

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

スタジアムにおけるローカル5G技術を活用した自由視点
映像サービス等新たなビジネスの社会実装

成果報告書

令和4年3月25日

三菱電機株式会社

1. 目次

1. 実証概要	1
1.1 背景・目的	1
1.1.1 スタジアム・プロ野球の事業概略	1
1.1.2 コロナの事業への影響	2
1.1.3 コロナ禍におけるエンタメ業界の変化.....	3
1.1.4 スタジアム・プロ野球における 2nd ベニュー事業.....	5
1.1.5 2nd ベニュー事業の課題	6
1.1.6 本実証の目的	7
1.2 実証の概要	7
1.2.1 ローカル 5G 実証概要.....	9
2. 実証環境の構築	11
2.1 実施環境.....	11
2.2 ネットワーク・システム構成.....	14
2.2.1 ネットワーク全体構成	14
2.2.2 ローカル 5G システム構成.....	16
2.2.3 システム構成	23
2.3 システム機能・性能・要件.....	33
2.3.1 システム機能・性能.....	33
2.3.2 機器一覧.....	37
2.4 免許及び各種許認可.....	38
2.5 その他要件	39
2.6 実証環境の運用	40
2.6.1 実証環境.....	41
2.6.2 当初予定していた移動機設置場所と設置場所変更に至る経緯	41
2.6.3 本実証実験における移動機の設置位置.....	45
3. ローカル 5 G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）	47
3.1 実証概要.....	47
3.2 実証環境.....	49

3.3 実証内容.....	56
3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定.....	56
3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化.....	109
4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）.....	136
4.1 実証概要.....	136
4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標.....	137
4.2.1 コロナ禍における事業者の課題.....	138
4.2.2 課題解決のためのソリューション.....	140
4.2.3 本実証の位置づけ.....	142
4.2.4 社会実装までのロードマップ.....	145
4.3 実証環境.....	150
4.3.1 360度自由視点映像システム.....	150
4.3.2 オンラインギフト（投げ銭）.....	154
4.3.3 NFT付き自由視点映像データ（デジタルトレーディングカード）ソリューション... ..	157
4.4 実証内容.....	159
4.4.1 ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証.....	160
4.4.2 ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証.....	175
4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討.....	185
4.4.4 継続利用の見通し・実装計画.....	192
4.4.5 課題実証における追加提案.....	195
5. 普及啓発活動の実施.....	214
5.1 映像制作への協力.....	214
5.2 実証視察会の実施.....	214
5.2.1 実施時期.....	214
5.2.2 課題実証及び実証視察会の進め方.....	215
5.3 その他普及啓発活動.....	217
6. 実施体制.....	218
7. スケジュール.....	220

1. 実証概要

1.1 背景・目的

1.1.1 スタジアム・プロ野球の事業概略

日本におけるスタジアム・プロ野球の事業形態は、プロ野球の球団がスタジアムを保有するケースと、球団とは独立してスタジアム経営をしているケースとで若干異なるが、本章では、後者の事業について説明する。

図 1.1.1-a はビジネスモデルを示す図である。球団(興行主)の主な収益は、球場のチケット収入、放送権料、グッズ収入である。過去においては、放送権料が最大の収入源であったが、近年のプロ野球放送の減少に伴い、チケット収入が球団の最大の収入源へと変化している。広島東洋カープを例にすると、2008 年の観客動員数は 139 万人であったが、2016 年には 237 万人と 100 万人以上の増加となっている。また、グッズ収入は、2004 年が 3 億 5 千万円であったが、2016 年には 53 億円となり、球団収入の 3 割を占めるほど急成長している。一方、2004 年では 30 億円あった放送権料は、現在では半分以下になっていると推定される。以上のように、球団のビジネスモデルは、放送権料の収益モデルから、球場に来場する観客(1st ベニュー)からの収益モデルへと大きく変化をしている。

一方、スタジアムの主な収入源は、スタジアムの施設利用料、グッズ・チケット販売の手数料、スタジアム内の広告料(看板等)、飲食・フード販売である。プロ野球のビジネスモデルの変化に伴い、グッズ・チケット販売の手数料、飲食・フード販売の収入は増加するが、収入の大半を占める施設利用料、広告料への影響は小さく、全体の収入に大きな変化は無い。スタジアムの野球での利用は年間 72 日であり、野球以外のイベント等による収益が重要である。図 1.1.1-b は全国のスタジアムの稼働率を示す図である。平均の稼働率は 30%以下で、天候に左右されないドーム型のスタジアムにおいても 50%程度である。収益拡大にはイベント開催側から魅力的となるスタジアムの付加価値を高め、集客力の高いイベント等を誘致し稼働率を上げることが重要となる。

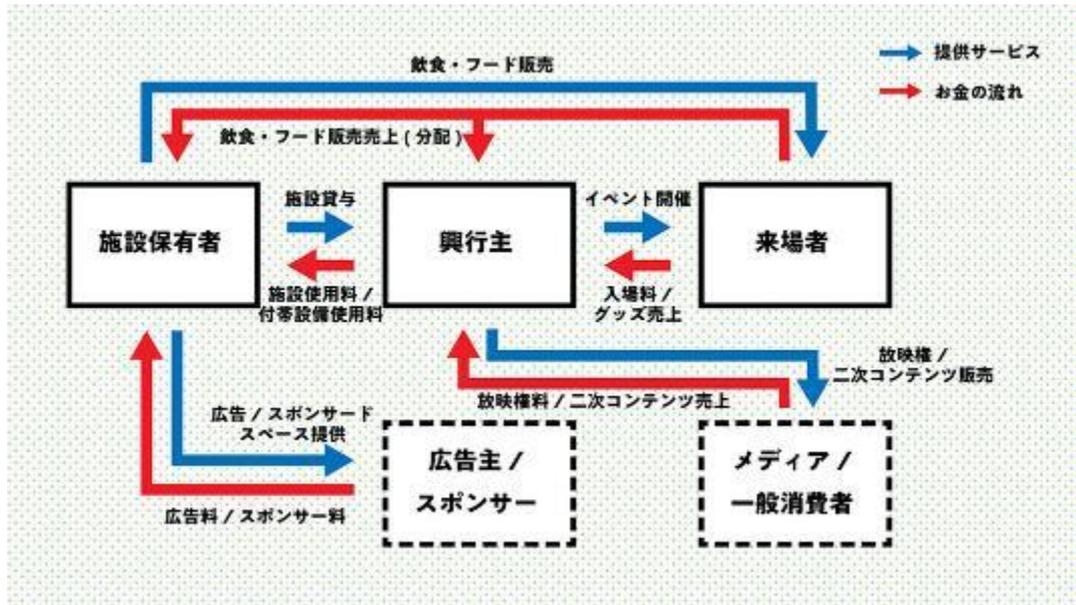


図 1.1.1-a ビジネスモデル図 (出典：乃村工藝社)

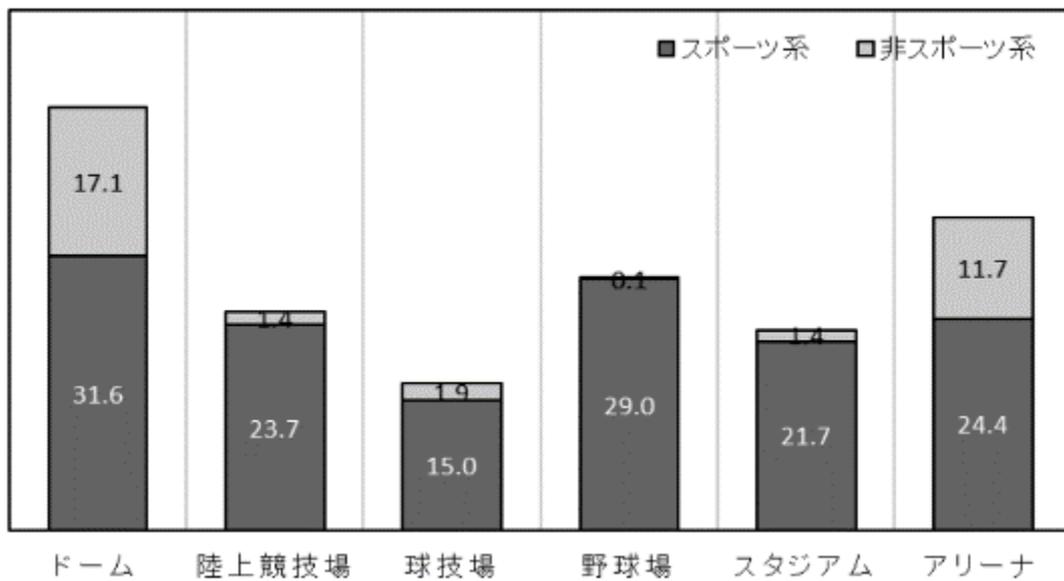


図 1.1.1-b 各種スタジアムの稼働率 (出典：笹川スポーツ財団)

1.1.2 コロナの事業への影響

日本においては、2020年に入り国内でコロナウィルスの拡大が始まり、4月より緊急事態宣言が発出されている。以降、断続的に緊急事態宣言、まん延防止等重点措置の、発出、解除が繰り返され、現在に至っている。この間、ほとんどのイベント、コンサート等は中止となっている。また、プロ野球やJリーグ等のプロスポーツにおいても、試合数の削減、無観客試合、観客数の大幅な削減等、大きな制約を受けている。図 1.1.2-a は 2019 年、図 1.1.2-b は 2020 年のプロ野球の観客数を示す。2019 年は約 2654 万人の観客数であったの

に対し、2020年は2割以下の482万人に激減している。広島東洋カープにおいては、2019年度の経常利益が4.87億円であったのに対し、2020年度は-29.34億円と大幅な赤字となっている。

また試合数、観客数の減少により、スタジアム経営にも大きな影響を与えている。図1.1.2-cは、2019年度と2020年度の東京ドームの決算を示す。コロナの影響を受けた2020年は、売上が前年の43%、経常利益が約243億円減の-137億円となり、危機的状況となっている。(但し、ドームシティ内の遊園地、ホテル全体の数値)

コロナウィルスのワクチン接種が開始されているが、感染状況は収束しておらず、22年以降のプロ野球・スタジアムの経営は引き続き厳しい状況が予想される。コロナ前に状況に戻るのには24年とも言われており、観客減少への対応が喫緊の課題となっている。



図 1.1.2-a 2019 年入場者数 (出典元：プロ野球機構)



図 1.1.2-b 2020 年入場者数 (出典元：プロ野球機構)

単位：百万円

	売上高	営業益	経常益
2019年(20/3/12発表)	91,557	11,728	10,669
2020年(21/3/11発表)	39,756	-10,884	-13,717

図 1.1.2-c 東京ドームにおける 2019 年及び 2020 年の決算状況

1.1.3 コロナ禍におけるエンタメ業界の変化

コロナウィルスのまん延により、プロスポーツと同様に最も影響を受けた業界の一つが、ライブ・エンターテインメント業界である。図1.1.3-aは、ライブ・エンターテインメントの市場規模の推移を示す。ここ10年は順調に拡大を続けてきたが、2020年はコロナ禍の影響により約8割の市場が失われている。

一方、観客を入れての公演ができなくなったことにより、オンラインでの配信を強化す

る動きが活発化している。図 1.1.3-b は、有料型オンラインライブ市場の規模を示す図である。

コロナ以前から、インディーズシーンのアーティストによるオンラインライブが行われていたが、2020年3月までは微々たるものであった。2020年5月以降、大型スタジアムやホールでの活動が中心であったメジャーシーンの人気アーティスト達がオンラインライブに参入することで、市場が短期間で急拡大を遂げている。

また、有料型オンラインライブを視聴したことがある人は全体の18.8%、なかでも18～29歳女性では39.8%と高い割合で視聴しており、市場での認知が広がっている。現時点での有料型オンラインライブの売上は、市場全体の7%程度の規模ではあるが、2024年には1,000億円に達すると予測されている。

一方、課題も多い。オンラインライブ配信は通常ライブと比較して、臨場感やインタラクティブ性が低くなる。それを補完するため、VR、AR、推しカメラ(マルチアングル)等の付加価値をつけて配信する必要があり、配信システムの構築に多大なコストがかかる。そのため、数万人の観客動員が見込まれるビッグネームのアーティストの配信であれば十分採算がとれるが、1,000人以下のオンラインライブでは大半が赤字となっている現実がある。オンラインライブ配信の普及拡大には、低コストで配信可能な仕組み(プラットフォーム)の整備が不可欠となる。



図 1.1.3-a ライブ・エンターテインメント市場規模の推移 (出典元：ぴあ総研)

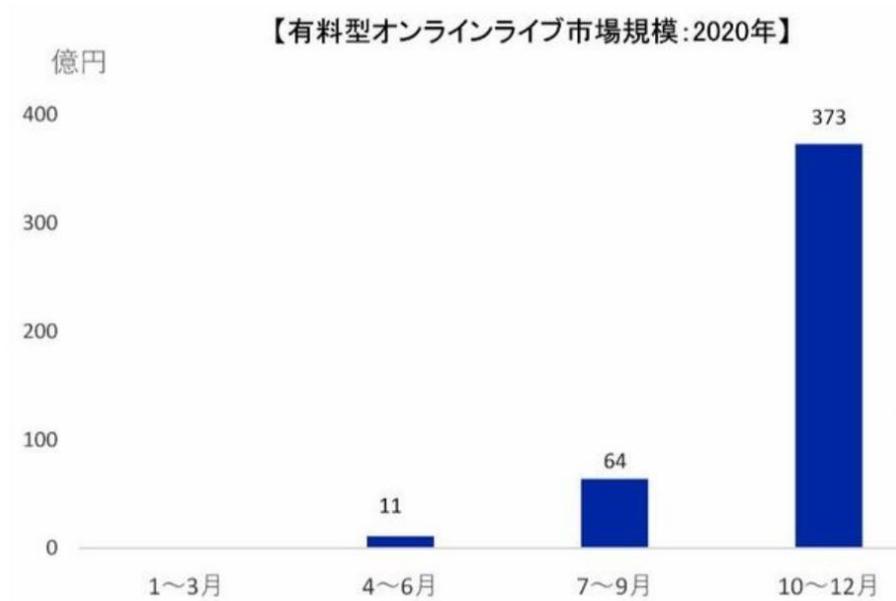


図 1.1.3-b 有料型オンラインライブ市場の規模 (出典元：ぴあ総研)

1.1.4 スタジアム・プロ野球における 2nd ベンチャー事業

ライブ・エンターテインメント業界と同様に、スタジアム・プロ野球においても、2nd ベンチャー(入場者以外)からの収入モデルの開拓が不可欠である。プロ野球はTV中継の減少を補うべく、インターネット配信に取り組んでいる。例えばパ・リーグにおいては、2010年から有料会員制の「パ・リーグライブTV」サービスを開始している。現在では、DAZN、スカパー、ベースボールライブ等複数の配信サービスが提供されている。

しかし、野球配信サービスの視聴者は見たいスポーツが開催しているシーズン中だけ視聴契約をする傾向にあるため、2020年は試合数の減少に伴い契約数が大きく減少している。図 1.1.4 は、DAZN の一人あたりの視聴時間の推移を示す図である。(サッカー等の他のスポーツも含む)一人あたりの視聴時間は 2019 年に対し 2020 年は 10%程度の増加にとどまっている。これらのことから、コロナ禍においてライブ・エンターテインメント業界のような 2nd ベンチャー事業の拡大は見られないことが判る。

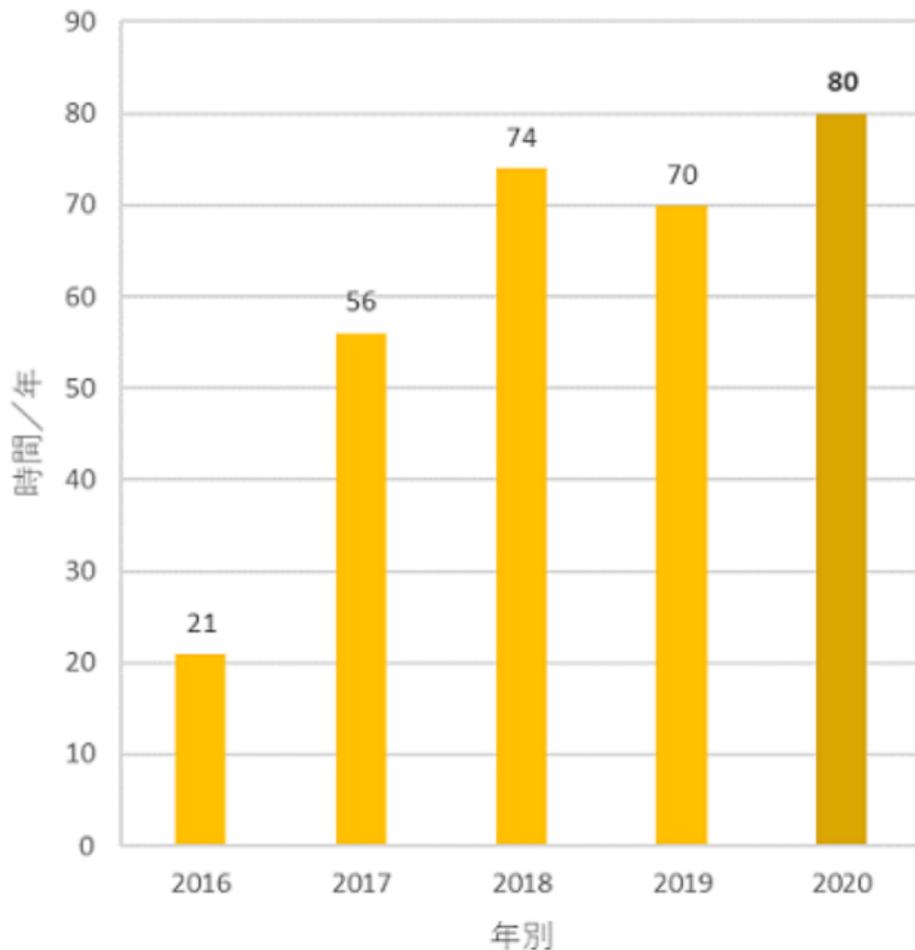


図 1.1.4 1人あたり平均視聴時間の推移（出典元：DAZN）

1.1.5 2nd ベニュー事業の課題

スタジアム・プロ野球において 2nd ベニュー事業の拡大が見られない原因として以下が挙げられる。

①付加価値の高い映像コンテンツの欠如

DAZN 等の配信事業は、TV 放送で中継が少なくなったことの補完の位置づけであり、基本的に従来の放送波と同等の映像を配信している。そのため、従来であれば無料で視聴できたコンテンツを有償で視聴することとなるため、視聴者にとって大きなハードルとなっていると考えられる。

②配信システムのコスト

ライブ・エンターテインメントと同様に、TV 放送と差別化した映像の提供には、配信システムの構築が不可欠である。一方、スタジアムで野球が行われるのは 72 日程度であり、1 年の大半はコンサート等の様々なイベントが開催されている。野球や各イベントで求められる配信システムはそれぞれ異り、イベント毎にシステムを構築する必要がある。そのため、配信システムを提供するスタジアム側に大きなコスト負担が生じ、2nd ベニュー事

業の障害となっている。

③魅力あるアプリケーションの欠如

ただ単に映像を配信するだけでは視聴者にとっての魅力は低い。2nd ベニュー事業の拡大のためには、視聴者の積極的な課金が期待できるアプリケーションの提供が不可欠である。

1.1.6 本実証の目的

1.1.5 の課題を解決すべく、以下の3項目を本実証の目的とする。

- ① 2nd ベニューに魅力的な映像コンテンツの創出
- ② 低コストな配信システムの検証（ローカル 5G）
- ③ 2nd ベニュー獲得のためのアプリケーション(ビジネスモデル)の確立

1.2 実証の概要

本実証は読売巨人軍のホームグラウンドである東京ドームで行われるが、東京ドームがある東京ドームシティはホテル、コンサートホール、店舗、遊園地等が立地するアミューズメントエリアとなっている。ローカル 5G は、東京ドームだけではなく、東京ドームシティ全体において様々なシーンでの活用が見込まれる。

図 1.2-a は、東京ドームシティにおけるローカル 5G の3つの活用シーンを示したものであり、それぞれのシーンは以下の通り。

平常時 a は、東京ドームシティ・ドームにて行われるスポーツ・文化事業の提供、平常時 b は、東京ドームシティ・ドームの訪れた方が、東京ドームシティ内やその周辺の飲食店等を利用、非常時は、災害等が発生した際の東京ドームシティ活用、等をイメージしている。これらがローカル 5G という仕組みと連携して循環していく形を構築することで、地域活性につながれると考える。

今回の実証においては、図 1.2-b に示す通り、平常時 a について取り組み、実証後に順次適用範囲を拡大していくことを検討する。



図 1.2-a 東京ドームシティにおけるローカル 5G 活用シーン



図 1.2-b 本実証の対象シーン

1.2.1 ローカル 5G 実証概要

屋内型スタジアム環境（東京ドーム）において、ローカル 5G ネットワークを用いた複数台カメラ等による上り（端末⇒ネットワーク）データ伝送の実証と、サイネージや高精細映像表示機器に対する下り（ネットワーク⇒端末）データ伝送を実証した。ローカル 5G ネットワークを含むシステム内にはネットワークスイッチ等を制御対象としたネットワークスライスの機能も具備し、ネットワークトラフィックに応じた所望のオンラインネットワーク設定やスライス機能についても実証した。

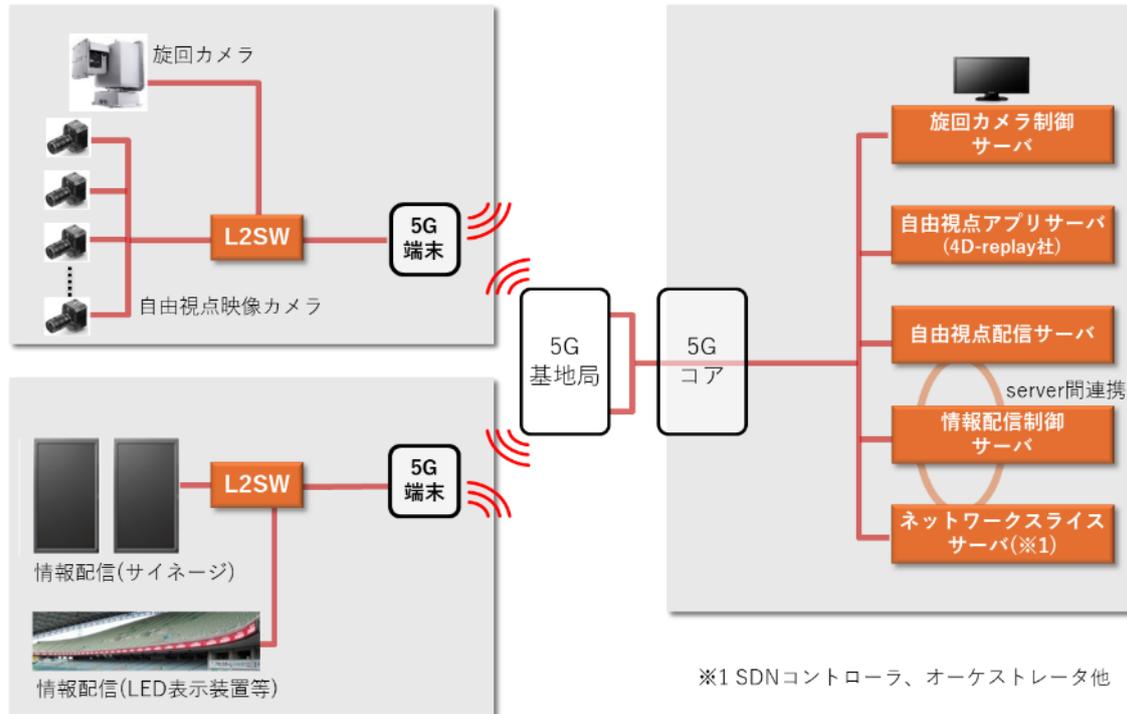


図 1.2.1-a ローカル 5G 実証システム

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）は、屋外でも利用可能な 4.8GHz～4.9GHz にて実証を行った。スタジアム環境というトラフィック変動が激しい（スポーツやイベント時等においては、Wi-Fi や通信キャリア（MNO）回線等を使ったトラフィックが非常に高く、他方でスポーツやイベントがない時にはトラフィックが非常に低い）状況において、ローカル 5G という他からの影響を受けにくいシステムを用いて、その有効性を確認した。4.8GHz～4.9GHz を用いて実証を行うことにより、測定した電波伝搬特性は、半屋外（屋根付きの屋外型スタジアム環境）に対しても適用可能と想定する。テーマ別実証（技術実証テーマ）としては、屋内型スタジアム環境における電波伝搬モデルの精緻化に向け電波伝搬モデル検討を行った。

ローカル 5G 活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）は、遠隔で画角調整等が可能な回転カメラや 360 度自由視点映像用カメラを用いてローカル 5G 端末からローカル 5G ネットワークへの伝送を実施した。映像表示は、ローカル 5G ネットワークからローカル 5G 端末を経由し、サイネージや LED 表示装置への伝送を実施した。

表 1.2.1-b 課題実証使用機器一覧

機器・システム	機器提供メーカー	表示内容	表示先
360度 自由視点映像	4DReplay, Inc. (米国)	被写体を360° の方向から複数のカメラで撮影し、 任意な視点(角度)からの映像をリアルタイムに表示	LED表示 装置
旋回カメラ (ロボティ)	三菱	複数のカメラで複数の被写体を撮影し、ユーザが選 択した任意のカメラ映像を表示	PC
MEDIAWAY	三菱	広告等を表示	サイネージ

2. 実証環境の構築

2.1 実施環境

今回の実施環境は、東京都文京区にある東京ドームである。図 2.1-a は実施環境の全景であり、中央に位置する施設が東京ドームである。実証環境におけるカバーエリアは後述する図 3.3.1.3-1(a)に示す。表 2.1-b に東京ドームの概要を示す。東京ドームは、主にプロ野球やコンサートなどが催される大型施設であり、全天候型多目的スタジアムである。さらに、東京ドームを含む東京ドームシティは「東京都震災対策条例」に基づいて、「緊急避難場所」に指定されている。従い、非常時においては帰宅困難者を含む一時避難者の受け入れ場所として活用され、地域の防災拠点としての役割も担っている。

東京ドームは多くの来訪者があり、2019 年の実績では年間約 3,900 万人が来訪している。プロ野球やコンサートを行えば 1 日あたり約 5 万人の来場者があり、大きなイベントを開催すれば 10 日間で 400 万人の来場者等の実績がある。また、2014 年には Wi-Fi サービスが導入され、利用者の利便性向上が図られている。一方、無線通信を活用した新サービスを展開するとき、ローカル 5G は既存の Wi-Fi より提供可能な通信速度、通信の安定性、などの観点において優位である。そのため、本実証場所においてローカル 5G を用いた課題実証を行う意義があると考えられる。

また、東京ドームなどのスタジアム固有の環境として、グラウンドに対し客席が急傾斜で設置されている、という点がある。図 2.1-c は東京ドームにおけるグラウンドと客席の様子を示しており、すり鉢状に客席が配置されている。このような環境において、電波伝搬の特性を詳細に知ることが、他のスタジアムや体育館等のスポーツイベント場所における伝搬モデルの精緻化につながると考えられる。

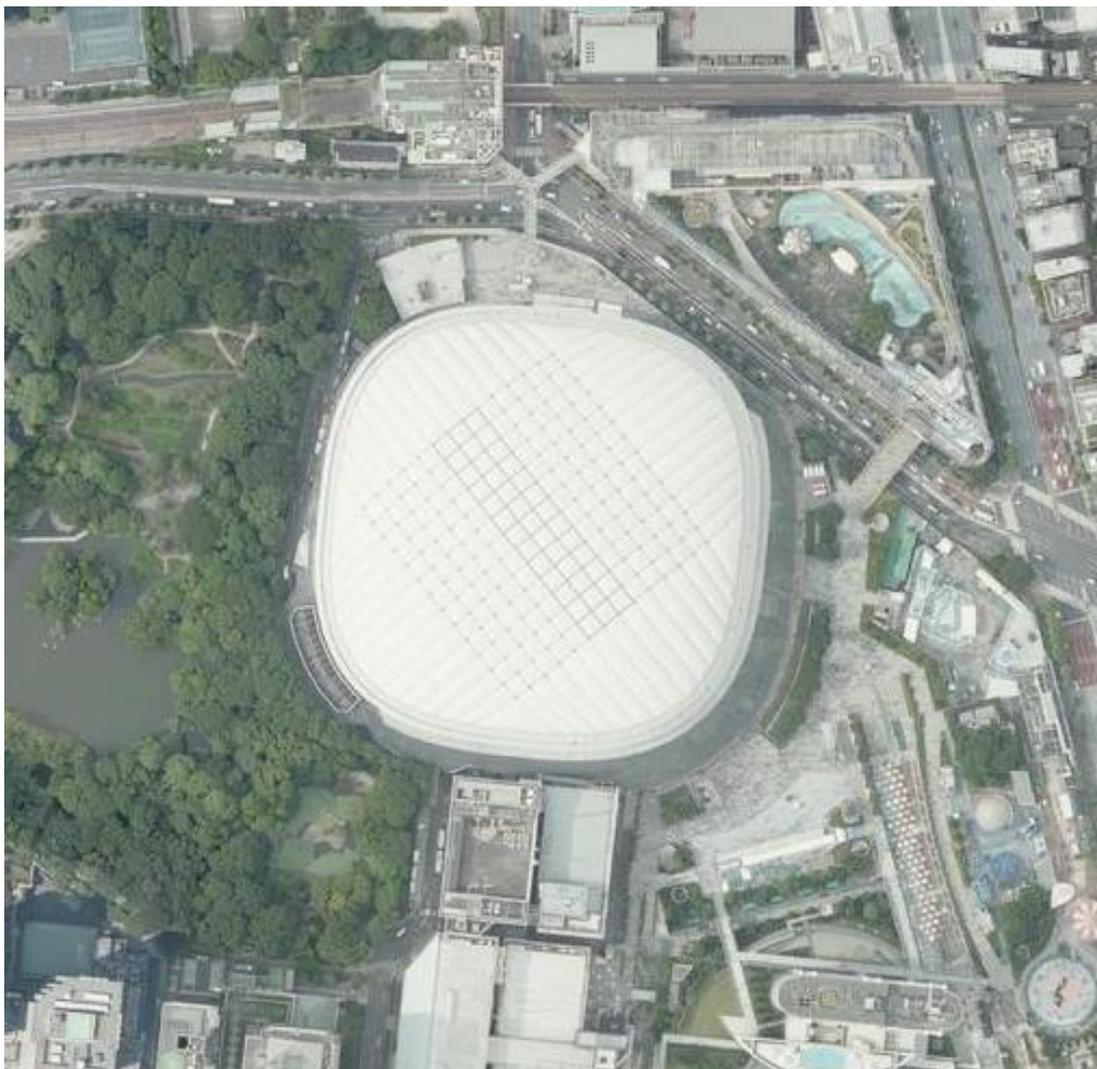


図 2.1-a 実施環境（東京ドーム）の全景 ※出典：国土地理院

表 2.1-b 実施環境の概要

施設名称	東京ドーム
所在地	東京都文京区後楽1丁目3-61
面積	46,755 平方メートル
収容人数	55,000 人
年間来訪者（東京ドームシティ）	約 3,900 万人
イベント時の入場者数	プロ野球： 44,000 人/日 （2019 年、年間平均） コンサート： 約 11 万人 （2017 年、2 日間） イベント： 400 万人 （ふるさと祭り東京、2020 年、10 日間延べ人数）



図 2.1-c 東京ドームにおけるグラウンドと客席の様子

2.2 ネットワーク・システム構成

2.2.1 ネットワーク全体構成

本実証では、2.1 に示した環境にローカル 5G を含めたシステムを構築する。図 2.2.1-a にネットワーク構成図を示す。360 度自由視点映像システムや旋回カメラなどが映像制御装置とローカル 5G システムを介して接続されており、本実証を行う上で効率的なシステムとなっている。360 度自由視点映像システムでは、360 度自由視点映像カメラで撮影したデータがローカル 5G システム経由でオペレータールーム内の 360 度自由視点映像システムの制御部に伝送される。360 度自由視点映像カメラは最大 16 台を用意し、実証環境の状態に合わせて使用する台数や解像度を適宜変更した。旋回カメラで撮影された映像データは、スタンドに設置された旋回カメラ Viewer に伝送される。映像データは旋回カメラに接続された 5G 端末よりローカル 5G システムに伝送された後、旋回カメラ Viewer に接続されたスタンド内の 5G 端末に伝送されるためローカル 5G システム内で折り返され、旋回カメラ Viewer に伝送される。本実証において使用する旋回カメラの台数は 2 台である。360 度自由視点カメラおよび旋回カメラで撮影されたデータは映像制御装置に入力される。映像制御装置では、手動により LED 表示装置もしくはサイネージに表示する映像ソースを切り替える。映像ソースはオペレータールーム内のネットワークおよびローカル 5G システムを経由し、LED 表示装置やサイネージに表示される。ネットワークスライス制御装置は、360 度自由視点カメラ映像の伝送およびサイネージへの映像伝送に対し制御を行った。トラフィックジェネレータによるデータと映像データを同時に同一ネットワーク内に伝送し、ネットワークスライス制御により映像データを優先的に伝送させた。

なお、本ネットワークはすべて東京ドーム内に設置されるオンプレミス・ネットワークである。社会実装時は、一部の機能をクラウド化することを検討する。

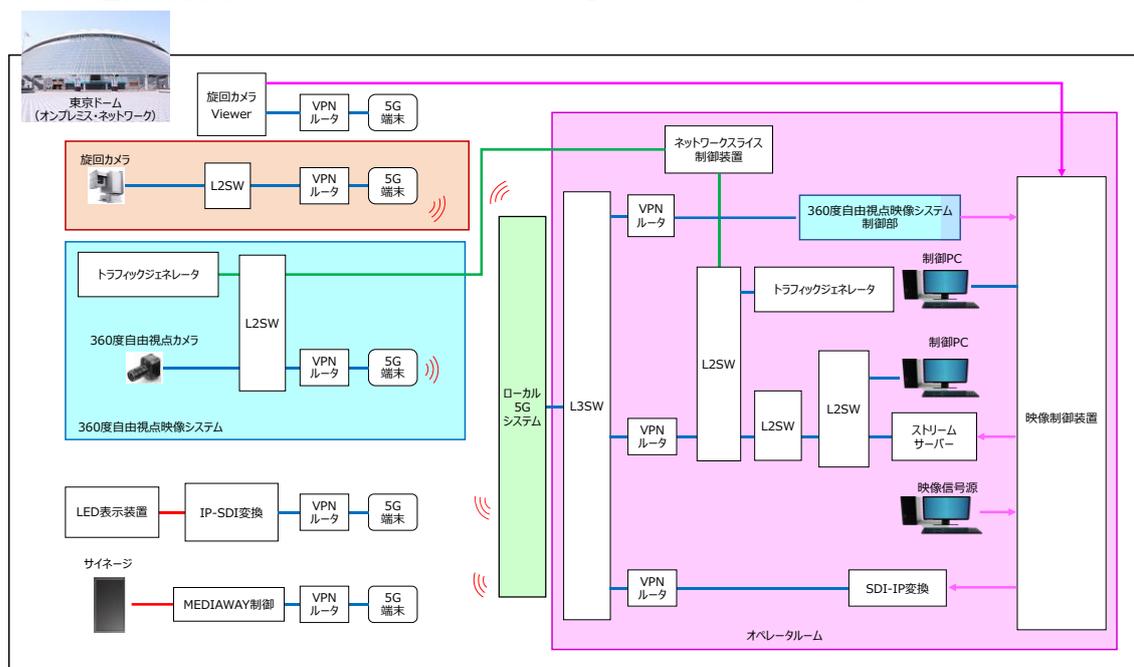


図 2.2.1-a ネットワーク・システム構成図 (概略版)

各機器の設置場所について図 2.2.1-b に示す。また、ローカル 5G システムの設置個所の詳細を図 2.2.1-c に示す。スタンド内 1 階席にローカル 5G 基地局を設置する。1 塁側に Radio Unit (RU) を設置し、3 塁側に RU を含むローカル 5G コアネットワークを設置する。360 度自由視点カメラ、巡回カメラ、LED 表示装置、サイネージはグラウンド内に設置する。図 2.2.1-d は機器設置風景である。

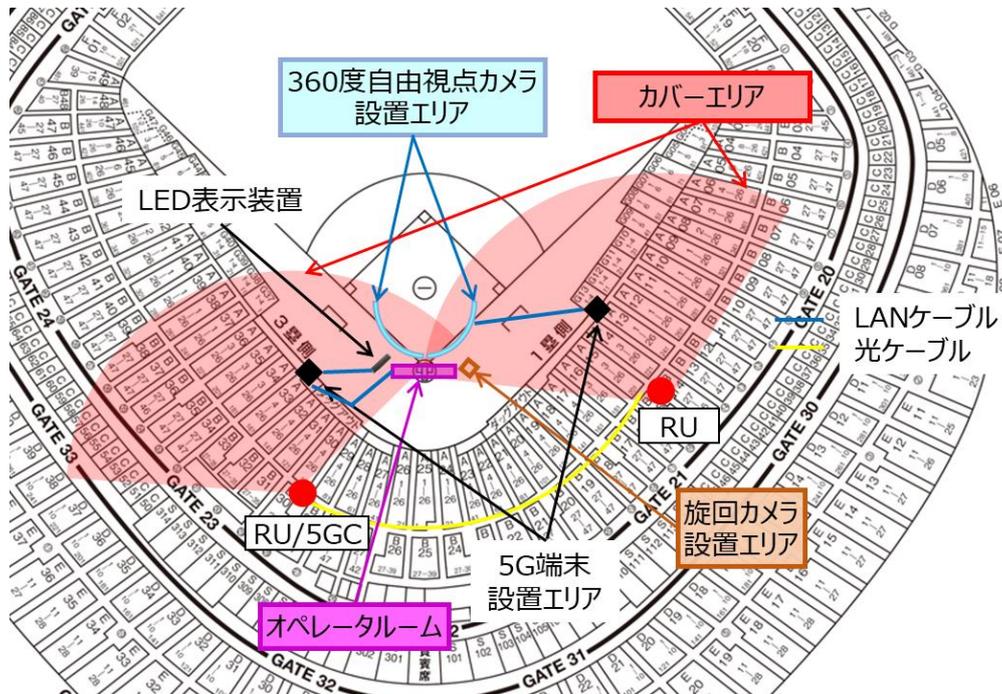


図 2.2.1-b 機器の設置場所

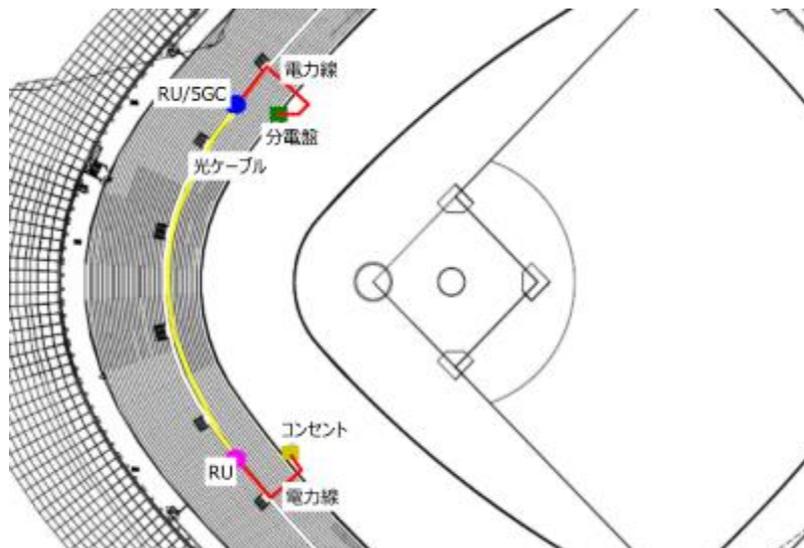


図 2.2.1-c ローカル 5G システム設置場所



図 2.2.1-d 機器設置風景

2.2.2 ローカル 5G システム構成

本実験では、コアネットワークを含めたローカル 5G システム全てを実証実験敷地内に設置するオンプレミス構成をとる。ローカル 5G システム構成を図 2.22.2-a に示す。図中の課題実証用ネットワークは図 2.2.1-a 内のオペレータールームのネットワークを示す。

19 インチラック内にはローカル 5G コアネットワークシステム及び一部の基地局システムの装置を収用する。19 インチラック搭載イメージは図 2.22.2-b に示す。

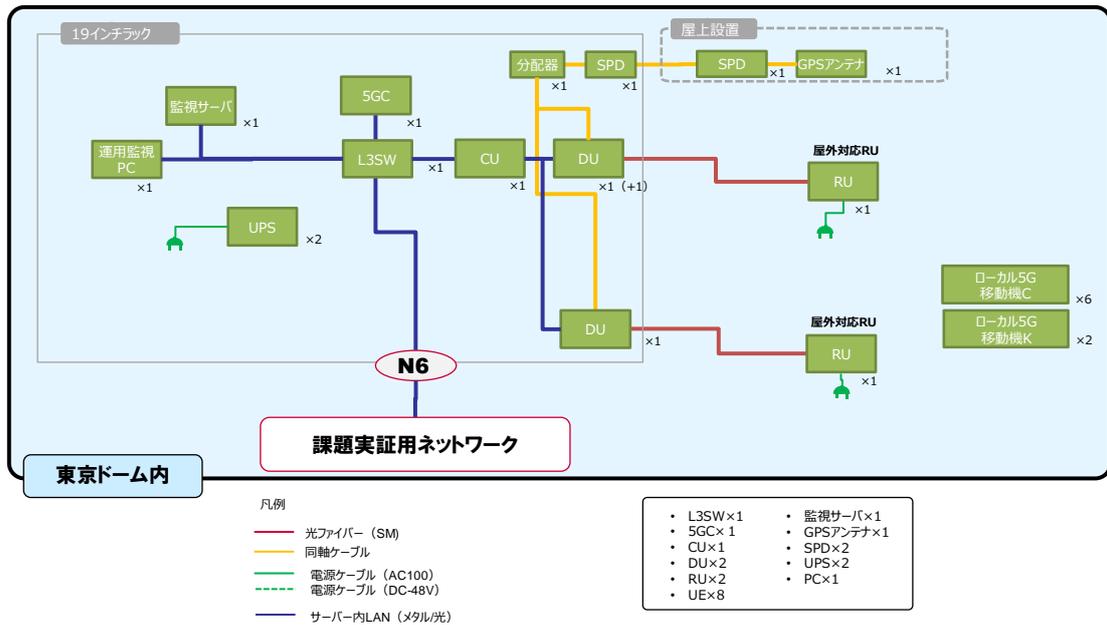


図 2.22.2-a ローカル 5G システム構成

ハーフラック×1架への搭載イメージ	
No.	搭載機器
24	ラックコンソール
23	
22	EMS
21	
20	L3SW
19	Lアングル
18	5GC
17	
16	CU
15	Lアングル
14	DU
13	Lアングル
12	DU
11	Lアングル
10	※同軸ケーブル処理スペース
9	GPS分配器
8	※同軸ケーブル処理スペース
7	
6	UPS
5	
4	
3	UPS
2	
1	

UPS接続合計消費電力：2,270

図 2.22.2-b ローカル 5G コアネットワークシステム及び一部基地局システムのラックマウント図

2.2.2.1 ローカル 5G 基地局

本実証において用いたローカル 5G 基地局システムは、CentralUnit (CU)、DistributeUnit (DU)、RadioUnit (RU) の三種類の装置で構成される。CU は汎用サーバーを利用することで、ハードウェア調達コスト削減に寄与する。DU~RU 間のインターフェースは RAN のマルチベンダ化を見据えたオープンなインターフェースである O-RAN Split7.2x に準拠した製品を採用した。

装置の外観等を図 2.2.2.1-a ローカル 5G 基地局システム構成に示す。なお RU はアンテナ一体型となっており筐体前面より電波を放射する。また、装置の主要諸元を表 2.2.2.1-b に示す。

構成装置	台数	サイズ	重量	給電仕様	最大消費電力	
5G 基地局 Central Unit (略称: CU)  PRIMERGY RX2530 M5	1 台	型番: PW300-CU リモート分散局(DU)を集約する 基地局。セッション管理、パケット 転送や無線リソース制御を行う	19インチ1U Width: 435mm Depth: 721mm Height: 43mm	約18.1kg	AC100V	755W
5G 基地局 Distributed Unit (略称: DU)  専用装置	2 台	型番: PW300-DU 5Gに対応した変復調や符号復 合処理を行う基地局	19 インチ 1U (Short depth) Width: 482mm Depth: 285mm Height: 44mm	約4.1kg	AC100V	265W
5G 屋外用無線装置 (略称: RU)  専用装置	2 台	型番: PW300-RU-O ユーザ機器 (UE) とネットワークとの 無線通信を行う	Width: 259mm Depth: 353mm Height: 76mm	約6.5kg	AC100V	約150W

図 2.2.2.1-a ローカル 5G 基地局システム構成

表 2.2.2.1-b ローカル 5G 基地局システム諸元

製造ベンダ	富士通株式会社
周波数	4.8GHz~4.9GHz
帯域幅	100MHz
通信方式	TDD (同期)
DL:UL 比率	DL: UL: S = 7:2:1
送受信系統数	4 送信 4 受信
BeamForming	サポート
ユーザー数	1 セル当たり 64UE を目標とする
MIMO	UL 2Layer DL 4Layer
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
セルスループット (規格値)	DL: 1.7Gbps UL: 0.2Gbps
同期方式	GPS
フロントホールインターフェース	O-RAN Split Option7.2x

2.2.2.2 ローカル 5G コアネットワークシステム

本実証において用いたローカル 5G コアネットワークシステムは、5G コア装置 (5GC)、監視装置 (EMS)、L3SW の三種類の装置で構成される。5G コア装置は 5G 無線装置を収容する 5G コアネットワークやインターネットなど他のネットワークとの接続やユーザー管理などを行う交換機である。監視装置はネットワークの管理を行う管理制御システムであり、監視対象は 5GC/CU/DU/RU である。また、L3SW は 5GC や CU との C/U-Plane 転送、EMS との監視制御情報転送、N6-IF の転送を行うネットワーク機器である。

装置の外観等を図 2.2.2.1-a ローカル 5G 基地局システム構成に示す。また、主要諸元を表 2.2.2.2-b に示す。

構成装置	台数	サイズ	重量	給電仕様	最大消費電力
5G コア装置 (略称: 5GC) PRIMERGY RX2530 M5 型番: PW300-5GC 5G無線装置を収容する5Gコアネットワーク。インターネットなどの他のネットワークとの接続やユーザー管理などを行う交換機	1台	19インチ1U Width: 435mm Depth: 721mm Height: 43mm	約18.0kg	AC100V	612W
監視装置 (略称: EMS) PRIMERGY RX1330 M4 型番: PW300-EMS ネットワークの管理を行う監視制御システムの総称。監視対象は5GC/CU/DU/RU/	1台	19インチ1U Width: 435mm Depth: 721mm Height: 43mm	約13.6kg	AC100V	約127W
L3SW CISCO Catalyst9300-24UX 型番: Catalyst9300-24UX 5GC、CUとのC/U-Plane転送、EMSとの監視制御情報転送、N6-IFの転送を行うネットワーク機器	1台	19インチ1U Width: 445mm Depth: 513mm Height: 44mm	約8.25kg	AC100V	約1100W

図 2.2.2.2-a ローカル 5G コアネットワーク構成

表 2.2.2.2-b ローカル 5G コアネットワーク諸元

製造ベンダ (L3SW 除く)	富士通株式会社
製造ベンダ (L3SW)	Cisco Systems G.K.
準拠する標準仕様	3GPP Release15
5G ネットワーク構成	SA Option2

2.2.2.3 ローカル 5G アンテナ設置

本実証においては、可動型のアンテナ設置架台を使用し、図 2.2.2.3 に示すように RU を設置した。

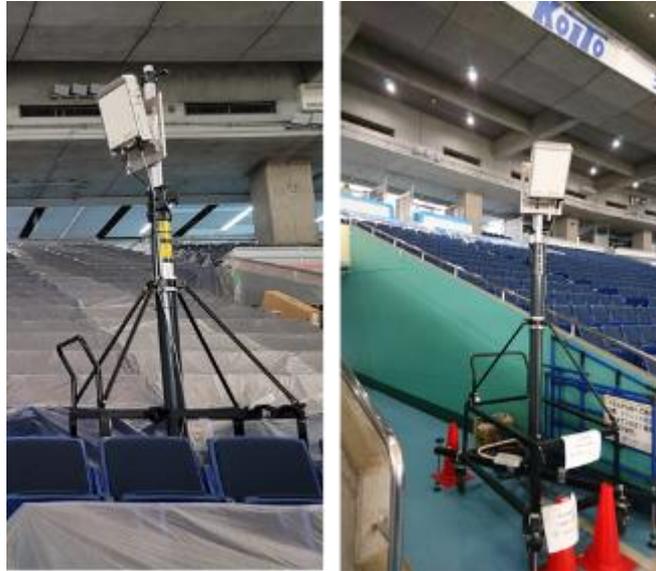


図 2.2.2.3 ローカル 5G のアンテナ設置

2.2.2.4 ローカル 5G 端末

当初は、京セラ K5G-C-100A（外観は図 2.2.2.4-a に、諸元は表 2.2.2.4-a）及び Compal RAKUPlus（外観は図 2.2.2.4-b、諸元は表 2.2.2.4-b）を利用予定であったが、本実証実験では、京セラ K5G-C-100A のみを利用した。



図 2.2.2.4-a K5G-C-100A（本実験で利用）の外観

表 2.2.2.4-a K5G-C-100A（本実験で利用）の諸元

機器諸元	
サイズ/質量	約165(H) x 78(W) x 27(D)mm/約348g
ディスプレイ	2.6インチ
電池容量	リチウムイオン電池(6,000mAh)
mmWave	DL 400 MHz bandwidth, 4 carriers, 2x2 MIMO @ n257 UL 200 MHz bandwidth, 2 carriers, 2x2 MIMO @ n257
Sub-6	DL 100 MHz bandwidth, 4x4 MIMO UL 100 MHz bandwidth, Non-MIMO @ NSA
Wi-Fi	Wi-Fi (802.11 a/b/g/n/ac/ax) 2x2 MIMO
防水/防塵	非対応
有線LAN	非対応 (USB Type-C - Ethernet変換アダプタ利用にて可能)
USB	充電端子:USB Type-C™(PD3.0) I/F:USB Type-C™(3.1)



図 2.2.2.4-b ompal RAKU Plus（本実験では未使用）の外観

表 2.2.2.4-b Compal RAKU Plus（本実験では未使用）の諸元

機器諸元	
寸法 (WxDxH)	119x72x23.5mm
重さ (kg)	0.228 kg
対応周波数	5G ・Sub6 : n79 ・mmw:n257 4G ・B38,41
Wi-Fi規格	Dual band WiFi MIMO 802.11 a/b/g/n/ac/ax
対応インター フェース	USB3.1 Gen2, TypeC,Nano-SIM,RJ45

2.2.3 システム構成

本実証における課題解決システムのシステム構成図を図 2.2.3-a に示す。

360 度自由視点映像システムは 360 度自由視点カメラと 360 度自由視点映像システム制御部から構成される。360 度自由視点カメラは被写体を複数の角度から撮像するカメラであり、360 度自由視点映像システム制御部はカメラで撮影された映像データを基に 360 度視点映像を生成する。360 度自由視点映像システムでは、360 度自由視点カメラで撮影された映像データは 5G 端末およびローカル 5G システムを経由して、オペレータールーム内の 360 度自由視点映像生成装置に保存される。保存された映像データから 360 度自由視点映像を生成し、生成後の映像データを映像制御装置に入力する。

旋回カメラは特定の被写体を追従して撮影する機能を有している。旋回カメラで撮影された映像データは 5G 端末経由でローカル 5G システムに伝送された後、5G 端末に接続された旋回カメラ Viewer に伝送される。旋回カメラ Viewer に表示された映像データは HDMI 信号となり、映像制御装置に入力される。

映像制御装置はサイネージや LED 表示装置に表示する映像ソースを切り替える機能を有している。映像制御装置は旋回カメラ、360 度自由視点映像システムからの映像を受信する。映像制御装置では、受信した映像を選択して、ローカル 5G システム経由でサイネージおよび LED 表示装置に出力する。映像制御装置から出力された映像は、ストリームサーバーとローカル 5G システムを経由し、サイネージに伝送される。一方、LED 表示装置への映像データは、制御装置内において解像度変換が行われる。変換後の映像データは、SDI-IP 変換器により IP 信号に変換された後、ローカル 5G システムを経由して LED 表示装置へ伝送される。

ネットワークスライス制御装置は、360 度自由視点カメラ映像トラフィックおよびサイネージへの映像トラフィックをそれぞれ個別のスライスとして管理し、各サービス要件に適合した QoS 制御パラメータを、映像トラフィック伝送を行うネットワーク装置に応じて生成し、ネットワーク装置に設定する。スライスの識別はパケットヘッダ情報を用いて行うこととし、ネットワーク装置においてヘッダ情報による優先制御が行われる。

360 度自由視点カメラで撮影された映像データと、監視カメラ等の他用途向けカメラ映像を模擬したトラフィックジェネレータからの伝送データを同一ネットワークで伝送する。平常時の動作として、ネットワークスライス制御により映像データが優先的に伝送されるように制御を行う。また、サイネージへの映像データと、ユーザー端末への映像配信を模擬したトラフィックジェネレータからの伝送データを同一ネットワークで伝送し、ネットワークスライス制御によりサイネージへの映像データが優先的に伝送されるように制御を行う。ネットワークスライスを活用したネットワーク管理制御は、5G や、サーバー・端末を接続するための他の無線アクセス方式および有線アクセスを含めた E2E での運用が効果的であるため、各ネットワークドメインのスライシング技術の確立が必要であり、今回の実証においては、有線ネットワークを対象としてオンラインでのネットワーク性能要件入力、スライス構築、映像アプリケーション適用等を実証した。詳細は後述の 4 章において説明する。

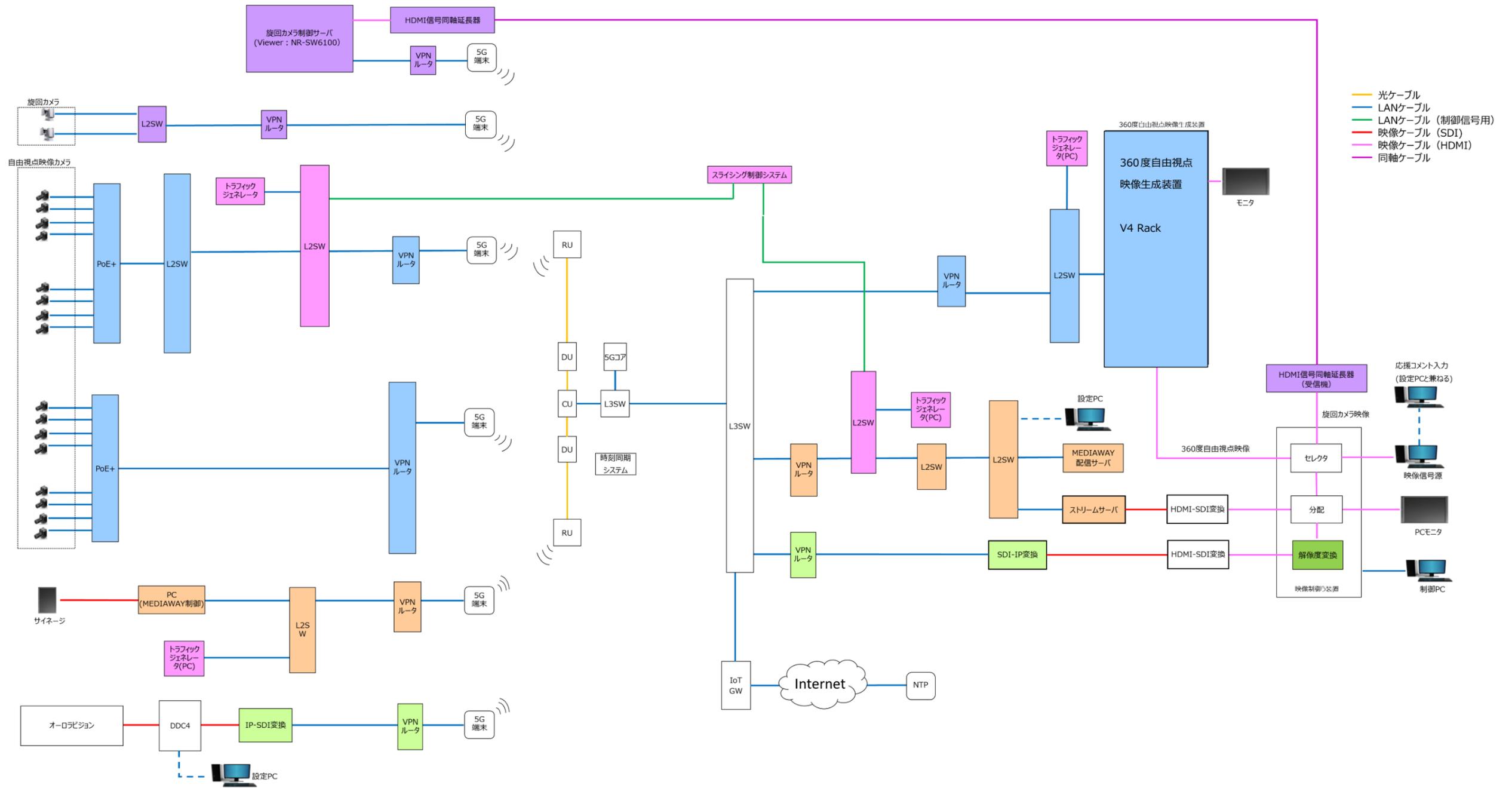


図 2.2.3-a ネットワーク構成図

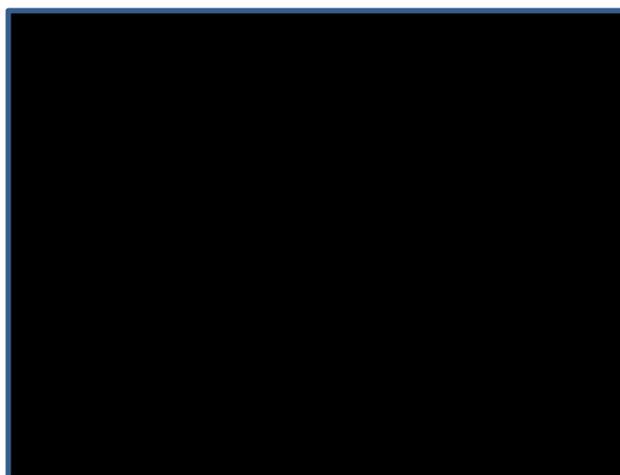
2.2.3.1 360 度自由視点映像システム

本実証で使用した 360 度自由視点映像システムは 360 度自由視点カメラ、360 度自由視点映像生成装置、リモートコントローラから構成される。各機器の外観を図 2.2.3.1-a および [REDACTED] に示す。 [REDACTED]。



図 2.2.3.1-a 360 度自由視点カメラの外観

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]



[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]

2.2.3.2 旋回カメラ

本実証で使用した旋回カメラの外観を図 2.2.3.2-a に示す。また、表 2.2.3.2-b に旋回カメラの諸元を示す。



図 2.2.3.2-a 旋回カメラの外観

表 2.2.3.2-b 旋回カメラの諸元

項目	詳細
メーカー	三菱電機
型番	NC-7300
有効画素数	1920(H)×1080(V)・・・約 208 万画素
画像圧縮形式	H.264 (CBR/VBR)、M-JPEG (CBR)
ネットワーク I/F	RJ45 コネクタ
使用温度・湿度	-20°C～+40°C (凍結なきこと、0°C以下は通電のこと)、 90%RH 以下
消費電力	40W 以下 (照明除く)、90W 以下 (照明含む)
寸法	308(W)×338(H)×293(D) mm
重量	12kg 以下

2.2.3.3 映像制御装置

本実証で使用した映像制御装置は、FPGA 評価ボードおよび HDMI I/F ボードから構成される。FMC コネクタにより FPGA 評価ボードに HDMI I/F ボードを接続する。FPGA 評価ボードの外観を図 2.2.3.3-a に示し、表 2.2.3.3-b に FPGA 評価ボードの諸元を示す。また、HDMI I/F ボードの外観を図 2.2.3.3-c に示し、表 2.2.3.3-d に I/F ボードの諸元を示す。FPGA 評価ボードと HDMI I/F ボードを接続したときの外観図を図 2.2.3.3-e に示す。



図 2.2.3.3-a FPGA 評価ボード

表 2.2.3.3-b FPGA 評価ボードの諸元

項目	詳細
メーカー	東京エレクトロンデバイス
型番	XC7K410T-2FFG900
搭載 FPGA デバイス	Xilinx FPGA: XCKU115-2FLVA1517
搭載メモリー	DDR3 SDRAM 2Gbit x 4
インターフェース	FMC HPC x2 FMC LPC x2 GTX 8 レーン x2 外部 MMCX クロックコネクタ UART ユーザー I/O 汎用ピンヘッダ Push スイッチ、DIP スイッチ、LED

クロック	74.25MHz 135MHz 200MHz
コンフィギュレーション	QSPI JTAG
基板サイズ	H175×W240 (mm)



図 2.2.3.3-c HDMI I/F ボードの外観

表 2.2.3.3-d HDMI I/F ボードの諸元

項目	詳細
メーカー	東京エレクトロンデバイス
型番	TB-FMCH-HDMI4K
対応規格	HDMI2.0
搭載デバイス	Texas Instruments SN65DP159RSB
基板サイズ	H70×W90 (mm)

モニタ出力 映像信号源
入力

360度自由視点
映像入力

ストリーム
サーバー出力

旋回カメラ入力

LED表示装置
出力

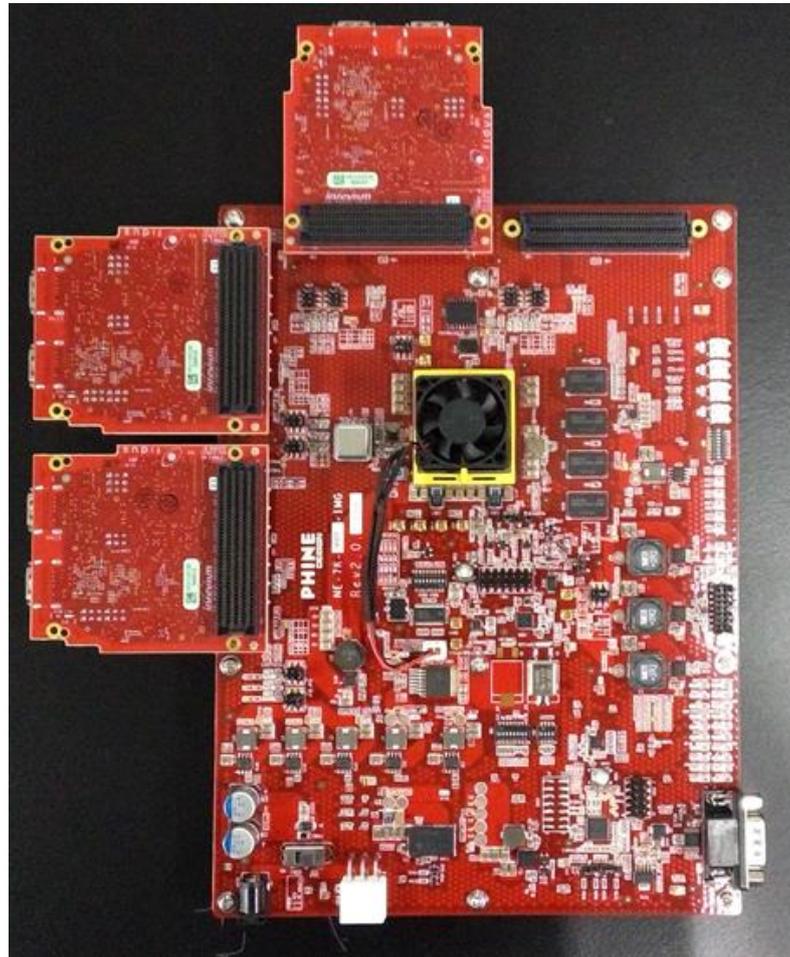


図 2.2.3.3-e 接続時の外観

2.2.3.4 LED 表示装置

図 2.2.3.4-a に LED 表示装置の外観を示す。また、表 2.2.3.4-b に LED 表示装置の諸元を示す。



図 2.2.3.4-a LED 表示装置の外観

表 2.2.3.4-b LED 表示装置の諸元

	項目	詳細
LED モジュール仕様	表示面積	0.41 m ² [0.64m(H) × 0.64m(W)]
	画素数	9,216 ピクセル (縦 96 × 横 96)
	輝度	5,000cd/m ²
	表紙速度	60 フレーム/秒
	消費電力	平均 0.29kW
	外形寸法	高さ 0.691 × 幅 0.640 × 奥行 0.122
	質量	16kg
スクリーン仕様	表示面積	1.64 m ² [0.64(H) × 2.56m(W)]
	画素数	36,864 (縦 96 × 横 384)
	アスペクト比	9 : 36(縦 : 横)
	消費電力	平均 1.2kW

2.3 システム機能・性能・要件

2.3.1 システム機能・性能

本実証における各システムの機能および性能を表 2.3.1-a~c に示す。本実証では、360 度自由視点映像カメラを最大 16 台使用する [REDACTED]、1 台当たりの伝送速度を 9Mbps とすると最大 144Mbps が必要である。一方、ローカル 5G システムにおけるアップリンクのスループットは 200Mbps であり、360 度視点映像のデータ伝送に対し、必要な帯域を確保する。また、旋回カメラにおいても伝送速度を 6Mbps 程度に設定することにより、2 台の旋回カメラを用いた場合においても十分な通信帯域を確保した。

表 2.3.1-a 360 度自由視点映像システムの性能

項目	性能
[REDACTED]	[REDACTED]
映像品質	FHD, 30fps ※実証用の設定のみ公開
[REDACTED]	[REDACTED]

表 2.3.1-b 旋回カメラの性能

L/N	項目	性能
カメラ部		
1	撮像素子	1/2.8 型 CMOS センサー
2	有効画素数	1920(H)×1080(V)・・・約 208 万画素
3	画像サイズ	1920×1080(Full HD)、1280×720(HD)、 640×360(HVGA)
4	ダイナミックレンジ	SFVⅢ機能有り
5	ズーム倍率	光学ズーム 30 倍 電子ズーム 16 倍 (光学×電子で 480 倍)
6	アイリス	オートアイリス
7	焦点距離	4.5～135mm
8	最大口径比	F=1.6
9	画角	水平：54.3°～2.08° 垂直：32.56°～1.17°
10	オートフォーカス	有り (ワンプッシュ式)
11	電子シャッター	1/30 秒, 3/100 秒, 1/50 秒, 1/60 秒, 1/100 秒, 1/120 秒, 1/250 秒 1/500 秒, 1/1000 秒, 1/2000 秒, 1/4000 秒, 1/10000 秒
12	電子増感	最大 16 倍
13	自動電子増加機能	有り
14	デジタル増感	最大 16 倍
15	ノイズリダクション	有り
16	最低被写体照度	0.5 lx (カラー、標準時) 0.03 lx (カラー、電子増感 16 倍) 0.1 lx (白黒、標準時) 0.006 lx (白黒、電子増感 16 倍)
17	フリッカ補正機能	有り (50Hz、60Hz)
18	逆光補正機能	有り (エリア選択式)
19	ホワイトバランス	自動/ロック
20	エリア選択 AWB	有り
21	カラー/白黒切替え	有り
22	イージーシーンフィッティング機能	有り
23	モーションディテクト機能	なし
24	プライバシーゾーン機能	なし
25	音声入力	なし
26	ダイレクトポジション機能	有り
画像配信部		

27	画像圧縮形式	H.264 (CBR/VBR) 、 M-JPEG (CBR)
28	フレームレート	最大 30 フレーム/秒 フレームレート選択：1、2、3、5、10、15、30 [fps]
29	ビットレート(H.264)	*フレームレートとの組合せで設定できるビットレートは変化します。 Full HD： 512kbps,768kbps,1Mbps,1.5Mbps,2Mbps,3Mbps, 5Mbps,6Mbps HD： 256kbps,512kbps,768kbps,1Mbps,1.5Mbps,2Mbps,3Mbps HVGAW：128kbps,256kbps,384kbps,512kbps,768kbps, 1Mbps,1.5Mbps,2Mbps,3Mbps
30	圧縮率 (M-JPEG)	HD：1/20 最大 2[fps] 320×180：1/15
31	最大伝送距離	100m (UTP Cat5e 使用時)
32	ネットワーク I/F	RJ45 コネクタ
回転台、ケース部		
33	旋回方向	パン、チルト
34	最大旋回角度	水平：360° エンドレス 垂直：+90° ~-90°
35	最大旋回速度	水平：180° /s 垂直：90° /s (プリセット旋回時)
36	マニュアル旋回速度	水平：8 速制御 (0.05, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30° /s) 、 ：3 速制御 (1, 4, 15° /s) から選択可 垂直：8 速制御 (0.05, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30° /s) 、 ：3 速制御 (1, 4, 15° /s) から選択可
37	プリセット位置精度	±0.05° 以下
38	プリセットポジション	255 点
39	回転範囲制限機能	有り
40	ワイパ	有り
41	デフロスタ	有り (自動制御)
42	材質	アルミニウム合金、ステンレス鋼

表 2.3.1-c ローカル 5G システム

項目	性能
周波数	4.8GHz~4.9GHz
帯域幅	100MHz
通信方式	TDD (同期)
DL:UL 比率	DL : UL : S = 7 : 2 : 1
送受信系統数	4 送信 4 受信
BeamForming	サポート
ユーザー数	1 セル当たり 64UE を目標とする
MIMO	UL 2Layer DL 4Layer
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
セルスループット (規格値)	DL : 1.7Gbps UL : 0.2Gbps

2.3.2 機器一覧

本実証で使用した機器を表 2.3.2 に示す。なお、PC やケーブルなど汎用性が高い機器はリストに記載していない。

表 2.3.2 本実証で使用した主な機器の一覧

L/N	機器名称	メーカー	型番
1	MEDIAWAY 制御	三菱電機	XNT-5000
2	SDI/IP 変換 (IP/SDI 変換)	メディアリンクス	MDP3020
3	ディスプレイコントローラー	三菱電機	DDC4 改
4	360 度自由視点カメラ	■	■
5	360 度自由視点映像生成装置	4DReplay	V4 Rack
6	L2SW	Cisco	C9200L-24T-4G-E
7	L3SW	Cisco	C9300-24T-A
8	VPN ルーター	Cisco	ISR4431/K9
9	旋回カメラ	三菱電機	NC-7300
10	サイネージ	三菱電機	MEDIAWAY
11	LED 表示装置	三菱電機	オーロラビジョン LED (6mm3in1 タイプ)
12	映像制御装置	東京エレクトロニクス デバイス	TB-KU-115 - ACDC8K TB-FMCH-HDMI4K

2.4 免許及び各種許認可

本実証においては、本実証実験の実施場所の運営者でありコンソーシアムメンバーである株式会社東京ドームからの委託を受けたコンソーシアムメンバーである東京ケーブルネットワーク株式会社を免許人として管轄の関東総合通信局と調整の上、実験試験局としてローカル 5G 免許の申請を行った。申請にあたってはコンソーシアムメンバーである株式会社 NTT ドコモが支援を行った。免許申請に関する計画およびスケジュールについては 8 章に記載する。

表 2.4-1 実験試験局免許申請におけるコンソーシアムメンバーの役割

関係者	社名	備考
土地所有者	株式会社東京ドーム	コンソーシアムメンバー
建物所有者	株式会社東京ドーム	コンソーシアムメンバー
土地又は建物の運用者	株式会社東京ドーム	コンソーシアムメンバー
免許人	東京ケーブルネットワーク株式会社	コンソーシアムメンバー
無線従事者	・東京ケーブルネットワーク株式会社 ・株式会社NTTドコモ (再委託として株式会社ミライト)	東京ケーブルネットワークおよびNTTドコモはコンソーシアムメンバー

2.5 その他要件

本実証実験においては、以下の、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製品を利用した。

1. 認定の日付：令和3年3月15日
2. 開発供給計画認定番号：2021 開 1 総経第 0002 号-1
3. 認定開発供給事業者の名称：富士通株式会社
4. 本実験で利用する開発供給計画認定を受けた製品

表 2.5-1 本実証実験で用いたローカル 5G 装置の開発供給計画認定

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等（概要）	本実証での利用
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-CU	・ CU	利用
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-DU	・ DU	利用
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-RU-O	・ RU ・ 4.8-4.9 GHz 帯用 ・ アンテナ一体型 ・ 屋外設置用	利用
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-RU-I	・ RU ・ 4.8-4.9 GHz 帯用 ・ アンテナ分離型 ・ 屋内設置用	本実験では利 用しない
富士通	交換設備	PW300-5GC	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式	利用
富士通	交換設備	PW300-EMS	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式	利用

2.6 実証環境の運用

今回の実証環境は、東京ドーム内に設置した。実証期間中は東京ドーム内で工事が行われている期間であったため、通常のイベント参加者・観覧者のような不特定多数の人の立ち入りはなかった。実証環境において異常が発生した場合は、三菱電機および NTT ドコモ、東京ドームにて対応を行う体制とした。

2.6.1 実証体制

本実証の体制図を図 2.6.1 に示す。また、各社の役割を表 2.6.1 に示す。

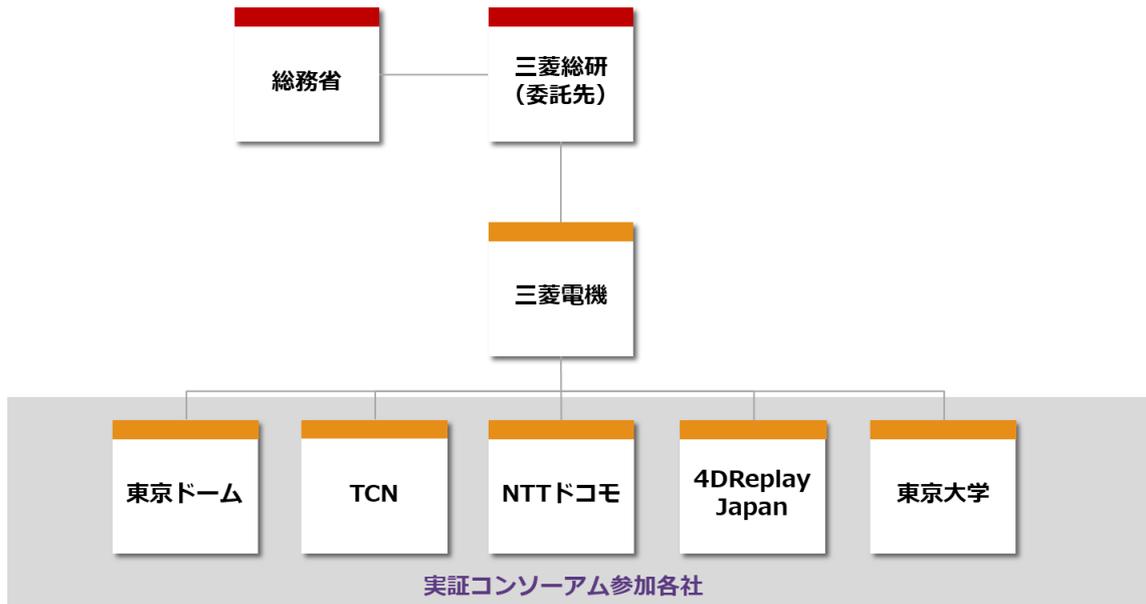


図 2.6.1 実施体制図

表 2.6.1 各社の役割

会社名	役割
三菱電機株式会社	請負者契約主体、全体統括、課題実証統括
株式会社東京ドーム	実装主体となるユーザー企業
東京ケーブルネットワーク株式会社(TCN)	ローカル 5G 免許人
株式会社 NTT ドコモ	ローカル 5G ネットワーク環境構築及び技術実証統括
4DReplay Japan 株式会社	自由視点映像技術支援
国立大学法人東京大学	設計支援

2.6.2 実証環境

本実証実験では、実証環境である東京ドームの改修工事に伴う安全上の理由により当初計画していた RU 設置位置から 1 台の RU のみ設置場所を変更した。

また、2.6.3 及び 2.6.4 に記載する理由により、移動機の設置位置についても変更を行った。

2.6.3 当初予定していた移動機設置場所と設置場所変更に至る経緯

実験当初は、図 2.6.3-1 に示す箇所に移動機を設置し実験を実施する予定であったが、想定していた 1 台の RU エリアにて上り 80Mbps のスループットに至らないことから、切り分けを実施した。

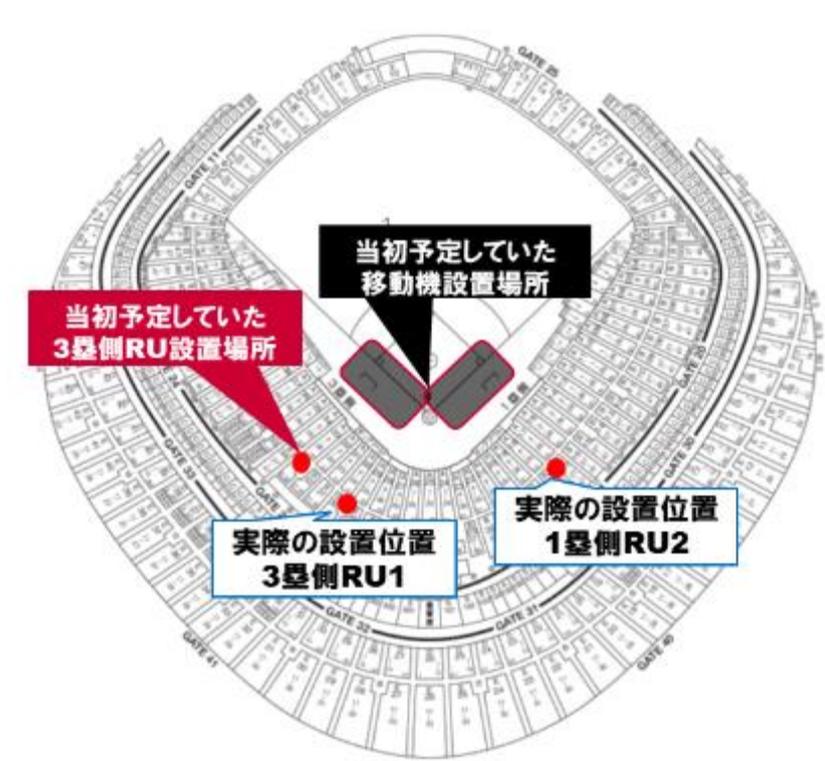


図 2.6.3-1 当初予定していた移動機設置場所

切り分けは、図 2.6.3-2 及び図 2.6.3-3 に示す通り、3 塁側 RU1 に在圏する UE-A と RU2 に在圏する UE-B を用意し、UE-B はお互いの RU からほぼ等距離で 2 つの RU から見通しがある箇所に配置した。なお UE-B は在圏だけさせトラフィックの印加は行わず、UE-A にのみ UL70Mbps のトラフィックを印加した (表 2.6.3-1)。

この環境下では、UE-A の上りスループットは、図 2.6.3-4 UE-A の上りスループットに示す通り、概ね 470 秒良好であるがその後 160 秒間スループットが半減する事象が発生した。

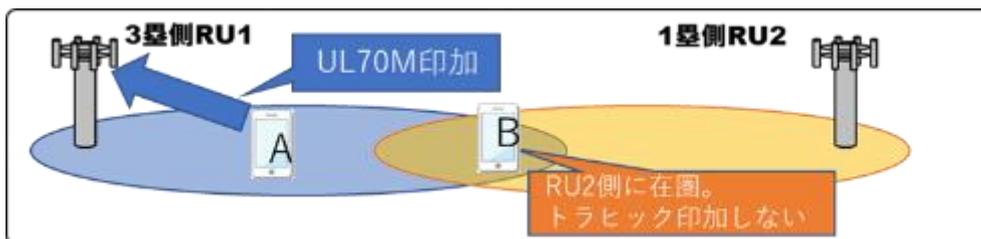


図 2.6.3-2 実験構成

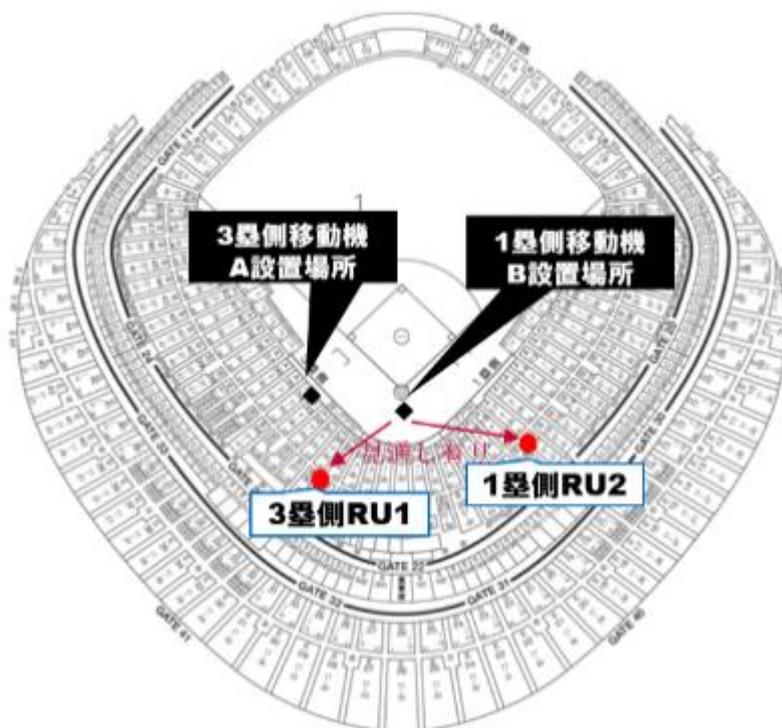


図 2.6.3-3 切り分けのための移動機設置場所

表 2.6.3-1 電波発射状態及びトラフィック印加状態

	3 塁側	1 塁側
基地局状態	RU1 (3 塁側) : 電波発射	RU2 (1 塁側) : 電波発射
移動機状態	UE-A UL 70M 印加	UE-B 在圏 (attach 状態) のみ

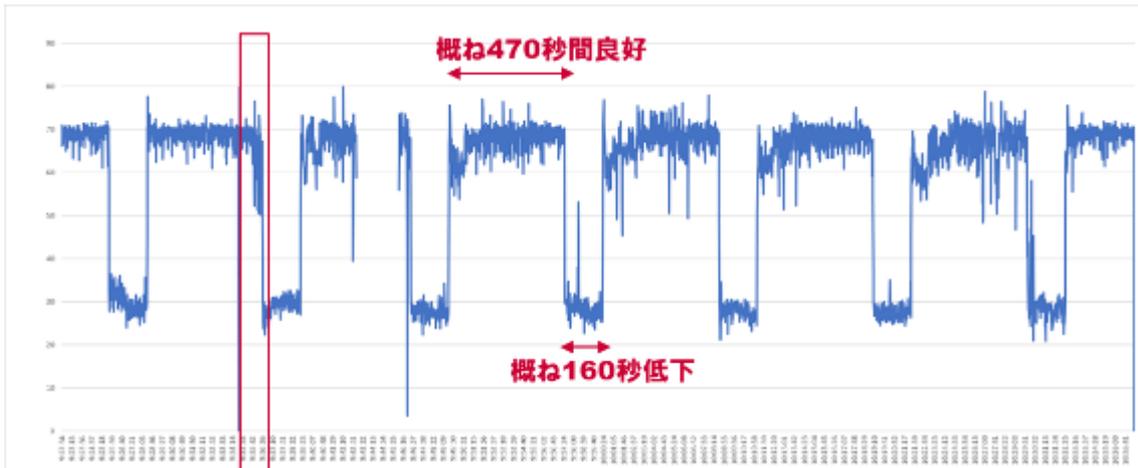


図 2.6.3-4 UE-A の上りスループット

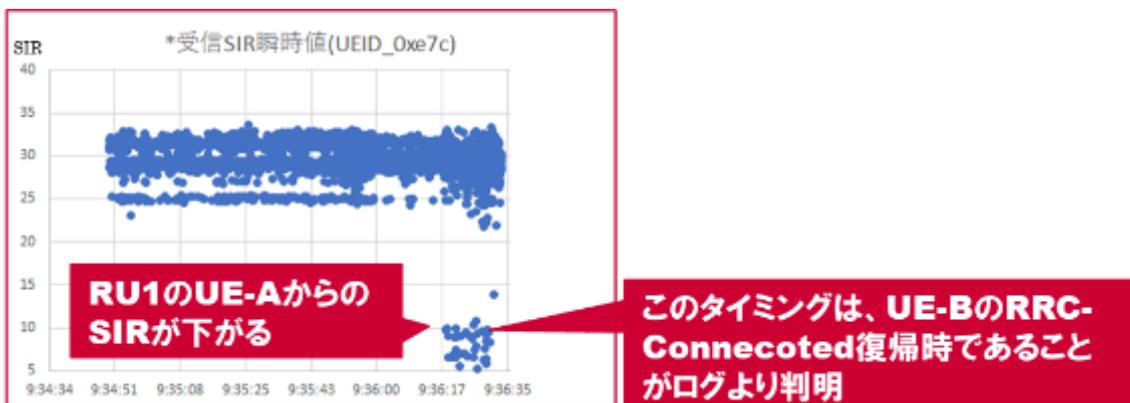


図 2.6.3-5 RU1 の UE-A からの受信 SIR

スループットが低下するタイミングでは、図 2.6.3-5 に示す通り RU1 の UE-A からの SIR が下がっていることが装置ログより確認できており、SIR が下がったタイミングは UE-B の RRC-Connected 復帰状態であることが装置ログより確認できた。

UE-B のトラフィックは印加していないが、何らかの通信（通信トリガは OS か AP と想定）が発生し、通信終了後は本実験システムで設定されている 130 秒の Inactivity Timer が完了後に Idle となるまでの間も Buffer Status Report が送信されており、これが RU1 の UE-A からの SIR の低下を発生させ、それが起因で MCS 調整により MCS が下がりスループットを低下させたものと推定される。

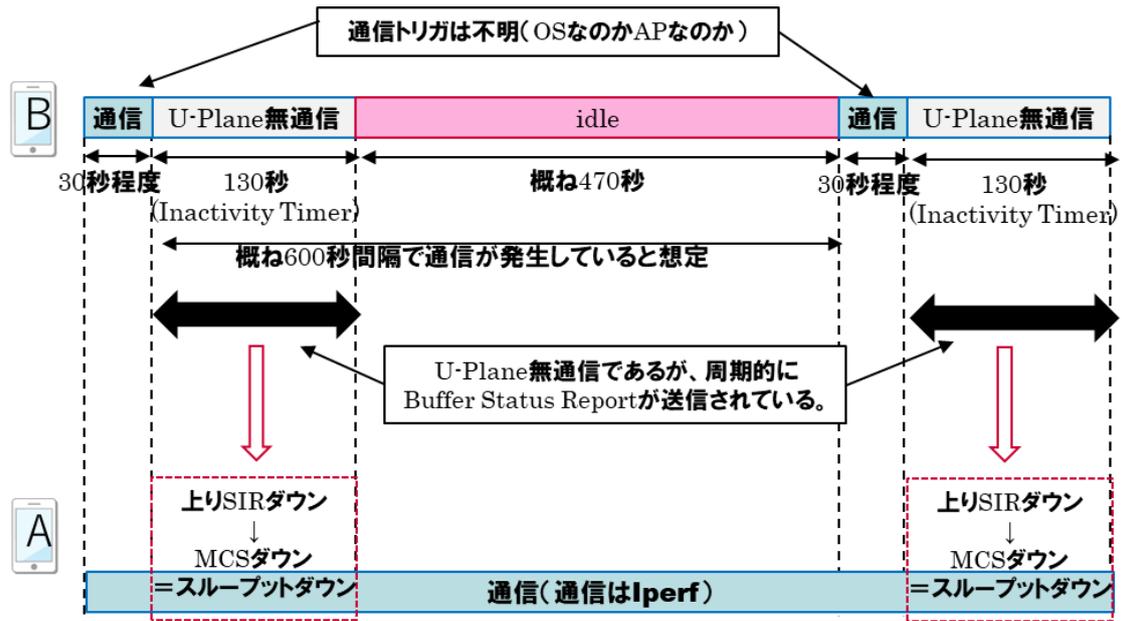


図 2.6.3-6 UE-B の動作の動作と UE-A への影響

本切り分けにて、当初予定していた移動機設置場所に設置していた課題実証システムを接続していない移動機の OS や標準実装されている AP (アプリケーション) 等の影響で上り通信が発生し、その移動機の設置場所ではその移動機が通信中ではない RU への上り干渉の影響が大きく所望のスループットを得ることができないことが判明した。

この状況を踏まえ、本実証実験では、2.6.4 項に示す通り可能な限り在圏していない RU 側に影響を与えないような場所に移動機を設置することとした。

2.6.4 本実証実験における移動機の設置位置

本実験においては、2 台の RU が隣接（離隔距離 88m）し設置され、別の PCI（Physical Cell ID）となることから、各々のエリアに在圏し利用する移動機においても、通信先とならない RU に対して可能な限り見通しが無いような箇所に設置することで上り干渉を避ける構成とした。



図 2.6.4-1 3 塁側設置 RU1 と 3 塁側設置移動機の設置場所と見通し



図 2.6.4-2 3 塁側設置 RU1 と 3 塁側設置移動機の設置場所と見通し

表 2.6.4-1 RU 及び移動機間の離隔距離

起点、終点	離隔距離
3 塁側 RU1～1 塁側 RU2	65m
3 塁側 RU1～3 塁側 UE-A	38m
1 塁側 RU1～1 塁側 UE-B	23m
3 塁側 UE-A～1 塁側 UE-B	61m

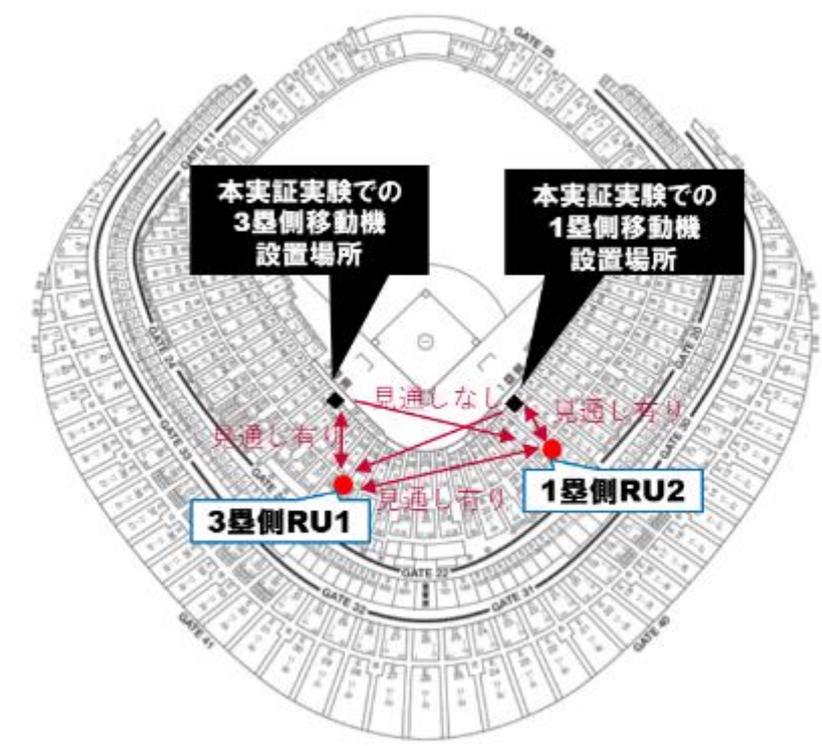


図 2.6.4-3 本実証実験での移動機設置場所（変更後）

3. ローカル 5 G 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

スタジアム・アリーナ事業における課題実証では、複数台の巡回カメラ等の遠隔制御、複数台の自由視点映像生成用の高精細カメラデータの配信、サイネージ等、高精細映像機器への動画配信、ネットワークリソースの切り替えによるデータ配信を可能とするシステムを構築、「施設付帯型の独自で魅力的なコンテンツの提供」の実現による Beyond コロナの収益モデル化を目的としている。技術実証においても、このユースケースを前提とし、仕様書で規定されている“a.ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定”“b. I.電波伝搬モデルの精緻化”について検討を行った。その際、今回得られた知見をモデルケースとし、他の似たような環境においても適用できるよう、“遮蔽、反射環境における電波伝搬特性”及び“屋内環境におけるエリア展開の在り方”を意識しながら検討を進めていくことにした。

また、電波伝搬特性の解析においては、ITU や 3GPP における 5G 検討で用いられているパラメータ等を活用して検討を行った。

表 3-1 技術実証の概要

項目			該当 (○、×)	
技術実証の 実施環境	周波数帯	4.7GHz 帯	○	
		28GHz 帯	×	
		キャリア 5G の周波数帯	×	
	屋内外	屋内	○	
		屋外	×	
		半屋内	×	
	周辺環境	都市部	○	
		郊外	×	
		開放地	×	
		その他	×	
	テーマ別 実証	I.電波伝搬モデルの精 緻化	K の精緻化	×
			S の精緻化	×
R の精緻化			○	
その他の精緻化			×	
II.電波反射板による エリア構築の柔軟化		実施の有無	×	
III.準同期 TDD の追加 パターンの開発		TDD2 の検討	×	
		TDD3 の検討	×	
		TDD2、3 以外のパターンの検討	×	
		追加パターンを具備した実機 での検証	×	
IV.その他のテーマ		実施の有無	×	

3.2 実証環境

東京都文京区の東京ドーム内に置局されるローカル 5G 基地局 2 局 4.7GHz 帯 (4.8~4.9GHz) を用いて実証試験を行った。

図 3.2-1(a)に東京ドーム内における技術実証試験フィールドを、図 3.2-1(b)に基地局設置状況を示す。



出典：国土地理院

図 3.2-1(a) 技術実証フィールド

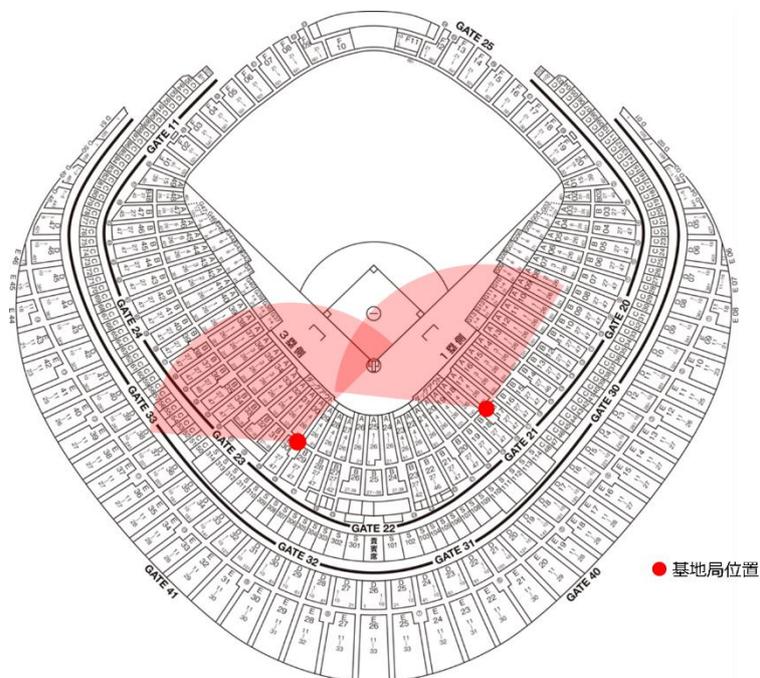


図 3.2-1(b) 基地局設置状況

技術実証を行うスタジアム内は、(図 3.2-2(a)) 高低差がある階層化された観客席があり、設置する基地局からカメラ等を接続するローカル 5G 端末と通信する想定エリア (図 3.2-2(b)) の間には、4K カメラ等による高精細画像伝送等において、観客席による遮蔽や反射、人体遮蔽に対する電波伝搬特性への影響が考えられるため留意が必要である。

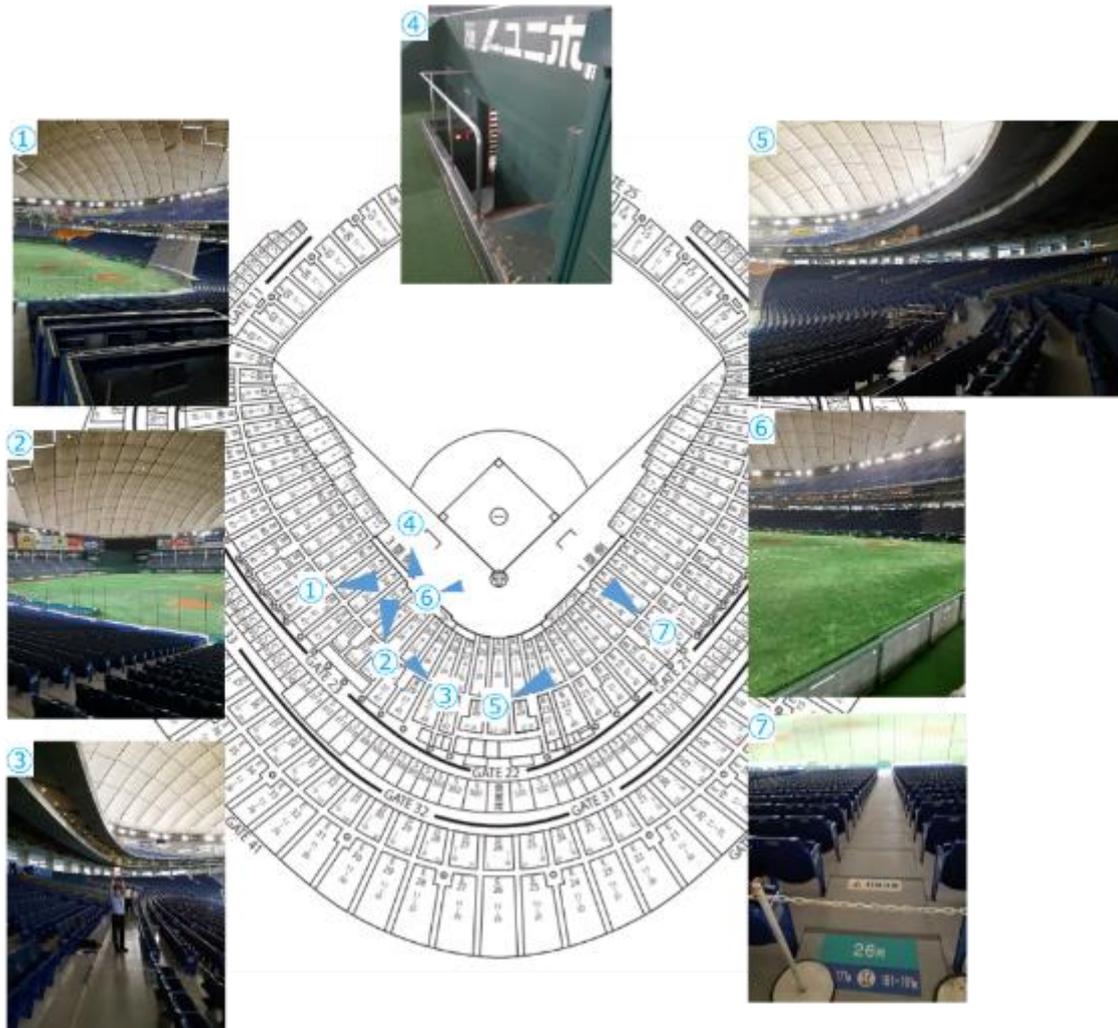


図 3.2-2(a) 東京ドーム内部構造の状況

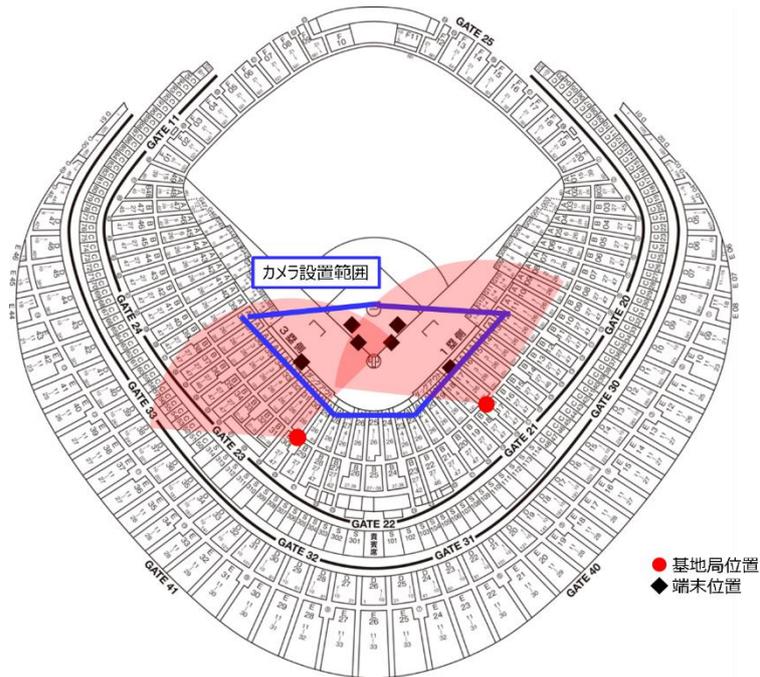


図 3.2-2(b) 基地局、端末、想定カバーエリア図

実証実施時においては、ドーム球場内で球場内設備工事が行われており、実証可能エリアとして、それらの工事に影響しないようにする事と、測定者の安全を確保しつつ、実施を行う事とした。ドーム球場内での測定可能なエリアを図 3.2-2(c)に示すと共に、置局毎の測定時の状況として、一塁線側の置局に対するものを図 3.2-2(d)に、三塁線側の置局に対するものを図 3.2-2(e)に示す。

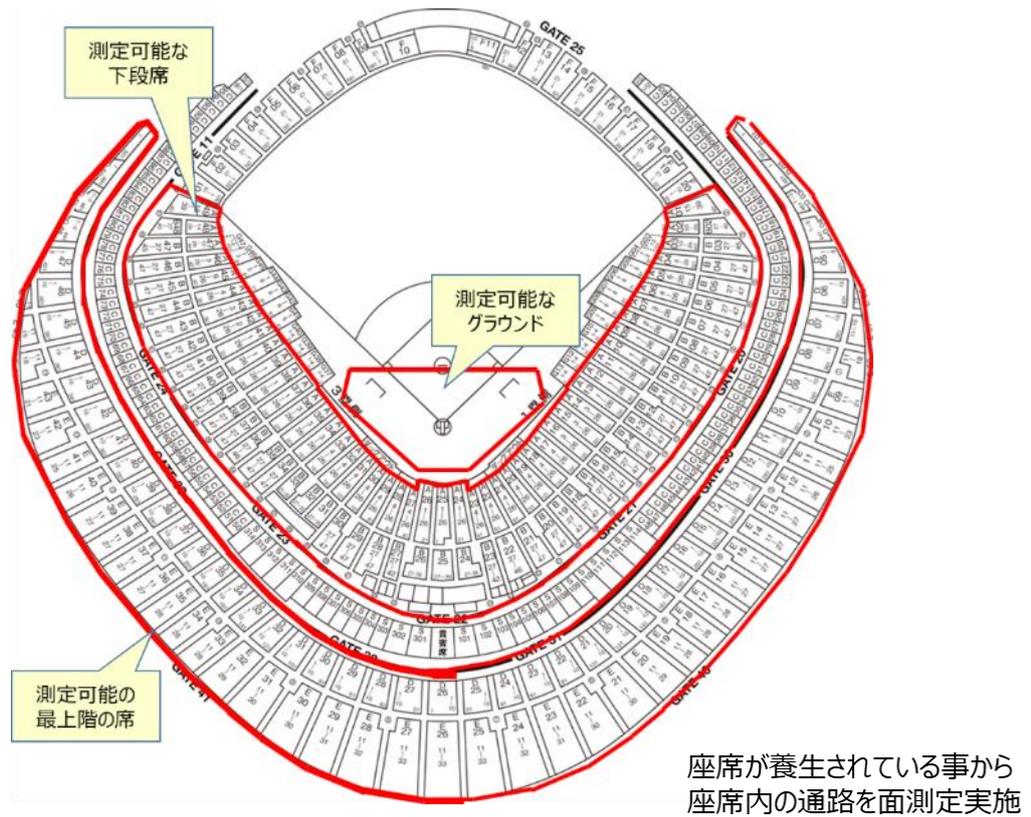


図 3.2-2(c) 実証可能となるドーム球場内エリア

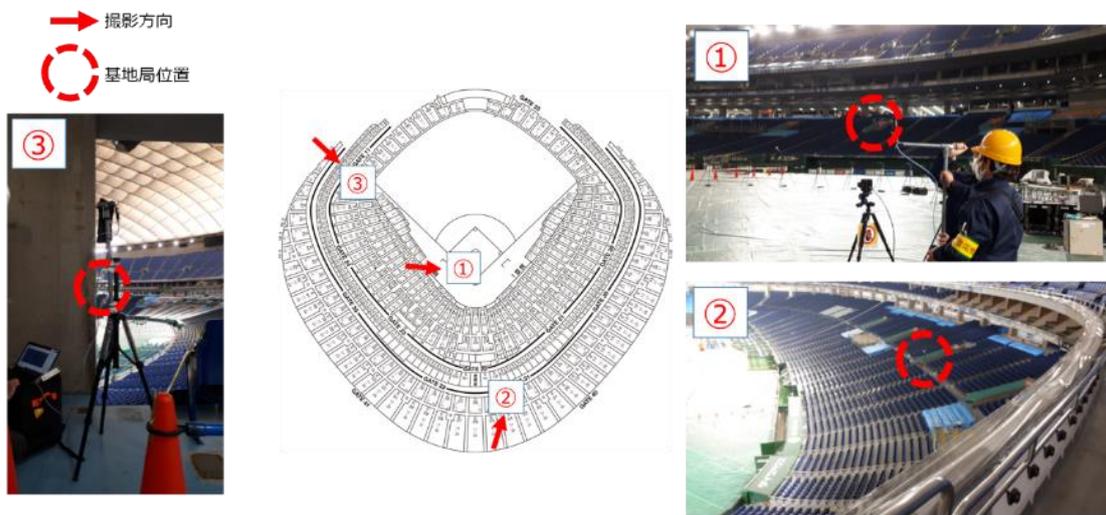


図 3.2-2(d) 一塁線方向置局における測定状況

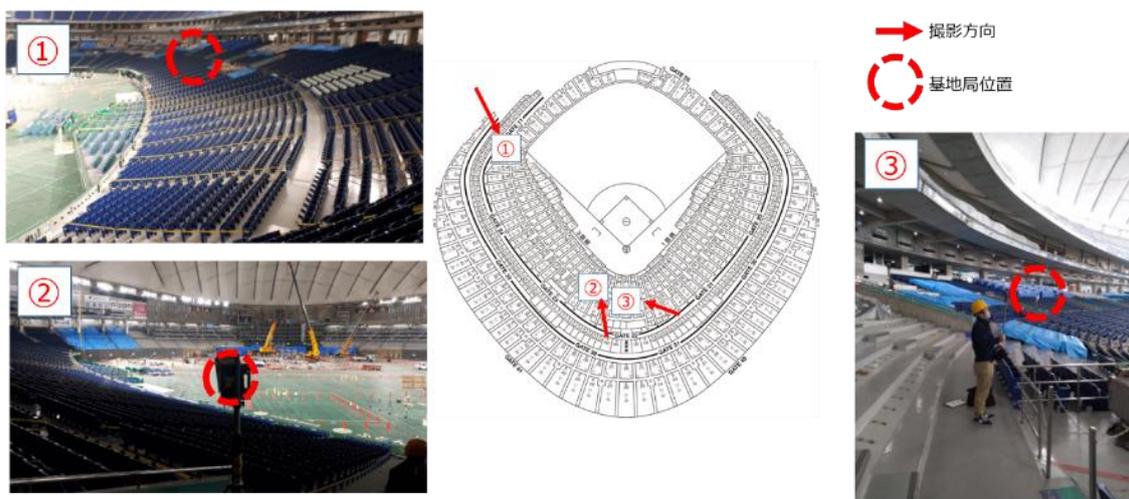


図 3.2-2(e) 三塁線方向置局における測定状況

各種データの実測に使用した測定機器を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 実測に使用した測定機器

測定機器名	測定項目	備考
Anritsu エリアテスタ ML8780A ¹	SS-RSRP SS-RSRQ	図 3.2-3 設定値：表 3.2-2
測定用 PC iPerf ² Packet Capture (Wireshark ³)	伝送スループット 遅延時間	図 3.2-4
Garmin eTrex30xJ ⁴	GPS 座標	図 3.2-5

¹ <https://dl.cdn-anritsu.com/ja-jp/test-measurement/files/Product-Introductions/Product-Introduction/ml8780a-81a-jl11400.pdf>

² <https://iperf.fr/>

³ <https://www.wireshark.org/>

⁴ <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/518048/pn/010-01508-10#specs>



図 3.2-3 Anritsu エリアテストの外観



図 3.2-4 測定用 PC(iPerf,Wireshark)



図 3.2-5 Garmin eTrex30xJ の外観

本実証を通して、エリアテストの主な設定値は表 3.2-2 を用いた。

表 3.2-2 エリアテスト設定値

項目	設定値
測定周波数	4.8GHz 帯
帯域幅	100MHz
測定項目	SS-RSRP SS-RSRQ SS-SINR
測定周期	0.3[s]
アンテナパターン	オムニ

測定においては、スタジアムのような階段が多い場所では、上下の移動が多発する為、測定機の養生を考慮し、図 3.2-6 に示すような測定補助用の治具を作成して測定を実施した。



図 3.2-6 実測に用いた測定補助用治具

3.3 実証内容

3.3.1 ローカル 5 G の電波伝搬特性等の測定

スタジアム・アリーナ事業における課題実証では、複数台の巡回カメラ等の遠隔制御、複数台の自由視点映像生成用の高精細カメラデータの配信、サイネージ等、高精細映像機器への動画配信、ネットワークリソースの切り替えによるデータ配信を可能とするシステムを構築、実現し、Beyond コロナの新たな収益モデル化を目的としている。課題実証において提案するローカル 5G を用いたユースケースで要求される性能を表 3.3.1-1 に示す。

それらの評価結果から、類似の環境（全国各地のスタジアム・アリーナ）においてローカル 5G サービスを提供する場合に適用可能なエリア形成やサービス提供品質の知見を取り纏めることも実証目標とする。また、得られた知見については、総務省が策定しているローカル 5G ガイドラインにおいて、モデルケースとして記載することで、ローカル 5G の利活用に生かされることを想定している。

本項で取得する測定データについては、後述する技術実証項目において評価を行った際に活用することを想定している。

表 3.3.1-1 課題実証で要求される所要性能

項目	下り(DL)	上り(UL)
通信速度	100Mbps (最大端末接続時)	80Mbps
遅延時間	100msec 以下	100msec 以下
利用条件	同時通信数 8 台	同時通信数 3 台

3.3.1.1 実証目標

実証環境におけるローカル 5G の性能評価として、エリア形成の検証と、ユーザーへのサービス提供品質の評価を行う。

まず、エリア形成の検証は、「電波法関係審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号）が規定するエリア算出法」（以下、「エリア算出法」という。）に基づく、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値を基準に、実証環境において実測した下り受信電力値及びそこから導く伝搬ロス特性により行う。

次に、ユーザーへのサービス提供品質は、カバーエリア端における伝送スループット、遅延時間が、表 3.3.1-1 にて示している課題実証側での所要性能を達成できているか評価する。

これらの評価・検証を通じて、ローカル 5G 性能向上のための課題抽出と解決策等についても考察を行う。

表 3.3.1.1-1 に、評価項目と測定項目との関係を示す。

表 3.3.1.1-1 技術実証試験における評価項目と測定項目との関係

評価・検証項目	評価項目の概要	主な測定項目
エリア形成の検証	エリア算出法に基づく、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端において実測する下り受信電力値とエリア端閾値の比較。 測定地点における伝搬ロスと、いくつかの電波伝搬モデルとの比較。	下り受信電力 (SS-RSRP)
サービス提供品質の評価	カバーエリア端における、伝送スループットと遅延時間が、課題実証で要求される基準を満たしているか評価。	伝送スループット 遅延時間

3.3.1.2 評価・検証項目

(1) 測定方法

測定については、仕様書の規定に従い、エリア算出法に基づく基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域（図 3.3.1.3-1）において行うこととし、以下の考え方で実施する。



図 3.3.1.3-1(a) エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域図
(一塁側基地局：Tx1)



図 3.3.1.3-1(b) エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域図
(三壘側基地局：Tx2)

1) 測定地点の考え方

屋内、屋外の測定地点に置いて下記考え方にに基づき測定地点を選定する。

測定地点番号は技術実証を通して同じであり連番となっていないことに注意されたい。

※なお、各測定地点において障害物等により測定困難な地点については、測定地点をずらす等の調整を行う。

- 屋内測定地点

実証環境は、高低差もある事から実証可能エリア内の各ブロックにおいて、基地局からの距離を元に、測定点を選定する。(図 3.3.1.3-2(a))。

また、スタジアムの座席裏にある店舗群となるグルメロードにおいても、立ち入り可能場所を元に、測定点を選定する。(図 3.3.1.3-2(b))

なお、スタジアム内において置局された基地局 2 局ともに、エリア形成の観点から、同一ポイントでの測定を行うものとした。

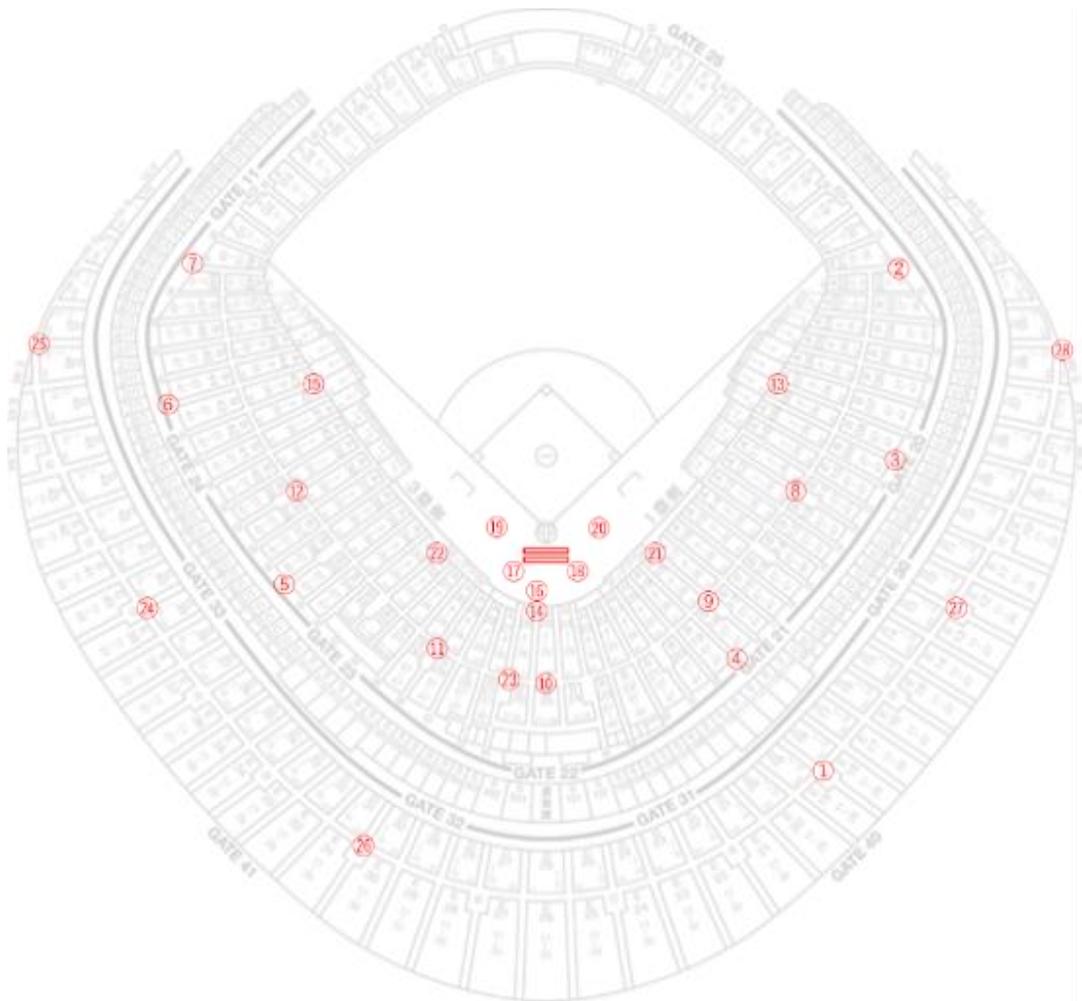


図 3.3.1.3-2(a) 屋内測定地点（スタジアム座席及び、グラウンド）

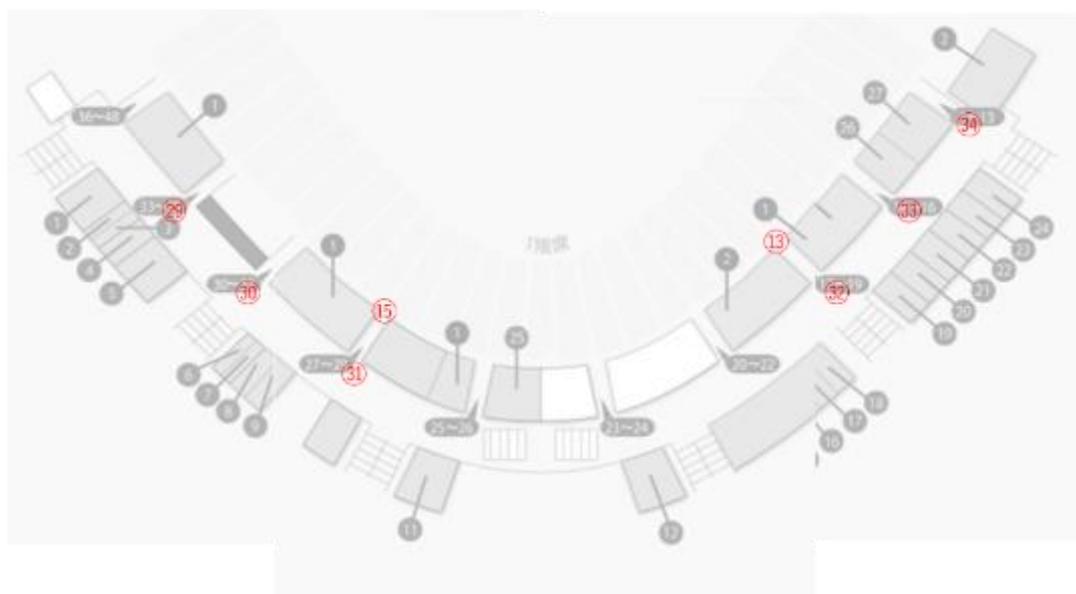


図 3.3.1.3-2(b) 屋内測定地点（グルメロード）
 グルメロードは、スタジアム座席裏における店舗群の通路となる。

- 屋外測定地点

スタジアムが広域エリアとなる事から、エリア形成の観点から、周辺地域を網羅的に確認する為に測定地点を選定した。選定した測定地点を、図 3.3.1.3-2(c)に示す。

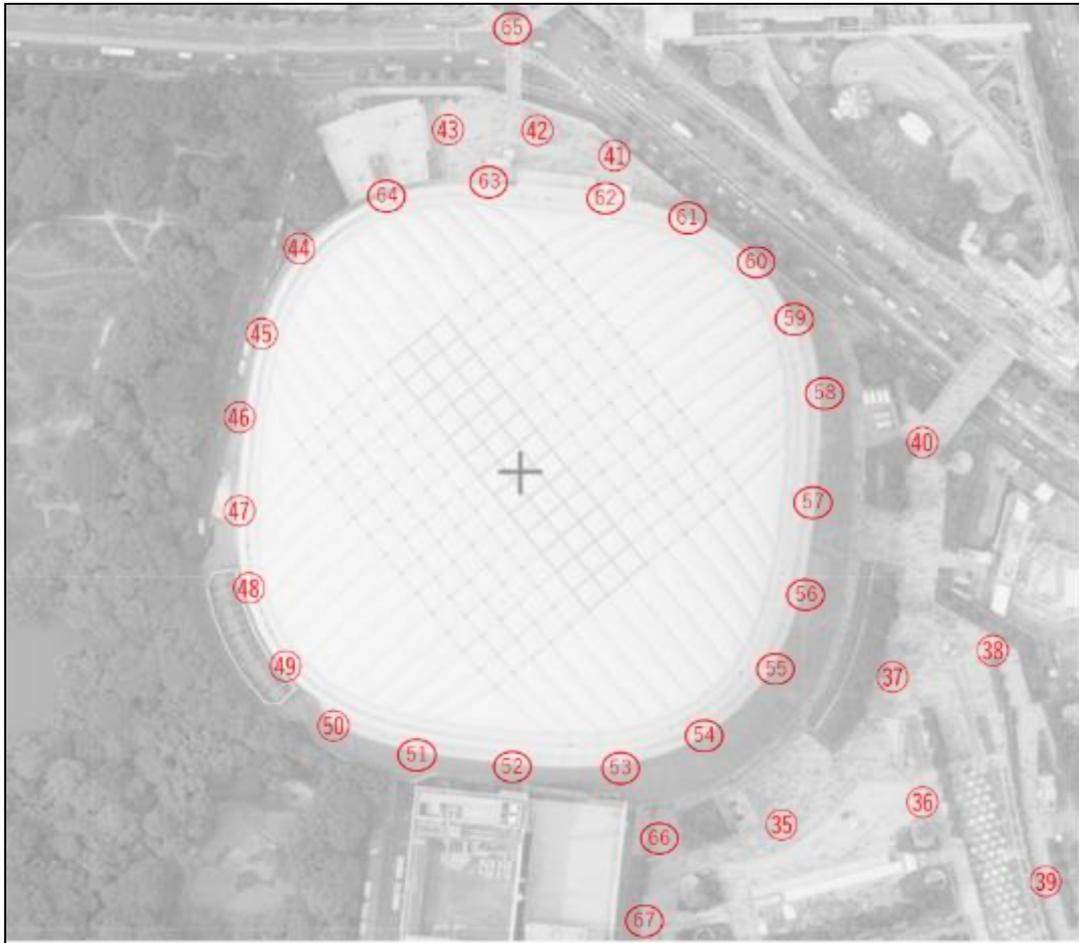


図 3.3.1.3-2(c) 屋外測定地点

2) 測定項目

- 下り受信電力

一般的に 5G NR のエリア指標として用いられている SS-RSRP (Synchronization Signal-Reference Signal Received Power)及び SS-RSRQ (Synchronization Signal-Reference Signal Received Quality)について実測する。

SS-RSRP は、1 リソースエレメント当たりの SSS (Secondary Synchronization Signal)の受信電力であり、基地局からの電波の受信レベルを評価する基本的なパラメータである。SS-RSRQ は、受信品質を評価するパラメータであり、近隣基地局の干渉が増大すれば RSRQ が小さくなる。SS-SINR も RSRQ 同様に受信品質を評価するパラメータであり、RSRQ は分母に RSSI、つまり全体帯域の電力を用いるが、SINR では

RS と同じリソースブロックの帯域内に存在する干渉電力を分母とする。干渉電力は、同じ帯域内の隣接セルからの信号に加えて雑音成分や、CP(Cyclic Prefic)時間を超えて遅延したマルチパスとなり、その干渉電力が増大すれば SINR が小さくなる。

- 伝送スループット及び遅延時間

伝送スループットについては、アップリンク（以下、UL）/ダウンリンク（以下、DL）を、端末側に接続したクライアント PC と基地局側コアネットワークに接続したサーバー PC との区間において測定する。遅延時間についても同じ区間において実測する。

3) 測定手法と実測模様

各種データの実測については、上記の考え方にに基づき選定した測定地点に測定員が赴き、表 3.2-1 に示す測定器及び表 3.2-2 に示す設定値を用いて実測する。また、実証環境における電波伝搬環境をより詳細に分析するため、各測定地点においては測定員の目視により見通し環境もしくは見通し外環境であるかを併せて記録する。ただし、建物等立ち入りが難しい場所については測定地点をずらすなどで対応する。

SS-RSRP 及び SS-RSRQ は、エリアテスタを用いて、1000 サンプル/地点のログ取得を実施する。

なお、受信電力の測定においては、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する。

伝送スループットは、iPerf を用いて、各測定地点において UL/DL それぞれ 3 回程度の測定を実施する。遅延時間についても、各測定地点において iPerf 及び ping コマンドを用いて、複数回の測定を実施する。なお、伝送スループットや遅延時間の測定については、図 3.3.1.3-3 に示す通り UE と CN の End To End で測定を行うが、期待する測定値とは異なる結果や、そもそも測定値が取得できない等の場合を考慮し、無線装置と 5G Core 装置の間である場所に「パケットキャプチャ装置」(光信号分岐用装置 (TAP) 含む)を接続し、問題発生時の切り分けとして無線伝送部分の測定を行うことを想定している。

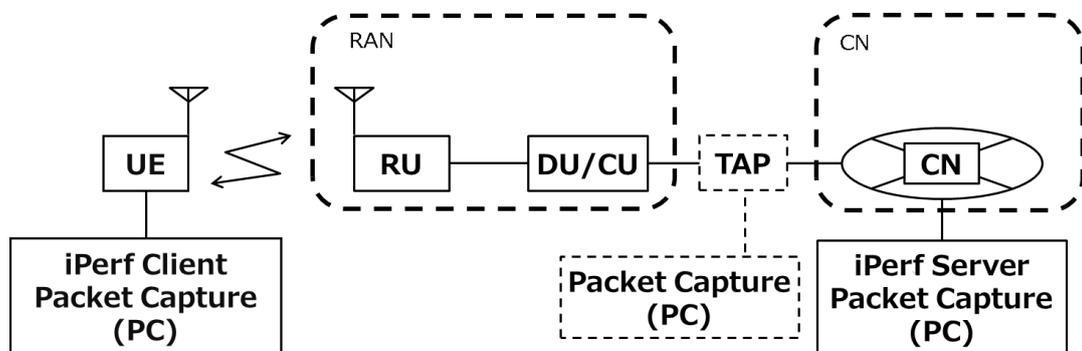


図 3.3.1.3-3 伝送性能測定区間切り分け：イメージ

3.3.1.3 評価・検証方法

ローカル 5G の電波伝搬特性等の測定に関しては下記に記載する流れで評価・検証を進めていくこととする。

(1) 実証環境におけるエリア形成の検証

エリア形成の検証としては、エリア算出法に基づく、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値を基準に、実証環境において実測した下り受信電力値及びそこから導く伝搬ロス特性により行う。

具体的には、実証環境におけるカバーエリア及び調整対象区域をエリア算出法により作図する（エリア算出法によるエリア図）。その後、それぞれのエリア端における実際の下り受信電力値とエリア端閾値との比較を行う。下り受信電力値とエリア端閾値が異なっている場合は、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値が実測される地点と基地局との距離の確認を行うことにより実測値による推定エリア図を作成する。最後に、エリア算出法によるエリア図と実測値による推定エリア図の差分を評価する。

加えて、各測定地点において実測した下り受信電力値と測定地点～基地局間距離から算出した伝搬ロス特性を、携帯電話システムの設計等に用いられている電波伝搬モデルと比較することで、実証環境における 4.7GHz 帯（4.8~4.9GHz）の電波伝搬特性の評価を行う。

(2) 実証環境におけるユーザーへのサービス提供品質の評価

ユーザーへのサービス提供品質の評価として、カバーエリア内におけるの伝送スループット、遅延時間のデータについて、下り受信電力との関係性で評価し、表 3.3.1 にて示している課題実証側での所要性能を達成できているか評価する。

表 3.3.1-1 <表 3.3.1-1 の再掲> 課題実証で要求される所要性能

項目	下り(DL)	上り(UL)
通信速度	100Mbps (最大端末接続時)	80Mbps
遅延時間	100msec 以下	100msec 以下
利用条件	同時通信数 8 台	同時通信数 3 台

3.3.1.4 実証結果及び考察

(1) 下り受信電力、受信品質測定結果

実証環境における下り受信電力及び受信品質の測定地点は、3.3.1.2 章にて示しており、一塁線側置局において 67 地点、三塁線側置局において 66 地点で測定を実施した。

a) 一塁線側置局

一塁線側置局に対し、測定結果を図 3.3.1.4-1~3 及び、表 3.3.1.4-1 に示す。

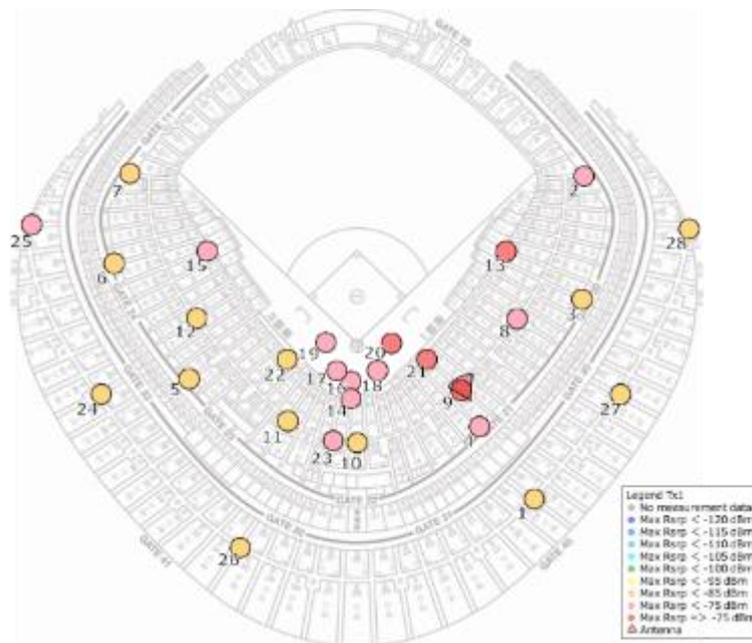


図 3.3.1.4-1(a) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRP 測定結果：グラウンド及び座席



図 3.3.1.4-1(b) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRP 測定結果：屋内グルメロード

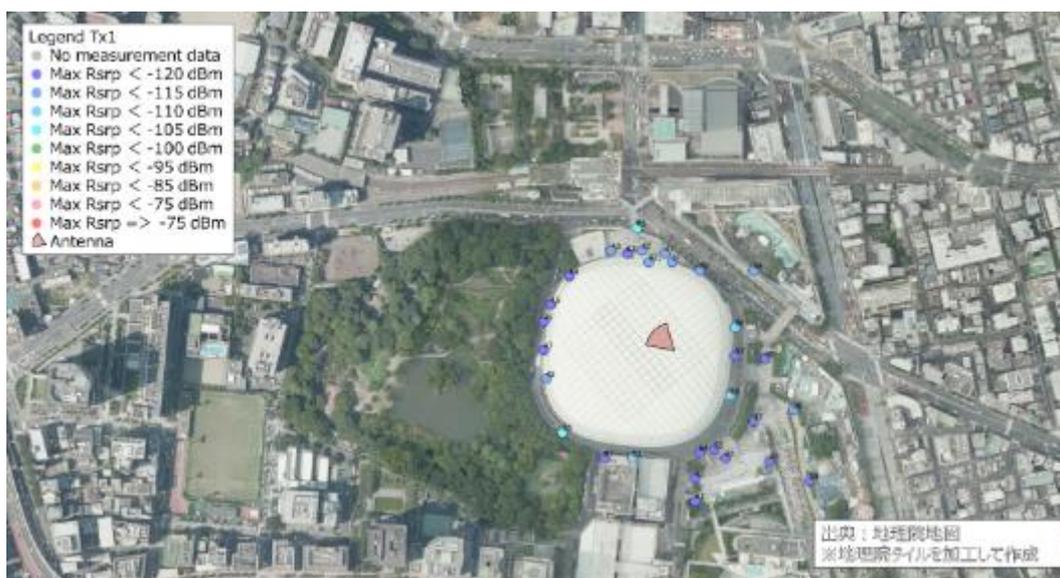


図 3.3.1.4-1(c) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRP 測定結果：屋外

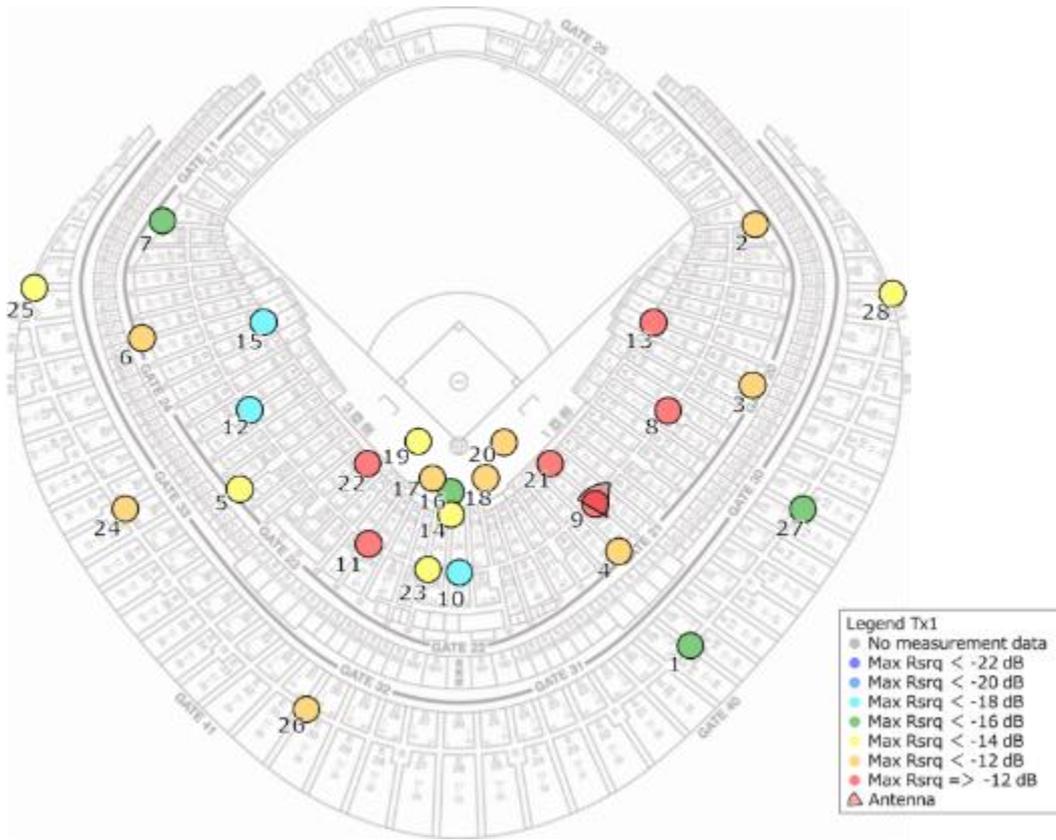


図 3.3.1.4-2(a) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：グラウンド及び座席

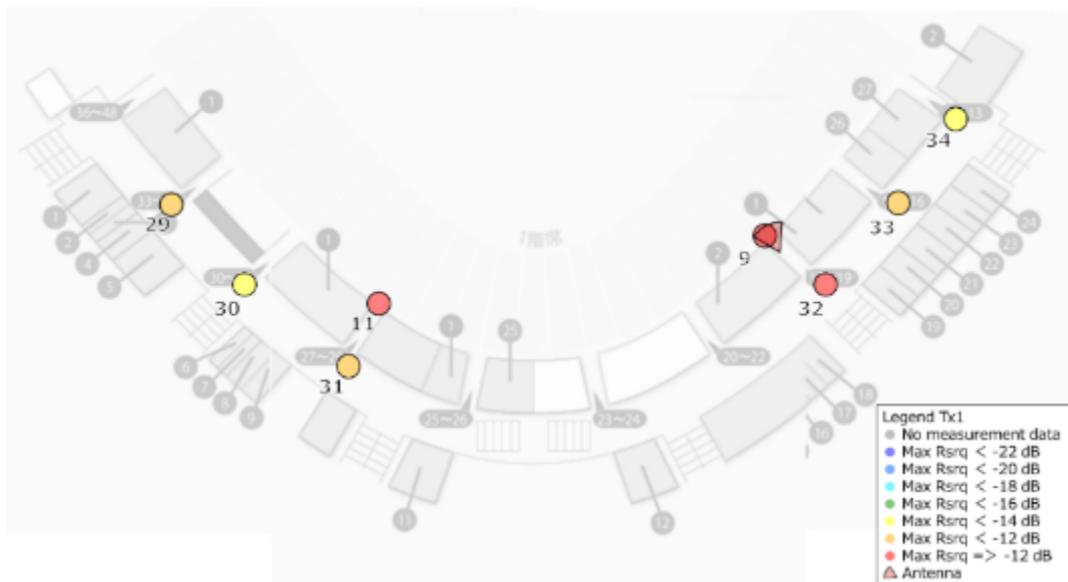


図 3.3.1.4-2(b) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：屋内グルメロード

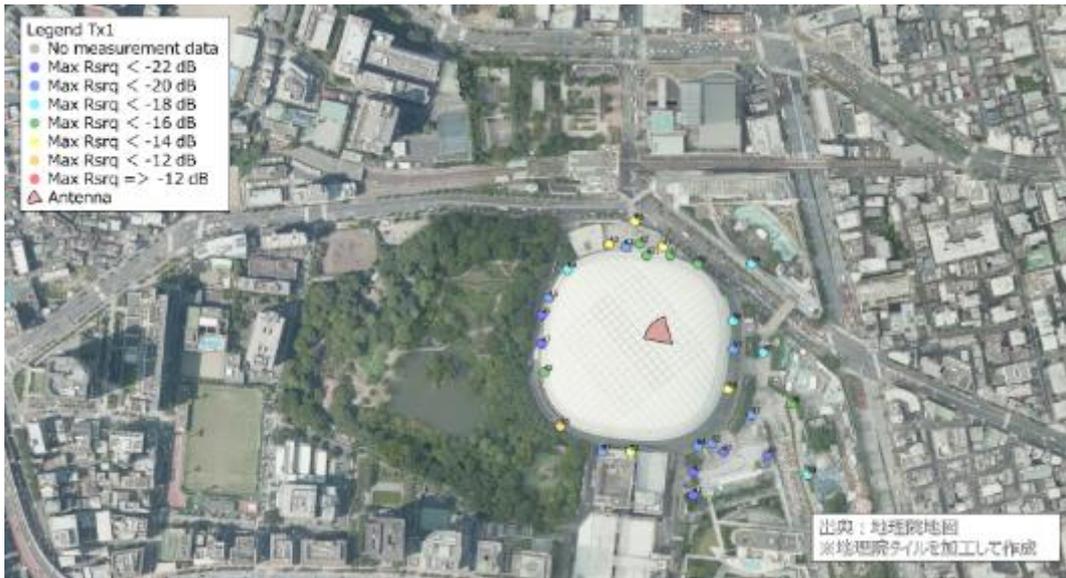


図 3.3.1.4-2(c) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：屋外

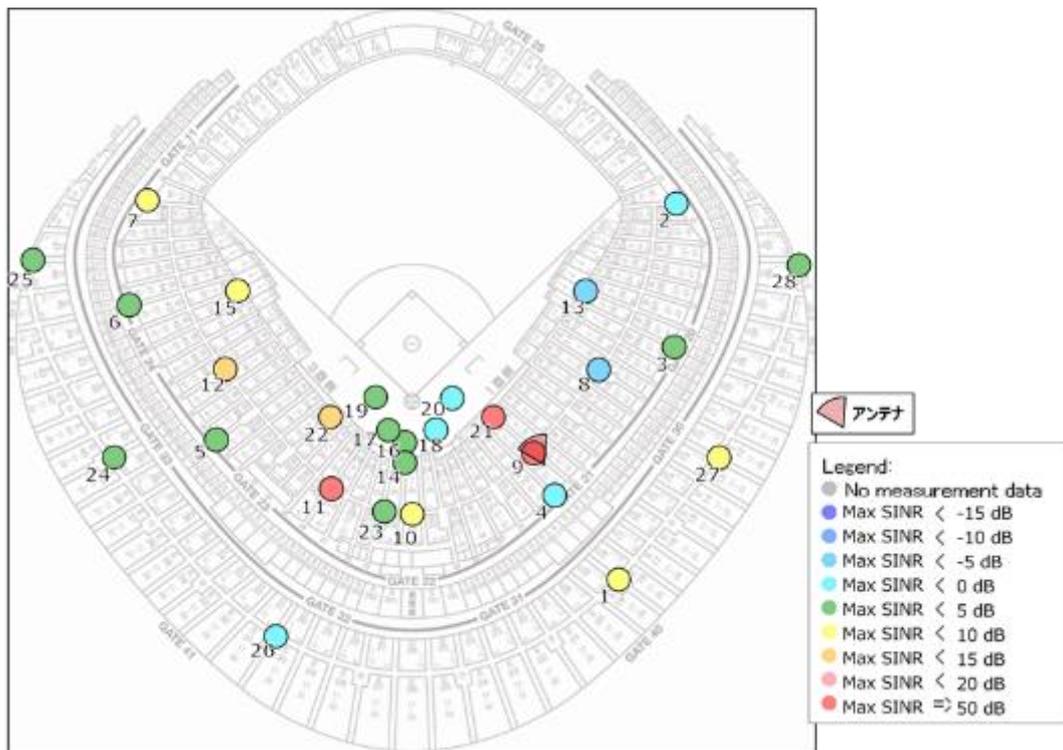


図 3.3.1.4-3(a) 一塁側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：グラウンド及び座席

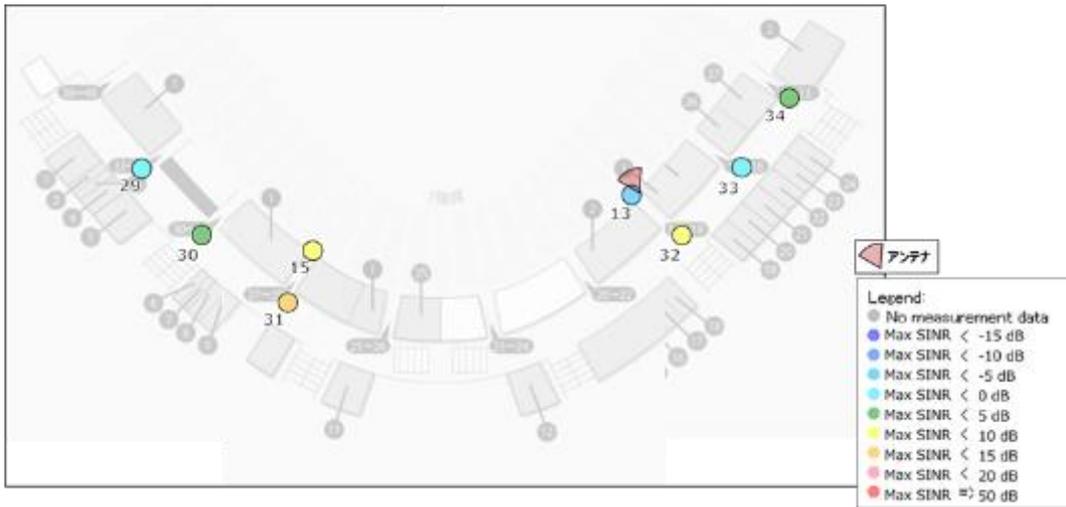


図 3.3.1.4-3(b) 一塁側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：屋内グルメロード

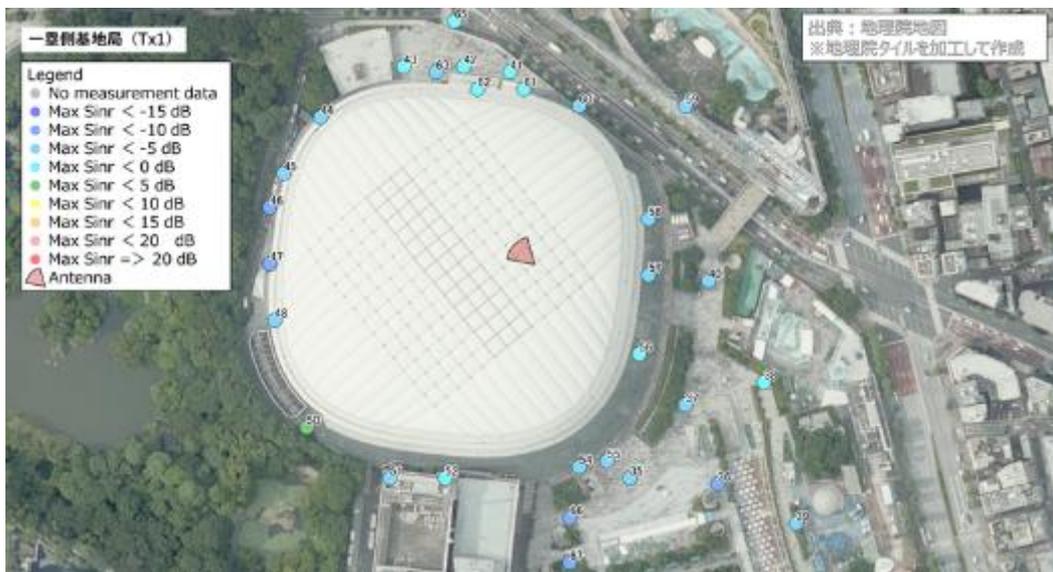


図 3.3.1.4-3(c) 一塁側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：屋外

表 3.3.1.4-1 一塁側基地局 (Tx1) を対象とした SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果

測定点 ID	基地局との 3D 距離(m)	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
1	59.63	-90.54	-17.60	-4.90
2	99.75	-83.04	-12.47	4.70
3	60.18	-88.50	-13.55	0.60
4	19.28	-84.40	-13.82	1.03

5	108.97	-90.28	-14.96	-0.96
6	147.49	-85.88	-13.86	0.35
7	158.93	-86.41	-16.91	-3.12
8	35.48	-77.47	-11.46	8.30
9	5.50	-61.37	-10.71	16.59
10	47.64	-85.93	-18.42	-6.59
11	5.50	-86.70	-10.63	15.92
12	109.26	-86.52	-18.35	-5.41
13	58.88	-74.35	-11.46	9.12
14	44.48	-82.36	-14.37	0.58
15	115.38	-82.96	-18.40	-5.14
16	44.07	-83.07	-16.10	-2.65
17	51.01	-78.55	-13.24	2.82
18	34.46	-80.92	-13.29	2.50
19	57.24	-77.66	-14.20	0.61
20	33.95	-74.12	-12.56	4.92
21	18.19	-60.93	-10.49	18.03
22	70.65	-86.12	-10.86	16.48
23	55.61	-83.72	-14.98	-0.50
24	145.34	-87.69	-13.81	0.05
25	185.28	-84.86	-14.97	-1.16
26	112.97	-87.23	-12.63	4.30

27	67.56	-91.89	-17.33	-4.85
28	113.67	-85.73	-14.76	-0.62
29	107.31	-99.35	-13.60	1.64
30	94.47	-103.79	-14.80	-2.04
31	80.86	-107.40	-12.53	7.74
32	19.30	-85.41	-10.66	14.29
33	27.07	-94.92	-13.65	2.73
34	42.09	-98.16	-14.88	-1.11
35	147.06	-126.30	-22.10	-9.96
36	154.38	-127.52	-22.65	-10.17
37	114.39	-124.07	-20.77	-8.97
38	136.43	-117.75	-16.34	-4.13
39	195.63	-120.48	-18.74	-6.96
40	98.96	-121.97	-19.82	-8.21
41	115.13	-116.94	-15.88	-3.75
42	127.31	-115.69	-16.15	-3.86
43	138.91	-116.69	-15.72	-3.71
44	141.05	-123.46	-19.64	-7.96
45	142.83	-124.99	-21.07	-9.09
46	142.85	-128.10	-22.62	-10.17
47	144.40	-128.53	-23.33	-10.58
48	140.48	-115.72	-17.29	-5.05

49	152.46			
50	150.55	-106.47	-12.62	1.96
51	138.48	-124.94	-20.88	-8.82
52	124.92	-113.31	-15.14	-2.62
53	107.82			
54	113.48	-130.89	-21.19	-9.37
56	115.80	-126.29	-21.51	-9.43
57	79.21	-113.41	-15.06	-2.26
58	66.38	-122.37	-20.41	-8.71
59	68.56	-114.88	-18.09	-6.16
60	83.00	-119.86	-18.28	-6.23
61	90.88	-119.16	-17.90	-6.23
62	96.58	-117.55	-16.29	-3.98
63	99.51	-118.44	-17.08	-4.75
64	116.04	-124.94	-21.26	-9.36
65	120.74			
66	160.37	-109.59	-14.81	-1.06
67	141.89	-128.83	-23.48	-10.69

b) 三塁線側置局

三塁線側置局に対し、測定結果を図 3.3.1.4-4~6 及び、表 3.3.1.4-2 に示す。

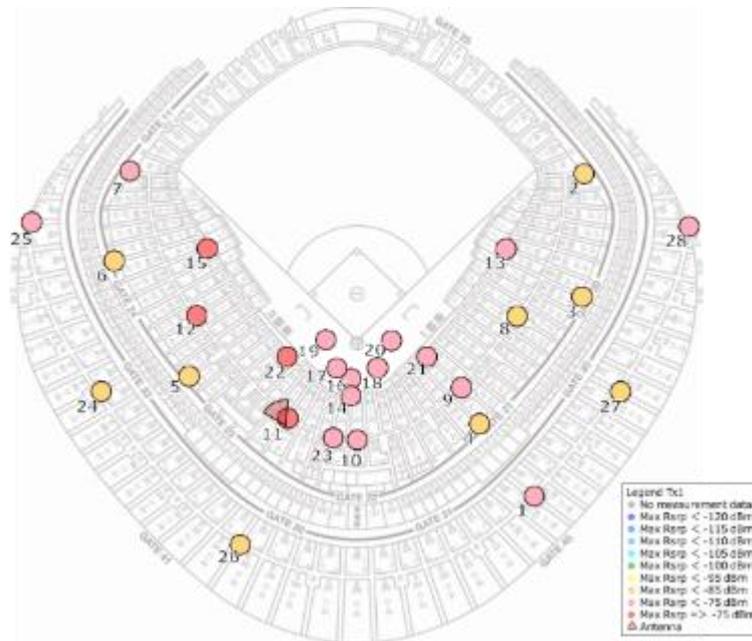


図 3.3.1.4-4(a) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRP 測定結果：グラウンド及び座席



図 3.3.1.4-4(b) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRP 測定結果：屋内グルメロード



図 3.3.1.4-4(c) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRP 測定結果：屋外環境

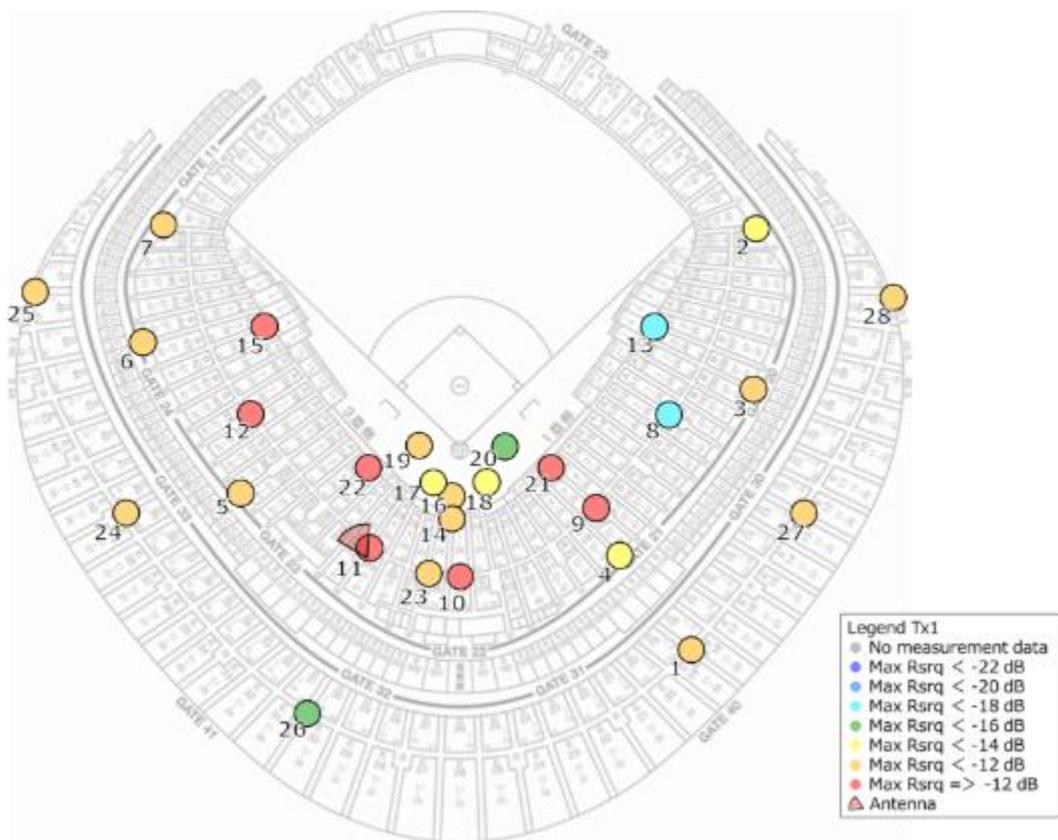


図 3.3.1.4-5(a) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：グラウンド及び座席

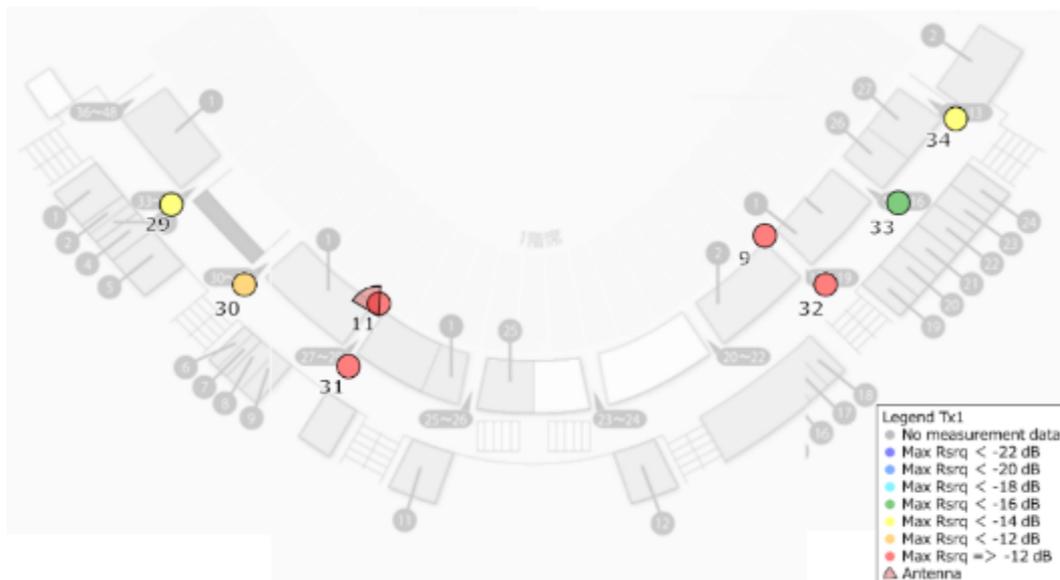


図 3.3.1.4-5(b) 三壘側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：屋内グルメロード

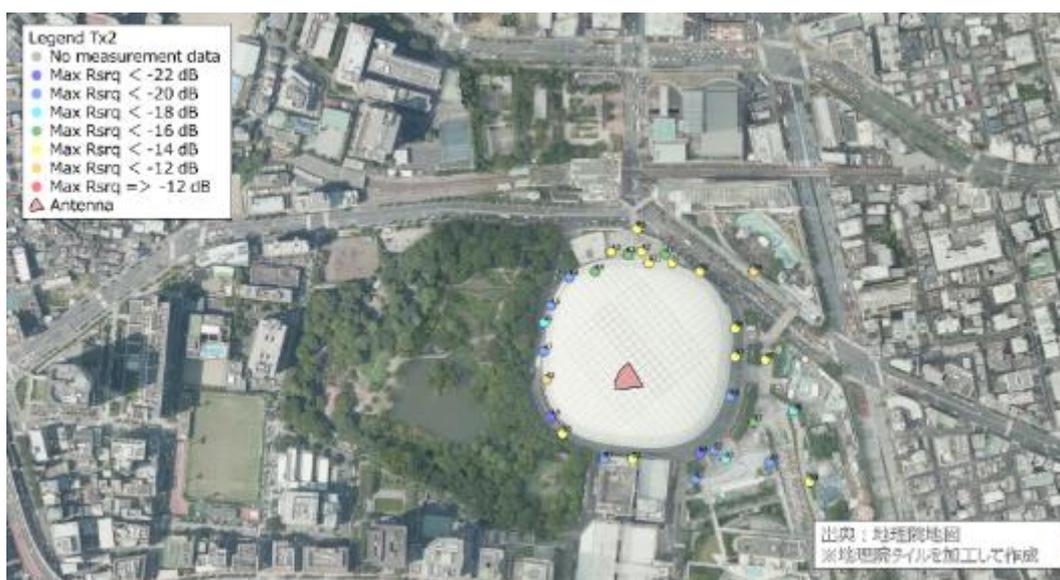


図 3.3.1.4-5(c) 三壘側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：屋外環境

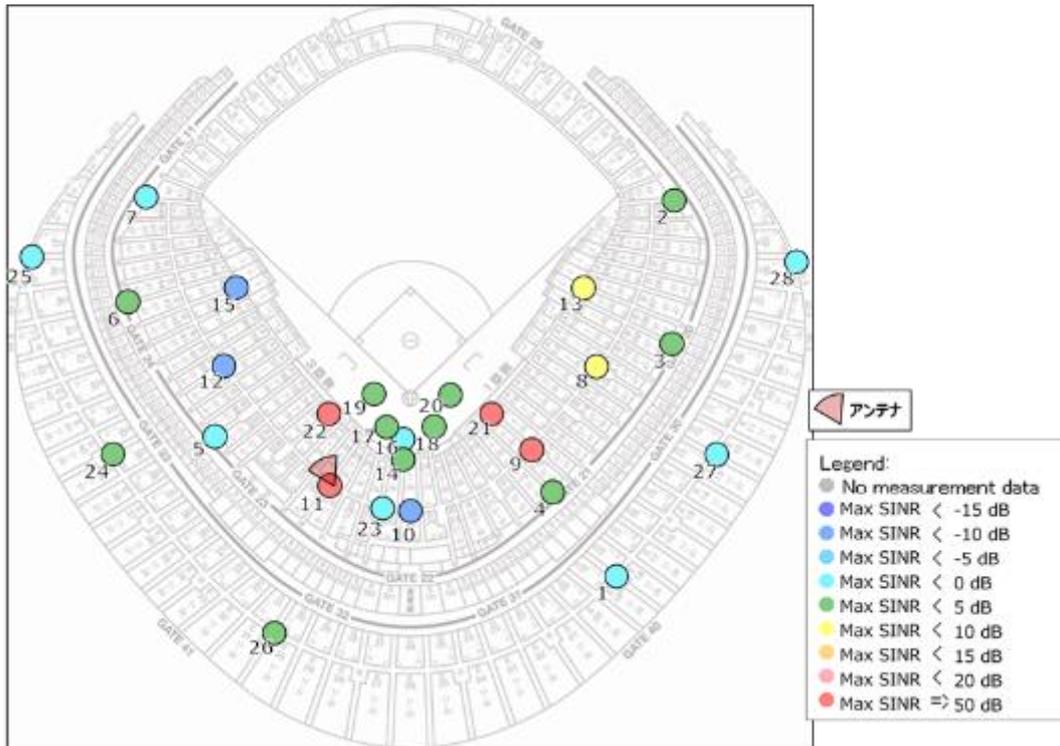


図 3.3.1.4-6(a) 三塁側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：グラウンド及び座席

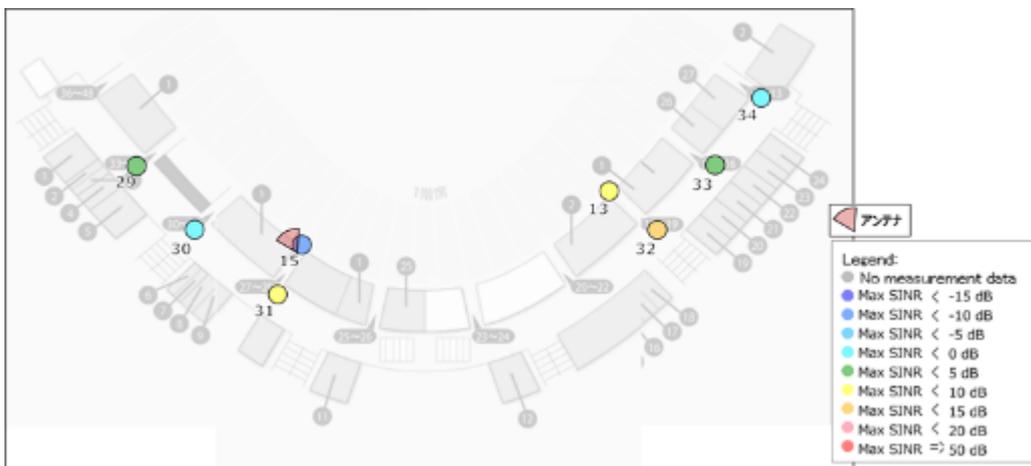


図 3.3.1.4-6(b) 三塁側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：屋内グルメロード

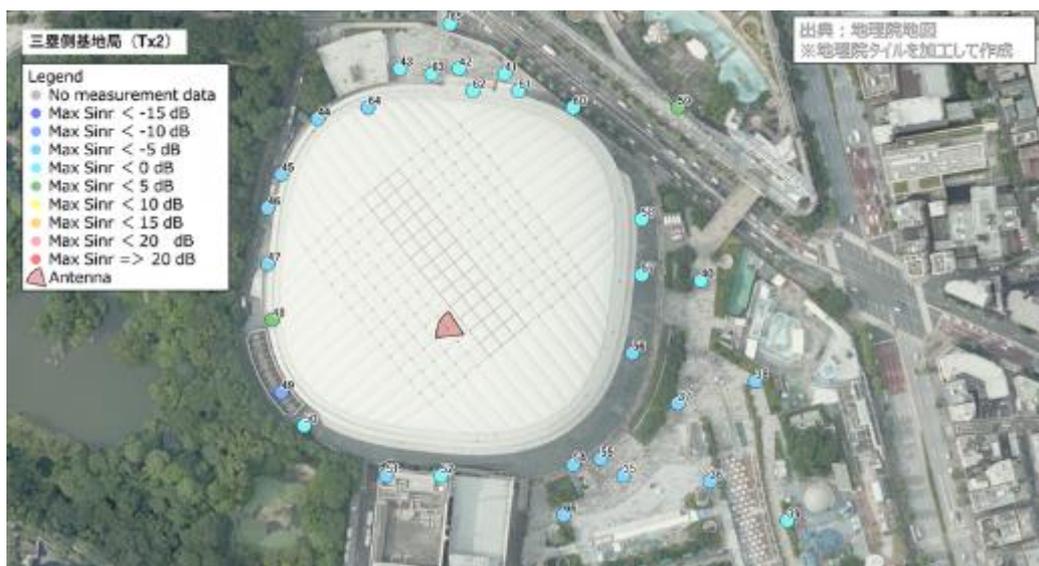


図 3.3.1.4-6(c) 三塁側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：屋外

表 3.3.1.4-2 三塁側基地局 (Tx2) を対象とした SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果

測定点 ID	基地局との 3D 距離(m)	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
1	105.40	-84.00	-12.05	5.68
2	154.45	-86.94	-15.86	-2.26
3	126.65	-88.22	-13.26	1.41
4	76.43	-85.31	-14.32	-0.20
5	43.39	-88.25	-12.96	2.97
6	94.52	-85.29	-13.37	1.35
7	119.19	-78.45	-12.27	6.81
8	99.76	-86.71	-18.79	-6.43
9	5.50	-83.92	-10.58	17.11
10	29.34	-78.72	-11.51	7.07
11	5.50	-66.01	-10.68	15.45
12	54.83	-68.48	-11.13	12.32
13	110.89	-84.98	-18.28	-5.43
14	26.80	-80.47	-13.62	2.20
15	75.96	-72.51	-11.70	9.42
16	29.10	-79.59	-12.59	4.47
17	27.41	-80.13	-14.55	0.00

18	40.80	-82.86	-14.73	-0.57
19	34.87	-77.14	-13.62	1.66
20	51.46	-79.46	-16.33	-2.65
21	60.27	-84.78	-10.82	15.94
22	24.59	-69.37	-11.05	12.13
23	19.89	-81.99	-13.18	2.89
24	78.63	-87.68	-13.43	0.91
25	131.66	-81.72	-12.98	3.10
26	61.39	-91.37	-16.15	-2.90
27	134.66	-85.94	-12.03	5.25
28	179.20	-84.11	-12.92	3.28
29	42.65	-102.47	-15.94	-2.49
30	27.11	-101.23	-12.55	1.77
31	19.70	-90.20	-10.97	12.48
32	80.56	-106.52	-10.54	8.31
33	94.39	-93.18	-16.15	-2.04
34	109.03	-97.61	-14.02	0.76
35	109.36	-122.26	-18.45	-6.87
36	150.43	-124.93	-20.50	-8.56
37	119.78	-120.21	-17.51	-5.70
38	153.15	-121.90	-19.85	-8.06
39	194.14	-118.01	-15.80	-3.49
40	139.93	-117.47	-14.94	-2.53
41	157.79	-117.41	-16.49	-4.57
42	163.47	-115.42	-15.33	-2.66
43	166.34	-116.58	-15.73	-4.01
44	149.68	-124.46	-20.54	-8.70
45	138.88	-124.41	-20.60	-8.71
46	131.67	-123.47	-19.42	-7.54
47	116.32	-124.97	-20.74	-8.71
48	107.53	-108.31	-13.27	2.22
49	108.13	-133.07	-23.62	-10.77
50	101.97	-109.68	-15.53	-3.41
51	85.90	-126.77	-21.79	-9.56

52	74.97	-112.77	-14.61	-1.81
53	88.50	-127.23	-22.52	-10.00
54	97.10	-125.16	-20.75	-8.73
56	91.75	-124.30	-20.96	-8.76
57	102.29	-114.63	-15.63	-3.15
58	115.87	-116.76	-14.68	-2.08
59	135.44	-109.45	-12.50	1.84
60	142.00	-117.53	-15.96	-3.42
61	142.08	-116.25	-14.81	-2.35
62	138.54	-116.99	-15.67	-3.36
63	148.86	-118.33	-16.69	-4.57
64	139.90	-121.49	-17.96	-6.28
65	198.76	-109.86	-15.06	-1.49
66	110.58	-126.03	-21.32	-9.28

(2) 伝送スループット、RTT 測定結果

実証環境における伝送スループット及び RTT 測定については、実証を行うターゲットエリア周辺において実施している。

a) 一塁線側置局

一塁線側置局に対し、測定結果を図 3.3.1.4-5~7 及び、表 3.3.1.4-3 に示す。

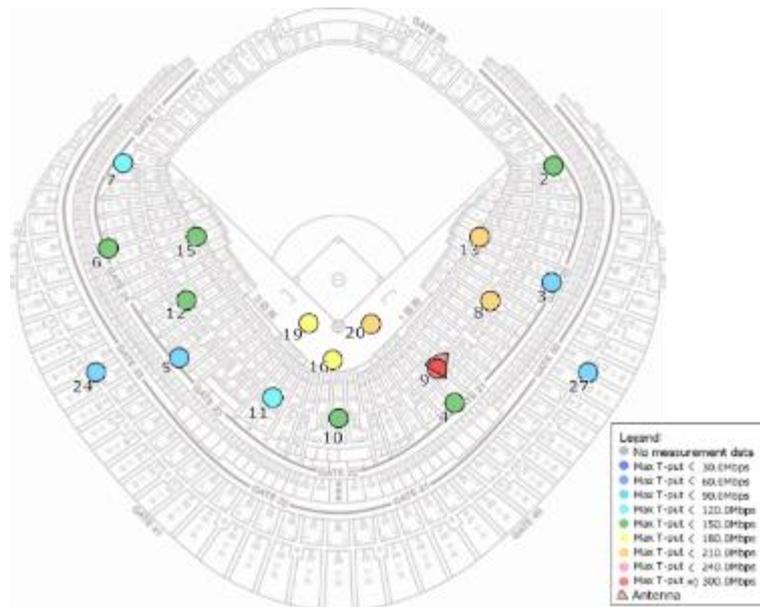


図 3.3.1.4-5(a) 一塁側基地局 (Tx1) DL 伝送スループット測定結果：グラウンド及び座席

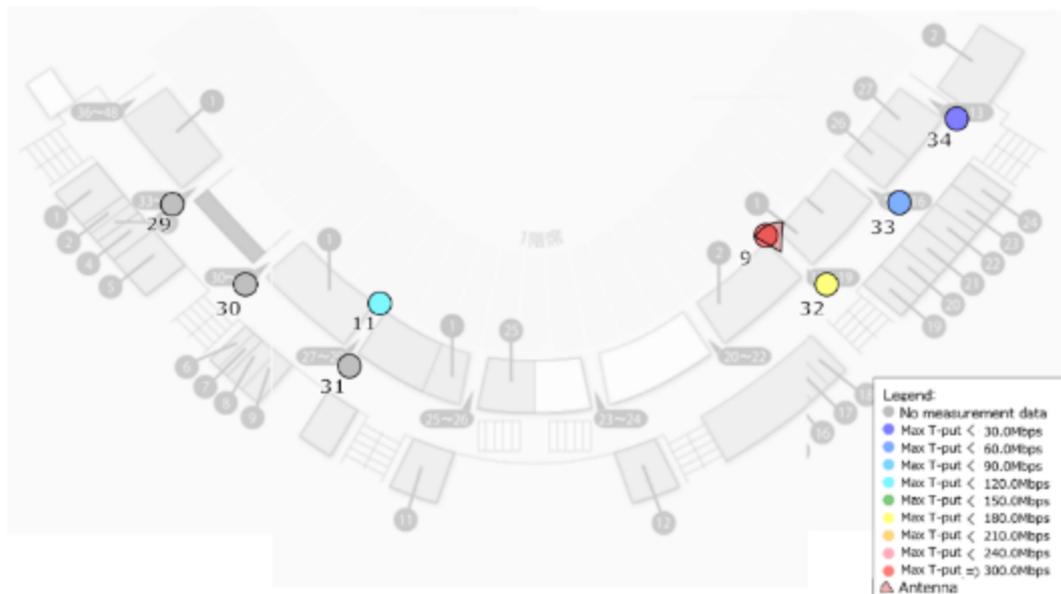


図 3.3.1.4-5(b) 一塁側基地局 (Tx1) DL 伝送スループット測定結果：屋内グルメロード

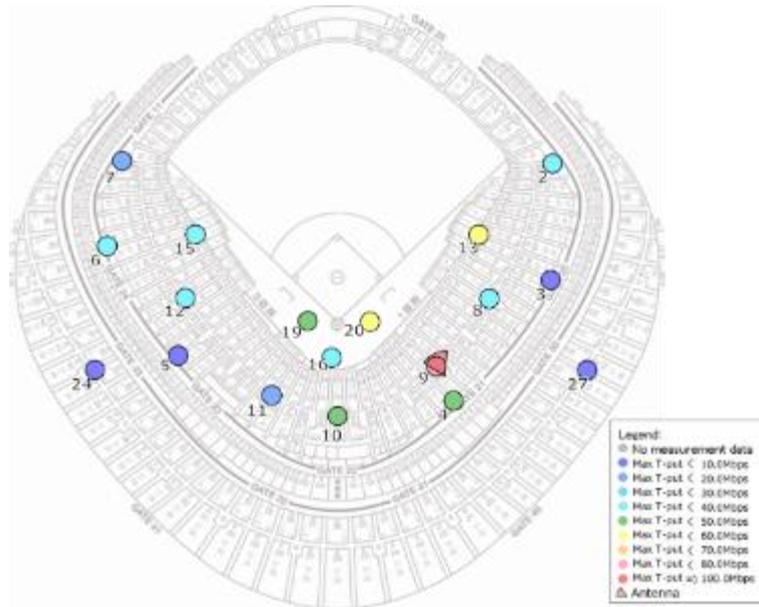


図 3.3.1.4-6(a) 一塁側基地局 (Tx1) UL 伝送スループット測定結果：グラウンド及び座席

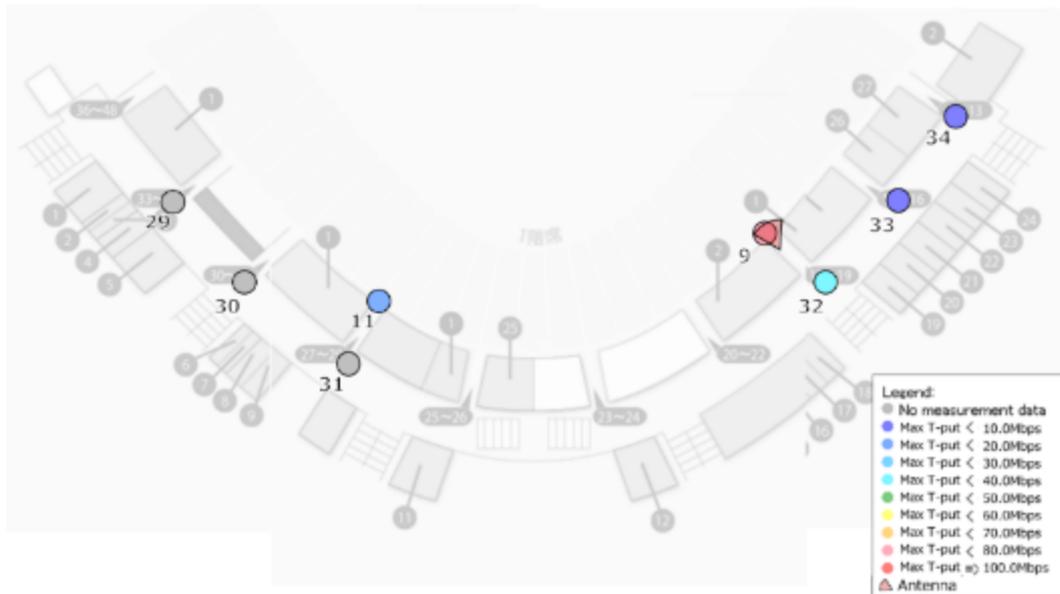


図 3.3.1.4-6(b) 一塁側基地局 (Tx1) UL 伝送スループット測定結果：屋内グルメロード

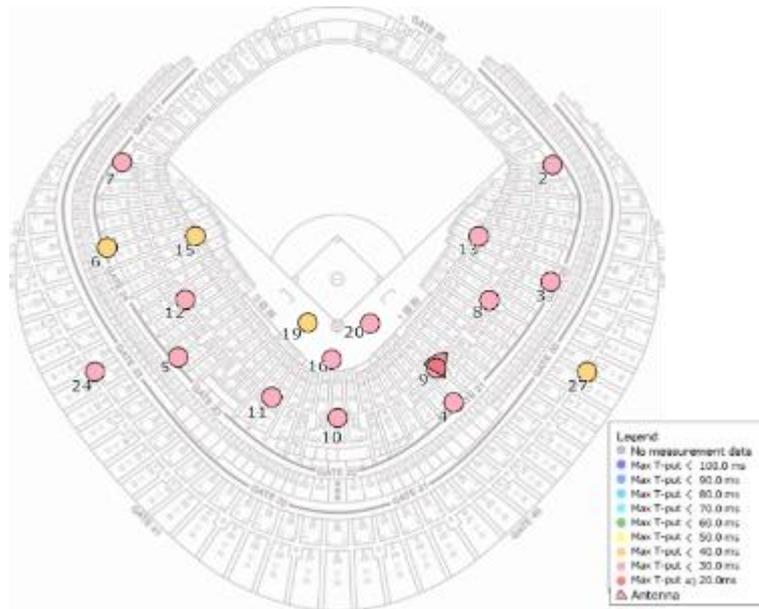


図 3.3.1.4-7(a) 一塁側基地局 (Tx1) RTT 測定結果：グラウンド及び座席

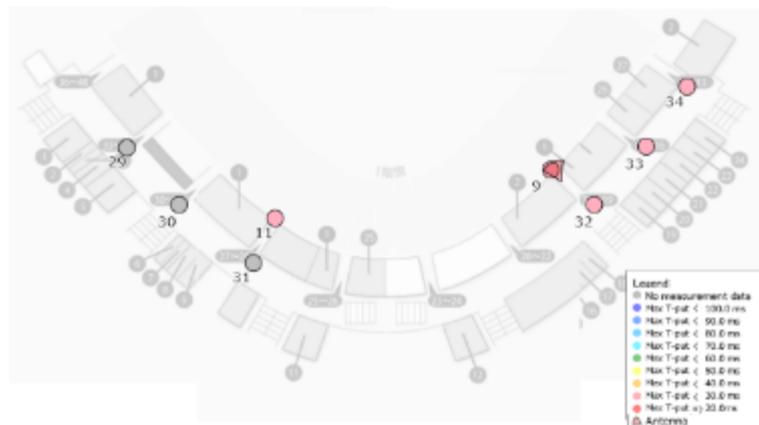


図 3.3.1.4-7(b) 一塁側基地局 (Tx1) RTT 測定結果：屋内グルメロード

表 3.3.1.4-3 一塁側基地局 (Tx1) を対象とした伝送スループット、RTT 測定結果

測定点 ID	基地局からの 3D 距離(m)	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
2	99.75	144.30	35.86	29.70
3	60.18	76.50	7.40	26.60
4	19.28	143.33	42.15	28.50
5	108.97	73.02	7.29	28.90
6	147.49	127.46	36.73	30.87
7	158.93	99.10	10.31	28.40
8	35.48	186.80	37.87	29.57

9	5.50	254.27	72.63	29.37
10	47.64	139.35	41.90	29.23
11	5.50	108.69	10.10	29.50
12	109.26	130.80	33.82	29.43
13	58.88	193.80	52.66	26.07
15	115.38	146.80	38.71	33.73
16	44.07	170.73	39.78	28.60
19	57.24	176.53	41.85	30.17
20	33.95	189.57	56.59	28.40
24	145.34	60.64	9.85	28.23
27	67.56	85.90	7.54	32.77
32	19.30	155.50	26.84	29.23
33	27.07	41.13	6.23	29.53
34	42.09	10.55	6.22	25.70

b) 三塁線側置局

三塁線側置局に対し、測定結果を図 3.3.1.4-8~10 及び、表 3.3.1.4-4 に示す。

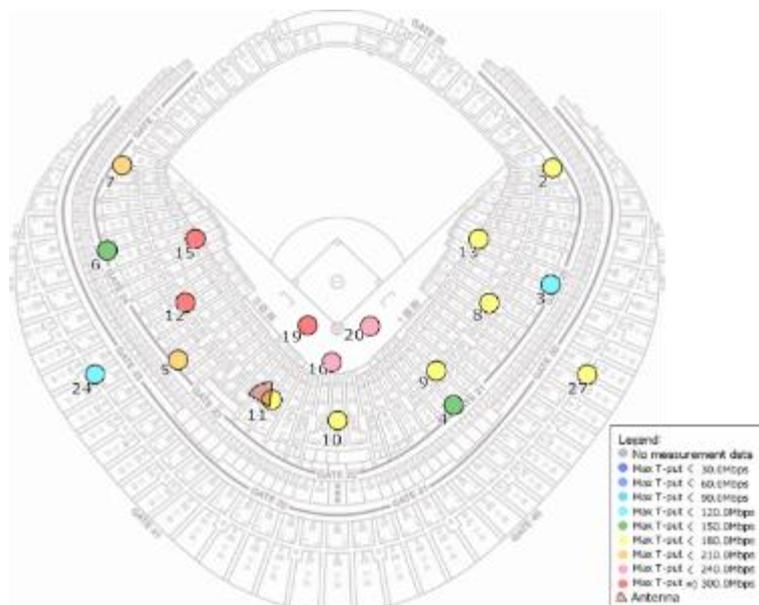


図 3.3.1.4-8(a) 三塁側基地局 (Tx2) DL 伝送スループット測定結果：グラウンド及び座席



図 3.3.1.4-8(b) 三塁側基地局 (Tx2) DL 伝送スループット測定結果：屋内グルメロード

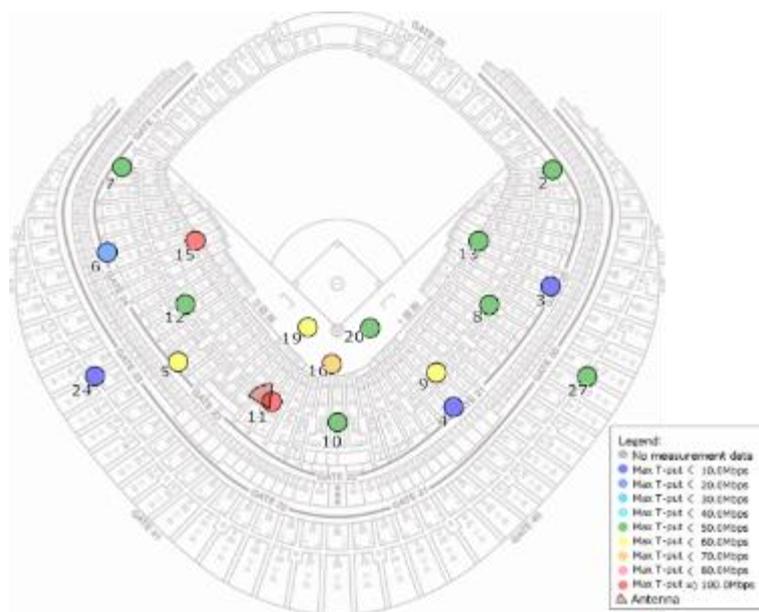


図 3.3.1.4-9(a) 三塁側基地局 (Tx2) UL 伝送スループット測定結果：グラウンド及び座席

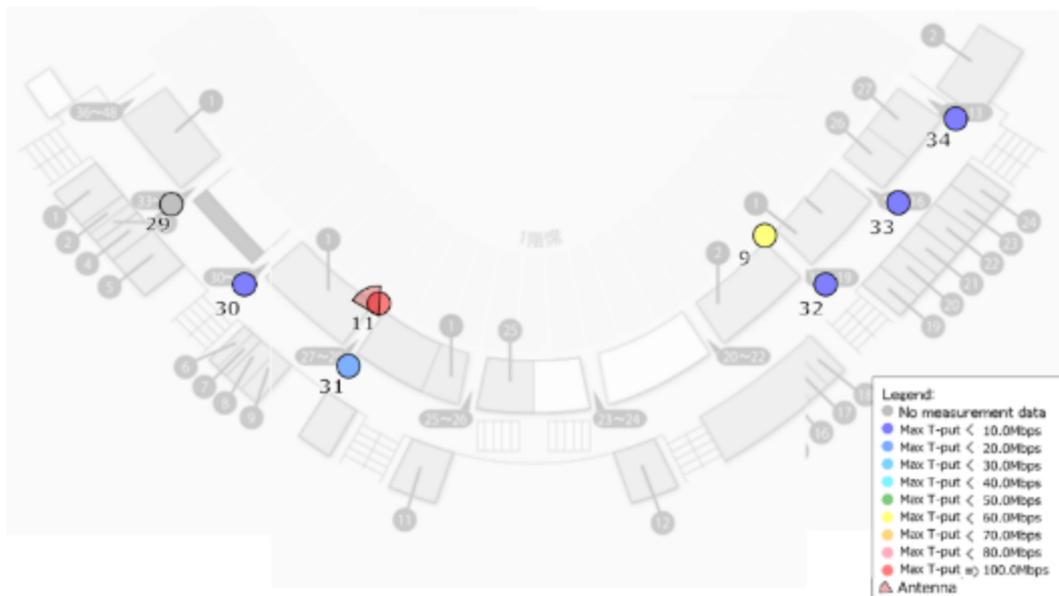


図 3.3.1.4-9(b) 三塁側基地局 (Tx2) UL 伝送スループット測定結果：屋内グルメロード

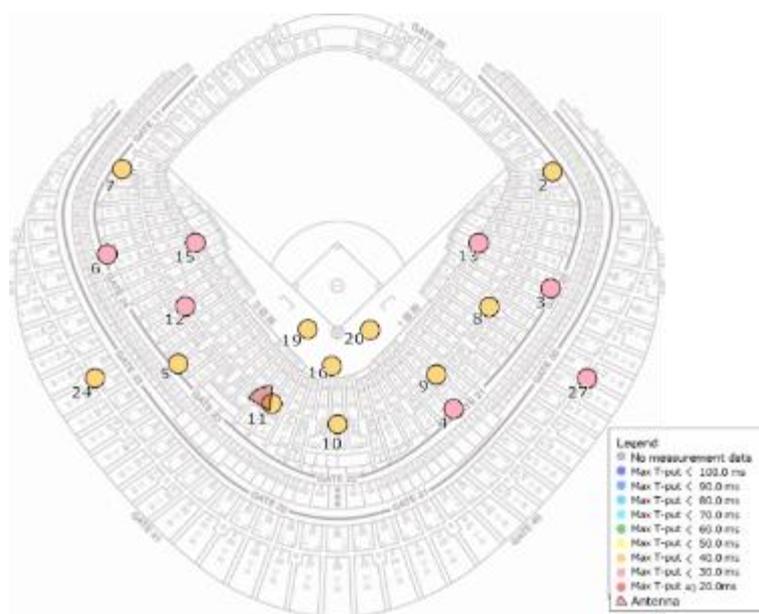


図 3.3.1.4-10(a) 三塁側基地局 (Tx2) RTT 測定結果：グラウンド及び座席

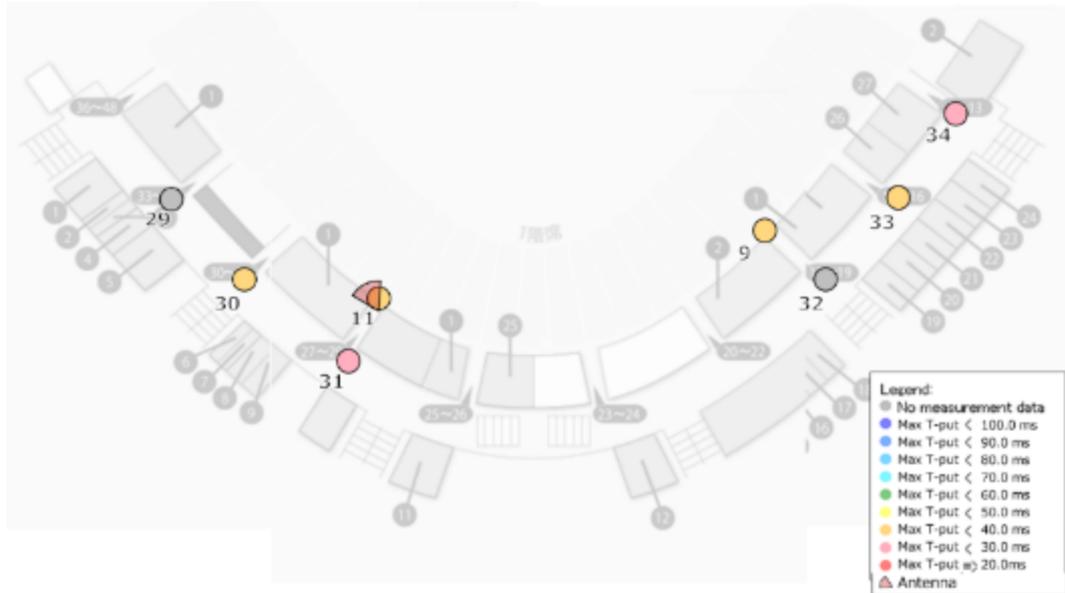


図 3.3.1.4-10(b) 三壘側基地局 (Tx2) RTT 測定結果：屋内グルメロード

表 3.3.1.4-4 三壘側基地局 (Tx2) を対象とした伝送スループット、RTT 測定結果

測定点 ID	基地局からの 3D 距離(m)	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
2	154.45	155.50	44.89	31.67
3	126.65	92.89	8.09	25.40
4	76.43	147.07	9.90	26.97
5	43.39	180.10	58.22	30.87
6	94.52	133.78	10.22	26.00
7	119.19	203.67	47.61	31.33
8	99.76	164.77	47.13	30.27
9	5.50	153.40	54.24	34.13
10	29.34	157.27	44.22	34.23
11	5.50	158.30	91.65	30.77
12	54.83	266.00	47.10	28.80
13	110.89	174.00	44.55	28.73
15	75.96	252.50	91.37	27.23
16	29.10	215.47	60.46	30.30
19	34.87	261.00	53.78	36.70
20	51.46	218.40	43.52	30.40
24	78.63	95.66	7.83	30.33
27	134.66	150.03	47.00	26.86

30	27.11	28.93	6.20	33.00
31	19.70	108.27	16.98	28.17
32	80.56		6.23	
33	94.39	7.69	6.21	32.00
34	109.03	15.10	6.19	29.93

(3) 実証環境における電波伝搬特性の評価

今回の実証環境である東京ドーム球場屋内は、周辺環境を含めて概ね基地局からの見通しを確保できソリューションを展開するうえでは自己土地内においてサービスエリアの構築がしやすいといえる。また、3.2章で示すとおり、東京ドーム球場は強固なコンクリート造の施設であり、内部に置局された基地局からの電波漏洩は、壁面損失が大きいことから少ない環境であり、自己土地内においてサービスエリアの構築がしやすいと言える。

一方、ドーム球場という特殊な環境であり、座席の裏、屋内施設等の存在等、一般的な壁面構造と異なることから、ローカル 5G 基地局から想定するサービスエリア外への電波漏洩について更に精査する必要がある。ローカル 5G を運用するには、隣接する他事業者への電波干渉を最低限に抑えつつ、自己土地内で必要十分なサービスエリアを確保するサイトエンジニアリングが求められる。そのため、まずは、実証環境における 4.7GHz 帯の電波伝搬特性の評価を行う。

3.3.1.4 章 (1) にて示した下り受信電力の実測データ (SS-RSRP) を用いて、ドーム球場等の環境における 4.7GHz 帯の電波伝搬特性を考察する。

具体的には、実測した下り受信電力値から伝搬ロスを出し、それらの距離特性を求める。さらに、携帯電話システムの設計等に用いられている、いくつかの電波伝搬モデルから求められる伝搬ロスとの比較を行うことで、ドーム球場等の環境における 4.7GHz 帯の電波伝搬特性の評価を行う。

ここで、実測値との比較に用いる伝搬式を表 3.3.1.4-5 に示す。

表 3.3.1.4-5 実測値との比較に用いた電波伝搬式

電波伝搬式	概要
自由空間伝搬	<p>開放地に適用。周波数範囲、伝搬距離、送受信機の高さなどの適用制限はない。</p> $L = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \log \left(\frac{4\pi f d}{c} \right) = 20 \log f + 20 \log d + 20 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right)$ $= 20 \log f + 20 \log d + 32.4 \text{ [dB]}$ <p>f: 周波数[MHz]、d: 距離[km]、c: 3.0×10^8[m/s]</p>
ローカル 5G 審査基準	<p>電波法関係審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号） 令和 2 年 12 月 18 日制定</p>
3GPP モデル	<p>ITU-R P.1411 ベースの伝搬式。環境により基地局、移動局高が規定されている。</p> <p>RuralMacro:基地局 10～150m、移動局 1～10m UrbanMacro:基地局 25m、移動局 1.5～22.5m UrbanMicro:基地局 10m、移動局 1.5～22.5m InH Office(LOS):直線距離 1～100m InH Office(NLOS):直線距離 1～86m InH ShoppingMall:直線距離 1～150m</p>

ドーム球場内に設置した基地局について、実測した下り受信電力データから算出した電波伝搬特性を図 3.3.1.4-11~12 に示す。図中、●は LOS データ、×は NLOS のデータを示している（LOS か NLOS は、測定地点から基地局アンテナが目視できるかで判断している。）

実測値と比較した伝搬式は、自由空間伝搬と、ローカル 5G 審査基準で用いられている伝搬式（奥村・秦式）である。結果からは、以下のことがわかる。

- 全般的な測定データとしては、自由空間損より良好なパス傾向が見えている。こちらは、ドーム球場というすり鉢状の空間である事と、今回環境においては、スタンド座席内且つ、地面方向に向けて放射を行っている事から、座席等によるマルチパス環境となり電力が強め合ったものと思われる。
- ドーム球場という開けた屋内空間では、見通しが取れる LOS 環境は良好なパスが得られると考えられ、測定結果のカーブ傾向からみても、自由空間損失モデルのカーブ傾向に近い事が確認できる。
- 一方、ドーム球場は座席や柱などの遮蔽物も多くあり、そのような見通しがとれない、NLOS 環境における測定結果のカーブ傾向は、奥村・秦式（開放地）モデルのカーブ傾向に近い事が確認できる。

これらの結果から、ドーム球場等の今回環境については、見通しが取れる場合においては、自由空間損失モデルで、見通しが取れない場合は、奥村・秦式（開放地）モデルで、概ね推定出来るものと考えられる。

また、ドーム球場はすり鉢状の構造である事から、マルチパス環境の影響を受けやすいと考える。

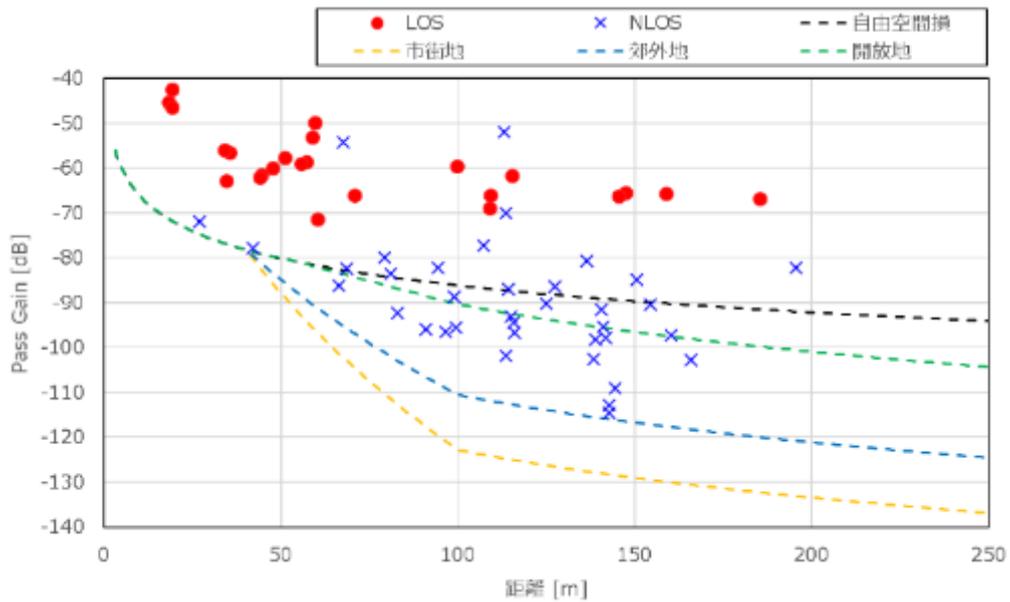


図 3.3.1.4-11 一塁側基地局 (Tx1) からの伝搬ロスの距離特性

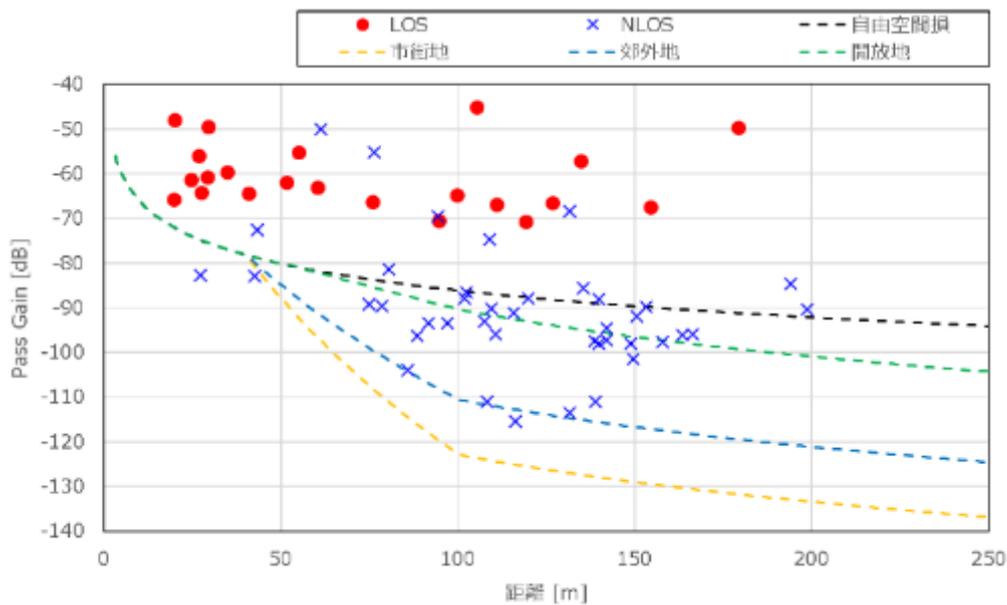


図 3.3.1.4-12 三塁側基地局 (Tx2) からの伝搬ロスの距離特性

(4) 実証環境におけるローカル 5G 性能評価

実際のドーム球場等の環境において、ローカル 5G の性能が想定通りに実現できているかを、実測した SS-RSRP、SS-RSRQ、SS-SINR、伝送スループット、ラウンドトリップタイムにより評価する。

ローカル 5G の性能評価は、3.3.1.3 章に示す評価方法に基づきエリア形成の観点と、ユーザーへのサービス提供品質の観点から実施した。前者については、基地局からの受信レベルを用いて、設計通りのエリアが構築できているか否か、できていない場合はどのような原因で想定され、対策としてどのような方策が取りえるのかを考察する。後者については、ローカル 5G ネットワーク上に構築されるアプリケーションやシステムのパフォーマンスに直接的な影響を与えると考えられる、伝送スループットとラウンドトリップタイムの実測結果を用いて考察する。

1) 実証環境におけるローカル 5G エリア形成について

ローカル 5G 性能評価の前提となる、実証環境のターゲットエリア (サービスを提供したいエリア) を図 3.3.1.4-13 に示す。実証環境においては、ドーム球場内のグラウンド内ホームベース付近をターゲットエリアする為、1F フロア高 2.5m に指向性のアンテナ(水平面 45°、垂直面 45° 度)を設置している。

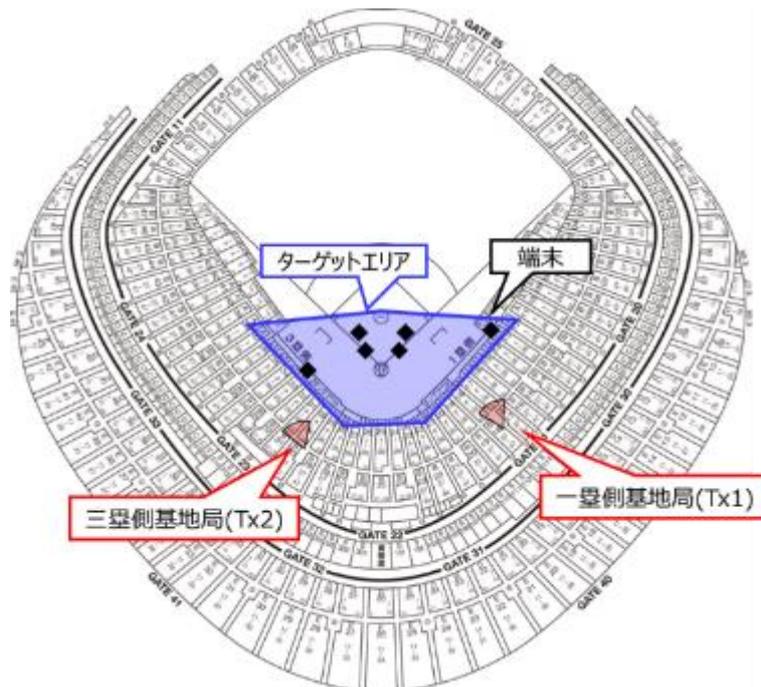


図 3.3.1.4-13 ドーム球場内のターゲットエリア

ここでは、下り受信レベル（SS-RSRP）の測定結果からエリア形成の観点での評価を行う。

図 3.3.1.4-14~15 に基地局によるエリア形成状況を示す。図中、赤線は 4.6-4.9GHz 帯におけるローカル 5G 審査基準で定められている“カバーエリア端レベル（100MHz 幅の場合：-84.6dBm）”を前提に実測値から評価した想定カバーエリア端である。一方、青線は、同様に審査基準で定められている“調整区域端レベル（100MHz 幅の場合：-91.0dBm）”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。

なお、本実証に用いる基地局装置の下り受信レベル（SS-RSRP）の測定帯域は 30kHz であるため、上述したエリア端閾値を 100MHz から、30kHz へ帯域換算した以下の値を用いている。

カバーエリア端レベル（SS-RSRP 帯域換算）：-119.8dBm

調整区域端レベル（SS-RSRP 帯域換算）：-126.2dBm

結果からは、以下のことがわかる。

- ドーム球場内の開放空間となる座席エリアに置局を行った場合、座席・グラウンドのエリアだけでなく、座席裏のグルメロードの様な通路においても、カバーエリアとして確保が出来ている事が確認できる。
- 座席裏のグルメロードの様な通路において、座席エリアへの人の出入り用通路の存在から電界の確保が出来ている事が確認できる。
- 上記結果と、エリア算出法の差分に対し、大きくエリアが広がっているが、置局を行ったドーム球場屋内は、開放的な空間であり、内部の空間における伝搬損失が、ほぼ自由空間損失となる事が要因と考えられる。

- 屋外エリアにおいては、座席エリアに置局を行った事から、屋内から屋外へ続く人の出入り用通路及び、入場ゲート等により、漏れ出しが発生している事が分かる。特に、オーロラビジョンが設置されている外野席エリア方向では、比較的漏れ出しが少ないが、こちらは、座席エリアへの人の出入り用通路が階段状である事が多く、遮蔽影響が発生したものと考えられる。
- 今回の検証では、Tx1 測定時は Tx2 を停波、Tx2 測定時は Tx1 を停波とし、単局毎の評価を実施している。SINR における"IN"は、環境雑音または CP (Cyclic Prefix) 時間を超えて遅延したマルチパスが支配的と考えられ、いずれの場合においてすり鉢状の底となるグラウンドにて、良化する傾向が見えている。これは、座席等による反射による影響で発生したものと考えられる。一方で RSRP の劣化に伴う減衰傾向が、SINR でも見られており、SINR が低い地点においては、"S"となる主波及び CP 時間内の遅延波のレベルが減衰しているためと考えられる。

これらの結果より、東京ドームの様なスタジアム環境においては、ターゲットエリアの受信電力を維持したまま、人の出入り用通路及び、入場ゲートによる電波漏洩を防ぐ事が課題であるとする。

すなわち、基地局のアンテナ指向方向がより強い漏洩電力が観測されている為、開口部となる人の出入り用通路及び、入場ゲート方向に指向を向けるのではなく、ターゲットとなるエリアに対し、吹き降ろしとなるようなエリア設計を行う事が望ましいと考える。

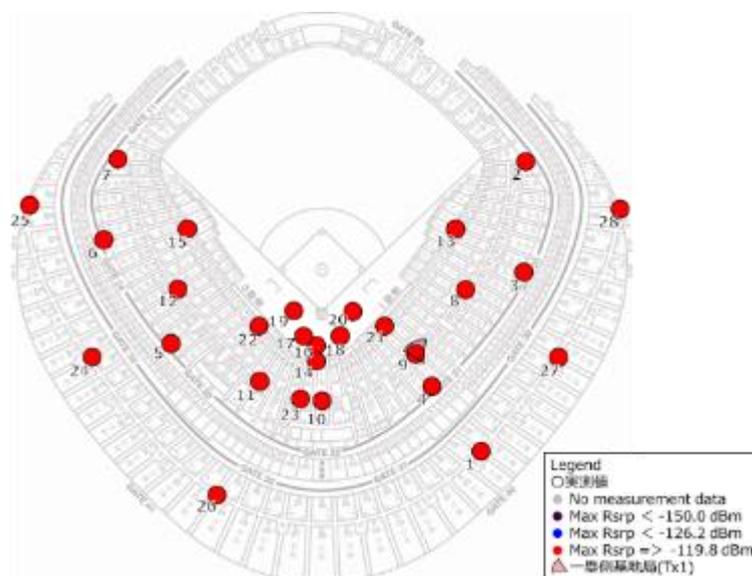


図 3.3.1.4-14(a) 一塁側基地局 (Tx1) における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：グラウンド及び座席

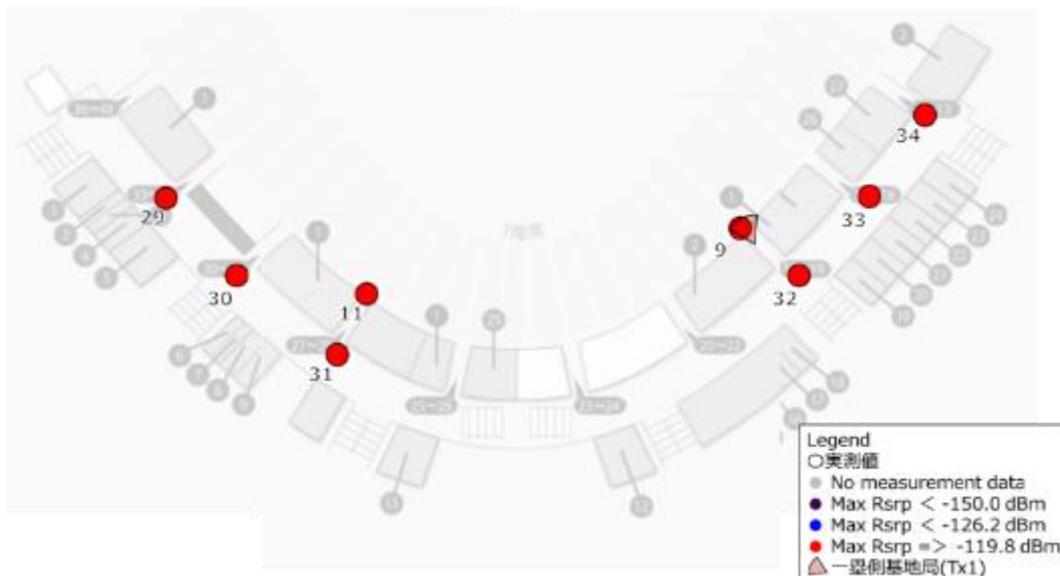


図 3.3.1.4-14(b) 一塁側基地局 (Tx1) における
SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：屋内グルメロード

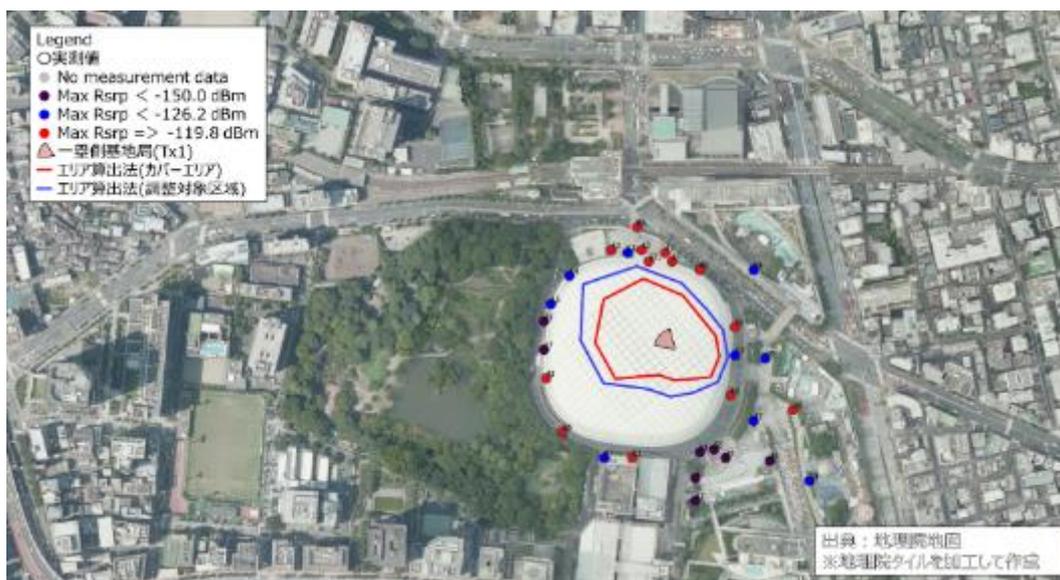


図 3.3.1.4-14(c) 一塁側基地局 (Tx1) における
SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：屋外

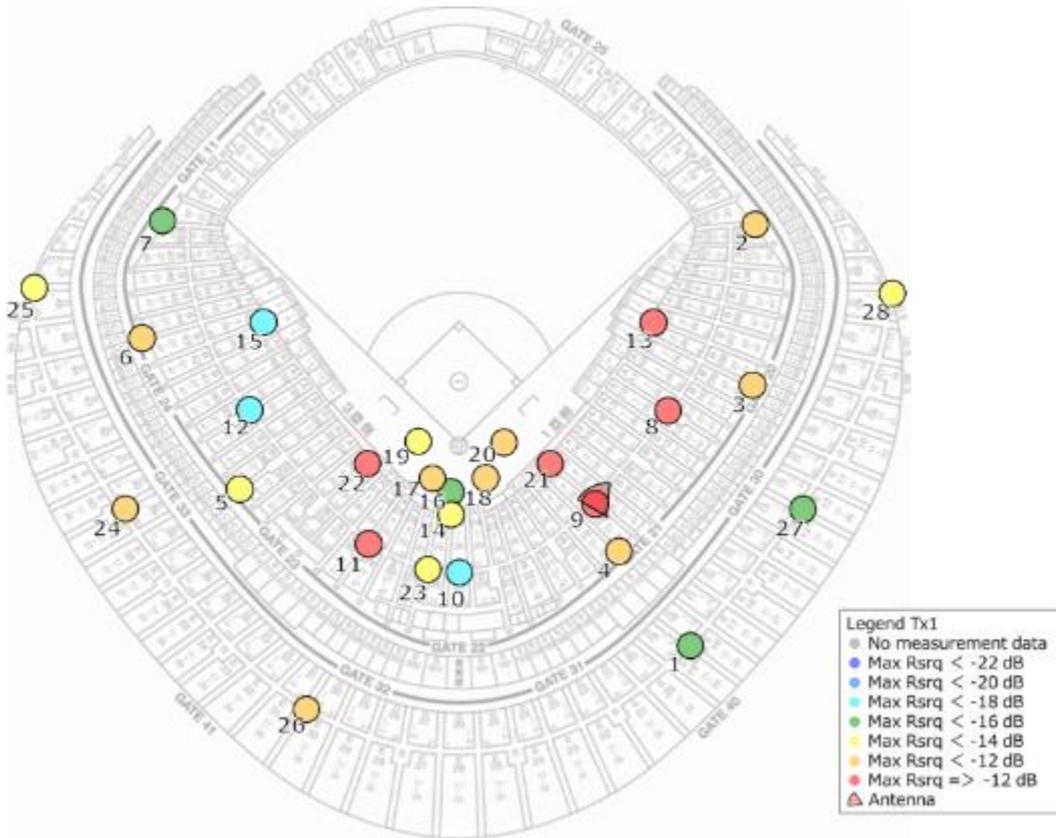


図 3.3.1.4-2(a) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：グラウンド及び座席 (再掲)

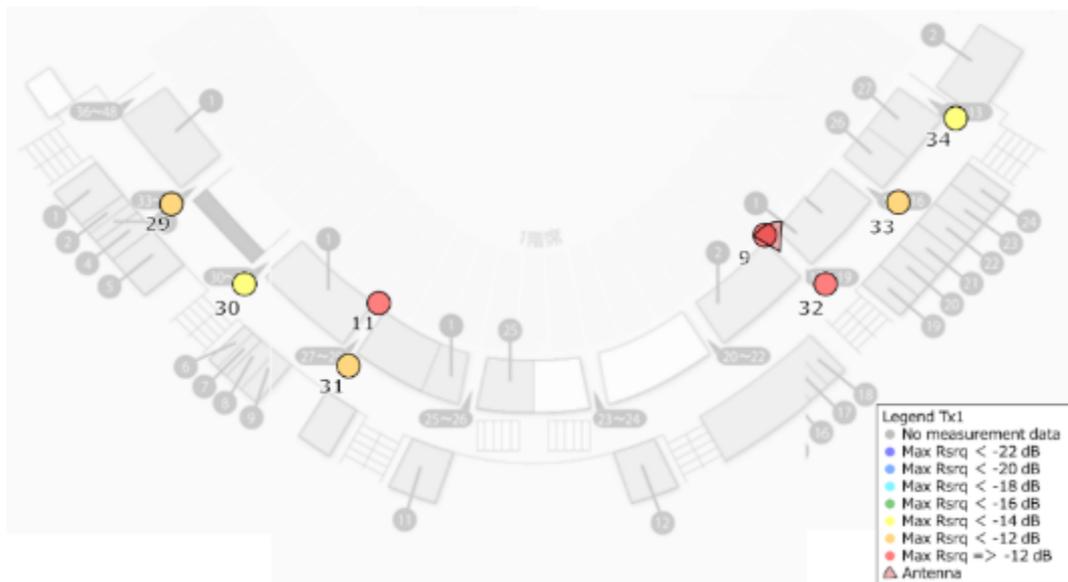


図 3.3.1.4-2(b) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：屋内グルメリード (再掲)

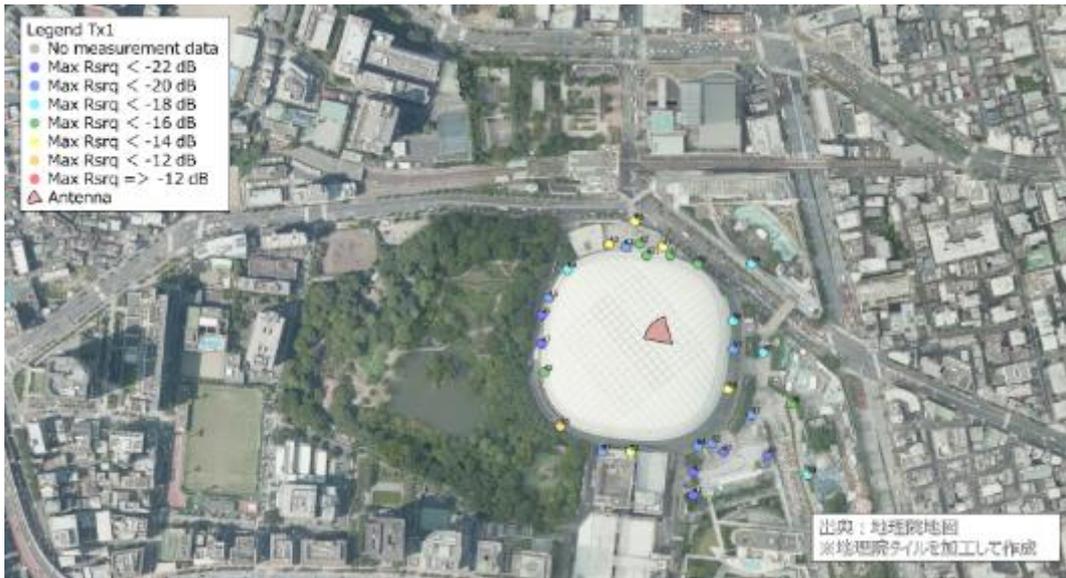


図 3.3.1.4-2(c) 一塁側基地局 (Tx1) SS-RSRQ 測定結果：屋外 (再掲)

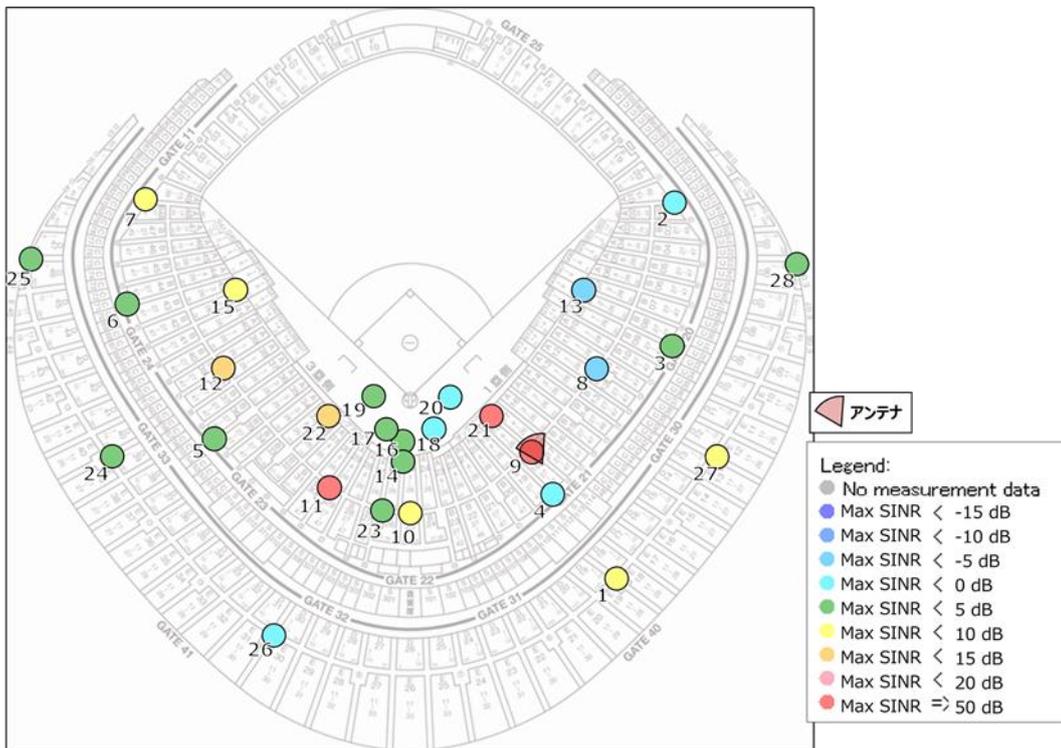


図 3.3.1.4-3(a) 一塁側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：グラウンド及び座席 (再掲)

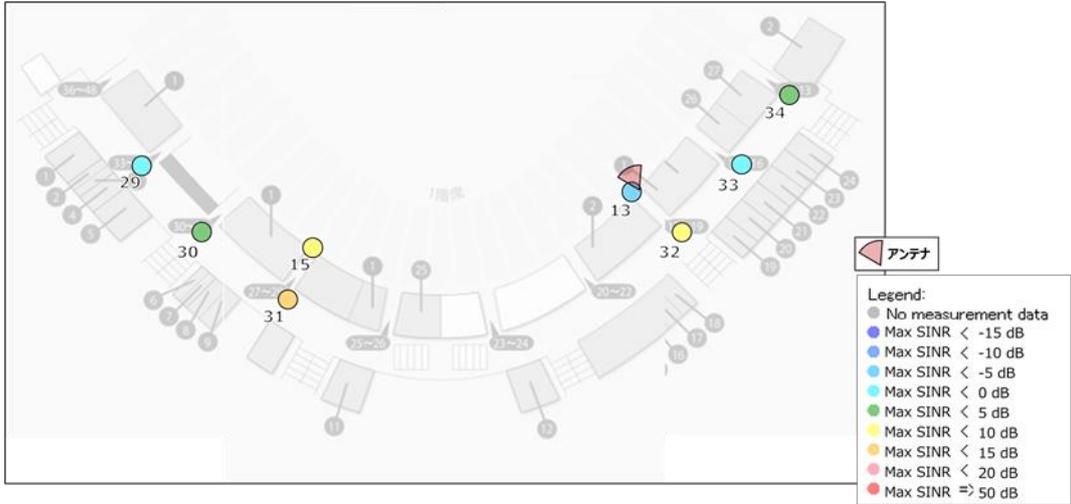


図 3.3.1.4-3(b) 一壘側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：屋内グルメロード (再掲)

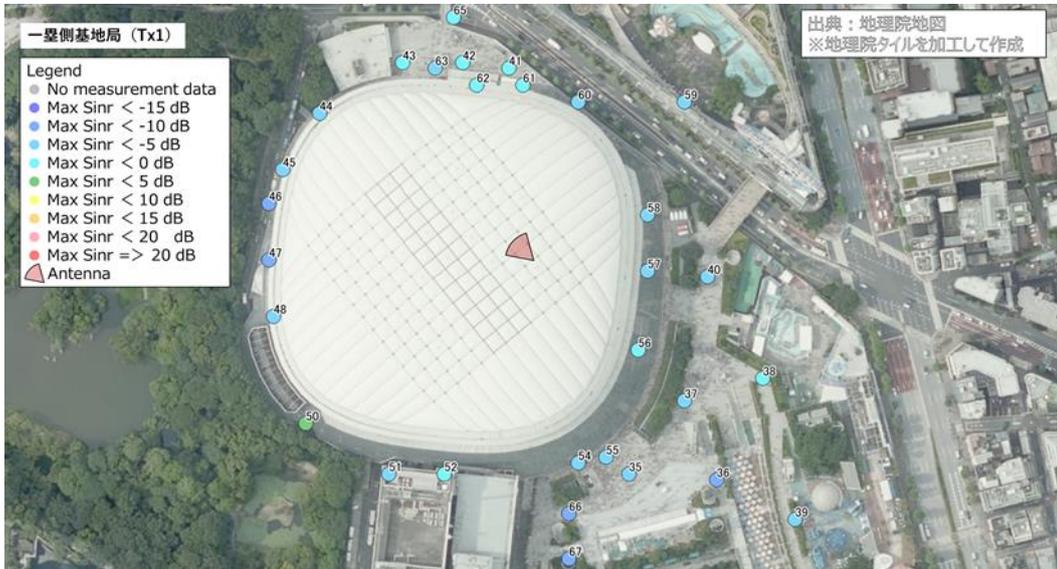


図 3.3.1.4-3(c) 一壘側基地局 (Tx1) SS-SINR 測定結果：屋外 (再掲)

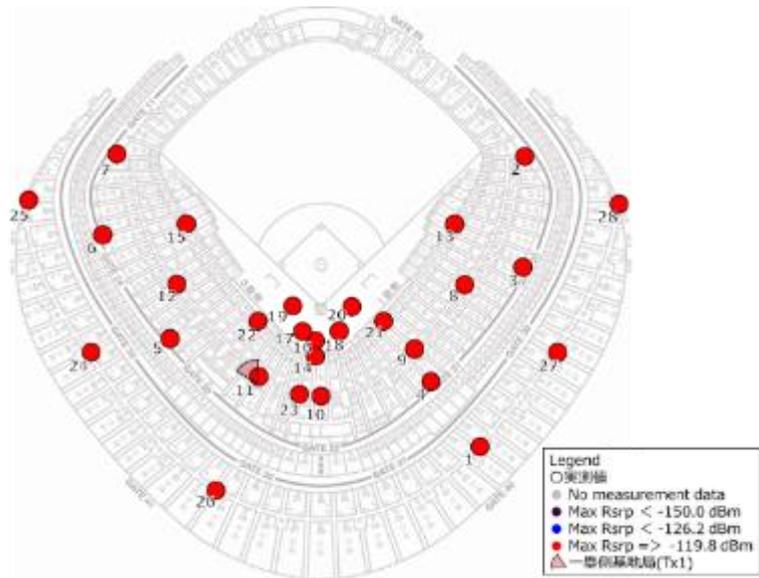


図 3.3.1.4-15(a) 三塁側基地局 (Tx2) における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：グラウンド及び座席

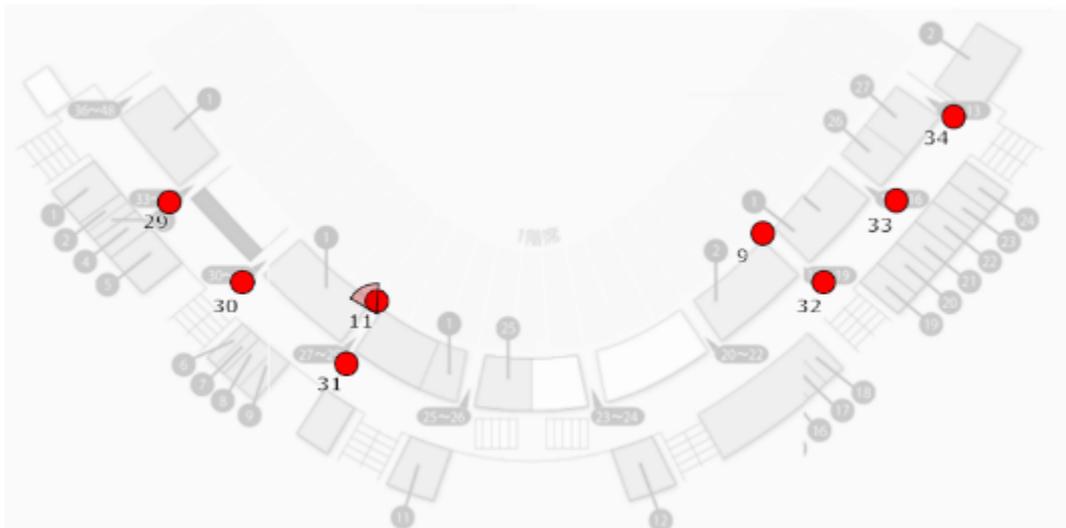


図 3.3.1.4-15(b) 三塁側基地局 (Tx2) における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：屋内グルメロード

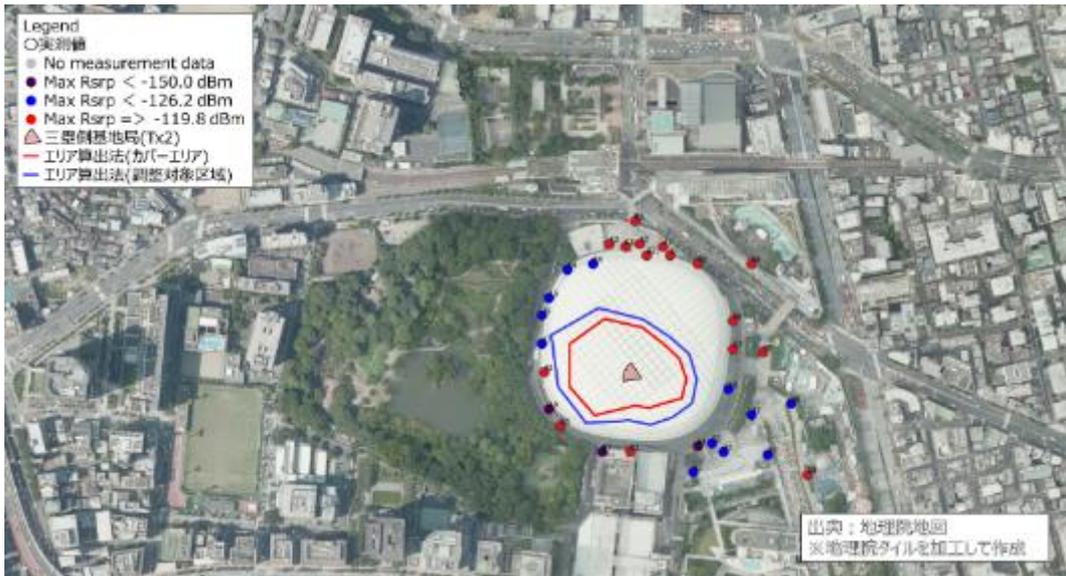


図 3.3.1.4-15(c) 三塁側基地局 (Tx2) における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア：屋外

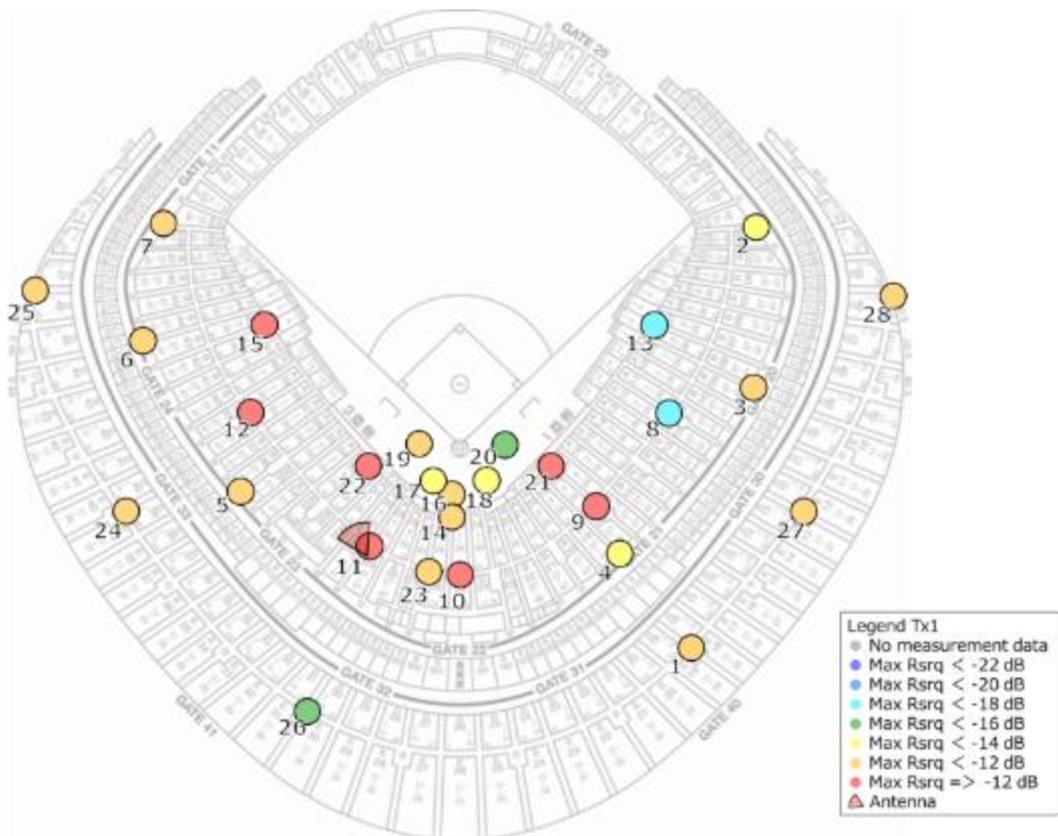


図 3.3.1.4-5(a) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：グラウンド及び座席 (再掲)

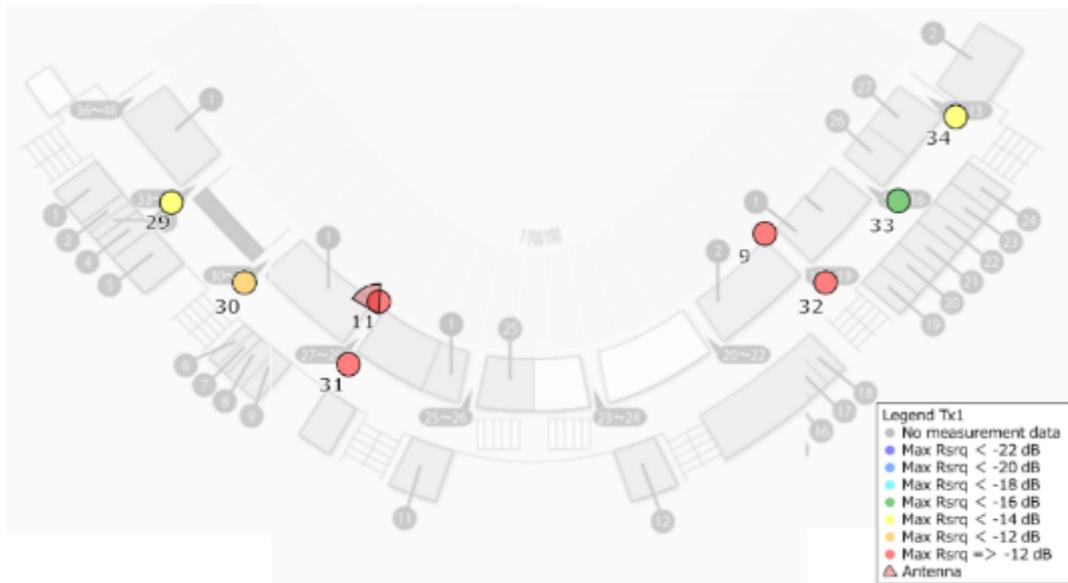


図 3.3.1.4-5(b) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：屋内グルメロード (再掲)



図 3.3.1.4-5(c) 三塁側基地局 (Tx2) SS-RSRQ 測定結果：屋外環境 (再掲)

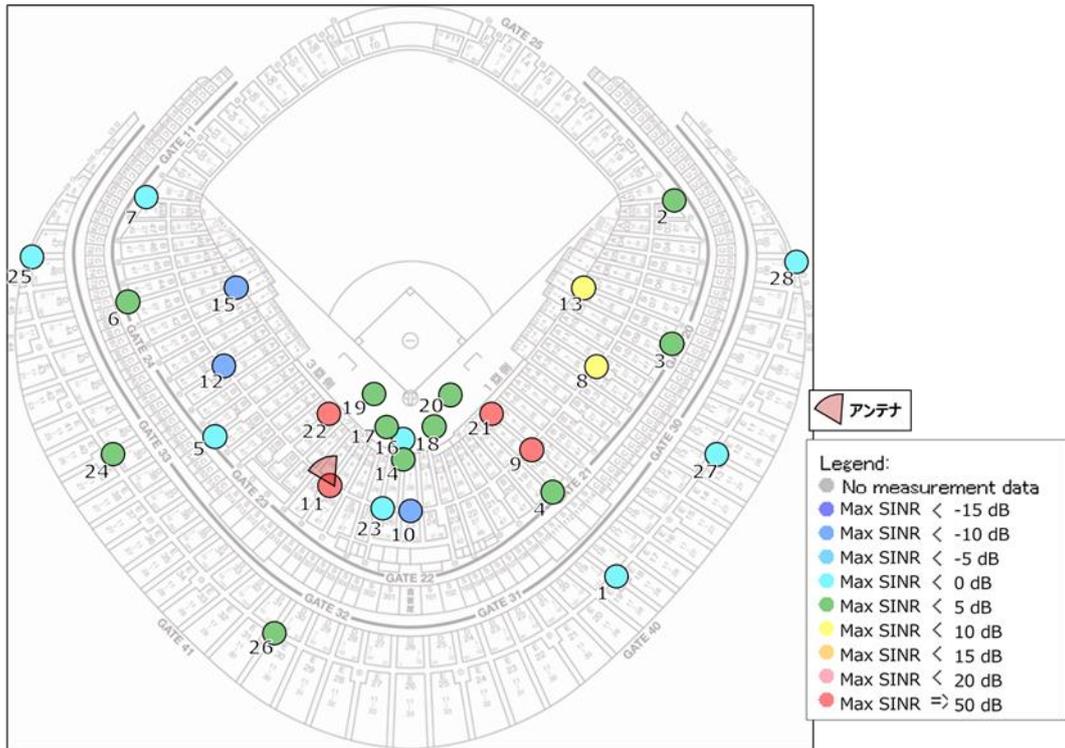


図 3.3.1.4-6(a) 三墨側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：グラウンド及び座席 (再掲)

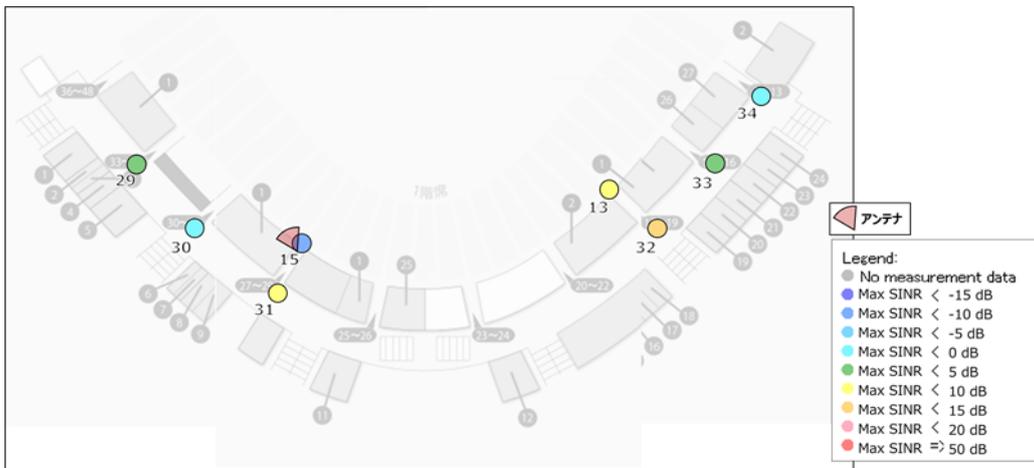


図 3.3.1.4-6(b) 三墨側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：屋内グルメロード (再掲)

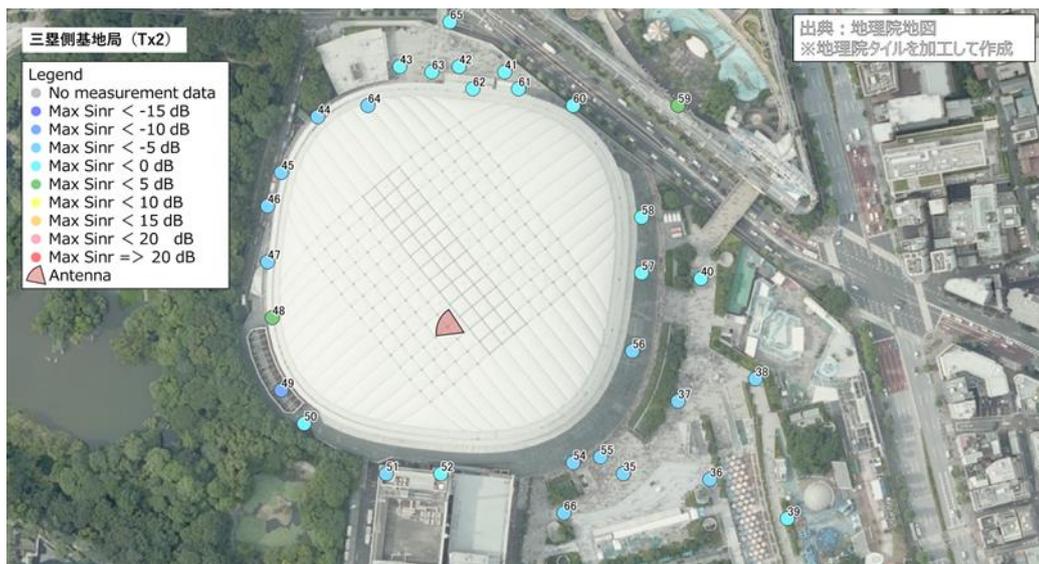


図 3.3.1.4-6(c) 三塁側基地局 (Tx2) SS-SINR 測定結果：屋外 (再掲)

2) 実証環境におけるローカル 5G サービス提供品質

ここでは、伝送スループット、ラウンドトリップタイムの測定結果から、ユーザーへのサービス提供品質の観点での評価を行う。これらの評価は、各基地局による性能を把握する為、単局での運用を行ったものとなる。

図 3.3.1.4-16～18 は、図 3.3.1.4-13 のドーム球場内ターゲットエリア及び、測定可能であった球場座席上において実測した伝送スループット(DL/UL)とラウンドトリップタイムを地図上に記載したものである。また、図 3.3.1.4.19 はドーム球場内ターゲットエリア内における下り受信電力 (SS-RSRP) と伝送スループット、ラウンドトリップタイムとの関係をグラフ化したものである。

結果からは、以下のことがわかる。

- DL スループットは、基地局指向方向での測定結果が高い傾向であり、一塁線側の置局はオーロラビジョン方向であった事から、指向方向周辺の測定ポイントではスループットが高く、その両側にはスループットが下がる傾向が見て取れる。また、三塁線側の置局は、三塁線外野ポール方向であった事から、三塁線上の座席エリアを含めた形でスループットが高く、一塁線側に近づくにつれ、スループットが下がる傾向が見て取れる。
- UL スループットについても、DL スループット同様の傾向が見て取れる。
- ラウンドトリップタイムについては、座席・グラウンドエリアにおいては良好なエリ

ア形成が出来ている事から、エリア内において、概ね同傾向の値が得られている事が確認できる。

- UL と DL のスループット及び、ラウンドトリップタイムについては、電界エリアが良くなるにつれて、良好な結果が得られており、ターゲットエリアにおいて良好な電界の確保が必要である事が分かる。
- 一方で、設定したスループット目標としての DL スループット：100Mbps については、SS-RSRP： - 85dBm、UL スループット：80Mbps は、SS-RSRP： -73dBm 以上の品質が必要であったことが分かる。ターゲットエリアにおいては、SS-RSRP： - 78dBm 以下であった事が要因であったと考える。

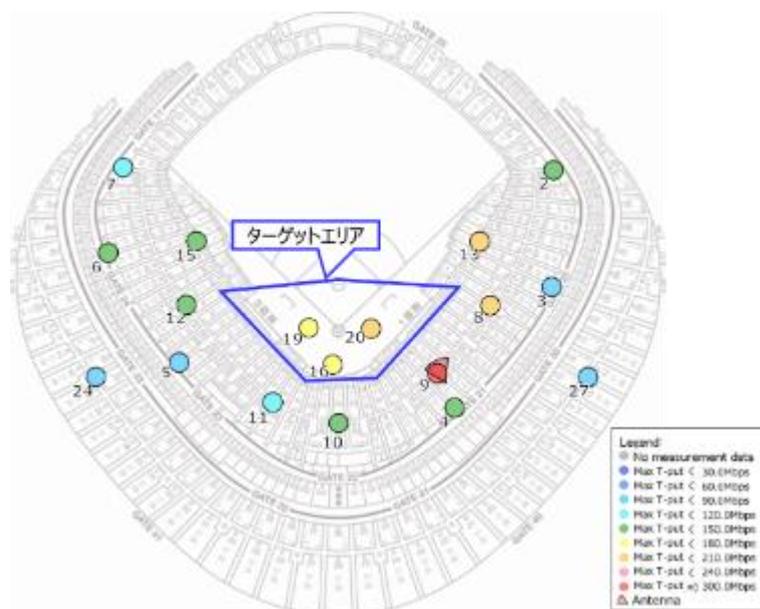


図 3.3.1.4-16(a) 一塁側基地局 (Tx1) における伝送スループット (DL)

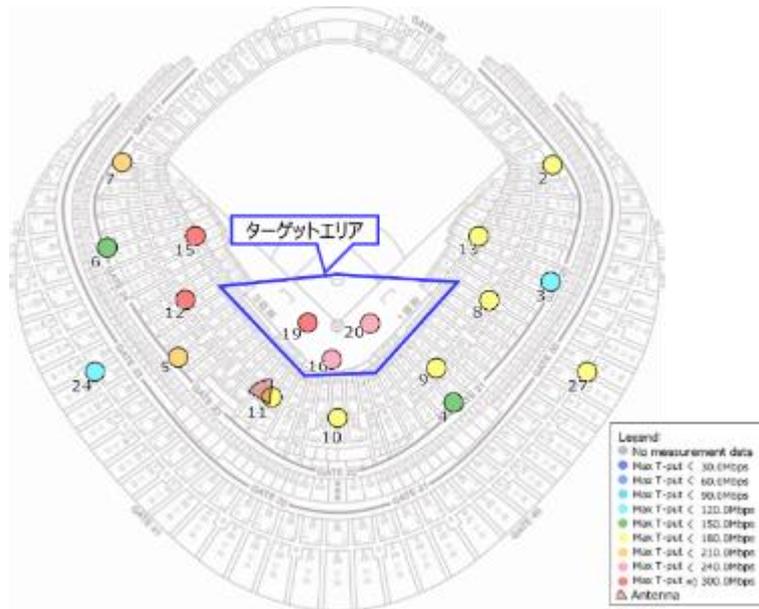


図 3.3.1.4-16(b) 三塁側基地局 (Tx2) における伝送スループット (DL)

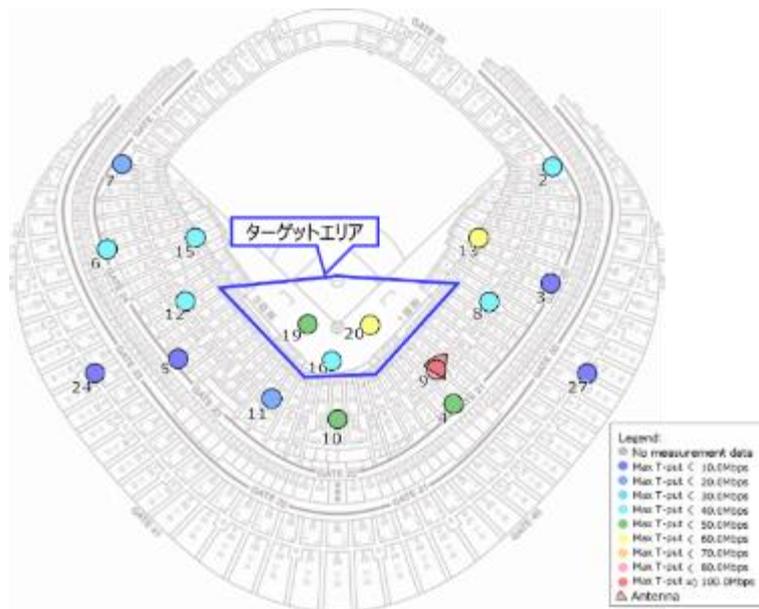


図 3.3.1.4-17(a) 一塁側基地局 (Tx1) における伝送スループット (UL)

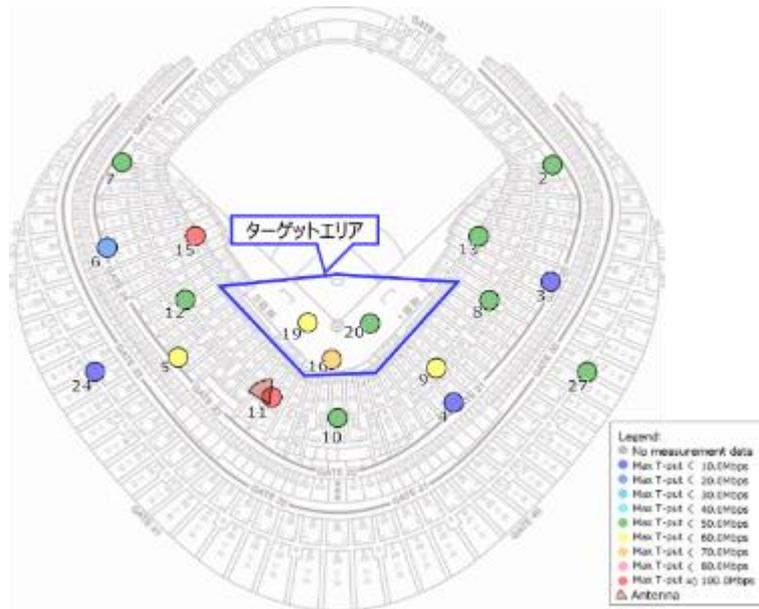


図 3.3.1.4-17(b) 三塁側基地局 (Tx2) における伝送スループット (UL)

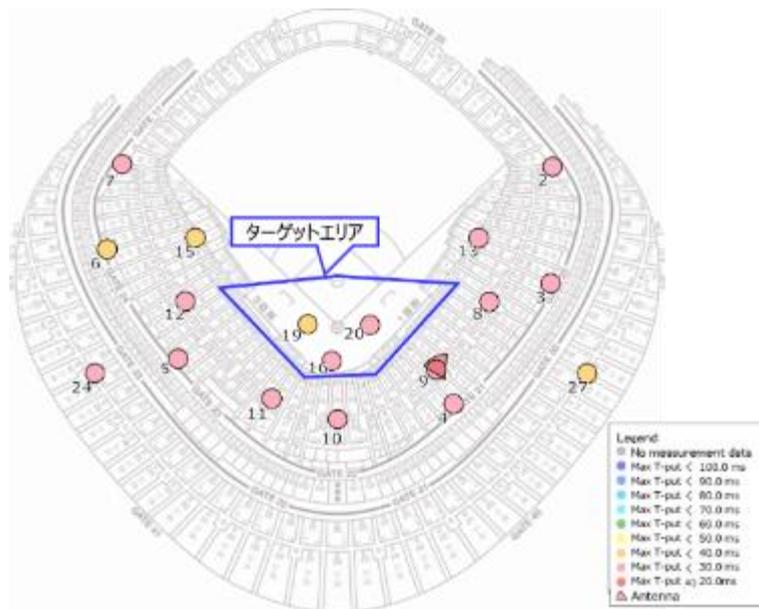


図 3.3.1.4-18(a) 一塁側基地局 (Tx1) におけるラウンドトリップタイム

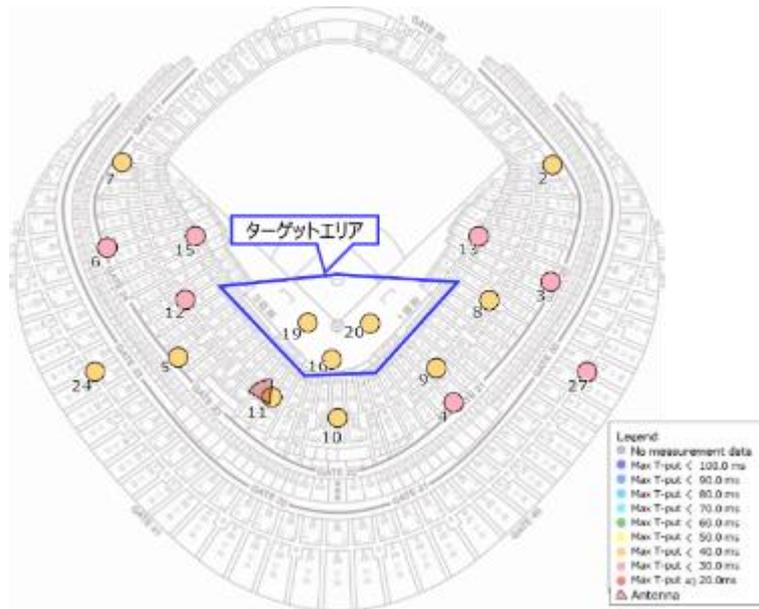


図 3.3.1.4-18(b) 三墨側基地局 (Tx2) におけるラウンドトリップタイム

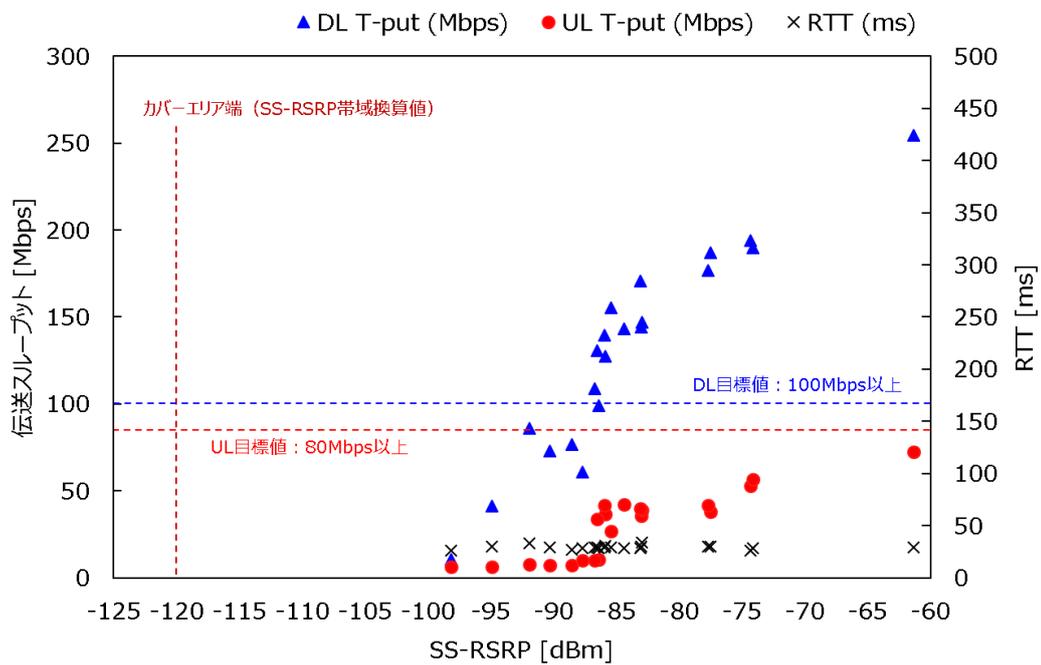


図 3.3.1.4-19(a) 一墨側基地局 (Tx1) を対象とした
伝送スループットと SS-RSRP、RTT の関係

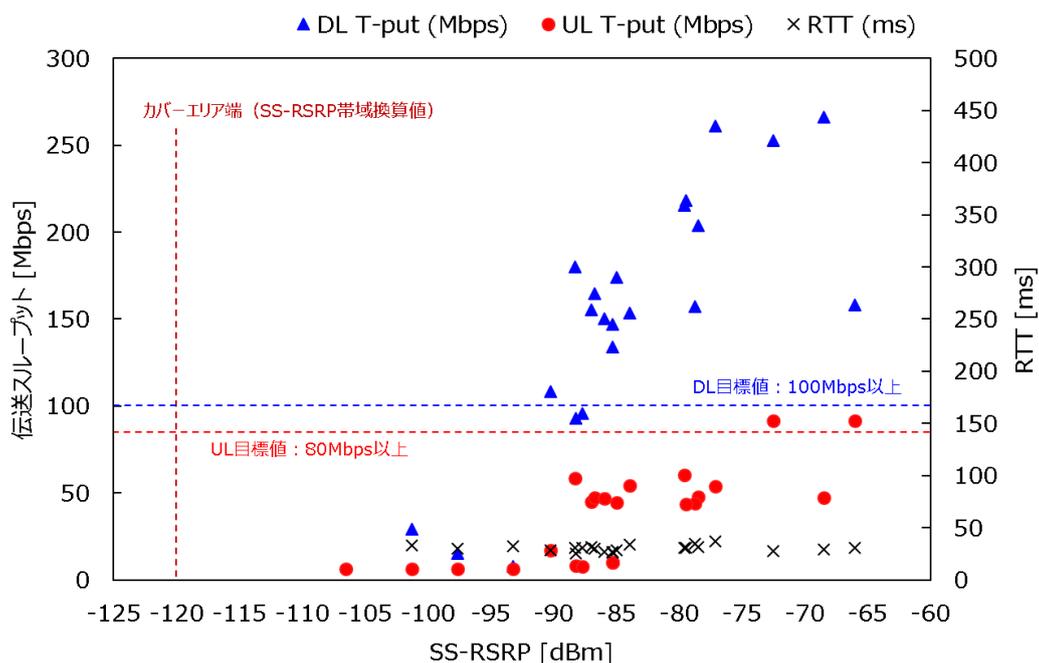


図 3.3.1.4-19(b) 三塁側基地局 (Tx2) を対象とした
 伝送スループットと SS-RSRP、RTT の関係

図 3.3.1.4-20~21 は、ドーム球場内ターゲットエリア内における伝送スループット、ラウンドトリップタイムの測定結果を累積確率分布としてグラフ化したものである。

結果からは、以下のことがわかる。

- 一塁線側の置局となる Tx1 と、三塁線側の置局となる Tx2 の其々において、見通しが取れる LOS 環境の方が伝送スループットラウンド (DL/UL) 及び、トリップタイムの何れにおいても良好であり、よりスループット速度、低遅延を求めるのであれば、置局位置に対して見通しが取れるエリアにターゲットとなるソリューションを構築した方が良い事が確認できる。
- 伝送スループット (DL/UL) 及び、ラウンドトリップタイム累積確率分布については、いずれも、一塁線側の置局となる Tx1 より、三塁線側置局となる Tx2 の方が、良い傾向となった。これは、実証期間内に執り行われていた工事による測定可能エリアに対して、各置局のアンテナ指向方向の測定点について、三塁線側の Tx2 が一塁線側の Tx1 よりも、多く測定が出来ていたことによる差分と考えられる。
- 今回目標としたスループット目標については、DL が 100Mbps であり、何れの置局位置でも、概ね 90%以上の測定結果が得られており、今回測定可能となったエリア

においても、目標を達成できているとみる事が出来る。

- 一方、ULのスループット目標は、80Mbpsであり、見通しとなるLOS環境でも、一塁線側のTx1では5%未満、三塁線側のTx2についても10%未満となっており、目標が達するエリアが非常に少ない事が確認できる。こちらは、置局したアンテナ指向方向から外れた位置となり、必要とする受信電力が足りなかったものと思われる。
- ラウンドトリップタイムについては、一塁線側のTx1より、三塁線側のTx2の方が、若干良い傾向であるが、概ね90%タイル値でも50ms未満となっており、今回環境で低遅延を求める場合の指標と見なす事が出来ると考える。

これらの事から、目標未達となったULスループットを満たす為には、運用するソリューションのターゲットエリアに対し、カバーエリア閾値以上の電力を確保することはもちろん、アンテナの指向方向の調整や置局位置の調整など、環境を考慮した設計が必要となると考えられる。

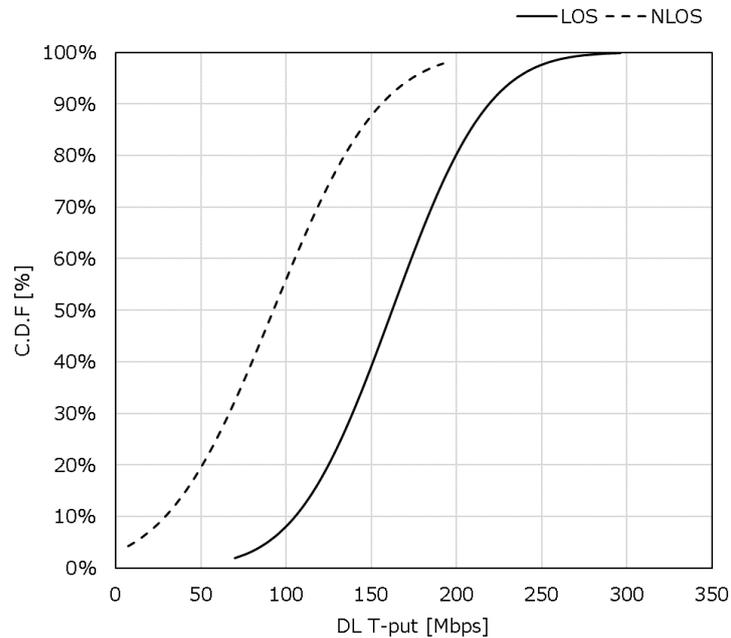


図 3.3.1.4-20(a) 一塁側基地局 (Tx1) における DL 伝送スループット累積分布

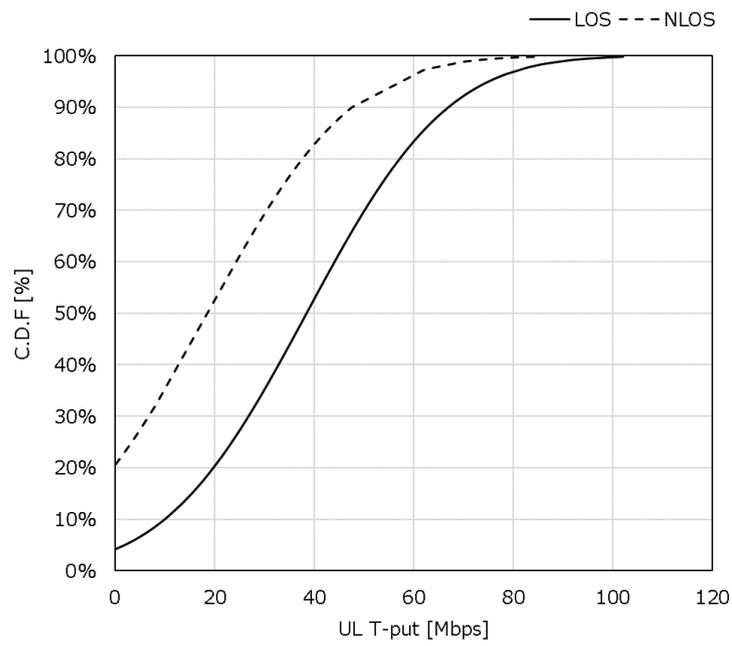


図 3.3.1.4-20(b) 一壘側基地局 (Tx1) における UL 伝送スループット累積分布

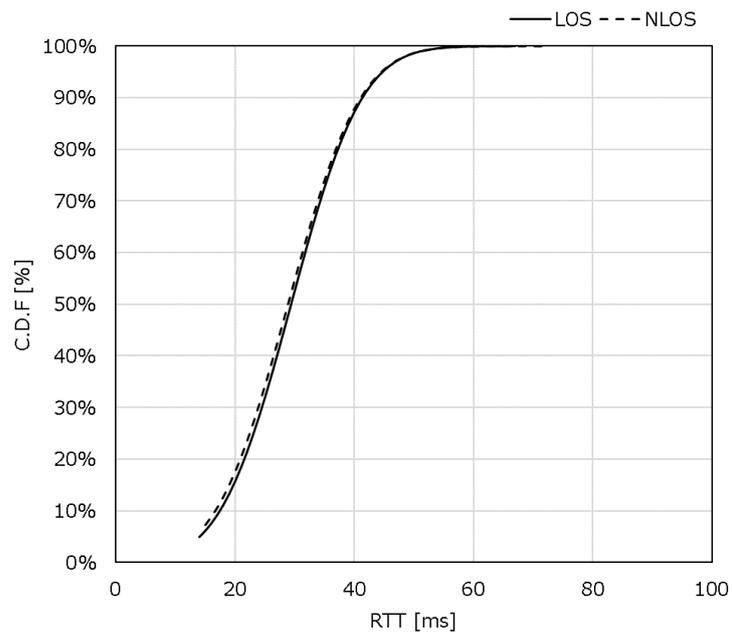


図 3.3.1.4-20(c) 一壘側基地局 (Tx1) における RTT 伝送スループット累積分布

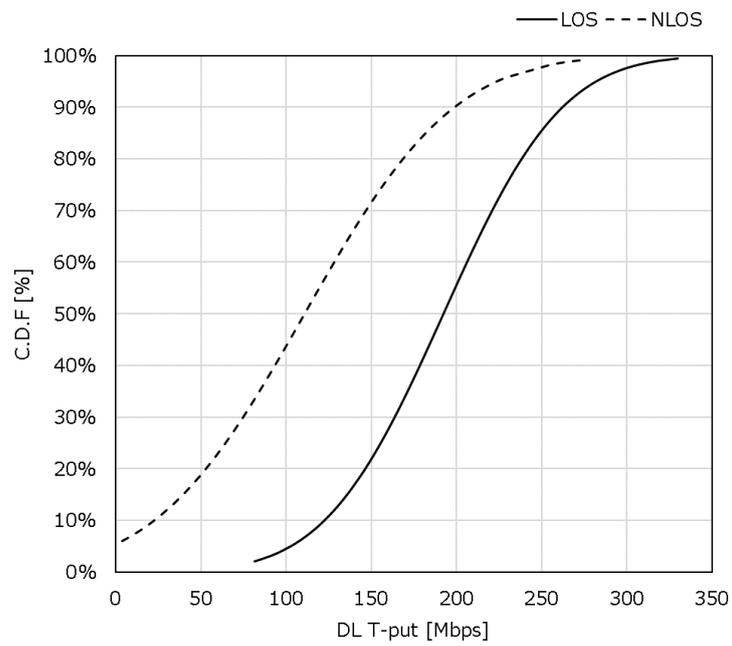


図 3.3.1.4-21(a) 三壘側基地局 (Tx2) における DL 伝送スループット累積分布

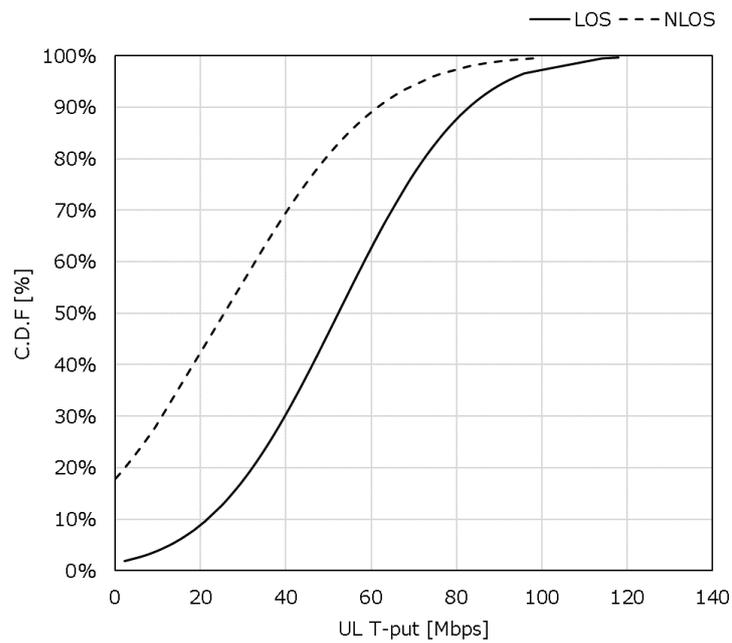


図 3.3.1.4-21(b) 三壘側基地局 (Tx2) における UL 伝送スループット累積分布

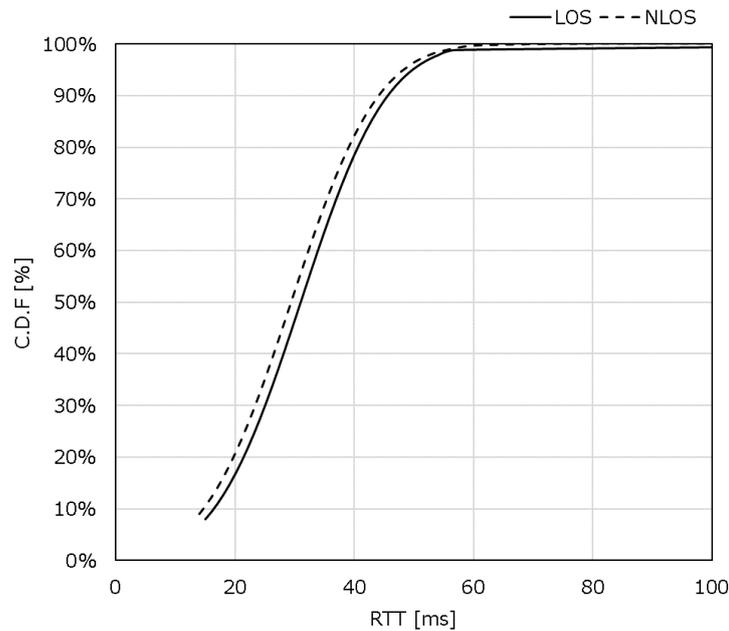


図 3.3.1.4-21(c) 三壘側基地局 (Tx2) における RTT 伝送スループット累積分布

(5) 技術的課題の解決方策

今回の実証については、ドーム球場というスタジアム環境において、指向性アンテナ 2 局活用し L5G 環境を構築した。その結果、実測値から得られた伝搬特性は屋内においては自由空間伝搬、屋外においては奥村・秦式（開放地）とよく一致していることが分かった。前者はドーム球場という開放的な見通し環境であること、後者は座席エリアから屋外に向けて人の出入りを行う通路等の開口部がある為と考えられる。その為、ドーム球場というスタジアム屋内におけるローカル 5G (4.7GHz 帯) のエリア構築としては、必要となるサービスエリアの距離に応じて、自由空間損失を見込んだ置局設計を行えばよいと考えられる。

しかし上記考えは、座席エリアの通路に基地局、移動局を置局する場合であり、例えば、実際にスタジアムでイベントが行われた際の人流による電波遮蔽が生じる場合は、その分の損失マージンを見込む必要があると考えられる。

本実証においては、イベント時における人流を想定した詳細な検討が実施出来ていないが、その影響は否定できない為、ドーム球場におけるエリア設計を容易にするには、人流の影響を受けづらい位置に置局を行う事が望ましいと考えられる。

一方で、今回ソリューションのターゲットエリア内において、カバーエリアを満たす受信電力値を得る事が出来たが、通信性能として、UL スループットが目標値となる 80Mbps に対し、一壘線側置局となる Tx1 では 95%タイル値、三壘線側置局となる Tx2 でも 90%タイル値と、非常に厳しい結果となった。目標とする UL スループットを満たす為には、アンテナ指向性を絞る、もしくはターゲットエリアの近傍に置局する等のサイトエンジニアリングが必要である。

3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化

3.3.2.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

背景として、今回課題実証では、“スタジアム・アリーナにおける複数台の巡回カメラ等の遠隔制御、複数台の自由視点映像生成用の高精細カメラデータの配信、サイネージ等、高精細映像機器への動画配信、ネットワークリソースの切り替えによるデータ配信を可能とするシステムを構築、「施設付帯型の独自で魅力的なコンテンツの提供」の実現によるBeyondコロナの収益モデル化”を目的としており、図 3.3.2.1-1 に示すスタジアム内のターゲットエリアをカバーするため、ローカル 5G 基地局 2 局を活用して実証を行っている。本実証環境においては、図 3.3.2.1-2(a)~(b)の様に、屋内構造として、座席面及び、スタジアム構造となるコンクリートで覆われた壁面構成であり、観客及び、スタジアム運営スタッフ等の人の出入りを行う部分が開口部となる環境となる。

スタジアム・アリーナにおけるユースケースを前提とした場合、スタジアム内に基地局を設置する上では、高低差がある階層化された観客席による遮蔽や反射、観客やスタジアム運営スタッフ等の人体遮蔽による影響、または建物外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築が課題となる。または建物外に対する電波伝搬特性への影響が考えられるため隣接する他者土地において干渉調整の対象となるシステムが運用されている場合、屋内運用をしていたとしても、建物からの漏洩電力について問題となる可能性が考えられる。

これらから、自己土地外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築が課題となる。

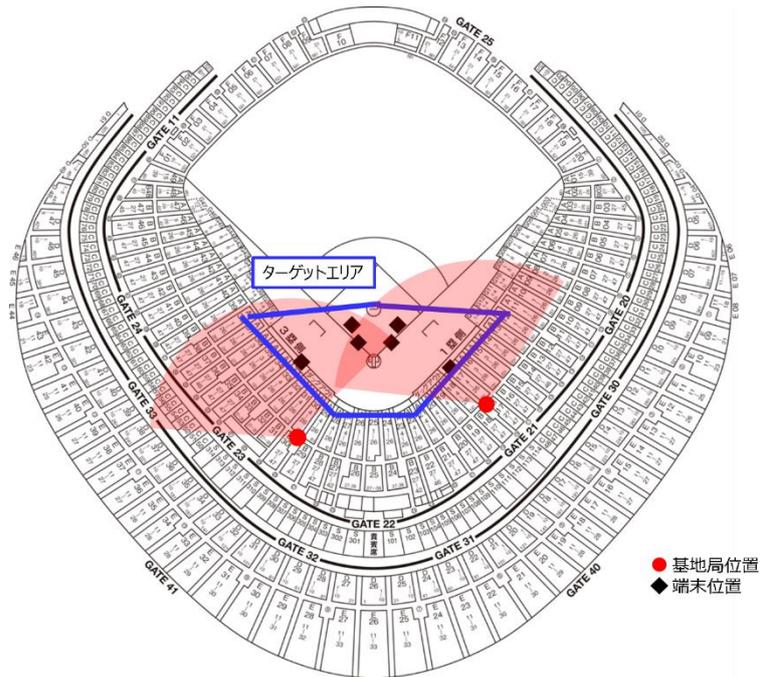


図 3.3.2.1-1 課題実証エリア



図 3.3.2.1-1(a) スタジアム屋内環境



図 3.3.2.1-1(b) スタジアム屋外環境

(2) 実証目標

3.3.2 章においては柔軟なローカル 5G システムの設計・構築に資する検討として、仕様書要件⁵で規定されているエリア算出法に含まれるいくつかのパラメータ（表 3.3.2-1）を対象とし、その値を精緻化することが求められる。本検討において得られる精緻化したパラメータ値により、ローカル 5G 運用エリアに合わせてエリア算出法を適正化する等の制度改正につながることを目標としている。また、得られた知見については、総務省が策定しているローカル 5G ガイドラインにおいて、モデルケースとして記載することで、ローカル 5G の利活用に生かされることを想定している。

今回の実証環境においては、4.7GHz 帯の屋内局を想定しているため精緻化の対象パラメータは表 3.3.2.1-1 から“R”を選択する。なお、“R”は建物内に基地局を配置する際に建物侵入損失の値に応じて修正するパラメータであり、本実証環境の様に複雑な壁面を有する環境においてのモデルケースを示すにあたって適切なパラメータであると考えられる。

なお、本実証において精緻化の対象とする R（壁面）は、図 3.3.2.1-2 に赤線で示す壁面である。

表.3.3.2.1-1 精緻化の対象パラメータと精緻化の方向性、実証環境の要件

利用する周波数帯	精緻化の対象パラメータ	精緻化の方向性	実施環境の要件
4.7GHz 帯	K ⁹	斜面や植生、水面の影響の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる ● 斜面や植生、水面等の地形情報データにより算入し難い地形の影響が存在する
	S ¹⁰	選択基準の詳細化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる
	R ¹¹	壁面の材質・厚さ別の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋内である
28GHz 帯	hr ¹²	選択基準の明確化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局が見通せない測定点を確保できる
	R ¹³	壁面の材質・厚さ別の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋内である

⁵ 零話 3 年課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証（令和 3 年 6 月）P34 表 2 より引用

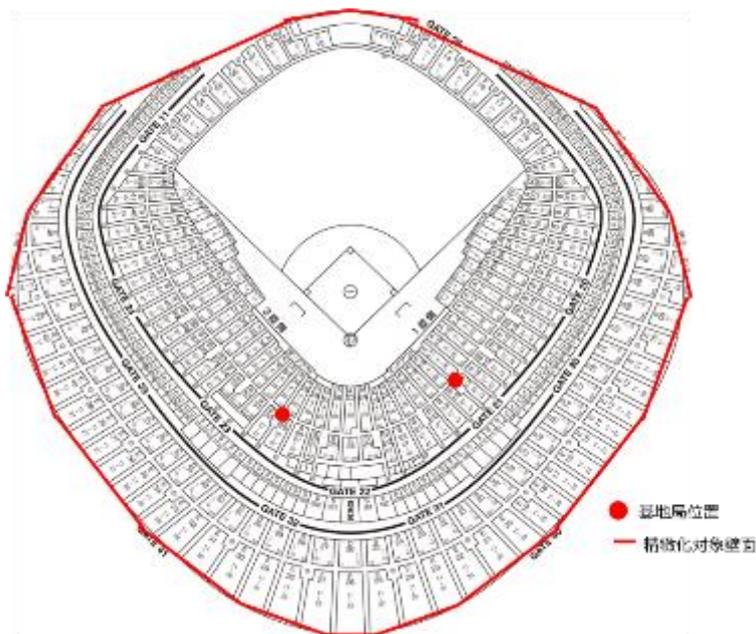


図 3.3.2.1-2 精緻化の対象となる R (壁面)

3.3.2.2 実証仮説

仮説を立てるにあたり、今回精緻化の対象とするパラメータ“R”については、4.7GHz 帯のローカル 5G 技術的条件等を検討した情報通信審議会報告書⁶において、詳しく記載されている(表 3.3.2.2-1 参照)。建物侵入損は、建物の外壁の材質によって想定される値が変化することが示されており、一般的な建物外壁 (Traditional) では、50%の期待値において R=16.2dB となっている。また、4.7GHz 帯のローカル 5G 審査基準においては、R=16.2dB が規定値として定められてもいる。

本実証環境は、壁面が階層化されたコンクリートで覆われており、“R”値は、ローカル 5G 審査基準である Traditional における期待値 5%(=4.2dB) ~期待値 50%(=16.2dB) の間にあるものと仮定する。

表 3.3.2.2-1 4.7GHz 帯における建物侵入損

建物の種別*	建物侵入損の期待値			
	5%	10%	20%	50%
Traditional	4.2dB	6.0dB	8.8dB	16.2dB
Thermally-efficient	13.3dB	16.6dB	21.0dB	31.4dB

⁶ 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 14 日) P123 表 4.2.1.2-1 より引用

※Thermally-efficient：金属化ガラス（断熱効果を高めるために使用する建築用の紫外線を遮断するガラス）、金属ホイルを裏打ちしたパネルを用いた建物。

※Traditional：上記以外の建物

なお、エリア算出法では、表 3.3.2.2-2 に示すように、送受信間距離 d_{xy} が 40m 以下の場合には、計算対象地域の環境に応じて、建物侵入損に対して考慮する補正值“R”の選択が必要である。本実証環境において、建物内であることを考慮し、補正值“R”は表.3.2.2-2 に示す Traditional における期待値 50%である 16.2dB とする。

表 3.3.2.2-2 電波関係審査基準の電波伝搬式における補正項選択肢
(d_{xy} が 40m 以下の場合)

補正項	定義	選択肢
R	建物侵入損に対して考慮する補正項	16.2[dB]
		実際の建物侵入損が明確な場合は明示の上、建物に応じた値を適用する。 本実証環境においては仮説値として 16.2[dB]とする。

また、3.3.1 章にて示した通り、東京ドームの周辺環境を市街地とした場合、エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域は東京ドーム内に収まる結果となった。しかし、東京ドーム内は基地局指向方向において 200m 程度の見通しを確保できる中空空間であることから、基地局周辺環境は開放地モデルが望ましいと考えられる。

上記仮説に基づき、建物侵入損 $R=16.2$ 、電波伝搬モデルを開放地モデル ($S=32.5$) としたカバーエリア及び調整対象区域を図 3.3.2.2-1 に実線で示す。

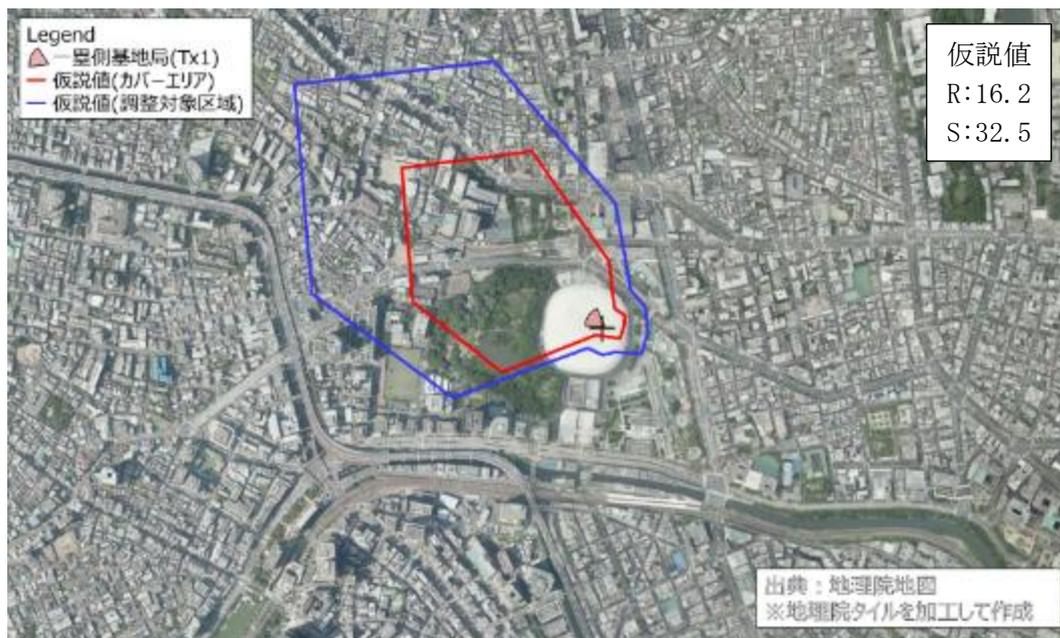


図 3.3.2.2-1(a) 仮説パラメータ $R (=16.2\text{dB})$ $S (=32.5)$ を用いて算出した
カバーエリアおよび調整対象区域：一塁側基地局 (Tx1)

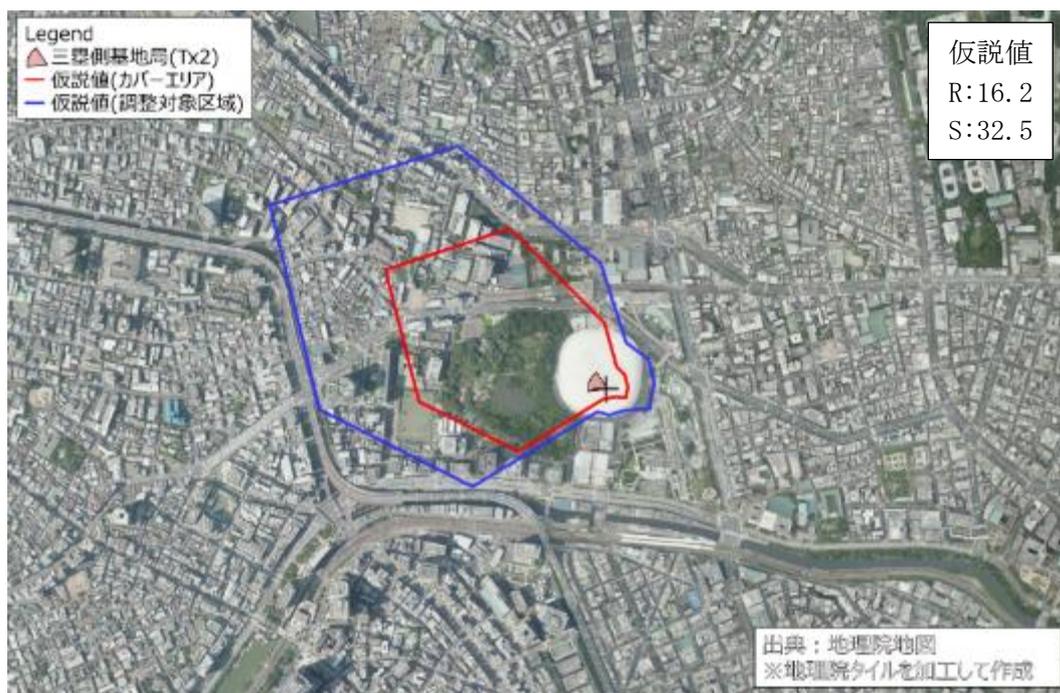


図 3.3.2.2-1(b) 仮説パラメータ $R (=16.2\text{dB})$ $S (=32.5)$ を用いて算出した
カバーエリアおよび調整対象区域：三塁側基地局 (Tx2)

3.3.2.3 評価・検証項目

精緻化の対象パラメータ“ P ”について、仮説と実測結果から得られる知見の両方を用いて評価・検証を行い、実証環境における適切な R 値を導く。

またこの評価・検証において実証環境におけるローカル 5G の電波伝搬モデルの精緻化に関する技術的課題を整理するとともに、それら課題の解決方策等についても考察を行った。

3.3.2.4 評価・検証方法

(1) 測定方法

測定については、以下の考え方で実施する。測定機器に関しては技術実証全体を通して同じであり 3.2 章にて記載している。

1) 測定エリアの考え方

エリア算出法と比較を行うための下り受信電力値の実測は、基地局毎の $R=16.2\text{dB}$ 、 $SS=32.5$ という仮説に基づくカバーエリアおよび調整対象区域において実施する。

各エリアは置局点に対し全方位で作図する必要があるため、精緻化後のエリア算出式の評価としては、ある一方向だけではなく、できるだけ全方位での実測を実施が望ましい。

そのため、図 3.3.2.4-1(a)~(d)に、測定可能な実測エリアとして、スタンド・座席、座席裏、屋外の其々の測定点に対して方位を区切り、カバーエリア端、調整区域端でそれぞれ比較可能な測定点を選出して測定を実施し、建物内外の測定点で比較する事が可能となるようにする。なお、観測された下り受信電力値が、エリア算出法により導出されるカバーエリア端、調整対象区域端の閾値と異なる場合はそれぞれの閾値が観測される範囲まで測定エリアを広げることとする。

ただし、建物の構造や障害物の存在等により立ち入りが難しい場所については測定地点をずらすなどで対応する。



図 3.3.2.4-1(a) グラウンド・座席エリアの実測可能エリア

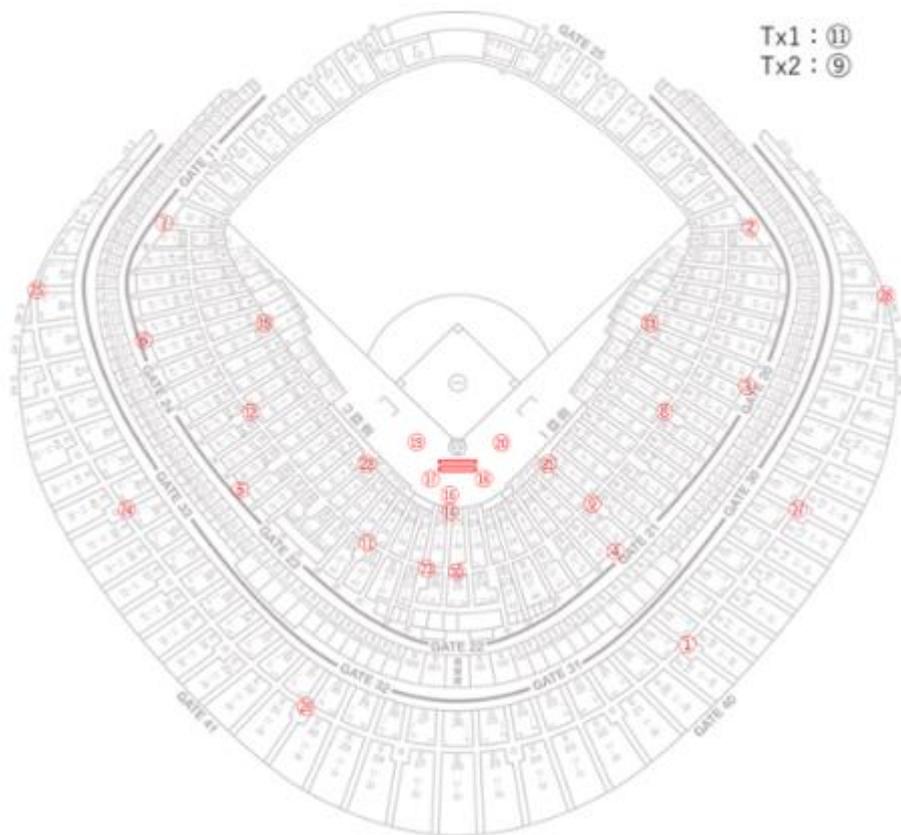


図 3.3.2.4-1(b) グラウンド・座席エリアの測定点

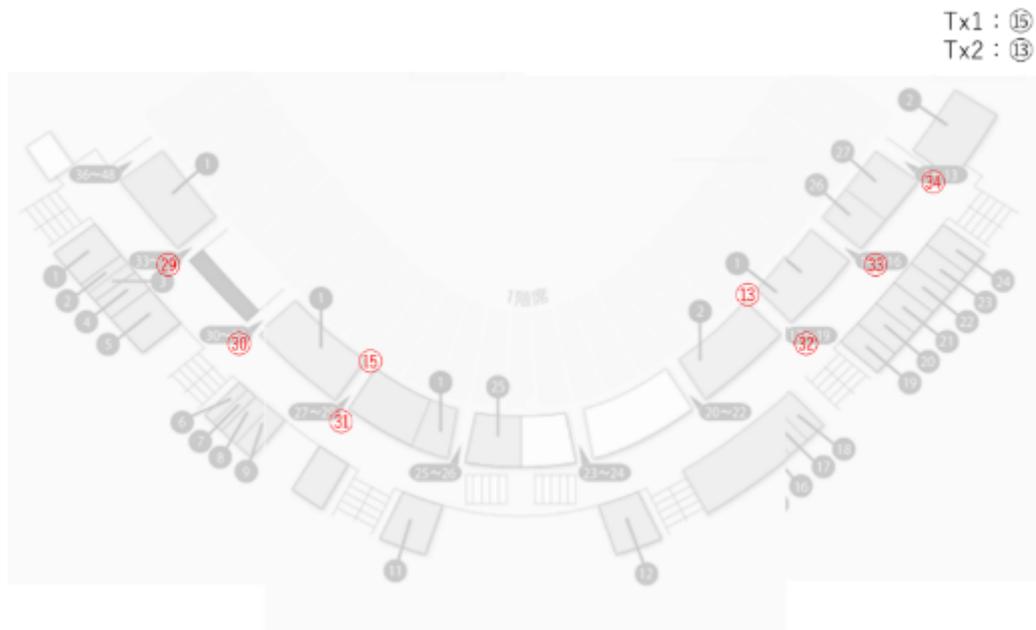
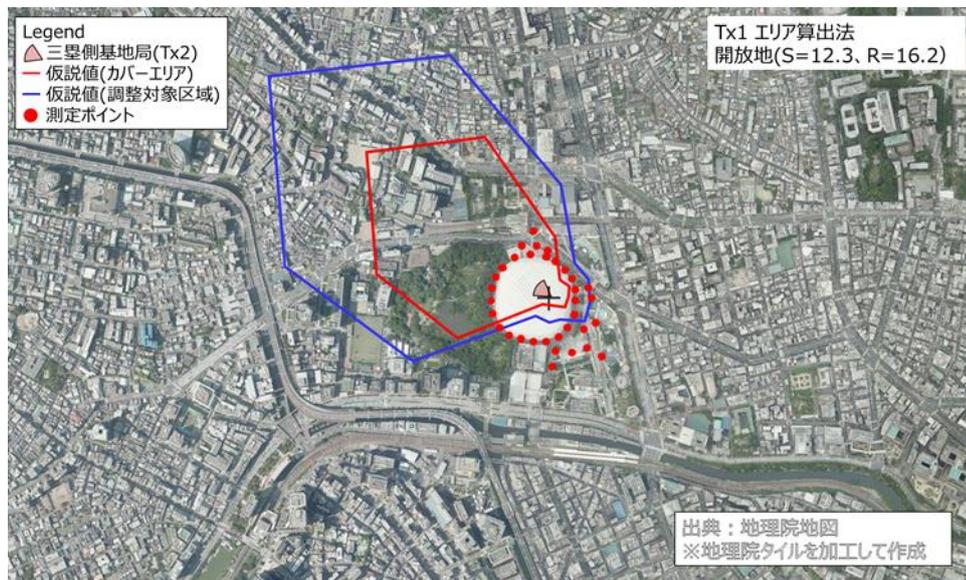


図 3.3.2.4-1(c) 座席裏 グルメロードエリアの測定点



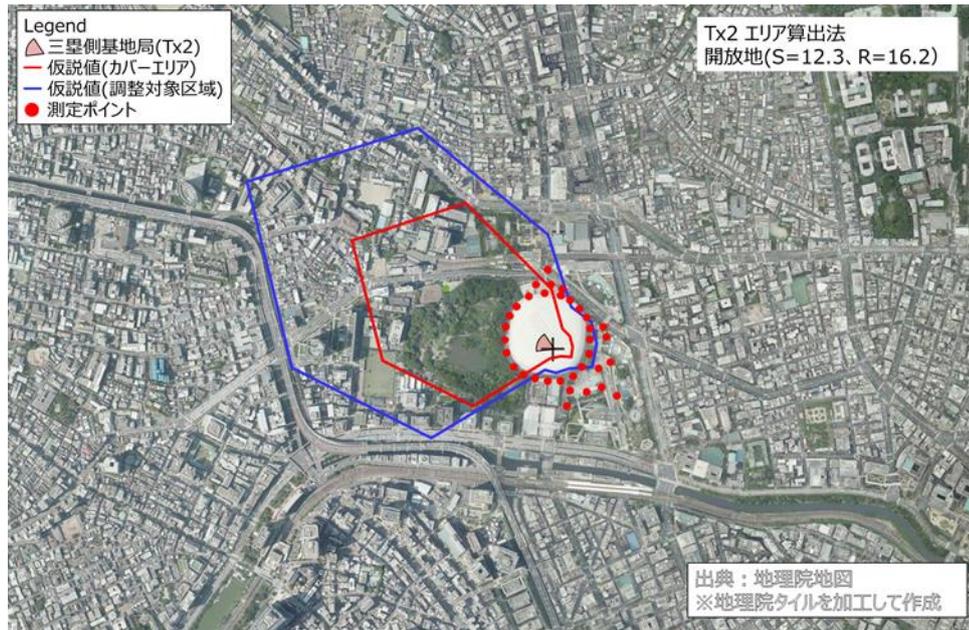


図 3.3.2.4-1(d) エリア算出法に基づく測定地点

2) 測定項目

一般的に 5G NR のエリア指標として用いられている SS-RSRP (Synchronization Signal-Reference Signal Received Power) 及び SS-RSRQ (Synchronization Signal-Reference Signal Received Quality) について実測する。

加えて、R 値に影響を与える実証環境のデータとして下記に示す情報を記録する。

- ・ 壁面の材質/厚さ/面積率
- ・ 対象の壁面と送信/受信点の位置関係

3) 測定手法と実測模様

各種データは、上記の考え方にに基づき選定した測定地点に測定員が赴き、表 3.2-1 に示す測定器及び表 3.2-2 に示す設定値を用いて実測する。また、実証環境における電波伝搬環境をより詳細に分析するため、各測定地点においては測定員の目視により見通し環境もしくは見通し外環境であるかを併せて記録する。ただし、建物の構造や障害物の存在等により立ち入りが難しい場所については測定地点をずらすなどで対応する。

SS-RSRP 及び SS-RSRQ は、エリアテスタを用いて、1000 サンプル/地点のログ取得を実施する。

なお、受信電力の測定においては、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する。

測定においては、歩行しながらの測定を効率的に実施するため、図 3.2-6 に示すような

測定補助用の治具を作成して測定を実施する

(2) 評価・検証方法

電波伝搬モデルの精緻化については 3.3.1 章、3.3.2 章で実測した各種データを用いて下記に記載する流れで評価・検証を進めていくこととする。

1) 仮説 R 値に基づくカバーエリアおよび調整対象区域図の作成

実証環境内に設置するそれぞれの基地局について、仮説 R 値に基づくカバーエリアおよび調整対象区域の図を作成する。詳細は 3.3.2.2 章実証仮説を参照されたい。

2) 実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図の作成

1)で作成した仮説に基づくエリア図との比較を行う為、実測した各種データを図面上にプロットし、カバーエリア及び、調整対象区域の閾値から実測値による推定エリア図を作成する。

3) 仮説に基づくエリア算出法と、実測値から推定されるエリア図との比較

仮説 R 値 S 値に基づくエリア図の妥当性を評価するため、①、②で作図したエリア図の比較を行う。また、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端が異なる箇所においてはその差分値を取り纏める。

4) 実測値から建物侵入損失を算出

R 値の精緻化のもう 1 つのアプローチとして、建物内/外で実測した下り受信電力値から建物侵入損失を算出する。なお、建物侵入損失とは、厳密には、建物近傍路上における受信レベルと建物中央部における受信レベルとの差を意味するが、今回はエリア設計上建物外への漏洩電力を対象としているため、それぞれの基地局アンテナから、直線上となる建物内壁と建物外壁の電界強度差分を建物侵入損として検証する（図 3.3.2.4-3）。

$$R = \text{建物外参照点の電界強度} - \text{建物内部測定点の電界強度}$$

また、純粋な壁面損失を算出するため、基地局から建物外参照点と建物内部測定点間の距離に応じた自由空間損失(FSPL)の差分を減算し補正するものとする。

なお、今回の実証環境のみに有効な結論ではなく、他の環境でも有効な汎用的/一般的

な成果を得るため、壁面の材質や、それに伴う面積率などを記録し、汎用的に利用可能な R 値の精緻化を実施する。

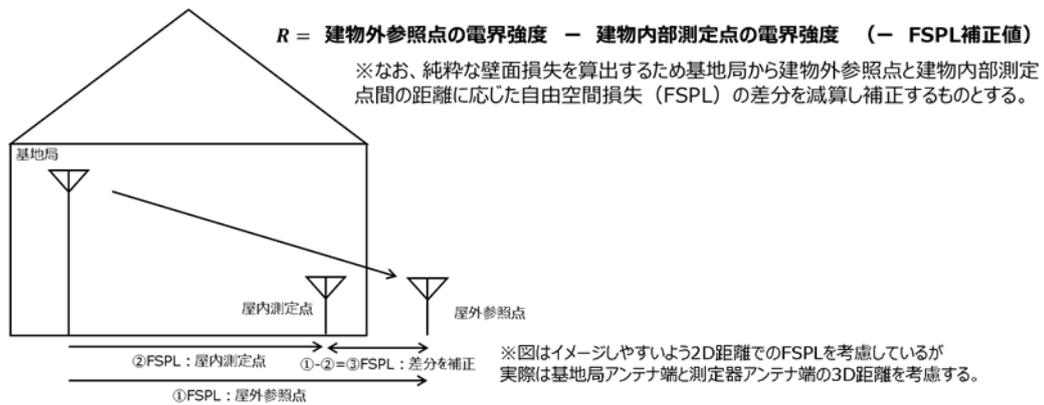


図 3.3.2.4-3 実測値からの R 値算出手法

5) 精緻化パラメータの妥当性評価

仮説に基づき設定した対象パラメータ“R”と“S”の値について、3)の結果から得られる 1)、2)エリア図の差分、4)から得られる建物侵入損失の値を活用し、対象パラメータ“R”の値について精緻化を行う。

精緻化を行った対象パラメータ“R”と“S”を用いて、再度カバーエリア及び調整対象区域図を作成し、実測値から推定されるエリア図との比較を行うことでその妥当性を評価する。

3.3.2.5 実証結果及び考察

実証環境における測定結果の取りまとめは、3.3.1.4 (1) で取り纏めており、本章においてもそのデータを活用する。

(1) 仮説 R 値に基づくカバーエリア及び調整対象区域図

図 3.3.2.5-1(a)~(b)に、実証環境内に設置するそれぞれの基地局について、仮説 R 値に基づくカバーエリアおよび調整対象区域の図を示す。

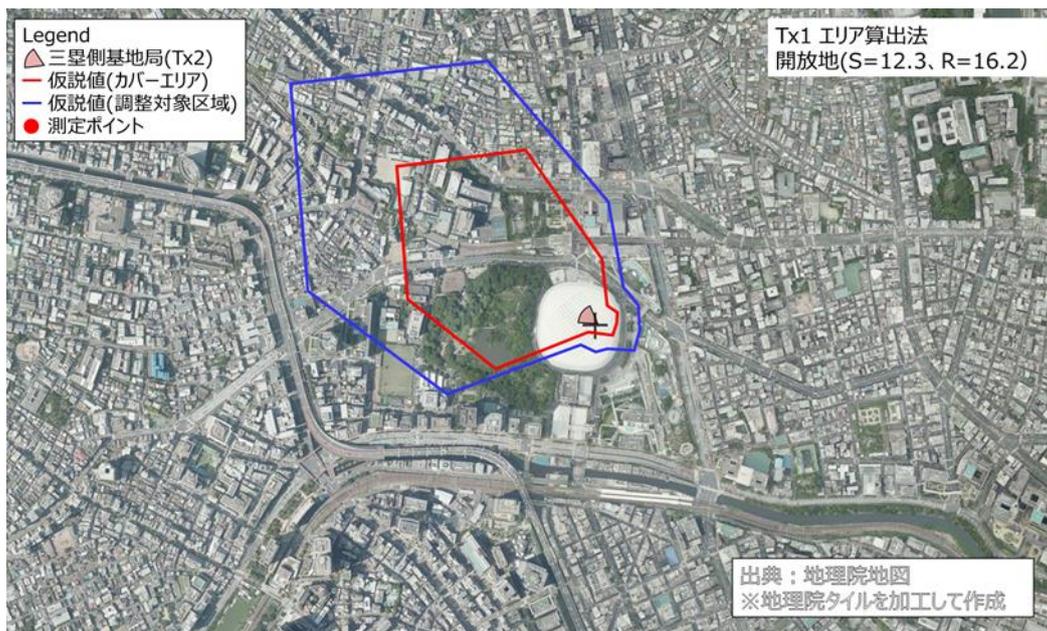


図 3.3.2.5-1(a) 仮説パラメータ R (=16.2dB) を用いて算出したカバーエリアおよび調整対象区域：Tx1

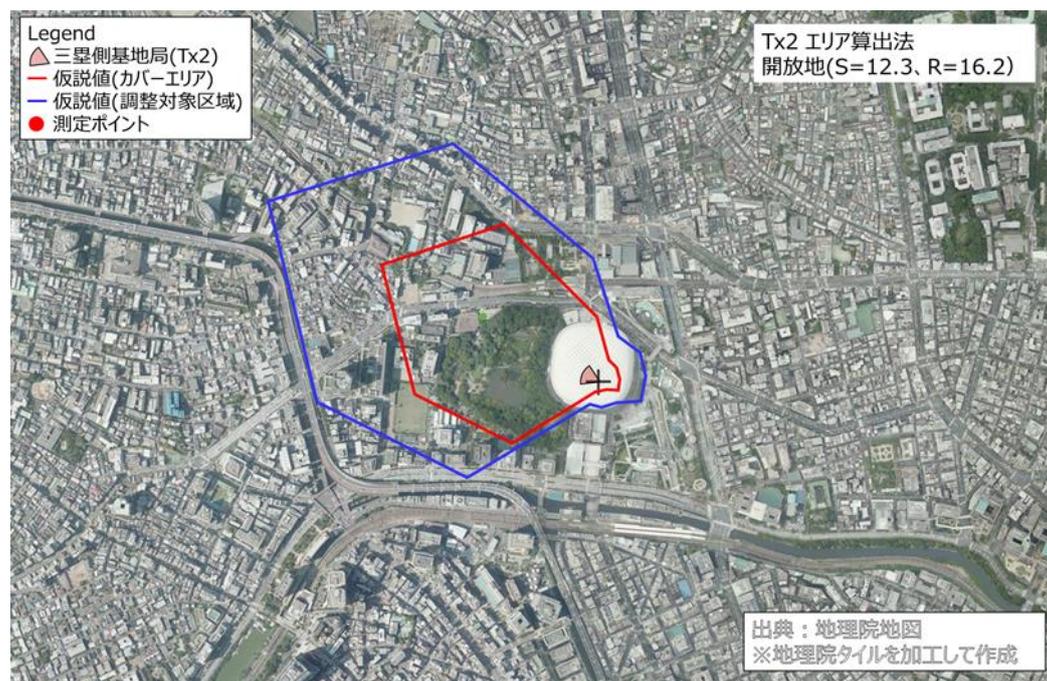


図 3.3.2.5-1(a) 仮説パラメータ R (=16.2dB) を用いて算出したカバーエリアおよび調整対象区域：Tx2

(2) 実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図

図 3.3.2.5-2(a)~(b)に実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図を示す。なお、エリア図の推定においては、定点による測定結果のみでは詳細な推定が困難であるため、実証環境周辺において立ち入り可能な場所を面的に測定した結果も参考にしつつ評価を実施している。

図中、赤線は 4.6-4.9GHz 帯におけるローカル 5G 審査基準で定められている“カバーエリア端レベル (100MHz 幅の場合：-84.6dBm)”を前提に実測値から評価した想定カバーエリア端である。一方、青線は、同様に審査基準で定められている“調整区域端レベル (100MHz 幅の場合：-91.0dBm)”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。なお、本実証に用いる基地局装置の下り受信レベル (SS-RSRP) の測定帯域は 30kHz であるため、上述したエリア端閾値を 100MHz から、30kHz へ帯域換算した以下の値を用いている。

カバーエリア端レベル (SS-RSRP 帯域換算) : -119.8dBm

調整区域端レベル (SS-RSRP 帯域換算) : -126.2dBm

また、東京ドームのゲート位置について、図 3.3.2.5-2(c)に示す。

結果からは、東京ドームにおいてはゲート位置において、強い漏洩電力が観測されており、ゲートのある場所がガラス面として屋外に面している事から、エリア図としては、屋外壁面に対して漏洩しやすい環境となる事が考えられる。

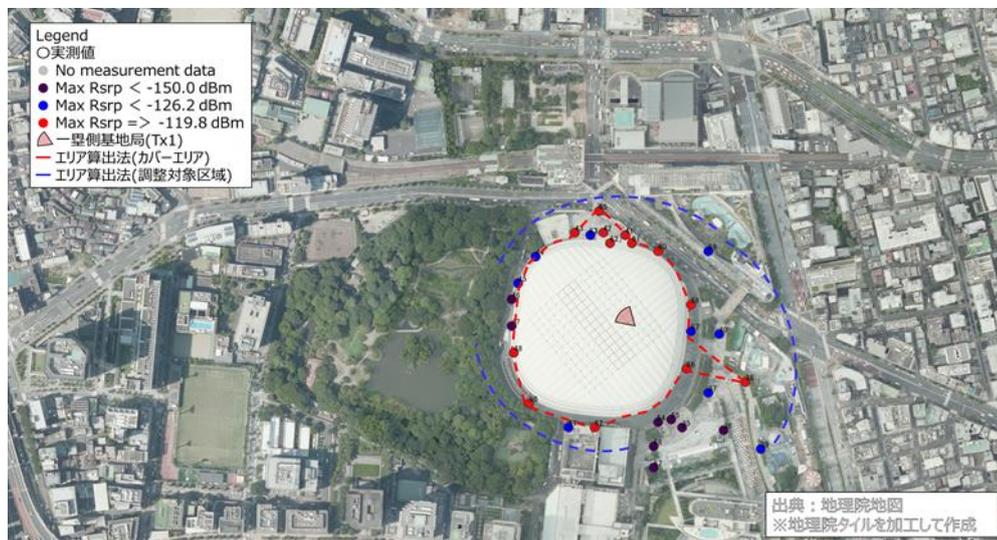


図 3.3.2.5-2(a) 実測値から推定したカバーエリアおよび調整対象区域：一塁線側 Tx1

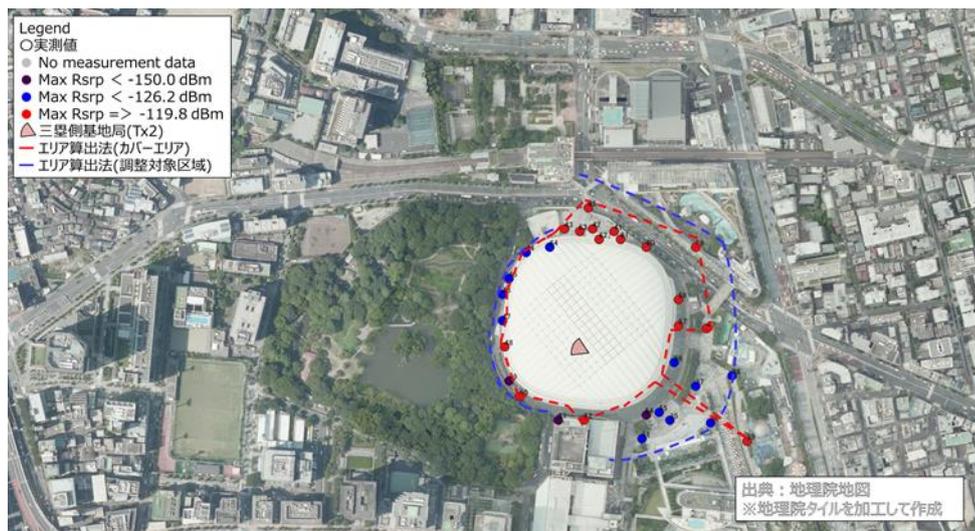


図 3.3.2.5-2(b) 実測値から推定したカバーエリアおよび調整対象区域：一塁線側 Tx2

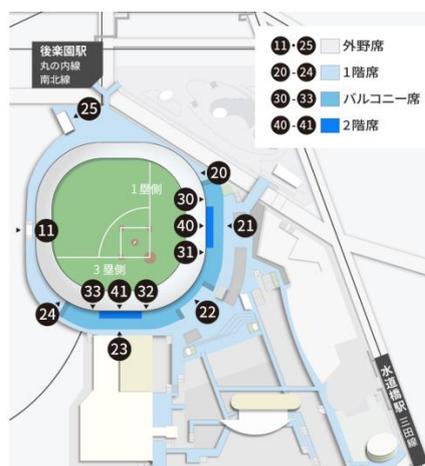


図 3.3.2.5-2(c) 東京ドームにおけるゲート位置

(3) 仮説に基づくエリア図と実測値から推定されるエリア図との比較

3.3.2.5 章 (1) にて仮説値から算出したエリア図と、3.3.2.5 章 (2) にて実測値から推定したエリア図の比較を行い、仮説値の妥当性を評価する。

図 3.3.2.5-3(a)~(b)に仮説値におけるエリア図と実測値から推定したエリア図を示す。

結果から、東京ドームに設置した 2 局の何れにおいても、大きく乖離をしている事がわかる。これは、ドーム球場内の開放的なエリアにおいては、損失が少ない自由空間損失に近い電波伝搬傾向が得られている事から、損失が少なくなった為と考えられる。一方で東京ドームのゲート付近ではカバーエリア相当となるものの、それ以外では、東京ドームの外壁に近い場所で調整対象区域となる箇所が見受けられる。開口部となるゲートによる損失差分と考えられる。

これらの結果から、東京ドームの壁面材質について、開口部となるゲートが多くある東京ドームの西側から南側の測定結果を用いる事として、3.3.2.5章(4)に示す実測値を用いた建物進入損失の導出を算出する事とする。

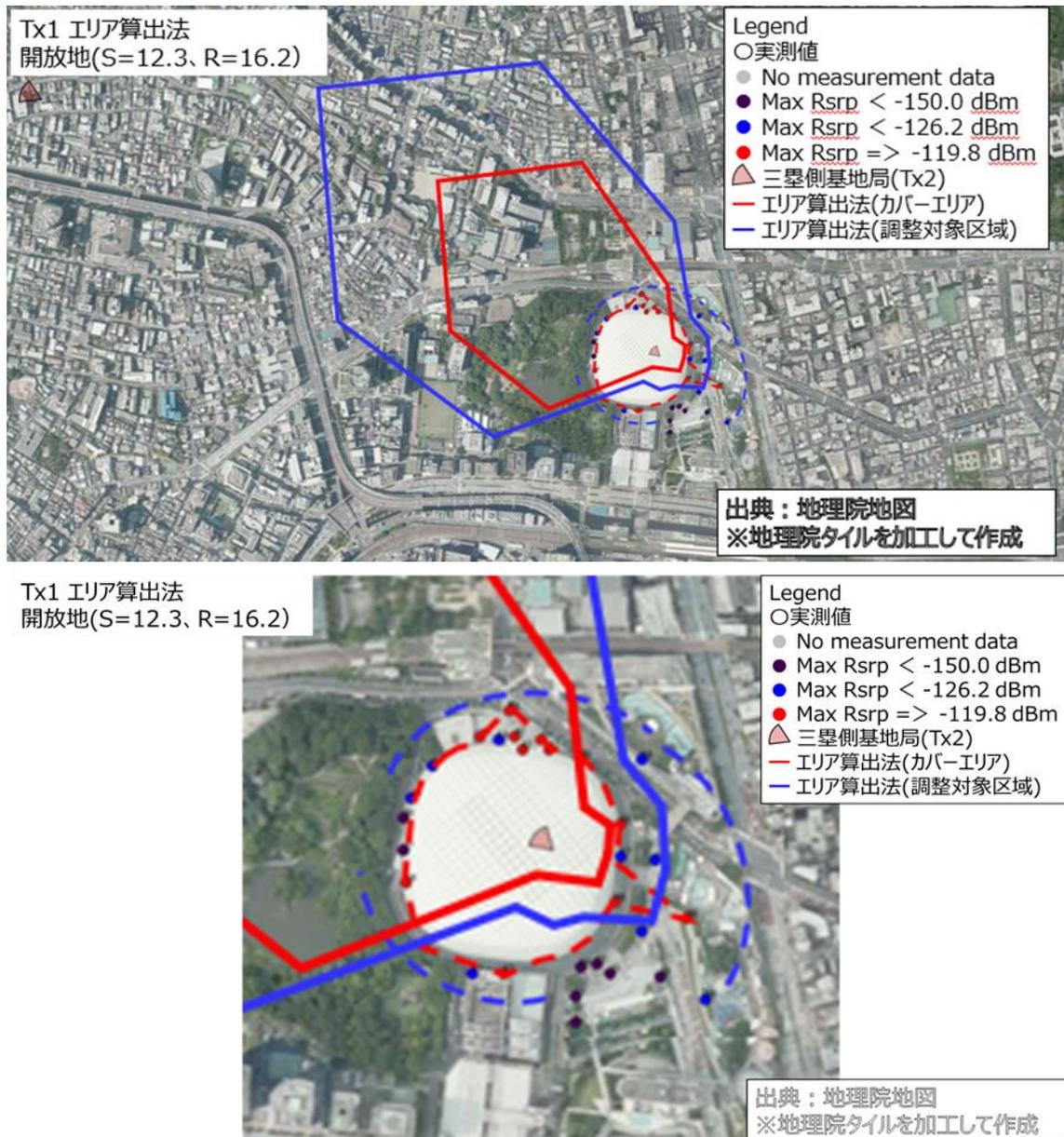


図 3.3.2.5-3(a) 仮説値エリア図と実測値推定エリア図との比較：一塁側 Tx1

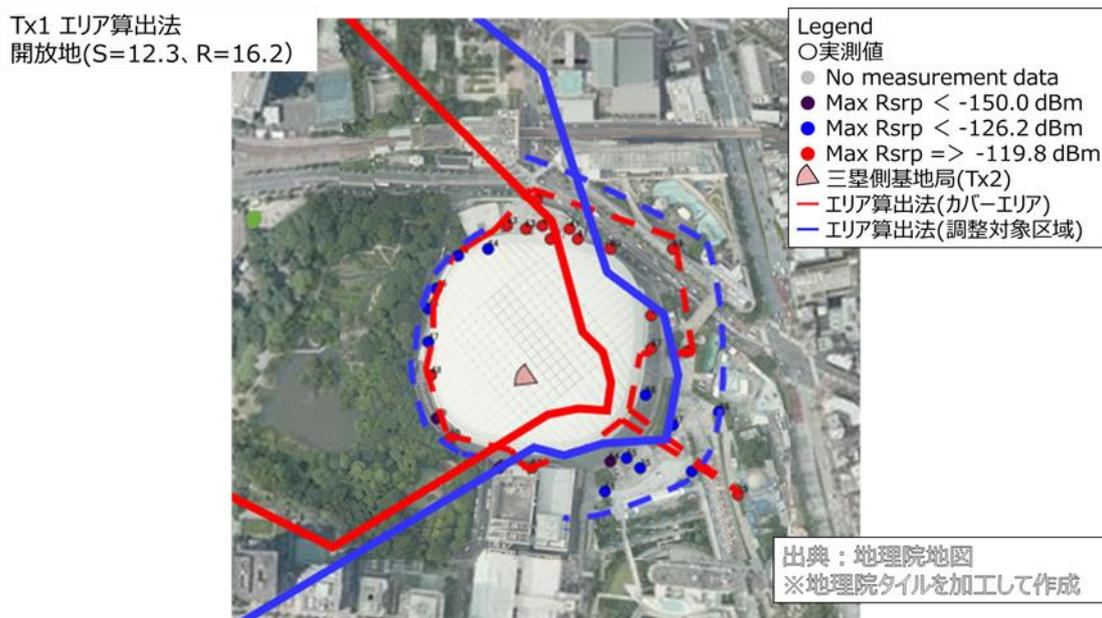
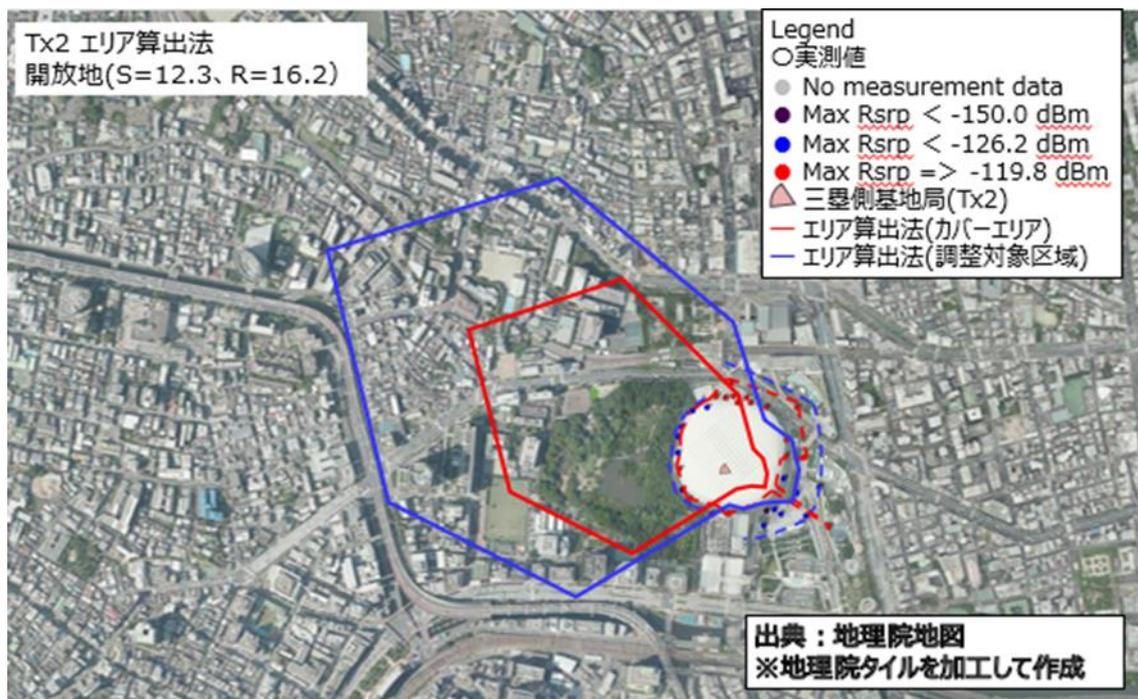


図 3.3.2.5-3(b) 仮説値エリア図と実測値推定エリア図との比較：三塁側 Tx2

(4) 実測値を用いた建物侵入損失の算出

R 値の精緻化のもう 1 つのアプローチとして、建物内/外で実測した下り受信電力値から建物侵入損失を算出する。なお、建物侵入損失とは、厳密には、建物近傍路上における受信レベルと建物中央部における受信レベルとの差を意味するが、今回はエリア設計上建物外への漏洩電力を対象としているため、それぞれの基地局アンテナから、直線上となる建物内壁と建物外壁の電界強度差分を建物侵入損として検証する（図 3.3.2.4-3）。

$$R = \text{建物外参照点の電界強度} - \text{建物内部測定点の電界強度} \quad (- \text{FSPL補正值})$$

また、純粋な壁面損失を算出するため、基地局から建物外参照点と建物内部測定点間の距離に応じた自由空間損失(FSPL)の差分を減算し補正するものとする。

なお、今回の実証環境のみに有効な結論ではなく、他の環境でも有効な汎用的/一般的な成果を得るため、壁面の材質や、それに伴う面積率などを記録し、汎用的に利用可能な R 値の精緻化を実施する。

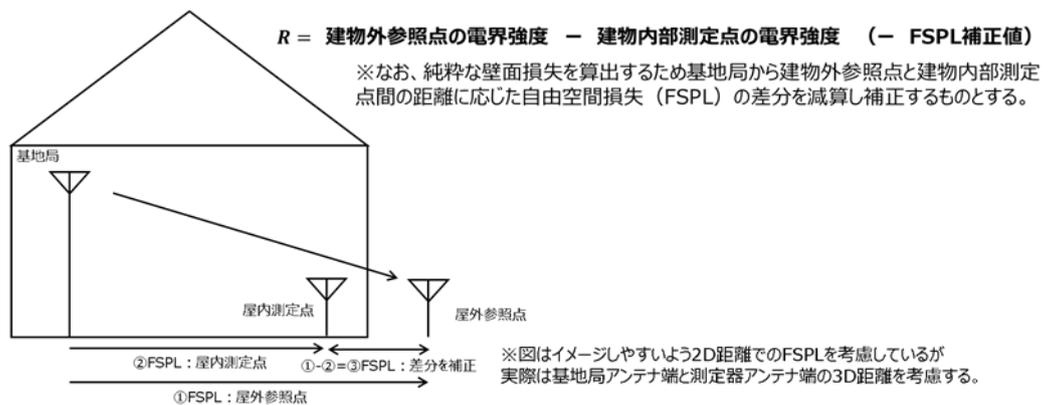


図 3.3.2.4-3 実測値からの R 値算出手法 (再掲)

図 3.3.2.5-4(a)~(d)及び表 3.3.2.5-1(a)~(b)に、実証環境における壁面損失算出対象の測定地点及び算出結果を示す。図中の黒矢印で結ばれる屋内測定点と屋外参照点において、壁面損失の導出を行う事とする。なお、屋内測定点と屋外参照点の比較においては前述した手法により自由空間損失を補正しているが、その他損失は周辺環境要因にて異なり、建物外壁から遠方の屋外参照点はその他損失の影響が支配的になる。そのため、自由空間損失以外が含まれると判断した屋外参照点は精緻化対象から外している。

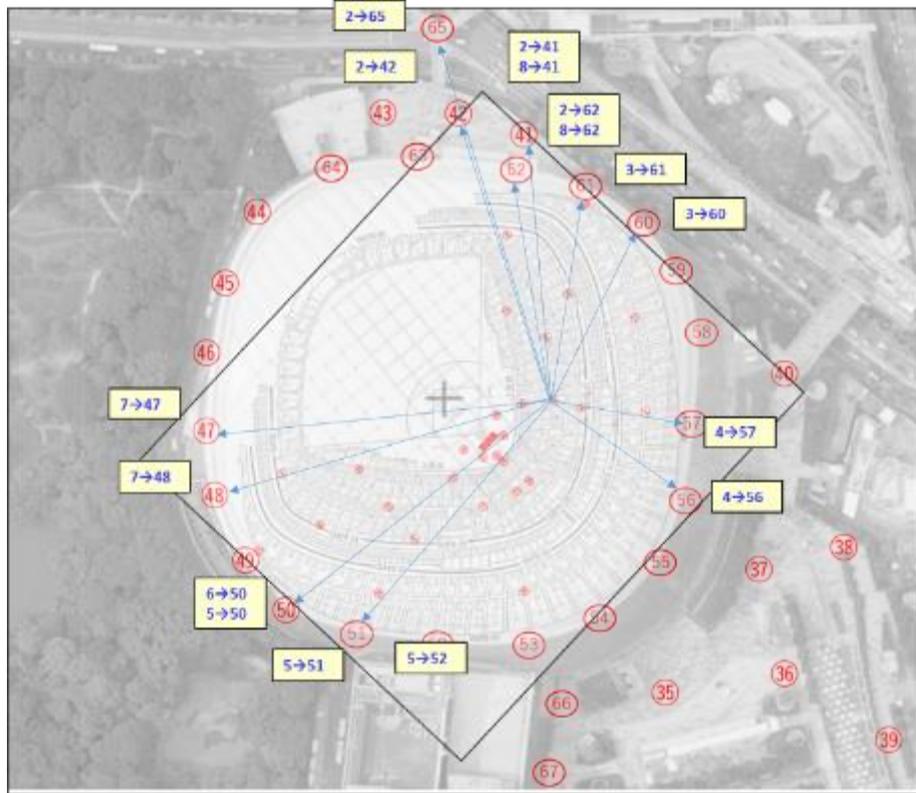


図 3.3.2.5-4(a)一塁線側：Tx1 精緻化対象測定地点（座席・グラウンド）

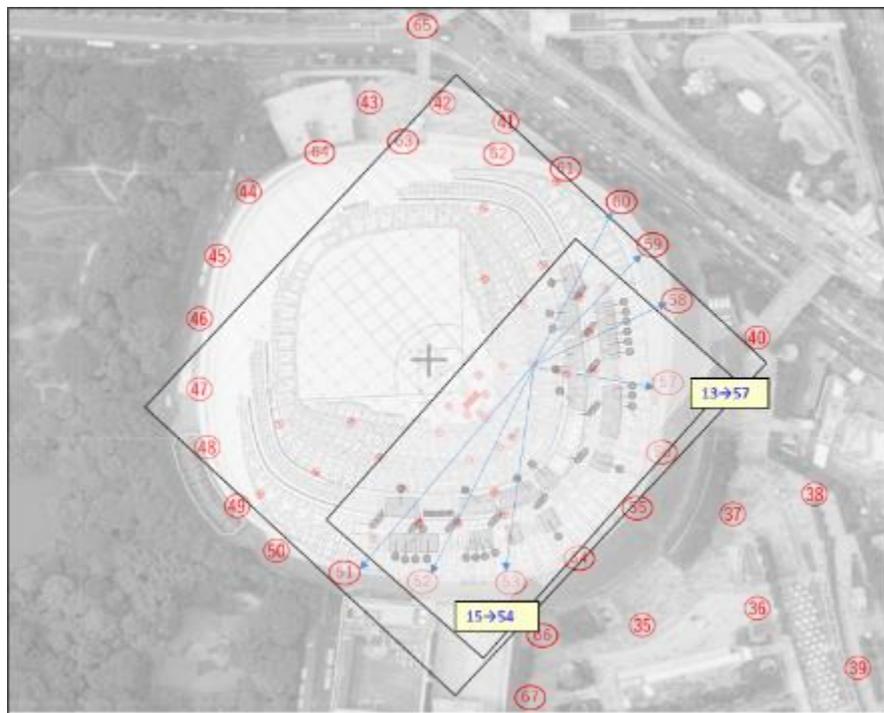


図 3.3.2.5-4(b)一塁線側：Tx1 精緻化対象測定地点（グルメロード）

表 3.3.2.5-1(a) 一壘線側：Tx1 精緻化結果

比較対象		実測平均値 SS-RSRP (dBm)		自由空間 損失差分 (dB)	電界強度差分 (dB)	R 値 (dB)
屋内 ID	屋外 ID	屋内測定点	屋外参照点			
7	47	-86.61	-129.34	0.83	42.73	41.90
7	48	-86.61	-116.70	1.07	30.09	29.02
6	50	-85.97	-106.61	0.18	20.64	20.46
5	50	-90.45	-106.61	2.81	16.16	13.35
5	51	-90.45	-125.39	2.08	34.94	32.86
5	52	-90.45	-113.47	1.19	23.03	21.84
4	56	-84.65	-126.60	12.27	41.96	29.68
4	57	-84.65	-113.58	10.74	28.94	18.20
3	60	-88.73	-120.05	3.58	31.32	27.74
3	61	-88.73	-119.58	4.11	30.85	26.75
2	62	-83.31	-117.68	0.02	34.37	34.35
2	41	-83.31	-117.11	1.25	33.79	32.55
2	42	-83.31	-116.14	2.12	32.83	30.71
2	65	-83.31	-110.08	4.12	26.76	22.64
13	57	-74.78	-113.58	1.04	38.80	37.76
15	54	-83.18	-131.03	0.14	47.86	47.71

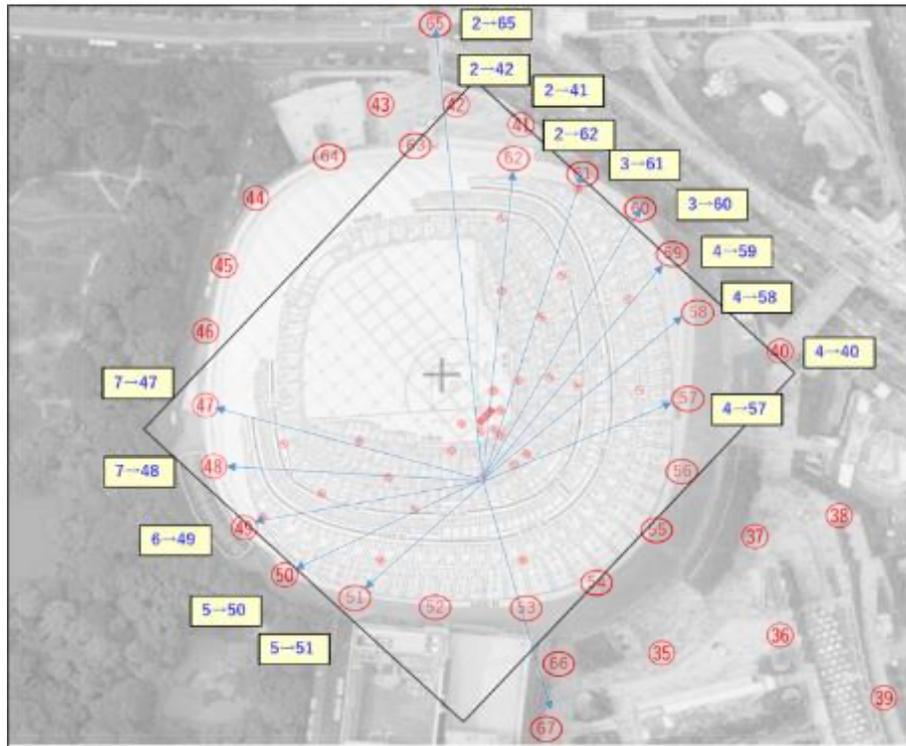


図 3.3.2.5-4(c)三塁線側：Tx2 精緻化対象測定地点（座席・グラウンド）

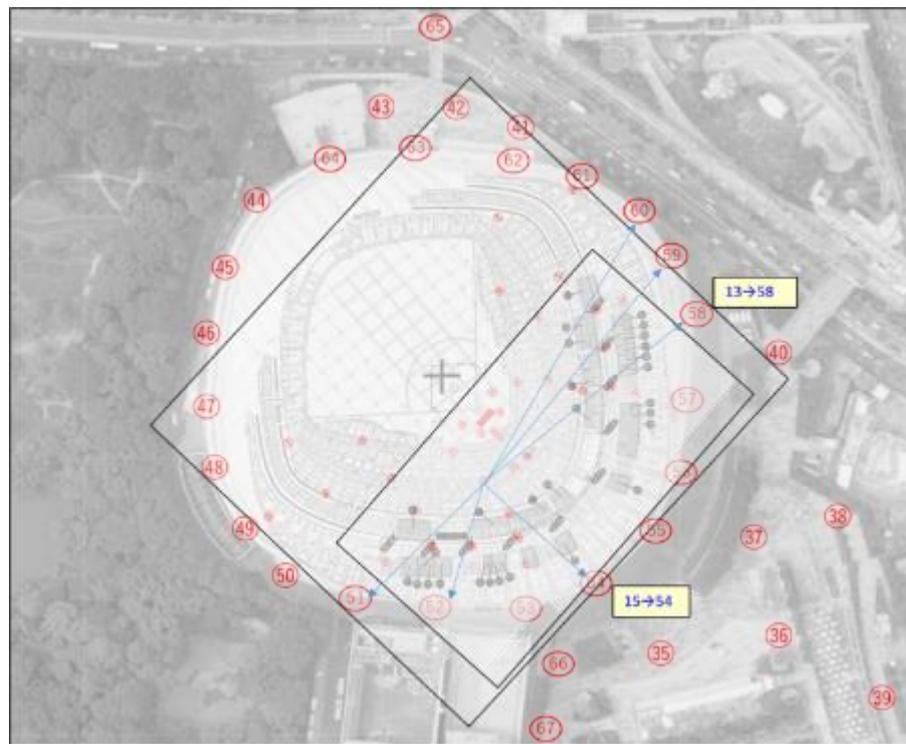


図 3.3.2.5-4(d)三塁線側：Tx2 精緻化対象測定地点（グルメロード）

表 3.3.2.5-1(a) 一塁線側：Tx1 精緻化結果

比較対象		実測平均値 SS-RSRP (dBm)		自由空間 損失差分 (dB)	電界強度差分 (dB)	R 値 (dB)
屋内 ID	屋外 ID	屋内測定点	屋外参照点			
7	47	-79.32	-125.55	0.20	46.22	46.02
7	48	-79.32	-109.51	0.89	30.19	29.30
6	49	-85.45	-133.96	1.18	48.51	47.33
5	50	-88.33	-109.85	7.48	21.52	14.04
5	51	-88.33	-127.28	5.99	38.95	32.95
4	40	-85.78	-117.58	5.27	31.80	26.52
4	57	-85.78	-114.79	2.55	29.02	26.46
4	58	-85.78	-116.89	3.63	31.11	27.47
4	59	-85.78	-109.75	4.99	23.97	18.98
3	60	-88.47	-117.72	1.00	29.25	28.25
3	61	-88.47	-116.41	1.01	27.94	26.94
2	62	-87.19	-117.11	0.94	29.93	28.99
2	41	-87.19	-117.68	0.19	30.49	30.30
2	42	-87.19	-115.57	0.50	28.38	27.88
2	65	-87.19	-110.13	2.20	22.95	20.75
15	54	-73.00	-128.05	1.31	55.05	53.74
13	58	-85.16	-116.89	0.37	31.72	31.35

表 3.3.2.5-2 に表 3.3.2.5-1 にて算出した R の精緻化値と対象壁面の材質/厚さ/面積率を示す。また、壁面部の算出については図 3.3.2.5-5 に座席エリアからの算出結果を示す。

ドーム球場の様なスタジアム構造の場合、座席・グラウンドエリアから屋外に至るまで、鉄筋コンクリートの複数構造となっており、精緻化値としては、29.8dB と仮説値よりも大きい値となることが分かる。

表 3.3.2.5-2 4.7GHz 帯における実証環境 R 値

周波数	建物	材質	厚さ	面積率	仮説値 R(dB)	精緻化値 R [dB]
4.7GHz	代表値					16.2
	ゲートを含む壁面 鉄筋コンクリート、屋内店舗等によって構成されたスタジアム構造体 ※遮蔽となる壁は、通路及び屋内店舗等によって中空空間が存在	鉄コンクリート 1.5mの4層構造	6m	4%	16.2	29.8
屋内店舗、通路等による空間構造		33.5m	96%			

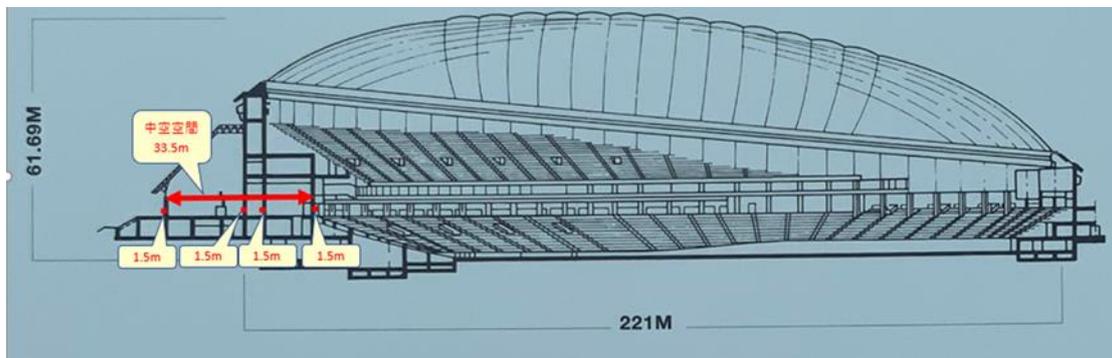


図 3.3.2.5-5 ドーム球場の座席エリアからの壁面部算出

(5) 精緻化パラメータの妥当性評価

3.3.2.5 章(4)にて精緻化を行った対象パラメータ“R”を用いて、再度カバーエリア及び調整対象区域図を作成し、実測値から推定されるエリア図との比較を行うことでその妥当性を評価する。

図 3.3.2.5-6(a)～(b)に精緻化後のパラメータを用いて算出したカバーエリア及び調整対象区域図を示す。図中破線は 3.3.2.2 章で示す仮説値 R (16.2dB) におけるエリア図であり、実線は壁面ごとに表 3.3.2.5-2 に示す精緻化値 R を考慮したエリア図である。

結果から基地局からの方向毎に建物進入損失 R を考慮する事で、仮説値で設定したエリア図よりもより狭いエリア図になる事が分かる。

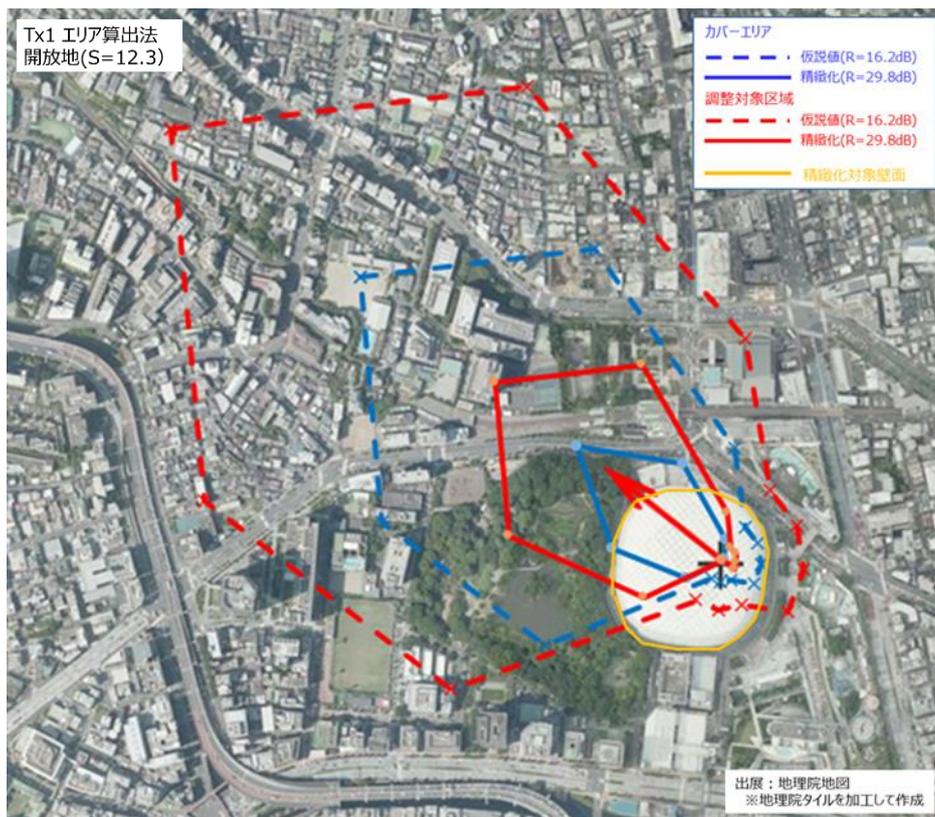


図 3.3.2.5-6(a) 精緻化パラメータを用いたカバーエリア及び調整対象区域図
：一塁側置局(Tx1)

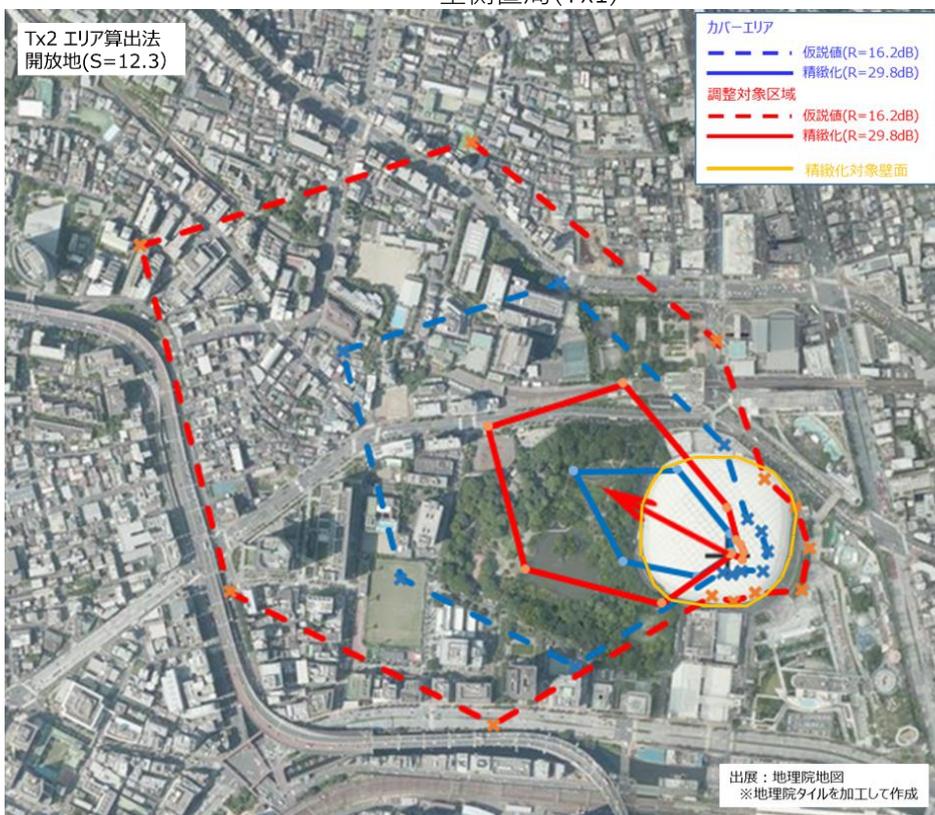


図 3.3.2.5-6(b) 精緻化パラメータを用いたカバーエリア及び調整対象区域図
：三塁側置局(Tx2)

図 3.3.2.5-7(a)~(b)に精緻化後のパラメータを用いて算出したカバーエリア及び調整対象区域図と実測値から推定したカバーエリア及び調整対象区域図との比較結果を示す。

結果から、アンテナ指向方向に対してはドーム球場外壁によって、カバーエリアが抑制されている為、精緻化値と差分が見られた。要因としては、今回置局した基地局のアンテナ指向方向に対し、図 3.3.2.5-2(c)に示した通り、外野席方向はゲートが少なくカバーエリアとしては、東京ドームの外壁内にとどまったものと考えられる。次に、アンテナ指向方向の逆側となる後ろ側にもカバーエリアが広がっている事が確認出来ているが、こちらは開口部となるゲートが多くある事から、建物内の反射等によりエリアが広がっていると考えられる。

今回環境では、座席・屋外エリアで、アンテナの指向方向を水平下向きに置局を行った場合、屋外に通ずるスタジアムの構造含めた外壁による遮蔽損失は大きいものの、スタジアム内の見通しが取れる場所は、自由空間損失相当の電波伝搬傾向がある事が、3.3.1.4 章(3)にて明らかとなっており、且つ、スタジアム内の座席等による反射影響により、ドーム球場を覆う様なエリア形成になったと考えられる。

結果として、仮説値と実測値に差分が発生しており、エリア算出法上、考慮できない環境要因があるという事が分かった。今後は、ドーム球場の様な複数壁面を持ちつつ、屋内空間が開放的な場所に置局を行う場合、屋内構造による反射影響を踏まえ、アンテナの設置位置および、指向方向に考慮した柔軟なエリア設計が必要となると考えられる。

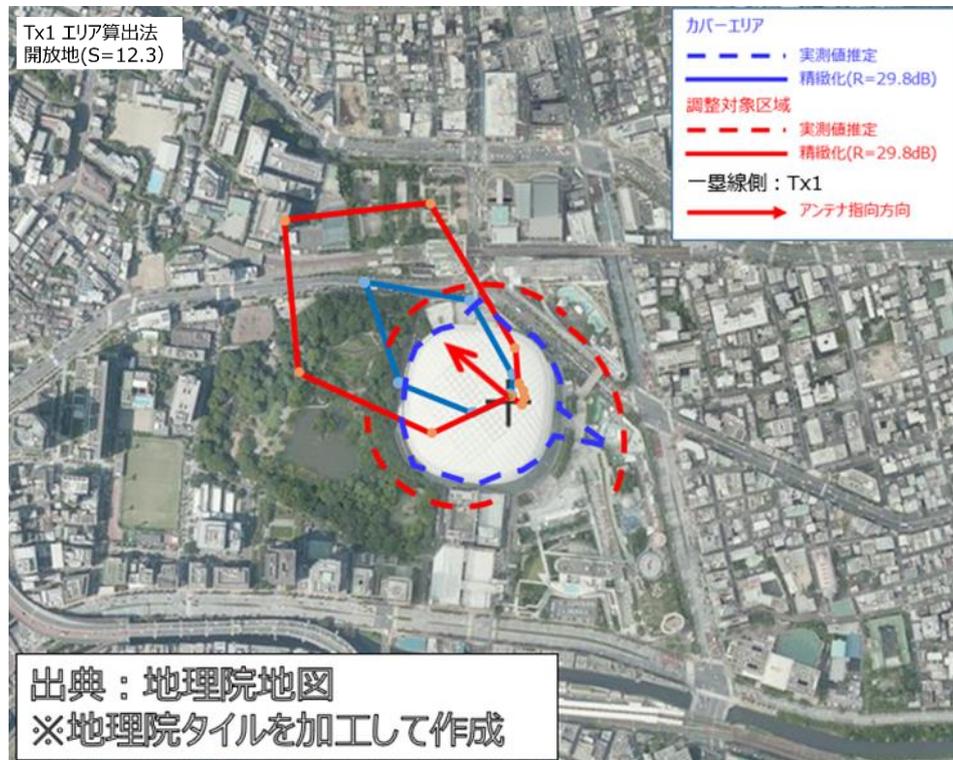


図 3.3.2.5-7(a) 精緻化エリア図と実測値推定エリア図との比較：一塁線側 Tx1

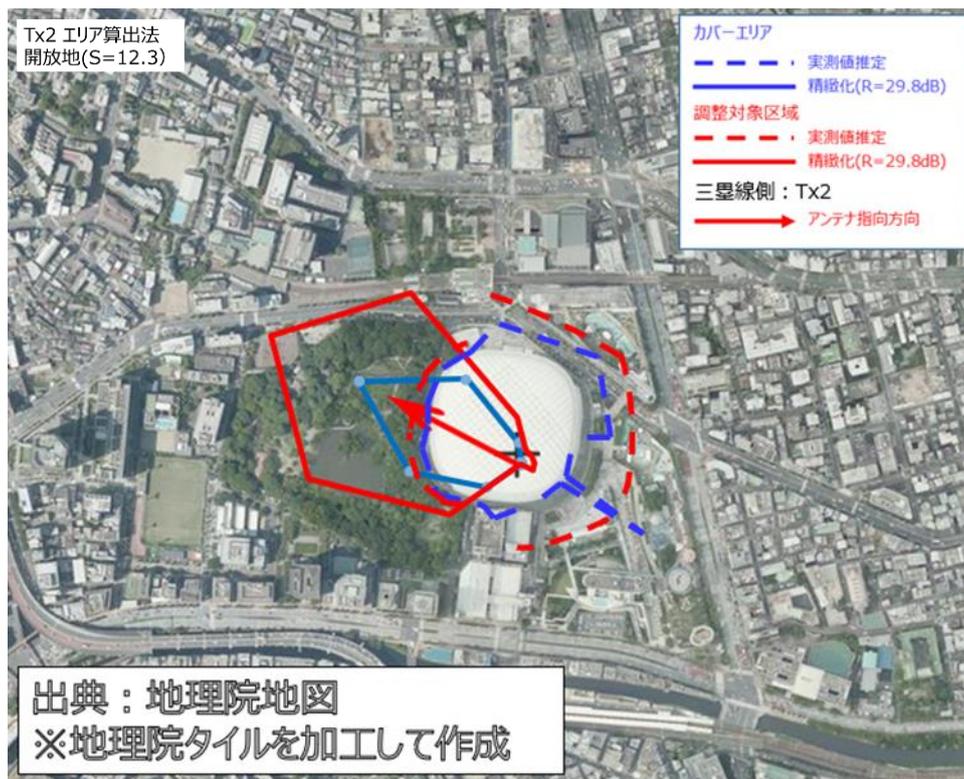


図 3.3.2.5-7(b) 精緻化エリア図と実測値推定エリア図との比較：三塁線側 Tx2

(6) 技術的課題の解決方策

今回の実証では、東京ドームの様なスタジアム・アリーナ環境に置局した指向性アンテナ 2 局を活用して、スタジアム・アリーナ環境におけるエリア算出法パラメータ R 値の精緻化を実施した。その結果、R 値においては、スタジアム内構造によって、一般的な壁面と比較して、大幅に大きい値となった。

これらの結果から、自己土地外への電波漏洩の観点では、東京ドームの様なスタジアム構造では、屋内となる座席・グラウンドエリアが開放的な環境である事と、スタジアム内の座席等の反射により、スタジアム内全域をカバーする様なエリア形成が行われている事と、屋内外への通路となるゲートにおいて、建物外への漏洩電力が発生する傾向となる。その場合、周辺の他者土地において他のローカル 5G システムが運用される場合は互いに、干渉調整が必要となる事から、サービスエリア内のカバレッジを十分に取つつ、出来る限り調整対象区域を抑える置局設計が求められる。

一方で、本実証においてドームカバー部分での R 値については、詳細な検討が行えていないものの、仮にドームカバーが無いスタジアムの場合、建物高度として開放的な環境である事から、建物外への漏洩電力が大きく発生するものと考えられる。その場合、周辺のビル高層階等における他者土地において他のローカル 5G システムが運用される場合は、互いに干渉調整が必要となる事から、スタジアム上側における電波漏洩が広

がらない様な置局設計が求められると考えられる。

今回の実証ケースでは、指向性アンテナを座席エリア内に配置したが、周辺ビルへの干渉調整を考慮した置局では、より高い位置に置局を行い、地面方向にアンテナの指向を向けるなど、より反射等の影響が屋外に漏洩しない置局が望ましいかもしれない。ただし、その場合バックローブによる直接波の電波漏洩が周辺ビル等へ及ぶ可能性は否定できないため、今後は、スタジアム漏洩電波への影響を考慮し、周辺ビル上層階等のスタジアムからの直接波による電波漏洩影響が有る地点にて、立ち入り可能な範囲での測定が必要であるとする。

4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）

4.1 実証概要

本実証は、東京ドームにおける実際の興行を想定して行うこととし、施設内に 16 台の 360 度自由視点カメラと 2 台の巡回カメラを設置して、被写体を撮影する。撮影した映像はローカル5G 端末からローカル5G エコシステムに伝送され、施設内に設置されているサイネージへ投影する。ローカル5G エコシステムとは、自由視点映像等の映像ソリューションを提供する事業者と、オンラインギフティングのようなアプリケーションを提供する事業者との連携を容易にするプラットフォームである。但し、今回の実証は 4DReplay 社と SpoLive 社との一対一の接続のため、必要最小限の機能により構成されている。（ローカル5G エコシステムの詳細は 4.2.4.2 に記載）

■技術実証

図 4.1 の赤枠部分について実地検証を行った。実証フィールドは東京ドーム。

■課題実証

図 4.1 の黄色部分についてシミュレーション環境下において論理検証を行った。実証フィールドは三菱電機、東京ドーム、CIC 東京の 3 拠点。

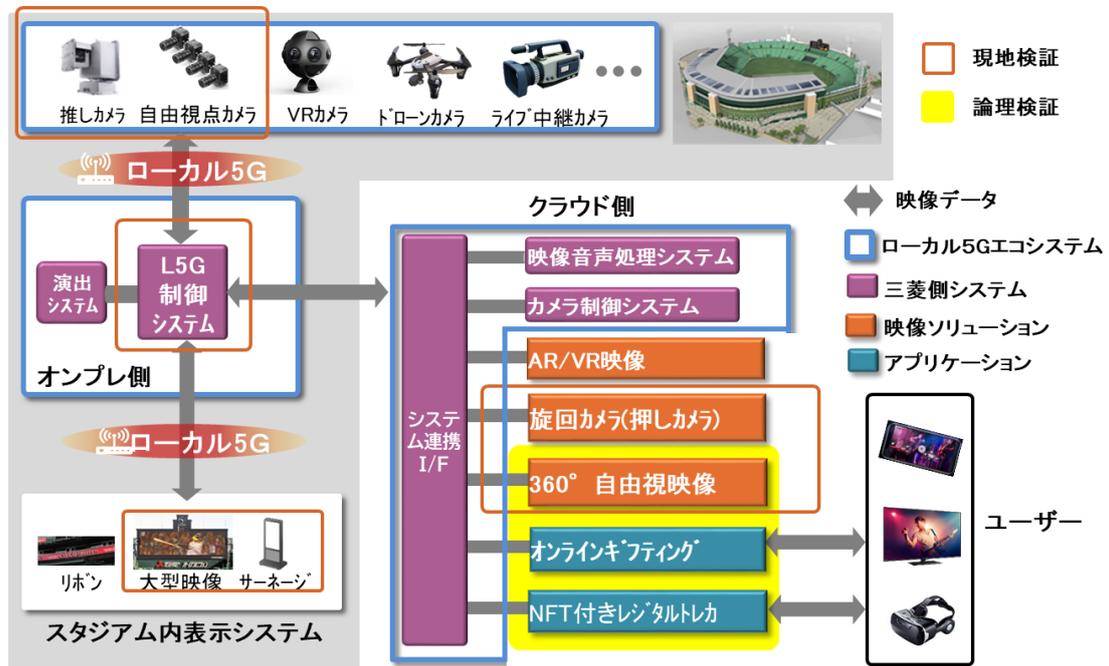


図 4.1 ローカル 5G エコシステムイメージ図

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

■プロスポーツにおけるマネーフロー

図 4.2-a は、プロスポーツの一般的なビジネスモデル、図 4.2-b はプロスポーツの一般的なマネーフローを示す。スポーツチーム運営会社の主な収入源は、①チケット販売、②グッズ販売、③放映権、④スポンサー収入の4つがある。一般的に、チケット収入とグッズ販売収入の間には強い相関関係があり、観客数が多いほどチケット販売もグッズ販売も増加する。また観客数が多い試合ほど、会場やテレビで試合を目にする人も多くなり多くの大手スポンサーを獲得できるため、観客数が多いほどスポンサー収入や放映権による収入も増加する。これら4つの収入源にくわえて、スポーツチーム運営会社には、選手が他のチームに移籍する際に支払われる移籍金という収入源もある。

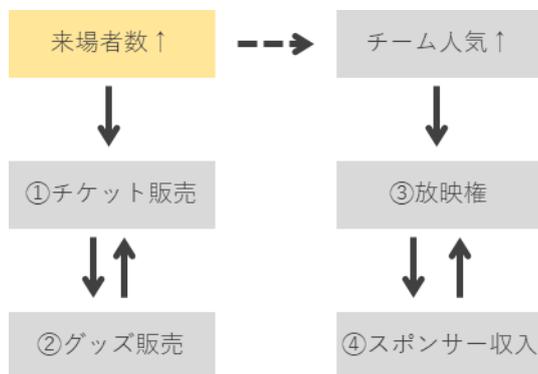


図 4.2-a プロスポーツの一般的なビジネスモデル

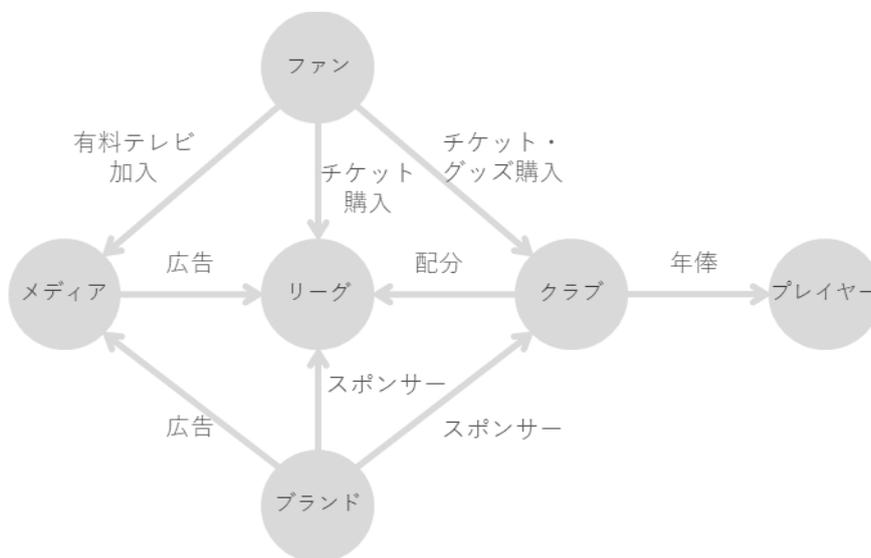


図 4.2-b プロスポーツの一般的なマネーフロー

■コロナにおける影響

コロナウィルスによる緊急事態宣言の発出に伴い、スタジアムへの来場者数は大幅に減

少し、プロ野球や J リーグでは無観客開催や制限入場を強いられている。これまでのビジネスモデルは来場者（1st ベニュー）を前提にした部分が大きく、各チームの営業収入は大幅減と厳しい状況に置かれている。

4.2.1 コロナ禍における事業者の課題

■プロ野球球団の課題

図 4.2.1-a は、プロ野球球団の現在の一般的なビジネスモデル、表 4.2.1-a は現在のステークホルダーと収入源を示す。スタジアムにおける主要興行はプロ野球と音楽ライブイベントが大半を占めるが、コロナの影響で入場制限が掛かっているため、音楽ライブイベントは基本無観客、プロ野球は上限 5,000 人（緊急事態宣言発出の場合は無観客）での開催となっており、来場者に対する物品販売（表中①）が大きく落ち込んでいるほか、施設内の看板やフェンスによる企業広告（表中②）にも少なくない影響が出ており、事業運営がままならない状況。

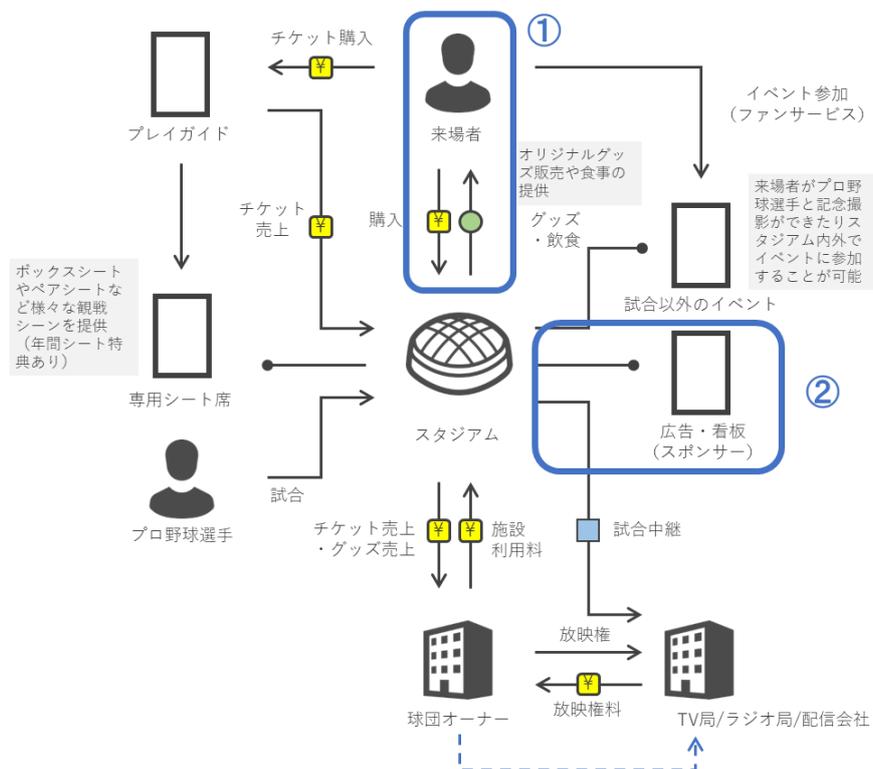


図 4.2.1-a 現在のビジネスモデル

表 4.2.1-a スタジアムの収入源

ステークホルダー	収入源
スタジアム	来場者（飲食・物販） 企業（広告宣伝費）※看板・フェンス

主たる収入	19年度	20年度	19年度比
	100		
	100		
	100		
	100		
	100		
	100		

図 4.2.1-b 収入の状況

■ イシューツリー

本実証におけるゴールは「スタジアムにおけるローカル 5G 技術を活用した新たなビジネスの社会実装」であり、課題実証では自由視点映像を軸にした新たなビジネスモデルの構築に取り組むこととし、その実現に向けた課題は図 4.2.1-b の通りである。

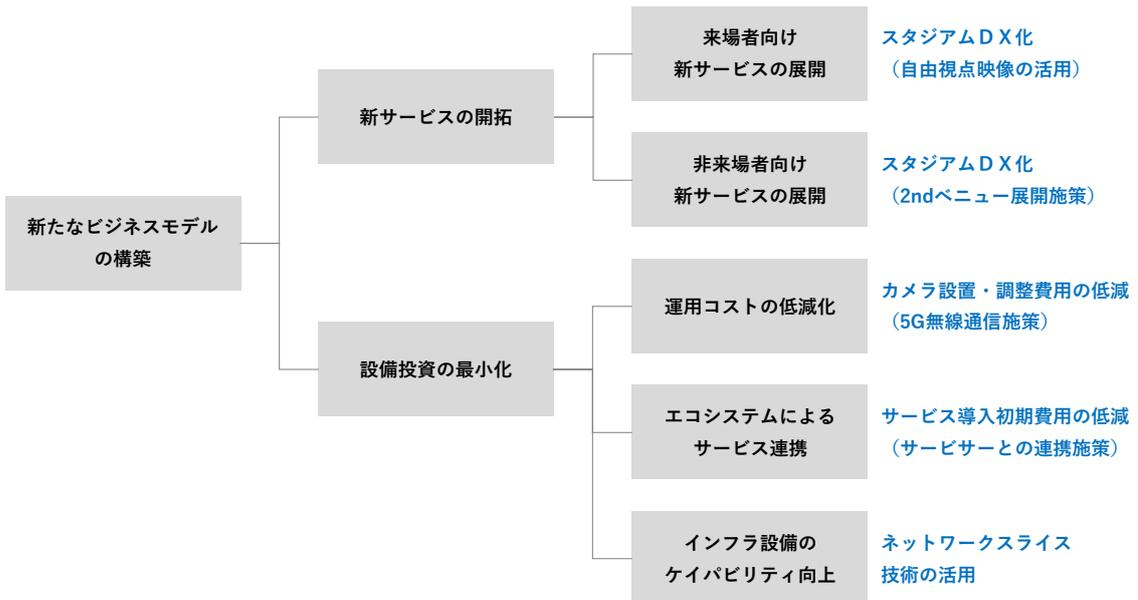


図 4.2.1-c イシューツリー

4.2.2 課題解決のためのソリューション

■ [redacted] としての取り組み

図 4.2.2-a は、[redacted] における 1st ベニュー集客施策を示す。今後、ワクチン接種が進んでいくことである程度の復客が望める一方で、「密を回避する」というニューノーマル（新常態）の影響から [redacted] へ積極的に足を運ぼうとするユーザーはまだ少ない。「復客を促す」とこと、[redacted] の来場者に「回遊を誘導」することが必要であり、本実証のテーマであるローカル 5G 技術を活用してスタジアムの内外に臨場感あるコンテンツを提供することで 2nd ベニューの顧客を獲得し、新たなビジネスモデル（図 4.2.2-b）を築く必要がある。2nd ベニューの顧客獲得のためには、ユーザーがこれまで体験したことが無いような付加価値の高い映像（360 度自由視点映像、押しカメラ映像、ドローン映像、VR、AR 等）を核とした、コンテンツやサービスが不可欠となる。付加価値の高い映像を提供するためには、フレキシブルに設置が可能な多数(100 台～)のカメラが必要となり、無線を使ったシステム構築により運用・コスト面で有利となる。加えて、4K クラスの 100 台を超えるようなカメラ映像の伝送には、既存の無線（WiFi、4G、5G(パブリック)）では、安定した伝送は困難であり、ローカル 5G が伝送手段として最も有効と想定される。



図 4.2.2-a [redacted] における 1st ベニュー集客施策

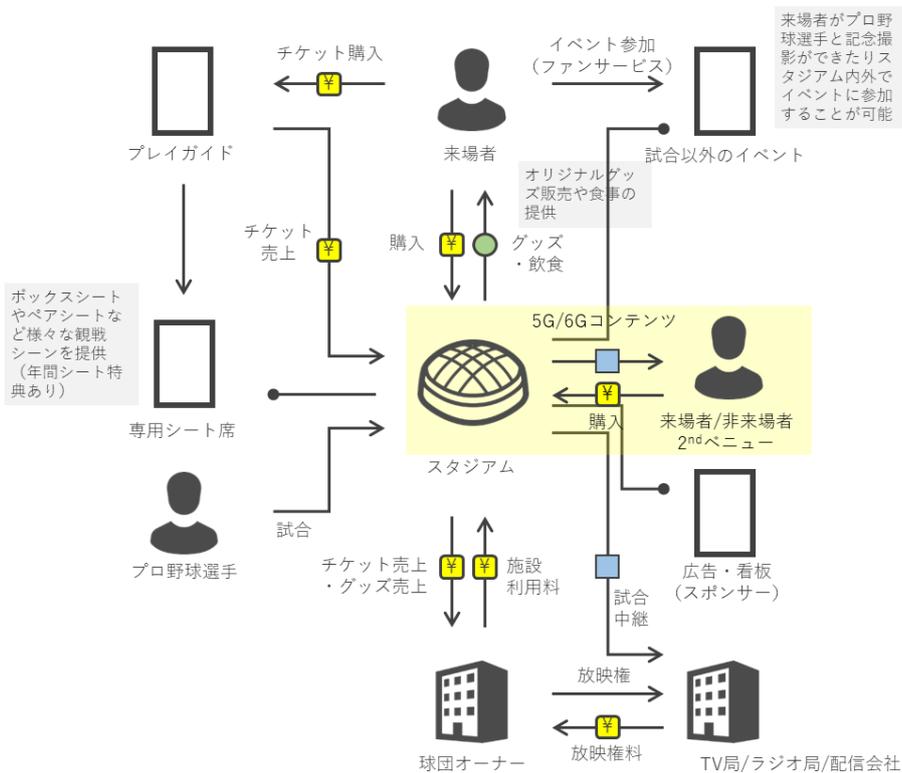


図 4.2.2-b ローカル 5G ソリューション適用後のビジネスモデル

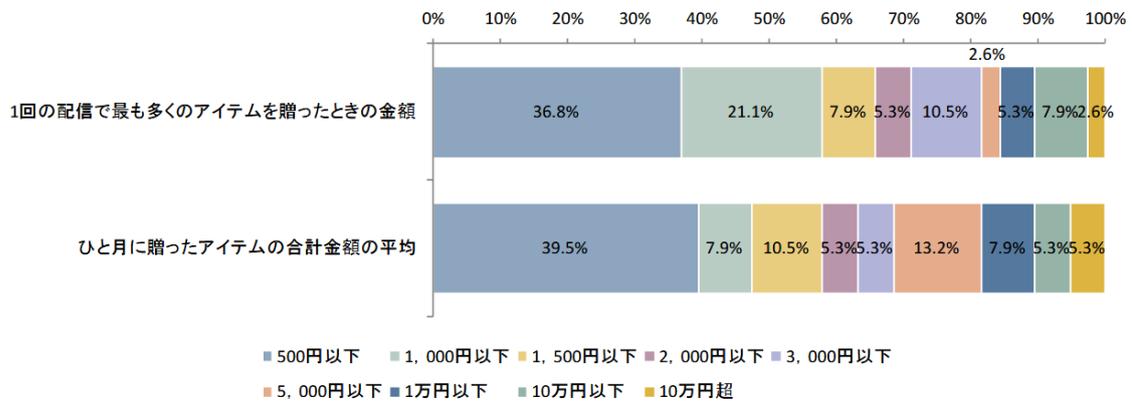
表 4.2.2-a ローカル 5G ソリューション適用後の [REDACTED] 収入源

ステークホルダー	収入源
[REDACTED]	来場者 (飲食・物販・ [REDACTED] 利用料) [REDACTED] レベニューシェア (2nd ベニュー売上分)

■ 2nd ベニュー需要の獲得

一方で、来場者 (1st ベニュー) をベースにしたビジネスモデルに加えて、デジタル放送の視聴者やアプリユーザーを含む非来場者 (2nd ベニュー) にターゲットを置いた新たなビジネスモデルを試行すべく、本実証では、一般ユーザー向け施策として、①自由視点映像配信、コアユーザー向け施策として②NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売と、③オンラインギフティング (投げ銭) について論理検証を行った。図 4.2.2-c、図 4.2.2-d は、オンラインギフティング全体の課金ユーザーの分布を示す。本ソリューションが対象とするコアユーザーは、1 万円以上の課金をしている 10% 程度(金額ベースで 80%以上)のユーザーである。国内の潜在的なオンラインギフティング全体の市場規模の推計は約 3100 億円であり、プロ野球や Jリーグなど大規模な興行/施設等

においても 2nd ベニューによる収益は一定の規模を期待することができる。



出典：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング

図 4.2.2-c オンラインギフティングの課金ユーザー分布



出典：https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000024.000056375.html

図 4.2.2-d オンラインギフティングの潜在市場規模

4.2.3 本実証の位置づけ

本実証では、課題解決のためのソリューションを一気通貫で行うことはできないため、ソリューション実現に必要な機能については実機にて検証を行い、ソリューションの有効性については、シミュレーション環境で行った。本実証で、機能検証とソリューションの有効性検証を行うことで、社会実装に必要な十分な要件と課題を洗い出す。

図 4.2.3-a は、機能検証を行う実証システムの構成を示す。本システムでは、360 度自由視点映像システム、回転カメラ映像システム、サイネージシステム、LED 表示装置システムの検証を実施した。

図 4.2.3-b は自由視点映像配信ソリューション、図 4.2.3-c は NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売ソリューション、図 4.2.3-d はオンラインギフテ

イング・ソリューションの有効性を検証するビジネスモデルの概要を示す。

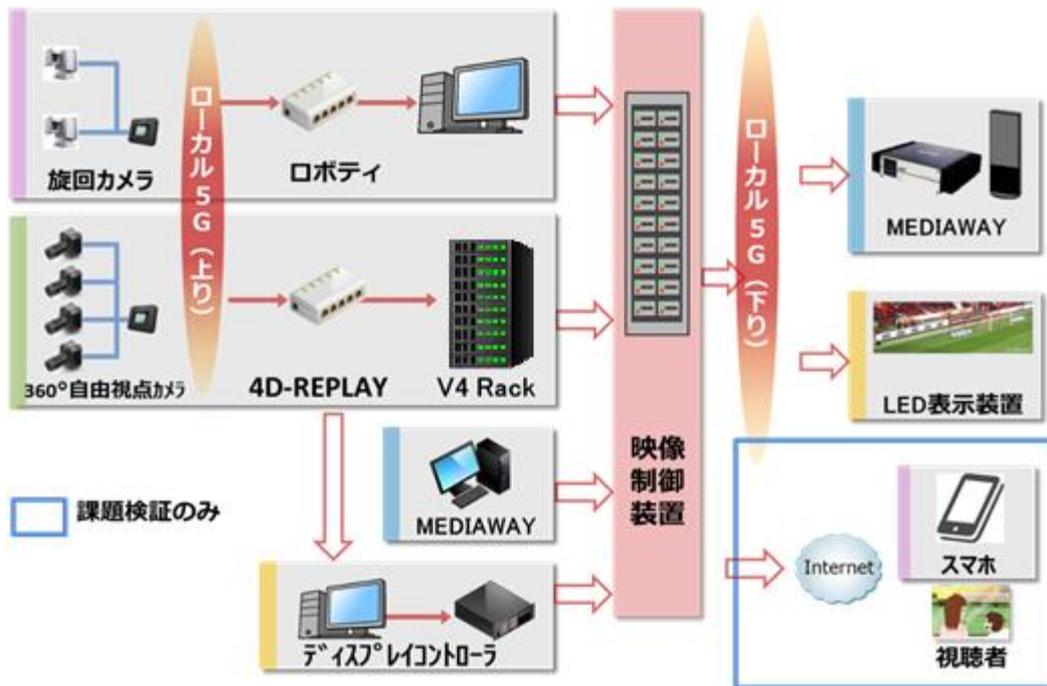


図 4.2.3-a 実証システム概要図

■自由視点映像配信ソリューションのビジネスモデル概要図

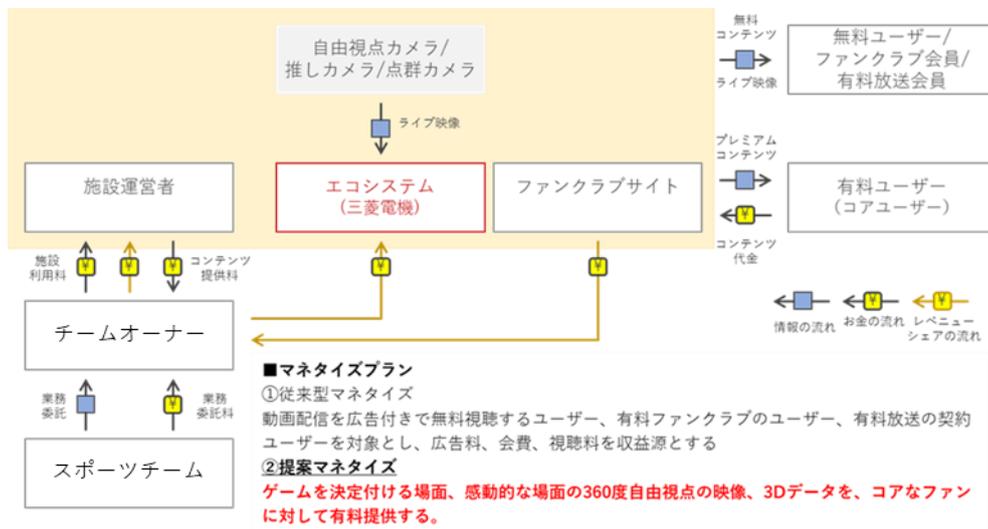


図 4.2.3-b 自由視点映像配信ビジネスモデル

■ NFT 付き自由視点映像データ販売（デジタルトレーディングカード）概要図

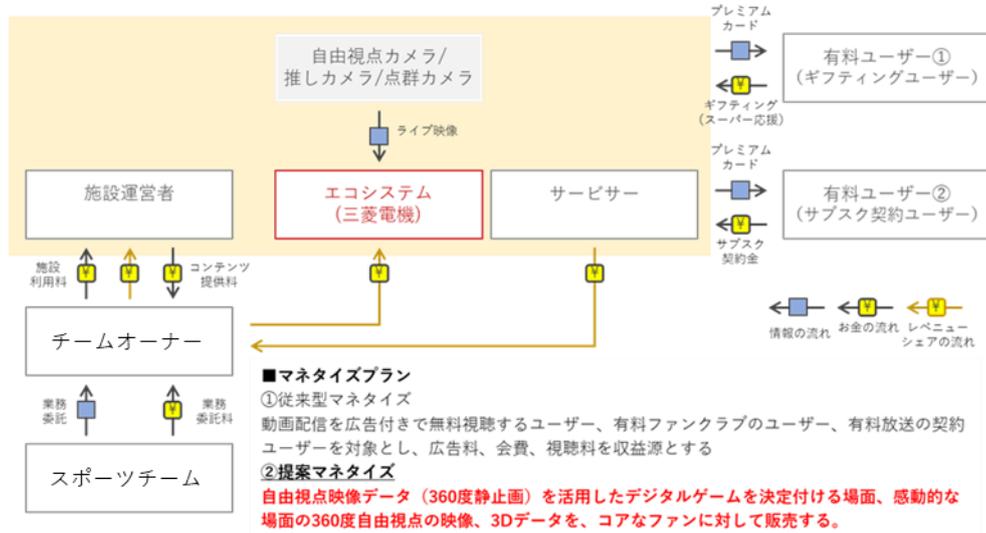


図 4.2.3-c NFT 付き自由視点映像データ販売(デジタルトレーディングカード)のビジネスモデル

■ オンラインギフティング概要図

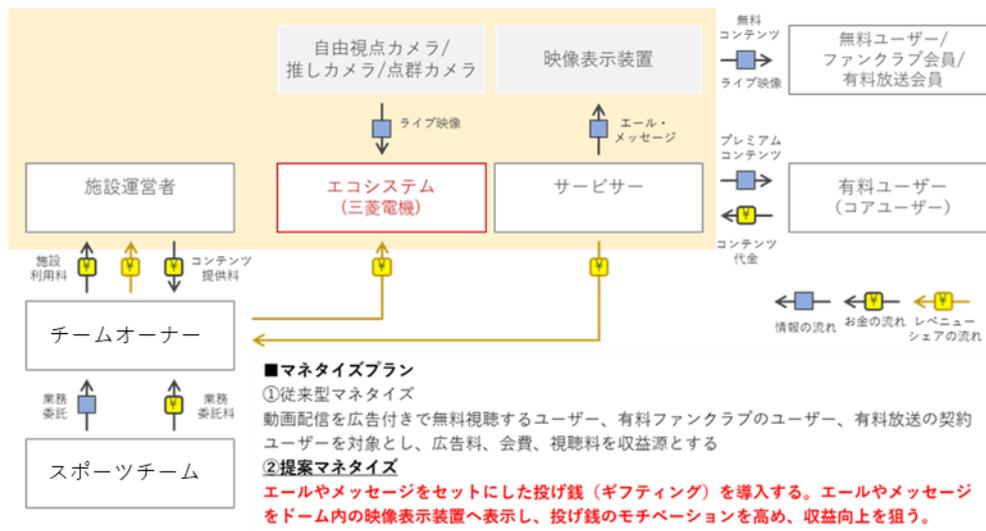


図 4.2.3-d オンラインギフティングのビジネスモデル

4.2.4 社会実装までのロードマップ

本実証は、コロナのまん延により苦境に陥ったプロ野球・スタジアムの経営を 2nd ベンチャーの顧客獲得により改善することにフォーカスをしているが、最終的な目標はコロナ解消後の 2nd ベンチャーによる新市場への備えや、メタバースへの対応にある。

4.2.4.1 実証成果の適用範囲

ワクチンの普及も進み 2024 年にはコロナの影響は解消されコロナ前の状況に戻る可能性が高い。しかし、2025 年以降の普及が予想されていたスタジアム・コンテンツのデジタル化が、今回のコロナ禍により普及時期が前倒しとなっただけで、2nd ベンチャー市場は「新しい生活様式」として存続・拡大することが予想される。図 4.2.4.1 は、本実証の成果が適用が期待される領域を示す。本実証ではプロ野球を対象としているが、図 4.2.4.1 の右側に示す通り、サッカー(Jリーグ)、バスケット(Bリーグ)等、あらゆるプロスポーツへの適用を想定している。更に、図 4.2.4.1 の左側に示すとおり、プロスポーツだけではなく、音楽コンサート、舞台・演劇、e スポーツ等、あらゆるエンターテインメントへの適用を目指している。

エンターテインメント業界全般に、2nd ベンチャーによる収益モデルを横展開することにより、コロナ禍による減収を補うことにとどまらず、コロナ禍前を超える市場に拡大することを目指す。

本実証においては、自由視点映像配信と、オンラインギフティングと、NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売のソリューションの検討を行い、実装に向けた課題、有効性の確認を行った。

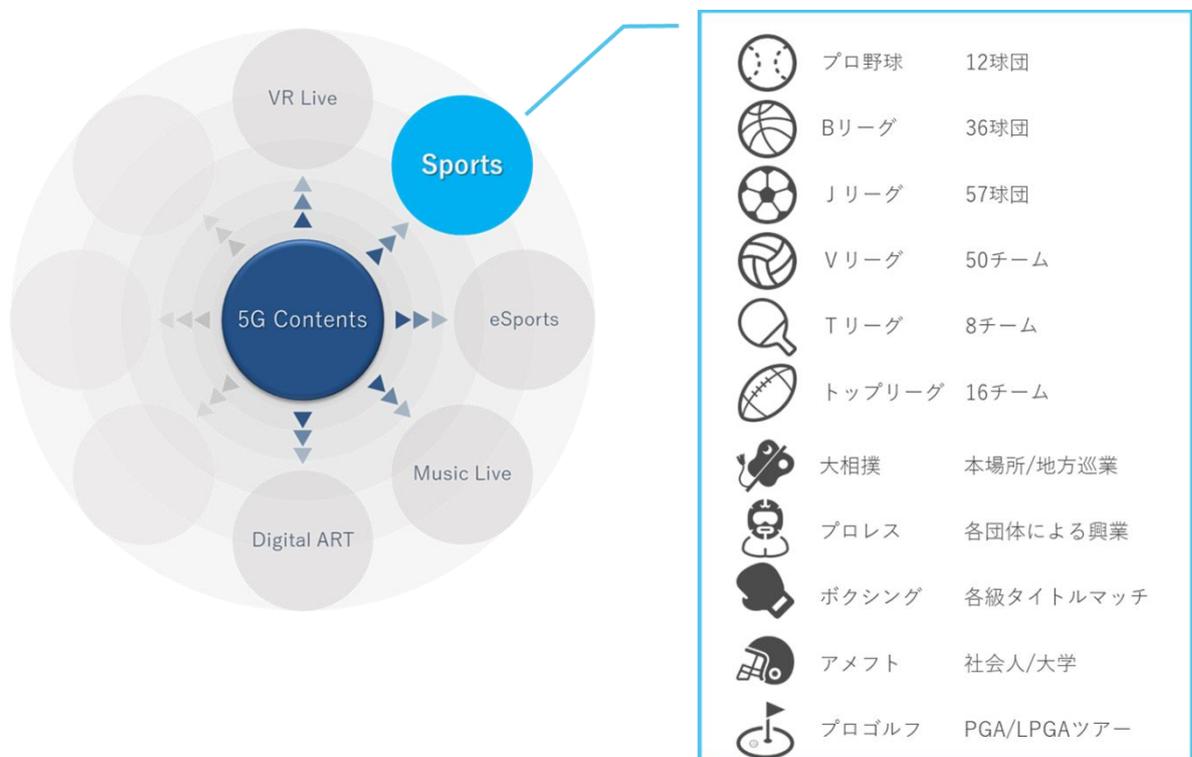


図 4.2.4.1 5G コンテンツ展開イメージ

4.2.4.2 2nd ベニユ事業の社会実装を実現するためのローカル 5G エコシステム

本実証で検討するソリューションは、多くのステークホルダーの連携により実現される。例えば、NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売のソリューションの場合、球団オーナー、スタジアムオーナー、自由視点映像システム提供者、NFT 提供者、データ販売システム提供者、配信事業者など、様々なステークホルダーが関わることになる。ソリューションのスムーズな運営には、各ステークホルダー間のデータのやり取りや、費用のやり取りを簡便に行うことが必要となる。また、スタジアムで行われるイベントは様々であり、イベント毎に必要なソリューションが異なる。ソリューション毎にシステムを構築するのではなく、単一のシステムで様々なソリューションに対応できる仕組みが不可欠となる。スポーツを含むエンターテインメント業界全般へ本実証の成果展開時には、様々なソリューションを簡便に構築可能とする“ローカル 5G エコシステム”の実現を目指す。図 4.2.4.2-a はローカル 5G エコシステムの概念図を示す。ローカル 5G エコシステムは、アプリケーション提供者、コンテンツホルダー、配信事業者、スタジアム事業者にエコシステムを通じて、データや収益を簡便にやり取りすることを可能とする。図 4.2.4.2-b はローカル 5G エコシステムの機能図を示す。ローカル 5G エコシステムに求められる最も重要な機能は、映像提供事業者、サービス提供事業者による連携を低コストかつ短期間に構築することである。図に示す通り、ローカル 5G エコシステムは、両者が連携する際の映像データや制御コマンドの API と、スタジアムでの映像機器の設置・オペレーションを提供する。このようなエコシステムの構築により、2nd ベニユによる収益獲得のためのソリューションが低コストに実現され、エンターテインメント業界全般に貢献することが期待できる。

本実証のコンソーシアムメンバーは、ソリューションを実現するためのステークホルダーでもあるため、本実証を通じてエコシステム実現のための課題や要件の洗い出しが可能となる。本実証終了後、まずはプロ野球を対象としてエコシステムの構築に着手し、プロスポーツ全般、他のエンターテインメントへの横展開を図る。



図 4.2.4.2-a ローカル 5G エコシステムイメージ図

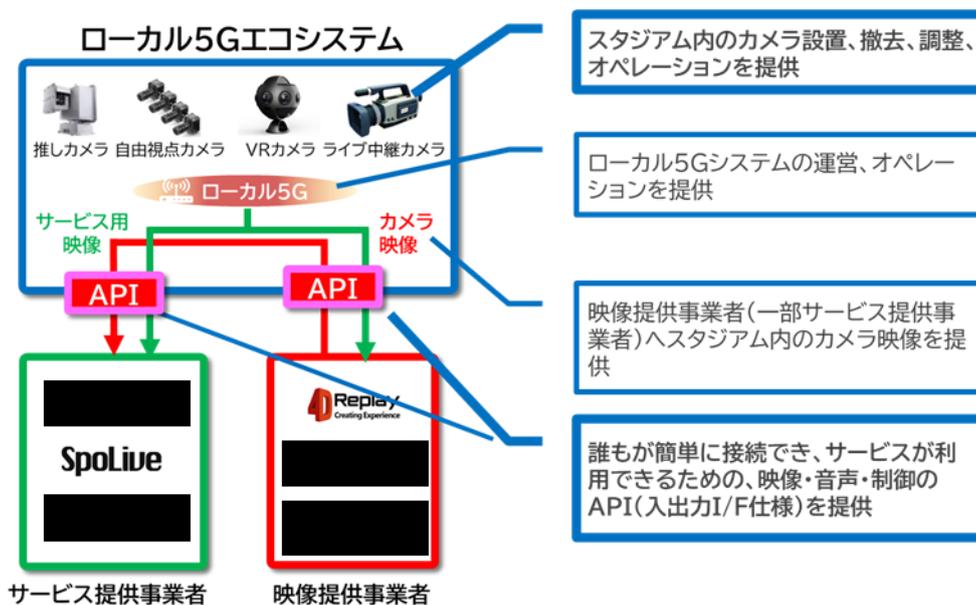


図 4.2.4.2-b ローカル 5G エコシステム機能図

4.2.4.3 ローカル 5G エコシステム詳細

エコシステムはオンプレミス型とクラウド型を提供する。図 4.2.4.3 は、オンプレミス型のローカル 5G エコシステムの詳細を示す。橙色の四角で囲まれたブロックが本実証の対象である。オンプレミス型とクラウド型との機能における差異はなく、初期投資費用とランニング費用とのバランスで選択を行う。例えば、東京ドームの様に、ほぼ毎日イベントが開催されているようなスタジアムであれば、初期投資費用は大きくなるが、オンプレミ

ス型を選択した方が、イベント 1 回あたりのコストを抑えることができる、一方、地方のイベント開催が少ないスタジアムにおいては、初期費用のかからないクラウド型を選択した方が、1 回あたりのコストをオンプレミス型より抑えることができる。

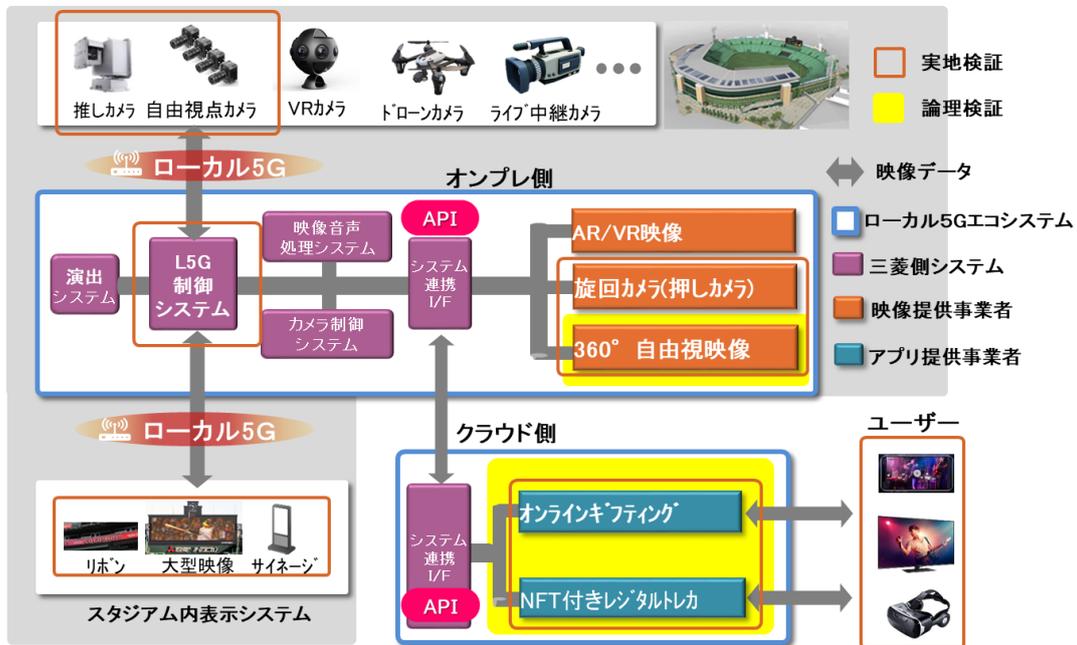


図 4.2.4.3 オンプレミス型ローカル 5G エコシステム概要

4.2.4.4 ローカル 5G エコシステムの運営形態

本実証におけるビジネスモデル図（素案）を図 4.2.4.4 に示す。本ビジネスモデルではシステムの運営は図中右上の運営を担当する会社（図では三菱電機）による対応を想定している。

収益の分配はレベニューシェアを想定する。エコシステムを利用してサービスを提供する、映像提供事業者、サービス適用事業社より、売上の一定比率が運営会社に支払われる。レベニューシェアの導入により、アプリ提供事業者や映像提供事業者のリスクが下がりエコシステム利用のハードルが下がり参画企業の増加が期待できる。

運営には、イベント毎の機器の設置・調整・撤収、イベント中のシステムのオペレーション、保守点検などの作業が発生する。このような作業を行う要員をスタジアム毎に抱えると運営コストが高くなり、システム普及の障害となる。

例えば三菱電機の製品のサービスを行っている関連会社の既存全国ネットワークを活用し運営サービスを提供することで、スタジアムの運営コスト負担が下がることが期待される。また、オンプレミス型とクラウド型の差異は、ローカル 5G エコシステムの本体の設置場所以外は同じであるため、運営に要するコストに大きな違いは無い。クラウド型は、稼働率が低いスタジアムで、のような関連会社が無いケースが大半となる。よって、運営を担当す

る別会社による対応とことを想定している。

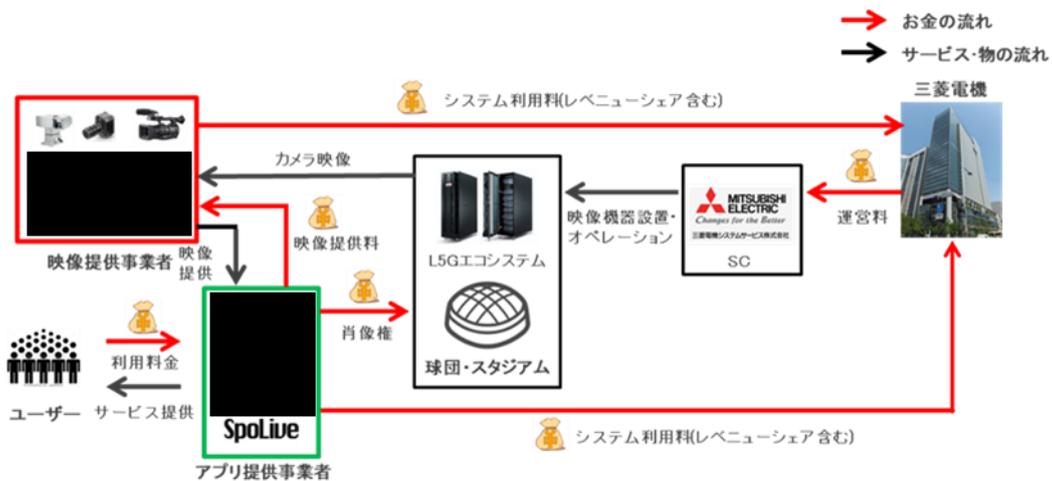


図 4.2.4.4 ローカル 5G エコシステムビジネスモデル

4.2.4.5 社会実装までのロードマップ

図 4.2.4.4 は、社会実装に向けたロードマップを示す。

オンプレミス型のエコシステムは、本実証完了後の 22 年度中、クラウド型のエコシステムは 23 年度中の事業化を目指す。プロ野球以外のスポーツ、音楽コンサート等すべてのイベントに対応したエコシステムは 26 年度中の完成を目指す。

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
社会情勢		★ 東京五輪	★ 北京五輪		★ パリ五輪		★ イタリア五輪
		コロナ禍	withコロナ			afterコロナ	
R3実証		R3実証	事業化				
エコシステム			★ オンプレミス サービスイン (東京ドーム)	★ クラウド サービスイン (XXスタジアム)			★ エコシステム 完成
社会実装			エコシステム(オンプレ)開発	エコシステム(クラウド)開発		他分野展開開発 (他スポーツ、コンサート、 演劇等)	

図 4.2.4.5 社会実装に向けたロードマップ

4.3 実証環境

機能検証である、①360度自由視点映像システム、②巡回カメラ映像システム、③サインページシステム、④LED表示装置システムの検証は、東京ドーム内に検証機器を設置して実証を行った。

図 4.3 は、NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売サービスと、オンラインギフティングサービスが、実証システムのどの部分に該当しているかを示したものである。それぞれの囲われた部分は、ソリューション検証において、シミュレーション環境を構築して検証を行った。

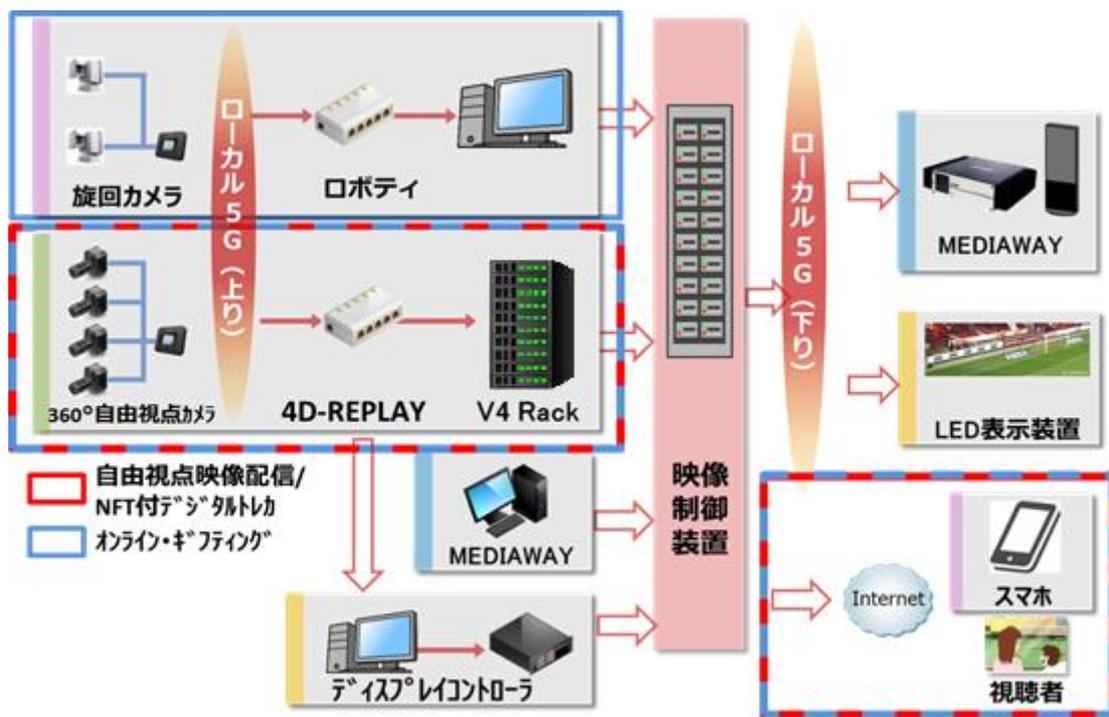


図 4.3 実証システム概要図

4.3.1 360度自由視点映像システム

360度自由視点映像システムは、撮影対象を囲む様に複数(~60台)のカメラを配置し、視聴者の見たい角度から撮影対象を視聴可能な、4DReplay社が開発した映像システムである。通常のカメラでは死角となって見えない部分が多いが、死角の無い映像提供が可能となり、スタジアムで見る以上の臨場感のある映像が実現できる。本システムを利用した映像配信することで、2nd ベニューの顧客獲得が期待される。

本システム実証では、効率的な検証を行うために、ソリューション実証と技術実証は別々の環境を準備して実証を行った。ソリューション実証では、過去に撮影した自由視点映像と検証用に構築した疑似環境で、ユーザーを使った検証を実施する。技術実証は、東京ドーム内で、ローカル5Gで伝送したカメラ映像から自由視点映像を生成する実証を実施した。

4.3.1.1 360度自由視点映像システムの実証環境

図 4.3.1.1-a は、自由視点映像システムの配置イメージ図を示す。内野付近を取り囲むように 16 台のカメラを配置する。自由視点映像が生成される中心領域は、ピッチャー付近とし、左右に 8 台のカメラを割り当てる。

図 4.3.1.1-b は、自由視点映像システムの全体構成図を示す。360 度自由視点カメラで撮影された映像は、H.264 にエンコードされ、PoE、VPN ルーター-A を経由して、ローカル 5G 端末から伝送される。RU で受信された映像データは、VPN ルーター-B、L2SW を経由して V4 Rack に入力され、360 度自由視点映像が生成される。生成された映像データ (H.264) は V4 Rack 内でデコードされ、映像制御装置を経由してサイネージシステムや LED 表示装置に表示される。

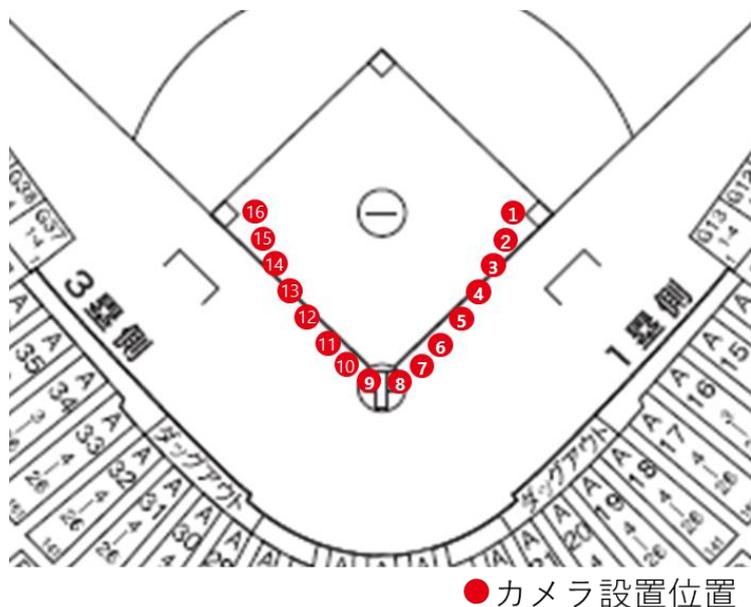


図 4.3.1.1-a 自由視点映像システム カメラ配置図

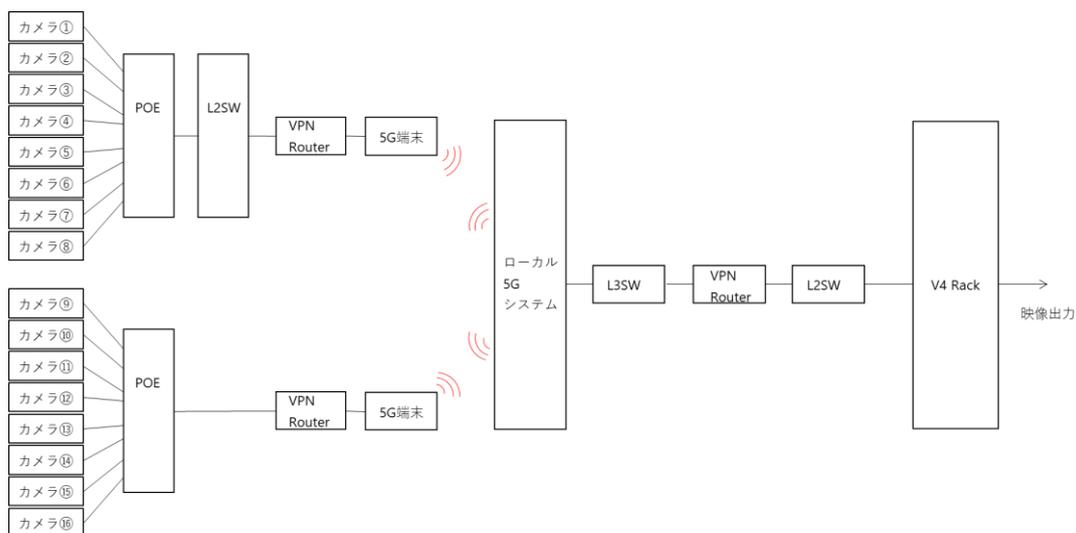


図 4.3.1.1-b 自由視点映像システム全体構成図

4.3.1.2 360度自由視点映像配信ソリューションの実証環境（三菱電機社内実証環境）

三菱電機(株)の社内実証環境には360度自由視点カメラなどの機器は設置せず、図4.3.1.2-aの青枠内のユーザー端末だけを準備する。自由視点映像は予め撮影したデータをWebサーバーへ取り込み、ユーザー端末を介して自由視点映像を体験頂く。

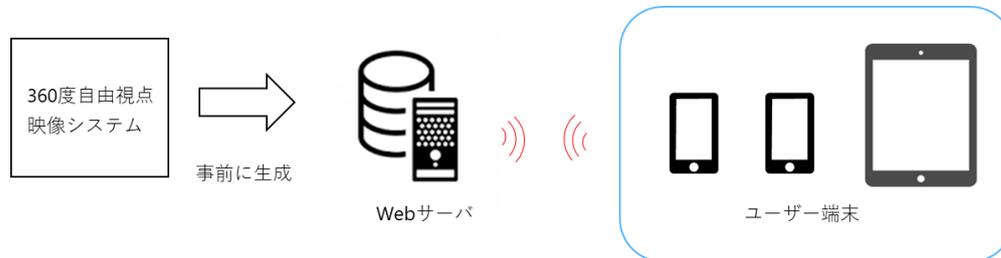


図 4.3.1.2 360度自由視点映像配信ソリューションシステム構成

4.3.1.3 検証アプリケーション

図 4.3.1.3-a、図 4.3.1.3-b、図 4.3.1.3-c は、自由視点映像検証アプリのスクリーンショットである。いずれも10秒前後の長さの自由視点映像となっており、画面左側のアイコンで視点の制御を行い、右側のアイコンで再生時間(送り、戻し)の制御を行う。

LTEルーターを使用すること、実証用のための自由視点映像サーバーでありスペックがそれほど高くなく応答性に課題があることを被験者には事前に説明した上で体験頂いた。

なお、4DReplay社の商用サービスでは応答性の高いシステムを実現している。



図 4.3.1.3-a アプリのスクリーンショット(サッカー)



図 4.3.1.3-b アプリのスクリーンショット(野球)

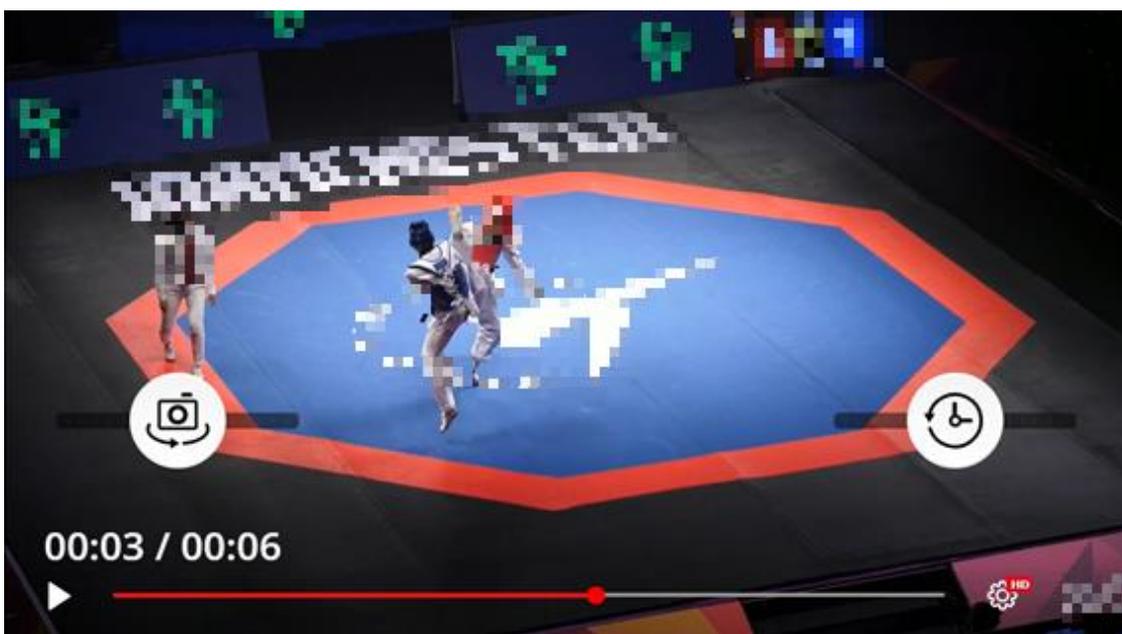


図 4.3.1.3-c アプリのスクリーンショット(テコンドー)

4.3.2 オンラインギフティング（投げ銭）

本実証は、配信された通常の映像とハイライトシーンの 360° 自由視点映像を視聴しながら、オンラインギフティングを行い、同時に投げられた応援メッセージを応援している複数のユーザー間で共有するアプリを使用する。本実証は、ソリューション実証のみとし（自由視点映像と旋回カメラの実機映像は使用せず）、スマホ向けに提供されているスポーツ応援アプリの一つである「SpoLive」をベースに実証環境を構築している。応援機能、オンラインギフティングの機能は「SpoLive」既存のものを使用。自由視点映像視聴機能、デジタルトレーディングカード機能を追加開発して実証を行った。自由視点映像については、4.3.1 章にて説明している本章での説明は割愛する。

4.3.2.1 旋回カメラの映像配信

旋回カメラは三菱電機製の監視用カメラ(NC-7300)を採用し、図 4.3.2.1 は、旋回カメラのシステム構成図である。本カメラからは H.264 でエンコードされた 1920X1080 画素の映像データが IP 変換され出力される。出力データは L2SW と VPN ルーター A を経由して、ローカル 5G 端末 A に入力される。ローカル 5G 端末 A から出力されたデータは、基地局を経由してローカル 5G 端末 B で受信され、VPN ルーター B を経由して旋回カメラ制御サーバーに入力される。旋回カメラ制御サーバーでは H.264 でエンコードされた映像データがデコードされモニターで確認ができる。サーバーには、旋回カメラを上下左右に旋回制御する機能があるが、制御信号は、映像データと逆の経路をたどり旋回カメラへ入力される。一方、旋回カメラ制御サーバーでデコードされた映像信号は HDMI 信号同軸延長器を経由して映像制御装置に入力され、映像表示モニター(液晶パネル)に表示される。

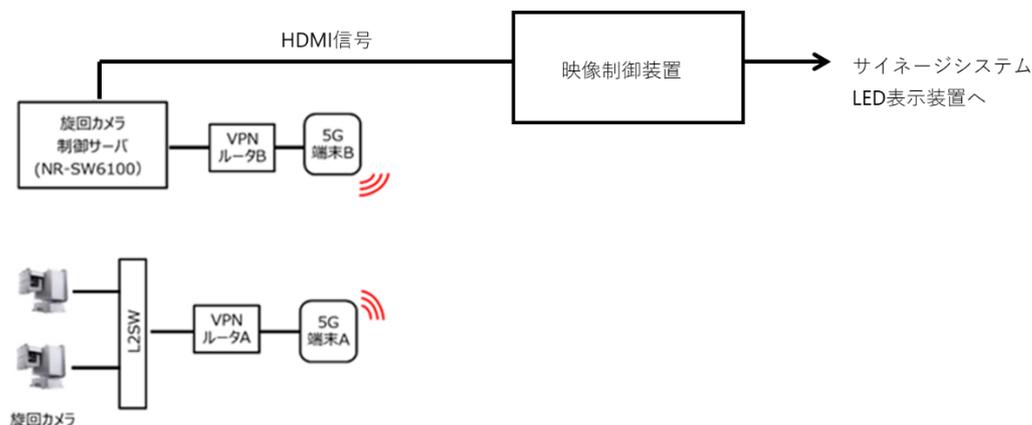


図 4.3.2.1 旋回カメラのシステム構成図

4.3.2.2 オンラインギフティングのソリューション実証環境

応援アプリにて実際の試合(アーカイブ)を観戦しながら、オンラインギフティングをユーザーに体験して頂いた。

図 4.3.2.2 は、オンラインギフティングの概略システム構成図を示す。試合を撮影した

自由視点映像は自由視点映像サーバーを経由して応援アプリサーバーに送られ、巡回カメラの映像は直接応援アプリサーバーに送られる。ユーザーのスマホには検証用の応援アプリがインストールされており、ユーザーは本アプリを使って試合を視聴すると共にオンラインギフティングを行う。

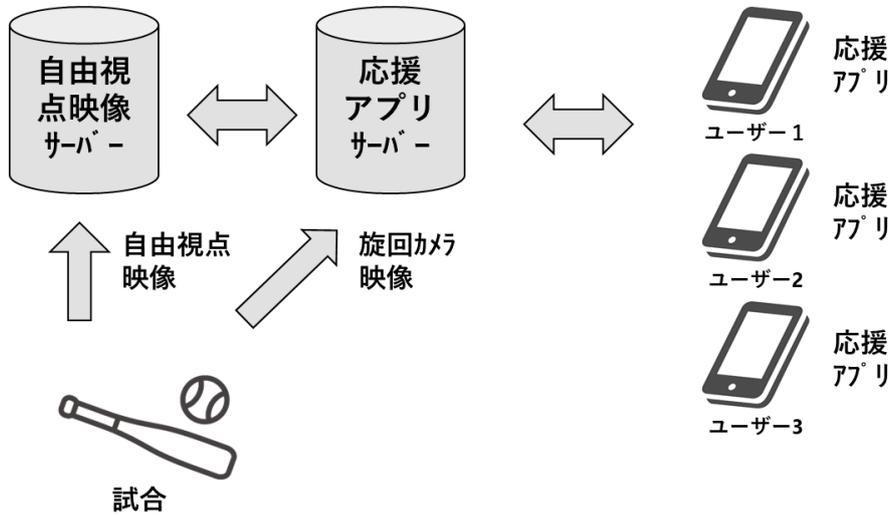


図 4.3.2.2 オンラインギフティングの概略システム構成図

4.3.2.3 オンラインギフティングのアプリケーション

図 4.3.2.3-a、図 4.3.2.3-b、図 4.3.2.3-c、図 4.3.2.3-d、図 4.3.2.3-e は、オンラインギフティング検証アプリのスクリーンショットである。

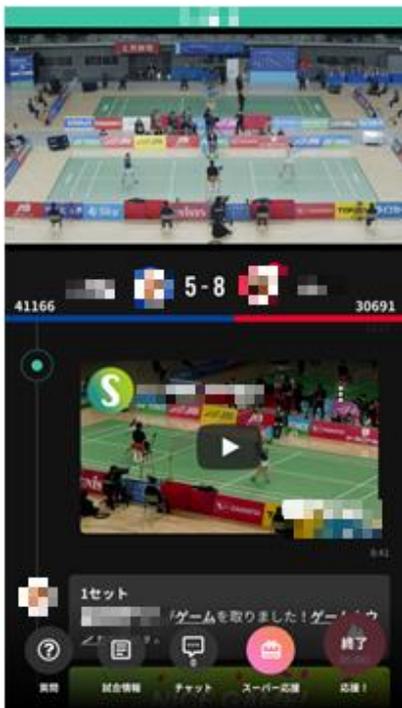


図 4.3.2.3-a、



図 4.3.2.3-b

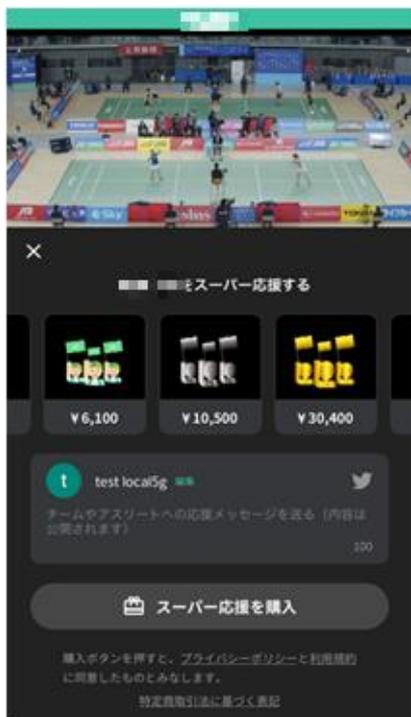


図 4.3.2.3-c



図 4.3.2.3-d

図 4.3.2.3-a は検証アプリのトップ画面で、最上部に試合の中継動画が表示され、中継動画の下に試合中継コメント、応援コメント、応援アイコン等が表示される。図 4.3.2.3-b はスーパー応援(ギフトイング)する選手を選択する画面、図 4.3.2.3-c は応援(ギフトイング)金額を選択する画面、図 4.3.2.3-d は選択した応援(ギフトイング)が実行された画面である。応援実行画面は、すべてのユーザー間で共有される。

また、図 4.3.2.3-a の中央部のサムネイルは、試合の得点シーンを示し、サムネイルをタップすることで、得点シーンの自由視点映像が表示される。

4.3.3 NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)ソリューション

本ソリューションは、撮影された自由視点映像データ1つ1つにブロックチェーン技術を活用した電子鑑定書(Non-Fungible Token: 非代替性トークン)を付与してユーザーへ提供するものである。NFTを適用することにより、デジタルデータを取引するビジネスが可能となる。図4.3.2はブロックチェーンのプラットフォームの一つであるイーサリアムでのNFT活用の概念図である。(但し、実証ではNFTは付与しない)

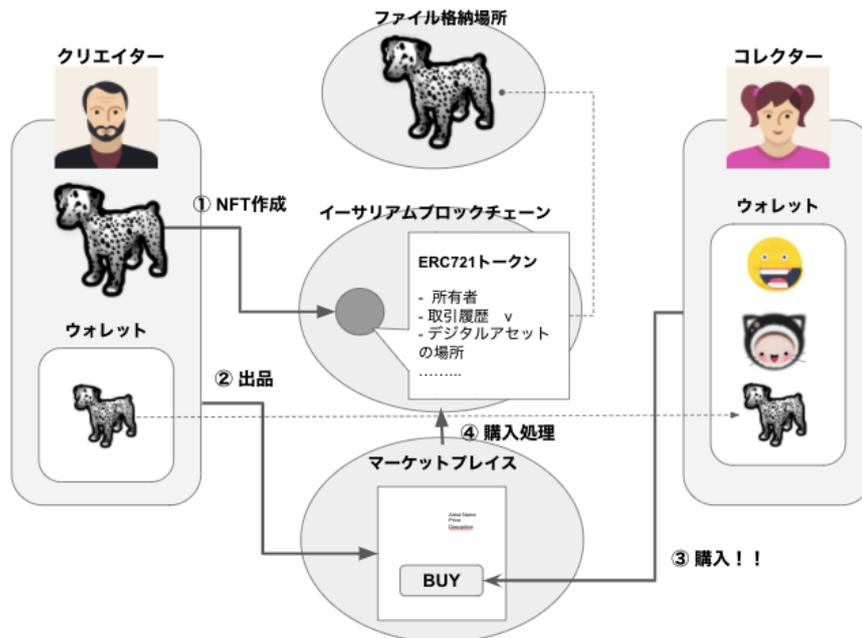


図 4.3.3 イーサリアムブロックチェーン活用の概念図
(引用元: <https://note.com/mikiyasuda/n/n058a58d566f7>)

4.3.3.1 デジタルトレーディングカード実証環境

本サービスについても、4.3.2章で説明したスマホ向けスポーツ応援アプリ「SpoLive」を通じてユーザーに実際に体験して頂いた。全く同じアプリケーションのため詳細な説明は割愛する。

4.3.3.2 デジタルトレーディングカード・アプリケーション

図4.3.3.2-aはデジタルトレーディングカードのトップ画面、図4.3.3.2-bはトップ画面で選択した選手の詳細表示画面、図4.3.3.2-cは選択した選手の自由視点映像によるデジタルトレーディングカードを表示した画面である。



図 4.3.3.2-a



図 4.3.3.2-b



図 4.3.3.2-c

図 4.3.3.2-a のトップ画面でユーザーが見たい選手を選択すると、図 4.3.3.2-b の選手の画面に遷移する、ここで選手の画面をタップすると、図 4.3.3.2-c の画面となり上部に選択した選手の自由視点映像が表示される。実際のサービスではユーザーが視点制御可能な静止画の自由視点映像が表示される仕様となるが、今回はシステムの制約の都合で視点制御ができない動画の自由視点映像となっている。

4.4 実証内容

課題実証はオフラインとし、実証用のコンテンツとして、12/29 に開催された全日本総合バドミントン選手権大会の準決勝の試合映像を使用して実証を行った。三菱電機社員および実証関係者、一般の方、総勢 160 名以上の方に実証に参加頂いた。実証参加者には、自由視点映像をタブレット端末上で自由に動かして頂く他、スポーツ応援アプリ「SpoLive」上で、オンラインギフトティングとデジタルトレーディングカードの疑似体験をして頂いた。また、体験後に、受容性アンケートにご回答いただき、期待値や改善点、サービスの課題等についてもフィードバック頂いた。



図 4.4-a 実証の進め方

日程	21年 9月	10月	11月	12月	22年 1月	2月
プロセス	ステークホルダ協議	サービスデザイン 事業者ヒアリング (地方及び野球以外)	デジタルモック制作	社内検証 受容性アンケート (社内・コンソ内)	実証視察会 受容性アンケート (一般ユーザ)	実証報告 ビジネスモデル検証 (社内外関係者)
説明	・ステークホルダ、ソリューションプロバイダとの協議及び検討	・サービスデザイン検討及び策定 ・事業者ヒアリング実施	・実証用アプリ制作	・社内・コンソーシアムメンバーによる検証 ・中間報告まとめ	※検討中	・最終報告まとめ ※「サービス提供ガイドライン」は現在検討中

図 4.4-b ソリューション実証の進め方

	社内実証	コンソ関係者	社外 (関連会社・CIC)
対象者	各事業部門スタッフ	本実証関係者・企業様	CIC 入居者・当社関係会社
対象者数	148 - 関係会社	10名	3名 + 関係会社
募集方法	社内事業部より選定	担当営業にて依頼	社内事業部より選定
アンケート方法	Web アンケート方式	Web アンケート方式	Web アンケート方式
回数	1	1	1

図 4.4-c アンケート実施要項 (新)

4.4.1 ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証

4.4.1.1 効果検証

ソリューションの効果は、アンケート調査結果をもって検証する。表 4.4.1.1 はアンケート項目を示す。

表 4.4.1.1 アンケート項目

基本アンケート

- Q1. あなたの性別を教えてください。
- Q2. あなたの年齢を教えてください。
- Q3. あなたの居住地を教えてください。
- Q4. 現在あなたと同居している方をすべて教えてください。
- Q5. Q4 で同居しているお子様がいる方へお伺いします。同居しているお子様の学齢を上から順に 5 人までお知らせください。
※選択肢：[未就学児]、[小学校低学年]、[小学校高学年]、[中学生]、[高校生]、[それ以上]
- Q6. あなたは、スポーツ観戦にどの程度興味がありますか。
- Q7. あなたが観戦するスポーツを、好きな順に 1 位から 3 位までお知らせください。（観戦方法は問いません）スポーツを観戦されない方は、「スポーツ観戦はしない」のみを選択し Q10 に進んでください。（Q8、9 は回答不要です）
※選択肢：[野球]、[サッカー]、[フィギュアスケート]、[テニス]、[バレーボール]、[格闘技]、[ゴルフ]、[水泳]、[大相撲]、[バスケットボール]、[競馬]、[マラソン・駅伝]、[ラグビー]、[バドミントン]、[その他]、[スポーツ観戦はしない]
- Q8. あなたのスポーツ観戦の方法と、それぞれの頻度をお知らせください。
※選択肢：[スタジアムやアリーナ]、[自宅のテレビ]、[PC]、[スマートフォン・タブレット]、[スポーツバー]、[パブリックビューイング]、[その他]
- Q9. あなたのスポーツ観戦の楽しみ方にもっとも当てはまるものをお知らせください。

360 度自由視点映像について

- Q10. 魅力を感じましたか？
- Q11. 目新しいと思いましたか？
- Q12. 使ってみたいと思いますか？
- Q13. Q12 で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？
- Q14. Q12 で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？
- Q15. 他の人に勧めたいですか？
- Q16. 改善すべき点があればご記入ください。
- Q17. 期待する点があればご記入ください。
- Q18. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

オンラインギフティングについて

- Q19. 魅力を感じましたか？
- Q20. 目新しいと思いましたか？
- Q21. 使ってみたいと思いますか？
- Q22. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？
- Q23. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？
- Q24. 他の人に勧めたいですか？
- Q25. 改善すべき点があればご記入ください。
- Q26. 期待する点があればご記入ください。
- Q27. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

デジタルトレーディングカードについて

- Q28. 魅力を感じましたか？
- Q29. 目新しいと思いましたか？
- Q30. 使ってみたいと思いますか？
- Q31. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？
- Q32. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？
- Q33. 他の人に勧めたいですか？
- Q34. 改善すべき点があればご記入ください。
- Q35. 期待する点があればご記入ください。
- Q36. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

全体について

- Q37. 自由視点映像によってオンラインギフトの価値は高まると思いますか？
- Q38. 自由視点映像によってデジタルトレーディングカードの価値は高まると思いますか？
- Q39. 実証全体を通じて何かあればお書きください。

(1) 360 度自由視点映像配信ソリューション

(1) 評価・検証項目

評価項目は「表 4.4.1.1 アンケート項目」の Q10-Q18

(2) 評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

(3) 実証結果・考察

一般統計評価(Top1/2 評価及びフィードバックコメント)

■ 360 度自由視点映像のアンケート結果

Q10. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	89	55%
やや魅力的である	60	37%
どちらとも言えない	9	6%
あまり魅力的でない	2	1%
魅力的でない	1	1%
総計	161	2%

	女性	男性	総計	率
魅力的である	20	69	89	55%
やや魅力的である	12	48	60	37%
どちらとも言えない	2	7	9	6%
あまり魅力的でない	2	2	2	1%
魅力的でない	1	1	1	1%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
魅力的である	19	26	19	25	20	89	55%
やや魅力的である	13	21	12	12	2	60	37%
どちらとも言えない	1	3	3	2		9	6%
あまり魅力的でない		1		1		2	1%
魅力的でない			1			1	1%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q11. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	43	27%
ややそう思う	73	45%
どちらとも言えない	24	15%
あまり思わない	18	11%
思わない	3	2%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	8	35	43	27%
ややそう思う	16	57	73	45%
どちらとも言えない	7	17	24	15%
あまり思わない	3	15	18	11%
思わない	3	3	3	2%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	10	12	11	10		43	27%
ややそう思う	16	21	16	19	1	73	45%
どちらとも言えない	4	8	4	7		24	15%
あまり思わない	3	8	3	4		18	11%
思わない	2	1				3	2%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q12. 使ってみてほしいですか？

	回答数	率
そう思う	59	37%
ややそう思う	81	50%
どちらとも言えない	11	7%
あまり思わない	9	6%
思わない	1	1%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	14	45	59	37%
ややそう思う	16	65	81	50%
どちらとも言えない	1	10	11	7%
あまり思わない	3	6	9	6%
思わない	1	1	1	1%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	14	15	12	17	1	59	37%
ややそう思う	25	15	19	21	1	81	50%
どちらとも言えない	7	3	3	1		11	7%
あまり思わない	5	3		1		9	6%
思わない			1			1	1%
総計	51	33	35	40	2	161	

Q13. Q12で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみてほしいですか？

	回答数	率
1 500円未満	90	64%
2 500円以上、1,000円未満	50	35%
3 1,000円以上、3,000円未満	1	1%
総計	141	

	女性	男性	総計	率
1 500円未満	20	70	90	64%
2 500円以上、1,000円未満	11	39	50	35%
3 1,000円以上、3,000円未満	1	1	1	1%
総計	31	110	141	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
1 500円未満	13	23	26	26	2	90	64%
2 500円以上、1,000円未満	16	15	5	12		50	35%
3 1,000円以上、3,000円未満		1				1	1%
総計	31	39	31	38	2	141	

Q14. Q12で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみてほしいですか？

	回答数	率
1 一人で楽しみたい	54	39%
2 家族で楽しみたい	45	32%
4 居合わせた人と楽しみたい	12	9%
3 恋人や友人と楽しみたい	28	20%
その他		0%
総計	139	

	女性	男性	総計	率
1 一人で楽しみたい	9	45	54	39%
2 家族で楽しみたい	13	32	45	32%
4 居合わせた人と楽しみたい	2	10	12	9%
3 恋人や友人と楽しみたい	7	21	28	20%
その他				0%
総計	31	108	139	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
1 一人で楽しみたい	10	15	11	17	1	54	39%
2 家族で楽しみたい	6	11	13	15		45	32%
4 居合わせた人と楽しみたい	5	4	2	1		12	9%
3 恋人や友人と楽しみたい	8	13	4	3		28	20%
その他							0%
総計	29	39	32	37	2	139	

Q15. 他の人に勧めたいですか？

	回答数	率
勧めたい	38	24%
やや勧めたい	73	49%
どちらとも言えない	41	25%
あまり勧めたくない	2	1%
勧めたくない	1	1%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
勧めたい	8	30	38	24%
やや勧めたい	14	65	79	49%
どちらとも言えない	12	29	41	25%
あまり勧めたくない	2	2	2	1%
勧めたくない	1	1	1	1%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
勧めたい	7	14	9	8		38	24%
やや勧めたい	21	19	16	22	1	79	49%
どちらとも言えない	5	17	9	9	1	41	25%
あまり勧めたくない		1		1		2	1%
勧めたくない			1			1	1%
総計	33	51	35	40	2	161	

図 4.4.1.1-a アンケート結果 (360 度自由視点映像)

■ 考察

360 度自由視点映像については、「魅力を感じる」と回答された方が 90%以上、「目新しい」と回答された方が 70%以上、「使ってみてほしい」と回答された方が 80%以上と、大多数の方々に受け入れられた一方で、視点切替えの操作性向上について改善を求めるフィードバックが数多く寄せられた。

期待する点として、リアルタイム性（本実証では 4DReplay 社にて予め用意した自由視点を操作・体験）や、左右だけでなく上下への視点切替え、さらには「推し」選手を追いかける機能、選手目線の視認などの意見があったほか、ズーム機能についても多くの要望

があった。

今回はスタジアムやアリーナにおけるスポーツイベントを想定した実証であったが、その他のユースケースとして、音楽ライブやコンサート、演劇などへの適用に期待感を持たれた方々が多く、現地へ行けなくても自宅などから「推し」の演者やアーティストを様々なアングルから鑑賞出来たら良いとのご意見をいただいた。

その他の主な意見として、「自由視点映像に解説を加えるとより楽しめる」や「フィットネス等のパーソナルトレーニング用にインストラクターの動きを自由に確認できる」、「スタジアムの大型サイネージとの連動」が上がった。

(2) オンラインギフティング・ソリューション

(1) 評価・検証項目

評価項目は「表 4.4.1.1 アンケート項目」の Q19-Q27

(2) 評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

(3) 実証結果・考察

一般統計評価 (Top1/2 評価及びフィードバックコメント)

■ オンラインギフティングのアンケート結果

Q19. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	35	22%
やや魅力的である	61	38%
どちらとも言えない	44	27%
あまり魅力的でない	17	11%
魅力的でない	4	2%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
魅力的である	10	25	35	22%
やや魅力的である	15	46	61	38%
どちらとも言えない	7	37	44	27%
あまり魅力的でない	2	15	17	11%
魅力的でない	4	4	8	5%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
魅力的である	9	13	6	6	1	35	22%
やや魅力的である	15	19	13	13	1	61	38%
どちらとも言えない	8	12	8	16		44	27%
あまり魅力的でない	1	4	8	4		17	11%
魅力的でない		3		1		4	2%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q20. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	33	20%
ややそう思う	56	35%
どちらとも言えない	30	19%
あまり思わない	31	19%
思わない	11	7%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	4	29	33	20%
ややそう思う	11	45	56	35%
どちらとも言えない	9	21	30	19%
あまり思わない	9	22	31	19%
思わない	1	10	11	7%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	6	8	10	8	1	33	20%
ややそう思う	12	15	10	18	1	56	35%
どちらとも言えない	2	9	10	9		30	19%
あまり思わない	11	13	3	4		31	19%
思わない	2	6	2	1		11	7%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q21. 使ってみたいと思いますか？

	回答数	率
そう思う	18	11%
ややそう思う	54	34%
どちらとも言えない	43	27%
あまり思わない	29	18%
思わない	17	11%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	3	15	18	11%
ややそう思う	14	40	54	34%
どちらとも言えない	9	34	43	27%
あまり思わない	5	24	29	18%
思わない	3	14	17	11%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	3	5	4	5	1	18	11%
ややそう思う	11	21	10	12		54	34%
どちらとも言えない	9	10	10	14		43	27%
あまり思わない	7	9	6	6	1	29	18%
思わない	3	6	5	3		17	11%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q22. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？

	回答数	率
500円未満	60	65%
500円以上、1,000円未満	30	32%
1,000円以上、3,000円未満	3	3%
総計	93	

	女性	男性	総計	率
500円未満	15	45	60	65%
500円以上、1,000円未満	7	23	30	32%
1,000円以上、3,000円未満	3	3	6	6%
総計	22	71	93	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
500円未満	13	20	12	15		60	65%
500円以上、1,000円未満	9	10	2	8	1	30	32%
1,000円以上、3,000円未満		1	2			3	3%
総計	22	31	16	23	1	93	

Q23. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？

	回答数	率
一人で楽しみたい	36	40%
家族で楽しみたい	23	26%
恋人や友人と楽しみたい	21	23%
居合わせた人と楽しみたい	10	11%
その他		0%
総計	90	

	女性	男性	総計	率
一人で楽しみたい	10	26	36	40%
家族で楽しみたい	5	18	23	26%
恋人や友人と楽しみたい	4	17	21	23%
居合わせた人と楽しみたい	2	8	10	11%
その他				0%
総計	21	69	90	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
一人で楽しみたい	9	9	5	13		36	40%
家族で楽しみたい	2	8	8	5		23	26%
恋人や友人と楽しみたい	7	10	2	2		21	23%
居合わせた人と楽しみたい	2	4	1	2	1	10	11%
その他							0%
総計	20	31	16	22	1	90	

Q24. 他の人に勧めたいですか？

	回答数	率
勧めたい	23	14%
やや勧めたい	45	28%
どちらとも言えない	75	47%
あまり勧めたくない	14	9%
勧めたくない	4	2%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
勧めたい	4	19	23	14%
やや勧めたい	12	33	45	28%
どちらとも言えない	16	59	75	47%
あまり勧めたくない	2	12	14	9%
勧めたくない	4	4	8	5%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
勧めたい	5	4	9	4	1	23	14%
やや勧めたい	13	12	7	13		45	28%
どちらとも言えない	12	29	12	21	1	75	47%
あまり勧めたくない	3	3	7	1		14	9%
勧めたくない		3		1		4	2%
総計	33	51	35	40	2	161	

図 4.4.1.1-b アンケート結果 (オンラインギフティング)

■ 考察

オンラインギフティングについては、「魅力を感じる」と回答された方が 60%、「目新し

い」と回答された方が50%以上、「使ってみたい」と回答された方が50%弱と、約半数の方々に受け入れられ、当初想定していた「コアユーザー向け」というターゲティングに合致する。

一方で、ギフトングに対する「見返り」や「報酬」などのモチベーションの向上施策について改善を求めるフィードバックや、ギフトングしたチームや選手からの反応があるなどのインタラクティブ性についても要望が多く寄せられた。

期待する点としては、ギフトングした応援メッセージを「スタジアム内の大型ビジョンに表示させる」などして、リアルとオンラインの融合、もしくは一体感を感じられる施策や、「特定の選手へギフトングできるようにする」だけでなく、その「選手からお礼メッセージが届く」などのインタラクティブ性を求める声が寄せられた。

その他、「ギフトングする金額を自由に設定したい」や1日にギフトングできる金額を設定できる「プリペイド方式の採用」、特に未成年層への配慮として制限を掛けたり、ギフトング単価を引き下げるなどのメニュー設定など、運用における対応についてもフィードバックを頂いた。

また今回の実証では SpoLive Interactive 社のアプリを採用して実施したが、ギフトングの収益の90%以上が選手やチームに還元される点について、ほぼ全ての方から共感を頂けており、その他の投げ銭アプリやサービスとは一線を画した非常に社会性の高いサービスであることが確認できた。

(3) NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売ソリューション

1) 評価・検証項目

評価項目は「表 4.4.1.1 アンケート項目」の Q28-Q36

2) 評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

3) 実証結果・考察

一般統計評価 (Top1/2 評価及びフィードバックコメント)

■ デジタルトレーディングカードのアンケート結果

Q28. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	24	15%
やや魅力的である	62	39%
どちらとも言えない	33	20%
あまり魅力的でない	35	22%
魅力的でない	7	4%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
魅力的である	7	17	24	15%
やや魅力的である	12	50	62	39%
どちらとも言えない	7	26	33	20%
あまり魅力的でない	8	27	35	22%
魅力的でない		7	7	4%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
魅力的である	6	8	6	4		24	15%
やや魅力的である	14	16	13	17	2	62	39%
どちらとも言えない	8	10	5	10		33	20%
あまり魅力的でない	5	14	11	5		35	22%
魅力的でない		3		4		7	4%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q29. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	39	24%
ややそう思う	53	33%
どちらとも言えない	40	25%
あまり思わない	23	14%
思わない	6	4%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	6	33	39	24%
ややそう思う	11	42	53	33%
どちらとも言えない	10	30	40	25%
あまり思わない	6	17	23	14%
思わない	1	5	6	4%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	8	14	11	6		39	24%
ややそう思う	15	15	5	16	2	53	33%
どちらとも言えない	5	9	14	12		40	25%
あまり思わない	4	11	4	4		23	14%
思わない	1	2	1	2		6	4%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q30. 使ってみたいと思いますか？

	回答数	率
そう思う	15	9%
ややそう思う	47	29%
どちらとも言えない	45	28%
あまり思わない	41	25%
思わない	13	8%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
そう思う	2	13	15	9%
ややそう思う	11	36	47	29%
どちらとも言えない	7	38	45	28%
あまり思わない	13	28	41	25%
思わない	1	12	13	8%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
そう思う	4	4	5	2		15	9%
ややそう思う	12	16	7	11	1	47	29%
どちらとも言えない	6	12	11	16		45	28%
あまり思わない	9	15	10	6	1	41	25%
思わない	2	4	2	5		13	8%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q31. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？

	回答数	率
500円未満	60	72%
500円以上、1,000円未満	22	27%
1,000円以上、3,000円未満	1	1%
総計	83	

	女性	男性	総計	率
500円未満	14	46	60	72%
500円以上、1,000円未満	3	19	22	27%
1,000円以上、3,000円未満		1	1	1%
総計	17	66	83	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
500円未満	13	20	11	15	1	60	72%
500円以上、1,000円未満	7	6	3	6		22	27%
1,000円以上、3,000円未満		1				1	1%
総計	20	27	14	21	1	83	

Q32. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？

	回答数	率
一人で楽しみたい	38	48%
家族で楽しみたい	20	25%
恋人や友人と楽しみたい	16	20%
居合わせた人と楽しみたい	4	5%
その他	2	3%
総計	80	

	女性	男性	総計	率
一人で楽しみたい	8	30	38	48%
家族で楽しみたい	4	16	20	25%
恋人や友人と楽しみたい	5	11	16	20%
居合わせた人と楽しみたい		4	4	5%
その他		2	2	3%
総計	17	63	80	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
一人で楽しみたい	12	10	7	9		38	48%
家族で楽しみたい	6	1	5	8		20	25%
恋人や友人と楽しみたい	5	7	1	2	1	16	20%
居合わせた人と楽しみたい	1	1	1	1		4	5%
その他	2					2	3%
総計	26	19	14	20	1	80	

Q33. 他の人に勧めたいですか？

	回答数	率
勧めたい	16	10%
やや勧めたい	50	31%
どちらとも言えない	70	43%
あまり勧めたくない	21	13%
勧めたくない	4	2%
総計	161	

	女性	男性	総計	率
勧めたい	3	13	16	10%
やや勧めたい	12	38	50	31%
どちらとも言えない	16	54	70	43%
あまり勧めたくない	3	18	21	13%
勧めたくない		4	4	2%
総計	34	127	161	

	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
勧めたい	4	3	5	4		16	10%
やや勧めたい	12	16	11	10	1	50	31%
どちらとも言えない	11	25	12	21	1	70	43%
あまり勧めたくない	6	5	7	3		21	13%
勧めたくない		2		2		4	2%
総計	33	51	35	40	2	161	

図 4.4.1.1-c アンケート結果 (デジタルトレーディングカード)

■ 考察

デジタルトレーディングカードについては、「魅力を感じる」と回答された方と、「目新しい」と回答された方が50%以上、「使ってみたい」と回答された方が40%弱と、およそ半数の方々に受け入れられ、前述のオンラインギフティングと同様、当初想定していた「コアユーザー向け」というターゲティングに合致する。

今回の実証では『NFT 付き』のカード制作には至らず、概念実証に留まった形ではある

が、回答者からは「NFT 付き」で唯一性を担保するだけでなく、試合では見られないオフショット映画像や、放映では出てこない絵面など、希少性・レアリティの向上についても数多くフィードバックを頂いた。

今回の実証ではオンラインギフティングと同様、SpoLive Interactive 社のサービスを採用させて頂いたが、コレクションだけでなく、カードの交換制度や保有するお気に入りの選手を起点としたファン同士の繋がりや、チーム・選手などと交流できるファンサービスイベントとの連携についても多くの期待が寄せられた。

また 360 度自由視点映像との掛け合わせには親和性を感じさせるコメントが寄せられており、デジタルトレーディングカードの価値を向上させるに資するコンテンツであることが確認できた。

4.4.1.2 機能検証

(1) 360度自由視点映像システム

本システムは360度自由視点カメラと自由視点映像生成装置を有線で接続した構成で製品化されている。ローカル5G環境において360度自由視点映像の合成可否を確認した。

【カメラ設定】

カメラは以下のように設定している。

解像度：FHD (1920 x 1080 pix)

フレームレート：30fps

データレート：9Mbps

1. 評価・検証項目

360度自由視点映像の生成のためには16台のカメラから上り回線を経由して、V4 Rackへ映像伝送される。V4 Rackでは合成映像を生成し、下り回線を経由してサイネージディスプレイやLED表示装置に映像が伝送される。

以下の条件下で30秒間の合成映像を生成可能な最大のカメラ接続台数を確認した。

1) ローカル5G端末を上り下り回線同時使用する場合

映像を合成しながら、すぐさま合成映像を表示する運用を想定し、最大のカメラ接続台数を確認した。

2) ローカル5G端末を上り回線

合成映像を作り置きし、試合ハイライトを映像装置に表示する運用を想定し、最大のカメラ台数を確認した。

2. 検証結果および考察

1) ローカル 5G 端末を上り下り回線同時使用する場合

最大 12/16 台のカメラ映像を合成可能であることを確認した。

2) ローカル 5G 端末を上り回線

最大 16/16 台のカメラ映像を合成可能であることを確認した。

上り下り回線同時使用した場合、

- ・回折や反射等の影響で、移動機の上り通信が他の RU に対して多少とも干渉源となっている。
- ・下り高速通信中の移動機の下り受信データに対する ACK や NACK 等の応答信号を上りで送出することによる上り無線リソースを圧迫している。

ことにより、 $9\text{Mbps} \times 16 \text{台} = 144\text{Mbps}$ の上り通信が得られないため、最大カメラ接続台数が 12/16 台となったものと考えられる。

16 台接続するためには以下の対応が考えられる。

- ・RU への上り干渉を抑制する (RU や移動機を物理的に離して設置する)
- ・移動機を MIMO 対応のものにバージョンアップし、スループットを改善する
- ・360 度自由視点カメラを高圧縮で映像伝送できるものに変更する



図 4.4.1.2-a 合成した自由視点映像

(2) 巡回カメラシステム

本システムは巡回カメラと制御サーバを有線 LAN で接続した構成で製品化されている。
ローカル 5G 環境において巡回カメラ映像・制御信号の伝送可否を確認した。

(1) 評価・検証項目

図 4.4.1.2-b に検証項目を示す。

項目	分類	手順	確認内容	試験結果	判定
1	映像伝送	巡回カメラ×2台（カメラ1, 2）の映像ストリームを送出し、巡回カメラ制御サーバ(Viewer)で表示の確認を実施する。	カメラ1, 2の映像が正常に表示されることを確認する。	正常表示を確認	良好
2	カメラ制御	カメラ1および2に対して、巡回(上下左右)、レンズ(ズーム・フォーカス)、プリセット制御を巡回カメラ制御サーバ(Viewer)から実施し、制御動作・映像表示の確認を実施する。	カメラ1, 2の制御動作が正常に行われ、制御動作時の映像が正常に表示されることを確認する。	正常表示を確認	良好
3	映像ストリーム伝送状態	巡回カメラ映像ストリーム伝送状態の確認を実施する。	制御を巡回カメラ制御サーバで受信映像ストリームをキャプチャし、パケットロス発生有無を確認する。 (キャプチャパケットのシーケンス番号の連続性を確認)	シーケンス番号の連続性を確認	良好
4	映像制御装置へのHDMI出力	映像制御装置へのHDMI出力表示の確認を実施する。	巡回カメラ制御サーバ(Viewer)からのHDMI出力が映像制御装置に伝送されることを確認する	正常表示を確認	良好

図 4.4.1.2-b 検証項目

(2) 検証結果および考察

巡回カメラの表示は有線接続と同等の映像品質が確認された。

巡回カメラの制御は 5G 無線網においても可能であった。

カメラ操作の応答速度も違和感なく制御可能であった。

(3) サイネージシステム

本システムは有線ネットワークで接続した構成で製品化されている。ローカル 5G 環境においてサイネージシステムの伝送可否を確認した。

(1) 評価・検証項目

図 4.4.1.2-c に検証項目を示す。

項目	分類	手順	確認内容	試験結果	判定
1	ストリーミング映像表示	ストリームサーバが出力する映像信号を5G無線伝送する。 ストリームサーバの圧縮率は50MBpsとする。	サイネージディスプレイに表示されることを確認する。	映像表示を確認。	良好
2	ストリーミング映像表示	ストリームサーバが出力する映像信号を5G無線伝送する。 ストリームサーバの圧縮率は50MBpsとする。	映像制御装置からの映像として、タイマー表示映像を入力し、サイネージディスプレイに表示させる。 入力映像とサイネージディスプレイ間の映像遅延を確認する。	遅延時間約0.5sec	良好
3	サイネージ制御	編集端末からサイネージシステムの制御が可能であることを確認する。	サイネージスケジュール表示中に割り込み表示をする。 表示端末 (XNT-5000) を再起動する。 表示端末 (XNT-5000) のステータス確認をする。	左記のいずれも制御可能であることを確認。	良好

図 4.4.1.2-c 検証項目

(2) 検証結果および考察

サイネージディスプレイの表示は有線接続と同等の映像品質が確認された。
遅延時間約 0.5sec はサイネージシステムの表示遅延として低遅延なものであった。
サイネージシステムの制御は 5G 無線網においても可能であった。
上記、いずれも良好な結果が得られた。

(4) LED 表示装置システム

(1) 評価・検証項目

以下の条件下で HD-SDI 映像信号を 5G 無線伝送可能であることを確認した。

SDI-IP 変換機：Matrox 社製 MDP3020

映像ビットレート：5Mbps

圧縮方式：H.264

(2) 検証結果および考察

LED 表示装置の画質は有線接続と同等の映像品質が確認された。イベント向けなどで、仮設・解体を頻繁に繰り返すレンタルスクリーン向けには有効なソリューションになると考えられる。

4.4.1.3 運用検証

(1) 360 度自由視点映像システム

360 度自由視点映像システムは、撮像の視点を定める必要があるため、スタジアムでは「1つの設備」として常設されており、カメラ位置やケーブル類は固定された状態で運用されている。そのため、他のイベントに適用させようとする、都度カメラの調整や配線を引き回す必要がある。

しかしローカル 5G ではカメラと基地局とを無線でつなげることができるため、配線の引き回しも必要なく、カメラも動かすことが可能となるため、コンサートなどのイベントにも本システムを適用することが可能となる。

本章では、従来の固定されたシステム、有線により可搬化したシステム、ローカル 5G により可搬化したシステムの、3つのケースにおけるコスト比較検証結果を示す。

(1) 評価・検証項目

本検証では、スタジアムで開催されるプロ野球、イベントの 1 日あたりのコストを 3つのケースで比較評価する。

(2) 評価・検証方法

総コストは、自由視点映像システムの機器費用、工事費、ローカル 5G の機器費用、イベント毎のカメラの設置費用、調整費用、自由視点映像システムのオペレーション費用、エコシステムのシステム費用から、ミュレーションで算出する。算出の条件は下記の通り。

・機器費用と工事費用

5年間で償却することを前提

・カメラの設置費用、調整費用とシステムのオペレーション費用

これまでの実績値と、今回の実証での実測値を採用

・スタジアムの年間稼働率

野球 72 日、イベント ■■■ 日とする。(稼働率 75%)

(ア) 評価結果

表 4.4.1.3-a は、従来の固定されたシステムのコスト試算結果を示し、表 4.4.1.3-b は、有線とローカル 5G で可搬化されたシステムのコスト試算を示す。

■従来の固定されたシステム

費目	固定設置
(1)機材(H/W) 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(●●百万) カメラ設置台数 60台 ●●百万
(2)初期設置工事 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(●●百万) カメラ設置台数 60台 ●●百万
(3)4Dシステム運営費用(プロ野球のみ年間72試合) 費用	システムのオペレーション(72試合分)、ライセンス、保守費用を含む年間契約 ●●百万
年間総費用	48百万
1日あたりの費用	0.67百万

■ 機器・工事費用 ■ 4DReplay社費用

表 4.4.1.3-a 従来の固定されたシステムのコスト試算

固定式のため、野球以外のイベントには利用できないため、年間の利用日数は、ホームでの試合数である 72 試合とする。1 日あたりのシステムコストは、約 67 万となる。

■可搬化されたシステム（有線、ローカル 5G）

費目	有線接続	ローカル 5G接続
(1)機材(4Dシステム) 償却年数 5年 機材(ローカル5Gシステム) 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(■百万) カメラ設置台数 60台 (仮設のため工事費は無し)	大型スタジアムを想定(■百万) カメラ設置台数 60台
		ローカル 5G基システム一式(■百万) 但し、2025年を想定した価格
(2)試合毎の作業（プロ野のみ） 開催中は他のイベントは実施せず 年間試合数 72試合 費用	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 1人日(1人×1日)
	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)
	システムオペレーション ■百万 1人日(1人×1日)	システムオペレーション ■百万 1人日(1人×1日)
	費用	費用
(3)イベント毎の作業（プロ野球除く） 年間イベント回数 ■回 費用 年間イベント日数 ■日 (2日/イベント) 費用	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)
	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)
	システムの運営・操作 ■百万 1人日(1人×1日)	システムの運営・操作 ■百万 1人日(1人×1日)
	費用	費用
(4)4Dシステム運営費用 年間契約 ライセンス、保守費用を含む年間契約 費用	ライセンス、保守費用を含む年間契約	ライセンス、保守費用を含む年間契約
年間総費用	129百万	96.4百万
1日あたりの費用	0.47百万	0.35百万

■ 機器・工事費用

■ 4DReplay社費用

表 4.4.1.3-b 可搬化されたシステムのコスト試算

カメラを可搬化することで、野球以外のイベントでシステムを利用することが可能となるため、従来の固定式と比較して、有線の場合で約 30%、ローカル 5G の場合で約 50%（対有線で 25%）の削減が期待される。

本試算では、自由視点システムをスタジアムで購入することが前提のため、イベント数が多いほどコストが下がるが、イベントの少ない地方のスタジアムの場合、本試算ほどの効果は期待できない。地方においては、イベントの度に自由視点映像システムをリースまたはレンタルするような仕組みが必要となる。

■課題 1 カメラの設置・調整

ローカル 5G を適用した可搬化したシステムでは、カメラの設置調整が都度必要

となるため、全国展開をした場合、大規模なサービス提供網の構築が必要となる。上記試算では、XXXXXXXXXX、例えば、映像関連のソリューションを提供している三菱電機システムサービス(株)が保有する全国ネットのサービス網を活用するなどの検討が必要である。

■課題2 システムのオペレーション

ローカル5Gを適用したシステムにおいても、カメラが固定されたシステム同様に現地にて、リプレイ映像を編集する等のオペレーション要員の確保が必須となっているため、XXXXXXXXXXこうした体制が構築できれば、現地に要員を配置する必要がなく、効率的に全国のスタジアムのオペレーションが可能となる。

4.4.2 ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証

4.4.2.1 ローカル5G活用モデルの構築・検証

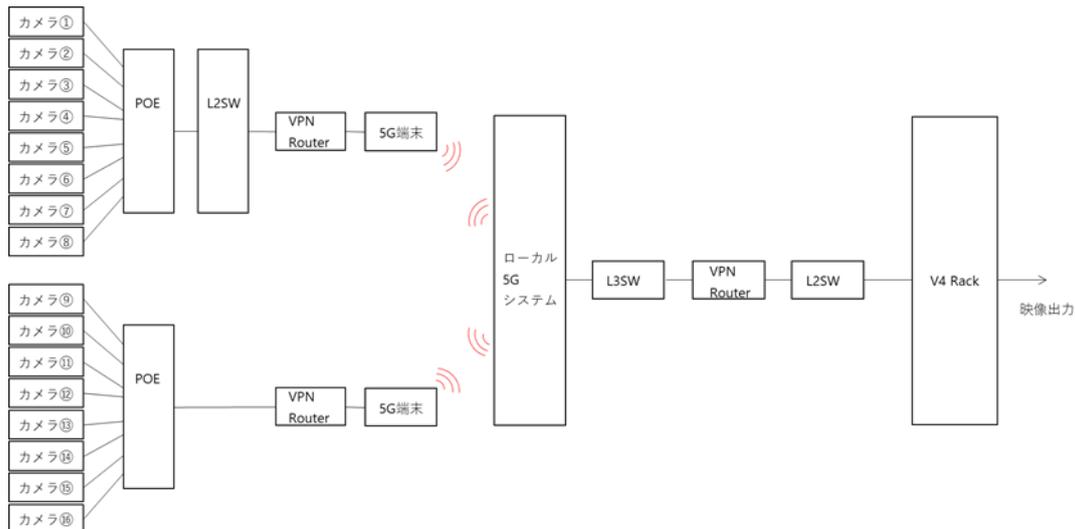
(1) 360度自由視点映像配信システム

■想定される具体的な主体及びターゲット

本システムは全国のスタジアムやアリーナへ適用することでき、主にプロスポーツやライブ・エンターテインメントが有力な市場と言える。またユーザーは一般来場者のみならず、オンライン視聴者も含まれる。

■対象となるシステム

360度自由視点映像は以下のシステムによって生成・配信される。



自由視点映像撮影システム (図 4.4.2.1-a)

■詳細の前提条件

自由視点映像の撮影に際しては、スタジアム事業者を通じて関連する球団や団体、所属

事務所などへ肖像権の使用許諾を得る必要があるため、規約や契約条件などの取り交わしを別途締結する。

■標準モデル

東京ドームのような複数の興行が見込まれるスタジアムにはオンプレミス型サービスを、特定の興行に特化される、もしくは興行回数が年間 100 回を下回るような中小規模のスタジアムではクラウド型サービスを提供する。

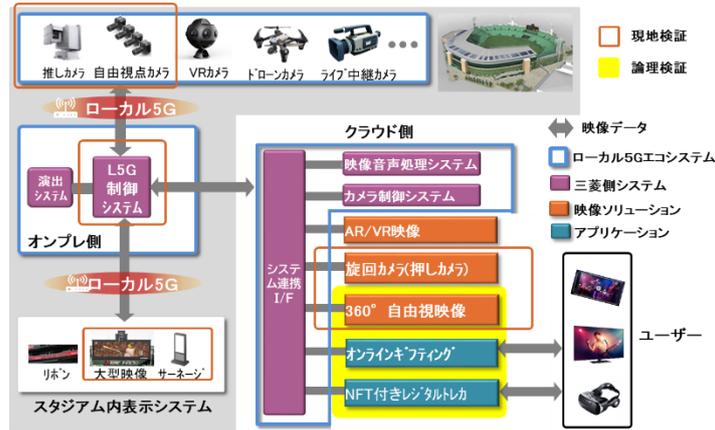


図 4.4.2.1-b エコシステムイメージ図

■体制・事業スキームのモデル

事業・運営主体はスタジアムやアリーナを運営する事業会社とし、地域のネットワーク事業者をローカル 5G の免許人に据えて、三菱電機（または関係会社）と 4DReplay にてシステムを構築する。

■導入効果

スタジアム来場者の増加に伴う、物販売上の向上および、非来場者によるデジタルコンテンツ売上（オンラインギフティングとデジタルトレーディングカード）

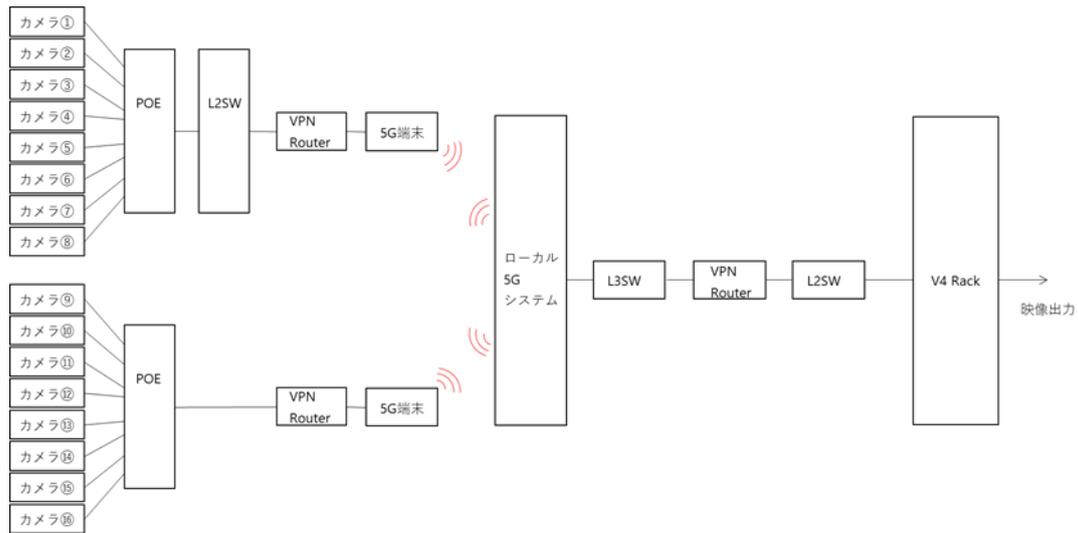
(2) NFT 付き自由視点映像データ（デジタルトレーディングカード）販売

■想定される具体的な主体及びターゲット

本アプリケーションは、360 度自由視点映像配信システムが導入されたスタジアムやアリーナへ適用することで、主にプロスポーツやライブ・エンターテインメントが有力な市場と言える。また主なユーザーはコアな非来場者を想定。

■対象となるシステム

デジタルコンテンツは以下の 360 度自由視点映像によって生成・配信される。



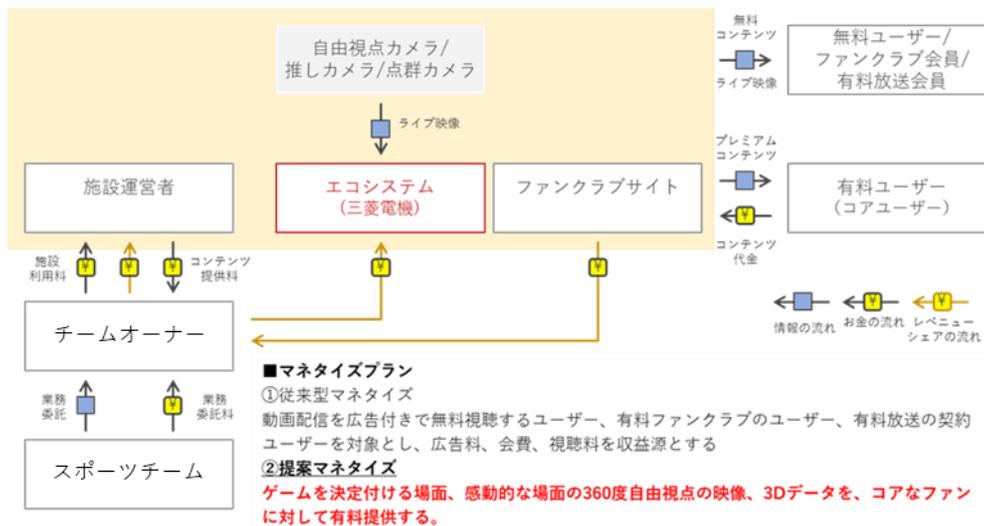
自由視点映像撮影システム（図 4.4.2.1-a）再掲

■詳細の前提条件

自由視点映像の撮影に際しては、スタジアム事業者を通じて関連する球団や団体、所属事務所などへ肖像権の使用許諾を得る必要があるため、規約や契約条件などの取り交わしを別途締結する。

■標準モデル

ビジネスモデルは図 4.4.2.1-c の通りで、ゲームを決定づける場面や感動的な場面における自由視点映像や 3D データをコアなファンに対して有料提供する。



NFT 付き自由視点映像データ販売ビジネスモデル（図 4.4.2.1-c）

■体制・事業スキームのモデル

事業・運営主体はスタジアムやアリーナを運営する事業会社とし、地域のネットワーク事業者をローカル 5G の免許人に据え、三菱電機（または関係会社）と 4DReplay にてシステムを構築する。

■導入効果

主に非来場者や特定のコアなファンによるデジタルコンテンツの売上が見込めるほか、ファンサービスイベントとの連携を通じて（スタジアムへの）復客効果も見込める。

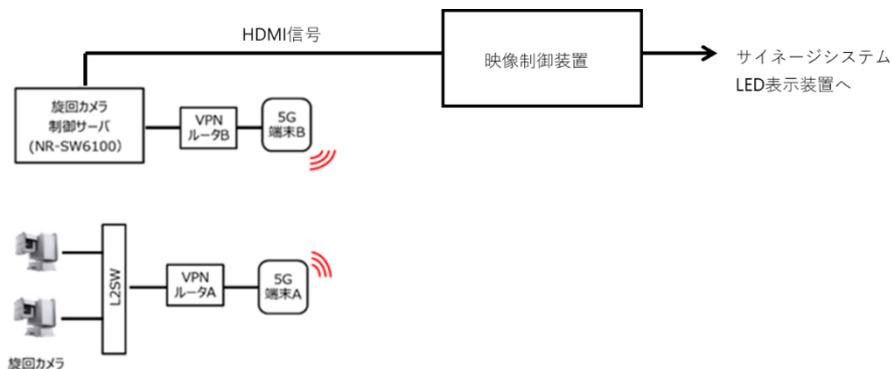
(3) オンラインギフトイング(投げ銭)

■想定される具体的な主体及びターゲット

本アプリケーションは、360度自由視点映像配信システムが導入されたスタジアムやアリーナへ適用でき、主にプロスポーツやライブ・エンターテインメントが有力な市場と言える。また主なユーザーはコアな非来場者を想定。

■対象となるシステム

下記システムによって撮影・生成された映像をオンラインギフトイングアプリへ連携する。



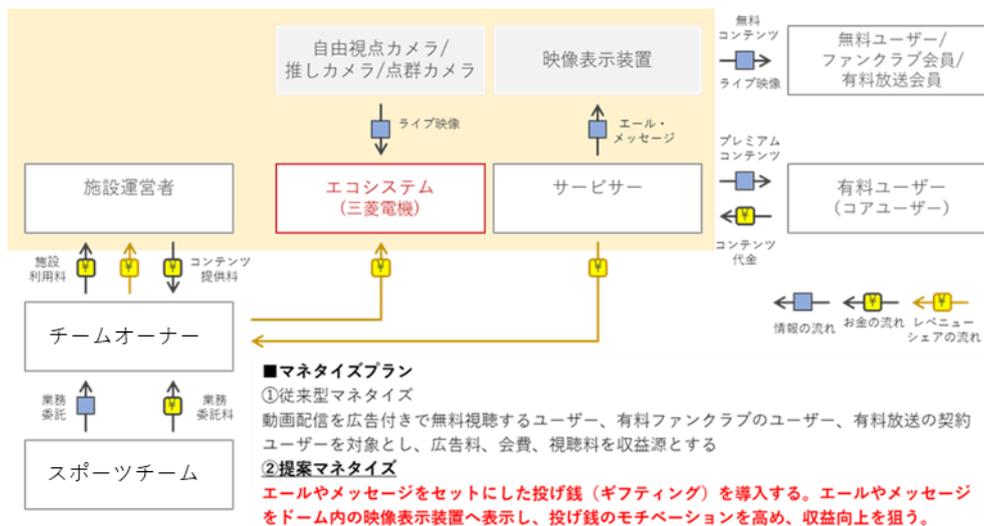
回転カメラシステム (図 4.4.2.1-d)

■詳細の前提条件

オンラインギフトイングは、スタジアム事業者もしくは興行主体であるスポーツ団体やチーム、関係者によって運営されるため、事前にスタジアム事業者、チーム・団体との交渉を進めていく必要がある。

■標準モデル

ビジネスモデルは図 4.4.2.1-e の通りで、ゲームを決定づける場面や感動的な場面における自由視点映像をギフトイングコンソールに組み込み、コアなファンに対して特別なギフトイングを促す。



オンラインギフティングのビジネスモデル(図 4.4.2.1-e)

■体制・事業スキームのモデル

事業・運営主体はスタジアムやアリーナを運営する事業会社とし、地域のネットワーク事業者をローカル 5G の免許人に据え、三菱電機（または関係会社）とシステムを構築する。

■導入効果

主に非来場者や特定のコアなファンによるギフティングの売上が見込めるほか、ファンサービスイベントとの連携を通じて（スタジアムへの）復客効果も見込める。

(4) ソリューション提供環境の汎用性

本実証ではプロ野球を想定した検証を実施したが、実際のビジネスでは興行毎に撮影条件（機材や位置、向き、台数など）が異なるため、イベント毎のプリセット設計やパターン設定の実装についても検証した。

■考察

本実証ではプロ野球（東京ドーム）とバドミントン（武蔵野の森総合スポーツプラザ）の2か所で 360 度自由視点映像の撮影を行ったが、カメラの設置台数や視野角、配線条件などが異なるためプリセット設計やパターン設定の考察までには至らなかった。しかし今後、他のスタジアムやアリーナでの取り組みには非常に有用なエビデンスであり、実施事例として実商談に向けて活かしていく。

4.4.2.2 課題実証における費用対効果

下記は、稼働率の高いスタジアムを想定した、トレーディングカード、オンラインギフティングによる収益のシミュレーション結果である。(算出の詳細については表 4.4.2.4 参照)

また、自由視点映像については、上記 2 つのアプリケーションを活性化するための機能として活用するため、自由視点映像単独での収益は無しとする。

■プロ野球による年間売上

トレーディングカード：1.22 億円+オンラインギフティング：2.07 億円=3.29 億円

※売上配分を興行主が8割と仮定すると、スタジアム側の売上は0.66 億円

■コンサートによる売上（1公演あたり）トレーディングカード：0.275 億円+オンラインギフティング：0.205 億円=0.48 億円

年間100公演開催すると総売上は48 億円となり、スタジアム側の売上は9.6 億円

■年間総売上

プロ野球：0.66 億円+コンサート：9.6 億円=10.26 億円

■年間費用

仮定① 1試合（公演）あたりの設置費用とシステム運用費用を0.1 億円

仮定② 野球・コンサート共に3日間連続、同じ構成で利用する

仮定③ システム初期投資は10 億円（カメラ、ローカル5G、エコシステムなど）

年間運用費用 = (72 試合+100 公演) ÷ 3 日 × 0.1 億円 = 5.73 億円

初年度：10.26 億円 - (5.73 億円 + 10 億円) = -5.47 億円

2年目：10.26 億円 - (5.73 億円 + 5.47 億円) = -0.94 億円

3年目：10.26 億円 - (5.73 億円 + 0.94 億円) = 3.59 億円

※3年目に費用回収が完了する見込み

72 試合

プロ野球試算

デジタルトレカ	単価	数量	金額	購入者数	1試合当り売上	年間売上
レアパック①	300	1	300	1,000	300,000	21,600,000
レアパック②	3,000	1	3,000	300	900,000	64,800,000
レアパック③	10,000	1	10,000	50	500,000	36,000,000
					1,700,000	122,400,000

オンラインギフティング	単価	数量(回)	金額	応援者数	1試合当り売上	年間売上
応援 1	300	9	2,700	100	270,000	19,440,000
応援 2	1,000	9	9,000	30	270,000	19,440,000
応援 3	3,000	9	27,000	20	540,000	38,880,000
スーパー応援 1	10,000	9	90,000	5	450,000	32,400,000
スーパー応援 2	30,000	9	270,000	5	1,350,000	97,200,000
					2,880,000	207,360,000

100 公演

コンサート試算

デジタルトレカ	単価	数量	金額	購入者数	1公演	年間
レアパック①	500	1	500	5,000	2,500,000	250,000,000
レアパック②	5,000	1	5,000	2,000	10,000,000	1,000,000,000
レアパック③	15,000	1	15,000	1,000	15,000,000	1,500,000,000
					27,500,000	2,750,000,000

オンラインギフティング	単価	数量	金額	応援者数	1公演当り売上	年間
応援 1	300	1	300	5,000	1,500,000	150,000,000
応援 2	1,000	1	1,000	2,000	2,000,000	200,000,000
応援 3	3,000	1	3,000	1,000	3,000,000	300,000,000
スーパー応援 1	10,000	1	10,000	500	5,000,000	500,000,000
スーパー応援 2	30,000	1	30,000	300	9,000,000	900,000,000
					20,500,000	2,050,000,000

表 4.4.2.5 シミュレーションの算出条件

4.4.2.3 課題実証を踏まえた考察

ローカル 5G 技術が様々なスタジアムに実装されることにより、売上は、①来場者数増以外にも、②地方に居ながらバーチャルに参加される方々や、③入場制限があってもオンラインから参加する方々によって増えていくことが見込まれる。

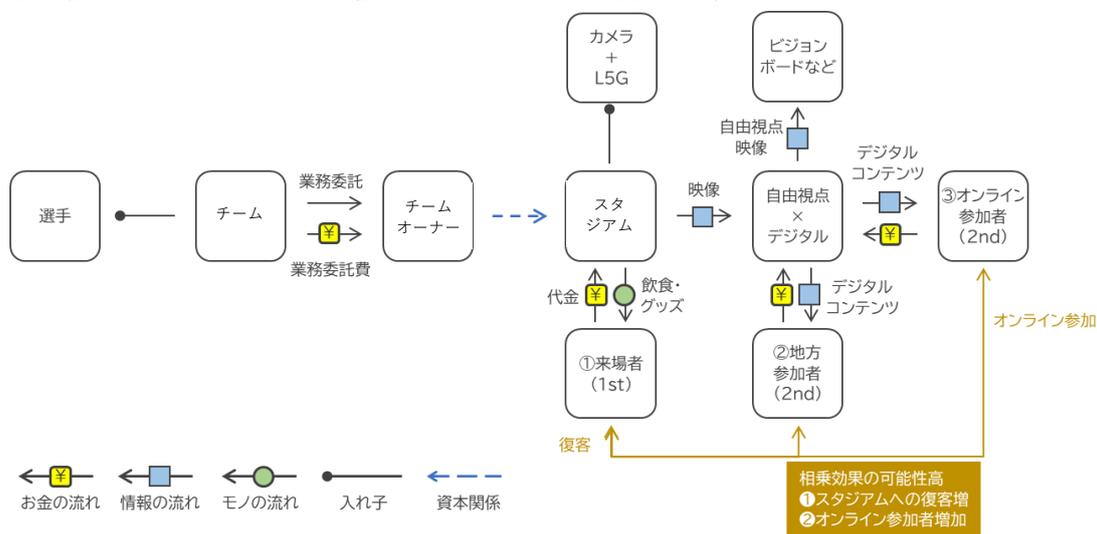


図 4.4.2.6 ローカル 5G ソリューションモデル

当社によるシミュレーションでは、プロ野球における①の売上は **18 億円**、②や③などのオンライン配信による売上は **10.8 億円**となるほか、コンサートにおける①の売上は **25.5 億円**、同じく②や③などのオンライン配信では **15.3 億円**となり、計画時に想定していた値を大幅に上回る。

①プロ野球におけるシミュレーション結果

シミュレーション前提

- ・ 収容人数 46,000 人（最大収容は 55,000 人）
- ・ 年間興行数 72 試合（2019 年度実績）
- ・ チケット売上は含めない

①-1 オンサイトに 5,000 人が復客した場合（プロ野球収容人数の 1 割強）

- ・ 平均客単価：5,000 円
（飲食 3,000 円、グッズ：2,000 円）
- ・ 1 試合売上金額：5,000 円 × 5,000 人 = 0.25 億円
- ・ 年間売上金額：0.25 億円 × 72 試合 = **18 億円**

①-2 オンライン配信に 10,000 人を集客した場合

- ・ 平均客単価：1,500 円
（オンラインギフト：1,000 円、デジタル・トレーディングカード：500 円）
- ・ 1 試合売上金額：1,500 円 × 10,000 人 = 0.15 億円
- ・ 年間売上金額：0.15 億円 × 72 試合 = **10.8 億円**

②コンサートにおけるシミュレーション結果

シミュレーション前提

- ・収容人数 50,000 人
- ・年間興行数 51 回（2019 年度実績）
- ・チケット売上は含めない

②-1 オンサイトに 10,000 人を集客した場合（収容人数 の 2 割）

- ・平均客単価：5,000 円
（飲食 2,000 円、グッズ販売 3,000 円）
- ・興業あたり売上：5,000 円×10,000 人 = 0.5 億円
- ・年間売上金額：0.5 億円×50 回 = 25.5 億円

②-2 オンライン（ディレイ）配信に 10,000 人を集客した場合

- ・平均客単価：3,000 円
（デジタルグッズ：3,000 円）
- ・1 試合売上金額：3,000 円 × 10,000 人 = 0.3 億円
- ・年間売上金額：0.3 億円×51 回 = 15.3 億円

実際、コンサートなどの興行ではオンライン配信が数多く開催されており、スタジアム事業者の収益に好影響を及ぼしている。今後、ローカル 5G の低遅延、高速大容量という特性を活用して、360 度自由視点映像を中心とした魅力ある映像配信を実現していくことでスタジアム事業の安定性が担保されていき、デジタルコンテンツやデジタルグッズによる売上増も見込まれる。

またローカル 5G と XR 技術が連携していくことにより、バーチャル参加型のイベント開催が増えていくことは容易に想像でき、その市場は現在のオンサイト興行をはるかに超えたものになっていくと考えられる。

注記)

「オンサイト」とはスタジアムで興行すること（1st ベニュー売上）を、「オンライン配信」とはネットワークを通じて興行すること（2nd ベニュー売上）を表す。

4.4.2.4 普及展開方策の検討

三菱電機(株)が提案主体としてスタジアム運営会社などへ提案を進めていくほか、社内実証環境を活用して事例紹介や体験会などを推進していく。

また本実証にて獲得しうる情報等についてはローカル 5G 及び 5G S C を用いたソリューションの早期普及に向けた取り組みに役立てていく。



図 4.4.2.2 日本国内の主なスタジアム

4.4.2.5 その他普及に向けた取り組み

本実証ではフィールドをスタジアムに据えて取り組みを進めていくが、スタジアム運営会社のほか、興行主（プロモーター）にもニーズのヒアリングを実施していくほか、ソリューションの疑似体験会などを通じて普及を進めていく。

4.4.2.6 地方スタジアムへの普及展開

今回の実証フィールドである東京ドームは、日本でも有数の収容人数を誇ることから、撮影エリアも広く、大掛かりなシステムが必要とされる。（オンプレミス）

一方、地方のスタジアムは、比較的コンパクトな設計であり、撮影エリアもそれほど広くない。つまり必ずしも多くの機材やネットワーク環境を必要としないため、（地方スタジアムには）オンプレミスシステムのサブセットで構成されるクラウドシステムの展開についても検討していく。これにより初期投資コストを抑制でき、地方スタジアムの事業者にとっても参入しやすい事業環境づくりを目指していく。

4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

本実証では、ローカル5Gを活用したソリューションとして、スタジアムやアリーナへ来場される観客（1st ベニュー）のみならず、来場することができない観客（2nd ベニュー）に対しても訴求力あるコンテンツを提供するべく、360度自由視点映像の配信を軸に、オンラインギフティングとデジタルトレーディングカードについて企画・検討を進め、4D Replay 社及び SpoLive Interactive 社の協力を得て、アプリケーションを醸装。

そのアプリケーションは、東京ドームにて有効性評価の実施を計画していたが、場内の大規模改修時期と重なったことを受けて、年末に開催された全日本バドミントン選手権大会の準決勝（於：武蔵野の森総合スポーツプラザ）に機材一式を持ち込み、360度自由視点映像を撮影。インタラクティブに視点を変えることのできる 4D-Interactive 映像と、オペレーターによってシーンを特定してリプレイ映像として再生できる 4D-Replay 映像を撮影。

その映像とオンラインギフティングやデジタルトレーディングカードを展開する SpoLive Interactive 社の SpoLive アプリを疎結合させ、社内外のユーザーに対してアプリケーション実証を敢行。

次項以降は、課題実証における各検証結果について考察をまとめるほか、課題の整理と解決策について述べる。

4.4.3.1 効果検証

(1) 360度自由視点映像配信システム

360度自由視点映像には多くの被験者が魅力的だと感じた一方で、操作性やユーザーインターフェースの向上には改善の余地がある。

また現段階では特定のオペレーションシステムや Web ブラウザに依存しており、より多くのサービスへ展開していくには SDK (Software Developer Kit) や標準 API (Application Interface) の検討も必要であり、コンソーシアムメンバーである 4DReplay 社とは引き続き協議する。

なお操作性の向上については、4DReplay 社と協議し、BtoC 向けアプリ開発検討を進めていく。一方で、他の自由視点映像サービス提供事業者や、マルチアングルカメラ映像サービス事業者ともコンタクトを図り、実装パターンを増やししながら確度を上げていく。

また上下方向への移動やズーム機能など、受容性アンケートで得られた要望に対してはマネタイズを鑑みつつもサービス設計へ反映していく。

(2) デジタルトレーディングカード

デジタルトレーディングカードについては、コレクションの意味付けに関する意見が数多く寄せられ、ただ集めるだけでなく交換できるサービスやデジタルならではの機能（動

画・自由視点映像の組み込みなど)に付加価値が見出せることや、不正な複製への対策やカードのリアリティ感アップに改善の余地があることが明らかになった。

またオンラインゲームなどへの展開に加えて、3D化への期待感があるなど、今後のサービス設計に有用なコメントが数多く得られる結果となった。以下、ビジネスモデルおよびNFT化に向けた考察を示す。

■ビジネスモデルについて

当初想定 of ビジネスモデルでは、360度自由視点映像配信システムをスタジアム事業者が管理・運営し、デジタルトレーディングカードの販売も行うことを想定していたが、エンドユーザーとのタッチポイントをスタジアム事業者が管理・運営していくためには今まで以上に人的資源や運営費用が必要となる。

そのためファンクラブサイト運営者やアプリ運営者などのサービサーなどを介在させ、レベニューシェアによる収益配分をベースに一部ビジネスモデルを修正。複数のサービス事業者に対してヒアリングを実施したが、レベニューシェア制度は事業側(特にベンチャー企業)にとってはリスクヘッジ策にもなり得るため、リーズナブルであるとの回答を多く頂けた。

※ビジネスモデルは「図 4.2.3-b 自由視点映像配信ビジネスモデル」を参照

■NFT化について

デジタルコンテンツの唯一無二性を担保するNFT(イーサリアムなどグローバルサービス)については、運用コスト(通称ガス代)がボトルネック要素であり、デジタルトレーディングカードの販売事業者(ファンクラブサイト運営者やアプリ運営者など)と継続的に協議していく。

ローカルなブロックチェーンはガス代が廉価で魅力的であるが、ブロックチェーンのサービスが停止されると商品の価値が失われてしまうため、導入には慎重に検討する必要がある。一方、ローカル→グローバルに変換する技術も開発されつつあり、将来の技術動向をにらみながら検討を進める。目下の焦点はNFTサービスをどう構築するかであり、グローバルやローカルだけでなく、ハイブリッド(グローバル+ローカル)も視野に入れた検討を進めていく。

(3) オンラインギフト

受容性アンケートの結果、オンラインギフトには一定の評価はあったものの、ギフトに対する見返りや報酬を求める意見が数多く寄せられた。

主に特定の選手に対してギフトできる機能やその選手からのコメントバックが付加価値になり得るほか、ギフトユーザーと選手・チームとのあいだにおけるインタラクティブ性が重要視されていることが判った。

そのほか、スーパー応援の単価設定やギフトルールにも課題感を持たれた方が多く、特に若年層に対するケアについては検討の余地を残した。

一方で、収益の大半がチームや選手個人へ配分される SpoLive アプリのサービス設計思想についてはほとんどの被験者から共感を得ており、地域密着型のスポーツ事業やアマチュア、学生スポーツを含むマイナー競技への展開にも可能性を感じる結果となった。

■アプリケーションの実装方式およびビジネスモデル検討結果

NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売と同じく、当初想定
のビジネスモデルでは、360 度自由視点映像をスタジアム事業者側が制作し、スタジア
ム内のサイネージやモニタへ配信するほか、非来場者に対しても自社アプリや興行主の
アプリを通じてエンドユーザーへ配信することを想定していたが、非来場者への配信は
ファンクラブ運営事業者やオンラインギフティング運営事業者を介在させていくことが
現実的であると判断。NFT 付き自由視点映像データ販売と同じく、レベニューシェア制
を前提としたビジネスモデルの改廃を実施。

※ビジネスモデルは「図 4.2.3-d オンラインギフティングのビジネスモデル」を参照

(4) 効果検証全体

効果検証では 360 度自由視点映像そのものに加えて、オンラインギフティング、デジタ
ルトレーディングカードに 360 度自由視点映像を掛け合わせてみたが、大半の被験者から
ポジティブな意見をいただくことができ、今後のサービス設計に有用なエビデンスを獲得
することができた。

ただその一方で、360 度自由視点映像の商用化に向けたアプリケーション開発、デジタル
コンテンツならではの唯一無二性の担保、コンテンツ提供メニューの再設計が必要であり、
今後の開発に活かしていく。また、プロスポーツ・エンターテインメント業界においては、
選手個人の肖像権やスポンサーへの配慮など事業団体との交渉や調整が必要であることが
改めて認識でき、今後の商談活動においても留意すべき重要事項として、商談の上流工程か
ら取り組んでいく。

Q37. 自由視点映像によってオンラインギフティングの価値は高まると感じますか？

回答数		率	行ラベル	女性	男性	総計	率
思う	125	78%	思う	26	99	125	78%
思わない	36	22%	思わない	8	28	36	22%
総計	161		総計	34	127	161	

行ラベル	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
思う	27	36	29	31	2	125	78%
思わない	6	15	6	9		36	22%
総計	33	51	35	40	2	161	

Q38. 自由視点映像によってデジタルトレーディングカードの価値は高まると感じますか？

回答数		率	行ラベル	女性	男性	総計	率
思う	112	70%	思う	26	86	112	70%
思わない	49	30%	思わない	8	41	49	30%
総計	161		総計	34	127	161	

行ラベル	30歳未満	30歳以上40歳未満	40歳以上50歳未満	50歳以上60歳未満	60歳以上	総計	率
思う	27	33	23	27	2	112	70%
思わない	6	18	12	13		49	30%
総計	33	51	35	40	2	161	

図 4.4.3.1 アンケート結果（全体感想）

4.4.3.2 機能検証

現時点における 360 度自由視点映像システムは、有線接続環境がベースとなっており、本検証ではローカル 5G 環境（無線接続環境）下においても映像の生成・合成が可能であるかどうかを確認。

詳細な実証内容については 4.4.1.2 に記述しているが、ローカル 5G 端末を上り下り回線同時に使用する場合（映像を合成しながら、合成映像を表示させる）と、上り回線のみで使用する場合（予め合成した映像を映像装置へ表示させる）について、30 秒間の合成映像を生成可能な最大カメラ台数を確認。

結果、上り回線のみで使用する場合は最大 16 台のカメラ映像を合成することができたが、上下回線同時に使用する場合は、12 台に留まる結果となった。

その主な要因については以下の通りであり、最大 144Mbps の上り通信が得られず、最大カメラ接続台数が 12 台となったものと考えられる。

- 回折や反射等の影響で、移動機の上り通信が他の RU に対して多少とも干渉源となっている。
- 下り高速通信中の移動機の下り受信データに対する ACK や NACK 等の応答信号を上りで送出することによる上り無線リソースを圧迫している。

なお、旋回カメラシステム、サインージシステム、LED 表示システムでも同様の実証を行ったが、特に問題もなく稼働することができた。

4.4.3.3 運用検証

前項 4.4.3.2 でも触れた通り、360 度自由視点映像システムは有線ケーブルによる接続が前提であるほか、撮影する焦点を定めてカメラや配線などの設備設置を行う。(例えばプロ野球であれば、ピッチングマウンドやホームベース付近)

一方、スタジアムでは様々なスポーツやイベントが開催されることから、それぞれのイベントに合わせた機器の設置が必要となる。

本検証では有線接続環境とローカル 5G 環境（無線接続環境）を比較・シミュレーションするによって作業の軽減化が実現する項目を検証するほか、その実現に向けた課題についても整理を行った。

表 4.4.1.3-b にもあるように、ローカル 5G 環境ではネットワークケーブルが不要なため、ケーブル類の配線作業を無くすことができる^{※1} 点が最大のメリットであり、オペレーションコストの低減化を図ることができる。

一方で、様々なイベントに対応していくことを鑑みると、カメラの設置や調整業務が都度必要してくるため、4DReplay 社だけでは対応が難しい。

今後、様々なスタジアムへ展開していくためには映像配信に関連したソリューションベンダーとの連携が必須であり、コンソーシアムメンバーの関連企業を含めた体制作りが課題であるほか、カメラや撮影機器の設置・調整業務のナレッジ集積と情報共有も今後の普及に向けた課題であり、競技やイベントによって共通性のある設置作業やパターンなどを形式知化していくことも検討していく。

※1：カメラはバッテリーによる駆動を想定

費目	有線接続	ローカル5G接続
(1)機材(4Dシステム) 償却年数 5年 機材(ローカル5Gシステム) 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(■百万) カメラ設置台数 60台 (仮設のため工事費は無し)	大型スタジアムを想定(■百万) カメラ設置台数 60台
		ローカル5G基システム一式(■百万) 但し、2025年を想定した価格
(2)試合毎の作業(プロ野のみ) 開催中は他のイベントは実施せず 年間試合数 72試合 費用	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 1人日(1人×1日)
	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)
	システムのオペレーション ■百万 1人日(1人×1日)	システムのオペレーション ■百万 1人日(1人×1日)
(3)イベント毎の作業(プロ野球除く) 年間イベント回数 ■回 費用 年間イベント日数 ■日 (2日/イベント) 費用	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) ■百万 3人日(3人×1日)
	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)	イベント毎のカメラの調整 ■百万 1人日(1人×1日)
	システムの運営・操作 ■百万 1人日(1人×1日)	システムの運営・操作 ■百万 1人日(1人×1日)
(4)4Dシステム運営費用 年間契約 ライセンス、保守費用を含む年間契約 費用	ライセンス、保守費用を含む年間契約	ライセンス、保守費用を含む年間契約
年間総費用	129百万	96.4百万
1日あたりの費用	0.47百万	0.35百万

■ 機器・工事費用

■ 4DReplay社費用

表 4.4.1.3-b 可搬化されたシステムのコスト試算(再掲)

表 4.4.3.3-a 本実証における課題の整理と解決策

	検証項目および結果	課題内容 (何を)	解決策 (だれが、どうする)	検証項目
4.4.1.1 効果検証				
360度自由視点 映像配信システム	一般ユーザーに対する受容性有無 ①魅力度：90%、②目新しさ：70%、③使ってみたさ：80% →受容性有り	特定の端末やOS・ブラウザでのみ動作	マルチOS・ブラウザへの対応 (4D Replay)	OS検証 (iOS・Android) ブラウザ検証 (Safari・Chrome・Edge)
		アプリケーションの操作性	SDK・API仕様の策定 (4D Replay)	SDK (iOSアプリ用・Androidアプリ用) API (サーバーサイド設計仕様)
オンライン ギフトングアプリ	コアユーザーに対する受容性有無 ①魅力度：60%、②目新しさ：50%、③使ってみたさ：50% →受容性有り	インタラクティブなサービス運営 (モチベーション向上施策)	スタジアム事業者との連携・協議 (三菱電機)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・価格設定など)
デジタルトレーディング カードアプリ	コアユーザーに対する受容性有無 ①魅力度：50%、②目新しさ：50%、③使ってみたさ：40% →受容性有り	レアリティ感を担保するための制度設計	スタジアム事業者との連携・協議 (三菱電機・SpoLive)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・価格設定など)
			スポンサー企業との連携・協議 (三菱電機・SpoLive)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・価格設定など)
4.4.1.2 機能検証				
360度自由視点 映像配信システム	360度自由視点映像の合成可否 ①上下回線同時使用時：12台 →電波干渉が発生したため ②上り回線のみ使用時：16台	電波干渉改善	エリア設計精度及び能力の向上 (NTTドコモ)	-
		基地局/端末間のスループット性能向上	基地局/端末の能力向上 (NTTドコモ)	-
			基地局設置台数/設置個所の調整 (NTTドコモ)	-
オンライン ギフトングアプリ	4D Interactive映像の再生可否 →不可 (Webアプリ非対応) 4D Replay映像の再生可否 →可 (Youtube動画として可)	映像+ジョイスティック機能の埋め込み	Web埋め込み機能の開発 (4DReplay)	Web自動再生 ※embeddedタグ or iframeタグ対応
		-	-	-
デジタルトレーディング カードアプリ	4D Interactive映像の再生可否 →不可 (Webアプリ非対応) 4D Replay映像の再生可否 →可 (Youtube動画として可)	映像+ジョイスティック機能の埋め込み	Web埋め込み機能の開発 (4DReplay)	Web自動再生 ※embeddedタグ or iframeタグ対応
		-	-	-
4.4.1.3 運用検証				
360度自由視点 映像配信システム	シームレスな動画再生の可否 →4D Interactive映像についてはほぼ定常的に遅延が発生	観点間ネットワーク負荷の低減 ※スタジアムクラウド間	外部との通信環境の強化および冗長性の検討 (三菱電機)	冗長化設計 (ロードバランシング、リソース分散化)
		リアルタイム運用に耐えうるサーバー設計	映像データの軽量化及び圧縮化 (三菱電機)	映像データ圧縮 (MPEG・Motion JPEGなど)
			スタジアム規模に応じたサーバー設計 (三菱電機)	設計種別 (オンプレ・クラウド・ハイブリッド)
			オンライン接続による遠隔操作 (4DReplayにて開発中)	オペレーションシステム開発
オンライン ギフトングアプリ	サービス設計 →課金制度 (アッパー設定など) に検討の余地あり ビジネスモデルの妥当性 →事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	①基本撮影スキルの習得 ※4D Interactive/4D Replay映像	映像制作の専門要員を三菱電機社内に育成する (4DReplay)	育成計画・育成人数
		②応用撮影スキルの習得 ※付加価値の高い映像の撮影	育成する専門要員に映像制作のスキルセットを学ばせる (三菱電機関係会社)	育成計画・育成人数
			映像制作のスペシャリストと契約しクリエイターを育成する (三菱電機)	-
デジタルトレーディング カードアプリ	サービス設計 →トークン発行に伴うコストインパクトは要検証 ビジネスモデルの妥当性 →事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	肖像権および著作権への対応	ステークホルダー・関係会社との協議 (三菱電機)	-
		若年層に対するセーフティネットの検討や制度設計	サブスク (定額) メニューの検討 (三菱電機・SpoLive)	受容性評価 (単価、適用範囲、興行種別など)
デジタルトレーディング カードアプリ	サービス設計 →トークン発行に伴うコストインパクトは要検証 ビジネスモデルの妥当性 →事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	ビジネスモデルの再考	ステークホルダー・関係会社との協議 (三菱電機)	-
		NFT化に向けたコスト設計	NFTサービスの使い分け (三菱電機・SpoLive) アフターマーケット市場への参入 (三菱電機)	サービス検証 (ローカルNFT・グローバルNFT) 相互運用性
デジタルトレーディング カードアプリ	サービス設計 →トークン発行に伴うコストインパクトは要検証 ビジネスモデルの妥当性 →事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	ビジネスモデルの再考	ステークホルダー・関係会社との協議 (三菱電機)	-

表 4.4.3.3-b 各課題解決に向けたロードマップ

		22年	23年	24年	25年
自由視点映像配信	OSブラウザ依存の改善 操作性改善 ネットワーク負荷低減 負荷に強いサーバー設計 コンテンツ作成の専門技術の習得 付加価値の高い映像撮影技術 著作権	マルチOS、ブラウザ対応			
		SDK・APIの策定			
			映像データの軽量化		
			配信規模に応じたスケーラブルな配信システムの構築		
		遠隔操作システム		三菱電機での人材育成	
			クリエイターの採用		三菱電機での人材育成
				業界ごとに個別に対応	
オンラインファンギ	インタラクティブなサービス運営		スポンサー企業との連携		スタジアム事業者との連携
	若年層へのセーフティネット対策				
テレビカメラ	リアリティ感向上のための制度設計		スポンサー企業との連携		スタジアム事業者との連携
	NFT付与によるコストと再販市場の構築		NFT提供者との連携		三菱電機によるアフターマーケットの立ち上げ

4.4.4 継続利用の見通し・実装計画

4.4.4.1 残置物の取り扱い方針

今回の東京ドーム実証においては、ローカル5G 機器ほかサイネージ等は実験用短期レンタルとして利用し契約期間終了しており、そのままの継続利用はできない状況である。

また、今回の実証は自由視点映像を生成する上で最小限の16台のカメラ映像の伝送を試みたが、現システムでの伝送は12台が限界となっており、商用ベースでの60台での運用は、コスト、性能の面からも難しい状況である。東京ドームに対しては、ローカル5Gの価格、性能が要件を満たす時期(25年以降)を目標に、継続して検討・提案を行う計画である。

4.4.4.2 事業化方針

表 4.4.4.2 に事業化のロードマップを示す。本実証で提案した、プロ野球やJリーグなど大規模な興行/施設等をターゲットとしたローカル5G活用モデルの事業化に向けては、ローカル5G設備に係るコストの低減及び要件を満たす性能の検証を継続するとともに、ターゲットに応じたソリューション・サービスメニューの開発等が必要である。そのため、引き続き、スタジアム事業者、チーム運営事業者等の各ステークホルダーのニーズに合致した、経済性（収益性・投資運営・維持コスト等）評価、運営性（実運用・維持管理等に係る仕組みや体制、機器所有権や関係者間の権利関係の整理、収益分配・費用負担も含めた関係者間の役割等契約締結）等について、具体的かつ多面的な検討を進める。

その一環として、ローカル5G設備の段階的な導入を見据え、カメラを固定してサービス提供が可能な顧客や、有線が大きな負担とならない狭小な施設の顧客などを対象にソリ

ューションの導入及び事業化を進める。

こうした方向性について、22年度は、顧客とのプロトタイプングを実施し、23年度からの事業化を目指す。また、イベント、コンサート等スポーツ以外の興行や関連施設への横展開も平行して検討し、24年度からの本格事業化を目指す。



表 4.4.4.2 事業化ロードマップ

4.4.4.3 収支計画

表 4.4.4.3 は、23 年度から 27 年度までの収支計画(シミュレーション)を示す。前章で述べた通り、XXXXXXXXXX に対する直近の適用はないが、25 年度に導入することを想定した上でのシミュレーションとしている。

■ 売上の条件

ここでは、4.4.2.5 章に記載の、①野球関連のデジタルコンテンツの売上と、②コンサート配信関連のデジタルコンテンツの売上に関する収支シミュレーションとし、副次的な効果である復客による売上は含まない。4.4.2.5 章に記載の売上のシミュレーション結果は 29 年度の達成値とし、25 年度は達成値の 20%、26 年度は 30%、27 年度は 45%、28 年度は 75%とする。

■ 支出の条件

L5G システムの初期投資額については本実証での見積もりから、25 年時点での価格を推定した。また、自由視点の追加購入のカメラは XX 台、単価は XX 万円とする。運営・管理費は 1 日あたり XX 万円とした。

表 4.4.4.3 収支計画(シミュレーション)

単位：円

		19年	20年	25年	26年	27年	28年	29年
従来 売上	コロナ以前の売上規模	■	*コロナ感染が解消すれば19年局面の売上規模は回復する。但し本表にはその数字は織り込まない					
	コロナ以後の売上規模	■	■	*コロナの影響で平常時の▲■%の売上減少。				
	コロナ影響による売上減少規模		■					
L5G 追加 売上	復客による売上増加分	*コロナ影響不明のため数値想定しない。		0	0	0	0	0
	①デジタルコンテンツ売上(トレカ、ギフトینگ)			216,000,000	324,000,000	486,000,000	810,000,000	1,080,000,000
	②コンサート配信関連グッズ売上*コンサート配信は含まない			306,000,000	459,000,000	688,500,000	1,147,500,000	1,530,000,000
	③L5G実証追加サービス売上合計(①+②)			522,000,000	1,044,000,000	1,566,000,000	2,088,000,000	2,610,000,000
支出	ローカル5G(1年目は設備投資、2年目以降は保守費)			200,000,000	20,000,000	20,000,000	20,000,000	20,000,000
	4D(23年はカメラ追加分)(2年目以降は保守費)			■	■	■	■	■
	エコシステム(1年目は設備投資、2年目以降は保守費)			30,000,000	3,000,000	3,000,000	3,000,000	3,000,000
	クラウド・ネットワーク			4,100,000	4,100,000	4,100,000	4,100,000	4,100,000
	運営・管理(設置、撤去、オペレーション)			■	■	■	■	■
	④支出合計			261,520,000	55,720,000	55,720,000	55,720,000	55,720,000
利益(③-④)				260,480,000	988,280,000	1,510,280,000	2,032,280,000	2,554,280,000

■シミュレーション結果

導入初年度は、約 5.2 億円の売上予想に対し、初期投資額を含んだ支出予想は約 2.6 億円であり、初年度より約 2.6 億円の利益黒字が期待される。29 年度においては、売上約 26 億円が期待される。一方、コロナの影響により ████████ の 21 年度の売上(約 XX 億円)は、19 年度の売上(約 XX 億円)に対し約 XX 億円減少している。本システムの導入による 29 年度の売上 26 億円は、減少分の約 XX%、19 年度売上の約 XX%に相当し、当初の見込み（通常時の売上の XX%）以上の貢献が見込まれる。

4.4.5 課題実証における追加提案

4.4.5.1 実施目的

異なる性能要件をもつネットワークを柔軟かつ容易に構築・運用するための技術として注目されているのが、ネットワーク仮想化技術である。ネットワーク仮想化技術とは、物理的なネットワークを論理的なネットワーク（スライス）に分割、もしくは統合して扱う技術であり、この技術によってひとつの物理的なネットワーク上に、性能要件の異なる複数のスライスを構築できるため、多様なアプリケーションを同時かつ効率的に収容することが可能になる。

アプリケーションやサービスのオン/オフが生じたりあるいは必要なネットワークリソースが動的に変わったりするような高度なソリューションに対し、ネットワークリソースをより効率的に使用するには、サービスの変化に応じてスライスを動的に生成、更新、削除することが必要である。一方で、アプリケーションやサービスが安定して動作するためには、スライスがサービスに適切な量のネットワークリソースを持つことやスライス間のアイソレーションが実現されていることが必要である。

本追加提案では、これらに対応して、スライスを適用することによる、①ローカル 5G を用いたソリューションの高度化に関する実証と、②ローカル 5G 等ネットワークの安定性・信頼性の向上に関する実証を行う。

①は、より高度なサービスの変化への対応に向けて、ローカル 5G エコシステム上で、あるサービスを使用していない時間帯に他のサービスにネットワークリソースを割り当てる等のサービスごとに構築したスライスのライフサイクル管理を実証するとともに、その制御に係る所要時間およびタイミングを評価・検証することを目的とする。②は、より安定し信頼されるネットワークの構築に向けて、サービスごとに異なるスライスを構築した際のサービス間のアイソレーションを実証するとともに、サービスに必要な通信リソース量を検討することを目的とする。

4.4.5.2 ローカル 5G を用いたソリューションの高度化に関する実証

(1) 目的

より高度なサービスの変化への対応に向けて、ローカル 5G エコシステム上で、あるサービスを使用していない時間帯に他のサービスにネットワークリソースを割り当てる等のサービスごとに構築したスライスのライフサイクル管理を実証するとともに、その制御に係る所要時間およびタイミングを評価・検証することを目的とする。

(2) 評価・検証項目

実際のサービス提供システムを模擬した環境において、その一部である有線ネットワークドメインを対象として、サービスが必要とするネットワーク機能をスライスとして提供する際の、スライシング制御システムによるスライスのライフサイクル管理とサービススケジュールの関係について評価・検証する。具体的には以下の2項目を実施する。

(ア)サイネージ配信用スライスのライフサイクル管理時のスライス制御に必要な設定時間の検証

(イ)サイネージ表示スケジュールに合わせたスライス制御タイミングの検証

(3) 評価・検証方法

① 評価・検証項目(ア)(イ)共通

図 4.4.5-a に検証系を示す。本検証ではサイネージへの映像表示サービスを対象として、スライシング制御システムによりサイネージ映像データ配信用スライスのライフサイクル管理を行う。

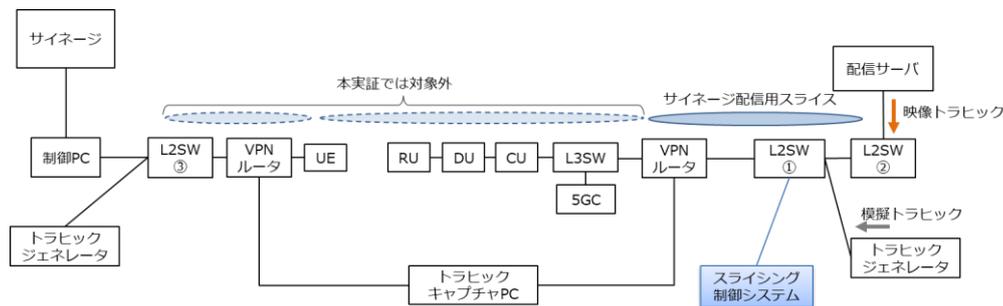


図 4.4.5-a ネットワークスライス構築手順検証系

サイネージ向けの映像データは配信サーバーから連続的にストリーミング配信される。送信データの仕様は 4.4.1.2.3 と同様である。トラフィックジェネレータからは他サービスを想定した疑似トラフィックを送信可能としており、L2SW①にてスライシング制御システ

ムの制御に従い優先制御及び帯域制御が行われる。また VPN ルーターを使用してローカル 5G 網内に L2TP のセッションを確立している。

表 4.4.5-a 使用機器一覧

名称	メーカー	型番
スライシング制御システム	ハードウェア：HP	800G5
	ソフトウェア：三菱電機	
L2SW①	Edgecore	AS4610
L2SW②、③	表 2.3.2 に記載	
VPN ルーター	表 2.3.2 に記載	
配信サーバー	表 2.3.2 に記載	
サイネージ	表 2.3.2 に記載	
トラフィックジェネレータ	アンリツ	MP1590B
トラフィックキャプチャ PC	ハードウェア：HP	Desk 800 G6 TW
	ソフトウェア：	Wireshark

スライシング制御システムでは事前に物理ネットワークの構成情報に関する設定ファイルの読み込みを行い、初期状態の通信リソース量の把握を行う。スライス生成の際はサービスが必要とするネットワーク要件を基にオフラインでスライス要件を生成し、REST-API を用いてスライシング制御システムに入力する。スライス要件にはスライスを一意に指定するための ID とともに接続先情報(上位ホスト名、下位ホスト名)や帯域、要求遅延、生成時間、削除時間等の情報を定義しており、スライシング制御システムでは指定された端点間でスライスの構築を行う。本実証では JSON 形式でスライス要件を表現しており、以下に例を示す。

```
{
  "slice": {
    "action": "auto",
    "model_id": 0,
    "priority": 2,
    "reservation": {
      "create": {
        "create_time": 0,
        "hostpairs": [
          {
            "availability": 50,
            "bandwidth_d": 55,
            "bandwidth_u": 55,
            "hhost": "ctrl002",
            "latency_d": 200,
            "latency_u": 200,
            "lhost": "dis001",
            "operation": "add",
            "ue_order": 1
          }
        ],
        "delete": {
          "delete_time": "2022-1-30 14:20:00"
        }
      },
      "slice_id": 40,
      "slice_name": "slice_40"
    }
  }
}
```

通信パケットとスライスの紐づけはパケットヘッダ情報(VLAN-ID)を用いて行うこととし、L2SW②、L2SW③にて入出力ポートごとに指定の VLAN-ID を含む VLAN タグの付与と削除を行う。スライス生成時のスライスパラメータとしてスライス毎に VLAN-ID を指定し、スライシング制御システムから L2SW①に対して VLAN-ID ごとの帯域設定を行い、L2SW①にて VLAN 優先度による優先制御および帯域設定値に応じた帯域制御を実施する。この一連の処理により、サービス/アプリケーションから要求されたスライス要件を物理的なネ

ットワーク装置上での通信制御の処理として実現している。

② 評価・検証項目(ア)

サイネージ配信用スライスのライフサイクル管理時のスライス制御に必要な設定時間の検証では、ライフサイクル管理で使用する以下の 4 種類のスライス制御の動作を組み合わせさせて検証を行う。

- ・ 予約：スライス要件に従い、指定された期間の通信リソースを確保する
- ・ 生成：予約された通信リソースに応じて設定を行う
- ・ 更新：生成されたスライスのパラメータ変更を行う
- ・ 削除：生成されたスライスの通信リソースを開放し、削除を行う

サイネージ配信を想定したスライスのパラメータを表 4.4.5-b に示す。パラメータとしてスライス制御システム内でのスライス識別子であるスライス ID、スライスのトラフィックを識別数 VLAN-ID、上り/下りの要求スループットを入力する。スライスのライフサイクル管理についてはサービスのスケジューリングに対応したスライス制御を想定し、表 4.4.5-c のシーケンスでの設定時間の評価を実施した。配信サーバーからは連続的にストリーミングの映像トラフィックを送信し、トラフィックジェネレータでのデータ受信およびサイネージでの映像データの確認により、トラフィックの導通状態の取得を行う。

表 4.4.5-b スライスパラメータ

スライス ID	VLAN-ID	上りスループット	下りスループット
40	40	55Mbps	55Mbps

表 4.4.5-c 検証シーケンス

No.	予約	生成	更新	削除	ユースケース
1	随時		—	随時	非定常的なイベントによりサービスを開始/終了する
2	随時	指定時刻	—	指定時刻	決められたスケジュールによりサービスを開始/終了する
3	随時		随時	随時	非定常的なイベントによりサービスを更新する(ユーザー数の増減等)
4	随時		指定時刻	指定時刻	決められたスケジュールによりサービスを更新する

③ 評価・検証項目(イ)

サイネージ表示スケジュールに合わせたスライス制御タイミングの検証では、サイネージへの表示コンテンツとしてオフラインコンテンツ、ストリーミングコンテンツの 2 種類を切り替えて使用することを想定し、ストリーミングコンテンツを表示する 1 分間のタイミングに合わせて表 4.4.5-c の No.1、No.2 のシーケンスで評価した。

(4) 実証結果

① 評価・検証項目(ア)

「サイネージ配信用スライスのライフサイクル管理時のスライス制御に必要な設定時間の検証」

サイネージ配信用スライスのライフサイクル管理時のスライス制御に必要な設定時間の検証に関する評価結果を表 4.4.5-d に示す。本結果から、スライスの予約および生成処理で行われる L2SW①への設定は 10 秒程度で完了しているが、L2SW①内にて設定が反映される処理に 30 秒ほど要していることが分かる。

表 4.4.5-d スライス制御の設定時間(単位：秒)

No.	スライス新規作成時			スライス修正時			スライス終了時		
	予約	生成	反映	予約	更新	反映	予約	削除	反映
1	0.35	8.53	33.2	-	-	-	0.34	8.36	0.14
2	0.44	8.35	34.3	-	-	-	-	8.25	0.11
3	0.47	8.32	-	0.30	6.29	33.2	0.46	8.38	0.20
4	0.70	8.61	-	0.30	6.37	33.2	-	9.09	0.17

② 評価・検証項目(イ)

「サイネージ表示スケジュールに合わせたスライス制御タイミングの検証」

サイネージ表示スケジュールに合わせたスライス制御タイミングの検証においてはスライス生成が完了するまでに 43 秒必要であるという条件の下で、サイネージがストリーミング表示を予定している時刻に合わせてスライスの生成を行った結果を図 4.4.5-b に示す。本検証では 17:54:00 にストリーミング表示が開始されるため、その 1 分前の 17:53:00 にスラ

イスの生成を開始することにより、ストリーミング表示が正常に開始されることを確認した。ここで、1分前という値は、図 4.4.5-b から読み取れるように今回使用したネットワーク機器の仕様およびスペックに起因して設定反映に 40 秒ほどが必要であるため、それに余裕を持たせて設定したものである。

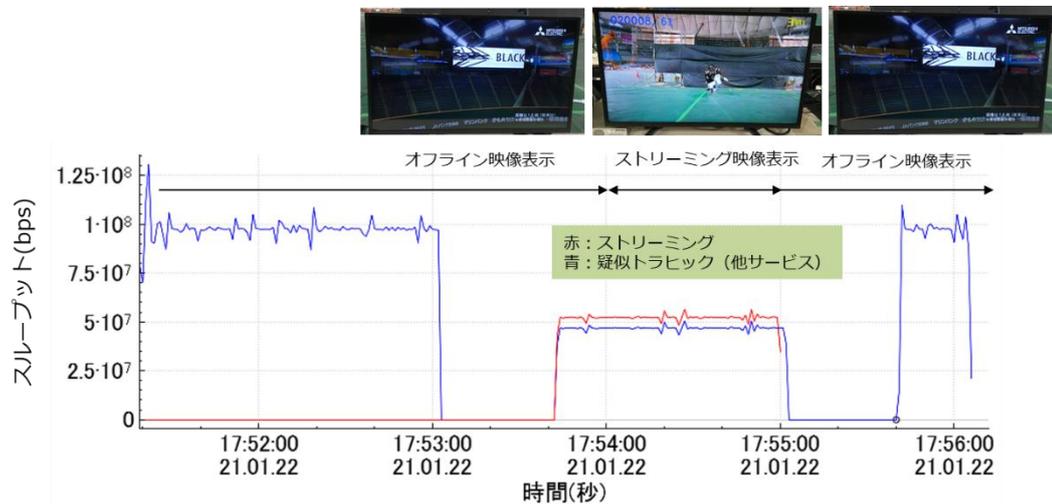


図 4.4.5-b ネットワークスライス制御結果

(5) 考察

① 結果の解釈

スライス制御による設定時間の検証結果から、ストリーミング配信サービスにおいてはサービス開始の数秒前にネットワーク更新が完了し、映像データが導通する状態にすることにより、正常にサービスを提供可能であることが確認できた。

本検証結果から、サービススケジューリングに合わせてスライスを用いたダイナミックなネットワーク制御を行うことにより、サービス(ストリーミング配信)が使用していない時間帯については他のサービスにネットワークリソースを割り当てることが可能であり、ローカル 5G のリソースを有効利用できるメリットが得られると考えられる。今回の実証ではストリーミング配信のオン/オフで行ったが、映像チャンネル数や端末数の増減などの連携というユースケースでも有効である。

② 課題

本実証ではローカル 5G システムへ入力するトラフィックに対して制御を実施したが、例えばローカル 5G システム上でも複数サービス(本実証ではサイネージ映像伝送とオーロラビジョン映像伝送がその一例である)の競合が発生する場合にはローカル 5G システムにおいても複数サービスのトラフィックをそれぞれ制御する必要がある。より一般には、ローカル 5G システムを含めたエンド・エンド間でのスライス制御についても開発を進めることが

必要である。またネットワーク機器を制御するコントローラーは、ローカル 5G 前後のネットワーク、ローカル 5G ネットワークといったネットワークのドメインごとに存在することが想定されるため、エンド・エンド間のスライス制御ではドメイン間の連携や調停が必要になると考えられる。

③ 今後の方向性

エンド・エンド間のスライス制御は、複数のドメインを統合的に管理・制御するオーケストレータと呼ばれる機能の導入が検討されている。オーケストレータは各ドメインのコントローラーから利用可能なリソース情報等を取得し、エンド・エンド間のスライスの管理を行う。オーケストレータが管理するネットワークドメインすべてがオンプレミスである場合には、オーケストレータが各ドメインの情報を把握し、適切に制御することは比較的容易である。一方、例えば配信サーバーが設置されるセンタードメインは今後、パブリック/プライベートクラウドで実現する構成も有り得る。そういった構成ではクラウドへのアクセス回線の性能など管理主体が異なるドメインの情報把握とドメイン間の整合が課題になる。オーケストレータと各ドメイン間のインターフェース等は今後の標準化も必要であると考えられる。

4.4.5.3 ローカル 5G 等ネットワークの安定性・信頼性の向上に関する実証

(1) 目的

より安定し信頼されるネットワークの構築に向けて、サービスごとに異なるスライスを構築した際のサービス間のアイソレーションを実証するとともに、サービスに必要な通信リソース量を検討することを目的とする。

(2) 評価・検証項目

実際のサービス提供システムを模擬した環境において、その一部である有線ネットワークドメインを対象として、サービスごとにスライスを構築した際のサービス間でのアイソレーションの検証と適切な通信リソースの割当量について検討を行う。

具体的には以下の 2 項目を実施する。

(ア)サイネージ配信用スライスおよび疑似トラフィック用スライスに対する通信リソース割当量とサイネージ表示への影響の検証

(イ)自由視点映像カメラデータのアップロードトラフィックを取得し、適切な通信リソース量の検討

(3) 評価・検証方法

① 評価・検証項目(ア)

サイネージへのストリーミング配信のトラフィックを収容する検証系は図4.4.5-aと同様である。サービス間のアイソレーションを確認するために、サイネージトラフィックを収容するスライス 40 と、他のダウンロードサービスを想定した模擬トラフィック生成用のトラフィックジェネレータを収容するスライス 41 を設定する。制御対象の L2SW③から UE へ出力可能な伝送容量を 100%として、スライス 40 とスライス 41 で伝送容量を分割する。スライスの伝送容量の変更はスライシング制御システムに対してネットワーク要件設定の変更を指示する。

トラフィックジェネレータからは一定のレートのトラフィックを出力し、スライス 40、スライス 41 への割り当てリソース量による映像トラフィックのパケットロスおよび映像品質への影響を観測する。スライスパラメータとしては下りスループットの値を変化させる。

表 4.4.5-e スライスパラメータ

スライス ID	VLAN-ID	上りスループット	下りスループット
40	40	下りと同じ	試験パラメータ
41	41	下りと同じ	試験パラメータ

② 評価・検証項目(イ)

自由視点カメラ出力でのトラフィックパターンと、ローカル 5G 伝送後のトラフィックパターンの取得を行う検証系を図 4.4.5-c に示す。有線ドメイン、ローカル 5G それぞれの伝送によるトラフィックパターンの考察に使用する。

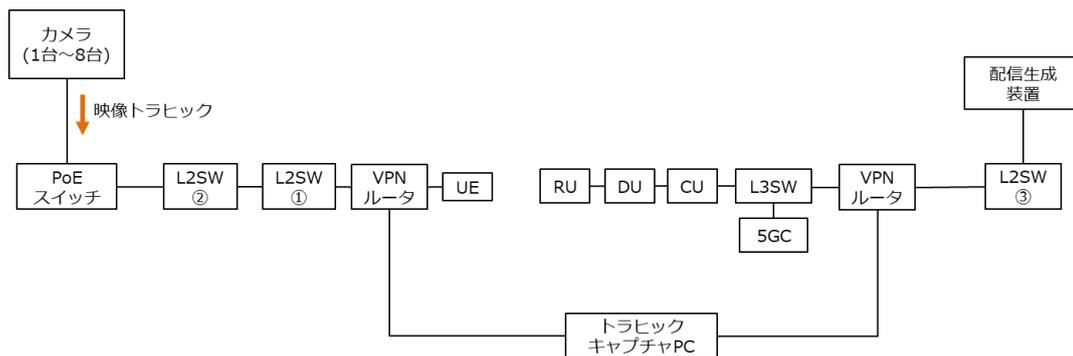


図 4.4.5-c 自由視点映像カメラトラフィック取得系

(4) 実証結果

① 評価・検証項目(ア)

「サイネージ配信用スライスおよび疑似トラフィック用スライスに対する通信リソース

割当量とサイネージ表示への影響の検証]

まず、スライス活用によるサービス間のアイソレーションと、ネットワーク利用効率に関する実証について記載する。

表 4.4.5-f に、サイネージと模擬トラフィック負荷について印加トラフィックとスライス割当帯域を変更した試験についてその条件と結果を示す。

No.1~3 より、サイネージの出力スループットは 52Mbps であり、55Mbps の帯域を確保すれば正常に映像が表示されることがわかる。そこで、No.4 以降では、サイネージのスライスへの割当を 55Mbps に設定した試験としている。No.4 では、負荷トラフィック(割当 500Mbps)の影響により、サイネージに到着したデータのスループットが 52Mbps から 15Mbps に、フレームロスレートでは約 71%($= (52\text{Mbps} - 15\text{Mbps}) / 52\text{Mbps}$)となり、映像は正常に表示されなかった。なお、負荷トラフィックに対するフレームロスレートは約 72%($= (500\text{Mbps} - 141\text{Mbps}) / 500\text{Mbps}$)でサイネージトラフィックと同程度である。これらは、VPN ルーター間(5G 区間)が両トラフィックを通すにはリソース不足であり、また、両トラフィックに対する QoS が同等である(両トラフィックを区別しない)ためと考えられる。No.5 は、負荷トラフィックへの割当を 45Mbps (サイネージへの割当との合計では 100Mbps) に下げた試験である。そのときの UE 側の VPN ルーターで取得したスループットの時間遷移を図 4.4.5-d に示す。

表 4.4.5-f サイネージ・負荷重畳試験の条件および結果

No.	条件				結果		
	印加トラフィック (Mbps)		スライス割当帯域 (Mbps)		導通スループット (Mbps)		サイネージ表示状況
	サイネージ	模擬	サイネージ	模擬	サイネージ	模擬	
1	有	無	500	d.c.	52	-	正常
2	有	無	55	d.c.	52	-	正常
3	有	無	40	d.c.	40	-	表示されず
4	有	1000	55	500	15	141	上部しか表示されず
5	有	1000	55	45	図 4.4.5-d 参照		表示されるが稀にブラックアウトする
6	有	1000	55	40	52	40	正常

d.c. : don't care

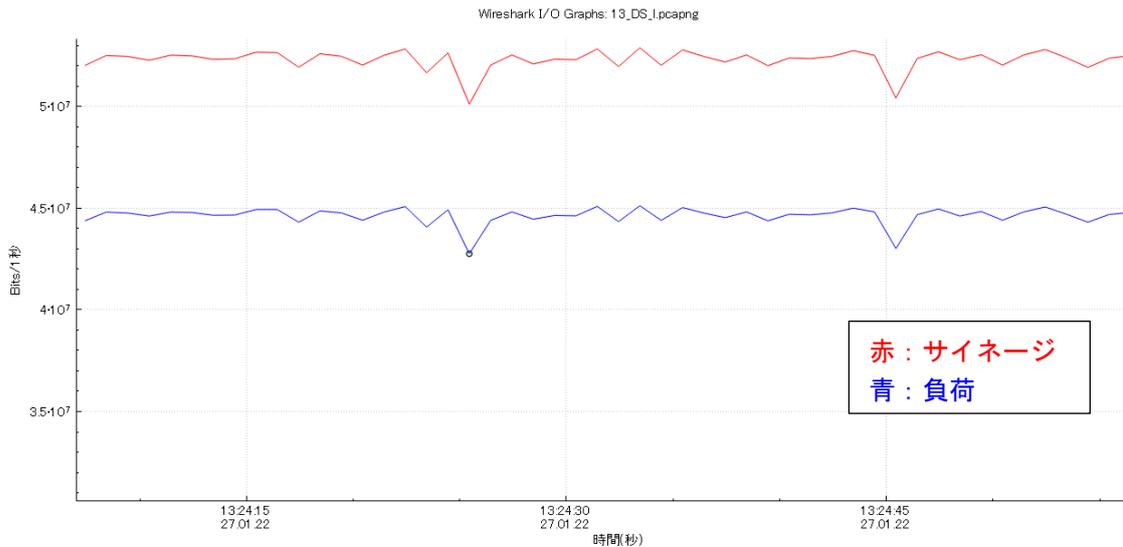


図 4.4.5-d サイネージ、負荷トラフィックのスループット(No.5)

基本的にはサイネージトラフィック 52Mbps と模擬トラフィック 45Mbps が通っているが、両トラフィックのスループットが落ち込む瞬間がある。これは、VPN ルーター間(5G 区間)のスループットが瞬間的には両トラフィックの合計である 97Mbps を下回り、さらにフレームロスが発生したことを示している。フレームキャプチャから実際にバースト的に数百フレームをロスしていることを確認しており、また、そのタイミングは映像表示のブラックアウトと一致した。No.6 では、負荷トラフィックへの割当をさらに 40Mbps (サイネージへの割当との合計では 95Mbps) に下げている、この条件では映像が正常に表示された。

② 評価・検証項目(イ)

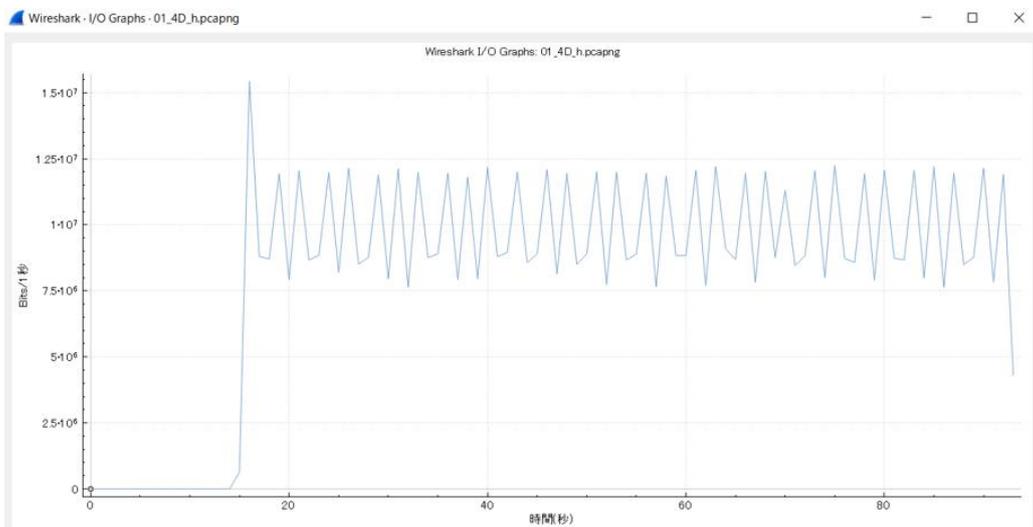
「自由視点映像カメラデータのアップロードトラフィックを取得し、適切な通信リソース量の検討」

カメラトラフィックの収容に必要なスライスのリソース量の検討を行い、実証結果により取得したローカル 5G 伝送後のトラフィックパターンも考慮し、適切なリソース量の検討を行った。表 4.4.5-g に自由視点カメラ 1 台、2 台、4 台、8 台での、VPN/5G 前(UE 側)、VPN/5G 後(コア側)のトラフィック取得点におけるトラフィックのスループットを示す。図 4.4.5-e、図 4.4.5-f に VPN/5G 前後での自由視点カメラトラフィック 1 台時および 8 台時のスループットの時間推移を示す。ここでのスループットはパケットキャプチャツール(wireshark)で算出された 1 秒ごとのビット数を平均化されたものである。1 台時のカメラ出力レートが 9.92Mbps であり、カメラ台数が増えるに従い、ほぼ逡倍されていると考えられる。5G 伝送後のスループットの傾向としては顕著な差は見られない。なお、フレームロスの観点では、カメラ 1 台ではフレームロスは発生しなかった。8 台時は約 0.5%のフレー

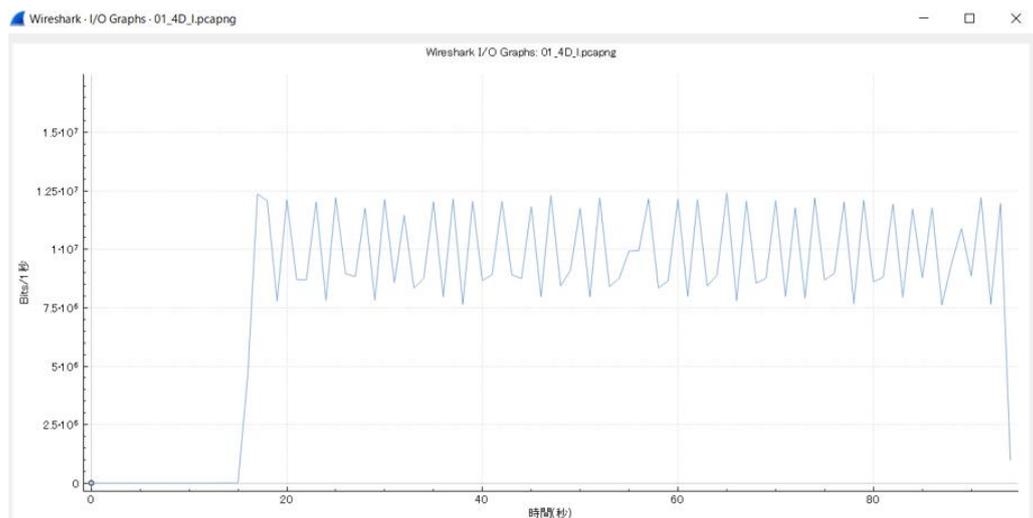
ムロスレートであった。

表 4.4.5-g 自由視点カメラスループット取得結果

カメラ台数	カメラ出力 合計(Mbps)	5G 伝送後	送信フレー ム数	受信フレー ム数	フレームロ スレート
1	9.92	9.92	80173	80173	0.000
2	19.8	19.7	152031	151872	0.105
4	39.8	39.7	287797	286979	0.285
8	79.6	79.2	645078	641809	0.509

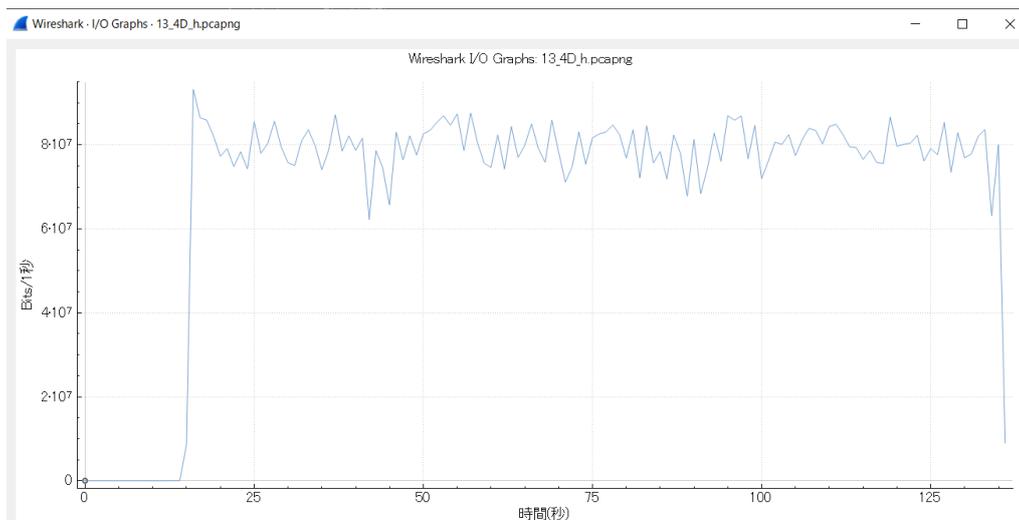


a) VPN/5G 前

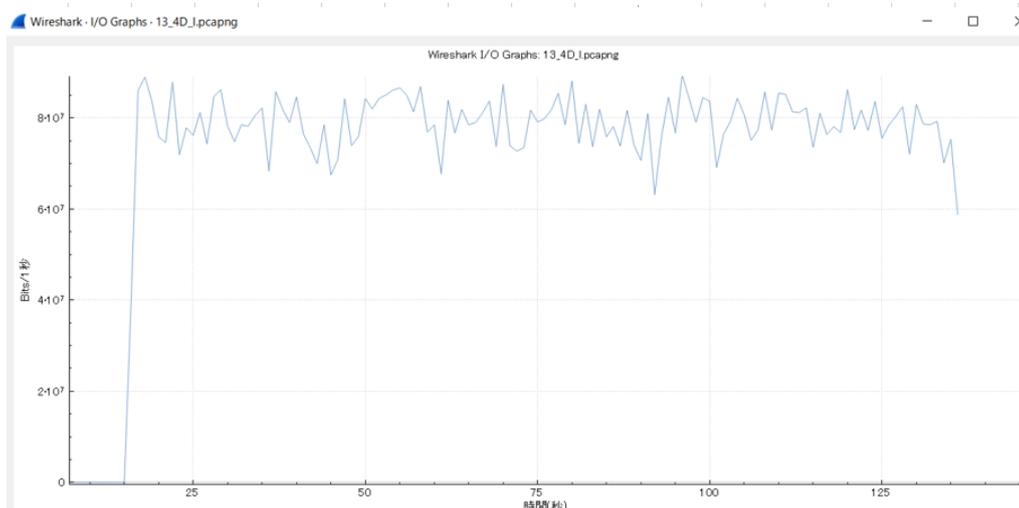


b) VPN/5G 後

図 4.4.5-e VPN/5G 前後におけるトラフィックデータ量の推移 (カメラ 1 台)



a) VPN/5G 前



b) VPN/5G 後

図 4.4.5-f 自由視点カメラトラフィックスループット(8 台時)

(5) 考察

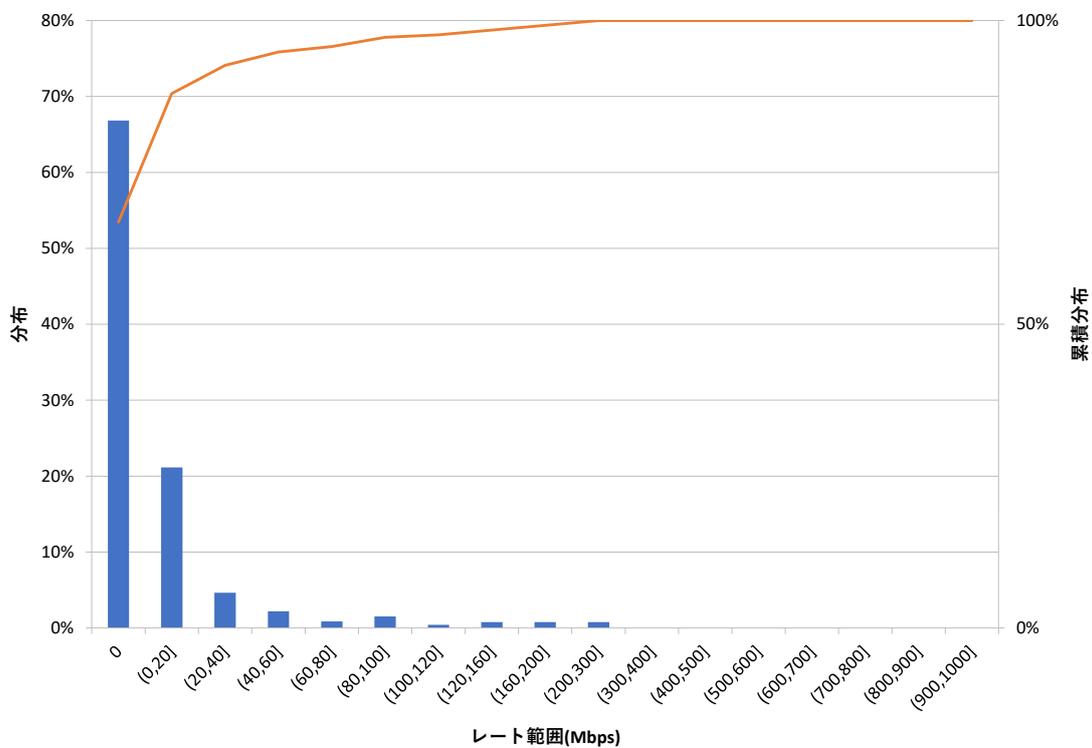
① 結果の解釈

<評価・検証項目 (ア) >

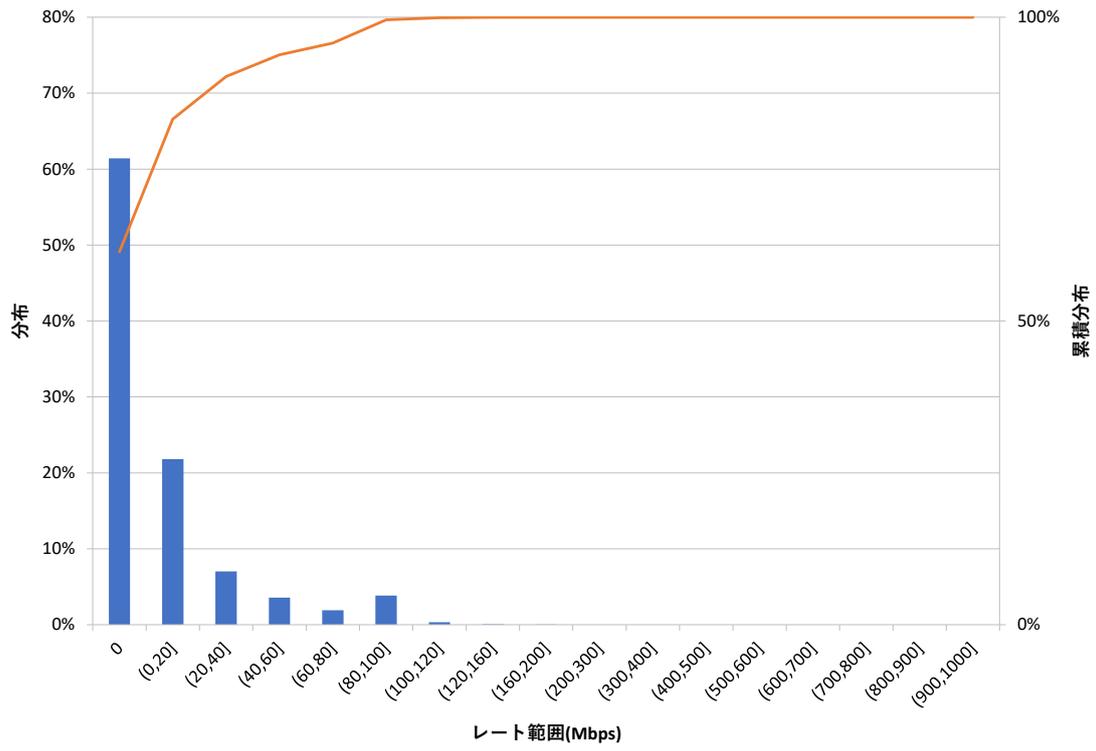
上記の実証結果は、各サービスのスループットを確保するアイソレーションの実現には、経路上のボトルネックのスループットを考慮して有線区間のリソースを割り当てる必要があることを意味している。そのようなリソース割当の実現にオーケストレータおよび SDN コントローラーからのスライス制御は有効である。

<評価・検証項目（イ）>

表 4.4.5-g から自由視点映像カメラデータのアップロードには平均的に 1 台あたり 10Mbps 程度のスループットが必要であることが確認された。一方、図 4.4.5-e のカメラ 1 台のトラフィックの推移から、カメラから出力されるデータがあるタイミングに固まってバースト的に送信されていることが類推される。そこで取得したトラフィックデータから時系列に 10 ミリ秒単位でレートに換算し、カメラ台数によるレートの分布を図 4.4.5-g～図 4.4.5-j に示す。横軸はレート(Mbps)の範囲であり、例えば「(0, 20]」に含まれるサンプルはレートが $0 < x \leq 20$ のものである。0 はその 10ms 間にデータ送信が無いことを表す。左軸は各レートに含まれる 10 ミリ秒単位のサンプル数の割合、右軸は累積分布である。

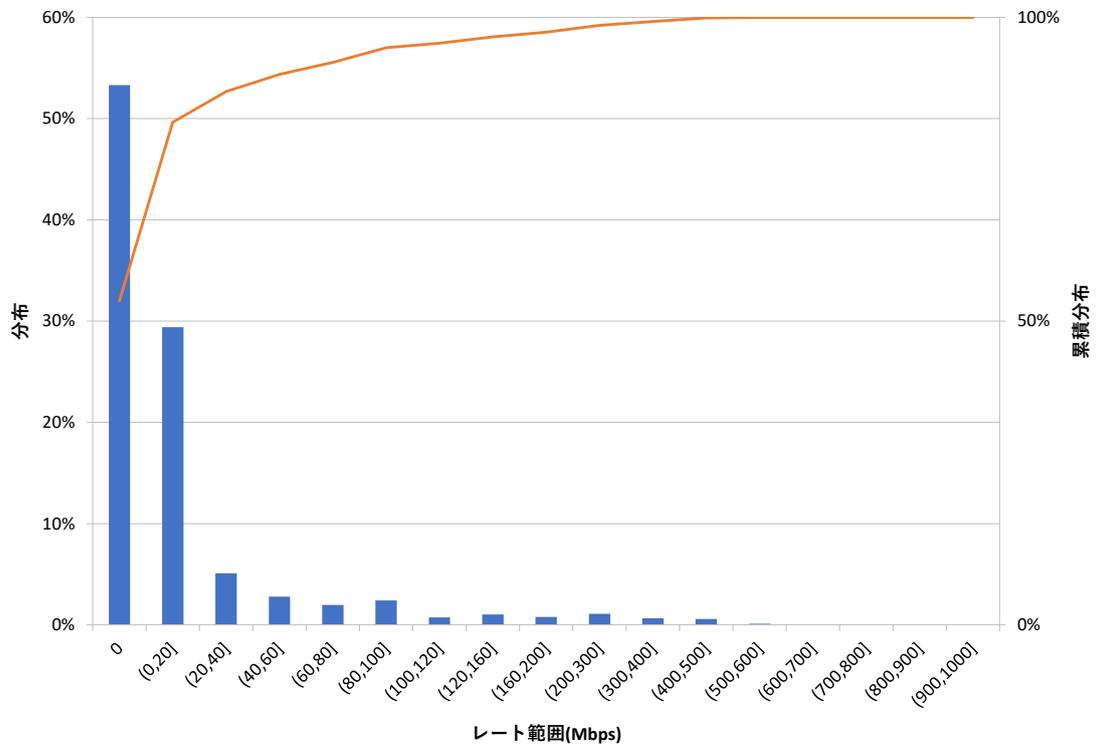


a) VPN/5G 前

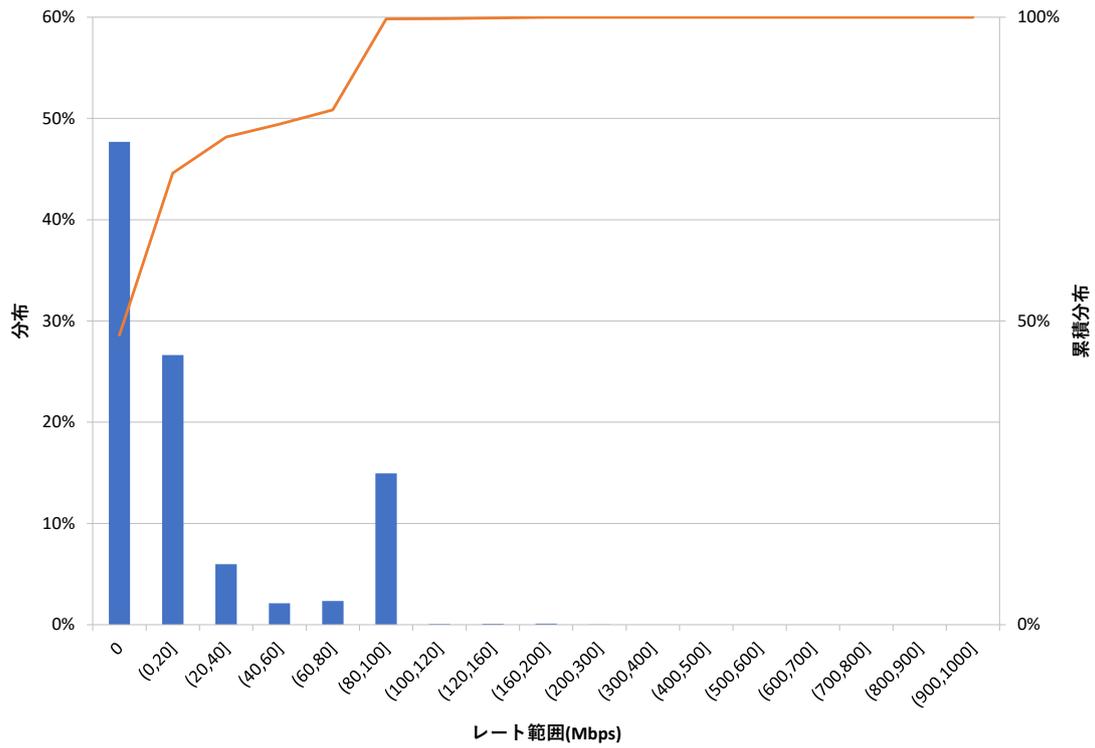


b) VPN/5G 後

図 4.4.5-g VPN/5G 前後におけるトラフィックデータ量の推移 (カメラ 1 台)

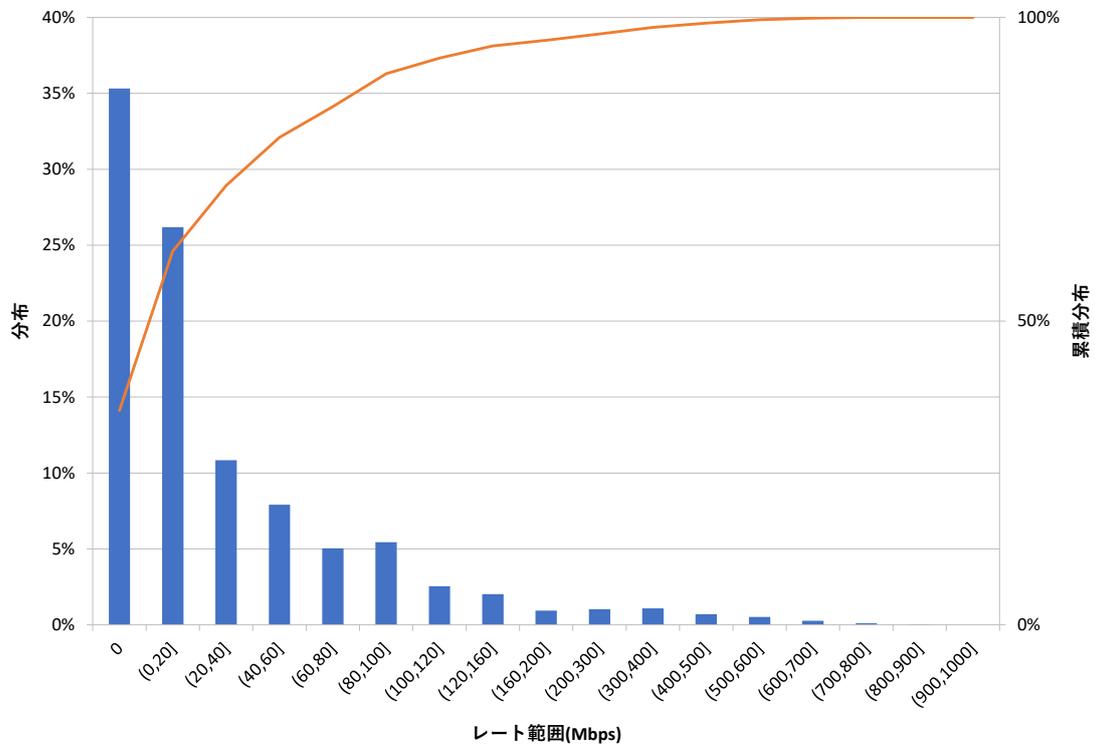


a) VPN/5G 前

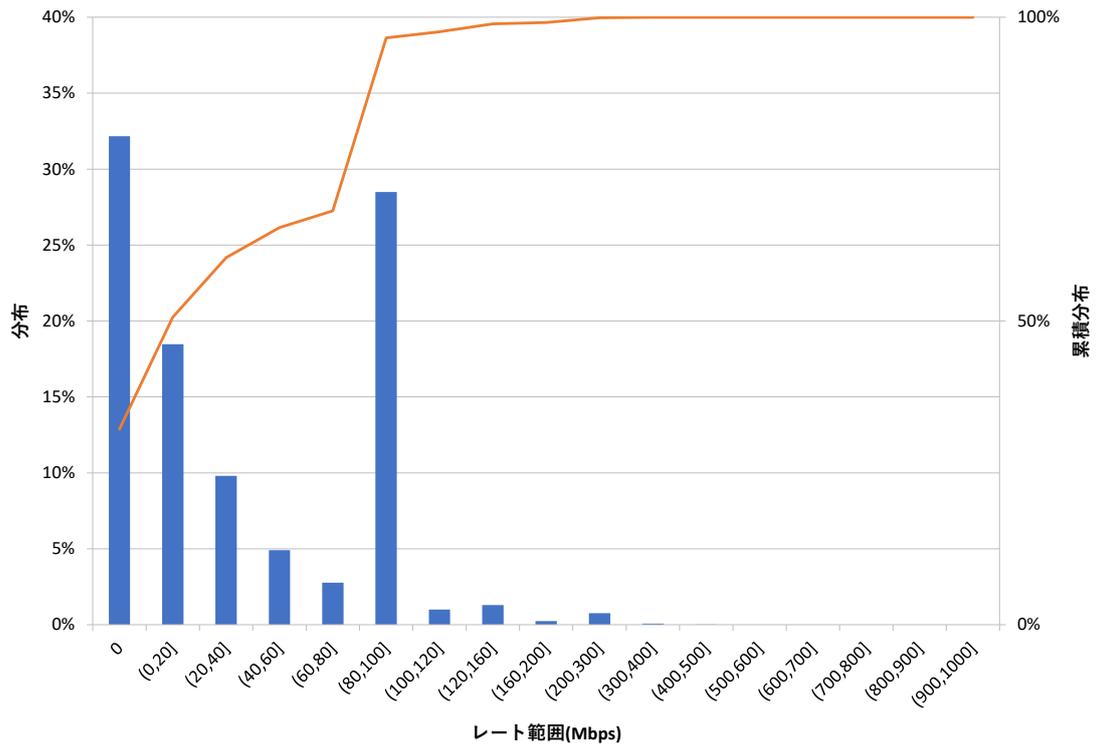


b) VPN/5G 後

図 4.4.5-h VPN/5G 前後におけるトラフィックデータ量の推移 (カメラ 2 台)

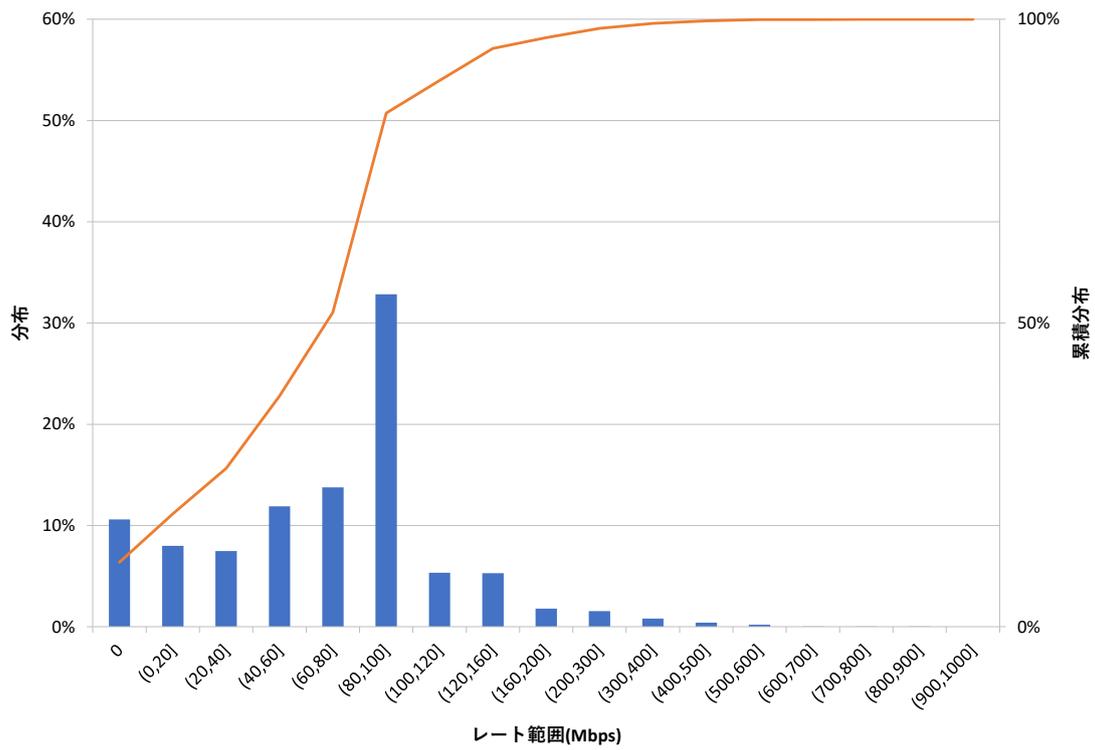


a) VPN/5G 前

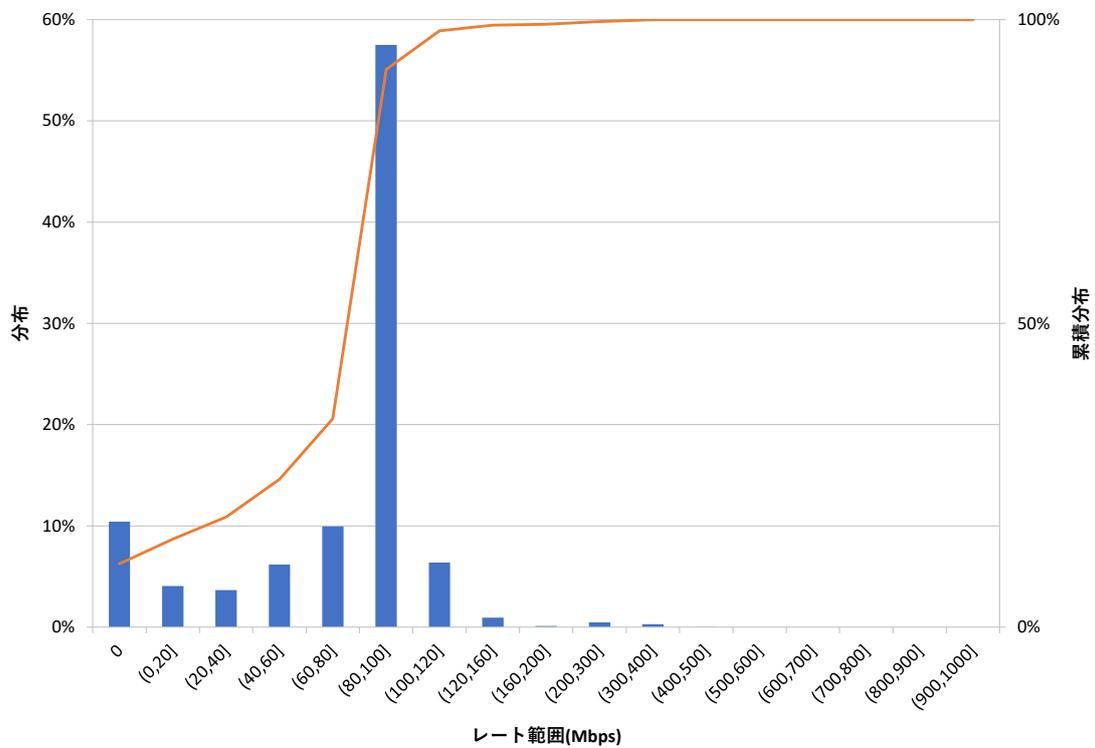


b) VPN/5G 後

図 4.4.5-i VPN/5G 前後におけるトラフィックデータ量の推移 (カメラ 4 台)



a) VPN/5G 前



b) VPN/5G 後

図 4.4.5-j VPN/5G 前後におけるトラフィックデータ量の推移 (カメラ 8 台)

まず、VPN/5G 前の分布から、1 台当たりのレートは 10Mbps ほどにも関わらず、いずれのカメラ台数でも幅広く分布していることが分かる。カメラ 1 台時(図 4.4.5-h)は無送信タイミングも多く、最大のレートは 200Mbps 以上である。カメラ 2 台時(図 4.4.5-h)は 1 台時同様無送信タイミングが多く、最大のレートはカメラ 1 台(200Mbps 以上)の 2 倍に相当する 400Mbps 以上となっている。これは、各カメラがそれぞれカメラ 1 台のときと同様のバーストトラフィックであり、かつ、2 台が互いに同期しているためと考えられる。カメラ 8 台時(図 4.4.5-j)では、1 台や 2 台のときと比べて無送信タイミングの割合は少なく、最大のレートも 600Mbps 程度であり、カメラ 4 台と同程度、カメラ 1 台の 3 倍相当にとどまっている。また、80~100Mbps のレート範囲が有意に多い。これらの要因として、カメラ・映像生成装置間のデータ転送には TCP が用いられており、TCP 層でのトラフィック制御が行われた結果、各カメラのトラフィックのバースト性が低減され、また、合計レートが後述の 5G 上りスループット上限に抑えられた可能性が考えられる。

次に、VPN/5G 前後の分布を比較すると、VPN/5G 後では、100Mbps 超のレートも多少は存在するものの、ほぼ最大のレートが 80~100Mbps の範囲に抑えられていることがわかる。これは、ローカル 5G システムの無線区間上りスループットの上限が見えているものと思われる。見方を変えると、VPN/5G 区間というシステムにより、システム内のバッファリソースを活用して、トラフィックのバースト性を低減していると考えられることができる。

② 課題

<評価・検証項目 (ア) >

上述の通り VPN ルーター間(5G 区間)のスループットは変動するため、その最小値に合わせたリソース配分では、VPN ルーター間(5G 区間)のスループットが改善している間はリソースを使い切れていないことになる。

<評価・検証項目 (イ) >

表 4.4.5-g に示した通り 1 台時以外ではフレームロスが発生しており、試験時の環境が無線区間(UE-RU 区間)でフレームロスが多発するような劣悪なものではなかったと想定されることを考慮すると、入力トラフィックのバースト性に対して、VPN/5G システムの内部バッファ、内部および出力スループットが不足していたことを示している。

③ 課題に対する解決策

<評価・検証項目 (ア) >

VPN ルーター間(5G 区間)と連携して、そのスループットに応じて有線区間のリソース割当を動的に変更することで、リソース利用効率の改善が可能である。あるいは、本実証のような保護すべき高優先サービス(今回の例ではサイネージ)とその他のサービスを重畳するユースケースにおいては、ボトルネックである VPN ルーター間(5G 区間)において高優先サービスを優先する QoS 制御を適用することで、高優先サービスに必要なリソースは確保しつつ、残りリソースをその他サービスが利用可能とすることができる。

以上のように、エンド・エンドでのスライス制御により、ドメイン間の連携やドメインを跨ぐ一貫したリソース制御が適用されるようになれば、アイソレーションと高いリソース利用効率の両立が可能になると考えられる。

<評価・検証項目（イ）>

前述のように、バーストラフィックに対しては、経路上の装置やシステムにおいて、バッファリソースを活用しつつ、帯域リソースを適切に設定することで、バースト性を順次低減していくことができる。スライスとしてエンド・エンドで帯域リソースに加えてバッファリソースが管理・制御されるようになれば、バーストラフィックの効率的な収容やオーバープロビジョニングの低減が可能となり、リソース利用効率が向上すると考えられる。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作への協力

ローカル 5G 技術を活用したソリューションのユースケース紹介を行うほか、技術実証や、課題実証の様子などを紹介する動画素材として以下を提出。

動画コンテンツ

- ・技術実証の様子
 - 1_東京ドームの風景.MOV
 - 2_さまざまなカメラシステム 1～3.MOV
 - 3_2 を集めて配信する様子 3.MOV
- ・課題実証の様子
 - 4_スマホなどでの視聴.MOV
 - 5_応援・ギフトングの実証 1.MOV

5.2 実証視察会の実施

実証視察会は三菱電機（株）の社内実証環境を活用してオンサイトで開催。

5.2.1 実施時期

課題実証は、21 年 10 月 8 日から 11 月 18 日の間にサービス設計を行い、4DReplay より提供頂いたデモ映像を用いて 11 月中旬から 12 月下旬にかけて事前検証を実施。その後、12 月 29 日の全日本総合バドミントン選手権大会準決勝（於：武蔵野の森総合スポーツプラザ）にて 360 度自由視点映像を撮像し、デモ用アプリへ艤装。実証視察会および社内検証は以下の日程で実施。

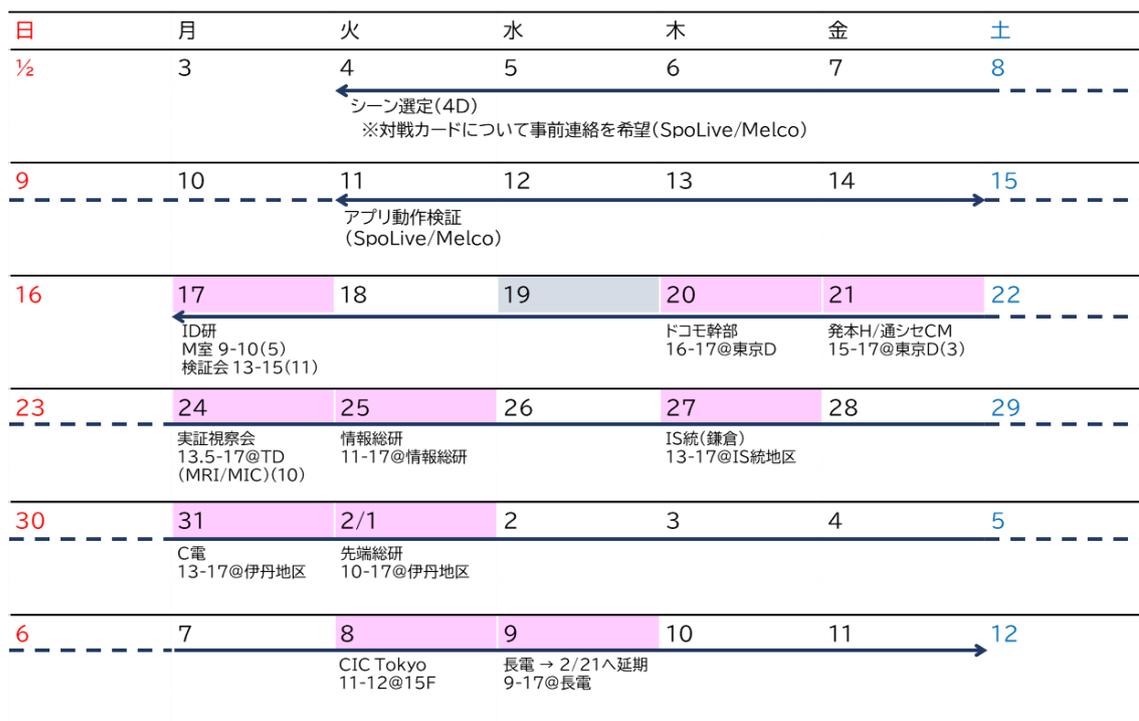


図 5.2.1 実証の進め方

技術実証について

21年12月中旬より約1か月間、東京ドームにて実施。

課題実証について

21年11月から22年2月に渡り、東京ドーム、CIC Tokyo、三菱電機各場所にて実施。

21年11月～12月 社内検証（デモ映像による動作チェック）

22年1月17日 デザイン研究所（大船地区）

22年1月20日 NTTドコモ幹部（東京ドーム）

22年1月21日 開発本部所長・通シセ所長（東京ドーム）

22年1月24日 総務省・三菱総合研究所（東京ドーム）

22年1月25日 情報技術総合研究所（大船地区）

22年1月27日 インフォメーションシステム統括事業部（鎌倉地区）

22年1月31日 コミュニケーションシステム製作所（伊丹地区）

22年2月1日 先端技術総合研究所（伊丹地区）

22年2月8日 CIC Tokyo（虎ノ門ヒルズ）

22年2月21日 長崎製作所（長崎地区）

5.2.2 課題実証及び実証視察会の進め方

■課題実証の目的

スタジアムやアリーナで開催されるスポーツイベントを来場者（1stベニュー）のみなら

ず、非来場者（2nd ベニュー）にも体験頂く取り組みを試行。自由視点映像やオンラインギフティングなどの疑似体験から受容性を評価頂く。

■ 検証会の流れ



図 5.2.2-a 課題実証（事前）及び実証視察会の進め方



図 5.2.2.-b 360度自由視点映像体験イメージ



図 5.2.2.-c オンラインギフティング体験イメージ

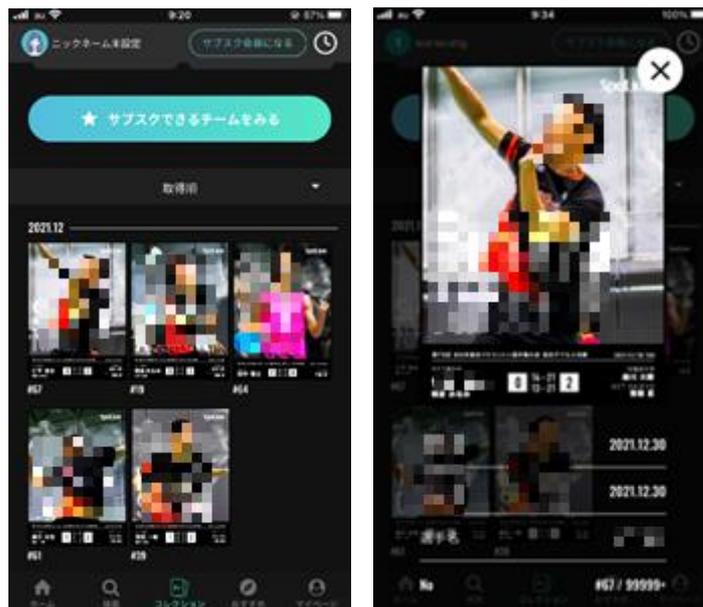


図 5.2.2-d デジタルトレーディングカード体験イメージ

5.3 その他普及啓発活動

本実証の取り組みについては、三菱電機(株)の公式ホームページにてニュースリリースとして公開していくほか、コンソーシアム企業との共創プロジェクトとして特別展示を検討中。

6. 実施体制

実施体制は以下の通り。

- ①請負者：三菱電機株式会社
- ②運営協力：実証コンソーシアム参加各社

【各社役割解説】

三菱電機株式会社

請負者契約主体、全体統括、課題実証統括

株式会社東京ドーム

実装主体となるユーザー企業

東京ケーブルネットワーク株式会社(TCN)

ローカル 5G 免許人

株式会社 NTT ドコモ

ローカル 5G ネットワーク環境構築及び技術実証統括

4DReplay Japan 株式会社

自由視点映像技術支援

国立大学法人東京大学

設計支援

※基本提案と追加提案の推進体制は同様

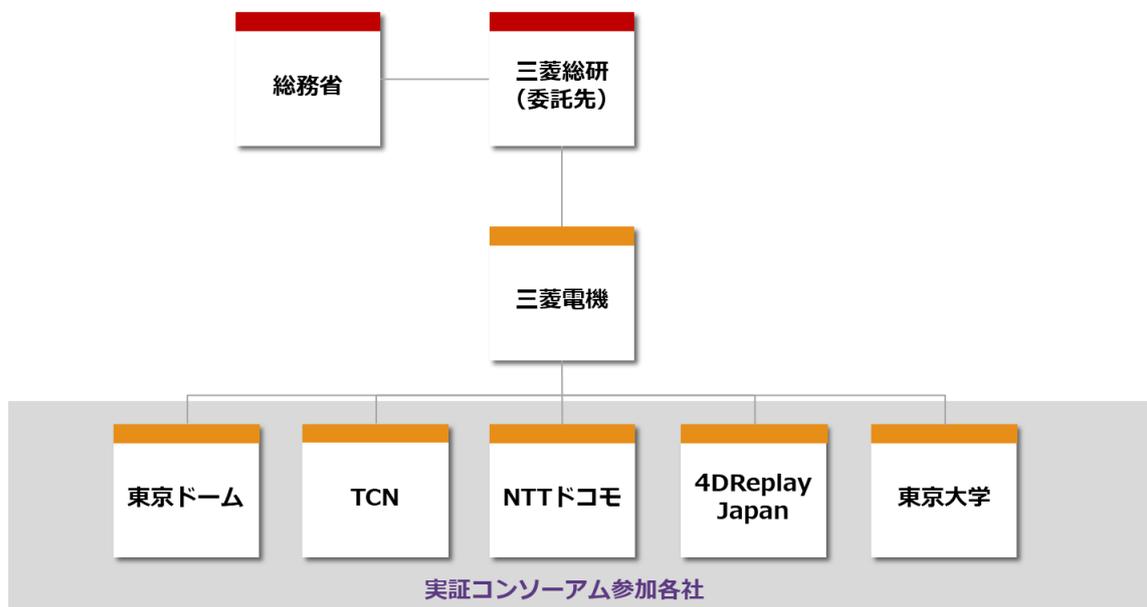


図 6.1-a 実施体制図

表 6.1-b コンソーシアムメンバー及び役割一覧

企業・団体名称	本社所在地	役割
三菱電機株式会社	東京都千代田区丸の内 2-7-3 東京ビル	請負者契約主体・全体統括・課題実証統括
株式会社東京ドーム	東京都文京区後楽 1-3-61	実装主体となるユーザー企業
東京ケーブルネットワーク株式会社	東京都文京区後楽 1-1-7 グラスシティ行楽	ローカル 5G 免許人
株式会社 NTT ドコモ	東京都千代田区永田町 2-11-1 山王パークタワー	ローカル 5G ネットワーク環境構築・技術実証統括
4DReplay Japan 株式会社	東京都中央区日本橋浜町 2 丁目 62 番 6 号 日本橋浜町 K ビル 12 階	自由視点映像技術支援
国立大学法人東京大学	東京都文京区本郷 7-3-1	設計支援

7. スケジュール

スケジュールの実績は以下の通り。

項目	日程		9月				10月				11月				12月				1月				2月				3月							
	開始	終了	6日	13日	20日	27日	4日	11日	18日	25日	1日	8日	15日	22日	29日	6日	13日	20日	27日	3日	10日	17日	24日	31日	7日	14日	21日	28日	7日	14日	21日	28日		
1. 実施環境の構築																																		
a. 実施環境の準備																																		
a-1. アプリ一式機器調達	21/09/06	21/10/10																																
a-2. ネットワーク機材関連機器調達																																		
a-2-1. NW機器	21/10/11	21/11/21																																
a-2-2. ネットワークスライク機器	21/10/11	21/11/21																																
a-2-3. ローカル5G機器	21/09/13	21/10/17																																
b. NWシステムの構築																																		
b-1. ネットワーク・システム基本設計																																		
b-1-1. サブシステム（映像系）基本設計	21/09/20	21/11/14																																
b-1-2. サブシステム（NW系）基本設計	21/09/20	21/11/14																																
b-2. ネットワーク・システム詳細設計																																		
b-2-1. 映像詳細設計書作成	21/11/15	21/12/12																																
b-2-2. NW詳細設計書作成	21/11/15	21/12/12																																
b-3. 装置設置																																		
a. 設置場所調整（東京ドーム等と調整）	21/09/13	21/11/29																																
b. 設置作業	21/12/06	22/01/09																																
c. 免許及び各種許可																																		
c-1. 事前調整（関東総通）	21/08/01	21/09/19																																
c-2. 資料作成	21/08/01	21/09/19																																
2. 技術実証																																		
a. 電波伝搬特性等の測定																																		
a-1. 実証項目検討	21/12/01	21/12/30																																
a-2. 評価方法検討	21/12/13	21/12/30																																
a-3. 実証	22/01/11	21/01/14																																
b. テーマ別実証																																		
b-1. 実証項目検討	21/12/01	21/12/30																																
b-2. 評価方法検討	21/12/13	21/12/30																																
b-3. 実証（測定）	22/01/15	21/01/25																																
3. 課題実証																																		
a. 有効性検証																																		
a-1. 実証項目検討	21/10/04	21/10/24																																
a-2. 評価方法検討	21/11/01	21/12/30																																
a-3. 事前検証	21/11/01	21/11/30																																
a-4. 実証環境の構築	22/12/13	21/01/02																																
a-5. 実証（測定）	22/01/04	21/02/07																																
b. 実装性検証																																		
b-1. 実証項目検討	21/09/01	21/10/30																																
b-2. 評価方法検討	21/11/01	21/12/30																																
b-4. 事前検証	21/11/01	21/11/30																																
b-5. 実証環境の構築	22/12/13	21/01/02																																
b-6. 実証（測定）	22/01/04	21/02/07																																
c. 実装に向けた課題抽出及び解決策の検討																																		
c-1. 実装計画策定	21/11/01	21/12/05																																
d. 実装シナリオの見直し																																		
d-1. 実装計画策定	21/11/01	21/12/05																																
d-2. 横展開の検討	21/12/06	22/01/16																																
e. 追加提案																																		
e-1. 実証項目検討	21/10/04	21/10/30																																
e-2. 実証仕様検討	21/11/01	21/12/05																																
e-3. 実証（測定）	22/01/04	21/02/07																																
4. 成果報告書																																		
a. 映像制作																																		
a. 映像制作	22/01/17	22/02/26																																
b. 視察会																																		
b. 視察会	21/12/06	22/03/14																																
c. 成果報告書の作成																																		
c. 成果報告書の作成	22/01/24	22/03/25																																

補足資料① 受容性アンケート結果

360度自由視点映像配信ソリューション

■改善すべき点(Q16)

「スムーズ」に関するコメント (10)

カメラが**スムーズ**に切り替わるといい。

スムーズな操作性や、自身でみたいシーンを探すだけでなく、あるていど見所のシーンを自動で選択できると良さそう

スムーズに動くと良かった。

もう少し操作が**スムーズ**であれば良いと思います。

映像が**スムーズ**になればより良いなと思いました。

画像推移の**スムーズ**さ。家で見る場合の操作性は未体験なので不明

高画質で**スムーズ**に動いてほしい

視点の変更がもう少し直感的な操作で**スムーズ**に動けばなお良いと思います

操作性が**スムーズ**になってほしい。

読み込みの**スムーズ**さ

1. 「レスポンス」、「速度」に関するコメント (9)

視点の移動速度が**遅く感じた**ので、はやくして欲しい

映像の視点切り替えがもう**少し速く**動くと良いと思った。

応答速度、UI(視点変更容易性)

視点の移動速度が**遅く感じた**ので、はやくして欲しい

操作の**応答速度**

通信がもっと高速だったら良いと思いました。

通信速度

通信速度の高速化が必要と思いました。

動作速度

「ズーム」や「拡大」に関するコメント (7)

ズームなどできればより良いと思われる

ズームは、欲しいです。テレビ放送のカット割のほうが選手の顔が見やすいので、そこからの360度自由視点のほうが扱いやすいです。

ズームも任意にしたい

ズームやスロー再生が欲しい

視点の移動の方法について、スライドバーではなく、映像自体を左右になぞって移動できたり、**ズーム**できたりしたほうが直感的だと思う

カメラの設置可能な場所により映像の解像度、選手の大きさが左右されてしまう点。画像の解像度が落ちず拡大可能な映像、また**音声も同時に再生される映像**が提供されると更に良い。

携帯画面でビューを**拡大**できるといい。

2. 「上」や「下」に関するコメント (7)

2次元的に360度だけでなく、**上からの視点もほしい**と思いました。天井があるタイプの場所であればやりやすいのではないかなと思いましたがいかがでしょうか。

レスポンスをあげて欲しい。上からも見てみたい。

上下も自由に動かしたい

上下画像もみたい

上下左右回転できるようにした方が良い

真上からの視点とかもありますか？

水平方向だけでなく上方向も動かしたいなと思いました。

「リアルタイム」(4)

スポーツの種類によるが、リアルタイムで観戦中、ゲームが中断した時にちょっと前のプレーを自分で巻き戻して角度を変えて見る時、プレーが再開しそうになったら知らせてくれる機能があれば便利かもしれないと思いました。(ラグビーとかテニスとか)

リアルタイムの観戦というより、スーパープレイ集的なコンテンツも考えられそう。

リアルタイム性

機能が色々ありそうだし、リアルタイムとのシンクロも期待するので、使い勝手が課題になりそう。

■期待する点(Q17)

「リアルタイム」に関するコメント(9)

リアルタイム性のある自由視点。

将来的にリアルタイムで自分でアングルを動かしながら観れるようになればいい

リアルタイムでの映像配信

リアルタイムが難しくても、いくらかの遅延有り(または録画映像)で機能を付け足すのはありかもしれない

リアルタイム配信ができること

リアルタイム中継でも自由に出来るならすごい。

リアルタイムでの視聴時など、一時停止中ではなく動画再生時にも視点を変更できるようになればさらに良いと思いました

魅力的なコンテンツとして、比較的リアルタイムでストリームを生成できると良い

様々なリアルタイム情報の同時表示

「推し」、「選手の視点」に関するコメント(8)

様々な視点から「推し」の選手(や場合によってはライブの演奏者など)を鑑賞できる点。かなり自由度が高く、ユーザ側で各自自身の好みで映像の視点や拡大ができる点。

サッカーであれば、オフサイドラインを表示できると便利。将来的には選手の視点に近づけると楽しそう(どんなふうにフィールドが見えているかが分かる)。

ズーム機能の追加、好きな選手が見れるようにできたら良いと思います

サッカーの場合、選手と同じ視点で見られると良いと思います。FW位置など

試合中にチームや選手の情報等、自分が知りたいデータが簡単に見れるような仕組みがあったらもっとスポーツ観戦が楽しくなると思う。

視点となるカメラを指摘してアングルが決められたら嬉しい 好きな選手が追える。

様々な視点から「推し」の選手(や場合によってはライブの演奏者など)を鑑賞できる点。かなり自由度が高く、ユーザ側で各自自身の好みで映像の視点や拡大ができる点。

推しに視点を固定させたライブ観戦アプリがあります。**推し視点**に期待します。

「上」、「下」、「方向」に関するコメント (5)

360度に近い視点、**上からの視点**があるととっても楽しめると思いました。

盛り上がるシーンを切り取って色々な**方向**から見たいです

直線的ではなく、**上下**左右視点に期待したいです。

上下の視点もあるとより良いと思います。

上下もある程度動かしたい

「拡大」、「ズーム」に関するコメント (4)

様々な視点から「**推し**」の選手(や場合によってはライブの演奏者など)を鑑賞できる点。かなり自由度が高く、ユーザ側で各自自身の好みで映像の視点や拡大ができる点。

拡大、縮小表示

360度回り込んで**拡大**して表示など自由自在に視点を選べると更に魅力的になりそう

ズーム機能の追加、好きな選手が見れるようにできたら良いと思います

「ライブ」、「アイドル」に関するコメント (10)

VRとの組み合わせで映像が見たいと思いました。ライブで利用して遠くからでもいろいろな角度でアーティストの姿が見たいと思いました。

アイドルのライブにも是非使ってほしい

アイドルや**コンサート**を対象にしたほうが需要があると思いました

スポーツ以外に**演劇**や**ライブ**などに応用されると面白いかと思いました。

スポーツ観戦には関心がないのですが、音楽などの**ライブ**で使えるとよいと思います。

一対一の**武道**、**アイドル**のコンサートに大きな親和性を感じる

音楽ライブやお笑い**ライブ**とかでも使ってみたい

自由視点映像は**アイドルのコンサート**など、ディープでマニアックな人が多い分野の方がウケるのではないかと思いました。

推しに視点を固定させたライブ観戦アプリがあります。**推し視点**に期待します。

様々な視点から「**推し**」の選手(や場合によってはライブの演奏者など)を鑑賞できる点。かなり自由度が高く、ユーザ側で各自自身の好みで映像の視点や拡大ができる点。

その他コメント (3)

解説を加えるとより楽しめると思いました。例えば野球であれば、ボールを打った瞬間を解説ポイントとして、スクロールバーに表示して、その地点に合わせると解説が表示される、など。

フィットネス等の**パーソナルトレーニング**にて、インストラクターの動きを自由視点で確認できれば面白いと思いました。

スタジアムの**大型サイネージとの連動**など。VR映像からキャプチャした画像を使ってオリジナルグッズをつくれるとよい

■その他自由意見(Q18)

主なコメント (8)

個人的な趣向になってしまいますが、スポーツ以外に、**音楽**のライブ配信で自由視点映像が見られると嬉しいです。(ギターの**手元**とか見たいです)もし自由視点のアーカイブ配信があるなら、**コンサート代+2,3000円**くらいはお金払いたいです。

海外のオンラインライブでは7画面程度の**マルチビュー**も追加料で見えたリアルタイムで360度見れるのはいいが、一箇所に集中してしまい大事な場面を見逃してしまいうようなので、**通常のビューと二画面**にするか**後日360度映像配信**でもいいなと思った。スポーツ視聴の全体の体験の中でのあくまで一要素が360度映像の認識であり、今回の**360度映像単独でのマネタイズを狙わず**視聴者の体験が向上するようなコンテンツを増やし、**囲い込むことで、トータルの価値を提供**してほしい。

自由視点を使って**分析**をするコンテンツを発信するなど、自分で分析まではできない人でも観て楽しめるものがあるといいのではと思いました。(YouTubeのように、いろんな人がいろんな視点で分析する動画など)

究極は、多数のスタジアム観戦者が、自身の端末で撮影中継し、映像合成配信できる仕組みが望ましいかと。

設備が高額になるのは当然なのですが、観戦者もスマホが当たり前なので、**観戦者が撮る映像を繋ぎ合わせて**、いい感じに360度映像を作成できないですかね(パケットが限界ですよ、)自分が映像のピースになって、解像度が上がればうれしいですね。妄想です。アプリの目的から逸れるかもしれませんが、プレイヤー自身の**フォーム改善**や**勉強材料**としても利用できそうだと思います

オンラインギフティング・ソリューション

■改善すべき点(Q25)

「見返り」、「モチベーション」、「報酬」に関するコメント (7)

応援したいから投げ銭をするのか、トレカが欲しいから投げ銭するのかよくわからなかった。前者だとすると、投げ銭による**見返り**は何になるのでしょうか？投げ銭だから何も無い？

投げ銭の**見返りが弱い**気がする。ライトユーザー向けにはもう少し欲しい。

ギフトを送る目的は**見返り**で、画面の向こう側の人に反応してほしいからだと思います。もっと画面の**向こうと繋がれる技術**があればより良くなると思います。

ギフトする**モチベーション**をもっと**高める施策**が必要

無課金と比較してオンラインギフティングすることによるユーザへのメリットをより明確にするべき。オンラインギフティングすることにより、オンライントレカ(及び自由視点映像)をもらえる一方、無課金でも一部同様の映像が見れるため、かなり**コアなファンでない限り大金を送るインセンティブが低い**ように思える。また、投げ銭の機能は例えば特定の選手に送りたい場合は他のSNSアプリや媒体等でも可能なため、**他アプリとの差別化**が必要である。

応援数に応じて、選手のパフォーマンスや**スペシャル動画**が見れる、**サインがもらえる**など、**特別感**もあるとよい

スタンプだけでなく**コメント**を打ち、金額に応じて選手がコメントを取り上げたり、**報酬**があると意欲が増すと思いました。

「レスポンス」、「インタラクティブ」に関するコメント (4)

YouTube のスパチャであれば、**即レス**がありますが、試合中の選手は、レスできないため**インタラクシ
ョン感**に乏しく感じます。

YouTube と比較してしまうのですが、スタンプだけなのはさみしいなと思ってしまいました。また、送った
ときのレスポンスが期待できないのはもっと悲しいと思いました。私の中ではスーパーチャットのメリットは
その場でレスポンスが返ってくることだと思っているので、試合中の選手は無理だとしても、なにかの形
で**反応が返ってくる仕組み**だといいなと思いました。

レスポンスがあると**インタラクティブ**で**繋がり**を感じやすいと思いました。投げ銭に対してレスポンス度合
いで実際に受け渡される額が変わるとか。

ギフトを送る目的は**見返り**で、画面の向こう側の人に反応してほしいからだと思います。もっと画面の
向こうと**繋がれる技術**があればより良くなると思います。

その他コメント (2)

プリペイド式で今日は **1000 円**までスパチャするとか、カード決済にならないと嬉しい
使用する際は、投げ銭に**年齢制限**を設けるべきかもしれない

■期待する点 (Q26)

「**見返り**」、「**反応**」、「**レス**」に関するコメント (7)

投げ銭の**見返り**強化。**独自コンテンツ**や**限定動画**など。

ギフティングに対する自分だけに特化した**見返り**があると良い

何か**リターン**があるといいなと思いました

選手が**リアルタイム**で**反応**してくれるなど、YouTube や TV よりも応援してる！という体験ができる
ことなのでその点に期待したいです。

課金の応援メッセージがあり、それに対して選手のお礼メッセージがあれば、より課金したくなるのでは
ないかなと思いました。

会場にフィードバックされたり、すると嬉しいかもしれません。**液晶**にでたり。**アナウンス**されたり。

試合後の**選手インタビュー**など、その時にスパチャして選手が即レスしてくれるなら面白そう

「**臨場感**」、「**一体感**」、「**融合**」に関するコメント (7)

リアルとの融合 (オンラインギフティングの状況が会場のサイネージで生配信されるなど) による、リア
ルとオンライン双方の価値の向上

オンラインによるライブ配信でも、会場で観戦する時と似たような、他のファンとの**コミュニケーション**や
一体感を味わいながらライブ配信を観戦できる点。

観戦者間の**コミュニケーション機能**(チャット等)の追加

〇〇選手応援団所属、〇〇チームファンクラブ所属などのように**一体感を高める仕掛け**があれば良
いのではと思う。

その場にいるような**臨場感**がある応援ができると楽しそうです

リスナー参加型の**ラジオ番組**的な感覚も面白そう

現地とのリンク

その他コメント（5）

これからのスポーツ視聴の在り方が変わりそうで、期待反面、モラルの維持が大変そうです
流行れば観戦の楽しみ方が変わりそう

選手にトレードすると、その人が運営している子供育成などに使われる等プラスαのモチベーション向上
施策。

クラブチームの応援につながっていく点。

マイナースポーツ選手にお金が行き届きそうな点。

■その他お気づきの点（Q27）

「選手」や「チーム」に関するコメント（5）

ギフトしたお金の流れを知りたい 応援している選手に送りたいというモチベーションはある

ライブ配信が流行っているので、選手に課金する人は多そうだなと思います

気になる点として、このギフトイングによって支援金が増えるのか、支援金は増えるがグッズの売り上げは下がるか、トータルでの結果が気になりました。一方で、グッズは要らないけど支援したい人にとっては、プレイや特定のプレイヤーに対してアプローチできるので、その点が特に新鮮な感情を生んでくれそうと思いました。

Youtubeにもスーパーチャットという機能があり、それに似た雰囲気を感じた。また、名称も同様のものであるため、目新しさは感じなかった。だがしかし、選手に送れるのは良いと思った。

スーパー応援のお金が9割以上チームに届くのがよいと思った。

「差別化」に関するコメント（2）

いわゆる一般的なオンラインの投げ銭と何が違うのかよくわかりませんでした。

YouTubeライブとかの投げ銭との差別化が欲しかったです

NFT 付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売ソリューション

■改善すべき点(Q34)

「NFT」に関するコメント（4）

NFTで唯一性を保証されても、元映像が、流通している映像なので、希少性が無いです。選手の私服カードなど、放映では出てこない絵面だとレア感が出て良いです。

NFT化を検討しているとお話もありましたが、デジタルだと似たようなものを簡単に作れてしまう気がしてならない。何らかの現物もしくは体験につながる仕組みがある方がいいかもしれません。

NFTにして欲しい

NFTを導入すればよいですが

「動画」、「動き」に関するコメント（3）

YouTubeに飛ばずに見れるといいなあと思いました。動画もコレクションできる等

デジタルコンテンツなのでカードと銘打ってあるが、**動画とかでもいいのでは**と感じた。（その日の試合のハイライトをかつよく編集したものとか）

動きのあるカードならよかったかも

「複製」、「コピー」に関するコメント（2）

デジタルで入手したものは、他の端末で見られるのか分からないが、見られると良い。ただし、サービス側は**複製防止**など対策が必要かも。

子供の頃は**カード**を集めたりして、楽しかった記憶がありますが、デジタルだと「いくらでも**コピー**できる感」が出るのでなかなかのめり込めない。

「連携」に関するコメント（2）

コレクション要素に対するもうすこし価値がほしいとおもった。**ファンサービス関連との連携**などがもっと必要なサービス化と考える

トレカはデータでなく実体がほしいです。**プリントサービス**と連携とか。

■期待する点(Q35)

「レア」、「オフショット」に関するコメント（6）

遊戯王などのカードゲームで、激レアカードとして扱えるなら、意味ありそうです。とはいえいちいちカード作るのも大変なので、選手カードと一緒にゲームの**激レアカードバンドル**でも構わないとおもいます。

どれだけ**レア感**を出してコンテンツの価値を高められるか

YouTubeのメンバー限定配信のように、**オフショット**などそういうものが見れるなら集めようと思うかもしれません。

オフショット提供など、個別選手応援の**プレミアム感**が上げられるとよいと思います。

カードの**自分だけ感**

カードの**希少性**など、魅力向上

「交換」、「交流」に関するコメント（4）

交換は楽しそう

特別感を得られるようなカードであるといいと思った。また、他の人と**交換**したりして、**交流**を深められるようになればいいなと感じた。

カードバトル、カード交換

SNSで自慢したり、購入者が一言コメントして閲覧できるような、ファン同士で簡単なコミュニケーションに繋がると面白いかもと思いました。

「360度」、「自由視点」に関するコメント（4）

360度自由視点映像と組み合わせると面白いと思う。

360°視点映像と組み合わせされれば、応援している選手のカード等集めたくなるなと思います。

止めた選手のポーズをカードから360度見れるとか**フィギュア**を眺めるようにしてコレクションしたい自由視点と組み合わせるなら、**3D化**して動くようにほしい

■その他自由意見(Q36)

主なコメント (3)

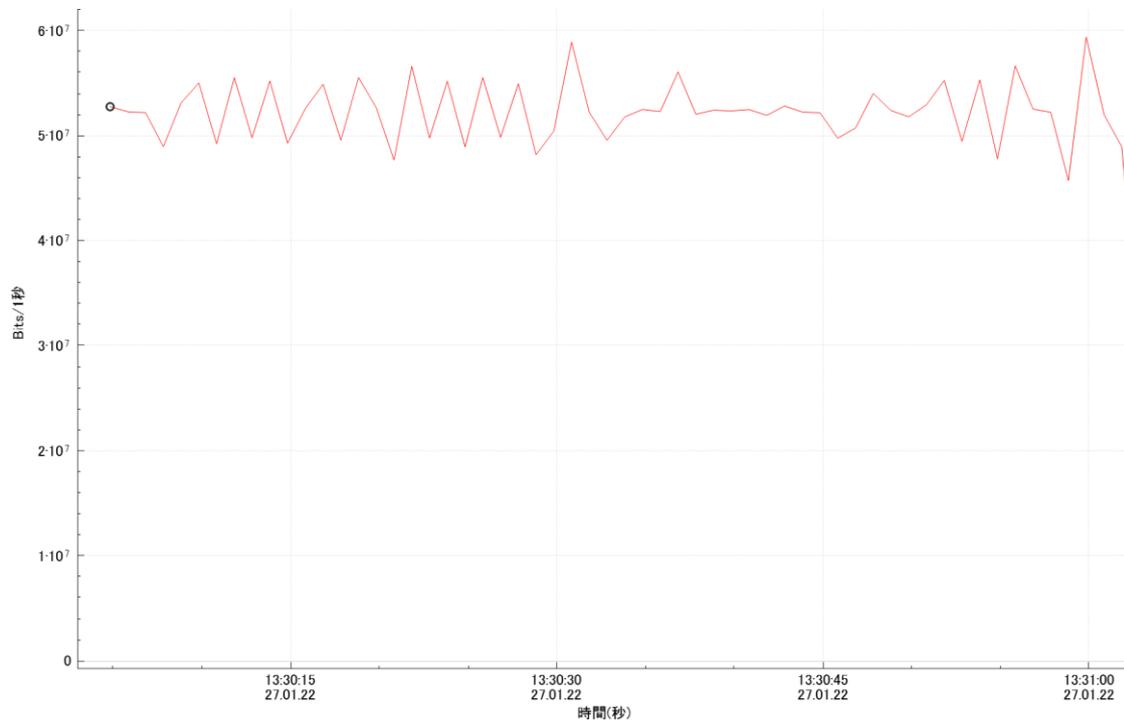
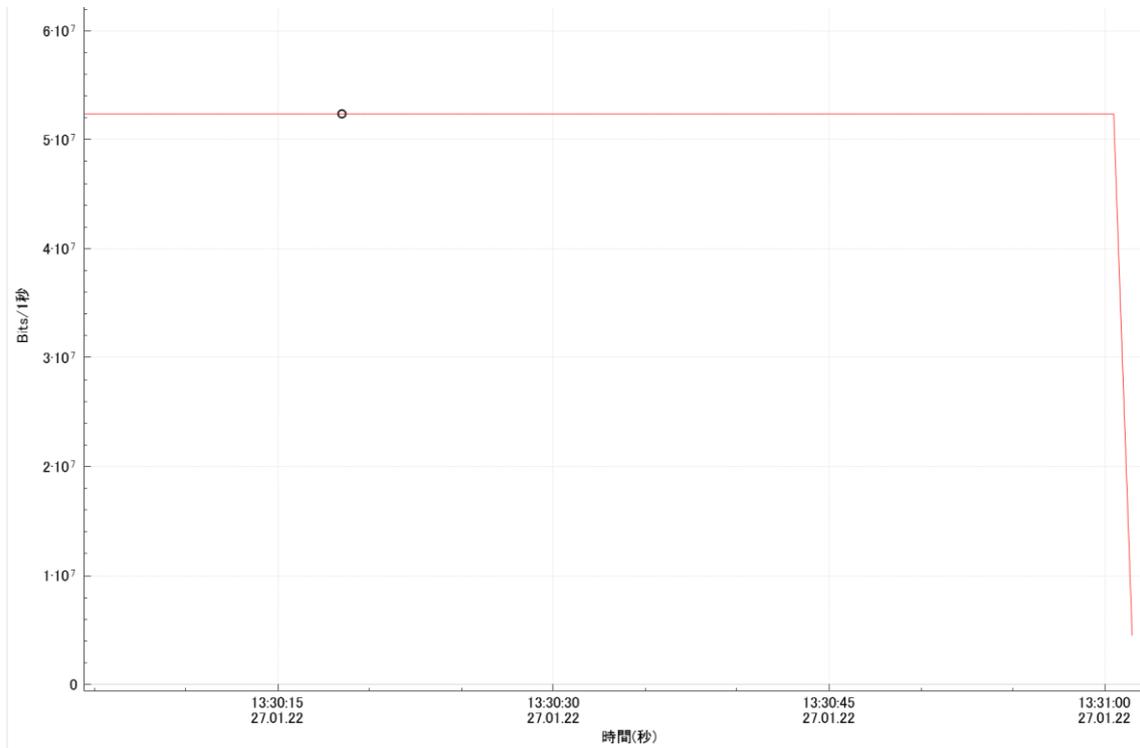
トレードとかできたら面白いかもしれません。

オフショットなど普段見れないような画像も価値がありそう

応援グッズの減収を補うというためのオンラインギフトという話でしたが、サブカルカテゴリーではライブ前にグッズ販売することで大幅な減収を防いでいるので、オンラインギフトと応援グッズの関係は切って考えたほうが良いのかなと思いました。

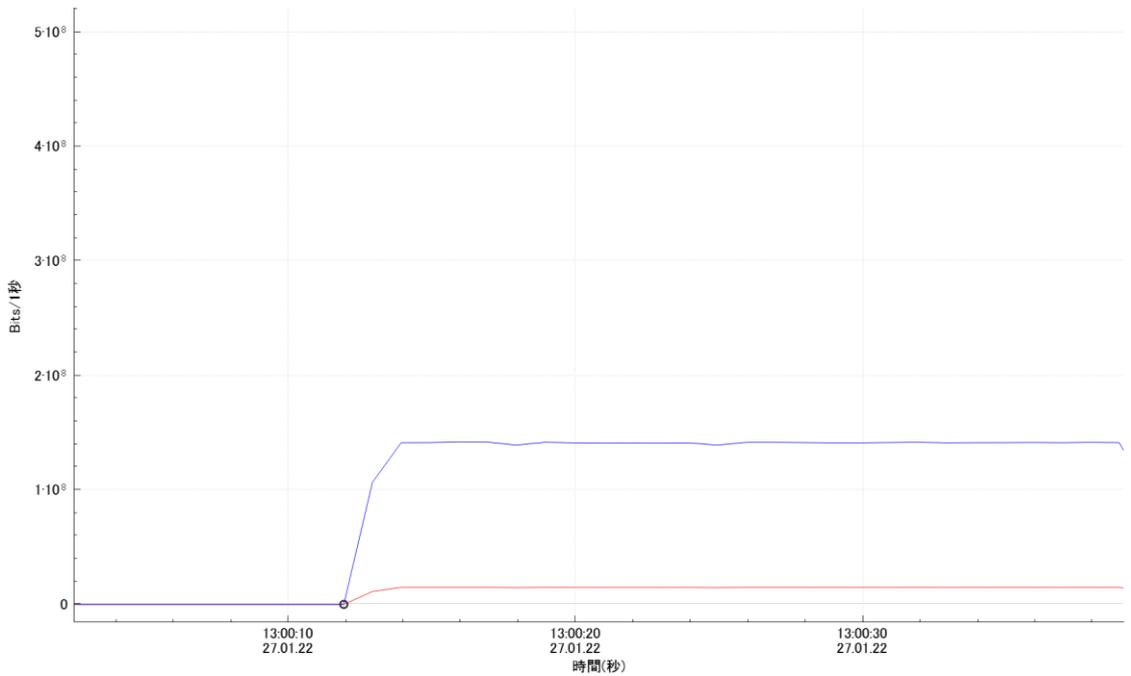
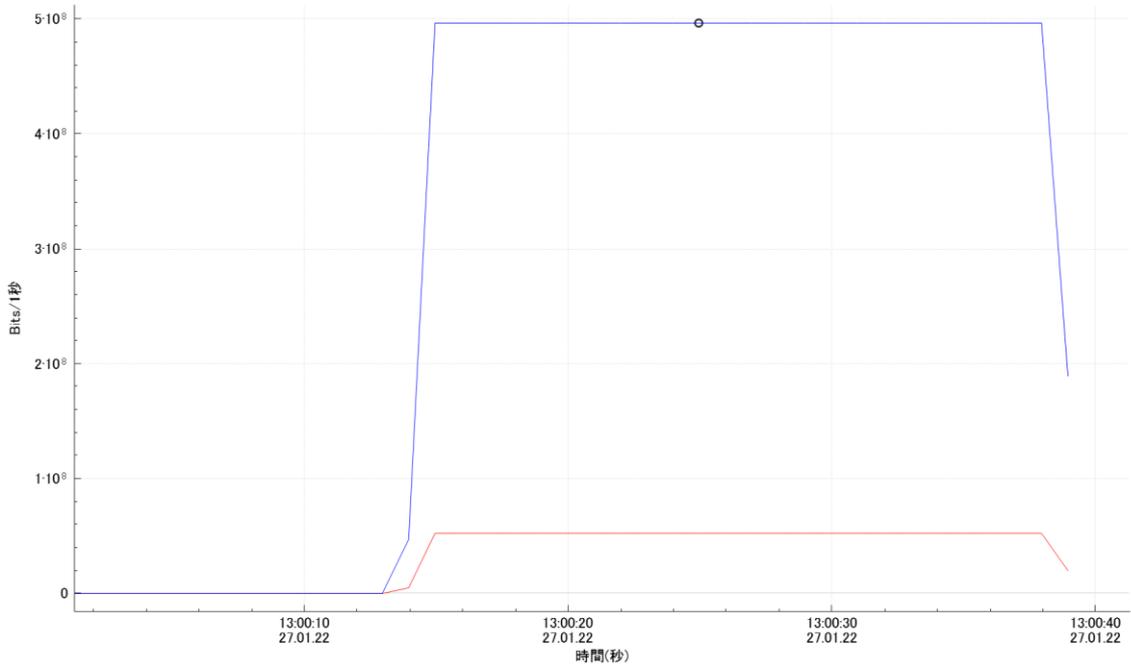
補足資料②(4.4.5 章)

・表 4.4.5-f の No.2 のサイネージのスループット(上段=送信レート、下段=受信レート)



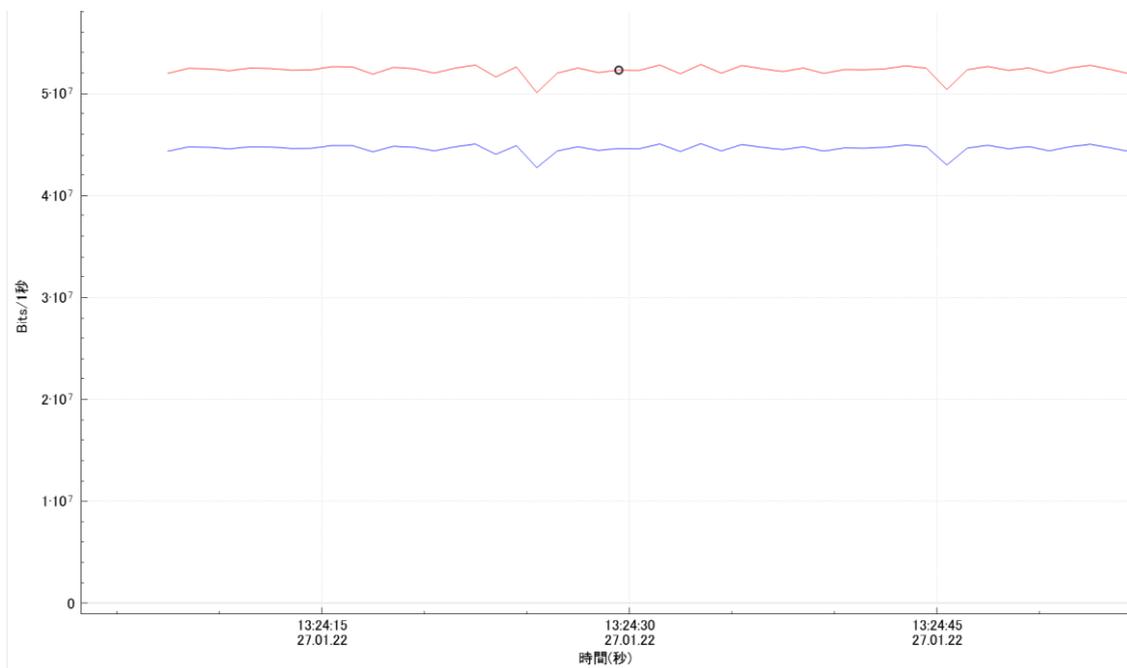
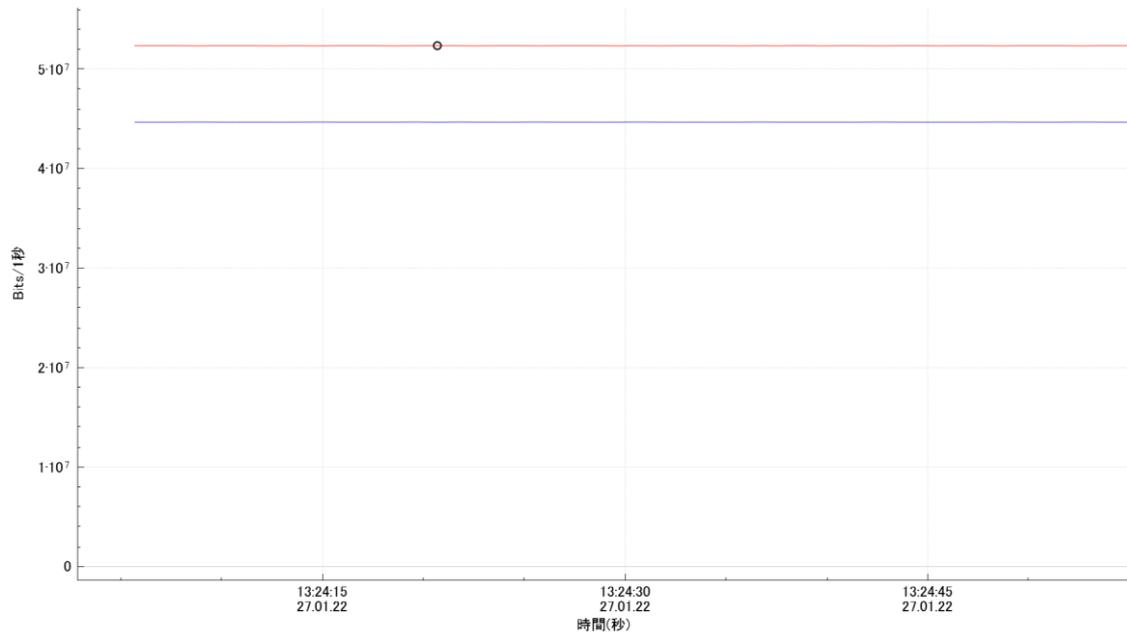
・表 4.4.5-f の No.4 のサイネージ、負荷トラフィックのスループット

(上段=送信レート、下段=受信レート、青：背景トラフィック、赤：サイネージトラフィック)



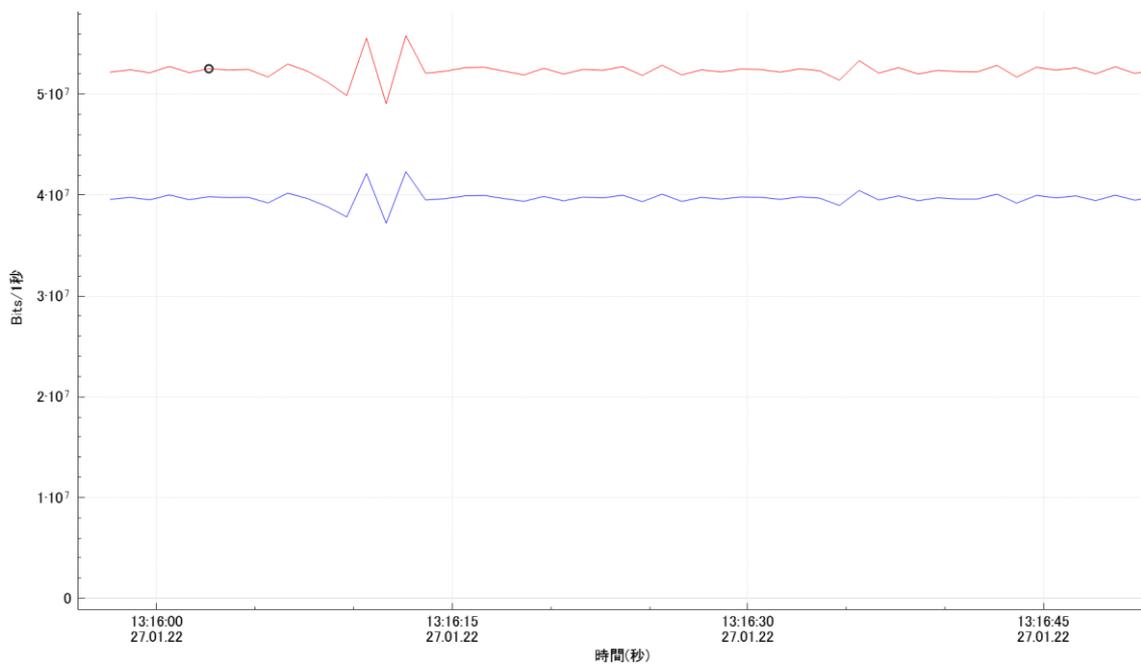
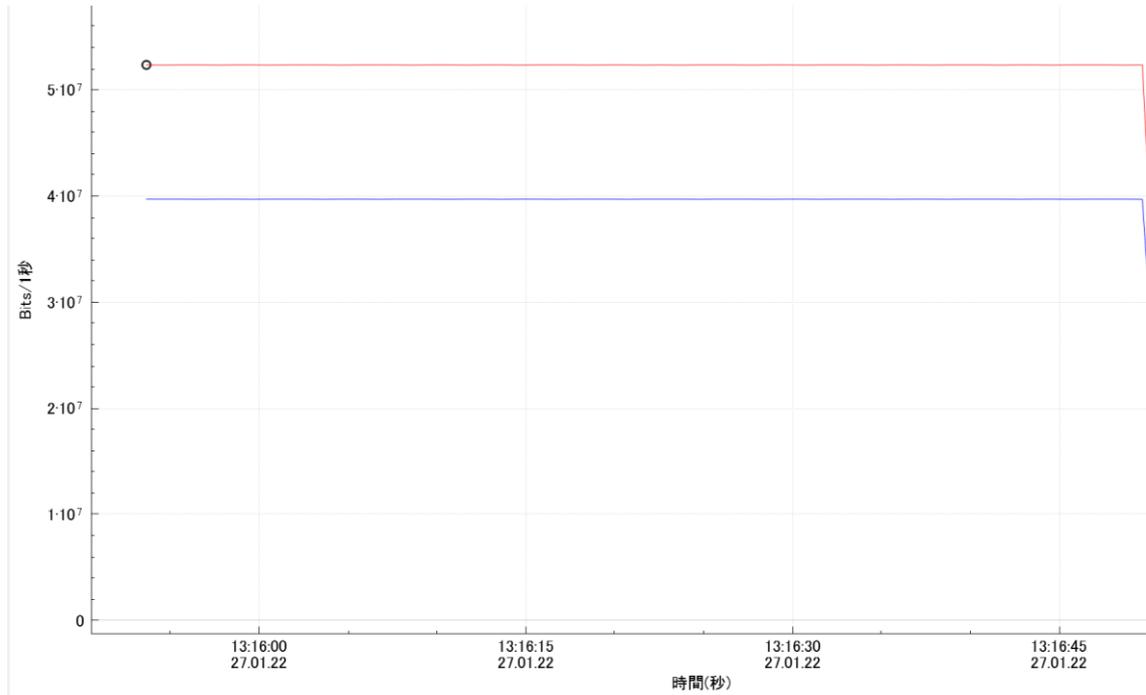
・表 4.4.5-f の No.5 のサイネージ、負荷トラフィックのスループット

(上段=送信レート、下段=受信レート、青：背景トラフィック、赤：サイネージトラフィック)

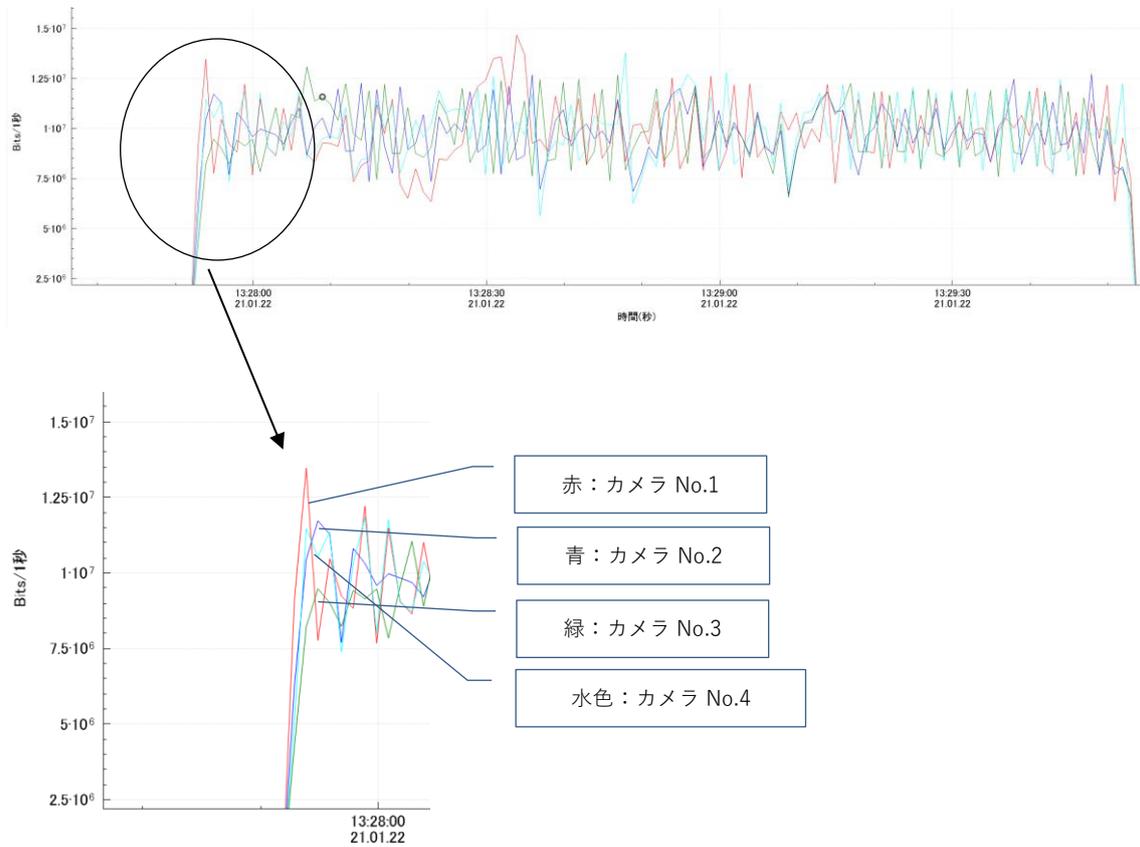


・表 4.4.5-f の No.6 のサイネージ、負荷トラフィックのスループット

(上段=送信レート、下段=受信レート、青：背景トラフィック、赤：サイネージトラフィック)



・ 図 4.4.5-f の b)におけるカメラ 4 台(No.1~No.4)のトラフィックスループット



・ 図 4.4.5-f の b)におけるカメラ 4 台 (No.4~No.8)のトラフィックスループット

