②の検証結果

カメラからカメラデータと映像を L5G 経由で送ることによってリアルタイム VFX を作成し現場での CG の上がりのラフの確認や演者の理解が向上し、演技力の向上映像全体の向上を見込む。

ソリューション 2 の検証については今回 AB 案を用意しそれぞれ機能検証を行った。A 案については ARRI を使用し、レンズデータを LAN 経由で送る既存機能を活用し合理化を図る。B 案については導入が安価な PTZ を用いて検証を行った。

システム全体のシステム図は図 4-44 になる、CPE はコンパルを用いてネットワーク、IP やポートフォワードの設定は図のように設定した。

ソリューション2 実証システム図

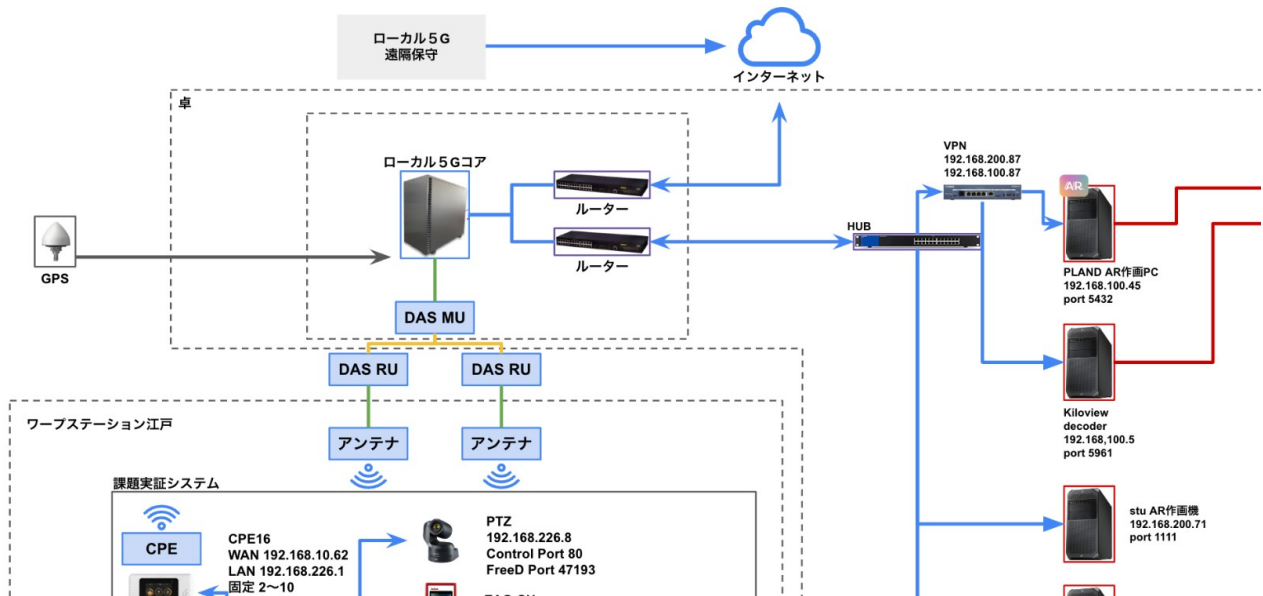


図 4-44 ソリューション 2 実証システム図

A 案については映画や MV 等で使用される ARRI 図と Unreal Engine を使用したリアルタイム VFX、映像伝送についてはソリューション 1 一体型パッケージで使用する SRT 伝送器を用いる。

カメラデータについては ARRI から標準で出てくるものを活用し伝送を行った。大枠の映像、ネットワークのフローについては図になる。現場では図の用に宅を組み合成を行った。今回、Unreal Engine でワープステーション江戸のスキヤンしたモデルも活用し、オンセット VFX として現場での VFX 確認を行った。実証がソリューション 3 と重なっていたことと、基地局のアップリンクが理論値より出なかったため映像伝送は 1Mbps のビットレートにて行い、DAS のアンテナの 3 メートル地点にてレンズデータとともに疎通ができることを確認し、現地で UE5 を用いて CG の連動ができるのを確認した。レンズデータがエンコードの遅延が発生しないため、映像より早く CG 作画機に届くことにより、CG 作画の遅延と映像の遅延は差がなくなることを確認した。



図 4-45 A 案 ARRI カメラ



図 4-46 A 案ブロック図



図 4-47 A 案実証の様子



図 4-48 A 案合成の様子

B 案については ARRI だと導入が難しい場合安価で導入可能な PTZ と国内でユーザーが多い Unity を使用したリアルタイム VFX を検証する、映像伝送については昨年の実証で実績のある Zao-SH を用いる。昨今の PTZ カメラでは FreeD (カメラデータのフォーマット) 対応機種が多く、FreeD が出せる従来の導入コストから 20 分の 1 になっており、導入しやすい機器になる。

PTZ はリモートカメラになるので、本実証ではコントローラーも L5G の疎通ができるかどうかを同時に検証する。A 案のブロック図に追加でコントローラーのアップリンクが追加になる。

B 案では Unity にて門や神社などの CG でのセットエクステンションを想定し現場でのリアルタイム VFX を行った。



図 4-49 B案PTZ カメラ

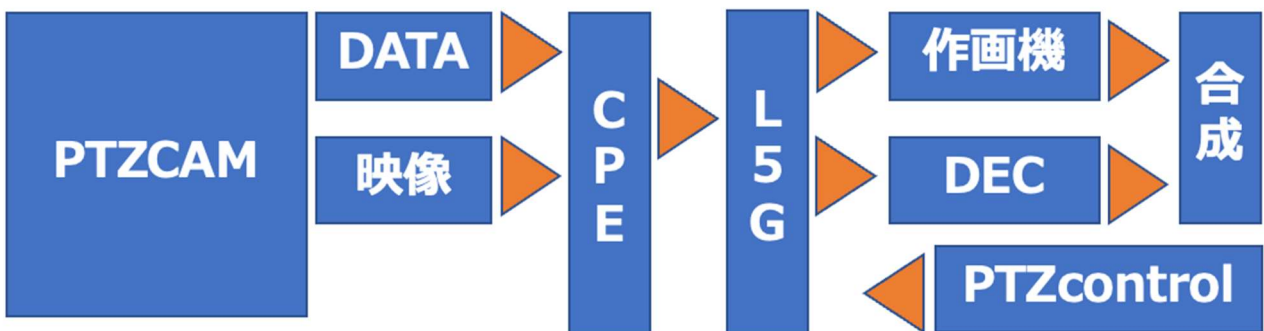


図 4-50 B案ブロック図

ワークステーション江戸にて PTZ と CG 作画機をセットアップし実証した (図 4-51)。映像は Zao を用いて映像電送を行い A 案と同様に映像は 1Mbps のビットレートにて、DAS のアンテナの 3 メートル地点でカメラデータとともに疎通ができることを確認し、現地で Unity を用いて CG の連動ができるのを確認した。A 案同様こちらもカメラデータの方が早く到着するのを確認した。ま

た、ダウンリンクの PTZ コントローラーの疎通も確認し、遠隔無人で PTZ をコントロールできることを確認した。



図 4-51 B 案実証の様子



図 4-52 B 案 合成前



図 4-53 B案 合成後

昨年との比較を行うため定量的な比較をしたところ、SRT では 22F 遅延の 約 726ms の遅延だった。Zao では 300ms でも映像自体は到達するが、バッファ 400ms のトータル 627ms で安定することを確認した。昨年ではバッファ 110ms のトータル 230ms 遅延で映像が安定していたため、基地局などのネットワーク遅延が昨年の基地局と比べ多いと思われる。

運用上の許容範囲としては、現場での確認、カメラアングルの調整のためのオンセットリアルタイム VFX 合成を目的としている上では、カメラアングルを探り、CG の位置や大きさなどを確認していくのはスムーズに確認や CG の調整をしていくことができた。今の遅延よりも多くなっていくと運用が難しくなっていくと思われるので、今の遅延がギリギリのラインかと思われる。

しかしながら、遅延はなければならない方が映像制作では有効なため昨年の基地局同様のパフォーマンス、又はそれ以上の基地局が安価で出てくることを期待したい。

また、昨年では RAKU+ が電波断になってから、復旧まで自動で復帰していたが、今回の実証では機内モードにし戻さないと復帰することができなかった。恐らく基地局側の問題と思われるが映像制作のオペレーション上致命的な欠点になると思われるので、早急なアップデートを期待する。

表 4-28 遅延結果

伝送器	遅延(1Mbps)
SRT	約726ms
ZAO	約627ms
昨年のZAO	約230ms

(2) 運用検証

1) 検証項目

ワイヤレス撮影及びリアルタイム VFX システムの導入にあたっては、通常の撮影方式とワークフローが異なることから、実証実験の検証結果を踏まえ、汎用性のあるオペレーションマニュアルの作成が求められる。可搬型基地局の設置についてもガイドラインが必要である。また、トランスミッター&エンコーダー一体型システムパッケージについては、本実証後に商用向け開発に着手するため、その有用性を明らかにする必要がある。

以上より下記項目について検証を行った。

- ①ユーザー向けオペレーションマニュアル案の有用性（定性評価項目）
※ソリューション①、②の運用課題に対応するもの。
- ②システム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドラインの有用性（定性評価項目）
※ソリューション①の運用課題に対応するもの。
- ③トランスミッター&エンコーダー一体型システムパッケージの有用性（定性評価項目）
※ソリューション①の運用課題に対応するもの。

2) 検証方法

①ユーザー向けオペレーションマニュアル案の有用性

実際のオペレーションを明確化する必要があることから、ユースケースを担当する NHK エンタープライズにて、撮影に際して実際に行った準備作業・設営作業・運営時の作業について記録することとした。その後、これらの作業内容をもとに既存の番組制作フローとの相違点の明確化、マニュアルに記載すべき業務フローの整理、必要な運用サポート、その他オペレーションにおける留意事項等についてコンソーシアムで整理し、マニュアル案を作成した。マニュアルの実運用に向けて客観的にマニュアル案の有用性を確認する必要があることから、マニュアル案の有効性について以下を対象にヒアリングを実施した。

対象者：本実証と関連のないNHK及びNHK関連団体の撮影業務関係者数名

NHKテクノロジー制作部門社員（テクニカルディレクター、カメラ、ビデオエンジニア、音声担当者）

NHKテクノロジーと契約している制作会社社員

ヒアリング項目：

- ・ユーザー側から見たマニュアルの全体構成、記載項目、内容、粒度の妥当性
- ・L5G利用に伴う制作上の制約条件や留意事項についての内容、表現の妥当性
 - L5Gのカバレッジエリアに由来する撮影可能エリア
 - 伝送遅延に由来するスイッチング時の操作感
 - タリー、送り返し、インカムの構成と使い方
 - 伝送遅延に由来するタリー、送り返しの特性
 - インカムの音質、遅延などの特性
 - L5Gの伝送帯域によるカメラ台数上限の制約（例えば、カメラの伝送帯域を1台あたりX(Mbps)なら最大N台まで利用できるなど）
 - L5Gの伝送帯域による画質、音質の制約（画質を改善するには伝送帯域を増やして、カメラ台数を減らす組み合わせを例示するなど）

②システム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドライン

システム運用時の留意事項等を実運用の事例から明確化しておく必要があるため、技術実証及び課題実証を担当するNHKテクノロジーズにて、敷地内で基地局を可搬させて使用する場合の考慮すべき要件を実証作業（技術実証時の設置位置から課題実証時の設置位置に同期局を移設させる際の接続・設定作業等）等をもとに整理することとし、これをもとに基地局を設置する際のガイドラインを作成した。ガイドラインには、設置推奨条件、設置不可条件、免許申請から電波試験など設置までの流れをまとめた業務フロー、運用体制について記載しているところ、これらの客観的な有用性を確認する必要があることから、ヒアリング調査を行った。

※基地局には、ローカル5Gの無線関連設備とともに制作関連の機器が多数整備される。このため、設置場所により広い場所を求めて変更が要請されることもありうる。さらに演出上の都合でカバーエリアの変更が求められることも考えられる。DASについても実際の撮影現場をカバーできる設置場所が建物などの障害物の影響で制限を受けることもあり、変更せざるを得ないことも考えられる。これに対しては、敷地内で演出効果も見込んで複数の送信場所を予め設定しておく、それらに必要となる免許も取得しておくことによって、ユーザーからの要望に対しても効率的に対応が進められるが、コスト等の理由から移設をしながら運用する場合の留意点も含めて整理している。

ヒアリング対象は以下の通り。

対象者： ワークステーション江戸運営担当者及び他のロケ施設担当者数名

ヒアリング項目：

- ・システム運用者側から見たガイドラインの全体構成、記載項目、内容、粒度の妥当性
- ・L5G を用いることで生じる以下の内容に関し、システム運用者がユーザーに対して説明するための情報の妥当性
 - システムの構成や機能、使い方についての解説
 - L5G の送信地点と制作に利用できるエリアについての情報、また伝送困難地域があればそれに関する情報とその理由
 - 伝送遅延に由来するスイッチング、タリー、送り返しの特性についての解説
 - インカムの使用感に関する記載・表現の適切性
 - L5G 伝送に伴う画質、音質と利用可能なカメラ台数の関係とその根拠

③トランスミッター&エンコーダー一体型システムパッケージの有用性

昨年度実施した「ローカル 5G ネットワーク網を活用したコンサート空間内におけるワイヤレス映像撮影システムの構築」の実証では、撮影カメラに取り付けたトランスミッターとエンコーダーが一体型となっておらず、カメラマンが有線接続時と同等レベルで稼働した際にコネクタが外れるなど実運用に耐えられない恐れがあるとの意見がヒアリングにおいて得られた。

このため、本実証では一体型のトランスミッター・エンコーダーを開発しており、その運用面について検証することとした。具体的には、有用性の判断においては、実際に運用を担当するカメラマンの意見が重要であることから、複数のカメラマンに従来型（セパレート型）のトランスミッター・エンコーダーと一体型のトランスミッター・エンコーダーの両方を利用してもらい、その運用上の課題にどの程度つながるかをヒアリングすることにより検証した。

対象者：本実証と関連のない撮影業務関係者数名

ヒアリング項目：

- ・パッケージについて
- ・撮影業務におけるカメラマンの動作への支障の有無（セパレート型との差異）
- ・機能について 等

3) 検証結果及び考察

① ユーザー向けオペレーションマニュアル案の有用性

今回の機能検証では、伝送の不安定さ、帯域やチャンネル数が限られていたなど、多くの課題

が明らかとなり、その改善が進める必要がある。しかしながら、追加検証である程度の見通しが得られたことから、今後の実運用に向けて有効な手法、ノウハウを得られたと考えられる。これらを中心に以下の通りマニュアルとして整理した。

ユーザー向けオペレーションマニュアルの概要

(1). 前提条件

今回の検証で得られた知見をもとに記述した。

一体型アダプタなど、今後開発される可能性がある機器やその仕様については、想定可能な範囲の記述に留めた。

(2). 機器リスト

カメラなど従来の制作に利用していた機材は顧客が用意し、CPE などの L5G による制作に必要な機材は WSE から貸し出す想定で機器リストを記載した。

(3). サービスエリア

今回の検証で使用した伝送機器（基地局、DAS、CPE）を前提に検証済のサービスエリアを中心に説明した。これ以外については、可能性のあるエリアの例を示すに留め、今後、実運用に向けてこれらのエリアの検証と免許取得を進めるとの想定で記載した。

(4). 運用方法

システムセッティングは WSE 側で対応する前提で記載した。ユーザーは、通常の現場制作と同様に制作システムを構築した上で、伝送系の部分を WSE 側に委ねる形になる。すなわち、構築した制作システムのカメラ出力とスイッチャー入力の間には WSE 側が提供する L5G 伝送系（エンコーダー-CPE-基地局-デコーダー）を加えるという形となる。

全システム構築後には疎通試験を行い、サービスエリアを確認しておくこと、また実際の運用に際して、映像確認や ping による監視方法、またやパブリックビューイング実施にあたっての留意点などについても記載した。

(5). 困った時には

実際に実証を通して起きた障害事例とその対策結果などをもとに、今後、実運用に際しても生じるであろうトラブルに対して、対応方法についてまとめた。

追加実証までの対応により得られた実運用に向けた有効な手法とノウハウ

a) 伝送レートとカメラ台数

現在の基地局では、見通し距離（ワープステーション江戸では 50m 程度）において、トータル 100Mbps、1 チャンネル 20Mbps は伝送できると考えられる。（準同期 TDD1 の場合） 今後、基地局

の性能が改善されて、準同期 TDD3 の運用が可能になれば、より拡大することが可能となる。

b) サービスエリア

DAS によりサービスエリアの拡張が可能であることは確認できた。ワープステーション江戸を例にすれば、まだほかにサービスエリアとして有効な場所もあり、それぞれに対して DAS の設置が必要となる。予めそれらの DAS の伝搬特性の測定と免許取得を行っておくことで、速やかな運用が可能となる。

c) カメラマン回りの制作環境

カメラマンに向けた送り返し、タリーは、今回構築したシステムが有効である。今後、これらの機能が一体化されたアダプタが開発されれば、速やかに導入を検討する必要がある。インカムは、L5G の安定性が確保されなければ、ワイヤレスインカムなど既存の手法を導入しておいた方が確実である。

d) スイッチングセンターの制作環境

今回の実証実験で当初目指したコンパクトな制作環境のためには、フライバックシステムなどの機能に合わせた演出内容とすることも必要である。技術面と演出面との調整を行うことが望ましい。

e) パブリックビューイング

HLS サーバからの送り返し映像を L5G のダウンリンクにより提供し、PV 会場に用意した CPE から WiFi で一般向けの PV に供する手法は有効である。ただし、観客が増える場合、下り回線が圧迫される可能性があるため、PV 会場にエッジサーバを立てるなどの対策を予め講じておくことが望ましい。

f) 監視方法

監視方法として、デコード映像・音声のモニタリング、各装置の監視制御画面のブラウザでの表示に加えて、ping による疎通確認が有効である。エンコーダー、CPE、基地局に対して疎通確認を続けることで、不安定状況の把握、原因推定、迅速な対処が可能である。

カメラ環境やスイッチングセンターの構築については、映像制作を行っているユーザーにとっては、特段新しい要素はないので、演出要件に合わせて対応すれば良い。最も課題になりそうな点は、L5G のサービスエリアの確認と運用の監視である。これについては、システム提供者と調整しながら、適切な環境となるよう確認していく必要がある。

マニュアルへの意見

実際にコンテンツ制作に関わっている NHK テクノロジーズの社員数名にマニュアルを開示して意見を求めた（2023 年 1 月 26 日、2 月 27 日、3 月 9 日にヒアリング実施）。

表 4-29 ヒアリング結果(2023 年 1 月 26 日、2 月 27 日、3 月 9 日ヒアリング実施)

1. 全般
<ul style="list-style-type: none">・今回の実証で得られたような不安定な伝送環境が改善されるのであれば、ワイヤレス制作の効果は有効であろう。・ドラマの撮影だと、カメラ 1 台で行うことが多い。4K のカメラ 1 台の映像を確実に伝送し収録できる環境が欲しい。この場合、送り返しを多くのスタッフや出演者が様々な場所で見ることが必要となるので、その点では L5G の利用が効果的ではないか。・伝送エリア内の安定性が確保できないエリアでの制作収録では事前に技術と演出で調整とあるが、演出側が要求してきた内容が提供可能範囲を越える場合の対応はどうすれば良いか？ →伝送機器の性能や伝搬特性などに由来して技術的に伝送困難な場所であることなどを説明して理解してもらう必要がある。
2. カメラ関連
<ul style="list-style-type: none">・カメラ一体型の装置ができれば良い。できればカメラは使い慣れた機種を使いたい。自社のカメラにアダプタが追加できる形が望ましい。・カメラ台数は帯域で規定されることはわかったが、マイク本数の規制はあるか。 →理論上、伝送容量の限界まで本数は増やせるが、マイクごとに伝送することはそれぞれに CPE が必要となることから、現実的ではない。その場合には、ワイヤレスマイクを通して集音し、現場でミキシングした出力を伝送することになり、映像に比べて伝送容量が少ないため特に問題にはならない。この場合のマイク本数はミキシング装置により決まると考えられる。
3. サービスエリア
<ul style="list-style-type: none">・演出要件にもよるが、もっと広範囲なサービスエリアで運用できることが望ましい。・番組制作エリアは、番組の内容により屋外だけでなく室内が連続したり、広範囲に及んだりすることがある。これにどこまで対応できるか。 →伝送できる場所については、予め現場で実証する必要がある。
4. 運用
<ul style="list-style-type: none">・L5G の装置やそれを含む伝送系は、まだ途上段階である。制作環境の IP 化ではパケットやシステムの監視（データの end-to-end の監視）には、スキルを持った技術要員の確保が必要ではないか。 →コンテンツ制作上連絡系は重要なので、なるべく L5G とは別の連絡系を用意しておくことが望ましい。実際、ワイヤレスインカムも用意している。・基地局起動前や本番収録前の伝送一時リセットなど L5G によるインカムが使えない場合の

連絡系統はどのように確保されるか。

・CPE の（アンテナの）向きや角度の基準はあるか。

→想定されるサービスエリアをカバーできるように、予め設定される。

考察

今回の検証では、専用のアダプタの開発品を利用することができなかつたため、既製のエンコーダーや CPE を組み合わせて、カメラ系のシステムを構築した。軽量化できた点ではカメラマンからの評価を得られたが、やはり安定な運用に向けてはカメラ一体型での運用が可能となる専用のアダプタの利用が望ましい。早期に適切な装置が開発されることを期待したい。

機材が整い、伝送環境も安定していけば、運用監視要員についても、最小限に留めることができ、経費削減にもつながる。

意見にもあったが、カメラ 1 台で送り返しモニタ多数、4K 対応、建物内での撮影など、様々な演出要件については未確認である。これについては、今後の運用を通してマニュアルを充実させていく必要がある。

② システム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドラインの有用性

概要

今回は演出要件を受けて、実際の撮影はワープステーション内の 2 つのゾーンで行われた。しかしほかにも大手門広場や近現代エリアなど、実際の撮影に使われるであろう場所での利用に向けた対応方法を明らかにする必要がある。これらの地域は、今回の実証実験で行われたゾーンよりも広く、鉄筋が入った高い建造物もあるため、L5G の可搬型基地局（基地局と分散型アンテナシステムを組み合わせたシステムを含む。以下、DAS とする）の設置場所については、十分な検討が必要と考えられる。すなわち、事前のシミュレーションに加え、今回、ソリューション①で行ったような実際の映像伝送を行って、伝送可能なエリアを予め確認しておくことが必要となる。その上で、ゾーンごとに適した DAS 設置位置を決定していくことになる。

このため、今回の検証の経験を踏まえ、必要とされるサービスエリアに対して適切に DAS を設置する手順をガイドラインとしてまとめた。

今回の実証では、伝送系機器の不安定性のために、測定には手間を要したが、機器の安定性が得られれば、伝送可能なエリアの決定はこのガイドラインを参考に比較的容易に行うことができるであろう。

制作環境は基本的にユーザー側により構築され、カメラスイッチャー間に挿入される伝送系の提供が WSE 側の主たる担当になる。しかしながら、L5G の環境を活かす上で制作系が留意しておく点についても記載した。

ガイドラインへの意見

番組制作やそれに伴う無線・有線伝送などに関わり、今回求められるような運営に対応できる

であろう NHK テクノロジーズ社員数名にヒアリングを行った（2023 年 1 月 26 日、2 月 27 日、3 月 9 日にヒアリング実施）。結果を以下に示す。

表 4-30 ヒアリング結果(2023 年 1 月 26 日、2 月 27 日、3 月 9 日ヒアリング実施)

1. サービスエリアの策定
<ul style="list-style-type: none"> ・実際に DAS の適切な位置を決めるには、技術的なスキルに加え、無線従事者の資格者も必要であることから、予め専門家に委託して適切な位置をいくつか決めておく必要があると思う。 ・免許取得までの時間が必要と考えられ、現状、柔軟に位置変更ができないことから、各エリアで有効な設置位置をしっかりと決めておく必要がある。 ・例えば大手門前広場全体をサービスエリアとしようとする、今回検証した DAS によるサービスエリアではカバーしきれない。複数台の DAS でカバーする方法を導入する必要があるのではないか。 ・WSE 内に基地局を設置する場合、設置場所の基準（例えば DAS が見える、電源が確保できる、ケーブル配線、制作現場との距離など）や制約はあるか？ →現場のインフラ構築については、WSE の規定に従うことになる。DAS 設置場所については、予め可能性のある地点を候補として提示するので、候補外のエリアでの運用を希望される場合には、別途調整が必要となる。
2. 設備構築関連
<ul style="list-style-type: none"> ・撮影時にアンテナが見えないようにするために、場合によっては建物の中に据え付けるなども考えなければならないが、建造物の構造によっては容易ではない。 ・温度湿度対策などは、（放送番組の）中継での経験を活かせば良さそうだ。 ・光ケーブルを埋設するのは経費と時間の負担になる。 ・アンテナ端子盤のような設備を電源端子のように各所に設置されることが望ましい。 ・DAS アンテナの高や向き、傾きは何を基準に設置すれば良いか？例えば、夜間に一旦撤収して再度構築する場合などで再現できる設定方法があると良い。
3. 運用関連
<ul style="list-style-type: none"> ・監視環境の構築や運用についても、ネット系の知識を持つ要員が必要であろう。 ・事前テストで安定していたエリアが、制作収録時 NG となった場合の対策方法を具体的に知りたい。

考察

今回の実証ではサービスエリアが商家通り、大店通りと、建物の中の比較的細長いエリアであったことから、それぞれ DAS1 台で、概ねアンテナから 50m～70m 程度の狭い範囲をサービスエリアとして構築し、演出に対応できる範囲を確保できた。意見にもあったが、WSE の地図を見ると、より広いエリアで制作を行うことも考えられることから、それに対する DAS の機能拡張、例えばメッ

シュ技術を用いたサービスエリアの拡張なども今後採り入れていくことが必要である。

今回の実証では、2つのDASの境界付近でいずれも見通しになる大橋付近では、リハーサル時に疎通できていたが、本番時には安定性が低下していた。特に複数のサービスエリアの境界付近におけるサービスエリアの可能性については、より細かく検証しておくことが望ましい。

DASの設置について、サービスエリアや撮影に映り込まないようにするなどの要件を考慮すると、建物内に恒久的に設置できることが望ましい。しかし設置条件が厳しくなることが予想されるため、より精密な検討を行う必要がある。また、恒久的に設置できない場合に、確実に検証済のサービスエリアを再現するためのアンテナ設置手法を開発する必要がある。例えばアンテナ装置にレーザーポインタを装備して、予め決めたターゲットに照射することで、アンテナの方向調整の再現性を高めるなどが考えられる。

本格的な運用に向けて、最終的には光ファイバの埋設、電源端子板への光ファイバの端子追加などの工事が必要となる。ビジネス的な視点での対応について十分な検討が求められる。

③トランスミッター&エンコーダー一体型システムパッケージの有用性

ヒアリングを実施した。現在パッケージについては図4-54、図4-55のようなものを開発中である。昨年度までは、カメラサイドに暫定的にリグを組み固定していたが、今回の開発では業務用のカメラで電源として採用されているVマウントにマウントする方向で開発中である。Vマウントの特徴として、バッテリーを付ける手前に機器を挟むことができ、取り付けた機器もVマウントから給電できることから、映像機器では様々な製品が販売されている。パッケージにはVマウント、映像伝送機器、5Gルータが組み込まれている。



図 4-54 開発中の一体型パッケージ図②



図 4-55 開発中の一体型パッケージ図②

表 4-29 ヒアリング結果(2023年2月20日ヒアリング実施)

1. パッケージについて
<ul style="list-style-type: none"> ・一体型でコンパクトであることが重要 機材を意識しないことが理想 ・カメラ用のバッテリーと同一電源での運用が望ましい ・試作機はまだ大きい、半分ぐらいの体積だとすぐに運用可能ではないか
2. 撮影業務におけるカメラマンの動作への支障の有無 (セパレート型との差異)
<ul style="list-style-type: none"> ・昨年はカメラサイドにスマートフォン用の固定具程度だったが、1つにまとまっていて運用しやすい ・Vマウントを採用しており、昨年に比べて電源やLANなどの配線の手間がなくて良い ・昨年は衝撃が加わってしまうと、落ちる可能性があったが、その可能性がなくなって良い ・昨年はUSBやD-tapから電源を取る必要があったがそれがなくなりシンプルで使いやすい
3. 機能について
<ul style="list-style-type: none"> ・Boltなど同時に使える制限などないのであれば、素晴らしい ・SRTやNDIではまだ運用に不安が残る ・返しやインカムもセットになっていると良い ・バッテリー交換する際に再度立上げしなくても良いように内蔵バッテリーも備わっていると良い ・L5Gだけでなく、中継機器としても使えるので、そちらも視野に入れて欲しい

パッケージについてはまだ、開発段階ではあるものの、Vマウントを採用した点や昨年度と比較した際にポジティブな意見が多数見られた。ネガティブな意見として、大きさや機能についてのものが多くみられ、課題が残る。今後、基地局メーカー、ルーターメーカー、映像伝送機器メーカー3社と議論を交わしパッケージ開発を加速させ、現場で運用していけるようにしていく。

(3) 効果検証

1) 検証項目

ワイヤレス撮影を実現することにより、カメラ他の有線ケーブル配線作業を始め様々な時間と費用が削減される(4.1.2(2)①のソリューション)。さらにリアルタイムVFXにより編集業務における作業も効率化される(4.1.2(2)②のソリューション)。また、ワイヤレス化によって新たな演出・表現を実現し、新たな収益源の確保が可能である(4.1.2(2)③のソリューション)。

以上を踏まえて、下記項目を検証した。

- a. ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務によるコスト削減効果(定量評価項目)
- b. リアルタイムVFXシステムを活用した編集業務によるコスト削減効果(定量評価項目)
- c. 本実証システム導入に関する費用対効果(定量評価項目)
- d. 演出・表現の向上効果(定性・定量評価項目)
- e. 収益源向上の可能性(定性評価項目)

各ソリューションに対する検証項目は以下の通りである。

表 4-32 検証項目対応表

	a	b	c	d	e
ソリューション①	○		○	○	○
ソリューション②		○	○		
ソリューション③				○	○

2) 検証方法

- a. ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務によるコスト削減効果
従来の中継システム(有線カメラ及び中継車・電源車)使用時と比較した本実証システム使用時の効果が本実証システム導入の客観的な効果であることから、双方について以下の項目の要否及び所要時間・費用を算出し比較することとした。
 - 1. 技術ロケハン(下見)
 - 2. 機材運搬
 - 3. カメラマン・補助人件費

4. VE・音声人件費
5. ケーブル敷設費用
6. 施設利用費用
7. 基地局利用費用
8. 施設機材利用費用
9. 中継車借用（手配経費を含む）
10. 電源車借用（手配経費を含む）

従来の中継システムについては、本実証システムと同規模・同内容の実作業を計測する機会が得られなかったことから、課題実証相当の使用エリアに伴う機材運搬（設営・調整を含む）、ケーブル敷設など実作業をシミュレーションし数値化することとした。本実証システムについては、課題実証における可搬型基地局、DAS を含めた機材費の減価償却費用をもとに試算した利用費用から算出している。

b. リアルタイム VFX システムを活用した編集業務によるコスト削減効果

a と同様の理由から、従来のワークフローである編集業務フェーズにおける VFX 作業と本実証システムのリアルタイム VFX 作業について以下の項目を想定し、要否及び所要時間・費用を制作者によるヒアリング調査などで算出し比較することとした。

1. モデリング
2. プリビズ
3. オンセットプリビズ
4. コンポジット
5. グレーディング

c. 本実証システム導入に関する費用対効果

実証会場であるワープステーション江戸が実装予定地であることから、当該会場における費用対効果を算出することとした。具体的には、a のターゲットとなる放送事業者の費用削減効果をもとにロケ地レンタル料の引上げ可能額を推定するとともに会場回転率から年間売上増加額を算出した。

d. 演出・表現の向上効果

演出・表現向上効果については、制作側の演出担当者の意見がシステムの利用促進の観点で重要であることから、放送番組等の演出担当を始めとする制作関係者に対して概要説明とともに実証で撮影した映像等の紹介をした上で、当該システムについての評価及び今後の活用可能性についてのアンケートを行うこととした。アンケート項目は以下の通りである。

表 4-33 演出・表現の向上効果に関するアンケート項目

項目 1	ワイヤレス撮影による演出・表現向上効果について
------	-------------------------

質問内容	<p>Q1：従来の中継システムではできなかったが、ワイヤレスパッケージ化によって可能になる撮影手法としてどのようなものが挙げられるか。(ソリューション①関連の質問)</p> <p>Q2：ワイヤレスパッケージの導入によって、撮影手法以外に新たな演出効果があると考えられるか。(ソリューション①関連の質問)</p> <p>Q3：ワイヤレスパッケージの導入によって制作フローにどのような影響があると考えられるか。(ソリューション①関連の質問)</p> <p>Q4：ワイヤレスパッケージ化に加えて複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムによって、どのような演出・コンテンツ制作が可能になるか。(ソリューション③関連の質問)</p> <p>Q5：複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムの導入によって制作フローにどのような影響があると考えられるか。(ソリューション③関連の質問)</p>
項目 2	今後活用したい番組やシーンについて
質問内容	<p>Q1：ワイヤレスパッケージについて、どのような番組企画やドラマシーン等で使用してみたいか。(ソリューション①関連の質問)</p> <p>Q2：複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムについて、どのような番組企画やドラマシーン等で使用してみたいか。(ソリューション③関連の質問)</p> <p>Q3：複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムについて、本システムのドラマ以外の応用範囲には、どのようなコンテンツ企画が考えられるか。(ソリューション③関連の質問)</p>

e. 収益源向上の可能性

ユースケースである新たなドラマ番組は有観客を実現するところ、当該ユースケースが放送業界の新たな収益源獲得につながるかは、ユーザー自身のニーズの有無によって判断されるため、参加者に対して今回の新たな取組みに対しての評価、今後の可能性についてのアンケートを行うこととした。アンケート項目は以下の通りである。参加者数（アンケート対象者数）は、安全を十分に考慮し、実施会場レイアウト、演出内容によって決定した。

表 4-34 収益源向上の可能性に関するアンケート項目

項目 I	これまでのドラマ視聴経験について
質問内容	<p>I-1：ドラマコンテンツを1週間にどの程度視聴しますか。(ソリューション③関連の質問) ※テレビ放送に限らず、配信コンテンツも含む ※6 択想定</p> <p>I-2：【I-1 で①～⑤の回答をした方へ】</p>

	<p>これまで視聴したドラマコンテンツの満足度を教えてください。(ソリューション③関連の質問) ※5 択想定</p> <p>I-3:【I-2で②～⑤の回答をした方へ】</p> <p>不満足だったドラマコンテンツについて、満足できなかった理由は何ですか。(ソリューション③関連の質問) ※5 択想定</p>
項目II	実証実験で制作したドラマについて
質問内容	<p>II-1: 今回の実験ドラマで採用したワイヤレスカメラの自由なカメラワークによる表現効果について、これまで視聴経験のあるドラマ作品と比較した際に感じる違いの有無・程度について選択してください。 ※4 択想定</p> <p>II-2: 今回の実験ドラマで採用した複数の場所で撮影された映像を同時並行で切り替える演出効果について、これまで視聴経験のあるドラマ作品と比較した際に感じる違いの有無・程度について選択してください。 ※4 択想定</p> <p>II-3:【II-1、II-2で①～③の回答をした方への質問です。】</p> <p>どのような点に特に違いや価値を感じたかについて選択してください。</p> <p>※5 択・複数選択可を想定</p>
項目III	今後のドラマコンテンツについて
質問内容	<p>III-1: ワイヤレス化によって自由なカメラワークが可能となった新たなドラマコンテンツについて、今後期待するものを選択してください。(ソリューション①関連の質問) ※5 択想定</p> <p>III-2: 今回の新たな撮影手法を用いた新しい映像表現・演出によるドラマコンテンツが放送・配信された場合、視聴する頻度に変化があるか選択してください。 ※3 択想定 (ソリューション③関連の質問)</p> <p>III-3: その他、今回の映像比較検証に参加した感想を記載ください。(ソリューション③関連の質問) ※自由記述</p>
項目IV	体験について
質問内容	<p>IV-1: コンテンツ体験についての満足度について回答 (ソリューション③関連の質問) ※5 択想定</p> <p>IV-2: 今後も複数回体験したいかについて回答 (ソリューション③関連の質問) ※5 択想定</p> <p>IV-3: 実証実験で実施したようなリアルタイムノンストップドラマのライブ観覧について有料でも体験したいですか回答 (ソリューション③関連の質問) ※5 択想定</p>

	<p>IV-4：イマーシブライブ体験について体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>IV-5：リアルタイムライブ配信について視聴体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>IV-6：2つのストーリーを合体編集したバージョンの配信について視聴体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>IV-7：その他、今回の体験に参加した感想を記載ください。（ソリューション③関連の質問） ※自由記述</p>
項目V ①②	ライブ配信①及びアーカイブ配信②について
質問内容	<p>V-1：配信の視聴体験についての満足度について回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>V-2：今後も複数回配信視聴体験したいかについて回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>V-3：配信視聴体験について有料でも体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>（V-4：2つのストーリーを合体編集したバージョンの配信について視聴体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定） ライブ配信①時のみ設問</p> <p>V-5：観覧会場で有料でも体験したいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定</p> <p>（V-6：観覧会場で有料でもコンテンツ内への参加体験をしたいか回答（ソリューション③関連の質問） ※5 択想定） アーカイブ配信②時のみ設問</p> <p>V-7：その他、今回の体験に参加した感想を記載ください。（ソリューション③関連の質問） ※自由記述</p>

3) 検証結果及び考察

a. ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務によるコスト削減効果

従来の中継システム（有線カメラ及び中継車・電源車）使用時と比較した本実証システムを使用した場合にかかる実際の時間・費用と、同規模のコンテンツ制作を実証実験従前の中継車を前提としたケーブル敷設型システムで行った場合を制作者によるヒアリング調査などで類推し双方のコスト比較をする。

コスト試算の条件としてコンテンツ制作時に使用するカメラは5台とする。本実証システムでは

ローカル 5G システムは施設に既設の設備として試算する。ローカル 5G システムは、基地局利用費用として、スイッチャー等を含めた撮影機材は、施設機材利用費用として積算すると、従来の中継システムと比して、約 50%減となる。

表 4-20 コスト削減効果イメージを例に、業務フローの違いによる工数の削減効果を示す。

1. 技術ロケハン（下見）：本ソリューションでは既設設備を使う想定であるので、既往の方法では、TD (Technical Director) 以下、ケーブル敷線についての計画を担う撮影（カメラマン）・VE (Video Engineer) ・音声の各チーフによる下見対応が必要であるが、ケーブルレスの既設の設備の下見は TD1 名で実施可能になる。
2. 機材運搬：使用するケーブルがなくなることで、機材量を半減でき、輸送トラックの台数等を半減できる。
3. カメラマン・補助人件費：ケーブルをさばく補助担当を減員、また、既設の設備を使う想定であるので、ケーブル敷設等に必要な準備日を 1 日削減できる。
4. VE・音声人件費：既設設備を使う想定であるので、準備日を 1 日削減できる。
5. ケーブル敷設費用：ケーブルを敷設する工数を削減できる。
6. 施設利用費用：準備日を 1 日削減できる。
7. 基地局利用費用：基地局利用費用は追加となる。
8. 施設機材利用費用：施設機材利用費用は追加となる。
9. 中継車借用（手配経費を含む）：高額な中継車借用費用は不要となる。
10. 電源車借用（手配経費を含む）：電源車借用費用も不要となる。

以上、準備日を削減する効果を見込めるため、施設の追加の収入を上乗せせずに試算したケースでは 50%近い大きな経費削減効果が見込めることが示された。

表 4-35 コスト削減効果イメージ

項目	従来の中継システム（4日）			本実証システム（3日）		
	要不要	数量	費用（千円）	要不要	数量	費用（千円）
1. 技術ロケハン（下見）	要	4 人日	240	要	1 人日	60
2. 機材運搬	要	1 式	200	要	1 式	100
3. カメラマン・補助	要	40 人日	2400	要	15 人日	900
4. VE・音声	要	24 人日	1440	要	18 人日	1080
5. ケーブル敷設費用	要	10 人日	600	不要	0	0
6. 施設利用費用	要	4 日	2400	要	3 日	1800
7. 基地局利用費用	不要	0	0	要	3 日	600
8. 施設機材利用費用	不要	0	0	要	3 日	600
9. 中継車借用	要	4 日	2640	不要	0	0
10. 電源車借用	要	1 式	300	不要	0	0
合計			10220			5140

b. リアルタイム VFX システムを活用した編集業務によるコスト削減効果

a と同様の理由から、従来のワークフローである編集業務フェーズにおける VFX 作業と本実証システムのリアルタイム VFX 作業について、実際の制作時間・費用の比較を行った。CG 制作者を対象としたヒアリング調査などで類推した結果は、下記の表のようになる。ドラマ内 VFX、5 カットを想定している。リアルタイム VFX 開発費は含んでいない。また、制作者を対象としたヒアリングでは、従来のワークフローでは、ミスショットにより追加撮影が生じ、撮影日程の延長や追加コストが発生するリスクがあることも指摘されたが、以下の表には追加撮影リスクのコストを含んでいない。

オンセットプレビズ従来のワークフローと比較すると、本実証ではオンセットプレビズにより費用が発生する一方、撮影後のポスプロ（4. コンポジット）については、1 日相当の経費削減ができる試算となり、本項目においては、目標値である作業時間の 10%削減が達成できる（33%削減）。ワークフロー全体の試算では、オンセットプレビズ分の費用がかかるが、これはポスプロ（項目 4.5）の CG と制作に必要なソフトウェアと制作者が異なることによる。従来のワークフローとの比較において、従来の方法ではミスショットにより追加撮影が生じて、撮影日程の延長や追加撮影コストが発生するリスクがあるが、オンセットプレビズを実施することでそうしたリスクを無くすことが期待できるが、その費用効果は以下の比較表には含んでいない。

表 4-36 VFX フローのコスト比較

項目	従来のVFXフロー			本実証のVFXフロー		
	要不要	日数	費用	要不要	日数	費用
1.モデリング	要	7日	350000	要	7日	350000
2.プリビズ	要	3日	150000	要	3日	150000
3.オンセットプリビズ	不要			要	7日	1700000
4.コンポジット	要	3日	150000	要	2日	100000
5.グレーディング	要	2日	100000	要	2日	100000
合計			750000			2400000

本実証の VFX フローについて試算した費用細目は以下の通りである。内訳表における 4. コンポジット「カメラトラッキング」で、1 日程度の経費削減となる。オンセットプレビズを実施することで、現場での CG の合成を確認でき、的確な CG の位置把握により合成予定位置への被りやカメラアングルのミスショットが減ることにより、コンポジットへの負荷が減った。また、試算には計上していない要素として、従来の方法では、ミスショットにより追加撮影が生じ、撮影日程の延長や追加コストが発生するリスクがあるが、本実証の VFX フローではそうしたリスクを無くすことができるという効果が期待できる。

表 4-37 本実証の VFX フロー(コストの明細)

項目	費目	日	単価	金額
1.モデリング		7	¥50,000	¥350,000
	モデリング	3		
	UV、リグ	1		
	テクスチャ制作	2		
	マテリアル、レンダリング設定、ライティング設定	1		
2.プリビズ		3	¥50,000	¥150,000
	プリビズモデルモデリング	1		
	レイアウト、アニメーション、Vコン編集	2		
3.オンセットプリビズ				¥1,700,000
	リアルタイム用モデル変換、マテリアル設定、LOOK調整	3	¥80,000	¥240,000
	オンセットシステムセットアップ	3	¥110,000	¥330,000
	現場PCセットアップ、カメラセットアップ	1	50000	¥50,000
	前日セットアップ、キャリブレーション、L5G疎通テスト 現場人員（リアルタイムエンジニア、リアルタイムCGデザイナー、テクニカルディレクター、アシスタント）	1	¥250,000	¥250,000
	オンセットプリビズ本番	2	¥250,000	¥500,000
	機材、車両費、旅費交通費 一式		¥330,000	¥330,000
4.コンポジット		2	¥50,000	¥100,000
	カメラトラッキング、ライティング、レンダリング	1		
	マスク処理、コンポジット、FX処理	1		
5.グレーディング		2	¥50,000	¥100,000
	全体グレーディング	2		

本実証では、上述のコスト面以外に、演出クオリティにおける有用性が確認された。オンセットプレビズを行うことで、演者は、従来の「存在しない相手」に対して芝居していたのとうってかわり、リアルタイムで「動くCGの相手」に対して芝居ができる。監督も、完成映像が具体的に「見える」。このため、位置関係を現場で正確に把握することで映像クオリティを上げることができるほか、従来あったミスショットを防ぐことができるため、追加撮影のリスクも無くすることができる。さらには、現場でCGを見ながら、柔軟に演出を変えることも可能になるなど、表現の幅が広がる。

オンセットプレビズに関しては、今後の技術革新によるコストダウン、例えばCG合成に使えるカメラ等の撮影機材が安価になることでコストを軽減することも期待され、将来、インカメラVFXの技術が進化し、ポストプロ処理が必要のないレベルに達すれば、格段にコストダウンすると考えられる。総括すると、今回は、プレビズとポスト処理で使用するCGは、現状では別々に用意したが、今後リアルタイム合成可能なCGの品質を上げることで、プレビズとポスト処理のCGを共通化することによるコスト削減や、ポストプロダクションの後処理をさらに少なくすることが期待できる。

c. 本実証システム導入に関する費用対効果

本実証場所・ワークステーション江戸をロケ地と設定し、本実証システムで制作した場合と、従前の方法で制作した場合の推定値を、時間換算で割り出し、その比率により、当地での回転率を試算する。それにより、当地の年間稼働率との対比、及び収益の増加について分析する。

表4-20に示されるように、本実証システムは、事前準備にかかる人件費の削減効果が大きい。ワークステーション江戸の利用形態を考慮すると、比較的長い期間の撮影も多いことから、10日程度の撮影を想定し、1日あたりの削減効果を試算したところ、およそ80万円程度の削減効果を

見込むことができる。一方で、システム利用の判断は、6. 施設利用費用、7. 基地局利用費用、8. 施設機材利用費用、9. 中継車借用、10. 電源車借用にかかる費用が主な判断基準となることが予想される。そのため、システム利用による施設利用費用の収入増分を中継車・電源車等を利用した場合との差額を1日あたり40万円と試算した（具体的には市場価格から試算した9. 中継車660千円/日、10. 電源車90千円/日程度、合計額の概算を80万円とし、7. 基地局利用費用200千円/日、8. 施設機材利用費用200千円/日の合計額40万円の差額を40万円と試算した）。その分を施設利用費用に上乗せした場合の費用対効果を試算した。稼働率の半分をシステム利用される場合の試算として、年間65,700（千円）の収入増が見込まれることが示唆された。

表 4-38 増収効果

収入の部						
条件		施設稼働日数	稼働率	施設利用日数	施設利用費用（千円）	小計(千円)
システム導入前		365	90%	329	600	197,100
	年間収入					197,100
システム導入後	システム利用	365	45%	164	1,000	164,250
	システム利用なし	365	45%	164	600	98,550
	年間収入					262,800
収入差分						65,700

d. 演出・表現の向上効果

演出・表現向上効果については、番組等の企画・演出を手掛ける放送局の関係者2名・映像制作会社関係者4名の合計6名に対してオンライン上での実証システムの概要説明を行い、実際に実証で撮影した映像等を見せた上でアンケートの回答を依頼・回収した。アンケートの結果は以下の通りである。

ソリューション①や③を導入することによって、新たな撮影や演出が可能となり、これを多様な番組等コンテンツや撮影シーンについて活用することができるとの前向きな意見が数多く寄せられた。他方で、制作フローに対する影響については、効率化される部分だけでなく、免許の申請や電波状況の事前確認、無線のトラブル発生リスクから非効率になる側面もある点の指摘がなされた。

表 4-39 演出・表現向上効果に係るアンケート結果

#	アンケート項目	回答
項目1 ワイヤレス撮影による演出・表現向上効果について		
1	従来の中継システムではできなかったが、ワイヤレスパッケージ化によって可能になる撮影手法としてどのようなものが挙げられるか。(ソリューション①)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 趣室など扉を解放できない場所からの中継、市場や商店街など出演者が自由に街ぶらしながらの中継、複数の船にまたがる海釣り大会などの中継が可能になる。現状ではパラシのFPUを飛ばすことで対応できるが、視認できる範囲から直線上に飛ばす必要があるためカメラの動く範囲は限られる。(放送局関係者A) ・ 工場などケーブルの取り回しが困難な場所での中継やより自由なマルチカメラ撮影が可能になる。また、屋内環境での伝送がどれくらい可能なのかに

#	アンケート項目	回答
	関連の質問)	<p>よるが、国宝建築物等のケーブル敷設が困難な場所での撮影における撮影の幅が広がる。(放送局関係者 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現状、事前収録でV 出しするか、たくさんのスタッフがケーブルをさばきながら走り回らなければ実現できないような、撮影対象を中心に周囲を 360 度バレーなしで行う撮影が可能になる。(制作会社関係者 A、B)
2	ワイヤレスパッケージの導入によって、撮影手法以外に新たな演出効果があると考えられるか。(ソリューション①関連の質問)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 簡易カメラによる出演者＝カメラマンのドキュメンタリー演出が可能になる。(制作会社関係者) ・ (マイクや照明機材等の) カメラ以外の機材の置き場所の検討が必要になるが、撮影場所の死角を考える必要がなくなり、その分演出の幅が広がる(制作会社関係者 B) ・ カメラは固定があたり前で、無観客でも客席が邪魔してカメラは動くことはしなかった。これをワイヤレスで生配信すると今までとはかなり違うコンテンツができ上がりそう。(制作会社関係者 C) ・ (撮影エリアをカバーすることが必要となるが) スポーツの自由な撮影・生配信が可能になる。(制作会社関係者 D)
3	ワイヤレスパッケージの導入によって制作フローにどのような影響があると考えられるか。(ソリューション①関連の質問)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ケーブルの敷設・撤収の時間の削減効果、道路使用許可申請の簡略化が期待されるが、5G 基地局申請の手間など制作フローの負担が生じる部分もある。(放送局関係者 A) ・ ケーブル敷設、撤去の時間／養生等の負担軽減の効果はあると考えられるが、伝送レートの変化による映像クオリティの担保ができるかが問題。(放送局関係者 B) ・ 設営時間の短縮や撮影アングル制約の緩和による制作フロー全体の効率化が見込まれるが、一部電波状況による不安定さに伴って非効率になる可能性がある。(制作会社関係者 A) ・ ケーブル布線の手間がなくなるので、効率的に時間を使うことができる。場合によっては前日の仕込みが必要なくなる、場所代が浮く、リハーサルできる時間が増えるなどが考えられる。(制作会社関係者 B) ・ 効率化が期待できるが、そのためにはあらゆるスタッフが「ワイヤレスパッケージ」のシステムを理解することは重要。今までのシステムとどう違うのが、どんな演出ができるか、どんな内容にするのか(脚本)など、今回作品ができてみてようやく都合がわかった。(制作会社関係者 C) ・ L5G 導入のための計測等の日数ロケ場所を押さえる必要があるなど非効率になる部分もある。(制作会社関係者 D)
4	ワイヤレスパッケージ化に加えて複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムによって、どのような演出・コンテンツ制作が可能になるか。(ソリューション③関連の質問)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「逃走中」など複数の出演者を同時に追う番組。舞台やスポーツの観客が手元で見たい映像をスイッチングするサービスが可能になる。(放送局関係者 A) ・ オリンピック等の大規模イベントでのより自由な撮影。(放送局関係者 B) ・ 筋書きの決まっていないドラマや街歩き番組的なリアルタイムドキュメンタリーが制作可能になる。(制作会社関係者 A) ・ 舞台と映像作品の融合、ネット生配信なども交えることでお客さんと双方向にやり取りすることができる(これは現在も中継者など大きな機材を使えばできないこともないが労力・コストと対価が見合わない可能性が高い)。(制作会社関係者 B) ・ 映画「24 (トゥエンティフォー)」のような演出が生放送でもできるのでは。今回も 24 のようにしたい！と脚本・演出家がいていたが、このシステムならできると思った(他方で卓と現場のモニタリングの遅延が少なく、通信が途切れることなく、入念なりハーサル時間が必要)。(制作会社関係者 C)
5	複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムの導入によって制作フローにどのような影響があると考えられるか。(ソリューション	<ul style="list-style-type: none"> ・ ディレクターが1か所から複数のカメラへ指示出しができる点や、編集時のラッシュ時間の短縮が期待できる。(放送局関係者 A) ・ 単一の放送、コンテンツとしてのアウトプットでなく、同一イベントを複数のコンテンツとして制作が可能になる。(放送局関係者 B) ・ 演出幅の広がり期待できるが、計算外の送信トラブル等により制作フロー上非効率になる可能性がある。(制作会社関係者 A) ・ 人員の削減、スイッチングの一元化ができるようになり、よりクオリティの

#	アンケート項目	回答
	③関連の質問)	高い作品を作ることができる。(制作会社関係者 B) ・ ケーブル引きが必要なくその点は効率化されるが、他方でスタッフが大人数必要となる。(制作会社関係者 C)
項目 2 今後活用したい番組やシーンについて		
1	ワイヤレスパッケージについて、どのような番組企画やドラマシーン等で使用してみたいか。(ソリューション①関連の質問)	・ 以下の企画・シーン等が可能になる。(放送局関係者 A) ① 「ロボコン」ではロボットの動線を邪魔せずカメラを複数競技場に仕込めるので、より臨場感のある中継が出せる。 ② 「あさいち」ではキャラバン中継の時、メインステージと出先中継の設計の自由度が増す。 ③ F1、馬術など移動体目線の映像を入れ込んだ競技中継。 ④ 合戦シーンなど大勢が同時に動き回る中での撮影。 ⑤ ドキュメンタリードラマのような役者の動きが予想できない撮影。 ・ 歴史的建造物や工場など、ケーブルアリのでは困難な場所での中継。(放送局関係者 B) ・ 「逃走中」のリアルバージョンやカメラアングルが中心に入り込む活劇等(制作会社関係者 A) ・ ケーブルが必要ないので客席に迷惑をかけず自由な位置にカメラが配置できるため舞台の撮影に利用できる。また見切れの心配なくカット割りができるため生配信ドラマにも利用できる。(制作会社関係者 B) ・ 鬼ごっこ的な番組で自由な移動、目立たない撮影が可能であり、これを生配信することができる。また、カメラの可動域に左右されないためアクションシーンの1カメショーでの利用も考えられる。(制作会社関係者 D)
2	複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムについて、どのような番組企画やドラマシーン等で使用してみたいか。(ソリューション③関連の質問)	・ 「病院ラジオ」では病室でラジオを聞く家族を複数同時にロケする際に、ディレクターが1か所から指示が出せるようになる。(放送局関係者 A) ・ 「逃走中」のリアルバージョンやエリアごとに起きているイベントを随時中継する番組等。(制作会社関係者 A)
3	複数エリアの映像を同期・スイッチングすることが可能になるシステムについて、本システムのドラマ以外の応用範囲には、どのようなコンテンツ企画が考えられるか。(ソリューション③関連の質問)	・ 視聴者の多数決等で筋書きが決まっていくドラマなども可能になる。(制作会社関係者 A) ・ 今回の忍たまのように同時に2つの話などを進めることができる者と同様、町を駆けめぐるような生配信ドラマや、例えば町の観光地を紹介する生配信番組。いろいろな場所に基地を作る必要なくベースを1か所にまとめ同時にいろいろな場所を簡易的に紹介することができる。(制作会社関係者 B) ・ 時代劇の合戦など色んなところで同時進行しているシチュエーションを含むコンテンツ(制作会社関係者 D)

e. 収益源向上の可能性

ユーザーアンケートにより、本実証システムを活用した新たなドラマコンテンツのニーズを調査する。従前のドラマコンテンツに対する評価と比較し、どのようなポイントで今回実証する新しいドラマコンテンツの新規性、需要があるのか演出要素を分解して分析・考察する。

本実証システムを活用した新たなドラマコンテンツのニーズを調査した。その際、次の5項目についてのアンケートを実施した。Ⅰ～Ⅳについては、課題実証会場のワープステーション江戸での実験参加者9名(Ⅰ～Ⅲについては回答者の都合により5名)を対象に、Ⅳを12月14日、(Ⅰ～Ⅲを2月21日から26日)の期間に、Ⅴについては視聴した方のうち、ライブ配信では1月

28日から2月3日の期間に945名、アーカイブ配信では2月3日から20日の期間に、411名を対象にアンケートを実施した。

- I. これまでのドラマの視聴経験について
- II. 実証実験で制作したドラマについて
- III. 今後のドラマコンテンツについて
- IV. 体験について
- V. 配信について (①ライブ配信、②アーカイブ配信)

I. これまでのドラマの視聴経験について

母集団が小さいことから、示されたデータは限定的なものではあるが、今回の実験参加者においては、ドラマコンテンツを週に10回以上の視聴する参加者はいなかった。主にこれまでのコンテンツについては、全般的に満足度が高い傾向があり、ストーリーに対しては、少し厳しく見ている視聴者層という傾向であった。

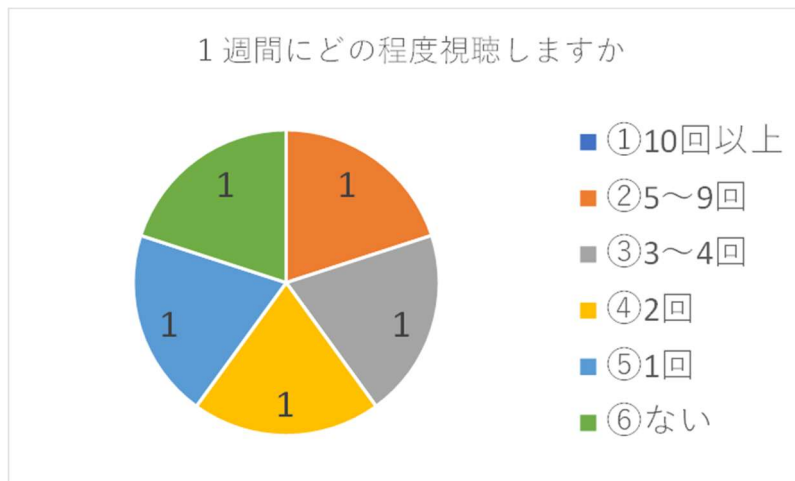


図 4-55-(1) ドラマコンテンツの1週間の視聴回数(n=5)

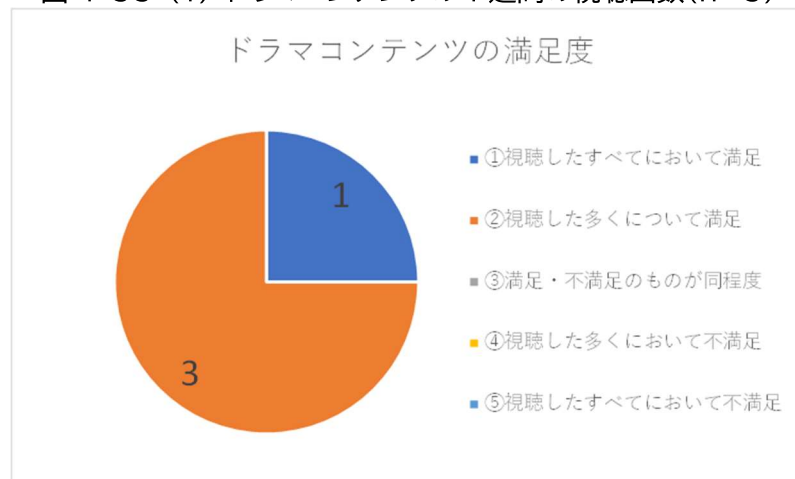


図 4-55-(2) これまで視聴したドラマコンテンツの満足度(n=4)



図 4-55-(3) 不満だったドラマコンテンツ、満足できなかった理由(n=4)未回答を含む
II. 実証実験で制作したドラマについて

Iと同様、母集団が小さいため限定的なものではあるが、自由なカメラワークについては、高い評価を示している。複数の場所で撮影された映像を切り替えて視聴する演出についても高い評価を示しており、複数の場所で撮影されたドラマ作品を視聴するという、新しい試みに興味を示していただき、その双方向性、すなわちインタラクティブ性に高い評価が得られた結果が示されている。双方向性については実証実験会場においても、自分が直接見られないストーリー部分の配信が見られたところが良かった。というコメントも得られている。また、アンケート対象は異なるがV. 配信の項目においても、一部の視聴者は、ライブ配信時に2画面開いて視聴する方法を実施していたことも明らかになっており、配信実験と同様に、双方向性のある配信サービスについても高い関心を持って視聴されていたことが示唆されたと考える。

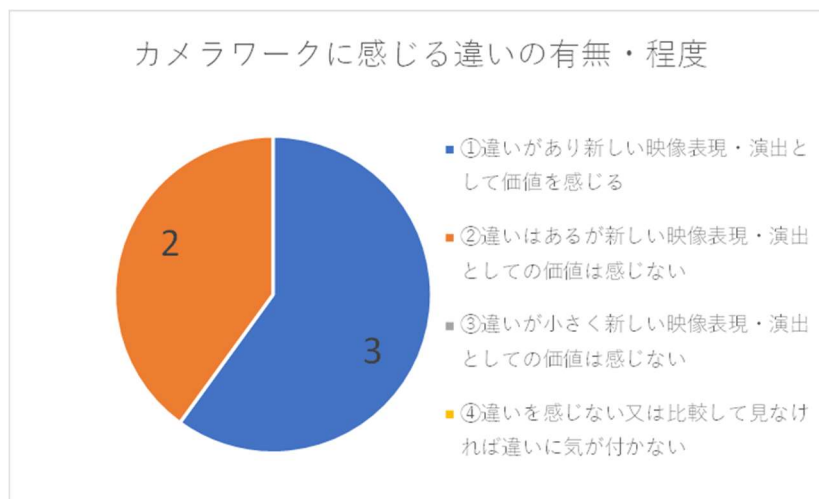


図 4-56-(1) 今回の実験ドラマで採用したワイヤレスカメラの自由なカメラワークによる表現効果について、これまで視聴経験のあるドラマ作品と比較した際に感じる違いの有無・程度(n=5)

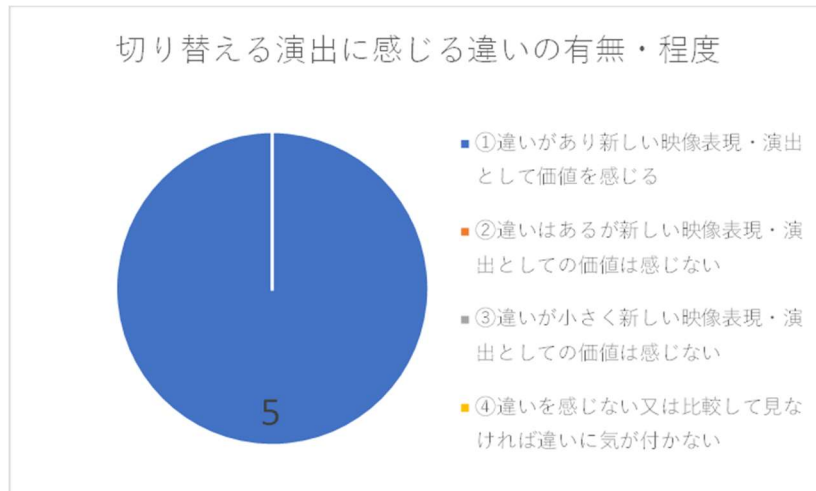


図 4-56-(2) 今回の実験ドラマで採用した複数の場所で撮影された映像を同時並行で切り替える演出効果について、これまで視聴経験のあるドラマ作品と比較した際に感じる違いの有無・程度 (n=5)

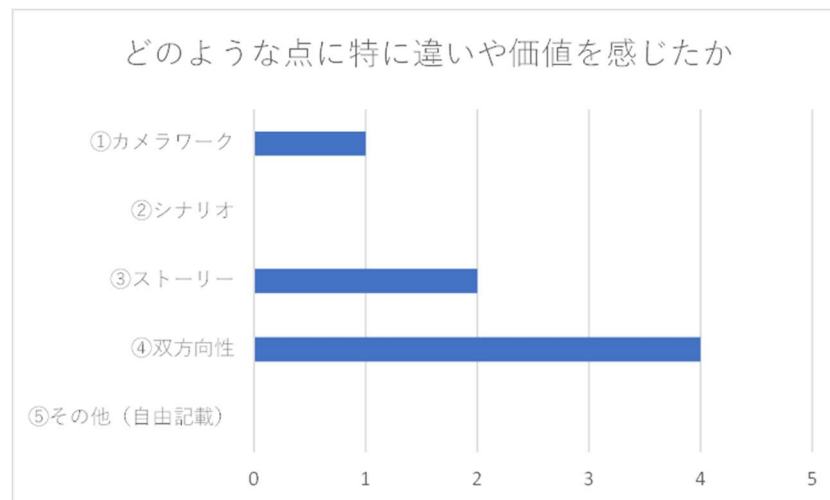


図 4-56-(3) どのような点に特に違いや価値を感じたか (n=5)

Ⅲ. 今後のドラマコンテンツについて

Iと同様、限定的なものではあるが、今後のドラマコンテンツについてのカメラワーク、ストーリーの新規性への高い期待と、シナリオ、双方向性に対しても期待が示された。また、期待に比例する形で視聴頻度も高くなる。という意向傾向が示された。自由なカメラワークについては、迫力があつた。などのコメントもあり、一定の評価を得たと考えられる。また、今回の比較検証では、今まで知り得なかった裏のストーリー（もう一方にして見れば表でもあるが）を同時進行でみることができ、ストーリー性に深みを増すことができた。など、今回の実証実験参加者においては双方向性に対する高い評価傾向が示されたと考えている。

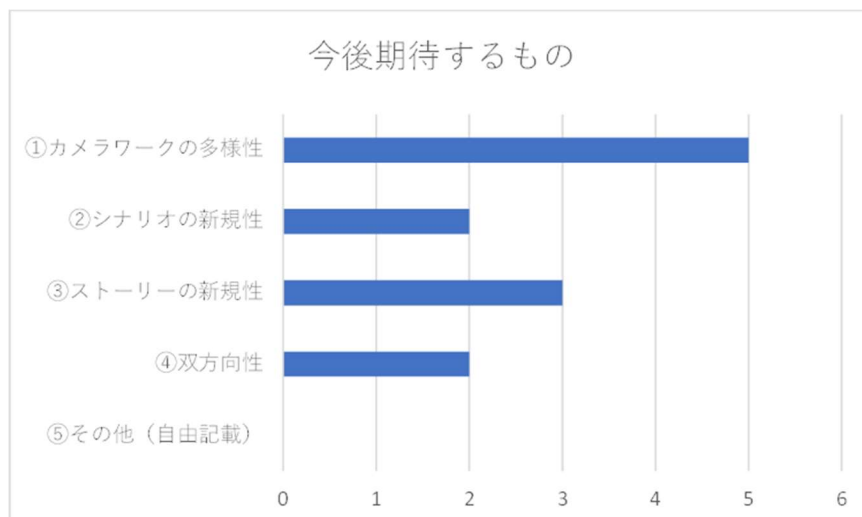


図 4-57-(1) ワイヤレス化によって自由なカメラワークが可能となった新たなドラマコンテンツについて、今後期待するもの(n=5)

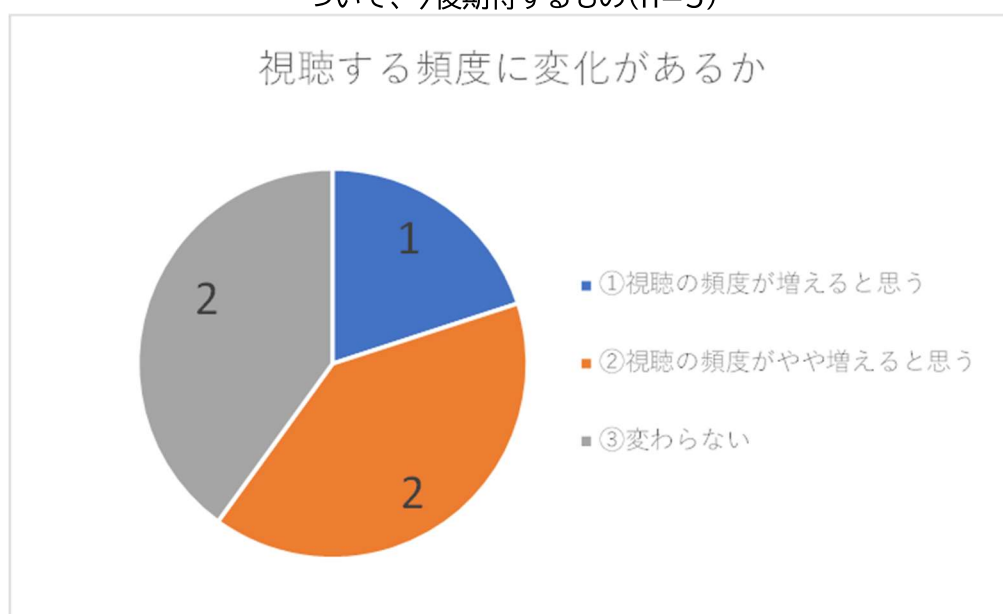


図 4-57-(2) 今回の新たな撮影手法を用いた新しい映像表現・演出によるドラマコンテンツが放送・配信された場合、視聴する頻度に変化があるか(n=5)

IV. 体験について

データの可読性の向上を目的として、アンケート結果のグラフを図 4-50 に示す。なお、評価は 5 段階尺度とした。

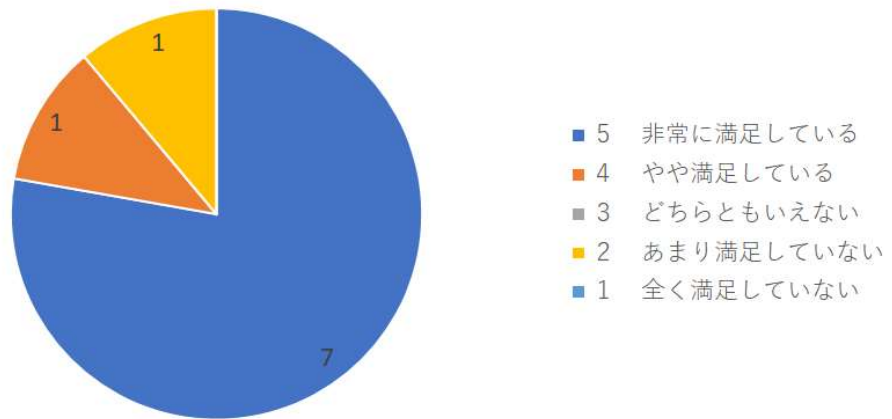


図 4-58-(1) コンテンツ体験の満足度結果(n=9)

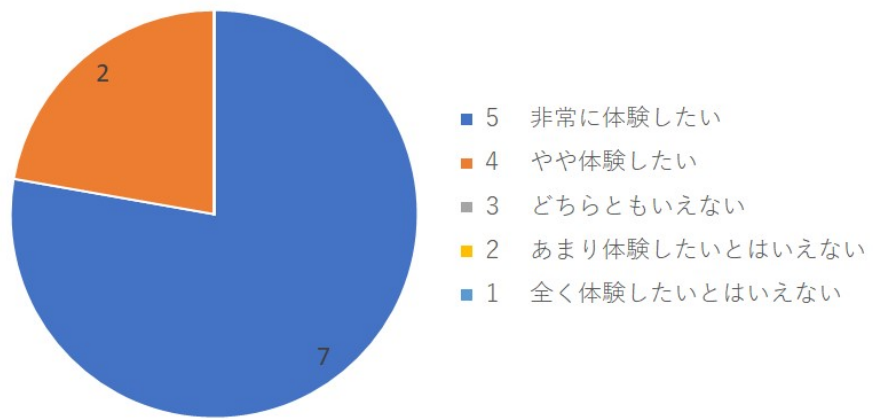


図 4-58-(2) 今後も複数回体験したいかの回答結果(n=9)

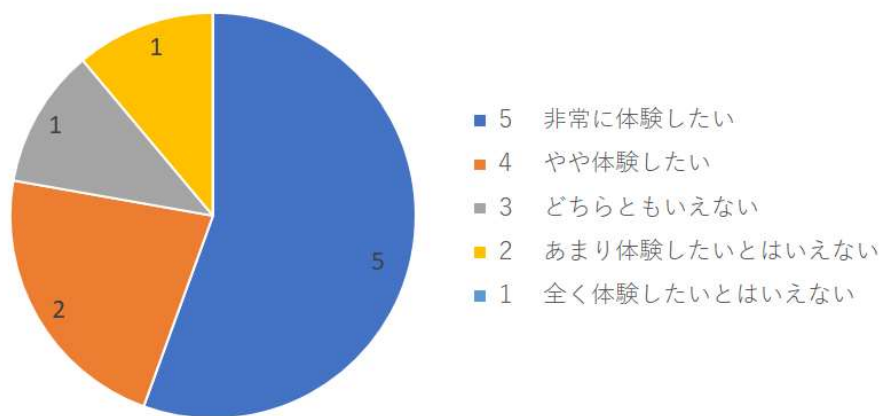


図 4-58-(3) ライブ観覧について有料でも体験したいかの回答結果(n=9)

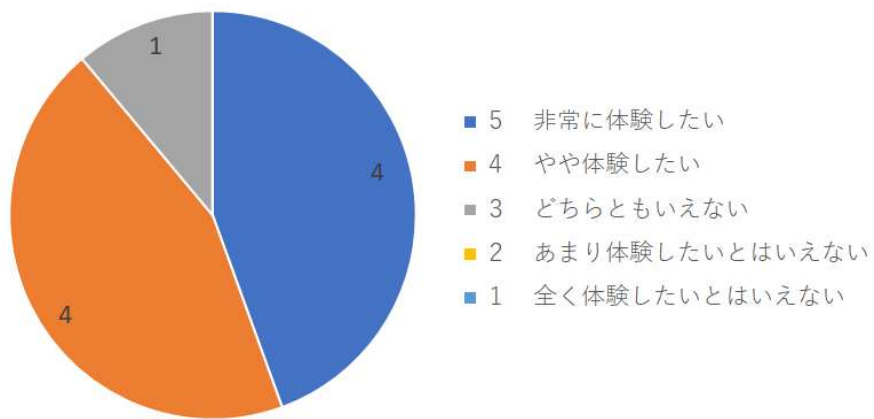


図 4-58-(4) イマーシブライブ体験したいかの回答結果(n=9)

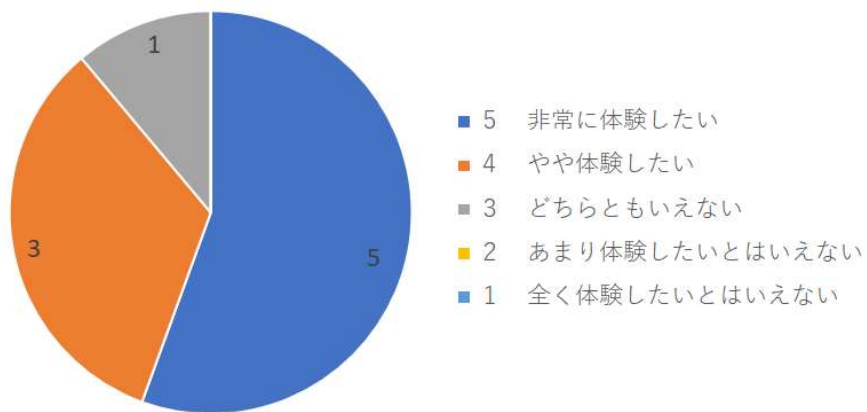


図 4-58-(5) リアルタイム・ライブ配信について視聴体験したいかの回答結果(n=9)

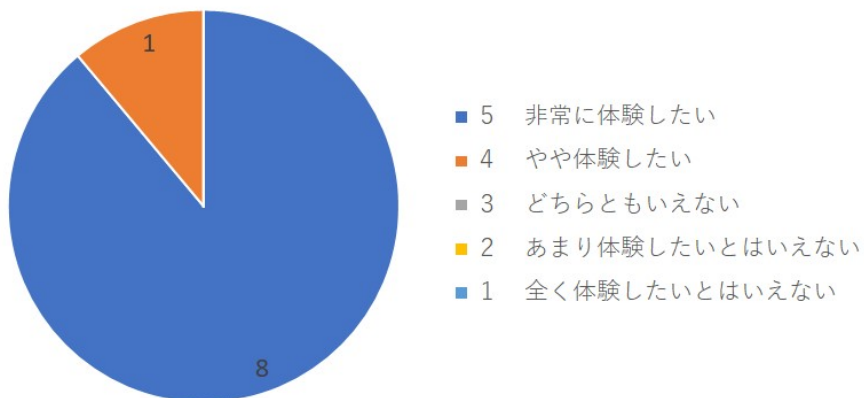


図 4-58-(6) 2つのストーリーを合体編集した配信視聴体験についての回答結果(n=9)

少人数のサンプリングではあるが、体験に関わる全てのアンケート項目において、5点、又は4

点のポジティブな評価がほとんどであり、今回の実証実験における体験が実験参加者に極めて高く評価されていることが示されている。コンテンツ体験での満足度が低かった1例については、対象参加者の視聴端末において、現場での配信に不具合があったことが原因で評価が低くなったことがわかっている。以上から、今回実証実験に採用した「忍たまミュージカル」というコンテンツについては、撮影現場での体験、及び配信については高い評価が得られるとともに、マネタイズの観点からも有望であることが示唆されたと考えられる。今回実証実験を実施した「ワープステーション江戸」という場所で考えるのであれば、屋内のみで実施されている人気のあるコンテンツについて、同施設の特徴と適合している場合には、同施設で公演することの有効性についても同様に示唆され、また、「ワープステーション江戸」と同様な、ドラマ収録等に使用可能な施設についても現場でのライブ観覧・ライブ配信・アーカイブ配信などのマルチユースによるマネタイズを実現できる可能性が示唆されたと考えられる。また、図 4-58-(2) 今後も複数回体験したいかの回答結果 (n=9) では、100%の参加者が複数回体験したいとの回答結果であった。

V. 配信について (①ライブ配信)

配信実験のためのネットワーク環境確保及びコンテンツの品質管理、ならびに告知に必要な時間確保など、実験条件のコントロールを考慮し、リアルタイム・ライブ配信を模擬したライブ配信実験はワープステーション江戸での実証実験と別日程で実施した。IVと同様にデータの可読性の向上を目的として、アンケート結果のグラフを図 4-51 に示す。なお、評価はIVと同様に5段階尺度とした。

なお、今回の配信実験においては、疑似的にリアルタイム・ライブ配信という限定的な配信形態に加えて、2コンテンツ同時配信という視聴者にとって若干視聴しにくい、言い換えれば不自由に感じる配信形態での実験を実施した。これは、実験設計の段階より、ある程度の制約がある場合に、視聴者の満足度や視聴者意向の向上に関連する指標向上の可能性を期待したものである。

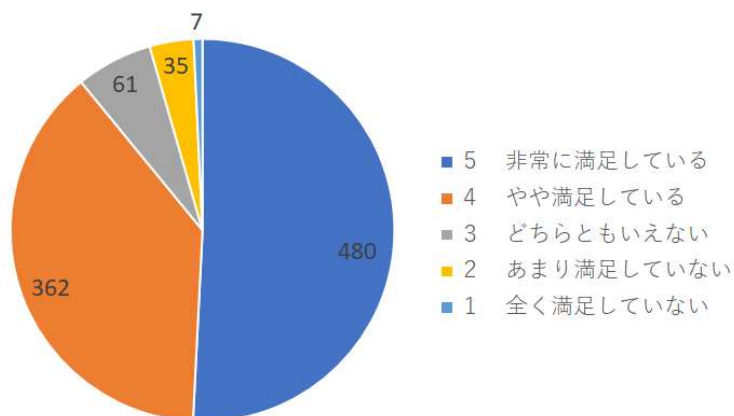


図 4-59-(1) リアルタイム・ライブ配信の視聴体験についての満足度回答結果(n=945)

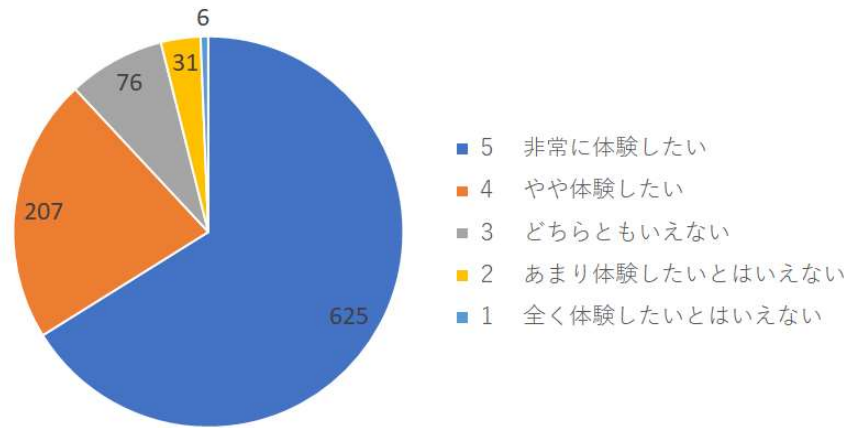


図 4-59-(2)複数回リアルタイム・ライブ配信の視聴体験をしたいか回答(n=945)

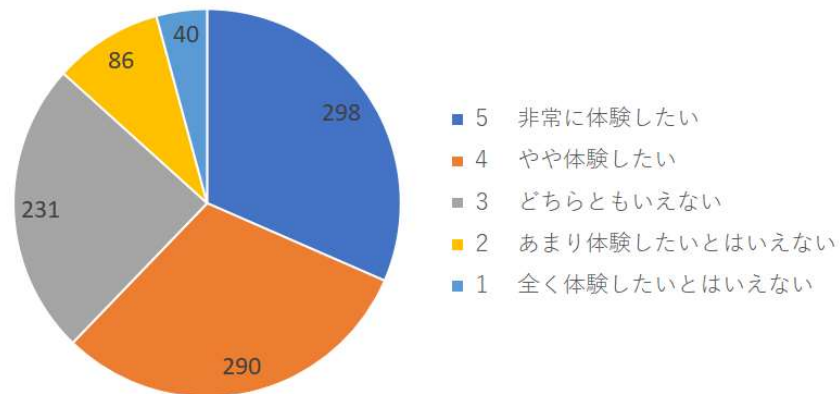


図 4-59-(3)リアルタイム・ライブ配信について有料でも体験をしたいか回答(n=945)

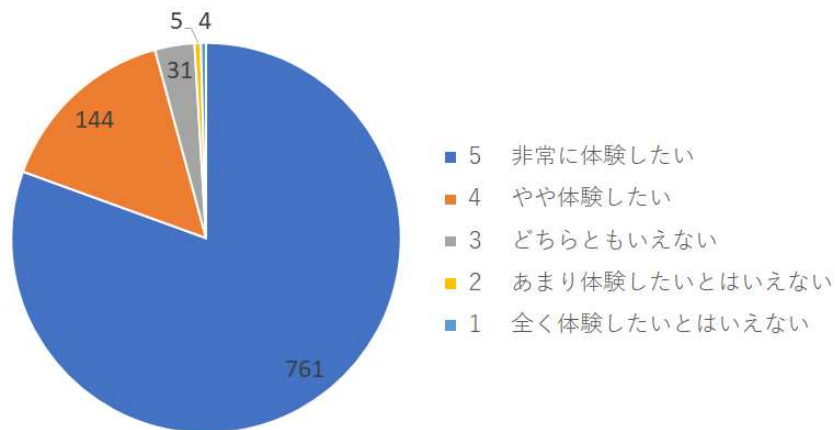


図 4-59-(4)2つのストーリーを統合編集したバージョンの配信体験をしたいか回答(n=945)

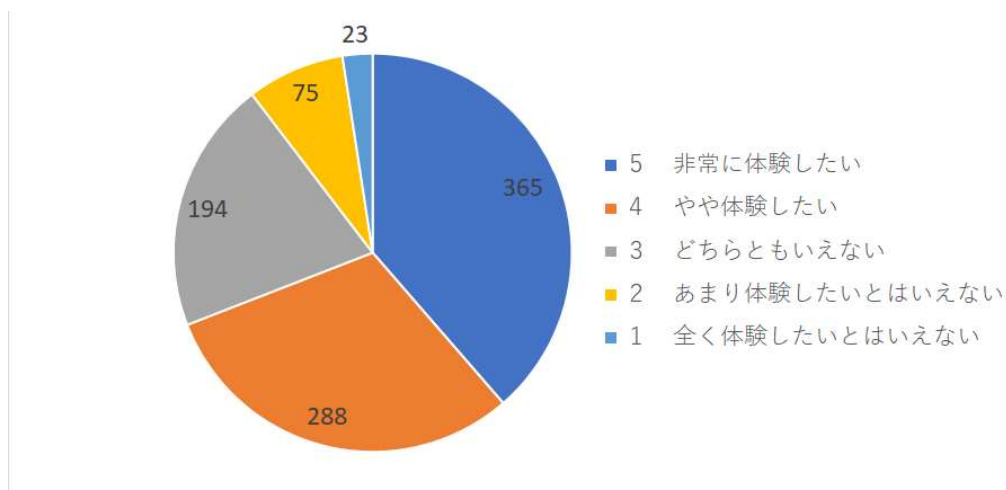


図 4-59-(5)ドラマのライブ観覧について、観覧会場で有料でも体験したい回答(n=945)

アンケート (n=945) の多くの回答を得た結果、ライブ配信に関連する満足度及び体験したいかという設問に対し、5点、又は4点のポジティブな評価がほとんどであり、ライブ配信実験の参加者に極めて高く評価されていることが示されている。有料での体験については、若干「どちらともいえない」という回答が増える傾向があるが、2つのストーリーを統合した編集バージョンの配信の体験希望については、極めて高い希望があることが示された。

V. 配信について (②アーカイブ配信)

②アーカイブ配信については、①ライブ配信後に編集作業実施後の配信となることを想定し、①ライブ配信の1週間後に2週間の配信期間を設定して実施した。IVと同様にデータの可読性の向上を目的として、アンケート結果のグラフを図4-52に示す。なお、評価はIVと同様に5段階尺度とした。アーカイブ配信は、ライブ配信の2つのストーリーを統合した、付加価値の高い構成、ライブ配信の30分程度に対し、2週間という配信期間の長さから視聴者数(アンケート回答者数)の増加を期待して実施したが、実際にはアンケート数(n=411)とライブ配信時(n=945)よりも少ない回答数となった。

満足度の高い、5点・4点の評価の比率はライブ配信よりも高く、コンテンツの完成度と視聴しやすさに一定の評価がされたと考えられる。ただし、アンケート回答者数の減少については、ライブ配信時に実施したチャットによるファン同士のコミュニケーション、その時間限りというライブ配信の希少性など視聴者の視聴欲求を満たす要素が少なかったことによる影響が考えられる。

図4-51-(3)と図4-52-(4)は同じライブ配信の有料観覧に関する設問であるが、アーカイブ配信後の方が、より高い評価結果を示している。こちらについても、満足度は高いアーカイブ配信であるが、その視聴体験後に、ライブ配信体験の方をより魅力的に感じていることが示唆されていると考える。また、図4-59-(2)複数回リアルタイム・ライブ配信の視聴体験をしたいか回答(n=945)結果は、88%、図4-60-(2)複数回アーカイブ配信の視聴体験をしたいかの回答結果(n=411)では95%の視聴者が複数回体験したいという回答であり、目標としていた75%を上回った。

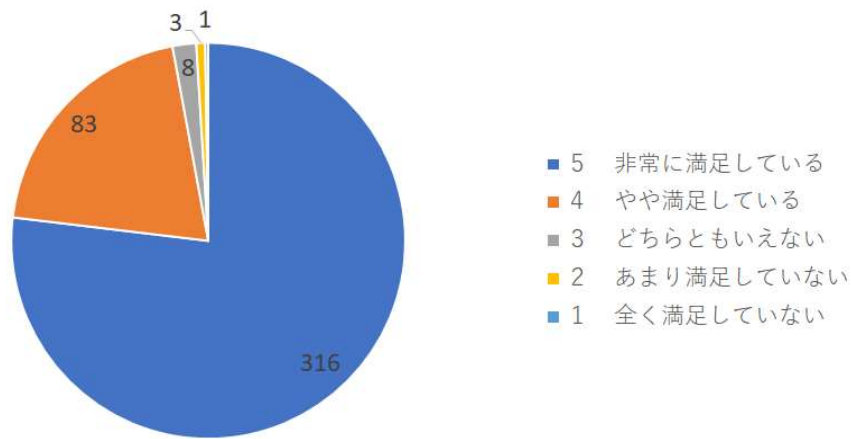


図 4-60-(1) アーカイブ配信の視聴体験についての満足度回答結果(n=411)

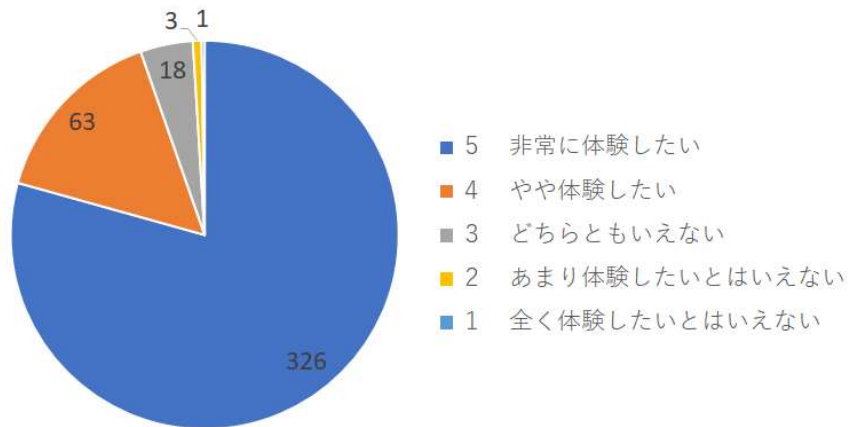


図 4-60-(2) 複数回アーカイブ配信の視聴体験をしたいかの回答結果(n=411)

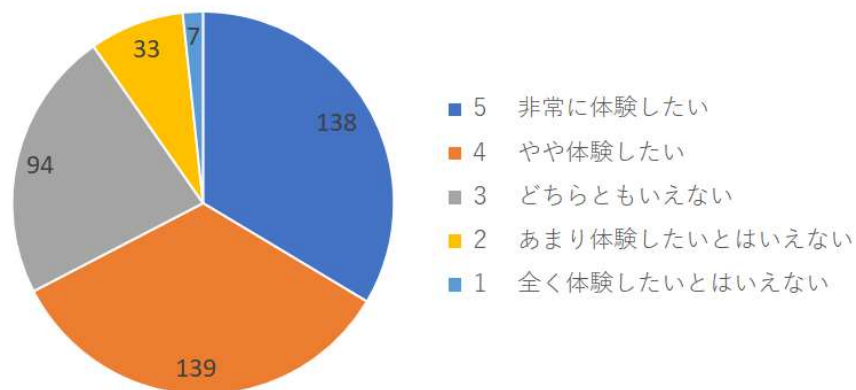


図 4-60-(3) アーカイブ配信について有料でも体験したいかの回答結果(n=411)

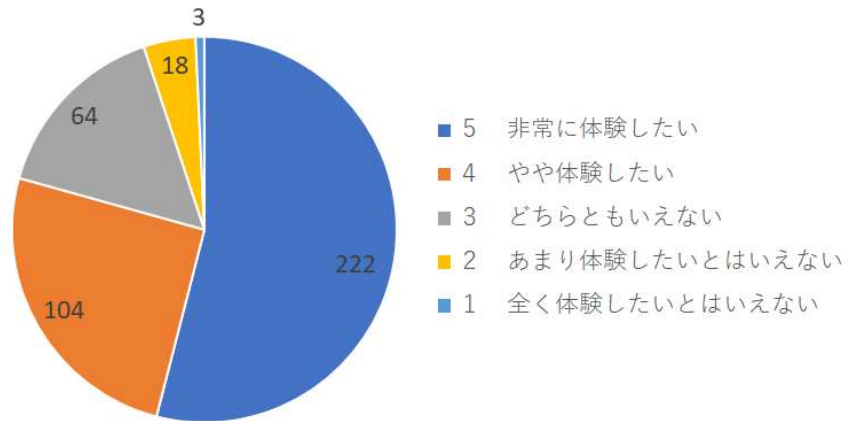


図 4-60-(4) ライブ配信について有料でも体験したいかの回答結果(n=411)

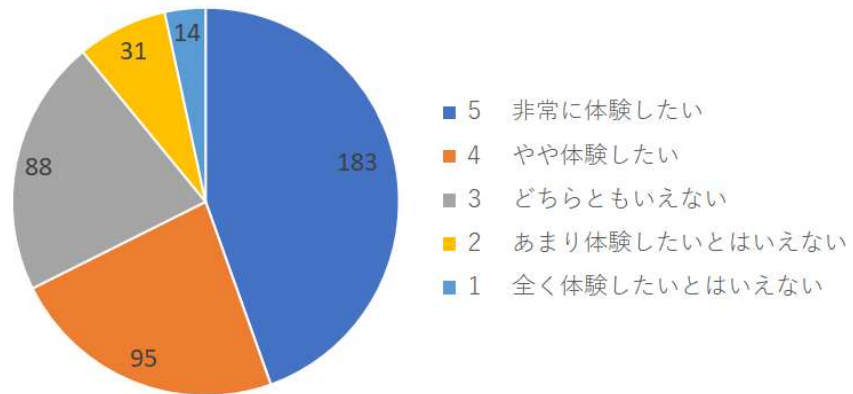


図 4-60-(5) ライブ観覧について、観覧会場で有料視聴体験したいかの回答結果(n=411)

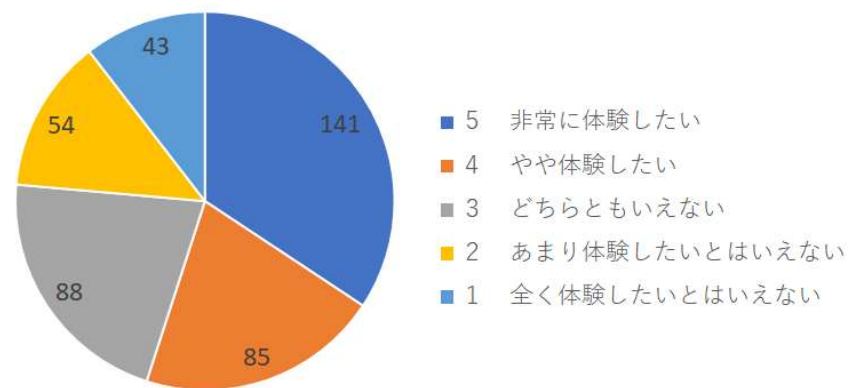


図 4-60-(6) イマーシブライブ体験について、観覧

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

機能検証では、当該基地局用の新しいファームウェアにより、準同期 TDD1 においては、現段階

では表 4-27 に示される 20Mbps×5ch の伝送が確認された。基地局のファームウェアの修正で、安定性の改善が確認でき、ソリューション③の当初計画に則った例えば 5～6 台程度の HD 伝送を伴う運用は十分実用的であるとの可能性が高まった。今後、準同期伝送のアップリンクの比率が高いモードに対応するファームウェアのリリースにより、さらに多く、例えば 8 台程度の HD 伝送や、4K を含む映像伝送の可能性も示唆されたと考える。

また、一体型のトランスミッター・エンコーダーに関してヒアリングにより有用性を確認することができた。実装に向けては、今後メーカーと連携し、カメラ搭載可能なトランスミッター・エンコーダー一体型パッケージの製品開発は、ローカル 5G システム普及促進につながると考えられる。

運用検証では、今後の実運用に向けて有効な手法、ノウハウを得られたことから、これらを中心にマニュアルやガイドラインとして整理することができた。また、伝送の安定性が得られなかった課題についても改善の見通しも得たことから、今回まとめた手法については、今後の実運用においても十分活用が可能である。

しかし今回の実証では、限られたエリアにおける複数のゾーンでの同時進行ドラマという形式を屋外で行うという、従来にはなかった、ある意味特別な条件での制作に対する運用であったため、これ以外、例えば良く行われるようなカメラ 1 台でのドラマ収録や屋内での撮影が多いといった異なる形態での運用については、今後、経験を重ねていくことで、活用の幅を広げていくことになるであろう。

効果検証では、コスト削減に関して、ケーブルレス及び中継車を必要としない撮影業務によるコスト削減効果が、現行のシステムとの比較において、およそ 50% の効果があると試算された。そして本システムの導入効果は、施設年間稼働において 65,700 千円の収入増が見込まれる試算結果となった。演出・表現の向上効果に関しては、制作関係者のヒアリングによって、ソリューション①や③を導入することで様々な新たな演出の可能性が指摘されたほか、マルチ映像が同時にスイッチングできる仕組みによりユーザーが見たいシーンを手元で選択できるなど、ユーザーの利便性が高まる期待も示された。収益向上の可能性に関しては、視聴者やイベント体験者アンケートにより、今回の実験ドラマやイベント体験にユーザーは新規性を感じ、満足度が高い結果となった。

放送局等、コンテンツ制作者側からは、ケーブルレス撮影システムへの期待は高く、中継車等を使用した既存のコンテンツ制作手法と比較して、準備時間を考慮することで、コスト削減につながられるという試算もあり、現状、解決すべき課題は多いものの、ケーブルレス撮影の有意性とあわせることで、ローカル 5G 活用モデルの有効性を示すことができたと考える。

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

1) 検証項目

ソリューションの経済性の検証については、ワープステーション江戸におけるソリューション実装時の利用側・供給側双方において、全体コストよりも大きな便益が見込まれ、費用対効果が得られるといえるかどうかを検証する。また、ソリューションの横展開時における導入側（他のロケ施設運営事業者等）の投資対効果及び展開側（本コンソーシアムを中心とした展開主体）の横展開での人的・物的コストを踏まえた収益性も同様に検証する。

表 4-40 実装会場における経済性の検証項目

項目	利用側 (番組等制作会社)	供給側 (ワープステーション江戸 運営主体等)
初期費用	なし	なし ※ネットワーク機器・システム構成機器は本事業で購入しているためコストとして計上しない。
運用費用	システム利用料（基地局使用料及び施設機材利用料）	保守・運用費 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材
便益	システムを利用して撮影する番組等制作費用の削減効果 ※付加価値のある番組等制作を実現できることも利用側の定性的な便益であるが、定量化が困難であるため費用対効果の算定では考慮しない。	ソリューションの提供による利益
費用対効果	1日あたり利用料対1日あたりコスト削減額	年間保守管理費対年間売上増加額

表 4-41 横展開における経済性の検証項目

項目	導入側 (他のロケ施設運営事業者等)	展開側 (コンソーシアムを中心とした展開主体)
初期費用	・ネットワーク機器、システム構成機器の購入費用 ・導入コンサルティングサービス利用料	・導入コンサルティングに係る労務費
運用費用	保守・運用費 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材	保守・運用サービス（技術相談窓口を含む）に係る労務費 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材
便益	番組等制作会社に対するソリューション提供による売上増加額	導入コンサルティング及び保守・運用による売上
投資・費用対効果	機器購入費の年間償却額及び年間保守運用費対年間売上増加額	導入コンサルティングサービス利用料売上及び保守運用サービス売上費

また、市場性については、想定されるターゲットの業界環境と課題、ニーズ、実証ソリューションのニーズとの適合性を検証項目とした。

2) 検証方法

実装会場における経済性の検証について、第 1 に供給側の費用と利用側の便益を算出することとした。供給側が負担するシステムの保守運用費についてはコンソーシアム内部のヒアリングにより算出し、利用側の便益については 1 日あたりのコスト削減額を効果検証によって算出した。第 2 に、利用側の費用及び供給側の便益についてはトレードオフの関係にあることから、ワープステーション江戸の施設稼働率（昨年度実績 27.9%）及びアンケートによって得たシステム利用意向割合（下表）から算出した年間の想定システム提供日数に基づき、提供側の損益分岐点による利用料設定をした場合の費用対効果及び利用側の損益分岐点による利用料設定をした場合の利用側・供給側の費用対効果をそれぞれ算出することとした。

表 4-42 放送局・番組等制作会社に対するシステム利用意向割合調査の結果

アンケート項目	回答分布
<p>■今回実験したようなシステムが今後以下の条件を満たした上でワープステーション江戸に導入された場合、貴社において利活用の検討をしてみたいと思いますか。</p> <p>(前提条件)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・映像伝送の安定性や十分な映像品質 (HD で 10 台程度同時接続) が確保されること。 ・ワープステーション江戸におけるシステム利用料以上のコストを削減できること。 <p>■また、上記の質問で「はい」を選択された方に質問です。ワープステーション江戸における撮影機会のうち、どの程度の割合で今回実験したようなシステムの利活用を検討してみたいと思いますか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・はい (80～99%) …1 名 ・はい (60～79%) …1 名 ・はい (40～59%) …2 名 ・はい (20～39%) …2 名 ・いいえ…1 名

※上記調査は放送局関係者 2 名、制作会社関係者 5 名を対象としてアンケート調査を行ったもの。

次に、横展開における経済性の検証について、第 1 に展開側の費用と導入側の便益を算出することとした。展開側の費用について、提供する導入コンサルティングサービスや保守管理サービスの想定工数から展開側の負担額を算出した。また、導入側の便益については、施設稼働率によって変動するため、一定の想定値（業界での平均的な 25%）を置いた上で前述のシステム利用意向割合に係るアンケート結果に基づき売上増加額を算定した。第 2 に、展開側の便益と導入側の費用についてはトレードオフの関係にあるため、展開側の損益分岐点、導入側の損益分岐点それぞれのサービス提供費用を算出し、それぞれの場合について展開側・導入側の投資（費用）対効果を算出した。なお、導入側の機器購入費用に係る初期費用は本事業における機器調達の実績から算定している。

市場性の検証については、業界環境・成長性についての机上調査（業界ニーズの動向とソリューションの適合性等）を行うとともに、検討内容の妥当性を確認するため、実務者に対してアンケート調査を行った。具体的には、放送局関係者 2 名、制作会社関係者 6 名、施設事業関係者 3 名の合計 11 名に対して、2 月 16 日・17 日に実証内容の説明会を開催し、2 月 16 日から 22 日の期間に回答を得た。

3) 検証結果及び考察

① 経済性検証

まず、実証会場における経済性について、供給側の損益分岐点でシステム利用料を算出した場合、システム利用料は 6.1 万円/日となり利用側の費用対効果は 90.9 万円/日となる。一方で、利用側の損益分岐点でシステム利用料を算出した場合、システム利用料は 97 万円/日となり、その場合の供給側の費用対効果は 4,271 万円となる。

従って、システム利用料を 6.1 万円～97 万円に設定した場合には双方の費用対効果は 0 以上となり、上記範囲内でシステム利用料を検討することになる。実際には普及促進の観点から供給側の損益分岐点に近い利用料設定となると考えられる。

次に、横展開時の経済性について、展開側の損益分岐点で導入コンサルティングサービス利用料・保守管理サービス利用料を算出した場合、導入コンサルティングサービス利用料は 256 万円、保守管理サービス利用料は 384 万円/年となり導入側の投資対効果は 477%となる。一方、導入側の損益分岐点で算出した場合、導入コンサルティングサービス利用料は 1221.6 万円、保守管理サービス利用料は 1,834.2 万円/年となり、展開側の費用対効果は 2,414 万円となる。

従って、導入コンサルティングサービス利用料は 256 万円～1221.6 万円、保守管理サービス利用料は 384 万円～1,834.2 万円として設定した場合には双方の費用対効果は 0 以上となり、上記範囲内で利用料を検討することになる。実際には普及促進の観点から展開側の損益分岐点に近い利用料設定となると考えられる。

以上から、一定の仮定をおいた経済性の試算ではあるものの、利用料の設定を特定の範囲内で行った場合には、実装時の供給側・利用側、横展開時の展開側・導入側それぞれが利益を獲得することができることが明らかとなった。

表 4-43 実装会場における経済性の検証結果(供給側)

項目	細目	内容
初期費用	-	0 円
運用費用	年間保守管理費 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材	288 万円/年 ※コンソーシアム内の保守管理担当会社に対するヒアリング結果
便益	施設稼働率（昨年度実績）	27.9%
	施設利用意向割合平均	45.7%
	想定年間システム提供日数	365 日×27.9%×45.7%=47 日
	システム利用料/日	・供給側損益分岐点で設定する場合 288 万円/47 日=6.1 万円

項目	細目	内容
		<ul style="list-style-type: none"> ・利用側損益分岐点で設定する場合 97 万円 ※表 4-参照
	システム利用料売上	<ul style="list-style-type: none"> ・供給側損益分岐点で設定する場合 288 万円（運用費用と同額） ・利用側損益分岐点で設定する場合 47 日×97 万円＝4,559 万円
費用対効果		<ul style="list-style-type: none"> ・供給側損益分岐点で設定する場合 0 円 ・利用側損益分岐点で設定する場合 4,559 万円-288 万円＝4,271 万円/年

表 4-44 実装会場における経済性の検証結果(利用側)

項目	細目	内容
初期費用	-	0 円
運用費用	システム利用料/日	<ul style="list-style-type: none"> ・供給側損益分岐点で設定する場合 6,1 万円 ※表 4-41 参照 ・利用側損益分岐点で設定する場合 97 万円（下記便益と同額）
便益	コスト削減効果/日	97 万円 ※表 4-の 7、8 の項目を除いた費用削減効果 を 4 日で除したもの。
費用対効果		<ul style="list-style-type: none"> ・供給側損益分岐点で設定する場合 97 万円-6.1 万円＝90.9 万円/日 ・利用側損益分岐点で設定する場合 0 円

表 4-45 横展開における経済性の検証結果(展開側)

項目	細目	内容
初期費用	導入コンサルティングサービスの想定従事人数	システム営業担当 2 名、無線技術担当 2 名の計 4 名
	導入コンサルティングサービス従事者の想定年間平均従事時間	80 時間/人
	従事者平均労務費単価	8,000 円/時間
	初期費用合計	4 人×80 時間×8,000 円= 256 万円
	償却期間 (6 年) 内の年間平均費用	256 万円/6 年=42.7 万円/年
運用費用	保守管理サービス想定従事人数 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材	システム保守管理 2 名、技術相談窓口 2 名の計 4 名
	保守管理サービス従事者の想定年間平均従事時間	120 時間/人
	従事者平均労務費単価	8,000 円/時間
	運用費用/年	4 人×120 時間×8,000 円=384 万円
便益	導入コンサルティングサービス及び保守管理サービス売上	<ul style="list-style-type: none"> ・展開側損益分岐点でサービス利用料を設定する場合 <li style="padding-left: 20px;">導入コンサルティングサービス： 256 万円 (費用と同額) <li style="padding-left: 20px;">保守管理サービス： 384 万円/年 (費用と同額) ・導入側損益分岐点で設定する場合 <li style="padding-left: 20px;">導入コンサルティングサービス： 1,221.6 万円 <li style="padding-left: 20px;">保守管理サービス： 1,832.4 万円/年

項目	細目	内容
		※表 4-参照
費用対効果		<ul style="list-style-type: none"> ・展開側損益分岐点で設定する場合 0円 ・導入側損益分岐点で設定する場合 1,221.6万円+1,832.4万円-256円円 -384円円= 2,414万円

表 4-46 横展開における経済性の検証結果(導入側)

項目	細目	内容
初期費用	基地局等ネットワーク機器購入費	2,500万円 ※本事業の実績
	その他システム構成機器購入費	1,500万円 ※本事業の実績
	導入コンサルティングサービス利用料	<ul style="list-style-type: none"> ・展開側損益分岐点で設定する場合 256万円 ※ 表 4-参照 ・導入側損益分岐点で設定する場合 1,221.6万円 ※償却期間(6年)内の年間平均導入コンサルティングサービス利用料と保守管理サービス利用料の合計が下記年間システム利用料売上と同額になる場合
運用費用	保守管理サービス利用料 ※対象：ローカル 5G 基地局及びアンテナ関連機材	<ul style="list-style-type: none"> ・展開側損益分岐点で設定する場合 384万円/年 ※ 表 4-参照

項目	細目	内容
		<p>・導入側損益分岐点で設定する場合 1,832.4万円/年</p> <p>※償却期間（6年）内の年間平均導入コンサルティングサービス利用料と保守管理サービス利用料の合計が下記年間システム利用料売上と同額になる場合</p>
便益	想定施設稼働率	25% ※業界の一般的稼働率
	システム利用意向割合	46% ※ワープステーション江戸におけるシステム利用意向割合と同じと仮定
	想定年間システム提供日数	$365 \text{ 日} \times 25\% \times 45.7\% = 42 \text{ 日}$
	導入側が設定するシステム利用料単価/日 (施設利用者の便益の50%を利益として回収する利用料設定をすると仮定)	$97 \text{ 万} \times 1/2 = 48.5 \text{ 万円}$
	年間システム利用料売上	$48.5 \text{ 万円} \times 42 \text{ 日} = 2,037 \text{ 万円}$
投資対効果		<p>・展開側損益分岐点で設定する場合 477%</p> <p>※$2,037 \text{ 万円} / \{384 \text{ 万円} + (256 \text{ 万円} \times 1/6)\}$</p> <p>・導入側損益分岐点で設定する場合 100%</p>

② 市場性検証

(ア) 放送関連業界の市場構造・規模

実証システムの横展開対象となる放送関連業界は、主に放送事業者と映像制作関連事業者に分類される。また、放送事業者はさらに民放キー局系列等の地上波放送事業者、ケーブルテレビ放送事業者、衛星系放送事業者に細分化される。放送事業者は原則として放送番組の企画から放送、2次利用までの業務を一貫して担当するが、番組制作の業務においては映像制作関連事業者に外部委託されるケースが多い。こうした放送事業者から委託を受けて番組等制作に関与する映像制作関連事業者には、ロケ施設等をレンタルするロケ施設・スタジオ事業や、番組の撮影・編集等を行う制作事業者が含まれる。



図 4-61 放送関連業界の基本構造

放送事業市場及び映像制作関連事業市場の規模はそれぞれ数千億以上であり、実証システムの横展開先としての市場規模及びユーザーとしての市場規模は大きく、横展開先又はユーザーとなりうる事業者数も多いことから、潜在的な普及余地の大きい市場環境といえる。

	放送事業者			映像制作関連事業者	
	地上波放送事業者 (NHK除く)	CATV放送事業者	衛星系放送事業者	ロケ施設・スタジオ 事業者	制作事業者
市場規模 (売上高計)	(1兆9,993億円) *	5,006億円	3,386億円	-	(8,972億円) **
事業者数	129社	464社	42社	-	(794社) *
展開ソリューション (参考)	ソリューション①・②			ソリューション①・②・③	
展開の在り方 (参考)	<ul style="list-style-type: none"> 放送事業者が自ら所有・管理する屋内外のスタジオ・ロケ施設へのシステム導入を促進 主に放送事業者が自己の番組等コンテンツの制作に活用することを想定 			<ul style="list-style-type: none"> 放送事業者や制作事業者にレンタルされる屋内外のロケ施設・スタジオへのシステム導入を促進 レンタル先の放送事業者・制作事業者が活用することを想定 	<ul style="list-style-type: none"> 制作事業者へのシステム（一体型パッケージ含む）の提供を促進 制作事業者がその時々々に使用するロケ施設・スタジオにシステムを持ち込み自ら利用することを想定

*ラジオ番組制作事業者に係るものを含む

**放送番組制作事業社（ラジオ番組制作事業者含む）1社あたりの平均売上高からの推計値

（出所）総務省『令和4年版情報通信白書』、総務省・経済産業省『2021年情報通信業基本調査』

図 4-62 放送関連業界の分類ごとの規模

(イ) 業界ニーズの動向（成長性）

実証システムの横展開対象となる放送関連業界の成長性については、近年地上波放送業界が減少傾向にあり、またその他の関連業界も成長が鈍化している状況である。こうした低成長の背景の1つとして、近年、若年層を中心にコンテンツの多様化に伴う「テレビ離れ」が進んだ結果、放送関連業界の主な収入源である広告費において、2018年以降インターネット広告がテレビメディア広告を上回っており、テレビメディア広告を主な収入源とする放送関連業界の低成長をもたらしていると考えられている。

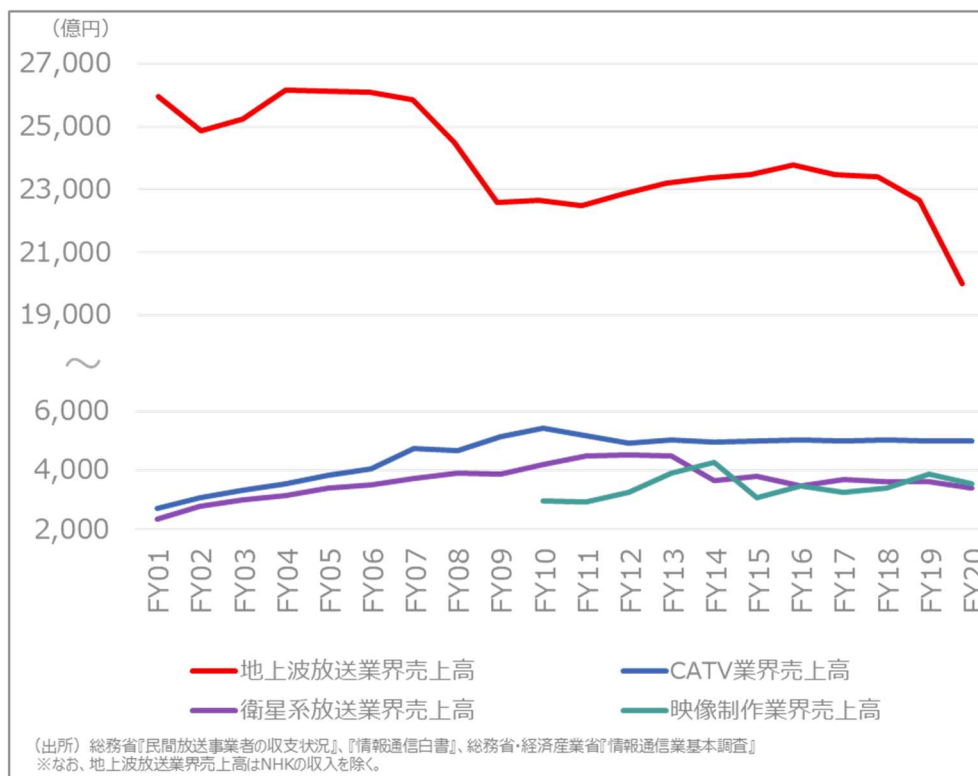
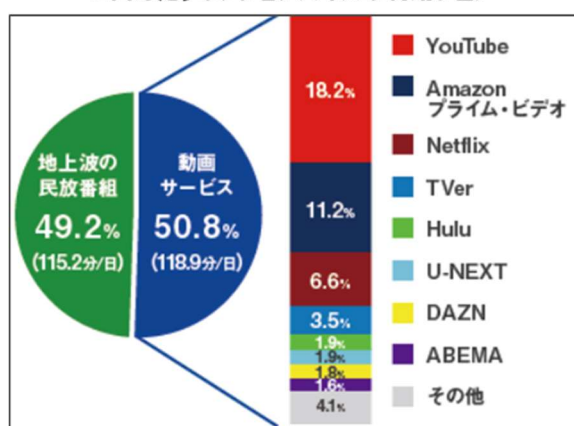
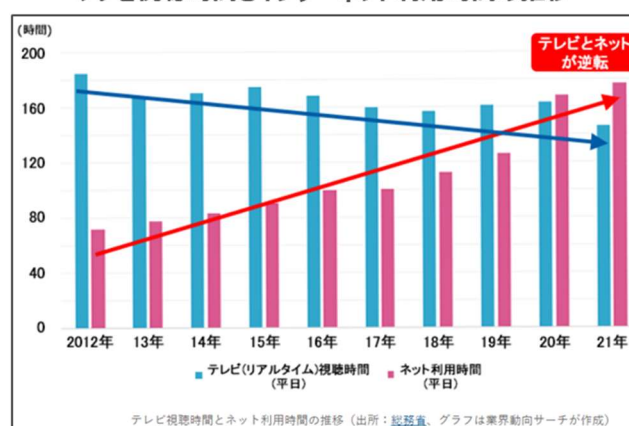


図 4-63 放送関連業界の売上高推移

1日あたりのテレビデバイスの利用シェア



テレビ視聴時間とインターネット利用時間の推移



- テレビで動画配信サービスを視聴している人は、テレビ番組よりも動画配信サービスをより長い時間視聴している。
- コンテンツの多様化により、テレビの利用目的がテレビ番組の視聴以外の用途にも広がり始めている。

- 2020年にはインターネット利用時間がテレビ視聴時間を上回り、2021年にはその差が拡大している。
- 動画配信サービス等のコンテンツが多様化したこと等により、テレビからインターネットへのシフトが急速に進んでいる。

図 4-64 放送関連業界の低成長性の背景

こうしたテレビメディア広告費の減少・インターネット広告費の増大といった市場環境の変化

を受けて、放送事業者ではインターネット配信の取組を拡大しているほか、映像制作関連事業者もインターネット配信向けの制作を強化するなど、テレビメディア広告に依存した従来のモデルから、テレビメディア広告とインターネット広告の両方を販売することで収益機会を拡大させ(マルチユース)、売上の増加を図るモデルへとシフトしつつある。また、インターネットのリアルタイム配信を可能とする放送法の改正により、上記の市場環境の変化に対応したモデルの変化がますます加速している。

インターネット配信の拡大



- インターネット広告費の増大を受けて、放送関連事業者もインターネット配信に注力
- 2015年には、本業界5社が共同で国内初の公式民放ポータルサイト「TVer」を立ち上げ、オンデマンド配信や見逃し配信を開始
- 2018年には衛星放送事業者WOWOWを含む動画配信サービス「Paravi」もサービスを開始
- Prime VideoやNetflixなどのプラットフォームに対しても、見逃し配信を中心に番組を提供
- 映像制作関連事業者も、インターネット動画配信向けやネット広告向けの映像制作を強化し収益機会の拡大に取り組む

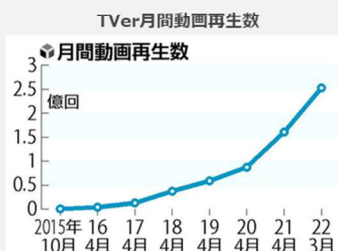


図 4-65 放送関連業界の成長性向上に向けた対応状況

法改正によるインターネット同時配信の実現



- 左記の放送事業者の取組を踏まえ、総務省も法的規制を緩和してインターネット配信の環境を整備
- 2020年1月に放送法が改正され、テレビ放送局が同時に動画ストリーミングサービスを提供することが可能となり、2020年以降 NHK を皮切りに日本テレビ、テレビ朝日、TBS テレビ、フジテレビ、テレビ東京の大手放送局5社がライブストリーミングサービスを提供開始
- さらに2021年5月には著作権法が改正されテレビ番組のインターネット同時配信が円滑化
- テレビとインターネット配信の組み合わせにより、新規顧客獲得のみならず、既存顧客の離脱防止やコンテンツあたりの集客力向上などにもつながっている

放送関連業界の成長性を向上させていくためには、こうした取組を加速させていく必要があり、具体的には①収益機会のさらなる拡大(マルチユースのさらなる拡大)、②収益回数(視聴回数の増加)が必要であり、今後の放送関連業界において上記2点の実現にニーズがあると考えられる。

①については、近年、従来のテレビ放送及びDVD販売等による2次利用に加え、放送番組のリアルタイム配信や放送後の配信(いわゆる「見逃し配信」)が行われるようになったが、今後はさらに、撮影時の現地観客動員による収益機会の拡大余地があると考えられる。従来、ステージ上で行われるライブエンターテインメントを除き、現地観劇と放送・配信用の撮影は両立しえなかったが、これによって収益機会の増加(マルチユースの拡大)を実現することが可能である。

②については、近年、制作された番組のインターネット配信の取組が行われているものの、同一コンテンツの視聴は1回的なものと想定されており、今後は同一コンテンツについて複数回の視聴を促進することによる収益回数の拡大余地があると考えられる。同一コンテンツであっても配信のタイミングによって主人公が変わるような重層的なストーリー構成とすることで、同一人の同一コンテンツの複数回視聴が期待できる。

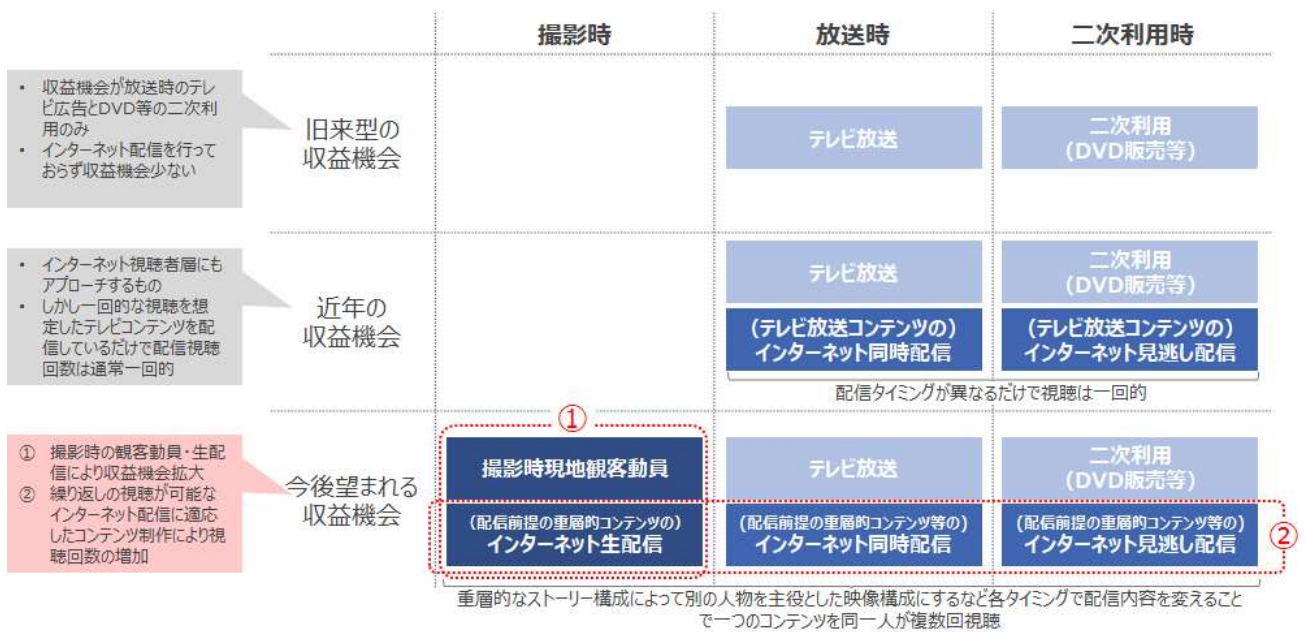


図 4-66 放送関連業界の成長性向上に向けた今後の業界ニーズ

(ウ) 業界ニーズの動向 (コスト)

放送関連業界の営業利益率について、放送事業者の場合は概ね横ばいで推移しているものの、映像制作関連事業者の場合は低下傾向にある。特に映像制作事業は、高価な機材に対する設備投資が必要となるとともに業務は労働集約的・高コストであり、にもかかわらず元来受注単価が低いことが低利益率の原因と考えられるところ、近年は番組制作費の減少が利益率の低下に拍車をかけているといえる。

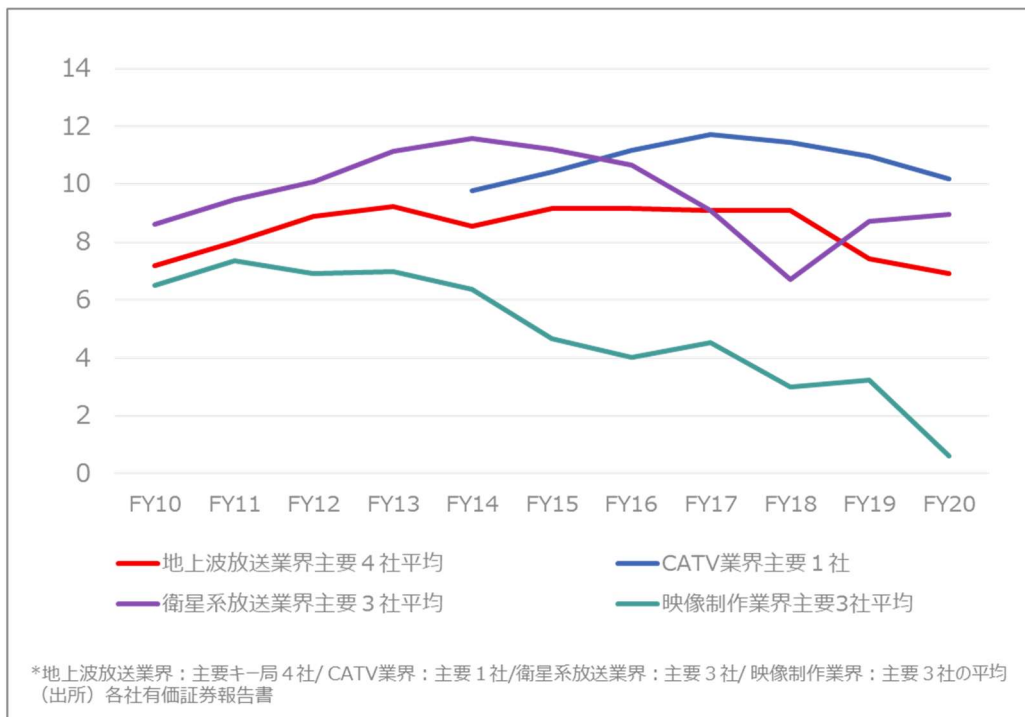
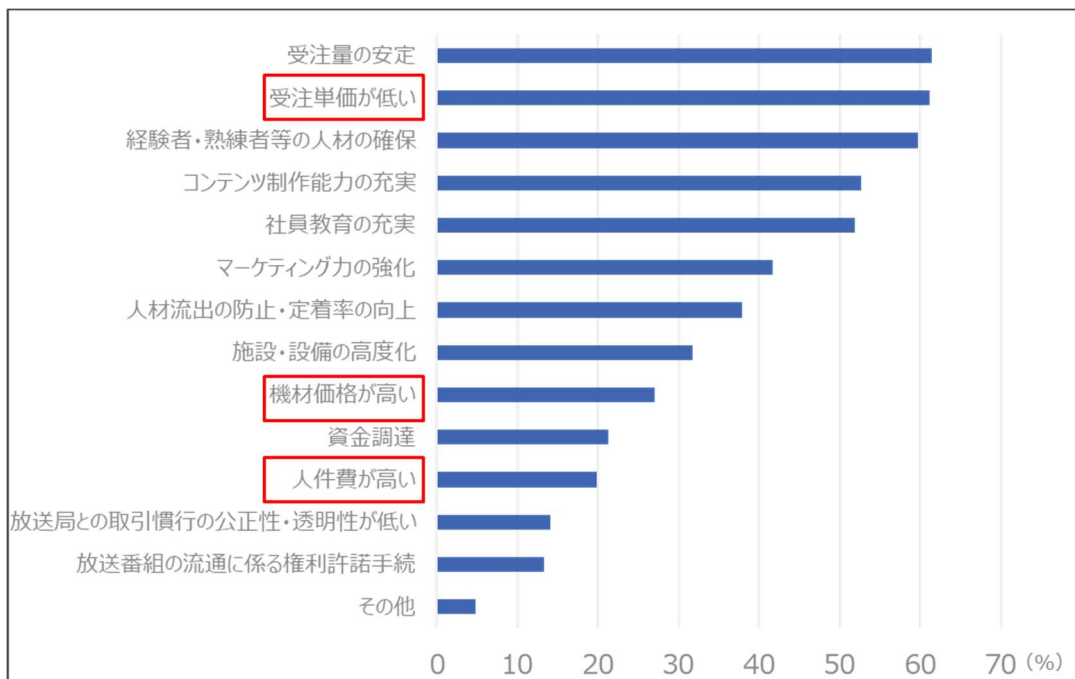


図 4-67 放送関連業界の営業利益率推移



総務省・経済産業省『2021年度情報通信業基本調査』

図 4-68 番組等制作事業者の経営課題

こうした中、映像制作業界の営業利益率を向上するには、単価の向上、コスト削減（主に設備投資による固定資産減価償却費及び人件費の削減）が考えられるところ、最も実現が容易であり

自社内で完結できる人件費の削減に係るニーズが高いと考えられる。

営業利益率向上	単価の引き上げ	映像制作事業者の場合、商慣習及び制作費削減が行われる中で単価を向上することは納品先の理解が得られず 実現困難
	設備投資の削減	映像制作事業者において機材費の削減によって映像・音響等の品質を低下させることに直結し納品先の理解が得られず 実現困難
	人件費の削減	番組等映像作品の品質を低下させることなく人件費を削減することが最も適切かつ映像制作業界内で自己完結可能な対応であり ニーズあり

(参考) 映像制作に係る人件費削減の取組

- 撮影・編集業務の遠隔化（琉球朝日放送）
 - ✓ ソフトバンクの次世代配信PF（BaaS）を利用して遠隔地からカメラのスイッチングを実施するとともに編集作業を実施
 - ✓ クラウド上にあるコンテンツストレージと編集ツールを利用撮影地から離れた場所で編集業務を実施し旅費や作業時間を削減
- 映像編集のクラウド編集（札幌テレビ）
 - ✓ Microsoft Azureを利用した映像編集のクラウドサービス利用
 - ✓ クラウド上にあるコンテンツストレージと編集ツールを利用撮影地から離れた場所で編集業務を実施し旅費や作業時間を削減

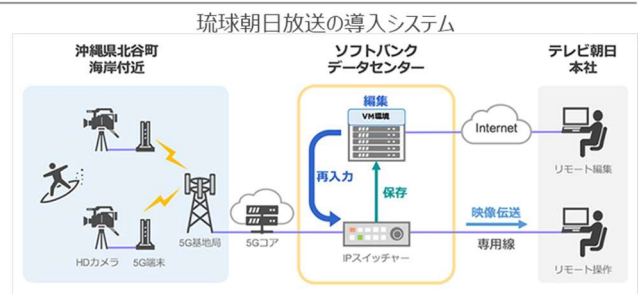


図 4-69 放送関連業界の利益率向上に向けた今後の業界ニーズ

(エ) 業界ニーズの動向とソリューションの適合性

下図の通り、実証システムは上記（イ）（ウ）の放送関連業界における成長性及び利益率の向上という業界課題と適合しているといえ、ワープステーション江戸の実装時における利用ニーズ及び横展開時における普及ニーズが見込まれる。

(オ) 業界ニーズの動向とソリューションの適合性に係るアンケート結果

アンケートの回答は下表の通りである。今回の実証システムはロケ施設レンタル業界、スタジオを保有する放送業界、番組等制作業界を対象市場としていたものの、そのほかにも野外フェス会場・イベント会場の中継・警備への活用、モータースポーツ業界での活用、アイドルのマネジメント業界での活用など、幅広い業界への活用も期待できる旨の声が多数寄せられ、現状想定している市場以上に広がりを見せる可能性が提示された。また、売上増やコスト減の課題の現状については、実務レベルでも概ね事前検討内容と同一の認識であることが示された。業界の成長（売上増）に対する本システムの有効性に関しては、有効との意見がある一方で、コスト優位性がないこと、無線システムならではのコンテンツの開発なしには成長につながらないこと、無線の安定性が確保されていないこと等から有効とはいえないとの意見もあり、課題解決に資する可能性は認められたものの、その実現に向けた課題も示された。業界の利益率の向上（コスト減）に対する本システムの有効性に関しては、運用のために多数の人の参画や無線に関する知見を有する人の参画が必要であることから、今後実際にコストを削減させていくためには少人数かつ知見を持たない者で運用が可能であることの必要性が確認された。

表 4-47 アンケート結果

#	アンケート項目	回答
1	<p>今回の実験システムは、将来的に以下のような業界での活用を想定したものでしたが、これらのほかに、利活用が考えられる業界はありますか。</p> <p>①屋外型ロケ施設・屋内スタジオレンタル事業者</p> <p>②スタジオを有する放送事業者（地上波キー局・地方局、CATV 事業者、衛星系放送事業者）</p> <p>③ 映像制作事業者</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ イベントスペースや野外フェス会場のほか、現在放送サービスでカバーされていない非メジャースポーツのコンテンツ制作手段としての提供がありうる。また、十分にパッケージ化してある程度の広さでの自由で迅速な設置ができるようになれば、人検知 AI などと組み合わせてセレモニーなどでの警備システムが組めるのではないかと。(放送局関係者 B) ・ 観客の中に入り込むことができるため観客参加型のコンサート業界。(制作会社関係者 A) ・ アイドルのマネジメント運營業界も、自分たちで映像を撮影したりコンテンツを作ったりする時代であり、簡易的にスイッチングなどができるようになればライブの生配信などで使いたいと考える人はあると思われるため、アイドルのマネジメント運営関連業界。(制作会社関係者 B) ・ 舞台の生配信はコロナ禍以降とても多くなったが、その撮影方法も多様化すると考えられるため、舞台関連業界。(制作会社関係者 C) ・ 同時に各所で配信するためパブリックビューイングの映画館。(制作会社関係者 D) ・ 小型軽量、低遅延の装置であればレースの車載カメラ映像の Live 配信も可能（移動速度への対応が可能であれば）であり、コードレスのカメラなら PIT 内を移動しながらの映像配信も可能になるため、サーキット関連業界。(制作会社関係者 E) ・ 現場への持ち込み設備及び要員を最小限に抑えられるため、PV 等のイベント業界。(制作会社関係者 F) ・ 野外フェスは郊外で行われることが多く、都心のリモートサブで番組を作成することが考えられるため、野外フェス関連業界。また、一般企業の社屋から映像だけ伝送してリモートサブで画作りして配信することが考えられるため、一般企業のインナーイベント業界。(施設事業関係者 A) ・ 同時にカメラのモニタリングが必要な現場では活用できそうなので、防犯システムなどにも転用できそう。(施設事業関係者 B)
2	<p>今回の実験システムは、施設・スタジオレンタル業界・放送事業業界・映像制作業界の成長（売上増や利益率の向上）に向けて実証したものです。</p> <p>まず、上記各業界の売上増の実現に向けては以下のような業界課題・ニーズがあることを想定しています。</p> <p>①マルチユースの拡大に係る収益機会の拡大</p> <p>②インターネット配信を前提とした新たな訴求力のあるコンテンツによる収益回数の増加（視聴回数の増加）</p> <p>貴社の属する業界における課題・ニーズについて現状はいかがでしょうか。またそれらの課題・ニーズに対する本システムの有効性についてどのように感じましたか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収益とは言葉が違うが、制作費を圧縮しながら魅力のあるコンテンツ制作をしなければいけないのは喫緊の課題である。今回のシステムの導入によってマルチカメラの自由度が増すので、映像の訴求力向上には大いに期待できる。(放送局関係者 A) ・ ①、②ともに課題となっているが、コスト面での優位性がないとこの 5G 利用のメリットが見出せない。(売上増のためには) ケーブルレスだからこそその演出が活かせるコンテンツの開発が求められる。(放送局関係者 B) ・ 業界の成長に向けては、斜陽な放送波から Web への転換により一方向メディアではできなかった演出の提供をすることや、テレビというメディアの限界を受け止め公共メディアの有り様を再構築することが課題となっている。本システムは今後の可能性に関する議論を引き出す一助になるとともに業務用カメラを使用するという業界常識の否定する点で有効である。(制作会社関係者 A) ・ ①②ともに課題。外会場のネットワークインフラが整っておらず、ネット回線が強いスタジオがあってもリモートプロダクションを実現できていないことから、どんな環境にも設置できる今回のシステムは有効。(施設事業関係者 A) ・ 無線の安定性が保証されれば売上増を目的として徐々に活用されると思うが、有償配信の場合品質担保は絶対のため、回線トラブルを避けるため、現状では今回のシステムは有効ではない。

#	アンケート項目	回答
		<p>(施設事業関係者 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・売上増に向けてリアルタイム配信をすることは今後の課題であり、今回のシステムはその点で有意義。(施設事業関係者 C)
3	<p>次に、上記各業界の利益率の改善に向けては、業界課題・ニーズとして、人件費（撮影・編集に係る人件費等）の削減ニーズがあることを想定していますが、貴社の属する業界の現状や課題・ニーズについてご意見をお聞かせください。またそれらの課題・ニーズに対する本システムの有効性についてどのように感じましたか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・制作費の圧縮は課題となっており、ケーブル敷設の手間削減は大きな人件費の削減になりうる。(放送局関係者 A) ・人件費削減、単価の引上げ、機材等の人件費以外のコスト削減、制作したコンテンツのより効率的な流通、著作権等隣接する権利処理等の簡便化が課題・ニーズとしてある。本システムによって中継、イベント収録等でのケーブル敷設や警備などに伴う人件費が削減できればニーズがある。(放送局関係者 B) ・(利益率の改善に向けては) 編集に要するコストが課題。また、多くの視聴を集めている Web コンテンツに学ぶ、もしくは正反対の方向性で視聴者の支持を得られるものを創出することが求められており、今回のシステムで新しい斬新な演出が構築できる点は有効。(制作会社関係者 A) ・映像制作全体にかけられる金額が下がっているためコストの削減は課題。今回のシステムに可能性を感じるものの、現段階では使用するのにたくさんのスタッフや専門家が印象なので、これが制作スタッフでも簡易的に使えるようになると有効。(制作会社関係者 B) ・コスト課題はある。今回のシステムに慣れるまでは相応のスタッフは必要かと思うが、慣れていけば仕組みがわかってコスト削減できる。(制作会社関係者 C) ・設備及び現場での要員削減による制作コストの抑制が課題。現場への移動経費、時間外労働等のコスト、現場への制作設備の移動や障害時の対応にコストがかかっている。今回のシステムがこれらの解決に資するものであれば有効。(制作会社関係者 F) ・どのような現場にもフルメンバーが参加していることが多く、人件費の要因となって理宇。今回のシステムによってリモートプロダクションが実現できれば最適な場所に人員をアサインできるため有効。(施設事業関係者 A) ・今回のシステムとは関係ないが、クラウドサーバの費用が為替の影響で高まっており、コスト課題が発生している。(施設事業関係者 B)

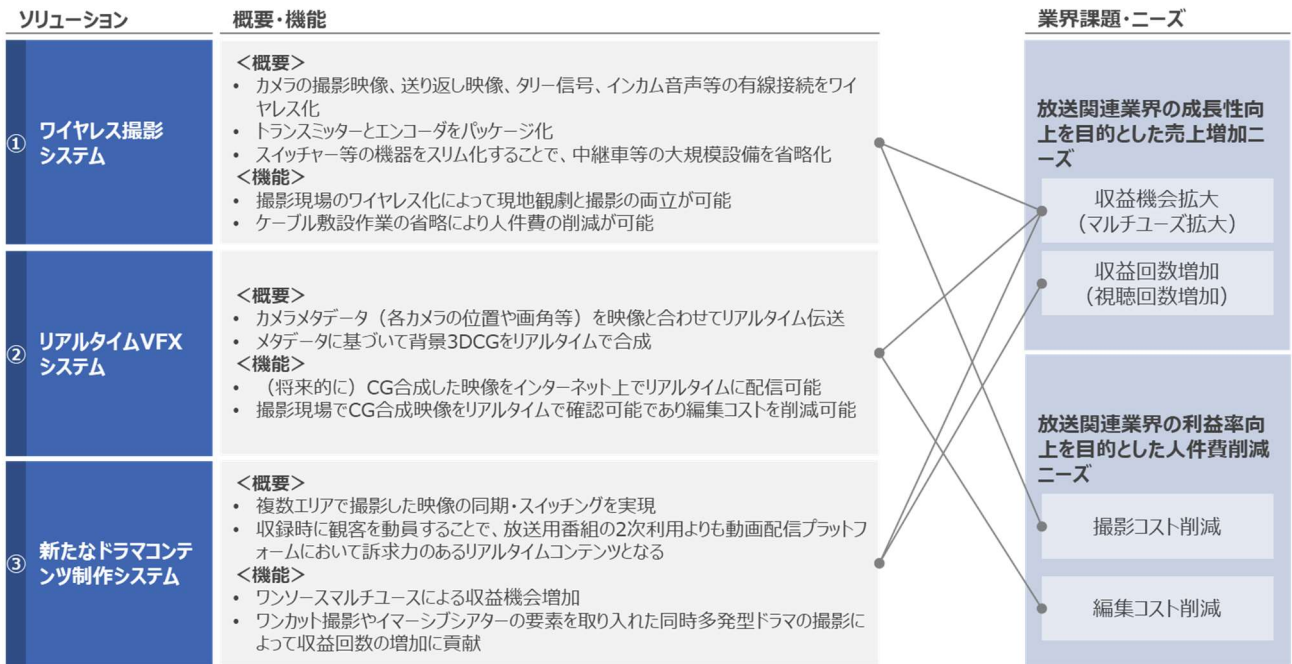


図 4-70 実証ソリューションと業界課題・ニーズとの適合性

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 検証項目

4.1.2 (2)に記載した通り、本実証システムに係る実証開始当初のビジネスモデルとして、下記を設定した。そこで、本ビジネスモデルを構成する各項目について検証を行った。

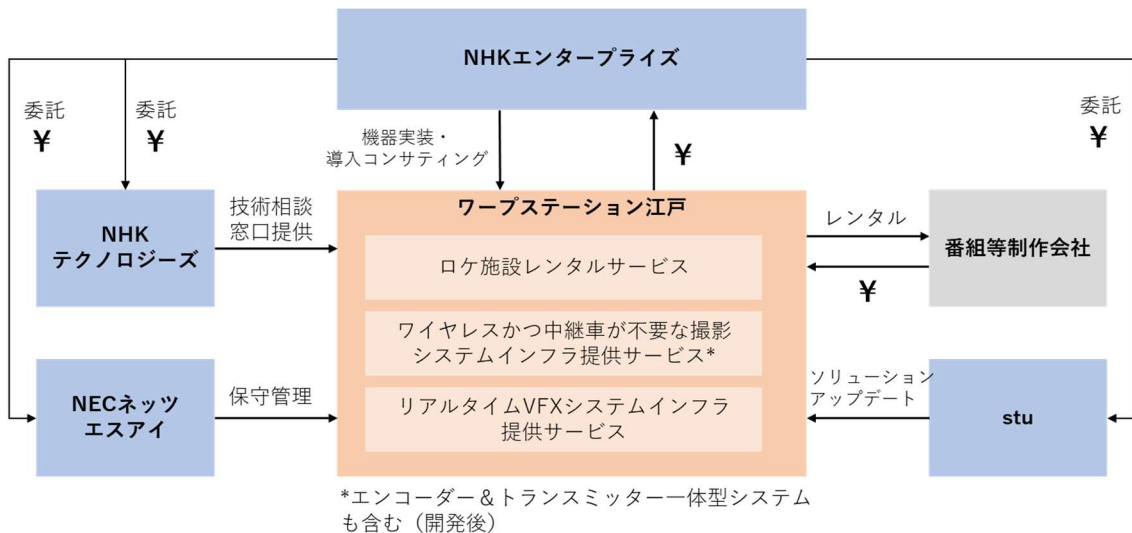


図 4-71 ワーステーション江戸におけるビジネスモデル

表 4-46 想定ビジネスモデルと検証項目

検証項目	想定内容
想定ターゲット	①NHK 及び NHK 関連団体 ②ドラマや映画、CM 等の撮影を行う映像制作会社
提供ソリューション	基本プラン：撮影ロケ地レンタル（既存ビジネス） オプション1：ワイヤレスかつ中継車を必要としない撮影システム（ローカル 5G ネットワークインフラ、トランスミッター等の通信機器、撮影周辺機材等） オプション2：リアルタイム VFX システム（カメラメタデータ取得機器）
機能要件	前提条件：放送局ユーザーのサービス要求水準（伝送が安定していること、すなわち映像のフリーズ・カクツキ・ブロックノイズの発生がときどき発生する程度であること。伝送遅延量については本報告書においては 500ms 以下であること） ・HD10 台（20Mbps）の無線伝送が可能 ・上記に併せて、送り返し映像 10 台・タリー10 台・インカム 10 台の無線伝送が可能 ・オプションにて、上記に併せてカメラメタデータ 10 台の無線伝送が可能 ・ローカル 5G 基地局及びスイッチャー周辺機器類が可搬型使用可能
非機能要件	・各システムの起動が容易であること ・顧客が持参するカメラ等機材を利用する際の技術サポート体制が整っていること ・システムエラーやトラブルが発生した際の問い合わせ先が明確であること
業務フロー	①レンタル申込時に撮影エリア（ローカル 5G ネットワークエリア化が必要なエリア）のヒアリング及び利用マニュアルの交付 ②利用日までに当該エリアをカバーする置局場所を設定 ③免許申請（免許人は NHK エンタープライズ）を行い、基地局設置 ④撮影前までに電波状況の確認を実施 ⑤利用日当日は、機器等の交付とともに利用方法に係る説明実施 ⑥当日の不具合対応用に技術相談窓口を設置

検証項目	想定内容
運用体制	NHK エンタープライズ：ワープステーション江戸の管理・運営 顧客窓口 免許申請・手続、利用サポート NHK テクノロジーズ：技術相談窓口 NEC ネットエスアイ：ローカル 5G 基地局の保守管理

2) 検証方法

ビジネスモデルを構成する各項目の検討内容の妥当性を確認するため、対象者に対してアンケート調査を行った。具体的には、実装時のターゲットとなる番組等制作会社の関係者 6 名、横展開時のターゲットとなるロケ施設運営事業者・放送局等スタジオ保有施設関係者 5 名の合計 11 名に対して 2 月 16 日・17 日に実証内容の説明会を開催し、2 月 16 日から 22 日の期間に回答を得た。

3) 検証結果及び考察

ターゲットについて大きく想定と異なるところはなかったが、万が一にも通信の断絶が許されない生中継等の場合や、カメラが 1 台のみ利用される簡易な撮影等において、システムの利用が想定されないとの意見が寄せられた。また、機能要件については 4K・8K 対応が多くアンケート対象者から求められており、アップリンクスループットの向上は実装後の利用促進及び横展開の促進において不可欠であると考えられる。また、非機能要件として、技術サポート窓口の設置に留まらず、撮影当日にローカル 5G の無線に係る知見を有する者が現地対応によりサポートすることの要望が強く、実装時において現地サポートを充実させることの必要性が明確となった。

表 4-48 運用スキーム・ビジネスモデルに関するアンケート結果

#	アンケート項目	回答
想定ターゲットに関する質問		
1	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムがワープステーション江戸 (WSE) に導入された場合、どのような事業者や団体の利用が期待できるでしょうか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 謎解きゲームやシチュエーション演劇のように観客参加型のコンテンツを制作するイベント会社・劇団など。(放送局関係者 A) ・ 従来手法より安価に時短の収録ができるのであれば、中継にこだわらず制作会社のニーズはあるように思う (制作会社関係者 A) ・ 時代劇のオープンセットで生配信を行いた

#	アンケート項目	回答
		<p>い映像制作会社。(制作会社関係者 B)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 製作本数の多い放送事業者又は大手の制作会社や特番等短期の撮影ではなくワープステーション江戸で長期の撮影を行う予定の放送局・制作会社(放送局関係者 B、制作会社関係者 C) ・ コスプレ目的の旅行会社なども考えられる。(制作会社関係者 D) ・ 時代劇の映画・ドラマ制作(制作会社関係者 F)
2	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムが今後以下の条件を満たした上でワープステーション江戸に導入された場合、貴社において利活用の検討をしてみたいと思いますか。また、検討してみたい場合、ワープステーション江戸における撮影機会のうち、どの程度の割合で今回実験したようなシステムの利活用を検討してみたいと思いますか。</p> <p>(前提条件)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 映像伝送の安定性や十分な映像品質(HDで10台程度同時接続)が確保されること。 ・ ワープステーション江戸におけるシステム利用料以上のコストを削減できること。 	<p>放送局関係者 A : はい(40~59%)</p> <p>放送局関係者 B : はい(80~99%)</p> <p>制作会社関係者 A : はい(20~39%)</p> <p>制作会社関係者 B : はい(20~39%)</p> <p>制作会社関係者 C : はい(60~79%)</p> <p>制作会社関係者 D : はい(40~59%)</p> <p>制作会社関係者 F : いいえ</p>
3	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社への質問】</p> <p>2の質問でいいえ又は3の質問で99%以下を選択された方に質問です。全部又は一部の撮影機会でローカル5Gシステムの利活用を検討しない理由について、想定したものがあればご記載ください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 少数のカメラでのロケが多く、マルチ同時接続が必要になる場面が少ない。(放送局関係者 A) ・ 通信の信頼性が求められる場合、カメラ台数の少ない場合等(放送局関係者 B) ・ 現在ではケーブルを敷くよりローカル5Gシステムの方がお金がかかると感じるため、ローカル5G電波にまだ安定性を感じられないため。(制作会社関係者 B) ・ 伝送が天候に左右されるため雨や風が強いと伝送が途切れたため。(制作会社関係者 C) ・ 万が一にも通信の断絶が許されない撮影があるため。(制作会社関係者 D) ・ カメラ台数が少なく、スタンドアローン運

#	アンケート項目	回答
		用が多い。(制作会社関係者 F)
4	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムは、どのような施設やスタジオ等に応用できると考えますか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ドラマなど複雑なセットを随時組み替えるようなスタジオで需要が見込まれるのではないか。その他、バーチャル用のスタジオなど。(放送局関係者 B) ・どのような施設、スタジオでも可能性はある。(施設事業関係者 C)
5	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>ロケ施設やレンタルスタジオ、放送局のスタジオのほか、今回実験したようなシステムの展開先として考え得る施設・業界にはどのようなものがあるか、ご意見をお聞かせください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・警備などセキュリティ業界。(放送局関係者 B) ・背景としてコンテンツを成立させる魅力ある場所であることが条件。魅力あるロケーション(京都では神社仏閣等)での利用は、放送・配信となじみ、大いに可能性を感じている。(施設事業関係者 C)
6	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムは、貴社のロケ施設やスタジオへの導入ニーズは見込まれるでしょうか。また、導入するにあたっての必要な条件がある場合、どのような条件かについてもご教示ください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・需給バランスと相応しい制作コストが成立するかによる。(施設事業関係者 C)
提供ソリューションに関する質問		
1	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムを、例えばワープステーション江戸に導入した場合、以下の①②のサービスのほかに、利用マニュアルの提供や技術相談窓口の開設によるサポートを想定していますが、このほかに望まれる機器・サービスとしてどのようなものがあると考えますか。</p> <p>(参考) 提供を想定するソリューションサービス内容</p> <p>①ワイヤレスかつ中継車を必要としない撮影システム (ローカル 5G ネットワークインフラ、トランスミッター)</p> <p>②①+リアルタイム VFX システム (カメラメタデータ取得機器)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・各種配信プラットフォームへの接続案内、来場者向け配信システムをパッケージ化しての提供。(放送局関係者 A) ・事前にローカル 5G ネットワークと撮影機材との接続・設定を行うこと、接続不良が発生した場合の現地での改善対応、必要な映像品質の無線接続ができなかった場合の代替的環境(伝送ケーブル等)の準備、撮影時の不調についての即応体制。(放送局関係者 B) ・送受信不具合時のバックアップ体制・サービスは必要。(制作会社関係者 A) ・ローカル 5G システムに詳しい人の対応、通信が途切れた場合のバックアップシステム。(制作会社関係者 B) ・事前にローカル 5G ネットワークと撮影機

#	アンケート項目	回答
		<p>材との接続・設定を行うこと、ワープステーションは天候に左右されるため接続不良が発生した場合の現地での改善対応、(ケーブルを使ってしまうとケーブルレスを想定して準備していたものが無意味になってしまうが) 必要な映像品質の無線接続ができなかった場合の代替的環境(伝送ケーブル等)の準備。(制作会社関係者 C)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 接続不良が発生した場合の現地での改善対応 (制作会社関係者 D) ・ ネットワークの設営サポート (制作会社関係者 F)
2	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムをロケ施設やスタジオに導入する場合、コンソーシアムより必要なカバーエリア(ワイヤレス対応できるエリア)や伝送性能等の条件をお聞きした上で必要な機材一式の提供や設置者向けガイドラインの交付・導入に関するコンサルティングを検討していますが、このほかに提供が望まれる機器・サービスとしてどのようなものがありますか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 免許申請代行、ネットワーク機器の設置やケーブル敷設に係る施工、接続不良が発生した場合の現地での改善対応、カバーエリアの変更の必要が生じた際の対応(エリア設計、免許変更、移設作業等)、必要な映像品質の無線接続ができなかった場合の補償、システムのアップグレード等保守面でのサービス。(放送局関係者 B) ・ 免許申請代行、ネットワーク機器の設置やケーブル敷設に係る施工、接続不良が発生した場合の現地での改善対応、カバーエリアの変更の必要が生じた際の対応(エリア設計、免許変更、移設作業等)、システムの説明、機器のレンタル(施設事業関係者 A) ・ 免許申請代行、ネットワーク機器の設置やケーブル敷設に係る施工、接続不良が発生した場合の現地での改善対応、カバーエリアの変更の必要が生じた際の対応(エリア設計、免許変更、移設作業等)、必要な映像品質の無線接続ができなかった場合の補償。(施設事業関係者 C)
機能要件に関する質問		
1	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社の方への質問】</p> <p>ワープステーション江戸での実用化を想定する今回のシステム機能は以下参考の①・②を予定しています。貴社が利</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4K 対応の可能性について、台数等を明確化することが必要。(制作会社関係者 A) ・ 台数が限られても 4K、8K の対応。5G システムだけでなく、ケーブル接続によるカメ

#	アンケート項目	回答
	<p>用することを想定した場合に機能水準として不十分な点はあるでしょうか（不十分の場合、どのような撮影を行う場合でしょうか）。</p> <p>（参考）機能要件としての想定設定項目</p> <p>①HD で同時に 10 台（20Mbps）の撮影映像の無線伝送が可能</p> <p>②上記に併せて送り返し映像 10 台・タリー10 台・インカム 10 台以上の無線伝送、カメラメタデータ 10 台の無線伝送が可能</p>	<p>ラも組み込んだカメラとの同期、スイッチング対応で 4K、8K の自由度が高まるなら（ワイヤレスへの依存を減らす）、ニーズがあるのでは。（放送局関係者 B）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ せっかくローカル 5G という大容量の専用回線を用いるのであれば、4K などの高ビットレート映像の伝送を可能にして欲しい。また配信で用いる場合は、その配信先のプラットフォームまでセットプランになっていると使用しやすい。（制作会社関係者 B） ・ HD 以上、4K は可能にして欲しい。（制作会社関係者 C） ・ 最低 1080P かつ音声との同期がマスト。（制作会社関係者 D）
2	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社の方への質問】</p> <p>【条件により、100Mbps 相当になる場合も想定されておりますので、次の場合にも回答をお願いいたします。】</p> <p>ワープステーション江戸での実用化を想定する今回のシステム機能は、以下参考のスペックの可能性もあります。貴社が利用することを想定した場合に機能水準として不十分な点はあるでしょうか（不十分となるのはどのような撮影を行う場合でしょうか）。</p> <p>（参考）機能要件としての想定設定項目</p> <p>①HD で同時に 5～7 台（20Mbps）の撮影映像の無線伝送が可能</p> <p>②上記に併せて送り返し映像 5～7 台・タリー5～7 台・インカム 5～7 台以上の無線伝送、カメラメタデータ 5～7 台以上の無線伝送が可能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台数が限られても 4K、8K の対応。5G システムだけでなく、ケーブル接続によるカメラも組み込んだカメラとの同期、スイッチング対応で 4K、8K の自由度が高まるなら（ワイヤレスへの依存を減らす）、ニーズがある。（放送局関係者 B） ・ クライアントの要求によるが、高ビットレートなどが実現できないのであれば現段階ではローカル 5G を使用する有用性をあまり感じない。（制作会社関係者 B） ・ 同期がしっかりできていれば問題ない。（制作会社関係者 D） ・ 低遅延の送り返し。（制作会社関係者 F）
3	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムを、貴社のロケ施設やスタジオに導入することを想定した場合、当該施設内で行われる撮影を踏まえて、以下参考①②の機能要件よりも高い性能が求められますか（又は以下の機能要件よりも低い性能でも支障は生じないか）、高い性能が求められるとするとどのようなものですか。</p> <p>（参考）機能要件としての想定設定項目</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保守費用と合わせ、従来システムと比べてのコストメリットによる。これまでケーブルあり撮影システムでの演出前提で制作してきているので、ロケ施設はさておきスタジオにおいては現時点では見出しにくい。（放送局関係者 B）

#	アンケート項目	回答
	<p>①HD で同時に 10 台 (20Mbps) の撮影映像の無線伝送が可能</p> <p>②上記に併せて送り返し映像 10 台・タリー10 台・インカム 10 台以上の無線伝送、カメラメタデータ 10 台の無線伝送が可能</p>	
4	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問 (追加の設問です)】</p> <p>【条件により、100Mbps 相当になる場合も想定されておりますので、次の場合にも回答をお願いいたします。】</p> <p>今回実験したようなシステムを、貴社のロケ施設やスタジオに導入することを想定した場合、当該施設内で行われる撮影を踏まえて、以下参考①②の機能要件よりも高い性能が求められますか (又は以下の機能要件よりも低い性能でも支障は生じないか)、高い性能が求められるとするとどのようなものですか。</p> <p>(参考) 機能要件としての想定設定項目</p> <p>①HD で同時に 5~7 台 (20Mbps) の撮影映像の無線伝送が可能</p> <p>②上記に併せて送り返し映像 5~7 台・タリー5~7 台・インカム 5~7 台以上の無線伝送、カメラメタデータ 5~7 台以上の無線伝送が可能</p>	<p>・ 保守費用と合わせ、従来システムと比べてのコストメリットによる。これまでケーブルあり撮影システムでの演出前提で制作してきているので、ロケ施設はさておきスタジオにおいては現時点では見出しにくい。 (放送局関係者 B)</p>
非機能要件に関する質問		
1	<p>今回の実験システムを実用化するにあたっては、運用上の要件として以下参考①~③が考えられると思いますが、このほかに求められるサポートとしてどのようなものがありますか。</p> <p>(参考) 非機能要件としての想定設定項目</p> <p>①本システムの起動が容易であること</p> <p>②顧客 (本システムの横展開先の顧客を含む) が持参するカメラ等機材を利用する際の技術サポート体制</p> <p>④ システムエラーやトラブルが発生した際の相談窓口設置</p>	<p>・ 送受信不具合時のバックアップ体制・サービスは必要。(制作会社関係者 A)</p> <p>・ 伝送が正しく行われているか (必要な映像クオリティが確保できているか) のリアルタイムモニタリングの仕組み。(放送局関係者 B)</p> <p>・ 本システムを使用できる (かつ慣れた) 技術スタッフも同時に発注できること。(制作会社関係者 B)</p> <p>・ 今回の実験システムを理解・把握しているスタッフ、慣れている経験のあるスタッフ (制作会社関係者 C)</p> <p>・ 不具合発生時の技術的及び予備機材等のサポート。(制作会社関係者 F)</p> <p>・ 導入コストの低額化 (施設事業関係者 B)</p>

#	アンケート項目	回答
業務フローに関する質問		
1	<p>【映像制作を行う放送事業者及び映像制作会社の方への質問】</p> <p>今回実験したシステムをワープステーション江戸で実用化した場合、以下参考①～⑥のフローを想定していますが、貴社が利用すると想定した場合に円滑な準備・当日の運用のため必要な項目としてどのようなものが考えられるでしょうか。</p> <p>(参考) 想定業務フロー</p> <p>①レンタル申込時に撮影エリア(ローカル 5G ネットワークエリア化が必要なエリア) のヒアリング及び利用マニュアルの交付</p> <p>②利用日までに現状の置局場所で当該エリアをカバーできるか判断</p> <p>③現状の置局場所でカバーできない場合は免許変更申請を行い基地局移設</p> <p>④撮影前までに電波状況の確認を実施</p> <p>⑤利用日当日は、機器等の交付とともに利用方法に係る説明実施</p> <p>⑥当日の不具合対応用に技術相談窓口を設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 持ち込み機材との互換性検証、VFX の CG アセットの流し込み及びロケハン。(放送局関係者 A) ・ 伝搬、映像クオリティの確認体制が必要。(放送局関係者 B) ・ ②③④が不要になる安定的な常設化(制作会社関係者 A) ・ 技術も含めて慣れた方々に発注することができるかと映像制作会社としては安心して使用することができる。(制作会社関係者 B) ・ 経験のあるスタッフや、慣れているスタッフは必要。(制作会社関係者 C) ・ 事前に撮影可能エリア MAP が欲しい。(制作会社関係者 D) ・ カバーできないエリアが発生した場合の、アンテナ位置の柔軟な変更。(制作会社関係者 F)
2	<p>【ロケ施設・スタジオのレンタルを行う事業者及びスタジオを有する放送事業者の方への質問】</p> <p>今回実験したようなシステムの横展開においては以下参考①～⑥のフローを想定しています。貴社が本システムを導入すると想定した場合、円滑な準備・運用のため必要な項目としてどのようなものが考えられるでしょうか。</p> <p>(参考) 想定業務フロー</p> <p>①カバーエリア、電波性能等機能要件、機器設置位置等の要望をヒアリング</p> <p>②現地調査に基づくシステム構成の設計、環境構築支援</p> <p>③L5G 免許申請支援</p> <p>④疎通試験・結合試験の実施</p> <p>⑤電波状況の確認手法についての説明・研修</p> <p>⑥技術相談窓口を設置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 撮影当日の現場での対応。(施設事業関係者 A)
運用体制に関する質問		

#	アンケート項目	回答
1	<p>今回の実験システムの運用体制については以下参考①～④を想定していますが、本システムの導入又は利用に係るサポートを行うために必要な体制構築についてご意見があればお聞かせください。</p> <p>(参考) 運用体制</p> <p>①NHK エンタープライズ (ワープステーション実装時) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワープステーション江戸の管理・運営、顧客窓口 <p>①NHK エンタープライズ (他施設展開時) : 営業窓口、コンサルティング主体、その他免許申請・手続、利用サポート</p> <p>②NHK テクノロジーズ : 技術相談窓口</p> <p>③stu : ソリューションアップデート</p> <p>④NEC ネットズエスアイ : ローカル 5G 基地局の保守管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・機器破損時の保険は求められる可能性がある。(放送局関係者 B) ・機器導入時のリース・レンタル相談窓口となる会社が入ると良い。(制作会社関係者 E)

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

ア) 実証会場における実装時のターゲット

ワープステーション江戸におけるローカル 5G 活用モデルは、システムを利用する事業者がターゲットとなる。ワープステーション江戸は、NHK や民間放送番組のほか、映画や配信コンテンツの撮影に利用されている。そうしたコンテンツ制作を行う事業者として、放送事業者のほか、映像制作プロダクション、イベント興行事業者が想定される。特に、生中継・生配信コンテンツや、演者の移動範囲が広い演出を想定する行うドラマやイベントコンテンツ、多数の出演者が同時に演じるコンテンツ、移動体目線で撮影を行うコンテンツ、複数エリアで撮影を行うコンテンツ等、新たな演出を試みたいというユーザーがターゲットとなる。また、株式会社 NHK エンタープライズがワープステーション江戸で撮影業務を行う際は自らシステムを利用する。

イ) システム横展開時のターゲット

ワープステーション江戸同様に撮影ロケ施設として運営を行う撮影ロケ施設運営事業者、撮影を行うためのスタジオを有する放送局・ケーブルテレビ会社がターゲットとなる。特に、実証会

場と同規模以上の広さで、移動を伴う撮影の利便性を提供したい事業者や、施設稼働率の向上による売上増加ニーズ（収益機会の拡大、収益回数増加）や、コスト削減ニーズ（撮影コスト削減、編集コスト削減）を有するユーザーがターゲットとなる。

b. 対象となるシステム

ア) 実証会場における実装対象のシステム

実証会場であるワークステーション江戸では、撮影ロケ施設を有償で貸し出す事業を行っている。実証終了後は当該施設に基地局と DAS アンテナによるローカル 5G システムを配置し、ロケ施設のレンタルに付加した任意利用のサービスとして、ケーブル及び中継車を必要としない撮影システムの利用によってワイヤレス撮影が可能なインフラを基本システムとして提供する。このシステムインフラを利用することにより、同時多発型ドラマ等の新たなドラマコンテンツの撮影が可能となる。基本システムにより、制作プロダクション等利用者がカメラ等の撮影関連機材のみを持ち込むことでシステムを利用できる環境を提供する。また、編集業務の合理化のためリアルタイム VFX システム（ソリューション②）の利用を希望する撮影事業者に対しては、リアルタイム CG レンダリングが可能なインフラをオプションサービスとして提供することを想定する。

まずは、2023～24 年度で、本実証実験で開発したシステム（ソリューション①）を改良したものを、本コンソーシアムメンバーを主管事業者とした一般消費者向けのコンテンツ制作で事業トライアル（ソリューション③「新たなドラマコンテンツ制作と展開」）を行い、システム改良を重ねながら、2025 年度より他の事業者へも利用拡大を図る。

なお、実証会場における実装対象のシステムの基本的な要件については（2）1）表 4-46 に準じるが、アンケート結果からは機能要件として 4K 等への対応が望まれていることが示された。

イ) 横展開対象のシステム

ワークステーション江戸以外の撮影ロケ施設運営事業者及び撮影スタジオを有する放送局・ケーブルテレビ会社に対しては、ワークステーション江戸と同じサービスインフラを展開することとし、ケーブル及び中継車を必要としない撮影システム（※トランスミッター&エンコーダー一体型システムを含む）、リアルタイム VFX システム（※任意のオプションとしての位置付け）を展開する。

横展開に際しては、NW 機器・システム構成機器一式を提供するほか、ロケ施設やスタジオ内のエリア設計、機材設置、運用方法その他導入に係るコンサルティング、保守管理を行う。以上により、ワークステーション江戸以外の撮影ロケ施設運営事業者は①と同様にこれらのシステムインフラを番組等制作事業者に提供し、放送局・ケーブルテレビ会社は自らの事業に利用することとなる。

一方で番組等制作会社に対しては2通りの展開のあり方が想定される。第1に、撮影ロケ施設運営事業者や放送局・ケーブルテレビ会社への展開と同様に、中継車を必要としない撮影システム・リアルタイムVFXシステムを展開する方式が考えられる。この方式による横展開に際しては、NW機器・システム構成機器一式を提供するほか、機材の接続・設定方法、運用方法その他システムの利用に係るコンサルティングサービス提供を行う。以上により番組等制作事業者は、自らの番組等の撮影場所が変わるごとに基地局等を移設し、ローカル5Gのエリアを構築した上でソリューションを利用することとなる。その際には、ヒアリング結果でも要望のあったケーブルを引くことの難しい、例えば世界遺産や文化財での導入事例も目指し、そうした提案をプロモーションとしての活用も検討していく。

第2に、エンコーダー&トランスミッター一体型システムのみを展開する方式が考えられる。この方式による横展開に際しては、NW機器等は提供せず、5Gエリアにおける接続・設定方法、運用方法その他のシステムの利用に係るコンサルティングサービスを行う。以上により、番組等制作事業者は全国の5Gエリアで番組等の撮影を行う場合にワイヤレスの撮影環境を構築・利用することとなる。

表 4-49 横展開対象のシステムの要件等

<p>想定 ターゲット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ I ロケ施設運営事業者、放送局・ケーブルテレビ事業者 ■ II 番組等制作会社
<p>提供 ソリューション</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ I ロケ施設運営事業者、放送局・ケーブルテレビ事業者への展開の場合 <ul style="list-style-type: none"> ・基本プラン：ケーブル及び中継車を必要としない撮影システムに係る機器一式及び導入コンサルティング ・オプション：リアルタイムVFXシステムに係る機器一式及び導入コンサルティング ■ II-1 番組等制作会社へのシステム全体の展開の場合 <ul style="list-style-type: none"> ・基本プラン：ケーブル及び中継車を必要としない撮影システムに係る機器一式及び接続・設定等運用コンサルティング ・オプション：リアルタイムVFXシステムに係る機器一式及び運用コンサルティング ■ II-2 番組等制作会社への一体型エンコーダー・トランスミッターの展開の場合 <ul style="list-style-type: none"> ・一体型エンコーダー・トランスミッター及び接続・設定等運用コンサルティング
<p>機能要件</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ I ロケ施設運営事業者、放送局・ケーブルテレビ事業者への展開の場合 前提条件：放送局ユーザーのサービス要求水準（伝送が安定していること、すな

	<p>わち映像のフリーズ・カクツキ・ブロックノイズの発生がときどき発生する程度であること。伝送遅延量については本報告書においては 500ms 以下であること)を満した上で以下を実現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ HD10 台 (20Mbps) の無線伝送が可能 ・ 上記に併せて、送り返し映像 10 台・タリー10 台・インカム 10 台の無線伝送が可能 ・ オプションにて、上記に併せてカメラメタデータ 10 台の無線伝送が可能 ・ ローカル 5G 基地局及びスイッチャー周辺機器類が可搬型使用可能 <p>■ II-1 番組等制作会社へのシステム全体の展開の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ I と同様 <p>■ II-2 番組等制作会社への一体型エンコーダー・トランスミッターの展開の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一般的なベンダのキャリア 5G 及びローカル 5G の基地局と接続が可能であること
<p>非機能要件</p>	<p>■ I ロケ施設運営事業者、放送局・ケーブルテレビ事業者への展開の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各システムの起動が容易であること ・ 展開先のロケ施設やスタジオにおける技術サポート体制が整っていること ・ システムエラーやトラブルが発生した際の問い合わせ先が明確であること <p>■ II-1 番組等制作会社へのシステム全体の展開の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 撮影場所の変化に対応したシステムの接続・設定が容易であること ・ 移設場所での環境構築時に技術サポート体制が明確であること ・ 免許申請が簡略化されること ・ システムエラーやトラブルが発生した際の問い合わせ先が明確であること <p>■ II-2 番組等制作会社への一体型エンコーダー・トランスミッターの展開の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 撮影場所の変化に対応したシステムの接続・設定が容易であること
<p>業務フロー</p>	<p>■ I ロケ施設運営事業者、放送局・ケーブルテレビ事業者への展開の場合</p> <ol style="list-style-type: none"> ①ローカル 5G ネットワークエリアとして設定するエリアに関する施設運営事業者との打ち合わせ ②シミュレーション等を踏まえた置局場所を設定 ③免許申請 (免許人は NHK エンタープライズ) を行い基地局設置、NW 機器・システム構成機器一式の納品 ④ロケ施設運営事業者が利用者に対して配布するユーザー向け利用マニュアル及びシステム運用者向け可搬型基地局設置ガイドラインの共有 ⑤デモ運用等を通じた運用方法の講習会の実施 ⑥不具合対応用に技術相談窓口を設置 <p>■ II-1 番組等制作会社へのシステム全体の展開の場合</p>

	①NW 機器・システム構成機器一式の納品 ②ユーザー向け利用マニュアル及びシステム運用者向け可搬型基地局設置ガイドラインの共有 ③デモ運用等を通じた運用方法の講習会の実施 ④不具合対応用に技術相談窓口を設置 ■ II-2 番組等制作会社への一体型エンコーダー・トランスミッターの展開の場合 ①一体型エンコーダー・トランスミッターの納品 ②ユーザー向け利用マニュアルの共有 ③デモ運用等を通じた接続・設定方法、運用方法に係る講習会の実施 ④不具合対応用に技術相談窓口を設置
--	---

c. ビジネスモデル

ア) 実証会場における実装に係るビジネスモデル

本実証システムに係る実証開始当初のビジネスモデルとして、下記の2種類を想定している。

(1) システムインフラ提供サービス（ソリューション①②に関して）

実証コンソーシアムの参加企業を中心として事業を運営することとし、技術相談窓口、保守管理及びソリューションアップデートに係る体制を構築する。マネタイズに関しては番組等制作会社に対してシステムインフラを提供することとし、当該システムの利用会社からはロケ施設利用料と別途システム利用料の支払いを受けることにより、投資回収を図る。

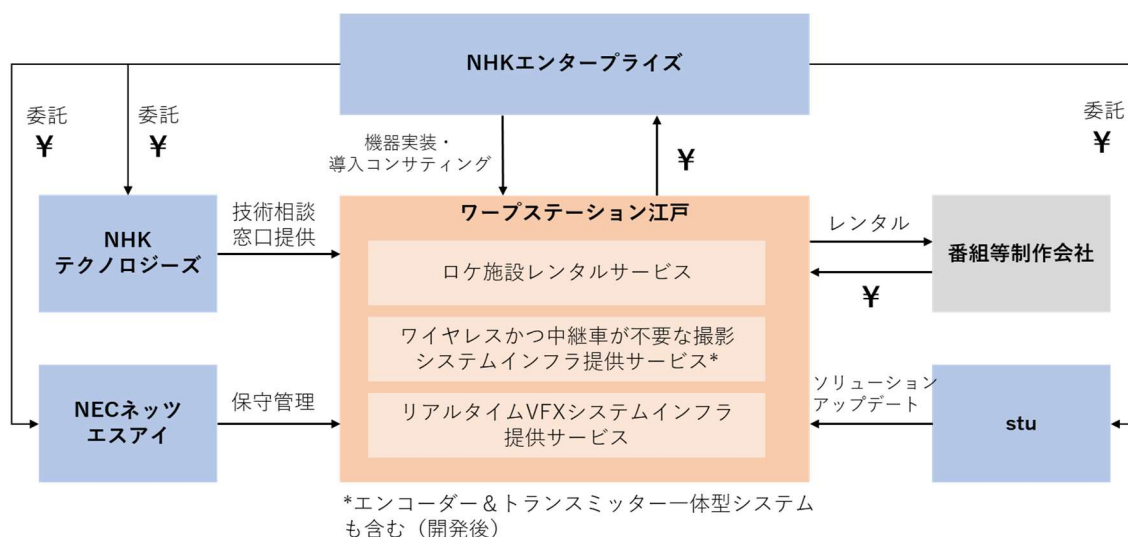


図 4-72 ワーステーション江戸における実装に係るビジネスモデル

(2) 新たなドラマコンテンツ提供サービス（ソリューション③に関して）

NHK エンタープライズが主管事業者となり、本システム（ソリューション①②）を活用して新たな

なドラマコンテンツを制作し、一般消費者に展開するサービスである。ユーザーはリアルライブイベント観覧・オンラインライブ視聴・アーカイブ視聴（後日、再編集版）の3種類の楽しみ方ができる。

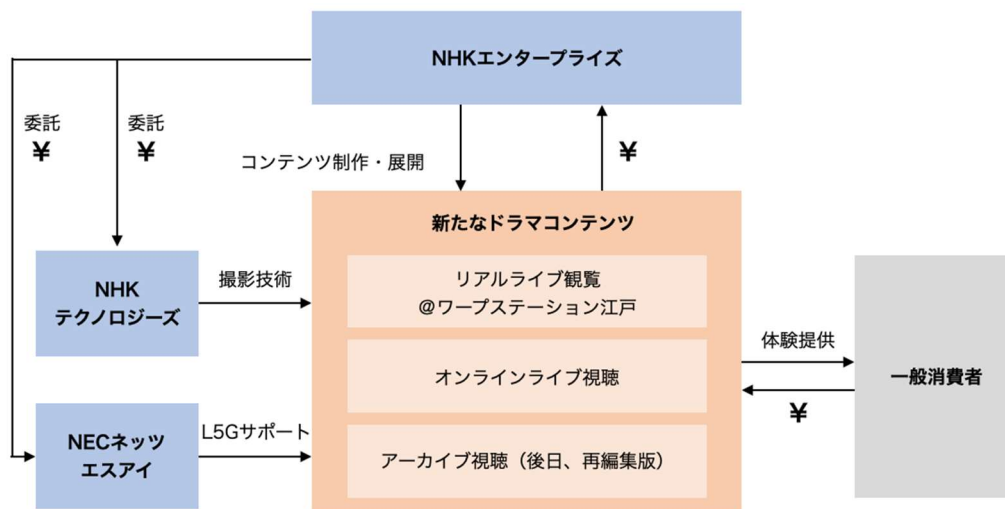


図 4-73 ワープステーション江戸における実装に係るビジネスモデル②

イ) 横展開に係るビジネスモデル

横展開に関しては、コンソーシアムにより、本システム（ソリューション①②）の導入や利用に係るコンサルティングサービスの提供を想定する。

(1) 撮影ロケ施設運営事業者又は放送局・ケーブルテレビ会社にソリューション①・②を展開する場合

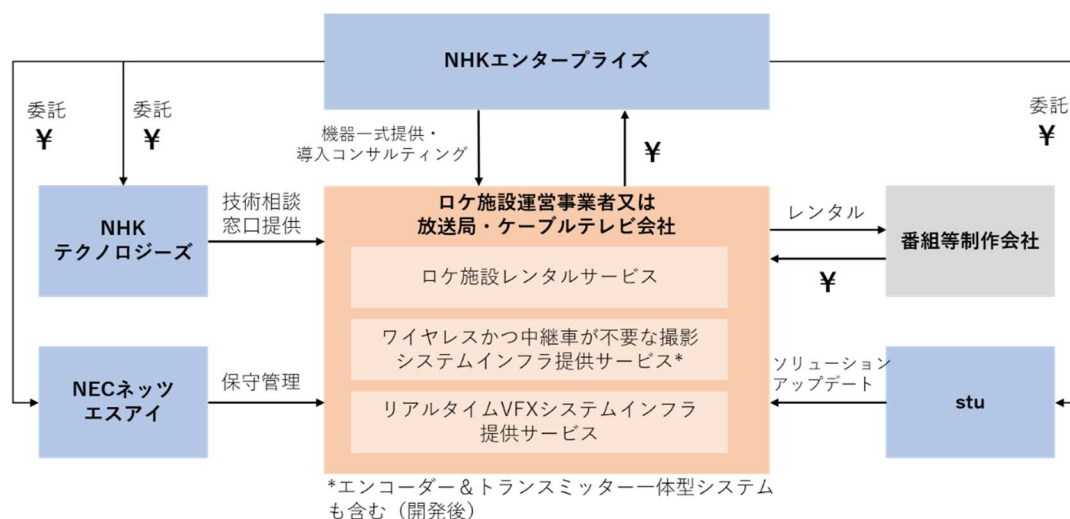
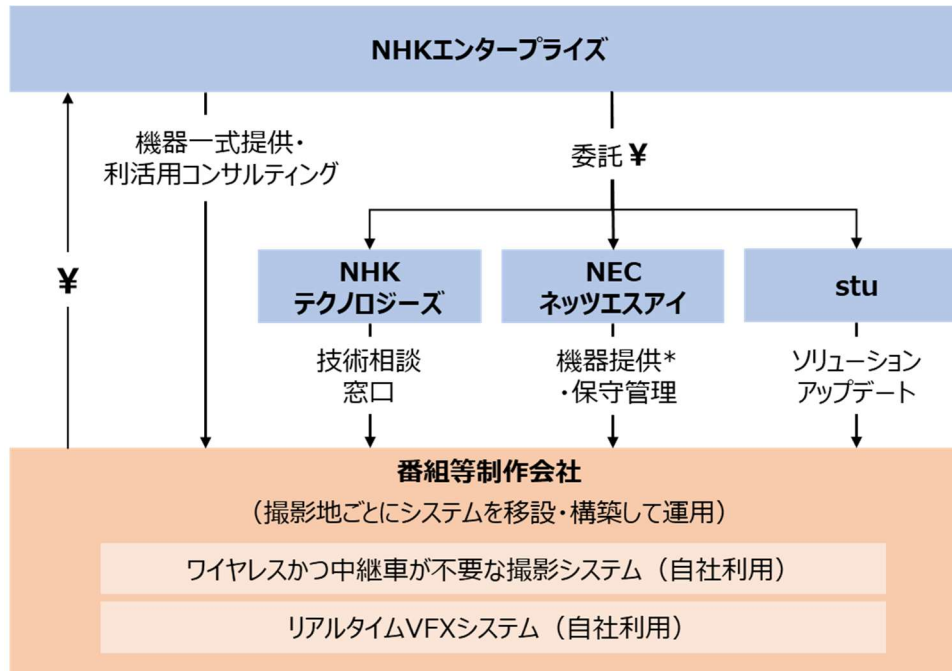


図 4-74 撮影ロケ施設運営事業者及び放送局・ケーブルテレビ会社への展開に係るビジネスモデル

(2) 番組等制作会社にソリューション①・②を展開する場合



*エンコーダー&トランスミッター一体型システムも含む(開発後)

図 4-75 番組等制作会社へシステム全体を展開する場合のビジネスモデル

(3) 番組等制作会社にエンコーダー&トランスミッター一体型システム (ソリューション①の一部) を展開する場合

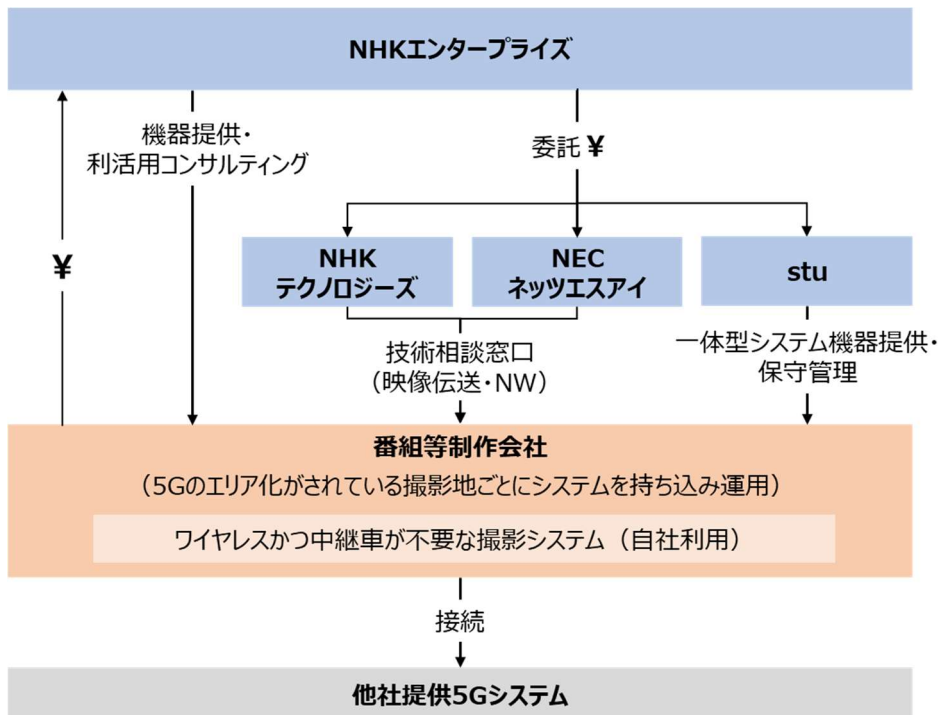


図 4-76 番組等制作会社へエンコーダー&トランスミッター一体型システムを展開する場合のビジネスモデル

2) 体制・役割分担

表 4-10 運用体制(再掲)

NHK エンタープライズ	ワープステーション江戸の管理・運営 実装・横展開を図るための取組（営業活動や導入に向けたコンサルティング等）の実施主体及び顧客窓口 本実証システムの免許申請・手続、利用サポート
NHK テクノロジーズ	技術相談窓口
stu	ソリューションアップデート
NEC ネットエスアイ	ローカル 5G 基地局の保守管理

3) 導入効果

4.3.1 で示した通り、本実証システムを導入することで大きな費用対効果（ワープステーション江戸における試算にて年間 65,700 千円の収入増）を見込むことができる。さらに、収入収益源向上の可能性についても、ワープステーション江戸と同様な、ドラマ収録等に使用可能な施設についても現場でのライブ観覧・ライブ配信・アーカイブ配信などのマルチユースによるマネタイズを実現できる可能性が示唆された。

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行

1) 検証項目

実装については、実証場所「ワープステーション江戸」は NHK エンタープライズが土地の賃借権を有し、管理・運営する施設であるため、NHK エンタープライズの意思決定のみで実現可能であることから確実な実装が可能である。さらに既に社内ステークホルダーの合意形成はなされており、本実証が採択された時点で正式に確定するので「本実証を実施すること＝実装すること」となる。

上記の通り実装することは確実なので、さらにその先の、ローカル 5G を活用した番組制作フローの効率化・合理化の「普及」について課題解決を進める。現在想定される課題とその解決実行策は下記の通りである。

■課題①

ターゲットである放送事業者・映像制作会社の、購買意思決定者及び現場の実稼働者が判断するための材料を揃えること

・解決実行策①-1

本実証において機能検証・運用検証・効果検証で明らかになる内容を踏まえて、導入条件及び導入効果について取りまとめた資料を作成し、営業ツールとしてターゲットに共有する。

・解決実行策①-2

本実証において、また本実証終了後のユースケース現場において見学視察会を実施する。

・解決実行策①-3

本実証システムを活用した番組制作を行いユースケースを蓄積し、HP での公開及び営業ツールにまとめターゲットに共有する。

■課題②

放送業界全体への周知・拡散し業界全体として課題と解決策を共有すること

・解決実行策②-1

解決実行策①にて生成した「導入条件及び導入効果の資料」「見学視察会」「ユースケース」について業界団体と共有する。

上記についての妥当性を検証することとした。

2) 検証方法

課題①については、放送事業者・映像制作会社の意見を明確化することが重要であるため、放送局及び映像制作会社関係者にアンケートを行うこととした。課題②については、業界全体の調整業務を担う団体等の意見を明確化することが重要であることから、本システムの活用が想定されるデジタルコンテンツ制作業界の普及推進団体関係者にヒアリングを行うこととした。ヒアリング項目は下表の通りである。

表 4-50 ヒアリング項目

	ヒアリング先	ヒアリング項目
課題①	・放送局関係者及び映像制作会社関係者 (役員、映像制作、技術担当)	・「導入条件及び導入効果の資料」「見学視察会」「ユースケース」のあり方について ・効果的な普及方法について
課題②	・デジタルコンテンツ普及推進団体関係者	

3) 検証結果及び考察

ターゲットである放送事業者・映像制作会社の、購買意思決定者及び現場の実稼働者が判断するための材料を揃えるという課題①については、対象者に対してアンケート調査を行った。具体的には、放送局関係者 2 名及び映像制作会社関係者 2 名の合計 4 名を対象にして 2 月 16 日・17 日に実証内容の説明会を開催し、2 月 16 日から 22 日の期間に回答を得た。本システムの理解促

進のための方策については、検証項目の項に記載の解決実効策のほか、ユーザーが試験的に利用できるよう簡易版での提供や、機器のリース・レンタルによる提供が求められていることが明らかとなった。また、システムの要件等の開示にあたっては、安定性・確実性、コストメリットを客観的に記載すること等の必要性がある点が確認された。

課題②については、デジタルコンテンツ推進団体関係者を対象に、実証ソリューションや技術についての説明とともにアンケート調査を行った。本システムの業界への普及推進のためには、演出の柔軟性とコストメリットのほか、省エネルギーや文化財保護といったサステナブルな制作ワークフローとして訴求してける可能性も示唆された。普及促進にあたっては、ジャンルごとにソリューションをパッケージ化することや補助金の活用が利用者の導入促進につながるとの見解も示された。

表 4-51 アンケート及びヒアリングの結果

対応課題	アンケート項目	回答
課題①	<p>本システムの提供に関して、ターゲットである放送事業者・映像制作会社の購買意思決定者及び現場の実稼働者の本システムに対する理解の促進を図るために、どのようなことが有効でしょうか。</p> <p>(参考) 利用推進方策の現在の想定案</p> <p>①本実証において機能検証・運用検証・効果検証で明らかになる内容を踏まえて、導入条件及び導入効果について取りまとめた資料を作成し、営業ツールとしてターゲットに共有する。</p> <p>②本実証において、また本実証終了後のユースケース現場において見学視察会を実施する。</p> <p>③本実証システムを活用した番組制作を行いユースケースを蓄積し、HPでの公開及び営業ツールにまとめターゲットに共有する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ スモールスタートできるような簡易版での試験導入が必要 (放送局関係者 A) ・ ③のユースケースの蓄積、公開が最も重要。(放送局関係者 B) ・ 設備投資を行う上で初期費用・ランニングコストの低減を図るため、リース・レンタルの提供によることが導入促進に必要。またその際、リース・レンタルの参考価格の提示が必要。(制作会社関係者 B)
	<p>より実効的な導入促進を図るために、上記の①～③又はお答えいただいたそれ以外の有効な方策について、具体的な実施方法 (実施主体、実施タイミング、実施態様等) について留意すべき点等があれば、ご意見があればお聞かせください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ (①に関して) 情報開示にあたっては、安定性、確実性、コストメリットを客観的に実感できる資料を提示する形で行うことが必要。(制作会社関係者 A) ・ (③に関して) まずはレス

対応課題	アンケート項目	回答
		トアのように NHK による活用が必要。(制作会社関係者 A)
課題②	<p>本システムの利用を推進するため、ターゲットである放送事業者・映像制作会社の購買意思決定者及び現場の実稼働者の本システムに対する理解の促進を目的とした以下の方策を実施予定ですが、貴団体がこれまで新たなソリューション・技術の普及・推進を行ってきたご経験から、想定案以外に本システムの普及・推進に有効と考えるものがあればお聞かせください。</p>	<p>1. ジャンルごとのパッケージ化：スポーツ中継、エンターテインメントステージ制作、ドラマ制作などジャンルごとにユースケースを積み重ね、それぞれをパッケージ化することが大切。撮影・中継システムを提供する企業が、こうしたパッケージを用意することが、利用者が簡単にこのシステムを導入・活用できる環境整備につながる。</p> <p>2. 演出の柔軟性と低コストをアピール：ローカル 5G ケーブルレス撮影・中継システムは、従来の有線中継システムに比べて柔軟性が高いため、準備や撤収が大幅に省力化され中継のコストが劇的に下がる。また、ある程度の研修で中継の実施が可能。そのため、放送局しかできなかったスポーツやイベント、祭りの中継なども自治体でも行えるようになる。</p> <p>3. 省エネルギー化の実現のアピール。従来の有線中継システムに比べて、ローカル 5G のケーブルレス撮影・中継システムは、設備の設置・運用コストが低く、トータルでの省エネルギー化が実現しやすい。これにより、放送局は経済的かつ環境に優しい放送活動を展開できる。</p> <p>4. 世界自然遺産、世界文化遺産、重要文化財などの建築物などケーブルを張ることが自然遺産や文化遺産、重要文化財を侵襲してしまう可能性があるところでの生中継が可能になり、多くの人がある魅力に接する機会を提供する。</p>

対応課題	アンケート項目	回答
		5. 補助金制度の導入 : ローカル 5G を活用したケーブルレス撮影・中継システムを導入するためには、投資費用が課題。政府が補助金制度を導入することで、撮影・中継システムの導入費用を低減し、企業や自治体が導入しやすくすることができる。(デジタルコンテンツ普及推進団体関係者 A)
	本システムの普及による放送業界・映像制作業界の業務の効率化・高度化を実現するため、貴団体とどのような連携があると思いますか。研究会やセミナーの場の活用、貴団体を通じた情報発信等、幅広くご意見をお聞かせください。	INTER BEE DCEXPO ×DCEXPO などの場でコンテンツ制作のための技術発信を行っている。このような場を通して、ローカル 5G を活用した放送システムの利用事例を具体的に示し、そのメリットを広く知ってもらうための普及活動を実施できる。 (デジタルコンテンツ普及推進団体関係者 A)

4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

ローカル 5G 活用モデルの実装に関わる各ソリューション及び横展開ビジネスモデルについて、実証実験の結果より課題を次のように整理した。

1) ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ

コンテンツ制作に必要となる安定な映像配信を実現するための課題としては、伝送レートと伝送チャンネル数に関する課題、電波伝搬に関する課題の 2 つが考えられる。

伝送に関しては、当初計画の 200Mbps 以上のアップリンク伝送は、TCP 等の再送要求を伴う伝送の場合の条件によるものであり、本実証では UDP でのカメラ映像伝送の課題があることが明らかとなった。実証実験及びラボ実験により得られた結果によると、最終的にラボ実験レベルで UDP

伝送により短い遅延時間で、準同期 TDD1 の際に 20Mbps×6ch、フィールドにおいても 同条件で 4～5ch のカメラ映像伝送の確認ができた。今後の実用化に向けては、帯域のさらなる増加とフィールドでの安定伝送が課題である。このために、現状では基地局や CPE の内部処理の調整が有効であると考えられる。なお、伝送レートの課題の中には、4K 等への対応も含まれている。

ローカル 5G の電波伝搬の安定性が確保できない課題については、DAS の安定性の向上とサービスエリアの確保が挙げられる。DAS の動作は電源投入順序や温度などの影響で不安定となる現象が観測されている。また、サービスエリアは DAS により拡大できることは実証できたが、アンテナの特性から電波の届く範囲が限られており、距離が少し離れると安定性が劣化する現象もあった。例えばメッシュ化などにより、サービスエリア内の安定伝搬が実現することを期待したい。

このような伝送系機器と伝搬環境に対して適切な施策を行うことにより、これまでに観測された映像のフリーズや欠落、ブロックノイズ等による品質の低下、及び映像等の遅延時間がライブのコンテンツ制作をする際に許容できる範囲に収まることが期待される。また、本実証のユースケースでは対応予定がなかったが、建物内のシーン撮影や降雨降雪時対応といった場合に生じる課題も考慮していく必要がある。

2) リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション

本実証において、ライブ配信を想定した際のリアルタイム CG レンダリングにおける映像同期の遅延時間が映像合成をする際、レンズデータはエンコードの遅延が発生しないため、映像より早く CG 作画機に届き、CG 作画の遅延と映像の遅延は差がなくなることを確認した。本実証において、事前の VFX 作成による現場での CG 合成を確認でき、的確な CG の位置把握により合成予定位置への被りやカメラアングルのミスショットを減らし、後処理の負荷とかかるコストが減ることを示すことができた。ただし、プレビズとポスト処理で使用する CG は、現状では別々に用意する必要があるため、プレビズによるコスト増は課題である。映像伝送の遅延時間をより短くすることは映像制作では有効なため、遅延時間を短くする対応は継続した課題となる。また、本実証実験のスコープ外ではあるが、リアルタイム合成可能な CG の品質を上げることでポストプロダクションの後処理をさらに少なくすることが期待できる。

3) ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション

本実証により、準備時間を短縮すること、中継車等を利用せずに済むことによるコスト削減の可能性を示すことができた。ただし、制作ソリューションの導入時には、施設利用費等を高く設定することになるので、ローカル 5G を活用することによるメリットを施設運用者、及び利用者に周知する必要がある。また、今回の実証により、カメラ一体化パッケージの有用性を示したが、実現に向けてはカメラメーカーやローカル 5G のチップベンダーとの連携した開発が必要であることが、普及に向けた課題となることが明らかになった。

4) 横展開ビジネスモデル

運用面においては、本実証地であるワープステーション江戸よりも建築物が多い場合や、屋内ロケの場合に加えて、生中継やカメラ1台バージョン、4K8K対応といった本実証のスコープ外における利用シーンにおける検証が必要である。これに付随して、非機能要件として、技術サポート窓口の設置に留まらず、撮影当日にローカル5Gの無線に係る知見を有する者が現地対応によりサポートすることの要望が強くあったため、実装時における現地サポートの充実が課題である。

(2) ローカル5G活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

ローカル5G活用モデルの実装に関わる各ソリューション及び横展開ビジネスモデルについての課題に対する解決策の検討を行った。

1) ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ

まずUDPでのカメラ映像伝送の伝送レートと伝送チャンネル数に関する課題に対して、当該課題については機能検証において解決策の検証方法及び結果を示している。さらに、引き続きコンソーシアムメンバーならびに東大ラボとの連携により、ファームウェアの更新により伝送レートの向上が期待できることから改善確認を進める。この改善により、4K等への対応についても確認を進めることが期待される。

電波伝搬に関する課題について「屋内のローカル5Gの伝搬特性及び、反射等による干渉等、激しい降雨や降雪による電波減衰の影響といった本実証のユースケースでは対応予定がない場合のあり方」については、ユースケースを実施しその結果を記録することが重要である。実装時・横展開時のターゲットであるロケ施設運営事業者、放送局、番組等制作会社の関係者に対して実務を想定して検証が必要なケース・環境を取材したところ下表の結果となった。

表 4-52 検証が必要な自然環境に関するアンケート結果

質問内容	回答
今回の実験システムは、適用環境によっては十分な電波性能を発揮できず運用不可となる可能性があることから、次年度以降様々な環境下で運用時のデータを蓄積していくことも想定しています。以下の環境以外に本システムの適用上、課題が生じうる環境・条件があればご意見をお聞かせください。 (参考) 本システムの運用が困難な可能性のある環境 ・ 降雨・降雪時の撮影 ・ 積雪時の撮影	・ 水族館や農業用ハウスなど多湿環境の環境 ・ 高温時、低温時。安定した電源が確保できない環境 ・ 強風時の環境（電波塔の強度の観点） ・ 遠距離に卓とロケ場所がある環境

次年度以降は上記のような環境の下でのユースケースで実証を行い、ユーザー向けオペレーションマニュアル及びシステム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドラインを更新していく。

2) リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション

まず遅延時間を短くする方法については、①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージに記載した内容と同様に基地局や CPE の調整に加えて、システム機材の選定と実証地におけるローカル 5G の電波伝搬の安定性が確保できないという課題がある。こちらはソリューション①の検証項目に詳細は譲る。CG の品質向上については、本実証ではスコープ外ではあるものの、リアルタイム合成可能な CG の品質を上げることで、プレビズとポスト処理の CG を共通化することによるコスト削減や、ポストプロダクションの後処理をさらに少なくすることが期待できる。また、CG 合成に使えるカメラ等の撮影機材が安価になることでコストを軽減することも期待され、将来、インカメラ VFX の技術が進化し、ポストプロ処理が必要のないレベルに達すれば、格段にコストダウンすると考えられる。コンソーシアム内の CG エキスパートメンバーの知見も活かして、CG 制作スキームやソフトウェア等に関して、内外の動向を注視しながら、コスト削減可能な新たな対応策の検討を行う。

3) ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション

まず運用面における課題である「無線化による撮影の自由度向上は魅力があるが、機材コストとの兼ね合いから、導入に踏み切らせるためには、より多くのメリットを示す必要があることが課題」については、本実装シナリオでは、本年度だけでなく次年度以降も異なる事例のユースケースを増やすことを計画しているため、それらを通じて当事者としての制作関係者及び実績が増え、演出・表現が多く生まれ、向上効果が高いものが現れると考えられる。また、カメラメーカーやローカル 5G のチップベンダーとの連携した開発についても、コンソーシアムメンバーより関連各社より打診し、カメラ一体化パッケージの開発に向けた取組みを進める。

続いてローカル 5G を活用することによるメリットを施設運用者、及び利用者に遡及する必要があるという課題についても本年度のライブ配信についての高いニーズを含んだアンケート結果をもとに次年度以降についてのユースケースにもライブ配信の実施を反映させることで、収益源向上の可能性が高いことを施設運用者及び利用者に周知する機会を増やしていく。

4) 横展開ビジネスモデル

まず運用面における課題である「本実証のユースケースでは対応予定がない場合のあり方」については、①ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージに記載した内容と同様に、ユースケースを実施しその結果を記録することが重要である。実装時・横展開時のターゲットであるロケ施設運営事業者、放送局、番組等制作会社の関係者に対して実務を想定して検証が必要なケース・環境を取材したところ下表の結果となった。

表 4-53 検証が必要な施設環境・撮影環境に関するアンケート結果

質問内容	回答
<p>今回の実証実験では、対象外であった撮影環境について、必要に応じて次年度以降運用データを蓄積していくことも検討しています。以下の撮影環境以外に本システムの適用上課題が生じうる環境・条件があればご意見をお聞かせください。</p> <p>(参考) 本システムの運用が困難な可能性のある撮影環境（屋外ロケ施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロケ施設の建物密集地での撮影 ・ロケ施設でアンテナを屋外設置した場合の屋内での撮影 ・ロケ施設内の水面反射が発生する場所での撮影 ・車載カメラ等端末移動速度が速い場合の撮影 	<ul style="list-style-type: none"> ・木造・鉄骨など構造体が異なる環境 ・移動体のスピードが異なる環境 ・海上の環境 ・電波塔や管制塔など既存送受信施設との干渉が生じうる環境 ・電波等からカメラまでの人被りが避けられない環境 ・他電波を発する機器を併用した撮影

次年度以降は上記のユースケースで実証を行い、ユーザー向けオペレーションマニュアル及びシステム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドラインを更新していくとともに、サポートサービスのあり方を検討する。

4.3.4 ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開

(1) 実装・普及展開シナリオ

2023 年度・2024 年度は NHK エンタープライズが主体となりコンソーシアムメンバーの協力のもと、ワープステーション江戸に実装しトライアル事業を行う。トライアル事業としては、本実証実験で開発したシステムを活用して、新たなコンテンツ制作を行い、一般消費者向けに有料課金によるサービス実証を行う。このトライアル事業により、本実証で明らかになった課題（基地局及び受信機の安定受信、トランスミッター&エンコーダー一体型システムの商用化開発など）に対する検証とシステムバージョンアップやさらなるユーザーニーズの抽出を行いシステムの品質強化を実現する。同時にローカル 5G 活用モデルのユースケースとして世間への公表を進め、2025 年度を目標に本格実装を行う。2025 年度は、ターゲットである放送事業者及び映像制作会社等の利用実績を作ることを目標（2021 年度利用実績 38 社に対して制約率 10%として 3~4 件）とする。

2025 年度の実績をもとに本システムの活用に注目と信頼が生まれることを想定し、本システムの利用を目的としたユーザーが増えワープステーション江戸の利用率の向上を目指す。この結果を持って、普及展開（横展開）として撮影ロケ施設やスタジオ施設への導入を進める。

本実証では、以下 3 つのソリューションを実証対象としている。

ソリューション①：カメラ等の各機材をワイヤレス化してデータを無線伝送するとともに、中継車を不要化して柔軟かつ効率的な撮影を可能とする「ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ」

ソリューション②：ソリューション①を前提とした、CG の編集工程を効率化する「リアルタ

イム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション」

ソリューション③：ソリューション①を活用した「ローカル 5G を活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション」

ソリューション②と③はソリューション①を前提としている。

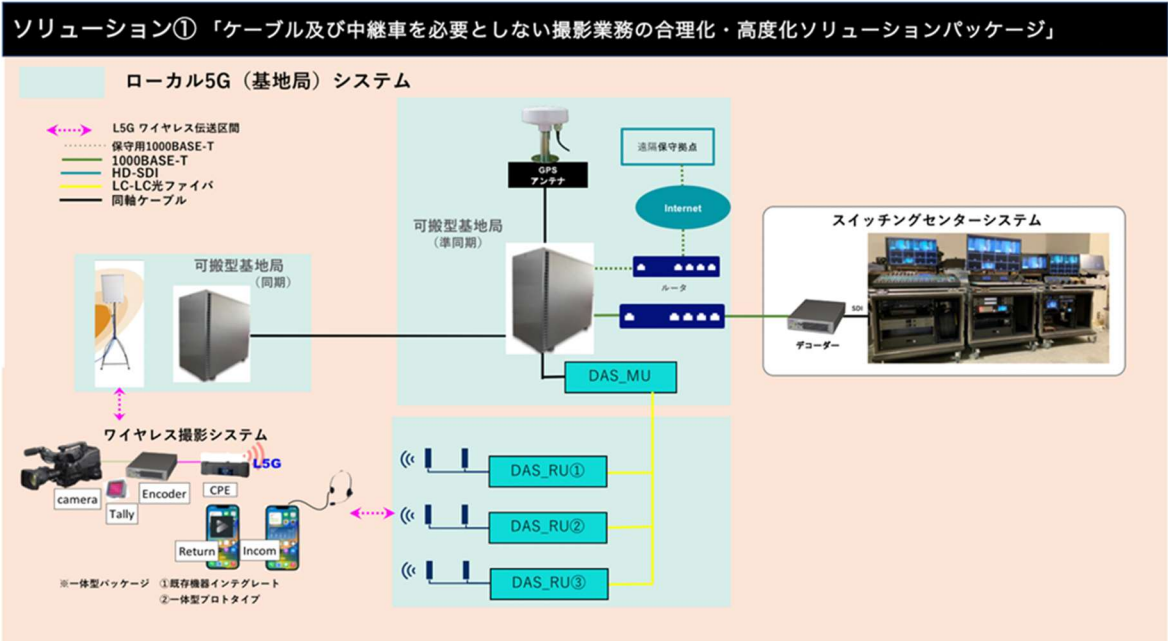


図 4-77

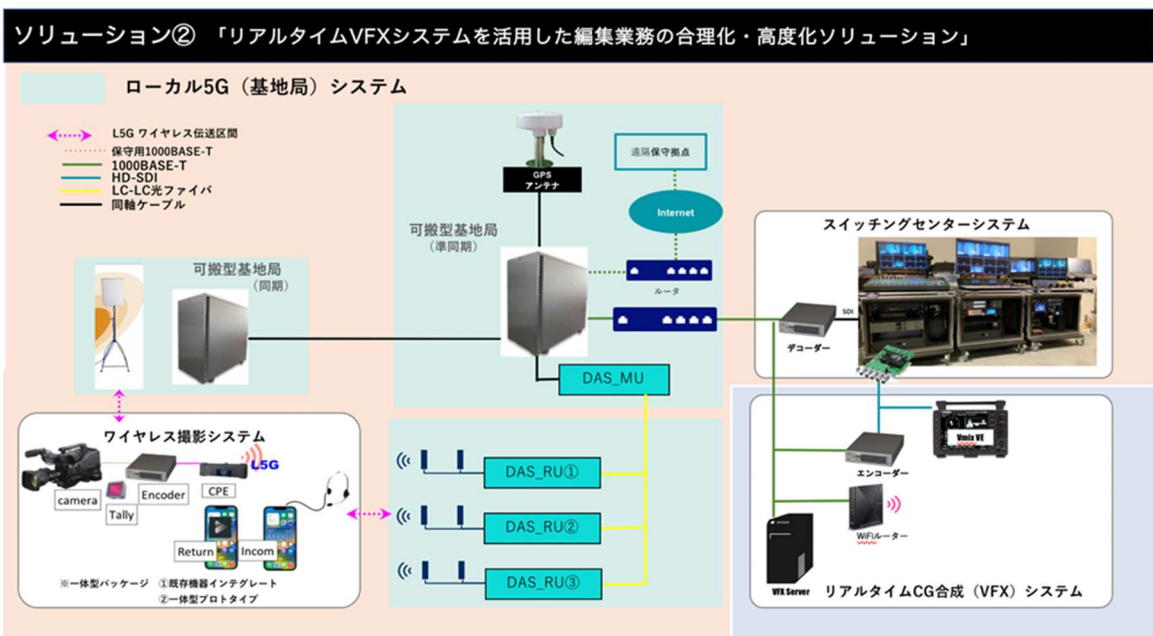


図 4-78

ソリューション③ 「ローカル5Gを活用した新たなドラマコンテンツ類型の制作ソリューション」

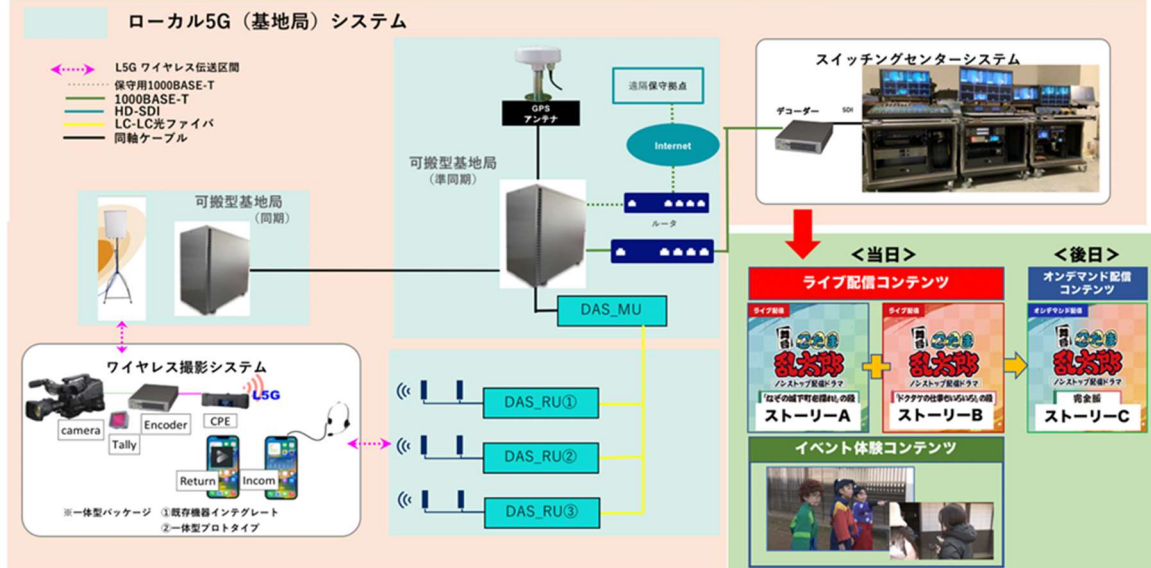


図 4-79

上述の通り、ソリューションは互いに関連するものであるため、本項では、本格実装時の姿・現時点での課題（ミッシングピース）・その解決策の詳細について、提供費用及びコスト・ソリューションの性能・プロモーション・運用面・ルールメイキングといった項目ごとに、各ソリューションとの対応を示した上で整理する。

①提供費用及びコスト

<本格実装時の姿>

ケーブルレス化による費用削減効果及び編集作業の効率化による費用削減効果と同等金額以下の提供費用になっている。[ソリューション①～③]

<現時点の課題ミッシングピース>

1) 基地局及び受信機について、実証で明らかになった課題を解決した改良バージョンの提供可能費用が未定であること。今回の実証では、当該の基地局及び受信機を利用した「ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務」の費用は 5,140 千円で、従前のシステムより 5,080 千円のコスト削減が試算結果を得て、利用者側と供給側の両者の費用対効果が 0 以上になる結果となったが、今回の実証で明らかになった課題を解決した改良版の基地局及び受信機を前提に、再度費用対効果の算出を行い、顧客が導入に合意可能な価格設定（ケーブルレスによる費用削減効果と同等金額以下）を行う必要がある。[ソリューション①]

2) 本実証実験で利用した拡張アンテナは、現在未発売の製品であること。拡張アンテナは、上記 1) と同様「ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務」への活用に含まれる機材であり、費用対効果は上述の通りで、製品化された場合の提供価格により再度費用対効果の算出を行い、顧

客が導入に合意可能な価格設定（ケーブルレスによる費用削減効果と同等金額以下）を行う必要がある。[ソリューション①]

3) トランスミッター&エンコーダー一体型システムについては、現状では製品化されたものがなく、まず顧客が購入可能な価格感の調査が必要である。顧客に提供するソリューションとしては1)・2) と一連のものであるため、提供費用については、今回実証で効果が明らかになった上述の金額を比較基準として、製品化時点での機材を前提に、再度費用対効果の算出を行うことが必要である。[ソリューション①]

4) リアルタイム VFX システムについて、顧客が利用可能な価格設定（編集作業の効率化による費用削減効果と同等金額）を行う必要がある。従来の VFX フローの費用が 750 千円（ドラマ内 5 カットを想定）であるのに対して、本実証では 2400 千円で、1650 千円のコスト増となる試算を得た。しかし、このコスト比較では、従前のシステムでは CG の正確な位置が現場ではわからないため、編集室で確認の上再度取り直しをするというコストが反映されていない。また、本システムによる演出クオリティの向上効果も加味する必要がある、従前のシステムとの単純なコスト比較はできないという考察を得た（4.3.1 に詳しい）。これらの状況に加えて、VFX 合成に使えるカメラ等の撮影機器の提供価格が安価になることを前提に、再度費用対効果の算出を行う必要がある。[ソリューション②]

<解決策>

1) 基地局及び受信機について、2023～2024 年度の実装においては現状の基地局・受信機をアップデートしながらトライアルを実施し提供コスト削減のあり方を検討する（担当：NESIC）。2025 年度までには商用版としての開発を完了し、ビジネスモデルの収支構造を策定する（担当：コンソーシアム）。また、本実証では取り扱わなかった他社の基地局・受信機についても継続的にリサーチし、比較検討を行う（担当：コンソーシアム）。[ソリューション①]

2) 本実証実験で利用した拡張アンテナが製品化したタイミング（2023 年 12 月を予定）でビジネスモデルの収支構造を検討する（担当：NESIC）。また、本実証では取り扱わなかった他社のアンテナについても継続的にリサーチし、比較検討を行う（担当：コンソーシアム）。[ソリューション①]

3) トランスミッター&エンコーダー一体型システムについて、本実証では PoC の位置付けとなるので商用向けの開発が必要になる。2023 年度は開発パートナーとのアライアンス締結と同時に、市場調査を行い出資金計画を策定する（担当：NHK エンタープライズ）。出資金回収が不可能と見込まれる場合は、海外製品の日本展開推進の検討と他社製品のリサーチを行い比較検討する（担当：コンソーシアム）。[ソリューション①]

4) リアルタイム VFX システムは、ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージに付随する関連システムとの位置付けで、23-24 年度に行うソリューション①の性能向上を前提にサービス化の検討を行う。本システムは、使用するカメラ機材により提供するサービス価格が異なるため、機材の比較検討と顧客が利用可能な価格設定の検討を、ソリューション①の性能向上と並行して実施する。（担当：コンソーシアム）。[ソリューション②]

②ソリューションの性能

<本格実装時の姿>

1) 基地局及び受信機について、放送局ユーザーのサービス要求水準（伝送時の安定した接続）に達している。具体的には、放送番組として求められる 20Mbps 以上のビットレート（同時接続 5 台以上）で、番組制作におけるスイッチング等の実施に影響がない 500ms 以下の遅延量で、安定した映像伝送がサービス要求水準となる。

[ソリューション①]

2) トランスミッター&エンコーダー一体型システムが商用化されている[ソリューション①]

3) リアルタイム VFX システムが放送局ユーザーのサービス要求水準（遅延時間として運用上の許容範囲に入る 700ms 程度以内）に達している

[ソリューション②]

<現時点の課題ミッシングピース>

1) 基地局及び受信機について、放送局等ユーザーのサービス要求水準（上述の数値）に関して、本実証では 500ms 以下の遅延量は確認できたが、同時接続 5 台以上で 20Mbps 以上のビットレートの確保については改善が必要である。[ソリューション①]

2) トランスミッター&エンコーダー一体型システムの新規開発版について、本実証では PoC の位置付けとなるので商用向けの開発が必要になる。[ソリューション①]

3) リアルタイム VFX システムについて、ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ（ソリューション①）に付随する関連システムとの位置付けであるため、上述 1)2)の課題が前提となる。

<解決策>

1) 基地局及び受信機について、2023～2024 年度の実装においては現状の基地局・受信機をアップデートしながらトライアルを実施し、課題解決を進める。2025 年度には商用版として開発を完了する（担当：NESIC）。[ソリューション①]

2) トランスミッター&エンコーダー一体型システムについて、本実証では PoC の位置付けとなるので商用向けの開発が必要になる。2023 年度は開発パートナーとのアライアンス締結を行い、2024 年度に商用開発を実施する。2025 年度から販売を行う（担当：NHK エンタープライズ）。[ソリューション①]

3) リアルタイム VFX システムについて、ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ（ソリューション①）に付随する関連システムとの位置付けであるため、上述 1)2)の解決策が前提となる。

③プロモーション

<本格実装時の姿>

本システムが放送局等ユーザーにとって有効であることが広く周知されている。[ソリューション①～③]

<現時点の課題ミッシングピース>

2022 年度の実証実験結果や 2023～2024 年度に実施予定の実施結果について周知拡大するための動画や資料など営業プロモーションツールの準備とプロモーション手段の選定が必要である。

[ソリューション①～③]

<解決策>

2022 年度の実証実験の結果や 2023～2024 年度のトライアル内容・結果について、プレスリリースの発出を行うとともに、コンソーシアムメンバーのコーポレートサイト等で掲出するなど情報発信を行う。また、実証結果やトライアルの結果をもとにセールスシートを作成し、ターゲットとなる放送局や施設運営関係者等に営業活動を行う（担当：コンソーシアム）。このほか、ワーブステーション江戸の視察会の開催や、技術展示会（InterBEE 等）で事例紹介を行い広く業界関係者に訴求する（担当：NHK エンタープライズ）。[ソリューション①～③]

④運用面

<本格実装時の姿>

本システムが安定的に運用できるように、利用ガイドやシステムオペレーションマニュアル、不具合対応が整っている状態になっている。[ソリューション①②]

<現時点の課題ミッシングピース>

上記「②ソリューション性能の本格実装時の姿」に記載したサービス要求水準を前提としたシステム利用ガイドとオペレーションマニュアルに改版するとともに、不具合が生じた場合に即時対応ができる運営体制やシステムの確立が課題である。[ソリューション①②]

<解決策>

2023～2024 年度のトライアルを行いながら、システム利用ガイドとオペレーションマニュアルのバージョンアップを行う（担当：コンソーシアム）。[ソリューション①②]

現場で使用している際に生じるシステムの不具合に対応できる連絡とサポート体制を構築する。今回の実証実験で行った運用スキームに関するアンケート調査では、不具合発生時の技術的サポートとともに予備機等のサポートに対するニーズもあった。サービスの提供の業務フロー、連絡体制図を作成し、ユーザーに必要な情報や機材を滞りなく提供する（担当：コンソーシアム）

[ソリューション①②]

また、定期的にローカル 5G の特性や本システムの勉強会を実施する（担当：コンソーシアム）。

[ソリューション①②]

⑤ルールメイキング

<本格実装時の姿>

実装現場のエリア内で、演出要件ごとに撮影ポイントが自由に選択できること。リハーサル等の結果を反映して、演出カバーエリアを自由に選択できるようにエリア内のアンテナの位置を状況に応じて変更できること。[ソリューション①③]

<現時点の課題ミッシングピース>

本ローカル 5G システムは基地局と DAS を一連としてカバーエリアを柔軟に広げることができるが特徴であるが、現状では、アンテナ設置位置・向きを変更する場合、都度申請が必要である。[ソリューション①③]

<解決策>

屋外における基地局の空中線移設に関しては、現状のニーズを背景に、総務省にて免許手続及び検査の簡素化が検討されている。総務省新世代モバイル通信システム委員会では、“基地局免許申請時等に予め、複数の空中線設置予定地点において他者土地への干渉を与えないことを確認できるのであれば、確認を行った予定地点に空中線を移設する場合に変更を届出で認めることが適当である”との指摘もある。こうした簡素化の動きを見据えて、23・24年度のトライアルでも実装エリア内で他土地への非干渉の確認を行い、現場でのアンテナ設置の自由度を高めて、演出側が要求する撮影ポイントに柔軟に対応できるようにする。(担当：コンソーシアム) [ソリューション①③]

(2) 実装計画

1) 実装計画の作成方法

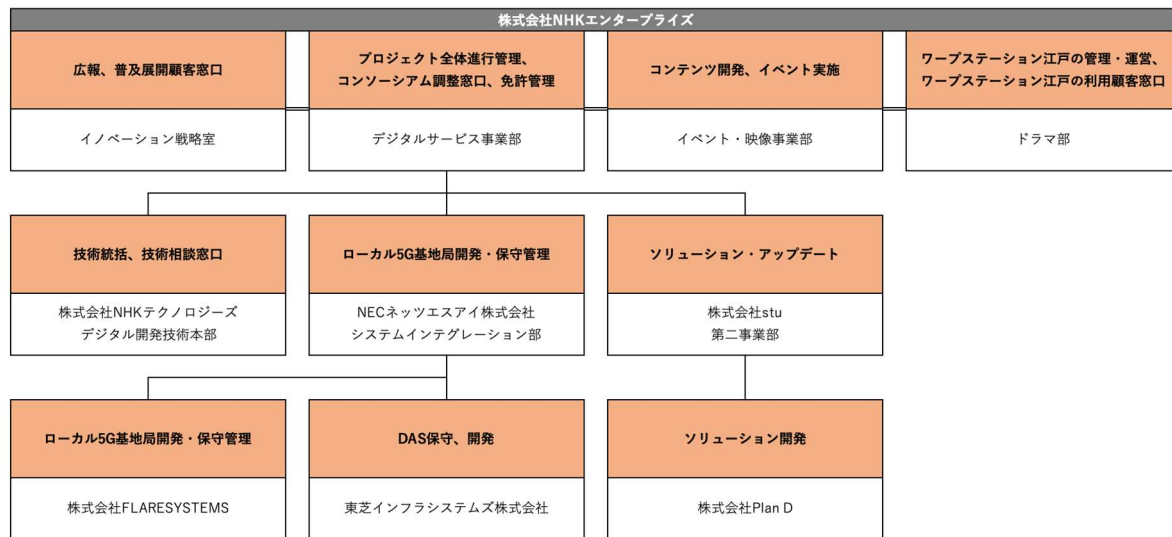
実施計画は、今回の実証実験結果を踏まえ、コンソーシアム内の協議により作成を行った。前述の通り、精緻化に関しては、各検証を踏まえてコンソーシアム内で協議した。前述の通り、ソリューション②及び③の前提となっているソリューション①に関して、基地局及び受信機について、放送局等ユーザーのサービス要求水準（伝送時の安定した接続）に関する改善と、トランスミッター&エンコーダー一体型システムの新規開発版については、商用向けの開発が必要になることから、2023 年度～2024 年度は本システムを活用した事例を重ねながら、継続的な技術検証と開発を行う計画を立てる。

2) 実装計画の要約

■実装計画要約シート

開 12 代表	株式会社 NHK エンタープライズ	分野	文化・スポーツ
---------	-------------------	----	---------

機関名			
実証件名	ローカル 5G を活用したドラマ映像制作の合理化に向けた実証		
実施体制	下図の通り。		



		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)	令和10年度 (2028)	令和11年度 (2029)	令和12年度 (2030)
実装計画	<ソリューション①-1>	開発実証	性能改善・開発	本格実装	普及展開 (他施設への展開)					
	<ソリューション①-2>		実装・トライアル利用							
	<ソリューション②>		課題対応・商品化	オプションメニューとしてサービス提供						
	ローカル 5G システム		性能改善・開発 ～サービスメニュー検討	実装						

収支計画 (千円)	(1)ユーザーから得る対価		56,000	112,000	168,000	168,000	168,000	168,000	168,000
	(2)補助金・交付金		0	0	0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))		56,000	112,000	168,000	168,000	168,000	168,000	168,000
	(4)ネットワーク設置費		5,000	10,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
	(5)ネットワーク運用費		2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880
	(6)ソリューション購入費		8,260	0	25,000	0	0	0	0
	(7)ソリューション開発費		51,000	192,000	126,000	126,000	126,000	126,000	126,000
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))		67,140	204,880	168,880	143,880	143,880	143,880	143,880
	(9)収支((3)-(8))		-11,140	-92,880	-880	24,120	24,120	24,120	24,120

収入、支出の詳細は、支出計画参照。実装計画における各ソリューションは以下の通り。

<ソリューション①-1>ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ

<ソリューション①-2>トランスミッター&エンコーダー一体型システム

<ソリューション②>リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション

※2026 年度以降、24,120(千円)の収支差で、2030 年度で 15,700(千円)の累積黒字の計画である。

※以下、原価率はコンソーシアムメンバーが実施する制作業務の実績値に準ずる。

新たなドラマコンテンツ制作の収入根拠については、過去に実施した配信事業の実績をもとに算出。

支出部分については本実証の実績をもとに算出。

		どのようにして(手段、取組方法、アウトカム)	いつまでに
実装を 確実に する ための 取組	提供コスト低減	機器提供元のフレアシステムズや東芝インフラシステムズ等のベンダと基地局を含めたネットワーク機器の今後の提供価格の見込みについて聞き取りをしながら低減の可能性等について検討する。	2023 年度中
	ソリューション追加開発	ユースケース蓄積及び開発投資により、各ソリューションのノウハウ蓄積及び一体型システム開発を行う。	2023～2024 年度
	顧客開拓	広く社会的な認知を獲得するため、コンソーシアムからプレスリリースの発出を行うとともに、放送関連団体を通じた情報発信に向けて協議を行う。このほか、取材対応等の様々な機会をとらえて実証システムの周知・広報を展開する。関連する団体への紹介等も実施。	2023～2024 年度
	運用面の改善	一体型システム開発により、ソリューションの運用改善を実施する。	2023～2024 年度
	ルールメイキングへの貢献	本実証地でユースケースを蓄積し、視察会・広報活動を通して、免許制度の簡略化へのニーズに関して、学識経験者へ情報提供を行い、上位機関への提言等に協力する。	2023～2024 年度
<p>計画した収入を下回った場合の対応方法(資金調達など) コンソーシアム内や他の事業者による共同出資のあり方などを協議するほか、機材開発を伴うものに関しては、共同開発パートナー探しも行う。</p>			

a. 実施体制

<株式会社 NHK エンタープライズ>

- イノベーション戦略室: 広報、普及展開顧客窓口
- デジタルサービス事業部: プロジェクト全体進行管理、コンソーシアム調整窓口、免許管理
- イベント・映像事業部: コンテンツ開発、イベント実施
- ドラマ部: コンテンツ開発、ワープステーション江戸の管理・運営、ワープステーション江戸の利用顧客窓口

<株式会社 NHK テクノロジーズ>

- デジタル開発技術本部: 技術統括、技術相談窓口

<NEC ネットエスアイ株式会社>

- システムインテグレーション部: ローカル 5G 基地局開発・保守管理
- 東芝インフラシステムズ株式会社: DAS 保守、開発
- 株式会社 FLARESYSTEMS: ローカル 5G 基地局開発・保守管理

<株式会社 stu>

- 第 2 事業部: リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション開発のアップデート
- 株式会社 Plan D: リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション開発、トランスミッター&エンコーダー一体型システムの開発

b. 実装計画（実施事項）

主体者は特記がない箇所については、NHK エンタープライズが主体となりコンソーシアムメンバーの協力のもと実施する想定である。自主事業についても、NHK エンタープライズが主体となりコンソーシアムメンバーの協力のもと実施する事業である。

<表 4-54: ソリューション①③

: ケーブル及び中継車を必要としない撮影業務の合理化・高度化ソリューションパッケージ>

2023 年度 ↓ 2024 年度	実装	本実証システム（ローカル 5G 基地局）をワープステーション江戸に設置
		ローカル 5G 基地局の保守・メンテナンス（年間）※主体：NESIC
	トライアルの実施	新たなドラマコンテンツの制作と展開（2023 年度は 2 回、2024 年度は 4 回想定）
		上記に合わせて、基地局・受信機のアップデート※主体：NESIC

	性能改善・開発	サービス要求水準を達成するシステムの開発※主体：NESIC
		他社基地局・受信機のリサーチ・比較検討
		提供コスト削減策の検討～ビジネスモデルの収支構造検討
		拡張アンテナの製品化※主体：NESIC
		他社アンテナのリサーチ・比較検討～ビジネスモデルの収支構造検討
	広報関連	トライアルの実施に合わせたプレスリリースの発信、視察会・勉強会の実施
	ルールメイキング	制度更新に向けた総務省への申し送り
2025年度	本格実装	サービス要求水準を達成したローカル 5G システムをワープステーション江戸に設置
		ユーザーに対してレンタルサービスの開始
		ローカル 5G 基地局の保守・メンテナンス（年間）※主体：NESIC
	自主事業	新たなドラマコンテンツの制作と展開（6回/年想定）
	広報関連	プレスリリースの発信、視察会・勉強会の実施
2026年度以降	ワープステーション江戸	ユーザーに対してレンタルサービスの実施
		ローカル 5G 基地局の保守・メンテナンス（年間）※主体：NESIC
	自主事業	新たなドラマコンテンツの制作と展開（6回/年想定）
	広報関連	プレスリリースの発信、視察会・勉強会の実施
	普及展開	他の撮影ロケ施設・撮影スタジオへの導入

<表 4-55:ソリューション①：トランスミッター&エンコーダー一体型システム>

2023年度	課題対応・商品化	開発パートナー探し
		市場調査、出資金計画の策定
		海外製品の日本展開推進の検討、他社製品のリサーチ・比較検討
2024年度	商品化	一体型システムの商品化
		マーケティング戦略の策定
2025年度	本格実装	ワープステーション江戸に実装
		一体型システムの販売開始
	広報関連	プレスリリースの発信、勉強会の実施
2026年度以降	ワープステーション江戸	ユーザーに対してレンタルサービスの実施
		一体型システムの保守・メンテナンス（年間）
	普及展開	一体型システムの販売
	広報関連	プレスリリースの発信、勉強会の実施

<表 4-56:ソリューション②:リアルタイム VFX システムを活用した編集業務の合理化・高度化ソリューション>

2023 年度 ↓	性能改善・開発	カメラ機材の比較検討 (ソリューション①の性能改善を前提に)
		アプリケーションのバージョンアップ
2024 年度	サービスメニュー 化検討	オプションサービスとしてのメニュー、プライスリストの検討

※上記ソリューション①～③に関して、主体者の特記がない箇所及び自主事業については、NHK エンタープライズが主体となりコンソーシアムメンバーの協力のもと実施想定している。

c. 収支計画

ア) 収支計画

表 4-57

2023 年度		
(1)ユーザーから得る対価	新たなドラマコンテンツ収入 ・ライブ観覧: 200人×5,000円×2回 ・オンラインライブ視聴: 3000人×4500円×2回 ・アーカイブ視聴: 3000人×4500円×2回	¥ 56,000,000
(2)補助金・交付金		¥ -
(3)収入((1)+(2))		¥ 56,000,000
(4)ネットワーク設置費	新たなドラマコンテンツ開発のための機器設置～撮影サポート (250万円×2回)	¥ 5,000,000
(5)ネットワーク運用費	基地局年間保守	¥ 2,880,000
(6)ソリューション購入費	DAS	¥ 8,260,000
(7)ソリューション開発費	基地局・受信機の開発 (NESIC 自社開発)	¥ -
	新たなドラマコンテンツ開発 ・コンテンツ開発～演出 1300万円×2回 ・技術関連 800万円×2回 ・SW システムリース 200万円×2回	¥ 46,000,000
	トランスミッター & エンコーダー一体型システム開発パートナー探し、マーケティングリサーチ	¥ 5,000,000
(8)支出((4)～(7))		¥ 67,140,000
(9)収支((3)-(8))		¥ -11,140,000

2024 年度		
(1)ユーザーから得る対価	新たなドラマコンテンツ収入 ・ライブ観覧：200人×50,000円×4回 ・オンラインライブ視聴：3000人×4500円×4回 ・アーカイブ視聴：3000人×4500円×4回	¥ 112,000,000
(2)補助金・交付金		¥ -
(3)収入((1)+(2))		¥ 112,000,000
(4)ネットワーク設置費	新たなドラマコンテンツ開発のための機器設置～撮影サポート (250万円×4回)	¥ 10,000,000
(5)ネットワーク運用費	基地局年間保守	¥ 2,880,000
(6)ソリューション購入費	DAS (購入済)	¥ -
(7)ソリューション開発費	基地局・受信機の開発 (NESIC 自社開発)	¥ -
	新たなドラマコンテンツ開発 ・コンテンツ開発～演出 1300万円×4回 ・技術関連 800万円×4回 ・SW システムリース 200万円×4回	¥ 92,000,000
	トランスミッター&エンコーダー一体型システム商用化開発	¥ 100,000,000
(8)支出((4)～(7))		¥ 204,880,000
(9)収支((3)-(8))		¥ -92,880,000
2025 年度		
(1)ユーザーから得る対価	新たなドラマコンテンツ収入 ・ライブ観覧：200人×5,000円×6回 ・オンラインライブ視聴：3000人×4500円×6回 ・アーカイブ視聴：3000人×4500円×6回	¥ 168,000,000
	システムレンタル収入	未定
(2)補助金・交付金		¥ -
(3)収入((1)+(2))		¥ 168,000,000
(4)ネットワーク設置費	新たなドラマコンテンツ開発のための機器設置～撮影サポート (250万円×6回)	¥ 15,000,000
	※システムレンタルサポート	24年度に計画
(5)ネットワーク運用費	基地局年間保守	¥ 2,880,000
(6)ソリューション購入費	DAS (購入済)	¥ -

	施設機材購入	¥ 25,000,000
(7)ソリューション開発費	新たなドラマコンテンツ開発 ・コンテンツ開発～演出 1300万円×6回 ・技術関連 800万円×6回	¥ 126,000,000
(8)支出((4)～(7))		¥ 168,880,000
(9)収支((3)-(8))		¥ -880,000
2026 年度		
(1)ユーザーから得る対価	新たなドラマコンテンツ収入 ・ライブ観覧：200人×10,000円×6回 ・オンラインライブ視聴：3000人×4500円×6回 ・アーカイブ視聴：3000人×4500円×6回	¥ 168,000,000
(2)補助金・交付金	※システムレンタル収入	24年度に計画
	※普及展開（横展開）に伴う収入	24年度に計画
		¥ -
(3)収入((1)+(2))		¥ 168,000,000
(4)ネットワーク設置費	新たなドラマコンテンツ開発のための機器設置～撮影サポート (250万円×6回)	¥ 15,000,000
	※システムレンタルサポート	24年度に計画
(5)ネットワーク運用費	基地局年間保守	¥ 2,880,000
(6)ソリューション購入費	※普及展開（横展開）に伴う支出	24年度に計画
(7)ソリューション開発費	新たなドラマコンテンツ開発 ・コンテンツ開発～演出 1300万円×6回 ・技術関連 800万円×6回	¥ 126,000,000
(8)支出((4)～(7))		¥ 143,880,000
(9)収支((3)-(8))		¥ 24,120,000
2027 年度		
(1)ユーザーから得る対価	新たなドラマコンテンツ収入 ・ライブ観覧：200人×10,000円×6回 ・オンラインライブ視聴：3000人×4500円×6回 ・アーカイブ視聴：3000人×4500円×6回	¥ 168,000,000
	※システムレンタル収入	24年度に計画

	※普及展開（横展開）に伴う収入	24年度に計画
(2)補助金・交付金		¥ -
(3)収入((1)+(2))		¥ 168,000,000
(4)ネットワーク設置費	新たなドラマコンテンツ開発のための機器設置～撮影サポート (250万円×6回)	¥ 15,000,000
	※システムレンタルサポート	24年度に計画
(5)ネットワーク運用費	基地局年間保守	¥ 2,880,000
(6)ソリューション購入費	※普及展開（横展開）に伴う支出	24年度に計画
(7)ソリューション開発費	新たなドラマコンテンツ開発 ・コンテンツ開発～演出 1300万円×6回 ・技術関連 800万円×6回	¥ 126,000,000
(8)支出((4)～(7))		¥ 143,880,000
(9)収支((3)-(8))		¥ 24,120,000

イ) ユーザーにおける必要リソース（モデルケース）

2025年度に本格実装し、2026年度以降の普及展開（横展開）を実施するためにはさらなる開発が必要であり、それに係る費用については2024年度にまとめる予定である。そこで、本項では効果検証時の設定数字をもとにモデルケースとして費用リソースを整理する。本モデルケースは、普及展開（横展開）時に他撮影ロケ施設に本実証ソリューションを導入した場合の各種費用となる。

表 4-58 ユーザーにおける必要リソース

項目		イニシャルコスト	ランニングコスト (年間)
ローカル 5G システム			
a.	ローカル 5G システム運用業務 (※自社で実施する場合)	25,000 千円	0 千円
b.	ローカル 5G システムに係る運用業務委託 (※他社に委託する場合)	0 千円	24,168 千円
c.	ローカル 5G システムに係る委託関連	0 千円	0 千円
ローカル 5G 活用モデルに係るソリューション			

項目		イニシャルコスト	ランニングコスト (年間)
a.	ソリューション①②		
①	運用に係る環境整備等に係る経費 <i>(※自社で負担する費用)</i>	25,000 千円	0 千円
②	委託費 <i>(※他社に委託する費用)</i>	0 千円	15,884 千円
b.	ソリューション③		
①	運用に係る環境整備等に係る経費	23,000 千円/回	実施回数に応じてイニシャルコスト同様な金額
②	委託費	0 千円	0 千円

費用明細については下記の通りである。

イニシャルコスト		
ローカル 5G 運用業務	25,000 千円	ローカル 5G システム購入費
ソリューション①② 運用に係る環境整備等に係る経費	25,000 千円	SW センター等、周辺設備購入費
ソリューション③ 運用に係る環境整備等に係る経費	23,000 千円/回	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテンツ開発～演出 1300 万円 ・技術関連 800 万円 ・SW システムリース 200 万円
ランニングコスト		
ローカル 5G 運用業務	24,168 千円	<ul style="list-style-type: none"> ・運用人件費 2 名分 15,768 千円 ・メーカー保守 8,400 千円
ソリューション①② 運用に係る環境整備等に係る経費	15,884 千円	<ul style="list-style-type: none"> ・運用人件費 1 名分 7,844 千円 ・メーカー保守 3,000 千円 ・更新費用 5,000 千円

d. 実装を確実にするための取組

ア) 提供コスト低減

機器提供元のフレアシステムズや東芝インフラシステムズ等のベンダに対し、基地局を含めたネットワーク機器の今後の提供価格の見込みについて聞き取りをしながら、低減の可能性等について 2023～2024 年度にかけて協議を行う。

イ) ソリューション追加開発

ユースケース蓄積及び開発投資により、各ソリューションのノウハウ蓄積、及び一体型システム開発を 2023～2024 年度にかけて行う。

ウ) 顧客開拓

広く社会的な認知を獲得するため、コンソーシアムからプレスリリースの発出を行うとともに、放送関連団体を通じた情報発信に向けて協議を行う。また、取材対応等の様々な機会をとらえて実証システムの周知・広報を展開するほか、関連する団体への紹介や展示会でのプレゼンテーション等を実施する。

エ) 運用面の改善

コンソーシアム内の情報・課題共有の場を継続設定し、ソリューションの運用改善について2023～2024年度のトライアル事業を通じて検討を行う。

オ) ルールメイキングへの貢献

視察会・広報活動を通して、免許制度の簡略化へのニーズに関して、学識経験者への情報提供を行い、上位機関への提言等に協力する。具体的な貢献として、屋外における基地局の空中線移設等に関して、総務省にて免許手続の簡素化が検討されており、1つの基地局を用いて複数のアンテナで自由に使用することができるようになる可能性がある。当該制度変更により一事業者ごとに、ローカル5Gネットワークを活用した事例を増やすことであるため、本実証地でのユースケースを蓄積し、当該制度の変更ニーズについても情報収集し、総務省へ還元していく。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

コンソーシアム内や他の事業者による共同出資のあり方などを協議するほか、機材開発を伴うものに関しては、共同開発パートナー探しも行う。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作

本提案の課題解決システムの普及の観点から、株式会社三菱総合研究所（以下「三菱総研」という。）の行う映像制作に対し、各ソリューションの実証状況等を撮影した映像の素材提供を行った。映像制作については、三菱総研と実証コンソーシアムにおいて事前に連携した上で、三菱総研の指示に従い実施している。

5.2 実証視察会の実施

本提案の実証システムの普及のため、実証対象となるドラマの撮影日等に総務省及び株式会社三菱総合研究所の関係者のほか、業界関係者や想定横展開先関係者を対象にしたオフラインの視察会を行っており、実証システムの有用性について周知を行っている。

視察会では、実証概要を説明するとともに、実際に実証対象となるドラマの中で用いられているワイヤレス機材やリアルタイム VFX で制作される CG 合成映像の動き、複数の基地局のエリア内で行われる同時多発的なドラマコンテンツの撮影映像のスイッチングの状況等を見せることで、視察関係者の導入効果のイメージの明確化を図った。また、普及促進の観点から、導入による費用対効果、導入にあたっての必要な環境や機器の機能条件、運用上の留意点等についても詳細に参加者に共有している。

（参考）実証視察会概要

- 開催日時：2022年12月14日11:00～13:00
- 開催場所：ワークステーション江戸（茨城県つくばみらい市南太田1176）
- 開催目的：実証概要、進捗状況の共有及び関連業界に対するソリューションの運用イメージ・導入効果の訴求
- 視察会内容：
 - ・ローカル5Gの基地局・DAS等の機器紹介
 - ・ローカル5Gを活用したカメラ周り（カメラ・タリー・インカム・CPE等）の機材紹介
 - ・ローカル5G活用により実現可能になるコンパクトなスイッチングセンター紹介
 - ・ローカル5Gを活用したドラマ撮影リハーサル・本番の見学
 - ・無線伝送の遅延・ビットレート等のローカル5G接続結果紹介
- 参加者：
 - ・総務省本省、総務省関東総合通信局、つくばみらい市、(株)三菱総合研究所、ロケ施設運営会社、通信技術関連会社



図 5-1 スイッチングセンター及びスイッチング卓の視察の様子



図 5-2 撮影・観覧の様子

5.3 その他普及啓発活動

5.2 の業界関係者に向けた視察会における普及促進を行うのみならず、広く社会的な認知を獲得するため、放送関連団体を通じた情報発信に向けて協議を行っている。

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

株式会社 NHK エンタープライズが代表機関となり、コンソーシアム構成員となる株式会社 NHK テクノロジーズ、NEC ネットズエスアイ株式会社、株式会社 FLARE SYSTEMS、株式会社 stu、株式会社クニエに対して委託を行って実施した。

このほか、実証地の土地所有者（※）としてこれまでワークショップ江戸の利用において連携をしてきたつくばみらい市について、協力機関として位置付けて実証を行っている。

※なお、施設の管理運営権及び借地権はNHK エンタープライズが取得している。

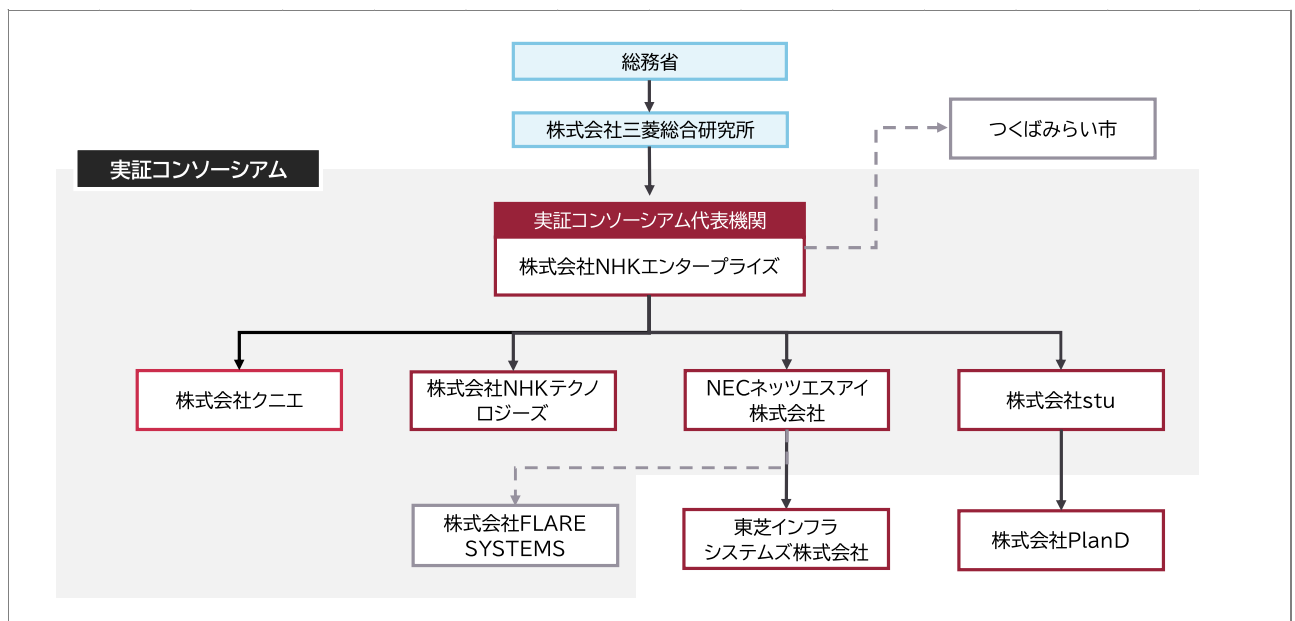


図 6-1 体制図

6.2 実施体制内の役割

表 6-1 実証体制内の役割

会社名	実証コンソーシアムにおける役割
【代表機関】 株式会社 NHK エンタープライズ	<ul style="list-style-type: none"> ・全体統括 ・環境構築・免許取得 統括 ・技術実証 統括 ・課題実証 ソリューション① 統括 ・課題実証 ソリューション② 統括 ・課題実証 ソリューション③ 演出技術統括 ・課題実証 ソリューション③ 演出制作統括 ・成果報告及び次年度以降の実装計画統括
株式会社 NHK テクノロジーズ	<ul style="list-style-type: none"> ・技術実証 支援（進行管理） ・課題実証 ソリューション① 支援（既存機器を活用したカメラパッケージ制作） ・課題実証 有効性（機能検証・運用検証）・実装性検証 支援 ・成果報告及び次年度以降の実装計画 支援
NEC ネットエスアイ株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・環境構築 支援（ローカル 5G システム及びネットワーク環境の構築、ネットワーク機器の設定調整） ・技術実証 支援（測定及び分析支援、シミュレーション設計） ・成果報告 支援
株式会社 FLARE SYSTEMS	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル 5G ネットワーク機器の提供 ・システム構築支援 ・技術実証アドバイザー業務
株式会社クニエ	<ul style="list-style-type: none"> ・PMO 業務 ・免許取得 支援 ・課題実証 実装性検証 支援（市場性・経済性検証支援） ・成果報告及び次年度以降の実装計画 支援
株式会社 stu	<ul style="list-style-type: none"> ・課題実証 ソリューション① 支援（新規一体型カメラパッケージ開発） ・課題実証 ソリューション② 支援

会社名	実証コンソーシアムにおける役割
	<ul style="list-style-type: none"> ・課題実証 ソリューション③ 演出技術・制作 支援 ・成果報告及び次年度以降の実装計画 支援
株式会社 Plan-D ※コンソーシアム外の委託先	<ul style="list-style-type: none"> ・課題実証 ソリューション① 協力 (新規一体型カメラパッケージ開発) ・課題実証 ソリューション② 協力 ・課題実証 ソリューション③ 演出技術 協力
東芝インフラシステムズ株式会社 ※コンソーシアム外の委託先	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル 5G 関連機器 (DAS システム) の提供 ・DAS システムの稼働に必要なパラメータ設定や構築に必要な情報提供

7. スケジュール

本件実証の実施スケジュールは下表の通り。

2022年12月上旬までに実験試験局免許の交付を受けるとともに、実証現場のシステム構築を完了した。12月上旬に実証会場であるワープステーション江戸において疎通・結合試験を完了し、12月上旬～中旬に実証会場において技術実証・課題実証を行った。また、12月の実証の結果を踏まえ、2023年1月下旬から3月上旬にかけて実証会場外での追加の検証を実施している。

表 7-1 スケジュール表

分類	項目	8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
実験局免許申請	総通局事前相談																								
	干渉調整																								
	免許申請関連資料作成																								
	申請書類調整																								
	正式申請・審査																								
	DAS予備免許交付																								
	DAS登録点検等手続																								
	本免許交付																								
実証会場環境構築	システム構成機器発注調整																								
	調達遅延等発生時の代替機検討調整																								
	システム構成機器等納品																								
	現地調査																								
	機器設置位置・配線経路調整																								
	ラボにおける事前試験																								
	機器設置及び疎通・結合試験																								
技術実証	測定機器等機材調達																								
	電波性能試験																								
	エリア構築の柔軟性向上検証方法詳細化																								
	エリア構築の柔軟性向上検証に係る測定																								
	準同期TDDパターン追加検証方法詳細化																								
	準同期TDDパターン追加検証に係る測定追加計測																								
課題実証 (有効性検証)	検証方法詳細検討																								
	機能検証																								
	機能検証(追加検証)																								
	効果検証																								
	運用検証																								
課題実証 (実装性検証)	机上調査・ヒアリング調整																								
	経済性・市場性検証																								
	運用スキーム・ビジネスモデル検証																								
	実装性を高める手法検証																								
課題実証 (その他)	活用モデル課題抽出・解決策検討																								
	実装計画作成																								

添付資料

(1) ネットワーク機器・システム構成機器の一覧と仕様

ネットワーク構成機器以外の映像音声処理機器は表 7-2 の通りである。なお一部機器については、演出の具体化と性能評価結果を踏まえ、コスト削減の観点からも一部見直しを行った。

表 7-2 ネットワーク構成機器以外の機器の明細

#	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
1	カメラマン	PXW-Z750	撮影用カメラ	4	可搬	SONY
	カメラマン	HDC-1500	クレーンカメラ	1	固定	SONY
2	カメラ	HBDL-540DC	エンコーダー	8	可搬	IBEX
3	カメラ	HLD-5000E	2K/4K エンコーダー	2	可搬	IBEX
4	カメラ	新規開発	エンコーダー&CPE 一体型パッケージ	1	可搬	Plan D
5	カメラ	iPhone8	送り返し用モニタ& インカム用スマート フォン	20	可搬	Apple
6	スイッチングセンター	Cisco Systems SG300-28PP ス イッチ	L2 スイッチ	1	可搬	Cisco
7	スイッチングセンター	HBDL-540DC	デコーダー	8	可搬	IBEX
8	スイッチングセンター	HLD-5000D	2K/4K デコーダー	2	可搬	IBEX
9	スイッチングセンター	フライバック システム	スイッチング センターコア	1	可搬	Plan D
10	スイッチングセンター	MakitoX Encoder	エンコーダー	1	可搬	Hai Vision

#	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
11	スイッチングセンター	LV5333	波形モニタ	1	可搬	Leader
12	スイッチングセンター	BRT-AC828	インカム用WiFi ルータ	1	可搬	ASUS
13	スイッチングセンター	iPhone8	インカム用スマートフォン	3	可搬	Apple
14	スイッチングセンター	GD363Z/L	VFX サーバ	1	可搬	NEC
15	視聴場所	MakitoX Decoder	デコーダー	1	可搬	HaiVision
16	視聴場所	LMD-A170	視聴用モニタ	1	可搬	SONY
17	視聴場所	iPad	視聴用タブレット	1	可搬	Apple
18	カメラマン	Zao-SH	映像伝送機	1	可搬	ソリトンシステムズ
19	スイッチングセンター	Zao 受信機	映像受信機	1	可搬	ソリトンシステムズ
20	カメラマン	ALEXA 35	カメラデータが出せるカメラ	1	可搬	ARRI
21	カメラマン	UE150	カメラデータが出せるPTZ カメラ	1	可搬	Panasonic
22	スイッチングセンター	RP150	PTZ のコントローラー	1	可搬	Panasonic
23	カメラマン	Kiloview Encoder	映像伝送機	1	可搬	Kiloview

#	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
24	スイッチングセンター	Kiloview Decoder	映像受信機	1	可搬	Kiloview

各機器の諸元表は下記の通りである。

表 7-3 ローカル 5G 基地局


写真	項目	仕様
	製造ベンダ	FLARE SYSTEMS
	台数	2 台
	設置場所	1 台は事務棟会議室、1 台は屋外
	同期/準同期	同期・準同期
	UL : DL 比率	2:7, 4:4, 5:3, 6:2
	周波数帯	4.8GHz 帯
	SA/NSA	SA
	UL 周波数	4.8~4.9GHz
	DL 周波数	4.8~4.9GHz
	UL 帯域幅	100MHz
	DL 帯域幅	
	UL 中心周波数	4.85GHz
	DL 中心周波数	
	UL 変調方式	256QAM
	DL 変調方式	
	MIMO	2×2MIMO

表 7-4 ローカル 5G 用ネットワークスイッチ

写真	項目	仕様
	製造ベンダ	Allied Telesis


写真	項目	仕様
	台数	1 台
	設置場所 (屋内/屋外)	屋内
	通信速度	100Mbps/1000Mbps/ 2.5Gbps/5Gbps/10Gbps
	ポート	100/1000/10GBASE-T (RJ-45 コネクタ) ×12 SFP/SFP+スロット×4 RS-232 (RJ-45 コネクタ) ×1 USB ポート (USB 2.0、タイプ A (メス)) ×1
	最大パケット転送能力	238.08Mpps
	定格入力電圧	AC100-240V
	動作時温度	0~50℃
	外形寸法	210 (W) ×320 (D) ×42.5 (H) mm (突起部を含まず)
	質量	2.7kg

表 7-5 DAS


写真	項目	仕様
	製造ベンダ	東芝インフラシステムズ
	台数	MU : 1 台 / RU : 3 台
	設置場所 (屋内/屋外)	MU : 屋内 / RU : 屋外
	同期/準同期	同期・準同期
	周波数帯	4.8/4.9GHz 帯
	RF 出力	17dBm/5MHz, 30dBm/100MHz, Total 33dBm(2W)

写真	項目	仕様
	システムゲイン	30dB Settable gain 0 ~ -15dB(1dB step)
	消費電力	MU : 78W / RU : 107W

表 7-6 CPE(RAKU+)

 <p>※構成 本体 USB ケーブル AC アダプタ(T.B.D)</p>	
製品名	RAKU+ (Compal社製)
搭載モデム	Qualcomm Snapdragon X55
対応バンド	5G : n79(Sub6)、n257(mmWave) LTE: B41
SIMカードタイプ	Nano SIM
インターフェース	無線LAN IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz帯/5GHz帯対応 有線LAN (RJ45) 1000BASE USB (TypeC) USB3.1、Gen2
バッテリー容量	5,300mAh
外形寸法	119mm x 72mm x 23.5mm
質量	235g
技術基準適合証明	日本国内認証取得済み ※UL-MIMOは2020年12月頃取得予定

表 7-7 CPE(K5G-C-100A)



項目	仕様
サイズ	約 78(H) x 165(W) x 27(D)mm
重量	約 326g
ディスプレイ	約 2.6 インチ
電池/充電端子	リチウムイオン電池 (6,000mAh) /USB Type-C™ (PD3.0)
位置測位	GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/みちびき/A-GPS
CPU	Qualcomm Snapdragon 865 5G Mobile Platform, Snapdragon X55 5G Modem-RF System
メモリ	RAM : 8GB / ROM : 128GB
インターフェース	USB Type-C
Bluetooth	5.1
Wi-Fi	Wi-Fi (802.11 a/b/g/n/ac/ax)
Wi-Fi 同時接続数	20 デバイス
通信方式	5G NR (Sub6/mmW)、Local5G (Sub6/mmW)、4G LTE (マルチバンド)
ネットワークタイプ	NSA/SA
SIM	nano SIM x2

表 7-8 CPE(iR730B)

写真	項目	仕様
	変調方式 (1次変調)	$\pi/2$ BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
	変調方式	OFDM
	複信方式	TDD

写真	項目	仕様
	帯域幅	99.96MHz
	中心周波数	4.84998GHz
	アンテナ構成	外付け型指向性アンテナ
	送信電力	23.0dBm 200mW
	アンテナ利得	2.97dBi
	給電線損失	0.0dB
	最大 EIRP	25.97.0dBm
	電波の型式	100MX7W

表 7-9 スマートフォン(FCNT)

写真	項目	仕様
	変調方式 (1次変調)	QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
	変調方式	DFT-s-OFDM
	複信方式	TDD
	帯域幅	99.96MHz
	中心周波数	4.84998GHz
	アンテナ構成	内蔵型無指向性アンテナ
	送信電力	23.0dBm 200mW
	アンテナ利得	-5.5dBi
	給電線損失	0.0dB
	最大 EIRP	17.5dBm
	電波の型式	100MX7W


表 7-10 撮影用カメラ(PXW-Z750)

	
カメラ部	
センサー	4K 2/3 型 3 板式 Exmor CMOS
有効画素数 (H×V)	3840 (H) × 2160 (V)
ND フィルター	1…素通し、2…1/4ND、3…1/16ND、4…1/64ND
最低被写体照度	0.019 lx (F1.4 レンズ、+42dB、16 フレーム蓄積)
入出力端子	
GENLOCK 入力	BNC×1
TC 入力	BNC×1
SDI 入力	BNC×1
オーディオ入力	XLR タイプ 3 ピン (凹) × 2、LINE/MIC/+48V/AES/EBU 切替可能
マイク入力	XLR タイプ 5 ピン (凹) × 1
SDI 出力	BNC×2、12G/3G/1.5G 切替可能
オーディオ出力	XLR タイプ 5 ピン (凸) × 1
TC 出力	BNC×1
ヘッドホン出力	ステレオミニジャック×1
HDMI 出力	タイプ A×1
DC 入力	LR タイプ 4 ピン (凸) × 1 (DC11~17V)
DC 出力	丸型 4 ピン×1 (DC11~17V、最大 1.8A)

レンズ	12ピン×1
リモート	8ピン×1
ライト	2ピン×1
VF	丸型 20ピン×1
USB	タイプ A×2、タイプ B×1
LAN	RJ-45×1
一般	
質量	約 3.8kg (本体のみ)
外形寸法 (W×H×D)	約 150×269×332mm
電源	DC12V (11～17V)
消費電力	約 41W (本体のみ、XAVC-I 記録、LCD モニタ点灯時)
動作温度	0～40℃
保存温度	-20～+60℃
連続動作時間	約 110 分 (BP-GL95B 使用時)
記録フォーマット (ビデオ)	XAVC-I QFHD モード (最大 600Mbps) XAVC-I HD モード (最大 223Mbps) XAVC-L 422 QFHD モード (最大 200Mbps) XAVC-L QFHD モード (最大 150Mbps) XAVC-L (最大 50/35/25Mbps) MPEG HD422 (50Mbps) MPEG HD (最大 35Mbps)
記録フォーマット (オーディオ)	XAVC-I : 4ch/24bits/48kHz XAVC-L : 4ch/24bits/48kHz MPEG HD422 : 4ch/24bits/48kHz MPEG HD : 4ch/16bits/48kHz
記録フレームレート	XAVC-(I 600Mbps) …3840×2160/59.94p, 50p, 29.97p, 25p, 23.98p XAVC-I …1920×1080/59.94p, 50p, 59.94i, 50i, 29.97p, 25p,

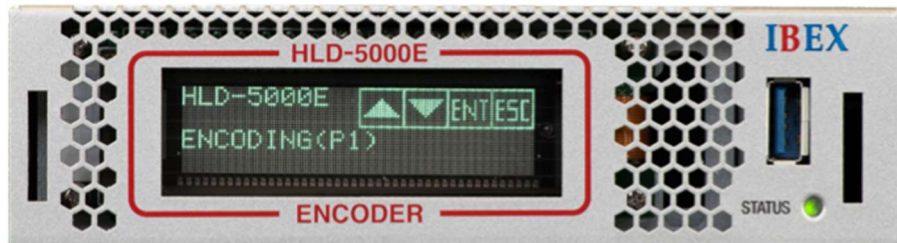
	23.98p
	XAVC-L (150Mbps) …3840×2160/59.94p, 50p, 29.97p, 25p, 23.98p
	XAVC-L (200Mbps) …3840×2160/59.94p, 50p
	XAVC-L (50Mbps) …1920×1080/59.94p, 50p, 59.94i, 50i, 29.97p, 25p, 23.98p
	XAVC-L (35Mbps) …1920×1080/59.94p, 50p, 59.94i, 50i, 29.97p, 25p, 23.98p
	XAVC-L (25Mbps) …1920×1080/59.94i, 50i
	MPEG HD422…1920×1080/59.94i, 50i, 29.97p, 25p, 23.98p、 1280×720/59.94p, 50p, 29.97p, 25p, 23.98p
	MPEG HD…1920×1080/59.94i, 50i, 29.97p, 25p, 23.98p、 1440×1080/59.94i, 50i、1280×720/59.94p, 50p

表 7-11 エンコーダー/デコーダー (IBEX HBDL-540DC)

		
映像	入力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1、3G/HD-SDI BNC 端子×1
	出力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1 12G-SDI : SMPTE ST 2082-1、3G-SDI : SMPTE424M、HD-SDI : SMPTE292M
	符号化方式	H. 265 (ISO/IEC 23008-2 HEVC) GOP 構造 P only、Long GOP
	映像フォーマット	3840×2160P@59.94Hz 1920×1080P@59.94Hz、1920/1440×1080i@59.94Hz
	プロファイル、レベル	H. 265/HEVC Main422 10、Main 10、Main Level : 5.1、4.1、4.0、3.0 4K×1ch 又は 2K×2ch のエンコードが可能 (※デュアルエンコードはオプション)
	ビットレート	H. 265/HEVC 最大 200Mbps (CABAC 最大 180Mbps)

	符号化モード	CBR
音声	入力	SDI エンベデッド・オーディオ
	仕様	Linear PCM (2PES/8ch + 8ch 対応) : SMPTE302M (16bit/20bit/24bit)
		MPEG-1 Audio layer II (2PES/2ch + 2ch 対応)
		MPEG-2 AAC-LC (2PES/6ch + 6ch 対応)
	多重化	ストリーム形式 MPEG-2 TS (188/204byte)
出力	DVB-ASI (出力×1) ※デュアルエンコード時の DVB-ASI 出力は、各チャンネルのストリームが MUX された状態で出力されます。 IP ストリーミングは 2ch 同時出力。(LAN1 ch1、LAN2 ch2)。	
ネットワーク	出力	100BASE-TX/1000BASE-T×2 MPEG-2 TS over RTP/UDP/IP IPv4/IPv6 対応 ユニキャスト/マルチキャスト対応 PPPoE FEC (Pro-MPEG 方式)
制御	パネル制御	ステータス簡易表示、及びプリセットデータロード (最大 5 プリセットまで)
	外部制御	10/100BASE-TX (Web アプリケーション)
	監視	SNMPv2
その他	重量	約 1.6kg
	入力電源	DC12V(11-18V)、AC-DC アダプタ標準添付
	外形寸法	1/3U (H : 43mm W : 146mm D : 345mm) (突起部を除く)
	温度条件	0~50°C (結露なきこと)
	消費電力	100W


表 7-12 4K エンコーダー(HLD-5000E)



映像	入力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1、3G/HD-SDI BNC 端子×1
	出力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1 12G-SDI:SMPTE ST 2082-1、3G-SDI:SMPTE424M、HD-SDI:SMPTE292M
	符号化方式	H. 265 (ISO/IEC 23008-2 HEVC)
		GOP 構造 P only、Long GOP
	映像フォーマット	3840×2160P@59.94Hz 1920×1080P@59.94Hz、1920/1440×1080i@59.94Hz
	プロファイル、レベル	H. 265/HEVC Main422 10、Main 10、Main Level : 5.1、4.1、4.0、3.0
		4K×1ch 又は 2K×2ch のエンコードが可能 (※デュアルエンコードはオプション)
	ビットレート	H. 265/HEVC 最大 200Mbps (CABAC 最大 180Mbps)
符号化モード	CBR	
音声	入力	SDI エンベデッド・オーディオ
	仕様	Linear PCM (2PES/8ch + 8ch 対応) :

		SMPTE302M (16bit/20bit/24bit)
		MPEG-1 Audio layer II (2PES/2ch + 2ch 対応)
		MPEG-2 AAC-LC (2PES/6ch + 6ch 対応)
	多重化	ストリーム形式 MPEG-2 TS (188/204byte)
	出力	DVB-ASI (出力×1) ※デュアルエンコード時の DVB-ASI 出力は、各チャンネルのストリームが MUX された状態で出力されます。 IP ストリーミングは 2ch 同時出力。(LAN1 ch1、LAN2 ch2)。
ネット ワーク	出力	100BASE-TX/1000BASE-T×2 MPEG-2 TS over RTP/UDP/IP IPv4/IPv6 対応 ユニキャスト/マルチキャスト対応 PPPoE FEC (Pro-MPEG 方式)
制御	パネル制御	ステータス簡易表示、及びプリセットデータロード (最大 5 プリセットまで)
	外部制御	10/100BASE-TX (Web アプリケーション)
	監視	SNMPv2
その他	重量	約 1.6kg
	入力電源	DC12V(11-18V)、AC-DC アダプタ標準添付
	外形寸法	1/3U (H : 43mm W : 146mm D : 345mm) (突起部を除く)
	温度条件	0~50℃ (結露なきこと)
	消費電力	100W

表 7-13 送り返し用エンコーダー(Makito X4 Encoder)

	
ビデオ出力	SD-SDI SMPTE 259M-C HD-SDI SMPTE 292M & 296M & 274M 3G-SDI SMPTE 424M (Level A only) & 425M 6G-SDI SMPTE 2081 12G-SDI SMPTE 20181
	3840x2160p 60/59.94/50/30/29.97/25 Hz 1920x1080p60/59.94/50/30/29.97/25/24/23.98 Hz 1920x1080i 60/59.94/50 Hz 1280x720p 60/59.94/50/30/29.97/25 Hz 720x480/567i 60/59.94/50 Hz
ビデオ圧縮	<ul style="list-style-type: none"> • H. 264 (MPEG-4 AVC part 10) ISO/IEC 14496-10 Baseline, Main, and High Profiles 最大レベル 5.2 (1080p60) もしくはそれ以下の中間レベル • H. 265/HEVC ISO/IEC 23008-2 Main Profile 最大レベル 5.1 (1080p60) <p>I, IP, IBP, IBBP、IBBBP フレーミング 4:2:0 / 4:2:2 クロマサブサンプリング 8-bit / 10-bit ビット数 ビットレート 32kbps~120Mbps</p>
オーディオ出力	SD-SDI SMPTE 272M HD/3G-SDI SMPTE 299M
オーディオ圧縮	MPEG-4 AAC-LC ISO/IEC 14496-3 MPEG-2 AAC-LC ISO/IEC 13818-3

IP ネットワーク インターフェース	Ethernet 10/100/1000 BASE-T, 自動判別、半/全二重通信
	ユニキャスト IPv4/IPv6 マルチキャスト IGMPv3 IPv6 UDP/RTP, RTMP, SRT TS over SRT, UDP or RTP
外寸 重量	21mm H x 129mm W x 196mm D 1.14 kg
電源	12VDC, 18W

表 7-14 送り返し用モニタ&インカム用スマートフォン(iPhone8)

	ディスプレイ	4.7 インチ (対角) ワイドスクリーン LCD
	液晶画面解像度	1,334 x 750 ピクセル解像度、326ppi
	高さ×幅×厚み	138.4 mm×67.3 mm×7.3 mm
	重さ	148 g
	システムチップ	A11 Bionic チップ
	ストレージ	64GB
	ワイヤレス通信	MIMO 対応 802.11ac Wi-Fi

※実験に関係する仕様のみ記載

表 7-15 タリー表示装置(M5Atom Matrix)

	表示	25 x RGB LED (WS2812C)
	システムチップ	ESP32 PICO ベース
	ストレージ	4 MB フラッシュメモリ
	インターフェース	USB Type-C
	ワイヤレス通信	Wi-Fi 2.4GHz

	高さ×幅×厚み	24 x 24 x 14 mm
	重さ	14 g

表 7-16 L2 スイッチ(Cisco Systems SG300-28PP スイッチ)



ギガビット イーサネット ポート /FE ポート	10/100/1000 RJ45 PoE+ ×26
アップリンク インターフェース	SFP × 2
PoE+ パワーバジェット	222 W
ファン	ファンレス設計
寸法 (幅 × 高さ× 奥行き)	440 x 44.45 x 257 mm
重量 (kg)	3.95 kg

表 7-17 4K デコーダー(HLD-5000D)



映像	出力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1、3G/HD-SDI BNC 端子×1
	入力	12G/3G/HD-SDI BNC 端子×1 12G-SDI : SMPTE ST 2082-1、3G-SDI : SMPTE424M、HD-SDI : SMPTE292M
	符号化方式	H. 265 (ISO/IEC 23008-2 HEVC)

		GOP 構造 P only、Long GOP
	映像フォーマット	3840×2160P@59.94Hz 1920×1080P@59.94Hz、1920/1440×1080i@59.94Hz
	プロファイル、レベル	H.265/HEVC Main422 10、Main 10、Main Level : 5.1、4.1、4.0、3.0
		4K×1ch 又は 2K×2ch のエンコードが可能 (※デュアルエンコードはオプション)
	符号化モード	CBR
音声	出力	SDI エンベデッド・オーディオ
	仕様	Linear PCM (2PES/8ch + 8ch 対応) : SMPTE302M (16bit/20bit/24bit)
		MPEG-1 Audio layer II (2PES/2ch + 2ch 対応)
		MPEG-2 AAC-LC (2PES/6ch + 6ch 対応)
トランスポートストリーム	ストリーム形式	MPEG-2 TS (188/204byte)
	入力	DVB-ASI 入力 (BMNC 端子 ×1)
	ビットレート	H.265/HEVC 最大 200Mbps
ネットワーク	入力	100BASE-TX/1000BASE-T×2 MPEG-2 TS over RTP/UDP/IP IPv4/IPv6 対応 ユニキャスト/マルチキャスト対応 PPPoE FEC (Pro-MPEG 方式)
制御	パネル制御	ステータス簡易表示、及びプリセットデータロード (最大 5 プリセットまで)
	外部制御	10/100BASE-TX (Web アプリケーション)
	監視	SNMPv2

その他	重量	約 1.6kg
	源電圧	DC12V(11-18V) AC 変換アダプタ添付
	外形寸法	H:43mm W:148mm D:345mm
	温度条件	0~50C
	消費電力	100W

表 7-18 スイッチングセンターコア(フライバックシステム)



		名称	数量	備考
1	スイッチャー	BlackMagicDesign ATEM Constellation 8K	1	
2	スイッチャーパネル	ATEM 2 M/E Advanced Panel	1	
3	カメラコントロールパネル	ATEM Camera Control Panel	1	
4	コンバーター	ATEM Camera Converter	10	
5	コンバーター	ATEM Talkback Converter	2	
6	コンバーター	AJA FS-HDR	1	
7	収録機	HyperDeck Extreme 8K HDR	1	
8	デッキコントローラ	HyperDeck Extreme Control	1	
9	収録機	HyperDeck Studio mini	2	
10	コンバーター	Teranex AV	2	
11	デジタルミキサー	Si iMPACT (Multi mode Optical MADI Card、MADI face USB含む)	1	
12	ステージボックス	Mini Stagebox 32R	1	
13	モバイル中継装置 送信機	LiveU LU800 (SIM付)	1	
14	モバイル中継装置 受信機	LiveU LU4000	1	
15	ワイヤレスインカム	RIEDEL Bolero	1式	ベルトバック5台、アンテナ2台
16	ヘッドセット	SENNHEISER密閉型ヘッドセット (演出用)	3	
17	ヘッドセット	オープンエア型ヘッドセット (演出用)	2	
18	ヘッドセット	ヘッドセット (カメラマン用)	4	
19	光ケーブル6芯	光ケーブル(6芯)軽量リール 100m	1	
20	光ケーブル4芯	光ケーブル4芯150m	3	
21	イーサコンケーブル	イーサコンケーブル100m	2	
22	スイッチングハブ	gigacore 12ポート (PoE対応)	1	

表 7-19 波形モニタ(LV5333)



	<p>3G、HD、SD のトリプルレート SDI 信号に対応したマルチ SDI モニタ</p>
<p>機能</p> <p>ピクチャー表示、ビデオ信号波形表示、ベクトル表示、オーディオレベル表示、SDI 信号のデータ解析、等価線長測定機能、周波数偏差測定機能</p>	

表 7-20 インカム用 WiFi ルータ(ASUS BRT-AC828)

	
<p>WAN 側機能</p>	<p>WAN 接続仕様 : PPPoE, PPTP, L2TP, Automatic IP, Static IP</p> <p>Dual WAN</p> <p>WAN Aggregation</p> <p>3G/4G LTE dongle</p> <p>Android tethering</p> <p>Port forwarding、Maximum port forwarding rule:64</p> <p>Port triggering、Maximum port triggering rule:32</p> <p>DMZ</p> <p>DDNS</p> <p>NAT PassthroughPPTP, L2TP, IPSec, RTSP, H.323, SIP</p> <p>Passthrough, PPPoE relay</p>
<p>LAN 側機能</p>	<p>DHCP Server</p> <p>IPTV</p> <p>LAN Link Aggregation</p> <p>Manually assign IP address</p> <p>Maximum manually assign IP address rule:64</p>


Wi-Fi 機能	IEEE 802.11a up to 54 Mbps IEEE 802.11b up to 11 Mbps IEEE 802.11g up to 54 Mbps WiFi 4 (802.11n) 最大 800Mbps WiFi 5 (802.11ac) 最大 1734Mbps
アンテナ	External 3 dBi dipole antenna x 4 MIMO テクノロジー 2.4GHz 帯 4×4 5GHz 4x4
質量	660 g

表 7-21 VFX サーバ(NEC GD363Z/L)

	インストール OS	Windows 10 Pro 64 ビット
	サポート OS	
	プロセッサ	第 10 世代インテル Core i3-10100 プロセッサ
	チップセット	インテル H470 チップセット
	メインメモリ	16GB
	標準ディスプレイ	23.8 型ワイド LED IPS 液晶
	ストレージ	SSD 約 256GB (PCIe)+HDD 約 1TB
	LAN1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T 対応	
	外形寸法	392 (W) × 154 (D) × 32 (H) mm
	質量	約 4.7kg
電源	AC100V~240V ±10%、50/60Hz	

	消費電力 (標準時 / 最大時)	約 12W / 約 197W
--	------------------	----------------

表 7-22 デコーダー(Makito X4 Decoder)

		
ビデオ出力	SD-SDI SMPTE 259M-C HD-SDI SMPTE 292M & 296M & 274M 3G-SDI SMPTE 424M (Level A only) & 425M 6G-SDI SMPTE 2081 12G-SDI SMPTE 20181	
	3840x2160p 60/59.94/50/30/29.97/25 Hz 1920x1080p60/59.94/50/30/29.97/25/24/23.98 Hz 1920x1080i 60/59.94/50 Hz 1280x720p 60/59.94/50/30/29.97/25 Hz 720x480/567i 60/59.94/50 Hz	
ビデオ圧縮	<ul style="list-style-type: none"> • H.264 (MPEG-4 AVC part 10) ISO/IEC 14496-10 Baseline, Main, and High Profiles 最大レベル 5.2 (1080p60) もしくはそれ以下の中間レベル • H.265/HEVC ISO/IEC 23008-2 Main Profile 最大レベル 5.1 (1080p60) <p>I, IP, IBP, IBBP、IBBBP フレーミング 4:2:0 / 4:2:2 クロマサブサンプリング 8-bit / 10-bit ビット数 ビットレート 32kbps~120Mbps</p>	
オーディオ出力	SD-SDI SMPTE 272M HD/3G-SDI SMPTE 299M	

オーディオ圧縮	MPEG-4 AAC-LC ISO/IEC 14496-3 MPEG-2 AAC-LC ISO/IEC 13818-3
IP ネットワーク インターフェース	Ethernet 10/100/1000 BASE-T, 自動判別、半/全二重通信 ユニキャスト IPv4/IPv6 マルチキャスト IGMPv3 IPv6 UDP/RTP, RTMP SRT TS over SRT, UDP or RTP
外寸 重量	21mm H x 129mm W x 196mm D 1.14 kg
電源	12VDC, 18W

表 7-23 視聴用タブレット(iPad)

	
ディスプレイ	10.2 インチ Retina ディスプレイ
液晶画面解像度	2,160 x 1,620 ピクセル解像度、264ppi
高さ×幅×厚み	250.6 mm× 174.1 mm× 7.5 mm
重さ	487 g

システムチップ	A13 Bionic チップ
ストレージ	64GB
前面カメラ	8MP 広角カメラ f/2.4
背面カメラ	12MP 超広角カメラ
	f/2.4 絞り値
ビデオ撮影	1080p HD ビデオ撮影 (25fps 又は 30fps)
	720p HD ビデオ撮影 (30fps)
	3 倍ビデオズーム
	720p スローモーションビデオ (120fps) に対応
	手ぶれ補正機能を使ったタイムラプスビデオ
	ビデオの手ぶれ補正
	映画レベルのビデオ手ぶれ補正 (1080p と 720p)
	連続オートフォーカスビデオ
	再生ズーム
	ビデオ撮影フォーマット : HEVC、H.264
	1080p HD ビデオ撮影 (25fps 又は 30fps)
	ワイヤレス通信
MIMO 対応 HT80	

	Bluetooth 4.2 テクノロジー
--	----------------------

表 7-24 映像をエンコードしネットワークに乗せて中継する送信機(Zao-SH 送信機)

項目	仕様
重量	約 350g
サイズ	幅 77mm×高さ 123mm×奥行き 35mm (突起を除く)
電源	専用コネクタ × 1 基、内蔵バッテリー (約 20Wh、約 60 分稼動、約 150 分充電) × 1 基 搭載
消費電力	約 20W
映像入力端子	BNC (75Ω din1.0/2.3) × 1 基、HDMI × 1 基搭載
通信端子	Micro USB2.0 × 3 基、USB2.0 × 1 基搭載
動作環境	動作時：0～+40℃ / 20～80%RH (結露なきこと) 保存時：-20～+60℃ / 10～80%RH (結露なきこと)
適用回線	5G、LTE、WiFi、Ethernet
エラー訂正	ARQ、パケットソート
プロトコル	UDP/IP, TCP/IP (RASCOW2)
マルチリンク	最大 4 回線
シリアル通信	指定の USB シリアル変換ケーブルによる拡張
符号化方式	H.265 Main Profile
対応入力フォーマット	<ul style="list-style-type: none"> ・ HDMI 1980 × 1080 : 25p, 29.97p, 30p, 50p, 50i, 59.94p, 59.94i, 60p, 60i 1280 × 720 : 50p, 59.94p, 60p ・ SDI 1980 × 1080 : 25p, 29.97p, 30p, 50i, 59.94i, 60i 1280 × 720 : 50p, 59.94p, 60p
ビットレート	128kbps～15Mbps
フレームレート	最大 29.97fps (入力映像が 1080p 59.94 / 29.97 の場合) 最大 59.94fps (入力映像が 720p 59.94 の場合)
符号化方式	Opus
チャンネル	Stereo

サンプリング	48kHz
入力	Embedded Audio
出力	3.5φステレオミニプラグ
ビットレート	16~510 kbps

(出所) (株) ソリトンシステムズ Web サイト (<https://www.soliton.co.jp/lp/zao-sh/>)

表 7-25 Zao-SH で送信された映像を受信する PC 端末(Zao-SH 受信機)

項目	仕様
受信用ソフトウェア	Zao View
推奨動作環境	HP Z4G4 Workstation
OS	Ubuntu 18.04 LTS
CPU	Intel® Xeon® W-2123 Processor (3.6GHz、4Core、8.25M キャッシュ)
RAM	32GB DDR4 SDRAM (2666MHz ECC Registered、8GB x4)
HDD	1TB HDD (SATA、7200rpm)
GPU	NVIDIA® Quadro RTX 4000 8GB
出力インターフェース	DisplayPort / SDI* *SDI 出力はオプション
ネットワークインターフェース	LAN 1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T 対応
同時接続数	Zao-SH×1
伝送モード	遅延優先モード (Low-latency) / 帯域優先モード (Bandwidth)
符号方式	H.265 Main Profile
映像ビットレート	128kbps～15Mbps
音声 (双方向)	符号化方式 Opus
チャンネル	Stereo
サンプリング	48kHz
入力	内蔵サウンドカード
出力	Embedded Audio (DisplayPort 又は内蔵サウンドカード) *SDI 出力はオプション
ビットレート	16～510 kbps
追加遅延量設定	0msec～1000msec
遅延警告表示	有 (50msec～1000msec)
外部機器遅延量設定	0msec～1000msec
シリアル通信	指定の USB シリアル変換ケーブルによる拡張
ビットレート	16～510 kbps

(出所) (株) ソリトンシステムズ Web サイト (<https://www.soliton.co.jp/lp/zao-sh/>)

表 7-26 撮影カメラ(ARRI ALEXA 35)

	
項目	仕様
撮像素子	Super 35 format ARRI ALEV 4 CMOS sensor
収録映像解像度	LF 16:9 ProRes HD: 1920×1080 LF 16:9 ProRes UHD: 3840×2160
SDI 出力	BNC 端子×2、12G-SDI
カラーアウトプット	Rec 709 Rec 2020 Log C Custom Look (ARRI Look File ALF-2)
レンズマウント	LPL マウント (LPL-PL 変換併用時 PL マウントレンズも使用可能)
収録フォーマット	MXF/ARRIRAW MXF/Apple ProRes 4444 XQ MXF/Apple ProRes 4444 MXF/Apple ProRes 422 HQ
電源	1x LEMO 8pin (11-34 V DC)
消費電力	約 90W
外形寸法	約 147 x 152.5 x 203 mm
重量	約~2.9 kg

(出所) ARRI 社 Web サイト (<https://www.arri.com/en/camera-systems/cameras/alexa-35>)

表 7-27 リモートでパン、チル、ズームができる撮影カメラ(Panasonic UE150)

項目	仕様
撮像素子：	1.0 型 MOS×1
出力映像フォーマット	4K 3840 x 2160 (59.94/50/29.97/25/24/23.98)、 HD 1920 x 1080 (59.94/59.94i/50/29.97/29.97psf/25/24 /23.98/23.98psf/)
SDI 出力	BNC 端子×1、12G-SDI, 3G-SDI
HDMI 出力	HDMI 端子(タイプ A)×1
その他の端子	MONI OUT SMPTE292 / 75 Ω (BNC×1) Optical Fiber ・SFP+準拠 LAN IP 制御用 LAN 端子 (RJ-45) RS-422 CONTROL IN RS422A (RJ-45) マイク/ライン入力
レンズ	電動 20 倍光学ズーム F2.8 ~ F4.5 (f=8.8 mm~176.0 mm、35 mm 換算 : 24.5 mm~490.0 mm)
電源	DC 12 V±10 % (10.8 V ~ 13.2 V)
消費電流：	4.0 A (XLR コネクタ入力)、1.2 A (PoE++電源)
外形寸法	幅 213 mm×高さ 267 mm×奥行き 219 mm
重量	約 4.2 kg

(出所) パナソニックコネクト株式会社 Web サイト (https://biz.panasonic.com/jp-ja/products-services/proav_remote-camera-system/lineup/aw-ue150)

表 7-28 UE150 をコントロールできるコントローラー(Panasonic RP150)

項目	仕様
入出力端子	LAN (RJ-45) (LED 付き) 100BASE-TX PoE+入力 シリアル (RJ-45) RS422 (リモートカメラ用制御信号) TALLY OUT TALLY / GPIO D-Sub 25 ピン×2 個 TALLY IN : 20 入力 (R-TALLY、G-TALLY 各 10pin)
LCD ディスプレイ	タッチパネル付き 7 型液晶 (WVGA (800×480))
SDI 出力	BNC 端子×1、12G-SDI, 3G-SDI
HDMI 出力	HDMI 端子(タイプ A)×1
カメラ接続数	200 台 (IP) 、5 台 (RS422)

カメラ選択ボタン数	10 個
カメラグループ数	20 個 (1 グループ各 10 台)
電源	DC 12 V (DC 入力範囲 DC 10.8 V - DC 13.2 V)
消費電流	1.0 A (XLR コネクタ入力) 、 0.6 A (PoE+電源)
外形寸法	幅 342 mm×高さ 178 mm×奥行き 245 mm (突起物を除く)
重量	約 3.2 kg

(出所) パナソニック株式会社 Web サイト (https://biz.panasonic.com/jp-ja/products-services/proav_remote-camera-system/lineup/aw-rp150#summary_specs)


表 7-29 一体型パッケージ用の映像伝送機(Kiloview Encoder)

項目	仕様
Video input	E1 NDI:1*BNC SDI; E2 NDI:1*HDMI
Analog audio	2*3.5mm
USB port	2*USB 2.0 Type-A
Micro SD	1*Micro SD/TF Card storage interface
Network	100M Ethernet
Video loop	E1 NDI:1*BNC SDI; E2 NDI:1*HDMI
Input video resolution	Up to 1080P60H, details as below: SDI: 1080P23.98/24/25/29.97/30Hz; 1080P50/59.94/60Hz; 1080i50/59.94/60Hz; 720P23.98/24/25/29.97/30Hz; 720P50/59.94/60Hz HDMI: 1080P23.98/24/25/29.97/30Hz; 1080P50/59.94/60Hz; 1080i50/59.94/60Hz; 720P30/50/59.94/60Hz; below 1920*1200.
Video encoding	H.264/AVC, Motion-JPEG
Audio encoding	AAC/G.711

Encoding latency	<67ms
Media transmission protocols	NDI HX/SRT/RTMP/ RTMPS/HLS/TS over UDP/RTSP, customize for SIP
Image and text overlay	Support
Record storage	Micro SD/TF card local recording, and NAS network storage
Management	Web UI and remote management with Kiloview KiloLink Server
Power supply/Consumption	DC 12V 1A/4W
Operating temperature	-20~60°C
Dimension	125*89*28mm(4.92” *3.50” *1.10”)
Weight	380g(13.4oz)

(出所) kiloview 社 Web サイト (<https://www.kiloview.com/en/ndi/ndi-wired/>)

表 7-30 一体型パッケージ用の映像受信機(Kiloview Decoder)

	
項目	仕様
Input	2*100M/1000M RJ-45 adaptive Ethernet ports
Video output	1 SD/HD/3G-SDI, up to 1080P60, 1 HDMI, up to 3840*2160@60Hz
Output formats	SDI up to 1080P60Hz; HDMI up to 4k, as follows: SDI: 1080P60/59.94/50, 1080P30/29.97/25/24/23.98 1080i60/59.94/50, 720P60/59.94/50, 576i/50, 480i/60; HDMI: 4K 3840x2160@60/50/30/25, 1080p60/50, 1080p24/25/30, 1080i60/50, 720p60/50, compatible with VESA standard format.
Audio output	SDI/HDMI embedded or analog audio output
Media protocols	NDI HX/SRT/RTMP/HLS/TS over UDP/RTSP/RTP (Note: NDI HX means NDI HX Version 2.0)

SDI transmission distance	Belden 1694A: SD SDI ≥ 350m; HD SDI ≥ 180m; 3D SDI ≥ 100m
Video decoding	H. 265 /H. 264
Audio decoding	AAC/G. 711
Decoding latency	<200ms (adjustable)
Decoding capability	4K 30Hz: up to 4 channels; 1080P 50Hz/60Hz: up to 8 channels simultaneously; 1080P 30Hz or 1080i 50/60Hz or 720P and below: up to 9 CH simultaneously.
Split screen display	Support 1/2/3/4/5/6/7/8/9 split screen
Management	Web UI and remote management with Kiloview KiloLink Server
Power/Consumption	12V, 1A /6W
Operating temperature	-20~60° C
Dimension	140*105*28mm(5.51” *4.13” *1.10”)
Weight	380g(13.4oz)

(出所) kiloview 社 Web サイト (<https://www.kiloview.com/en/decoder/h-265-4k/>)

(2) ユーザー向けオペレーションマニュアル

ローカル 5G によるワイヤレス制作の留意点 (ユーザー向けオペレーションマニュアル)

ワープステーション江戸 (以下、WSE) にて、L5G によるワイヤレスカメラでの制作を行う方法と留意点について述べる。

1. 前提条件

本文書の前提条件を以下の通り設定する。

- ・カメラなど従来の制作に利用していた機材は顧客が用意し、CPE などの L5G による制作に必要な機材は WSE から貸し出す。
- ・令和 4 年度実証実験 (以下、検証) で得られた知見をもとに、構成する手法を中心に記述する。今後開発される可能性がある機器やその仕様は、想定可能な範囲の記述に留める。

2. システム構成

ワイヤレス制作に必要な機材とシステムの構成は以下の通りである。

2.1 カメラシステム

(1) 一体型カメラの利用 (仮)

L5G の伝送機能を有する一体型カメラの利用方法 (TBD)

既存カメラシステムに、今後開発される専用の L5G アダプタを付加した構成も可とする。

(2) 従来型カメラに L5G 対応機能 (一体型アダプタを除く) を付加した場合の利用方法

関係機器とカメラとの接続は図 7-1 及び表 7-31 の通りである。



図 7-1 カメラシステムの構成例

表 7-31 カメラ回りの機器一覧

機器	仕様	実装方法
カメラ	実績のある機器として以下を推奨 SONY : PXW-Z750 [TBD] : [TBD] 映像形式 : 1080/59P[、2160/59P]	カメラ台数は、エンコーダーの総ビットレートが100Mbps以下とすること(基地局のダウンリンク/アップリンク比が4:4の場合) 例 : 20Mbps×5台 なお、基地局の機能改善でダウンリンク/アップリンク比2:6が運用可能となれば、総ビットレートはその特性に合わせて増加することができる
エンコーダー	IBEX : HLD-300C、HLD-540DC、HDL-5000E(4k対応) Magewell : Ultra Encode SDI [TBD] : [TBD] 入力 : SDI(音声 embedded) 出力 : IP/TS 符号化レート : 10Mbps～[TBD] Mbps デコーダーのバッファ量 : [TBD]ms (伝送環境に合わせて調整) 伝送プロトコル : RTP/UDP[、SRT]	カメラからのSDI信号をエンコードし、TSパケットをIP化した出力信号を得る CPEの有線入力に接続 バックバックに格納

CPE	京セラ：K5G_C_100A [TBD]：[TBD]	L5G の送受信アンテナとの見通しが得られる位置に設置する NIC との接続が不安定にならないようにUSBケーブルを固定する
送り返し	iPhone で実装	CPE の WiFi で接続 カメラマンが見やすい位置に設置
連絡系	iPhone で実装 ワイヤレスインカム	CPE の WiFi で接続 カメラマンに装着 安定性確保のために別途用意
タリー	専用デバイスで実装	CPE の WiFi で接続 カメラマン見やすい位置に設置
バッテリー	専用バッテリー（カメラ用、その他機器用）	カメラ本体に取り付け エンコーダー用はバックパックに格納 タリー装置にも電源供給

2.2 基地局とサービスエリア

- ・フレアシステムズ製 FW-L5G シリーズ基地局と、ロケ現場をカバーする DAS（分配アンテナシステム）により、サービスエリアが構築されている。この範囲でワイヤレスカメラの移動が可能となる。移動可能範囲は予めテストを行って確認しておくことが望ましい。
- ・これまでに実績があり、[免許も取得済で]運用可能なサービスエリアは図 7-2 の範囲である。ここで、青い△は DAS のアンテナ設置位置を想定している。実線で描いた楕円は、既に伝送実績のあるサービスエリアである。破線で描いた楕円は、その他の場所をサービスエリアとする場合の例であり、まだ実際の伝搬確認を行ってはいない。今後、これらのエリアでの使用を希望する場合には、予め検証を行う必要がある。
- ・建物内での撮影や、複数のゾーンに渡って連続して撮影するなど、未検証の運用に対しては、予め演出の要望を受けて事前検証をしておく必要がある。ただし、伝送機器の性能や伝搬特性上困難な場合には、有線系を併用するなどにも検討すべきである。

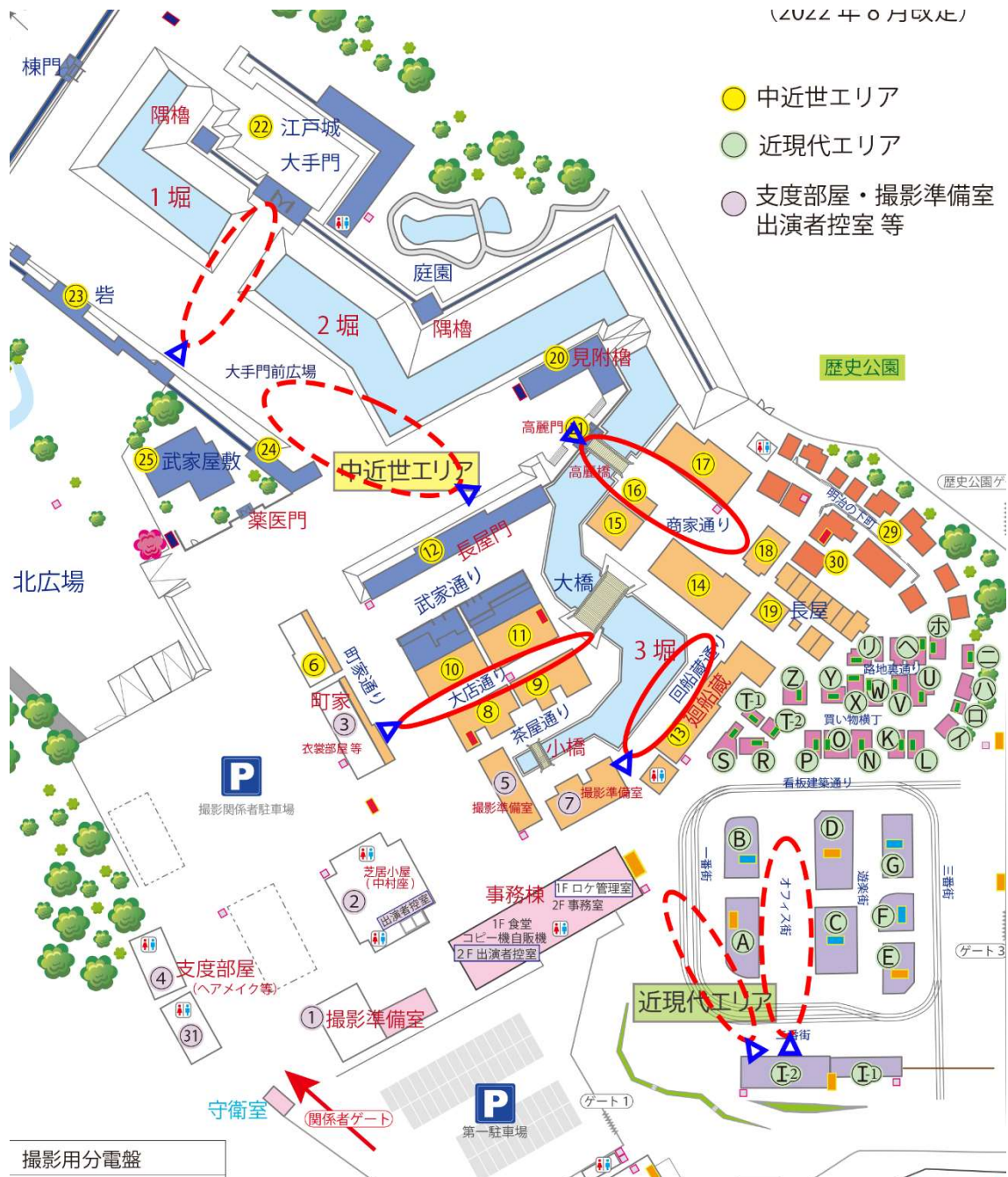


図 7-2 WSE におけるサービスエリアの例

2.3 スイッチングセンター

- ・ロケ現場からのアップリンク信号は DAS 経由基地局で受信され、L2 スイッチで分配される。
- ・カメラごとの信号は、個別にデコードされ、フライバックシステムにてスイッチングやモニタが可能である。フライバックシステムの仕様は表 7-32 の通りである。
- ・スイッチング出力はカメラマンなどへの送り返し用に再エンコードされ、L2 スイッチから基地局に送られ、ダウンリンクで伝送される。

表 7-32 フライバックシステムの仕様

映像(HD/4K)	40 in 24 out
映像(8K)	5 in 6 out
音声	32 in 16 out
インカム	Ridedel Bolero

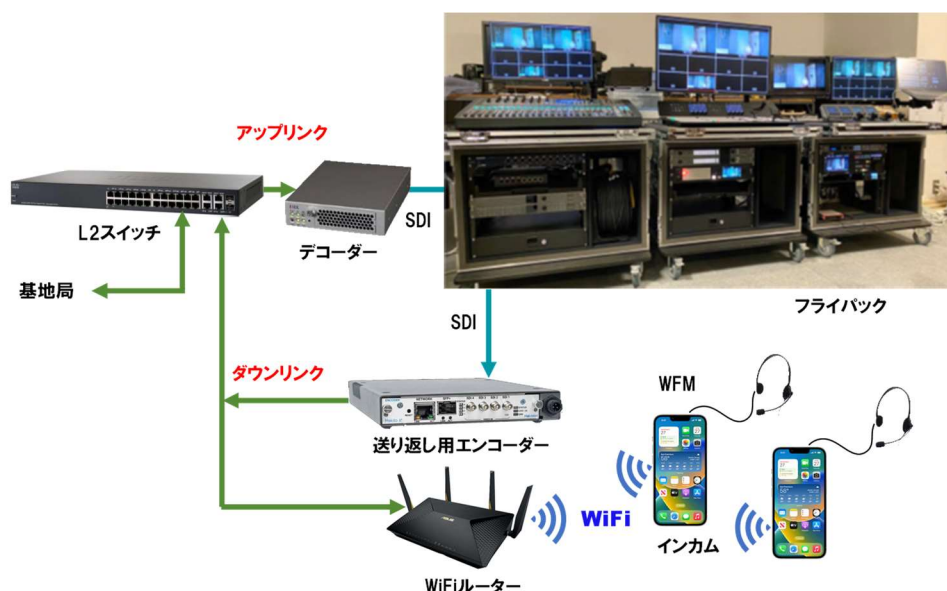


図 7-3 スイッチングセンターの構成例

2. 運用方法

(1) セッティング

必要なシステムセッティングは、WSE 側が対応する。ユーザー側は実際のロケ現場での運用テストを行うところから開始できる。

(2) ロケーションの確認と疎通試験

想定されているサービスエリア内で、演出に合わせたカメラワークでのアップリンクの映像音声の疎通試験を行う。

CPE の設置は内蔵アンテナの指向性を考慮して、極力 DAS 方向に障害物がないように行うこと。建造物だけでなく、人体も伝搬に対して遮蔽の影響が生じることがある。

万一、建物の陰等で伝送が困難な場所があれば、演出側と調整する。

(3) 撮影の開始

L5G 伝送系の安定性確保のため、撮影開始の前に基地局と CPE のリセットを行う。

(4) パブリックビューイング

送り返し映像をさらに HLS サーバ経由でダウンリンクにて配信し、来場者のスマートフォンで視聴していただく環境を構築することができる。

視聴に必要な URL は、予め QR コードを用意して、簡単に利用できるようにすることが望ましい。

なお、視聴端末数（観客数）が増えた場合、ダウンリンクの帯域を圧迫することが考えられるので、エッジサーバを用意するなど、予め対策を講じておくこと。

(5) モニタリング

運用中の状態は、エンコーダー、デコーダー、CPE、カメラの Web 表示機能を利用できる。ネットワークに PC を接続して（L2 スイッチに接続し、IP アドレスをネットワークに合わせて設定する）Web ブラウザにて表示する。

これに加えて、エンコーダー、CPE、基地局に向けて ping を連続送信し、疎通確認を続けることで、不安定状況の把握、原因推定、迅速な対処が可能である。

以下に ping コマンドの例を示す（Mac 含む Linux 系）。

これにより、ping を 1 秒単位で打ち、タイムスタンプ付きの応答を指定階層にテキスト保存することが可能となる。

```
ping xxx.xxx.xxx.xxx | xargs -i _date+%F %T _' | tee 階層パス¥ファイル名.txt (xxx.xxx.xxx.xxx はターゲットデバイスの IP アドレス)
```

3. 困った時には

表 7-33

現象	対応
デコード映像が見えない 音声聞こえない	<p>■映像信号の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> カメラから映像が出力されているか、カメラの SDI 出力に映像モニタを直結して確認する 音声正しく集音できているか、音声モニタで確認する エンコーダーにカメラ出力が正しく入力されているかエンコーダーの状態表示を確認する CPE の USB 端子が確実に接続されているかを確認する エンコーダー出力を L2 スイッチに直結し、CPE-基地局の L5G 系をスルーした場合に映像が表示されるかを確認する <p>■ネットワークの確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ネットワークが正しく接続されているかエンコーダー、CPE、基地局、デコーダーの状態表示（本体と Web）で確認する IP アドレスやポートが正しく設定されているか確認する CPE を一旦、機内モードに変更し、その後再度アクティブにする。L5G 波を一旦遮断することで、無線区間をリセットできる PC から各装置に ping を打って応答があるかどうかを確認する。応答がない場合はそこでネットワークが断となっている
映像がフリーズ、断となる 音声が途切れる	<p>■信号系統の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> 基地局の動作状況を確認する。異常なレート変動などが生じている場合には、基地局をリセットするか、アップリンクの総伝送量を低減する。

現象	対応
	<ul style="list-style-type: none"> ・ CPE と DAS を十分近づけて、伝搬環境での劣化が生じない状態を作り安定したら、フリーズが起きる原因は電波伝搬の劣化であり、撮影場所を見直す。 ・ 伝搬環境が劣化しない状況でも安定しない場合には、基地局、CPE のリセットを行うか、エンコーダー、デコーダーのリセットを行う。
送り返し映像がフリーズ、断となる	<ul style="list-style-type: none"> ■信号系統の確認 ・ 送り返しエンコーダーの出力を直接デコードして正しくエンコードされているかどうかを確認する ・ 再生アプリをリセットする ■伝送量の確認 ・ ダウンリンクの伝送状況を確認して、容量を超える伝送が発生している場合には、使用量を削減する
カメラ間で遅延量が異なる	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一部の伝送路が断となることをきっかけに遅延が増えることがある。CPE をリセットする。
タリー装置が反応しない	<ul style="list-style-type: none"> ・ フライバックシステムとタリーサーバとの接続を確認 ・ ダウンリンク回線の状態確認
パブリックビューイングで視聴できない	<ul style="list-style-type: none"> ・ サーバ URL に誤りがないかを確認する。 ・ 受信端末数が、ダウンリンクの容量を超えていないかを確認する。受信端末の数を減らす。

(3) システム運用者向け可搬型基地局の設置ガイドライン

可搬型基地局設置ガイドライン：システム運用者向け

本資料では、ワープステーション江戸（以下 WSE）にて、L5G を用いたコンテンツ制作を行う際、システム運用者が留意する点について述べる。

1. DAS の設置

- ・ 基地局は送受信アンテナと直結する場合、位置の制約が生じるため、DAS を用いて必要なエリアにて伝送環境が構築できるようにする。
- ・ DAS を用いてエリアを拡張する場合にも、アンテナの指向性により見通し外での伝送が困難であることを考慮して、設置場所を決定する。
- ・ シミュレーションにより有効性が確認できれば、速やかに免許取得を行うこと。なお、エリア全体で他のシステムとの干渉がないことが確認できれば、将来、WSE 内での移動については、申告だけで可能になるとの検討が行政では行われている。その動向についても把握しておくこと。
- ・ 予め計画したサービスエリア内で伝送状況をテストして、伝送の安定性が確保できる領域を確認しておくこと。図 1 に、実証したエリアとその場合に建物の陰など伝送不可となったエリアの例を示す。
- ・ アンテナの指向性は比較的シャープ（放射角が小さい）であり、アンテナ高を取る場合には、サービスエリアを考慮してチルト角の調整も必要である。
- ・ アンテナなどが映り込まないように配慮すること。DAS を建物内に設置する場合には、アンテナの放射方向に伝搬への障害となる金属類が入らないように配慮すること。
- ・ DAS 装置の設置は、風雨への耐候性に留意し、温度湿度対策を適切に行うとともに、ケーブルを含め

て防獣対策も行うこと。特に高周波信号の配線については、トルクレンチ等を用いるなど、確実性に十分配慮すること。

- WSE でのいくつかの収録エリアごとに DAS とアンテナの設置場所の例を図 2 に示す。青い三角形が送信アンテナの位置、赤い楕円が想定されるサービスエリアの例である。なお、実線の楕円は、今回の実証実験で実際に利用したエリアであり、破線の楕円は想定されるいくつかの事例として参考を示した。実際の利用にあたっては、環境構築とテストが必要である。テストの手順を図 3 に示す。ここで重要な点は、電界やスループットの測定だけでなく、実際に映像の伝送状況を確認することが必要である。

また、事業化に向けては、このように想定されるエリアに対応したアンテナ位置の確立とそこでのアンテナと DAS 装置の設置や、送信地点に向けた光ファイバの布線工事が必要となる。

- 実際の運用に際しては、基地局→DAS の順序で電源投入を行うこと。なお、本番収録の前には、これら伝送系を一旦リセットすると安定するという事象が確認されている。

2. 制作環境

制作環境は基本的にユーザー側による構築が行われ、カメラ-スイッチャー間に挿入される伝送系の提供が WSE 側の主たる担当になる。しかし、L5G を活用するために、以下のような点を留意して制作環境を構築することが望まれる。

- 基地局の出力は IP 信号となるため、制作環境の IP 化が望ましい。
※ただし、現時点で基地局はマルチキャストを利用できないため、NDI の利用は限定的である。
- 効率的な制作環境を活用するためには、制作設備の機能を考慮した演出であることが望ましい。この点を認識して、技術と演出での調整を行うべきである。
- 運用中の監視は、出先から伝送される映像音声をデコードしてモニタリングするとともに、各装置の監視制御画面をブラウザで表示する。さらに、基地局、CPE、エンコーダーに向けて ping を連続送信して疎通確認を行うことで、障害ポイントの見極めや、事前察知に有効となる。
- CPE の安定な設置。特に動き回ることを考慮して本体を確実に保持できるような設置、ならびにケーブル類の接続の確認、バッテリーの管理等。

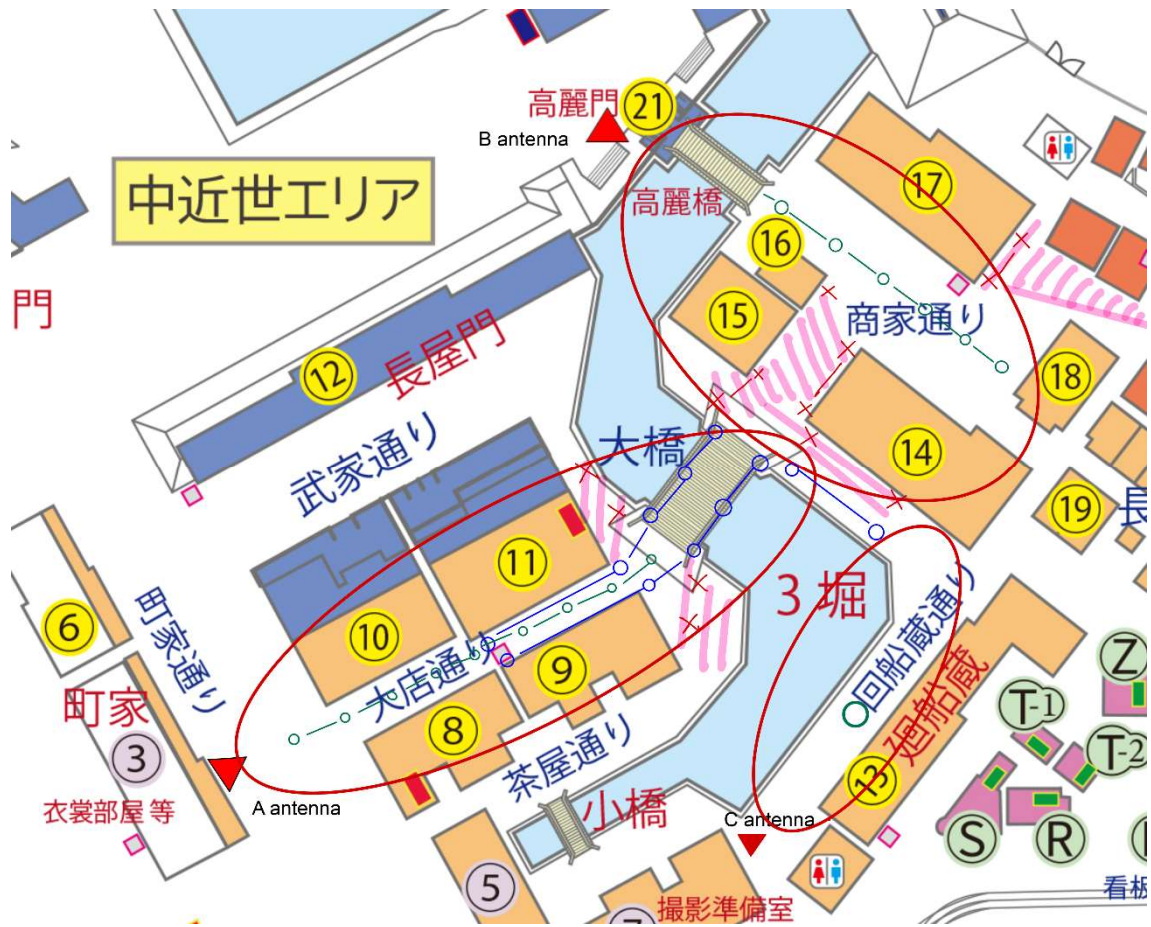


図 7-4 実証したサービスエリアと、伝送不可エリア(ピンクの斜線部と×の表示)の例

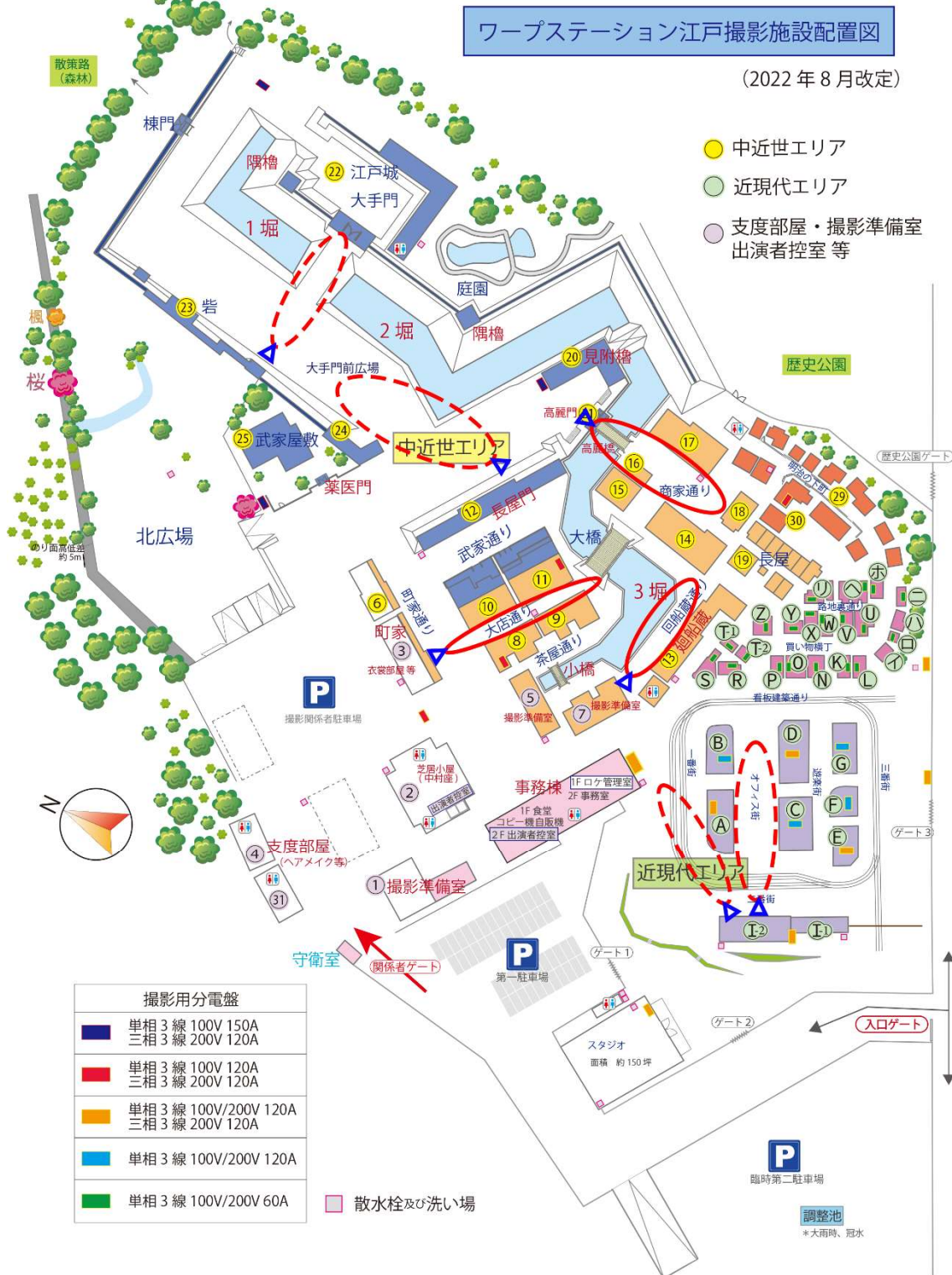


図 7-5 サービスエリアの例(実証済は実線楕円、想定事例は破線楕円)

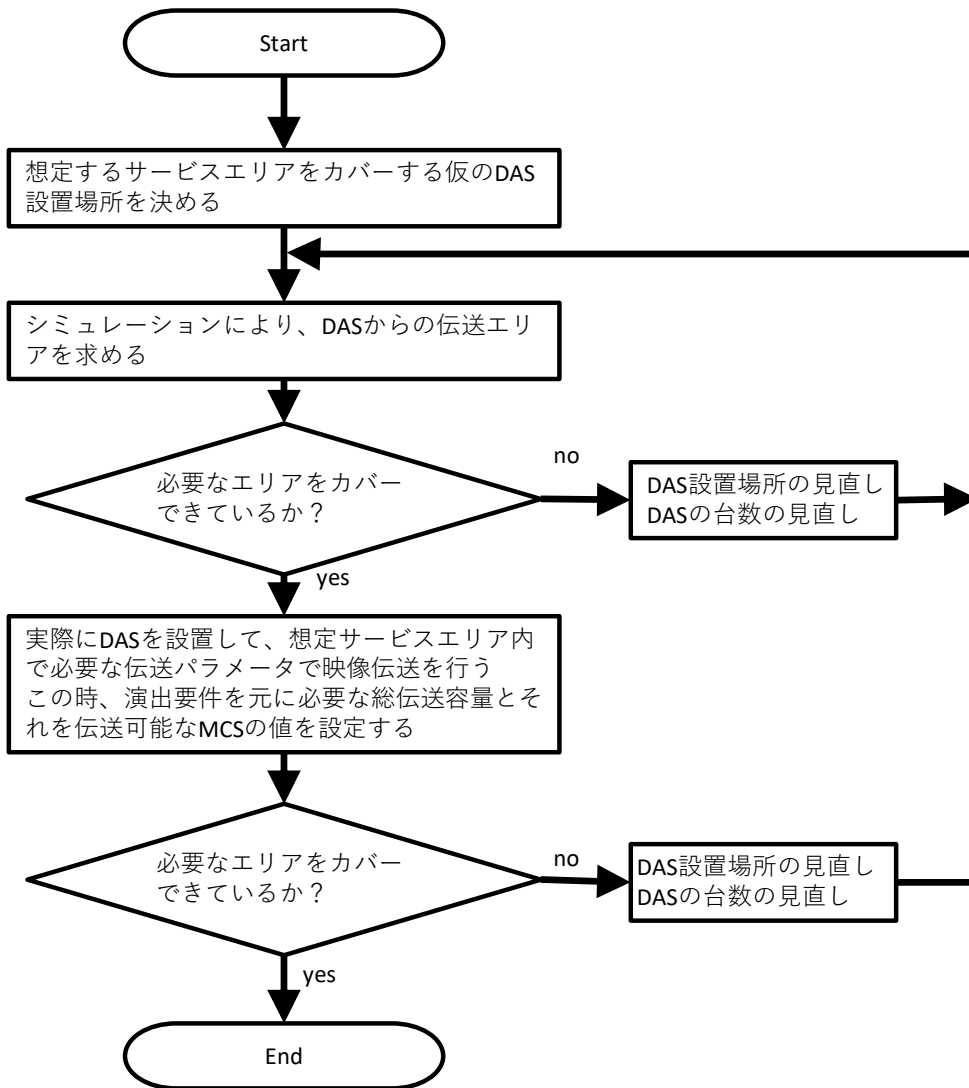


図 7-6 サービスエリア決定の測定手順

(4) 一体型パッケージ構成リスト

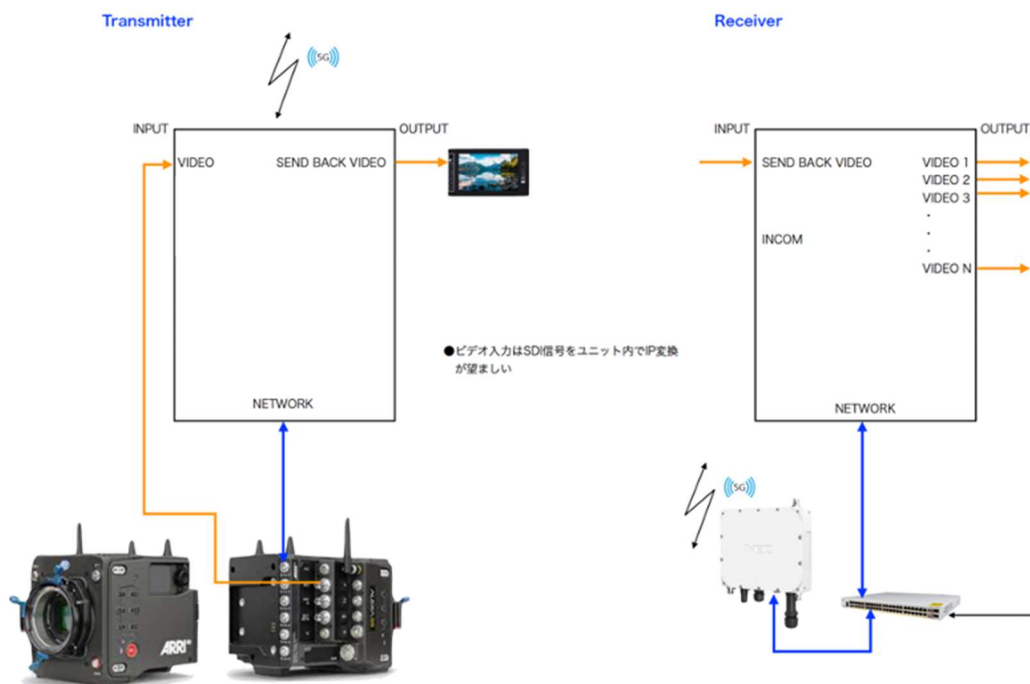


図 7-7 新規開発機器の系統図



図 7-8 開発中のパッケージ



図 7-9 開発中のパッケージ

一体型パッケージの構成表は以下の通り。

表 7-34 ネットワーク構成機器の明細

	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
1	フィールド	RAKU+	CPE	1	可搬	Compal

表 7-3533 ネットワーク構成機器以外の機器の明細

	設置場所	使用機器	機能・役割	数量	設置形態	ベンダ・調達先
1	カメラマン	ALEXA 35	カメラデータが出せるカメラ	1	可搬	ARRI
2	カメラマン	Kiloview Encoder	映像伝送機	1	可搬	Kiloview
3	スイッチングセンター	Kiloview Decoder	映像受信機	1	可搬	Kiloview

各機器の諸元表は下記の通りである。

表 7-34 CPE(RAKU+)



※構成
 本体
 USB ケーブル
 AC アダプタ(T.B.D)

製品名	RAKU+ (Compal社製)
搭載モデム	Qualcomm Snapdragon X55
対応バンド	5G : n79(Sub6)、n257(mmWave) LTE: B41
SIMカードタイプ	Nano SIM
インターフェース	無線LAN IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz帯/5GHz帯対応 有線LAN (RJ45) 1000BASE USB (TypeC) USB3.1、Gen2
バッテリー容量	5,300mAh
外形寸法	119mm x 72mm x 23.5mm
質量	235g
技術基準適合証明	日本国内認証取得済み ※UL-MIMOは2020年12月頃取得予定

表 7-37 撮影カメラ(ARRI ALEXA 35)

	
項目	仕様
撮像素子	Super 35 format ARRI ALEV 4 CMOS sensor
収録映像解像度	LF 16:9 ProRes HD: 1920×1080 LF 16:9 ProRes UHD: 3840×2160
SDI 出力	BNC 端子×2、12G-SDI
カラーアウトプット	Rec 709 Rec 2020 Log C Custom Look (ARRI Look File ALF-2)
レンズマウント	LPL マウント (LPL-PL 変換併用時 PL マウントレンズも使用可能)
収録フォーマット	MXF/ARRIRAW MXF/Apple ProRes 4444 XQ MXF/Apple ProRes 4444 MXF/Apple ProRes 422 HQ
電源	1x LEMO 8pin (11-34 V DC)
消費電力	約 90W
外形寸法	約 147 x 152.5 x 203 mm
重量	約~2.9 kg

(出所)ARRI 社 Web サイト (<https://www.arri.com/en/camera-systems/cameras/alexa-35>)


表 7-38 一体型パッケージ用の映像伝送機(Kiloview Encoder)

項目	仕様
Video input	E1 NDI:1*BNC SDI; E2 NDI:1*HDMI
Analog audio	2*3.5mm
USB port	2*USB 2.0 Type-A
Micro SD	1*Micro SD/TF Card storage interface
Network	100M Ethernet
Video loop	E1 NDI:1*BNC SDI; E2 NDI:1*HDMI
Input video resolution	Up to 1080P60H, details as below: SDI: 1080P23.98/24/25/29.97/30Hz; 1080P50/59.94/60Hz; 1080i50/59.94/60Hz; 720P23.98/24/25/29.97/30Hz; 720P50/59.94/60Hz HDMI: 1080P23.98/24/25/29.97/30Hz; 1080P50/59.94/60Hz; 1080i50/59.94/60Hz; 720P30/50/59.94/60Hz; below 1920*1200.
Video encoding	H.264/AVC, Motion-JPEG
Audio encoding	AAC/G.711
Encoding latency	<67ms
Media transmission protocols	NDI HX/SRT/RTMP/ RTMPS/HLS/TS over UDP/RTSP, customize for SIP
Image and text overlay	Support
Record storage	Micro SD/TF card local recording, and NAS network storage
Management	Web UI and remote management with Kiloview KiloLink Server
Power supply/Consumption	DC 12V 1A/4W
Operating temperature	-20~60°C
Dimension	125*89*28mm(4.92" *3.50" *1.10")

Weight	380g(13.4oz)
--------	--------------

(出所) kiloview社 Web サイト (<https://www.kiloview.com/en/ndi/ndi-wired/>)

表 7-39 一体型パッケージ用の映像受信機(Kiloview Decoder)

	
項目	仕様
Input	2*100M/1000M RJ-45 adaptive Ethernet ports
Video output	1 SD/HD/3G-SDI, up to 1080P60, 1 HDMI, up to 3840*2160@60Hz
Output formats	SDI up to 1080P60Hz; HDMI up to 4k, as follows: SDI: 1080P60/59.94/50, 1080P30/29.97/25/24/23.98 1080i60/59.94/50, 720P60/59.94/50, 576i/50, 480i/60; HDMI: 4K 3840x2160@60/50/30/25, 1080p60/50, 1080p24/25/30, 1080i60/50, 720p60/50, compatible with VESA standard format.
Audio output	SDI/HDMI embedded or analog audio output
Media protocols	NDI HX/SRT/RTMP/HLS/TS over UDP/RTSP/RTP (Note: NDI HX means NDI HX Version 2.0)
SDI transmission distance	Belden 1694A: SD SDI ≥ 350m; HD SDI ≥ 180m; 3D SDI ≥ 100m
Video decoding	H. 265 /H. 264
Audio decoding	AAC/G. 711
Decoding latency	<200ms (adjustable)
Decoding capability	4K 30Hz: up to 4 channels; 1080P 50Hz/60Hz: up to 8 channels simultaneously; 1080P 30Hz or 1080i 50/60Hz or 720P and below: up to 9 CH simultaneously.
Split screen display	Support 1/2/3/4/5/6/7/8/9 split screen

Management	Web UI and remote management with Kiloview KiloLink Server
Power/Consumption	12V, 1A /6W
Operating temperature	-20~60° C
Dimension	140*105*28mm(5.51” *4.13” *1.10”)
Weight	380g(13.4oz)

(出所) kiloview 社 Web サイト (<https://www.kiloview.com/en/decoder/h-265-4k/>)

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証【開発実証事業】

ローカル5Gを活用したドラマ映像制作の合理化に向けた実証

2023年3月

株式会社NHKエンタープライズ
