令和３年度　課題解決型ローカル５Ｇ等の実現に向けた開発実証

ローカル 5G を活用した災害時における テレビ放送の応急復旧

成果報告書

令和 4 年 3 月 25 日

株式会社地域ワイヤレスジャパン

目次

1. 実証概要 1

1.1 背景・目的 1
1.1.1 沖縄県の台風被害の状況 1
1.1.2 実証検証の目的 3
1.2 実証の概要 5

2. 実証環境の構築 8

2.1 実施環境 8
2.2 ネットワーク・システム構成 9
2.2.1 ネットワークの全体構成 9
2.2.2 システム構成 10
2.3 システム機能・性能・要件 17
2.3.1 システム全体の性能・要件 17
2.3.2 ローカル 5G システム機器 19
2.3.3 ハイブリットキャストコネクト（ハイコネ）システム機器 25
2.4 免許及び各種許認可 28
2.5 その他要件 29
2.5.1 セキュリティ対策 29
2.5.2 個人情報保護方針 30
2.6 実証環境の運用 30

3. ローカル５Ｇの電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証） 32

3.1 実証概要 32
3.2 実証環境 34
3.3 実証内容 40
3.3.1 ローカル５Ｇの電波伝搬特性等の測定 40
3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化 123
3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化 209
3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発 209
3.3.5 その他のテーマ 209
3.3.6 技術実証における追加提案 209

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） 210

4.1 実証概要 210
4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標 211
4.2.1 背景となる課題 211
4.2.2 課題の解決方法 212
4.2.3 令和２年度の課題実証との関連性 213
4.2.4 実装の方向性（フォアキャスト型による実装の推進） 215

4.2.5 実証システムの実装目標 216
4.2.6 ローカル 5G 技術ロードマップ 216
4.3 実証環境 219
4.3.1 OCN における台風災害の状況 219
4.3.2 集合住宅、戸建住宅における台風災害 220
4.3.3 防災対策に関する現状認識 222
4.3.4 課題検証環境 222
4.3.5 スタッフによる検証環境およびモニター参加者 226
4.4 実証内容 241
4.4.1 ローカル 5G を用いたソリューションの有効性などに関する検証 242
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 329
4.4.3 ローカル 5G 実装に向けた課題の抽出および解決策の検討 335
4.4.4 継続利用の見通し・実装計画 344
5. 普及啓発活動の実施 351
5.1 映像制作への協力 351
5.2 実証視察会の実施 351
5.3 その他普及啓発活動 361
6. 実施体制 362
7. スケジュール 363

1. 実証概要

1.1 背景・目的

1.1.1 沖縄県の台風被害の状況

沖縄県は日本の最南端に位置し、毎年台風による影響を受けている。近年は温暖化の影響により大型化する傾向にあり、沖縄に接近して方向転換する場合は暴風域圏内となる時間も長時間化する傾向にある。2016 年以降の台風襲来は気象庁データから平均すると年 8.6 個となっている（表 1.1.1-1）。また、温暖化の影響で年々台風は大型化傾向にあり、図 1.1.1-1 に示すように、海面温度の影響から沖縄に接近して方向転換する場合など、暴風域圏内となる時間も長時間化の傾向にあり、台風対策は喫緊の課題となっている。

表 1.1.1-1　沖縄県の月別の台風発生件数

年	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	沖縄到来 ｶｯｺ内（）
2020	1(0)	1(0)	0(0)	8(4)	3(2)	6(1)	3(0)	1(0)	7
2019		1(0)	4(1)	5(1)	6(3)	4(2)	6(1)	1(0)	7
2018		4(2)	5(3)	9(4)	4(2)	1(1)	3(1)	0(0)	13
2017		1(0)	8(3)	5(1)	4(1)	3(2)	3(0)	2(0)	7
2016			4(1)	7(1)	7(4)	4(1)	3(0)	1(0)	7

出典：気象庁 HP

温暖化の影響で年々台風は大型化傾向。また、沖縄に接近して方向転換する場合など、暴風域圏内となる時間も長時間化の傾向

出典：気象庁 HP

図 1.1.1-1 台風 2 号進路予想（2021 年 4 月 22 日）

（1）　台風によるテレビ受信障害の発生

暴風域となっている時間が長時間になると、ケーブルテレビの引込線（幹線よりも細い）やアンテナ破損等の影響が発生する（図 1.1.1-2）。その時間は外出できないため、自宅に留まるが、テレビが突然映らなくなるとケーブルテレビのコールセンターは、受信不可となった世帯からの電話が殺到しパンクしてしまう。中でも集合住宅は、引込線が断線した場合の影響が全戸に及ぶこと及び固定インターネットもサービス中断となるため、復旧要望の強い電話が鳴り響くこととなる。

引込線は幹線よりも細い為、暴風雨による切断被害が発生しやすい

図 1.1.1-2　沖縄ケーブルネットワーク（OCN）エリアの集合住宅での被害例

復旧作業は、暴風圏が抜けてから原因調査を開始するが、膨大な障害箇所の切り分けと訪問対応依頼の件数をこなすには、工事関係者総出で数日を要する状態となる。

(2)　台風災害復旧の記事

以下に過去に発生した台風災害の記事、データ等を示す。

過去に発生した 2018 年台風災害復旧のニュース記事

台風 24・25 号の連続襲来　復旧遅れ、離島県に教訓

（沖縄タイムス抜粋：2018 年 12 月 30 日）

台風 24 号では最大 25 万戸の大規模な停電に加え、固定電話やインターネットがつながらない通信障害にも見舞われた。24 号の復旧も進んでいない 5 日後に 25 号が通過、作業は大幅に遅れた。

引込線断線

ＮＴＴ西日本によると県内の通信障害報告数は、台風接近から約 1 カ月たった 11 月 8 日までに計約 1 万 4 千件。10 月 13 日には修理人員を沖縄にいる修理要員の約 8 倍の 400 人に増やしたが復旧は遅れた。同社の広報は「全国でも災害が発生した上、沖縄は故障申告が他県の約 2 倍あった」と説明した。

修理に必要な高所作業車などは船で運ぶため、本州から沖縄本島、周辺離島への移動にも時間を要した。「離島県では災害応援が遅れやすい」という教訓を得た災害でもあった。相次ぐ台風の影響で、テレビアンテナの破損が多発し、家電量販店や

電器店が対応に追われている。テレビが映らなくなった世帯から問い合わせが殺到。全国でも地震や台風による破損が拡大しており、アンテナの生産が追い付かず、修理に1カ月待ちの世帯も。入荷の時期を見通せず、電器店は「お客さまに待ってもらうしかない」と頭を抱える。

沖縄市のナカマ家電サービスには台風24号が沖縄本島を直撃した9月29日から今月9日までに、アンテナ修理の問い合わせが500件を超え、社員総出で対応に当たっている。ナカマ家電サービスにあったアンテナ30本の在庫は9月29日ですぐになくなったという。

ヤマダ電機テックランド那覇本店は台風25号が通過した5日からアンテナ修理の来店や問い合わせが急増。アンテナそのものが手に入りにくい上、作業を依頼している協力会社の人手も足りず、工事対応は約1カ月待ちの状況という。ほかの家電量販店や、地域の電器店もアンテナが入荷できず、顧客を待たせている。

台風24号でアンテナが破損した沖縄市の松田恵次さんは「10日間もテレビをまともに見ることができず不便だ。電器店にはいつ在庫が届くか分からず、修理の時期は未定と言われた」と嘆息する。名嘉眞代表は「アンテナに水がたまって腐食するなどの被害がこれから出てくる可能性もある。早く入荷できるようになってほしい」と話した。

相次ぐ台風でテレビが映らない　アンテナ破損で修理依頼急増
（沖縄タイムス抜粋： 2018年10月10日）
引用：NTT西日本HP

1.1.2 実証検証の目的

台風の暴風影響を応急復旧し、前節で挙げた集合住宅及び個別住宅の課題を、ローカル5Gの活用により課題解決を行うことを目標とした。また、災害時の応急復旧だけでなくローカル5Gによる超高速インターネット接続サービスの提供を行う共用モデルとすることで費用対効果および経済合理性を高め、また、超高速インターネット接続サービス提供を主としてユーザーに対して導入を訴求することで、本実証のシステム導入の普及を図る。ここで、災害時のシステム安定稼働の観点については、ケーブルテレビの引込線や地上波テレビ放送の受信アンテナと比べた場合のローカル5Gの基地局等設備は、台風等による物理的な力に対して強いと考える。さらに、ローカル5G端末を宅内に設置可能な場合は、窓等によって暴風雨等の影響が大幅に削減される。

実施環境として、ビル屋上に設置したローカル5G基地局から電波が届く一定のエリアに点在する集合住宅にローカル5G高速FWAサービスが提供可能な住居エリアを選定し、また、建物の影となってSub6の電波が届かない場所をスポット的にカバーする配電柱局（電柱設置の基地局）を設置することで、住宅が林立する一定の広域エリアを面的にカバーする実証実験を行った。

台風災害等で引込線断となり、テレビ視聴ができなくなった場合に、ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）技術を活用したIPユニキャスト配信により、コミュニティチャン

ネルやローカル局の番組を提供する。この方法により応急復旧させることで、非常に短い時間で番組提供を継続させることを実証検証の目的とした（応急復旧となるため RF によるテレビ視聴より画質は劣化する）。

ローカル 5G を利用した FWA サービスは、既設集合住宅向けに日常的な高速ネットサービスの提供を行うための課題解決となるだけでなく、台風・暴風雨による有線のケーブルテレビ（都市部ではフレッツテレビも該当）の引込線断となる災害時において、ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）技術を活用することでユーザー自身がテレビ受信障害の状態をローカル 5G 経由のネット応急復旧することが可能となる。視聴者による災害時の引込線が断線した場合の影響とその解決策を図 1.1.2-1 に示す。

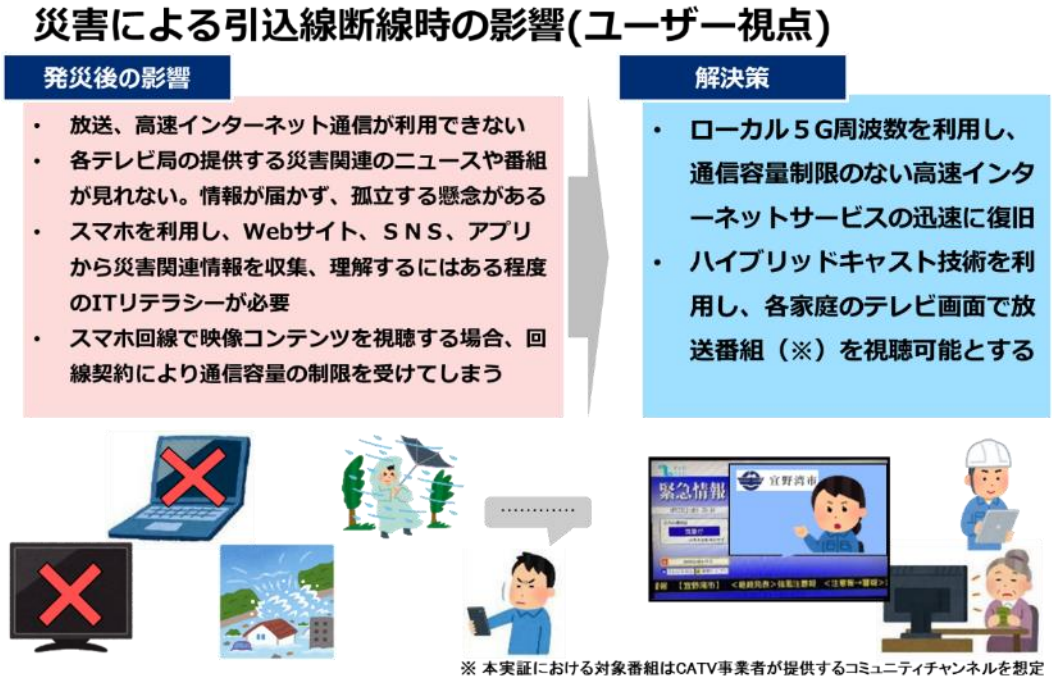


図 1.1.2-1　災害による引込線断線時影響と解決策

NHK が 2020 年 8～10 月に実施した「第 43 回受信実態調査」では、災害時に最初に情報を入手する手段としては、放送経由が 59.5%であり、可能な限り放送を視聴が継続できることが必要とされている。

これまで述べてきた課題と解決策をまとめると、表 1.1.2-1 のようになる。

表 1.1.2-1　実証検証の課題と解決策

課題	✓ 近年自然災害が増えているが、沖縄では特に台風が頻発し、引き込み線の断線によるケーブルテレビ視聴や有線インターネット接続の障害、及び、屋上等に設置した放送受信アンテナの倒壊・破損等によるテレビ視聴の障害が毎年のように発生する。 ✓ 本格的な復旧だけでなく、応急復旧についても数週間を要する事例が発生しており、迅速な応急復旧が課題となっている。
解決	✓ 災害による障害発生時において、平時にFWAサービス提供を行うローカル５Ｇ（Sub6）システムを活用/代替し、インターネットとIP放送の共用型FWAサービスを提供することで、災害情報等の情報配信の応急復旧を可能とする。 ✓ なお、災害発生時のコミュニティチャンネルは、災害エリアに関連する放送を優先対応する。

1.2 実証の概要

本実証は、テレビ放送が台風等の受信障害により視聴ができなくなった場合の早期復旧を目的として、主として以下の項目を複合的に活用する。

（1）早期復旧のためのハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）の活用
（2）応急復旧によるテレビ視聴のための放送番組の IP 配信
（3）災害発生時又は、災害発生が予想される場合の緊急番組（情報）の提供（RF 及び IP）
（4）平常時には、商用高速インターネットサービスの提供を行う、L5G システムの提供

また、ローカル 5G 活用の必要性・必然性については、以下のように考える。

【ローカル 5G 活用の必要性・必然性】
台風等の災害におけるケーブルテレビの引込線の断線及び地上波テレビ放送受信アンテナの倒壊・破損等に対する受信障害の応急復旧として、同時に複数の世帯に IP 映像配信をするためには、4G では容量や通信速度が不足するため、5G の高速大容量伝送が必要である。また、安定したテレビ映像伝送のためには、エリアの状況による個別最適なネットワーク構築による品質確保が求められるため、ローカル 5G が適している。

以下に、それぞれ実証の概要を示す。

（1）ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムによる RF 放送と IP 配信の切替

ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムは、ハイブリッドキャストに対応したテレビや STB（Set Top Box）とインターネットをスマートフォン（以下、「スマホ」という。）を介して連携させることができるシステムである。スマホからテレビや STB を制御して、ローカル 5G を用いた IP 配信に切り換える。

（2）放送番組の IP 配信

RF 放送されているケーブルテレビのコミュニティチャンネル及び、ローカルテレビ局の番組を MPEG-DASH にエンコードして、IP ユニキャストにより同時再配信を行う（エンコードによる伝送遅延は発生する）。

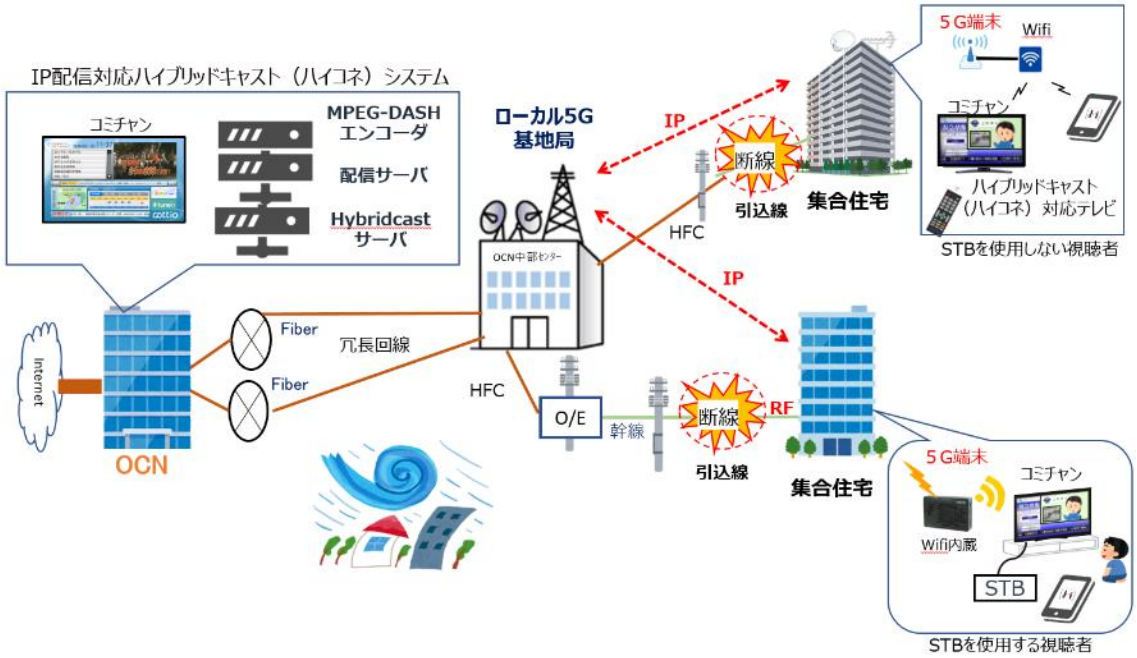
（3）緊急番組（情報）の提供

OCN は、通常放送から緊急番組（緊急対応訓練用）に切り換えて、RF 及び IP ユニキャストで配信する。また、沖縄テレビ放送（OTV）においても、災害発生時には、通常番組から緊急放送に切換えて、RF（地上放送）及び IP 配信（IP ユニキャスト）で配信する。ただし、本実証では、IP 配信による緊急番組は、課題検証のための模擬的な緊急放送（緊急対応訓練用）を送出する。

（4）商用高速インターネットサービスの提供

ローカル 5G 通信は、緊急時にはケーブルテレビ引込線の代替として使用するが、平時においては、商用の高速インターネットサービスを提供する。

・集合住宅付近のビル屋上にローカル 5G 基地局を設置し、災害時におけるケーブルテレビ放送のラストワンマイル（ケーブルテレビの場合は引込線の代替）として高速無線通信回線使用する。
・同一の基地局を用いて、平時には集合住宅や戸建住宅向けの商用高速インターネット通信サービスの提供を行う。



注：1.OCN は現在沖縄本島 9 市町村をエリアとし、HFC でサービス提供しているが、今期一部エリアで FTTH 化を進めている（実証実験の浦添市は HFC エリア）
注：2.上図では、ケーブルテレビのイメージのみを示していますが、戸建住宅のアンテナ倒壊、アンテナからの引込線断線等にも適用できる。

図 1.2-1　実証検証の実施イメージ図

本提案書で使用する略語の一覧表を以下に示す。

表 1.2-1 略語一覧

略語	原語
MRI	株式会社三菱総合研究所
RWJ	株式会社地域ワイヤレスジャパン / Regional Wireless Japan
NEC	日本電気株式会社
OCN	沖縄ケーブルネットワーク株式会社
OTV	沖縄テレビ放送株式会社
L5G	ローカル 5G
FWA	固定無線アクセス / Fixed Wireless Access
L5G-FWA	ローカル 5G を活用した固定無線アクセス

2. 実証環境の構築

2.1 実施環境

基地局は、ホテル屋上に設置した比較的アンテナの地上高が確保できる「ホテル屋上基地局」と大きな建造物の影となるエリアに設置する地上高 5m 程度の「配電柱基地局」の 2 基で構成される。実証エリアは、集合住宅が林立する浦添市の住宅エリアとなる宮城 1 丁目付近である（図 2.1-1）。なお、「ホテル屋上基地局」には、広域かつ長距離に電波を放射できるようセクタアンテナを利用した。「配電柱基地局」には、セクタアンテナからの電波が届かない場所にある建物全階を包含できるよう、垂直面のビーム幅が広いオムニアンテナを利用した。

Google Earth Pro の地図データを使用

・実証フィールド：浦添市宮城 1 丁目周辺
・置局場所：ホテル屋上基地局①＋配電柱基地局②
・ローカル 5G、HFC 網：OCN（各基地局と OCN 局舎との接続は光ファイバーを直結）

図 2.1-1 浦添市の実証フィールド（浦添市宮城 1 丁目周辺）

2.2 ネットワーク・システム構成

表 2.2-1　ローカル 5G システム（基地局）の概要

	MB5400-R7790-81
製造ベンダ	日本電気株式会社
台数	2 台
設置場所（屋内/屋外）	屋外
同期/準同期	同期
UL：DL 比率	2:7
周波数帯	4.7GHz 帯
SA/NSA	SA
UL 周波数	4.8～4.9GHz
DL 周波数	
UL 帯域幅	100MHz
DL 帯域幅	
UL 中心周波数	4849.98MHz
DL 中心周波数	
UL 変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
DL 変調方式	QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
MIMO	DL：MIMO （2Tx, 2Rx） UL：SIMO （1Tx, 2Rx）

2.2.1 ネットワークの全体構成

本実証においては、沖縄県浦添市の実証フィールドに 4.8-4.9GHz 帯域（Sub6）を利用した Stand Alone 方式のローカル 5G システムを使用した。ローカル 5G システムの CU/DU・UPF 等は OCN のヘッドエンドに設置し、インターネット回線を通じてコア設備（NEC クラウドコア）と接続した。

緊急時の浦添市と OCN 間での映像データ等の伝送には、浦添市役所の間に敷設された議会中継用の専用線を介して OCN まで伝送される。なお、ハイブリッドキャスト等の仕組みは、次節（2.3 システム機能・性能・要件）に記載する。

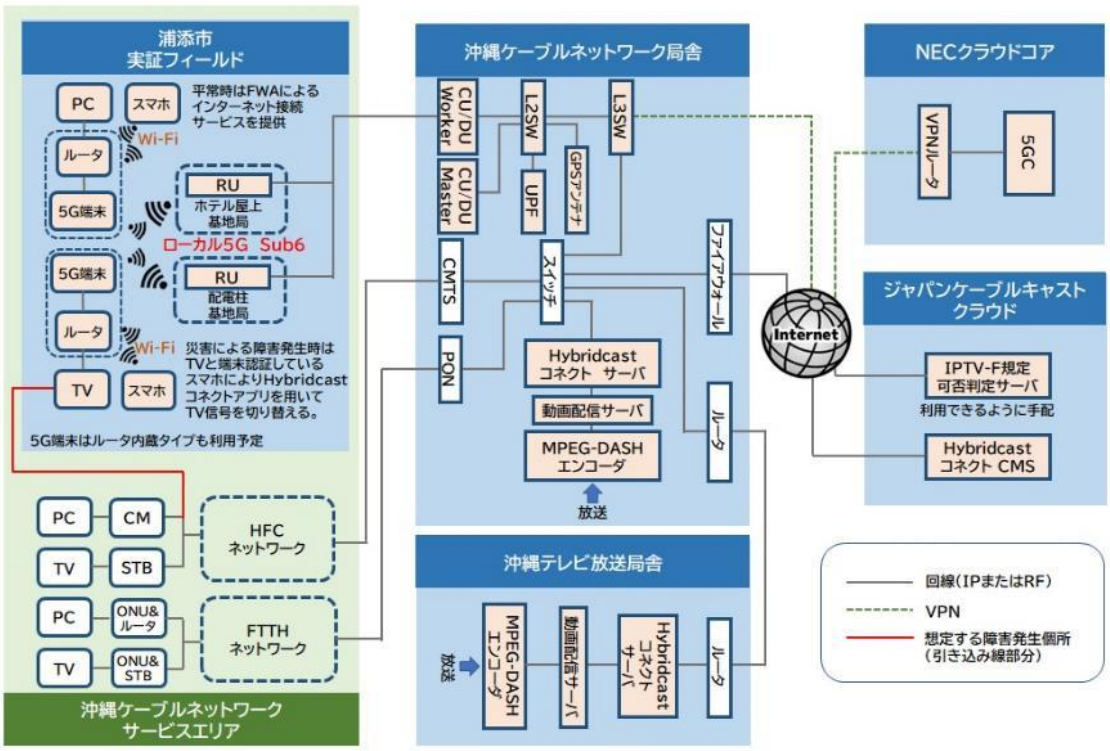


図 2.2.1-1　全体ネットワーク構成図

2.2.2　システム構成

2.2.2.1 ローカル 5G システム構成

本実証実験で使用したローカル 5G 無線機器（Sub6）は 4.8-4.9GHz 帯に対応した SA（Stand Alone）方式のローカル 5G システムである。本実証実験においては、基地局をホテル屋上基地局と配電柱基地局の 2 箇所に設置した。

本実証実験において IP 配信と一般向けインターネット接続サービス（FWA サービス）の提供を行った。システム構成イメージを次に示す。

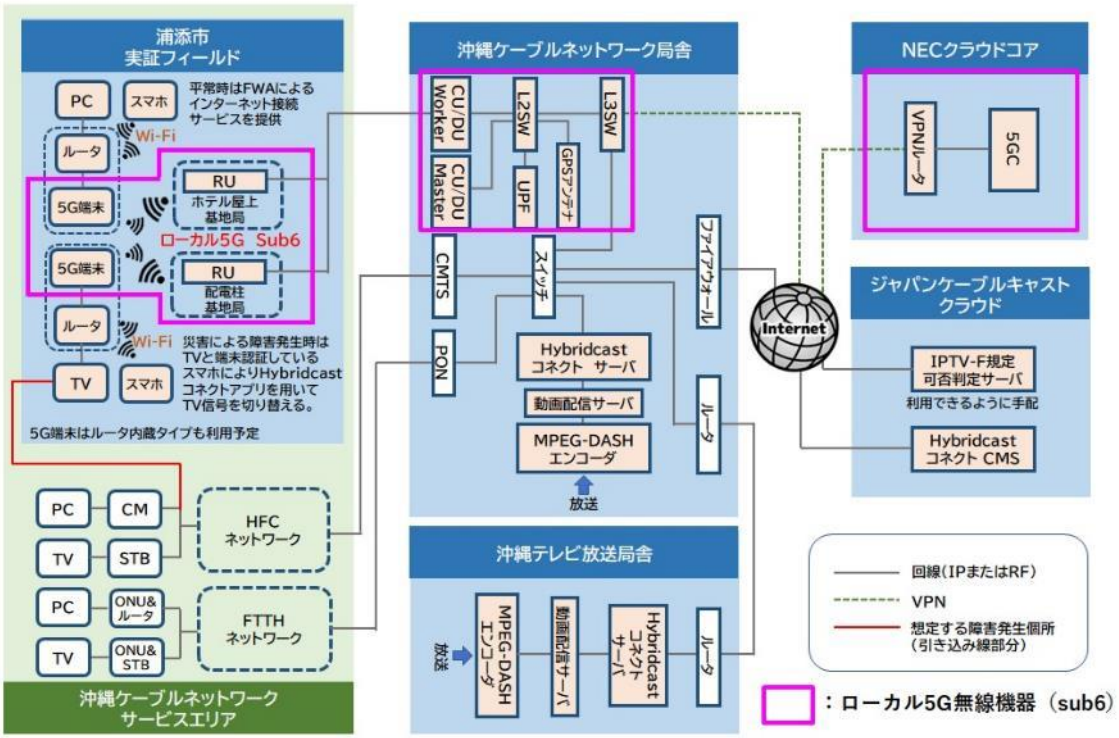


図 2.2.2.1-1 ローカル 5G 無線機器（Sub6）システム構成（紫枠部）

ローカル 5G 無線機器（Sub6）は 5G システム、ネットワーク機器、5G 対応端末から構成され、各装置の役割と機能は次の通りである。

表 2.2.2.1-1 ローカル 5G 無線機器（Sub6）システム構成

項目	装置名	数量	設置形態	調達先	役割	機能
5G システム	5GC	1	クラウド	日本電気株式会社	5G コアネットワーク（C-Plane 機能）	端末のモビリティ管理など
	UPF	1	固定	日本電気株式会社	5G コアネットワーク（U-Plane 機能）	データパケットの転送
	CU/DU	1	固定	日本電気株式会社	5G 基地局（集約部/デジタル部）	基地局制御とベースバンド処理
	RU	2	固定	日本電気株式会社	5G 基地局（無線部）	5G 基地局の無線機能
ネットワーク機器	L3SW	1	固定	日本電気株式会社	ネットワーク中継装置	5G システムとサーバの中継
	L2SW	1	固定	日本電気株式会社	ネットワーク中継装置	5G システム装置間の中継
	GPS アンテナ	1	固定	日本電気株式会社	GPS 受信アンテナ	同期
5G 対応端末	CPE	20	固定	NEC マグナスコミュニケーションズ株式会社	5G 対応モバイルルーター	デバイス接続

ホテル屋上基地局、及び配電柱基地局のエリアガバレッジの算出要素は次の通りである。エリアカバレッジの地図は「3.2 実証環境」にて示す。

表 2.2.2.1-2 基地局のエリアガバレッジの算出要素

項目	地上高	アンテナタイプ、利得	その他
ホテル屋上基地局	20m	セクタアンテナ（55 度） 17.5dBi	・TX：26.5dBm x 2RF ・RF Cable Loss：2dB
配電柱基地局	5m	オムニアンテナ 1.0dBi	・TX：33.6dBm x 2RF ・RF Cable Loss：2dB

ローカル 5G システムのネットワーク性能は次の通りである。

表 2.2.2.1-3 ローカル 5G システムのネットワーク性能

性能項目	仕様値	備考
接続数	RU： 64 端末/RU 5GC： 10,000 端末/5GC	設計値
最大スループット	RU： アップリンク（UL） 64 Mbps/RU ダウンリンク（DL） 689 Mbps/RU UPF： 4 Gbps/UPF	RU：設計に基づく物理レイヤ理論値 UPF：設計値

<参考>
5G システム関連の専門用語について説明する。

表 2.2.2.1-4 用語一覧

用語	読み方	説明
SA （Stand Alone）	エスエー、スタンドアローン	5G システムの構成のうち、4G LTE のコアネットワークに頼らず、5G 基地局と 5G コアネットワークで実現する構成のこと。 5G 基地局と 4G コアネットワークを組み合わせた構成を NSA（Non Stand Alone）と呼ぶ。
5GC （5G Core）	ファイブジーシー、ファイブジーコア	5G のアクセス網を収容するコアネットワークのこと。5G においては U-Plane 機能（UPF）と C-Plane 機能群が分離されており、本実証実験においては C-Plane 機能群を指す。 本実証実験ではクラウド上に配置された 5GC をサービスとして利用する。
UPF （User Plane Function）	ユーピーエフ	コアネットワークのうち U-Plane 機能を提供する装置。
C-Plane （Control Plane）	シープレーン、コントロールプレーン	通信の確立を行うための制御信号および一連の制御処理のこと。
U-Plane （User Plane）	ユープレーン、ユーザープレーン	利用者が送受信するユーザーデータ信号および送受信処理のこと。
CU （Central Unit）	シーユー	無線基地局のデータ処理を行う集約基地局。 本実証では DU との一体型装置を使用する。
DU （Distributed Unit）	ディーユー	電波の送受信を行うリモート局。本実証では CU との一体型装置を使用する。
RU （Radio Unit）	アールユー	無線基地局装置の無線子局。
CPE （Customer Premises Equipment）	シーピーイー	利用者の宅内に設置され、通信事業者のネットワークに直接接続される機器。
L2SW	エルツースイッチ	ネットワークを中継する機器。MAC アドレスでパケットの中継先を判断する。
L3SW	エルスリースイッチ	ネットワークを中継する機器。IP アドレスでパケットの中継先を判断する。

2.2.2.2 IP 配信対応ハイブリットキャストコネクト（ハイコネ）システム構成

（1）システム概要

ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムは、ハイブリッドキャストに対応したテレビや STB とインターネットをスマートフォン（スマホ）を介して連携させることができるシステムである。

スマホとテレビを連携させた動画視聴サービスや、スマホへの通知と放送視聴を連携させたサービス、番組の視聴履歴をもとにスマホ経由で情報を提供するサービスなどが可能となる。

本実証試験においては、以下の機能を実装し、動作検証等を行った。

・スマホからテレビや STB を制御して、ローカル 5G を用いた IP 配信に切替できる。
・引込線障害等で RF 信号が途絶した場合でも IP 配信でテレビ視聴ができる。
・スマホによる切替えによって、本実証試験に参加しているケーブルテレビ事業者（OCN）やテレビ放送事業者（OTV）のチャンネルをテレビで視聴できる。
・スマホとテレビや STB の間で端末認証を行うことで、正当なサービス利用者以外が操作できない、安全なシステムで運用することができる。

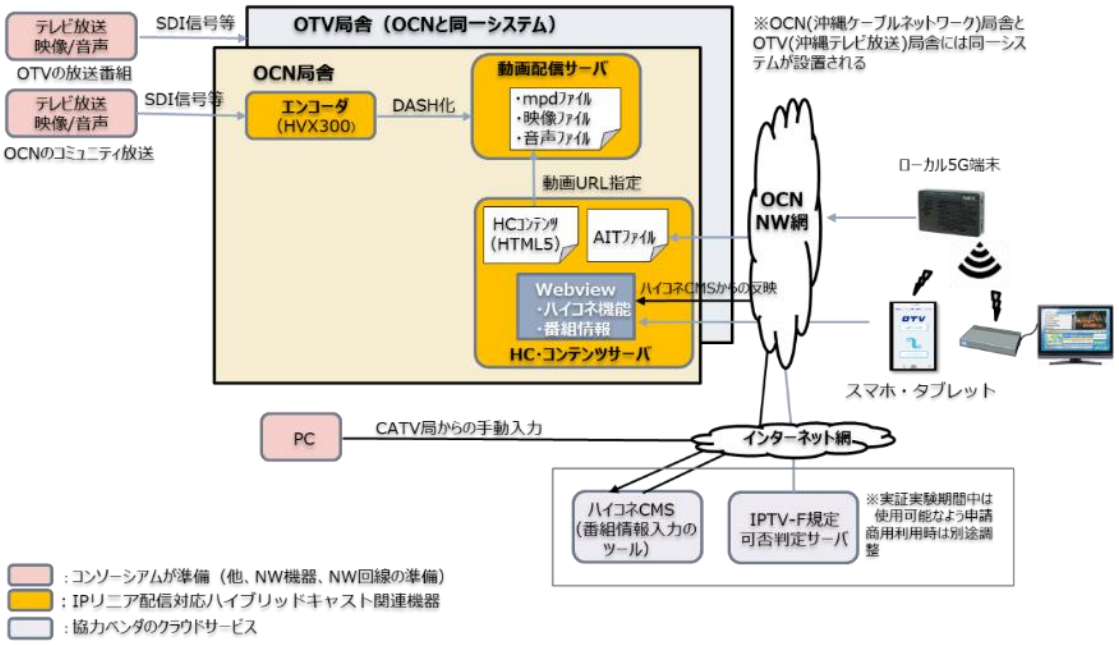


図 2.2.2.2-1　IP 配信対応ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムの構成

ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムの構成を図 2.3.2.3-1 に示す。本システムは、メディアトランスコーダ、動画配信サーバ、Hybridcast・コンテンツサーバ等から構成されている。

各装置の役割と機能を次に示す。ただし、可否判定サーバ等の一部の機能はクラウド機能となる。なお、本実証では、OCN 局舎と OTV 局舎にそれぞれ同一のシステムを設置した。

表 2.2.2.2-1 は、上記に示した IP 配信対応ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムの構成を示す。１式当たりのシステム構築に必要な機器数量を示したものである。

表 2.2.2.2-1　IP 配信対応ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムの構成（１式分）

項目	装置名	数量	設置形態	調達先	役　　割
IP 配信対応ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システム	メディアトランスコーダ	1	固定	NTT エレクトロニクス（株）	映像信号のリアルタイムでのエンコード
	動画配信サーバ	1	固定	日本ヒューレット・パッカード	映像・音声ファイルの送出
	Hybridcast・コンテンツサーバ	1	固定	日本ヒューレット・パッカード	ハイブリッドキャストコンテンツの配置等

（2）ハイコネアプリの概要

ハイコネのアプリをスマートフォンにインストールする。

テレビ視聴者がスマホ画面を操作することで、RF 放送によるテレビ視聴モードからローカル 5G を用いた IP 配信による視聴モードに切り替える。なお、スマホから Hybridcast サービス起動時に、インターネット経由で取得するコンテンツ（IP 配信される動画など）について、放送局が認めている正当なものであることを確認するための可否判定（AIT_URL）サーバ及びスマホアプリに表示するデータを入力するハイコネ CMS については、クラウドサービスを活用する。

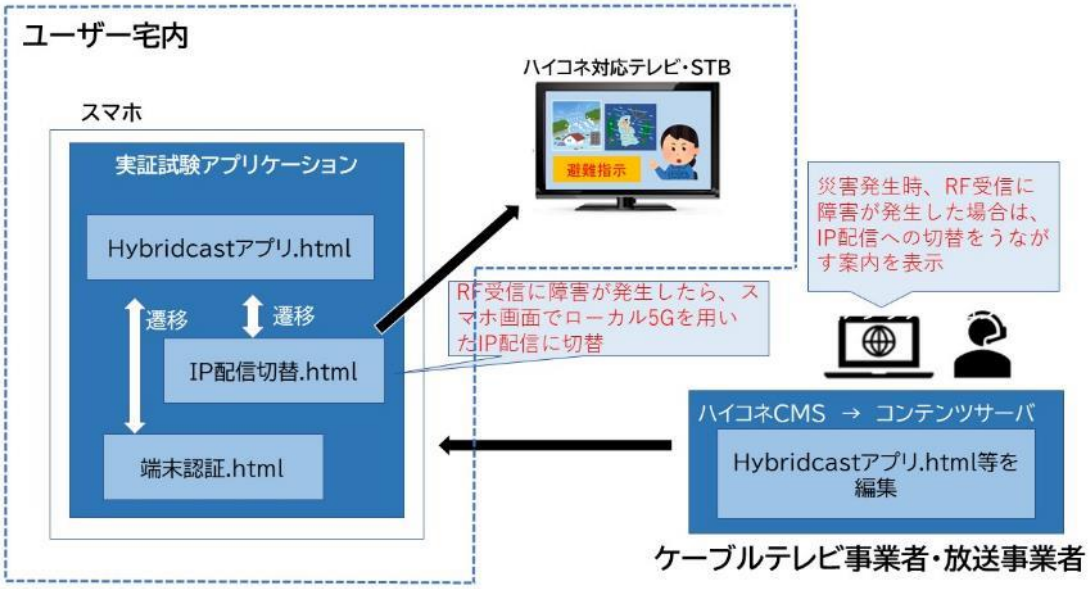


図 2.2.2.2-2　IP 配信対応ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）のスマホアプリの

2.3 システム機能・性能・要件

本章では、本実証の無線区間及びシステム全体として必要とされる通信性能を記載する。また、本実証の実施に必要な機能及び性能を具備するシステム（ローカル 5G システム、ハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システム、IP ユニキャスト配信システム）に関する構成機器について説明を行う。

2.3.1 システム全体の性能・要件

本実証の無線区間及びシステム全体として必要とされる通信性能の目標値について、平時（平常時）と、災害時（非常時）の基地局それぞれについて以下に示す。

表 2.3.1-1 平時の基地局における通信性能の目標値設定

項番	通信	対象世帯数	通信性能		伝送遅延
			UL	DL	
1	高速インターネット ※通信帯域は以下を想定。 UL：2 Mbps DL：8 Mbps	20 世帯	40 Mbps (=2 Mbps×20 世帯)	160 Mbps (=8 Mbps×20 世帯)	0.1 秒
合計			40 Mbps	160 Mbps	―

表 2.3.1-2 災害時の基地局における通信性能の目標値設定

項番	通信	対象世帯数	通信性能		伝送遅延
			UL	DL	
1	IP 配信 ※通信帯域は以下を想定。 UL：2 Mbps DL：5 Mbps	12 世帯	24 Mbps (=2 Mbps×12 世帯)	60 Mbps (=5 Mbps×12 世帯)	0.1 秒
2	高速インターネット ※通信帯域は以下を想定。 UL：2 Mbps DL：8 Mbps	8 世帯	16 Mbps (=2 Mbps×8 世帯)	64 Mbps (=8 Mbps×8 世帯)	0.1 秒
合計			40 Mbps	124 Mbps	―

本実証の無線区間及びシステム全体として必要とされる通信性能の根拠は、以下の通りである。

(1) 対象世帯数

本実証において、基地局カバーエリアに集合住宅 10 棟を対象とし、集合住宅 1 棟あたり 1～2 世帯に 5G 対応端末を設置した。

また、災害時においては、「第 43 回受信実態調査」より、情報入手手段は放送（TV 視聴）が 59.5%であることから、災害時には 20 世帯の 60%である 12 世帯が IP 配信を視聴するものと想定する。残りの 8 世帯は高速インターネットを利活用する想定である。

(2) IP 配信に必要な所要帯域

1ch あたりの IP 配信の所要帯域は、H.264（MPEG-4）で配信するものとし、ダウンリンク（DL）を 5Mbps、アップリンク（UL）は、HFC と同程度の 2Mbps とする。なお、IP 配信は、2ch（コミチャンとローカル民放局が送出する IP 映像等）の送出が可能であるが、1 世帯は 1 台の TV（STB）で視聴するため、同時に 2ch の番組視聴は行わないものとする。

(3) 高速インターネットに必要な所要帯域

高速インターネットに必要な所要帯域は､HFC と同程度の所要帯域を要する想定とし、UL を 2 Mbps、DL を 8Mbps とする。

(4) 伝送遅延

IP 配信では映像データと音声データを伝送することから、違和感なく視聴するためには、通信のなかで遅延許容範囲が小さい音声通話と同程度の遅延がであることが求められる。音声通話の遅延許容範囲は 200 ミリ秒以下であることから、本実証においては、100 ミリ秒以下を伝送遅延の許容範囲とした。なお、高速インターネットにおいても同値を採用した。

注１：IP ユニキャスト配信とした理由

今回の実証のように、同時に放送形式で視聴者に映像等を伝送するためには、技術的には、IPDC（IP Data Cast）技術を使用して、IP マルチキャスト配信を行うことが効果的な伝送方法であるとされている。しかしながら、以下の理由から IP ユニキャスト配信とした。

① 現状では、法律上、「L5G 基地局⇒L5G 受信」で、「１対多」にて放送を行う規格（規定）が存在しない。不特定多数の者が、汎用の受信機を用いて同時に受信できる放送を実現する技術基準がなく、実証実験終了後の商用運用行うためには、技術基準の策定を待つ必要がある（2020 年、3GPP において、Release16:5G Broadcast 方式として LTE 方式の大セル放送仕様として標準化されたが、日本では制度化されていない）。

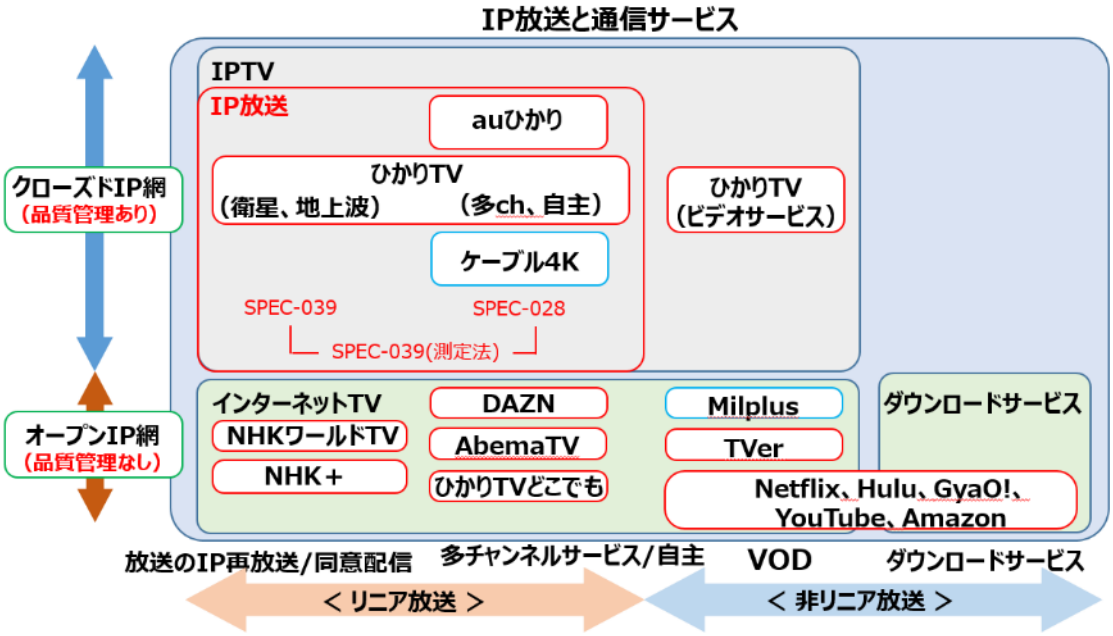
② 地上デジタル放送等を IP による同時再配信を行う場合、ケーブルテレビ事業者は再放送の許諾のみでは実施できず、新たに IP 配信実施のための許諾調整が個別に必要となる。

注２：「IP 配信」と「IP 放送」について

本提案書で実証を行う、L5G-FWA によるコミュニティチャンネルの IP 伝送は、「IP 配信」と呼び、以下の「IP 放送」とは、明確に区分するものとする。

「IP 放送」の定義は以下のとおりである。

「IP 放送」とは、「ケーブルテレビ事業者等により、ヘッドエンドから受信者端子までの区間において、管理された IP ネットワークを利用した、IP マルチキャスト方式による通信であって、放送法における放送に該当するものを IP 放送という。」と定義されている。したがって、本提案書において、本実証で実施するコミュニティチャンネルの IP ユニキャストによる伝送は、「IP 配信」と呼ぶ。



現在、IP による放送サービスが実施されているのは、上図のとおりで Jlabs SPEC-039 かつ Jlabs SPEC-040 に則って、IP 放送（RF と同等の品質を有するリニア放送でマルチキャストを用いる IPTV）を展開しているのは、「ひかり TV」のみとなっている。

出所：第 30 回ラボワークショップ「放送の IP 化最前線」資料を加筆修正

図 2.3.1-1　IP 放送・IP 配信と通信サービス（参考）

2.3.2　ローカル 5G システム機器

ローカル 5G 無線機器（Sub6）における、各装置の機能および性能諸元を以下に示す。

- UPF

図 2.3.22-1 UPF 外観

表 2.3.2-1 UPF 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 43.7（h） x 434.0（w） x 381.0（d） mm （1U）	
質量	約 7.43kg	
電源	AC120V, 50/60Hz	
消費電力	Max.311W, Typ.206.5W	
冷却方式	FAN 強制空冷	
運用温度	0℃ ～ 45℃	
運用湿度	5 ～ 90%RH （結露しないこと）	

Ether ポート	4 ports x 1GbE RJ45　x 1 2 ports x 10GbE SFP+　x 1	

- CU/DU

図 2.3.2-2 CU/DU 外観

表 2.3.2-2 CU/DU 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 87（h） x 446（w） x 711（d） mm（2U）	
質量	約 30kg	
電源	AC120V, 50/60Hz	
消費電力	Max.500W	
運用温度	10℃ ～ 35℃	
CPU	2 x Intel Xeon Gold 6230R	2.1G, 26C/52T
メモリ	512GB （16 x 32GB RDIMM）	
HDD/SSD	2 x 480GB SSD, RAID	
Network	4 ports x 1GbE RJ45　x 1 2 ports x 10GbE SFP+　x 4	
I/O	2 x USB2.0 port 3 x USB3.0 port	

- RU

図 2.3.2-3 RU 外観

表 2.3.2-3 RU 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 299（h） x 250（w） x 81（d） mm（電源ケーブル除く）	
質量	約 9kg 以下	
電源電圧	AC100/200V, 50/60Hz	
消費電力	最大 270VA	
運用温度	-20℃ ～ +50℃	
防塵・防水	IPX4	
無線アクセス方式	OFDMA	
対応周波数 帯域	4.8 ～ 4.9GHz （n79）	
送信電力（空中線電力）	33.6dBm / Port	
アンテナタイプ	アンテナ分離型	工事設計認証で申請済みのアンテナを接続
Interface	OPT Interface：SFP+ （10 Gbps） x 1 FG 端子：トルクスネジ（M5） x 1 AC 電源：防水コネクタ x 1 ANT Interface：N 型ジャック x 2	
Fronthaul Split Option	Lower Layer Split （Option 7-2x）	O-RAN 準拠
チャネル帯域幅	100MHz	

- セクタアンテナ

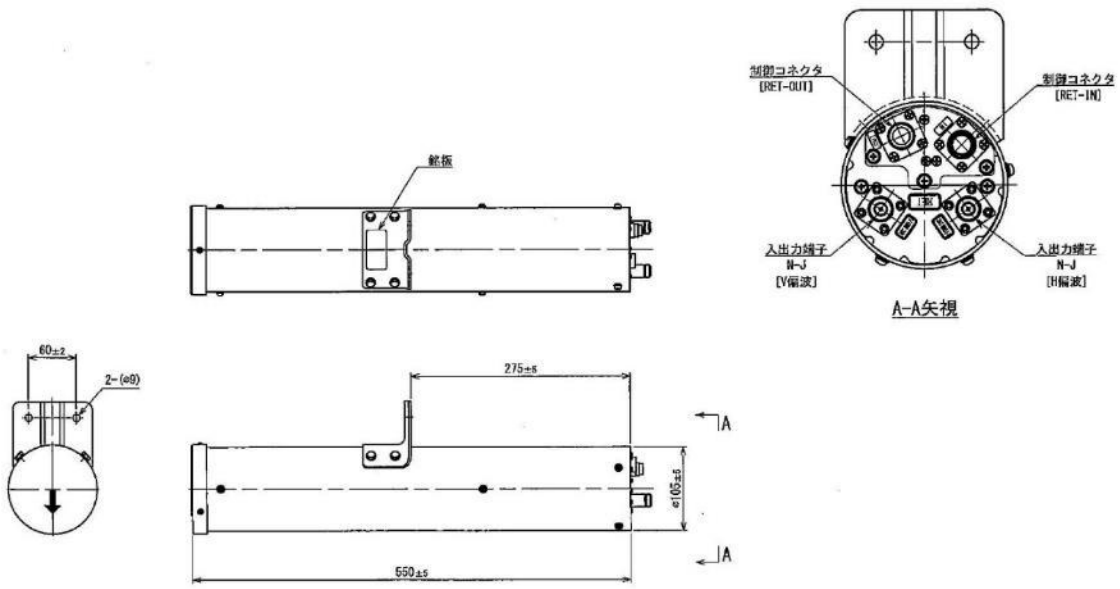


図 2.3.2-4 セクタアンテナ外観

表 2.3.2-4 セクタアンテナ諸元

諸元・動作環境条件等		内容	備考
周波数帯域		4600-5000MHz	
偏波面		V/H 偏波	
定在波比		1.5 以下	使用周波数帯域内において
利得		17.5dBi 以上	初期チルト時
水平面内指向性		55°±10°	3db 半値角
垂直面内指向性		7°±1°	3db 半値角
ビーム チルト	初期 チルト	10°	
	可変 範囲	0.5° ステップで±5°	V/H 偏波同時可変
RET		脱着式 RET 内蔵、AISG ver.2.0 実装	
RET 部コネクタ		AISG2.0 準拠	
耐電力		1 端子あたり 120W	
入出力インピーダンス		50Ω	公称値
耐風速		75m/s	
RF 入出力端子		N-J×2 個	
質量		3.8kg 以下	
寸法		φ105×550mm	コネクタ除く

- オムニアンテナ

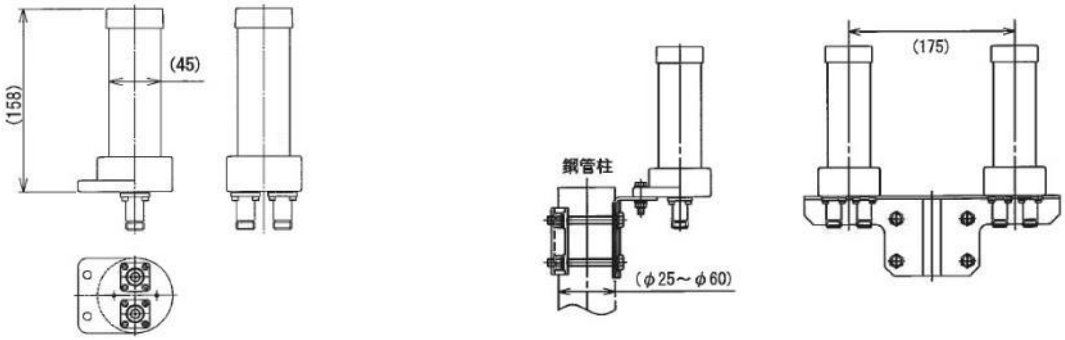


図 2.3.2-5 オムニアンテナ外観

表 2.3.2-5 オムニアンテナ諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
周波数帯域	3400-3600MHz, 3600-4200MHz, 4400-5000MHz	
偏波面	V/H 偏波	
定在波比	2.0 以下	
利得	約 1dBi	
水平面内指向性	無指向性	偏差±3dB
垂直面内指向性	固定チルト：約 0°	ビーム方向
入出力インピーダンス	50Ω	
耐電力	1 端子あたり 30W	
RF 入出力端子	N-J×2 個	
耐風速	75m/s	
重量	400g	アンテナ本体
寸法	φ45×158mm	コネクタ、突起 部分除まず
取付金具	取付径：φ25～φ60mm	

- L3SW

図 2.3.2-6 L3 Switch 外観

表 2.3.2-6 L3 Switch 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 43（h） x 165（w） x 210（d） mm	
質量	約 1.2kg	
電源	AC100±10%, 50/60Hz±5%	
消費電力	Max.36VA（19W）	
冷却方式	FAN 強制空冷	
運用温度	0℃ ～ 45℃	
運用湿度	90%RH 以下 （結露しないこと）	
Ether ポート	10/100/1000BASE-T x 10	

- L2SW

図 2.3.2-7 L2 Switch 外観

表 2.3.2-7 L2 Switch 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 44（h） x 444.5（w） x 286.54（d） mm（1U）	
質量	約 6kg	
電源	AC100-240V, 50/60Hz	1+1 Redundancy
消費電力	Max.150W, Typ.130W	
冷却方式	FAN 強制空冷	
運用温度	-40 ～ 70℃ @ 高度 300m	
運用湿度	5% ～ 95%RH （結露しないこと）	
Ether ポート	4 x SFP+, 4 x SFP, 8 x RJ45（1Gbps/PoE）	
同期	PTP / IEEE1588v2 （G.8275.1 Profile）を使用	GPS アンテナ接続によりグランドマスタとして動作

- GPS アンテナ

図 2.3.2-8 GPS アンテナ外観

表 2.3.2-8 GPS アンテナ諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	H126 x 81 mm	
質量	0.3kg	
アンテナ利得	3.5 dBiC	
アンプ利得	40dB	
コネクタ種別	N Female	
運用温度	-40 ℃ ～ 85 ℃	

- CPE

図 2.3.2-9 CPE 外観

表 2.3.2-9 CPE 諸元

諸元・動作環境条件等	内容	備考
寸法	約 59（h） x 195（w） x 128（d） mm	突起物含む
質量	700g 以下	本体のみ
電源電圧	DC12V 給電	AC アダプタ添付
消費電力	26W 以下	
運用温度	0 ℃ ～ +40 ℃	
対応周波数 帯域	・LTE band：1/3/8/18/19/28/41/42 ・5G band：n77/n79	
Interface	・有線 LAN： 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T x 2（IEEE802.3 準拠） ・無線 LAN： 2.4GHz 帯（802.11b/g/n/ax） 5.0GHz 帯（802.11a/n/ac/ax）	

2.3.3 ハイブリットキャストコネクト（ハイコネ）システム機器

- メディアトランスコーダ

図 2.3.3-1 メディアトランスコーダ外観

ケーブルテレビ事業者のコミュニティチャンネルのテレビ放送および実証試験参加の地上波テレビ放送（信号フォーマットが HD-SDI）をエンコード（符号化）し、動画配信サーバからの IP ストリーミングによる送出に適した MPEG-DASH 信号にリアルタイムで変換する。

エンコーダには、NTT エレクトロニクス株式会社の小型メディアトランスコーダ HVX300 Live を用いる予定である。メディアトランスコーダの外観図を図 2.3.3-1 に、また仕様を表 2.3.3-1 に示す。

表 2.3.3-1　メディアトランスコーダ（HVX300 Live）の仕様

諸元・動作環境条件等	内　　容
入力インタフェース ／フォーマット	HD-SDI／SD-SDI または HDMI ×1 ※入力は、SDI、HDMI のどちらか 1 系統の選択になります。
	MPEG2-TS over IP（RTP／UDP）
プリプロセッシング	Crop、Aspect 比自動認識
	ブライトネス、デインタレース
	Logo 挿入機能（最大 4 画像）
エンコードフォーマット	H.264/AVC BL／MP／HP
	AAC（LC、HE v1／2）、MPEG-1 Layer Ⅱ
ストリーム出力フォーマット	TS over IP、UDP／RTP Unicast／Multicast
	Apple HTTP Live Streaming（HLS）
	Adobe Dynamic Streaming RTMP
	MPEG-DASH（ISO BMFF）
LAN ポート	2 ポート（1000BASE-T／100BASE-TX／10BASE-T）
EMC 規格対応	VCCI Class-A
動作周囲温度	10～35℃
質量	約 3.8kg
消費電力	約 80W（最大 220W）
外形寸法	217mm×365mm×42.2mm（突起物を含まず）

- 動画配信サーバ

図 2.3.3-2 動画配信サーバ外観

メディアトランスコーダ（HVX-300 Live）から出力される IP ストリーミング数は 1~3 である。MPEG-DASH 信号に変換された動画を多数に配信するために動画配信用サーバを設ける。本実証実験においては、同時配信数最大 100 と想定する。

動画配信サーバは、物理的には、日本ヒューレット・パッカード合同会社の ProLiant DL160 Gen10 を用いて構築する。動画配信サーバの外観図を図 2.3.3-2 に、また仕様を表 2.3.3-2 に示す。

表 2.3.3-2 動画配信サーバ（ProLiant DL160 Gen10）の仕様

諸元・動作環境条件等	内　　容
サイズ	1U サイズ
CPU	XeonS 4208 2.1GHz
メモリ	32GB
HDD	1TB（RAID5）

電源	冗長構成

- Hybridcast・コンテンツサーバ

専用スマホアプリによるアクセスを受け付け、スマホに Hybridcast による切替等のための操作画面を表示するためのサーバを設ける。Hybridcast・コンテンツサーバの仕様を表 2.3.3-3 に示す。本サーバは、ハードウェアとしては、動画配信サーバと同一の機種を使用するため、外観図は割愛する。

表 2.3.3-3 Hybridcast・コンテンツサーバ（ProLiant DL160 Gen10）の仕様

諸元・動作環境条件等	内　　容
サイズ	1U サイズ
CPU	XeonS 4208 2.1GHz
メモリ	32GB
HDD	1TB（RAID5）
電源	冗長構成

④可否判定サーバ（クラウド利用）

Hybridcast では、インターネット経由で取得するコンテンツ（IP 配信される動画など）が、放送局が認めている正当なものであることを確認するためのプロセスが用意されている。テレビや STB は、可否判定サーバとこの確認のために用いられるのが、可否判定サーバ（AIT URI 可否判定サーバ）である。

今回の実証試験では、IPTV フォーラムによる仕様を満たしたクラウド上のシステムを用いる。

2.4 免許及び各種許認可

本実証では、実証実験実施のため OCN が以下の各種免許及び許認可を取得した。

- ✓ 基地局及び移動局の実験試験局免許を沖縄総合通信事務所より取得
- ✓ 配電柱共架許可及び受電許可を沖縄電力より取得 （配電柱基地局設置のため）
- ✓ 道路占用許可を浦添市より取得 （高所作業車を使用した高所電波測定のため）

2.5 その他要件

2.5.1 セキュリティ対策

ローカル 5G システム自体に、セキュリティ対策はないため、全体システムの中で、セキュリティ機能を組込み、不正アクセスができないようにした。

また、ハイブリッドキャスト運用では、サーバと接続する際に、正しい IP 配信に接続できるよう（不正サーバとは接続しないよう）認証を行うためにクラウドを活用した「可否判定サーバ」を設けた。

ローカル 5G システムに向けたセキュリティ対策の具体策を以下に示す。

① 本システムは、管理用セグメントとユーザー向けセグメントを設けた。

② 管理用セグメントにより、ローカル 5G 基地局、OCN 局舎内のシステム、及び OCN のネットワークの外部に設置されている 5G コアシステムへ接続した。この接続は、ユーザー用のセグメントと独立した管理用セグメントを利用するとともに専用線あるいは VPN を併用することで、外部からの接続、管理者以外の接続ができないようにした。

③ 本システムは、ユーザーに対してインターネット接続を提供するため、インターネット接続は、OCN のユーザー向けの商用インターネットサービスのインフラに接続した。同インフラにより、OCN が通常提供しているファイアウォールのセキュリティでユーザー向けサービスを提供した。

本実証にて使用する基地局、コア設備等のローカル 5G システム機器は、以下の事業者が供給した。なお、基地局は、3GPP の標準化仕様に準拠し製品提供可能な無線インタフェースを具備している。

表 2.5.1-1 ローカル 5G システム機器の開発供給計画認定に関する情報

認定の日付	令和 3 年 2 月 16 日
開発供給計画認定番号	2021 開 1 総経第 0001 号－1
認定開発供給事業者の名称	日本電気株式会社

本実証環境のローカル 5G システムは、本実証開始前に NEC ラボ環境で検証・評価を行った機器を用いて構築した。なお、ローカル 5G システムと外部のネットワーク（NEC、NEC クラウドコア）の間に VPN（IPsec）を確立することでセキュアな通信を実現する。

また、サプライチェーンリスクに対応するため、ローカル 5G システム機器に日本（国産）、米国のサプライヤー製品を利用した。

表 2.5.1-2 ローカル 5G システム機器のサプライヤー製品一覧

機器	装置名称	製造者（国名）
5GC	5G Core	日本電気株式会社（日本）
UPF	User Plane Function	日本電気株式会社（日本）

CU	Central Unit	日本電気株式会社（日本）
DU	Distributed Unit	日本電気株式会社（日本）
RU	Radio Unit	日本電気株式会社（日本）
CPE	Customer Premises Equipment	NEC マグナスコミュニケーションズ株式会社（日本）
L3SW	Layer 3 SWitch	日本電気株式会社（日本）
L2SW	Layer 2 SWitch	Cisco（米国）
GPS アンテナ	Global Positioning System Antenna	GPS Source（米国）

NEC では、ネットワークに対するリスク対策として以下取り組みを進めている。

2.5.2 個人情報保護方針

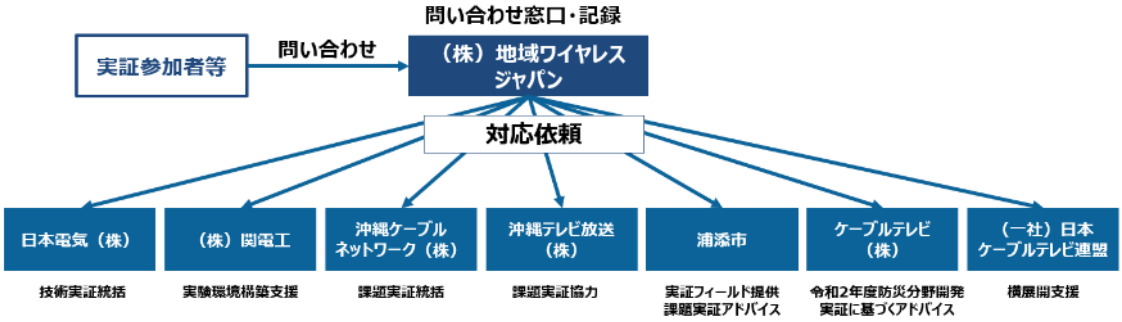
OCN は、「個人情報の保護に関する法律」第 37 条に規定される「認定個人情報保護団体」として認可された、財団法人放送セキュリティセンターおよび一般財団法人日本データ通信協会の「対象事業者」として登録され、個人情報保護方針を「プライバシーポリシー」として、自社サイトで公開している。

また、一般社団法人日本インターネットプロバイダー協会のインターネット接続サービス安全・安心マーク推進協議会の認定を受けている。さらに年内に「認定個人情報保護団体」として財団法人放送セキュリティセンターの PMS 取得を予定するべく準備を行っている。

2.6 実証環境の運用

実証開始前に、実証参加者等に対して実証目的及び実証内容等を説明した。実証期間中はヘルプデスクを設置し、地域ワイヤレスジャパンが実証参加者等からの問合せ等に対応す

るとともに、不具合が発生した場合に備え、下図を対応体制とし、問い合わせ内容への対応についてコンソーシアムの各社各団体へ適宜依頼をして対処した。また、実証期間中の実証環境に係る不具合や問合せ等は、本成果報告書の各章節に記載した。



3. ローカル５Ｇの電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

3.1 実証概要

表 3.1-1 に技術実証の概要を示す。基地局は屋外に設置し、移動局は屋内で利用する場合も想定した。

表 3.1-1 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	×

様々な分野における利用用途や利用環境で柔軟にローカル５Ｇシステムを構築できるようにすることが期待されている中で、本実証では、集合住宅が比較的多く集まっている利用環境において、ローカル５Ｇシステムのエリア構築に関する技術の確立と他システムとの干渉調整を柔軟にするため、ローカル５Ｇの適切な技術基準等の改定や低廉な機器の普及に資する検討を行った。

利用用途としては、集合住宅におけるインターネット接続・テレビ放送共用型 FWA サービスの提供を想定し、以下について実施した。

- ローカル５Ｇの電波伝搬特性等の測定
- 電波伝搬モデルの精緻化

ローカル５Ｇの技術基準等の改定に向けては、電波法関係審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号）（以下、審査基準）において、4.6GHz から 4.9GHz までの周波数を使用する場合における伝搬等に関する計算式が示されているが、その改訂に資する検討として、集合住宅のように 2 階以上の高い場所にも移動局が設置され、電波がより遠くに届きやすい利用環境において、電波伝搬モデルの精緻化を行った。また、ローカル５Ｇの低廉な機器の普及に向けて、インターネット接続とテレビ放送の共用型 FWA のサービス提供事業者が、エリア構築の際に収容可能な世帯数を見積もり、基地局整備を行うために役立つ基礎データやエリア構築に関する知見を得ることを目的とした。

なお、総務省令和２年度「地域課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」No.14（防災業務の高度化及び迅速な住民避難行動の実現）では、周辺建物による遮蔽等がスループットの劣化要因とされており、その対策として、アンテナ高を高くすることによる伝搬状況の改善が挙げられている。本実証では、端末を高い場所に設置することで、比較的広いカバーエリアで安定したスループットが得られることを確認すると共に、その際の調整対象区域を検証することとした。

3.2 実証環境

集合住宅が比較的多く集まっているホテルハーベス沖縄（沖縄県浦添市宮城１丁目）の周辺地域を実証環境とした。図 3.2-1 に実証環境の地図を、審査基準のエリア算出法に基づくカバーエリアと調整対象区域と合わせて示す。図 3.2-1 に示したカバーエリアと調整対象区域の計算条件等を表 3.2-1 に示す。また、図 3.2-2 に基地局設置予定場所であるホテルハーベス沖縄の屋上からの景観を示す。これらの図表は、実証計画段階のものであり、実証実施段階において、実際の基地局諸元等を用いて、カバーエリアや調整対象区域について改めて計算を行い、作図を行った。

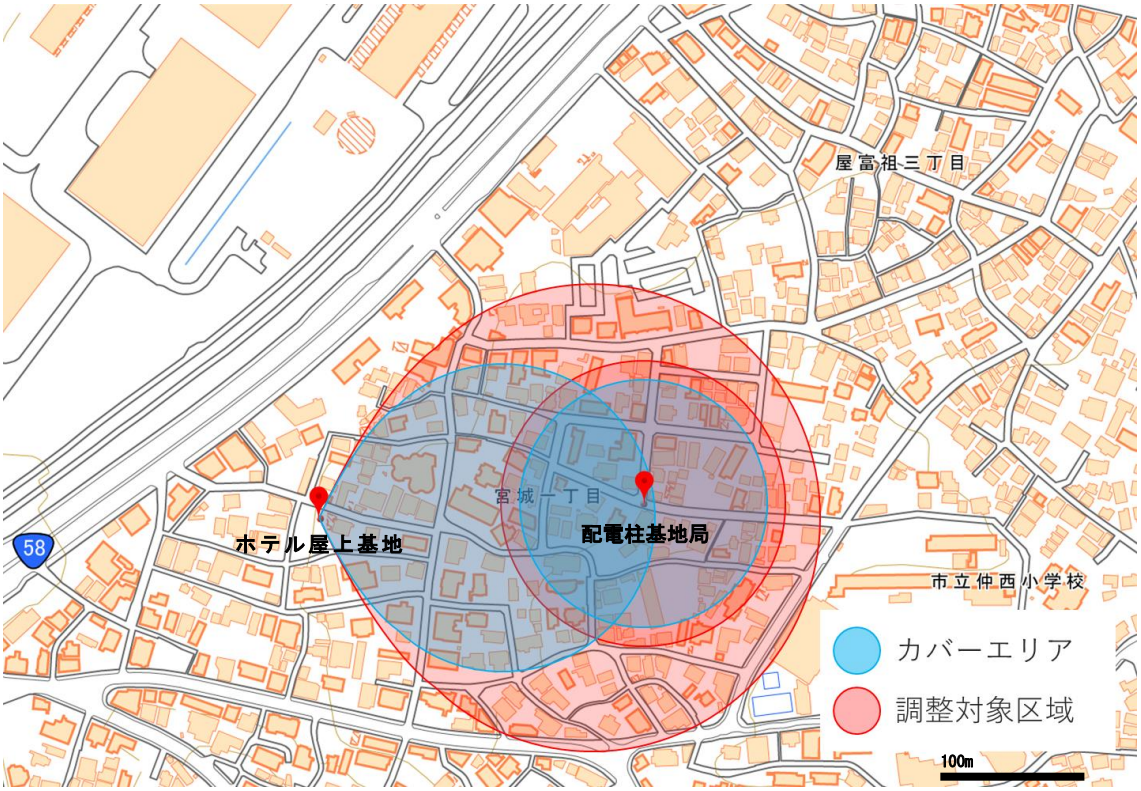


図 3.2-1 実証環境の地図

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

表 3.2-1 図 3.2-1 に示したカバーエリアと調整対象地域の計算条件等

ホテル屋上基地局	
基地局の空中線電力	26.5dBm/Ant ×2
送信アンテナ利得	17.5dBi
給電線損失	2.0dB
アンテナタイプ	セクターアンテナ、半値角55度
使用する周波数	4849.98MHz
受信アンテナ利得	0.0dBi
基地局アンテナ高	20.0m
移動局アンテナ高	1.5m
カバーエリア(市街地)	最大215m
調整対象区域(市街地)	最大327m

配電柱基地局	
基地局の空中線電力	33.6dBm/Ant ×2
送信アンテナ利得	1.0dBi
給電線損失	2.0dB
アンテナタイプ	オムニアンテナ
使用する周波数	4849.98MHz
受信アンテナ利得	0.0dBi
基地局アンテナ高	5.0m
移動局アンテナ高	1.5m
カバーエリア(市街地)	最大82m
調整対象区域(市街地)	最大93m

図 3.2-2 基地局設置予定場所からの景観

この実証環境には、共用型 FWA サービスの利用者となることが想定されるケーブルテレビ加入者が居住する集合住宅が複数存在するため、実証終了後の実利用が期待できる。また、図 3.2-2 に示されるように、集合住宅が集まっている典型的なエリアであるため、提案する電波伝搬モデルの精緻化等の検討を実施する上で最適な環境である。

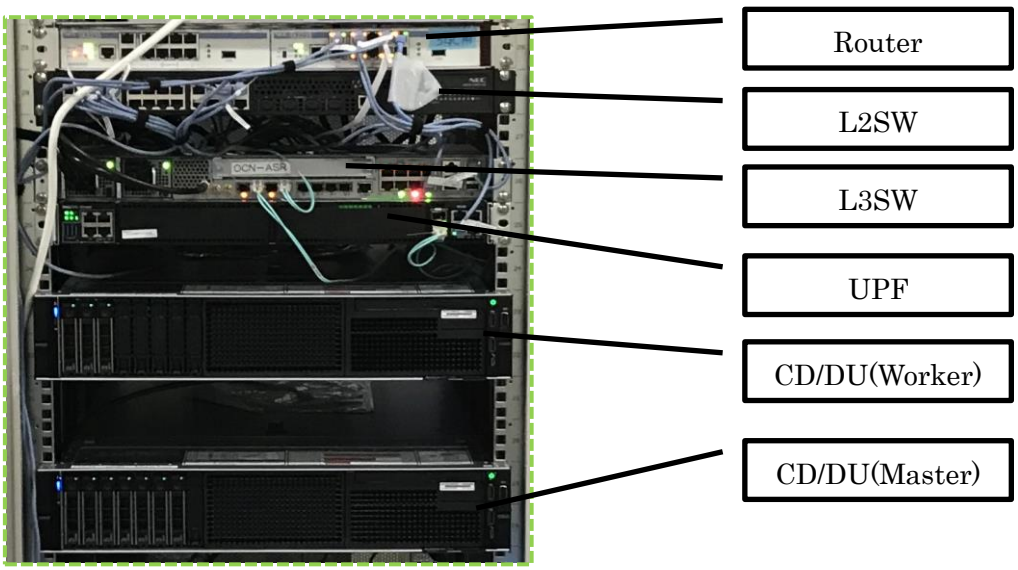
- 駐車場など建物が建っていない場所は少なく、3 階～6 階建て前後の集合住宅やビルがほぼ一面に存在する。
- 6 階建てのホテル屋上及び近隣の配電柱の各 1 か所に基地局を設置してカバーエリアを形成し、その近くの集合住宅の様々な階の住戸に端末を設置する。
- 調整対象区域となるエリアも同様に集合住宅やビルが比較的多く集まっている。

図 3.2-3 にホテル屋上基地局設置状況、図 3.2-4 に配電柱基地局設置状況、図 3.2-5 にローカル 5G 基地局サーバーラック設置状況をそれぞれ示す。

図 3.2-3 ホテル屋上基地局設置状況

図 3.2-4 配電柱基地局設置状況

（ア）ローカル 5G 基地局装置サーバーラック実装写真

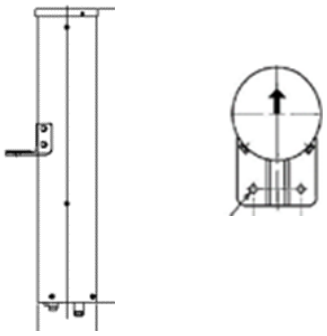


（イ） 基地局装置詳細説明

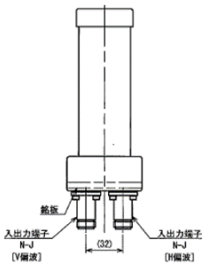
（ウ）GPS アンテナ

図 3.2-5 ローカル 5G 基地局サーバーラック設置状況

図 3.2-6 と図 3.2-7 に本実証で使用するアンテナ（VH65A-3545RTD 及び VH360-3450FTD）の外観図と放射パターンを示した。また、表 3.2-2 にアンテナのチルト角を示す。ホテル屋上基地局は指向性アンテナで、水平角は真東方向で、チルト角は５度とした。配電柱基地局は無指向性のアンテナとした。図 3.2-8 に AISG チルト角制御装置を示した。

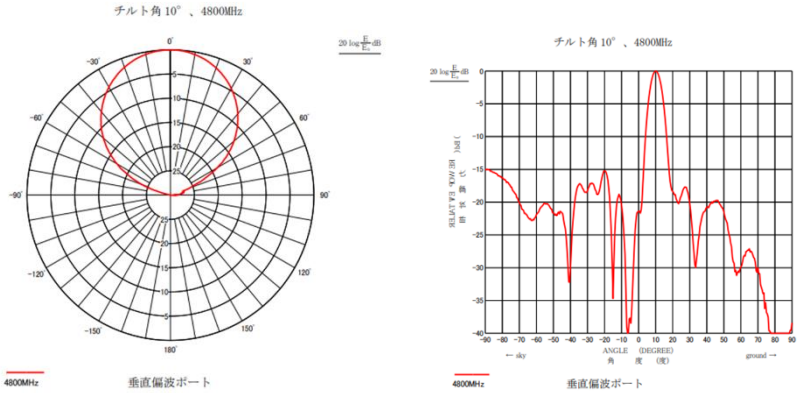


（ア）VH65A-3545RTD（ホテル屋上基地局）

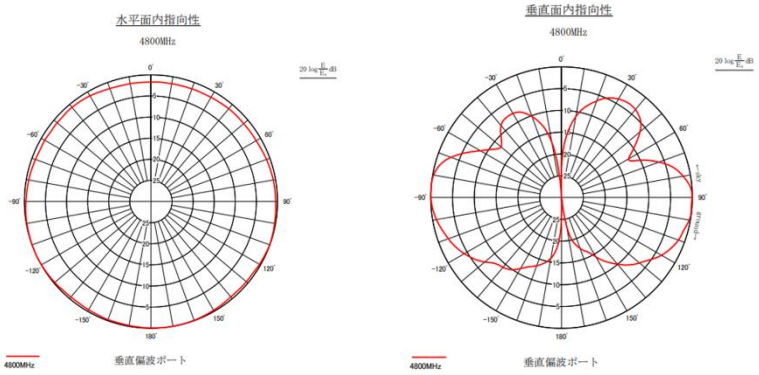


（イ）VH360-3450FTD（配電柱基地局）

図 3.2-6 アンテナの外観図



（ア）VH65A-3545RTD（ホテル屋上基地局）



（イ）VH360-3450FTD（配電柱基地局）

図 3.2-7 アンテナの放射パターン

表 3.2-2 チルト角

	チルト角	内訳	
		機械チルト(*1)	電気チルト(*2)
ホテル屋上基地局	5 度	0 度	5 度
配電柱基地局	0 度	0 度	－

(*1)：アンテナ固定金具にて機械的にチルト角度を設定

(*2)：AISG チルト角制御装置にてチルト角度を電気的に設定

図 3.2-8 チルト角制御装置の外観図（電気チルト 5 度）

表 3.2-3 アンテナ利得及び給電線損失

	ホテル屋上基地局	配電柱基地局
送信アンテナ利得	17.5dBi	1.0dBi
給電線損失	1.1dB	0.3dB

3.3 実証内容

3.3.1 ローカル５Ｇの電波伝搬特性等の測定

エリア算出法に基づき、基地局ごとにカバーエリア及び調整対象区域の図を作成するとともに、それぞれのエリア端における実際の受信電力を測定した。その際、当該算出式のカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、それぞれの閾値が実測される基地局からの距離の確認を行った。

また、カバーエリア内の 20 以上の測定点において、受信電力及び伝送性能（アップリンク（以下、UL）/ダウンリンク（以下、DL）別の伝送スループット、伝送遅延等）を測定した。測定の結果、ローカル５Ｇを用いたソリューションの所要性能を実現できない場合、実測データに基づき必要なローカル５Ｇを構築する方策（必要な帯域幅及び送信電力等）を導出した。

3.3.1.1 実証目標

3.2 で説明したローカル５Ｇ実証環境を用いて、カバーエリア及び調整対象区域における受信電力、並びにカバーエリアにおける伝送スループット及び伝送遅延を測定することとし、伝送スループットと伝送遅延の所要性能は、以下の通りとした。

- 平時においては、DL の伝送スループットとして 160Mbps（8Mbps×20 台）、UL の伝送スループットとして 40Mbps（2Mbps×20 台）を所要性能とする。
- 災害時においては、DL の伝送スループットとして 124Mbps（5Mbps×12 台＋8Mbps×8 台）、UL の伝送スループットとして 40Mbps（2Mbps×12 台＋2Mbps×8 台）を所要性能とする。
- 伝送遅延は、何れの場合も 100msec 以下とすることを所要性能とする。

本実証における課題解決システムの所要性能は、ローカル 5G に求められる伝送性能であることから、実施計画段階で課題解決システムの所要性能をローカル 5G の所要性能とした。なお、課題実証では、実証を行う段階で所要性能の見直しを行ったが、技術実証では、実施計画段階での所要性能の方が高い目標であることを考慮し、当初の所要性能の目標を維持した。

3.3.1.2 評価・検証項目

以下の評価・検証を行った。

- エリア算出法に基づき、基地局ごとにカバーエリア及び調整対象区域の図を作成する。
- 基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域のエリア端における実際の受信電力を測定する。
- 当該算出式のカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、それぞれの閾値が実測される基地局からの距離の確認を行う。
- カバーエリア内の 20 以上の測定点において、受信電力及び伝送性能（UL/DL 別の

伝送スループット、伝送遅延等）を測定する。

- 測定の結果、ローカル５Ｇを用いたソリューションの所要性能を実現できない場合、実測データに基づき必要なローカル５Ｇを構築する方策（必要な帯域幅及び送信電力等）を導出する。

3.3.1.3 評価・検証方法

以下のように評価・検証を行った。

(1) 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図の作成

エリア算出法に基づき、ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々についてカバーエリア及び調整対象区域の図を作成する。その際、カバーエリア及び調整対象区域は、審査基準に従って、100m メッシュの精度の地形情報を確認して標高差があれば反映させると共に、実証で用いる基地局アンテナのアンテナパターンを反映させて算出する。

(2) 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定

ホテル屋上基地局及び配電柱基地局のエリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域並びにその周囲を含む範囲において、受信電力の測定ルートを選定する。

選定した測定ルートにおいて、エリアテスタなどの測定機材を台車（または車）に搭載して移動しながら受信電力（RSRP：Reference Signal Received Power）の測定を行う。測定機材のアンテナ高は、1.5m 程度とする。車で移動しながらの受信電力測定を行う場合は、各々の測定ルートでの測定を複数回行い、測定精度を高める。また、測定作業効率化のため、複数の基地局の信号の受信電力を同時に測定できるエリアテスタ等の機能を用いて、可能な限り、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の受信電力は並行して測定する。

(3) カバーエリア及び調整対象区域のエリア端における受信電力の測定

ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々について、選定した測定ルート上で、基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域のエリア算出法に基づくエリア端における実際の受信電力を通常の高さ（高さ 1.5m）で測定する。

エリア算出法に基づくエリア端において測定した受信電力が、審査基準に定められているカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、測定ルート上で、カバーエリア及び調整対象区域の閾値が実測される地点（受信電力の測定値が、それぞれの閾値とほぼ等しくなる地点）を特定し、その地点の基地局からの距離の確認を行う。

カバーエリア及び調整対象区域の閾値が実測される地点は、各々の基地局アンテナのメインビーム方向等に加えて、その左右の 30 度、60 度、90 度などの様々な方向の測定ルート上で探索し、基地局からの距離を確認し、取得データを充実させる。

(4) 高所測定地点での受信電力の測定

以下のように、集合住宅の 2 階以上の場所で受信電力の測定を行う測定地点（高所測定地点）を選定する。

- 高所測定地点は、5 階建て程度で、できるだけ多くの階で測定ができる集合住宅を選定候補として、受信電力の測定により確認した基地局ごとのカバーエリア、調整対象区域、及びその周囲で選定する。調整対象区域の周囲でも高所測定地点を選定するのは、高所測定地点では、調整対象区域がより広くなることが想定されるためである。

- 各々の高所測定地点において可能な限りホテル屋上基地局と配電柱基地局の両方の受信電力を並行して測定する前提で、合計 10 棟程度の集合住宅を選定する。

- カバーエリア及び調整対象区域のエリア端の評価に用いるため、基地局から高所測定地点の集合住宅が位置する方向の各々で、できるだけ距離が異なる複数の集合住宅を選定する。

- 測定可能な場所があれば、一部の集合住宅において、基地局設置方向の前面と背面など、複数個所を高所測定地点とする。

選定した高所測定地点において、以下のように受信電力を測定する。

- 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定と同様の測定機材を用いる。

- 集合住宅では、廊下や階段等の共用部分で窓等により電波が比較的入りやすい場所において、できるだけ全ての階で受信電力測定を行うと共に、複数の住戸において、窓際（屋内）とそのすぐ外側のベランダでも受信電力測定を行う。また、1 階相当の場所（高さ 1.5m）では、通常のアンテナ高の場合と比較するため、集合住宅内で測定できない場合は、屋外において受信電力を測定する。

- 測定にあたっては、集合住宅の廊下や階段等の共用部分、住戸内部、ベランダ手前などの場所に応じて台車や高所作業車などを用いる。なお、高所作業車では、高さ 10ｍまでの測定が可能となる。

(5) 高所におけるカバーエリア及び調整対象区域のエリア端の評価

高所測定地点における受信電力の測定値を、集合住宅の同一階ごとに、カバーエリアの閾値及び調整対象区域の閾値と比較し、高所におけるカバーエリア及び調整対象区域のエリア端を推定する。そして、それぞれのエリア端と基地局の距離を確認し、階によるカバーエリア及び調整対象区域の差異について評価する。

(6) 伝送性能の測定

ホテル屋上基地局のカバーエリア内の測定ルート上の地点及び高所測定地点から 20 以上の測定点を選定し、選定した測定点において、受信電力に加えて、伝送性能（UL/DL 別の伝送スループット及び伝送遅延）を測定する。また、配電柱基地局についても、カバーエリア内の測定ルート上の地点及び高所測定地点から 20 以上の測定点を選定し、選定した測

定点において、同様に受信電力及び伝送性能を測定する。何れの基地局についても、測定点は、基地局に比較的近い地点と比較的遠い地点を含み、基地局からの距離が異なる測定点を選定する。伝送性能は、以下のように測定する。

- 伝送スループットは、端末（又は端末を模擬した試験装置）に接続したパソコンの測定アプリ等を用いて測定を行う。

- 伝送遅延は、端末に接続したパソコンで PING（Packet INternet Groper）を用いて、パソコンとサーバ間の伝送遅延の測定を行う。

- 伝送スループットについては、複数の端末により DL のデータ受信を同時に行い、その端末数や送信データ量を増やした条件での測定も行い、DL における全端末合計の伝送スループットの上限値（回線容量）を評価する。同様に、複数の端末による UL のデータ送信も同時に行い、UL における全端末合計の伝送スループットの上限値（回線容量）を評価する。

(7) 所要性能を実現するための方策の検討

伝送性能の測定の結果、所要性能を実現できない場合には、実測データに基づき、所要性能を実現できるローカル５Ｇを構築する方策（必要な帯域幅及び送信電力等）を検討する。具体的には、測定した受信電力と伝送スループットの上限値（回線容量）の関係を分析し、所要性能の実現に必要な帯域幅及び送信電力等を導出する。

受信電力の測定に用いる測定機器の情報(メーカ、品番等)、測定にあたっての主な設定、測定方法についての詳細は、以下の通りとした。

- 表 3.3.1.3-1 に受信電力の測定器のメーカ及び品番等を示す。

表 3.3.1.3-1　受信電力の測定器のメーカ・品番等

測定器	メーカ	品番	補足
エリアテスタ	アンリツ(株)	ML8780A	
測定ユニット	アンリツ(株)	MU878070A	sub-6GHz
測定用アンテナ：	アンリツ(株)	Z-1911B	
台座、	アンリツ(株)	Z1707A	ケーブル付き
GPS アンテナ	アンリツ(株)	Z1601A	ケーブル付き

- 受信電力測定の際のエリアテスタの設定を以下に示す。
  - 測定対象：SSS（Secondary Synchronization Signal）
  - 測定項目：SS-RSRP
  - チャネル帯域幅：100MHz
  - 測定周期：40msec

- 受信電力の測定方法についての詳細は、以下の通りである。
  - 車や台車での移動測定は、測定機器を車又は台車に搭載して測定を実施する。
  - GPS アンテナも測定器に接続し、緯度経度情報も同時に取得しながら測定する。
  - 集合住宅等での測定は定点測定とし、アンテナを静止した状態で測定する。
  - 各測定点では、定在波の影響を避けるため、図 3.3.1.3-1 のように、測定台の上で、10λの範囲で４つの測定ポイントを定めて測定を行う。
  - 各測定点において、４つの測定ポイントで合計 1000 サンプルのデータを取得する。
  - 各測定点の測定データより、中央値、σ、上位 10%値、下位 10%値を算出する。

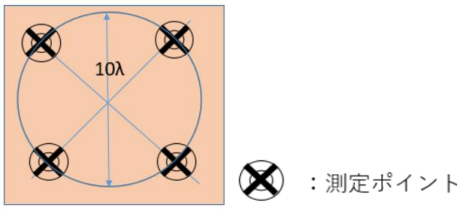


図 3.3.1.3-1 測定台と測定位置（測定ポイント）の配置図

- 受信電力の測定の様子を図 3.3.1.3-2 に示す。集合住宅と高所作業車では、測定用アンテナをアンテナ高が 1.5mになるように台に載せ、作業者はその台の下にしゃがむことで、人体損失の影響を受けないようにした。

（ア） 車を用いた通常の移動局アンテナ高での測定

（イ） 集合住宅における測定

（ウ） 高所作業車における測定

図 3.3.1.3-2 受信電力の測定の様子

伝送スループット及び伝送遅延の測定に用いる測定機器の情報(メーカ、品番等)、測定にあたっての主な設定、測定方法についての詳細は、以下の通りとした。

- 表 3.3.1.3-2 に伝送スループット及び伝送遅延に用いる測定器のメーカ及び品番等を示す。

表 3.3.1.3-2 伝送スループット及び伝送遅延に用いる測定器のメーカ・品番等

測定器	メーカ	品番	備考
CPE	NEC マグナスコミュニケーションズ株式会社	FG900CS	
PC （パソコン）	PCc Pnasonic PCs NEC （レンタル調達品）	Let'snoteSV1(CF-SV1LReFtL'VS) PC-VJM16XZG6	
Iperf	フリーソフト		スループット測定用
ExPing	フリーソフト		伝送遅延測定用

- 図 3.3.1.3-3 に伝送スループット及び伝送遅延に用いる測定の構成図を示す。

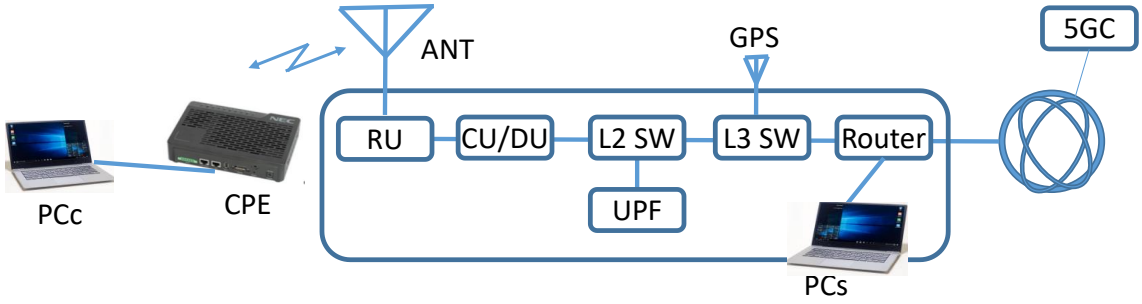


図 3.3.1.3-3　伝送スループット及び伝送遅延の測定の構成図

- 伝送スループットと伝送遅延の測定方法についての詳細は、以下の通りである。
  - 伝送スループットは、CPE に接続したパソコン（PCc）に Iperf を搭載し、目標の伝送スループット（帯域幅）に設定し、ネットワーク内のパソコン間（PCs）との間での伝送スループットを測定する。
  - スループット測定は、20 秒間とし、1 秒毎のサンプル取得で合計 20 サンプルを取得する。
  - 伝送遅延は、端末に接続したパソコン（PCc）に ExPing を設定し、ネットワーク内のパソコン（PCs）との間の伝送遅延の測定を実施する。
  - 伝送遅延の測定は、測定時間を 20 秒とし、周期 100m秒で合計 200 回のサンプルを取得する。タイムアウト時間は、200m秒とする。

- 伝送スループット及び伝送遅延の測定の様子を図 3.3.1.3-4 に示す。

（ア）伝送スループット測定

（イ）伝送遅延測定

図 3.3.1.3-4 伝送スループット及び伝送遅延の測定の様子

- 無線区間の影響を除いた伝送遅延のデータを取得することで無線区間の遅延量を明確にするため、L3 SW に接続されたパソコン（PCs）より、Router 及び UPF の各々に対する ping の往復遅延時間を測定する。また、パソコン（PCc）をパソコン（PCs）に直接接続して、PCc から PCs に対する ping の往復遅延時間も測定する。このようにして推定した無線区間の影響を除いた伝送遅延を、無線区間を介した場合の伝送遅延から減算することで、無線区間の伝送遅延を評価する。なお、実証計画段階では、図 3.3.1.3-5 に示すように、CPE に接続していたパソコン（PCc）を、L2/L3 SW 等に直接接続した状態で、PCc と PCs の間で同様に遅延時間を測定する計画であったが、運用中の実証システムに影響を与えるリスクを回避するため、図 3.3.1.3-3 に示した測定系で、無線区間の影響を除いた伝送遅延の測定を行うこととした。

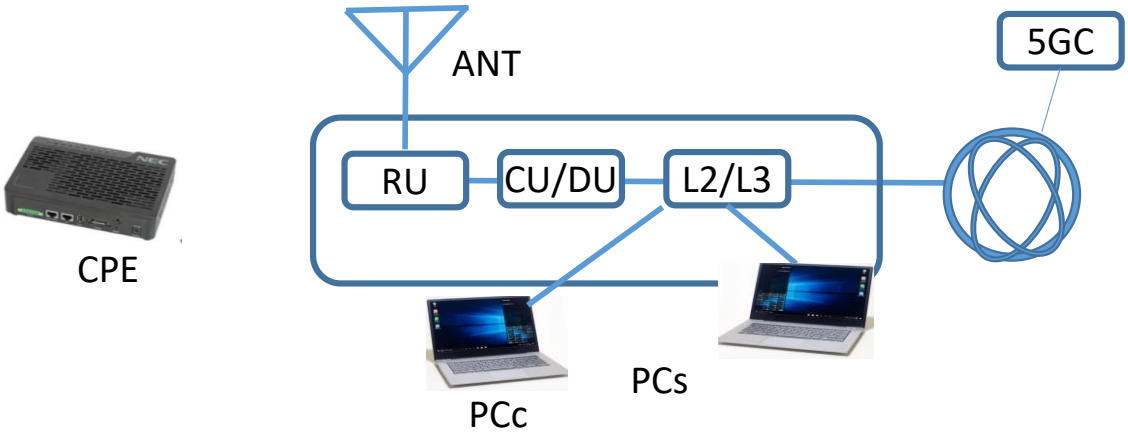


図 3.3.1.3-5 無線区間の影響を除いた伝送遅延の測定の構成図（実証計画段階）

測定コースは、3.3.2 で説明する電波伝搬モデルの精緻化のために測定データを用いるこ

とができるように、以下の点に留意して選定した。

- 精緻化を行うために実施する測定点の選択方法については、エリア算出式は干渉調整等を行うためのエリア端を示すことが主たる目的であるため、エリア端周辺での十分な測定が必要になると考えられる。

- 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。

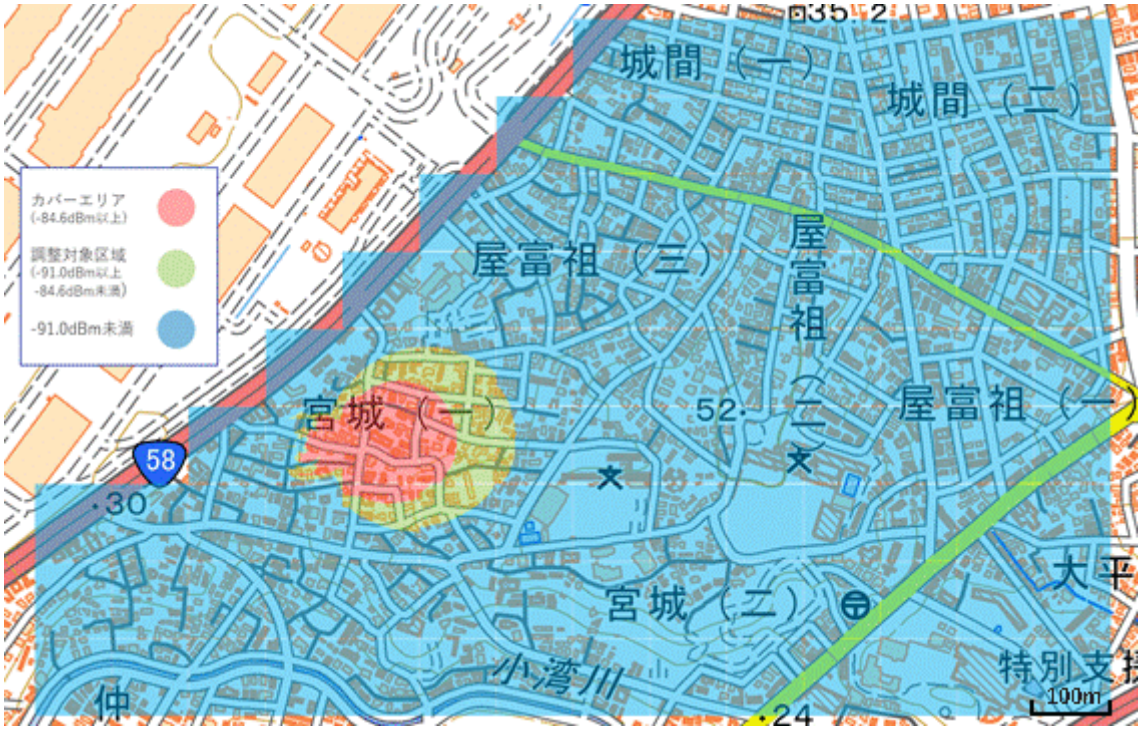
3.3.1.4 実証結果及び考察

（1）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図の作成

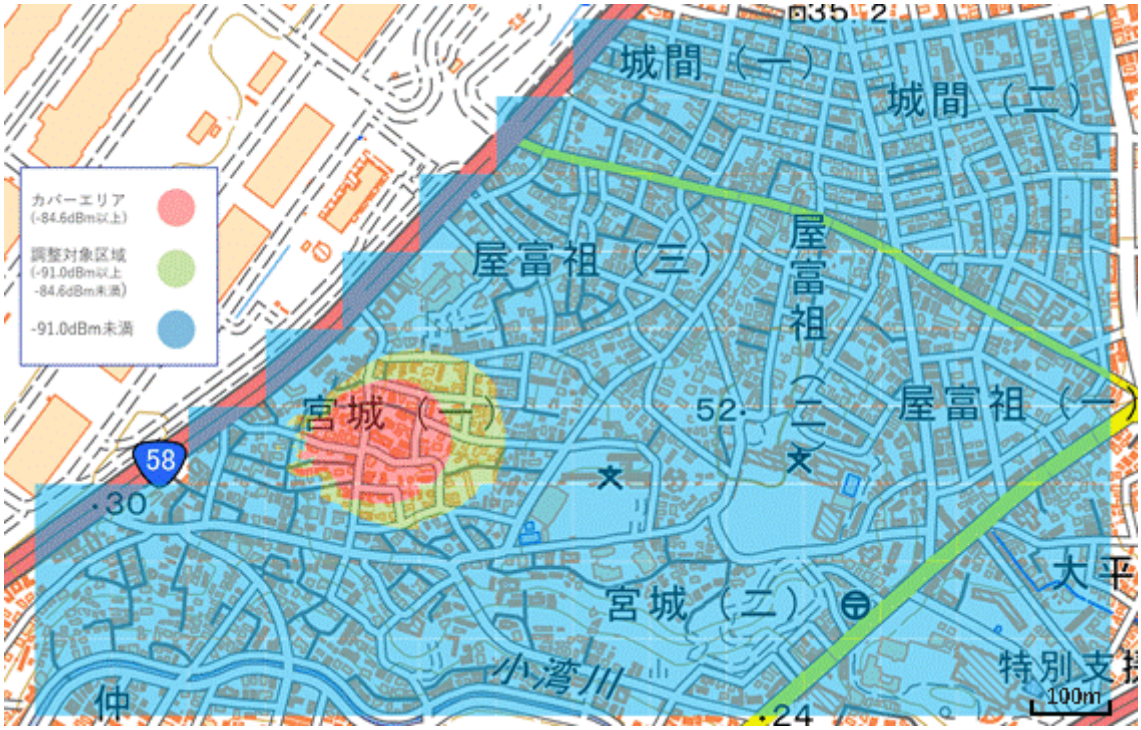
エリア算出法に基づき、屋外における 1 階～5 階の階ごとのカバーエリア及び調整対象区域の図の作成を行った。また、エリア算出法に基づく屋内におけるカバーエリア及び調整対象区域の図の作成を行った。図 3.3.1.4-1 及び図 3.3.1.4-2 に屋外のホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々の図を示す。また、図 3.3.1.4-3 及び図 3.3.1.4-4 に屋内の図を同様に示す。計算条件は、**表 3.3.1.4-1** に示す。基地局の給電線損失やアンテナ利得等は図 3.2-7、表 3.2-2、表 3.2-3 の値を使用した。これらの図は、100m メッシュの標高の情報を用いて、1m メッシュの区画ごとにエリア算出法に基づいて受信電力を計算し、カバーエリア、調整対象区域、及びその他に分類して色分けを行った。

表 3.3.1.4-1 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計算条件

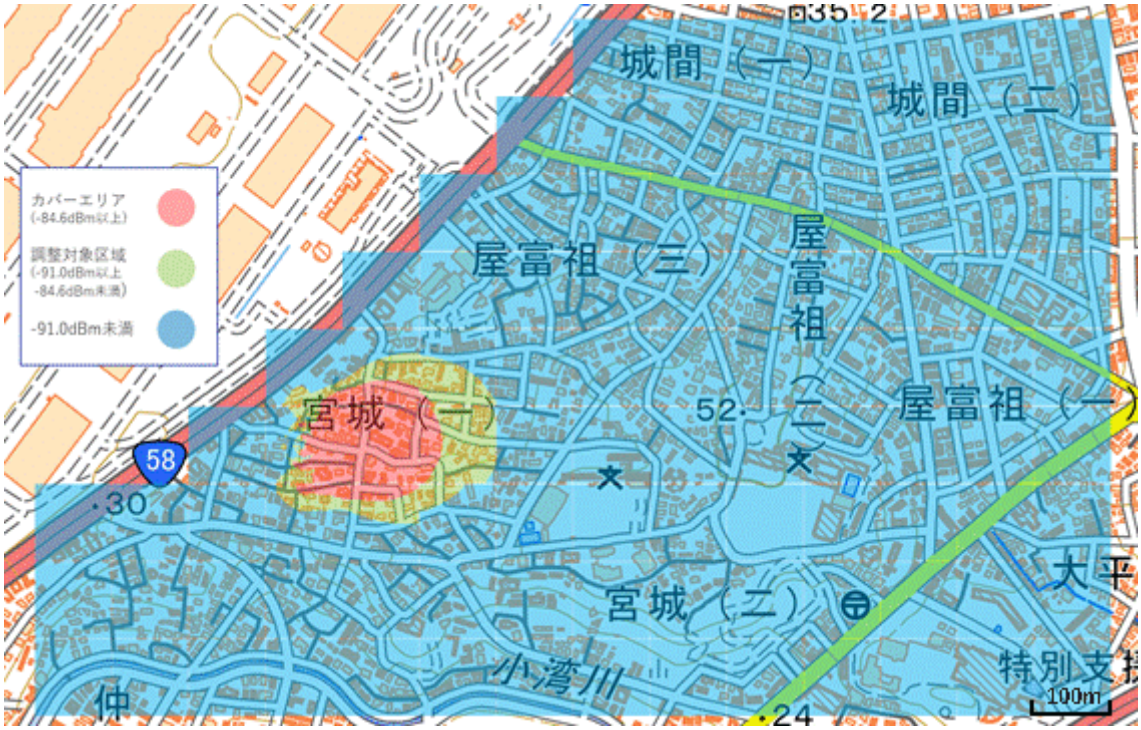
パラメータ	値	環境
K	0 dB	
S	0 dB	市街地
R	0 dB	屋外
	16.2 dB	屋内
人体損失	8dB	


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

（ア）1 階

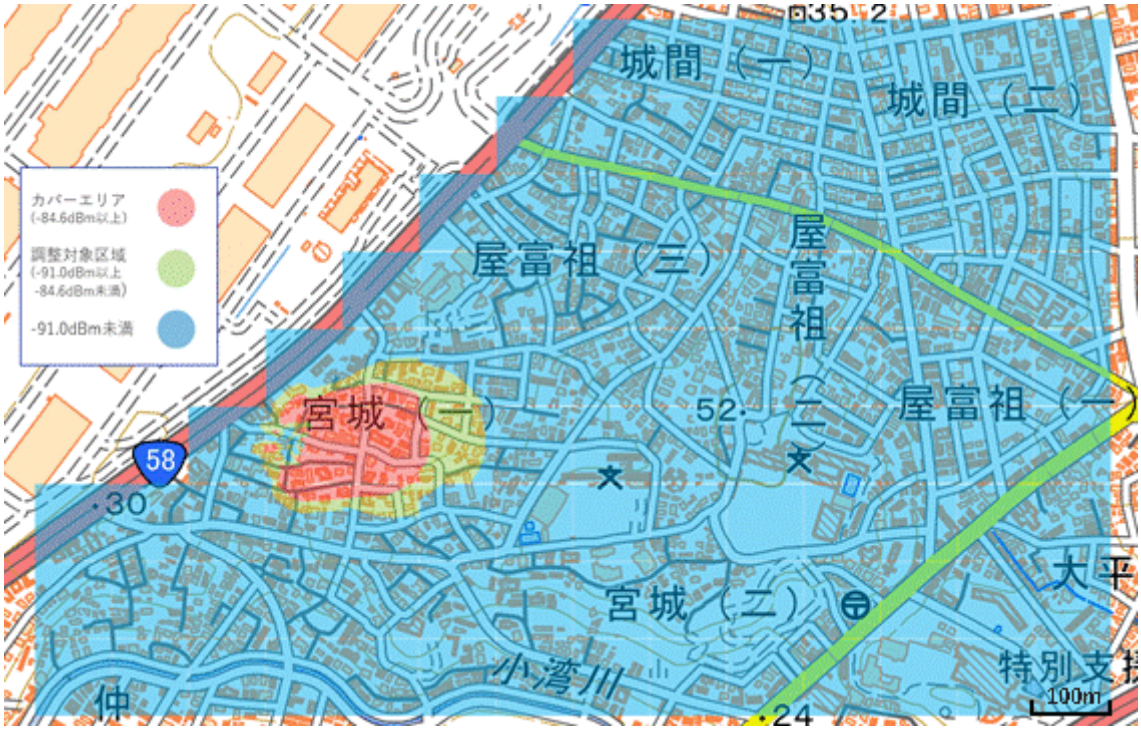

カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

（イ）2 階



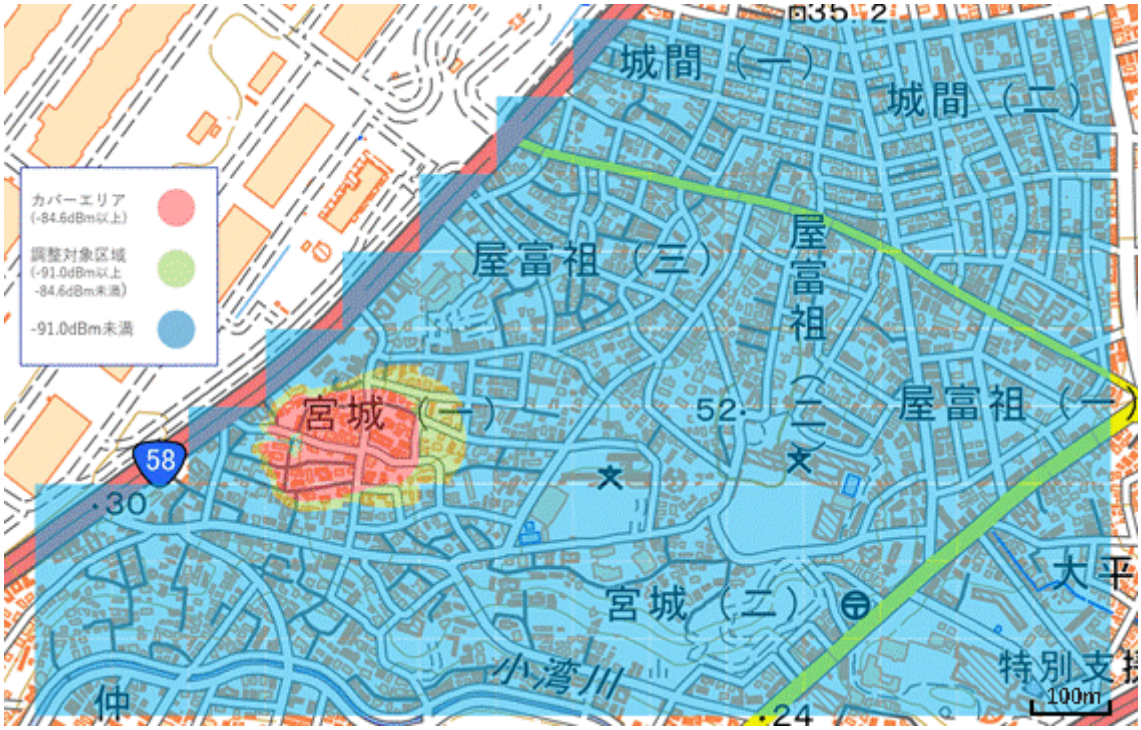
35.2
城間（一）
城間（二）
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52
58
30
大平
宮城（二）
小湾川
特別支
仲
24
100m

（ウ）3 階



35.2
城間（一）
城間（二）
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52
58
30
大平
宮城（二）
小湾川
特別支
仲
24
100m

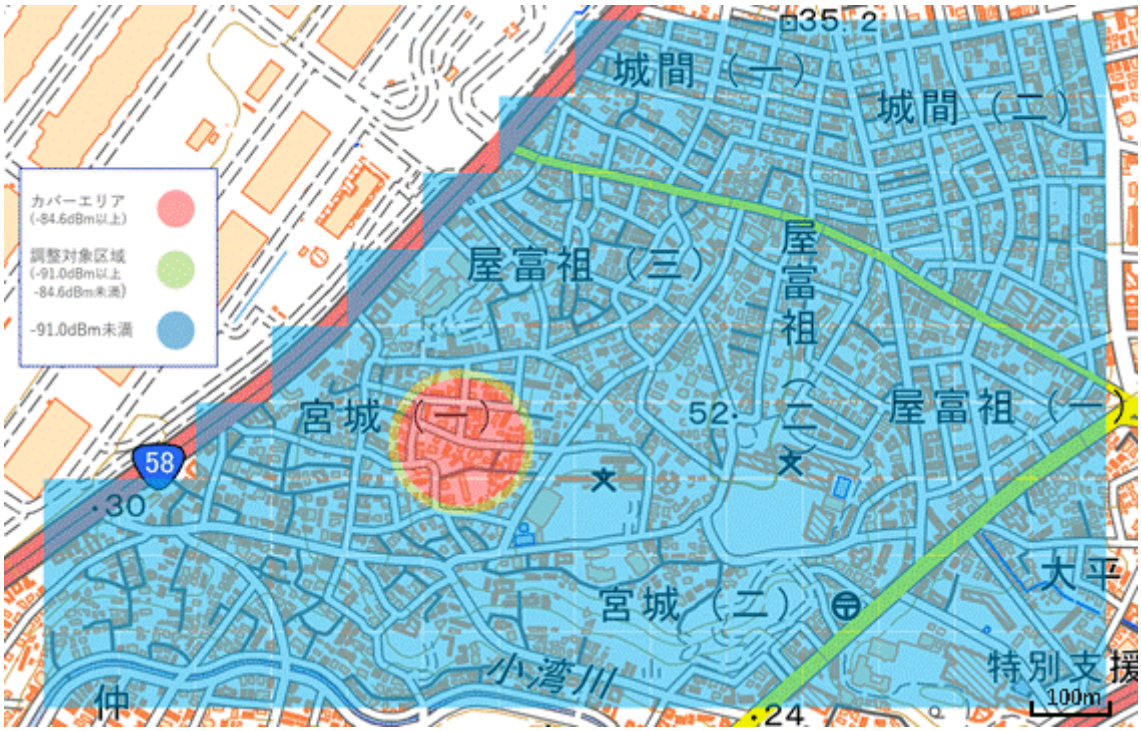
（エ）4 階



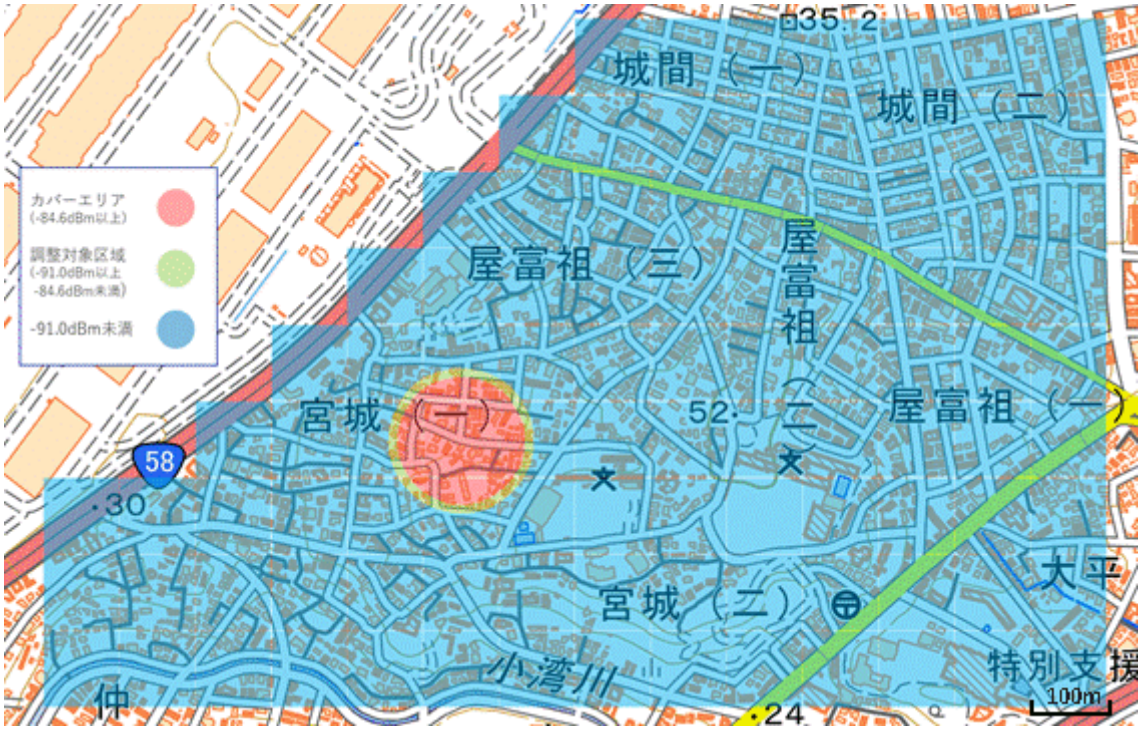
(オ) 5 階

図 3.3.1.4-1 エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域（ホテル屋上基地局、屋外）

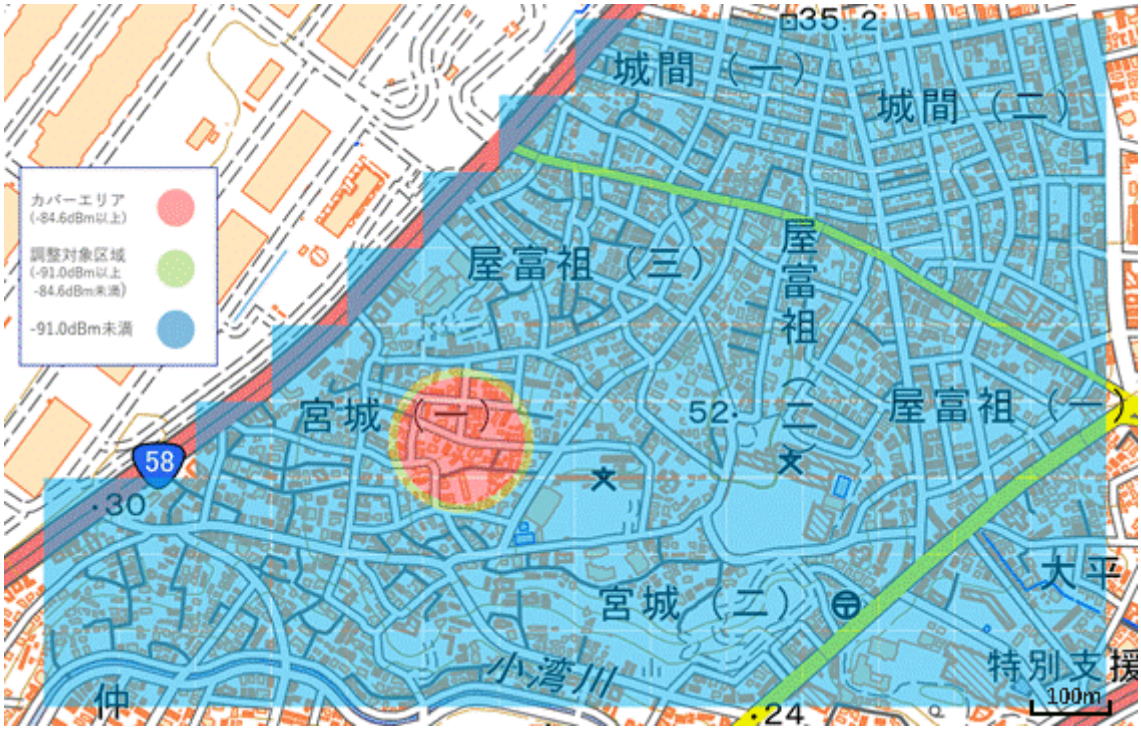
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



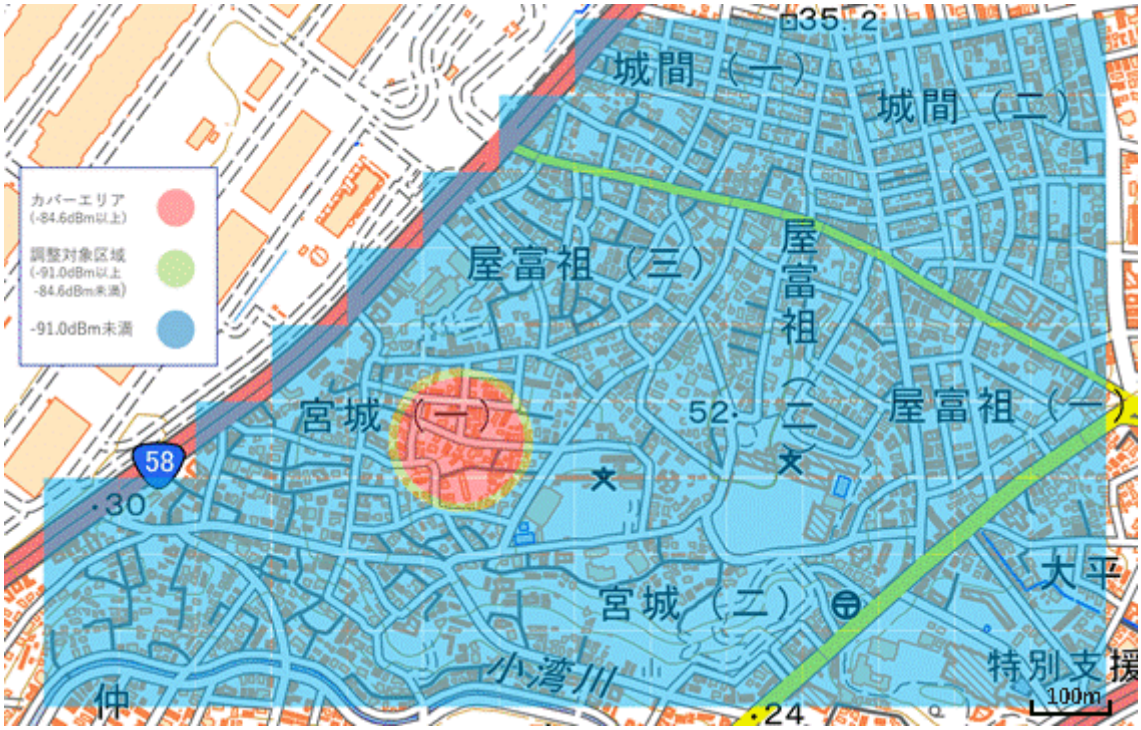
(ア) 1 階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
特別支援
100m

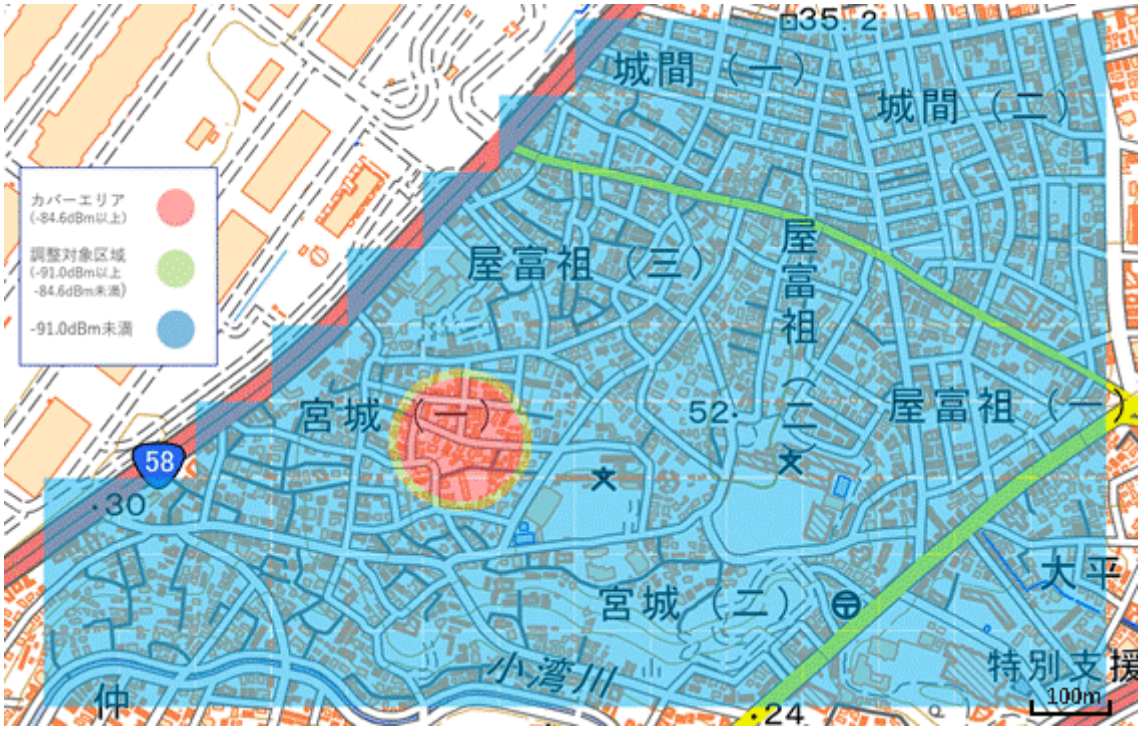
（イ）2 階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
特別支援
100m

（ウ）3 階



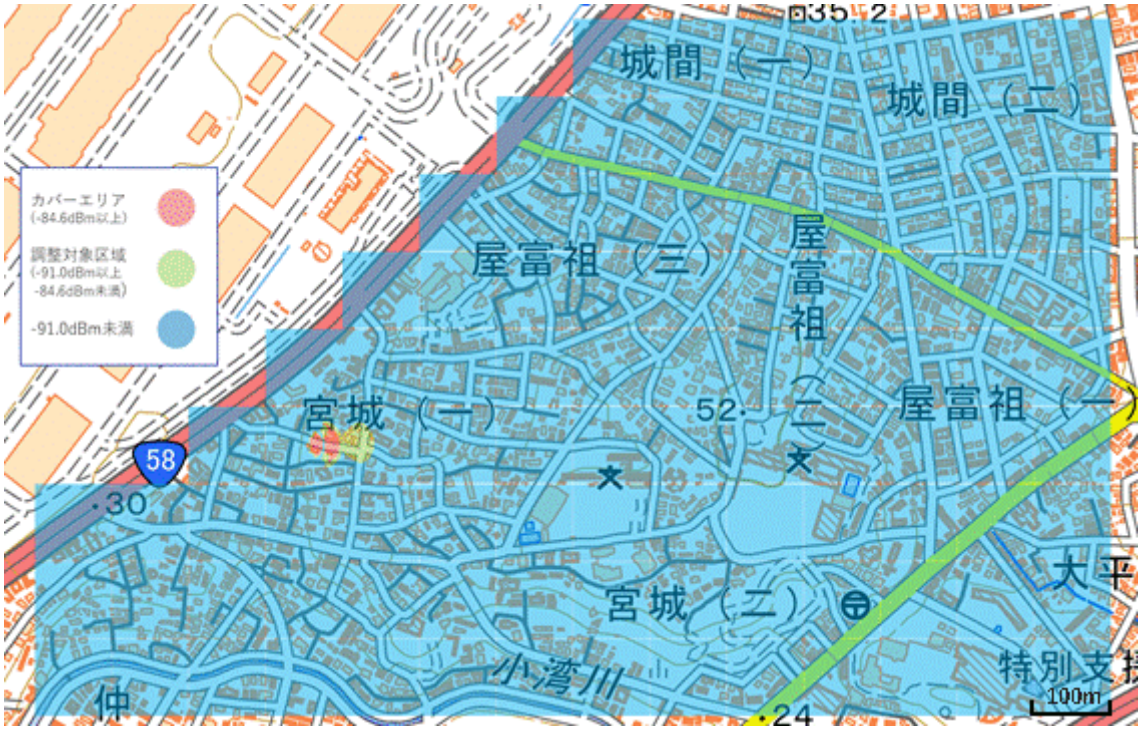
(エ) 4 階



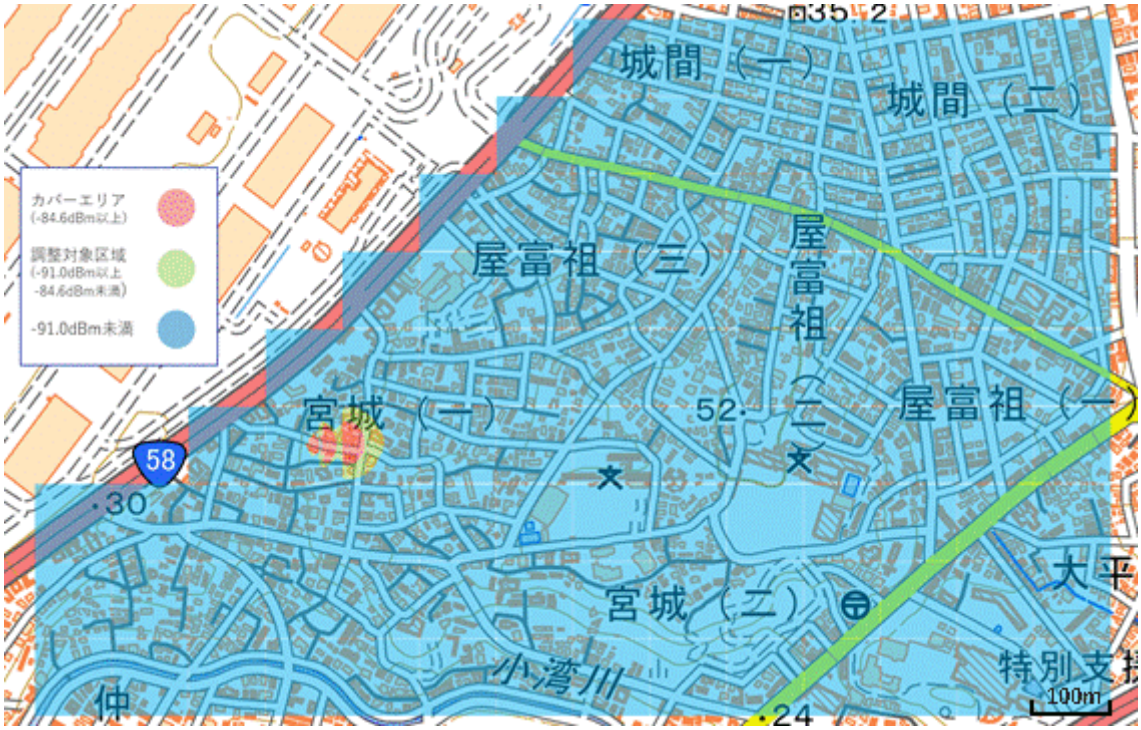
(オ) 5 階

図 3.3.1.4-2 エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域（配電柱基地局、屋外）

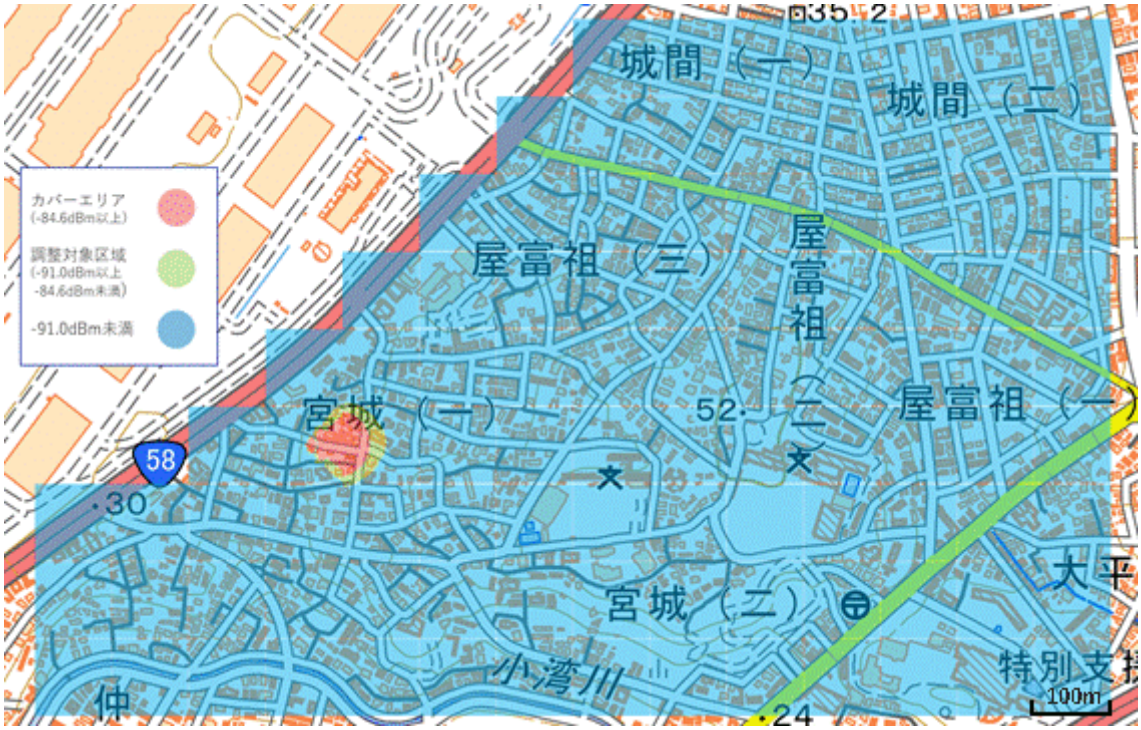
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

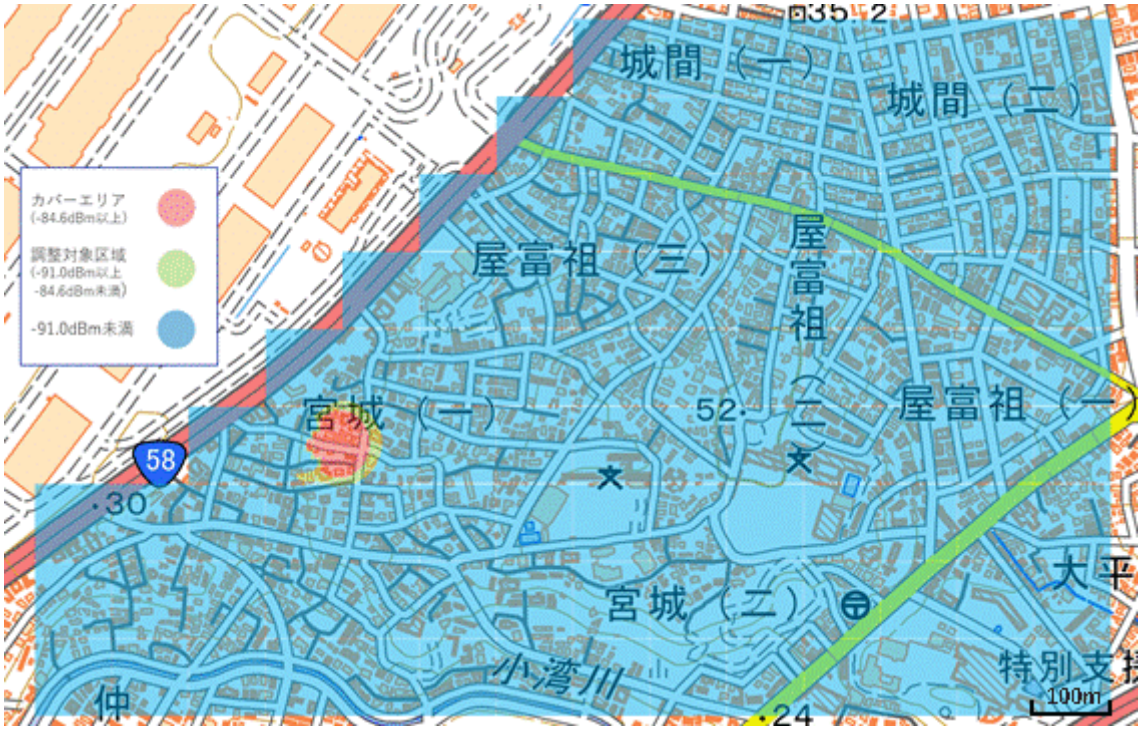
（ア）１階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

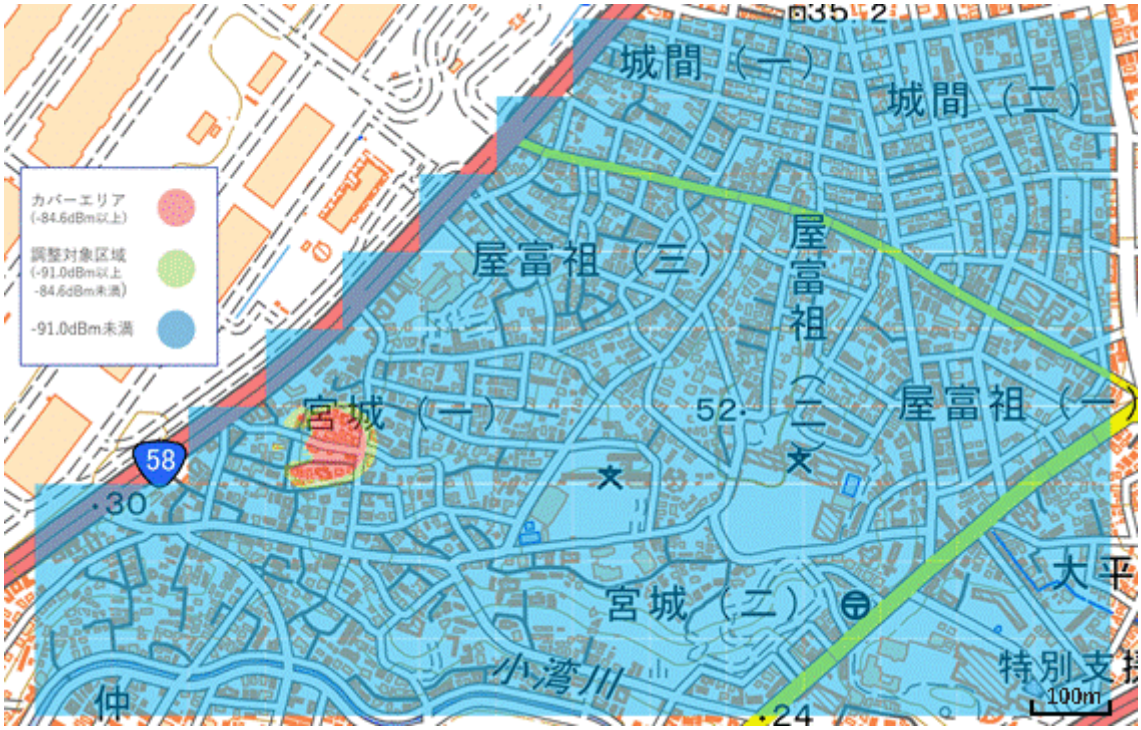
（イ）２階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

（ウ）3 階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

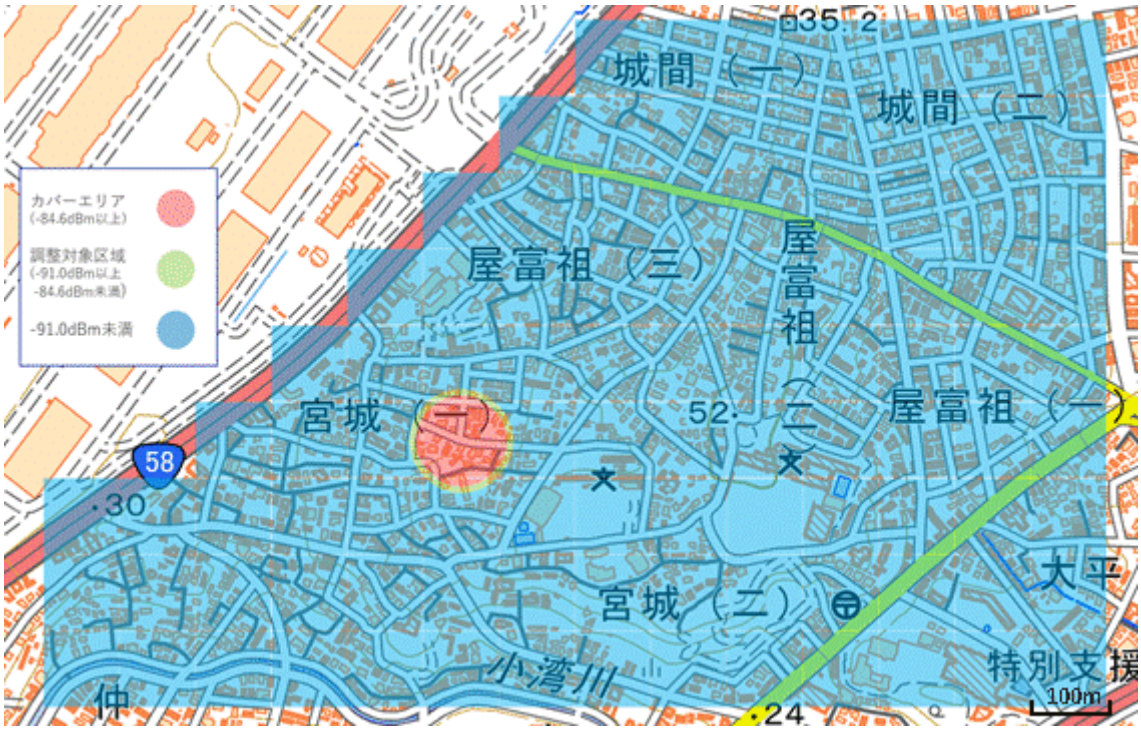
（エ）4 階



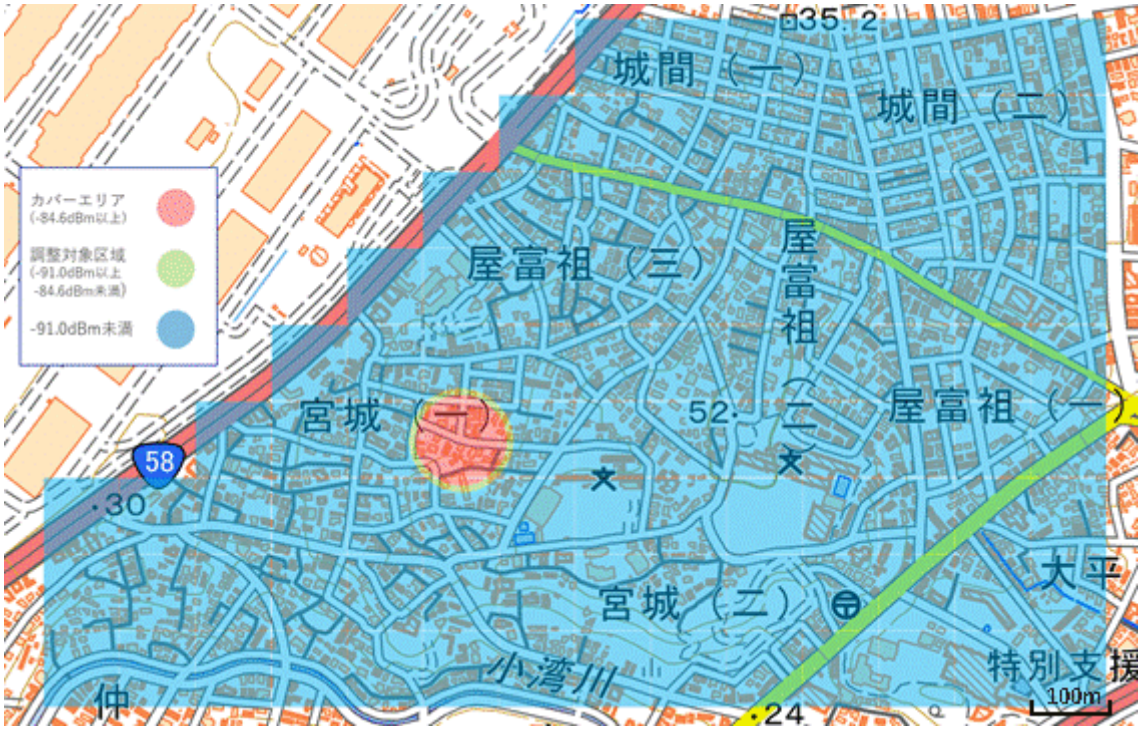
（オ）5 階

図 3.3.1.4-3 エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域（ホテル屋上基地局、屋内）

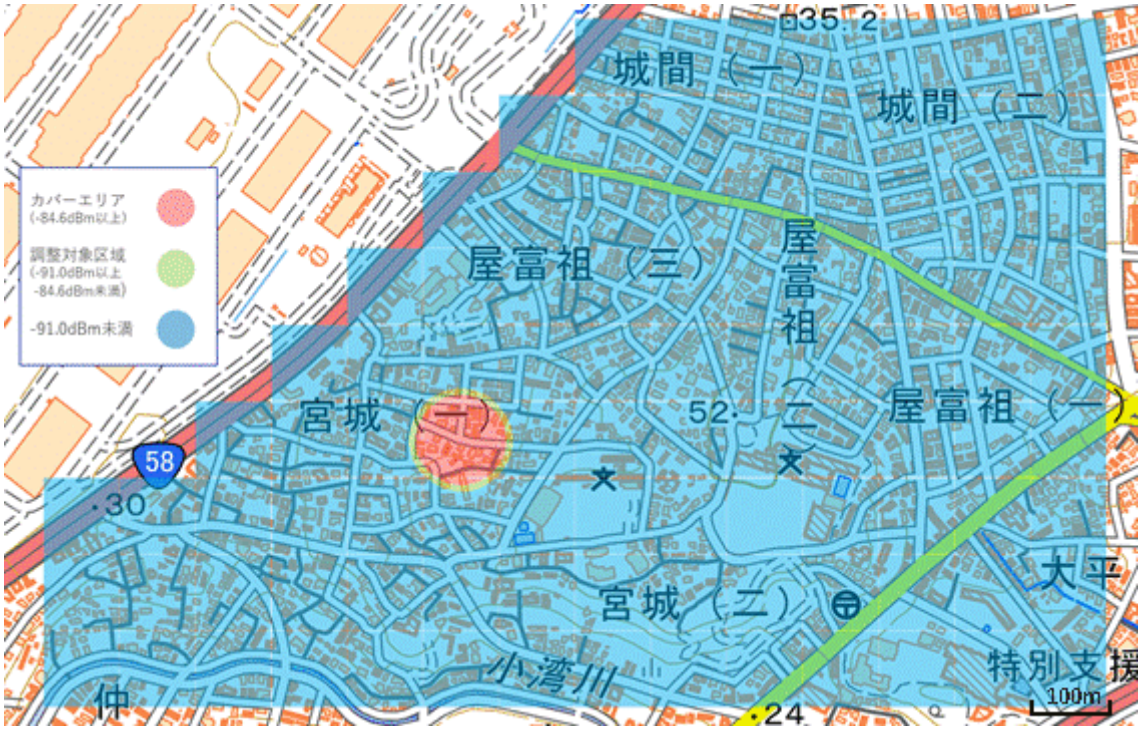
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



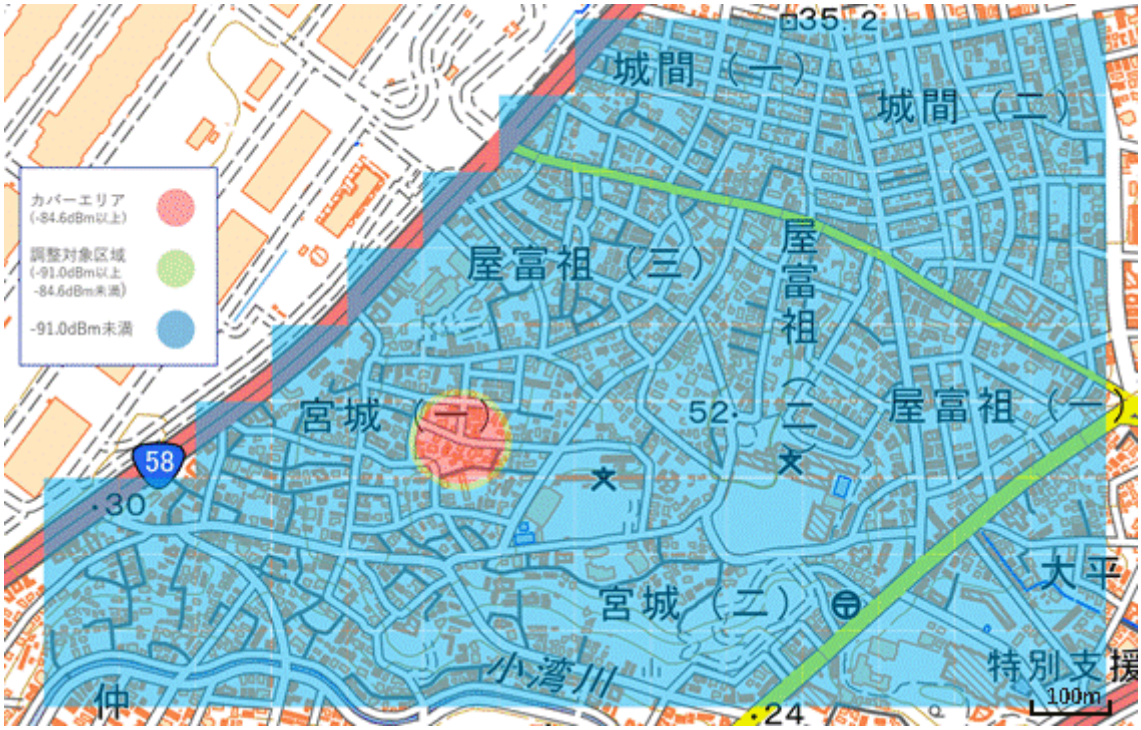
（ア）1 階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
特別支援
100m

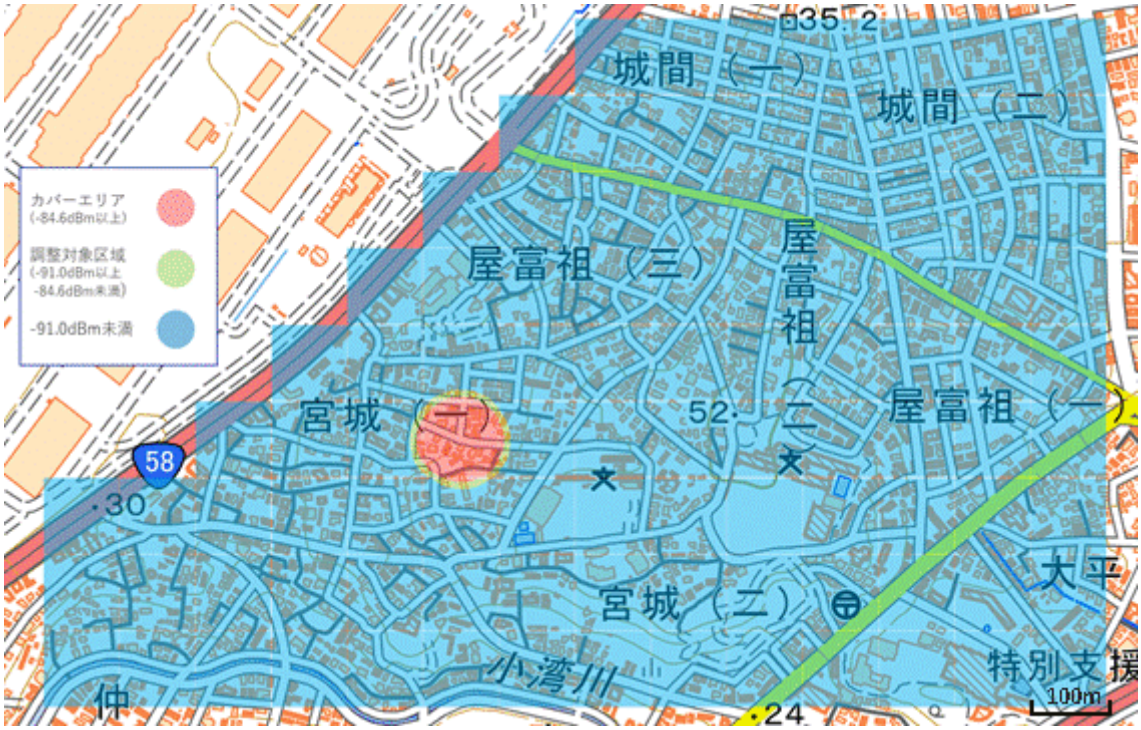
（イ）2 階


カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
特別支援
100m

（ウ）3 階



（エ）4 階



（オ）5 階

図 3.3.1.4-4 エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域（配電柱基地局、屋内）

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

（2）通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定

本実証では、集合住宅の１階～5 階の高所での測定も行い、通常の移動局アンテナ高での測定値との比較を行えるように、エリア算出法に基づく調整対象区域よりも広い範囲を走行し、受信電力を測定することとした。その走行範囲と測定ルート（走行道路）は、図 3.3.1.4-5 のように定めた。この走行範囲は、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みならず、3.3.2 で説明する電波伝搬モデルの精緻化仮説も考慮して定めており、その具体的手順は、3.3.2 で説明する。

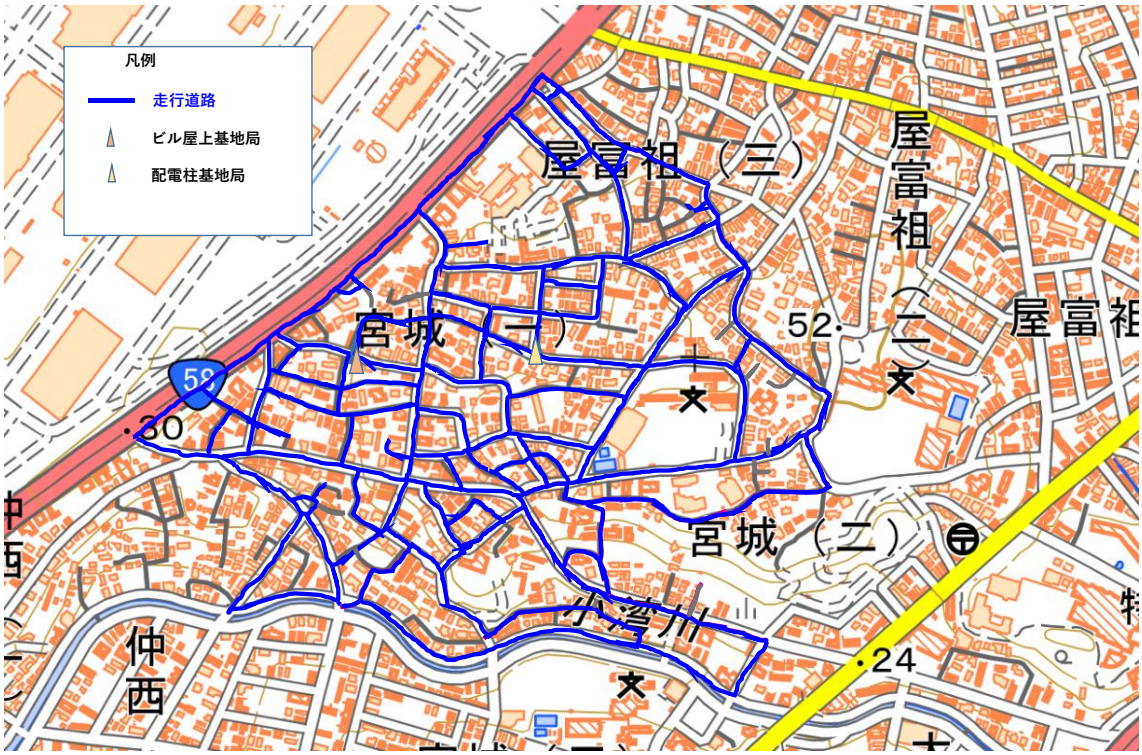


図 3.3.1.4-5 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定ルート

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

２回の測定を実施し、以下のように測定ルート上の受信電力の測定結果の図の作成を行った。

- 測定器で取得した SS-RSRP 受信電力は、審査基準に定められているカバーエリア及び調整対象区域の基準値と比較できるように、以下の式による受信電力に換算する。

  受信電力(換算値)＝SS-RSRP 受信電力＋帯域幅換算値(35.2dB)－人体損失(8dB)

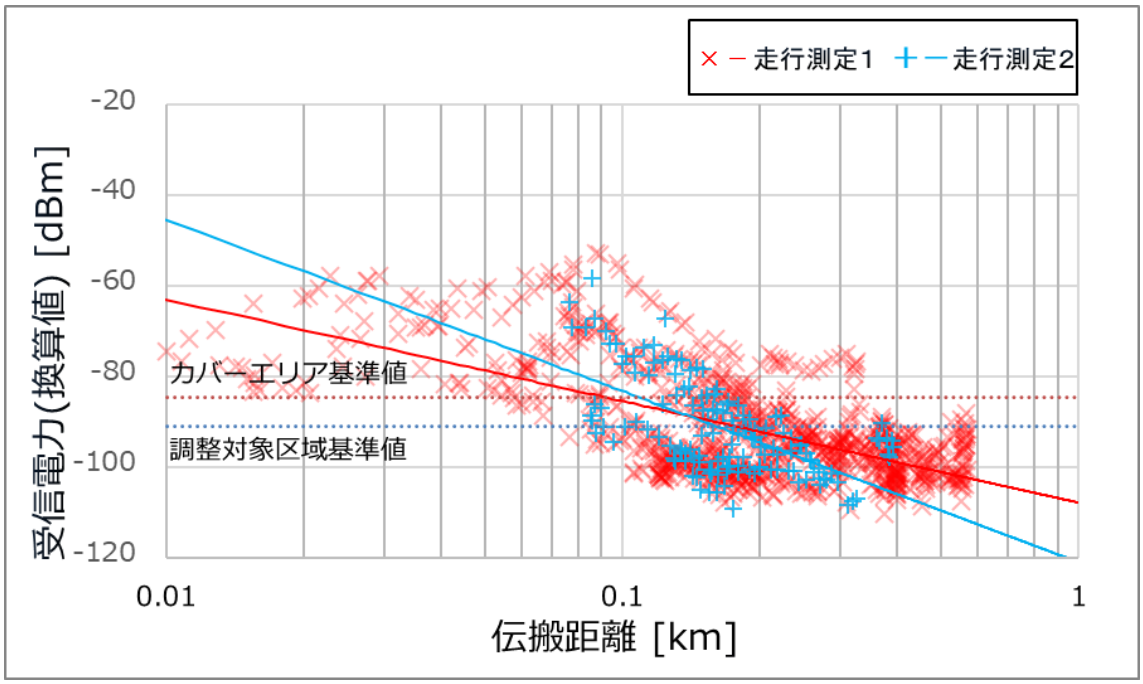
  ここで、受信電力測定は、人体の影響を受けない条件で実施したため、受信電力（換算値）は、人体損失(8dB)を減じた値としている。

- 一定時間周期で取得したサンプル（受信電力の値）より、サンプルごとに直前サンプ

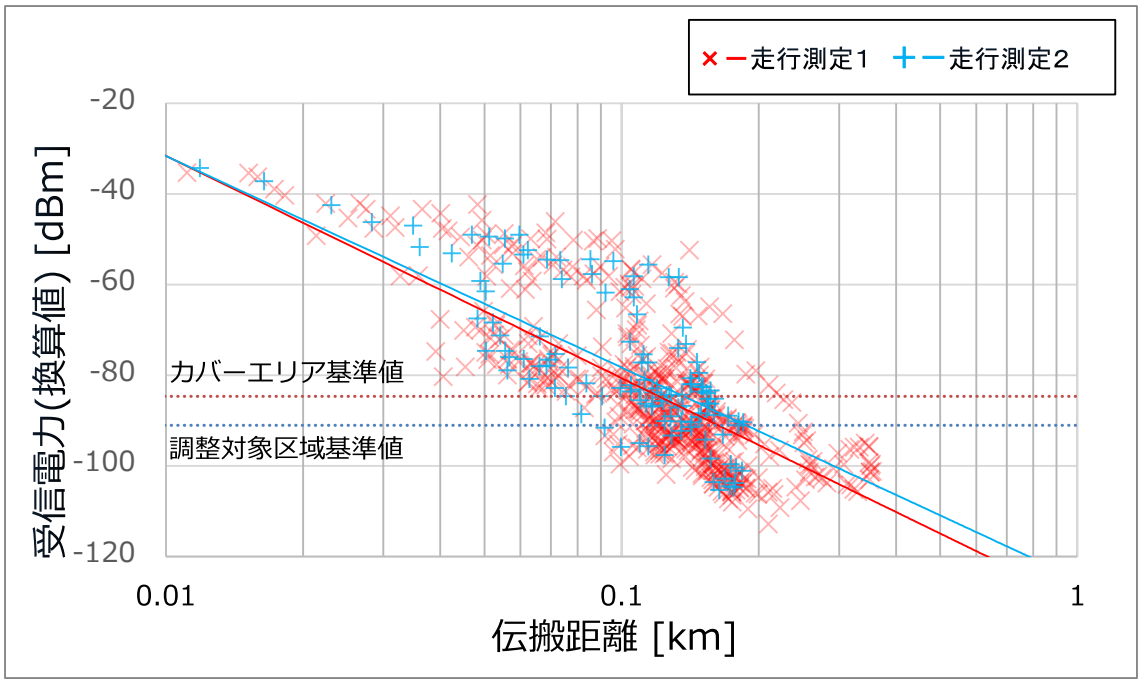
ル取得地点からの移動距離を積算し、10mを超えた時点で、積算値が 5m を超えたサンプルの地点にその 10mの区間での中央値をプロットする。

- カバーエリア（２段階)、調整対象区域（１段階)、その他（２段階）でプロットの色分けを行った。以下のように、受信電力を約 6dB ごとに色分け表示することで、エリア算出法の計算値と測定値の凡その差異が分かるようにした。

図 3.3.1.4-7 に１回目の測定結果と２回目の測定結果を、受信電力距離特性の形で示す。また、図 3.3.1.4-7 に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図に１回目の測定で取得した受信電力の値を重ねて示した。

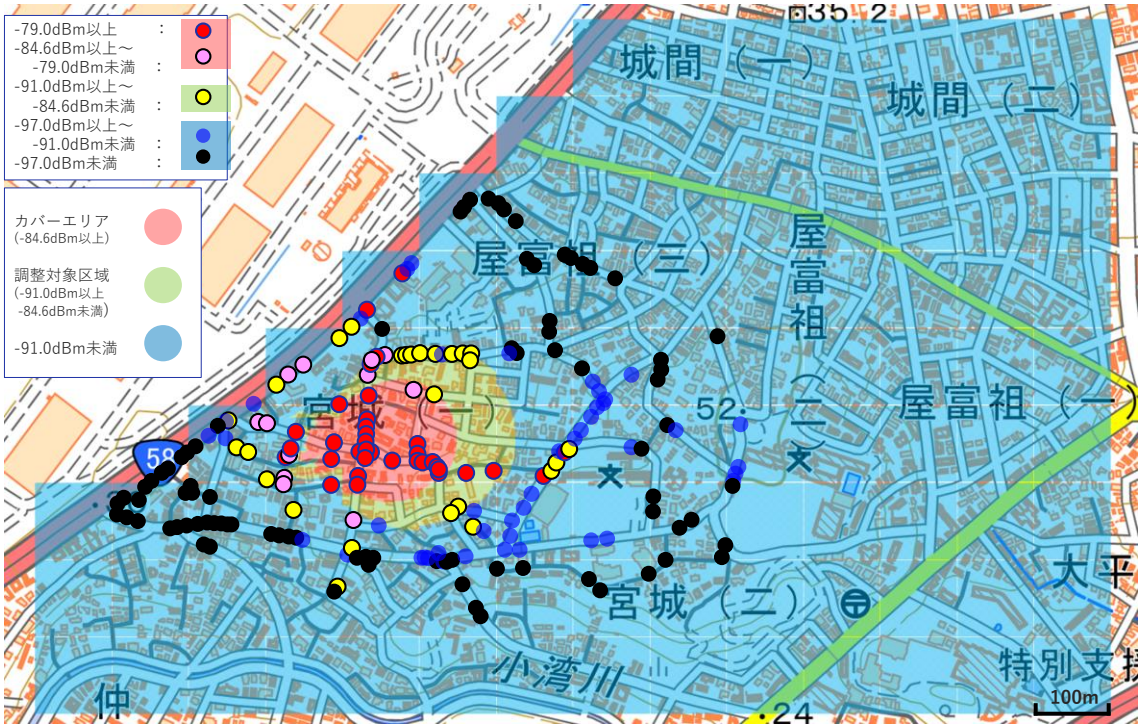


（ア） ホテル屋上基地局

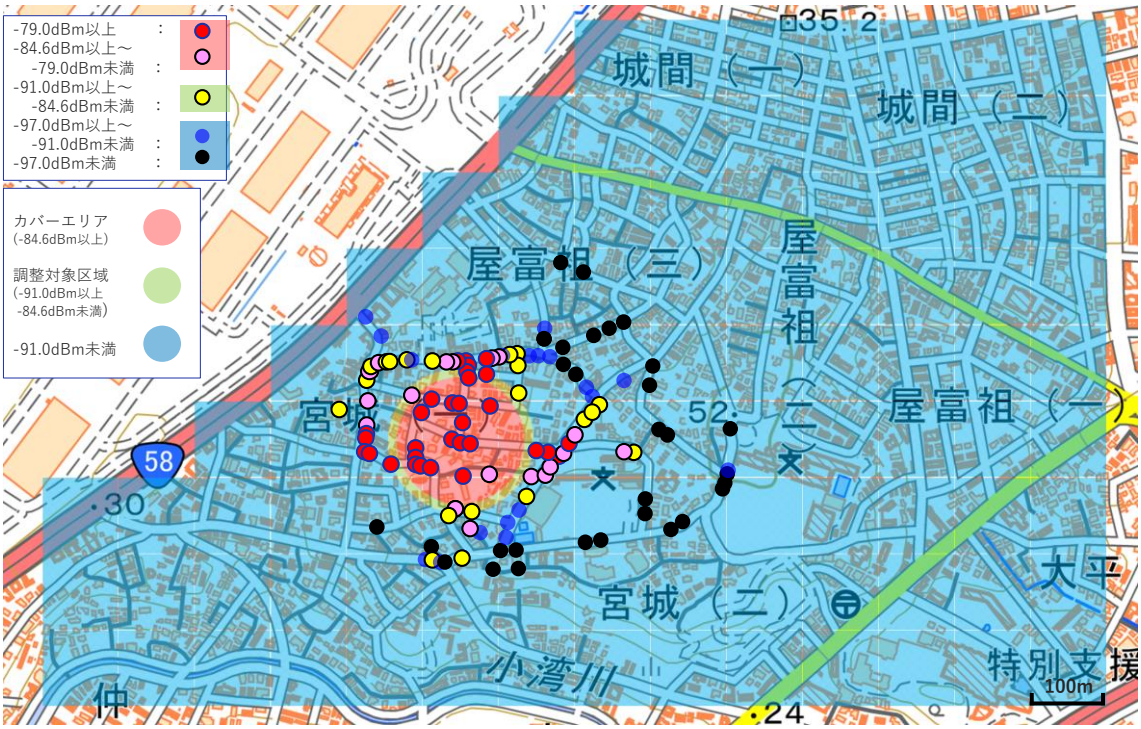


（イ） 配電柱基地局

図 3.3.1.4-6 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定結果（受信電力距離特性）



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-7 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定結果

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

（3）カバーエリア及び調整対象区域のエリア端における受信電力の測定

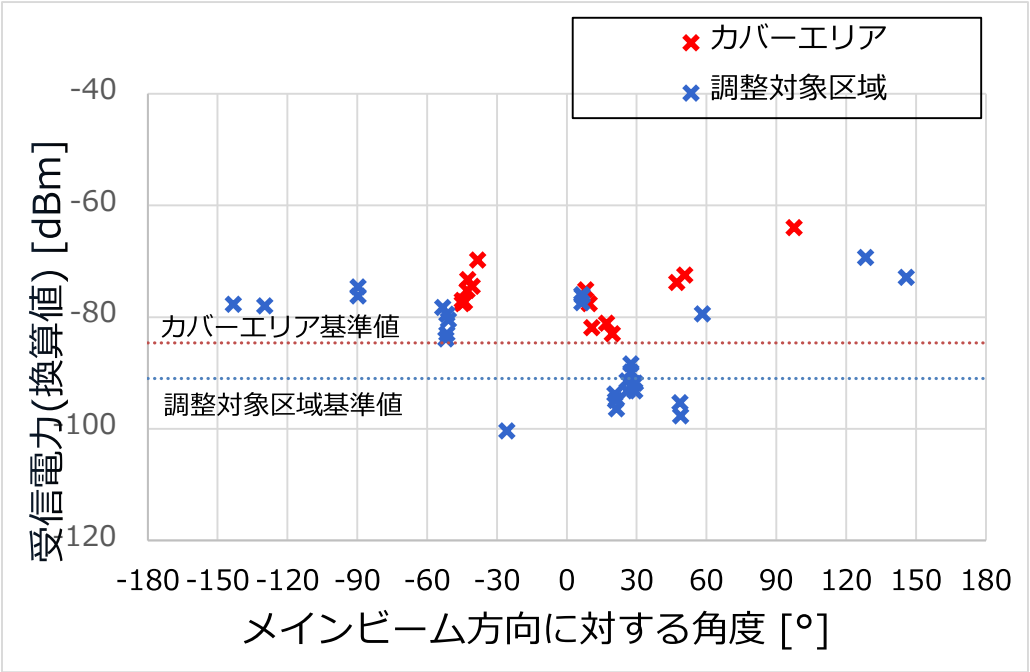
以下の通り、エリア算出法に基づくエリア端における実際の受信電力等を評価した。

- 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定データより、一定間隔で測定ルート上の受信電力の中央値を算出する。なお、中央値を算出に用いる測定ルート上の区間やサンプル数は、上記の測定結果の図の作成で説明した通りであり、区間は 10m、サンプル数は測定時の移動速度に依存する。

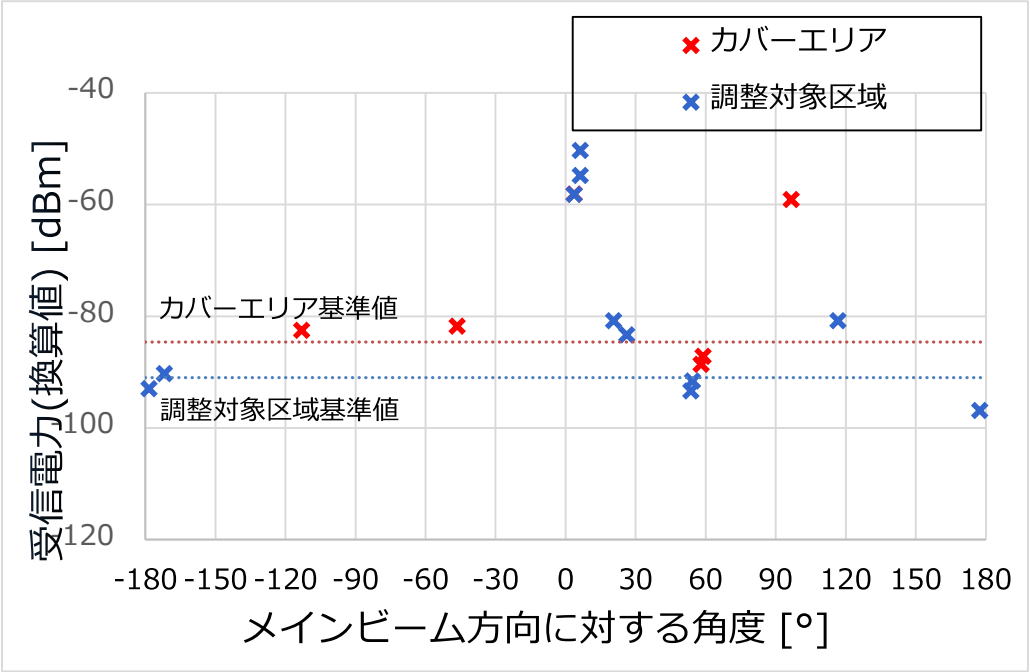
- 測定ルート上の受信電力の中央値を算出した地点で、エリア算出法に基づく受信電力を計算し、その値がカバーエリア及び調整対象区域の閾値とほぼ等しい地点（差分が 1dB 以内）における受信電力の中央値、及びその地点の緯度経度をリスト化する。

- 測定ルート上の受信電力の中央値が、カバーエリア及び調整対象区域の閾値とほぼ等しい地点（差分が 1dB 以内）の緯度経度をリスト化する。

図 3.3.1.4-8 にエリア算出法に基づくエリア端における受信電力を示す。メインビーム方向に対する角度（基地局からの方向）は、上空から見て時計回りをプラスとした。



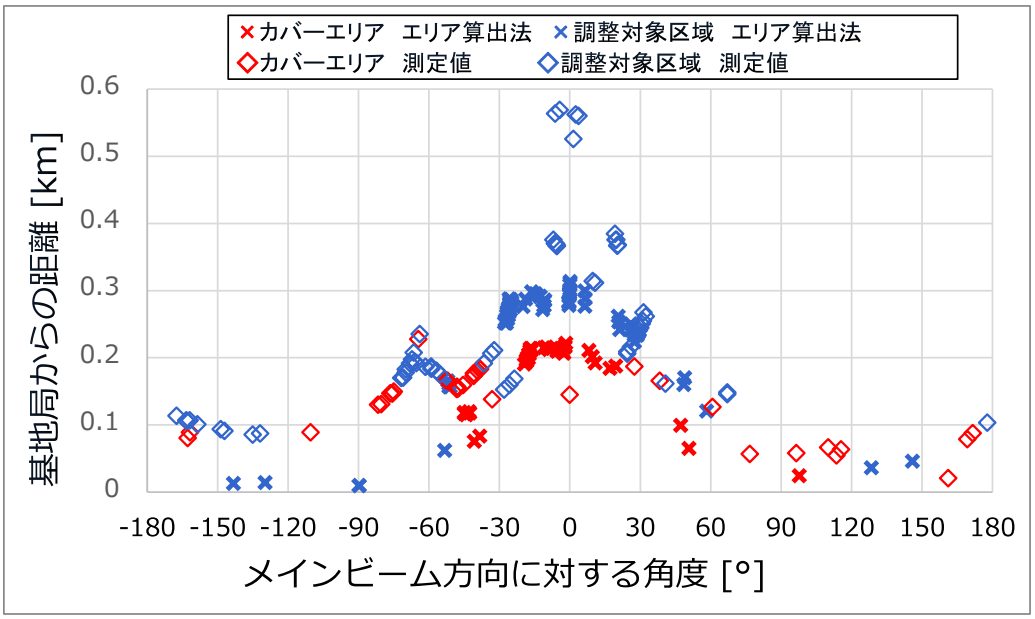
(ア) ホテル屋上基地局



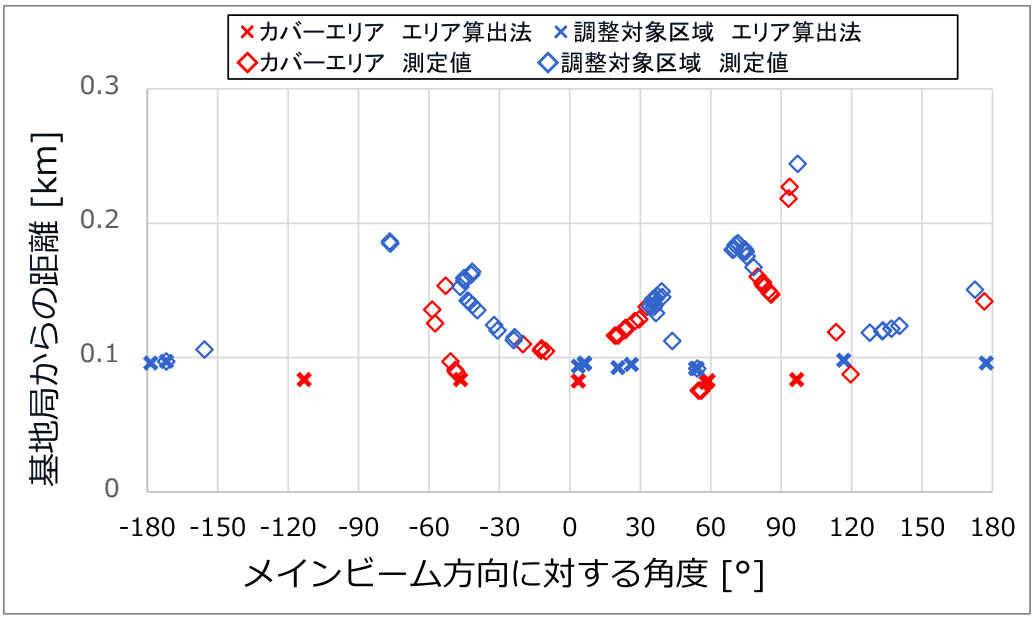
(イ) 配電柱基地局

図 3.3.1.4-8 エリア算出法に基づくエリア端における受信電力

図 3.3.1.4-9 に基地局からエリア算出法に基づくエリア端までの距離及びエリア端の閾値が実測された地点までの距離と、基地局アンテナのメインビーム方向に対する角度との関係をグラフ化した結果を示す。



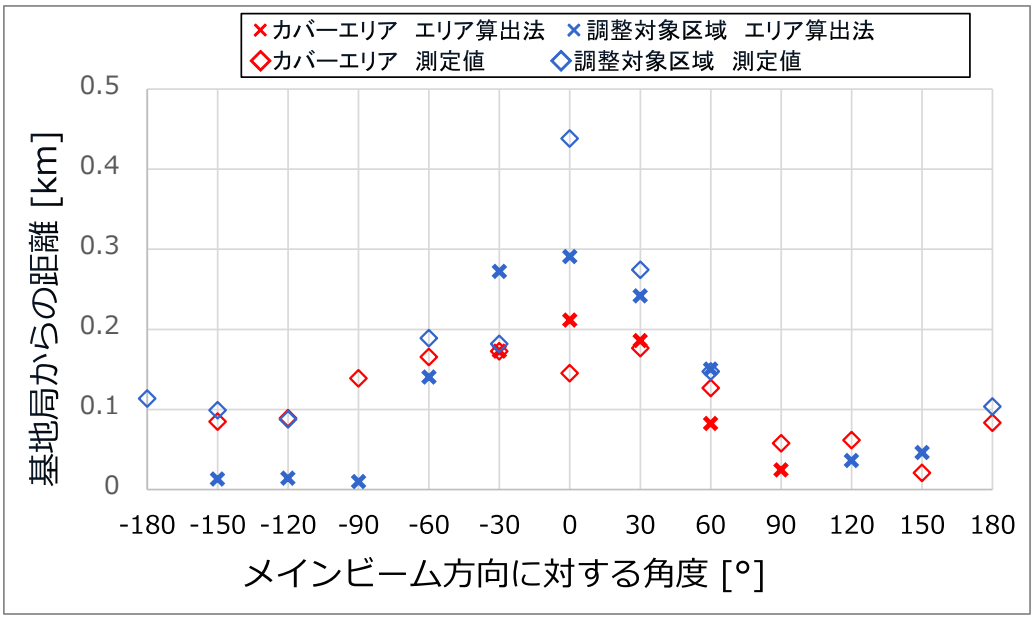
(ア) ホテル屋上基地局



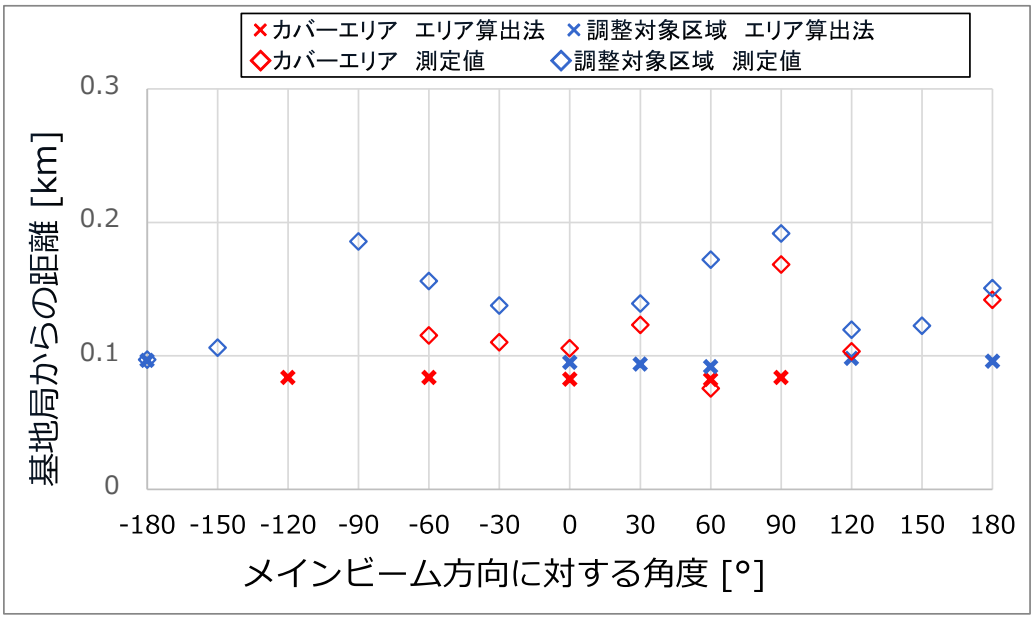
(イ) 配電柱基地局

図 3.3.1.4-9 エリア端までの距離

図 3.3.1.4-10 にエリア端までの距離の方向別平均値を示す。各基地局から 0° 方向（メインビーム方向±15° ）、30° 方向（メインビーム方向＋30° ±15° ）などの範囲に分割して、基地局からの方向の各々において、上記のエリア算出法に基づくエリア端までの距離の平均値、及びエリア端の閾値が実測された地点までの距離の平均値を算出して示した。



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-10 エリア端までの距離の方向別平均値

図 3.3.1.4-8 に示したエリア算出法に基づくエリア端における受信電力は、カバーエリアの受信電力の方が、調整対象区域の受信電力よりもやや大きい傾向はあるが、各々の基準値に対して、ばらつきが大きい結果となった。

また、図 3.3.1.4-9 及び図 3.3.1.4-10 では、エリア算出法に基づくエリア端までの距離に比べて、エリア端の閾値が実測された地点までの距離が大幅に長くなる傾向がある。このような結果となった理由として、受信電力を道路上で測定したため、道路に沿って電波が届きやすかった可能性が考えられる。また、エリア算出法と実測でのエリア端までの距離の乖離

は、基地局からの方向によって異なるが、その理由も道路に沿った伝搬路の影響が考えられる。例えば、配電柱基地局で-90°と+90°方向で乖離が大きくなっているが、配電柱基地局は、これらの方向に向かう道路上に設置されていることが影響した可能性が大きい。

（4）高所測定地点での受信電力の測定

図 3.3.1.4-11 及び図 3.3.1.4-12 に示すように集合住宅等の 1 階～5 階及び高所作業車の測定点を選定した。また、表 3.3.1.4-2 及び表 3.3.1.4-3 にこれらの測定点の環境を示す。表 3.3.1.4-2 には、集合住宅等において測定を行った部屋の窓の占める割合や基地局側窓の幅、窓際や TV 付近の窓からの距離などをまとめた。(6) で説明するように、カバーエリアの測定点では、伝送性能の測定も行った。通常の移動局アンテナ高での測定と同様に、測定を行う範囲は、3.3.2 で説明する電波伝搬モデルの精緻化仮説に基づいて定めており、その具体的手順は、3.3.2 で説明する。

図 3.3.1.4-11 集合住宅等の測定点の位置

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

図 3.3.1.4-12 高所作業車による測定地点の位置

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

表 3.3.1.4-2 集合住宅等の測定地点の環境

識別記号	測定点		接続基地局	基地局の方向（角度差度）	基地局側壁の横幅	基地局側窓の幅	窓の占める割合	窓の種類	ベランダの壁の材質	窓からTV/窓際の距離（m）	LOS/NLOS
M1	4F	ベランダ	2	70	2.9m	2m	68%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート上部鉄の手摺		LOS
		窓際	2	70						1.0	NLOS
		TV台付近	2	70						4.3	NLOS
M2	2F	ベランダ	2	40	4.2m	2.7m	65%	ガラスに金属メッシュなし	コンクリート上部ステンレス手摺		LOS
		窓際	2	40						0.7	NLOS
		TV台付近	2	40						3.0	NLOS
M3	欠番										
M4	2F	ベランダ	2	35	6.2m	4.6m	74%	ガラスに金属メッシュなし	木製一部コンクリート		NLOS
		窓際	2	35						0.7	NLOS
		TV台付近	2	35						2.5	NLOS
	3F	ベランダ	2	30	2.6m	2m	77%	ガラスに金属メッシュなし	木製一部コンクリート		LOS
		窓際	2	30						0.5	NLOS
		TV台付近	2	—							NLOS
	4F1	ベランダ	2	65	2.6m	2m	77%	ガラスに金属メッシュ	木製一部コンクリート		LOS
		窓際	2	65						0.9	NLOS
		TV台付近	2	65						5.0	NLOS
	4F2	ベランダ	2	30	2.6m	2m	77%	ガラスに金属メッシュなし	木製一部コンクリート		LOS
		窓際	2	30						1.7	NLOS
		TV台付近	2	30						5.0	NLOS
	6F	ベランダ	2	30	2m	1.8m	90%	ガラスに金属メッシュなし	木製一部コンクリート		LOS
		窓際	2	30						0.5	NLOS
		TV台付近	2	30						3.9	NLOS
M4	2FC	共用階段 2F	1	75							NLOS
	3FC	共用階段 3F	1	75							NLOS
	4FC	共用階段 4F	1	75							NLOS
	5FC	共用階段 5F	1	75							NLOS
M5	2F	ベランダ	2	60	3.5m	2m	60%	ガラスに金属メッシュ	コンクリートスリットあり		NLOS
		窓際	2	60						0.7	NLOS
		TV台付近	2	60						3.6	NLOS
M6	1F	ベランダ	1	50	4m	3m	75%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート		NLOS
		窓際	1	50						1.0	NLOS
		TV台付近	1	50						5.0	NLOS
	3F	ベランダ	1（2）	70（55）	4m	3m	75%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート		NLOS
		窓際	1（2）	70（55）						0.5	NLOS
		TV台付近	1	70						1.2	NLOS
M7	3F	ベランダ	1	30	3m	2m	66%	ガラスに金属メッシュ	コンクリートスリッド		LOS
		窓際	1	30						0.6	NLOS
		（TV台付近）	1	—						—	—
	5F	ベランダ	1	30	4.5m	2m	45%	ガラスに金属メッシュ	コンクリートスリッド		LOS
		窓際	1	30						0.7	NLOS
		（TV台付近）	1	—						—	—
M7	1FC	共用階段 1F	1	80							NLOS
	2FC	共用階段 2F	1	80							LOS
	3FC	共用階段 3F	1	80							LOS
	4FC	共用階段 4F	1	80							LOS
	5FC	共用階段 5F	1	80							LOS
M8	2F1	ベランダ	1	60	3m	2.1m	70%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート上部アルミ手摺		LOS
		窓際	1	60						0.3	NLOS
		TV台付近	1	60						1.2	NLOS
	2F2	ベランダ	1	55	3.5m	2m	60%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート上部アルミ手摺		LOS
		窓際	1	55						1.0	NLOS
		TV台付近	1	—						—	—
	3F	ベランダ	1	60	3.5m	2m	60%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート上部アルミ手摺		LOS
		窓際	1	60						0.4	NLOS
		TV台付近	1	—						—	—
M8	1FC	共用階段 1F	1	115							NLOS
	2FC	共用階段 2F	1	115							NLOS
	3FC	共用階段 3F	1	115							NLOS
M9	2F	ベランダ	1	60	4m	2m	50%	ガラスに金属メッシュなし	コンクリート上部アルミ手摺		NLOS
		窓際	1	60						0.5	NLOS
		（TV台付近）	—	—						—	—
M10	1FC	共用階段 1F	1	50							NLOS
	2FC	共用階段 2F	1	50							NLOS
	3F1C	共用階段 3−1F	1	50							NLOS
	3F2C	共用階段 3−2F	1	50							NLOS
M11	1F	ベランダ	1	60	3m	2m	66%	ガラスに金属メッシュ	コンクリート		NLOS
		窓際	1	60						0.6	NLOS
		TV台付近	—	—						—	—
M11	1F1C	共用階段 1F−1	1	30							NLOS
	1F2C	共用階段 1F−2	1	30							NLOS
	2F1C	共用階段 2F−1	1	30							NLOS
	2F2C	共用階段 2F−2	1	30							NLOS
	3F1C	共用階段 3F−1	1	30							NLOS
	3F2C	共用階段 3F−2	1	30							NLOS
M12	2FC	共用階段 2F	—	150							NLOS
	3FC	共用階段 3F	2	150							NLOS
	4FC	共用階段 4F	2	150							NLOS
	5FC	共用階段 5F	2	150							NLOS
M13	1F	ベランダ	2	20	3m	2m	66%	ガラスに金属メッシュなし	コンクリート		LOS
		窓際	2	20						0.6	NLOS
		TV台付近	2	20						2.2	NLOS

表 3.3.1.4-3 高所作業車の測定地点の環境

識別記号	測定点	接続基地局	基地局の方向（角度差　度）	LOS/NLOS
H1	1F	2	160	－
	2F	2	160	NLOS
	3F	2	160	NLOS
	4F	2	160	LOS
H2	1F	2	35	－
	2F	2	35	NLOS
	3F	2	35	NLOS
	4F	2	35	NLOS
H3	1F	2	35	－
	2F	2	35	－
	3F	2	35	NLOS
	4F	2	35	NLOS
H4	1F	1	125	NLOS
	2F	1	125	NLOS
	3F	1	125	NLOS
	4F	1	125	NLOS
H5	1F	—	30	NLOS
	2F	—	30	NLOS
	3F	1	30	NLOS
	4F	1	30	NLOS
H6	1F	—	45	－
	2F	—	45	NLOS
	3F	—	45	NLOS
	4F	2	45	NLOS
H7	1F	—	100	－
	2F	—	100	－
	3F	—	100	NLOS
	4F	2	100	NLOS
H8	1F	2	150	NLOS
	2F	2	150	NLOS
	3F	2	150	NLOS
	4F	2	150	NLOS
H9	1F	2	130	NLOS
	2F	2	130	NLOS
	3F	2	130	NLOS
	4F	2	130	NLOS
H10	1F	2	20	NLOS
	2F	2	20	NLOS
	3F	2	20	NLOS
	4F	2	20	NLOS
H12	1F	1	30	－
	2F	1	30	NLOS
	3F	1	30	NLOS
	4F	1	30	NLOS
H13	1F	1	95	NLOS
	2F	1	95	NLOS
	3F	1	95	NLOS
	4F	1	95	NLOS

集合住宅のモニター宅内における測定点は、ベランダ、窓際、TV 台付近と分類するが、TV 台が窓際にある場合には、便宜的に、実際の窓際を「窓際」とし、窓から離れた部屋の奥で測定を行った場合、その測定点を「TV 台付近」と分類した。また、集合住宅の共用部分における測定点のうち、屋外への開放部分がある外階段は、ベランダと合わせて扱った。

図 3.3.1.4-13 に測定点から基地局方向を撮影した写真を示す。

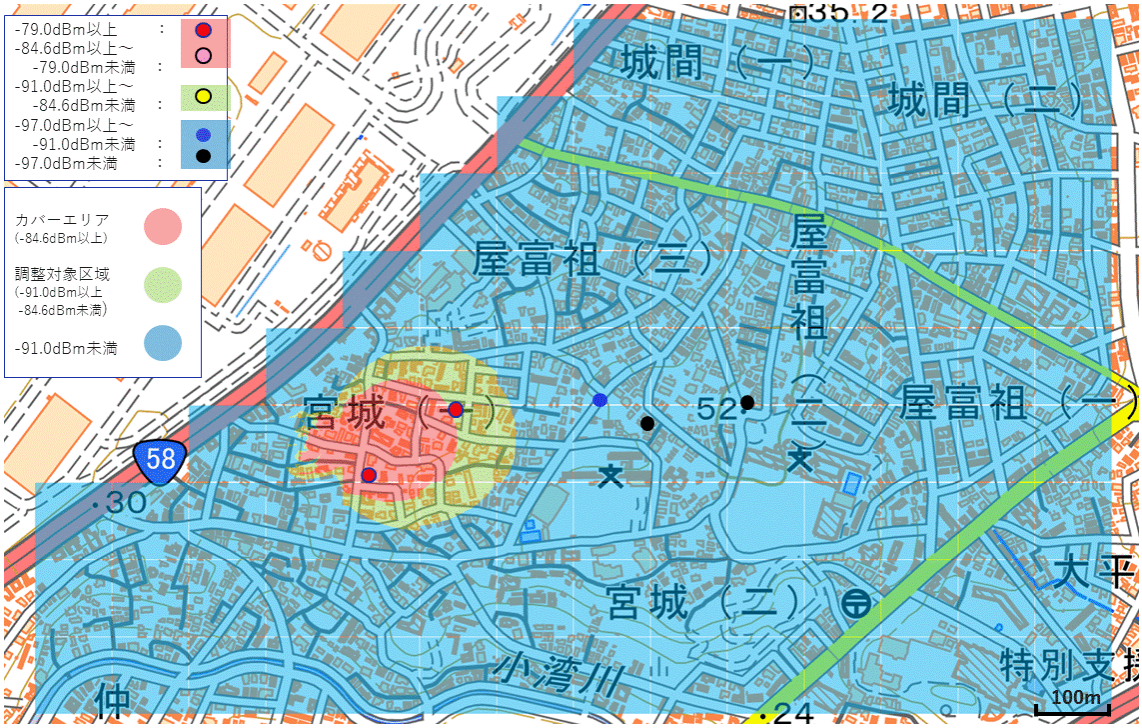
（ア）測定点 M1（ベランダ）からホテル屋上基地局方向

（イ）測定点 M8（ベランダ）から配電柱基地局方向

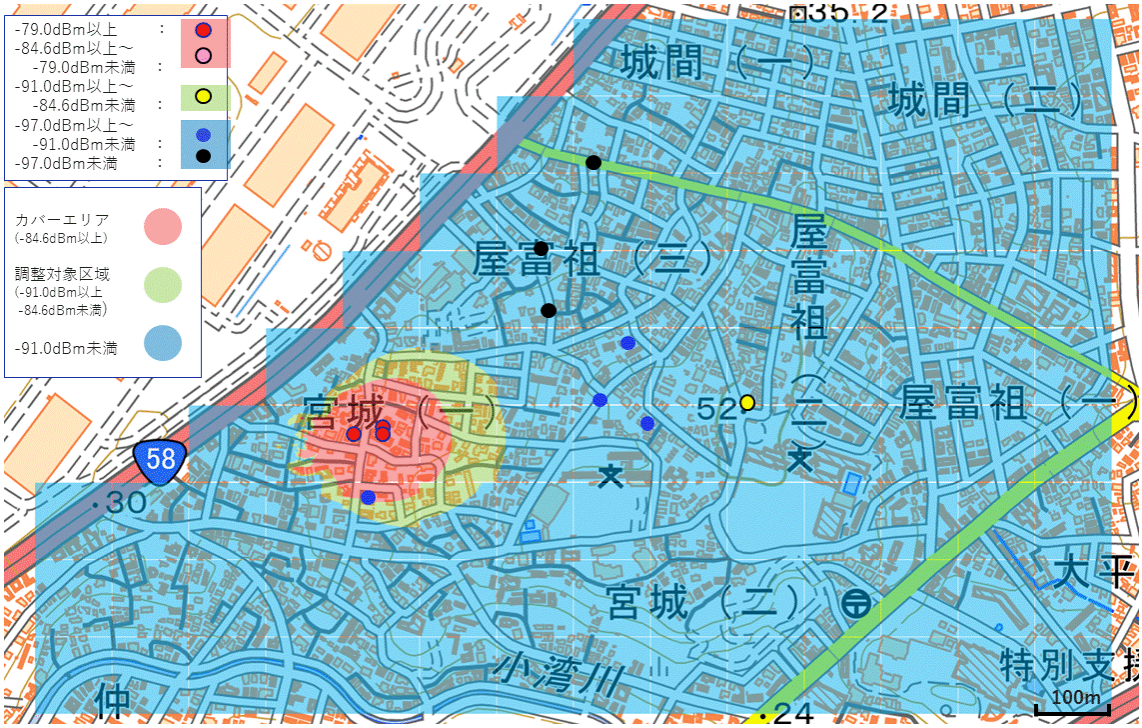
（ウ）測定点 M13（ベランダ）からホテル屋上基地局方向

図 3.3.1.4-13 測定点からの写真

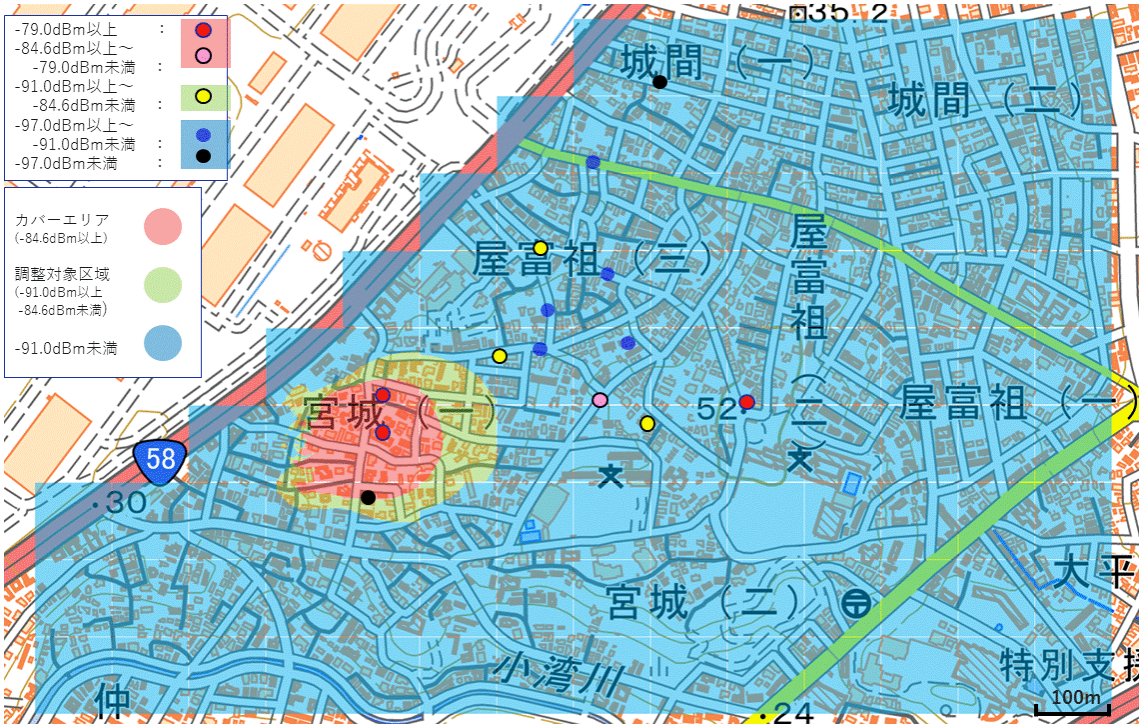
図 3.3.1.4-14、図 3.3.1.4-15、図 3.3.1.4-16 及び図 3.3.1.4-17 に、ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の受信電力の測定値を、屋外と屋内に分けてそれぞれ示す。これらの図では、エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域を重ねて示した。ここでは、１階から５階の各階の図面を示すが、測定データが存在しない階の図を含めて示した。屋内では、測定値が基地局の近くに限られており、エリア算出法に基づくカバーエリア等との乖離が認められない。一方、屋外では、特に３階以上で測定値とエリア算出法に基づくカバーエリア等との乖離が大きくなる結果となった。


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
特別支援
58
100m

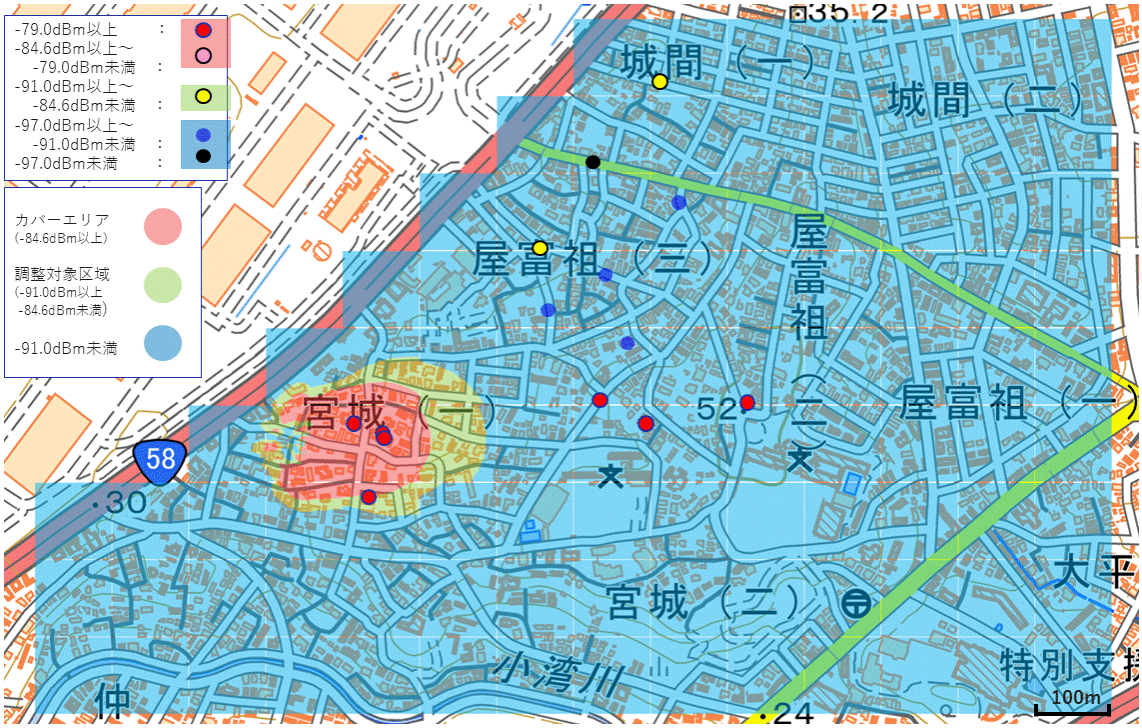
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
特別支援
58
100m

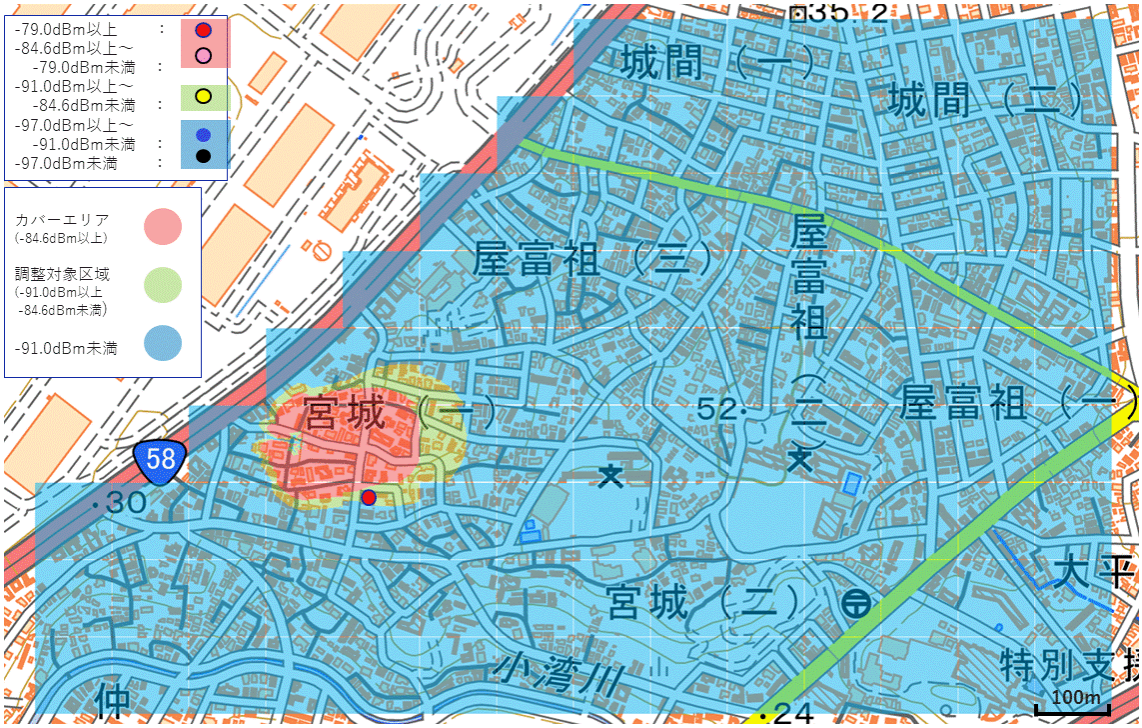
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
仲
100m

(ウ) 3 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
仲
100m

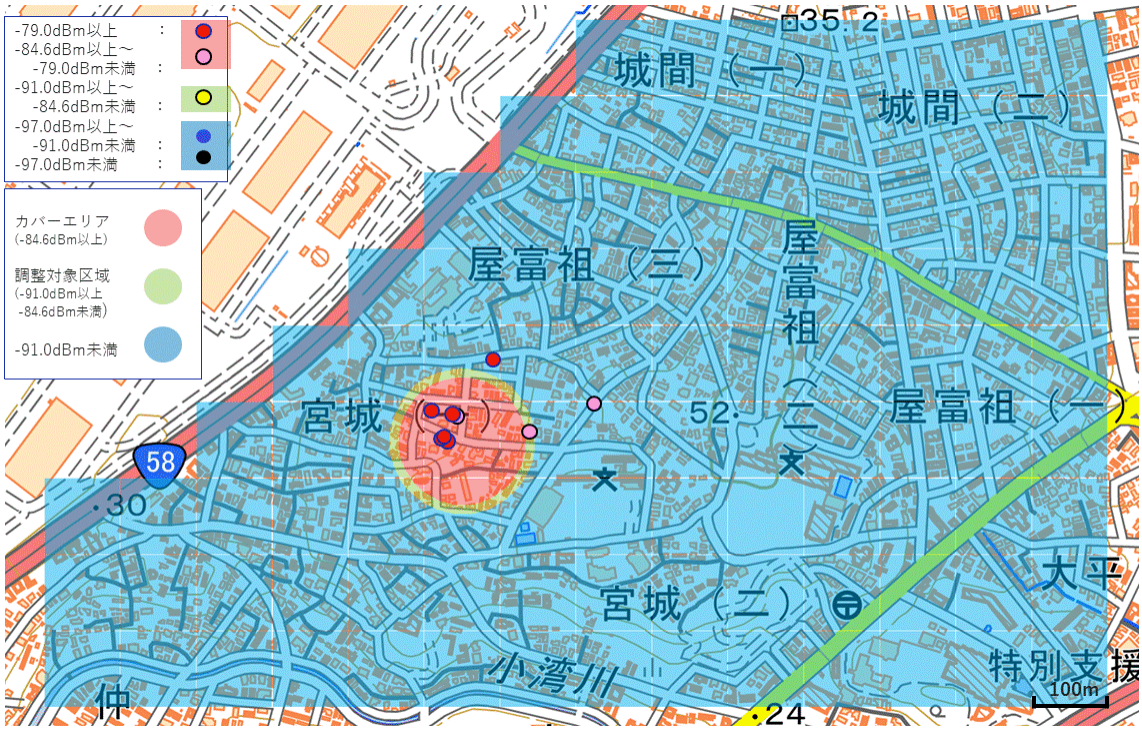
(エ) 4 階



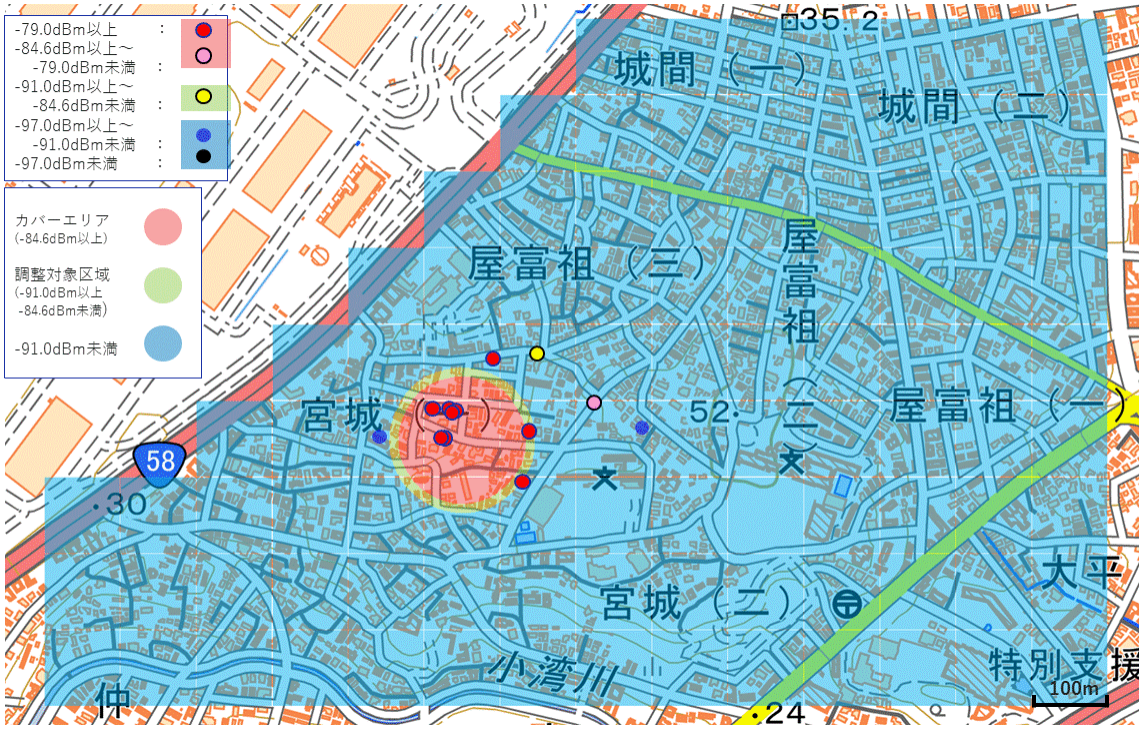
(オ) 5 階

図 3.3.1.4-14 1 階～5 階の測定点における受信電力の測定結果（ホテル屋上基地局、屋外）

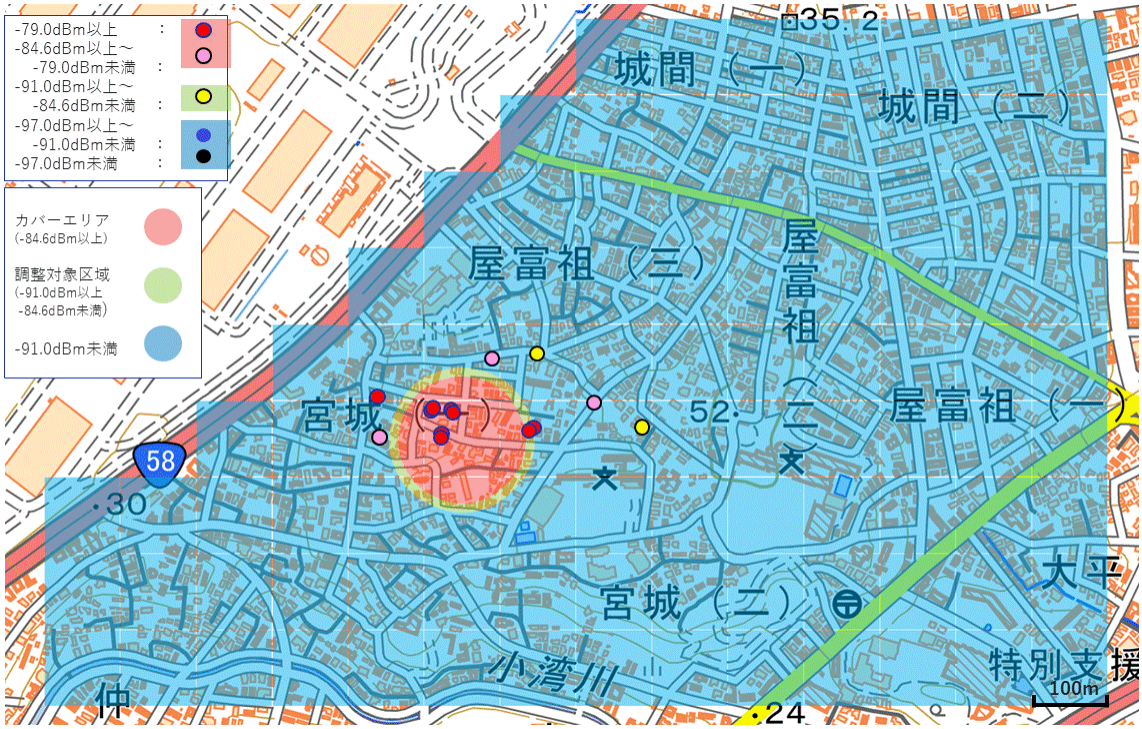
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



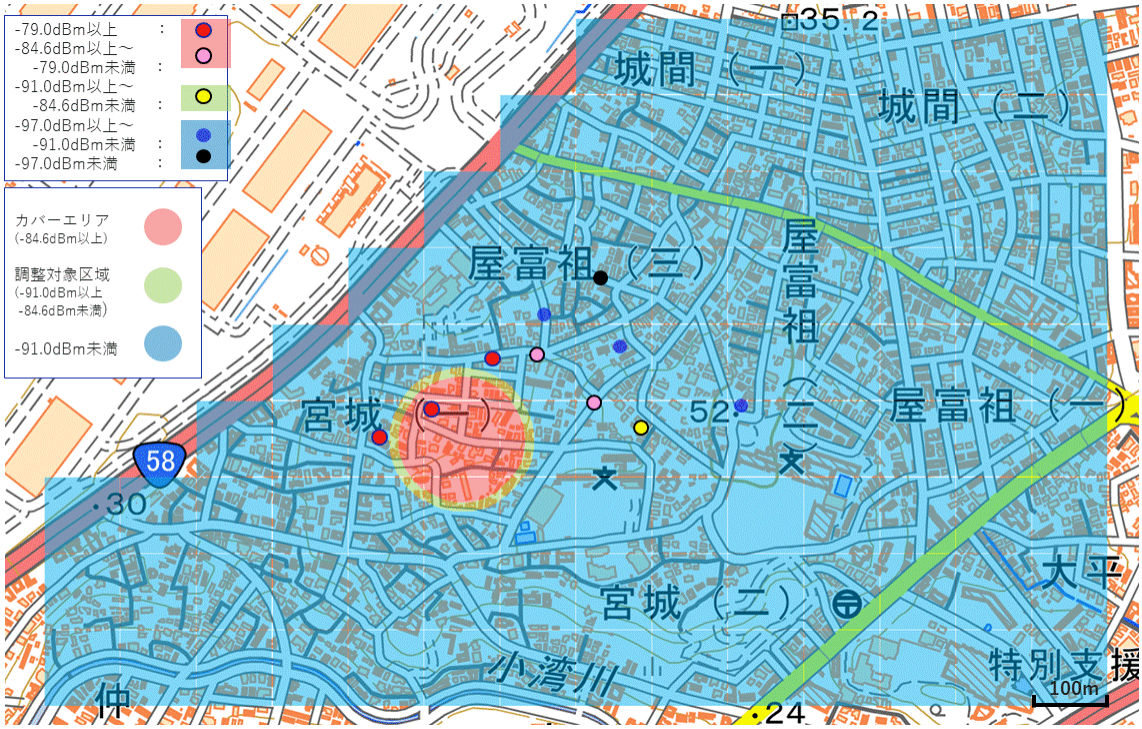
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52.
58
30
宮城（二）
大平
小湾川
仲
24
特別支援
100m

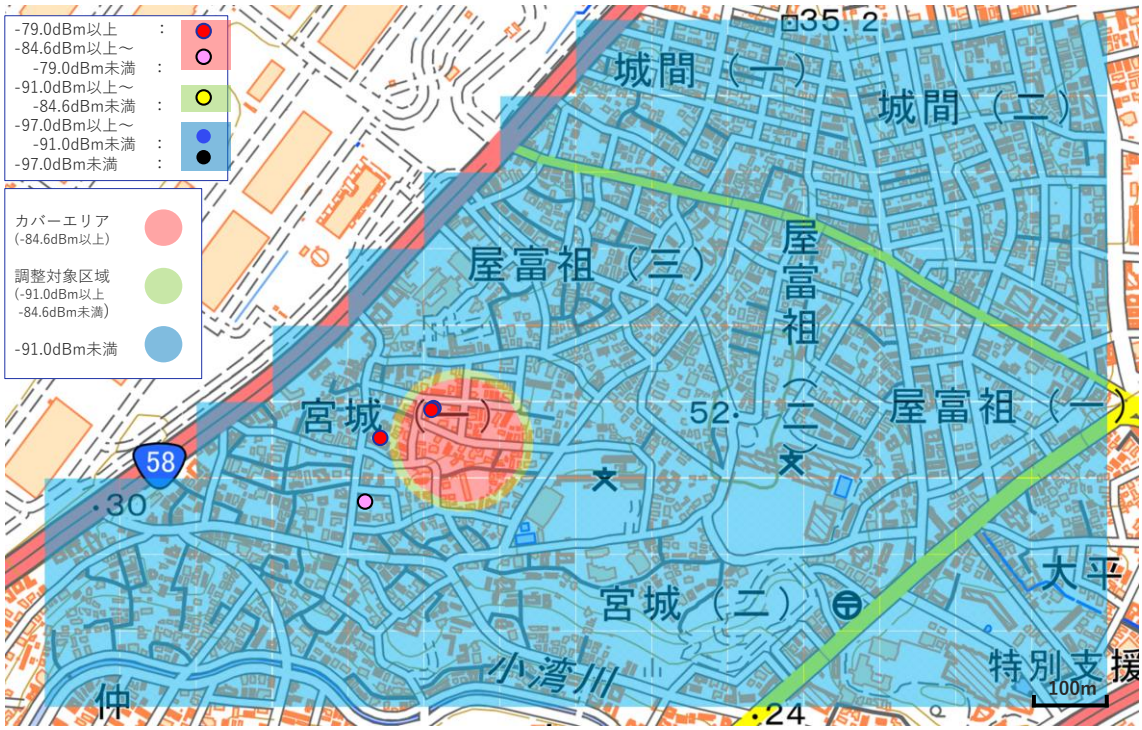
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52.
58
30
宮城（二）
大平
小湾川
仲
24
特別支援
100m

(ウ) 3 階



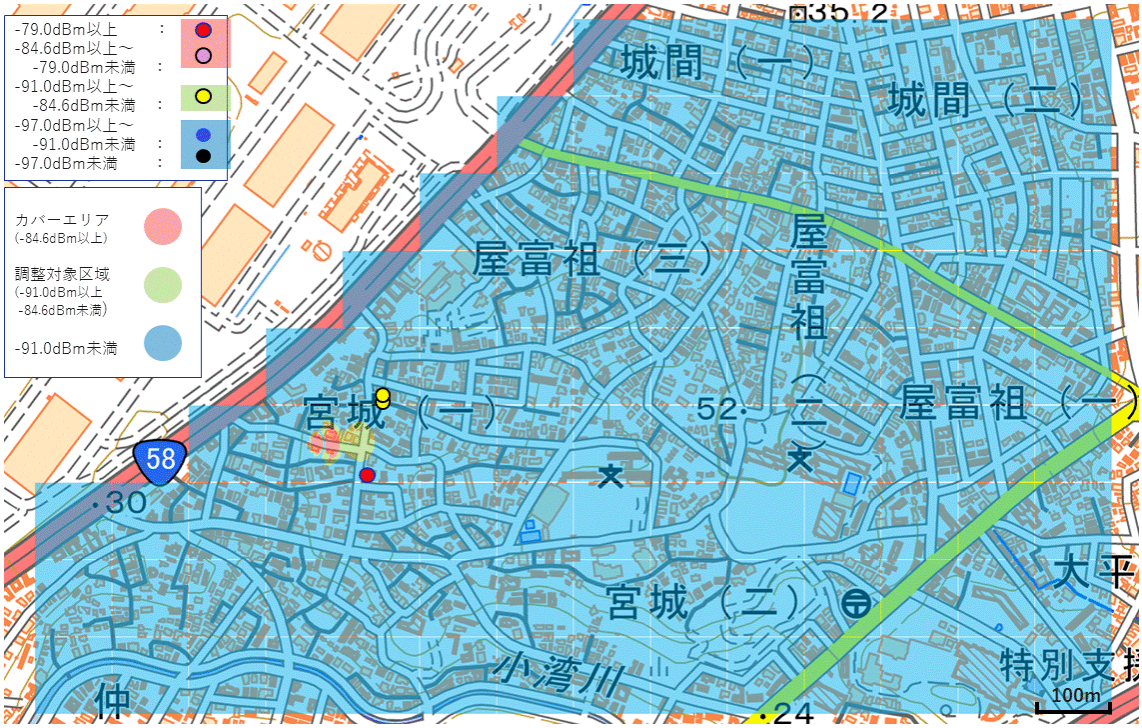
(エ) 4 階



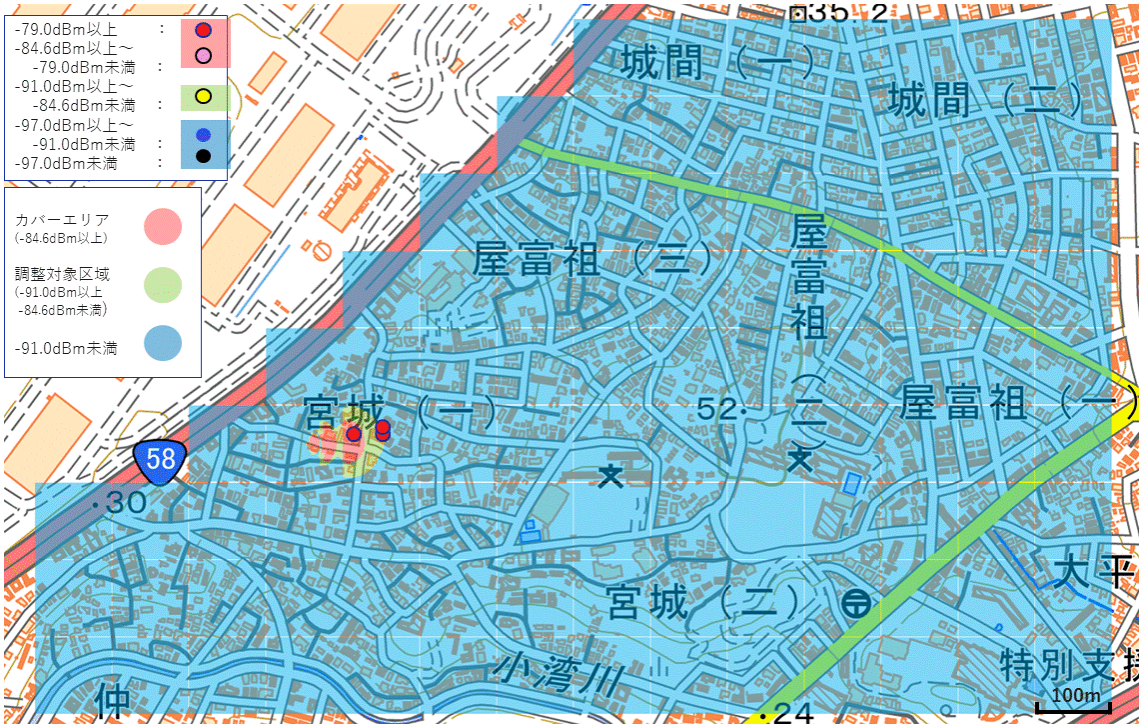
(オ) 5 階

図 3.3.1.4-15 1 階～5 階の測定点における受信電力の測定結果（配電柱基地局、屋外）

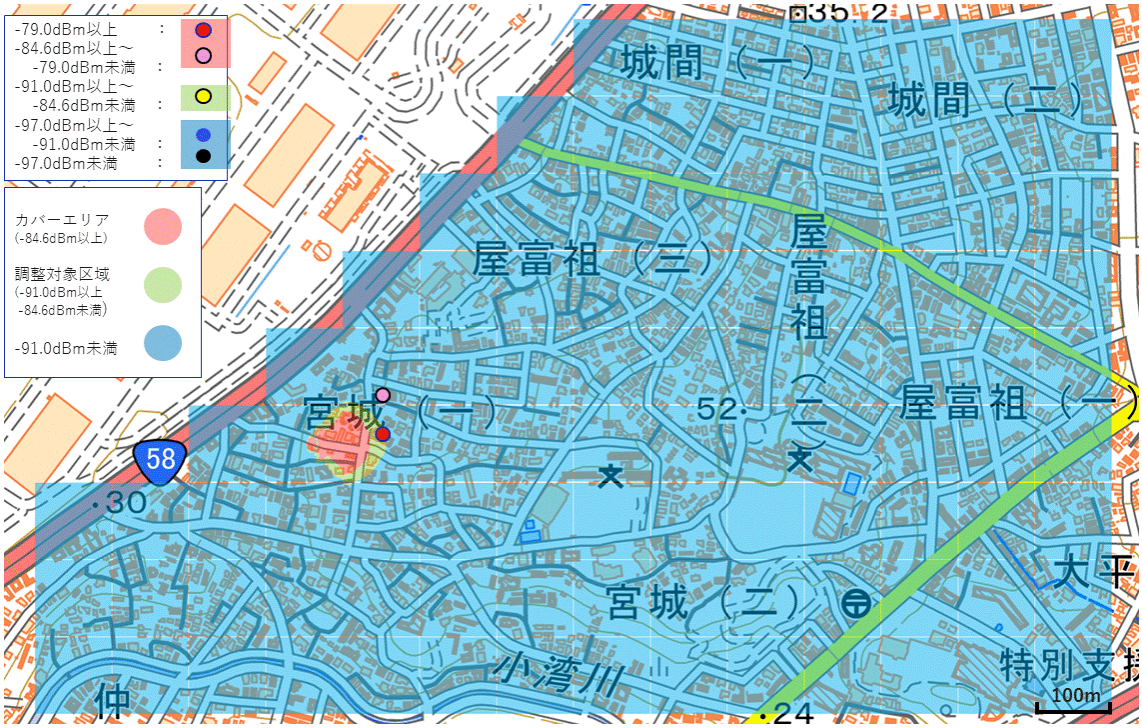
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

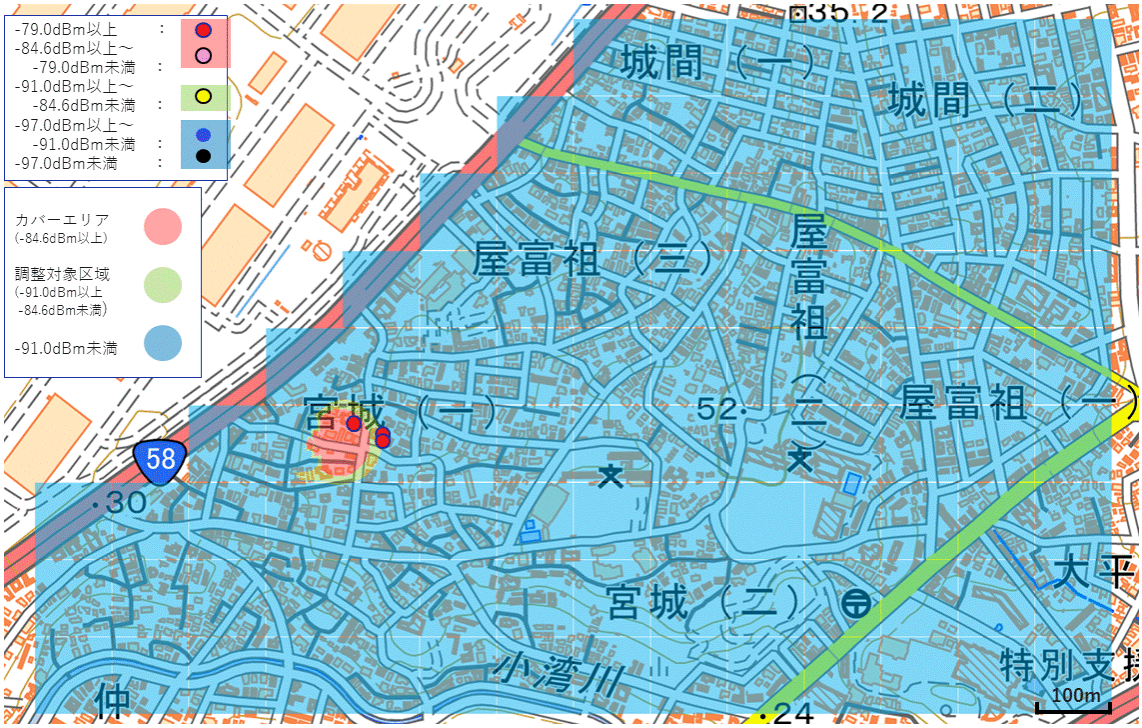
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

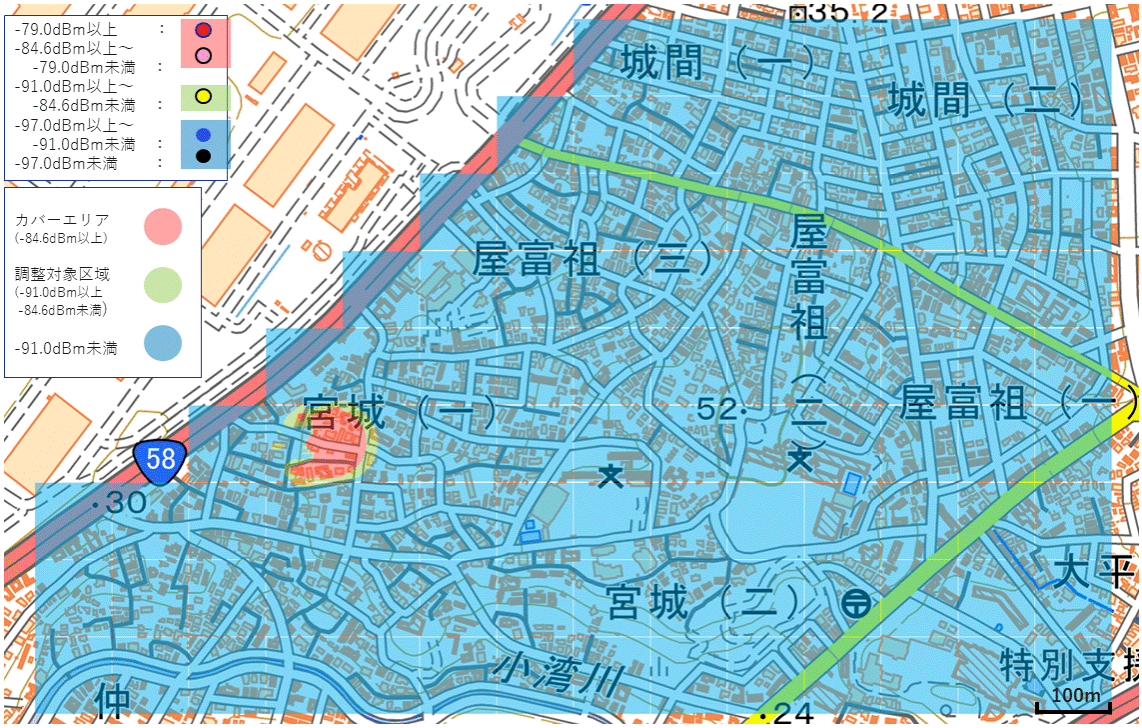
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

(ウ) 3 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

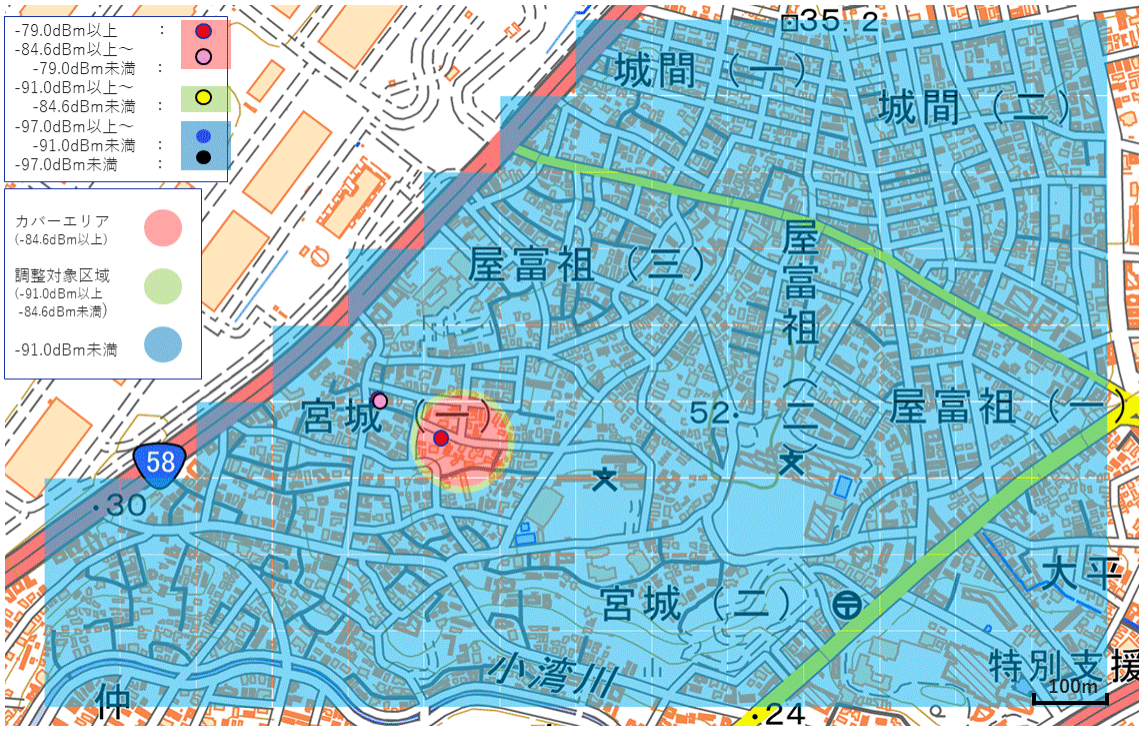
(エ) 4 階



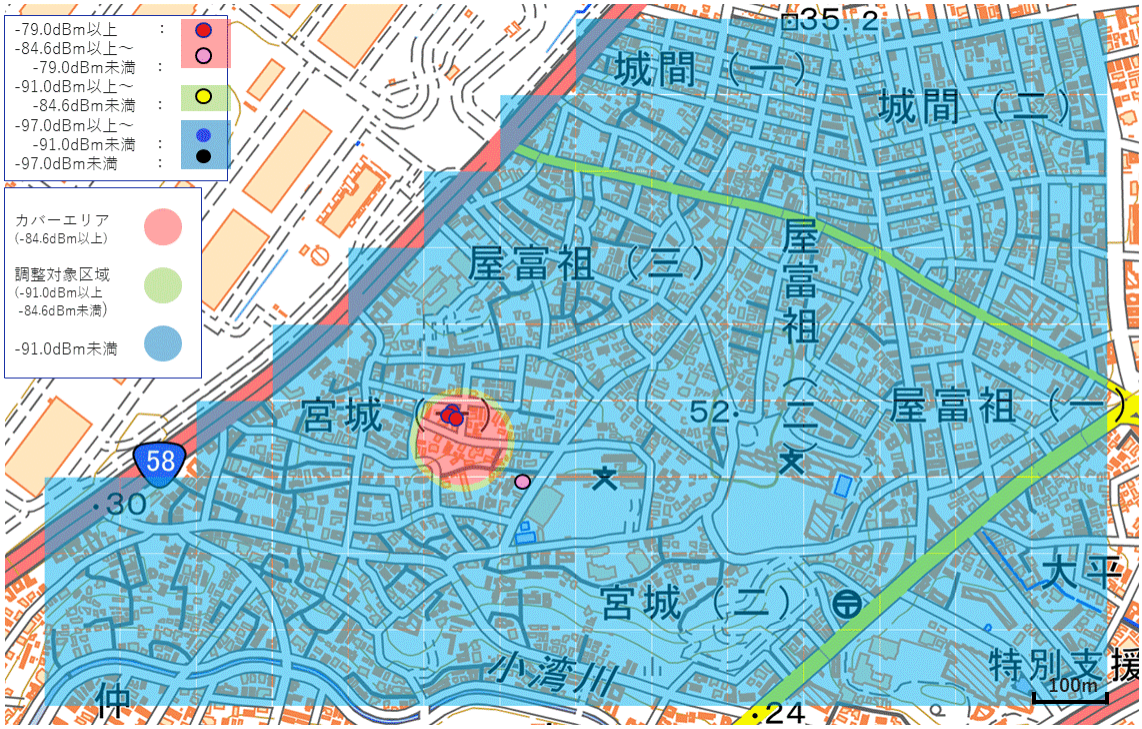
(オ) 5 階

図 3.3.1.4-16 1 階～5 階の測定点における受信電力の測定結果（ホテル屋上基地局、屋内）

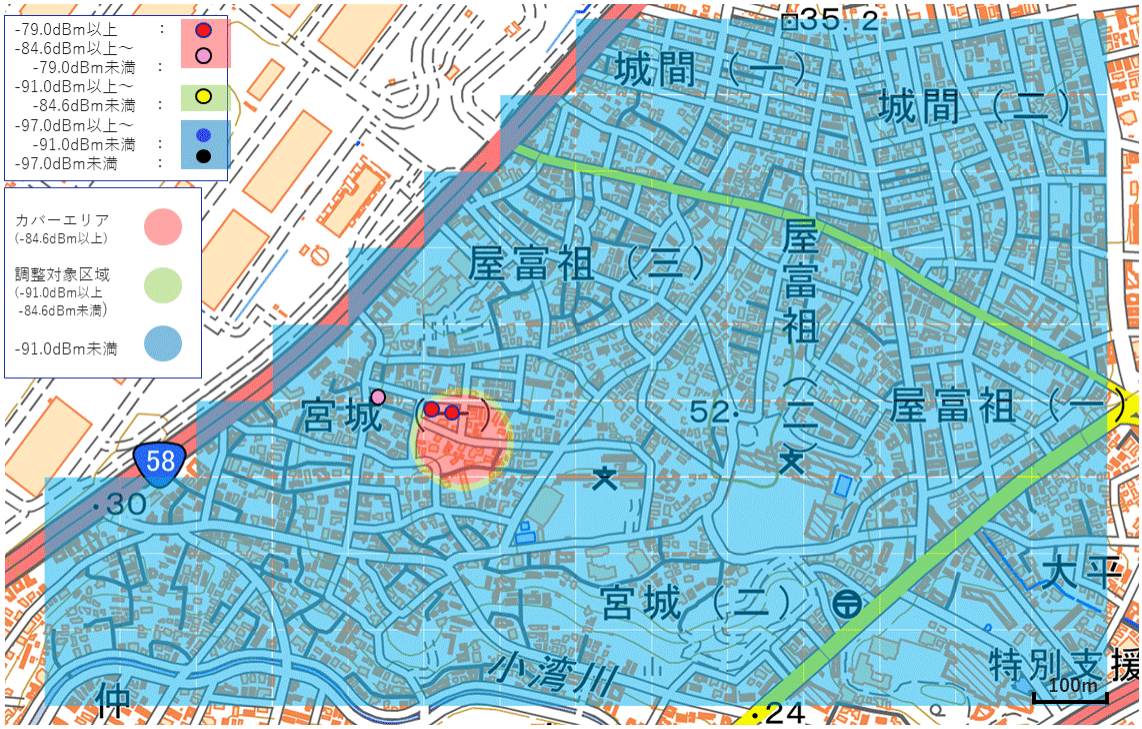
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



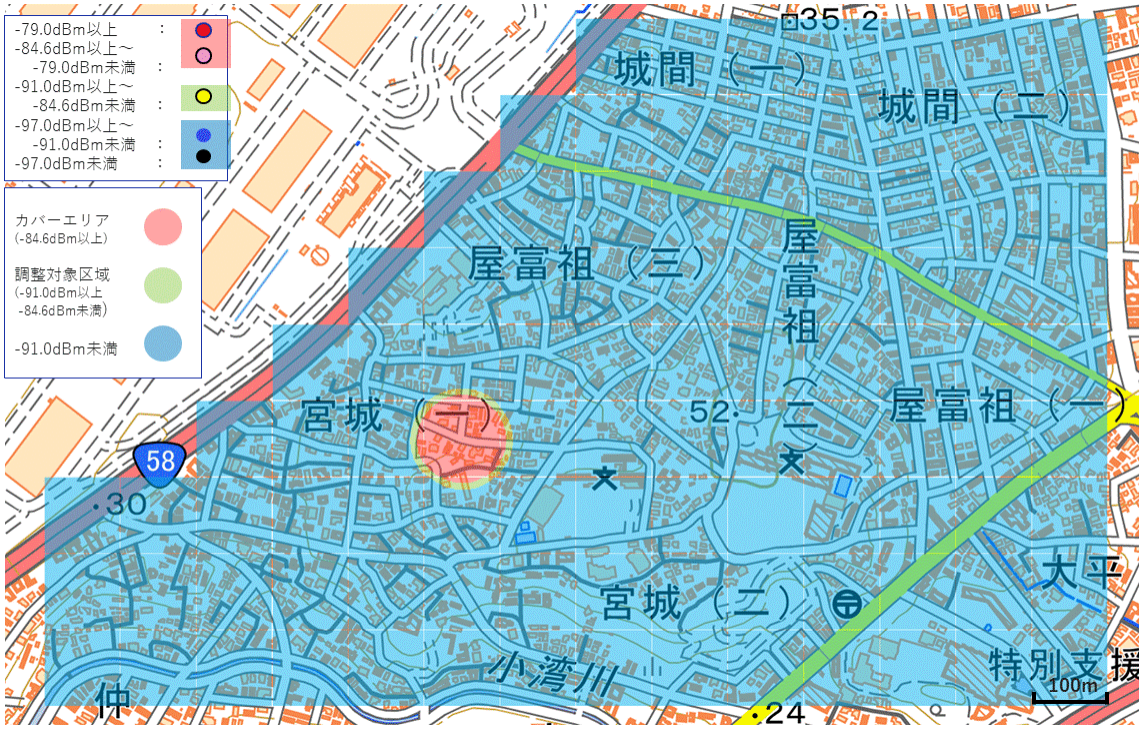
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52.
宮城（二）
大平
58
30
小湾川
仲
24
特別支援
100m

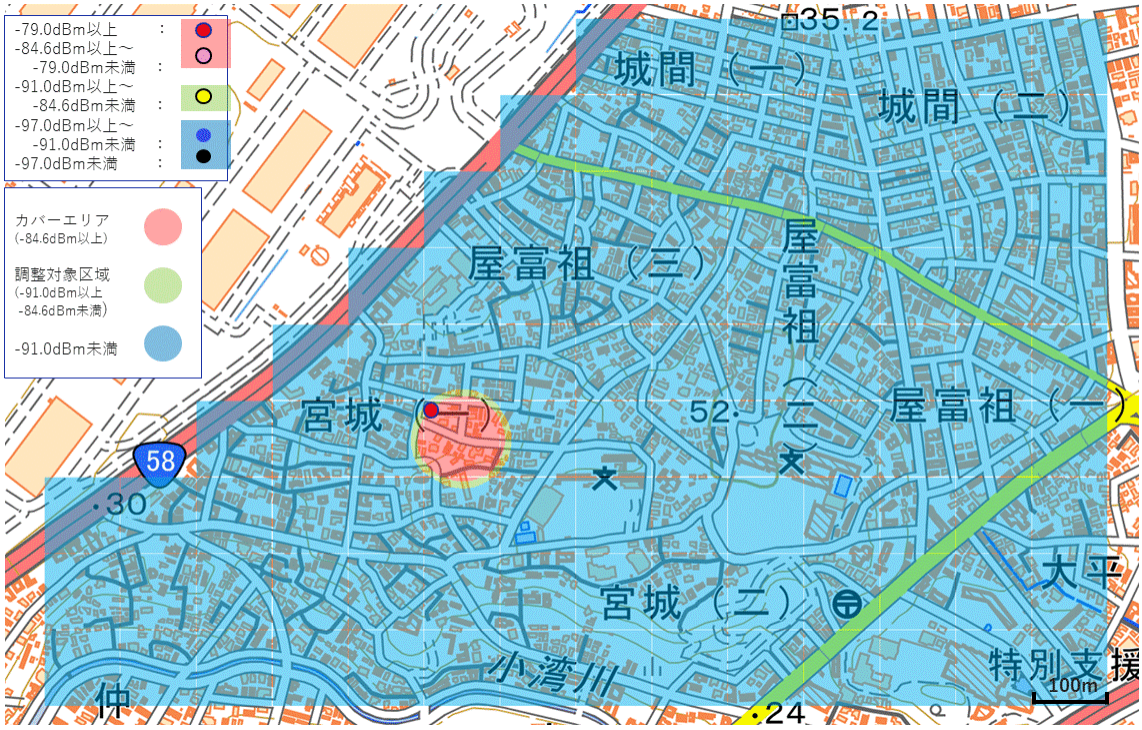
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
35.2
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
52.
宮城（二）
大平
58
30
小湾川
仲
24
特別支援
100m

(ウ) 3 階



(エ) 4 階

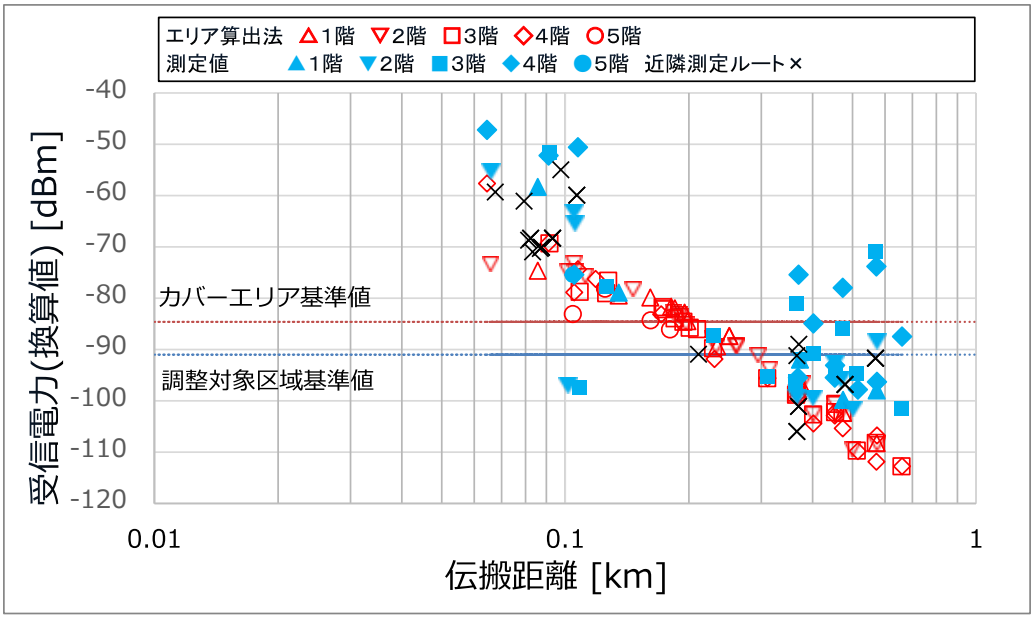


(オ) 5 階

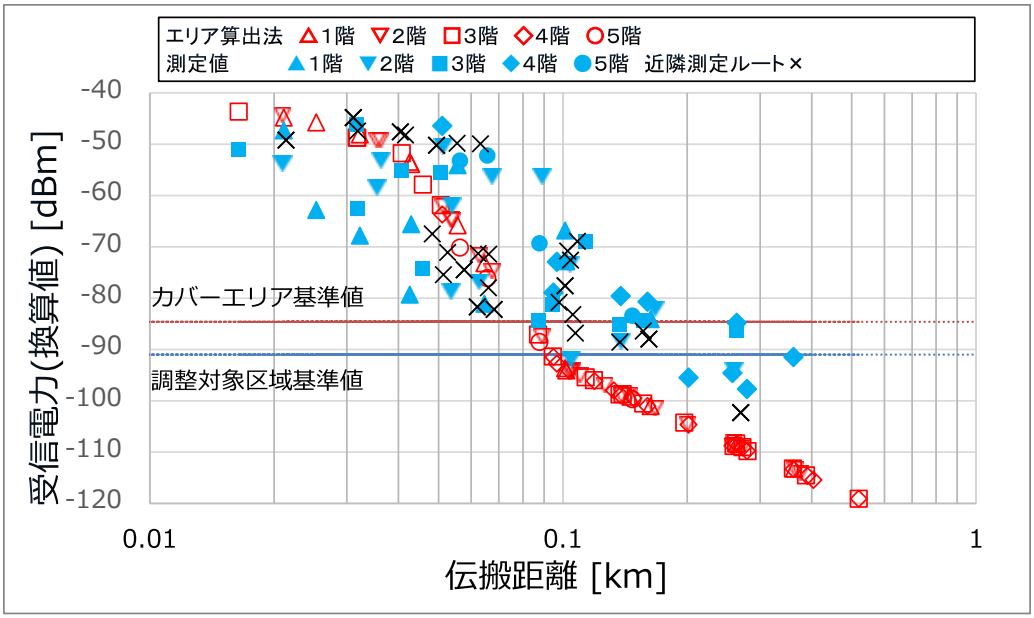
図 3.3.1.4-17 1 階～5 階の測定点における受信電力の測定結果（配電柱基地局、屋内）

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

図 3.3.1.4-18、図 3.3.1.4-19 及び図 3.3.1.4-20 に、高所測定地点（屋外）における受信電力の距離特性を示す。全方向をまとめたグラフと方向別のグラフに分けて、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、それぞれ 1 階～5 階の屋外（屋外への開放部分がある廊下や外階段を含むベランダ等、及び高所作業車）における受信電力の測定値及びエリア算出法に基づく計算値を示した。また、1 階～5 階の測定点に水平距離で最も近い測定ルート上の受信電力も比較のために示した。

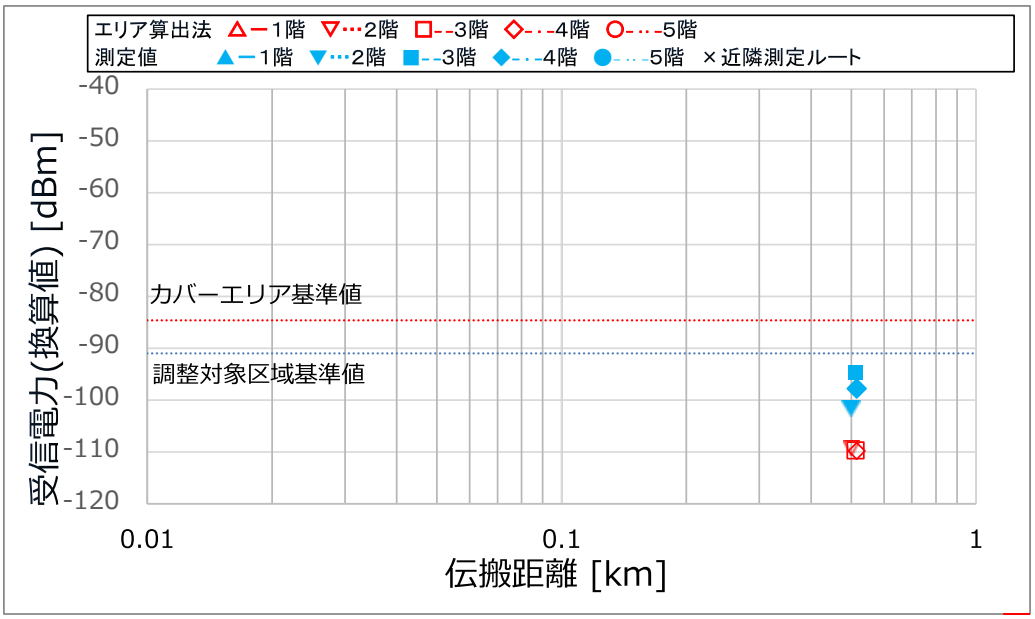


（ア）ホテル屋上基地局

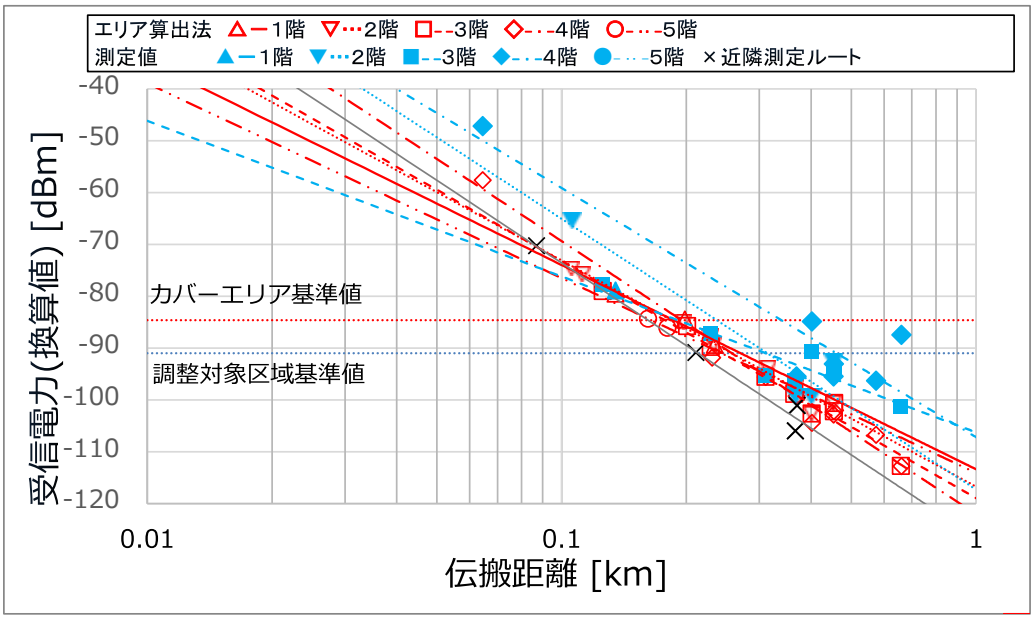


（イ）配電柱基地局

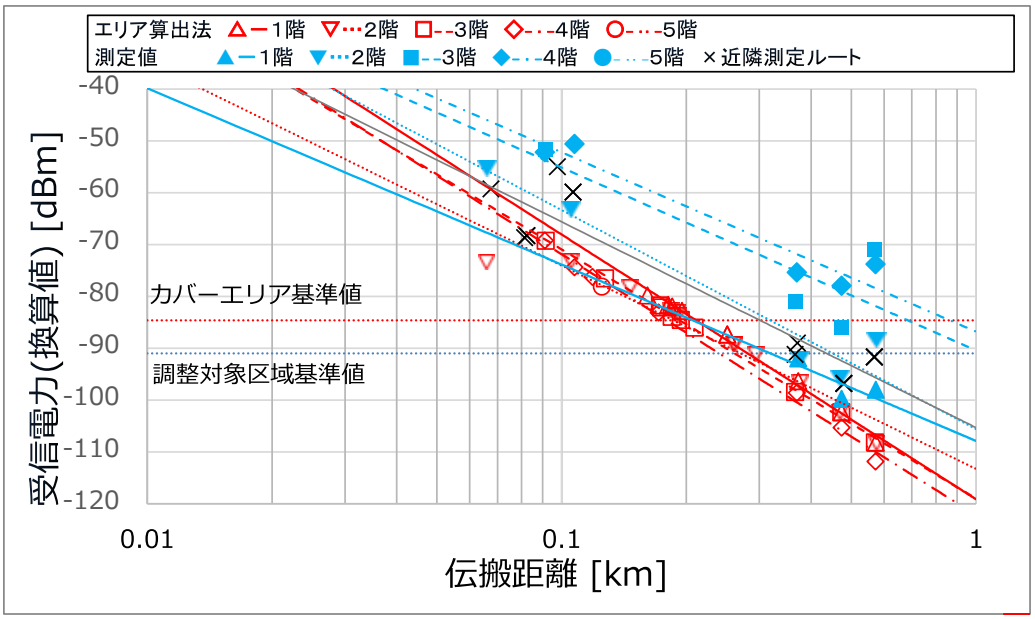
図 3.3.1.4-18 高所測定地点（屋外）における受信電力（全方向）


エリア算出法 1階 2階 3階 4階 5階
測定値 1階 2階 3階 4階 5階 近隣測定ルート
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

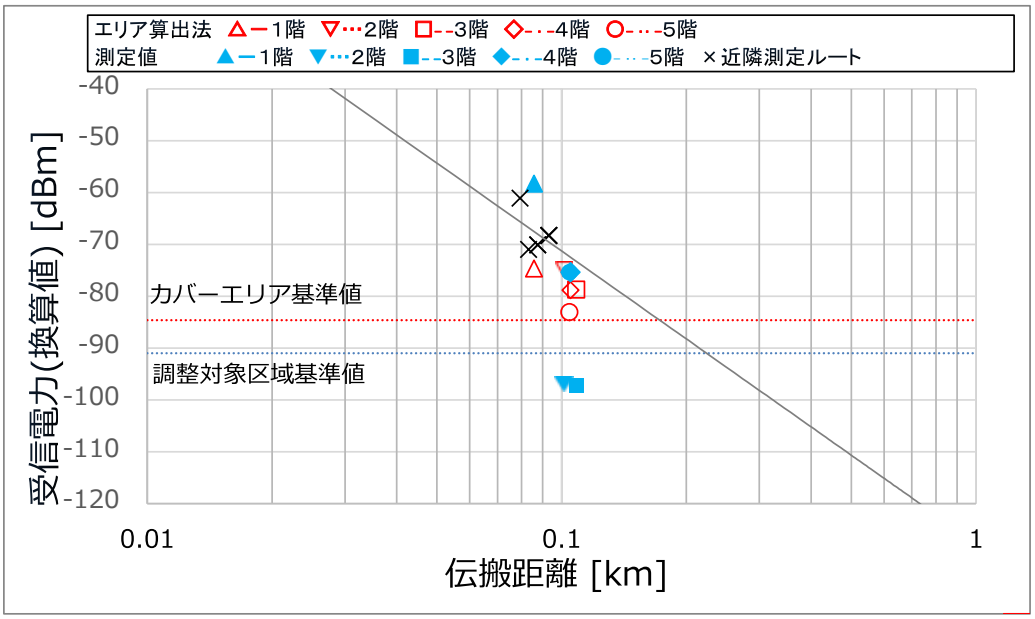
(ア) -60° 方向


エリア算出法 1階 2階 3階 4階 5階
測定値 1階 2階 3階 4階 5階 近隣測定ルート
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(イ) -30° 方向

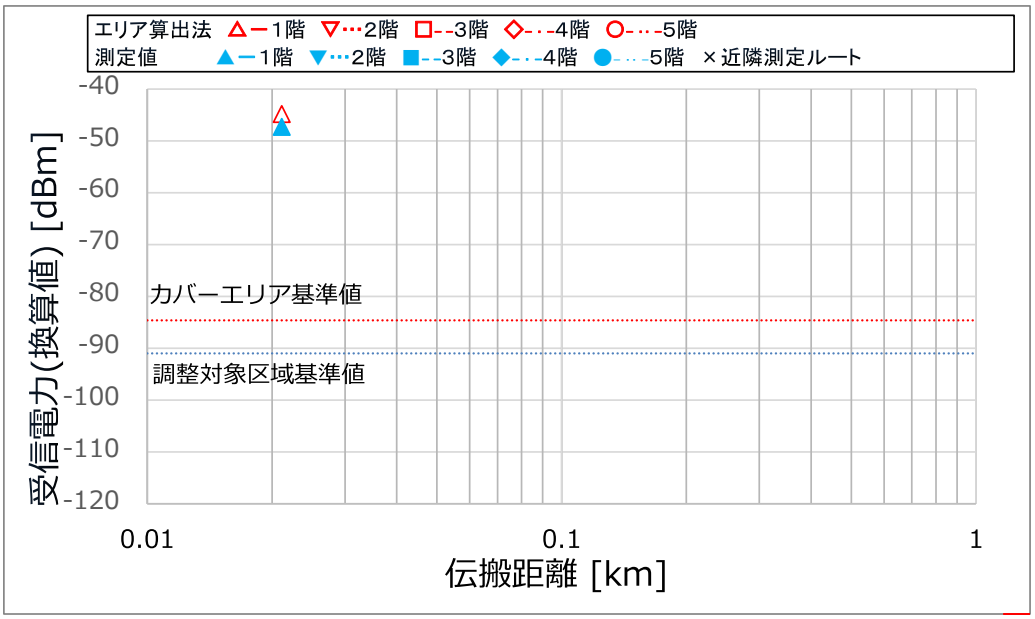


(ウ) 0° 方向

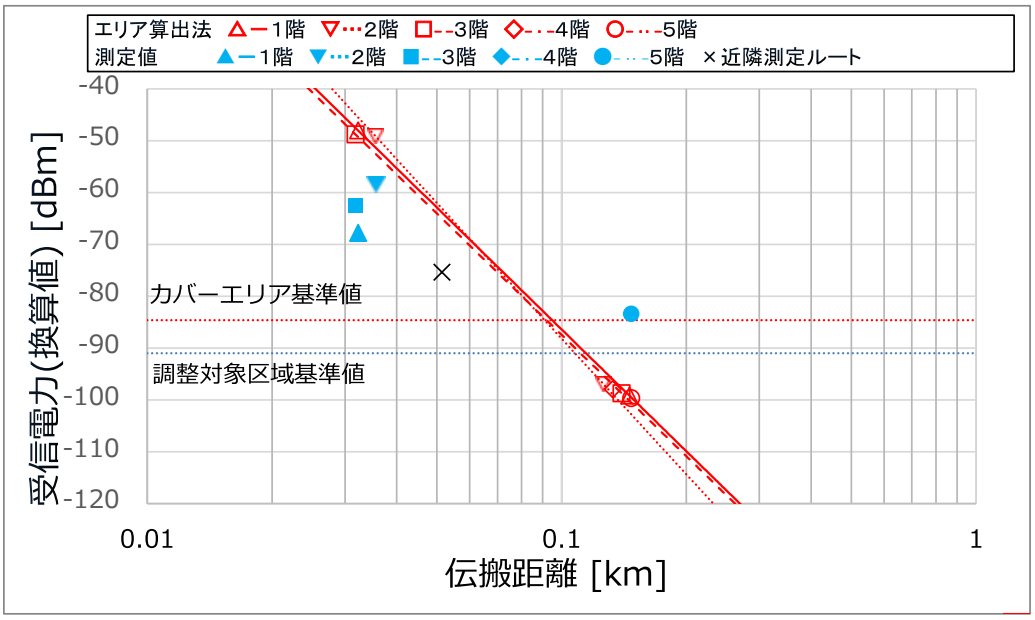


(エ) +30° 方向

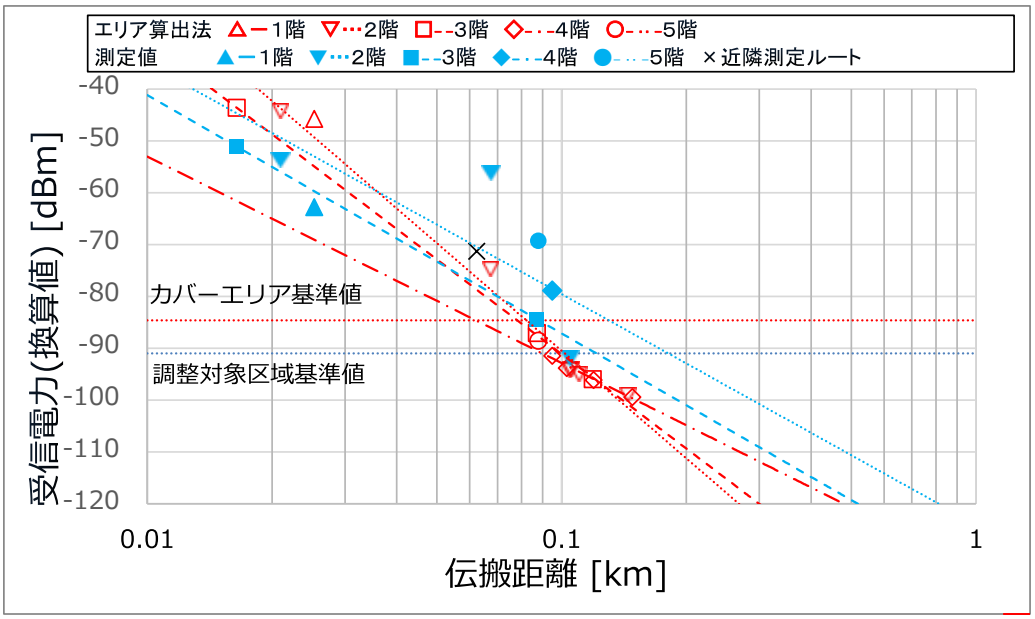
図 3.3.1.4-19 方向別の高所測定地点（屋外）における受信電力（ホテル屋上基地局）



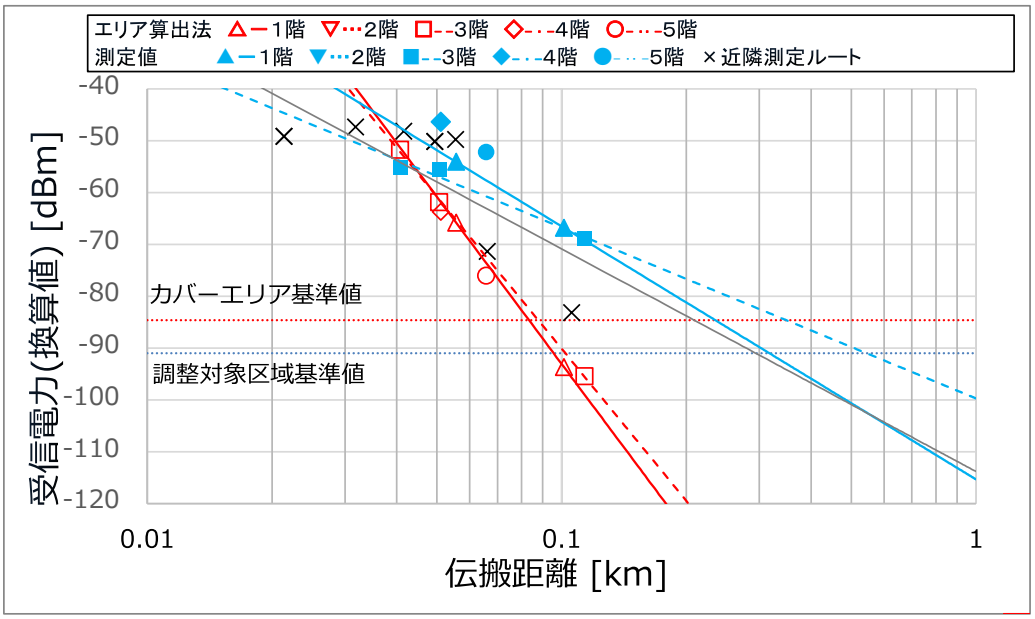
(ア) -150° 方向



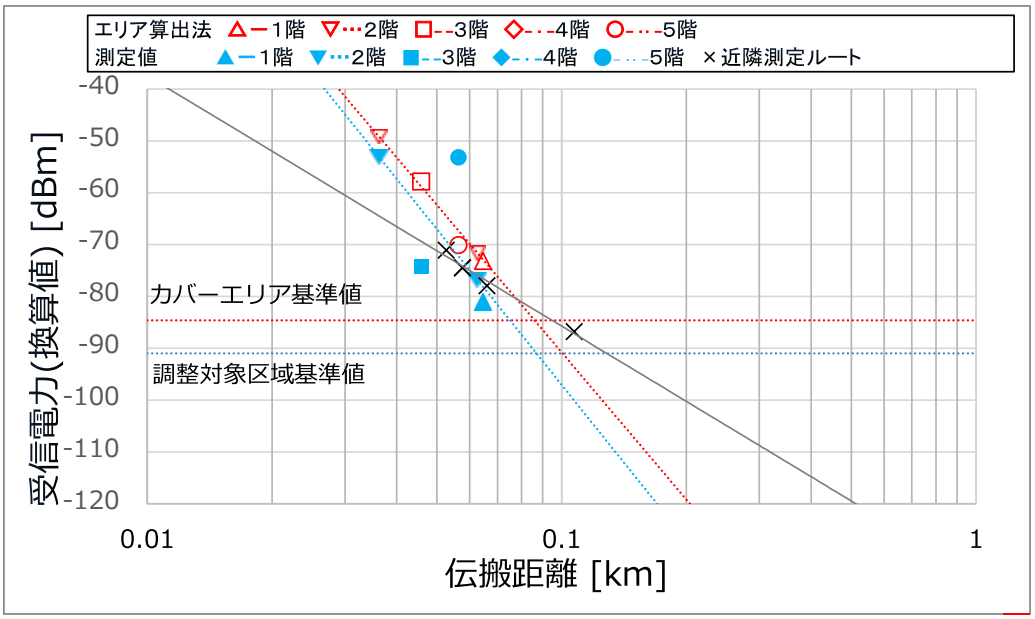
(イ)-120° 方向


エリア算出法 1階 2階 3階 4階 5階
測定値 1階 2階 3階 4階 5階 近隣測定ルート
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

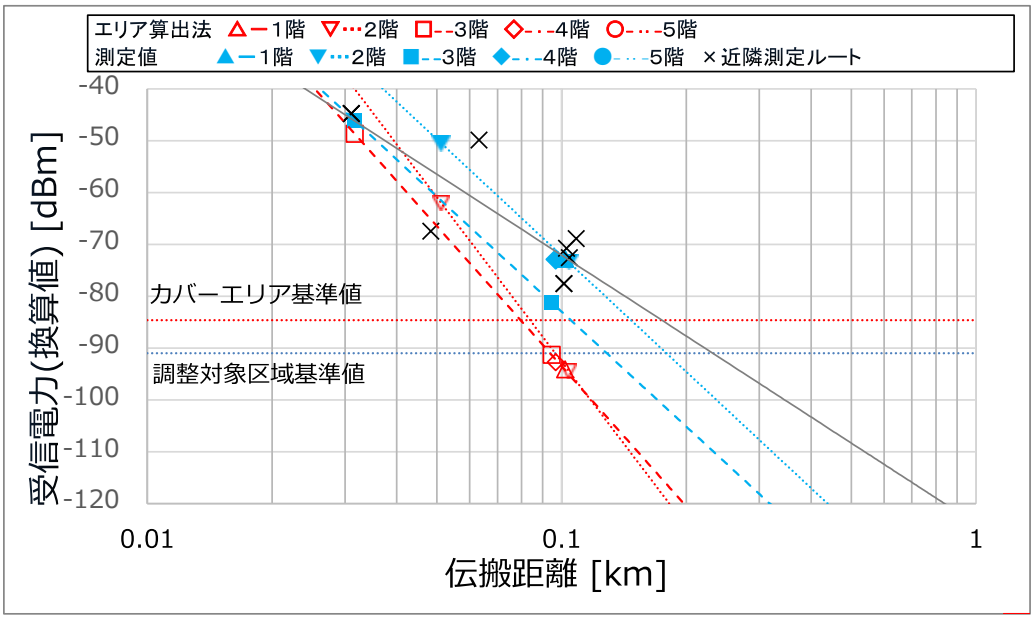
(ウ) -90° 方向


エリア算出法 1階 2階 3階 4階 5階
測定値 1階 2階 3階 4階 5階 近隣測定ルート
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

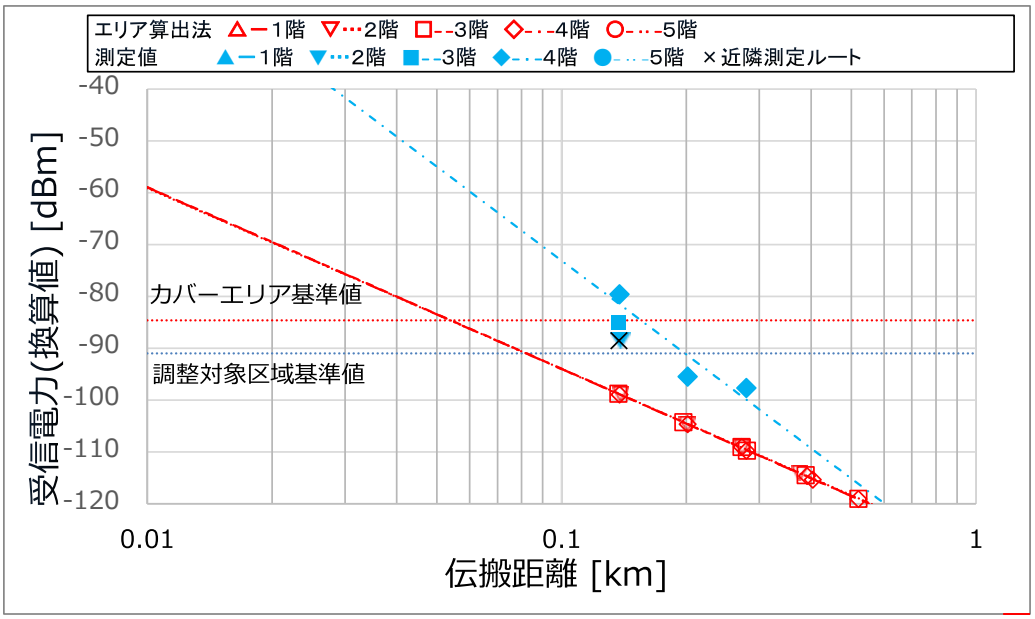
(エ)-60° 方向


エリア算出法 △ー1階 ▽…2階 □--3階 ◇-・-4階 ○-・・-5階
測定値 ▲ー1階 ▼…2階 ■--3階 ◆-・-4階 ●-・・-5階 ×近隣測定ルート
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

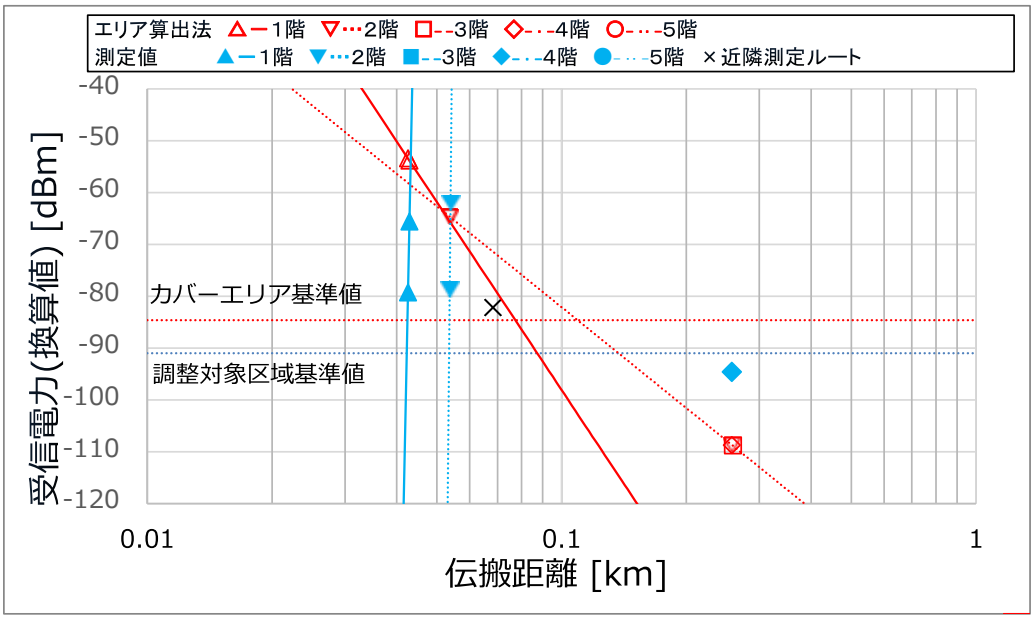
(オ)-30° 方向


エリア算出法 △ー1階 ▽…2階 □--3階 ◇-・-4階 ○-・・-5階
測定値 ▲ー1階 ▼…2階 ■--3階 ◆-・-4階 ●-・・-5階 ×近隣測定ルート
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

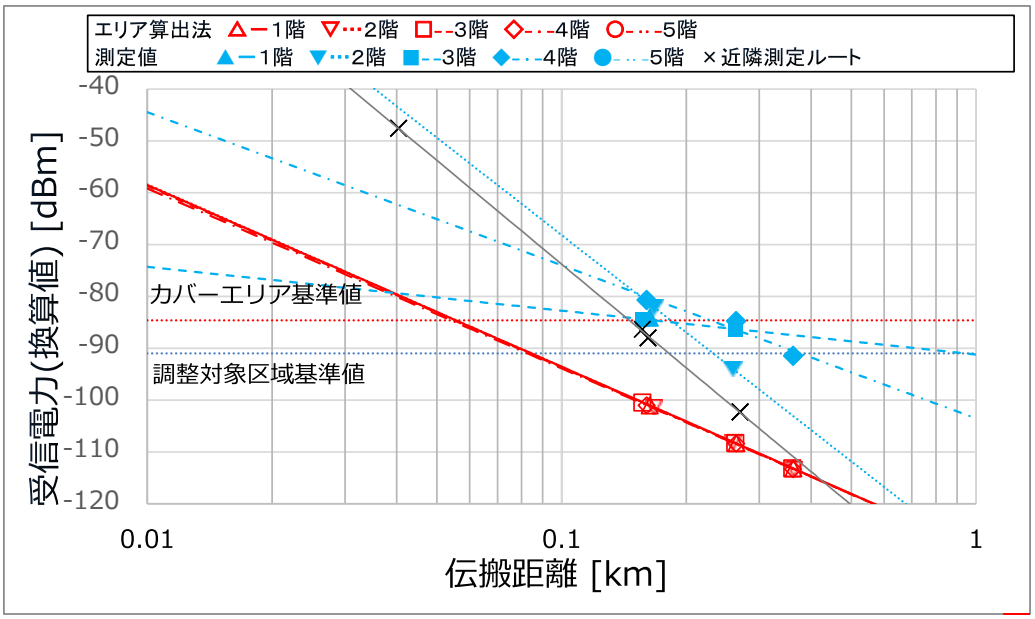
(カ)0° 方向


エリア算出法 △—1階 ▽···2階 □--3階 ◇-·-4階 ○-···5階
測定値 ▲—1階 ▼···2階 ■--3階 ◆-·-4階 ●-···5階 ×近隣測定ルート
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

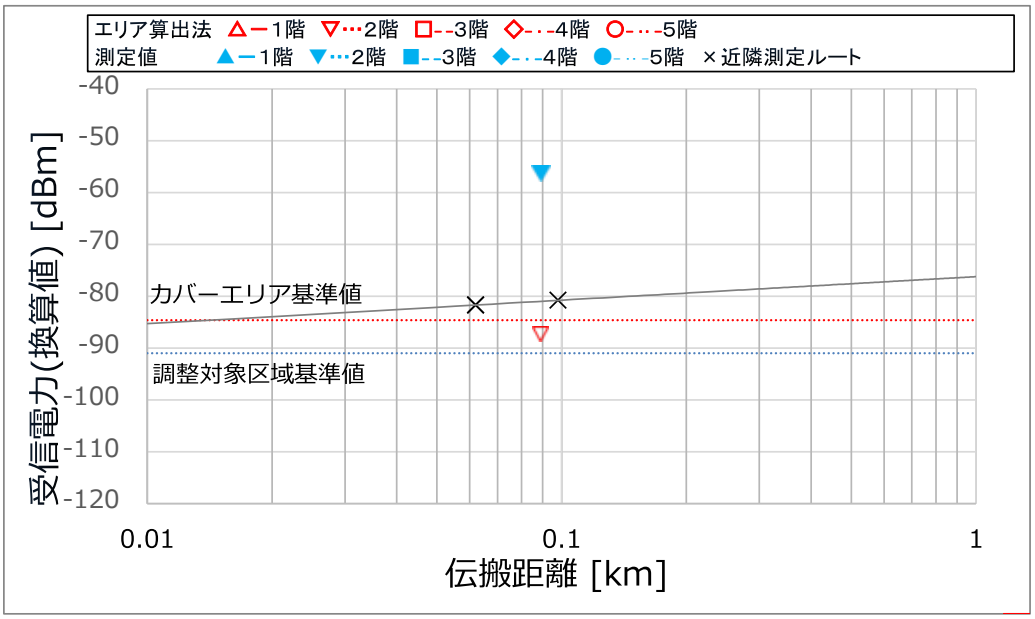
(キ)30° 方向


エリア算出法 △—1階 ▽···2階 □--3階 ◇-·-4階 ○-···5階
測定値 ▲—1階 ▼···2階 ■--3階 ◆-·-4階 ●-···5階 ×近隣測定ルート
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ク)60° 方向



(ケ)90° 方向

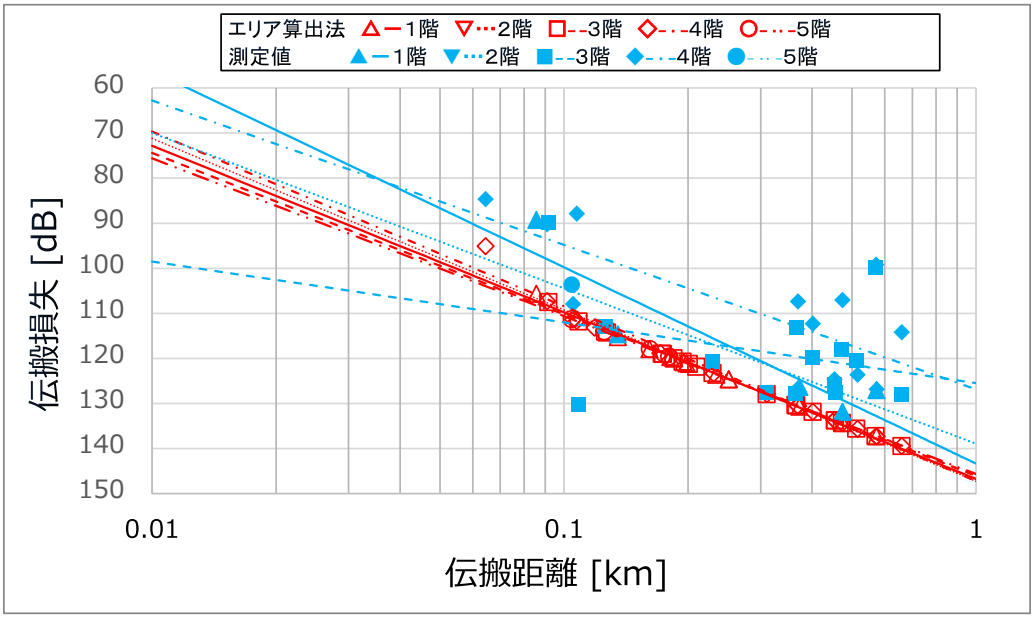


(コ)120° 方向

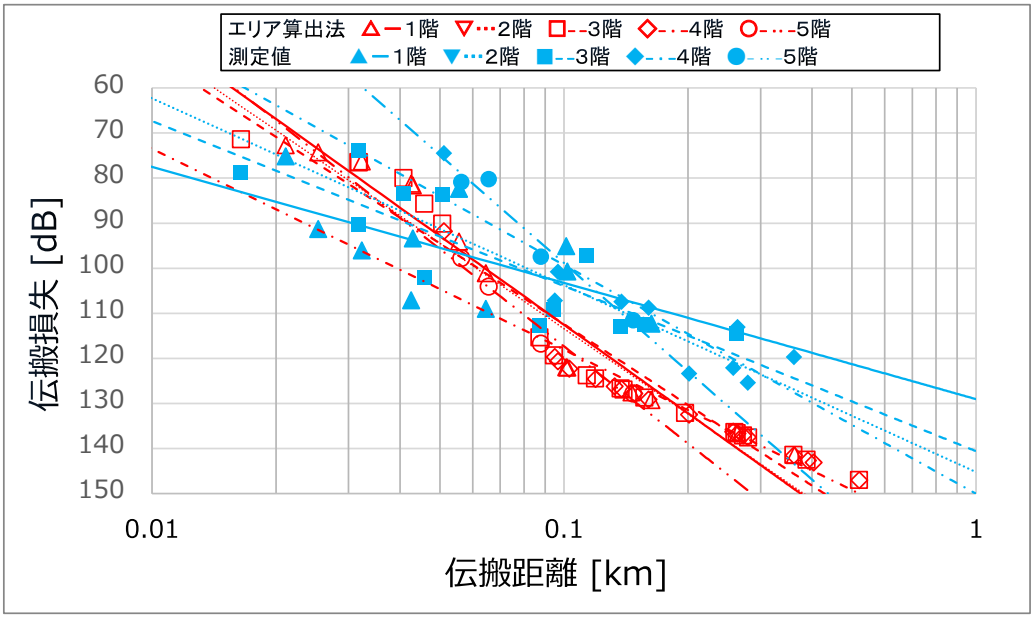
図 3.3.1.4-20 方向別の高所測定地点（屋外）における受信電力（配電柱基地局）

図 3.3.1.4-18 の全方向での受信電力距離特性において、エリア算出法では、階による差が余り大きくないが、測定値では、階による差が大きく、３階以上で受信電力が大きくなる傾向がある。また、特にエリア算出法の調整対象区域を超えた場所において、エリア算出法と測定値の乖離が大きくなった。一方、図 3.3.1.4-19 及び図 3.3.1.4-20 の方向別のグラフは、(5)（高所におけるカバーエリア及び調整対象区域のエリア端の評価）において、高所におけるエリア端までの距離を計算するために作成したものであり、その結果に関する考察は、(5)に記載する。

図 3.3.1.4-21 に高所測定地点（屋外）における伝搬損失の距離特性を示す。ベランダ等及び高所作業車の測定点での伝搬損失を示した。受信電力では、方向によって基地局アンテナ利得に差があるため、全方向のデータをまとめて統計処理できないため、伝搬損失によって全方向のデータから、各階の近似直線を求めたが、測定値のばらつきが大きく、その近似直線から階による伝搬損失の差について有意な値は得られなかった。

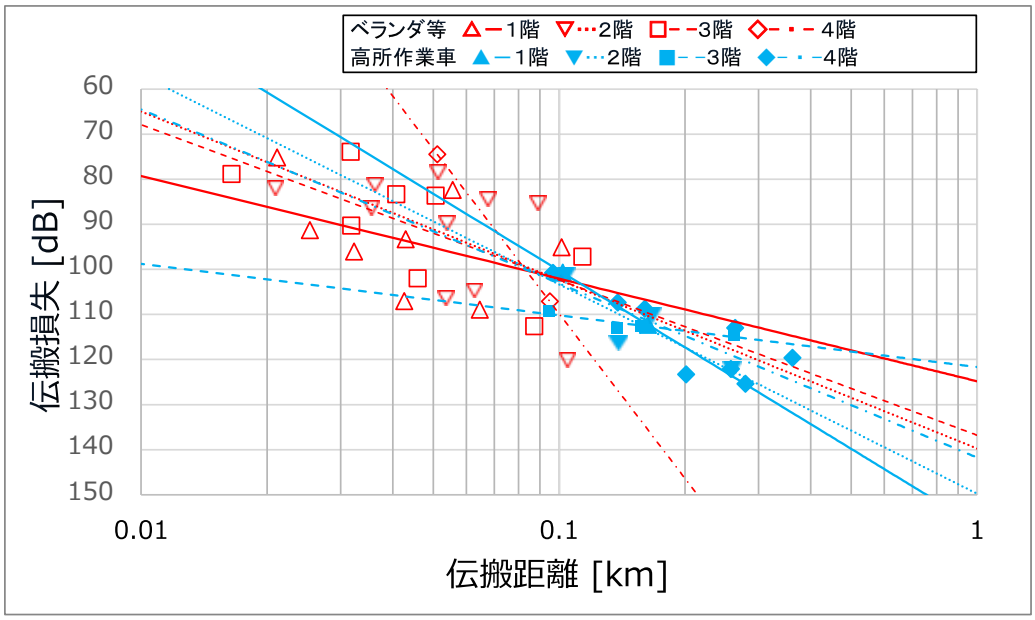


（ア）ホテル屋上基地局



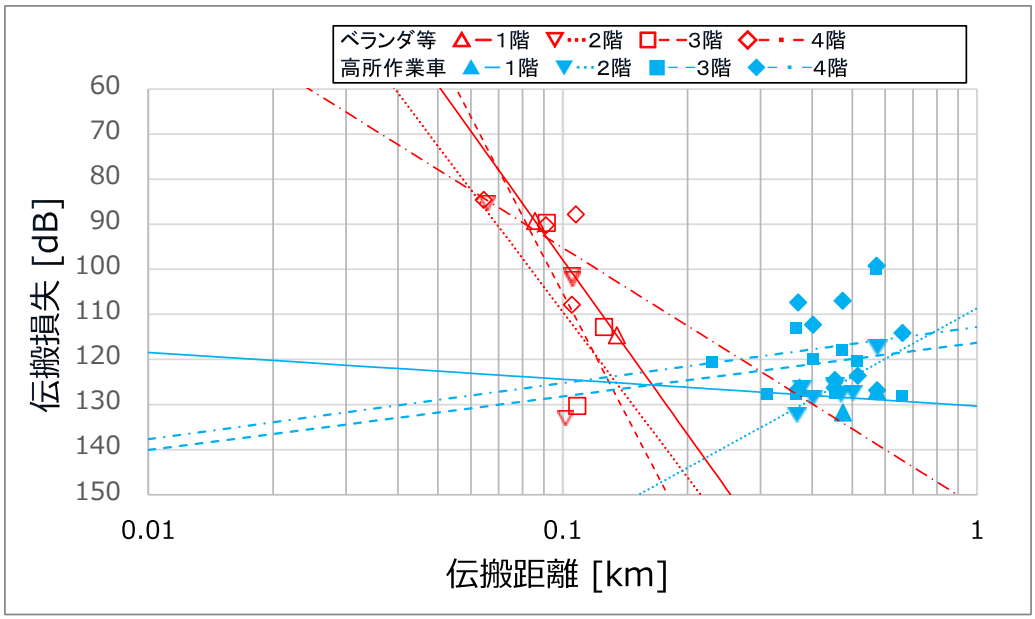
（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-21 高所測定地点（屋外）における伝搬損失

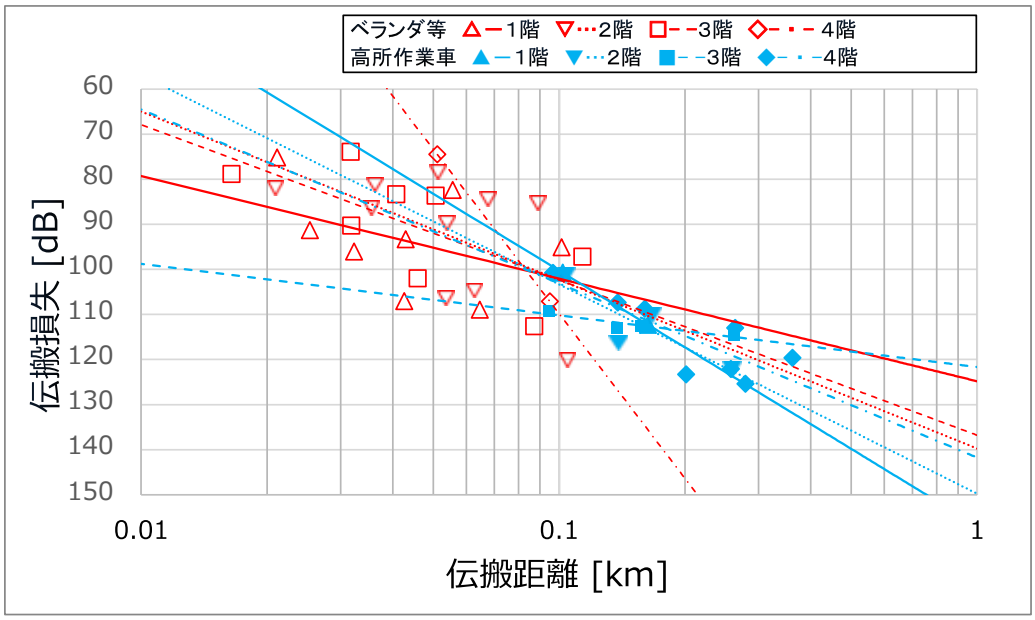


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-22 に高所測定地点（屋外）におけるベランダ等と高所作業車の比較を行った結果を示す。1 階～4 階におけるベランダ等と高所作業車の伝搬損失の測定値を比較した。ベランダ等に比べて、高所作業車を用いた測定は、基地局から離れた場所で行っており、明確な傾向の差異もないため、屋外における伝搬特性の分析には、これらの値をまとめて用いることとした。



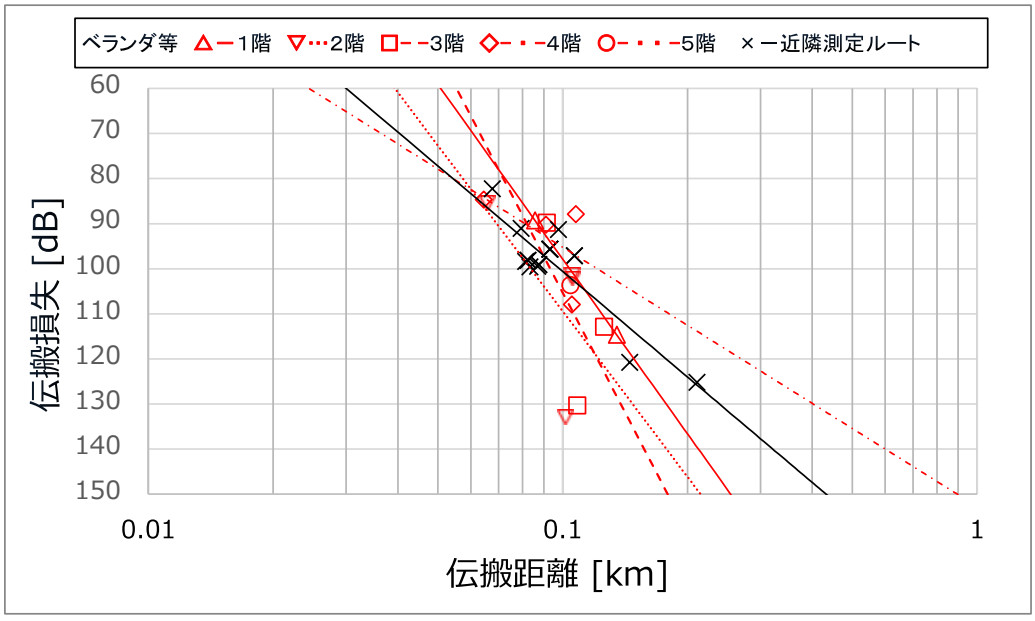
（ア）ホテル屋上基地局



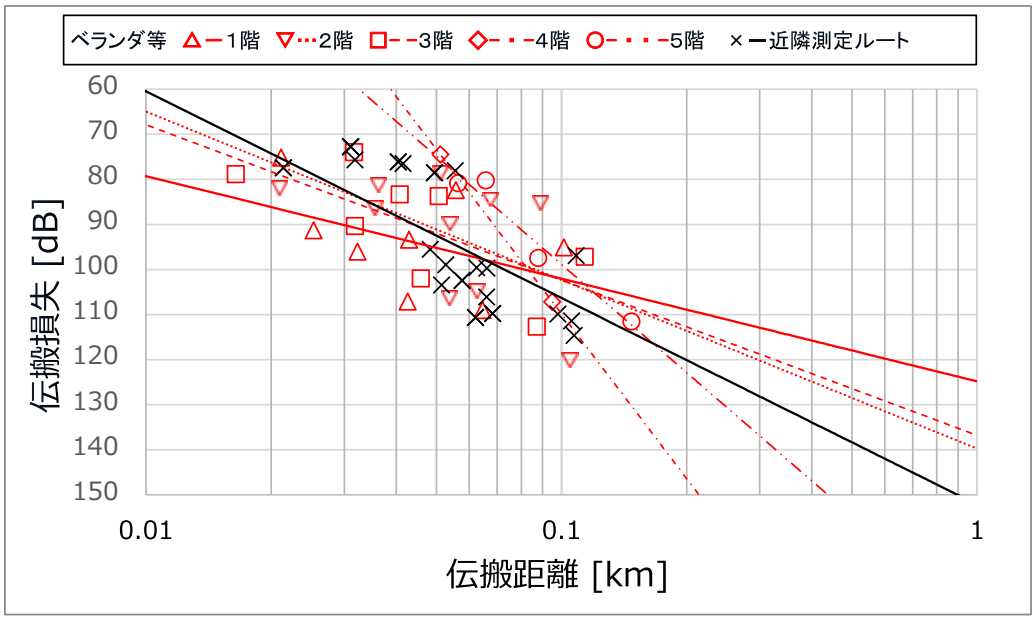
（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-22 高所測定地点におけるベランダ等と高所作業車の比較

図 3.3.1.4-23 に高所測定地点（屋外）におけるベランダ等と近隣測定ルートの比較を行った結果を示す。1 階～5 階におけるベランダ等と近隣測定ルートの伝搬損失の測定値を比較した。同等の伝搬距離において、ベランダ等の伝搬損失と近隣測定ルートの伝搬損失を比較すると、ベランダ等は、２階以上で伝搬損失が小さくなる傾向がある。一方、近隣測定ルートは、道路に沿って電波が届きやすく、伝搬損失が小さくなる傾向がある。このため両者に一定の大小関係はなく、大きな差がないことが分かる。

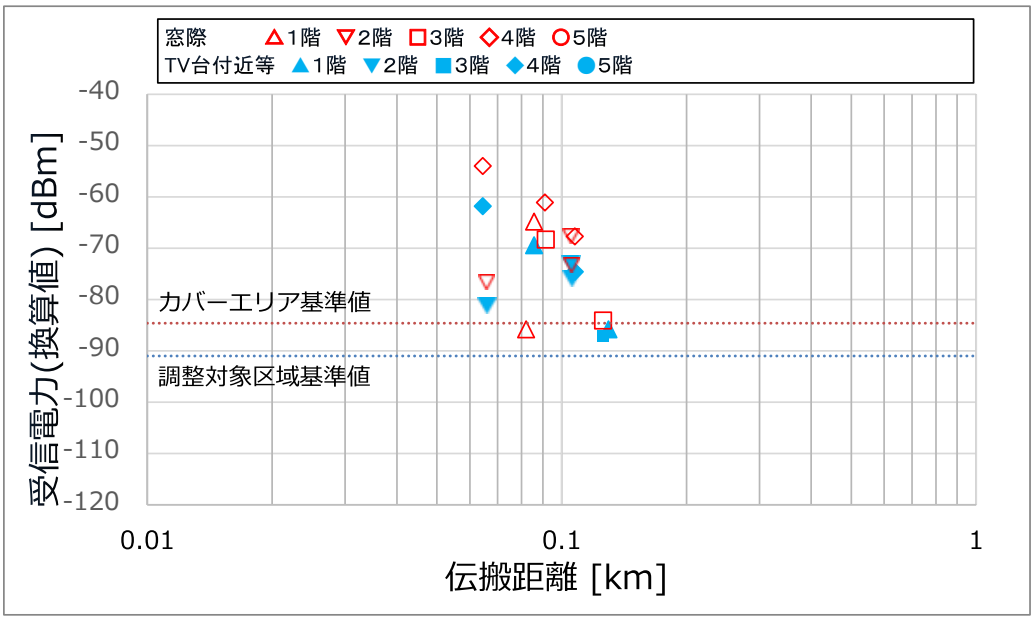


（ア）ホテル屋上基地局

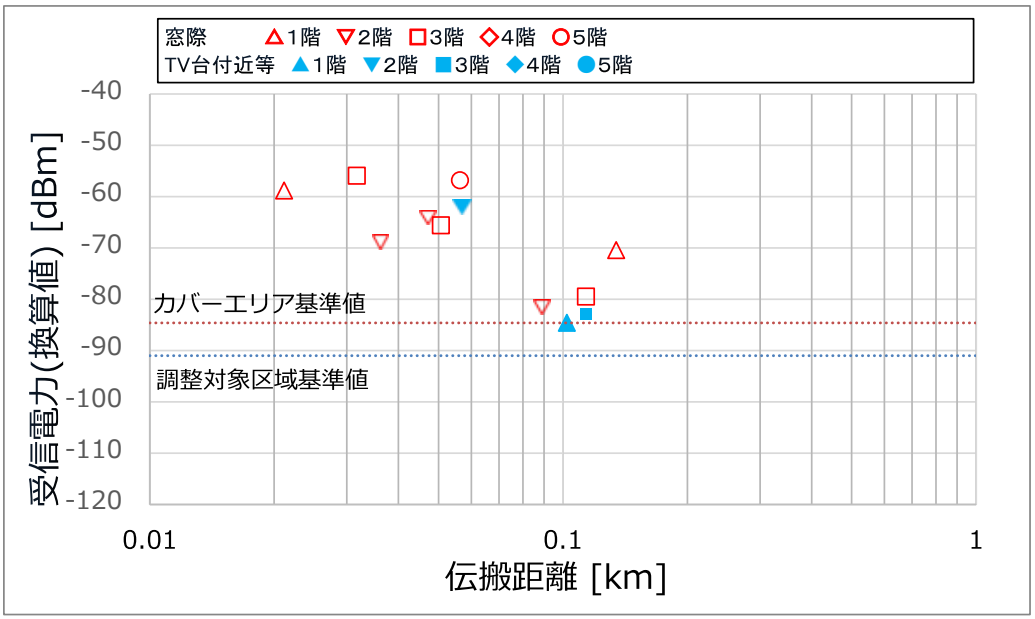


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-23 高所測定地点におけるベランダ等と近隣測定ルートの比較

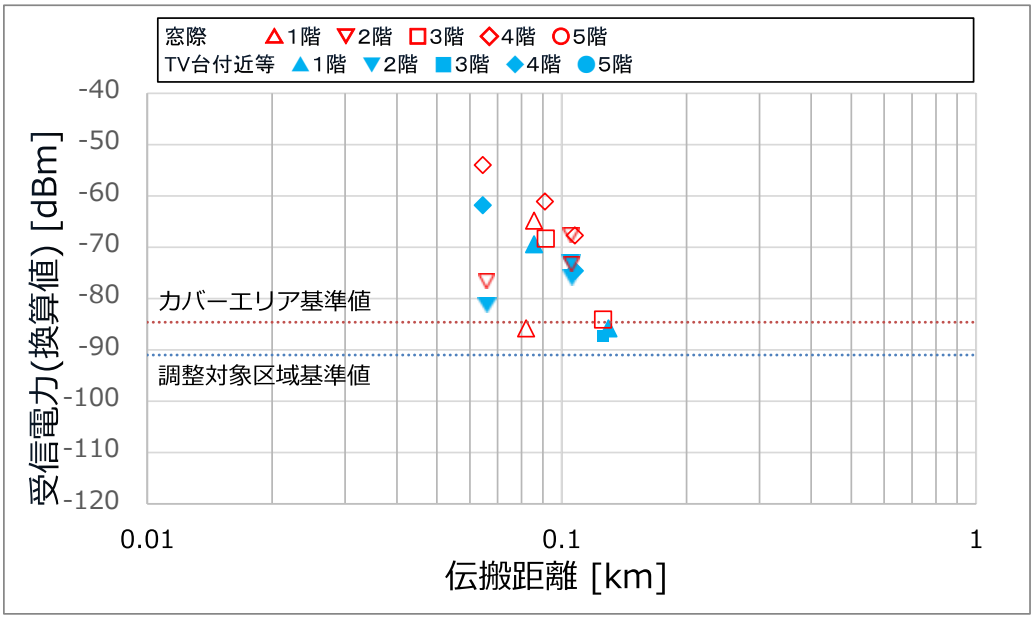


（ア）ホテル屋上基地局

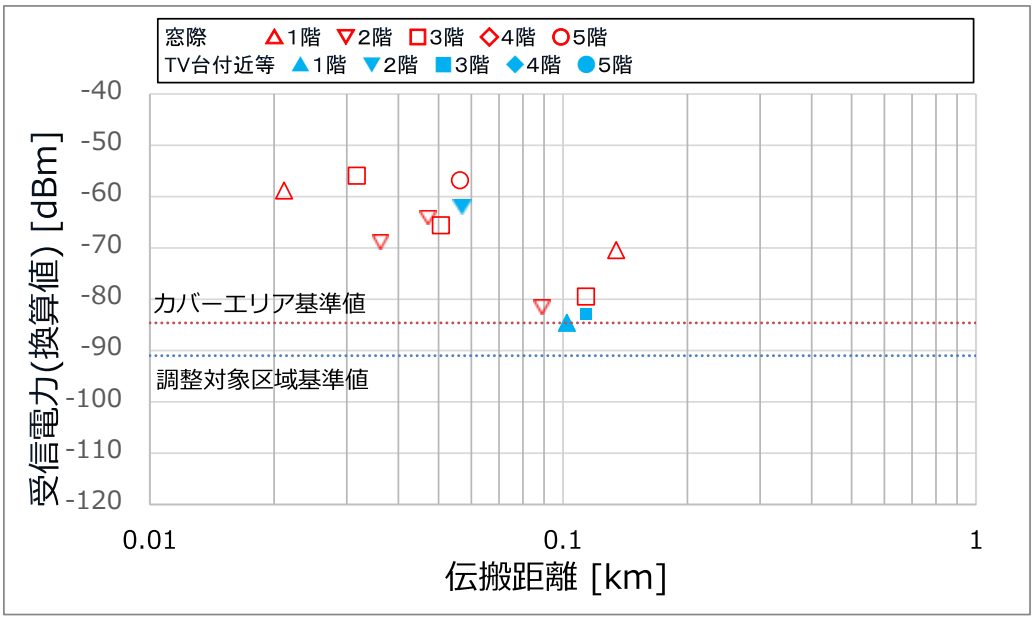


(イ) 配電柱基地局

図 3.3.1.4-24 に高所測定地点（屋内）における受信電力の距離特性を示す。屋内の窓際及び TV 台付近等における受信電力を示した。屋内の受信電力の測定結果に関しては、3.3.2.5 d)（第二の実証目標における仮説に基づくパラメータ R の精緻化）において、エリア算出法による計算値との比較も行い、分析を行った結果を記載する。



(ア) ホテル屋上基地局

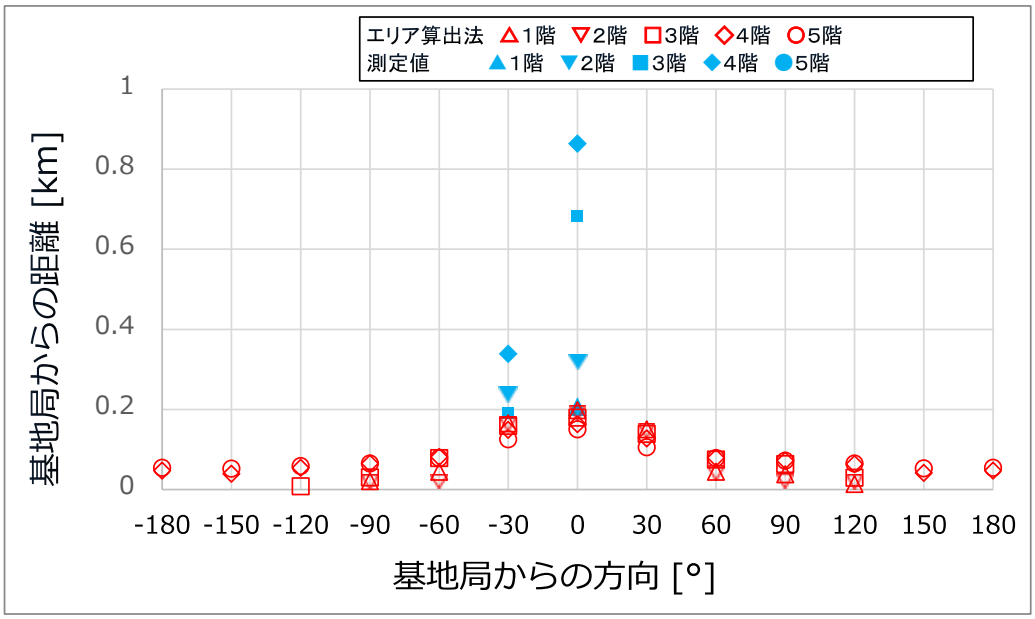


（イ）配電柱基地局

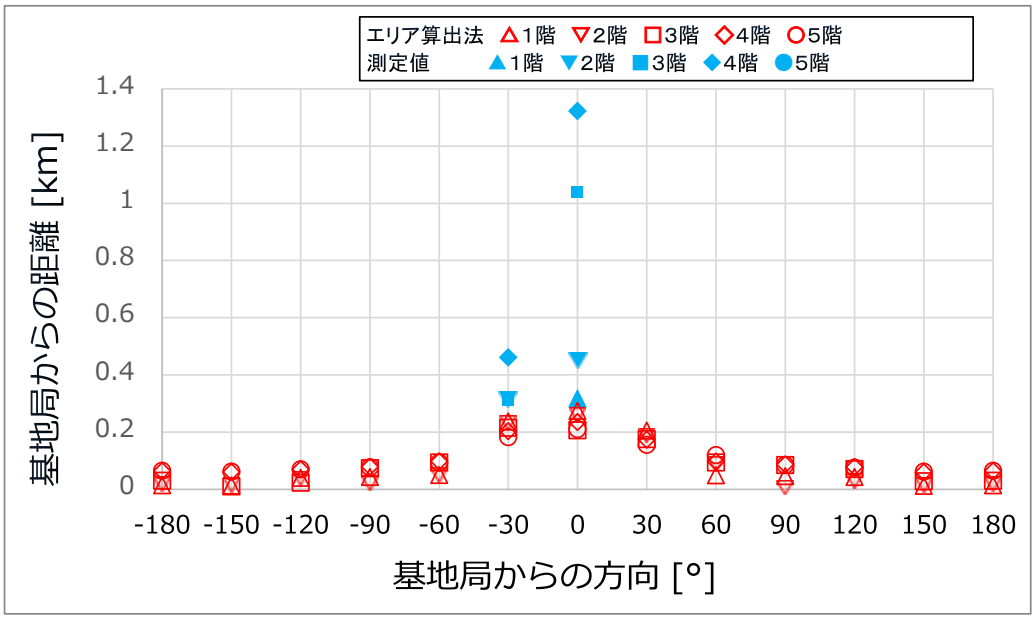
図 3.3.1.4-24 高所測定地点（屋内）における受信電力

（5）高所におけるカバーエリア及び調整対象区域のエリア端の評価

図 3.3.1.4-25 及び図 3.3.1.4-26 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、エリア端までの距離の比較を行った結果を示す。受信電力の方向別のグラフより、1～5の各階での測定値及びエリア算出法によるカバーエリア及び調整対象区域のエリア端までの距離を求めて示した。エリア算出法に基づくエリア端までの距離は、測定点におけるエリア算出法による計算値をプロットし、その近似直線を加えたグラフから計算した。このとき、近似直線は、同じ階で 2 つ以上のデータが存在する場合に求めてエリア端までの距離をプロットすることとしたが、伝搬距離が 0.1km 以下のデータしかない、または、受信電力が基準値に近いデータがない場合は、近似直線の信頼度が低い。そのため、受信電力データのうち、少なくとも 1 つは伝搬距離が 0.1km 以上であり、かつ少なくとも 1 つは、受信電力（換算値）が-80dBm 以下である場合に近似直線を求めてエリア端までの距離をプロットすることとした。

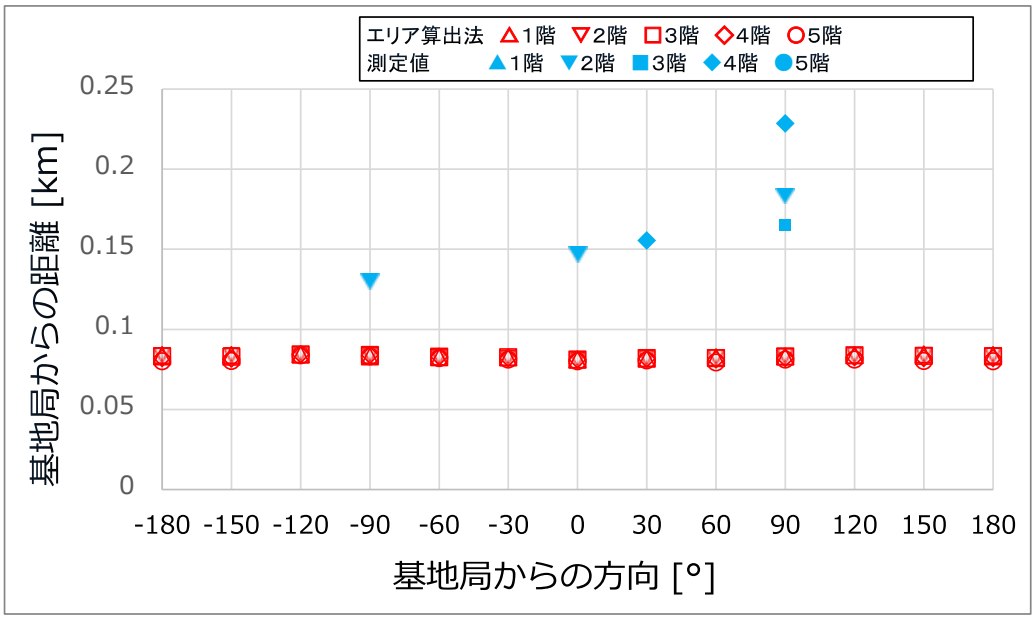


（ア）カバーエリア

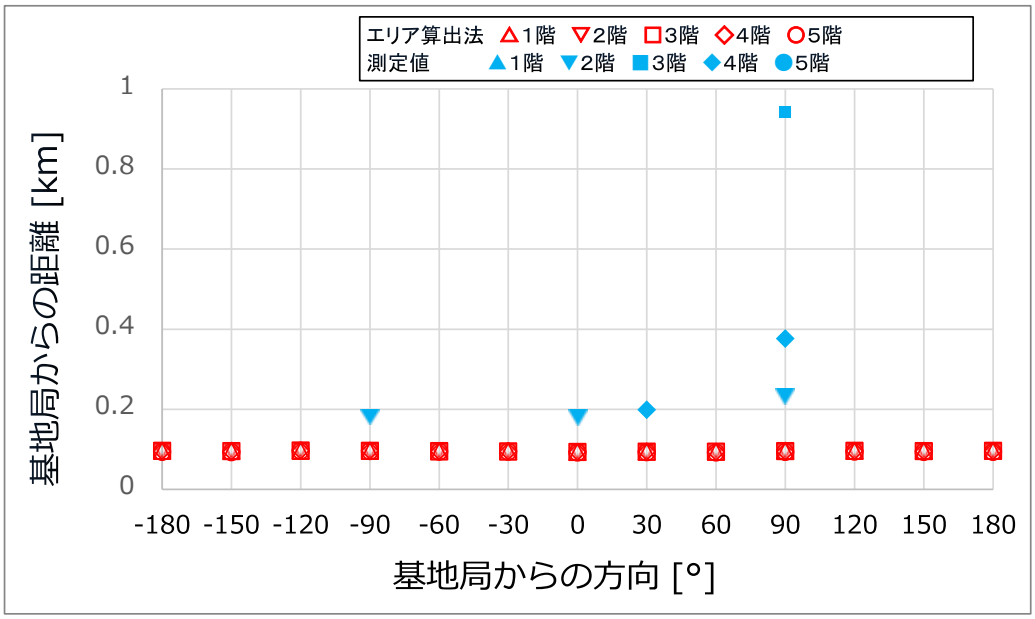


（イ）調整対象区域

図 3.3.1.4-25 高所測定地点におけるエリア端までの距離（ホテル屋上基地局）



（ア）カバーエリア



（イ）調整対象区域

図 3.3.1.4-26 高所測定地点におけるエリア端までの距離（配電柱基地局）

図 3.3.1.4-25 及び図 3.3.1.4-26 より、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の何れにおいても、測定値より求めたエリア端の距離とエリア算出法により求めたエリア端の距離は、より上の階ほど乖離が大きくなる傾向が認められる。その乖離の程度については、基地局からの方向により、大きく異なる結果となった。

（6）伝送性能の測定

以下に伝送スループット及び伝送遅延の測定結果を示す。

a）伝送スループットの測定（１）

測定用の２台のパソコン PC s 及び PCc を直接ケーブル接続して伝送スループットを測定し、図 3.3.1.4-27 及び図 3.3.1.4-28 に示すように、850Mbps の伝送スループットが達成できた。このようにして、最大 600Mbps 程度の伝送スループットの測定には、パソコンの性能が十分であることを確認した。

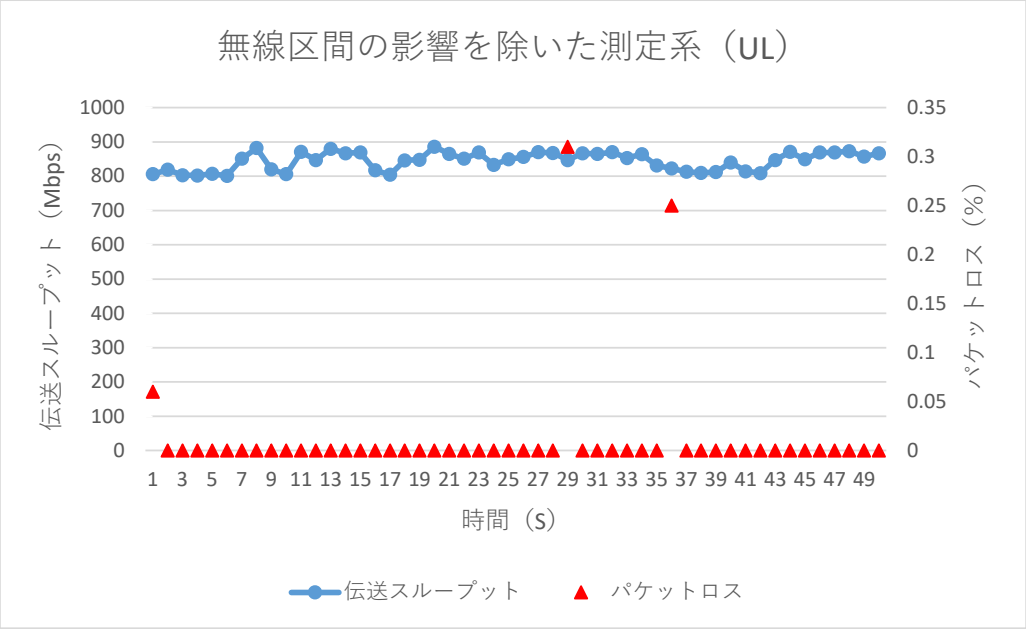


図 3.3.1.4-27 無線区間の影響を除いた測定系における伝送スループットとパケットロス率（UL）

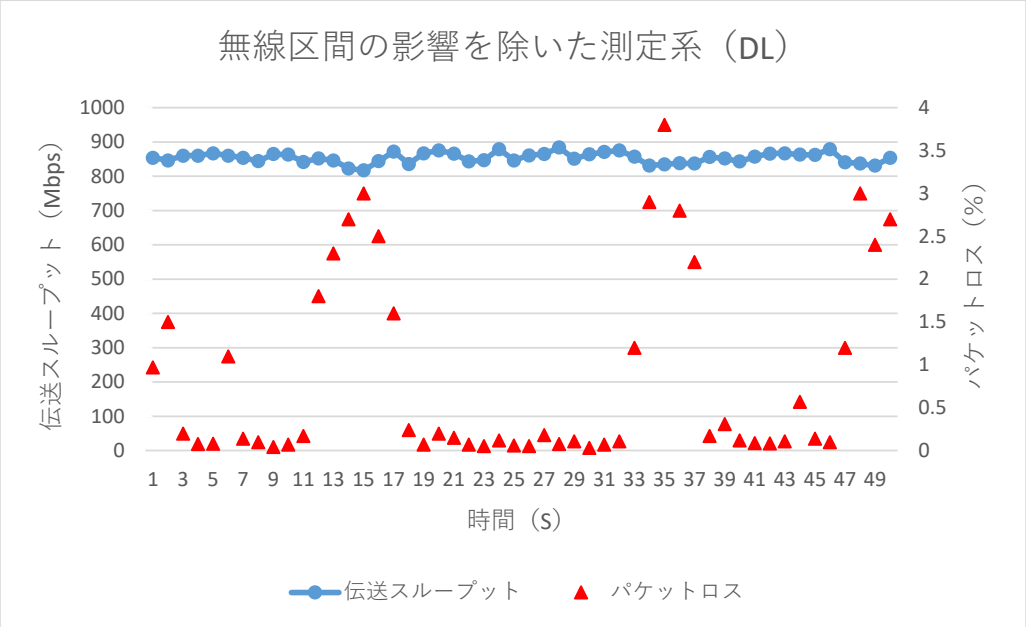
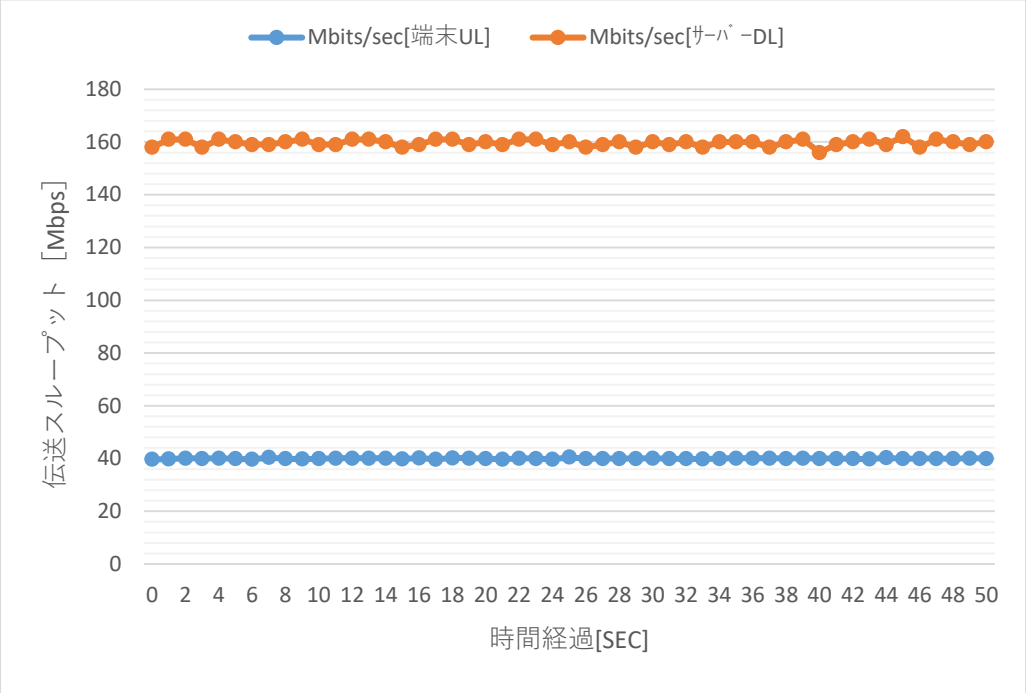


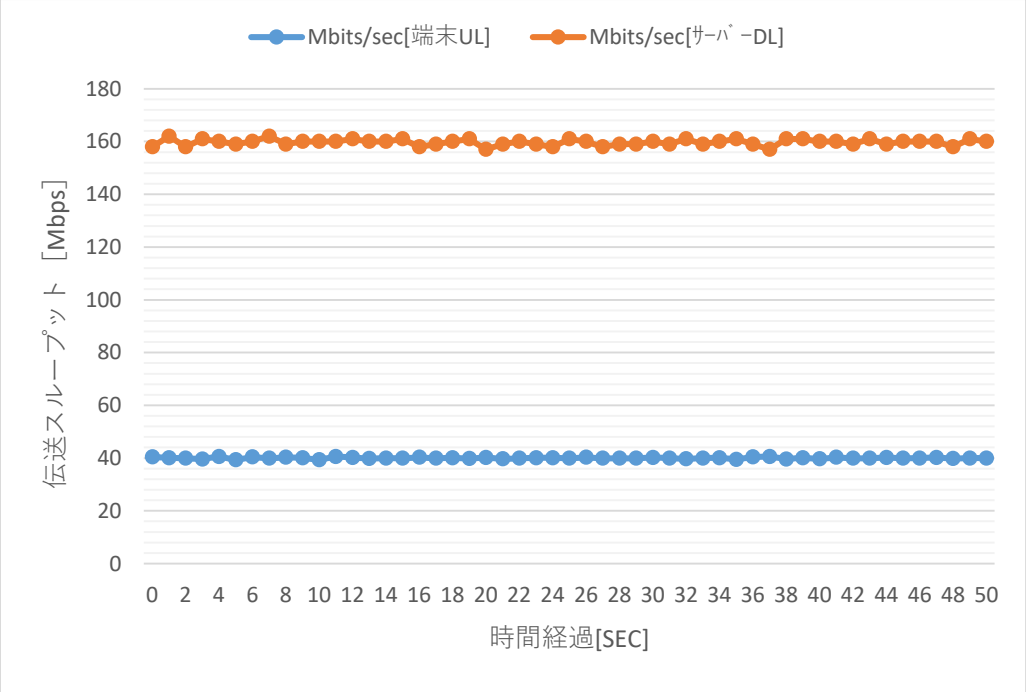
図 3.3.1.4-28 無線区間の影響を除いた測定系における伝送スループットとパケットロス率（DL）

b）伝送スループットの測定（２）

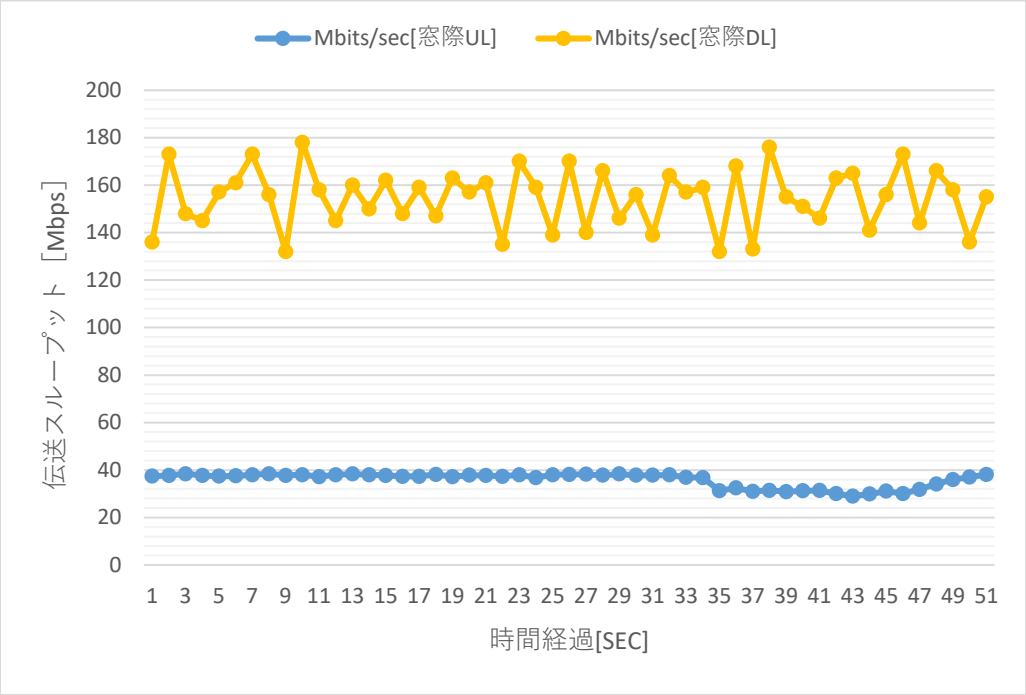
図 3.3.1.4-29 に伝送スループットの時系列データを示す。測定はパソコン PCs 及び PCc に搭載の iperf を使用して、UL(40Mbps)/DL(160Mbps）の伝送スループットを測定した。



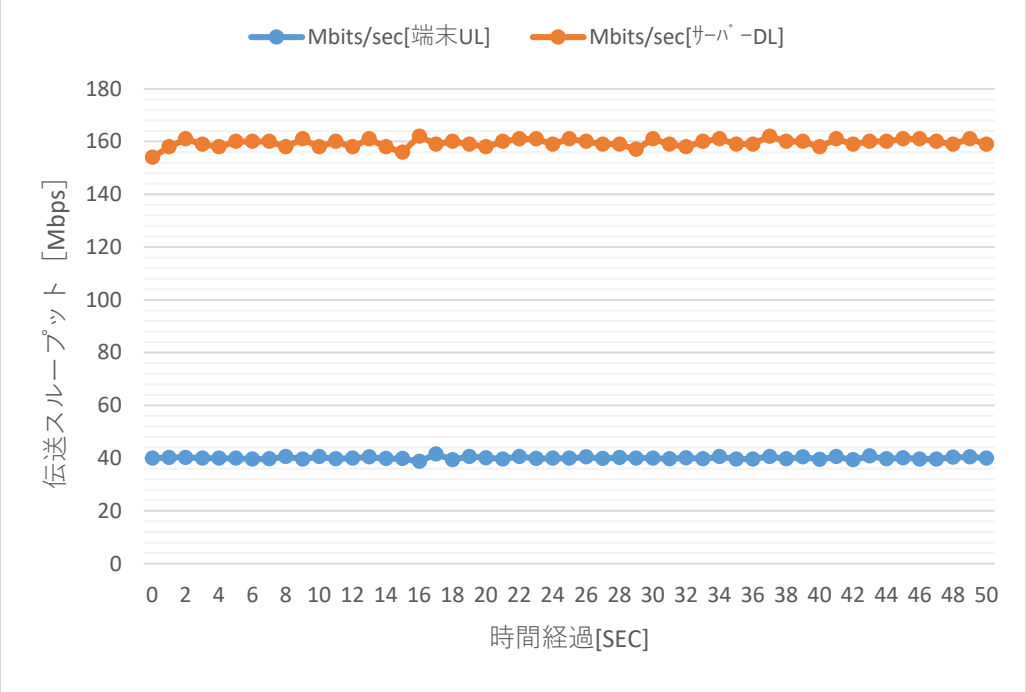
（ア） ホテル屋上基地局（測定点：M1-4F、RSRP：-76dBm）



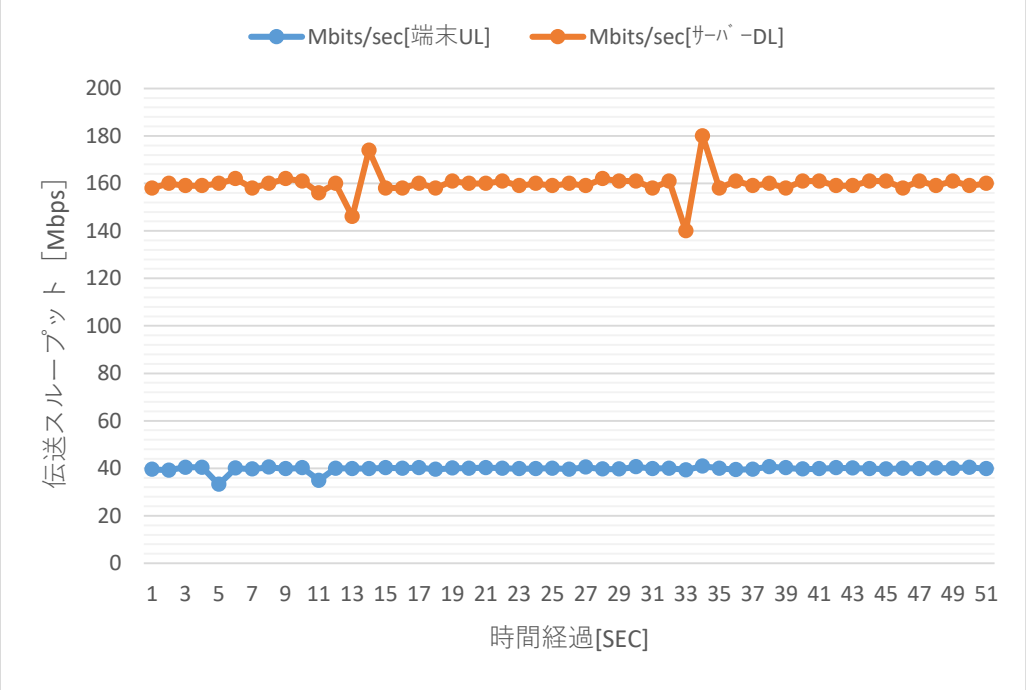
（イ）ホテル屋上基地局（測定点：M4-6F、RSRP：-81dBm）



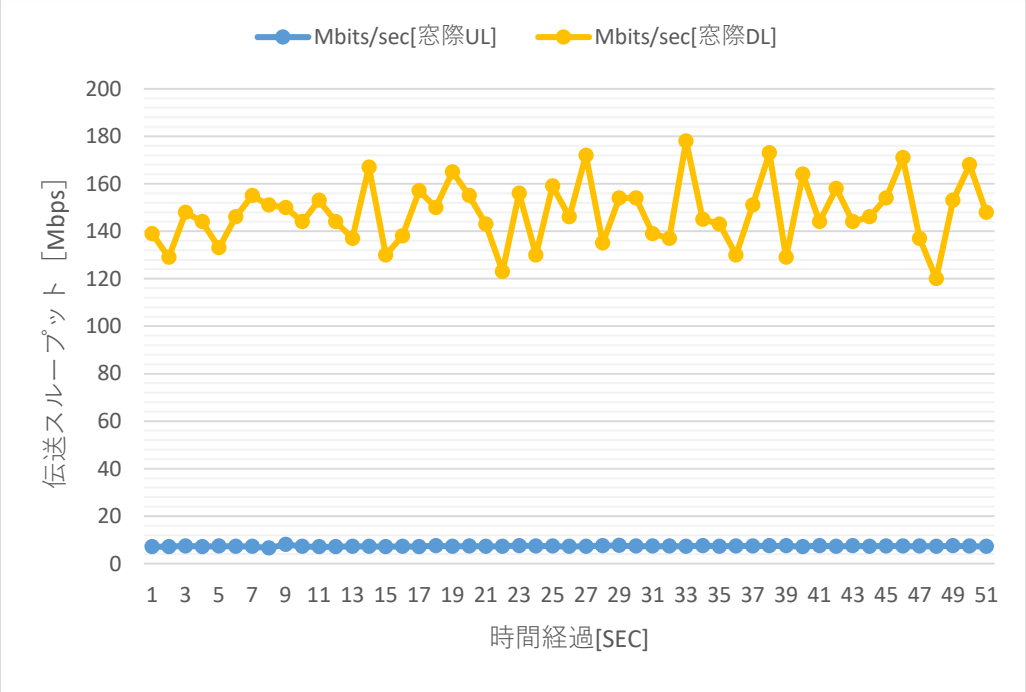
（ウ）ホテル屋上基地局（測定点：M5-2F、RSRP：-106dBm）



（エ）配電柱基地局（測定点：M11-1F、RSRP：-76dBm）



（オ）配電柱基地局（測定点 M9-2F、RSRP：-82dBm）

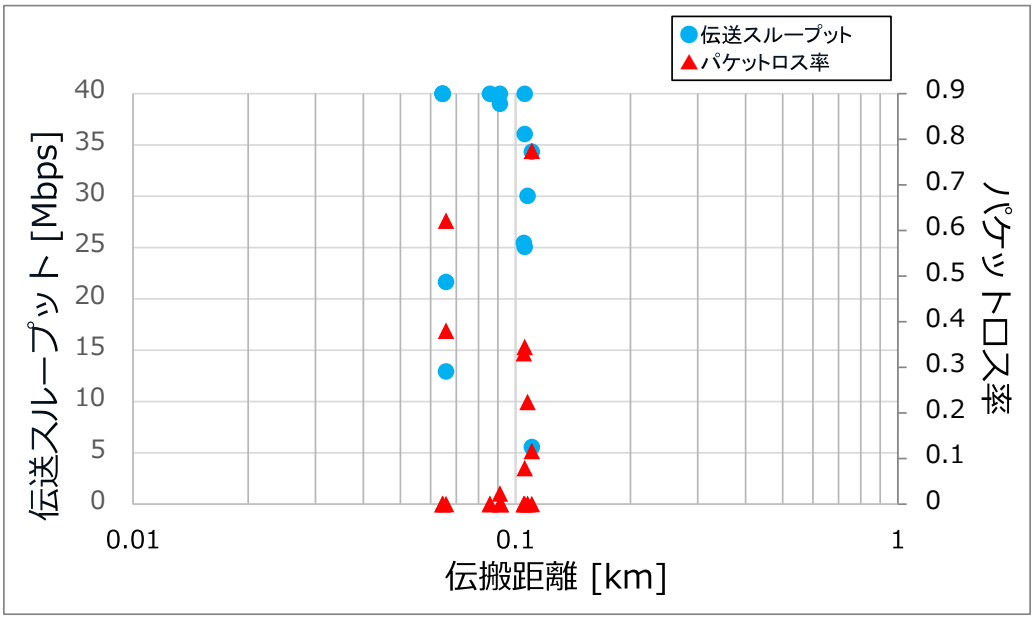


（カ）配電柱基地局（測定点 M6-1F、RSRP：-102dBm）

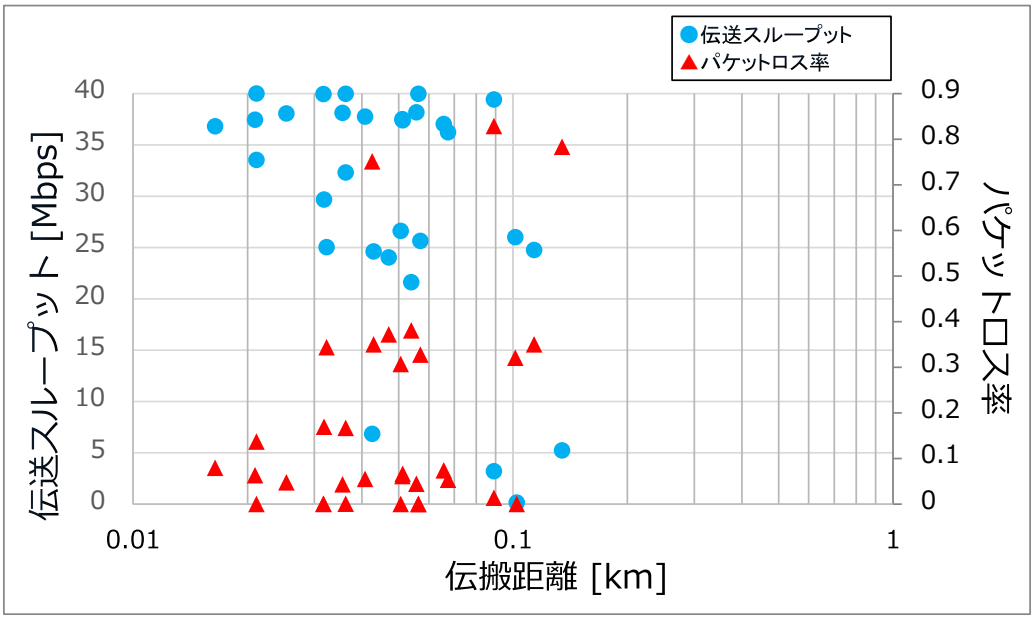
図 3.3.1.4-29 伝送スループットの時系列データ

c）伝送スループットの測定（３）

図 3.3.1.4-30 及び図 3.3.1.4-31 に、上りリンク（UL）及び下りリンク（DL）の伝送スループットとパケットロス率の距離特性（基地局から測定点までの距離との関係）を示す。

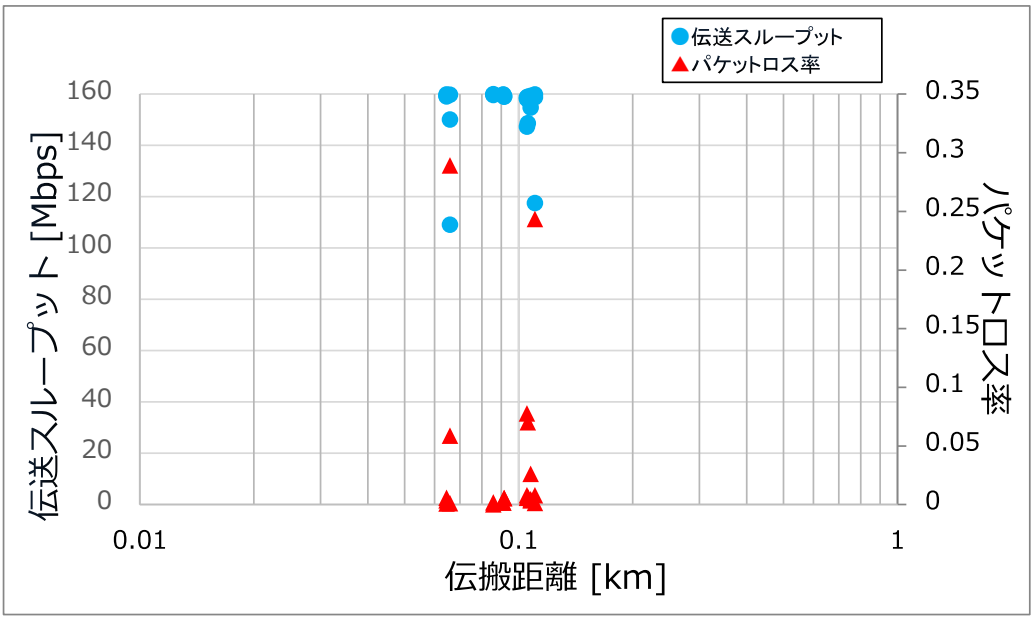


（ア）ホテル屋上基地局

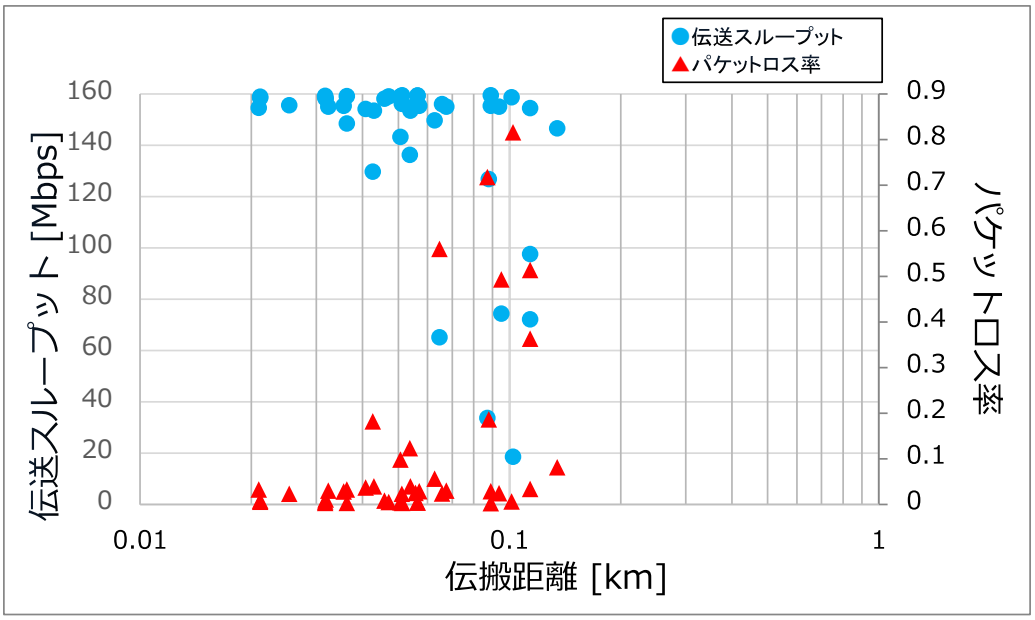


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-30 伝送スループットとパケットロス率の距離特性（UL 送信レート 40Mbps）



（ア）ホテル屋上基地局

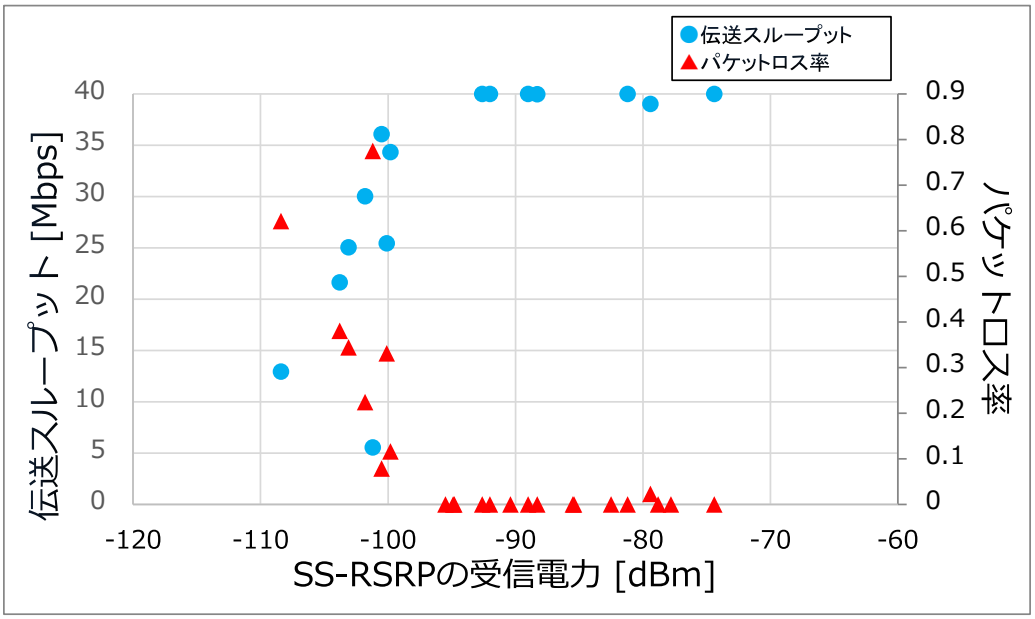


（イ）配電柱基地局

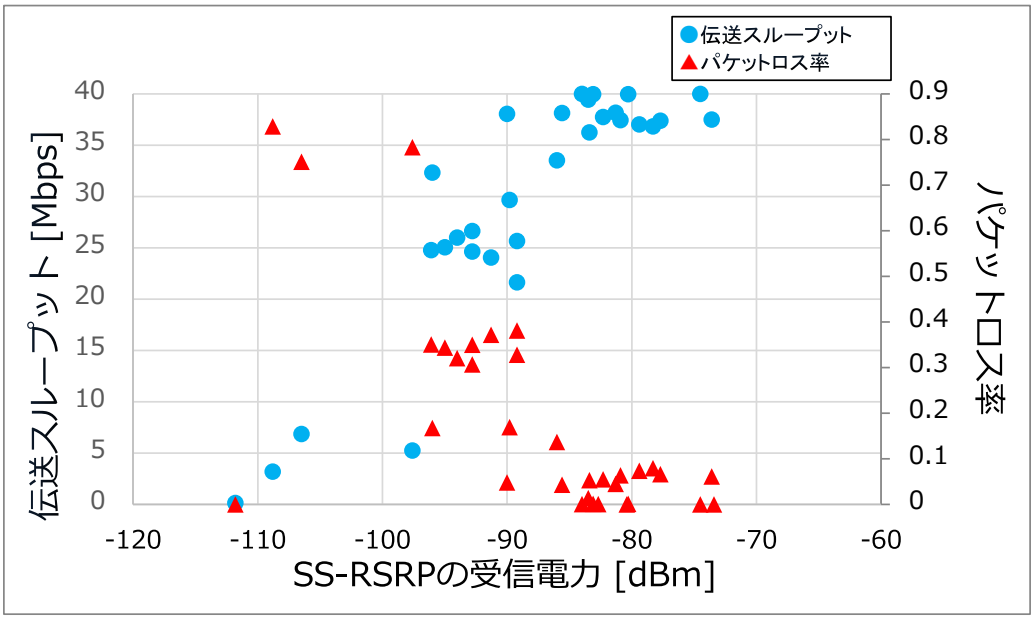
図 3.3.1.4-31 伝送スループットとパケットロス率の距離特性（DL 送信レート 160Mbps）

d）伝送スループットの測定（４）

図 3.3.1.4-32 及び図 3.3.1.4-33 に伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性（測定点における受信電力との関係）を示す。

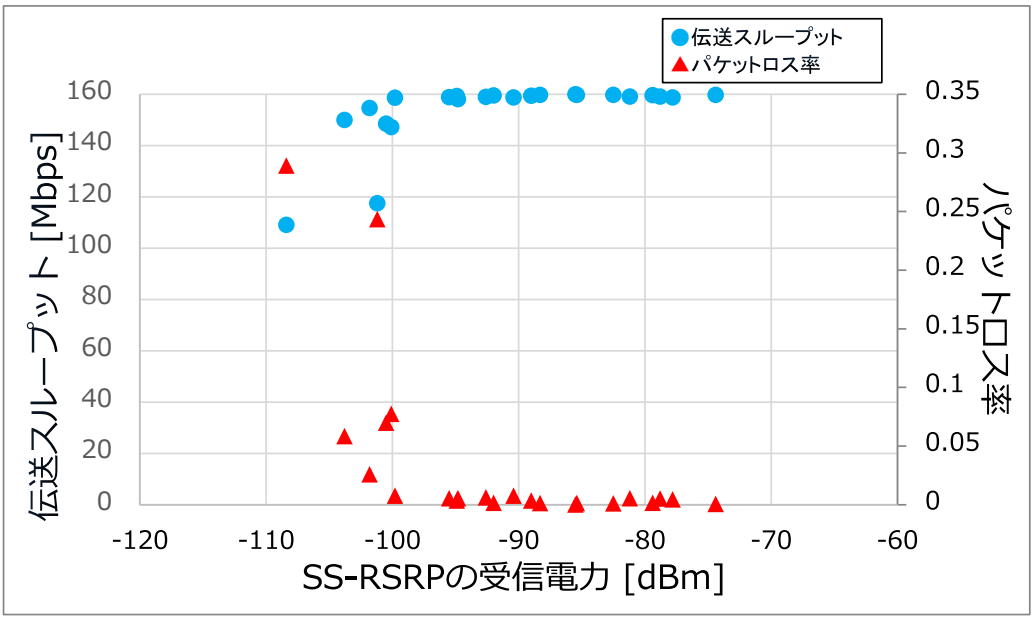


（ア）ホテル屋上基地局

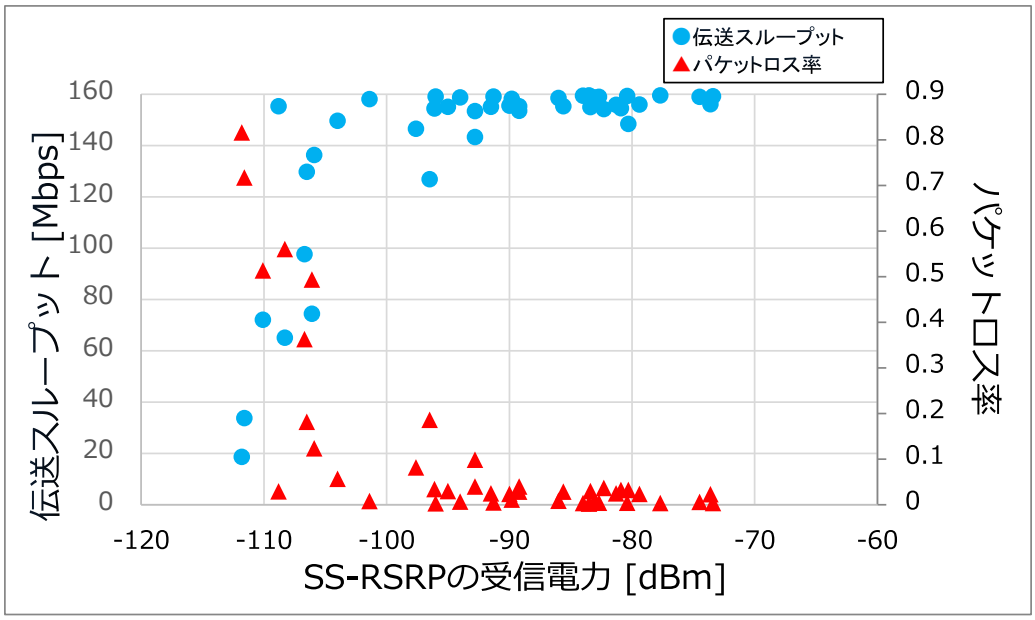


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-32 伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性（UL 送信レート 40Mbps）



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

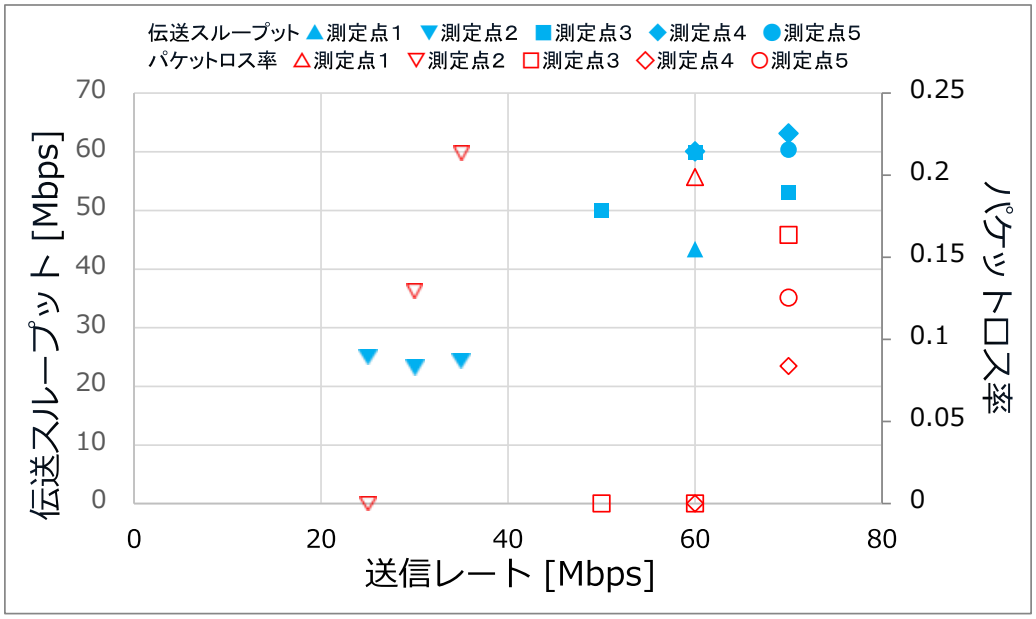
図 3.3.1.4-33 伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性（DL 送信レート 160Mbps）

e）限界性能評価（１）

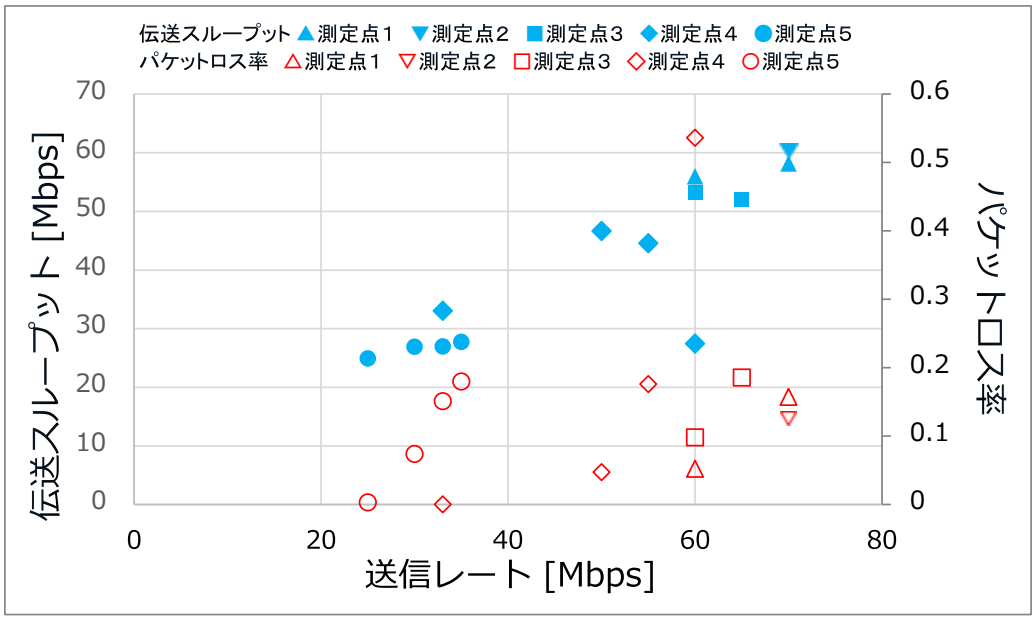
図 3.3.1.4-34、図 3.3.1.4-35、図 3.3.1.4-36 及び図 3.3.1.4-37 に、限界性能評価として送信レートを変更した場合における伝送スループットとパケットロス率の測定結果を示す。また、表 3.3.1.4-4 にこれらの測定を実施した測定点の情報をまとめて示す。限界性能評価は、UL 及び DL の各々について、１台での測定と２台での測定を実施した。２台での測定は、配電柱基地局で実施し、UL は２台の端末からの送信、DL は２台の端末への送信を行い、２台の端末の送信レートは互いに等しくし、２台分の合計の伝送スループットを示した。１台の場合と２台の場合を比較すると、UL と DL の何れの場合も、基地局あたりの伝送スループットには大きな差がなかった。

表 3.3.1.4-4 限界性能評価の測定条件

	測定点	建物記号、階、場所	SS-RSRP [dBm]	UL 負荷 [Mbps]	DL 負荷 [Mbps]
ホテル屋上基地局	測定点１	M5、２階、ベランダ	-94	60	450
	測定点２	M5、２階、窓際	-104	30	160
	測定点３	M4、２階、ベランダ	-88	70	450
	測定点４	M4、６階、ベランダ	-82	70	580
	測定点５	M4、３階、ベランダ	-82	70	700
配電柱基地局	測定点１	M11、１階、ベランダ	-75	70	700
	測定点２	M7、５階、ベランダ	-74	70	700
	測定点３	M7、５階、窓際	-84	60	670
	測定点４	M7、３階、ベランダ	-83	55	320
	測定点５	M1、２階、ベランダ	-92	33	300

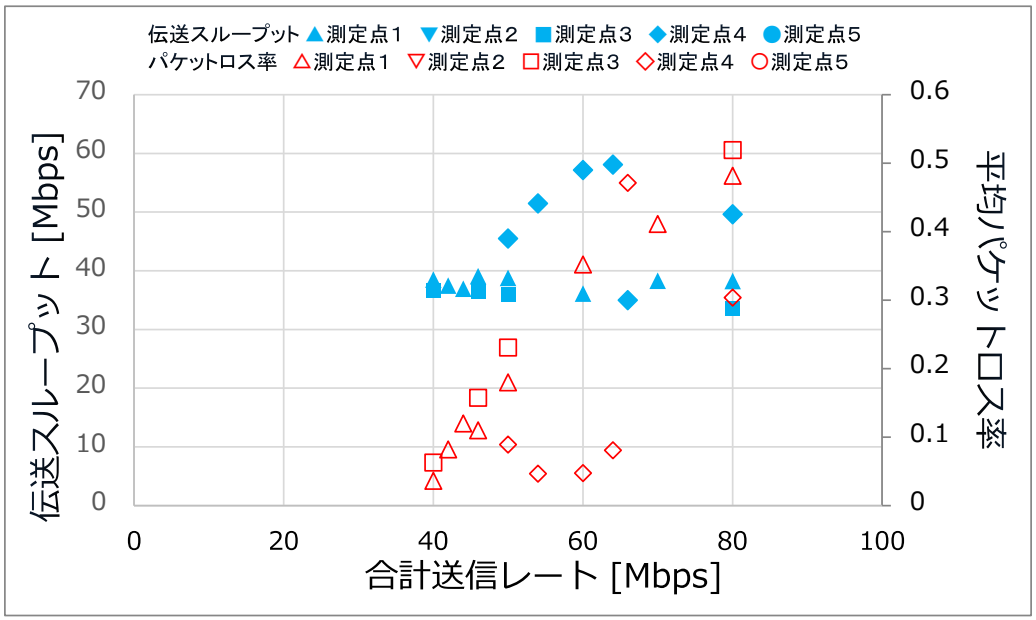


（ア）ホテル屋上基地局



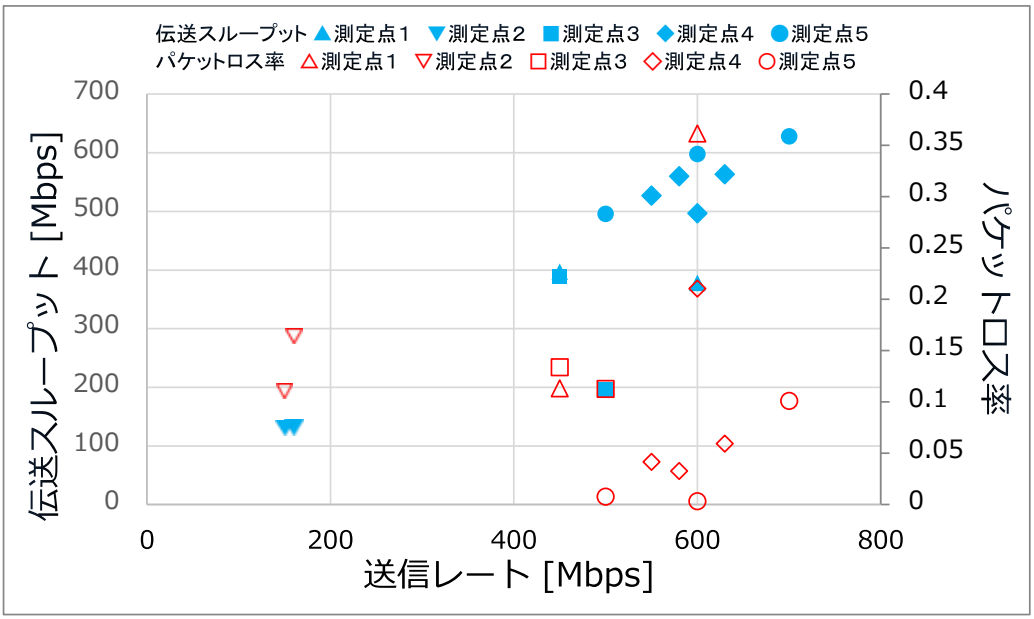
（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-34 伝送スループット限界性能評価（UL、１台）

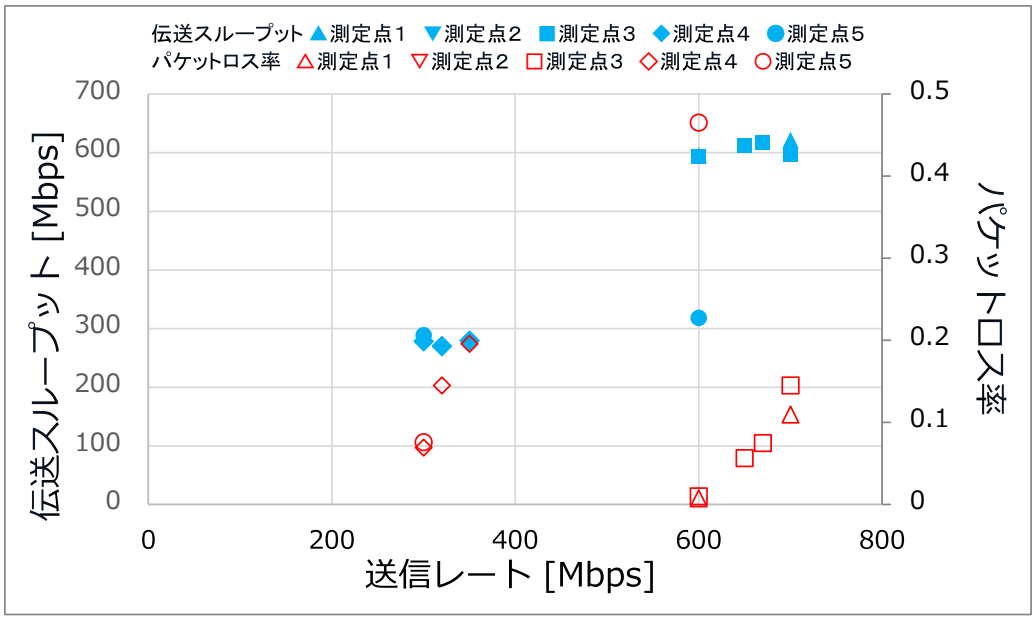


（ア）配電柱基地局

図 3.3.1.4-35 伝送スループット限界性能評価（UL、２台）

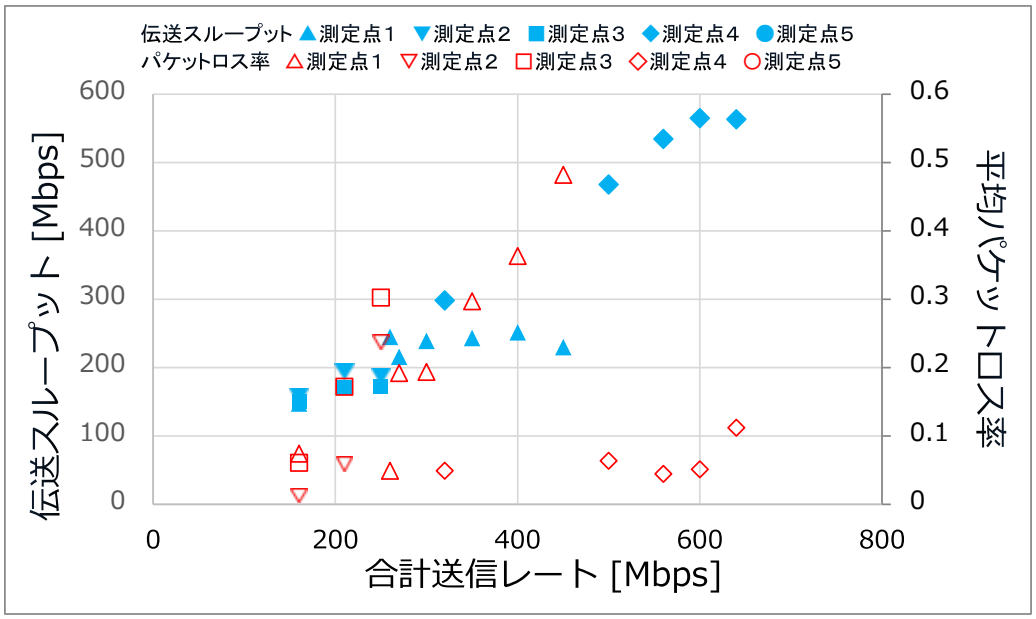


（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-36 伝送スループット限界性能評価（DL、1 台）

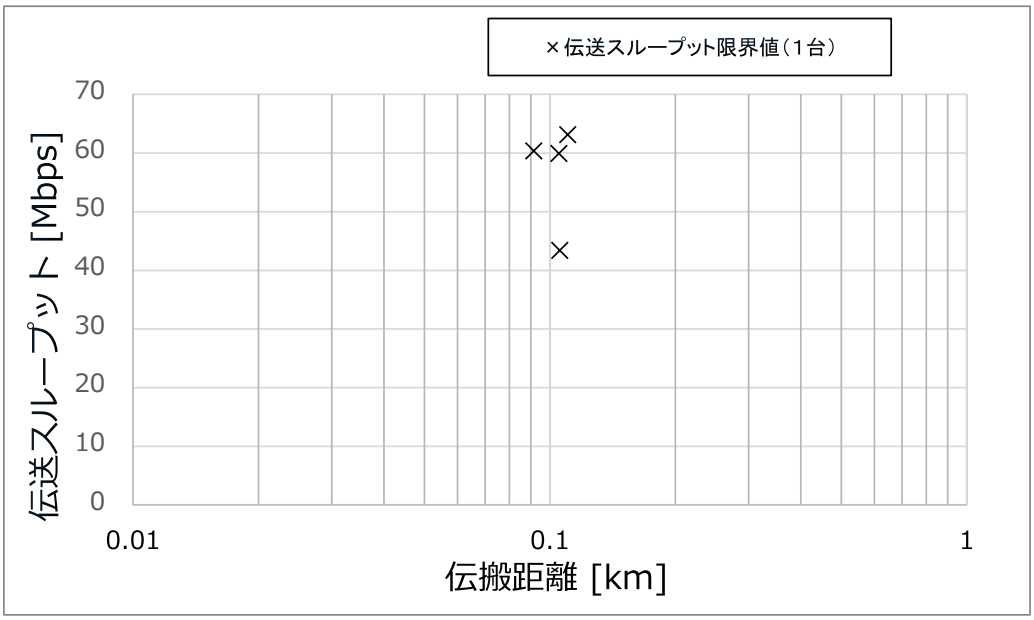


（ア）配電柱基地局

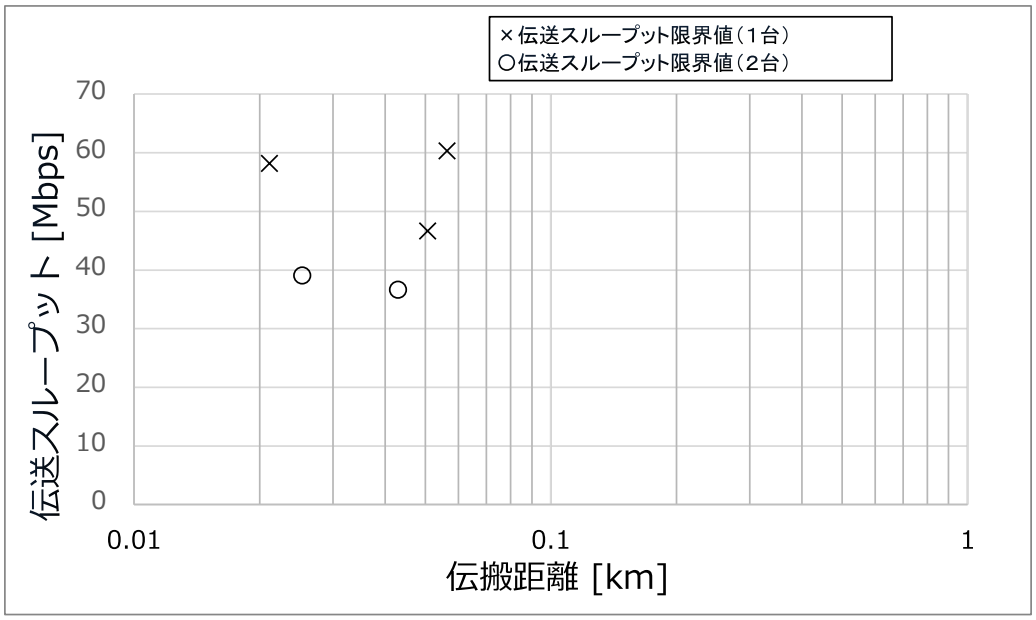
図 3.3.1.4-37 伝送スループット限界性能評価（DL、２台）

f）限界性能評価（２）

図 3.3.1.4-38 及び図 3.3.1.4-39 に、UL と DL の各々について、限界性能評価を行った全ての測定点の伝送スループット限界値と基地局から測定点までの距離との関係を示す。配電柱基地局については、2 台の端末で測定を行った結果も示す。

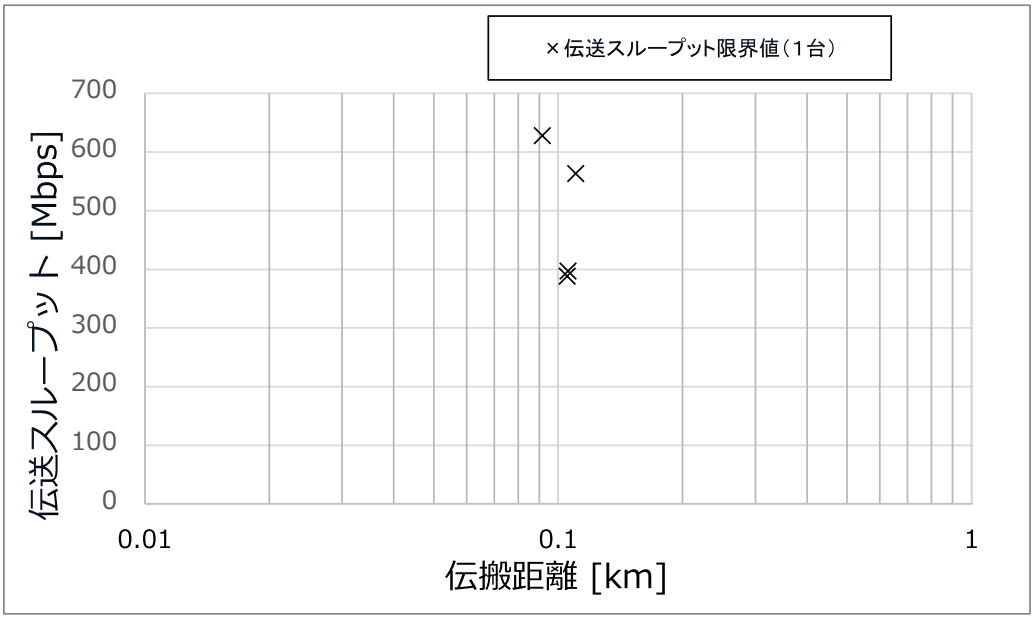


（ア）ホテル屋上基地局

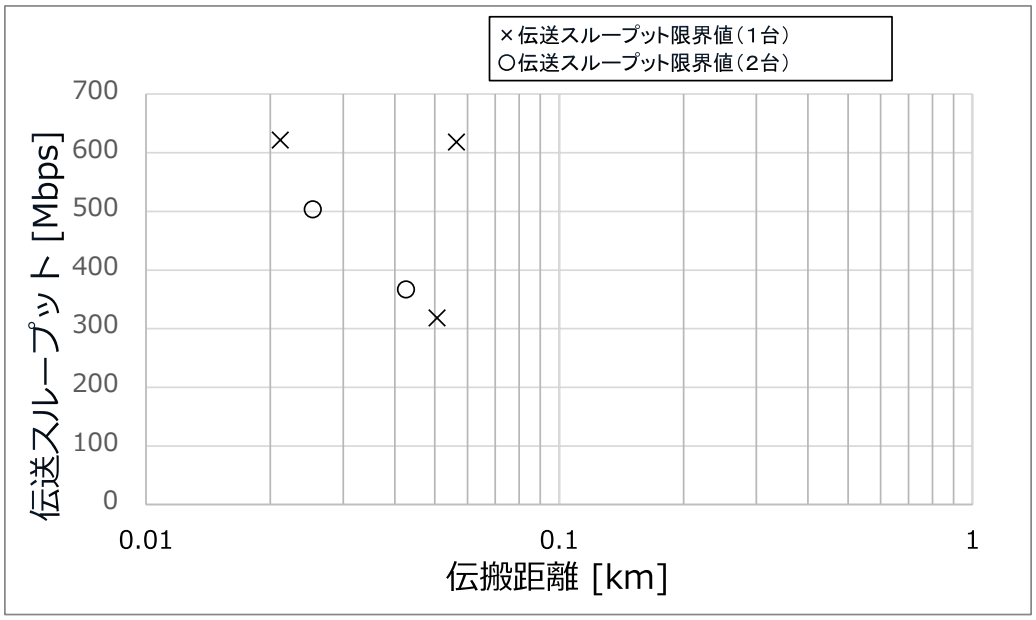


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-38 伝送スループット限界値の距離特性（UL）



（ア）ホテル屋上基地局

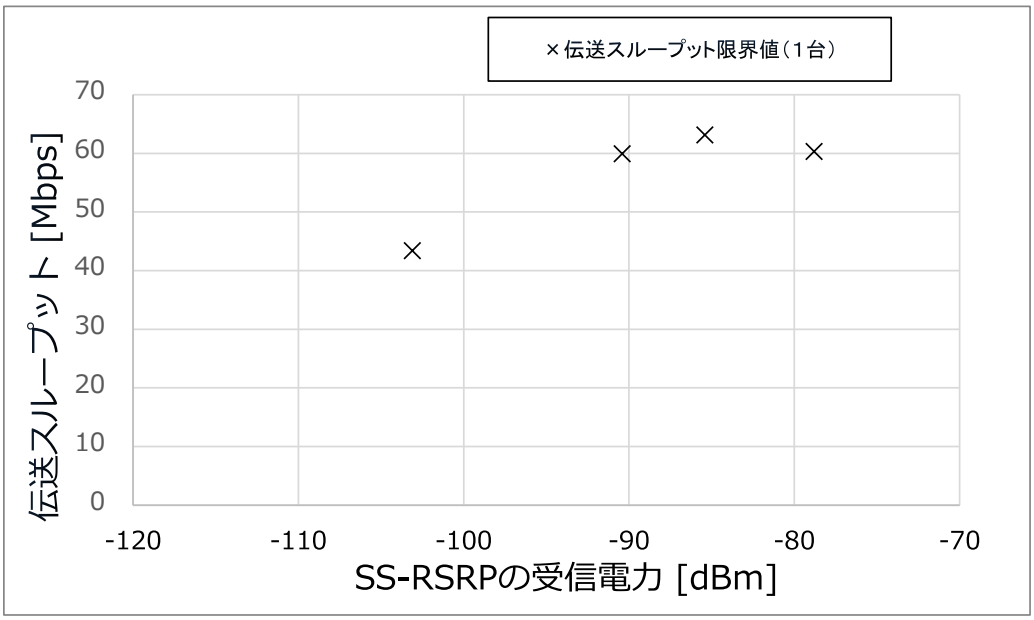


（イ）配電柱基地局

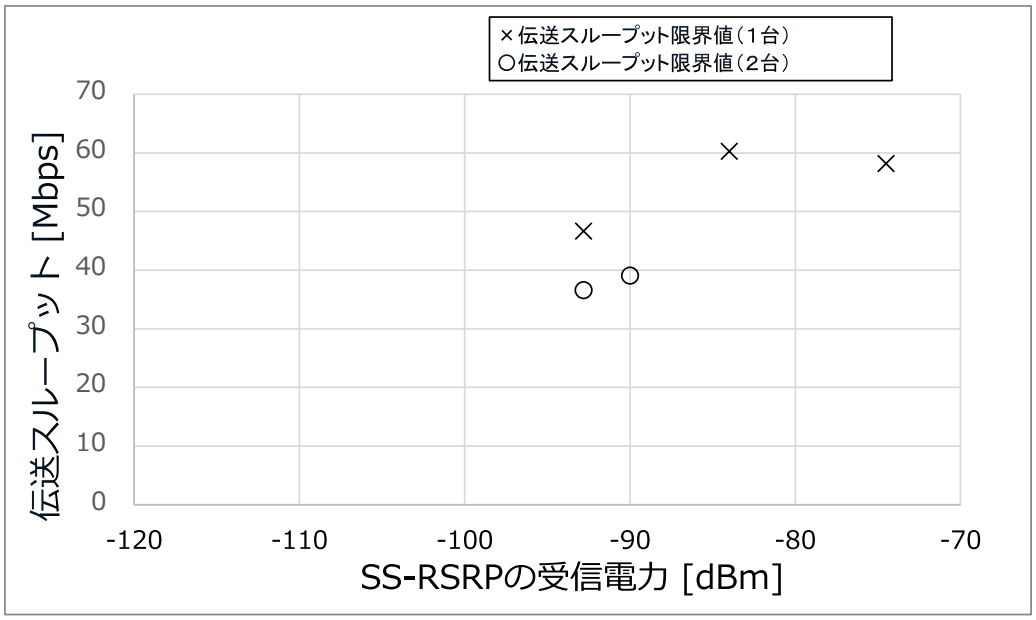
図 3.3.1.4-39 伝送スループット限界値の距離特性（DL）

g）限界性能評価（３）

図 3.3.1.4-40 及び図 3.3.1.4-41 に、UL と DL の各々について、限界性能評価を行った全ての測定点の伝送スループット限界値と受信電力との関係を示す。配電柱基地局については、2 台の端末で測定を行った結果も示す。

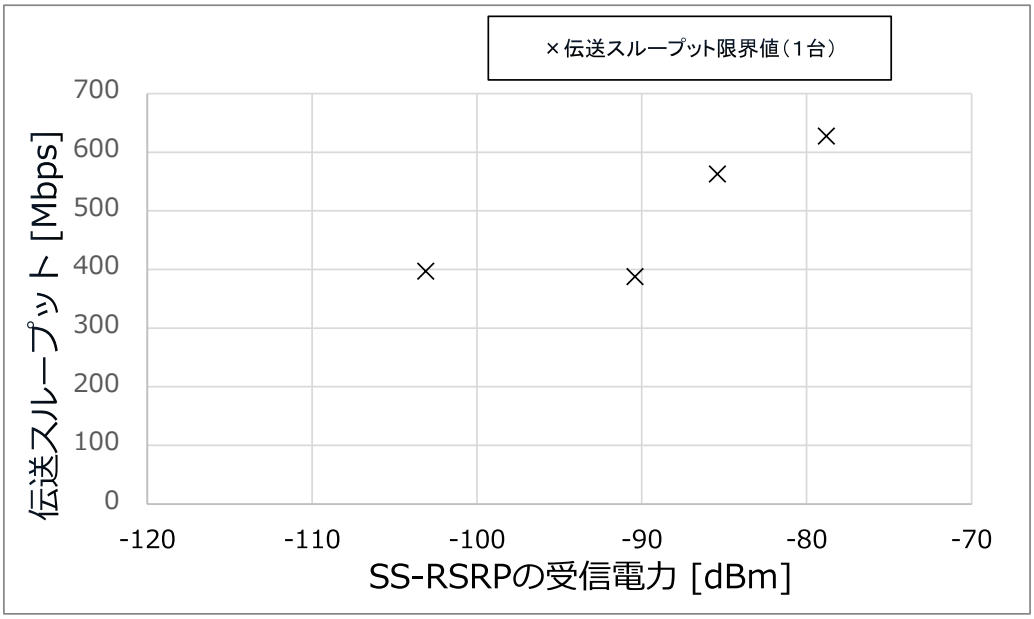


（ア）ホテル屋上基地局

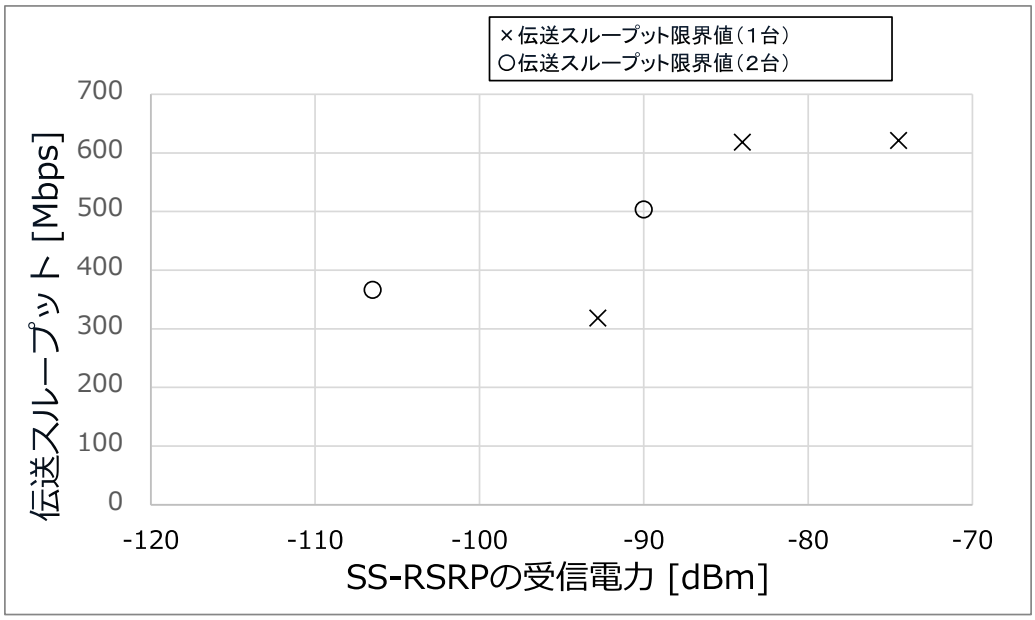


（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-40 伝送スループット限界値の受信電力特性（UL）



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-41 伝送スループット限界値の受信電力特性（DL）

h）伝送遅延の測定（１）

図 3.3.1.4-42 に無線区間の影響を除いた測定系における伝送遅延の測定結果を示す。無負荷で測定を行い、無線区間を含まない伝送遅延は、平均値で 1msec となった。

測定用パソコン PC s から Router 及び UPF への転送遅延を測定した。

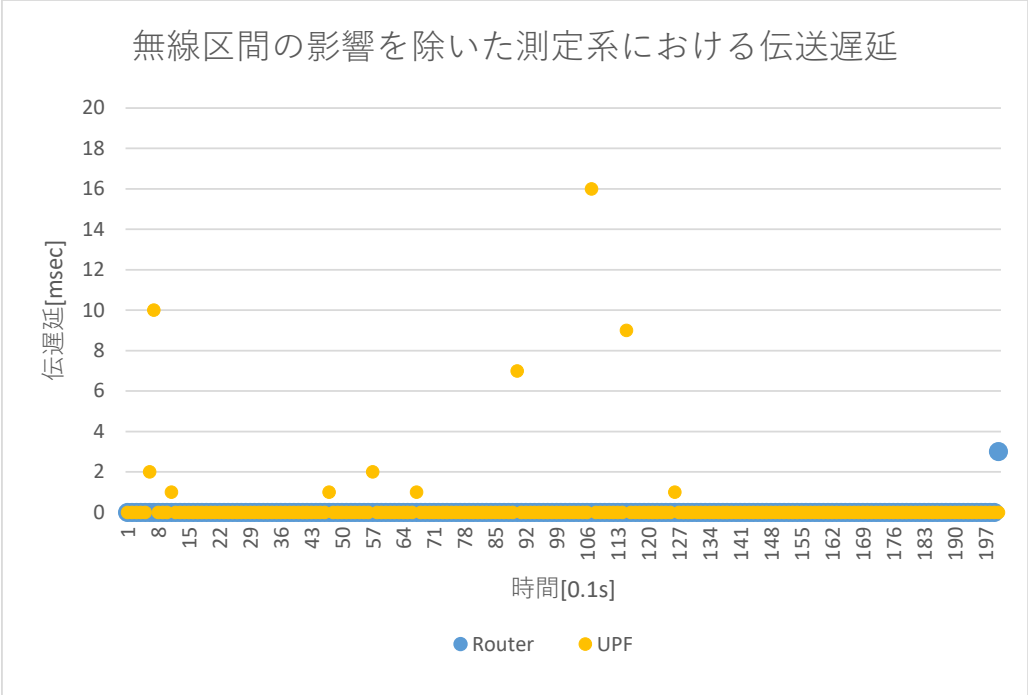
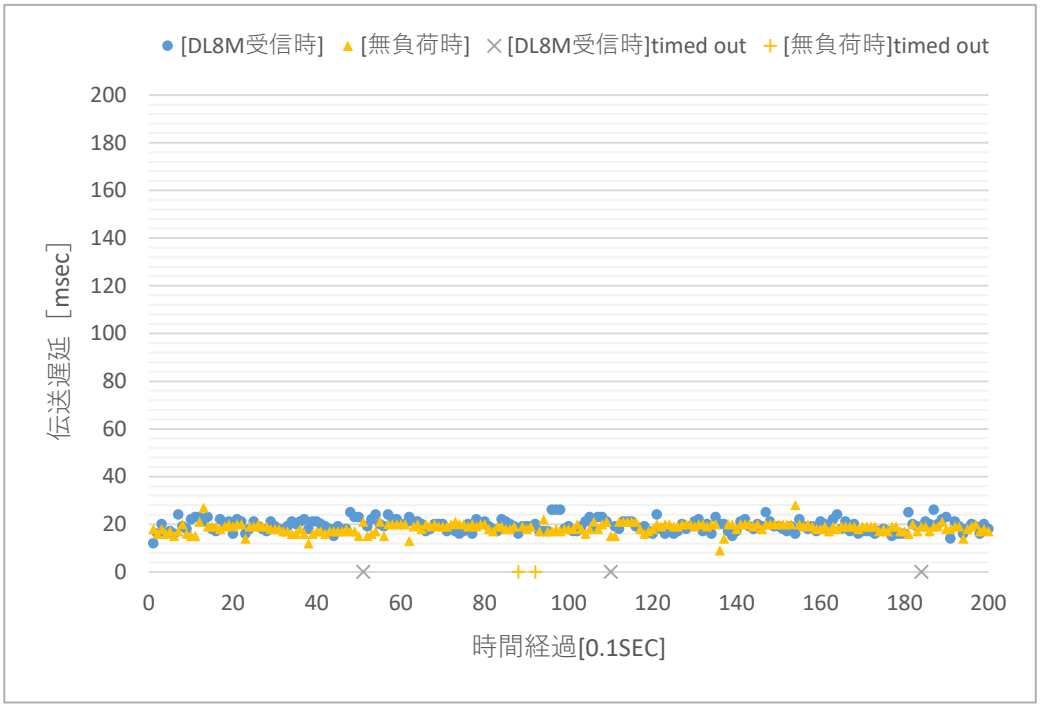


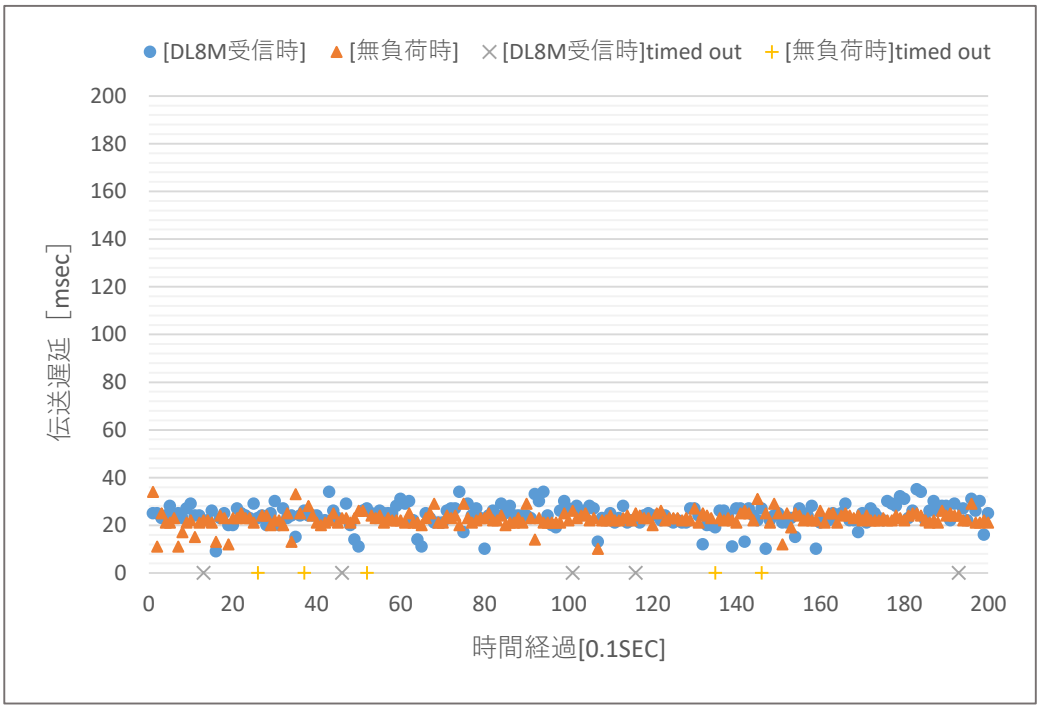
図 3.3.1.4-42 無線区間の影響を除いた測定系における伝送遅延

i）伝送遅延の測定（２）

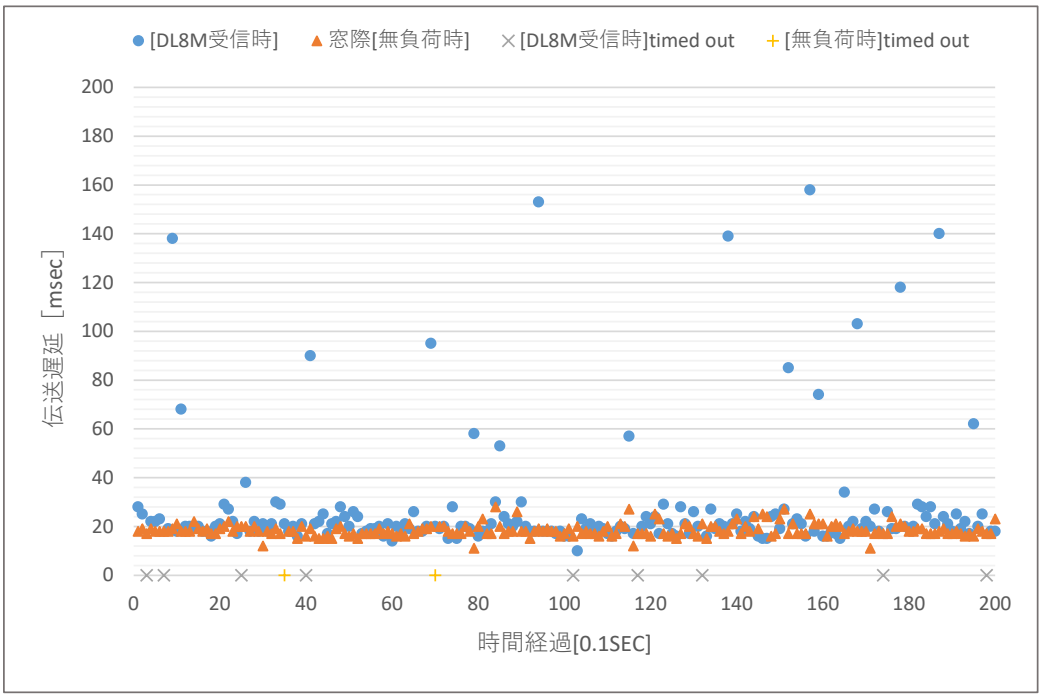
図 3.3.1.4-43 に伝送遅延の時系列データを示す。測定はパソコン PCs 及び PCc に搭載の Exping を使用して、無負荷/DL(8Mbps）の負荷時に伝送遅延を測定した。



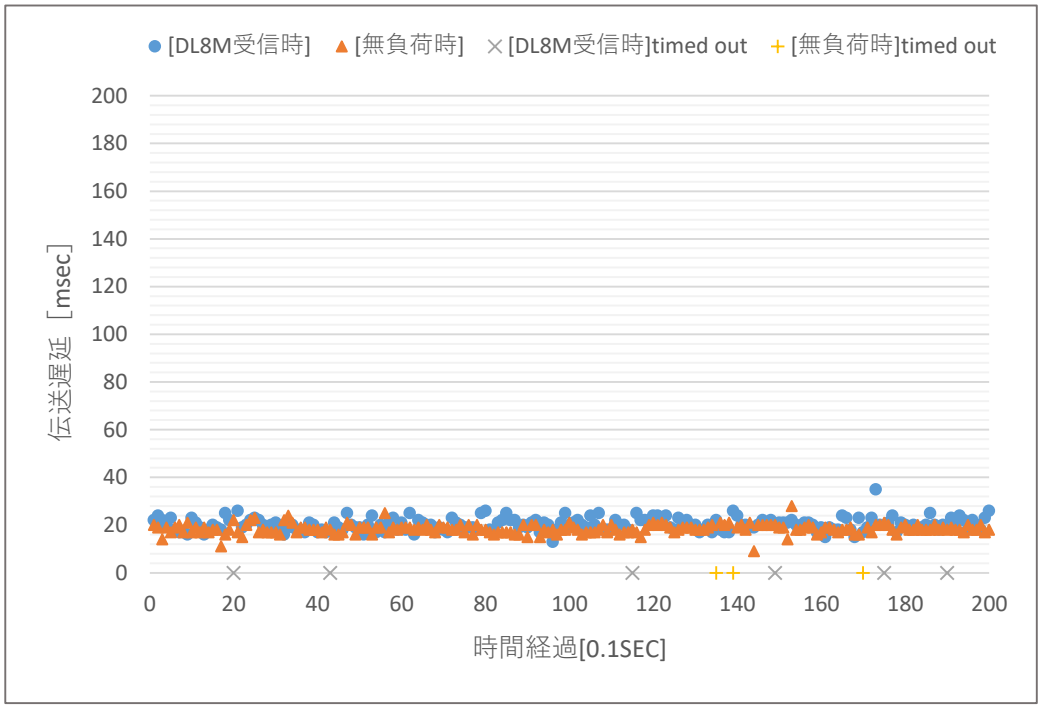
（ア）ホテル屋上基地局（測定点：M1-4F、RSRP：-76dBm）



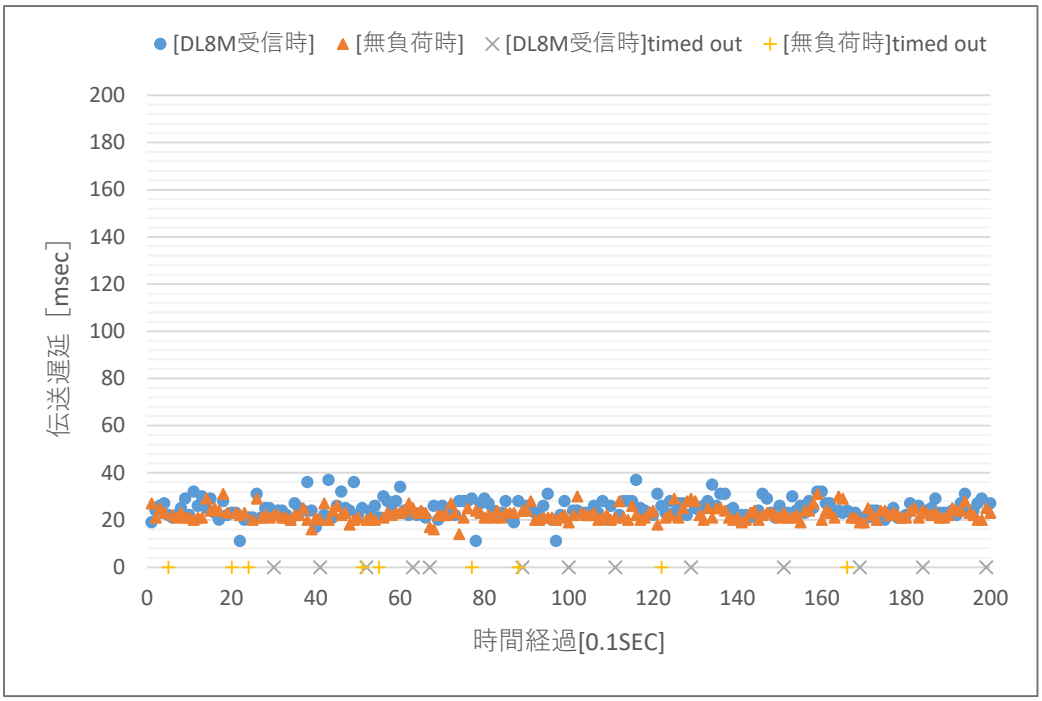
（イ）ホテル屋上基地局（測定点：M4-6F、RSRP：-81dBm）



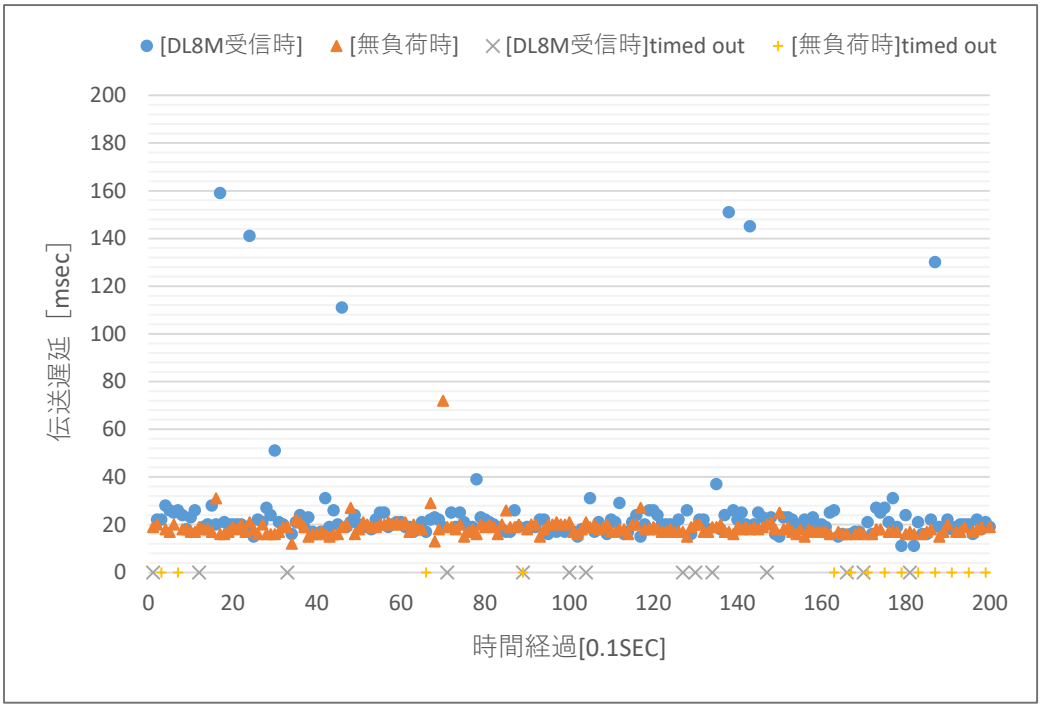
（ウ）ホテル屋上基地局（測定点：M5-2F、RSRP：-106dBm）



（エ）配電柱基地局（測定点：M11-1F、RSRP：-76dBm）



（オ）配電柱基地局（測定点：M9-2F、RSRP：-82dBm）

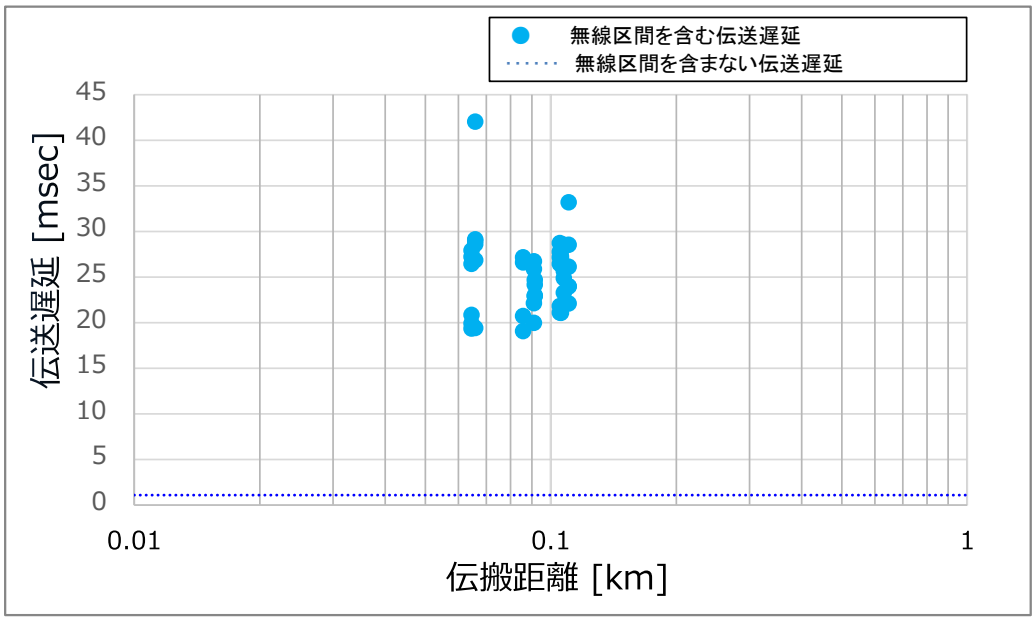


（カ）配電柱基地局（測定点：M6-1F、RSRP：-102dBm）

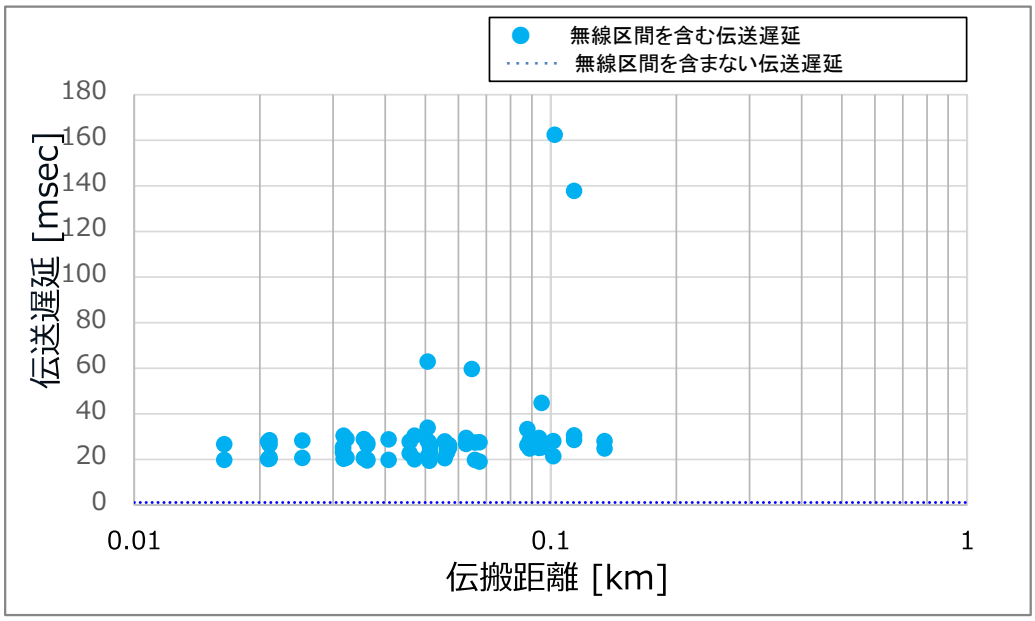
図 3.3.1.4-43 伝送遅延の時系列データ

j）伝送遅延の測定（３）

図 3.3.1.4-44 に伝送遅延と基地局から測定点までの距離との関係を示す。無線区間の影響を除いた伝送遅延（平均値）も示した。



(ア) ホテル屋上基地局

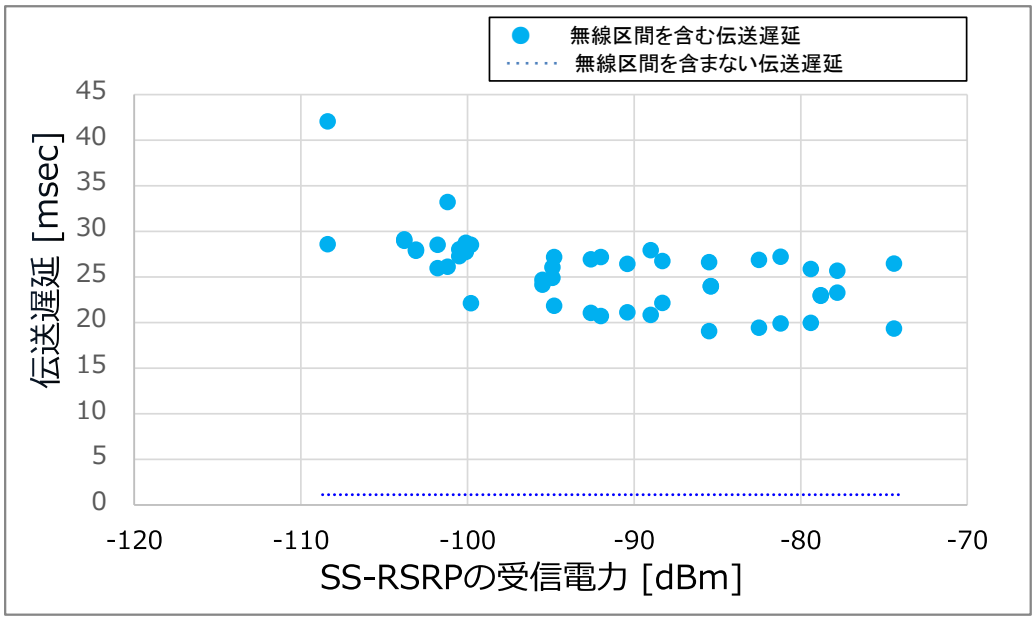


(イ) 配電柱基地局

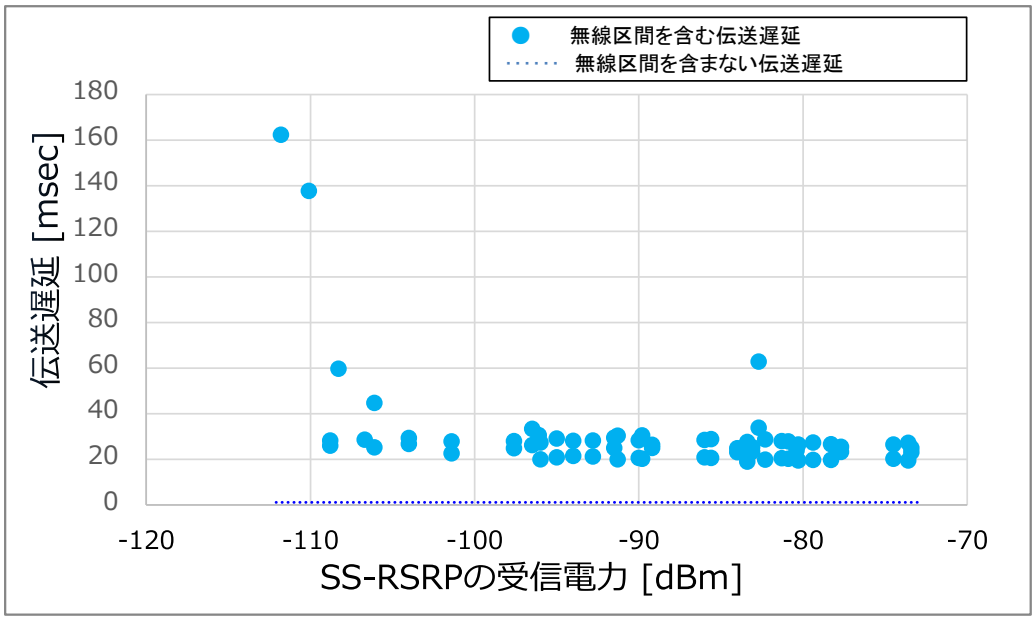
図 3.3.1.4-44 伝送遅延の距離特性（UL 2Mbps + DL 8Mbps）

k) 伝送遅延の測定（４）

図 3.3.1.4-45 に伝送遅延と測定点における受信電力との関係を示す。無線区間の影響を除いた伝送遅延（平均値）も示した。



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

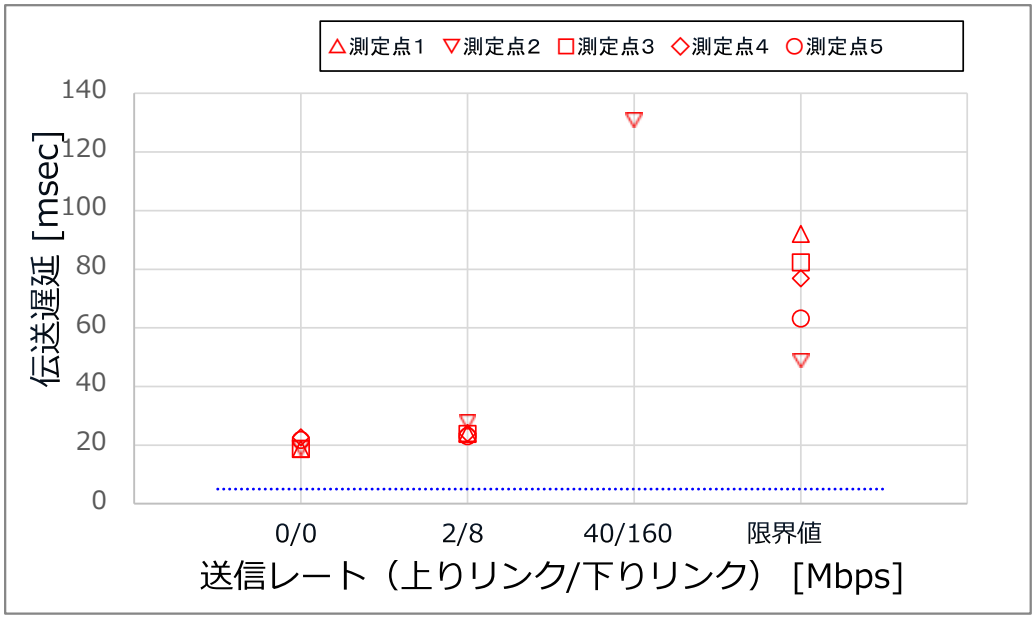
図 3.3.1.4-45 伝送遅延の受信電力特性（UL 2Mbps + DL 8Mbps）

l）伝送遅延の測定（５）

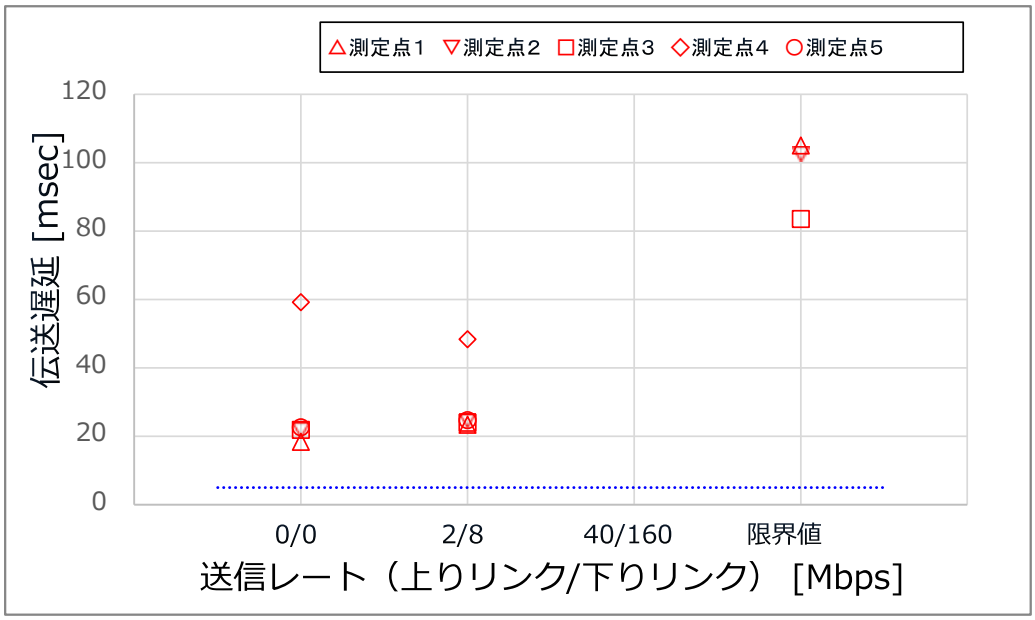
図 3.3.1.4-46 に負荷の伝送遅延への影響を示す。測定を行った測定点における受信電力等を表 3.3.1.4-5 に示す。

表 3.3.1.4-5 伝送遅延の測定条件

	測定点	建物記号、階、場所	SS-RSRP [dBm]
ホテル屋上基地局	測定点１	M5、2 階、ベランダ	-94
	測定点２	M5、2 階、窓際	-104
	測定点３	M4、2 階、ベランダ	-88
	測定点４	M4、6 階、ベランダ	-82
	測定点５	M4、3 階、ベランダ	-82
配電柱基地局	測定点１	M11、1 階、ベランダ	-75
	測定点２	M7、5 階、ベランダ	-74
	測定点３	M7、5 階、窓際	-84
	測定点４	M7、3 階、ベランダ	-83
	測定点５	M1、2 階、ベランダ	-92



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

図 3.3.1.4-46 負荷の伝送遅延への影響

（7）所要性能を実現するための方策の検討

伝送性能の測定において、伝送スループットに関しては、UL では、SS-RSRP 受信電力が-90dBm 以上の測定点で 40Mbps の所要性能を実現でき、DL では、SS-RSRP 受信電力が-100dBm 以上の測定点で 160Mbps の所要性能を実現できた。また、伝送スループットの所要性能が達成できる受信電力の測定点では、100msec 以下の伝送遅延の所要性能も実現できた。このように所要性能を実現する方策としては、以下の点が挙げられる。

- ローカル 5G 端末を用いる業務区域において、所定の受信電力が得られるようにエリア設計を行い、その所定の受信電力が得られる場所においてローカル 5G 端末を設置または持ち運んで利用する。今回の実証で構築したシステムでは、UL で 40Mbps を達成するために SS-RSRP 受信電力が-90dBm 以上になる場所で利用することが必要で、DL で 160Mbps を達成するためには、SS-RSRP 受信電力が-100dBm 以上になる場所で利用にすることが必要である。エリア設計においては、これらの基準を満足できるように、基地局配置、アンテナ高、チルト角などの設計・調整が必要となる。

- 伝送遅延の所要性能を実現するために、伝送スループットが所要性能を超えて限界値に近づくように利用しないようにする。そのために受信電力と伝送スループットの限界値との関係を把握し、伝送スループットが端末を利用する場所での限界値に近づくことがないようにすることが望ましいと考えられる。

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

様々な分野における利用用途や利用環境で柔軟にローカル５Ｇシステムを構築できるよう、ローカル５Ｇシステムのエリア構築に関する技術の確立と他システムとの干渉調整を柔軟に行えるようにすることが求められている。その中で、本実証は、集合住宅においてローカル 5G を用いた共用型 FWA サービスを提供する事業者が、ローカル 5G のエリア構築と他システムとの干渉調整を適切に実施できるようにすることを実証目的とした。

集合住宅においてローカル 5G を用いた共用型 FWA サービスを提供する事業者は、設置する基地局によって、所要の伝送スループットが得られるサービスエリアとなる範囲と収容可能な世帯数（ローカル 5G の所要性能）を見積もった上で、基地局を整備して利用者にサービスを提供する。この見積もりにおいては、他の免許人による干渉妨害を受けない良好な電波環境が確保できることが重要な前提となる。

良好な電波環境の確保のために、ローカル 5G の免許申請者は近接するローカル５Ｇ等の免許人との間で干渉調整を行うことが必要とされている。しかし、集合住宅のように 2 階以上のような高い場所にも移動局が設置される利用環境では、通常の移動局高（1.5m）の場合に比べて、電波がより遠くに届きやすいため、調整対象区域とカバーエリアに乖離があり、本来必要な干渉調整が行われないことにより、良好な電波環境の確保が阻害される恐れがあることから、電波伝搬モデルの精緻化が必要である。また、効率的に基地局を設置してサービスエリアの構築を行うためにも、電波伝搬モデルの精緻化が必要である。

このような電波伝搬モデルの精緻化においては、集合住宅の 2 階以上のような高い場所に移動局が設置される条件で、伝搬損失に対する移動局高の影響を定量的に把握し、電波伝搬モデルの精緻化の対象となるパラメータとその条件に応じた適正な値を明らかにすることが技術的課題である。

（2）実証目標

集合住宅の 2 階以上のような高い場所に移動局が設置される条件で、伝搬損失に対する移動局高の影響を定量的に把握し、電波伝搬モデルの精緻化の対象となるパラメータとその条件に応じた適正な値を明らかにすることを第一の実証目標とした。

第一の実証目標に向けては、２つの仮説を立てて、これら２つの仮説の検証を行い、より有効な一方の仮説または両方の仮説を組み合わせて採用する方針とした。精緻化対象とするパラメータは、第一の仮説では K とし、第二の仮説では S とした。

公募要領の別紙１「技術実証実施要領」における表 2（精緻化の対象パラメータと精緻化の方向性、実施環境の要件）において、各々の精緻化の対象パラメータに関して、「実施環境の要件」が示されている。本実証では、4.7GHz 帯で精緻化の対象パラメータを、第一の

仮説では K、第二の仮説では S とするが、それらの「実施環境の要件」と本実証環境の対応関係は、表 3.3.2.1-1 の通りであり、本実証環境は、実施環境の要件を全て満足する。

表 3.3.2.1-1 「実施環境の要件」と本実証環境の対応関係

精緻化の対象パラメータ	実施環境の要件	本実証環境
K	基地局設置場所が屋外である	ホテル屋上及び配電柱において、基地局を屋外に設置する
	基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる	ホテル屋上基地局及び配電柱基地局は、その近くの集合住宅や公道上のカバーエリアや調整対象区域の測定点までの距離を 500m 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	集合住宅やビルなど、小規模の見通し外伝搬の影響が存在する
S	基地局設置場所が屋外である	ホテル屋上及び配電柱において、基地局を屋外に設置する
	基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる	ホテル屋上基地局及び配電柱基地局は、その近くの集合住宅や公道上のカバーエリアや調整対象区域の測定点までの距離を 500m 以上確保できる

また、現行の審査基準に記載の電波伝搬モデルに対して、端末（移動局）を集合住宅の住戸内（屋内）に設置した場合の建物侵入損 R を精緻化することを第二の実証目標とした。公募要領の別紙 1 によれば、R を精緻化対象とする場合の実施環境の要件は、基地局設置場所が屋内であることであるが、本実証事業企画公募にかかる質問への回答（項番 72）において、屋外に基地局を設置する場合であっても、建物侵入損が想定され得るケースは R（建物侵入損）を精緻化対象とできるとの回答があった。このため、移動局が屋内に設置されるために建物侵入損が想定される本実証において R を精緻化対象とした。

3.3.2.2 実証仮説

(a) K の精緻化に関する実証仮説（第一の実証目標における第一の仮説）

審査基準では、4.6GHz から 4.9GHz までの周波数を使用する場合における伝搬等に関する計算式により電波伝搬モデルが示されている。具体的には、現行の審査基準における電波伝搬モデルでは、基地局と伝搬損失を算定する地点との距離 dxy によって、以下の①～③の 3 つの場合に分けられている。

① dxy が 0.04km 以下
② dxy が 0.04km を超えて 0.1km 未満
③ dxy が 0.1km 以上

ここで、実証計画段階では、①及び②の範囲では、K=0 とし、③の範囲では、K を dxy と移動局高に応じた値とすることを検討していたが、K は、③における伝搬損失の計算式に含まれていることから、実証を実施する段階では、K を移動局高に応じた値とすることとした。

実証環境の集合住宅においては、基地局から見通し内になる場所においても、他の建物に遮られて見通し外となる場所においても、直接波や建物による反射波に加えて、大地反射の影響を受ける。大地反射の 2 波モデルにおいては、伝搬損失が距離の 2 乗に比例する範囲から距離の 4 乗に比例する範囲に切り替わるブレークポイントまでの距離が、基地局アンテナ高及び移動局高に比例するとされている。このことから、移動局が 2 階以上の高い場所に設置される場合は、ブレークポイントまでの距離が 0.1km よりも長くなり、移動局高に比例すると仮定した。また、審査基準の③の範囲の式は、伝搬損失が距離の約 3.5 乗に比例するため、ブレークポイントの距離を超えた範囲では、伝搬損失が同じ割合で大きくなると仮定した。その上で、実証計画段階では、開放地においてブレークポイントまでの距離を移動局高に応じた値としたときの伝搬損失と、ブレークポイントまでの距離が 0.1km のときの伝搬損失との差分を K とすることを検討した。

この実証計画段階での仮説に基づいて計算したホテル屋上基地局の受信電力距離特性の計算例を図 3.3.2.2-1 に示す。移動局高は、1 階（高さ 1.5m）、2 階（高さ 4.5m）、3 階（高さ 7.5m）及び 4 階（高さ 10.5m）とし、市街地として計算した。移動局高が 1 階の場合は、審査基準と同じとなる。

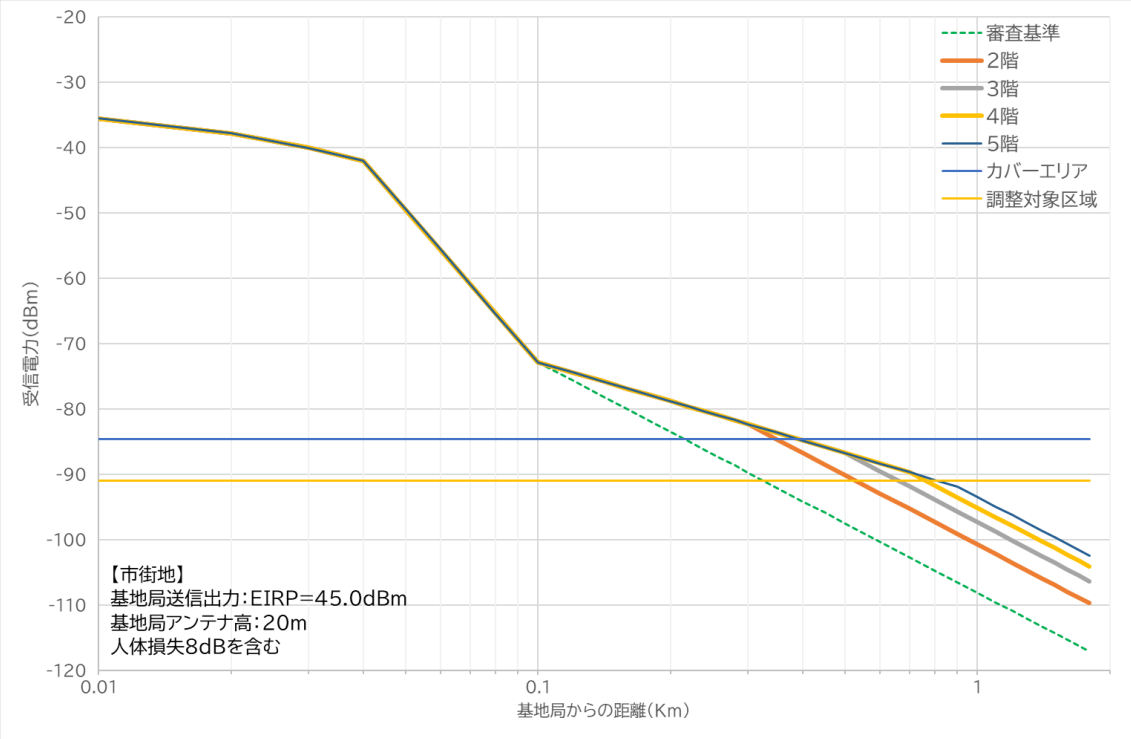


図 3.3.2.2-1 K の精緻化に関する第一の仮説に基づく受信電力距離特性の計算例

（実証計画段階に計算）

ブレークポイントのずれによる差分を K に反映させて補正する上記の仮説は、本実証環境に特有の条件に依存しておらず、基地局アンテナ高及び移動局高に依存するもので、他の環境でも原理的に不変であるため、この仮説の方法により汎用的な精緻化ができる可能性がある。

実証計画段階では、仮説による K の値は、基地局からの距離に依存し、一定値とはならないと考えたが、実証を実施する段階で K を一定値とする方法を見出した。その方法は、3.3.2.5 で説明する。

(b) S の精緻化に関する実証仮説（第一の実証目標における第二の仮説）

図 3.2-2 に示したように、ホテル屋上基地局の設置予定場所から周囲の集合住宅を見渡すと、4～5 階が見える建物が多く、１～2 階が見える建物は少ない。このことからホテル屋上基地局から周囲の集合住宅の４～5 階までは、電波の到来方向に高い樹木、建物などの妨害物がない開けた地域と見做すことができ、開放地に相当すると考えられる。一方、ホテル屋上基地局から周囲の集合住宅の１～2 階までは、2 階建て以上の建物の密集地と見做すことができ、市街地として扱うのが適当と考えられる。また、3 階付近は、その両者の中間と考えられ、郊外地に相当する可能性が考えられる。

このように最大 5 階程度で様々な高さの建物が存在する場所では、移動局が設置される集合住宅の階によって、市街地、郊外地、開放地に対する補正値（0.0、12.3、32.5 dB）を対応付けて S の値とすることを実証仮説とした。

この仮説に基づいて計算したホテル屋上基地局の受信電力距離特性の計算例を図 3.3.2.2-2 に示す。移動局高は、1 階及び 2 階を市街地、3 階を郊外地、4 階及び 5 階を開放地として示した。

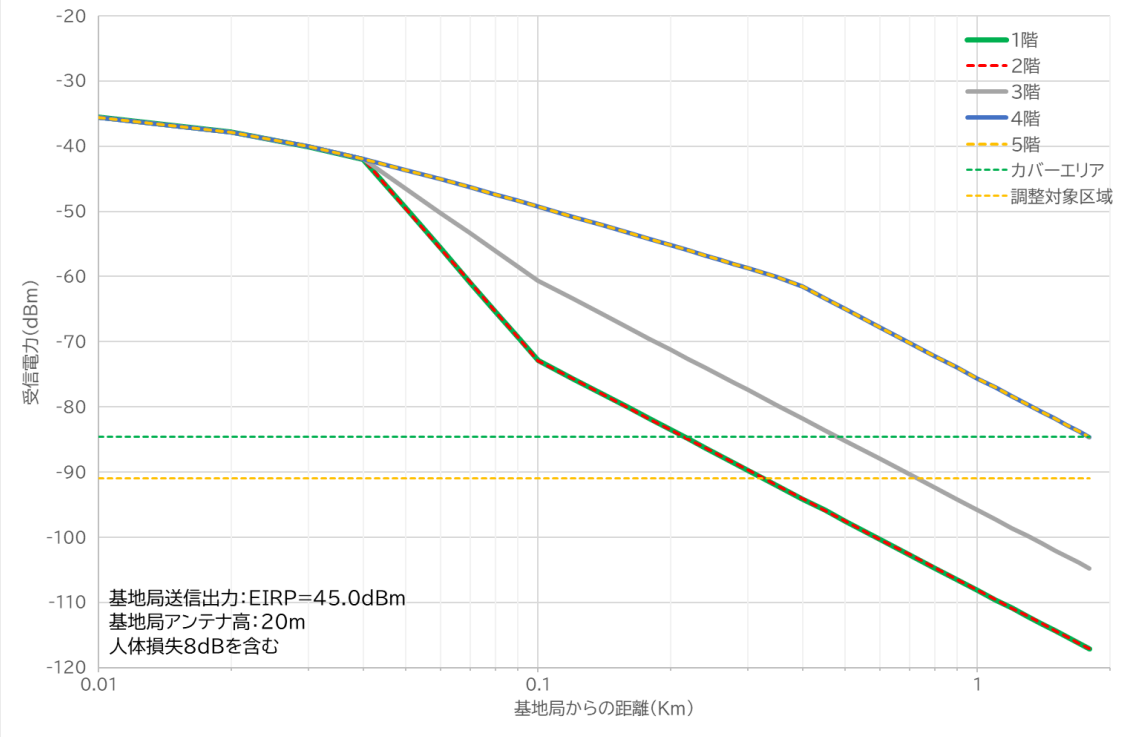


図 3.3.2.2-2 S の精緻化に関する第二の仮説に基づく受信電力距離特性の計算例（実証計画段階に計算）

なお、移動局が設置される集合住宅の階によって、市街地、郊外地、開放地の何れかに対応させる基準としては、より定量的な地物の状態の示し方を検討した。具体的には、1 階から 5 階までの階ごとの建物占有面積率を基準として、その基準による精緻化の可能性について評価した。ここで、通常の建物占有面積率は、1 階以上の建物が建っている面積の割合であるが、N=1～5 として、N 階以上の建物が建っている面積の割合を N 階での建物占有面積率とした。

(a)では第一の仮説に基づく受信電力距離特性の計算例を示し、(b)では第二の仮説に基づく計算例を示したが、第一の仮説と第二の仮説の検証で、各々の有効性が認められる場合には、両者を組み合わせた場合の検証も行うこととした。その仮説の組み合わせにより計算したホテル屋上基地局の受信電力距離特性の計算例を図 3.3.2.2-3 に示す。

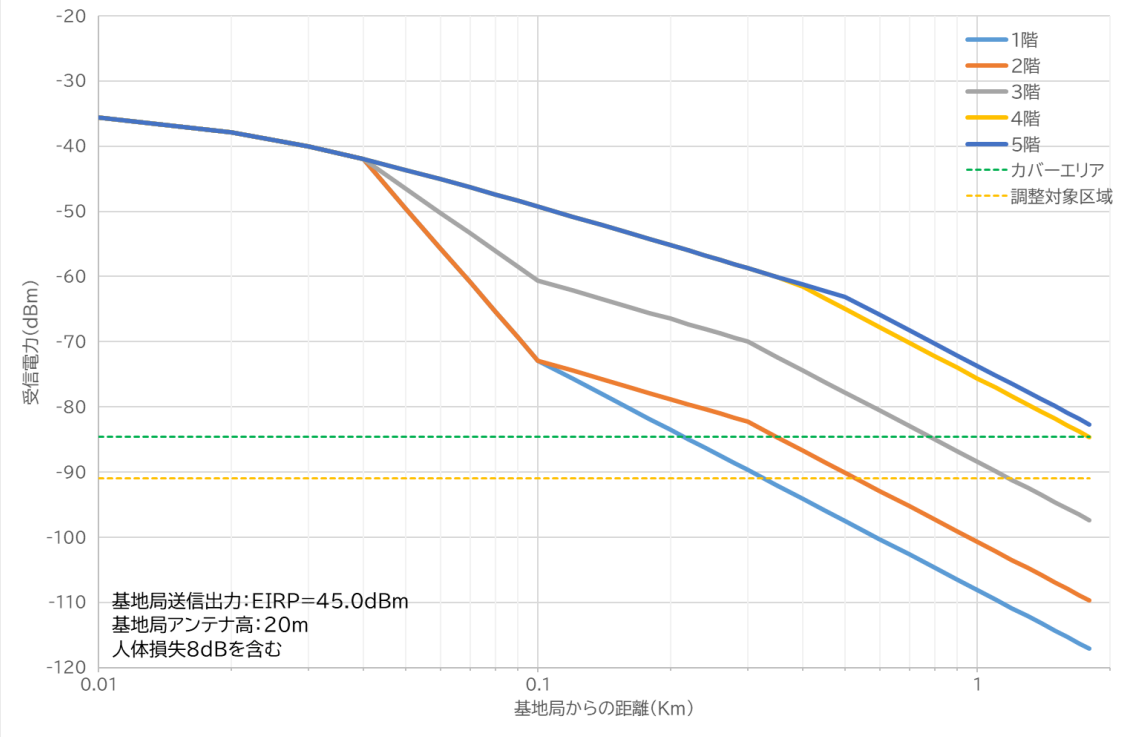


図 3.3.2.2-3 第一の仮説と第二の仮説の組み合わせによる受信電力距離特性の計算例（実証計画段階に計算）

第一の仮説と第二の仮説の組み合わせる場合は、K と S を独立に評価する方法と同様に各々計算し、伝搬損失の計算式に K と S の両方の値を反映させる。

(c) R の精緻化に関する実証仮説（第二の実証目標における仮説）

審査基準では、基地局を屋内に設置する場合の建物侵入損 R が 16.2dB とされているが、集合住宅の窓際に移動局を設置することで、建物侵入損の影響を抑えて、比較的良好な通信品質が期待できる。このように移動局を設置するようにした場合、建物侵入損は、ガラス窓の透過損失の影響を大きく受けると考えられる。また、「電波伝搬の実際」（https://www.apmc-mwe.org/mwe2005/src/TL/TL05-02.pdf）によれば、5GHz での透過損失は、コンクリート（厚さ 7.5cm）で 12dB であるが、ガラス（厚さ 10mm）では種類によって差異があり 2dB 程度とされている。しかし、集合住宅の窓際に移動局を設置しても、ベランダがあり、コンクリートで電波が遮蔽される部分も多い。これらの点を総合的に考えて、移動局を集合住宅の住戸内（屋内）に設置した場合の建物侵入損 R は、集合住宅による違いもあり、5dB～10dB 程度になると想定した。

3.3.2.3 評価・検証項目

以下の評価・検証を行うこととした。

- 目標設定

- 精緻化の対象とするエリア算出法のパラメータを明確化する。

- エリア設計
  - 精緻化の対象パラメータの値について、実証環境の環境条件に基づき精緻化の仮説を立てる。
  - 仮説に基づきパラメータの値を修正した算出式を用いて、屋内外のカバーエリア及び調整対象区域を作図する。

- 測定
  - エリア設計で作図したカバーエリアおよび調整対象区域内において、基地局からの距離が異なる 20 以上の地点で測定する。その際、エリア設計に用いた算出式のカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、それぞれの閾値が実測される基地局相当の無線局からの距離の確認を行う。

- 分析・考察
  - エリア設計の作図と実測データを比較し、その差分の要因を分析する。
  - 差分の考察に基づきパラメータを精緻化する。精緻化後のパラメータを用いた屋内外のカバーエリア及び調整対象区域を作図し、実測に近しい結果が得られていることを示す。

3.3.2.4 評価・検証方法

(1) 目標設定

3.3.2.1 (2)に記載の通り、精緻化の対象とするエリア算出法のパラメータを明確化した。

(2) エリア設計

3.3.2.2 に記載の通り、精緻化の対象パラメータの値について、実証環境の環境条件に基づき精緻化の仮説を立てた。

また、第一の実証目標における第一の仮説、第二の仮説、及び第二の実証目標における仮説の各々に基づいて、パラメータの値を修正した算出式を用いて、ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々について、以下のようにカバーエリア及び調整対象区域を作図した。

- 第一の実証目標における第一の仮説及び第二の仮説に関しては、集合住宅の 1 階～5 階の各階のカバーエリア及び調整対象区域を作図する。
- 第二の実証目標における仮説に関しては、建物侵入損 R を算入した算出式を用いて、カバーエリア及び調整対象区域を作図する。集合住宅の 1 階におけるカバーエリア等の作図となる。建物侵入損 R は、仮説として 5dB～10dB 程度と想定するため、この範囲内の 5dB と 10dB として作図する。
- カバーエリア及び調整対象区域となる可能性のある範囲における受信電力の計算地点を一定のメッシュ間隔で定める。
- 各計算地点において、基地局の送信電力、基地局の給電線損失、アンテナ利得（基地

局アンテナから移動局への水平角と俯角を計算して、アンテナ特性から各方向の利得を算出して補正）及び各々の仮説に基づきパラメータ値を修正した伝搬損失の算出式より、受信電力を計算する。

- 各計算地点に関して、計算した受信電力の値をカバーエリア及び調整対象区域の閾値と比較して、カバーエリア、調整対象区域及びそれ以外の区域に区分し、図面上に色分けして表示する。

(3) 測定

ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々について、エリア設計で作図したカバーエリアおよび調整対象区域内において、基地局からの距離が異なる 20 以上の地点で受信電力の測定を行い、エリア設計に用いた算出式のカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、受信電力の測定ルート上で、カバーエリア及び調整対象区域のそれぞれの閾値が実測される地点の基地局からの距離の確認を行った。

このうち受信電力の測定については、3.3.1（ローカル５Ｇの電波伝搬特性等の測定）において、通常の移動局アンテナ高で、審査基準の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ける受信電力の測定を行い、また、高所測定地点でも受信電力の測定を行うため、電波伝搬モデルの精緻化の検討では、これらの測定データを利用した。そして、仮説に基づくエリア設計により作図したカバーエリアおよび調整対象区域内において、3.3.1 で受信電力の測定した地点が 20 の地点に満たない場合、仮説に基づく調整対象区域の測定地点が 20 以上となるように測定地点を追加して、受信電力の測定を行った。ここで、エリア設計で作図した複数の仮説によるカバーエリアと調整対象区域のうち、最も広いカバーエリアと調整対象区域を基準として測定地点を選定することとした。

一方、カバーエリア及び調整対象区域のそれぞれの閾値が実測される地点の基地局からの距離の確認については、3.3.1 において実施するため、その結果を参照することとした。

なお、3.3.1 における受信電力の測定と電波伝搬モデルの精緻化のための受信電力の測定を効率的に行うため、3.3.1 における受信電力の測定では、仮説に基づく調整対象区域においても十分な測定データが得られるように測定ルートを選定することで、追加の受信電力の測定を改めて行う必要が生じないようにした。

上記の 20 以上の地点での受信電力の測定にあたっては、周辺の様子(遮蔽物・反射物)がわかる写真を撮影し、街路樹など、電波伝搬に影響を及ぼす可能性のあるものについて情報収集を行った。

(4) 分析・考察

ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々について、エリア設計の作図と実測データを比較し、その差分の要因を分析すると共に、差分の考察に基づきパラメータを精緻化した。そして、精緻化後のパラメータを用いた屋内外のカバーエリア及び調整対象区域を作図し、実測に近しい結果が得られていることを示した。

以上に説明した評価・検証において、実証エリアにおける地形情報(標高)としては、国土地理院のデータを使用した。

また、第一の実証目標における第二の仮説に基づくパラメータ S の精緻化の検討においては、3.3.2.2 で説明した階ごとの建物占有面積率を計算して、分析・考察を行った。

さらに、第二の実証目標における建物侵入損 R の精緻化に関する実証仮説の検討においては、集合住宅の屋内での受信電力等の測定にあたって、以下のような情報収集を行い、記録した。

- 測定点の LOS/NLOS、測定点の建物内深さ、測定階、基地局から壁面までの距離、壁面に対する水平・垂直の角度について記録する。
- 建物侵入損失に比較的大きく影響する窓の大きさ、二重窓、窓ガラスフィルムなどを中心に情報収集を行う。壁の材質や厚さなど、その他の情報は可能な範囲で入手する。

3.3.2.5 実証結果及び考察

(1) 目標設定

3.3.2.1 (2)に記載の通り、精緻化の対象とするエリア算出法のパラメータを明確化した。

(2) エリア設計

a) 第一の実証目標における第一の仮説（パラメータ K の精緻化仮説）

以下に K の計算式について説明する。

- K を階ごとに一定値とする。1 階と 2 階～5 階の差（K の値）は、以下の通りである。
  - 2 階：15*log10(3)=7.2dB
  - 3 階：15*log10(5)=10.5dB
  - 4 階：15*log10(7)=12.7dB
  - 5 階：15*log10(9)=14.3dB
- 一般化すると n 階（n = 2～5）における K の値は、15*log10(2n-1) [dB]となる。
- この計算式の説明は、以下の通りである。
  - 1 階（高さ 1.5m）と 2 階（高さ 4.5m）では、高さに 3 倍の差があるため、ブレークポイントまでの距離には、3 倍の差が生じる。
  - 仮に 1 階でのブレークポイントが 0.1km であり、2 階でのブレークポイントが 0.3km であるとき、1 階における 0.1km から 0.3km の間の伝搬損失の増加分は、その間の伝搬損失が距離の 3.5 乗に比例すると仮定し、以下の式で計算される。

    35*log10(0.3)-35*log10(0.1)=35*log10(3) [dB]

- また、2 階における同じ区間の伝搬損失の増加分は、ブレークポイントの手前であるため、伝搬損失が自由空間伝搬と同様に距離の 2 乗に比例し、以下の式で計算される。

  20*log10(0.3)-20*log10(0.1)=20*log10(3) [dB]

- このため、ブレークポイントの距離の差により、伝搬損失には、15*log10(3) [dB]の差が生じるため、この値を K の値とする。
- ここでは、1 階でのブレークポイントの距離を 0.1km と仮定して計算したが、K の値は、この仮定した距離に依存しない。
- 同様に、3 階（高さ 7.5m）、4 階（10.5m）、5 階（13.5m）では、1 階との高さは、5 倍、7 倍、9 倍となるため、各々の階での K の値は、15*log10(5) [dB]、15*log10(7) [dB]、15*log10(9) [dB]となる。

図 3.3.2.5-1 及び図 3.3.2.5-2 に、ホテル屋上基地局及び配電柱基地局の各々について、K の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性を示す。

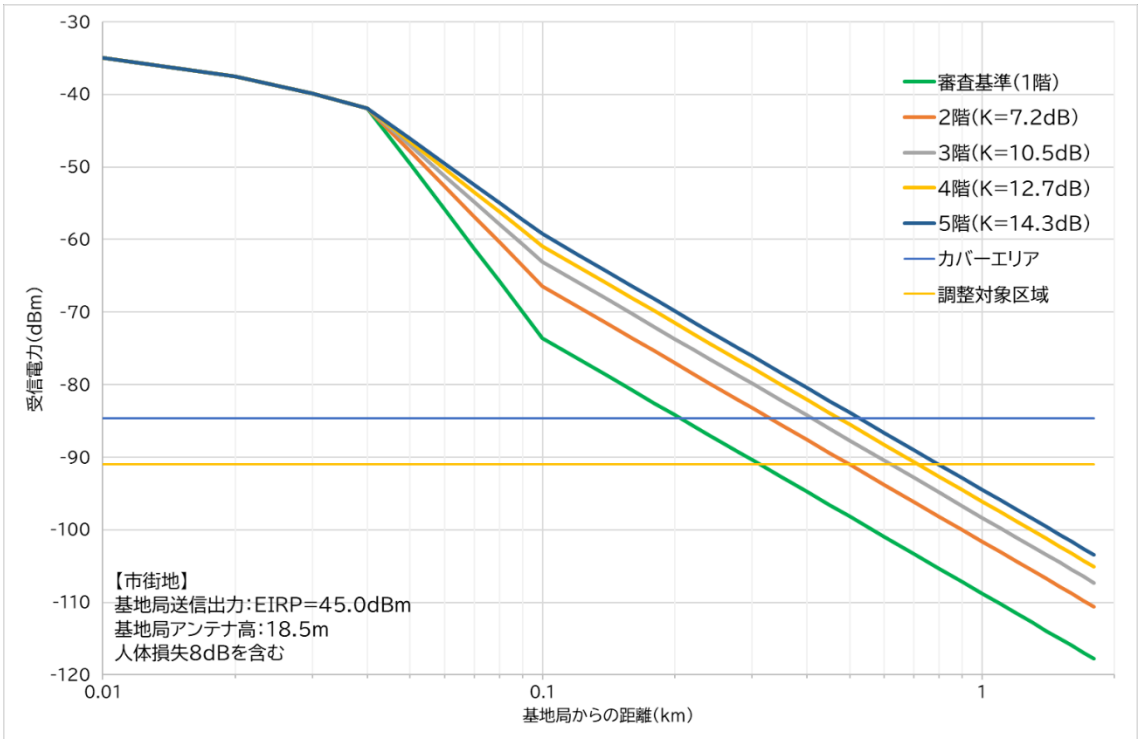


図 3.3.2.5-1 K の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性（ホテル屋上基地局）

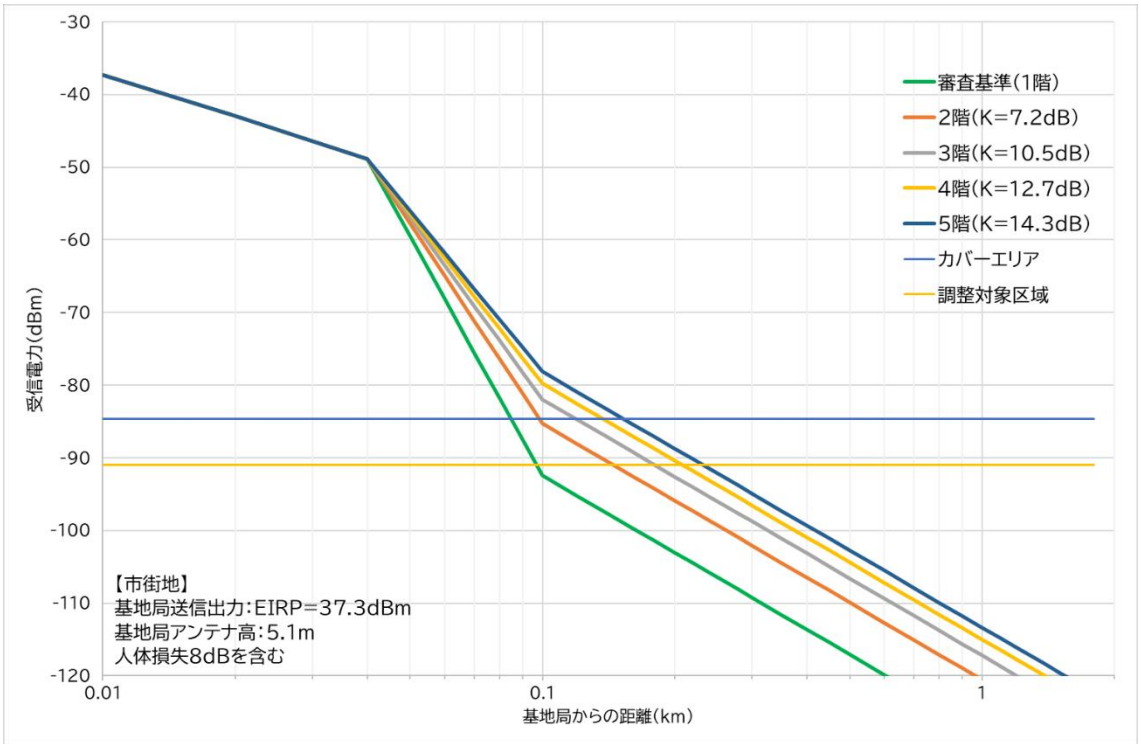


図 3.3.2.5-2 K の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性（配電柱基地局）

b）第一の実証目標における第二の仮説（パラメータ S の精緻化仮説）

表 3.3.2.5-1 に第一の実証目標における第二の仮説（S の精緻化仮説）による S の値の選択方法を示す。隣接する建物（2 階建て）よりも低い場所に基地局アンテナを設置する場合（配電柱基地局）では、3 階以上でのカバーエリアや調整対象区域の広さには、カバーエリアや調整対象区域の範囲での 3 階での建物占有面積率が大きく影響し、基地局アンテナの直近に 3 階以上の建物が存在するか否かは、特に考慮する必要がないと考えた。そして、４～5 階の建物占有面積率が低い場合でも、４～5 階では、3 階の建物による遮蔽の影響を大きく受けるため、3 階での建物占有面積率により S の値を決定することとした。

表 3.3.2.5-1 第一の実証目標における第二の仮説による S の値の選択方法

	手順	本実証での結果
1	階ごと（最大 5 階）の建物占有面積率の計算を行う。 ● エリア算出法によるホテル屋上基地局と配電柱基地局の調整対象区域を参照し、ホテル屋上基地局のメインビーム方向であり、かつ配電柱基地局を中心とする 300m四方の範囲を計算対象とする。 ● Google earth pro を用いて各々の階数以上の建物のカウントし、平均建物面積を乗じて建物占有面積を求め、計算対象範囲の面積で乗じて、各々の階の建物占有面積率を計算する。	階ごとの建物占有面積率は、以下の通りとなった。 ● 1 階：41.4% ● 2 階：37.5% ● 3 階：21.4% ● 4 階： 8.2% ● 5 階： 3.2%
2	階ごとの建物占有面積率に基づき、カバーエリア及び調整対象区域で用いる S の値を選択する。 ● 建物占有面積率 α [%]の値により、以下の基準を用いる（電波伝搬ハンドブック第 2 部 15 章参照）。 ➢ 10% ≦ α ：市街地 ➢ 2% ≦ α ＜ 10% ：郊外地 ➢ α ＜ 2% ：開放地 ● 隣接する建物よりも高いビル屋上に基地局アンテナを設置する場合（ホテル屋上基地局）は、移動局を設置する階ごとの建物占有面積率によって各階の S の値を決定する。 ● 隣接する建物（2 階建て）よりも低い場所に基地局アンテナを設置する場合（配電柱基地局）は、以下の通りとする。 ➢ 1 階では、1 階での建物占有面積率により S の値を決定 ➢ 2 階では、2 階での建物占有面積率により S の値を決定 ➢ ３～5 階では、3 階での建物占有面積率により S の値を決定	 ホテル屋上基地局では、以下のように S の値を選択することとなった。 ● 1 階：市街地（0dB） ● 2 階：市街地（0dB） ● 3 階：市街地（0dB） ● 4 階：郊外地（12.3dB） ● 5 階：郊外地（12.3dB） 配電柱基地局では、何れの階も市街地の S の値（0dB）を選択することとなった。

階ごとの建物占有面積率は、以下のように計算することとした。

● 一定範囲内で一定の階数以上の建物を抽出して数える。例えば、3 階建て以上の建物を抽出する際は、Google earth pro を用いて指定範囲で指定した高さ（この例では、3 階建ての建物の高さ 9mより 1mだけ低い 8m）より高い建物以外の場所が半

透明の色で上塗りされる機能を用いる。

- 300m 四方の建物占有面積率を以下の式により計算する。

  建物占有面積率＝建物数×建物面積／90000 ㎡

- 建物面積が明らかに異なる一部例外を除き、2 階建て以上の建物は、建物当たりの占有面積を 150 ㎡とし、1 階建ては小型の建物が多いため 120 ㎡とする。

表 3.3.2.5-2 階ごとの建物占有面積率の計算結果

階(判定閾値)	全体面積	建物数		建物面積（㎡）			建物占有面積率
	10,000㎡x9			1階建物	2階以上	合計	(%)
	（㎡）	1 階のみ	2階以上	120	150		
1階 (2m)	90,000	29.0	225.0	3,480	33,750	37,230	41.4
2階 (5m)	90,000		225.0	0	33,750	33,750	37.5
3階 (8m)	90,000		128.5	0	19,275	19,275	21.4
4階 (11m)	90,000		49.0	0	7,350	7,350	8.2
5階 (14m)	90,000		19.0	0	2,850	2,850	3.2

以上が実証計画段階に検証することとしていた S の精緻化仮説による S の値の選択方法であるが、さらに、従来の市街地における電波伝搬モデルでは、平均建物高を用いて伝搬推定を行うことがあることから、平均建物高を用いた S の値の選択方法についても検討した。表 3.3.2.5-3 にその手順を示す。この手順により選択した S の値は、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の何れも、表 3.3.2.5-1 において選択した S の値と同一となった。このため、平均建物高を用いた S の値の選択方法の定量的な検証については、S の精緻化仮説の検証結果と同じになるため省略する。また、これらの S の値の選択方法の優劣を評価するには、今回の実証環境とは異なる環境における検証も必要であり、今後の課題となる。

表 3.3.2.5-3 平均建物高を用いた S の値の選択方法

	手順	本実証での結果
1	建物占有面積率と平均建物高の計算を行う。 ● 建物占有面積率は、表 3.3.2.5-2 における 1 階の建物占有面積率を等しく、同様に導くことができる。 ● 平均建物高については、表 3.3.2.5-2 の値を用いて、表 3.3.2.5-4 に示す各階の建物高を各階が最上階の建物の占有面積率で加重平均することで算出する。	以下の通りとなった。 建物占有面積率：41.4% 平均建物高：8.1m
2	カバーエリア及び調整対象区域で用いる S の値を選択する。 ● 建物占有面積率より、基準となる環境（市街地／郊外地／開放地）を定める。 ● 基地局アンテナ高が平均建物高よりも高い場合（ホテル屋上基地局）は、1 階～5 階の高さをそれぞれ 1.5m、4.5m、7.5m、10.5m、13.5mとして、以下の通りとする。 ➢ 平均建物高よりも低い階は、基準となる環境の S の値を選択する。 ➢ 平均建物項よりも高い階は、基準となる環境よりも一段階大きい S の値を選択する。 ● 基地局アンテナ高が平均建物高よりも低い場合（配電柱基地局）は、基準となる環境の S の値を選択する。	 基準となる環境は、市街地となった。 ホテル屋上基地局では、以下のように S の値を選択することとなった。 ● 1 階：市街地（0dB） ● 2 階：市街地（0dB） ● 3 階：市街地（0dB） ● 4 階：郊外地（12.3dB） ● 5 階：郊外地（12.3dB） 配電柱基地局では、何れの階も市街地の S の値（0dB）を選択することとなった。

表 3.3.2.5-4 平均建物高の算出

階	建物高[m]	階ごとの建物占有面積率[%]	各階が最上階の建物の占有面積率[%]
1	3	41.4	3.9
2	6	37.5	16.1
3	9	21.4	13.2
4	12	8.2	5
5	15	3.2	3.2

図 3.3.2.5-3 に S の精緻化仮説に基づくホテル屋上基地局の受信電力の距離特性を示す。基地局アンテナ利得は一定とし、1～3 階は市街地、4～5 階は郊外地として計算した。配電柱基地局は、1～5 階が市街地であり、審査基準と同一になるため省略する。

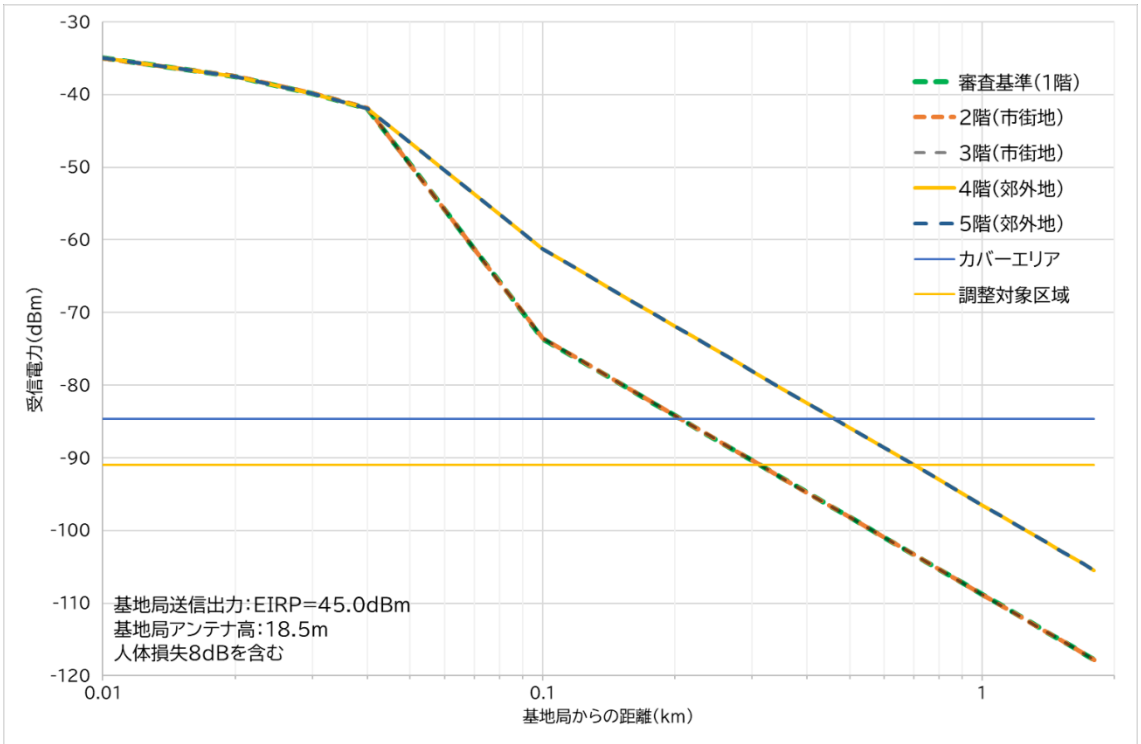


図 3.3.2.5-3 S の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性

c）第一の実証目標における第一の仮説と第二の仮説の組合せ

図 3.3.2.5-4 に K と S の精緻化仮説の組合せに基づくホテル屋上基地局の受信電力の距離特性を示す。基地局アンテナ利得は一定として計算し、1～3 階は市街地、4～5 階は郊外地として計算した。配電柱基地局は、1～5 階が市街地であり、K の精緻化仮説に基づく場合と同一になるため省略する。

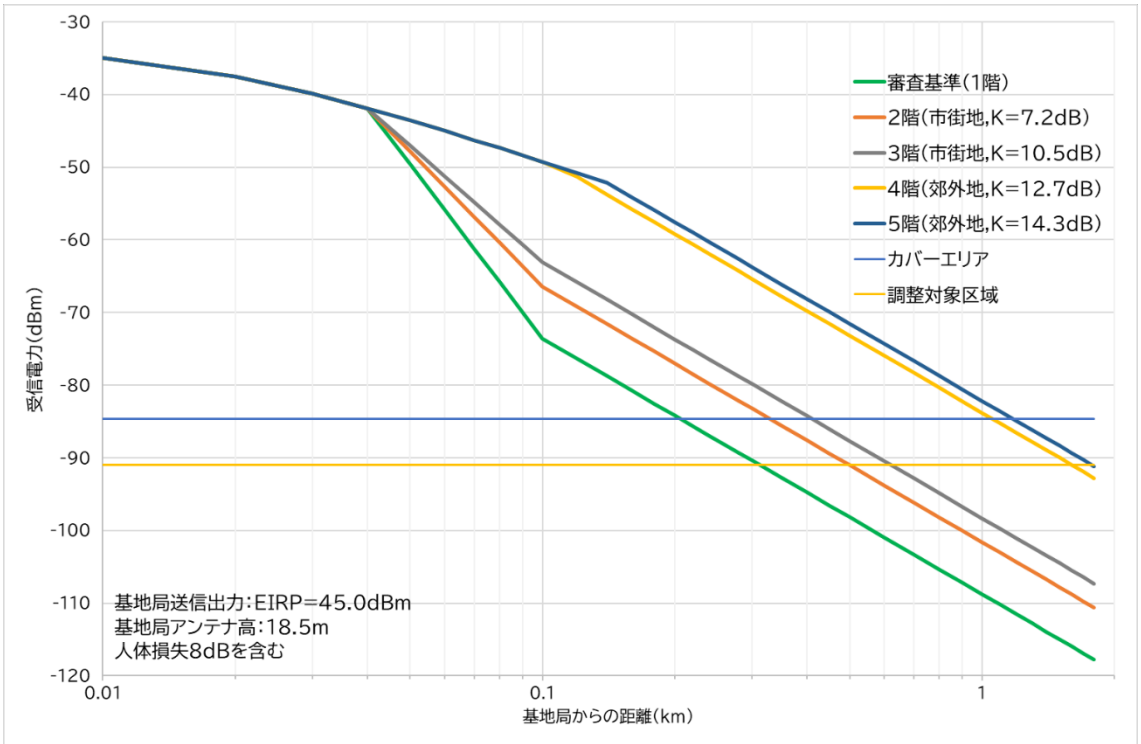


図 3.3.2.5-4　K と S の精緻化仮説の組合せに基づく受信電力の距離特性

d）第二の実証目標における仮説（パラメータ R の精緻化仮説）

移動局を集合住宅の住戸内（屋内）に設置した場合の建物侵入損 R は、集合住宅による違いもあり、5dB～10dB 程度になると想定し、図 3.3.2.5-5 及び図 3.3.2.5-6 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、R を 5dB 及び 10dB としたときの精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性を、R=16.2（審査基準）の場合と合わせて示す。

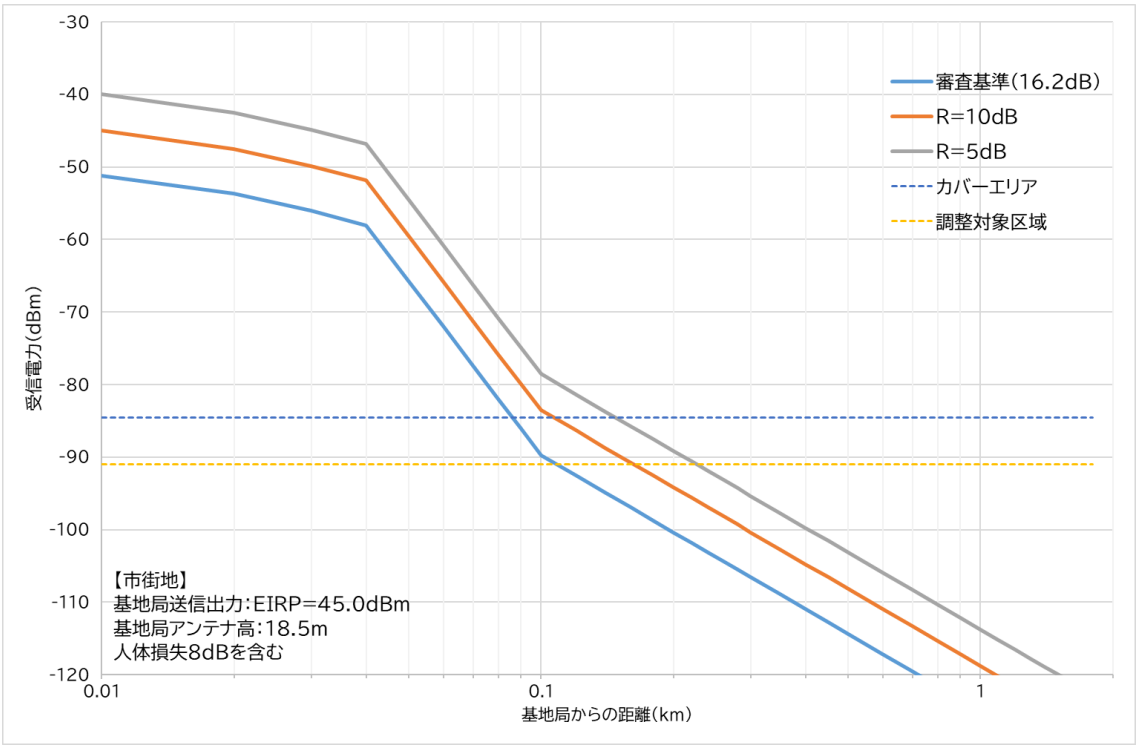


図 3.3.2.5-5 R の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性（ホテル屋上基地局）

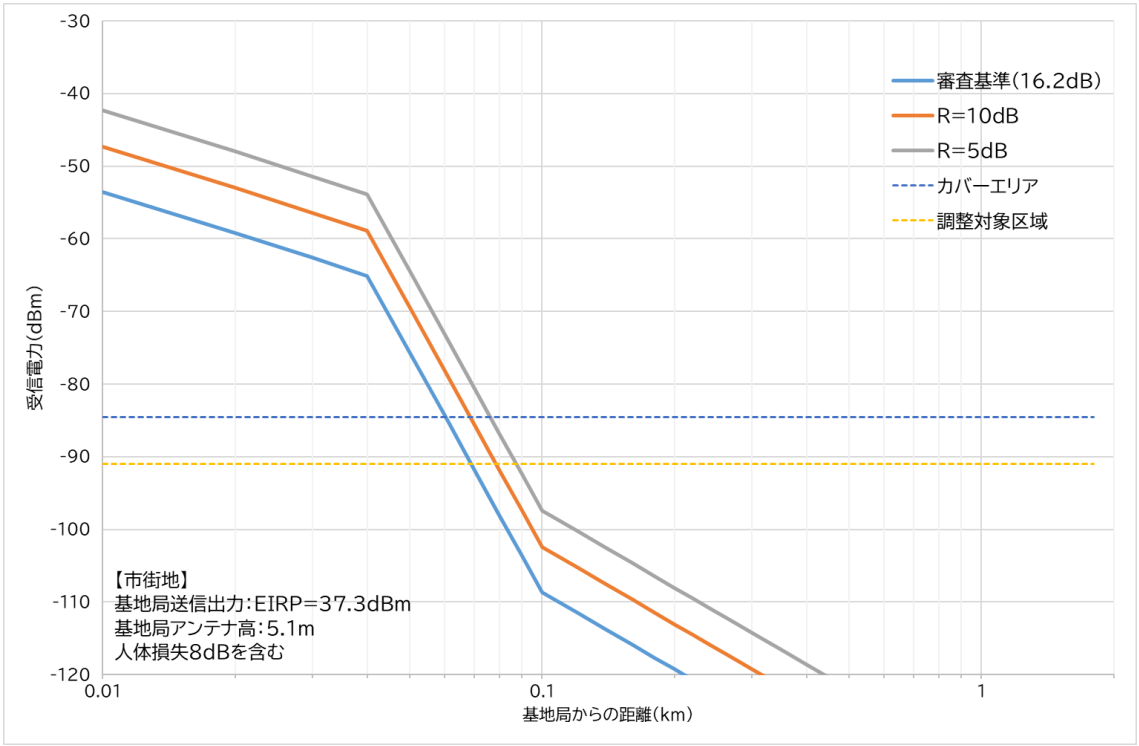
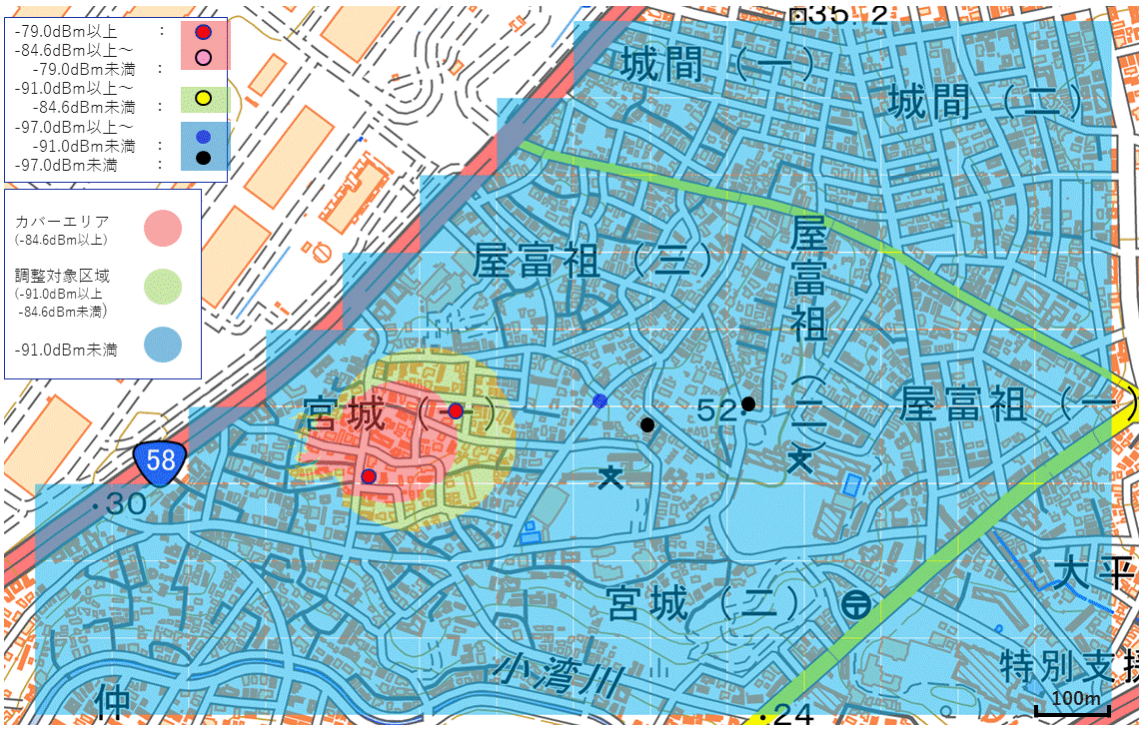


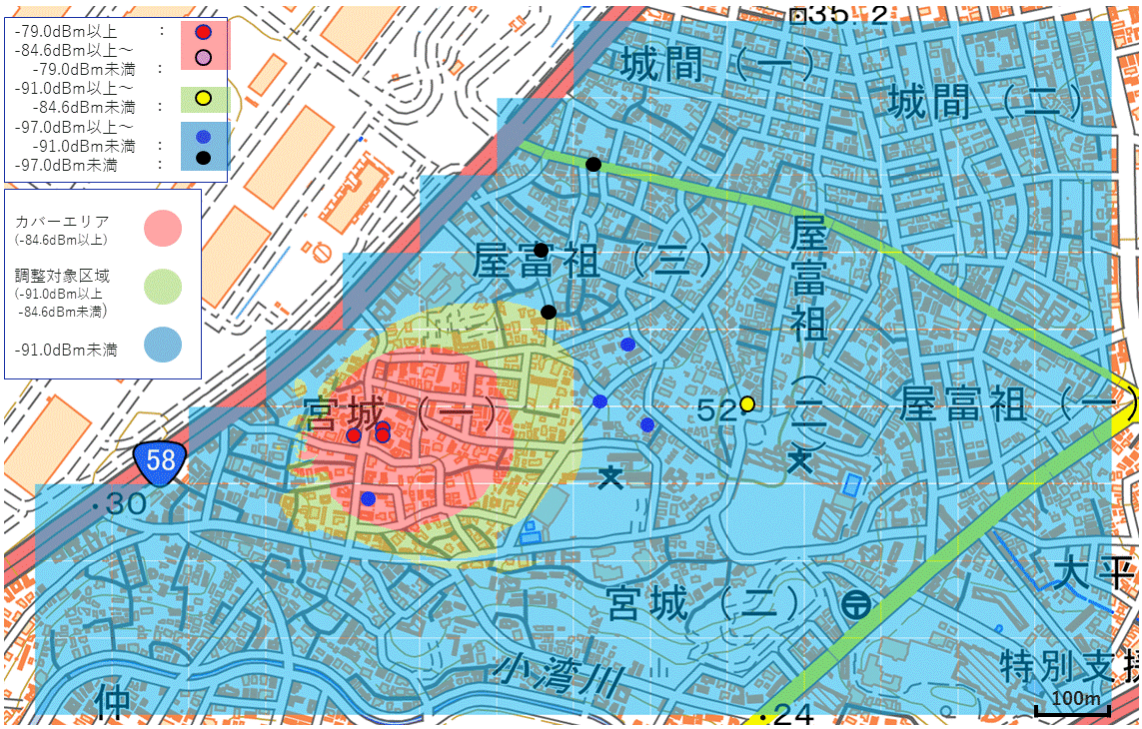
図 3.3.2.5-6 R の精緻化仮説に基づく受信電力の距離特性（配電柱基地局）

e）精緻化仮説に基づくカバーエリア等の作図

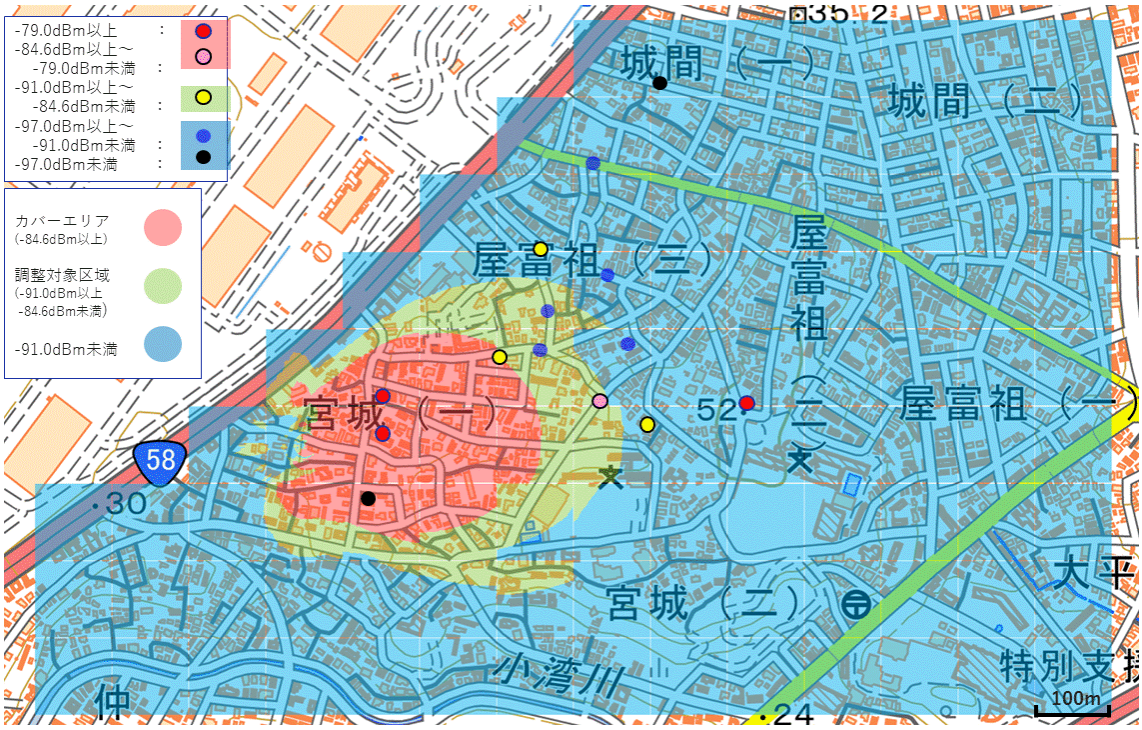
図 3.3.2.5-7 及び図 3.3.2.5-8 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、K の精緻化仮説に基づくカバーエリア等の作図を行った結果を示す。作図は、階ごとに行い、屋外の測定値も色分けして示した。



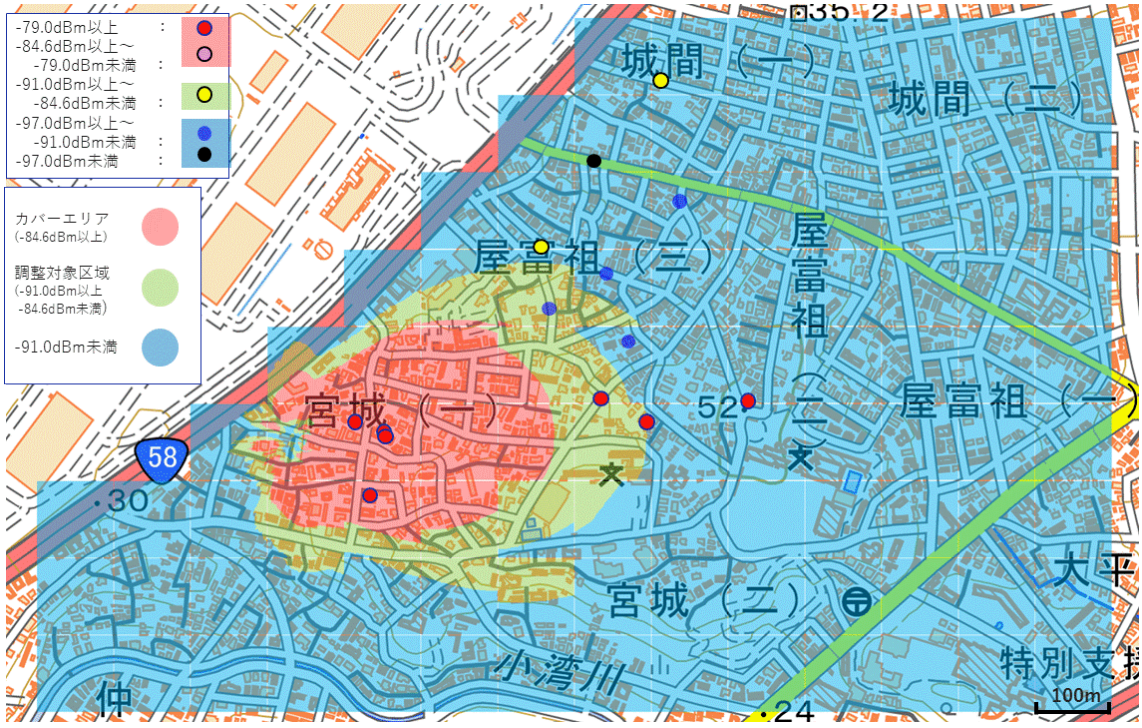
（ア）1 階



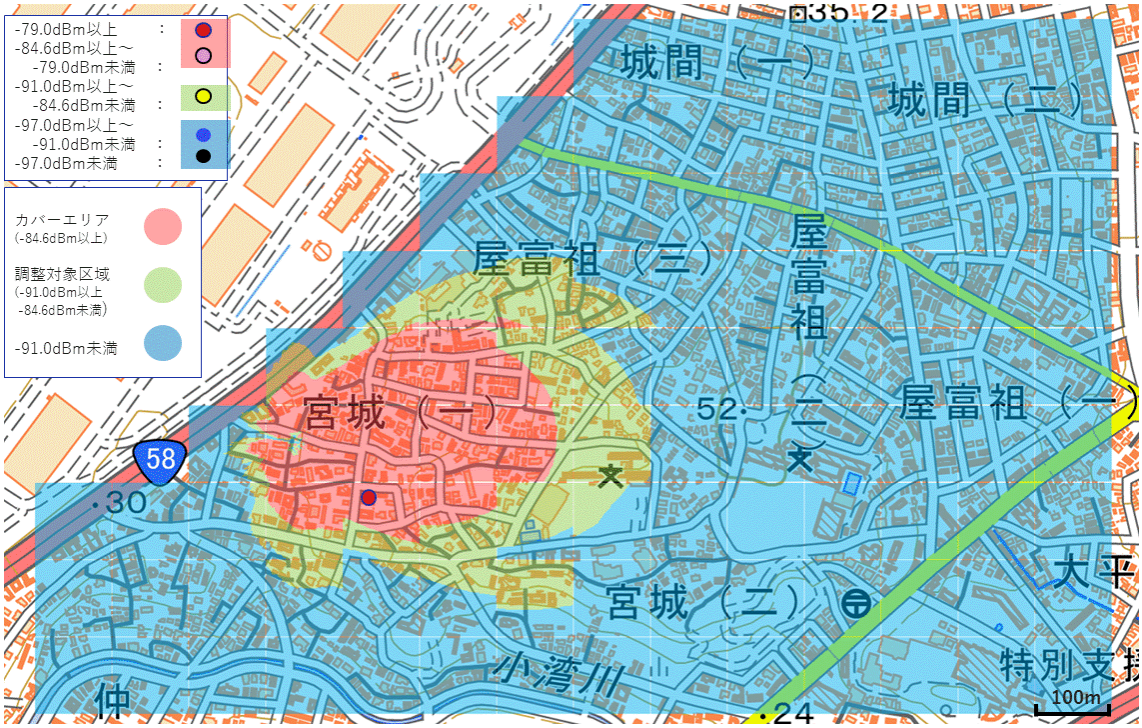
（イ）2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

（ウ）3 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

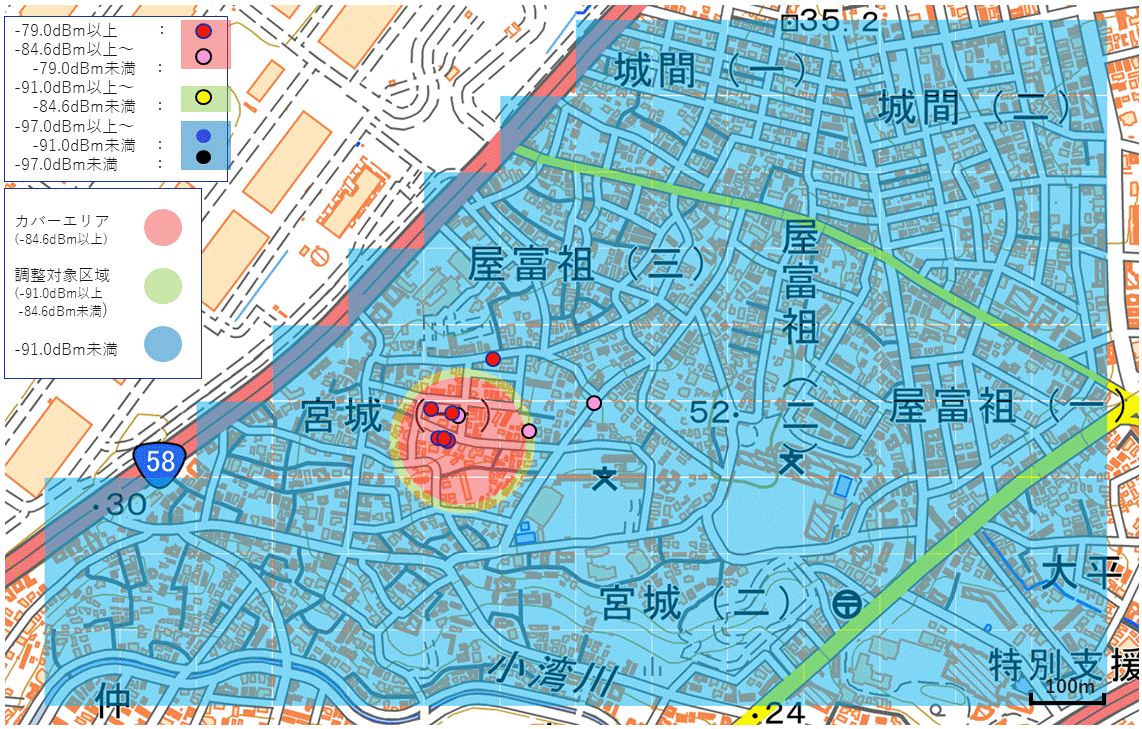
（エ）4 階



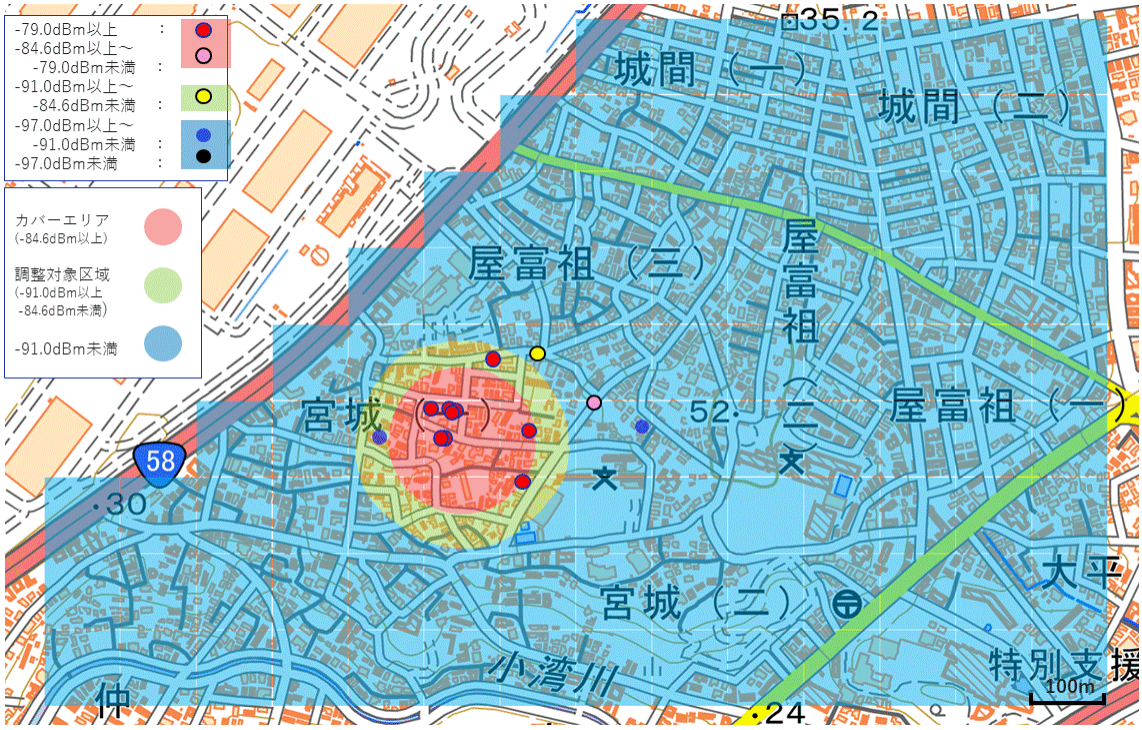
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-7 K の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域（ホテル屋上基地局）

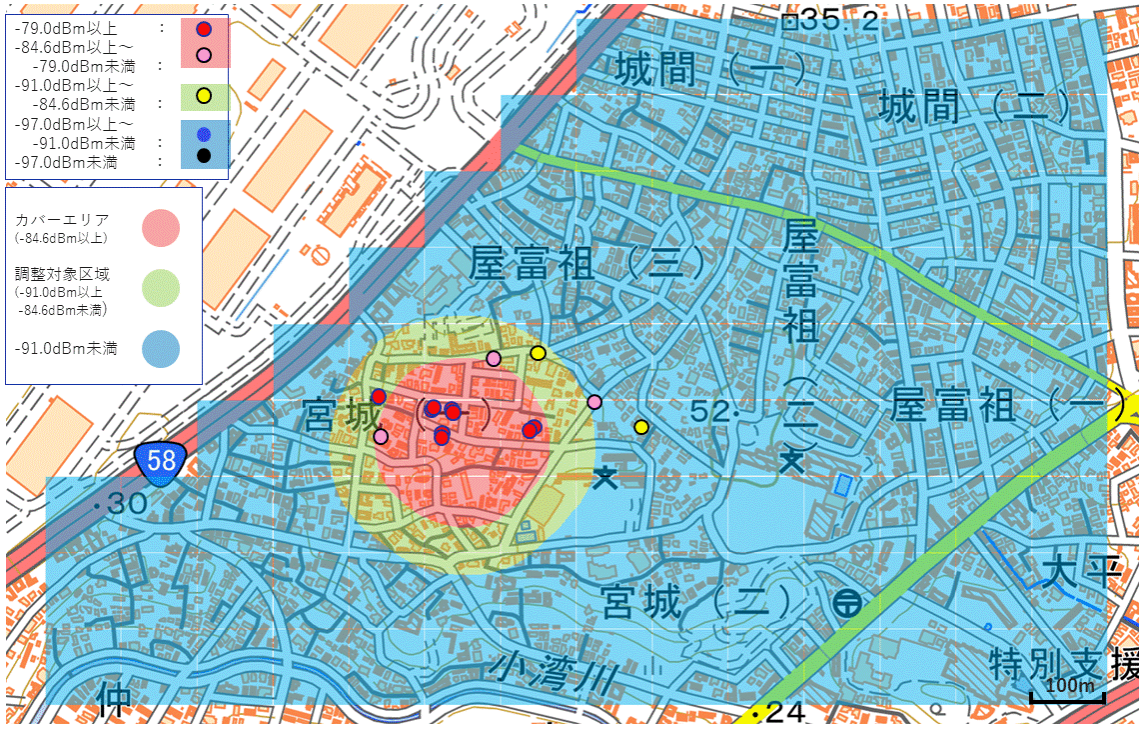
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



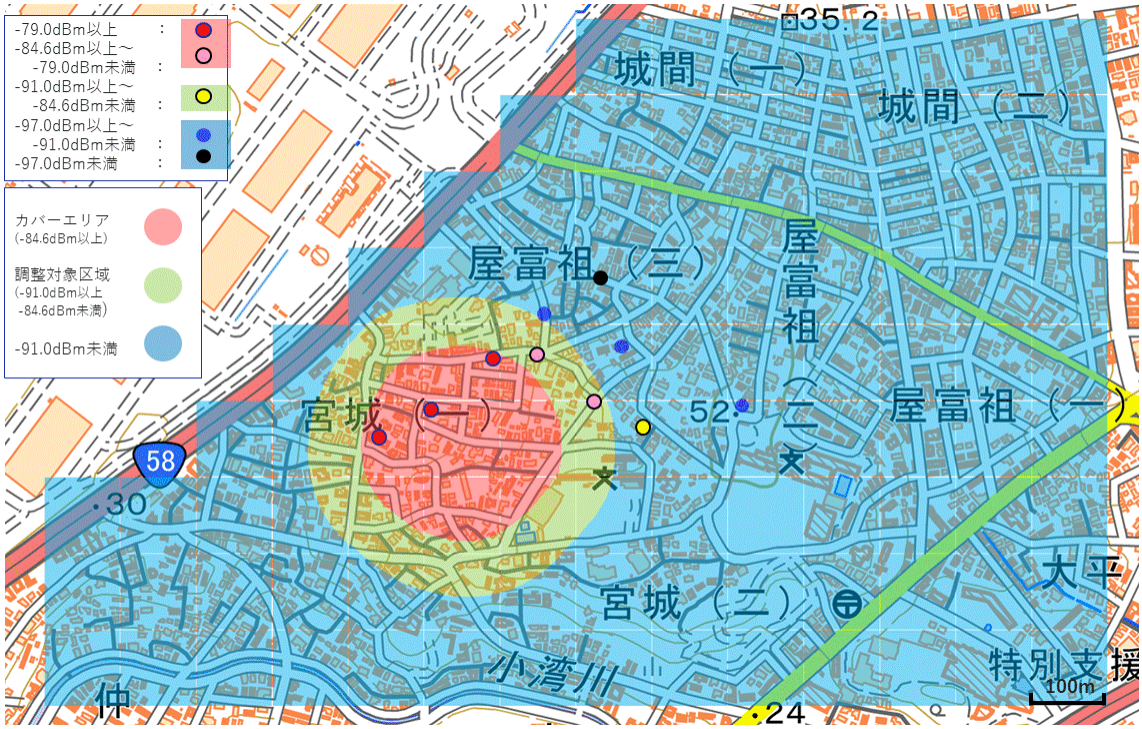
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
特別支援
58
100m

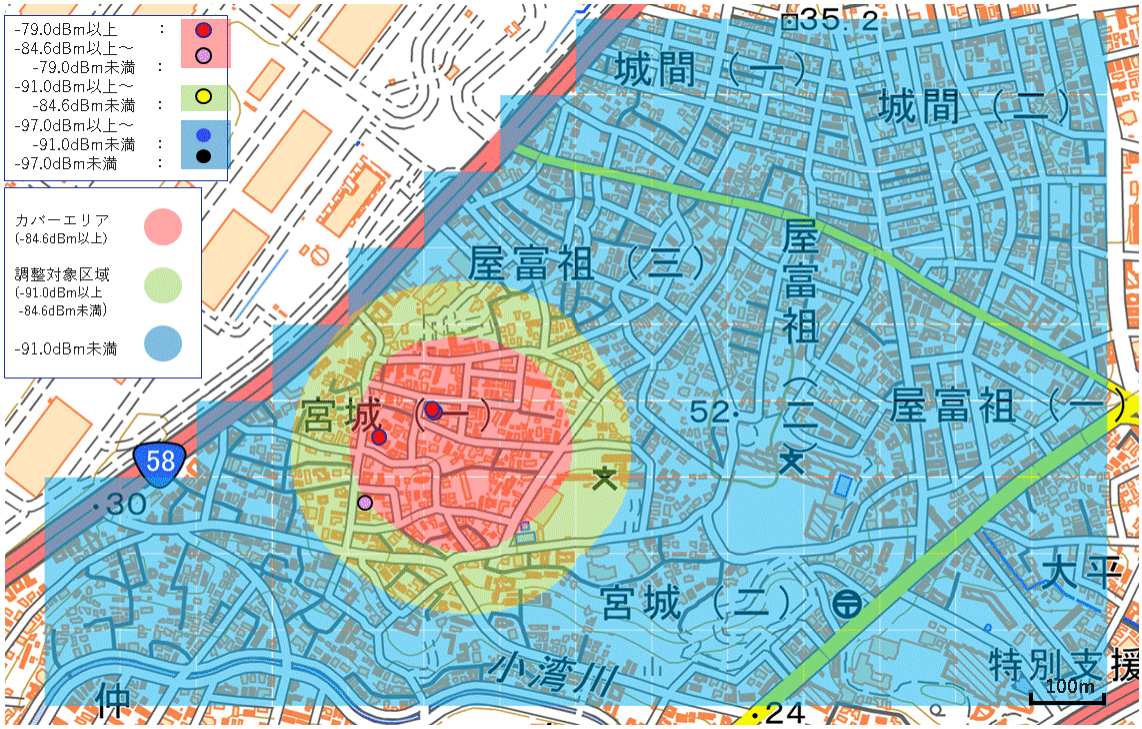
（イ）2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
特別支援
58
100m

（ウ）3 階



(エ) 4 階

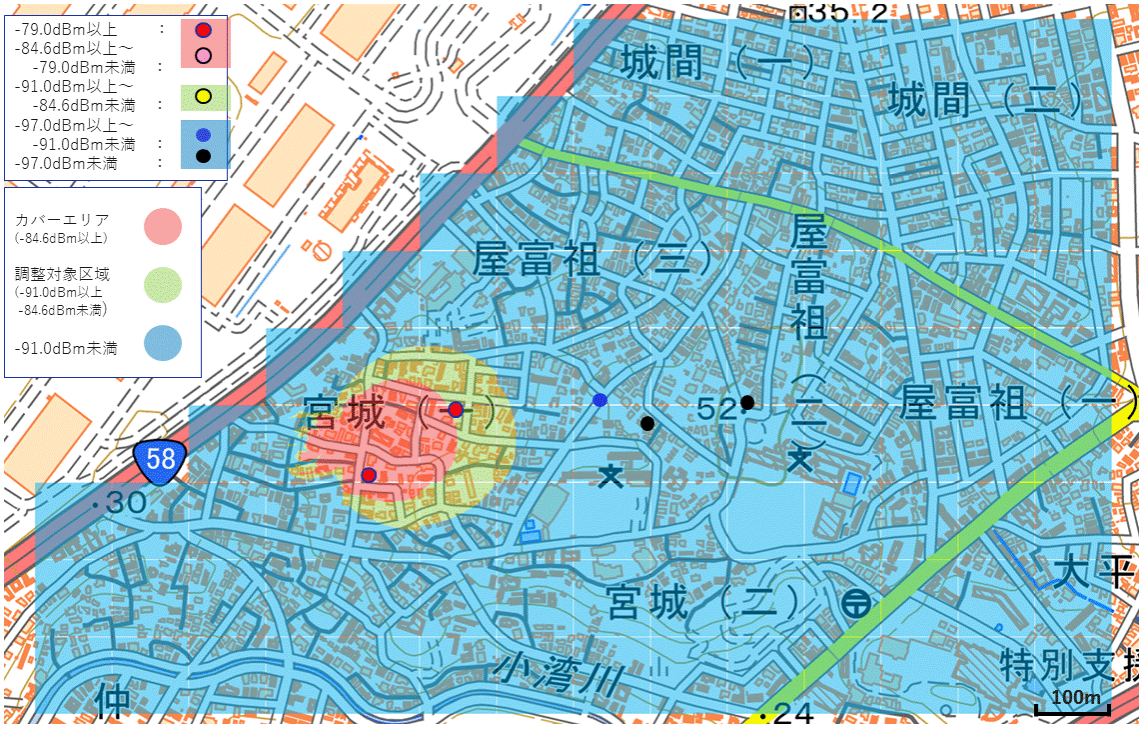


(オ) 5 階

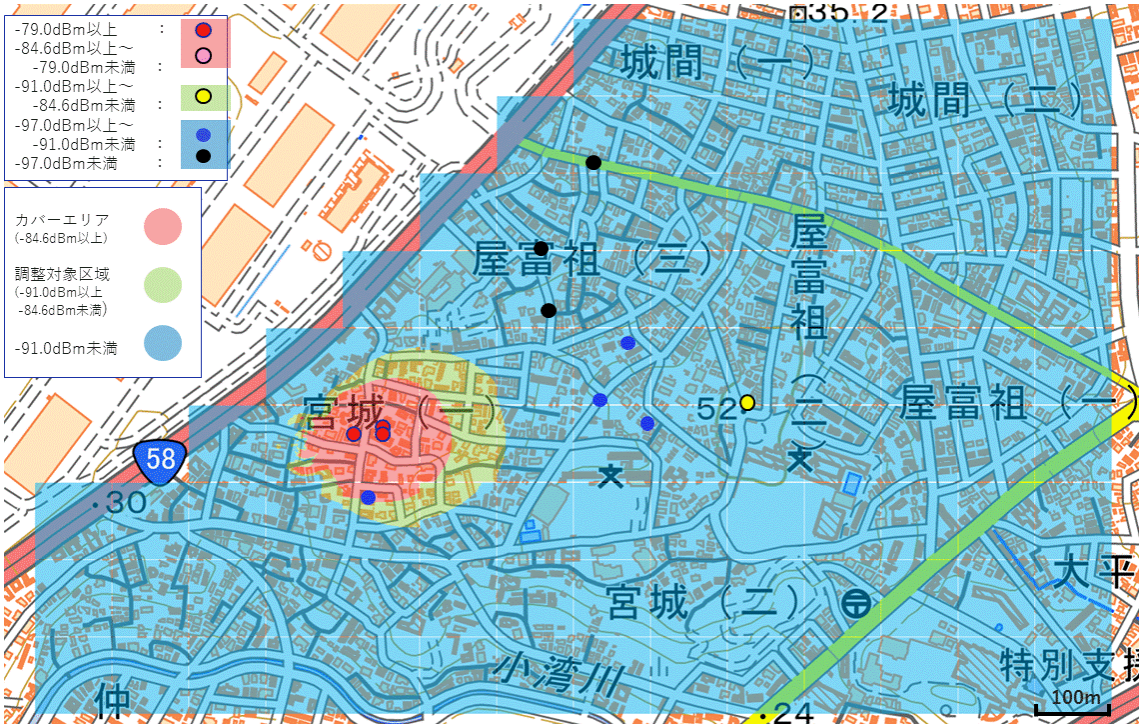
図 3.3.2.5-8 K の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域（配電柱基地局）

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

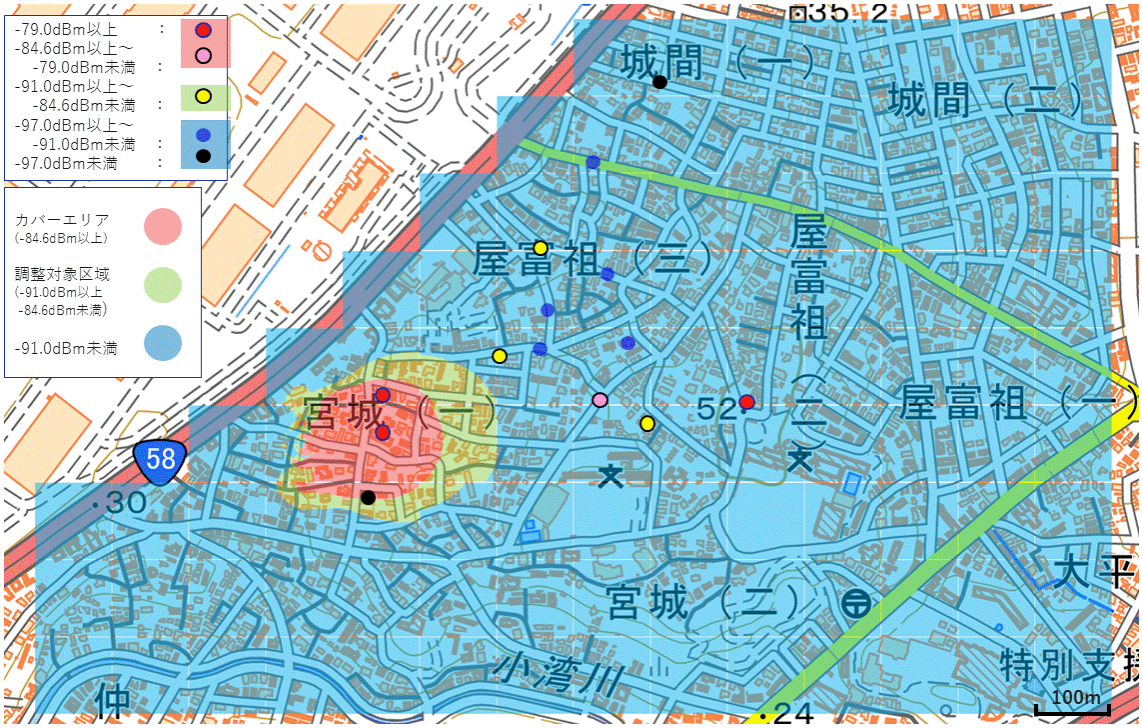
図 3.3.2.5-9 にホテル屋上基地局について、S の精緻化仮説に基づくカバーエリア等の作図を行った結果を示す。作図は、階ごとに行い、屋外の測定値も色分けして示した。配電柱基地局の S の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域は、全ての階において S が市街地の値であり、審査基準のエリア算出法を用いた場合（図 3.3.1.4-2）と同じであるため、図示を省略する。



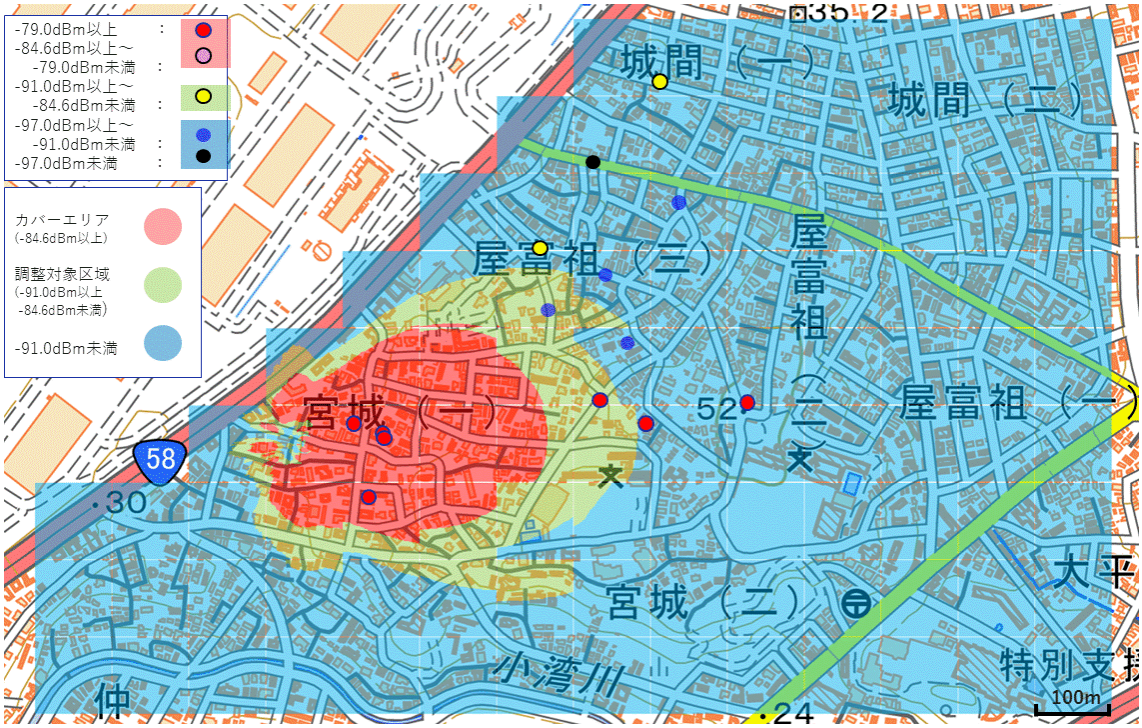
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

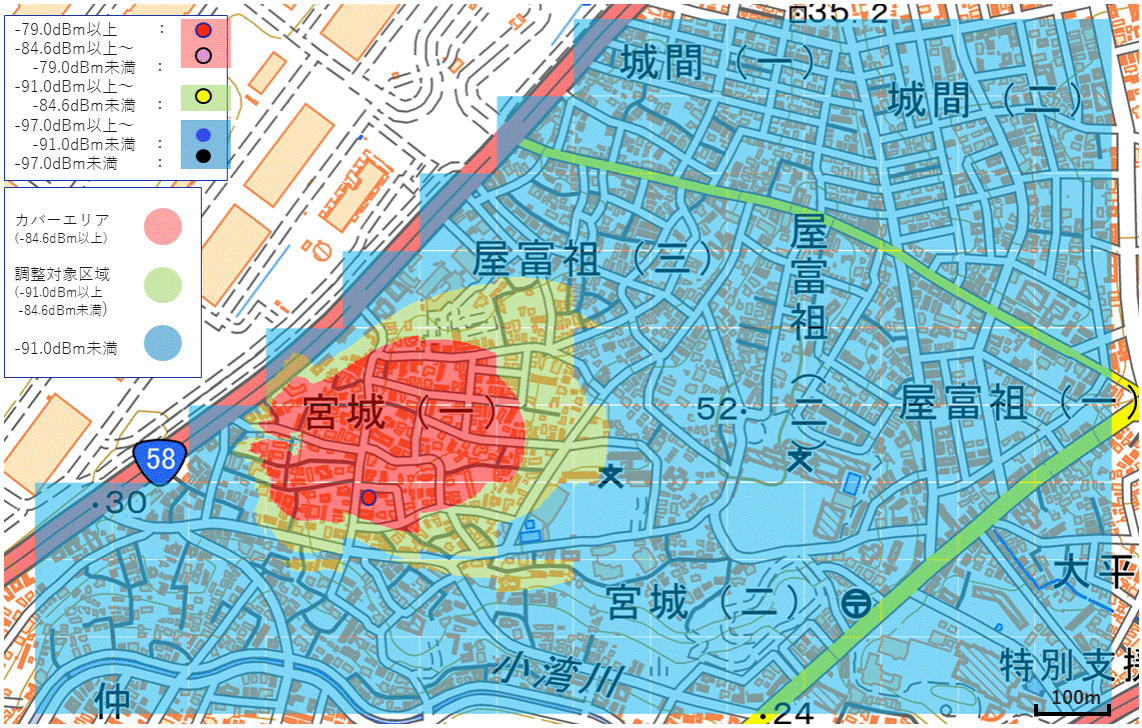
（イ）2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

（ウ）3 階



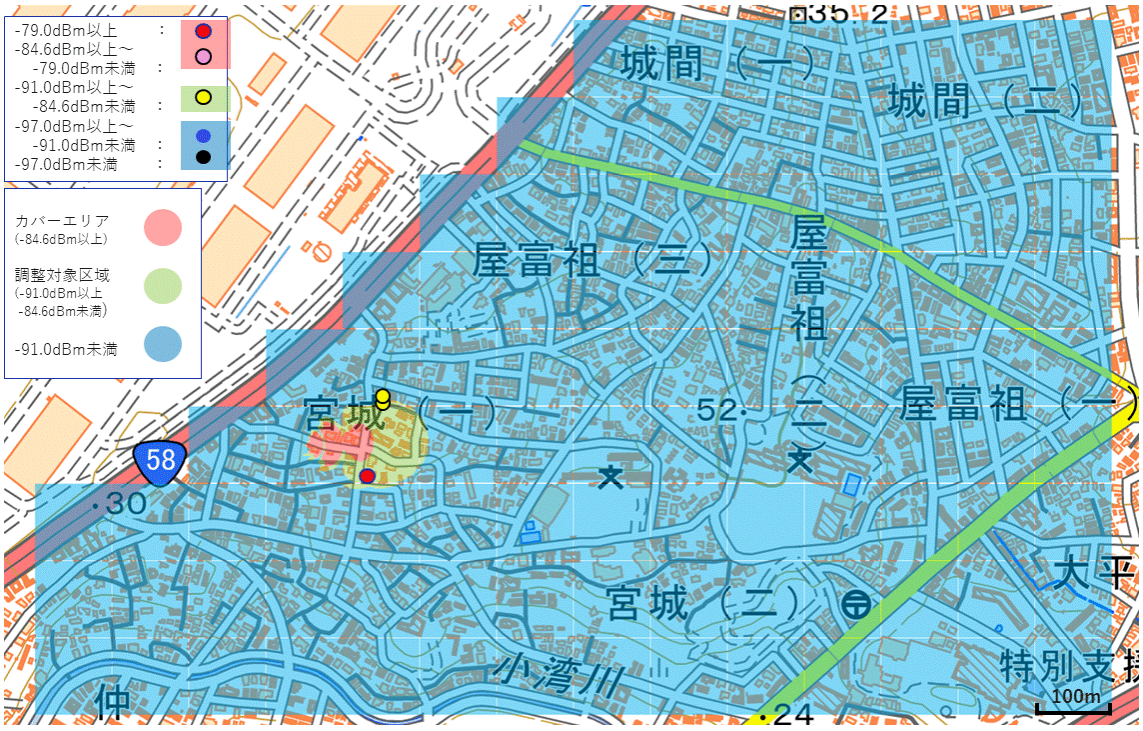
(エ) 4 階



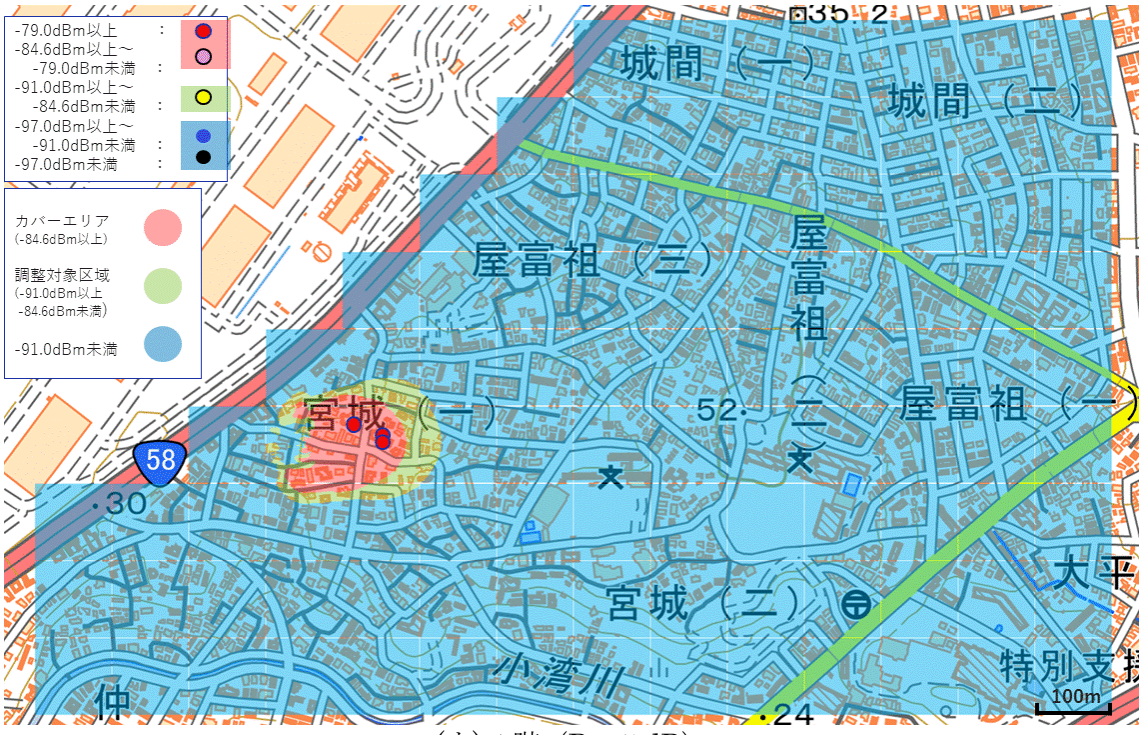
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-9 S の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域（ホテル屋上基地局）

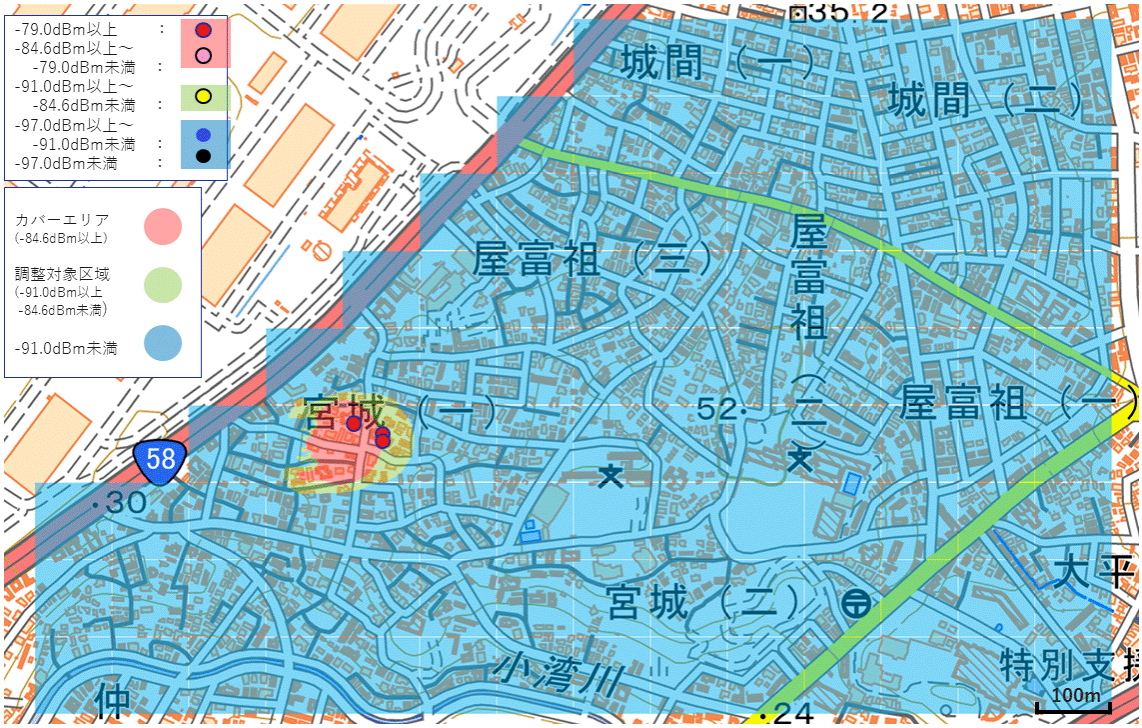
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



(イ) 1 階（R = 10 dB）

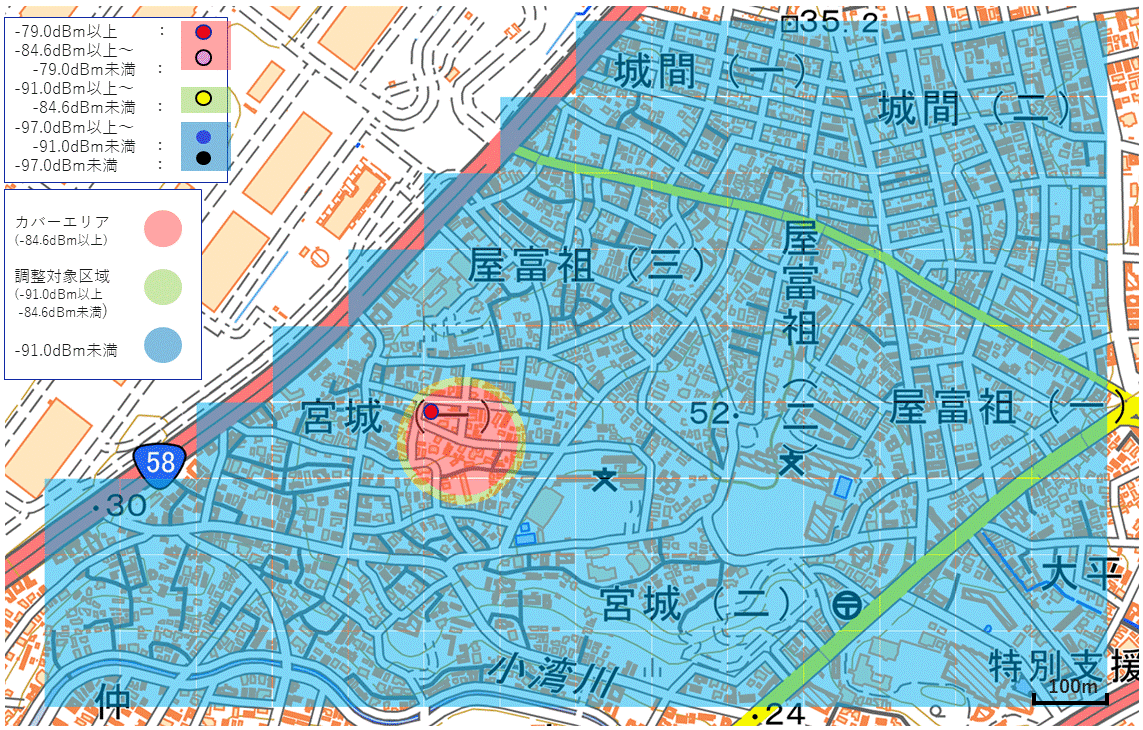


(ウ) 4 階（R = 5 dB）

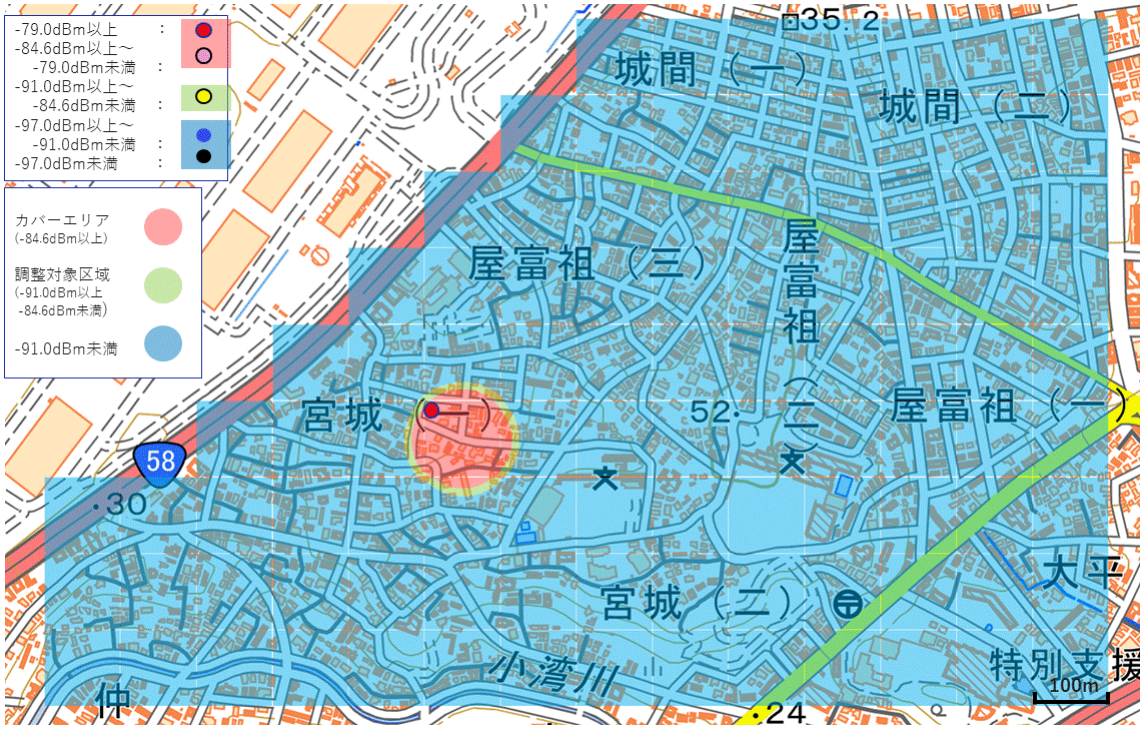


(エ) 4 階（R = 10 dB）

と

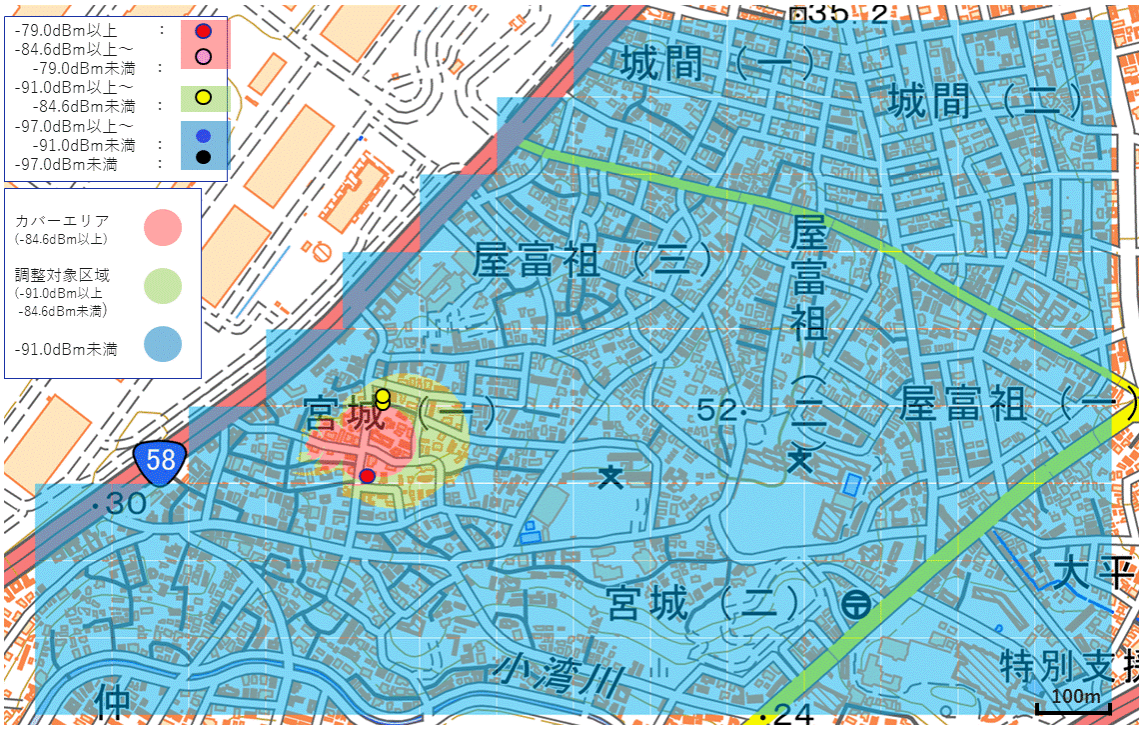


（ウ） 5 階（R = 5 dB）

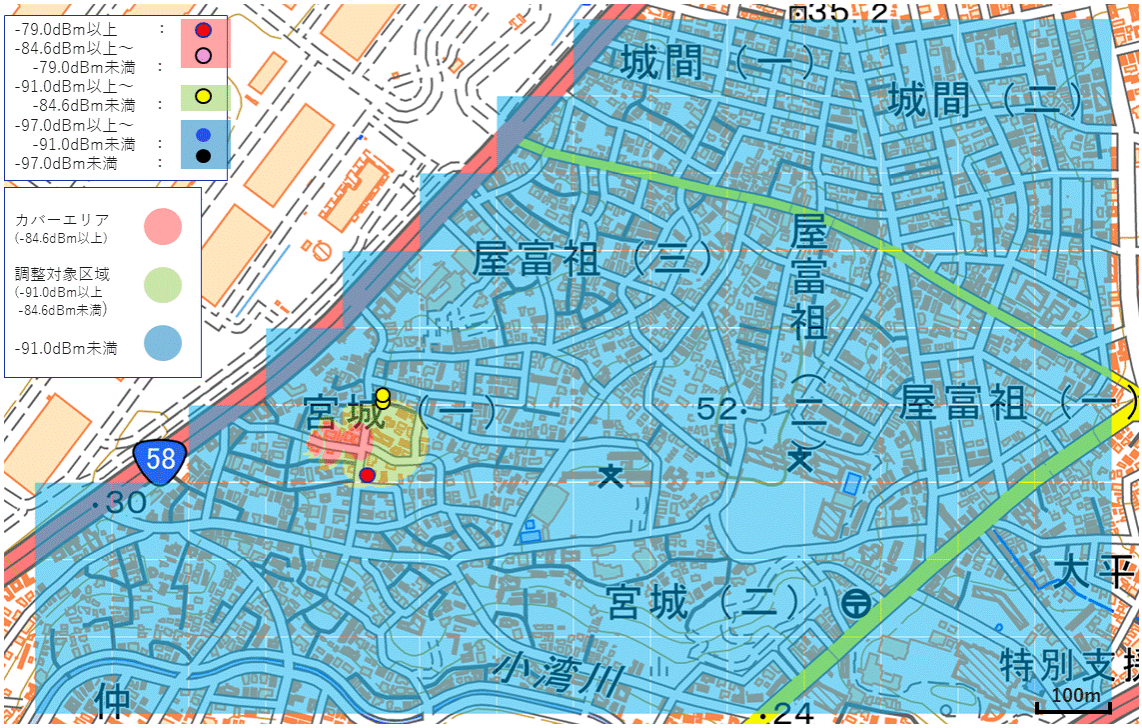


(エ) 5 階（R = 10 dB）

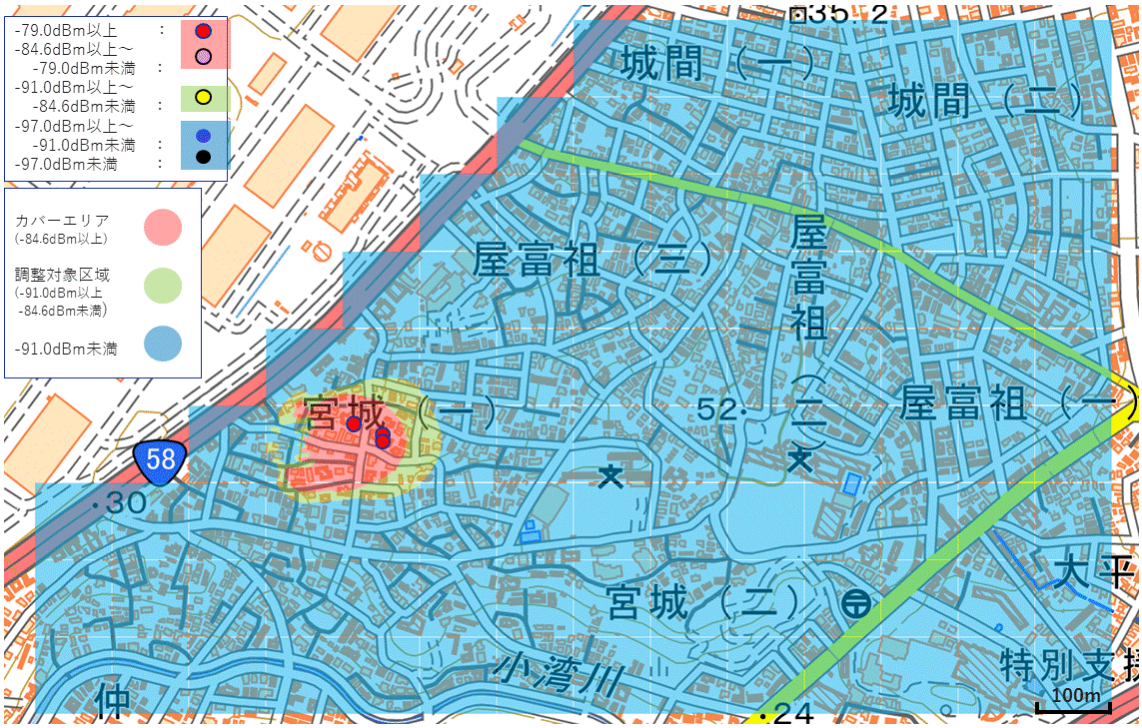
図 3.3.2.5-11 に、R の精緻化仮説に基づくカバーエリア等の作図を行った結果を示す。ホテル屋上基地局は 1 階と 4 階、配電柱基地局は 1 階と 5 階について、屋内の測定値も色分けして示した。R の値は、5dB と 10dB の 2 通りとした。



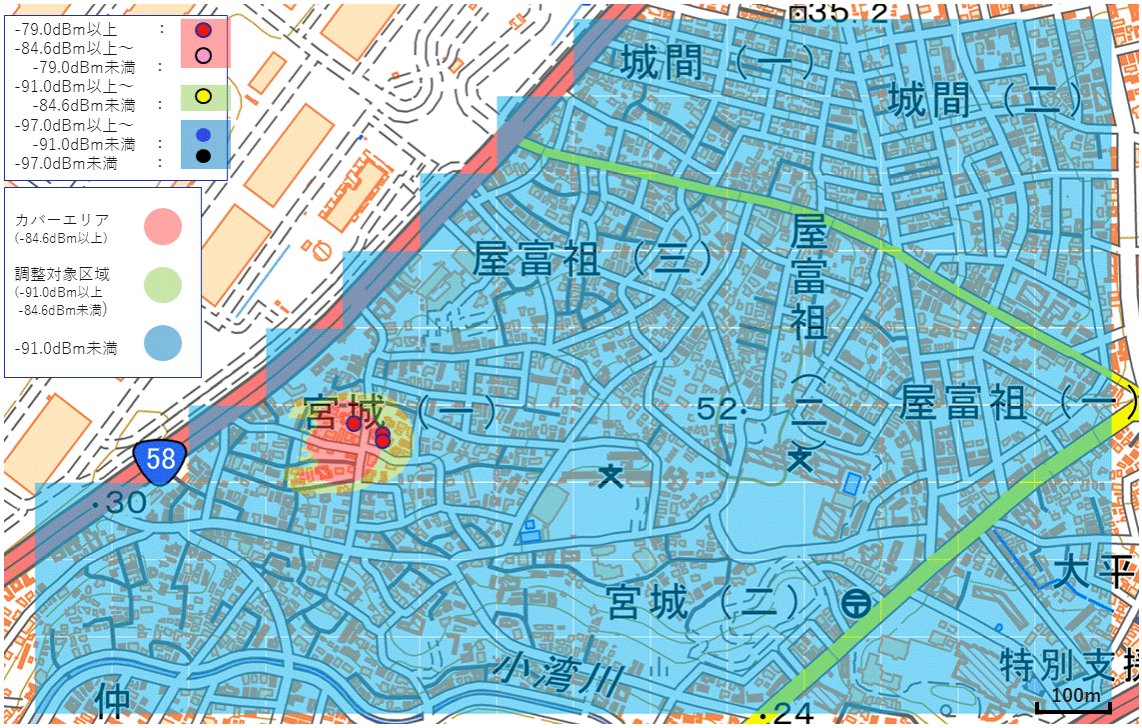
(ア) 1 階（R = 5 dB）



（イ）1 階（R = 10 dB）



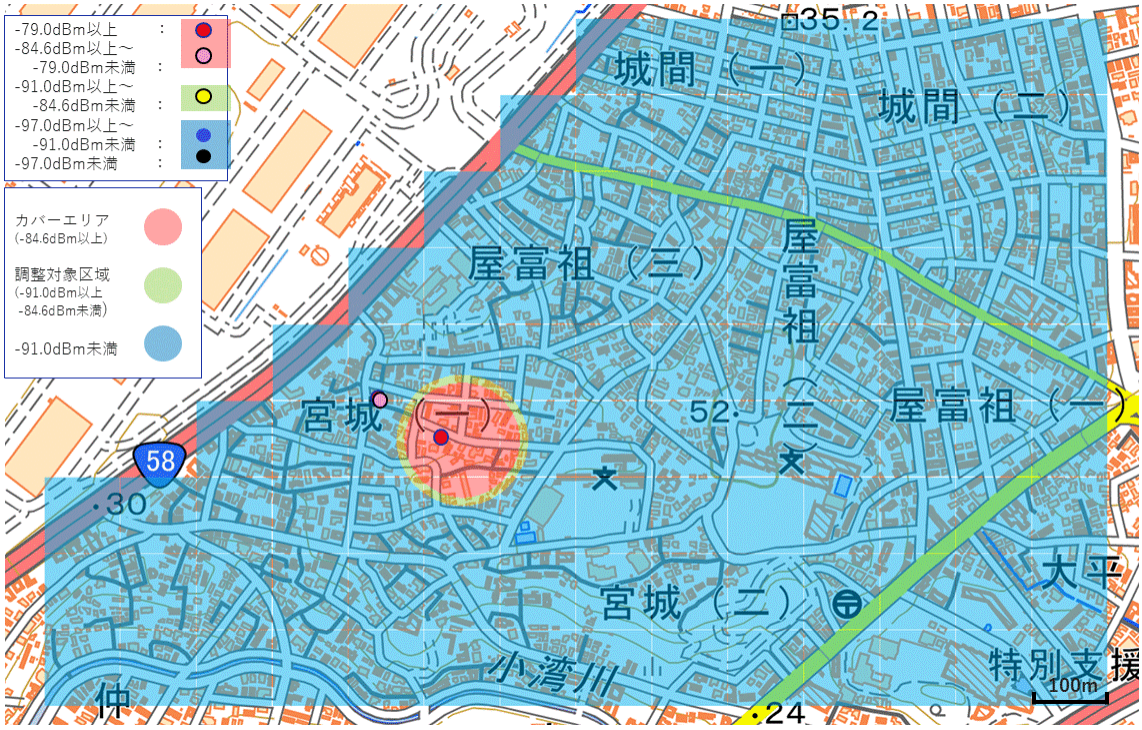
（ウ）4 階（R = 5 dB）



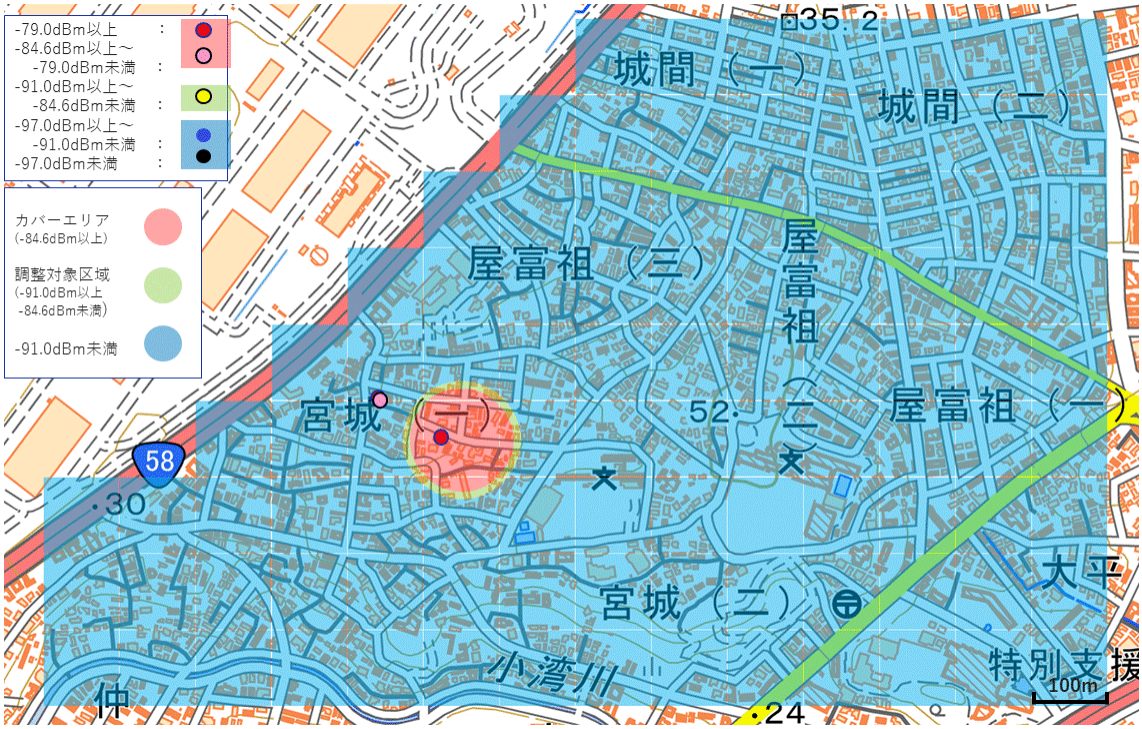
(エ) 4 階（R = 10 dB）

図 3.3.2.5-10 R の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域（ホテル屋上基地局）

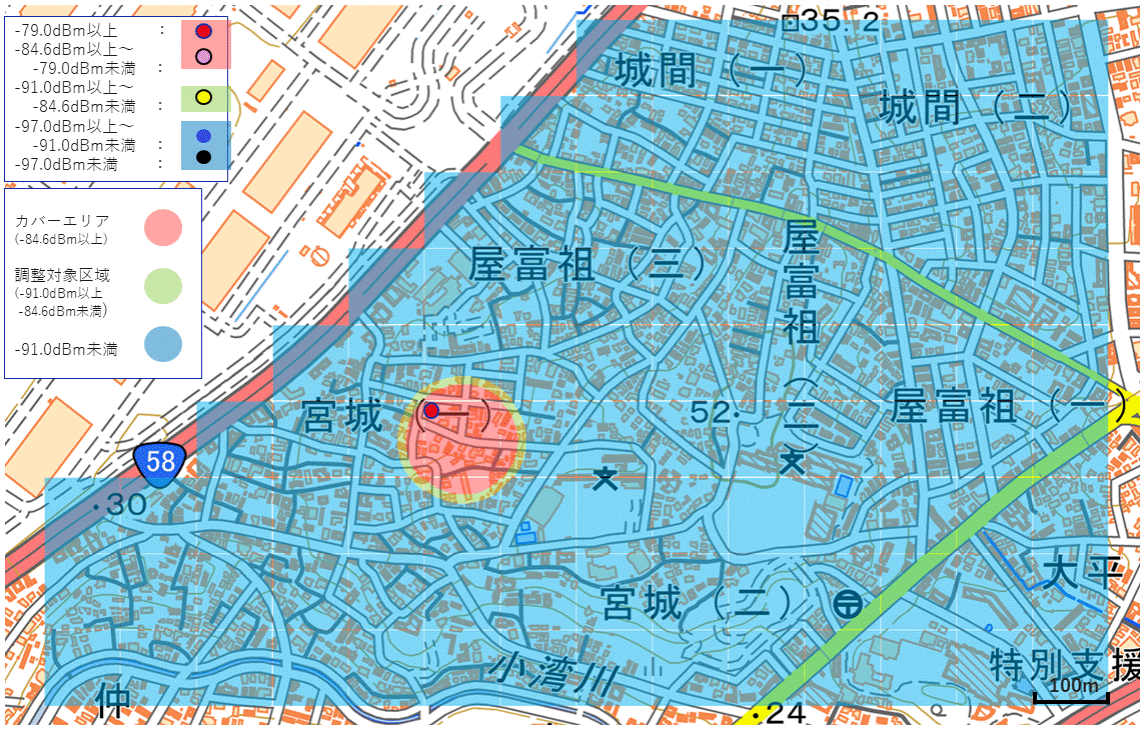
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用



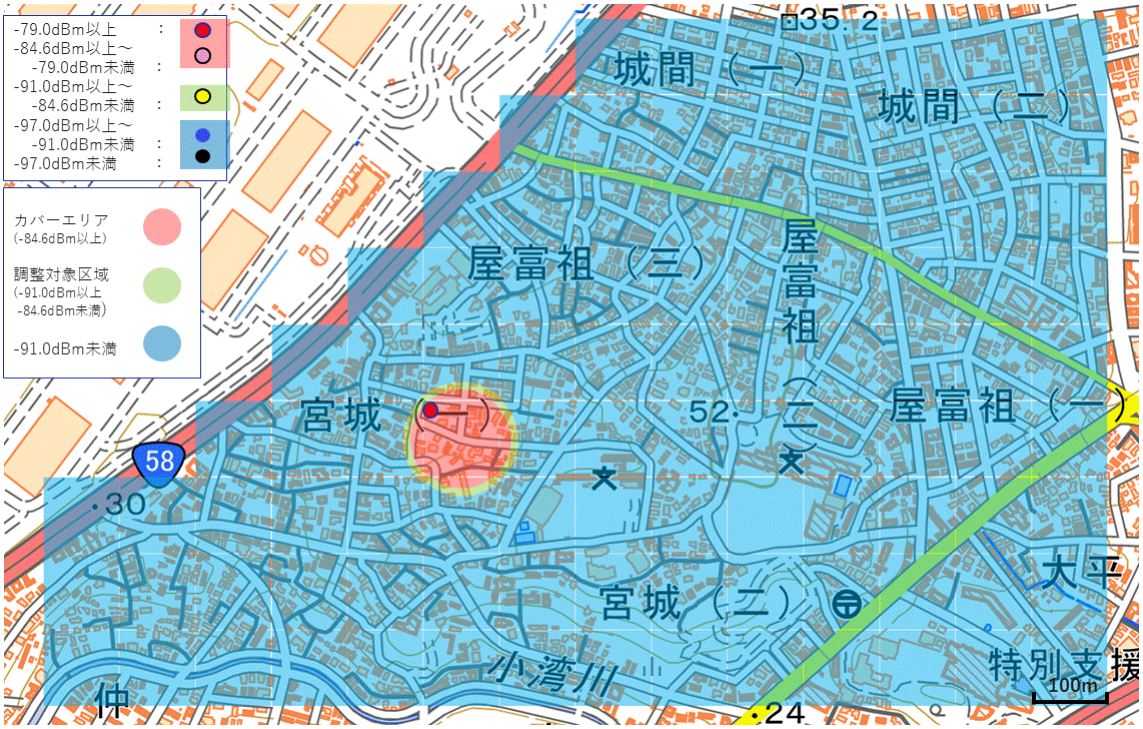
(ア) 1 階（R = 5 dB）



（イ）1 階（R = 10 dB）



（ウ）5 階（R = 5 dB）



(エ) 5 階（R = 10 dB）

図 3.3.2.5-11 R の精緻化仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域（配電柱基地局）

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

配電柱基地局では、R の値が大きくなると、少しずつカバーエリアと調整対象区域が小さくなるが、これは、これらのエリア端となる 40m～100m の間で距離の 3.5 乗よりもかなり大きく減衰する範囲のためである。一方、ホテル屋上基地局では、配電柱基地局に比べて、R が大きくなることでエリアがより急激に小さくなるが、これは、40m～100m の減衰が比較的小さいことが一因である。また、垂直面の指向性の違いの影響も考えられる。

（3）測定

表 3.3.2.5-5 受信電力の測定範囲の設定手順に受信電力の測定範囲の設定手順を示す。

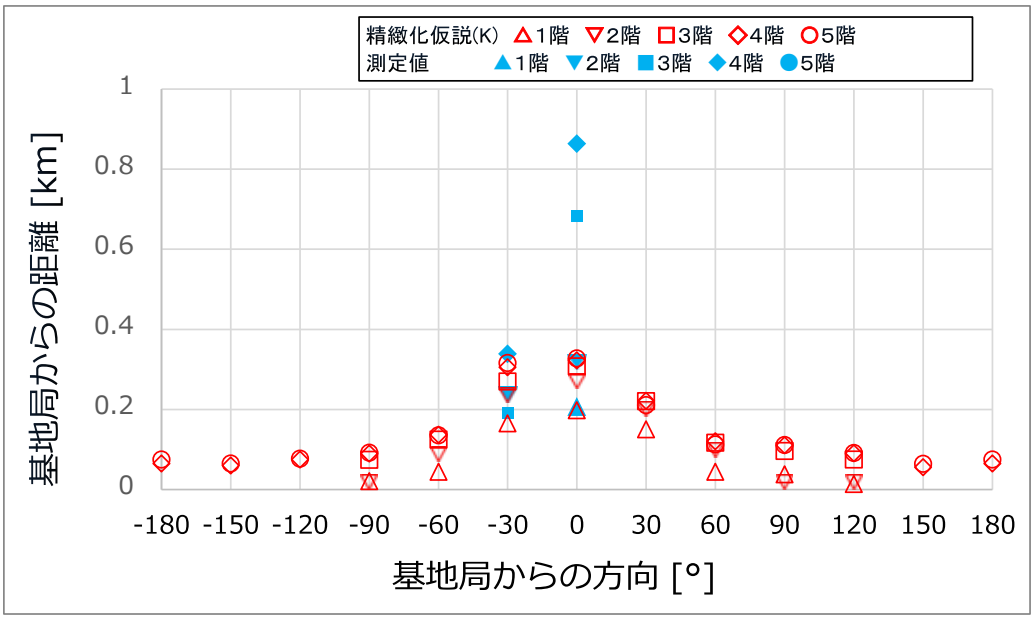
表 3.3.2.5-5 受信電力の測定範囲の設定手順

	手順	本実証での結果
1	集合住宅の 5 階（今回の実証で評価対象とする最上階）など、調整対象区域が最も広くなるケースを想定して、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端までの最大想定距離の簡易計算を実施した。 ● S の値は、開放地とする ● 審査基準に示されている計算式により計算を行う ● ここでは概算のため、標高と垂直面アンテナ利得は考慮せず、基地局アンテナ高も概算値を用いる	エリア端までの最大想定距離は、以下の通りとなった。 ● ホテル屋上基地局(アンテナ高 20m) ➢ カバーエリア：1801m ➢ 調整対象区域：2736m ● 配電柱基地局(アンテナ高 5m) ➢ カバーエリア：443m ➢ 調整対象区域：674m

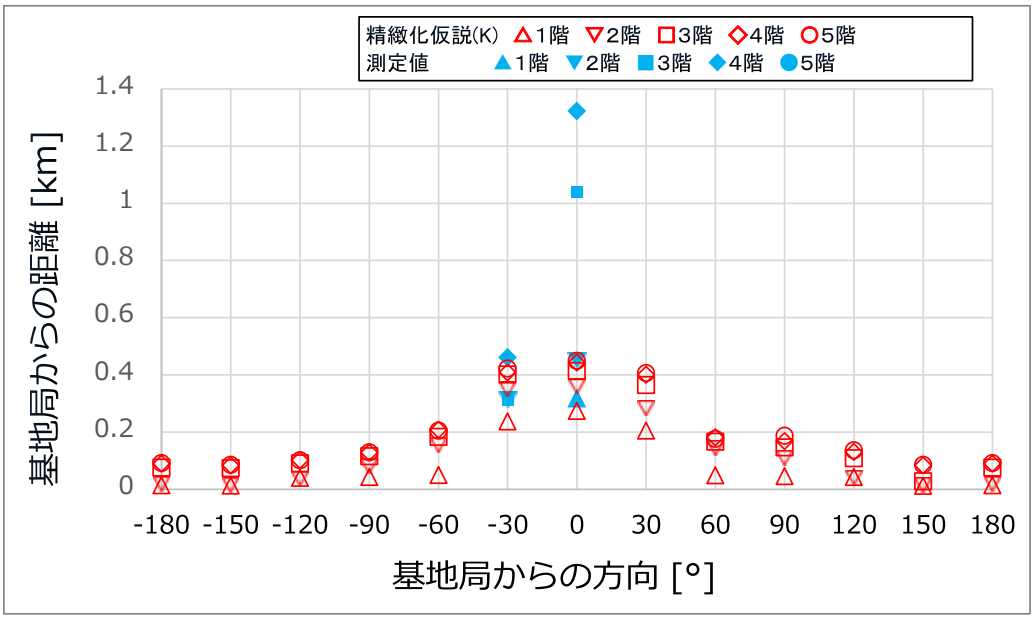
	● エリア端までの距離を過小評価しないために人体損失(8dB)は除いて計算する	
2	精緻化仮説に基づくカバーエリアと調整対象区域の作図	パラメータ K の精緻化仮説に基づき、図 3.3.2.5-7、図 3.3.2.5-8 を作成し、パラメータ S の精緻化仮説に基づき、図 3.3.2.5-9 を作成した。
3	通常の移動局アンテナ高での測定コースの選定 ● 1 階（地上 1.5m）でのカバーエリアと調整対象区域に加えて、5 階の調整対象区域で高所での測定値と比較できるように、範囲を広げて測定コースを選定した。	図 3.3.1.4-5 通常の移動局アンテナ高での受信電力の測定ルート
4	集合住宅における測定地点の選定 ● 5 階のカバーエリア及び調整対象区域のエリア端のまでの範囲で、測定候補地点を選定する。 ● 選定した測定候補地点のうち、管理人等から許可が得られた集合住宅は、その共用部分を測定地点とした。 ● モニター宅において測定の許可を得て測定地点とした。	図 3.3.1.4-11 集合住宅等の測定点、及び 図 3.3.1.4-12 高所作業車による測定地点の位置
5	高所作業車を用いる測定地点の選定 ● エリア端までの最大想定距離を考慮して測定計画を立てて、基地局に近い測定点の測定を先に行い、エリア端が確認できるところまで測定を実施した。	図 3.3.1.4-12 高所作業車による測定地点の位置

図 3.3.2.5-12 及び図 3.3.2.5-13 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、以下のようにして測定値と仮説による「エリア設計」に基づくエリア端との比較を行った結果を示す。

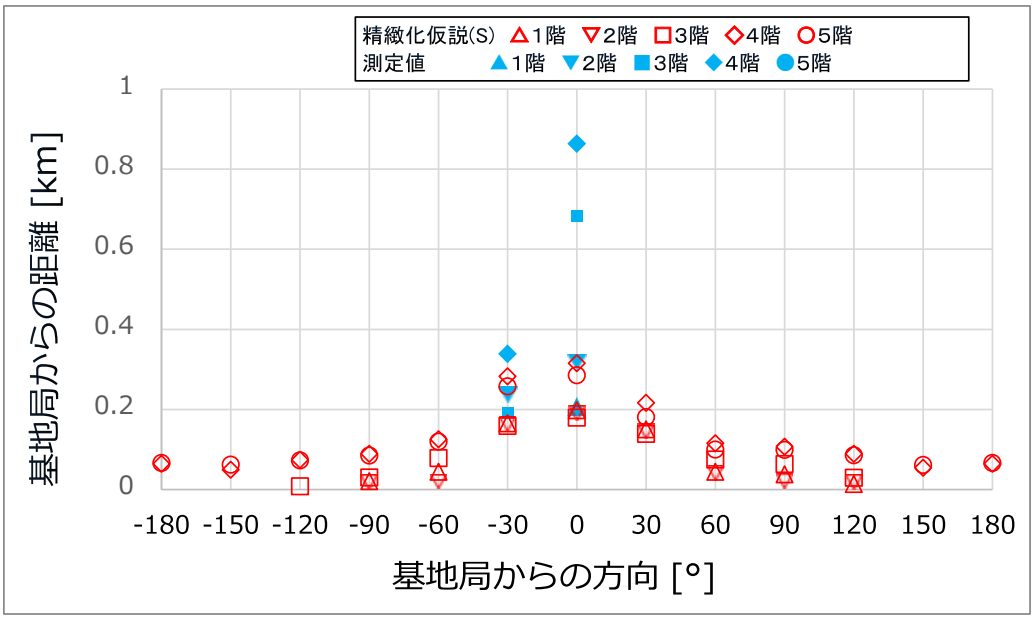
- 各基地局から 0° 方向（メインビーム方向±15°）、30° 方向（メインビーム方向＋30°±15°）などの範囲に分割し、K、S の各々の精緻化仮説に基づく「エリア設計」の計算を行い、エリア端までの距離を、カバーエリア及び調整対象区域の各々について、1 階～5 階の各階において求める。
- K、S の仮説による「エリア設計」の計算値は、屋外の測定値（ベランダ等、高所作業車）より求めたエリア端の距離（図 3.3.1.4-25 及び図 3.3.1.4-26 に示した測定値）と比較する。



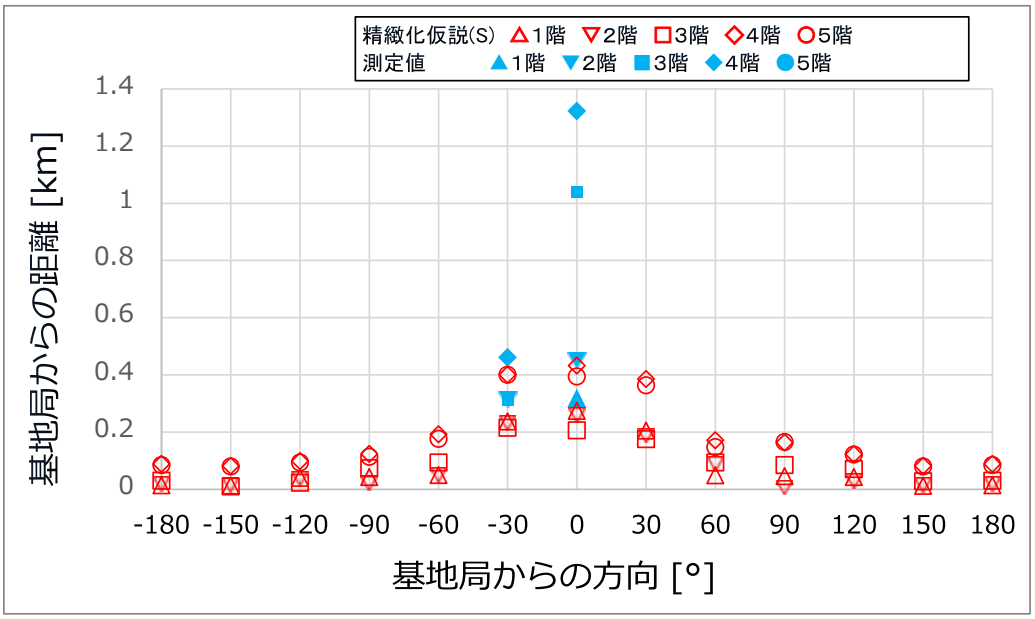
(ア) K の精緻化仮説によるカバーエリア



(イ) K の精緻化仮説による調整対象区域

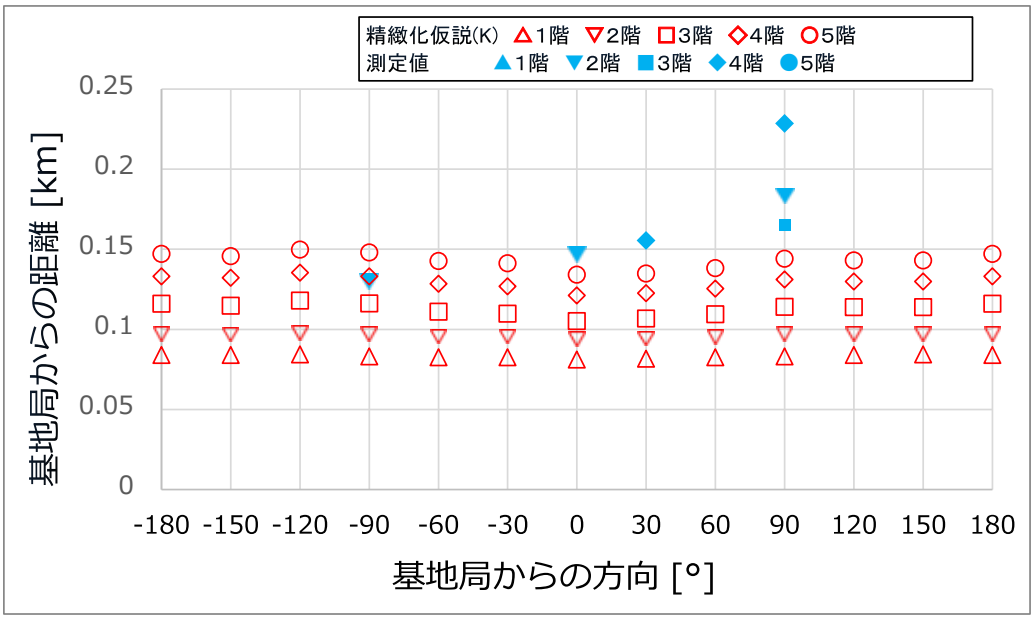


(ウ) S の精緻化仮説によるカバーエリア

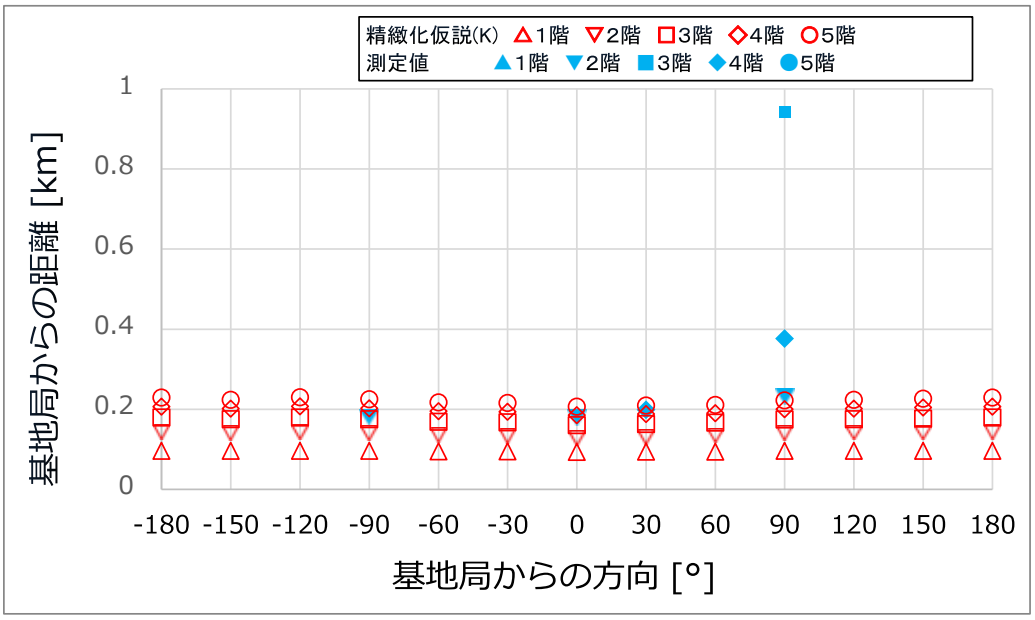


(エ) S の精緻化仮説による調整対象区域

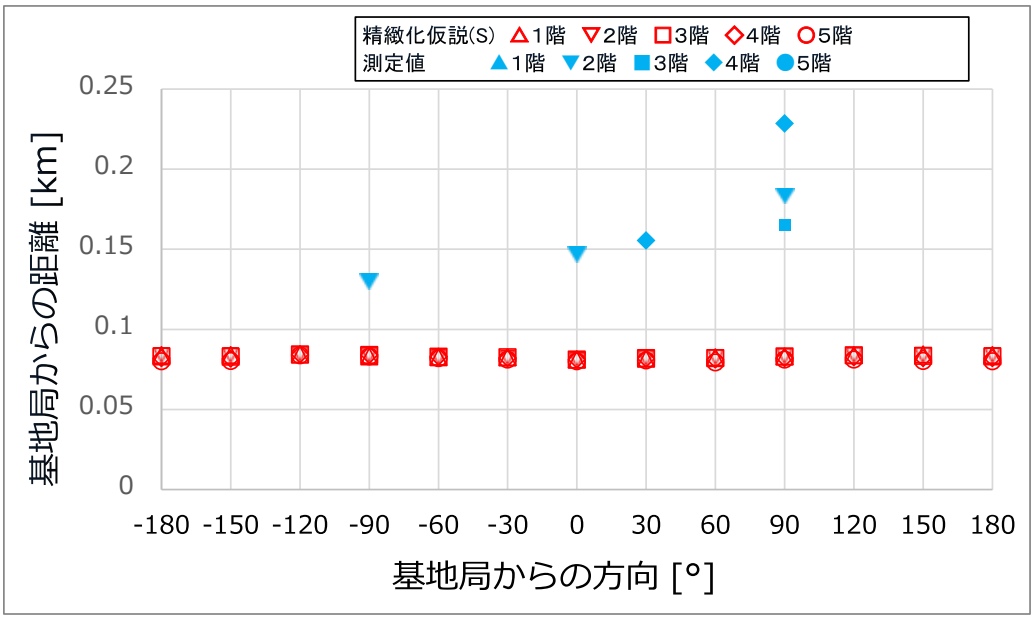
図 3.3.2.5-12 高所測定地点におけるエリア端までの距離（ホテル屋上基地局）



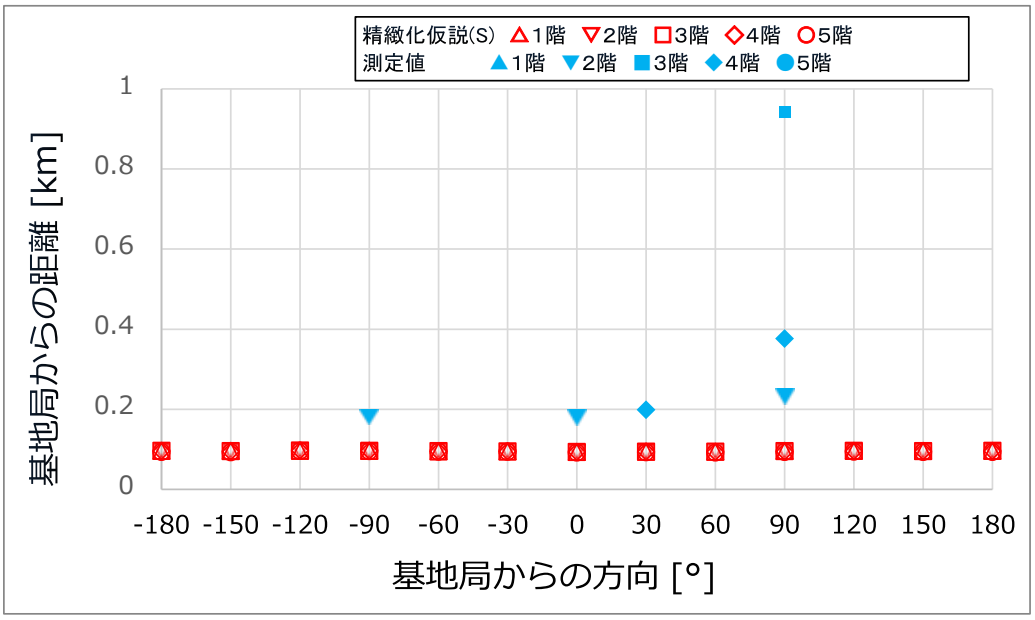
(ア) K の精緻化仮説によるカバーエリア



(イ) K の精緻化仮説による調整対象区域



(ウ) S の精緻化仮説によるカバーエリア



(エ) S の精緻化仮説による調整対象区域

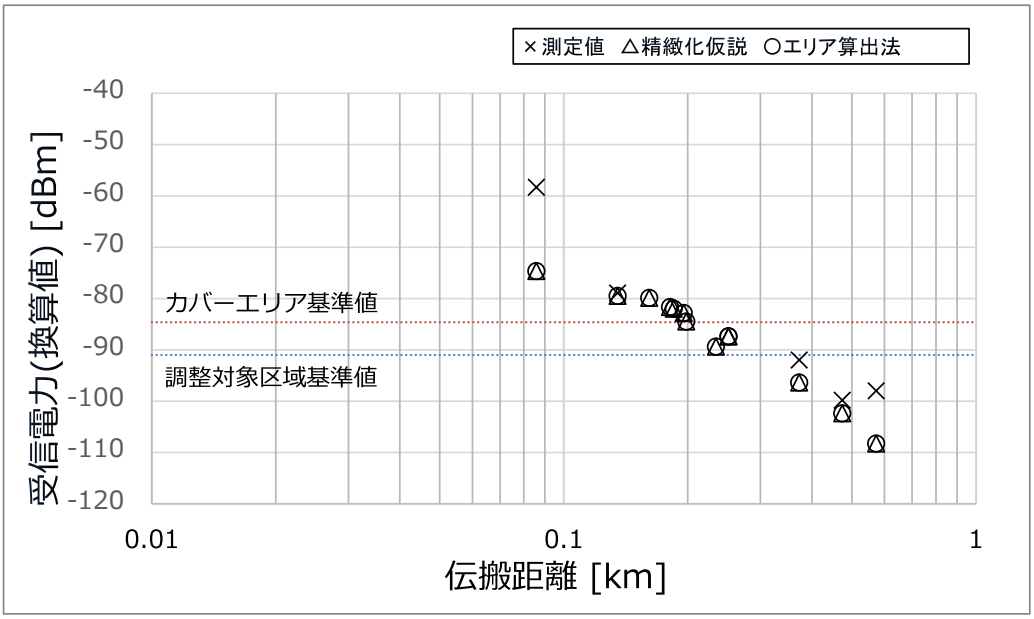
図 3.3.2.5-13 高所測定地点におけるエリア端までの距離（配電柱基地局）

図 3.3.2.5-12 及び図 3.3.2.5-13 に示したように、エリア算出法（図 3.3.1.4-25 及び図 3.3.1.4-26）に比べて、エリア端の距離は、K の精緻化仮説によっても、S の精緻化仮説によっても、測定値により求めたエリア端の距離に近づく結果となった。

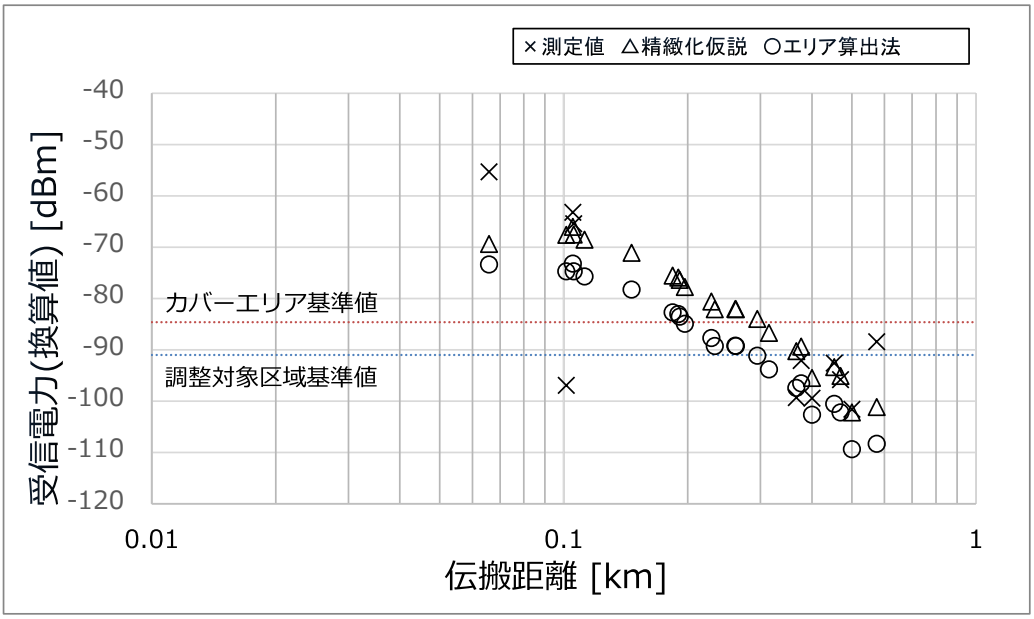
（4）分析・考察

a）第一の実証目標における第一の仮説に基づくパラメータ K の精緻化

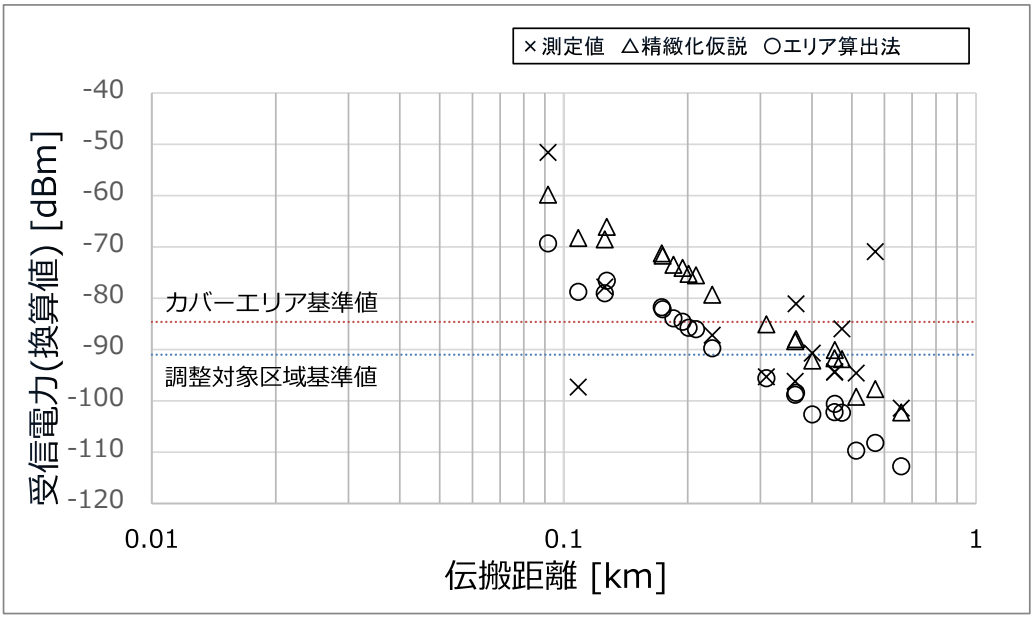
図 3.3.2.5-14 及び図 3.3.2.5-15 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、屋外における受信電力の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法による計算値の比較を行った結果を示す。



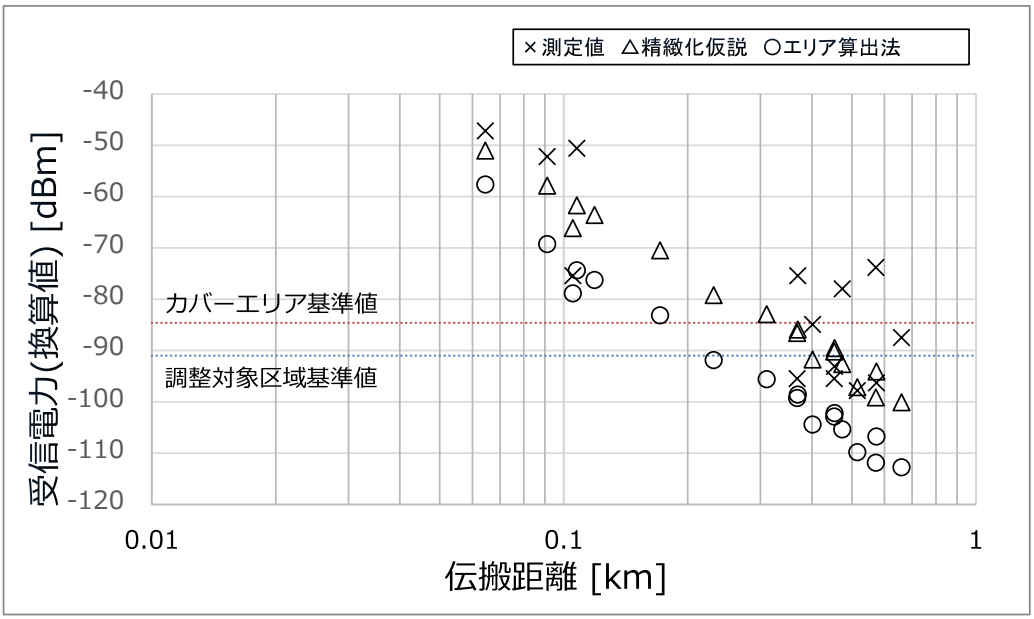
(ア) 1 階



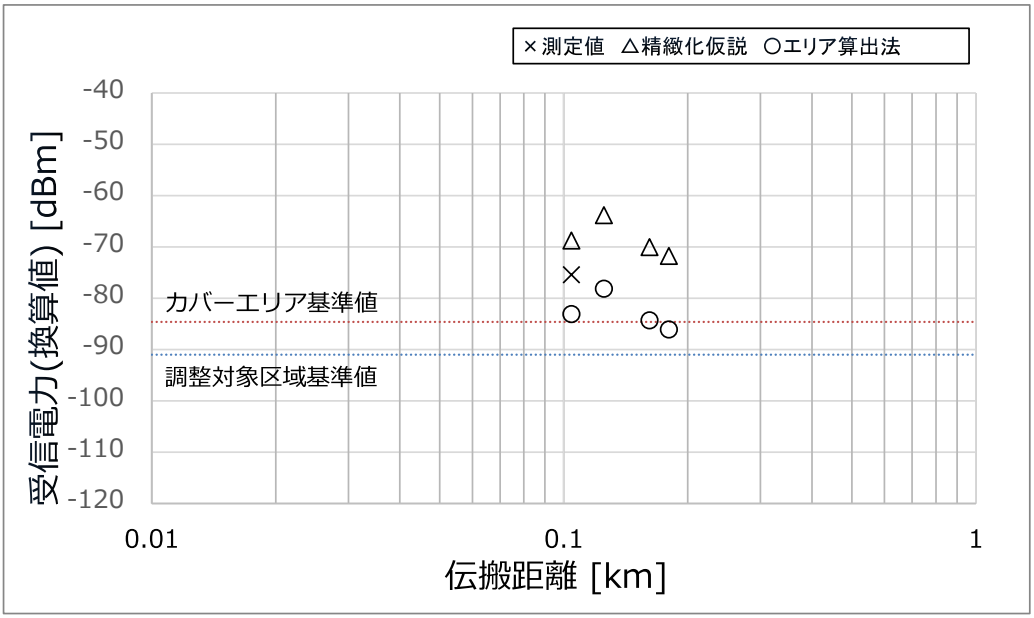
(イ) 2 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階

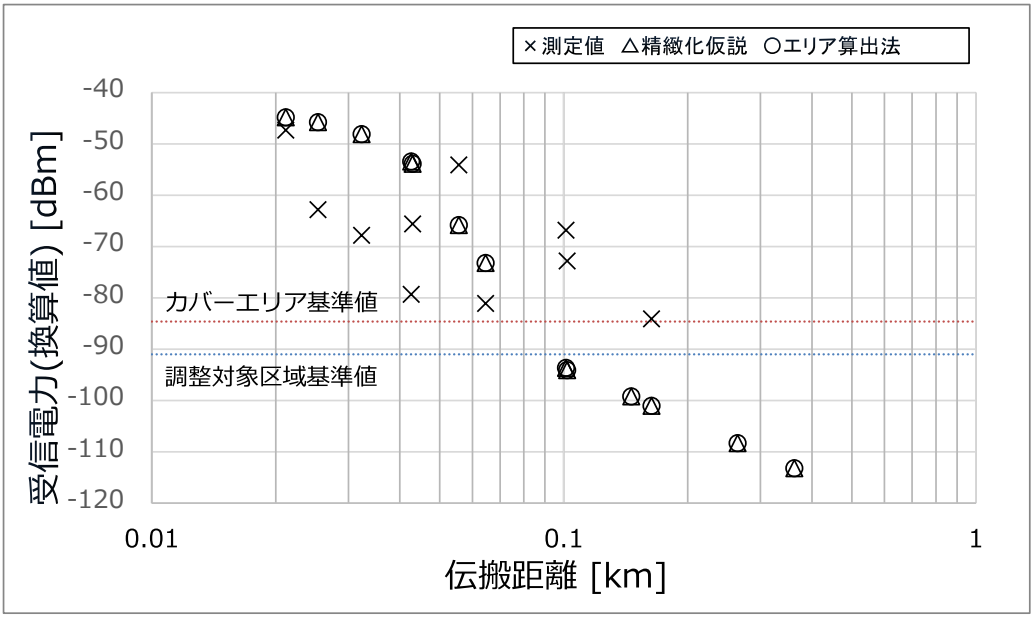

×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(エ) 4 階

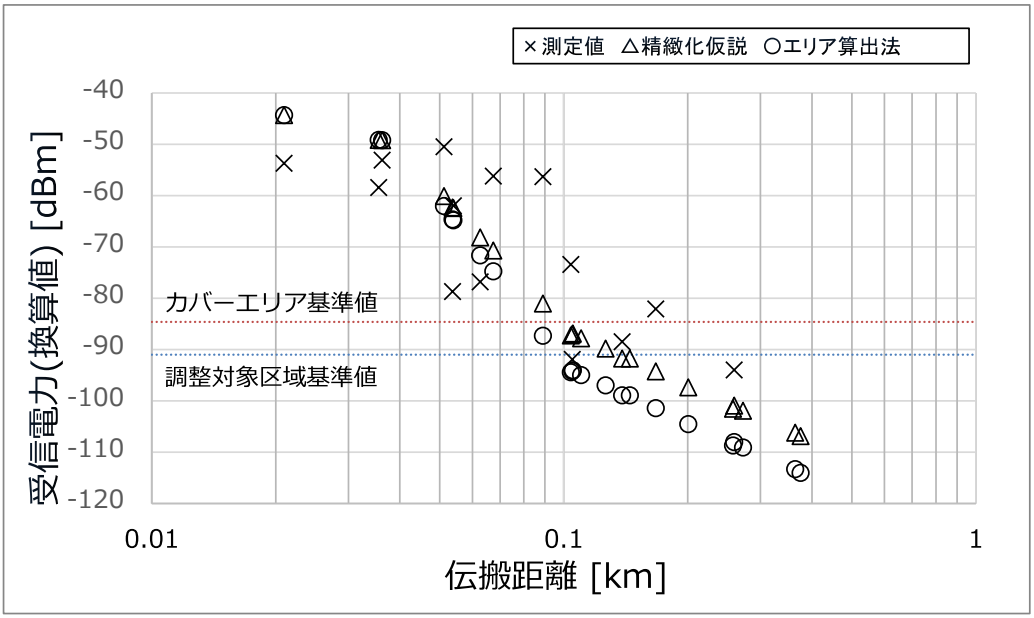


(オ) 5 階

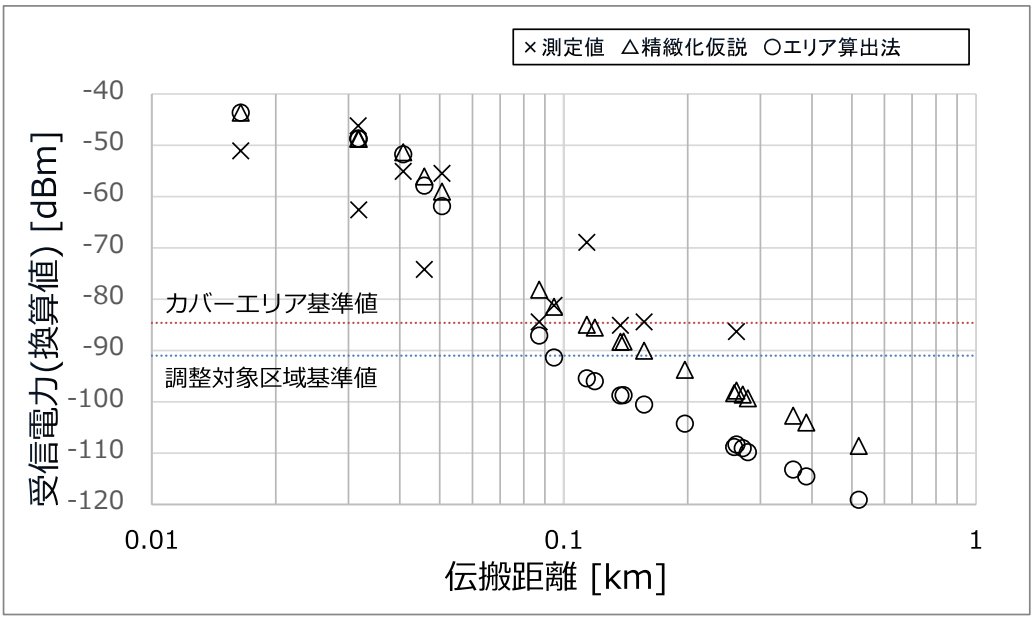
図 3.3.2.5-14 受信電力の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）



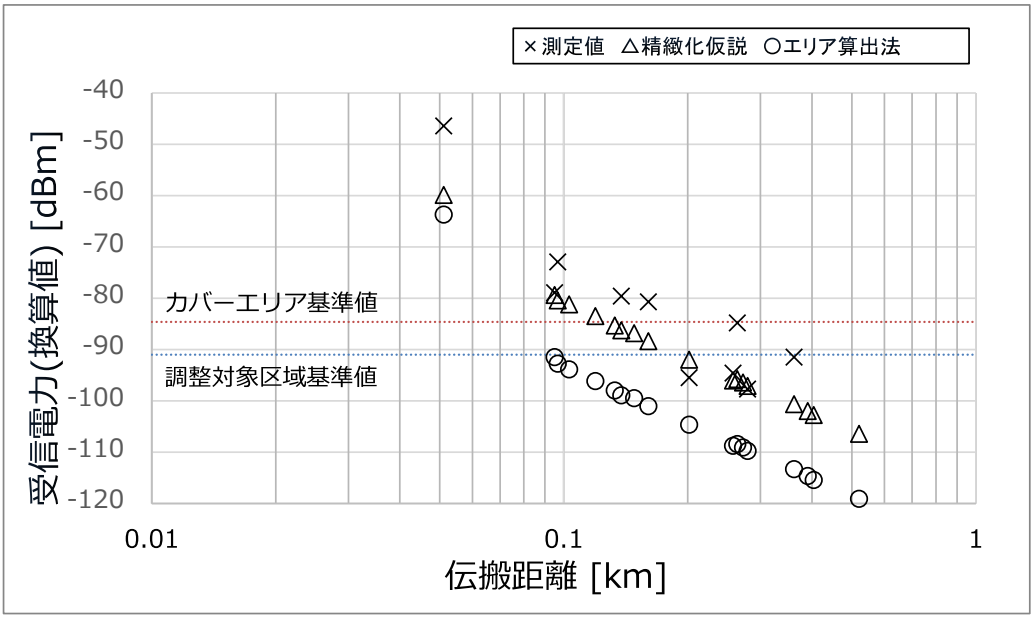
(ア) 1 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

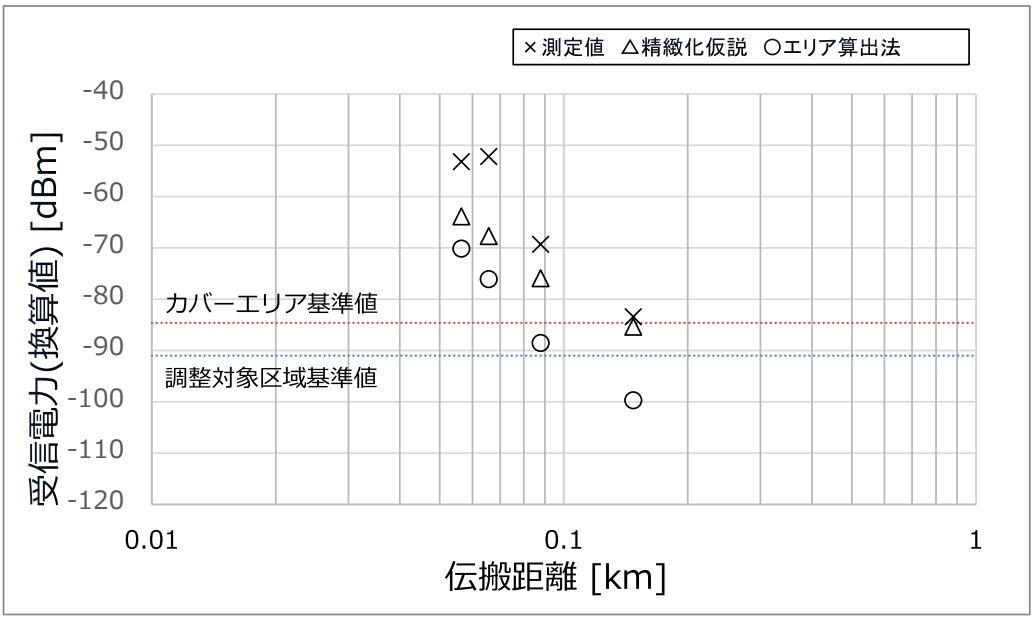
(イ) 2 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階



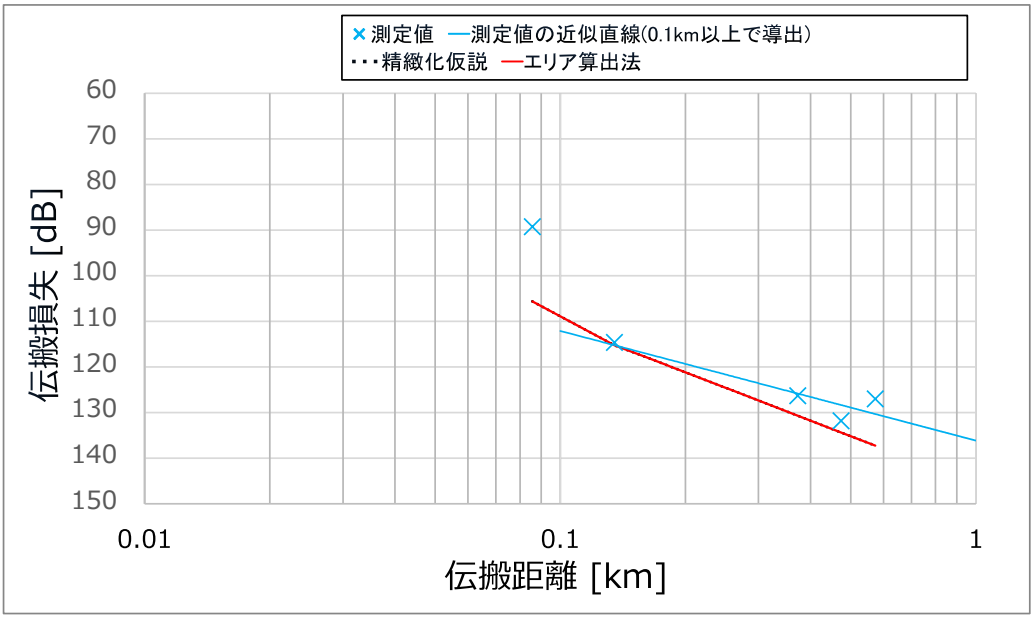
(エ) 4 階



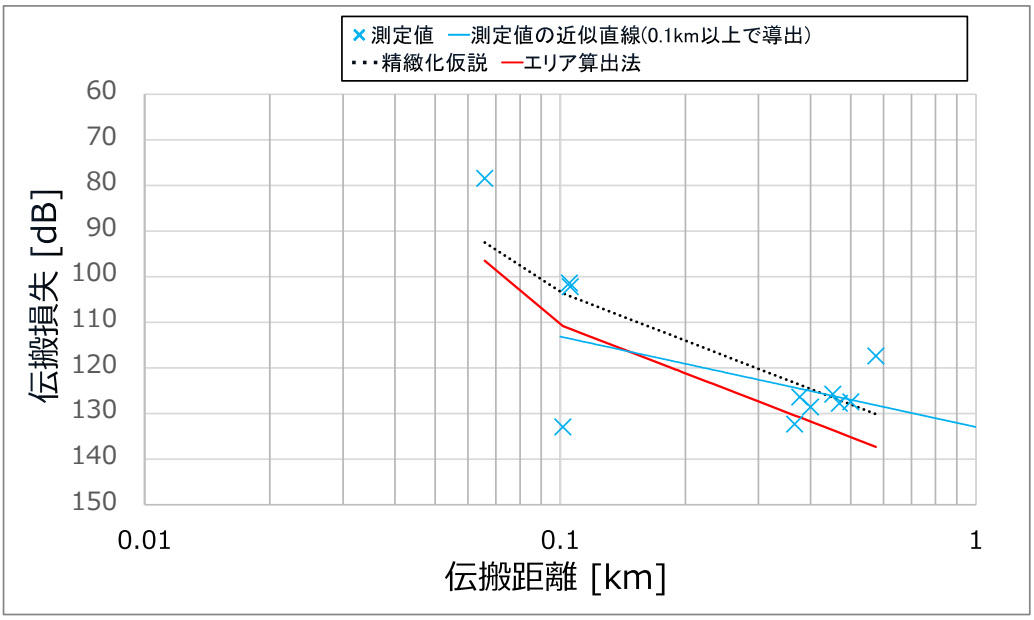
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-15 受信電力の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（配電柱基地局）

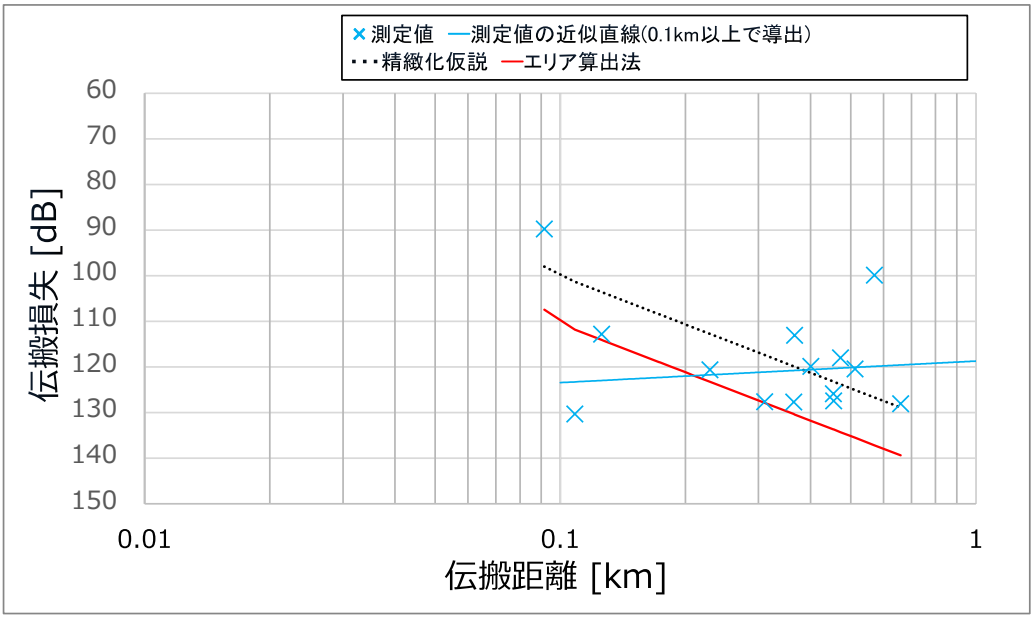
図 3.3.2.5-16 及び図 3.3.2.5-17 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、屋外における伝搬損失の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法の計算値を比較した結果を示す。


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

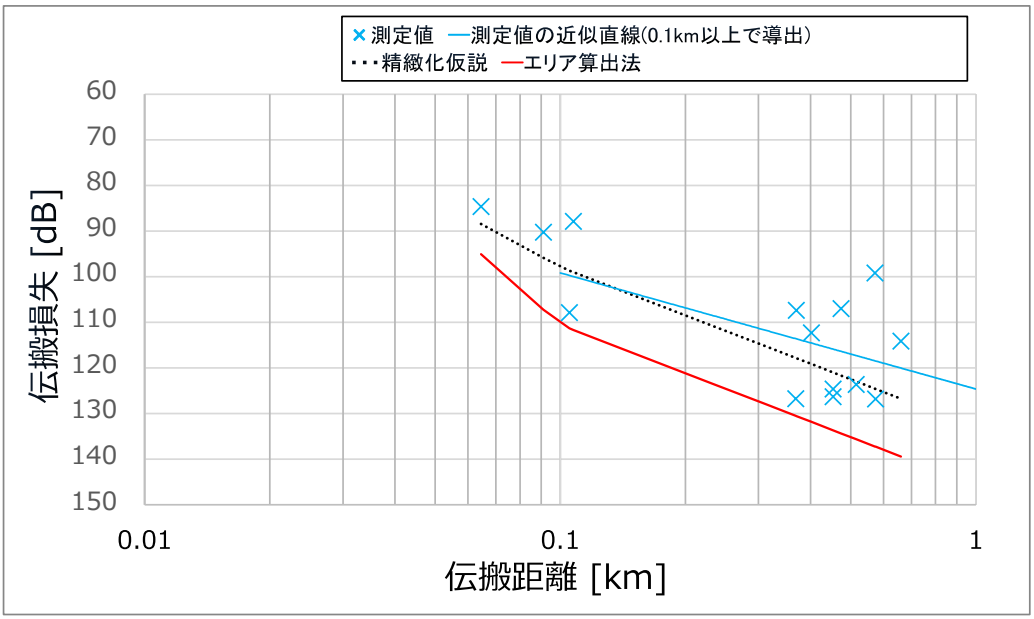
(ア) 1 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

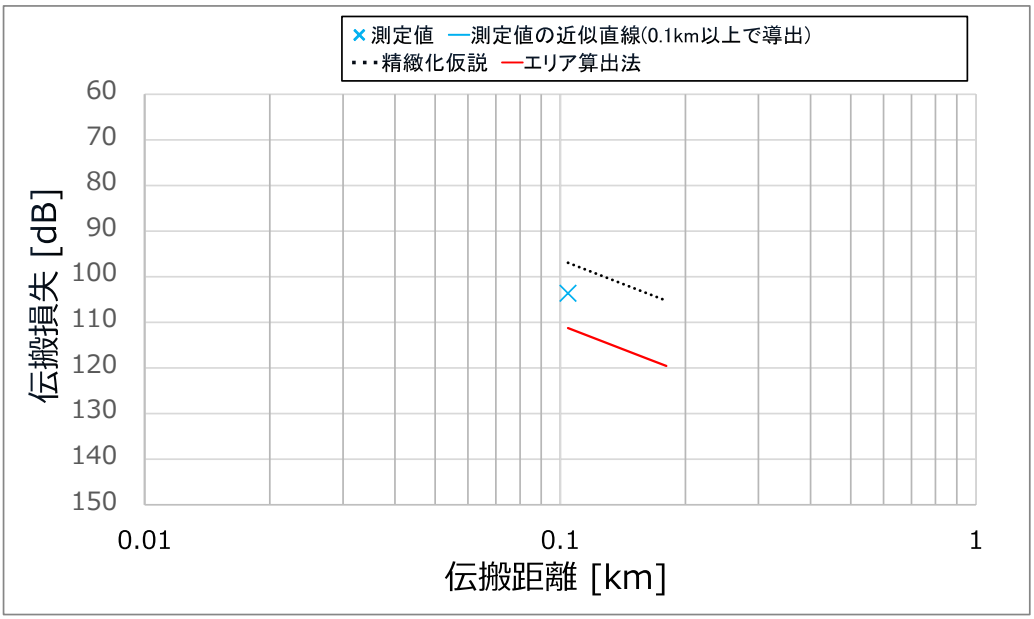
(イ) 2 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階

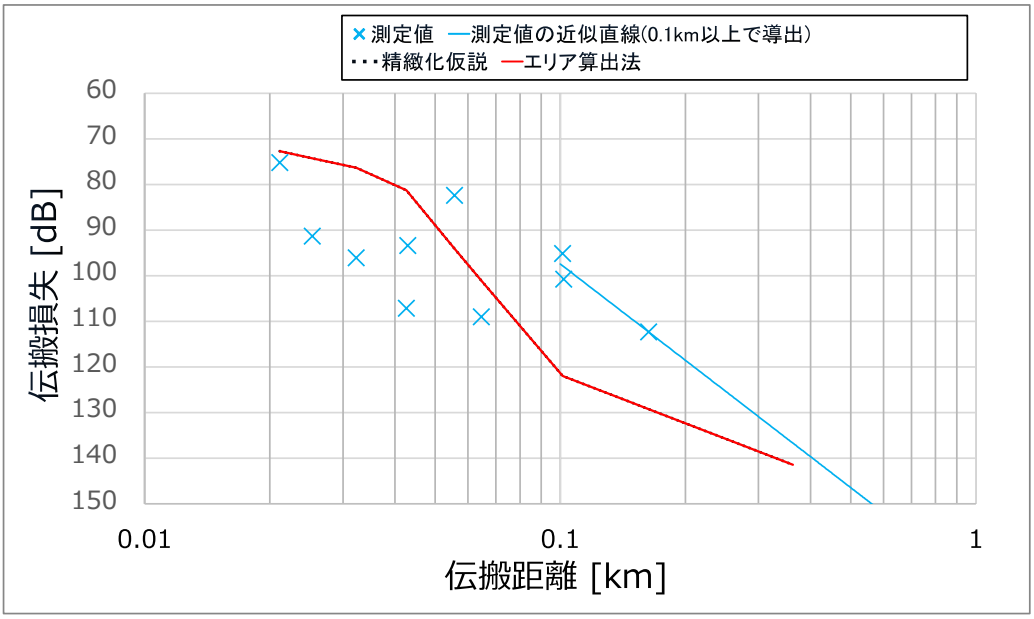

×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(エ) 4 階

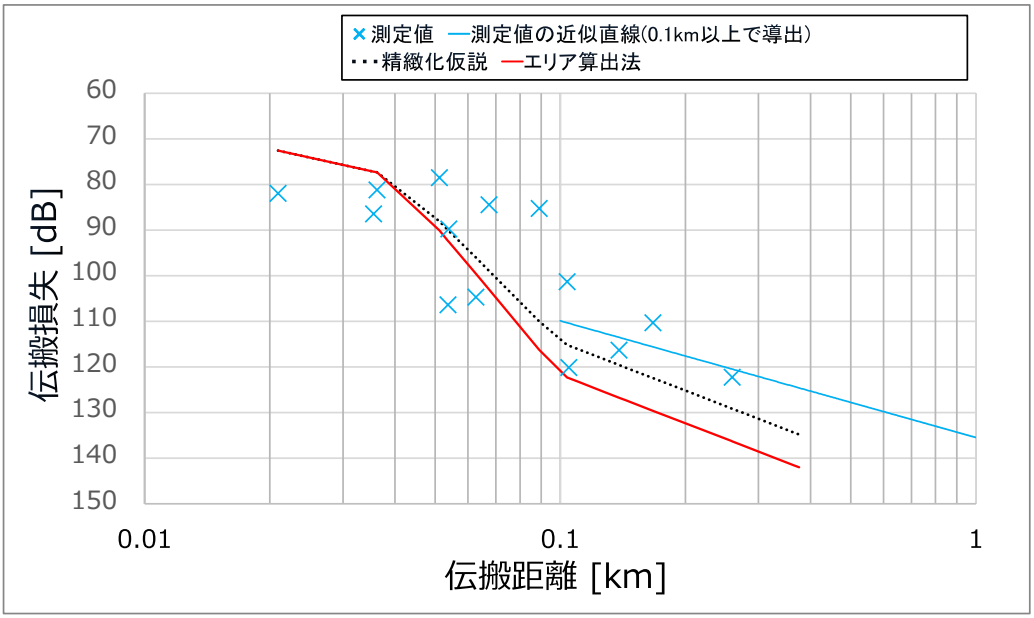


(オ) 5 階

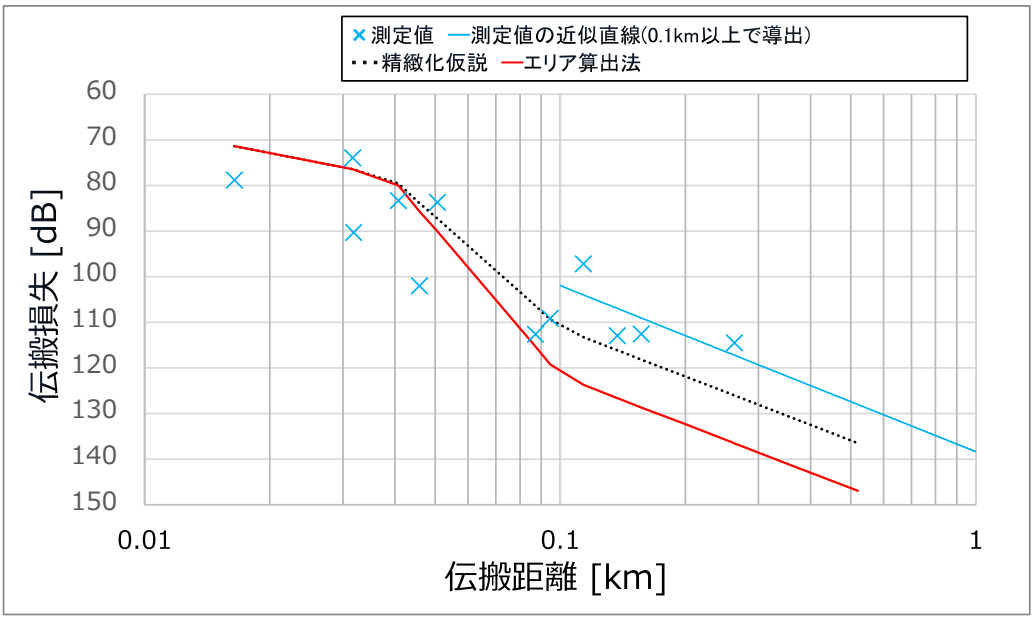
図 3.3.2.5-16 伝搬損失の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）



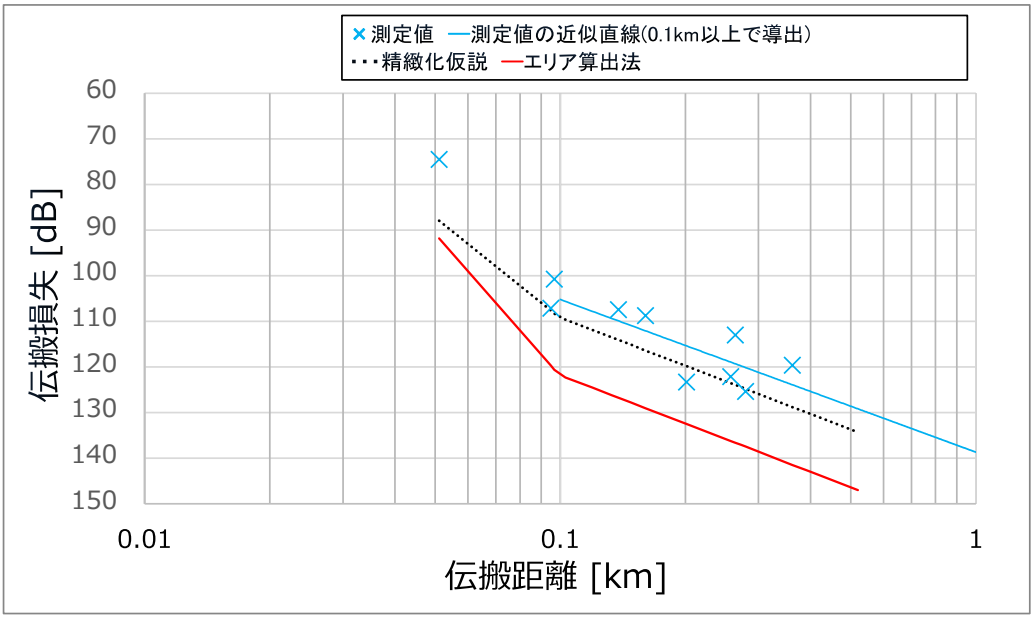
(ア) 1 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

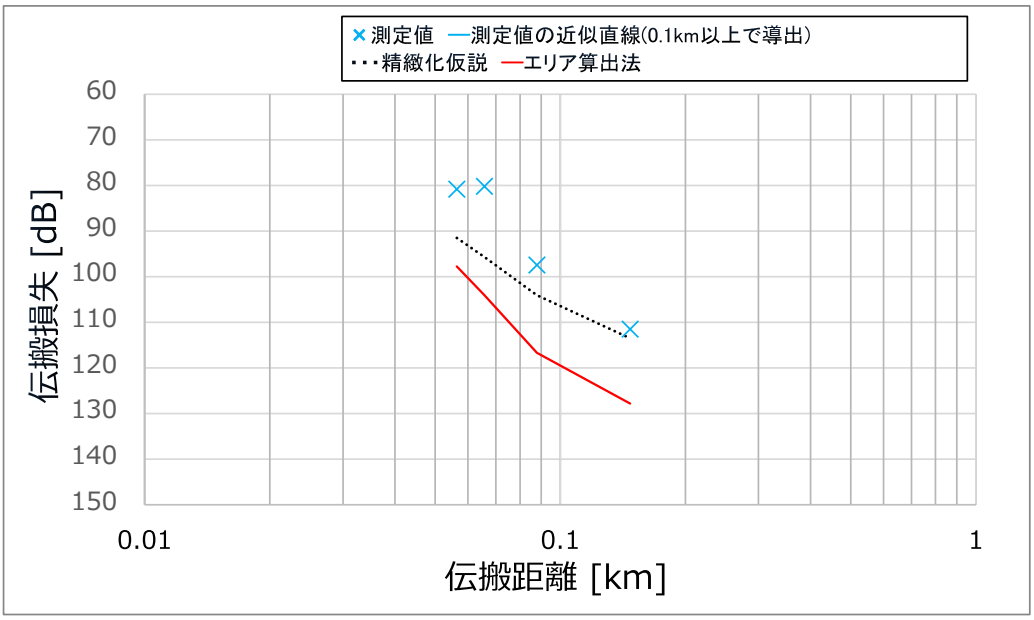
(イ) 2 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階



(エ) 4 階



(オ) 5 階

図 3.3.2.5-17 伝搬損失の測定値、K の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（配電柱基地局）

図 3.3.2.5-18 に屋外における測定値に対する K の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE を示す。

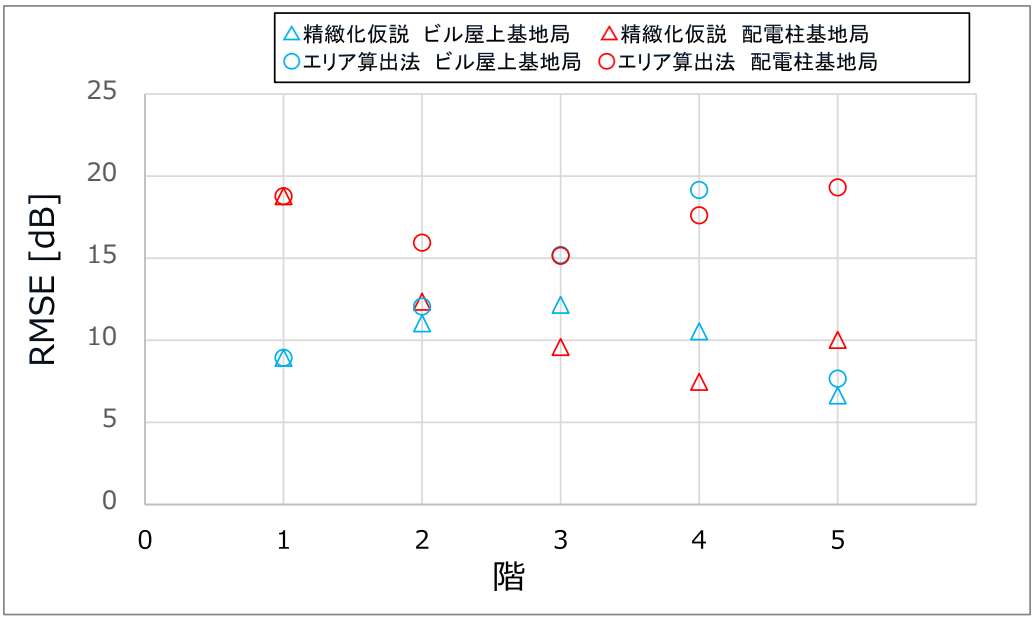
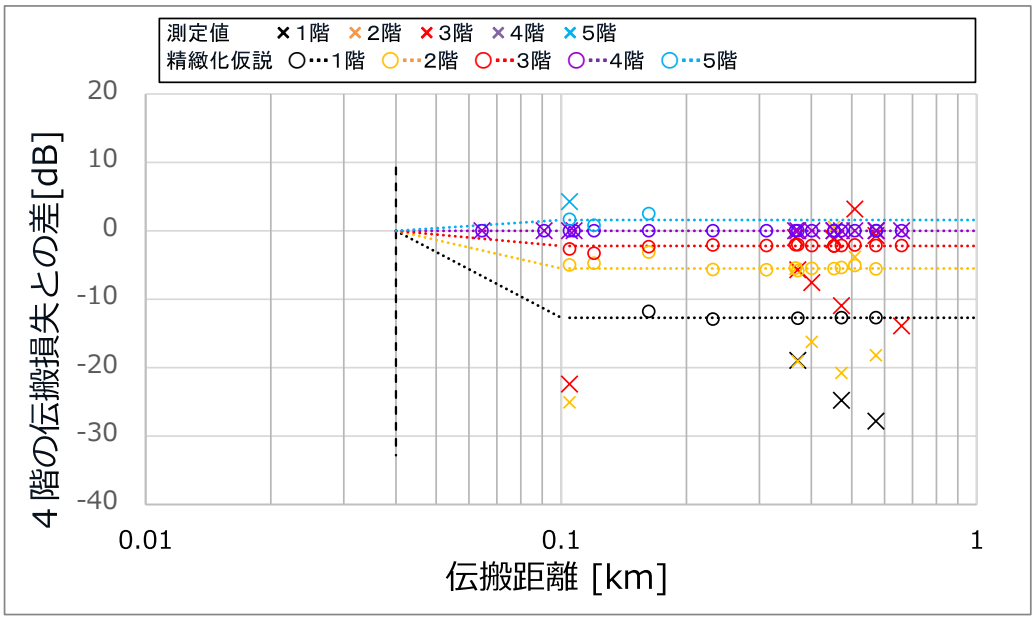


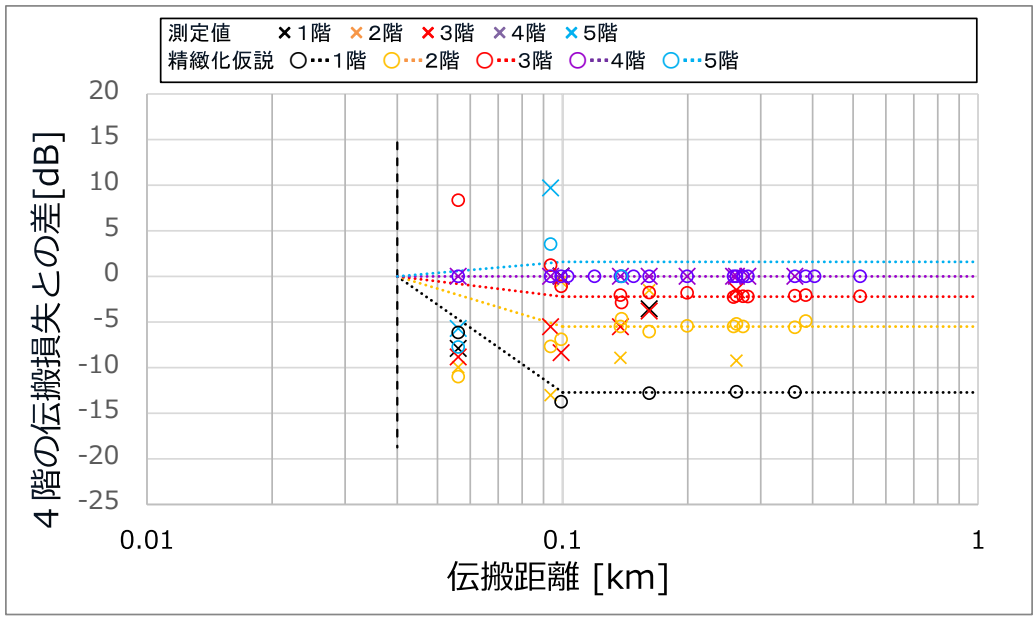
図 3.3.2.5-18 測定値に対する K の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE

以上の結果より、ホテル屋上基地局では、1 階から 4 階まで上の階になるほど、エリア算出法と測定値の乖離が大きくなるが、精緻化仮説と測定値の乖離は抑えられる傾向があることが分かる。5 階については、測定値が 1 点のみであり、有意な傾向は認められない。一方、配電柱基地局では、1 階から 5 階までの間でエリア算出法と測定値の乖離にそれほど大きな差はないが、精緻化仮説と測定値の乖離は、2 階以上で比較的小さく抑えられる傾向があることが分かる。

図 3.3.2.5-19 に 1 階～5 階の 4 階との屋外における伝搬損失の差の距離特性を示す。測定値と共に、K の精緻化仮説に基づく計算値を示した。ここで、4 階を基準として伝搬損失の差を評価したのは、集合住宅では、4 ～5 階で受信電力が測定できても 1 階では受信電力が小さいためにデータを取得できない場合が多く、また、高所作業車では、4 階に相当する 10.5m までの高さでの測定としたためである。



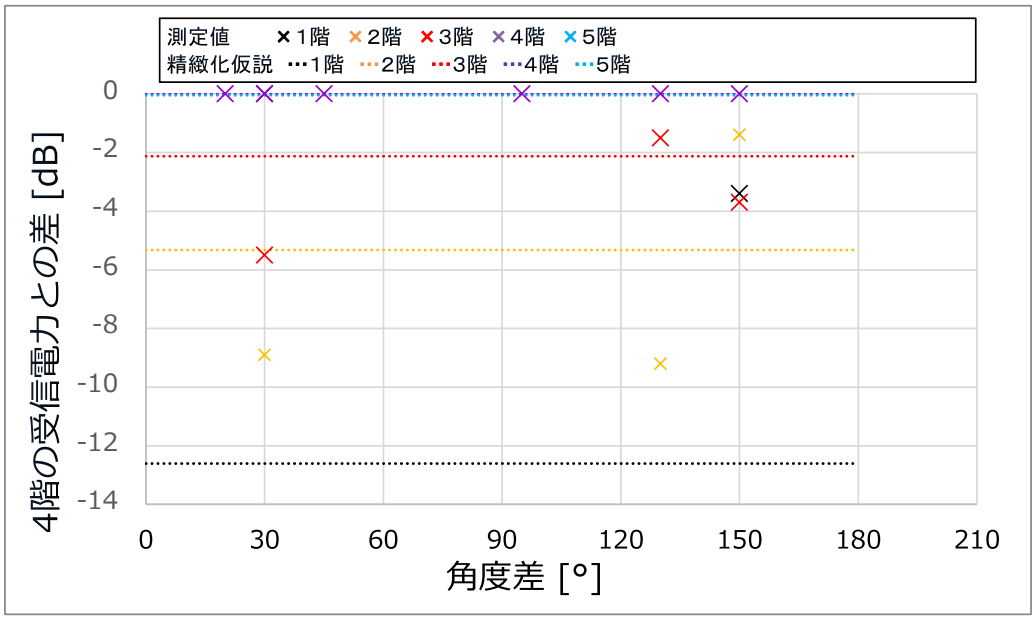
(ア) ホテル屋上基地局



(イ) 配電柱基地局

図 3.3.2.5-19 1 階～5 階の 4 階との伝搬損失の差の距離特性

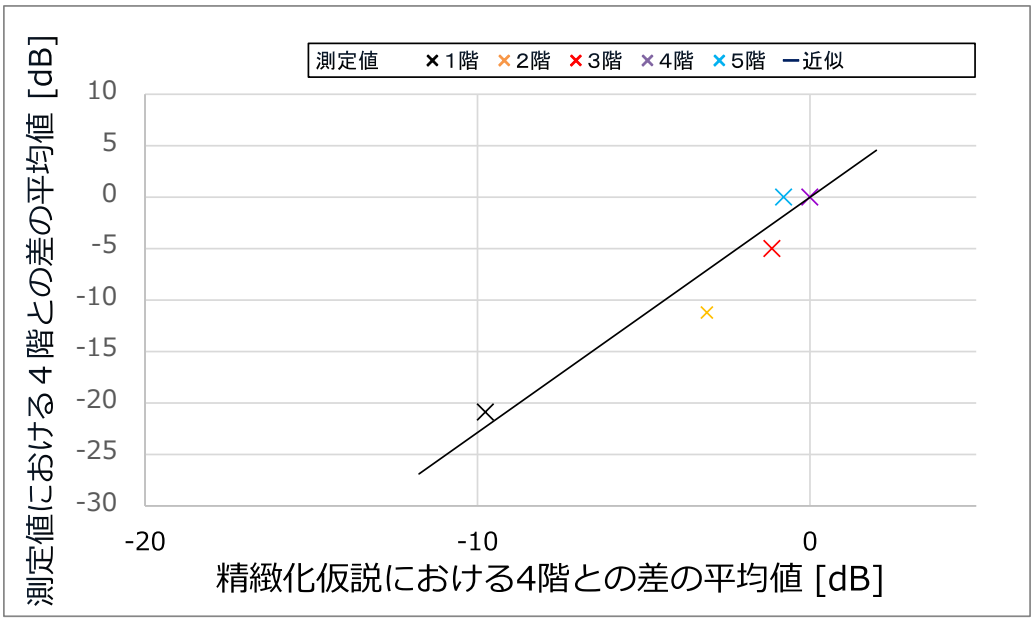
図 3.3.2.5-20 に、伝搬距離が 0.1km 以上の各々の場合について、1 階～5 階の 4 階との伝搬損失の差の建物の向きによる違いを示す。建物の向きは、測定点において、建物壁面と直角で建物から外側の方向と基地局の方向との角度差（0° ～180° ）として示した。また、高所作業車の測定点では、近隣の建物壁面を基準に角度差を求めた。但し、ホテル屋上基地局では、0.1km 未満のデータがないため、図示を省略した。これらの結果では、多くの階でデータが取得できた角度差で 4 階との受信電力との差が大きいデータが存在しているが、建物の向きによる一定の傾向は認められない。



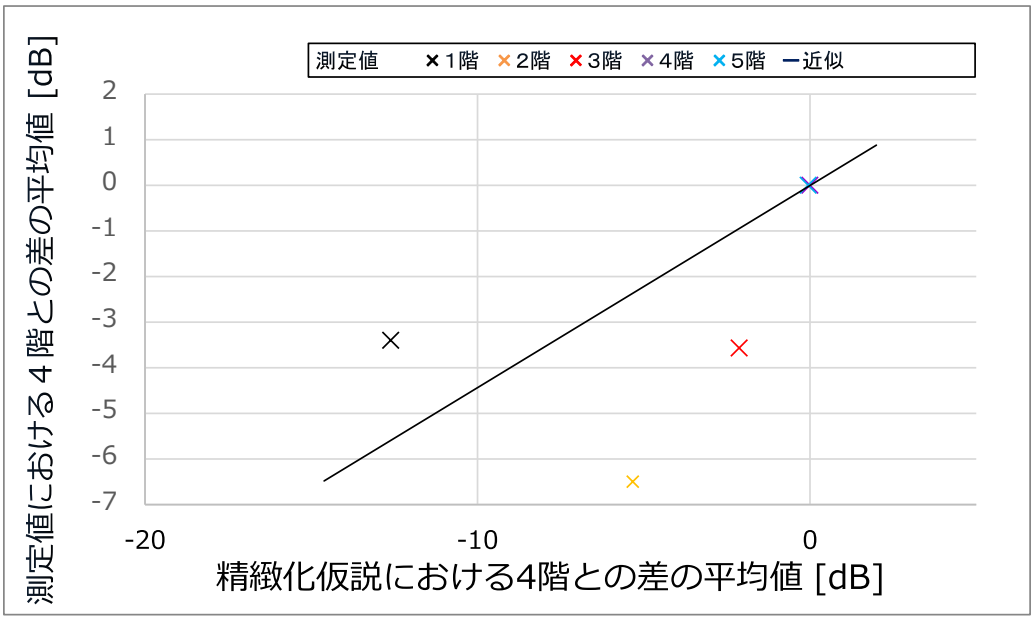
(ア) 配電柱基地局

図 3.3.2.5-20 4 階との伝搬損失の差の建物の向きによる違い（0.1km 以上）

図 3.3.2.5-21 に、伝搬距離が 0.1km 以上の各々の場合について、屋外における伝搬損失の測定値における差分と K の精緻化仮説における差分を比較した結果を示す。1 階～5 階の各々の階について、4 階との差の平均値を、測定値と精緻化仮説に基づく計算値の各々で求めて、両者の関係を示した。但し、ホテル屋上基地局では、0.1km 未満のデータがないため、図示を省略した。



（ア）ホテル屋上基地局



（イ）配電柱基地局

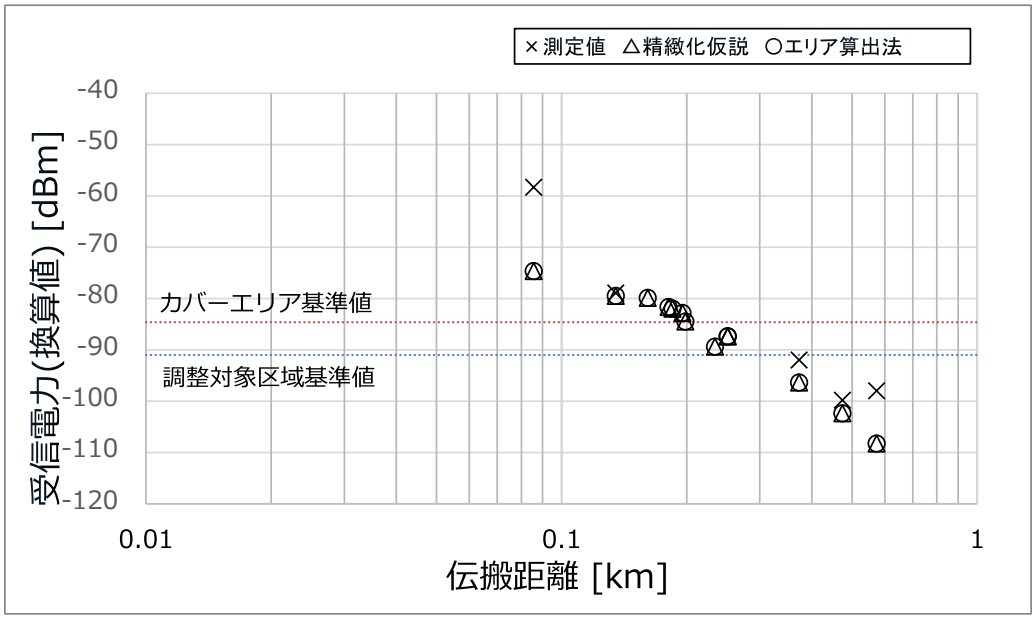
図 3.3.2.5-21 測定値と K の精緻化仮説との伝搬損失の差の比較（0.1km 以上）

図 3.3.2.5-21 より、ホテル屋上基地局では、測定値における 4 階との差の平均値が、精緻化仮説における 4 階との差の平均値の約 2 倍であるため、測定値と精緻化仮説の乖離を十分小さくできていないと認められる。一方、配電柱基地局では、測定値における 4 階との差の平均値が、精緻化仮説における 4 階との差の平均値の約半分であるため、精緻化仮説では、階による差を実際よりも大きく見積もっている。これらの結果より、K の値を精緻化仮説での値に対して一定割合で大きな値または小さな値とする根拠は考えられない。

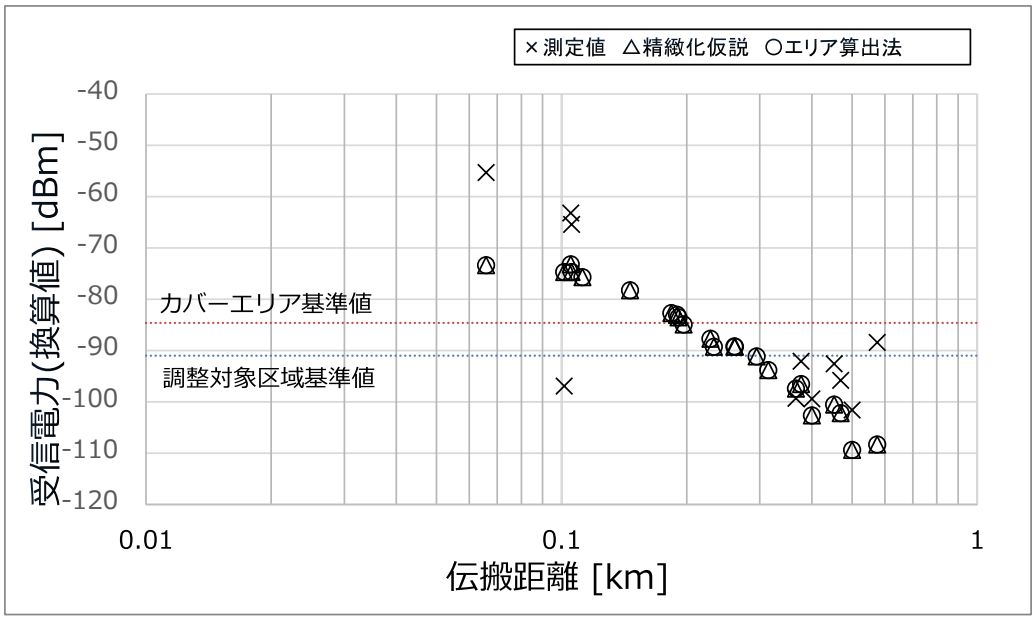
以上の結果より、K の精緻化仮説は、測定値との乖離を十分に小さくすることはできないものの、エリア算出法に比べると測定値との乖離を小さくすることはできるため、有効であると考えられる。

b）第一の実証目標における第二の仮説に基づくパラメータ S の精緻化

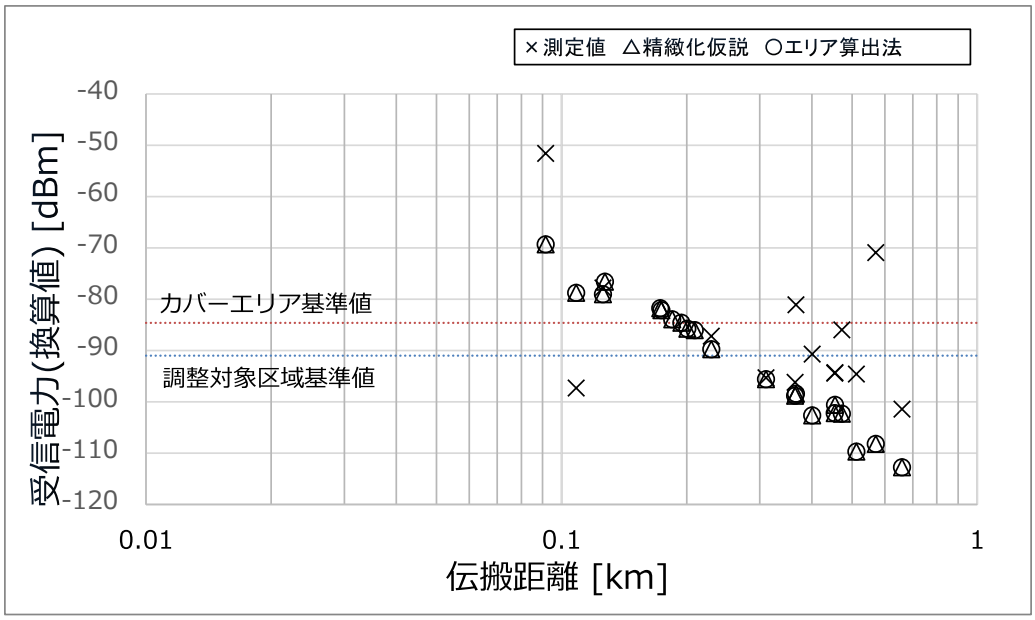
図 3.3.2.5-22 に、ホテル屋上基地局について、屋外における受信電力の測定値、S の精緻化仮説及びエリア算出法の比較を行った結果を示す。配電柱基地局では、エリア算出法と精緻化仮説が同一であり、精緻化はできないため、ホテル屋上基地局に関してのみ、S の精緻化仮説及びエリア算出法と測定値の比較を行った。



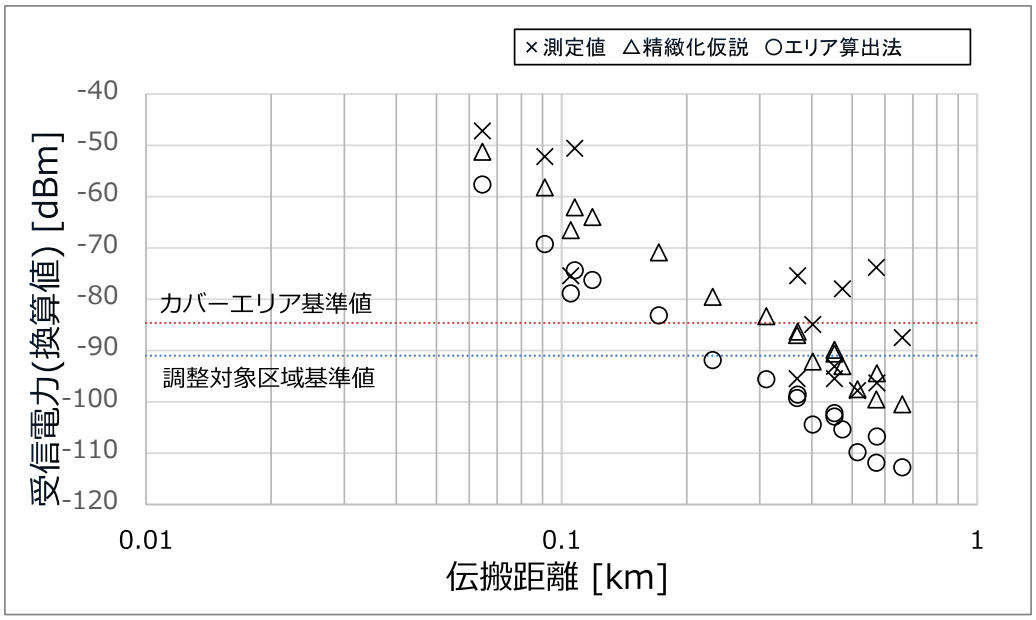
(ア) 1 階


×測定値　△精緻化仮説　○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

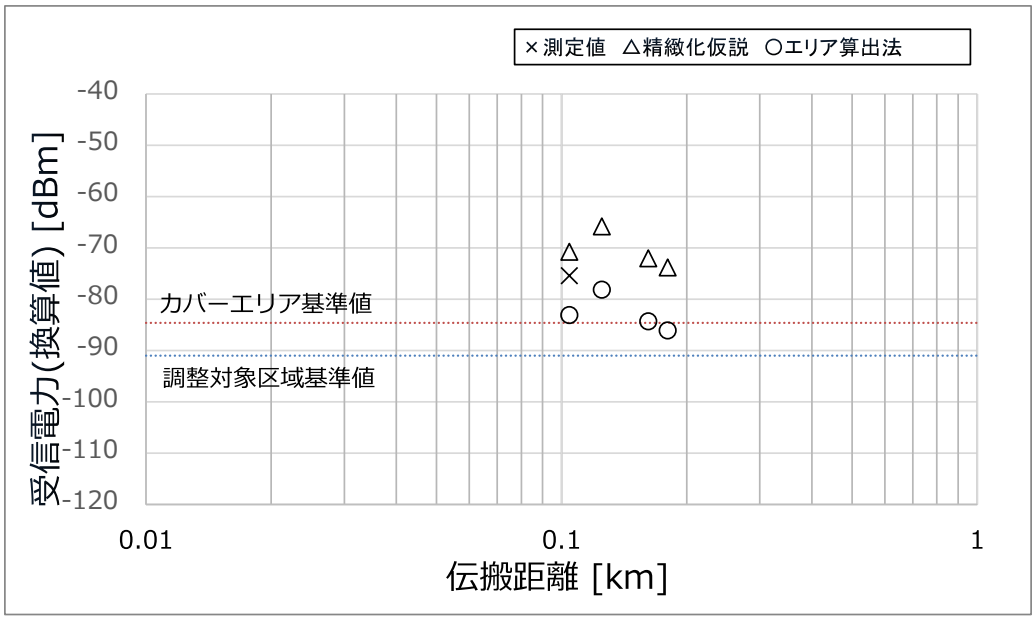
(イ) 2 階


×測定値　△精緻化仮説　○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階



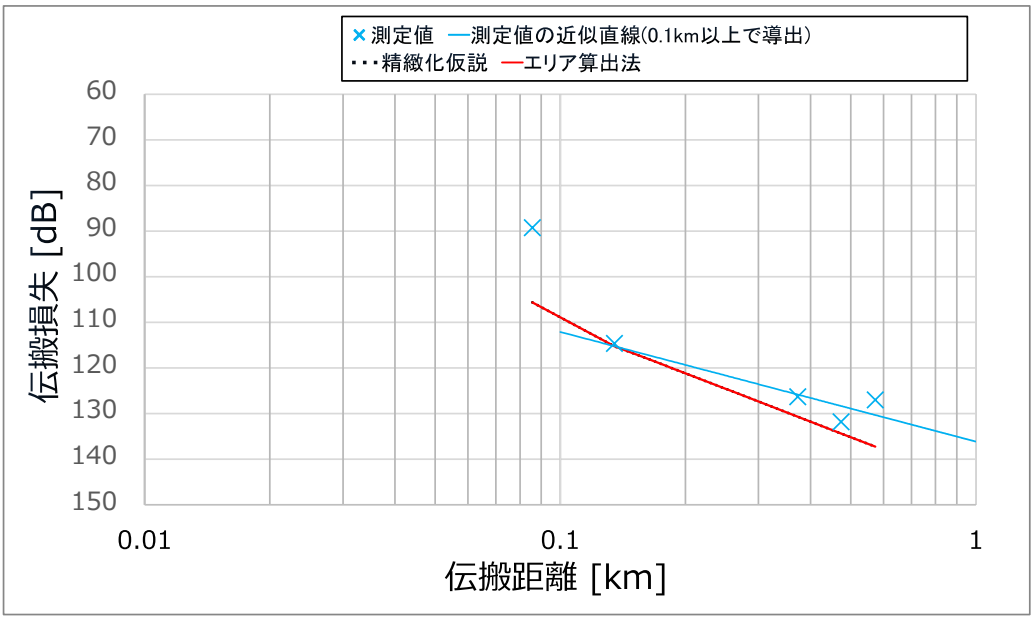
(エ) 4 階



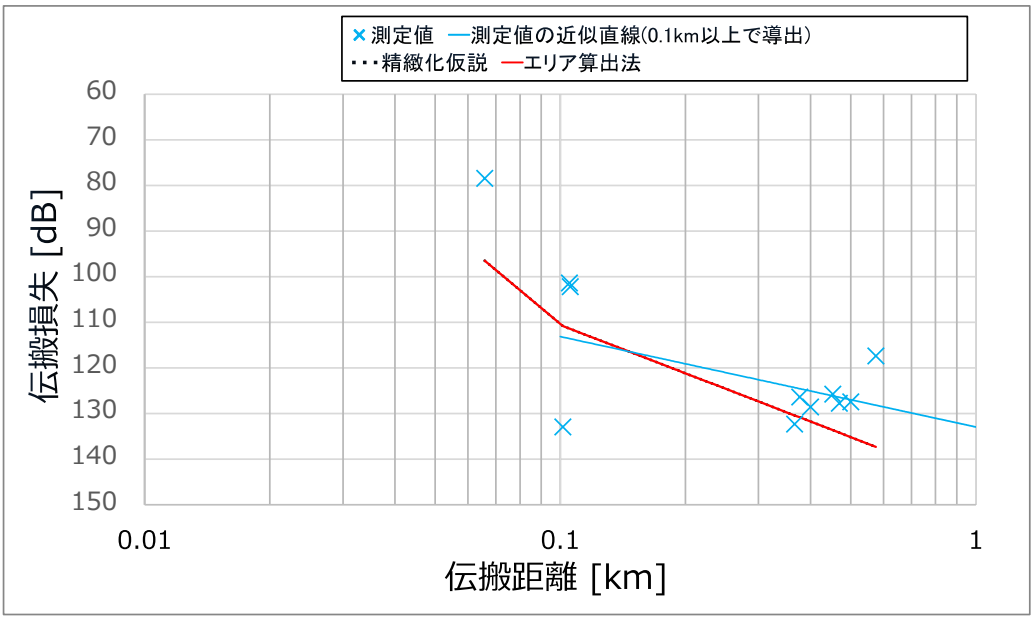
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-22 受信電力の測定値、S の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）

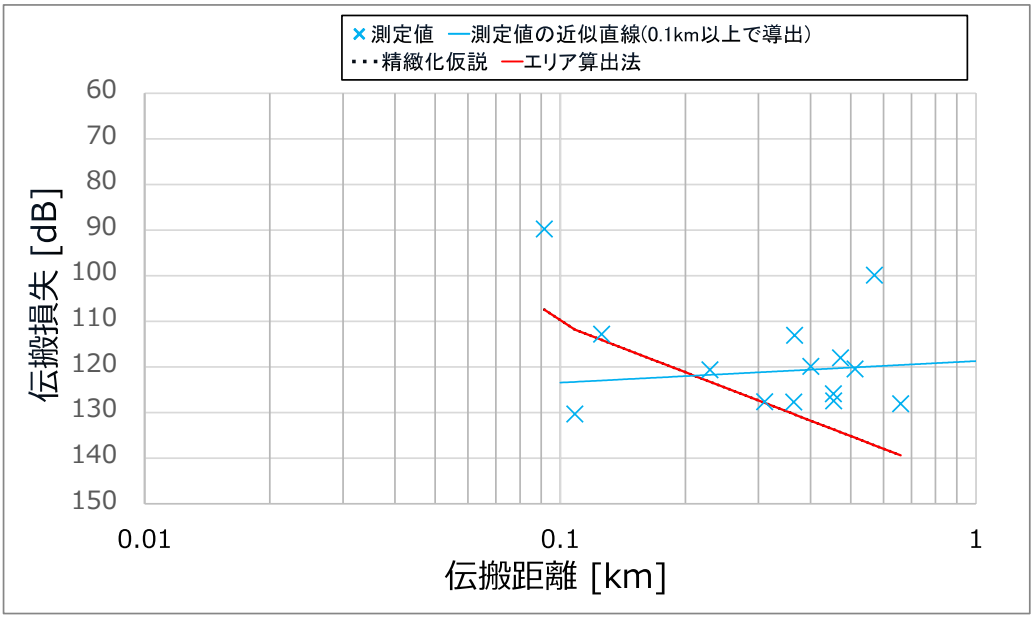
図 3.3.2.5-23 に、ホテル屋上基地局について、屋外における伝搬損失の測定値、S の精緻化仮説及びエリア算出法の計算値を比較した結果を示す。近似直線は、0.1km 以上の範囲で算出した。1 階～3 階は、エリア算出法と精緻化仮説が同一となる。


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

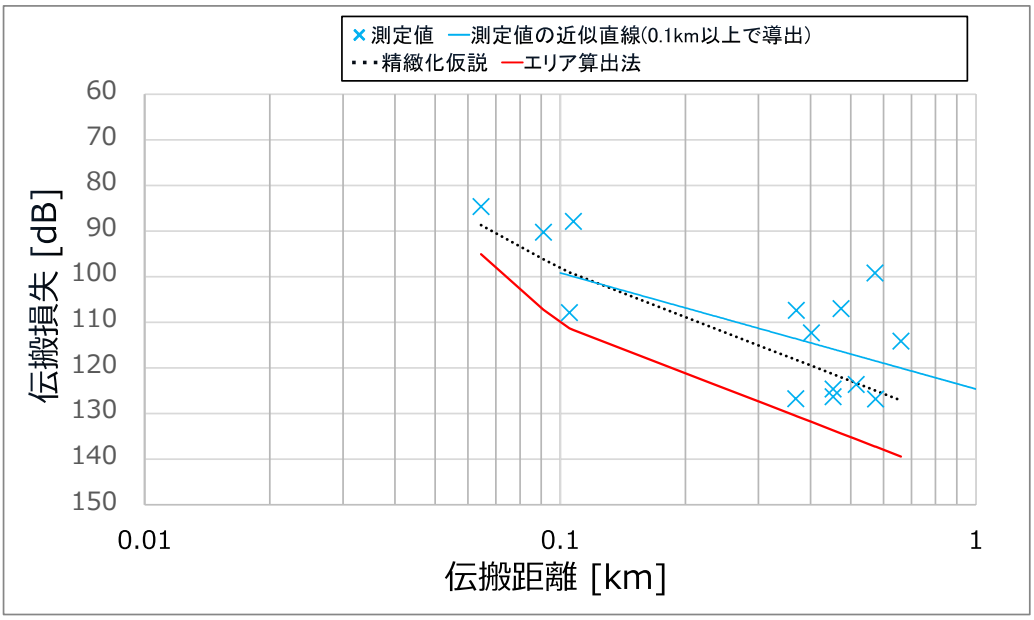
(ア) 1 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

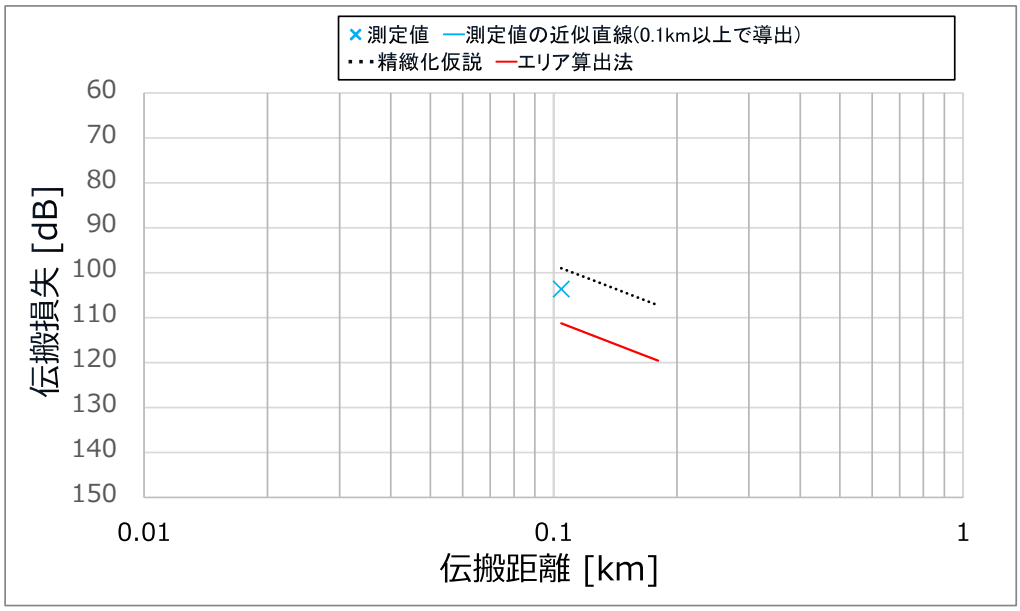
(イ) 2 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(エ) 4 階



(オ) 5 階

図 3.3.2.5-23 伝搬損失の測定値、S の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）

図 3.3.2.5-24 に、屋外における測定値に対する S の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE を示す。RMSE は、0.04km 以上で算出した。

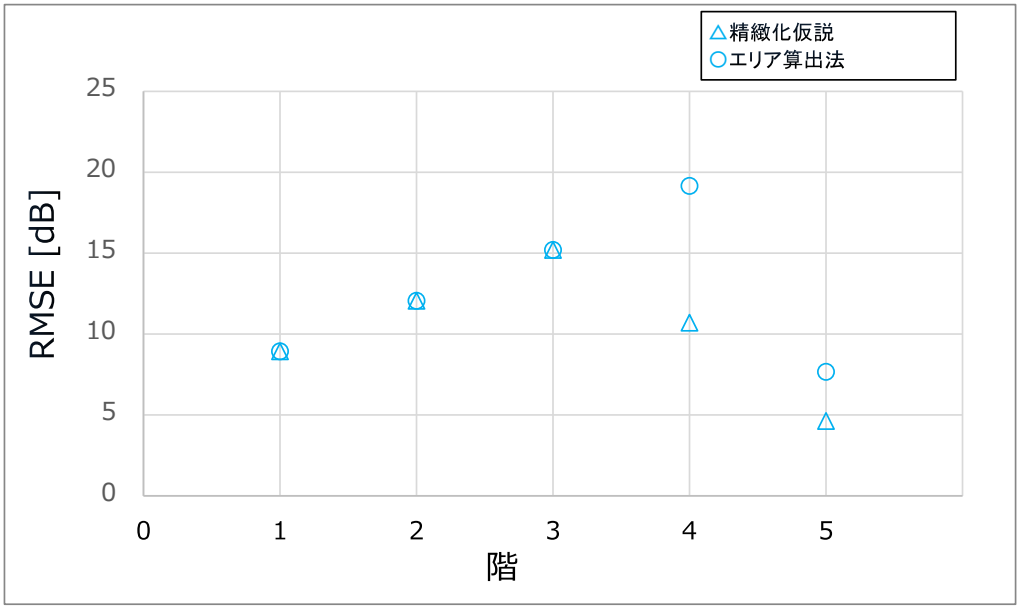


図 3.3.2.5-24 測定値に対する S の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE（ホテル屋上基地局）

以上の結果より、1 階から 3 階までは、精緻化仮説の S＝0 [dB]であるため、エリア算出法との差はない。また、5 階については、測定値が 1 点のみであり、有意な傾向は認められないが、4 階では、精緻化仮説と測定値の乖離は抑えられる傾向があることが分かる。

図 3.3.2.5-25 に 1 階～5 階の 4 階との屋外における伝搬損失の差の距離特性を示す。

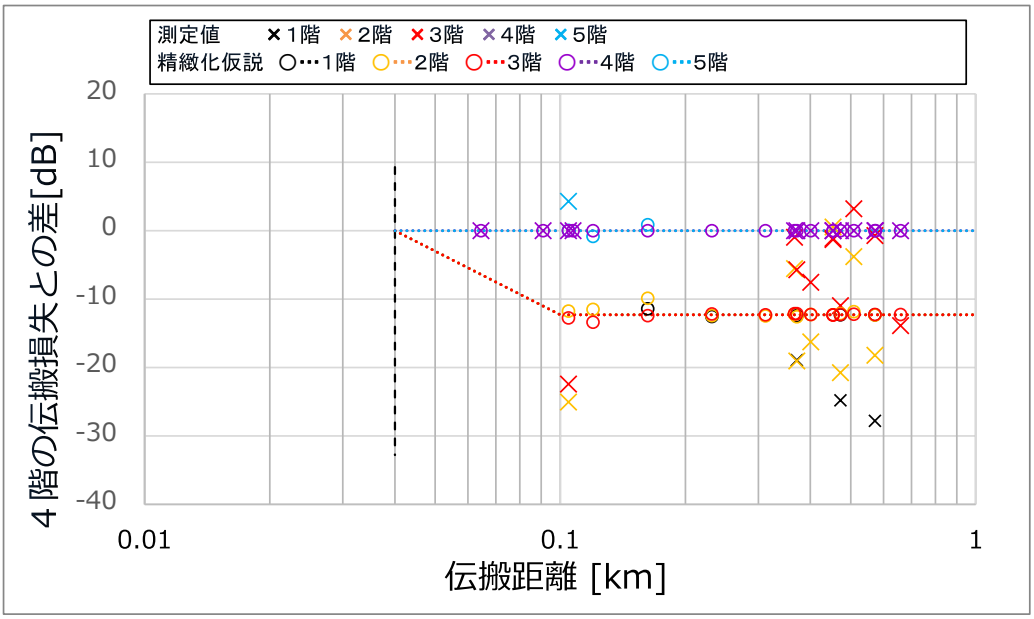


図 3.3.2.5-25 1 階～5 階の 4 階との伝搬損失の差の距離特性

図 3.3.2.5-26 に、伝搬距離が 0.1km 以上の場合について、屋外における伝搬損失の測定値における差分と S の精緻化仮説における差分を比較した結果を示す。1 階～5 階の各々の階について、4 階との差の平均値を、測定値と精緻化仮説に基づく計算値の各々で求めて、両者の関係を示した。0.1km 未満の各々の場合は、データがないため図示を省略した。

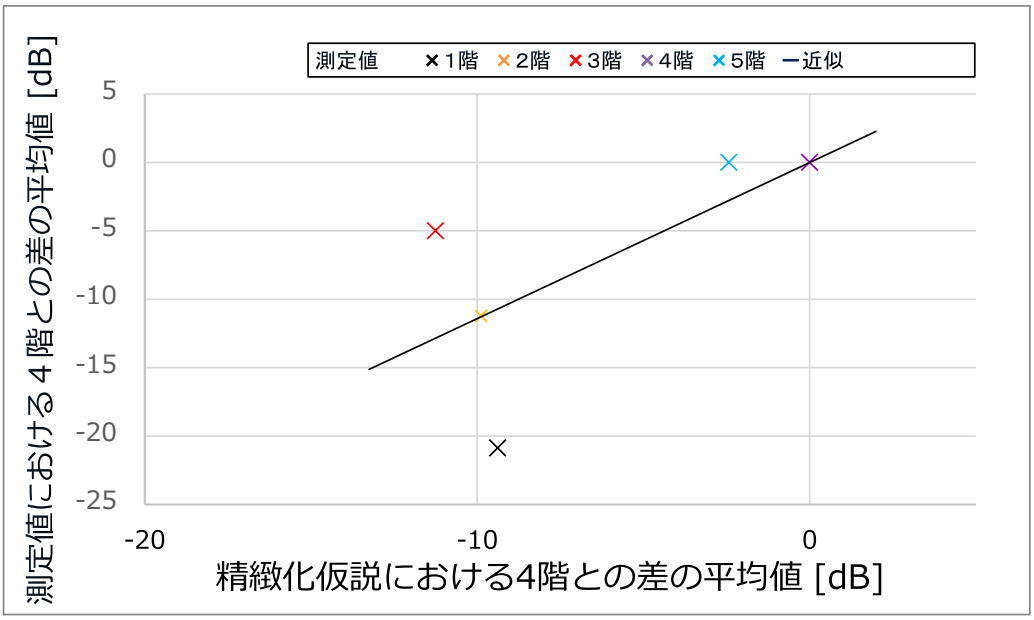


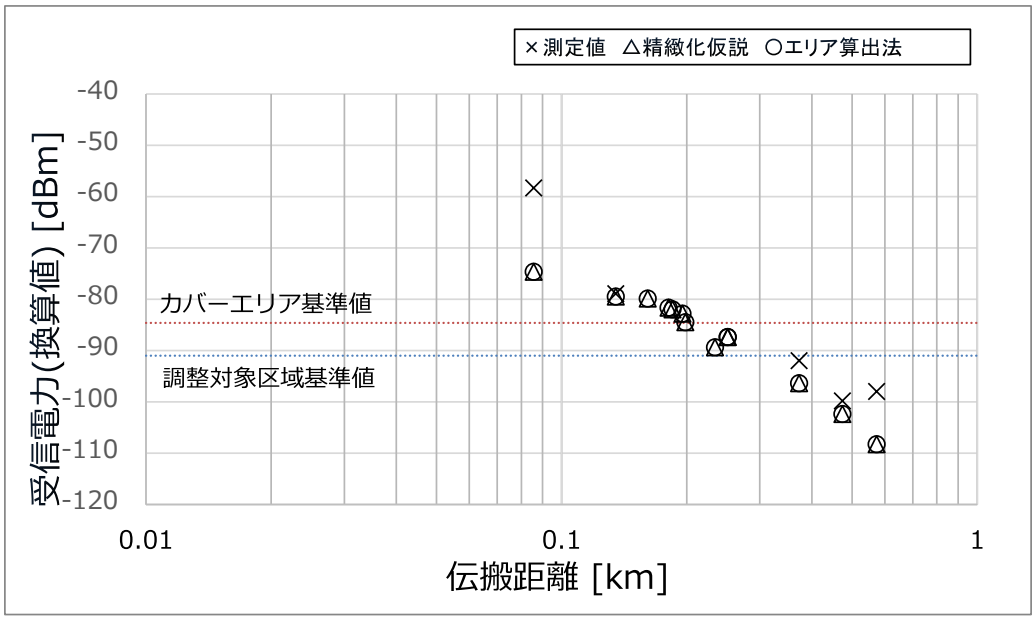
図 3.3.2.5-26 実測に基づく差分と S の精緻化仮説に基づく差分の比較（0.1km 以上）

図 3.3.2.5-26 では、階によってばらつきがあるものの、測定値における 4 階との差の平均値が、精緻化仮説における 4 階との差の平均値と概ね同等になっている。

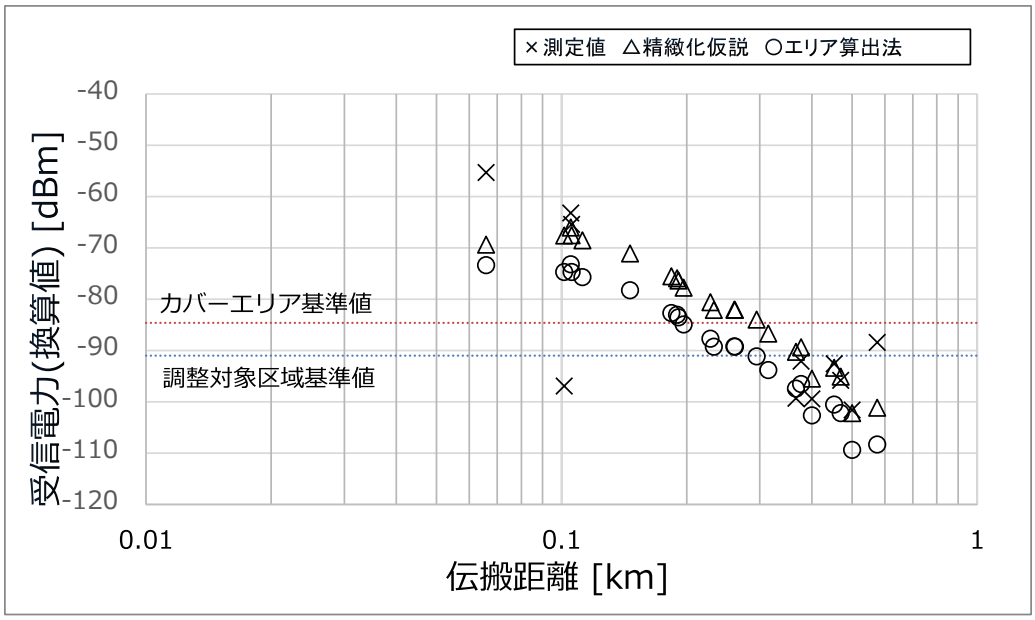
以上の結果より、S の精緻化仮説は、測定値との乖離を十分に小さくすることはできないものの、エリア算出法に比べると測定値との乖離を小さくすることはできるため、有効であると考えられる。

c）第一の実証目標における第一の仮説と第二の仮説の組合せによる精緻化

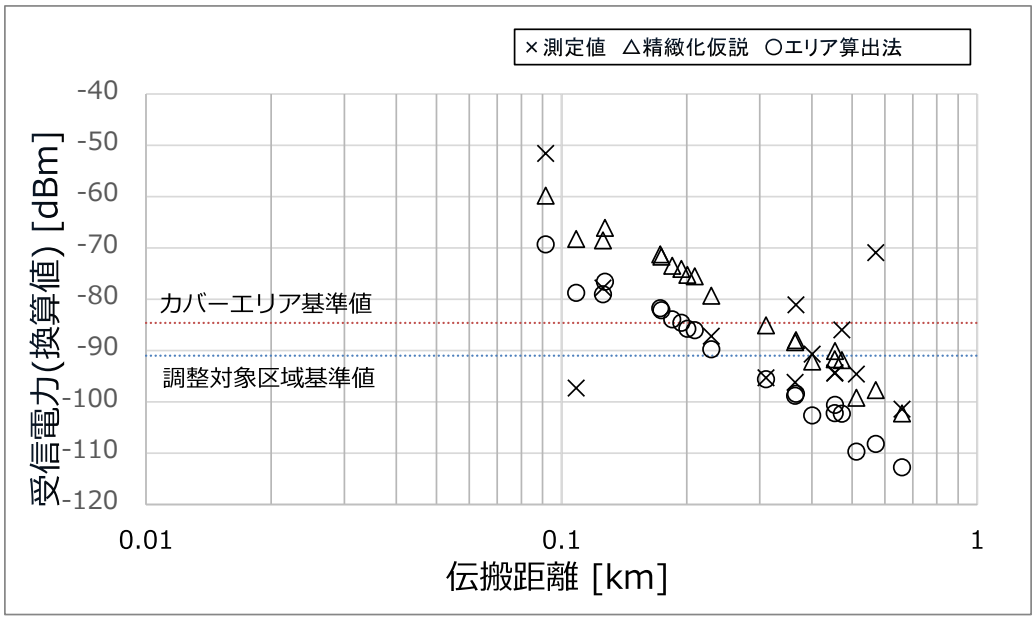
図 3.3.2.5-27 に測定値、K と S の精緻化仮説の組合せ及びエリア算出法の比較を行った結果を示す。配電柱基地局では、エリア算出法と S の精緻化仮説が同一であるため、K と S の精緻化仮説の組合せは、K の精緻化仮説と同じになるため評価を省略することとし、ホテル屋上基地局に関してのみ評価した。


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

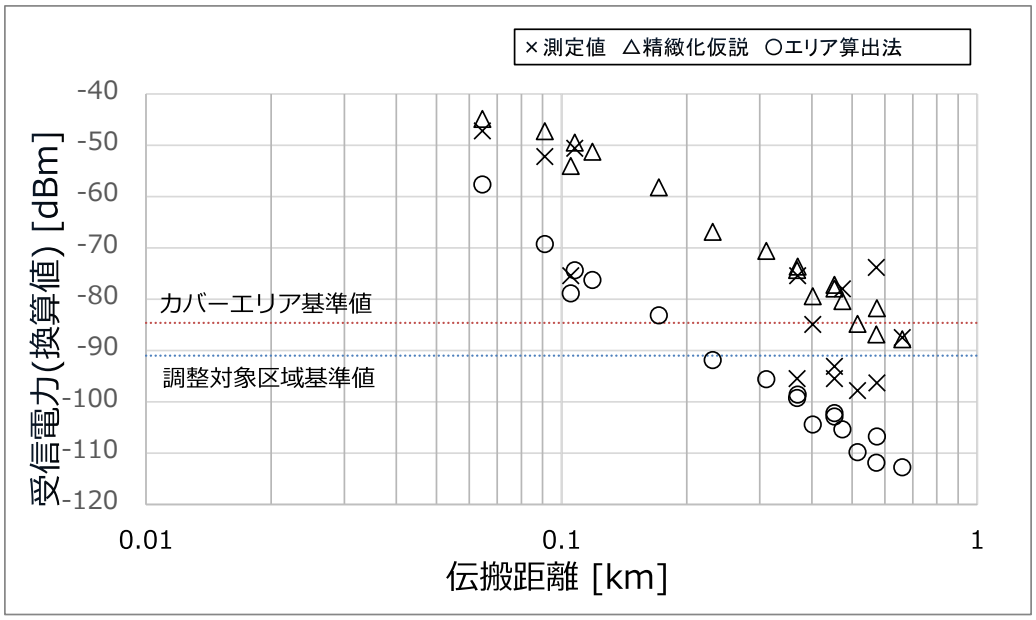
(ア) 1 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
受信電力(換算値) [dBm]
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

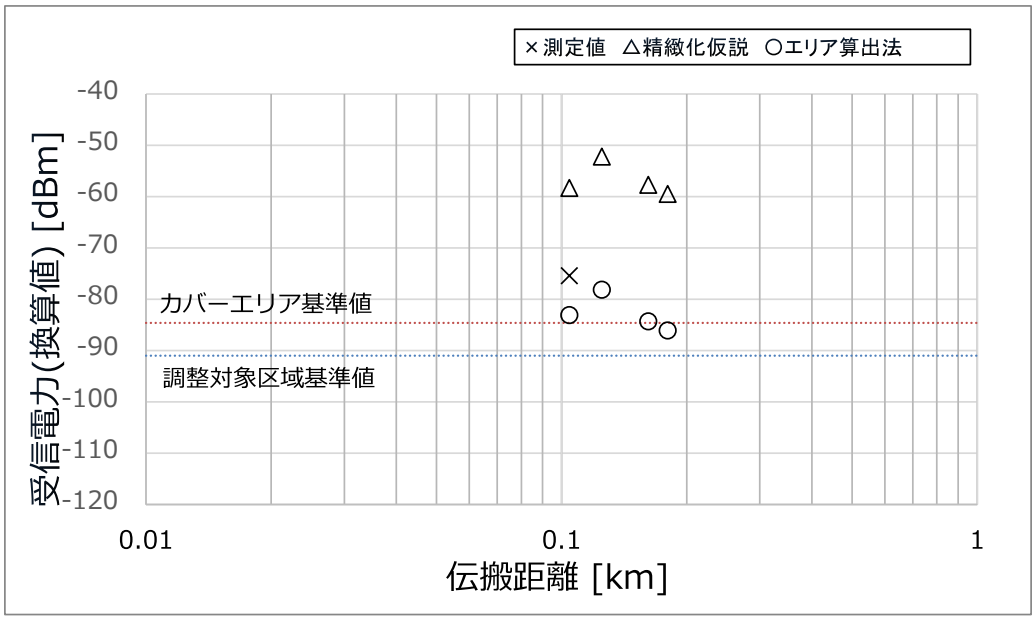
(イ) 2 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階


×測定値 △精緻化仮説 ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

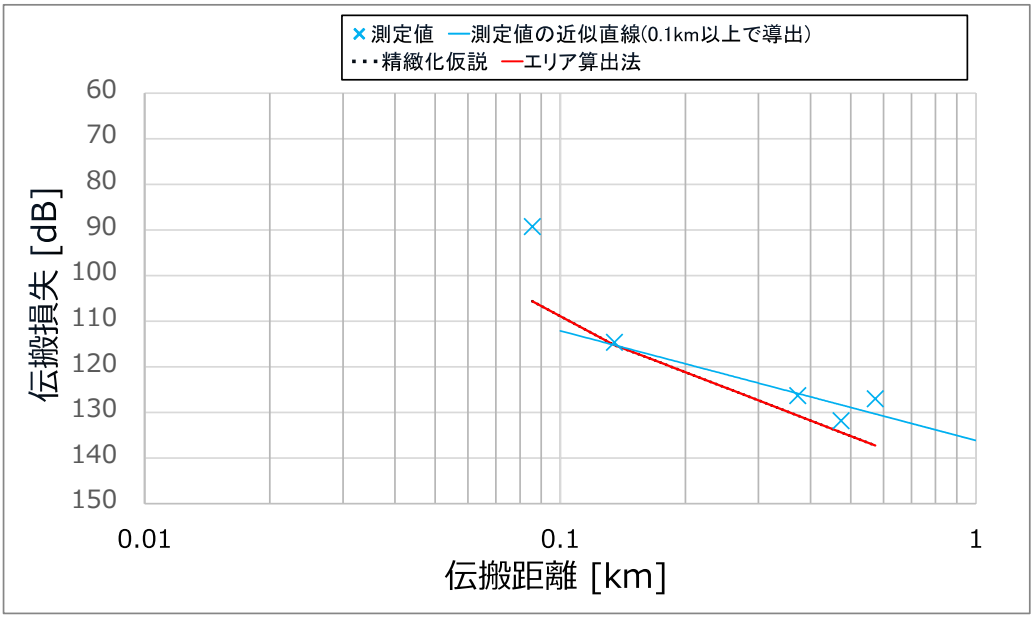
(エ) 4 階



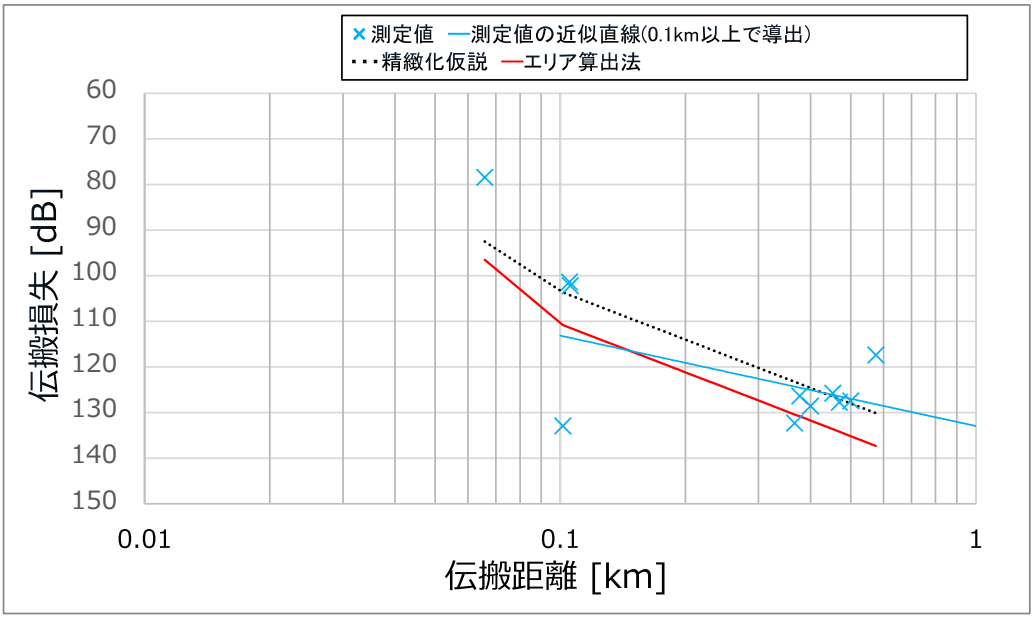
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-27 受信電力の測定値、K と S の精緻化仮説の組合せ及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）

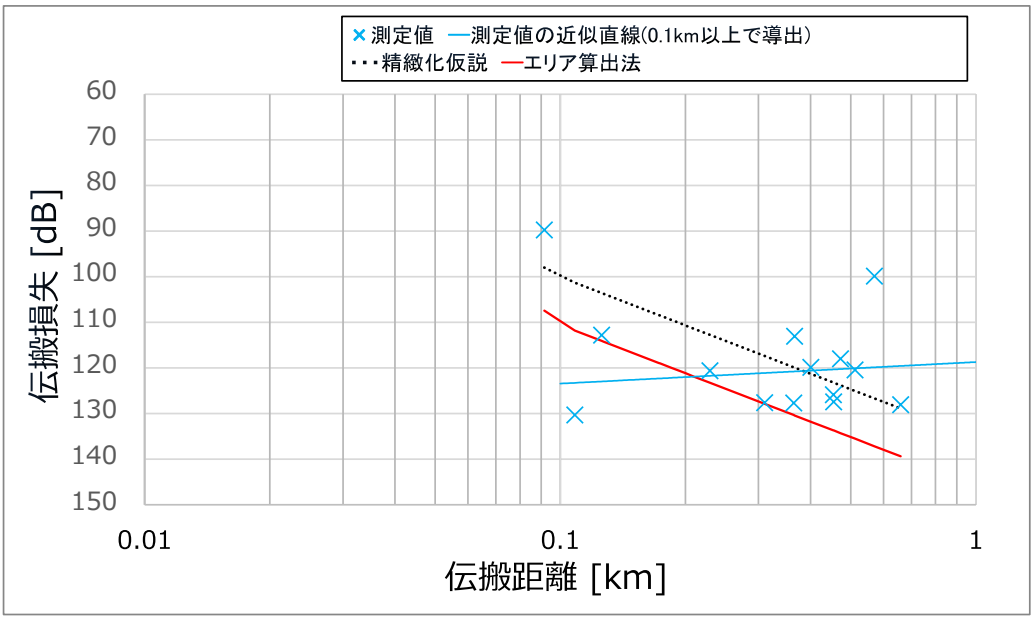
図 3.3.2.5-28 に伝搬損失の測定値、並びに K と S の精緻化仮説の組合せ及びエリア算出法の計算値を比較した結果を示す。



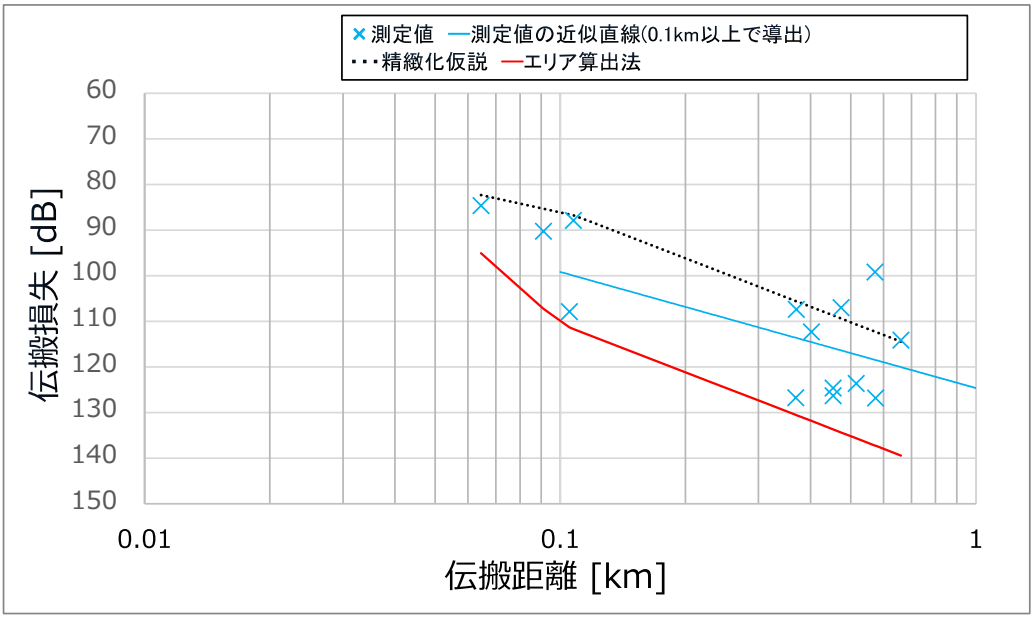
(ア) 1 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

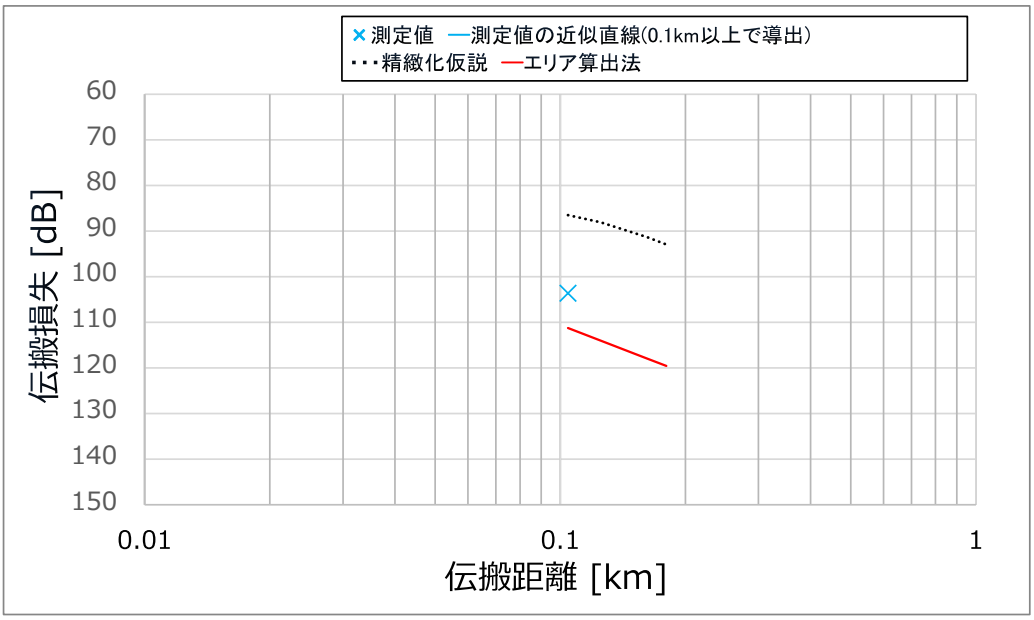
(イ) 2 階


×測定値 —測定値の近似直線(0.1km以上で導出)
・・・精緻化仮説 —エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階



(エ) 4 階



(オ) 5 階

図 3.3.2.5-28 伝搬損失の測定値、K と S の精緻化仮説の組合せ及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）

図 3.3.2.5-29 に屋外における測定値に対する K と S の精緻化仮説の組合せとエリア算出法の RMSE を示す。

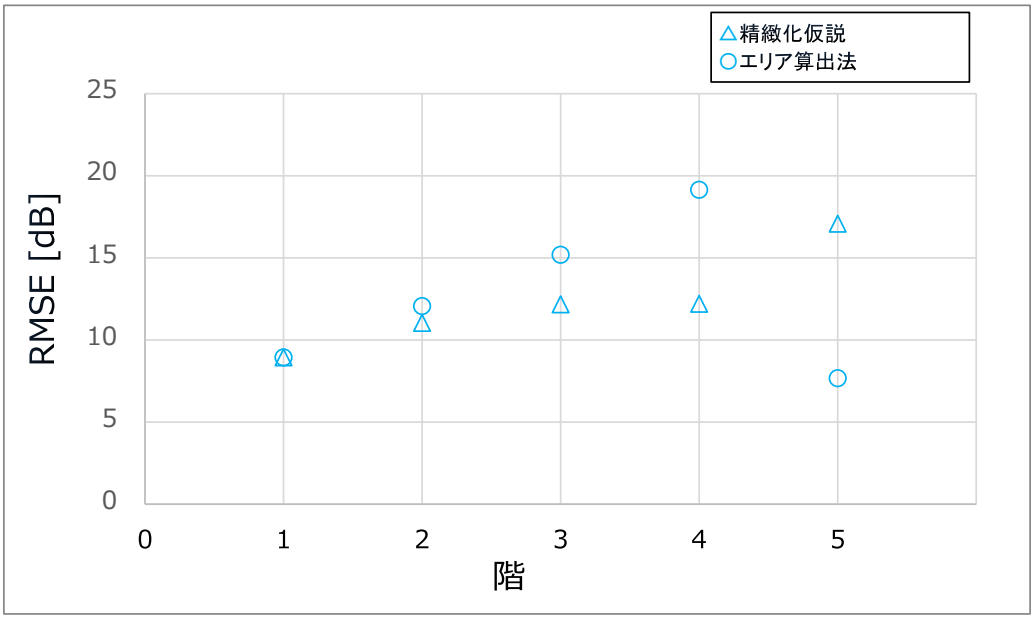
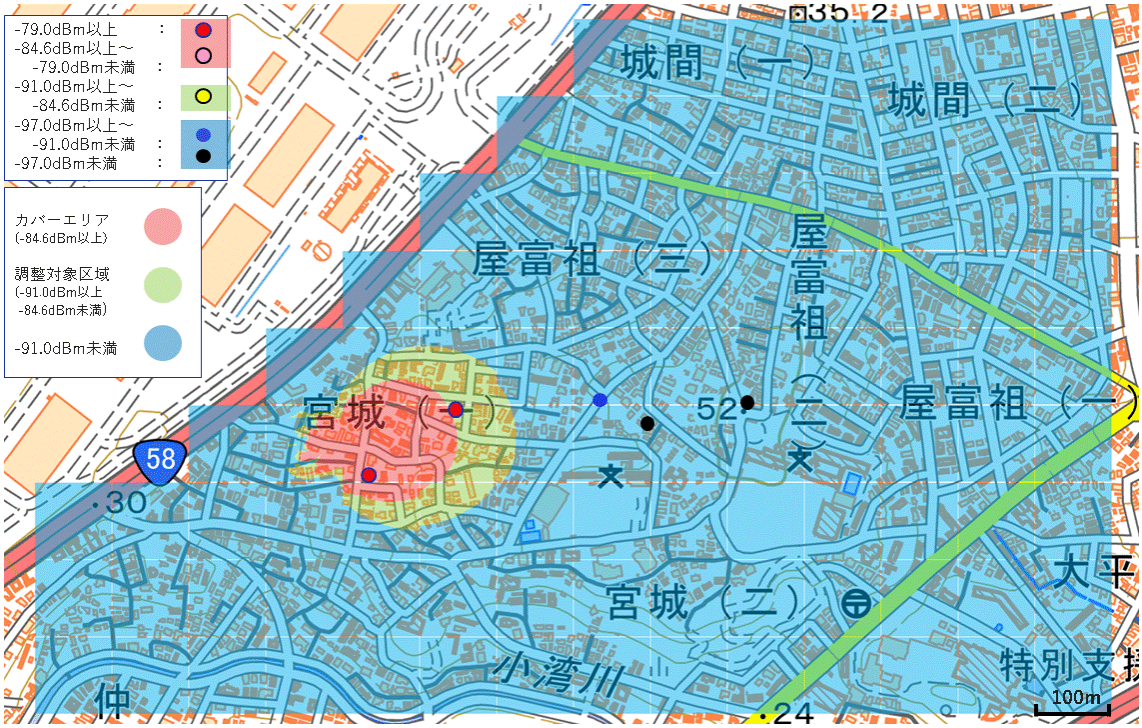


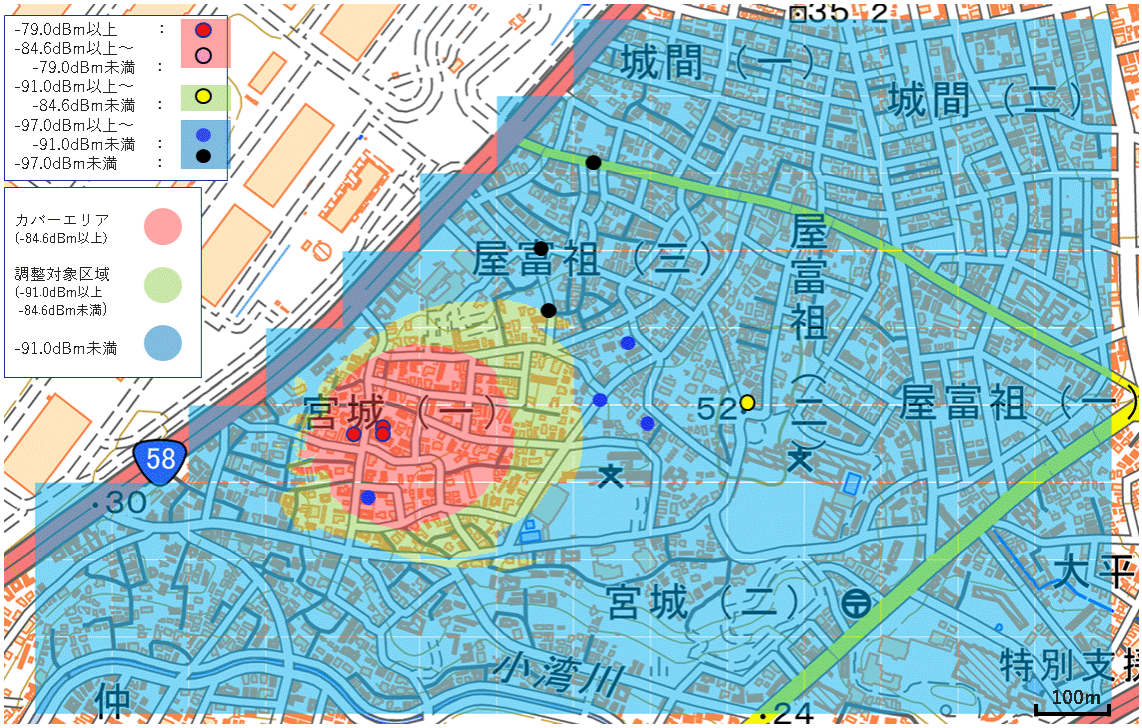
図 3.3.2.5-29 測定値に対する K と S の精緻化仮説の組合せとエリア算出法の RMSE

ホテル屋上基地局において、K の精緻化仮説、S の精緻化仮説、及び K と S の精緻化仮説の組合せの間で、RMSE には大きな差はない。しかし、K の精緻化仮説や S の精緻化仮説に基づいて計算した受信電力は、測定値よりも小さい場所が多く、逆に、K と S の精緻化仮説の組合せに基づいて計算した受信電力は、測定値よりも大きい場所が比較的多い傾向がある。このため K と S の精緻化仮説の組合せに基づくカバーエリアと調整対象区域と測定値を重ね合わせた図から分かるように、より確実に干渉調整が必要となる場所を調整対象区域とするためには、K と S の精緻化仮説を組合せて利用することが有効であると考えられる。

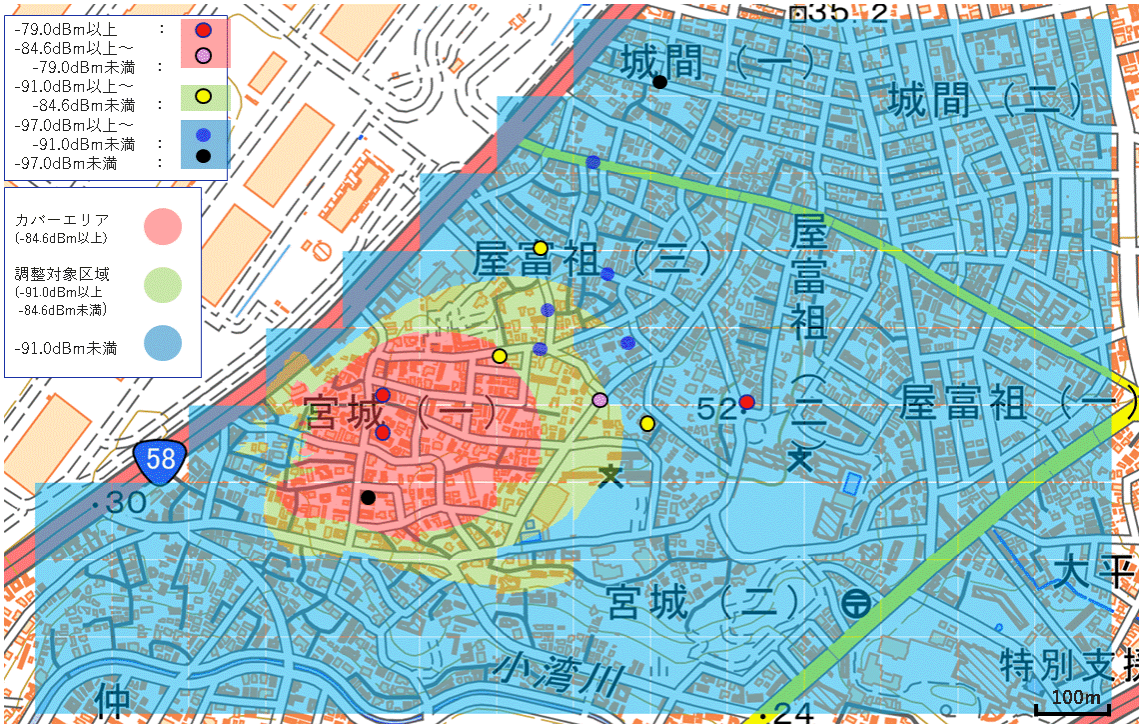
以上の考察より、K と S の精緻化仮説の組合せに基づくカバーエリア及び調整対象区域を、ホテル屋上基地局の精緻化後のパラメータによるカバーエリアと調整対象区域として、図 3.3.2.5-30 に示す。作図は、階ごとに行い、屋外の測定値も色分けして示した。なお、配電柱基地局の精緻化後のパラメータによるカバーエリアと調整対象区域は、K の精緻化仮説に基づくカバーエリアと調整対象区域であり、図 3.3.2.5-8 に示した通りである。


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

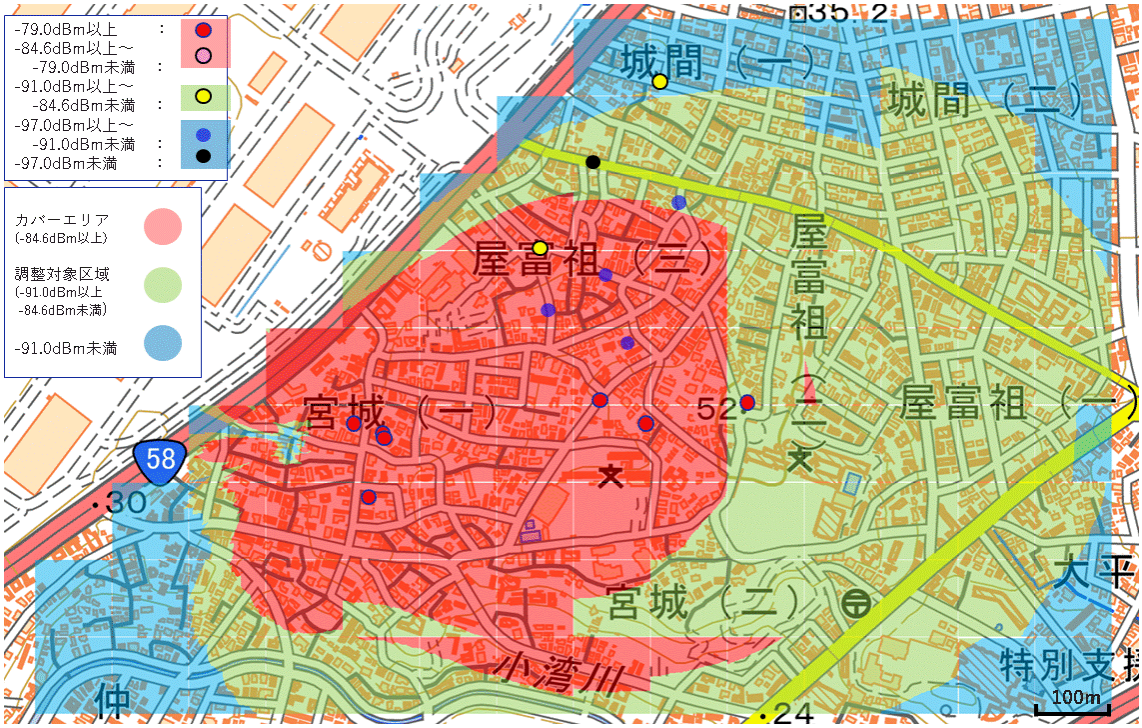
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

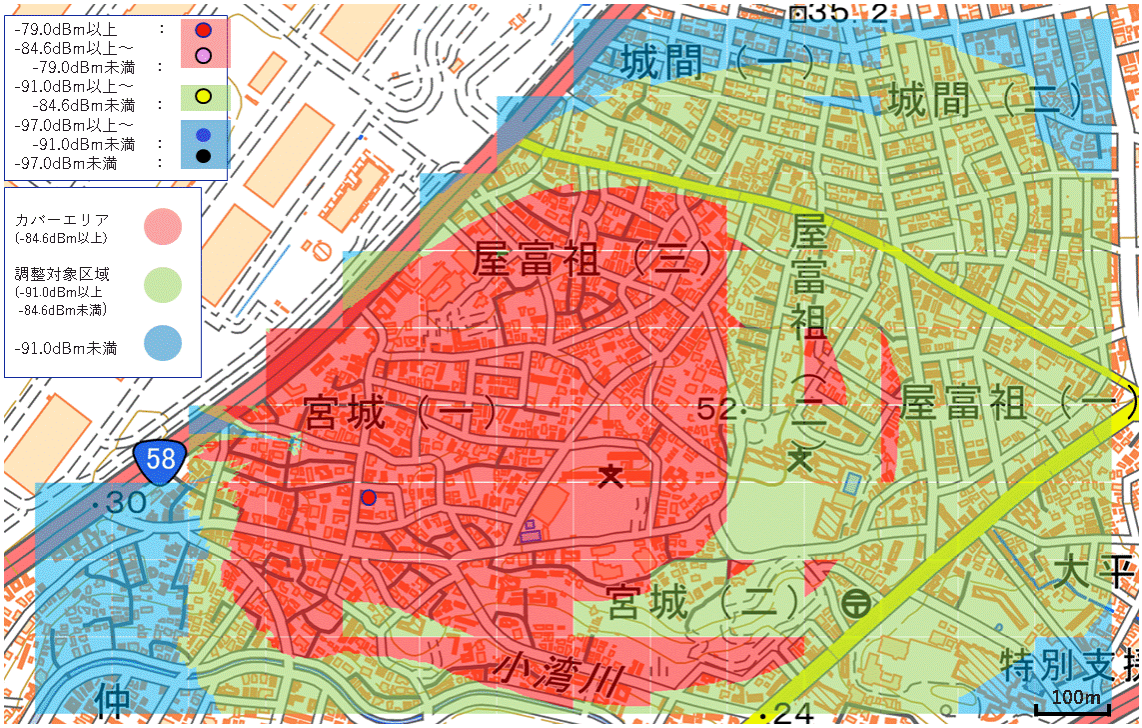
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

(ウ) 3 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
52
58
30
24
大平
小湾川
伸
特別支
100m

(エ) 4 階



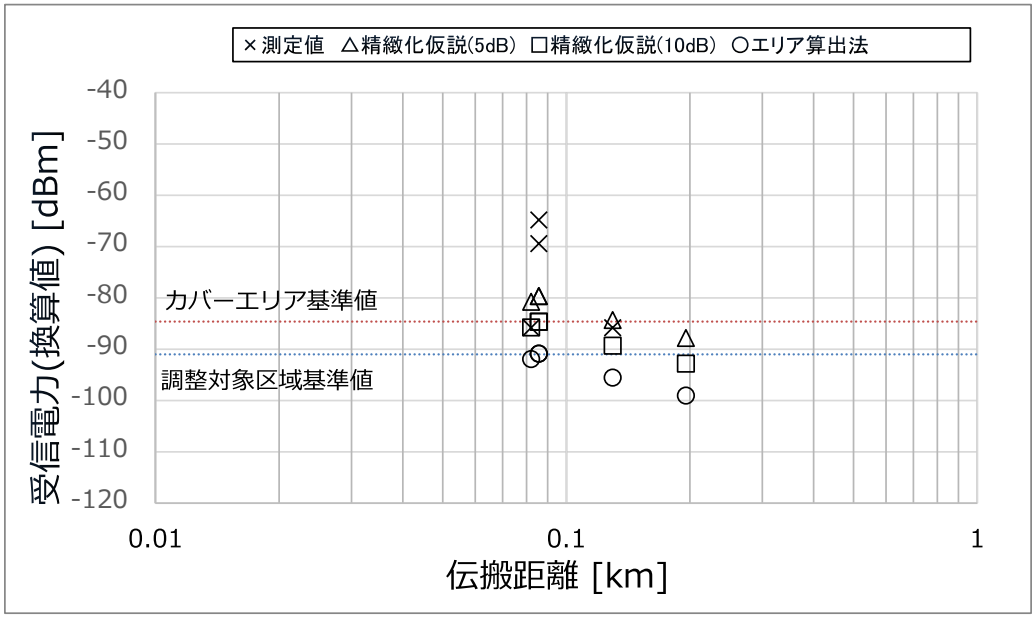
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-30 精緻化後のパラメータによるカバーエリア及び調整対象区域と測定値（屋外）

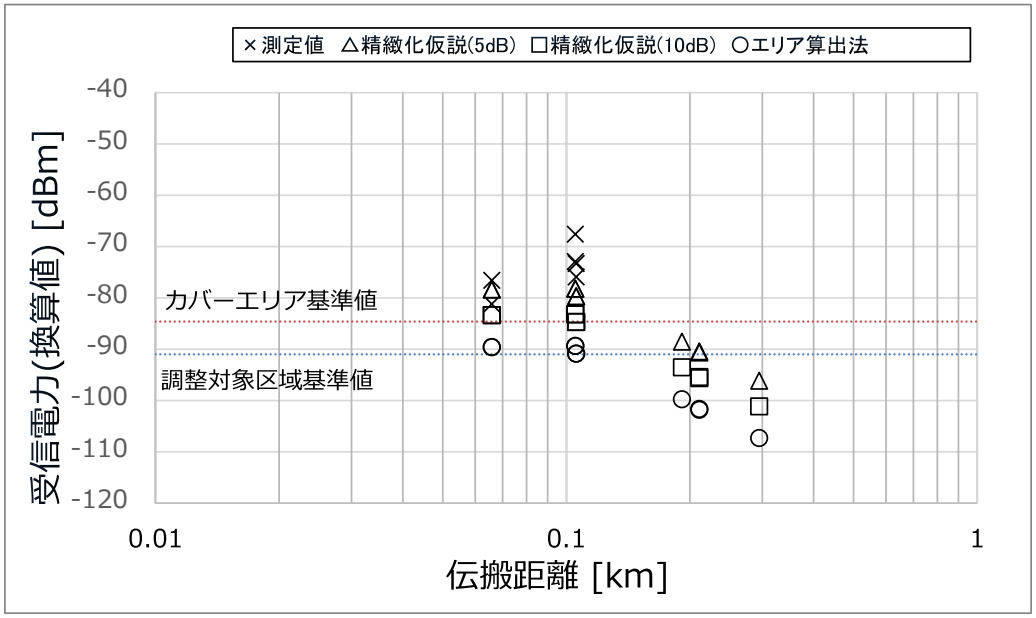
国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

d）第二の実証目標における仮説に基づくパラメータ R の精緻化

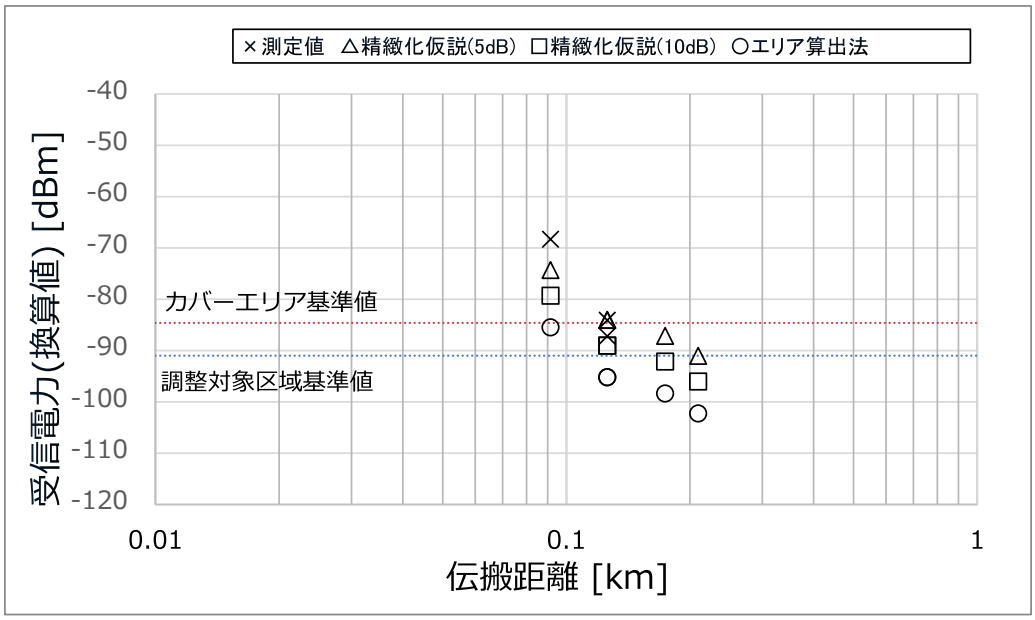
図 3.3.2.5-31 及び図 3.3.2.5-32 に、ホテル屋上基地局と配電柱基地局の各々について、窓際、TV 台付近における受信電力の測定値、R の精緻化仮説及びエリア算出法の比較を行った結果を示す。エリア算出法は、建物侵入損を 16.2dB とした。



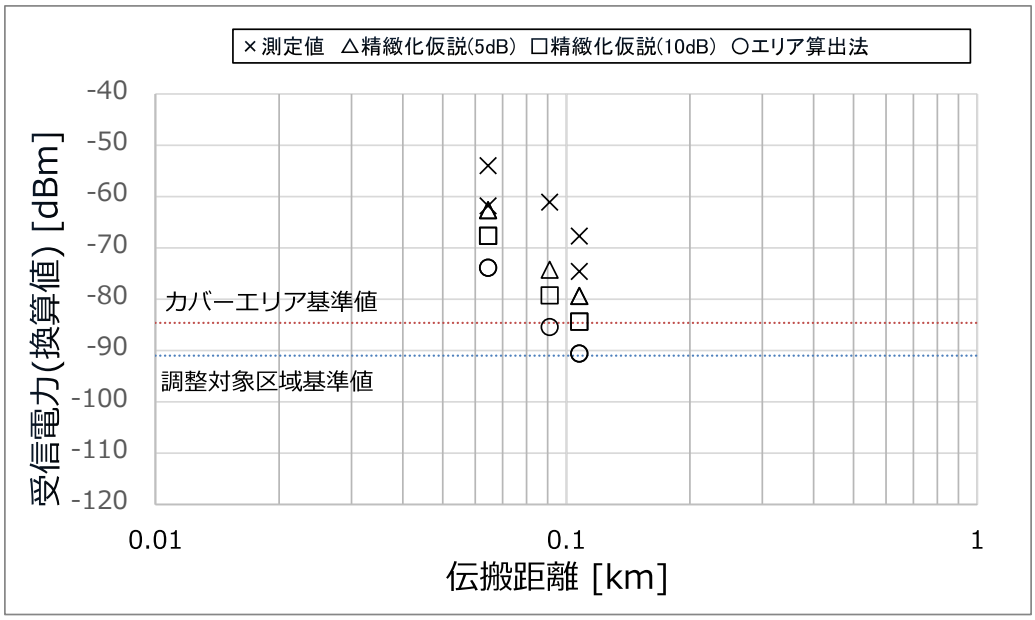
(ア) 1 階



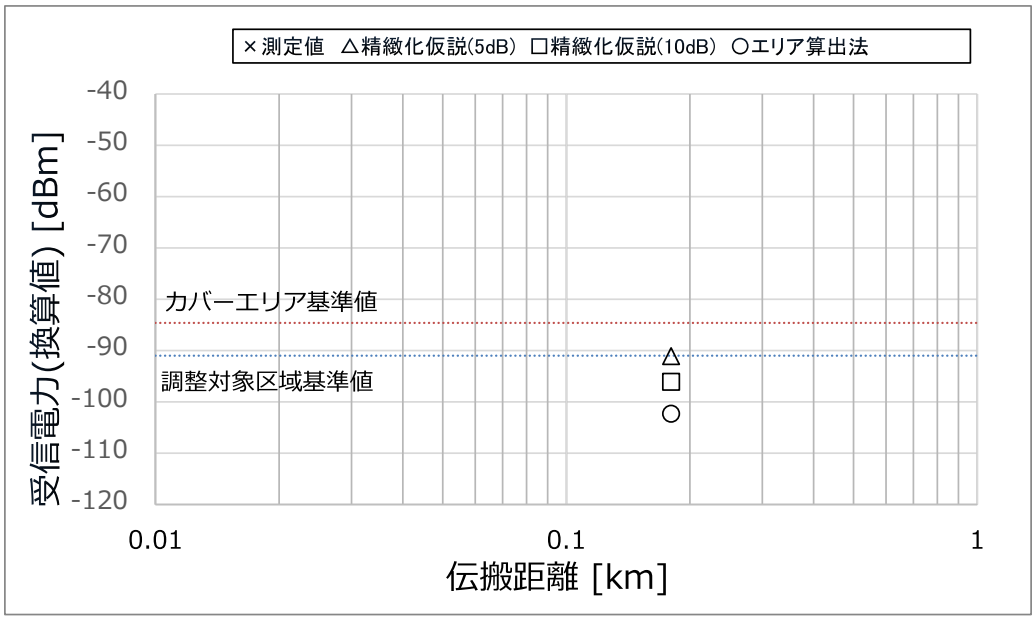
(イ) 2 階


×測定値　△精緻化仮説(5dB)　□精緻化仮説(10dB)　○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階

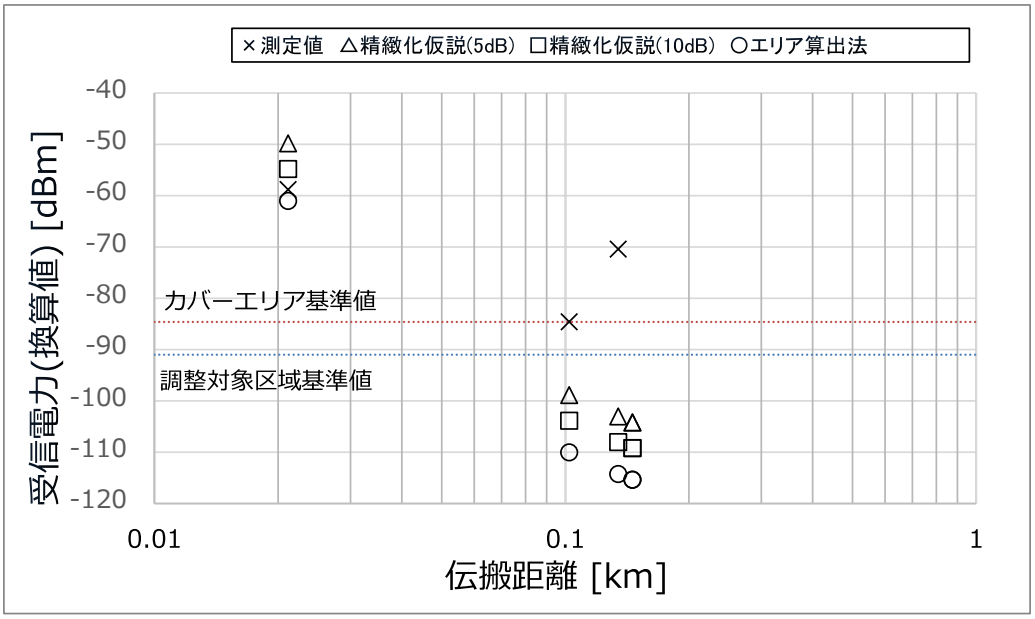

×測定値　△精緻化仮説(5dB)　□精緻化仮説(10dB)　○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(エ) 4 階

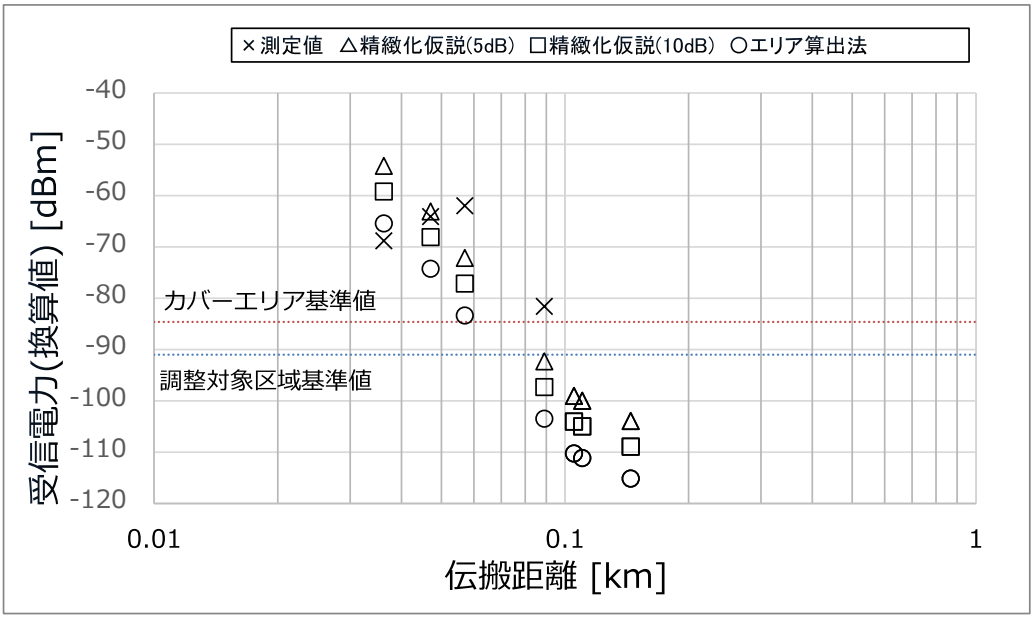


(オ) 5 階

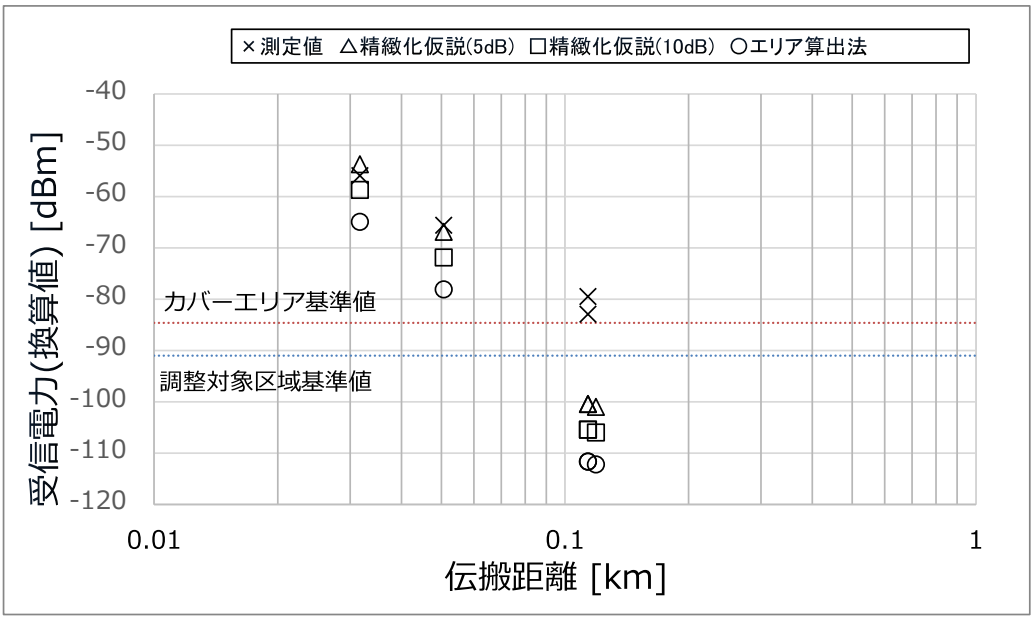
図 3.3.2.5-31 受信電力の測定値、R の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）



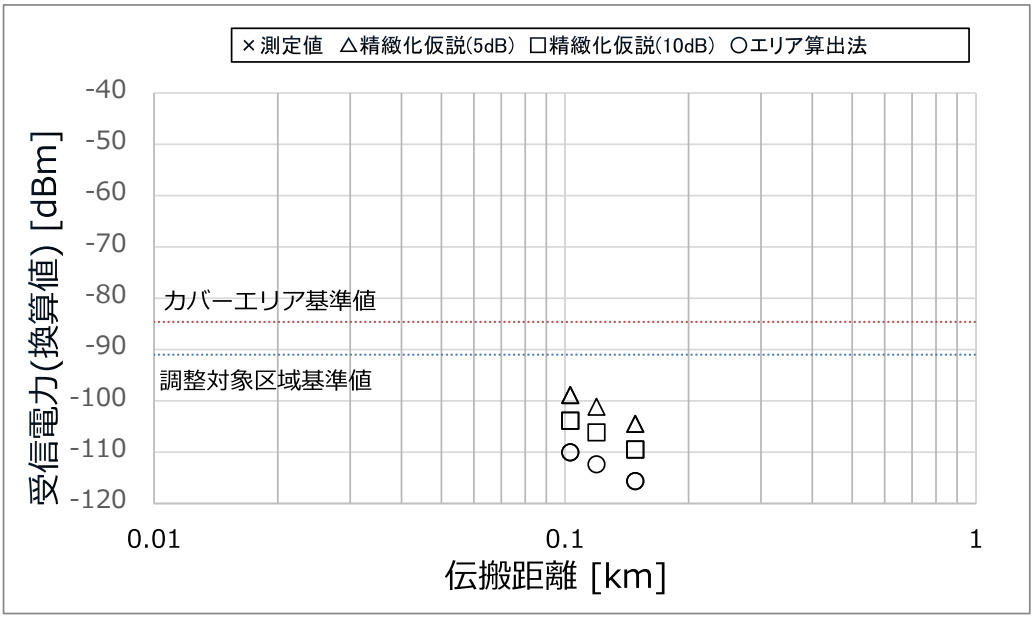
(ア) 1 階


×測定値 △精緻化仮説(5dB) □精緻化仮説(10dB) ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

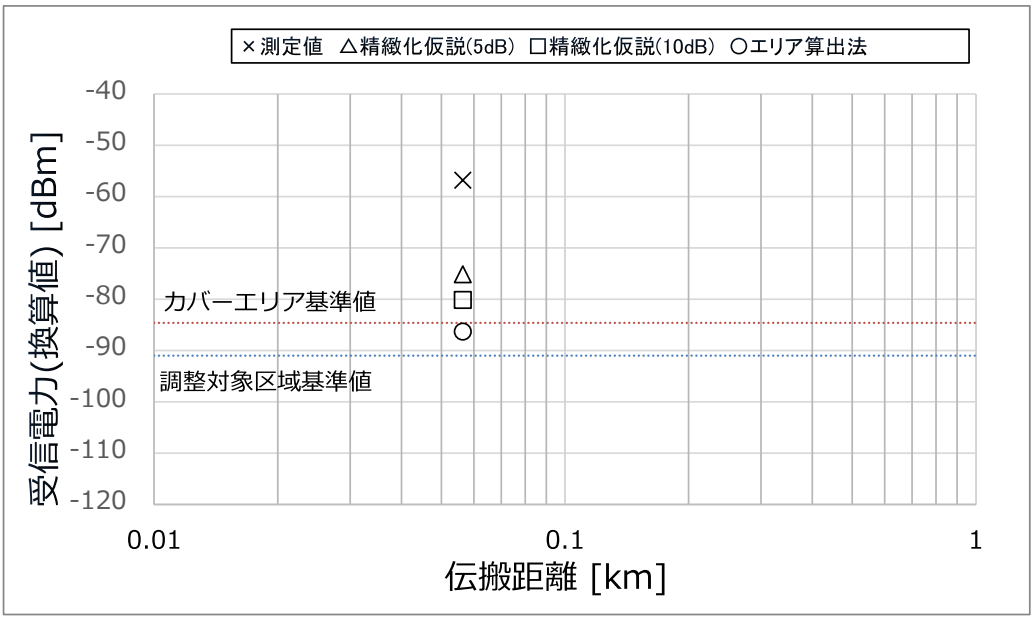
(イ) 2 階


×測定値 △精緻化仮説(5dB) □精緻化仮説(10dB) ○エリア算出法
受信電力(換算値) [dBm]
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
カバーエリア基準値
調整対象区域基準値
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(ウ) 3 階



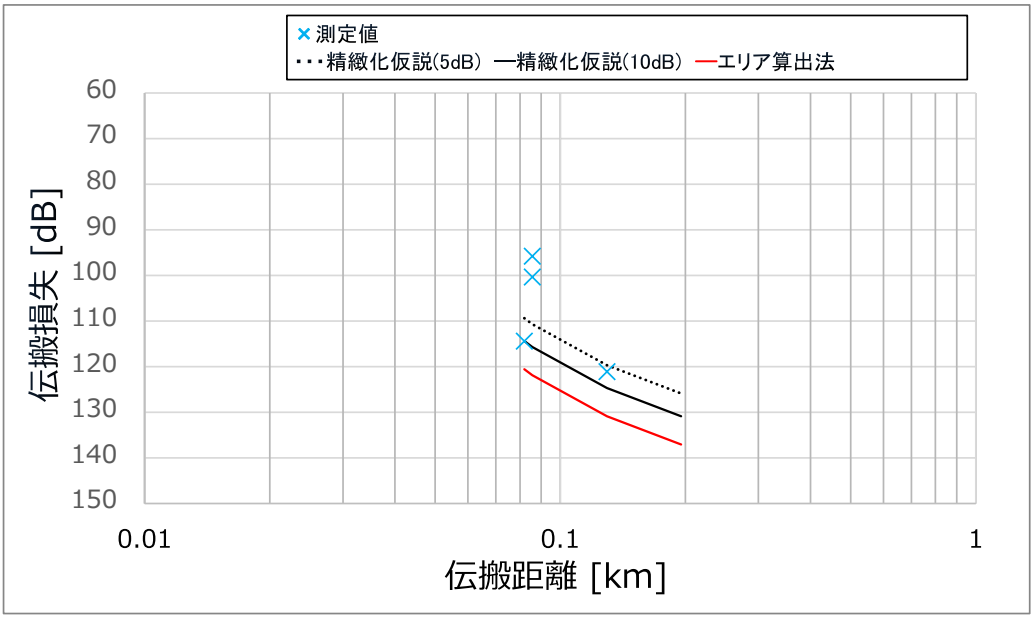
(エ) 4 階



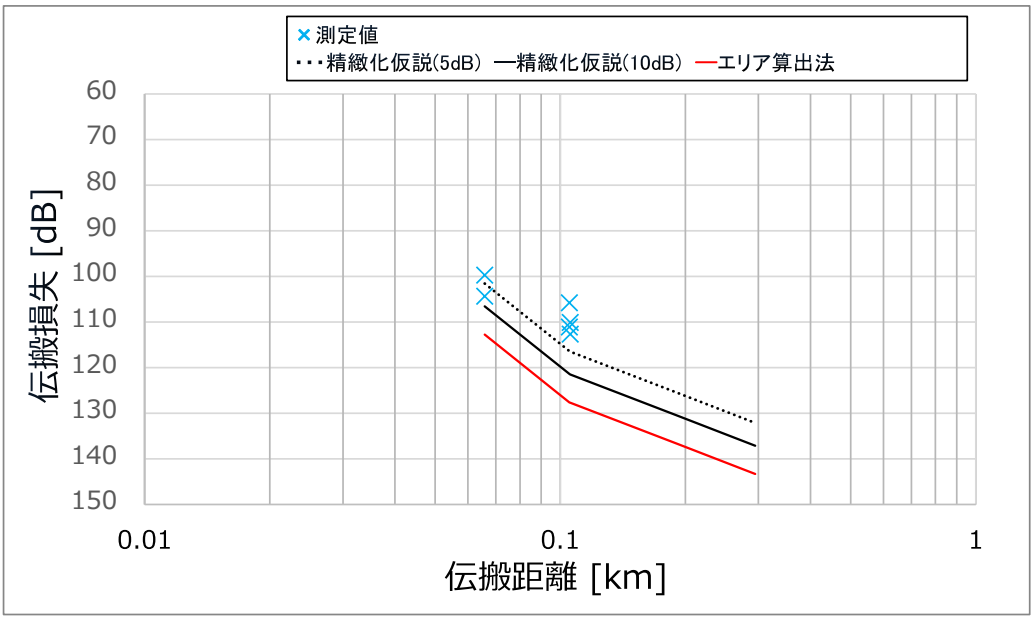
(オ) 5 階

図 3.3.2.5-32 受信電力の測定値、R の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（配電柱基地局）

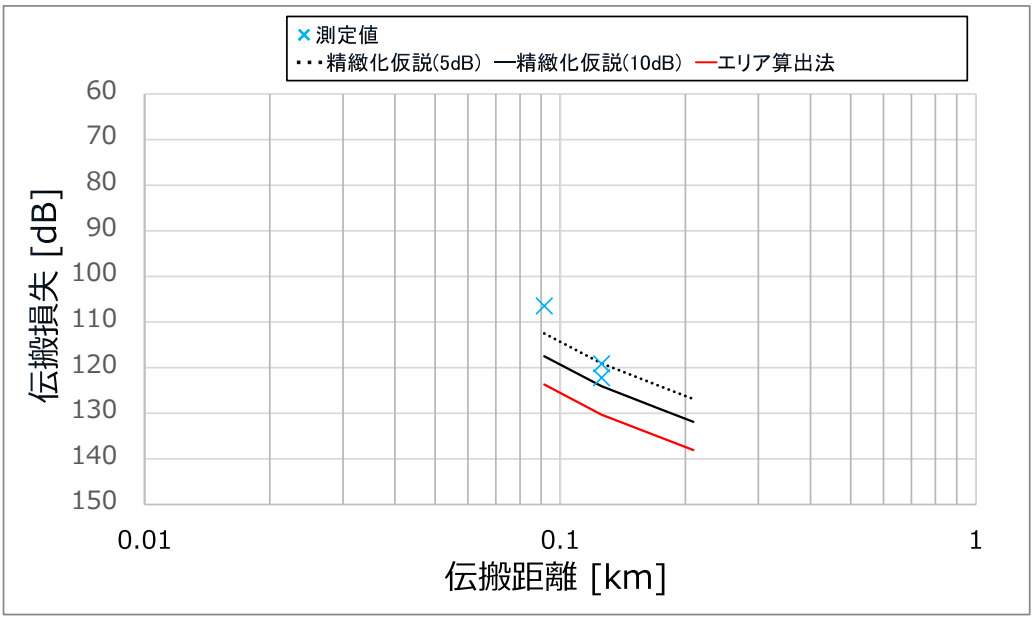
図 3.3.2.5-33 及び図 3.3.2.5-34 に、伝搬損失の測定値、並びに R の精緻化仮説とエリア算出法の計算値を比較した結果を示す。近似直線は、0.1km 以上の範囲で算出した。


×測定値
・・・精緻化仮説(5dB) ―精緻化仮説(10dB) ―エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

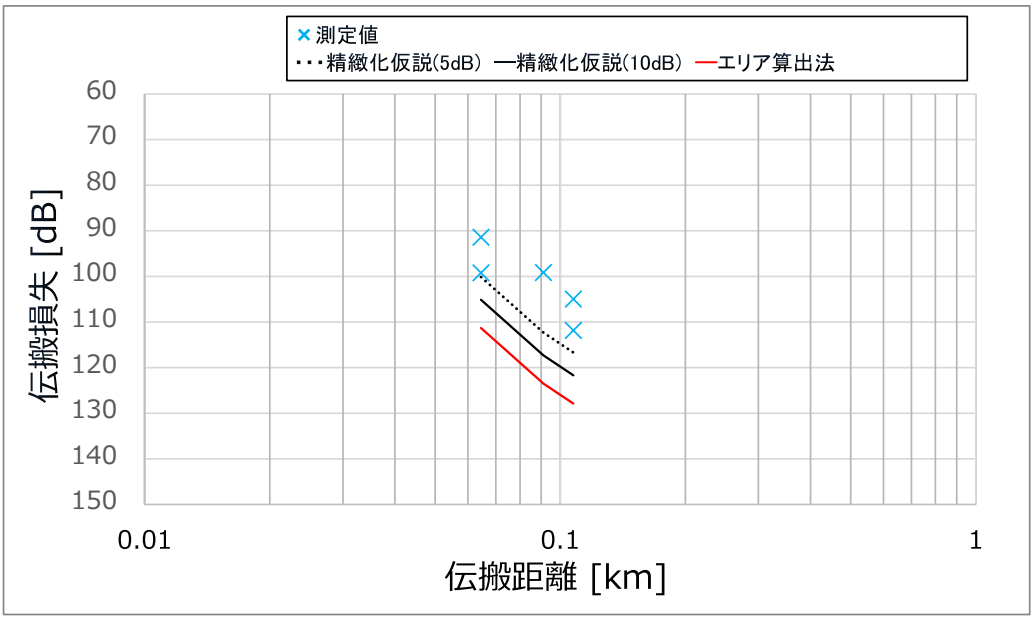
(ア) 1 階


×測定値
・・・精緻化仮説(5dB) ―精緻化仮説(10dB) ―エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(イ) 2 階

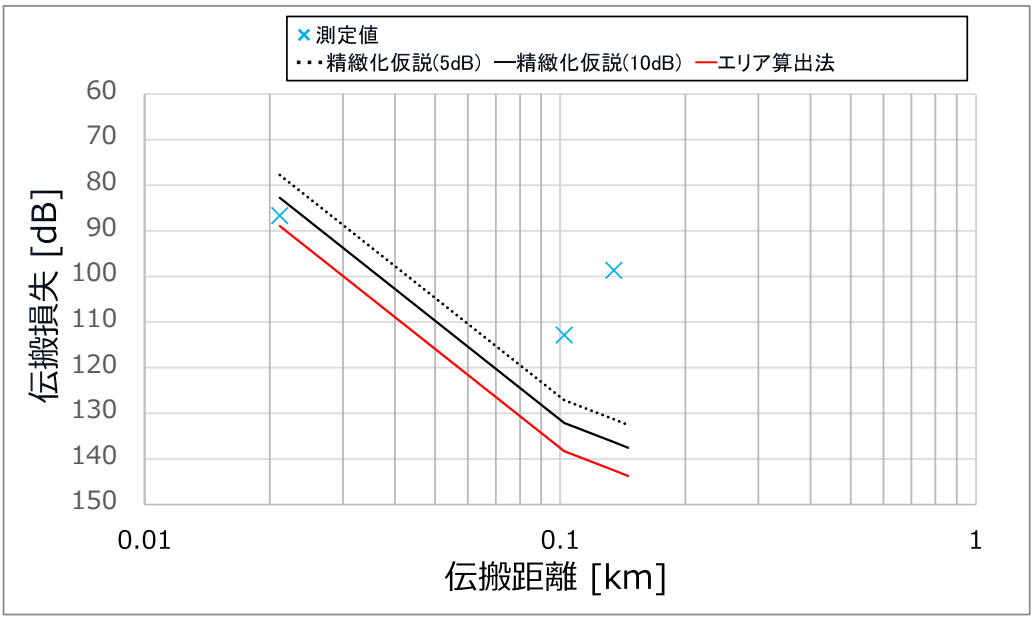


(ウ) 3 階

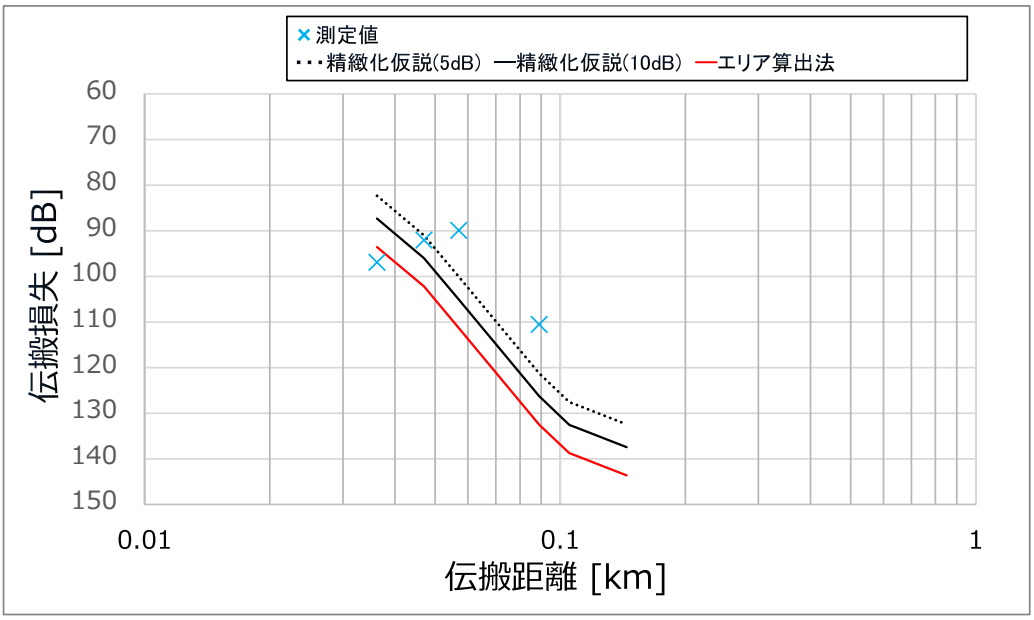


(エ) 4 階

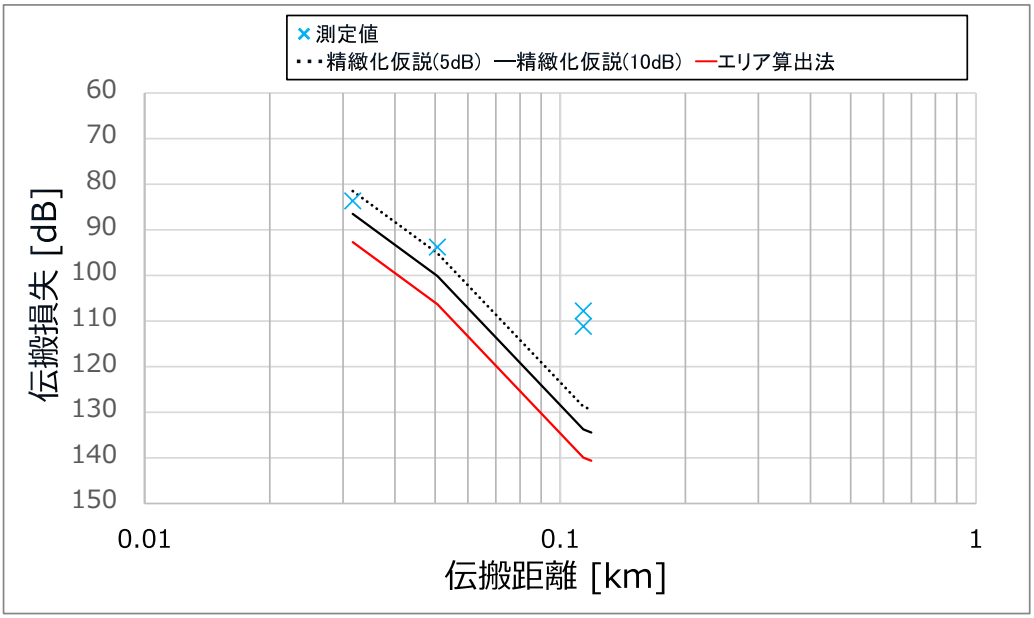
図 3.3.2.5-33 伝搬損失の測定値、R の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（ホテル屋上基地局）


×測定値
・・・精緻化仮説(5dB) ―精緻化仮説(10dB) ―エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

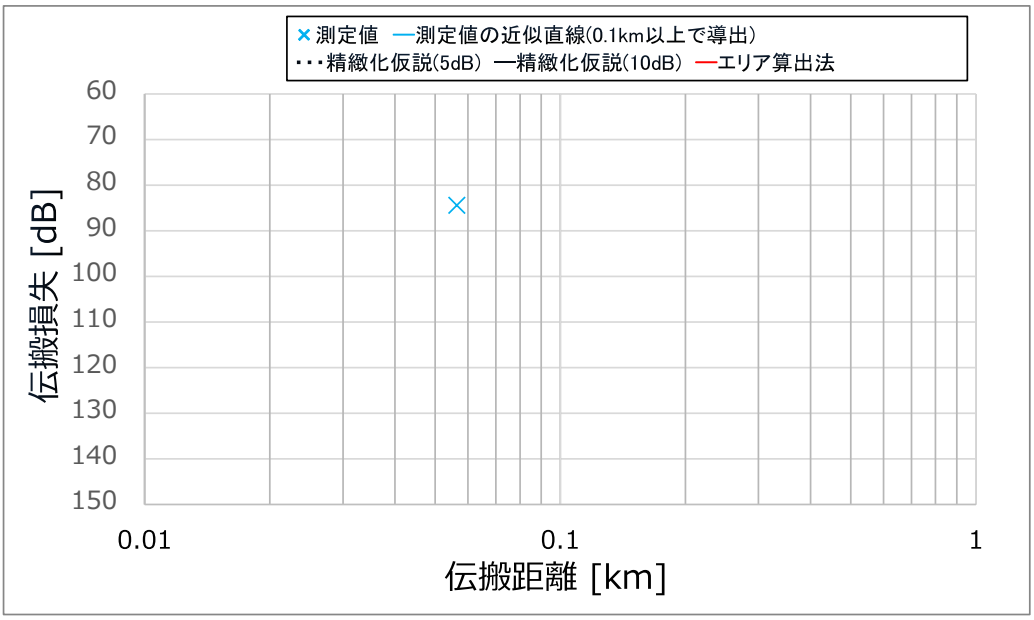
(ア) 1 階


×測定値
・・・精緻化仮説(5dB) ―精緻化仮説(10dB) ―エリア算出法
伝搬損失 [dB]
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0.01
0.1
1
伝搬距離 [km]

(イ) 2 階



(ウ) 3 階



(エ) 5 階

図 3.3.2.5-34 伝搬損失の測定値、R の精緻化仮説及びエリア算出法の比較（配電柱基地局）

図 3.3.2.5-35 に測定値に対する R の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE を示す。RMSE は、0.04km 以上で算出した。エリア算出法に比べて、精緻化仮説の RMSE が小さくなっているが、これは、基地局から各々の集合住宅までの屋外の伝搬損失が、実際にはエリア算出法よりも小さいことが原因である可能性が高い。そのため、さらにベランダ等と屋内（窓際、TV 台付近）の受信電力の各種比較も行い、精緻化仮説の妥当性を検討すること

とした。

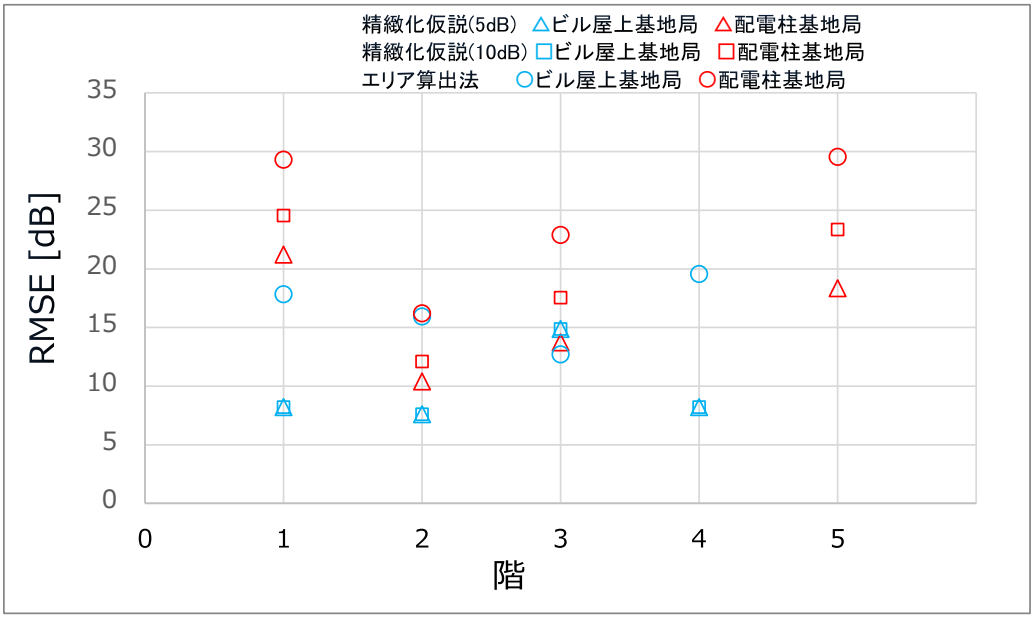
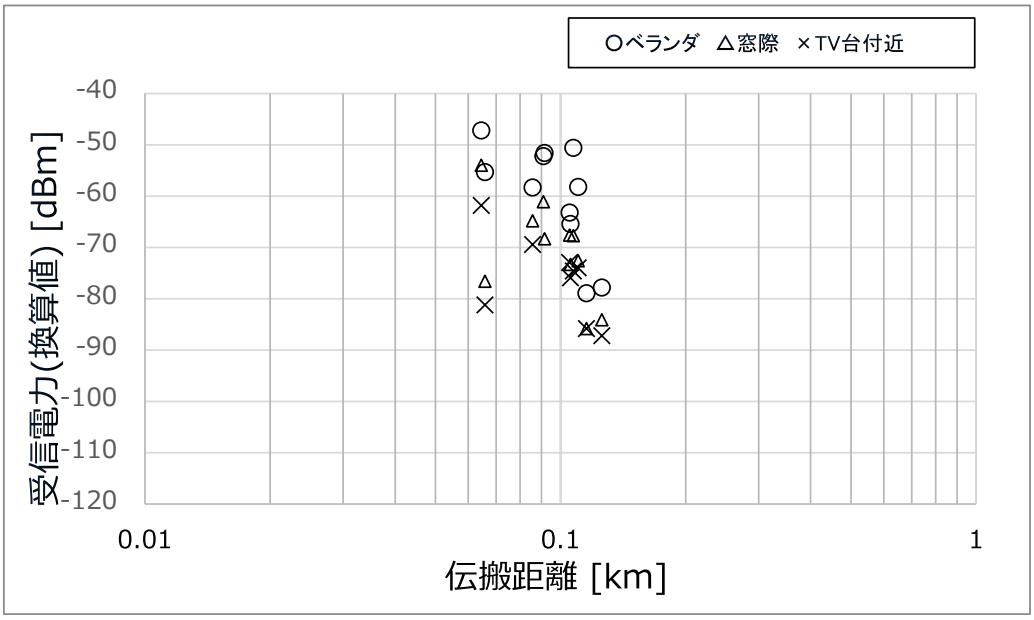
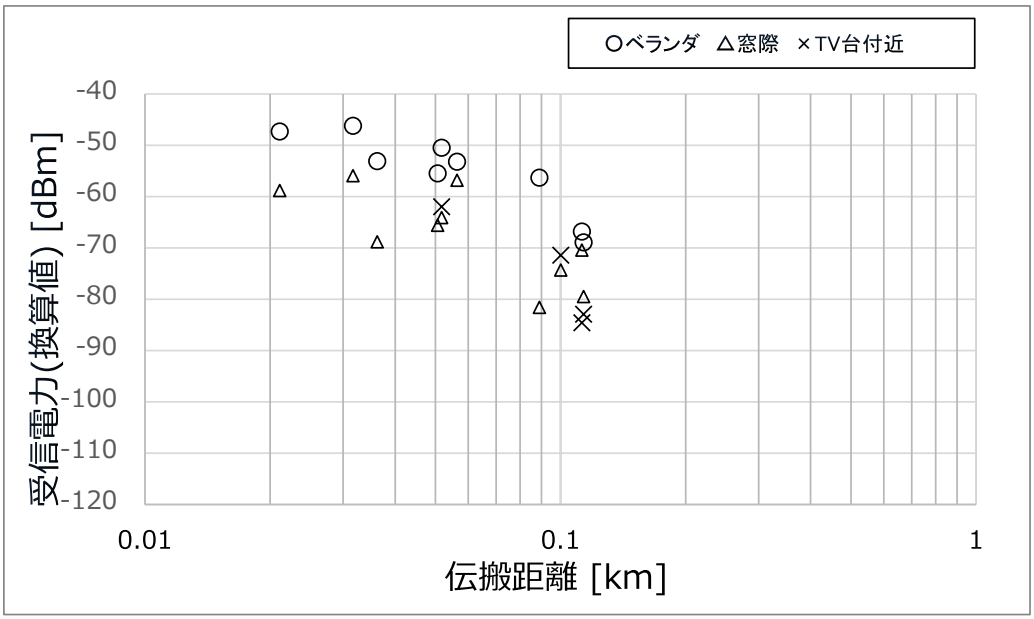


図 3.3.2.5-35 測定値に対する R の精緻化仮説及びエリア算出法の RMSE

図 3.3.2.5-36 にベランダ、窓際、TV 台付近の受信電力の比較を行った結果を示す。同一の住戸において取得したベランダ、窓際、TV 台付近の受信電力を比較した。



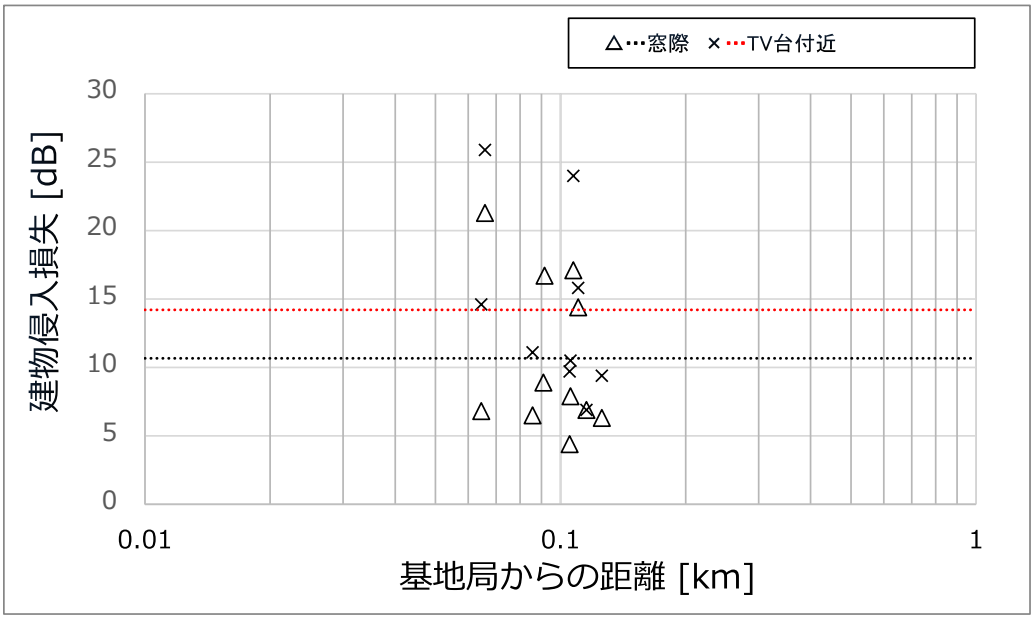
(ア) ホテル屋上基地局



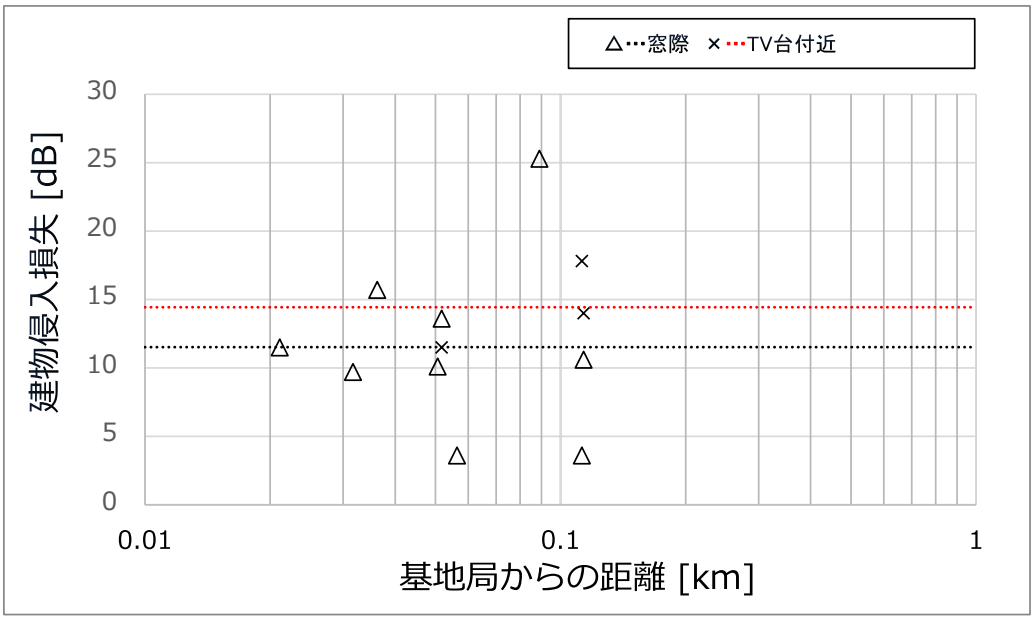
（イ）配電柱基地局

図 3.3.2.5-36 ベランダ、窓際、TV 台付近の受信電力の比較

図 3.3.2.5-37 に建物侵入損失の距離特性を示す。窓際とベランダの差（ベランダでの受信電力から窓際での受信電力を減じた値）、及び TV 台付近とベランダの差（ベランダでの受信電力から TV 台付近での受信電力を減じた値）を示した。また、窓際と TV 台付近の各々で平均値を示した。



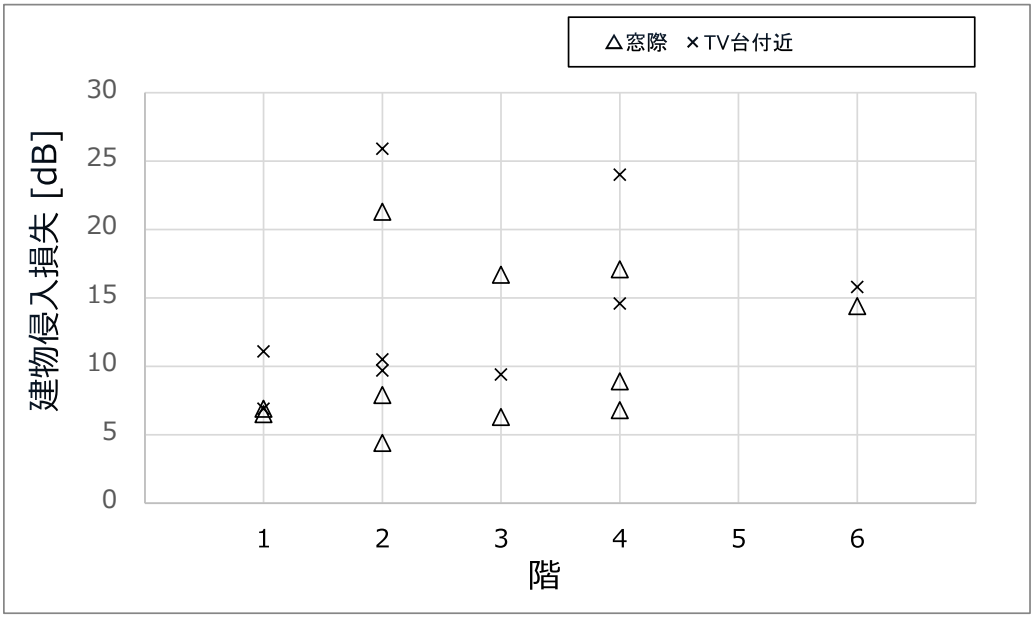
（ア）ホテル屋上基地局



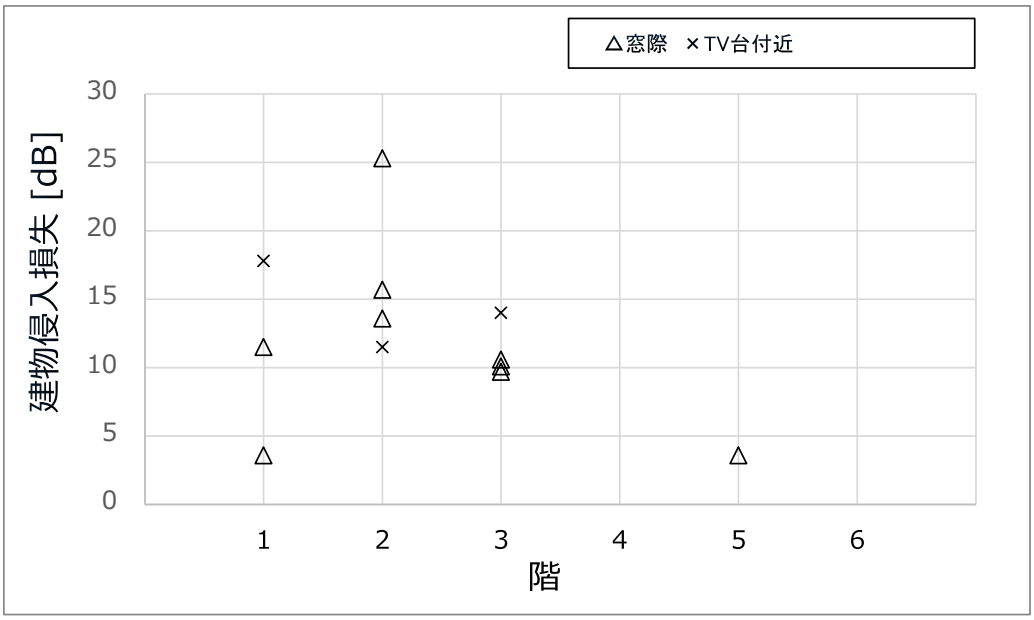
(イ) 配電柱基地局

図 3.3.2.5-37 窓際及び TV 台付近における建物侵入損失の距離特性

図 3.3.2.5-38 に建物侵入損失の階による違いを示す。



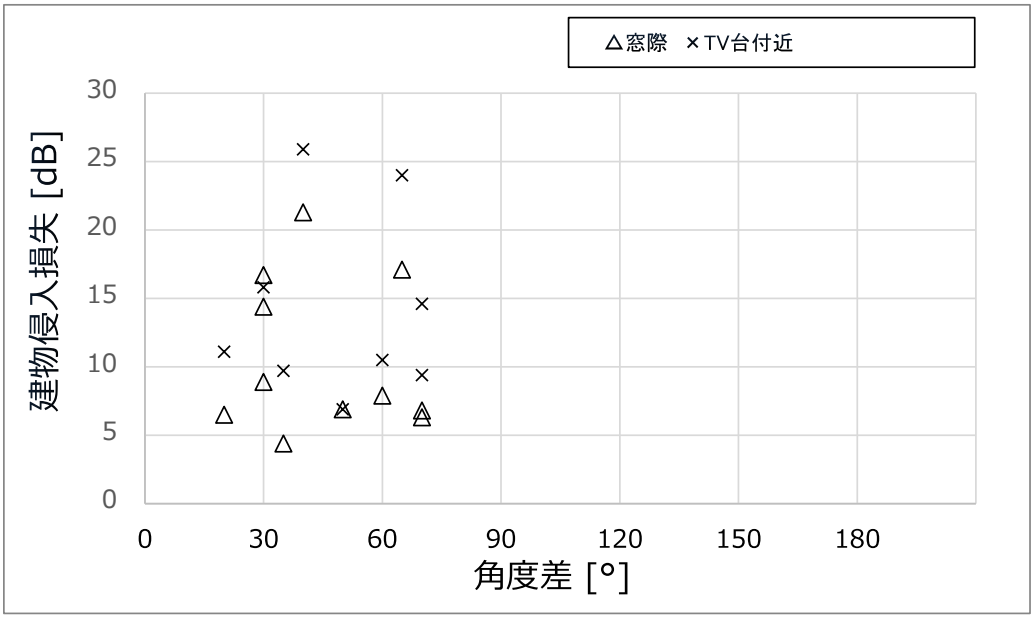
(ア) ホテル屋上基地局



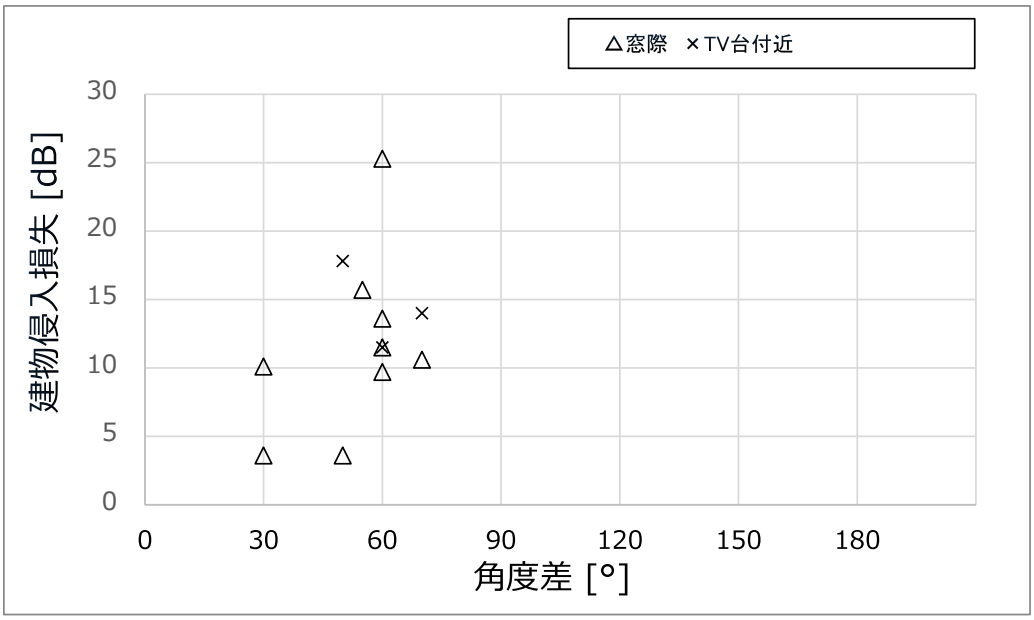
(イ) 配電柱基地局

図 3.3.2.5-38 階による建物侵入損失の違い

図 3.3.2.5-39 に建物侵入損失の建物の向きによる違いを示す。建物の向きは、窓際において、ベランダに面した窓と直角で外側の方向と基地局の方向との角度差（0°～180°）とした。



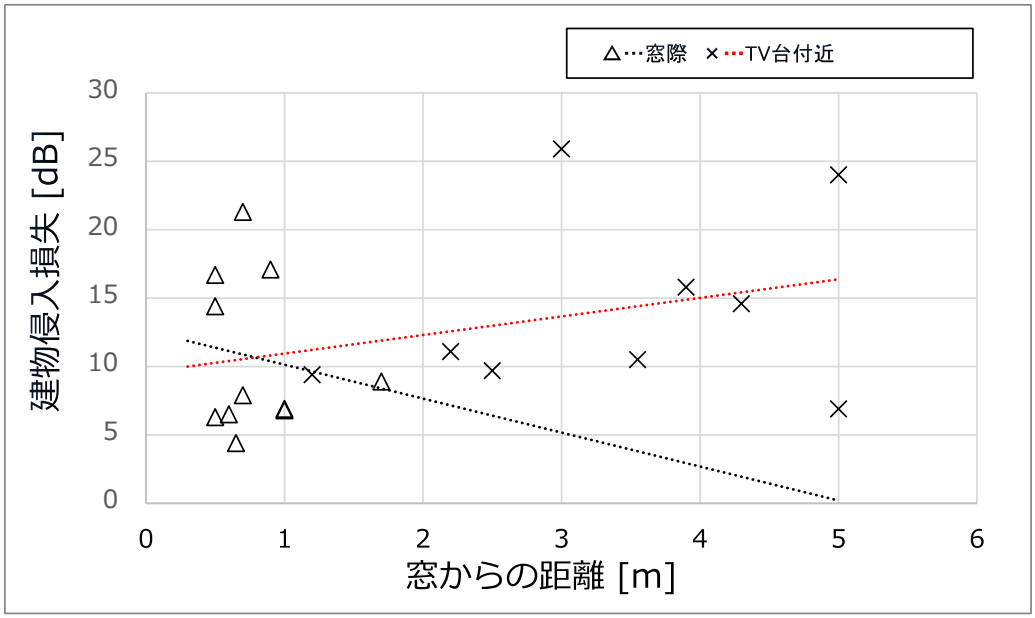
(ア) ホテル屋上基地局



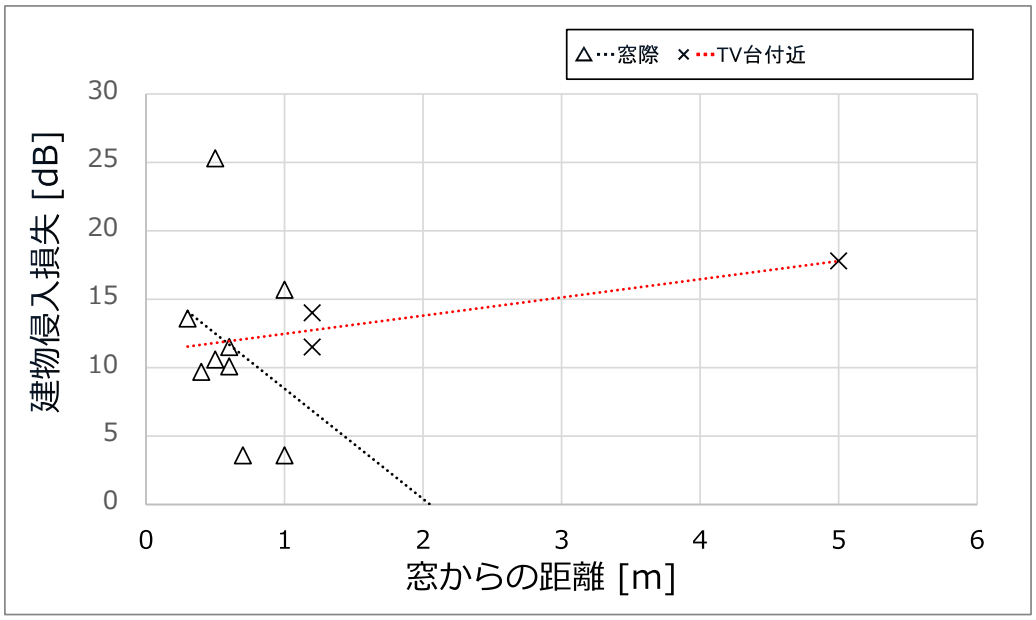
（イ）配電柱基地局

図 3.3.2.5-39 建物の向きによる建物侵入損失の違い

図 3.3.2.5-40 に建物侵入損失の窓からの距離による違いを示す。窓際とベランダの差（ベランダでの受信電力から窓際での受信電力を減じた値）、及び TV 台付近とベランダの差（ベランダでの受信電力から TV 台付近での受信電力を減じた値）を示した。



（ア）ホテル屋上基地局



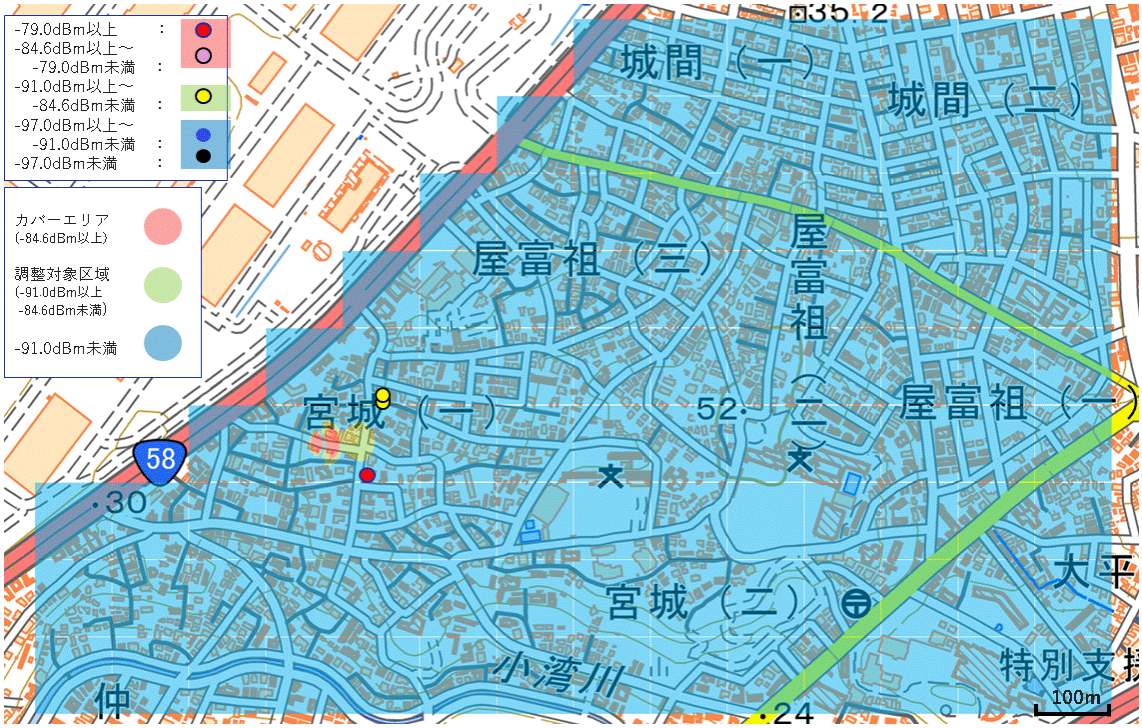
（イ）配電柱基地局

図 3.3.2.5-40 窓際からの距離による建物侵入損失の差

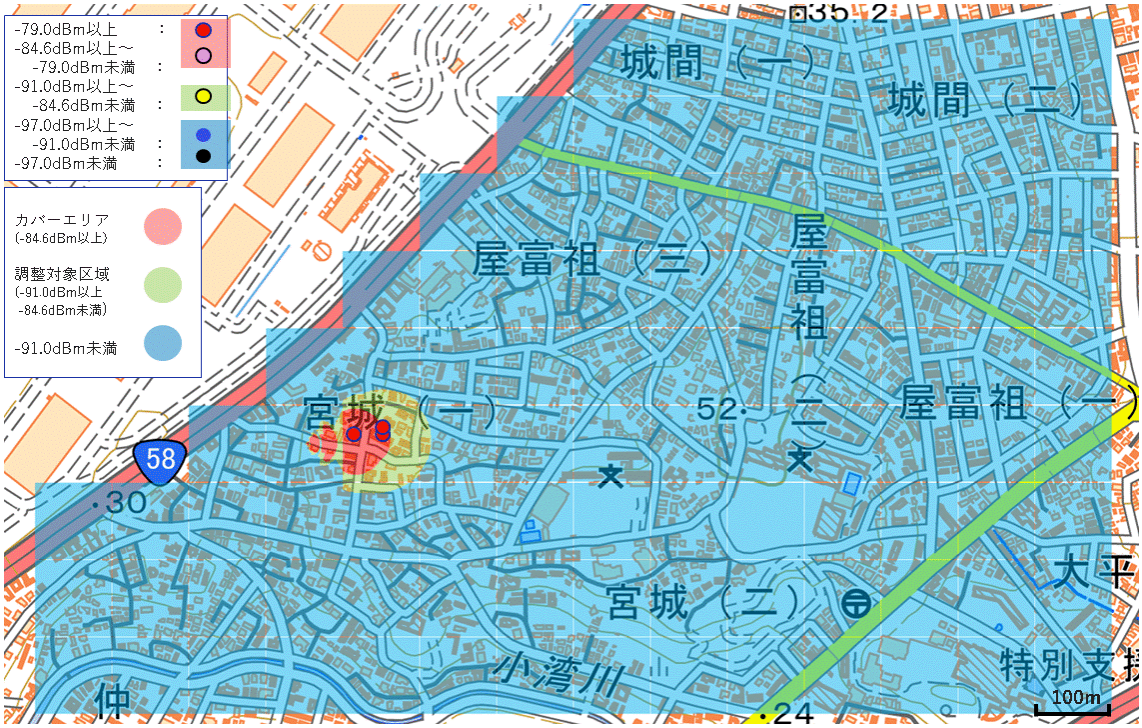
以上の図より、建物侵入損失は、仮説とした 5～10dB の値も多いが、平均値は窓際で 12dB、TV 台付近で 13dB であり、エリア算出法の 16.2dB に比較的近い値となったため、この数値の精緻化は不要と考えられる。このように当初想定と異なる結果となった理由は、測定点個別の環境や図 3.3.2.5-39 より、以下の点が挙げられる。

- 基地局からベランダまでほぼ見通しで強い電波が届く測定点が多かったが、電波が窓の正面または比較的小さな角度（30 度以内）で届く場合には、建物侵入損失が当初想定通り 5～10dB となることが多かった。これは、ベランダに届く電波がそのまま透過損失が壁よりも小さい窓ガラスを通して侵入したためと考えられる。
- 電波が窓の横方向または比較的大きな角度（60 度以上）で届く場合には、建物侵入損失が当初想定より大きく、窓際でも 20～25dB になる測定点が複数あった。この場合は、ベランダに強い電波が届いても、窓から屋内に侵入する電波は反射波に限られ、他の経路としては、壁を透過して侵入する電波であるため、窓際であっても建物侵入損失が大きくなると考えられる。

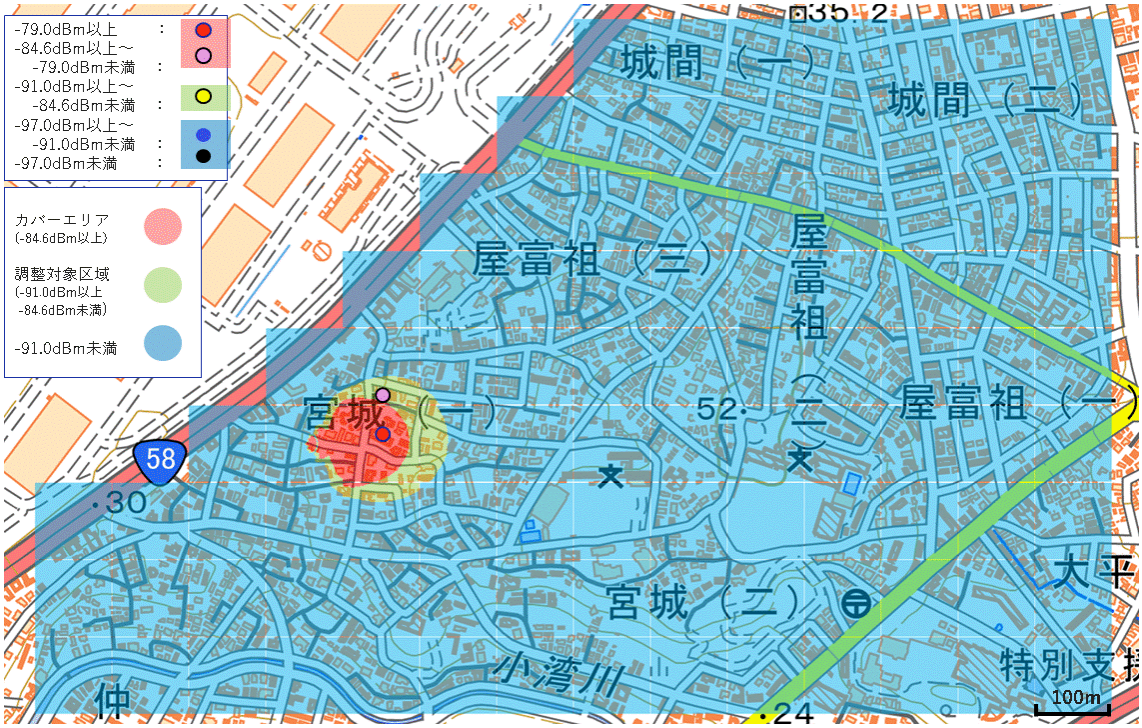
以上に説明したようにパラメータ R の精緻化は不要と結論付けたため、精緻化後のパラメータを用いたカバーエリア及び調整対象区域としては、K と S の精緻化仮説の組合せに R=16.2dB を考慮したホテル屋上基地局のカバーエリア及び調整対象区域を、図 3.3.2.5-41 に示す。


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

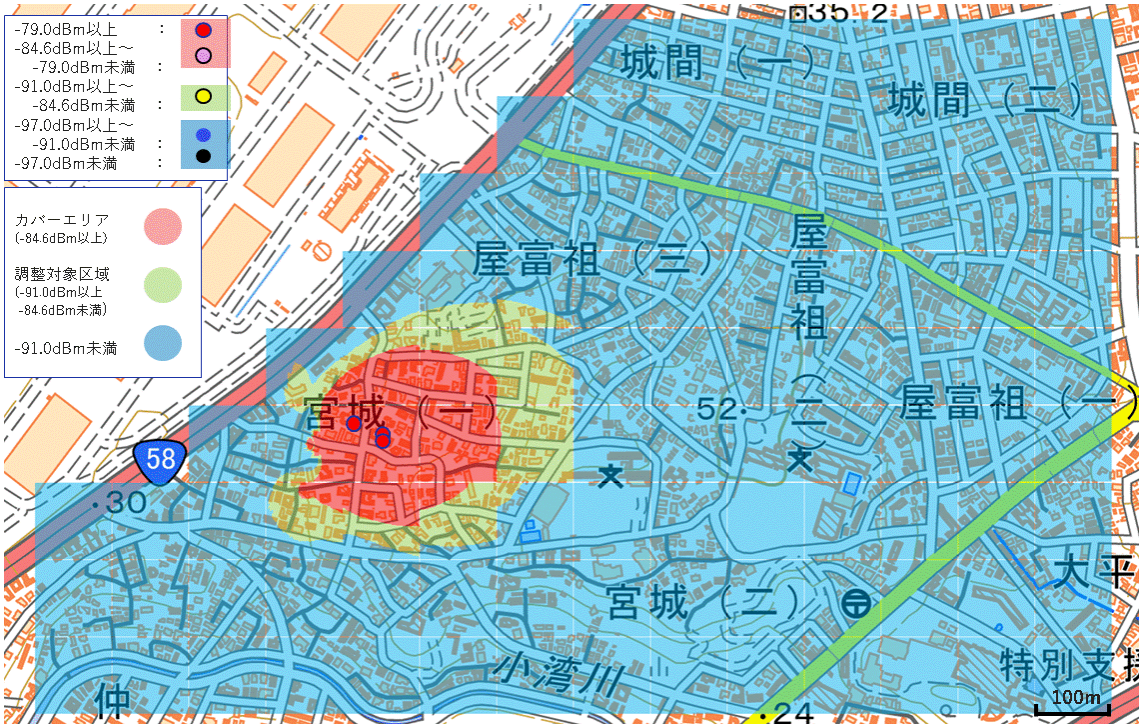
(ア) 1 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
伸
58
100m

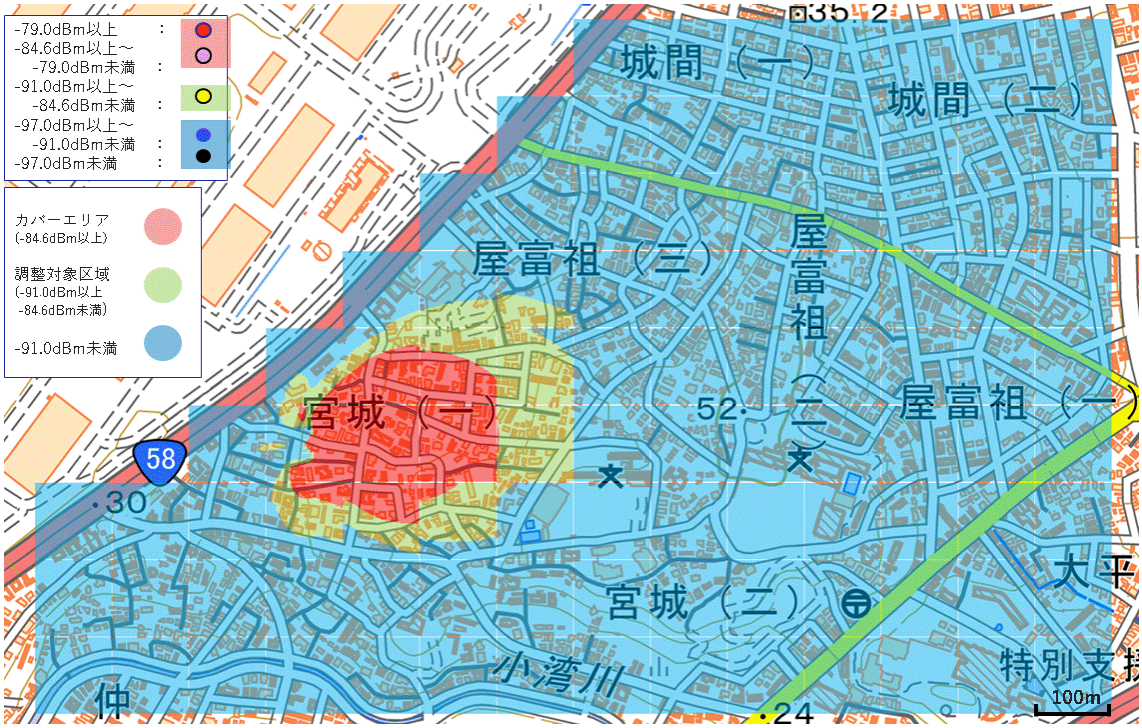
(イ) 2 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

(ウ) 3 階


-79.0dBm以上 :
-84.6dBm以上～
-79.0dBm未満 :
-91.0dBm以上～
-84.6dBm未満 :
-97.0dBm以上～
-91.0dBm未満 :
-97.0dBm未満 :
カバーエリア
(-84.6dBm以上)
調整対象区域
(-91.0dBm以上
-84.6dBm未満)
-91.0dBm未満
城間（一）
城間（二）
屋富祖（三）
屋富祖（二）
屋富祖（一）
宮城（一）
宮城（二）
大平
小湾川
仲
58
100m

(エ) 4 階



(オ) 5 階

図 3.3.2.5-41 精緻化後のパラメータによるカバーエリア及び調整対象区域と測定値（屋内）

国土地理院ウェブサイト（https://maps.gsi.go.jp/）のデータを使用

e）まとめ

屋外においては、K の精緻化仮説と S の精緻化仮説は、何れも有効である。さらに、K と S の精緻化仮説の組合せに基づくカバーエリアと調整対象区域と測定値を重ね合わせた図から分かるように、より確実に干渉調整が必要となる場所を調整対象区域とするためには、K と S の精緻化仮説を組合せて利用することが有効である。

屋内における建物侵入損失（パラメータ R）は、精緻化仮説とした 5～10dB となる集合住宅も多いが、平均値は窓際で 12dB、TV 台付近で 13dB であり、エリア算出法の 16.2dB に比較的近い値となったため、この数値の精緻化は不要である。

以上の結論により考えられるパラメータ K 及びパラメータ S に関する精緻化の案を、表 3.3.2.5-6 及び表 3.3.2.5-7 にそれぞれ示す。

表 3.3.2.5-6 パラメータ K に関する精緻化の案

影響要因	条件	K [dB]
移動局高	建物の n 階（n = 2～5）に移動局を設置	15*log10(2n-1)

表 3.3.2.5-7 パラメータ S に関する精緻化の案

影響要因	条件	S [dB]
市街地	隣接する建物よりも高いビル屋上に基地局アンテナを設置する場合、建物の 2 階～5 階であって、階ごとの建物占有面積率が 10%以上の場所	0
郊外地	隣接する建物よりも高いビル屋上に基地局アンテナを設置する場合、建物の 2 階～5 階であって、階ごとの建物占有面積率が 2%以上、10%未満の場所	12.3
開放地	隣接する建物よりも高いビル屋上に基地局アンテナを設置する場合、建物の 2 階～5 階であって、階ごとの建物占有面積率が 2%未満の場所	32.5

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- 今回の実証は、4 階～5 階の階ごとの建物占有面積率が郊外地に相当する環境において精緻化仮説の検証を行ったが、市街地や開放地に相当する環境においても検証を行い、その適用可能条件を評価することが望ましい。
- 今回の実証は、一部に緩やかな起伏がある環境であり、その影響を十分に評価できなかったが、緩やかな斜面が広がっている場所における精緻化仮説の検証も望まれる。
- パラメータ S に関しては、市街地、郊外地、開放地の 3 段階の値から選択して用いることになっているため、階ごとの建物占有面積率の比較的小さな差異をきめ細かく反映することができない。S の値を 3 段階に限らず、これらの中間の値を選ぶことができるようにすることが望ましい。

3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化

本テーマには取り組まない

3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発

本テーマには取り組まない

3.3.5 その他のテーマ

本テーマには取り組まない

3.3.6 技術実証における追加提案

技術実証における追加提案には取り組まない

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

沖縄における台風災害、とりわけ集合住宅においては暴風雨の影響により、ケーブルテレビやNGN回線（フレッツテレビ）の有線引込線が断線などの影響を受けると、テレビ視聴やインターネットも使用できなくなるなど、災害対策に課題がある。

集合住宅では、屋上に設置した共同受信アンテナにより、全世帯に地上デジタル放送やBS/CS放送を分配している形態が一般的であるが、アンテナの破損などが発生した場合には、集合住宅全戸でテレビ視聴ができなくなるといった障害が発生する。

上記に加え、個別アンテナ受信を行う一般家庭（主として戸建世帯）においても、台風の暴風雨でアンテナの倒壊・破損などでテレビ視聴ができなくなった場合、NHK や地元ローカル局からの災害情報などを何等かの方法で提供すべき課題があった。

これらの課題を共用型ローカル5Gによる FWA（Fixed Wireless Access）システムを活用した高速インターネットサービスにより効率的に解決できる方法が考えられる。ローカル 5G の大容量の特性を活用し、ケーブルテレビや地上波のローカルテレビ局のテレビ視聴ができなくなった場合に、IP 配信（ユニキャストによるリニア配信）により応急復旧が可能となることを実証した。

ローカル 5G システムは通信事業者のネットワーク設計のような画一的ネットワークでなく、以下のようなエリアの状況により個別最適なネットワークを設計・構築して提供することができる優位性があり、前述のような課題解決には非常に有効と考えられる。

①「自己土地」利用が、「他者土地」利用より優先されること
②ユーザーの接続状況により基地局の株分けが可能であること
③屋上基地局と配電柱局の組合せやリピーター設置が可能であること

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

4.2.1 背景となる課題

集合住宅には、テレビ放送受信や通信サービスの提供において、多くの課題があり、また台風災害対策においても、これらのサービスが途絶えた際に、早期復旧に多くの課題がある。下図に本課題実証における課題設定と対応策について整理した。

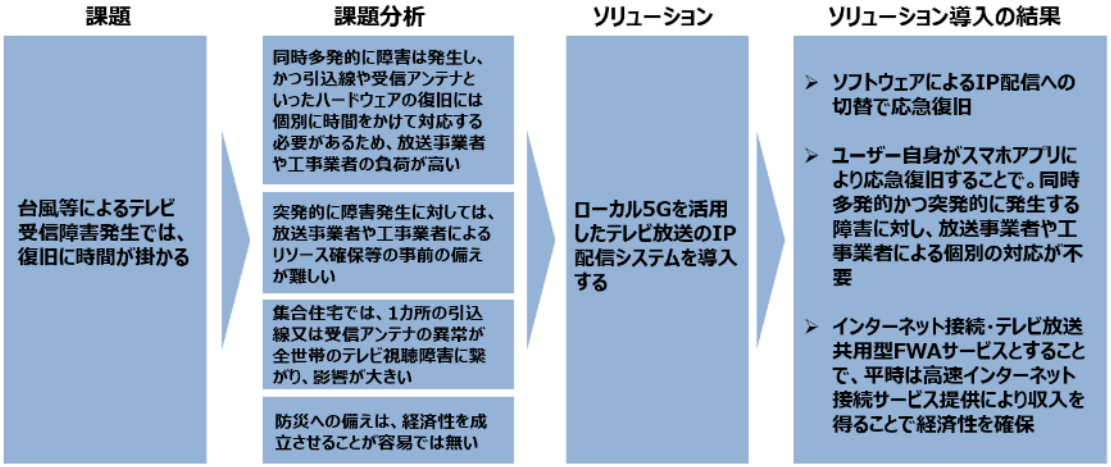


図 4.2.1-1 課題の整理

次に、さまざまな観点から課題の詳細について記載する。

4.2.1.1 インターネットサービス提供における課題

集合住宅においては、さまざまな事業者がケーブルインターネットや、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line ：非対称デジタル加入者線）などのさまざまな方式を用いてインターネットサービスを提供しているが、既設の集合住宅では棟内配線として電話線や同軸を利用する接続方式が一般的であり、高速のインターネットサービス提供には困難が伴う。

既設集合住宅での、同軸ケーブルの引込によるケーブルインターネットによるサービス提供では、集合住宅から出るノイズ（雑音）が、上り信号の速度低下の発生要因となる。ADSL では、MDU に接続して電話線と共用して通信サービスが提供されているが、電話線の線路を共用するものであるため管理がたいへんであり、電話にノイズが入るなど、性能的にも問題がある。

4.2.1.2 引込線の工事における課題

同軸ケーブルの引込工事の際に、集合住宅の共用部分には勝手に工事ができない（釘、ねじ類を打ち込めないためなどの）制約があり、強固な工事を行い難いといった課題もある。このため、集合住宅のケーブルの引込線（放送、通信）などは、簡易的な引込工事となり、暴風、台風の発生時に引込線が破断・断線しやすいのが実情である。

4.2.1.3 災害発生時の早期復旧対応における課題

① 近年自然災害が増えているが、沖縄ではとくに頻発する台風通過に伴う暴風雨の影響により引込線が断線し、テレビ視聴や有線インターネット接続ができなくなる障害が毎年のように発生する。
② とくに集合住宅では、引込線断線時の影響は全世帯に影響する障害となること、また、地域一帯で同様の事象が同時多発することから、テレビやネット不通のクレームがコールセンターに入電しパンクする。
③ 集合住宅は、全戸に影響がおよび緊急性が高いが、台風災害時は障害受付が殺到し、工事部隊のリソースも限られることから、物件毎の優先工事対応を受付できない。また、台風の暴風雨被害は事前に発生地点を予測できないため、事前対策が困難で迅速な応急復旧をできないことが課題となっている。
④ 集合住宅では、地上放送や衛星放送を視聴する場合、共聴受信アンテナを設置して棟内で信号を分配して視聴する場合も多い。このような場合、大型台風では、アンテナの破損、倒壊、アンテナの方位角のズレ、BS.CS アンテナの仰角、方位角のズレなどにより、集合住宅の全世帯に受信障害が発生する。

次節では、市民が欲している全般的な防災・減災情報を考慮しつつ、集合住宅における台風災害の早期復旧の解決方法にスポットを当てた検討を進める。

4.2.2 課題の解決方法

ローカル 5G を利用した FWA サービスは、既設集合住宅向け日常的な高速ネットサービスの課題解決となるだけでなく、台風暴風雨による有線のケーブルテレビ（沖縄県外の都市部ではフレッツテレビも該当）の引込線断となる災害時において、ハイコネ技術を活用することでユーザー自身がテレビ受信障害の状態をローカル 5G 経由の高速インターネットにより、応急復旧することが可能となる。

4.2.1 項の各課題（4.2.1.1～4.2.1.3）の解決方法については次のように考える。

4.2.2.1 インターネットサービス提供における課題の解決

① 平時に FWA サービス提供を行うローカル 5G（Sub6）システムを提供することで、既設配線の改修などが不要となり、FWA による高速インターネットサービスが提供可能となる。
② ユニキャストによる IP 配信により、コミュニティチャンネル放送などを複数の集合住宅などの個別区画に伝送することから、高速大容量のローカル 5G システムが必要となる。

4.2.2.2 引込線の工事における課題の解決

あらかじめ設定されたローカル 5G 端末を設置することにより、工事不要で高速インターネットサービスの提供が可能となり、また、サービスの開始や解約時の対応が容易となる。

4.2.2.3 災害時の早期復旧対応における課題の解決

① 有線またはアンテナ受信のテレビ信号（RF 入力）が途絶えたときに、ネット経由の IP

配信に切り替えるシステムとして、スマホ起動からテレビに IP 配信の番組が表示可能なハイブリッドキャスト（ハイコネ）技術を活用する。
② IP 配信（当面はユニキャスト配信）により、優先度の高いコミュニティチャンネルや地上波放送（ローカル民放局）のテレビ視聴を応急復旧させる。
③ 災害発生による有線配線のテレビやインターネット復旧には時間がかかるため、ローカル 5G-FWA により、インターネットサービスを維持しながら、お客様自身がテレビの応急復旧を判断する。継続を望む場合はスマホ操作により、代替手段である IP 配信（ユニキャストによるリニア配信）でテレビ視聴を行うことが可能となる（図 4.2.2.3-1 参照）。
④ ハイブリッドキャストのしくみを活用するため、ケーブルテレビに加入する者だけでなく、地上デジタル放送の直接受信世帯の受信障害発生時にも対応が可能となる（ただし、テレビまたは STB がハイコネ技術に対応し、ネット接続できていることが必須条件である）。

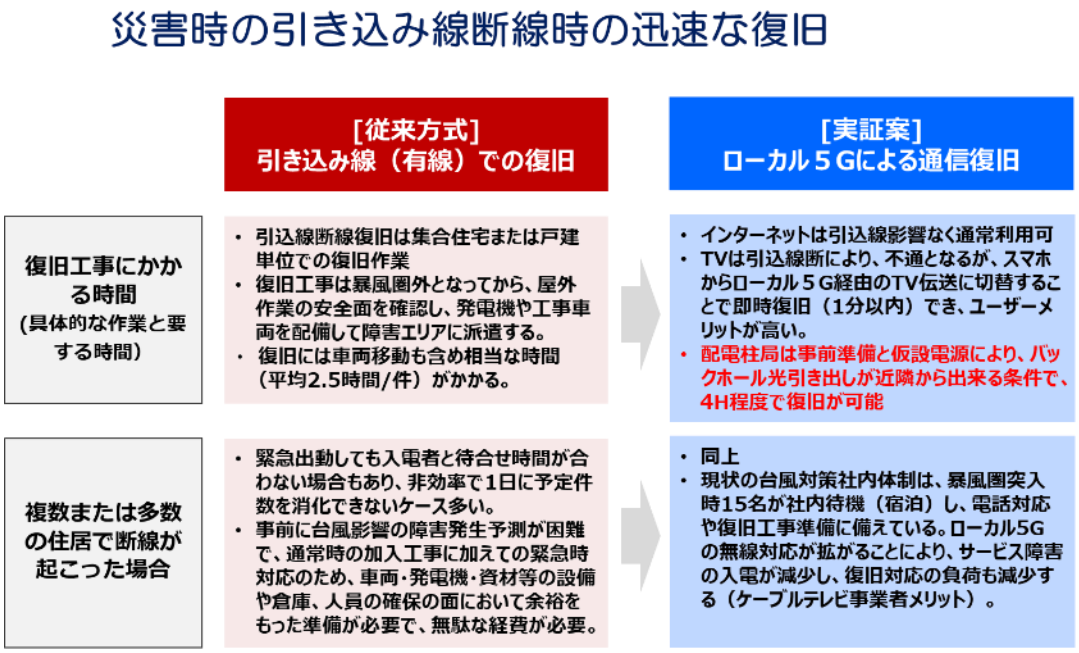


図 4.2.2.3-1　災害発生時の引込線断線時の迅速な復旧効果

4.2.3　令和 2 年度の課題実証との関連性

本年度の実証では、ローカル 5G を活用した集合住宅向けの情報配信（災害発生時における非常時などのテレビ視聴の継続）に重きを置いており、ローカル 5G を活用した河川における 4K カメラ映像伝送をテーマとしていた昨年度の栃木市における防災分野の開発実証とはローカル 5G の活用箇所が異なる。一方、昨年度の同開発実証の結果を踏まえ、更なる検証が求められる点について本年度の実証内容に含めた。

昨年度の防災分野の開発実証では、成果の一つに「地域住民に対する災害情報配信として、既存の防災情報に加え、河川映像が加わることで住民の避難意識の向上効果を確認できた」があり、ここでは住民への映像配信の効果が確認できた。

しかし、住民への映像配信をするにあたって昨年度の実証実験の対象であるカメラ映像に関してカメラの足回りのデータ伝送部分だけでなく、住民への情報伝達のラストワンマイルについても安定した通信が必要となる。

本実証では、災害時における住宅への引込線断線や屋上などに設置される放送受信アンテナの破損などの課題に対してローカル 5G を活用するものであり、昨年度実証を踏

まえ、エンドツーエンドの安定した情報伝達を目指す。

また、昨年度の栃木市における開発実証において構築をした防災情報ダッシュボードを本実証エリアの浦添市へ令和 5 年度導入を目標に提案を行う（異なる種類の防災情報を同一地図上に一元可視化をすることで自治体の避難情報などの発令判断迅速化につながる）。

図 4.2.3-1 令和 2 年度栃木市における防災分野の開発実証

出所）総務省「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」に係る令和 2 年度成果及び令和 3 年度実施方針の公表　令和 2 年度の成果概要　別紙 1　16 ページ目、
https://www.soumu.go.jp/main_content/000745725.pdf、2021 年 7 月 4 日取得

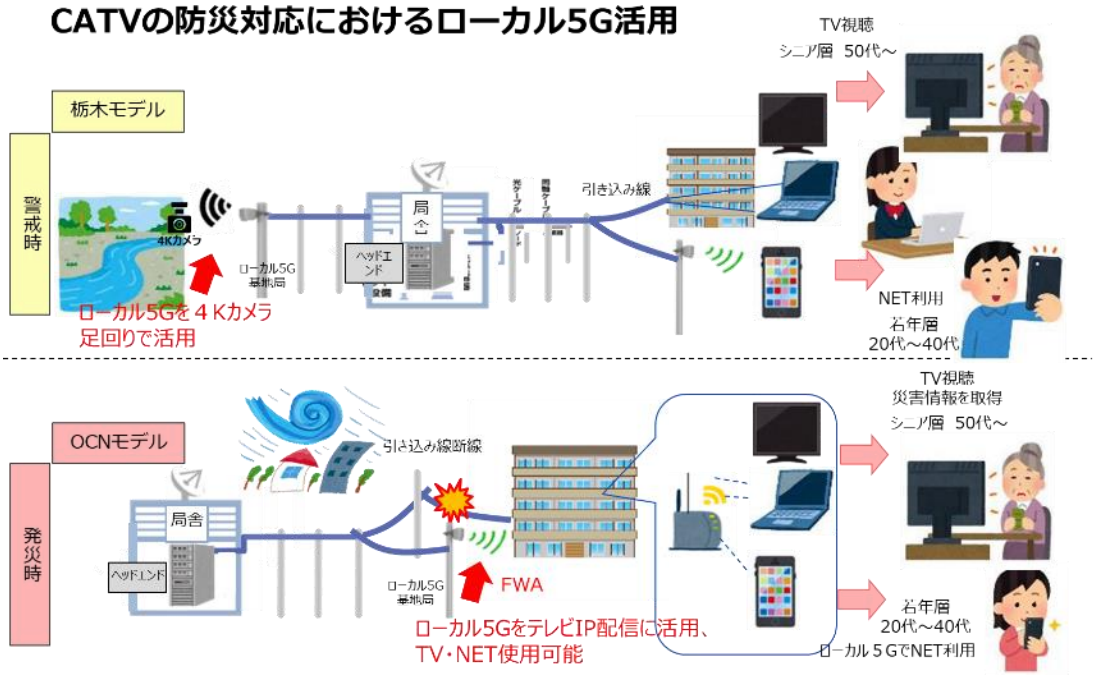


図 4.2.3-2 令和 2 年度の防災をテーマとする課題実証の違い

4.2.4 実装の方向性（フォアキャスト型による実装の推進）

本実証のような、ローカル 5G の FWA（Fixed Wireless Access）による実用化事例は少なく、ノウハウの蓄積もされていない。とくに、集合住宅を対象としたエリア設計の情報については、事例が少ないため、実証を通じて明らかになる点を踏まえて発展・拡張させるフォアキャスト型を採用するものとする。

今回の実証で得られた、電波伝搬データやスループットデータなどから、集合住宅の密集度の度合いに合わせたエリア設計の見直しや、基地局に収容する端末数などを決定することとする。

具体的には、実証では以下のとおり、ローカル 5G 実装を進めるが、実証後に再度、エリア構築手法やマネタイズ手法などの高度化を検討する。

① 平常時は高速インターネットサービスを提供することで、ビジネス性を確保する。
② 自治体（浦添市など）には、防犯等監視カメラ映像の伝送用回線として貸し出す等、収益性強化を模索する。また、観光スポットにおいては、ローカル 5G 対応のモバイルルーターを貸し出すなど、収益確保を図る（自己土地利用となるエリアが前提）。
③ ローカル 5G は、既設集合住宅の高速インターネットサービスの提供の課題解決に有効であるため、ローカル 5G（FWA）の無線併用が適している世帯（工事不要であり、女性や単身世帯の設置・撤収が容易）への加入促進を図る。
④ 区画整理された集合住宅エリアでなく、既設の集合住宅が林立する住宅エリアにおいてローカル 5G（Sub6）の基地局を周辺のビル屋上に設置しても、ビル影となる場所の発生が予測される。今回の実証では、ビル影となる住宅を電柱設置の基地局（配電柱基地局）でカバーすることを合わせて検証し、他エリアでのエリア設計の資とする。
⑤ 本実証のテレビ番組の IP 配信による応急復旧はケーブルテレビ加入者ばかりでなく、ローカル放送局が参画することで、ローカル 5G（FWA）単独加入者にも適用の検証もでき

るため、地上放送のテレビ受信世帯にも、加入促進を図る。

4.2.5 実証システムの実装目標

台風などによる引込線断となる被災を受けても、インターネットサービスが維持されテレビの応急復旧が実現できることで、クレームコール発信は減少することが予想され、台風到来時のコールセンター負担の減少や、障害復旧対応にあたる工事部隊の精神的負担も減少が見込まれる。

ローカル 5G システムを活用して、浦添市から市民に直接コミュニティチャンネルを使って情報発信したり、地域の地上波民放局が共通で利用したりできるしくみとシステムの実装を目標とする。具体的には以下のとおり推進する。

① 実証後の運用も想定し、OCN サービスエリアの市町村と災害協力協定の締結を進める（浦添市の実証エリアは来年度の商用サービス開始を目標とする）。
② 既設集合住宅を対象としたローカル 5G 活用モデルによるビジネスプランとエリア設計に着手する。エリア設計のための回線設計、設置ノウハウなどを今回の実証から取得し、広域地域展開の準備を進める。
③ 浦添市内のローカル 5G 拠点追加や他地域への展開の可能性検討（宜野湾市、那覇市などに展開）を計画し、無線インターネットによる事業計画を年度内に策定する。
④ 地元ローカル局とハイブリッドキャスト（ハイコネ対応）の継続運用について年度内に調整する。

本実証の課題実証目標設定は、以下のとおりである。

①早期復旧のためのハイブリッドキャスト（ハイコネ）システムが有効に機能すること
- テレビ IP 配信の品質（遅延時間、画質主観評価）
- ハイコネ切り替え操作の容易性（クリック数、切替反応時間）
- ハイコネ対応受信機のスマホ起動動作検証

②応急復旧によるテレビ視聴のための放送番組の IP 配信が支障なく行われること
③災害発生時または、災害発生が予想される場合の緊急番組（RF および IP）が効果的に提供できること
④平常時には、ローカル 5G システムにより、高速インターネットサービスの提供が可能であること
⑤スループット、伝送容量など、定量的評価についても一定の指標を設定し、評価・検証すること

4.2.6 ローカル 5G 技術ロードマップ

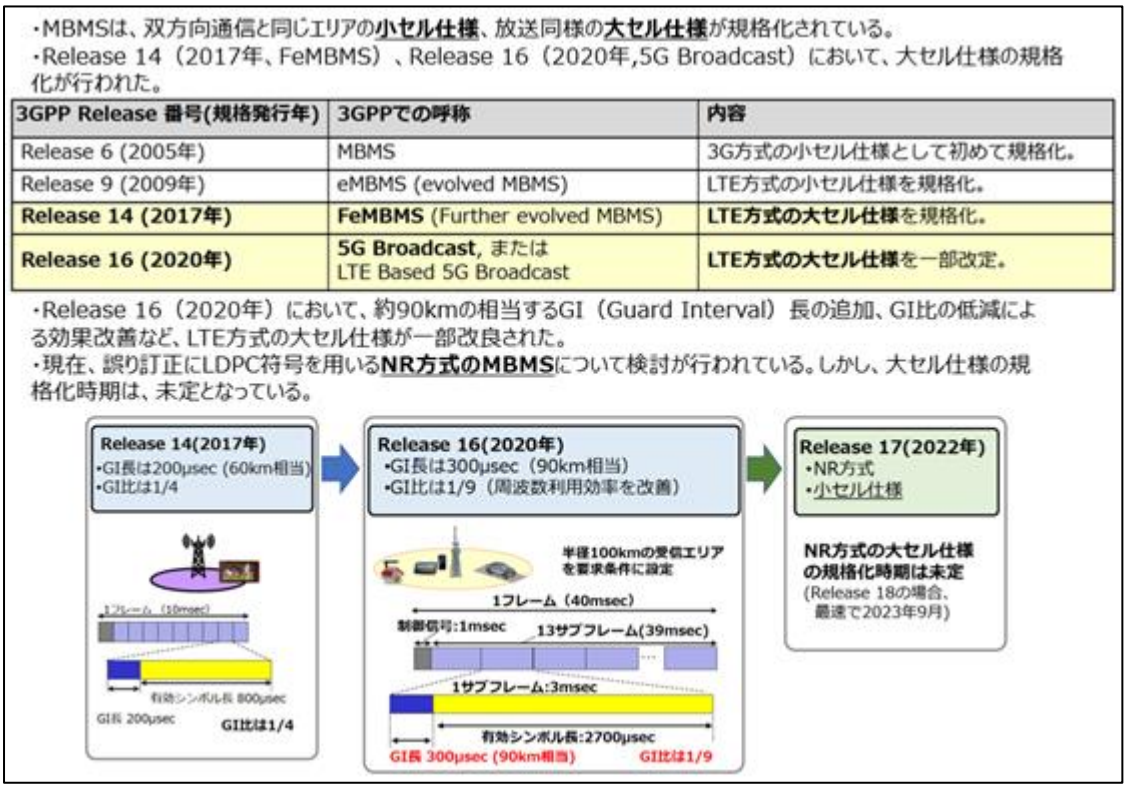
周波数が限られるローカル 5G の無線伝送において、効率的な放送信号の伝送を行うには、今回実証したハイブリッドキャストのような IP 配信（ユニキャスト）よりも、IP 放送（マルチキャスト）のほか、現在規格化検討中の 5G Rel.16 以降の FeMBMS（いわゆる 5G Broadcast）など、Layer2 でマルチキャスト／ユニキャストの両方を実装できる規格を採用することが、将来的な普及展開と周波数利用効率の向上に期待できる。

今後のローカル 5G 技術ロードマップを以下に示す（制度検討の報告時期などは、当

コンソーシアムにて推定したもの)。

注 1：MBMS の規格化動向について　https://www.soumu.go.jp/main_content/000739577.pdf を参照
注 2：デジタル時代における放送制度の在り方に関する検討会（令和 4 年 6 月を目途に一部答申)、「ローカル 5G-FWA マルチキャスト配信等」については、上記検討会傘下の「小中規模中継局等のブロードバンド等による代替に関する作業チーム」で検討される予定。
注 3：「集合住宅における新 4K8K 衛星放送の視聴環境の整備」や「過疎地域における共聴施設の老朽化対策」等の調査研究において、ローカル 5G の技術を活用し、ケーブルテレビの一部伝送路を無線に置き替え等の調査研究を実施中。2 年計画。

図 4.2.6-1　ローカル 5G 技術ロードマップ



出典（参考資料）：MBMS の規格化動向について　https://www.soumu.go.jp/main_content/000739577.pdf より作成

図 4.2.6-2　ブロードキャスト・マルチキャスト規格

（1）情報通信審議会の MBMS 検討状況

MBMS（Multimedia Broadcast and Multicast Service）に関する、次期地上デジタル放送への検討結果については、令和 3 年 3 月 25 日に開催された情報通信審議会 情

報通信技術分科会「放送システム委員会（第 74 回）」において、「地上デジタル放送方式高度化作業班」から、資料（＊注参照）を用いて以下の報告があった。

報告書（案）「資料 74-2」の「4. 今後の検討課題（32 ページ）」では、「MBMS については地上放送への適用において課題が多いことから、新たにチャンネルを確保して放送サービスを実現する放送方式としては、地上放送高度化方式を中心に検討」と報告されている。また、その理由として以下が挙げられている。

・MBMS は、地上放送を想定したチャンネル帯域幅（6MHz）の規定がない。
・将来 Release 18 が規格化されたとしても、大セル仕様において地上放送高度化方式に比べて、周波数利用効率が低くなる見込み。
・MBMS は欧州では実証が行われているものの、日本で導入する場合には地形が欧州とは異なるため、伝搬特性などの基本的な検証を行う必要がある。
・ MBMS は、新たにチャンネルを確保して放送サービスを実現する放送方式としては、周波数利用効率や地上放送への適用において、現時点で課題が多い

注）出典：情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会（第 74 回：令和 3 年 3 月 25 日開催）の配布資料「資料 74-2：放送システムに関する技術的条件の検討状況について（案）（第二次検討状況報告）地上デジタル放送方式高度化作業班」
https://www.soumu.go.jp/main_content/000743886.pdf

（2）MBMS の規格化動向について

（一社） 放送サービス高度化協会が昨年情報通信審議会に報告した MBMS の規格化動向においては、NR（New Radio）方式の MBMS 小セル仕様の規格化スケジュールが未定のままであり、次期（Relese18）の規格化は 2023 年 9 月を予定されているが、それに含まれるか未定とされている。

L5G-FWA では、移動体向けの放送ではなく、固定局向けの伝送となることや、通信距離が数十 m～数百 m の間での映像伝送となることなどから、ガードインターバルや地形の違いなどの問題は発生しにくいと考えられる。このため、地上放送システムに使用する場合と異なり、MBMS の一部の仕様を用いることにより、L5G-FWA の IP（映像）配信システム仕様（技術的基準）を作成することを提案したい。

なお、L5G-FWA システムの IP マルチキャスト配信の技術的基準としては、プロトコルスタックは、MBMS と同等な、IP ベースで、RTP、HTTP、FULTE のスタックで構成し、EEC 機能（たとえば、AL-FEC：Application Layer Forward Error Correction）を具備したものが必要と考えるコンソーシアムとしては、（一社）日本ケーブルテレビ連盟や（一社）日本ケーブルラボなどの関連団体と共に、好ましい秘術基準案の検討を進めて行きたい。

参考資料出典：MBMS の規格化動向について
「情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会
地上デジタル放送方式高度化作業班（第 9 回） 令和 3 年 3 月 11 日開催」
「資料デ高作 9-4 MBMS の規格動向調査について【放送サービス高度化推進協会】」

https://www.soumu.go.jp/main_content/000739577.pdf

4.3 実証環境

4.3.1 OCN における台風災害の状況

表 4.3.1-1 は、2019 年台風 17 号到来時に OCN サービスエリア内で記録したサービス障害の作業区分と障害件数を示したものである。引込線断影響は全体の障害件数 75 件のうち、44%（33 件）を占めている。

今回の実証エリアの候補地となる浦添市宮城地区は、住宅が林立した住居エリアで、9 件（集合 6 棟（68 世帯）/ 戸建 3 世帯）の台風被害によるケーブルテレビの引込線障害が発生している。このような既設集合住宅に対して高速インターネットサービス提供にローカル 5G の FWA システムが有効であることを確認できる他、引込線障害の復旧に効果が期待できるため、課題実証に適した環境であると言える。

（事例）2019 年台風 17 号到来時の OCN サービス障害一覧

・9 月 21 日早朝　沖縄暴風圏突入
・9 月 25 日　復旧対応完了（4 日後）

表 4.3.1-1　2019 年台風 17 号到来時の障害対応作業区分リスト（OCN 取り扱い）

No	作業区分	障害件数	原因箇所
1	幹線障害	2	幹線
2	引込線手直し	6	引込線
3	引込線張替	20	
4	タップコネクター交換	7	
5	他者線	2	NTTor OTNET
6	ブレーカー落ち	3	宅内
7	宅内線手直し	6	
8	機器誤配線	1	
9	AMP交換	6	
10	STB交換（電源入らず）	6	端末
11	モデム交換（通信不可）	4	
12	モデム交換（電源入らず）	2	
13	操作ミス	5	その他
13	その他	5	
	合　　計	75	

表 4.3.1-2 は、引込線関連の障害の 33 件について、それぞれに実施した作業内容をまとめたものである。引込線の張替および引込線を接続するタップオフ（幹線から戸建に分配する機器）のコネクタ交換がほとんどとなっている。

浦添市は OCN の HFC サービスエリアで、那覇市のベッドタウンとして人口も毎年増加している住宅エリア（11 万人）で、集合住宅も多くなっており台風災害によるテレビ放送の受信障害対策も課題となっている。

表 4.3.1-2　引込線関連の障害（33 件）の対応リスト（OCN 取り扱い）

ID	案件登録日	登録時刻	対象物件	案件完了日	引込線作業詳細
2	2019/09/21	0908	小規模ホテル	2019/09/22	引込線張替
5	2019/09/21	0925	戸建	2019/09/22	引込線張替
11	2019/09/21	1007	集合住宅	2019/09/24	引込線手直し
13	2019/09/21	1020	戸建	2019/09/22	タップコネクター交換
18	2019/09/21	1103	集合住宅	2019/09/22	タップコネクター交換
59	2019/09/21	1507	戸建	2019/09/22	引込線張替
68	2019/09/21	1543	戸建	2019/09/22	引込線張替
69	2019/09/21	1548	戸建	2019/09/21	引込線手直し
92	2019/09/21	1808	戸建	2019/09/23	タップコネクター交換
96	2019/09/22	0944	戸建	2019/09/22	引込線張替
99	2019/09/22	0946	コーポ	2019/09/23	引込線張替
105	2019/09/22	1028	戸建	2019/09/22	引込線張替
107	2019/09/22	1047	戸建	2019/09/22	引込線張替
108	2019/09/22	1054	戸建	2019/09/24	引込線張替
109	2019/09/22	1105	戸建	2019/09/22	引込線張替
112	2019/09/22	1200	戸建	2019/09/24	引込線張替
113	2019/09/22	1214	戸建	2019/09/22	引込線手直し
115	2019/09/22	1356	戸建	2019/09/24	引込線張替
123	2019/09/23	0919	戸建	2019/09/23	引込線張替
124	2019/09/23	0928	戸建	2019/09/24	引込線張替
126	2019/09/23	0940	アパート	2019/09/24	引込線張替
130	2019/09/23	1031	集合住宅	2019/09/25	引込線張替
131	2019/09/23	1052	戸建	2019/09/24	タップコネクター交換
132	2019/09/23	1115	戸建	2019/09/25	引込線張替
133	2019/09/23	1202	戸建	2019/09/25	引込線張替
135	2019/09/23	1243	民泊ホテル	2019/09/23	引込線手直し
136	2019/09/23	1249	コーポ	2019/09/24	引込線張替
141	2019/09/24	0908	戸建	2019/09/25	引込線張替
143	2019/09/24	0916	戸建	2019/09/25	タップコネクター交換
144	2019/09/24	0923	戸建	2019/09/25	引込線手直し
146	2019/09/24	0929	戸建	2019/09/24	引込線手直し
152	2019/09/24	1031	戸建	2019/09/25	タップコネクター交換
155	2019/09/24	1212	戸建	2019/09/25	タップコネクター交換

4.3.2　集合住宅、戸建住宅における台風災害

沖縄における台風災害、とりわけ集合住宅においては暴風雨の影響により、ケーブルテレビや NGN 回線（フレッツテレビ）の有線引込線が断線などの影響を受けると、テレビ視聴やインターネットも使用できなくなるなど、災害対策の復旧に課題がある。

とくに、集合住宅では、屋上に設置した共同受信アンテナにより、全世帯に地上デジタル放送や BS/CS 放送を分配している形態が一般的だが、アンテナの破損などが発生した場合には、集合住宅全戸でテレビ視聴ができなくなるといった受信障害が発生する。

上記に加え、個別アンテナ受信を行う一般家庭においても、台風の暴風雨でアンテナの倒壊・破損などでテレビ視聴ができなくなった場合、NHK や地元ローカル局からの災害情報などを何等かの方法で提供する必要がある。これらの課題を高速インターネットと IP 配信の共用型 FWA サービスにより効率的に解決できることが検証できた。

一方で、地上デジタル放送を個別アンテナで視聴を行う戸別住宅では、多素子八木アンテナを家屋の屋根に設置することがほとんどとなる（※1）。アンテナ設置のためにアンテナポールを使用するが、BS/CS 放送を視聴する世帯は、衛星放送の電波を受信するため

のパラボラ（ディッシュ）アンテナをアンテナポール（八木アンテナの下側）に実装することが多い。このため大きな台風が襲来した場合、パラボラアンテナに大きな風圧荷重がかかり、アンテナポールごと倒壊してしまい、受信不可となる場合が多いとされている（※2）。このため、台風関連情報が必要となるにも関わらず、情報が得られないことが想定されるが、この課題も、今回の実証により解決できることが検証できた。

注※1：屋根以外のアンテナ設置では、平面アンテナを家屋の壁面やベランダに取り付ける、放送局から近い場合には、室内アンテナを設置するなどがある。

注※2：NHK が 2020 年 8 ～10 月に実施した「第 43 回受信実態調査」では、地上放送の受信アンテナの設置位置の 75.0%が屋根の上で、BS 放送の受信アンテナの設置位置の 43.9 %が屋根の上であった。また、個人で「地上放送のアンテナを修理できない」と答えた方は、86.7%であった。

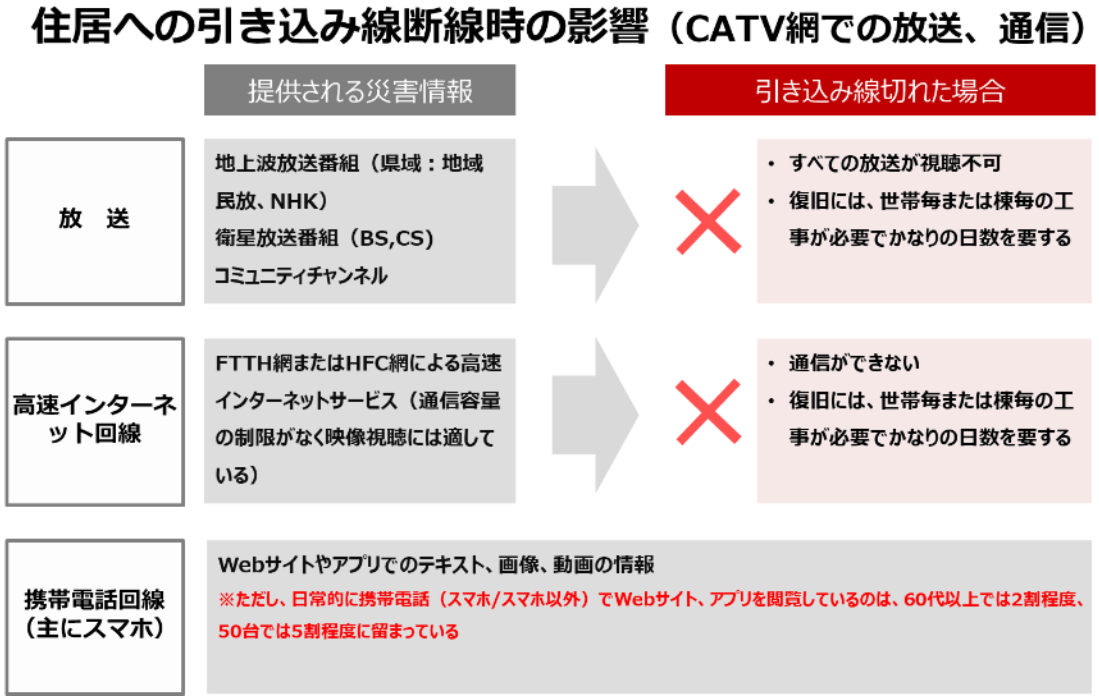


図 4.3.2-1　住宅への引込断線時の影響（CATV 網での放送・通信への影響）

集合住宅のケーブルの引込線（放送、通信）などは、簡易的な引込工事となるため、暴風、台風の発生時に引込線が破断・断線しやすいのが実情である。

本実証は、沖縄浦添市宮城 1 丁目周辺を実証エリアとしている。ホテル屋上など、比較的高い設置にローカル 5G の基地局を設置できる場合は、ケーブルテレビを引き込んでいる複数の集合住宅（実証エリアでは 3～6F の低層集合住宅がほとんど）をローカル 5G でカバーすることができる。また、ビル影でホテル屋上基地局からの電波が到達しない住宅には、配電柱に設置した基地局からスポットで効率的にカバーすることができ、集合住宅が林立した住居エリアを面的にカバーできることを検証するのに適した環境であった。

4.3.3 防災対策に関する現状認識

災害対策基本法において、市町村長には、災害が発生し、または発生するおそれがある場合には、避難準備・高齢者など避難開始、避難勧告などの避難情報を発令する権限が付与されている。避難情報の発令にあたっては、関係機関からの情報や、自ら収集した情報などにより、的確に判断を行い、躊躇することなく避難情報を発令し、速やかかつ円滑な避難行動を実現する必要がある。

沖縄における台風災害、とりわけ集合住宅においては暴風雨の影響により、ケーブルテレビや NGN 回線（フレッツテレビ）の有線引込線が断線などの影響を受けると、テレビ視聴やインターネットも使用できなくなるなど、災害の早期復旧対策において課題がある。

今回の実証実験にあたっては、沖縄本島への大型台風の襲来を想定し、ケーブルテレビおよび地域の地上波放送局 による放送サービス（RF による放送）の視聴ができなくなった場合を想定した模擬情報の提供を実施し、課題実証における効果の検証を実施した。

4.3.4 課題検証環境

4.3.4.1 ケーブルテレビ視聴による視聴の実証

浦添市は、台風が接近してきた場合、関係機関からの情報や、自ら収集した情報などから事前の防災情報を編集し、台風情報や避難勧告などをローカルテレビ局、ケーブルテレビ、コミュニティ FM 放送、防災無線などの各種メディアにおいて情報提供を行っている。

ケーブルテレビでは、多チャンネル視聴契約加入者（難視聴対象エリアで、地上デジタル放送の再放送サービスのみを受けている加入者以外の契約者）は、一般的にセットトップボックス（以下、「STB」という）による視聴を行っており、コミュニティチャンネルも STB を経由してテレビ視聴を行っている。

しかしながら、ケーブルテレビ加入者がテレビ信号を得るための引込線が断線となった場合はテレビ視聴ができなくなる（ケーブルインターネットも通信できなくなる）。

OCN では、本実証からローカル 5G 対応 FWA システムによりモニター世帯に高速インターネットサービスを提供し、RF 信号が断となった際にローカル 5G 回線から IP 配信を行うことにより、テレビ受信機よりコミュニティ放送が視聴できる効果の検証を行った。

図 4.3.4.1-1　OCN コミュニティチャンネルを活用した情報発信イメージ

4.3.4.2 地上放送の直接受信による視聴の検証

今回の実証では、沖縄のローカルテレビ局である「沖縄テレビ放送（OTV）」が参加し、地上波の放送コンテンツを IP ユニキャストにエンコードして、インターネット経由でサイマル配信を行った。ケーブルテレビ視聴と同様に、モニター世帯に高速インターネットサービスを提供し、ローカル 5G 回線から IP 配信を行った。ただし、テレビ受信機は、ハイブリッドキャスト（ハイコネ）対応であって、ローカル 5G-FWA のイーサネット出力をテレビ受信機に接続する必要がある。

何らかの原因でテレビ信号が断、もしくは、信号レベルが低下したことにより、テレビが視聴できなくなった場合は、テレビ受信機とペアリングされたタブレットを操作することにより、IP 配信による映像に切り替えた。これによって、視聴者は、継続してローカルテレビ（OTV）局から必要な情報を入手することができた。

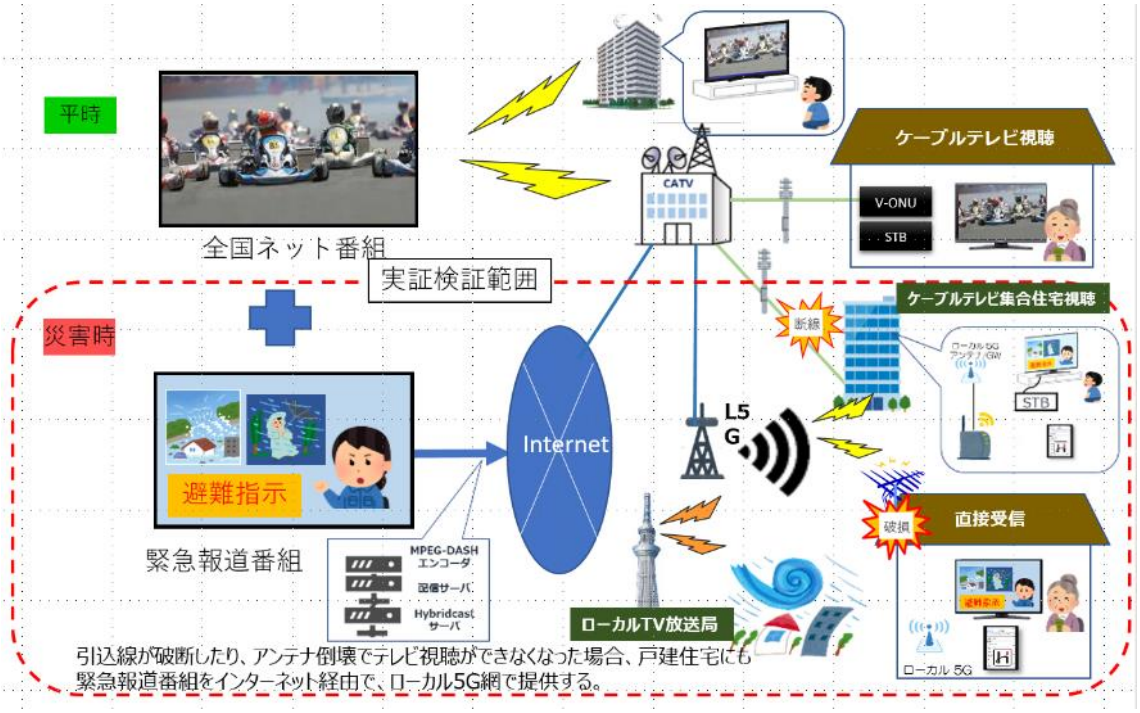


図 4.3.4.2-1　ケーブルテレビ視聴と直接受信視聴による実証検証イメージ

4.3.4.3 効果実証の実施方法概略

効果検証の実施方法の全体概略は以下のとおりである。

（1）効果検証方法の概要

暴風、暴雨などの災害などを原因とする受信障害でテレビ視聴ができなくなった場合を想定した代替情報提供手段の有効性検証（コンテンツは、台風災害を想定した模擬情報の提供）した。

（2）想定する災害

大型の台風（2019 年台風 17 号到来時のなど）において、実際の台風到来前に避難情報を発令したケースを想定した。

（3）訓練参加者

本実証へ参加した関係者は、以下のとおりである。

① 浦添市防災担当職員
② OCN 担当職員
③ OTV 担当職員
④ ケーブルテレビ受信のモニター参加者
⑤ 直接受信のモニター参加者
（ハイブリッドキャスト（ハイコネ）に対応したテレビを有する家庭）

（4）基本シナリオ

防災気象情報の収集から判断、対処（避難情報の発令）までの一連の流れを踏まえ、検証を実施した。基本シナリオは、地上放送の直接受信の場合、ケーブルテレビの受信の場合も同様とした。また、戸建住宅と集合住宅のそれぞれにおいて実施した。

① 通常運用：ケーブルテレビ受信者および直接受信者とも、RF 信号によりテレビ視聴を行い、高速インターネットも通常運用を行う。ただし、RF の放送番組がエンコードされて、IP 配信により、ほぼ同時に送出した。
モニター参加者は、通常時においても、ダブレットなどに実装した「ハイコネ」のアプリにより、IP 配信（サイマル放送）も視聴可能とした。
② 防災気象情報の収集、分析、情報の一元化（模擬情報の提供：浦添市）
③ 防災・減災情報の共有（浦添市 → OCN, OTV など）を行った。
④ コミュニティチャンネルに防災・減災情報の提供（模擬情報の提供：浦添市）開始した。
⑤ 台風接近による避難情報の提供開始（沖縄の場合、台風到来による暴風圏突入時は、外出は危険なため屋内に留まることを呼びかけ）した
⑥ RF 信号を「断」とする操作（台風による引込線断線、戸建住宅のアンテナ倒壊を想定）
⑦ 視聴者によるタブレット操作による IP 配信映像への切り替えた。
⑧ IP 配信によるテレビ映像入手情報の有効性を確認した。

注 2：訓練に実施においては、事前にモニター宅に配布したタブレットに訓練日を通知し、訓練開始時間に「RF 放送が断」となったこと想定して、タブレットに実装したアプリからモニター参加者自身で、IP 配信への切替操作を行った（モニター参加者が指定時刻に、ほぼ同時に切替操作を行うよう依頼した）。

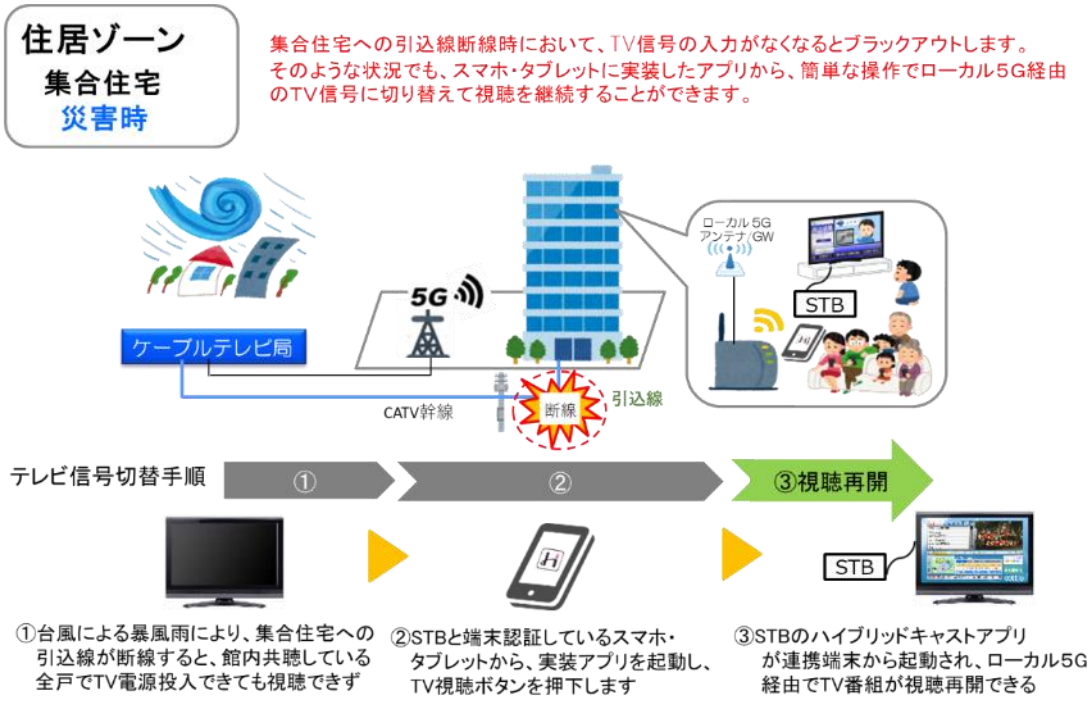


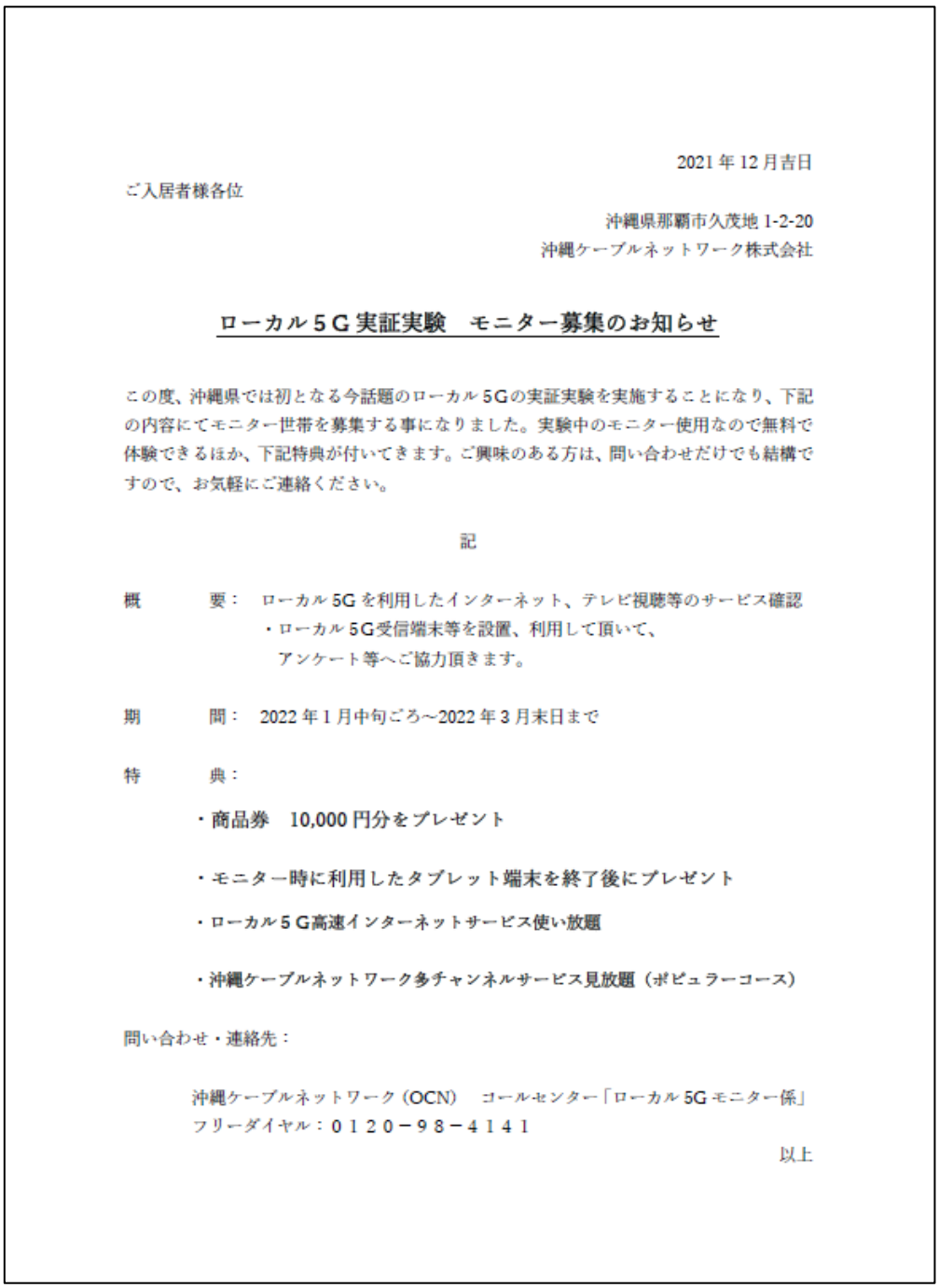
図 4.3.4.3-1　ケーブルテレビなどの受信災害発生時のテレビ信号切替手順

4.3.5　スタッフによる検証環境およびモニター参加者

4.3.5.1 モニター参加者の募集

モニター参加者は、ローカル 5G 基地局のカバーエリアと見込まれる範囲の集合住宅を中心に募集を行った。

募集は、「ローカル 5G 実証実験　モニター募集のお知らせ」のちらしをポスト投函することから開始した。



2021 年 12 月吉日

ご入居者様各位

沖縄県那覇市久茂地 1-2-20
沖縄ケーブルネットワーク株式会社

ローカル５Ｇ実証実験　モニター募集のお知らせ

この度、沖縄県では初となる今話題のローカル 5Gの実証実験を実施することになり、下記の内容にてモニター世帯を募集する事になりました。実験中のモニター使用なので無料で体験できるほか、下記特典が付いてきます。ご興味のある方は、問い合わせだけでも結構ですので、お気軽にご連絡ください。

記

概　　要：　ローカル 5G を利用したインターネット、テレビ視聴等のサービス確認
・ローカル 5G受信端末等を設置、利用して頂いて、
アンケート等へご協力頂きます。

期　　間：　2022 年 1 月中旬ごろ~2022 年 3 月末日まで

特　　典：

・商品券　10,000 円分をプレゼント

・モニター時に利用したタブレット端末を終了後にプレゼント

・ローカル５Ｇ高速インターネットサービス使い放題

・沖縄ケーブルネットワーク多チャンネルサービス見放題（ポピュラーコース）

問い合わせ・連絡先：

沖縄ケーブルネットワーク（OCN）　コールセンター「ローカル 5G モニター係」
フリーダイヤル：０１２０－９８－４１４１

以上

図 4.3.5.1-1　モニター参加者募集ちらし

4.3.5.2 モニター参加者決定

募集の結果、17 名モニター参加者を確保し、実証にご協力いただけることとなった。

以下にモニター参加者のリストを示す（個人が特定できる情報は省いている）。

配電柱局に接続できるモニター参加者は 8 件、ホテル H 屋上局に接続できるモニター参加者は 9 件となった。

表 4.3.5.2-1　モニター参加者リスト

#	アンテナ	モニターID アプリNo	建物	階数	OCN共聴
1	配電柱局 （現在8件）	4	集合住宅A	2F	単引き
2		13	集合住宅A	2F	単引き
3		15	集合住宅A	3F	単引き
4		5	集合住宅C	1F	CATVのみ
5		6	集合住宅C	3F	CATVのみ
6		11	戸建A	-	単引き
7		2	集合住宅Y	5F	CATVのみ
8		10	集合住宅L	1F	単引き
9	ホテルH局 （現在9件）	7	集合住宅R	1F	単引き
10		8	集合住宅M	4F	単引き
11		9	集合住宅S	4F①	CATVのみ
12		12	集合住宅S	4F②	CATVのみ
13		1	集合住宅S	2F	CATVのみ
14		18	集合住宅S	3F	CATVのみ
15		17	集合住宅S	6F	CATVのみ
16		14	戸建B	-	加入者
17		16	集合住宅G	2F	CATV/NET
21	借り部屋		集合住宅Y（配電柱）	305	

4.3.5.3 検証スタッフによる測定場所の確保

エリア内の集合住宅「集合住宅 Y」の一部屋を、1 月から 2 月末日まで測定場所として確保した。

さらに、必要に応じ、エリア内のホテル「ホテル H」の部屋を利用して、測定を行うこととした。

4.3.5.4 検証に用いたテレビおよび STB

モニター参加者のうち 1 名は、テレビ（Panasonic TH-50JX750）を用いて検証を行うものとした。他の 16 名はケーブルテレビ用 STB（Panasonic TZ-LT1500BW）を用いることとした。

検証スタッフによる検証は、集合住宅 Y では、ケーブルテレビ用 STB（Panasonic TZ-LT1500BW）、ホテル H では、テレビ（Panasonic TH-40JX750）およびケーブルテレビ用 STB（Panasonic TZ-LT1500BW）を用いた。

それぞれ、テレビまたは STB と RF 接続ケーブルは、アンテナスイッチを介し接続することで、スイッチの切替によって、容易に RF 接続ケーブルが断になった状態を作ることができるものとした（入力 1 に RF ケーブルを、出力にテレビを接続した。スイッチを入力 2 に切り替えることで、RF 信号が断の状態となる）。

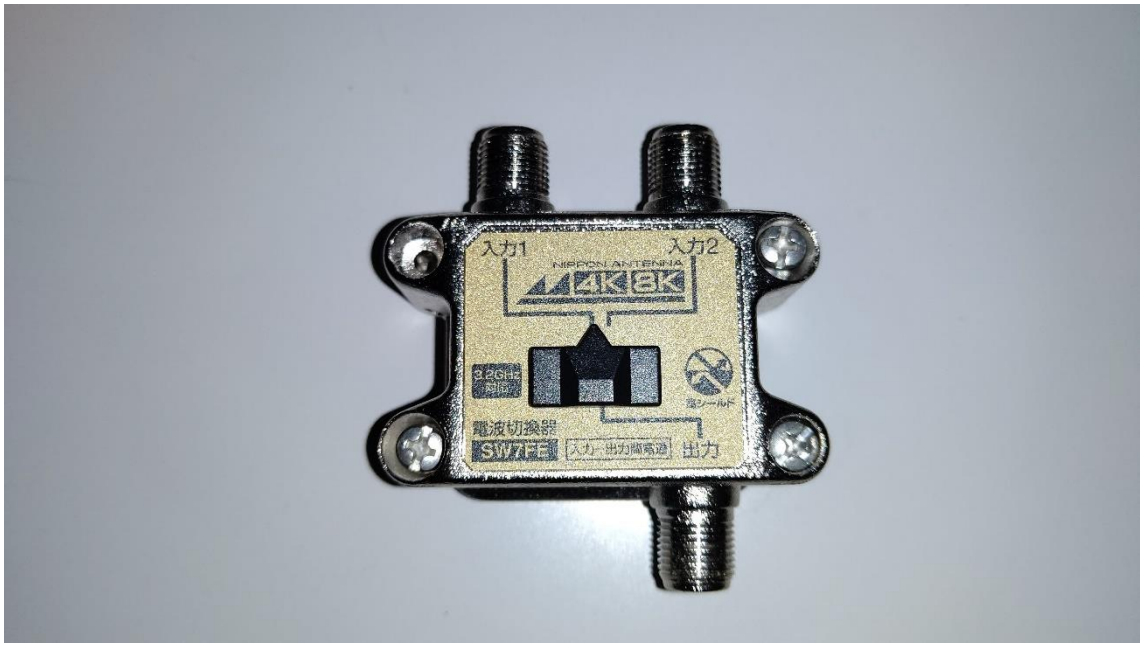


図 4.3.5.4-1　テレビアンテナ切替スイッチ

4.3.5.5 モニター参加者への説明

モニター参加者には、今後のお願い事項などを説明した書類をお渡し、実証に関する協力を依頼した。

詳細内容

協力事項に関して

・ローカル 5G を利用したインターネットに関するアンケートへの回答
・ハイキャストコネクトを利用したテレビ視聴の確認およびアンケート回答
・指定時刻にローカル 5G インターネットの可能な限りの利用協力（タブレットに協力頂きたい日時のお知らせが届きます。その日時にローカル 5G インターネットを使って頂きます。ただし、必須ではありませんのでお時間が合えば協力して頂けるようお願いします）
・

取材協力に関して

・沖縄ケーブルネットワークと県内メディア、その他の取材協力をお願いします。
・取材内容としては、今回のローカル 5G を利用している様子の撮影やインタビューなどの協力をお願いします。

タブレットに関して

・今回の実験でタブレットをお渡しします。そのタブレットはお客様の自由にお使い頂ける他、テレビのチャンネルを切り替えたりすることもできます。
・このタブレットには今回の実験に関するアプリがインストールされています。そのアプリからのアンケートなどやお知らせが届きますのでご確認をお願いします。

工事に関して

・基本的にローカル 5G の受信端末（弁当箱程度の据え置き箱型）を電波受信状況の良好な場所に設置させて頂きます。
・テレビに関して場合によっては外の電柱側施設からケーブルを引き込みする工事も発生します。その場合は、ご利用期間が約 2 か月間ですので、なるべく釘やビスなどでの穴あけ作業は省きますが状況によっては工事工法に関してご相談をさせて頂く場合もございます。実験期間終了時には無償で撤去致します。
・工事の期間が 2022 年 1 月 23 日までとなっております。その期間中はローカル 5G のインターネットがご利用できなくなることがありますがどうかご容赦頂きますようお願いします。2022 年 1 月 24 日以降は快適にご利用頂けます。

その他

・極まれに、5G を利用した携帯電波などと混信する場合があります。その場合は、設置させて頂いた受信機と離れてご使用ください。

図 4.3.5.5-1　モニター参加者への説明資料

4.3.5.6 モニター参加者の概要

2022 年 2 月初旬に実施した第 1 回アンケートにより、モニター参加者の検証開始前のインターネット接続環境などについて調査を行った。

（1）年齢層

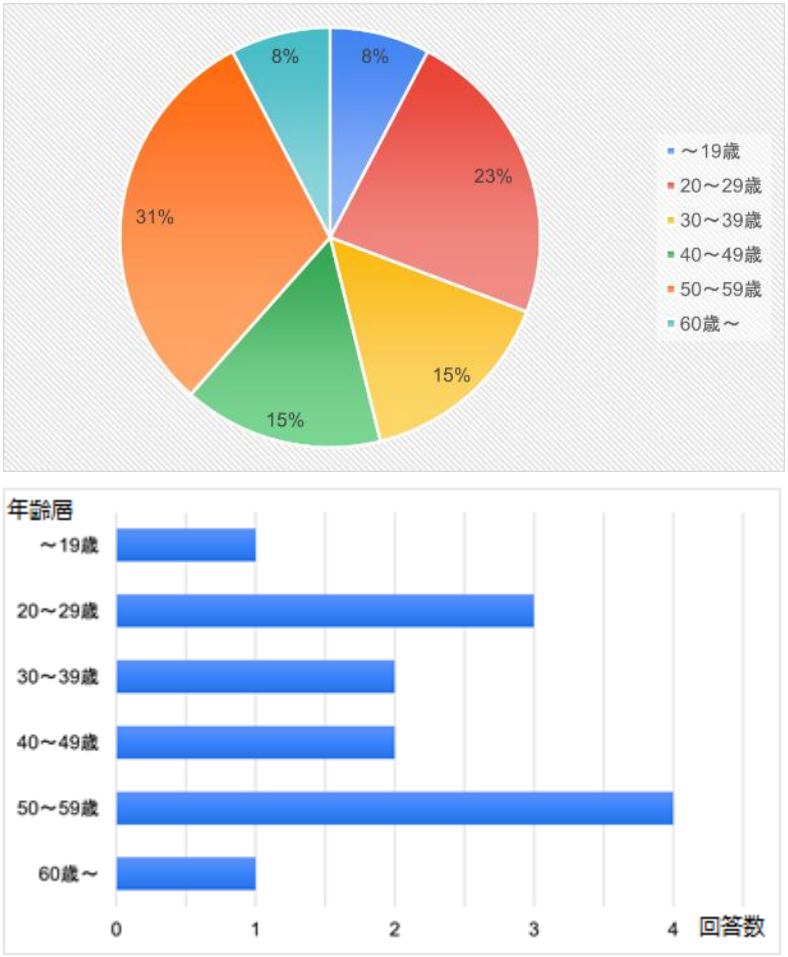


図 4.3.5.6-1　モニター参加者の年齢層
（第 1 回アンケート　設問①：回答数 13）

モニター参加者の年齢層は、50 歳代がもっとも多いが、10 歳代以下から 60 歳代以上まで、すべての年代が含まれている。

（2）自宅での接続は固定か携帯か

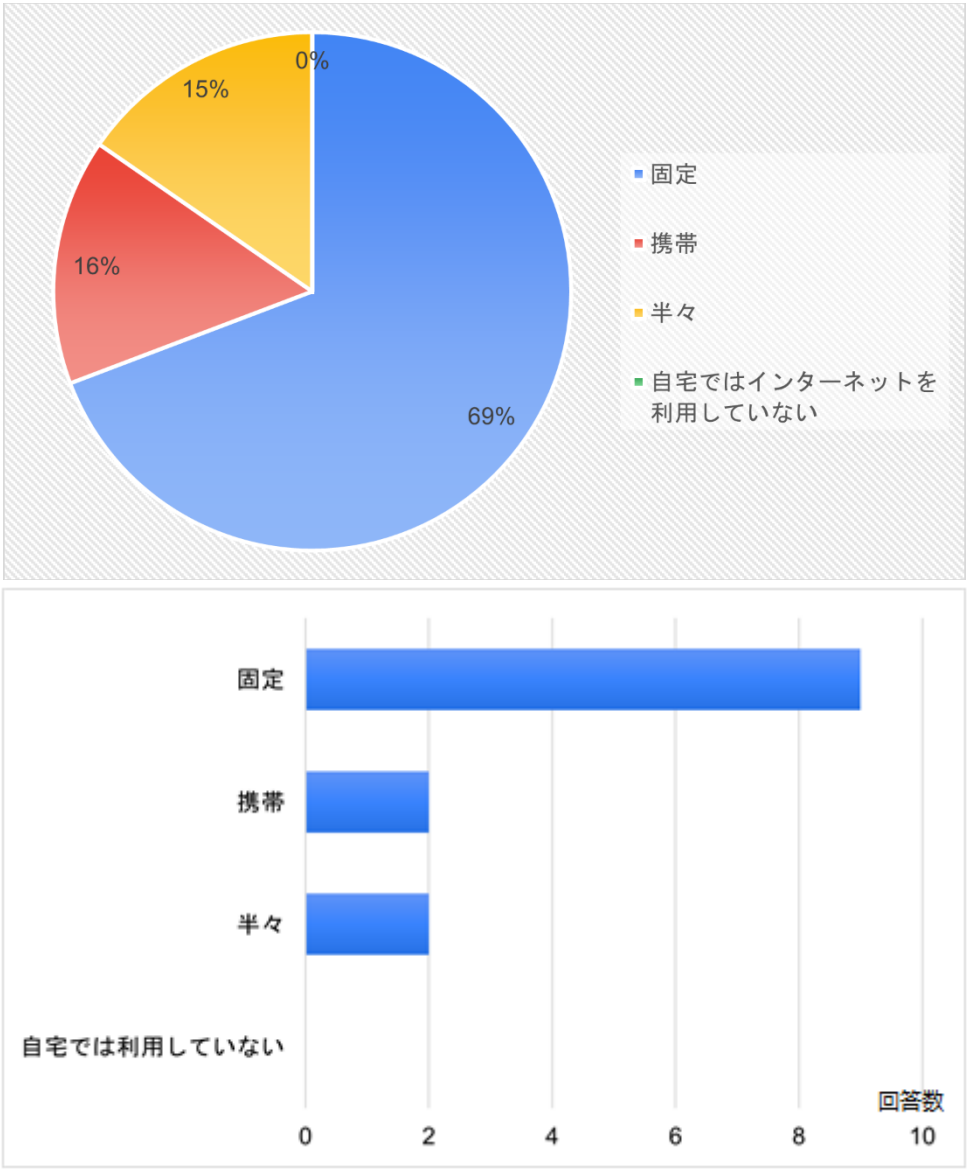


図 4.3.5.6-2　自宅でのインターネット接続は固定回線か携帯電話回線か
（第 1 回アンケート　設問②：回答数 13）

自宅では、FTTH、ケーブルインターネットなど、固定回線を利用しているモニター参加者が 13 名中 11 名を占めた。

携帯電話回線を主として使用しているモニター参加者は、2 名であった。

（3）自宅において仕事でインターネットを利用するか

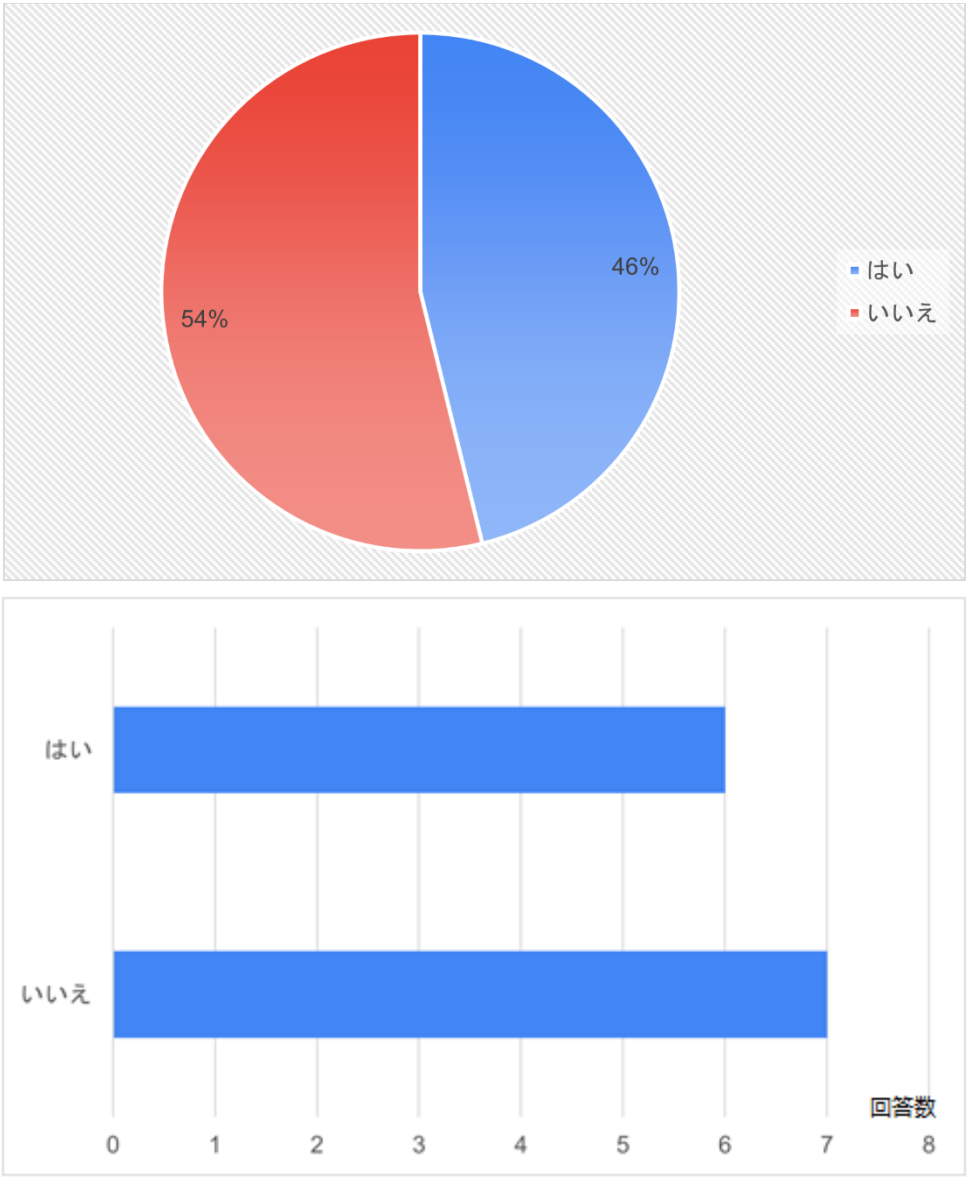


図 4.3.5.6-3　自宅で仕事でインターネットを利用しているか
（第 1 回アンケート　設問③：回答数 13）

自宅でも、仕事にインターネットを利用しているモニター参加者は、13 名中 6 名と、約半数であった。

（4）テレビの画面サイズ

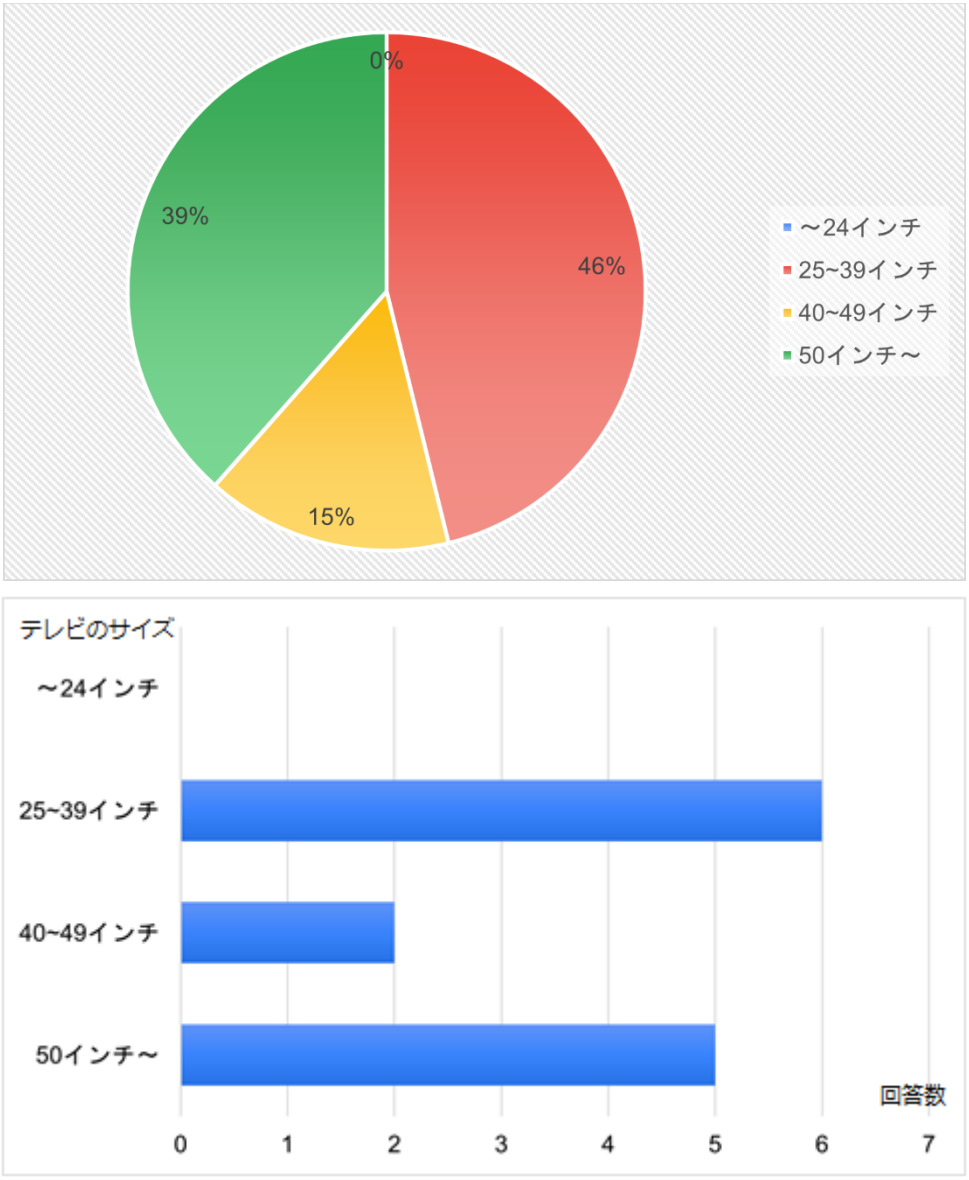


図 4.3.5.6-4　使用しているテレビのサイズ
（第 1 回アンケート　設問④：回答数 13）

今回の検証では、ローカル 5G 経由で IP 配信された映像の画質の評価を厳しく行っていただくために、モニター参加者が利用しているテレビは、大きなサイズであることが望ましい。

ただし、モニター募集の際には、募集の対象者が限られていることから、テレビの画面サイズを条件としなかった。

結果、40 インチ以上の大型テレビの使用が 13 名中 7 名であること、24 インチ以下の小さなサイズのテレビを利用しているモニター参加者はいなかったことから、画質評価についても問題ないと判断した。

（5）固定インターネットをご利用している場合、不便に思っていること

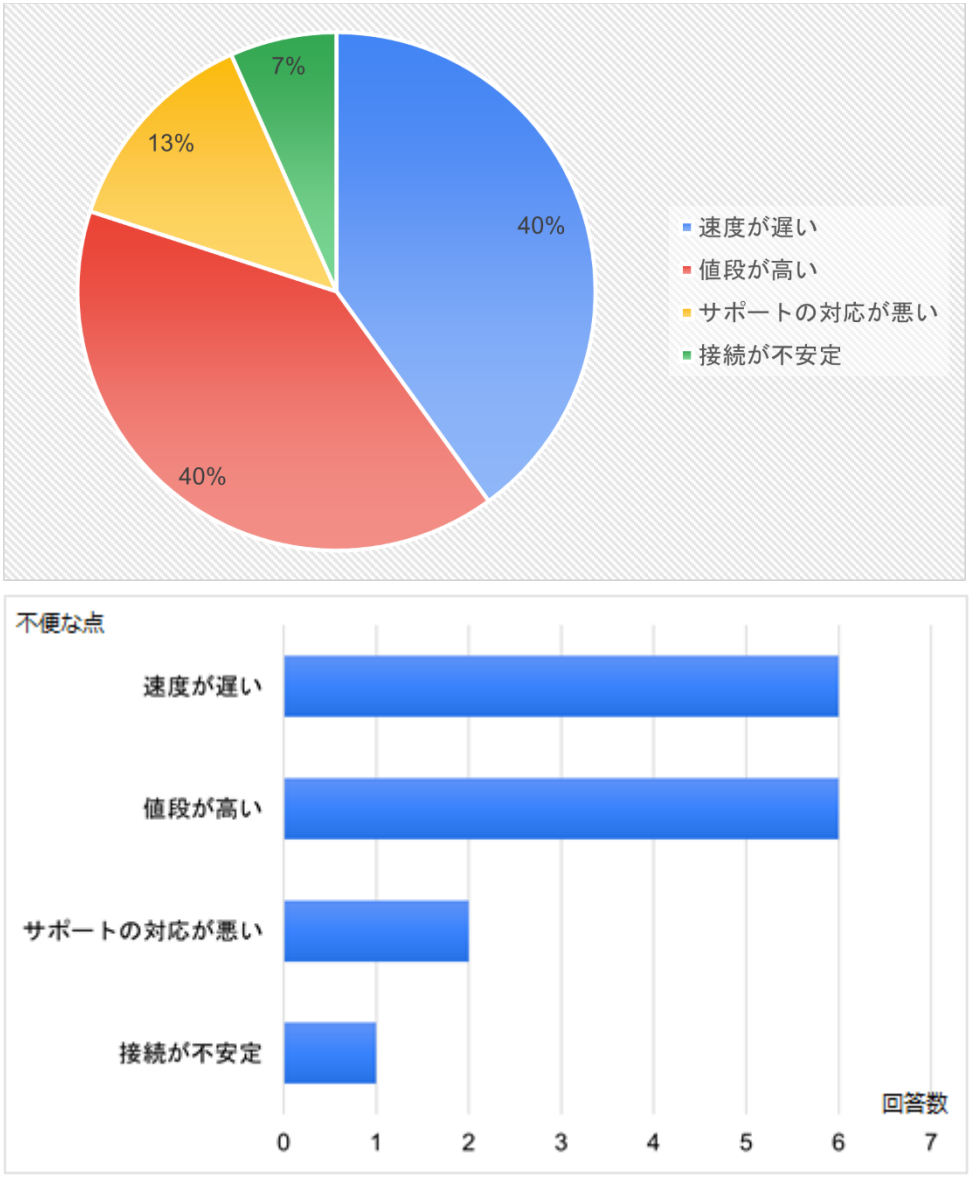


図 4.3.5.6-5　自宅での固定インターネット接続で不便な点
（第 1 回アンケート　設問⑤：回答数 13）

自宅での固定回線によるインターネットの利用について、不便に思っている点は、「速度が遅い」ことと「値段が高い」ことが多数を占めている（複数回答可としている）。

後述するが、多くのモニター参加者は、FTTH を利用しているにも関わらず、「速度が遅い」という回答が多い。接続が不安定という意見があること、無線 LAN ルーター（Wi-Fi ルーター）を利用しているモニター参加者が多いことから、無線 LAN ルーター部分がボトルネックとなっている可能性や、利用している ISP へのアクセス集中などにより FTTH の速さが実感できない場合もあると推測される。

（6）自宅でのインターネット接続方法

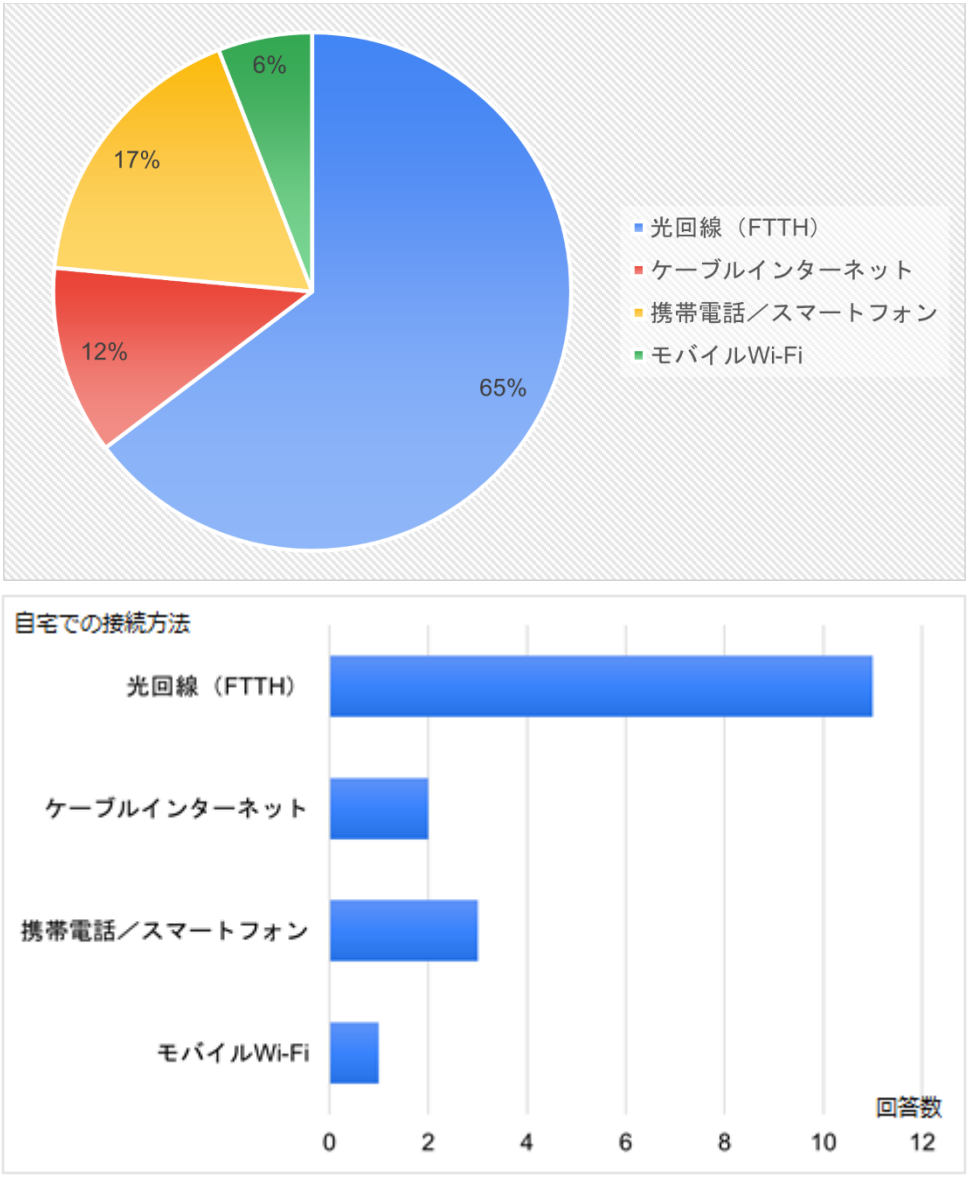


図 4.3.5.6-6　使用しているインターネット接続方法
（第 1 回アンケート　設問⑥：回答数 13）

自宅でのインターネット接続方法は、光回線（FTTH）が、13 名中 11 名と多数を占めた（複数回答可）。「マンション光回線」を利用しているとの回答が 1 件あったが、FTTH に含めた。

「ケーブルインターネット」と回答しているモニター参加者がいるが、そのうち 1 名は、FTTH との複数回答であった。当該モニターの建物は、検証前はテレビサービスのみの共聴設備となっているため、今回の検証のための回線と誤認した回答である可能性が高い。

（7）無線 LAN ルーター（Wi-Fi ルーター）

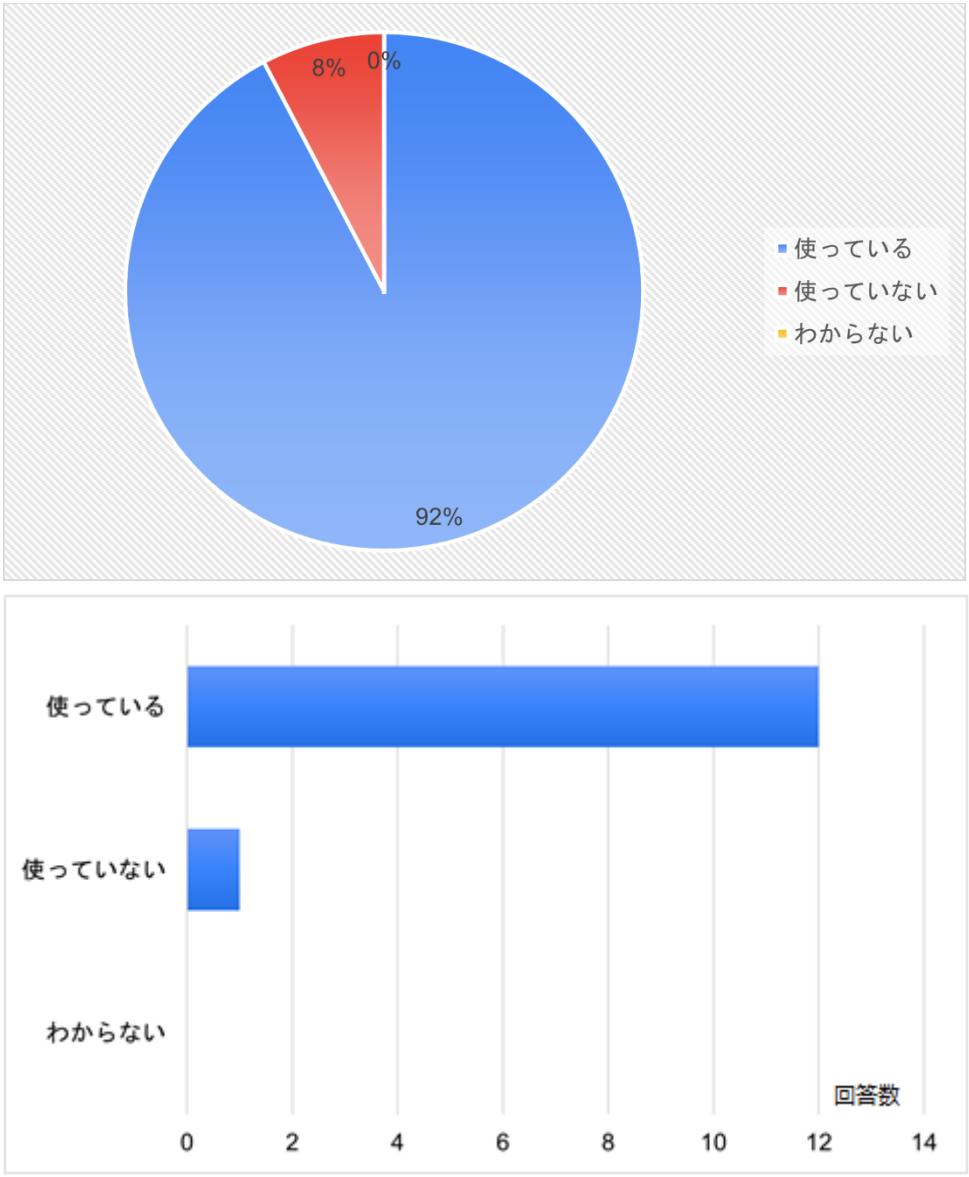


図 4.3.5.6-7　無線 LAN ルーター（Wi-Fi ルーター）の使用
（第 1 回アンケート　設問⑦：回答数 13）

無線 LAN ルーター（Wi-Fi ルーター）の利用者は、13 名中 12 名であった。しかし、「使っていない」と回答したモニター参加者は、インターネット接続に「モバイル Wi-Fi」を利用と回答している。したがって、事実上、13 名全員が、Wi-Fi ルーターを利用しているといえる。

4.3.5.7 IP 配信映像への切替アプリケーションの概要

（1）切替アプリケーション（ハイコネアプリ）の概要

視聴者によるタブレット操作による IP 配信映像への切替は、Android タブレットあるいは Android スマートフォンで動作する専用アプリケーションを用意し、用いるものとした。

テレビからの切替操作により、IP でのコンテンツ配信に切り替えるサービスをハイブリッドキャストという。インターネットに接続されたテレビに、放送に関連するさまざまな情報を番組と連動して表示することが可能となっている。

また、タブレットやスマートフォンから、ハイブリッドキャストへの切替や操作を行う技術をハイブリッドキャストコネクト（略称ハイコネ）という。

今回検証に用いた切替アプリケーションは、ハイコネを用いて、通常の RF 放送の視聴から、IP 配信される映像の視聴に切り替えることができる機能を持つものとして、作成した。

以下、当該アプリケーションを「ハイコネアプリ」と呼称するものとする。

（2）ハイコネアプリの動作条件

検証のために作成したハイコネアプリは、OS として Android を採用しているタブレットおよびスマートフォンで動作する。

操作対象となるテレビまたは STB は、ハイコネに対応していることが必要である。

「タブレットまたはスマートフォン」（以下ハイコネアプリ端末）から操作できるのは、ハイコネアプリで登録作業（ペアリング）が完了している「テレビまたは STB」に限る。

また両者は、「Layer3 における同一のネットワーク」に属していることが条件となる。

このことにより、他者によりテレビまたは STB の操作が行われてしまうことを防ぎ、セキュリティを確保している。

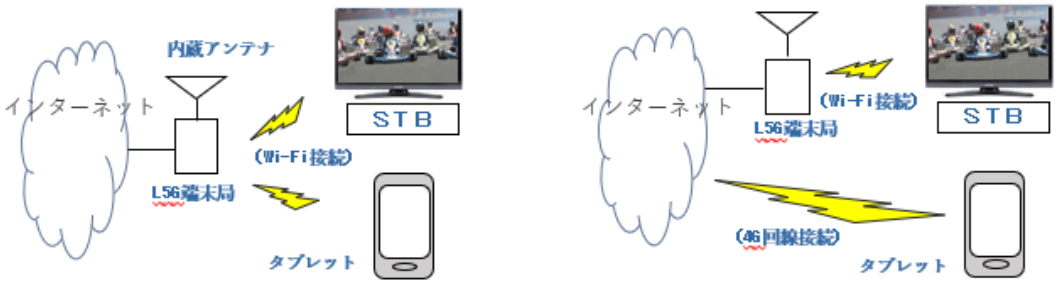


図 4.3.5.7-1　ハイコネアプリの動作条件（同一ネットワーク内）

また、インターネットによる IP 配信であっても、地上波放送局の場合は、サービスエリア外への配信を行わないことが求められる。

そのため、ハイコネアプリからの切替要求をサーバ側で判断し、サービスエリア内で操

作されている場合のみ、切替を許可する機能を実装している。

（3）ハイコネアプリの機能と操作

ハイコネアプリの機能および操作の概要を説明する。

モニター参加者に対して操作を説明する説明書や、社内作業のためのアプリケーションのインストール作業の説明書を作成した。

ハイコネアプリは、画面上のアイコン（図 4.3.5.7.-2 の「アイコン」）をタップすることで起動する。

テレビまたは STB とのペアリングが行われてない場合は、図 4.3.5.7-3 に示す「機器選択画面」が表示される。「機器選択画面」には、同じネットワークに接続されており、ペアリング可能な機器が表示される。

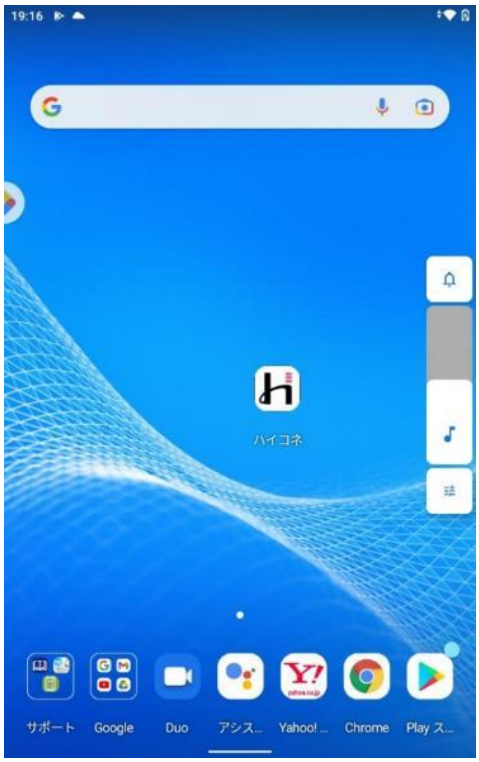


図 4.3.5.7-2　ハイコネアプリアイコン

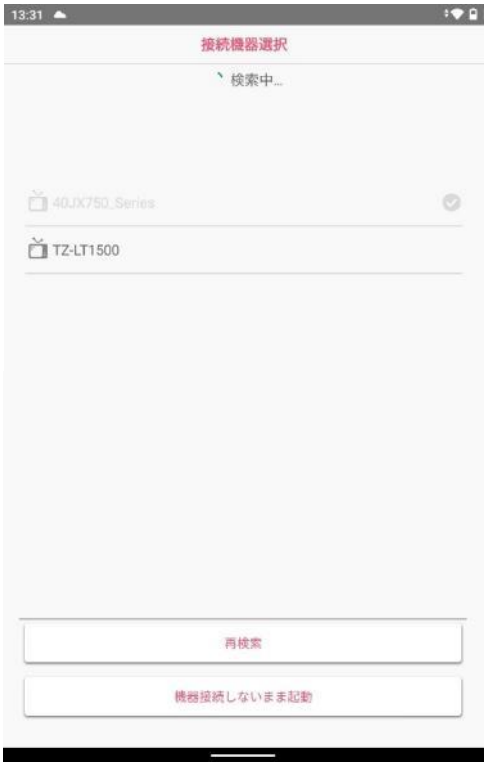


図 4.3.5.7-3　ペアリング設定画面

図 4.3.5.7-4　IP 配信への切替画面

図 4.3.5.7-5　お知らせ画面

ペアリングが完了していると、図 4.3.5.7-4 に示す「IP 配信への切替画面」が表示される。「沖縄テレビ 8ch 起動」をタップすることで沖縄テレビ放送（OTV）の IP 配信に、「テレビにらい 9ch 起動」をタップすることでテレビにらい（OCN）の IP 配信に切り替わる。

その際、テレビあるいは STB の電源が入っている必要はあるが、RF 信号が入力されていない状態であっても、IP 配信への切替が行われる。

「お知らせ」は、OTV、あるいは OCN からのお知らせ（メッセージ）を表示する機能である。今回の検証においては、アンケート実施や防災映像視聴の依頼を行うのに活用した。

図 4.3.5.7-6　アンケート画面

図 4.3.5.7-7　番組表画面

「アンケート画面」により、アンケートを表示し、回答できる機能も用意した（図 4.3.5.7-6）。本機能を用いて、モニター参加者へのアンケートを実施した。

本検証では、RF 信号が途絶えた際に、IP 配信に切り替えて視聴を続けられることを目的としている。RF 信号による EPG（電子番組表）が表示できない状態となってしまうことから、「番組表画面」により、番組表を表示可能とした。

4.4 実証内容

過去、災害時のテレビ応急復旧の方式として、「ハイコネ利用が有用である」との実証はローカル放送局で実施されていたが、ハイコネ機能を搭載するテレビ受信機が普及していないことが課題であった。

昨今のケーブルテレビ用 STB にハイコネ機能が具備されてきていること、および集合住宅向けの高速インターネットサービスの対策として、ローカル 5G が適していると思われることから、災害時にテレビ視聴者自身が任意に操作できるアプリでテレビ視聴が応急復旧でき、結果として災害時のお客様コール集中を低減させ緊急保守出動の負担を減らすことを目指す。

加えて、緊急時に市から提供される防災・災害情報をケーブルテレビのコミュニティチャンネルやローカル民放局から情報発信（RF および IP による配信）できることを実証する。

4.4.1 ローカル 5G を用いたソリューションの有効性などに関する検証

4.4.1.1 効果検証

効果検証項目を以下に示す。

表 4.4.1.1-1 効果検証項目一覧

検証項目	検証の概要・目的
4.4.1.1.1 定性的効果検証① ケーブルテレビ受信および直接受信が視聴不可となった場合の早期復旧機能	ケーブルテレビ加入者において、テレビ視聴ができなくなった場合の早期復旧が可能となったか（IP 配信のコンテンツの視聴が可能となったか）を検証する。
4.4.1.1.2 定性的効果検証② 視聴者への緊急発生時の情報提供	RF 放送から切り替えたローカル 5G 経由の IP 配信の映像により、視聴者へ防災・災害情報などを効果的に提供できたかを検証する。
4.4.1.1.3 定性的効果検証③ 他地域のローカル 5G サービスエリア展開における効率的設計	比較的高さのある建築物の屋上設置基地局と配電柱による基地局設置の組合せによる集合住宅サービスエリアの設計の精緻化が検討できるデータ収集（設計値と実測値との差異から補正値の必要性を検証できるデータなどの収集）が得られたかを検証する。
4.4.1.1.4 定量的効果検証① 緊急復旧に要する緊急出動回数削減の効果（作業工数、高所作業車レンタル費用、復旧資材の準備など）	これまでの大型台風（2019 年台風 17 号到来時の例）の緊急復旧に要した出動回数の実績から、今回の実証検証システムが集合住宅に適用された場合の緊急出動要請回数とそのコストを算出する。
4.4.1.1.5 定量的効果検証② 緊急復旧に必要とする対応要員削減の効果（人件費、教育費）	ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数と緊急復旧のために待機させるべき人員削減量の傾向を表したグラフを作成する。また、ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された数と待機のための人件費、およびその他のコストを含む全体コスト削減量を示すグラフを作成する。
4.4.1.1.6 定量的効果検証③ 災害発生時のお客様コール集中の低減の効果	これまでの大型台風（2019 年台風 17 号到来時など）の実績から、ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数とお客様コールの低減数を算出する（過去の実績からシミュレーションによる定量値の算出）。

4.4.1.1.1 定性的効果検証①

ケーブルテレビ受信および直接受信が視聴不可となった場合の早期復旧機能

（1）評価・検証項目

ケース 1：ケーブルテレビ視聴不可の場合の早期復旧効果
ケーブルテレビ加入者において、テレビ視聴ができなくなった場合の早期復旧が可能となったか（IP 配信のコンテンツの視聴が可能となったか）を検証する。

ケース 2：地上テレビ放送の直接受信視聴者の視聴不可の場合の早期復旧機能
地上デジタル放送を直接受信する視聴者が、テレビ視聴ができなくなった場合の早期復旧が可能となったか（IP 配信によるローカル局のコンテンツの視聴が可能となったか）を検証する。

（2）評価・検証方法

以下の方法により、モニター参加者にケーブルテレビ視聴不可の場合の早期復旧操作（ローカル 5G 経由での IP 配信映像への切替操作）を行ってもらい、モニター協力世帯にアンケートを行い、効果の有無を確認し検証した。その際、不具合が発生した場合は、その状況を記録した。

ケース 1　ケーブルテレビ視聴不可の場合の早期復旧効果
ケーブルテレビ視聴の場合は、加入者宅において、引込線（RF 接続ケーブル）が断となった場合を想定し、タブレットの操作（ハイコネアプリの操作）で早期復旧の効果が得られることを確認した。

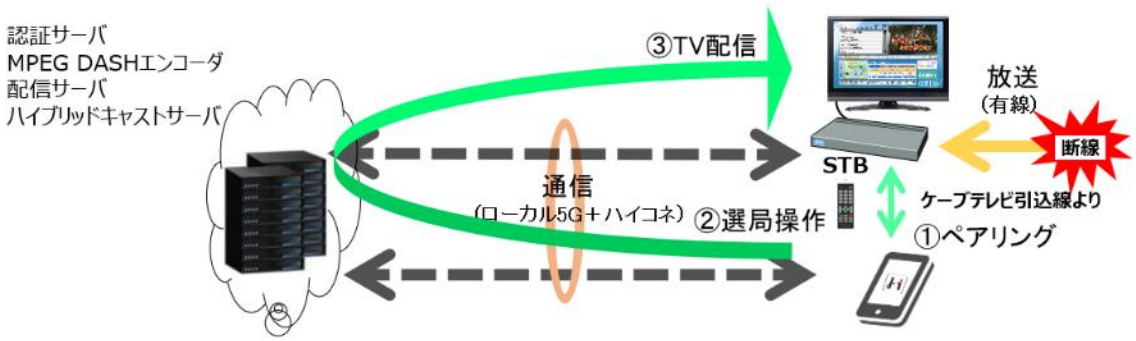


図 4.4.1.1.1-1 ケーブルテレビ視聴不可の場合の早期復旧効果の確認方法

＊計画書では、共聴配線に対応したケーブルテレビ視聴者（全世帯においてケーブルテレビ視聴が可能な集合住宅の視聴者）に対して、共聴配線を断にしての検証を計画していた。
しかし、以下の理由から、テレビ共聴配線の断ではなく、各モニター住戸内における疑似的な信号断で検証を行った。
・同じ集合住宅のモニター参加者以外もテレビ信号が断になってしまう。
・テレビ信号がモニター参加者のテレビまたは STB に届かなくなることは、共聴配線が断になった場合と引込線が断になった場合で、状況は変わらない。

- ケース 2　直接受信視聴者の検証
- テレビへ入力される RF 接続ケーブルが断となった場合を想定し、タブレット（ハイコネアプリ）の操作で早期復旧の効果が得られることを確認する。

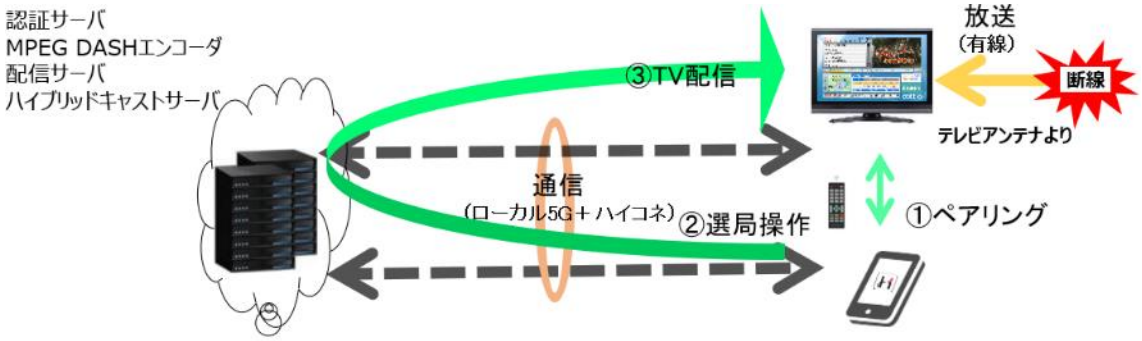


図 4.4.1.1.1-2　直接受信視聴不可の場合の早期復旧効果の確認方法

（3）実証結果および考察

1）実証結果

モニター参加者には、切替操作を行ってもらい、その結果についてアンケート調査を実施した。アンケートは、モニター参加者となった各世帯に配布したタブレットにインストールしたハイコネアプリに実装したアンケート機能により実施した。

なお、Y 荘およびホテル H において、検証スタッフが機能の確認、切替時間の測定などの追加検証を行った。

期待度、満足度などの評価を数値化（グラフ化）して検証を行った。モニター参加者は、17 件中、集合住宅が 15 件であったため、当初目的としていた「既設集合住宅世帯への導入効果を重点的に調査する」も達成できた。

a）機能確認と切替時間の測定

RF 接続ケーブルを接続した状態で切替操作を行った結果、ローカル 5G 経由での IP 配信画像に切り替わることを STB での受信（ケース 1 に相当）、テレビでの直接受信（ケース 2 に相当）の両方で確認した。

続いて、RF 接続ケーブルが断になった状態で切替操作を行った。この場合も、ケース 1、ケース 2 ともに、ローカル 5G 経由での IP 配信画像に切り替わることを確認した。

ハイコネアプリの切替ボタンをタップしてから、IP 配信映像に切り替わるまでの時間は以下の通りであった。

表 4.4.1.1.1-1　ローカル 5G による IP 配信映像への切替時間

2 月 18 日　ホテル H ケース 2　テレビ（TH-40JX750）利用		2 月 19 日　ホテル H ケース 1　STB（TZ-LT1500BW）利用	
テレビにらい（3Mbps）に切替	OTV（7.5Mbps）に切替	テレビにらい（3Mbps）に切替	OTV（7.5Mbps）に切替
8.3 秒	8.4 秒	8.4 秒	7.8 秒
8.6 秒	8.5 秒	8.0 秒	8.1 秒
8.5 秒	8.5 秒	8.5 秒	7.7 秒

b）IP 配信による防災情報表示への期待

IP 配信による防災情報表示に関する期待をモニター参加者にアンケート調査した結果を以下に示す。

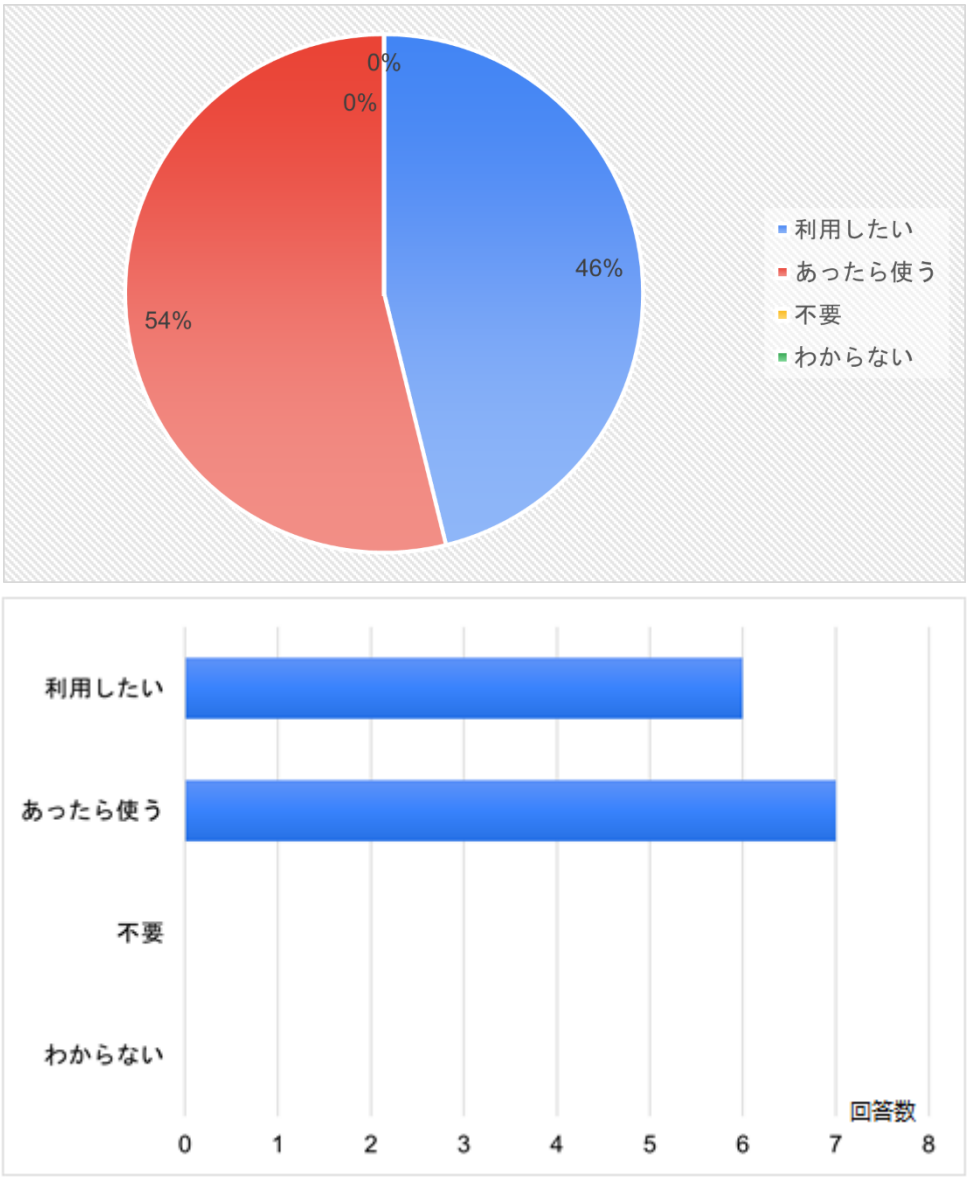


図 4.4.1.1.1-3　災害時にハイコネで防災情報表示を使いたいと思うか
（第 1 回アンケート　設問⑫：回答数 13）

「利用したい」と「あったら使う」が、ほぼ半分ずつとなった。「不要」という意見はなかった。

2）考察

a）機能確認と切替時間の測定

IP 配信への切替は、約 8 秒で完了することが実証できた。ほとんど時間がかからず、映像の早期復旧が可能となった（IP 配信のコンテンツの視聴が可能となった）と評価する。

b）IP 配信による防災情報表示への期待

4 つの選択肢のうち、「利用したい」（積極的な期待）と「あったら使う」（やや消極的な期待）が、ほぼ半分ずつとなった。

一方で、「不要」という意見はなかった。また「わからない」の回答がなかったことから、すべてのモニター参加者が、期待していると評価した。

4.4.1.1.2 定性的効果検証②

視聴者への災害発生時の情報提供

（1）評価・検証項目

RF 放送から切り替えたローカル 5G 経由の IP 配信の映像により、視聴者へ防災・災害情報などを効果的に提供できたかを検証する。

（2）評価・検証方法

通常時は、通常の放送コンテンツが IP 配信により提供されているが、災害情報提供モードに切り替えた場合に、災害発生を模擬した災害特別情報（実証では訓練情報）が送出される。

検証期間中に日時を決め、災害特別情報（訓練情報）を送出し、提供される情報が、視聴者に要望に沿う提供形態であるかを検証した。

モニター参加者に、「緊急放送訓練」の映像（動画）を視聴してもらい、視聴しての感想などについて、ハイコネアプリを用いてアンケート調査する。

① 理解しやすい表示方法であり視聴者へ情報がうまく伝わったか。
② 避難指示をうながすには十分な情報内容であるか
③ 避難指示のあった指定場所は、分かりやすい案内であるかなど

制作した緊急放送訓練の映像の時間は、長さ 3 分 23 秒であった。以下日時に、時間内で繰り返す形で放送した。ビットレートは、7.5Mbps とした。

① 2 月 17 日（木） 20:00～20:15
② 2 月 19 日（土） 11:00～11:15

放送した緊急放送訓練のキャプチャ画像を以下に示す。

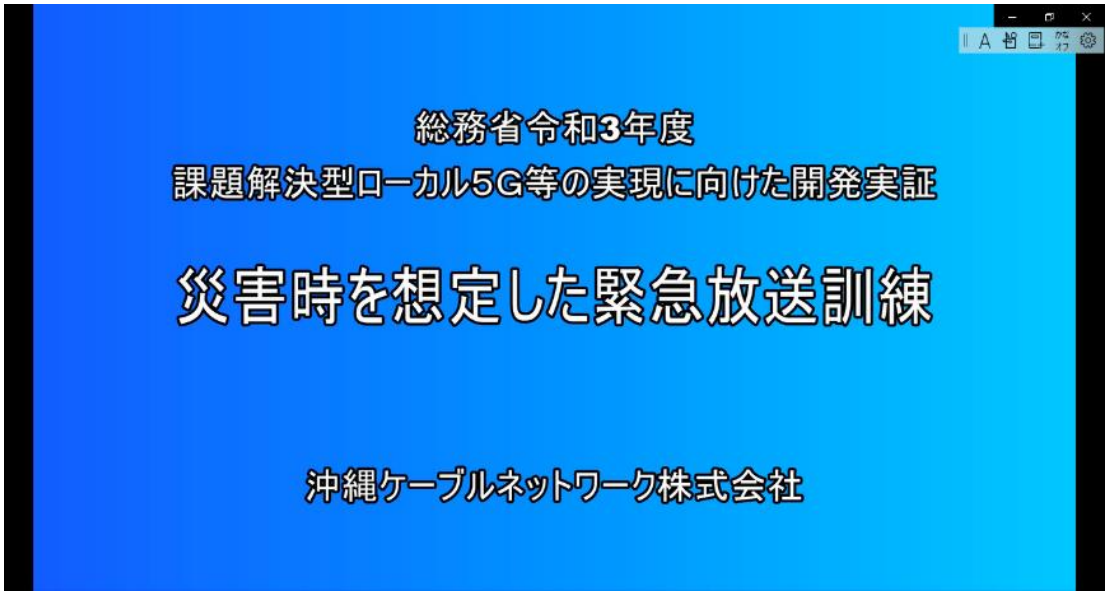
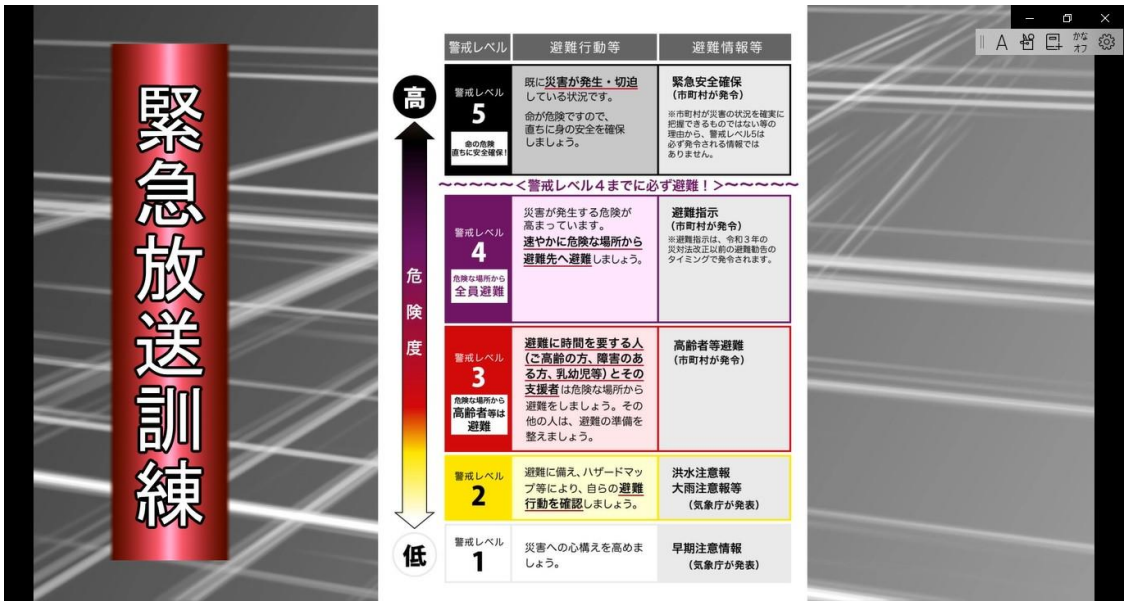


図 4.4.1.1.2-1 緊急放送訓練の映像

図 4.4.1.1.2-1　緊急放送訓練の映像（続き）



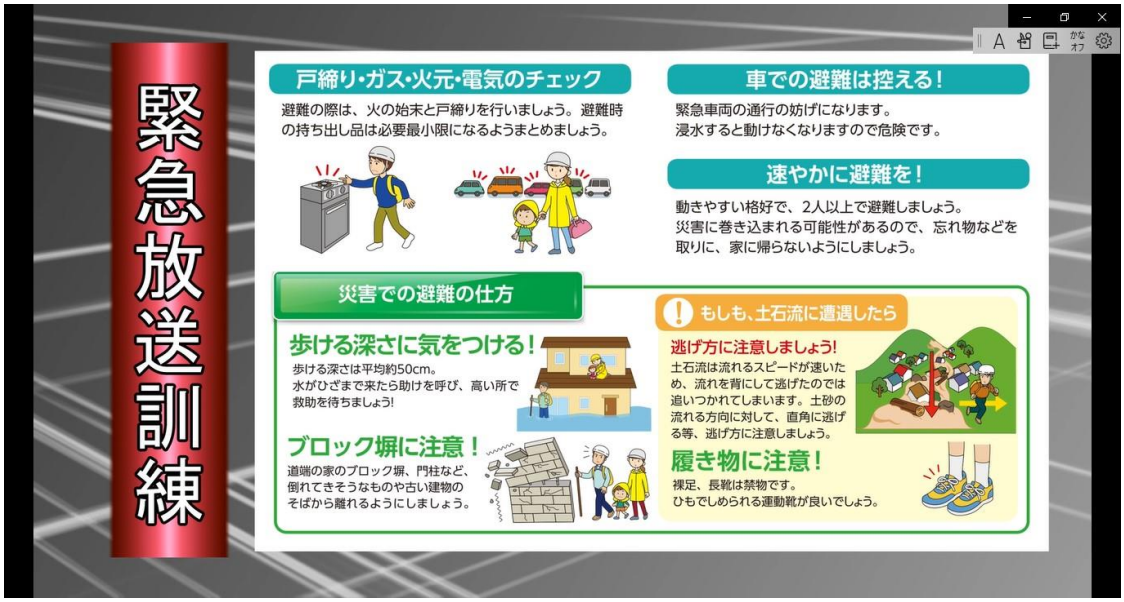


図 4.4.1.1.2-1　緊急放送訓練の映像（続き）

図 4.4.1.1.2-1　緊急放送訓練の映像（続き）

(3) 実証結果および考察

1) 実証結果

a) 緊急放送訓練映像のわかりやすさ

テレビにらいの緊急放送訓練映像で表示された避難情報画面のわかりやすさについて、調査した結果を以下に示す。

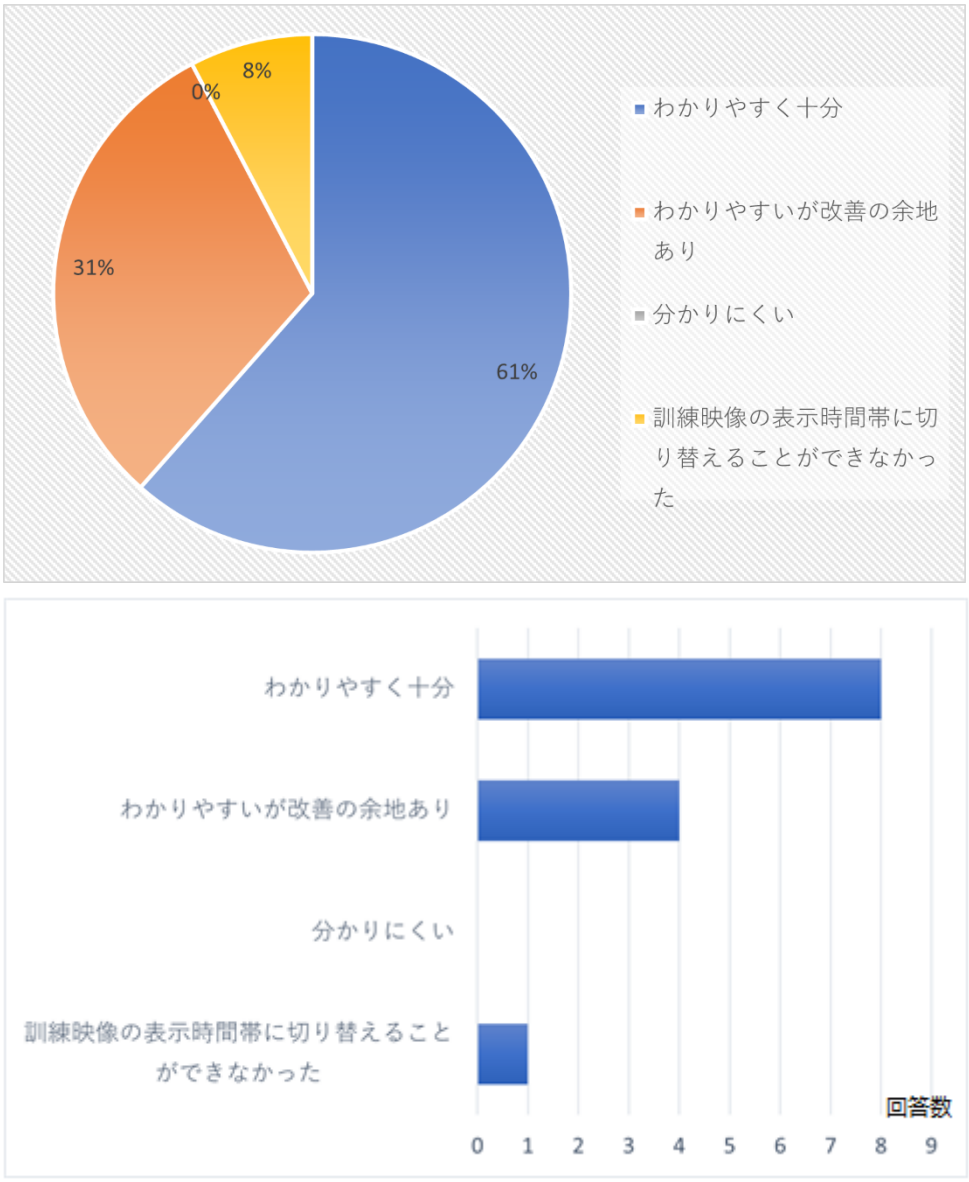


図 4.4.1.1.2-2　テレビにらいの緊急放送訓練映像の避難情報画面の評価
（第 2 回アンケート調査　設問③：回答数 13）

「わかりやすく十分」との意見が、61%を占めた。
IP 配信に切り替えることができなかったモニター参加者が 1 名いた。

b）避難情報画面で避難を判断できるか

避難情報画面の表示は、避難を判断するには十分な情報だったかを調査した結果を以下に示す。

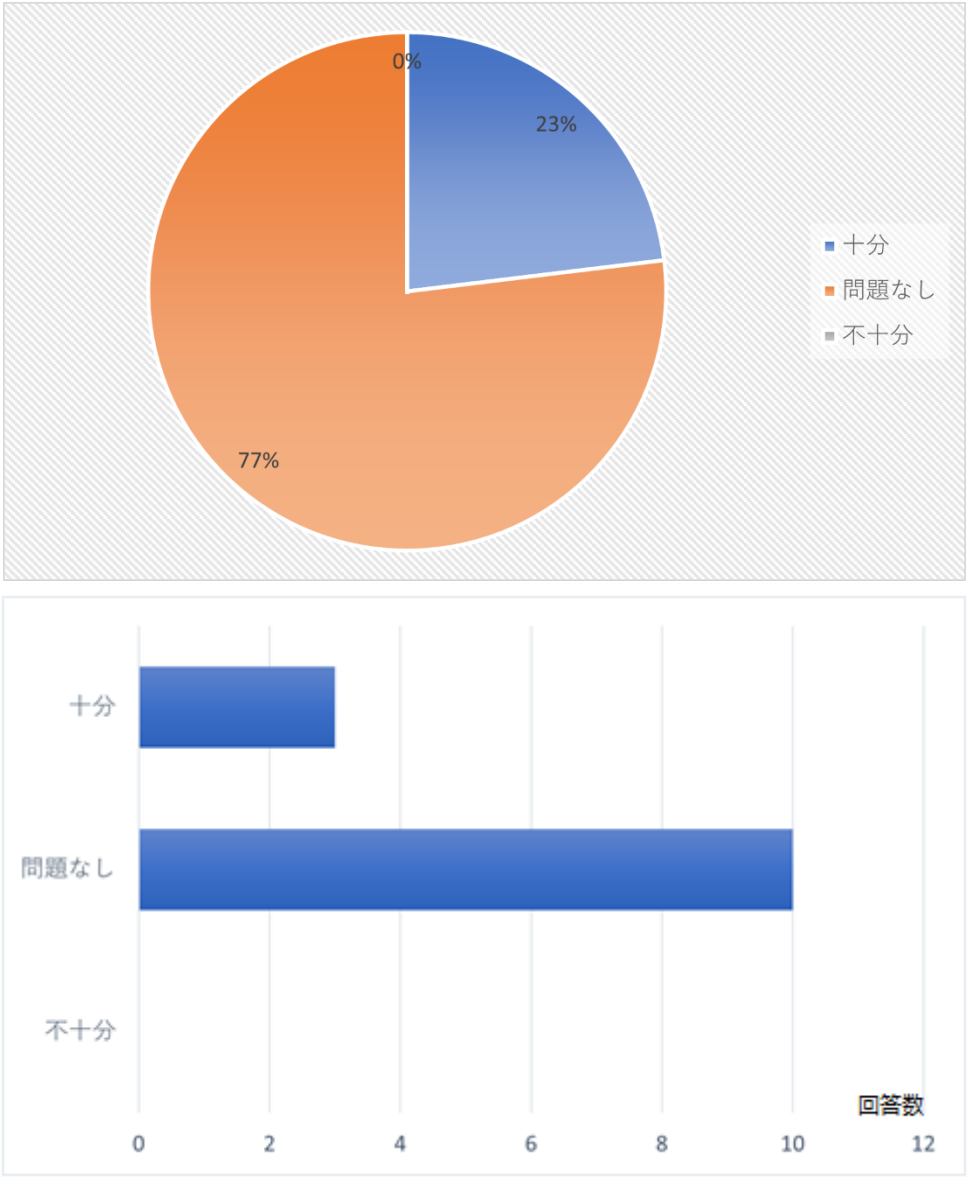


図 4.4.1.1.2-3　避難情報画面は避難の判断に十分な情報か
（第 2 回アンケート　設問④：回答数 13）

すべての回答者から、避難を判断できる情報が提供されていたという意見が得られた（ただし、緊急放送訓練映像を視聴できなかったモニター参加者 2 名も同様に回答してしまっている。いずれも「問題なし」の回答であった）。

c）避難情報画面への追加してもらいたい情報

避難情報画面に関連し、追加、必要と思われる情報などや意見について調査した。

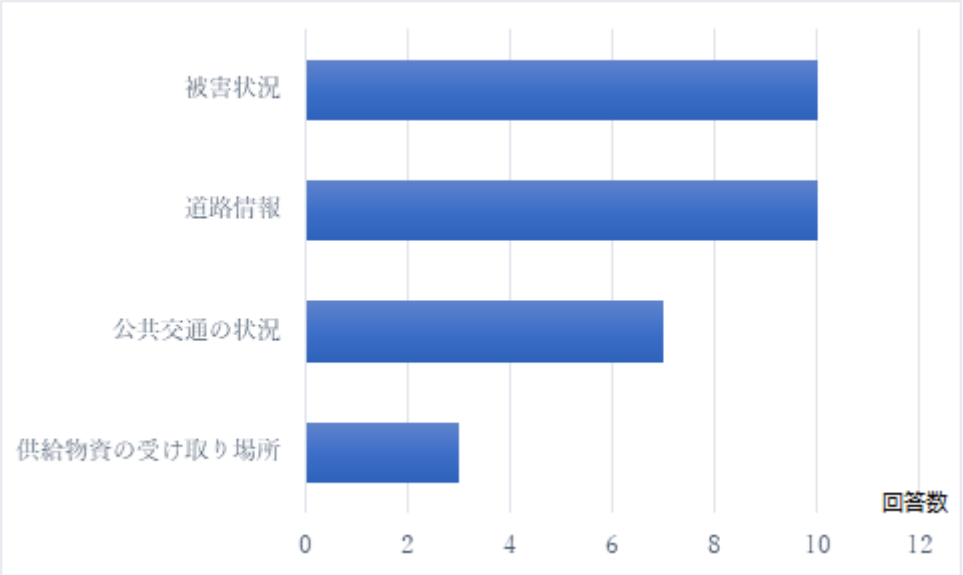


図 4.4.1.1.2-4　避難情報画面へ追加してもらいたい情報
（第 2 回アンケート　設問⑥：複数回答可）

2）考察

a）緊急放送訓練映像のわかりやすさ

「分かりやすく十分」61%に対し、「改善の余地あり」が 31%という結果となった。
「改善の余地あり」の要因は、足りない情報を問う④の回答結果から、情報の種類が少ないことにあると推測する。

b）避難情報画面で避難を判断できるか

すべての回答者が、避難を判断できる旨、回答しており、十分な情報を提供できていると評価した。

c）避難情報画面への追加してもらいたい情報

複数回答可としたが、「被害状況」および「道路状況」が各 10 件で最多数となった。
「公共交通の状況」については、浦添市に鉄道がなく、公共交通といえばバスを指すことが影響している可能性がある（マイカー利用だけでなく、公共交通利用も「道路状況」で判断できてしまう）。

4.4.1.1.3 定性的効果検証③

他地域のローカル 5G サービスエリア展開における効率的設計

（1）評価・検証項目

比較的高さのある建築物の屋上設置基地局と配電柱による基地局設置の組合せによる集合住宅サービスエリアの設計の精緻化が検討できるデータ収集（設計値と実測値との差異から補正値の必要性を検証できるデータなどの収集）ができたかを検証する。なお、原則として検証に関するデータは、技術検証から得られたデータを使用するものとする。

（2）評価・検証方法

実証検証方法は以下による。

1）集合住宅に電波を送信する場合の基地局の設置条件

集合住宅に電波を送信する場合の基地局の設置条件（カバーエリア、調整エリア）を電波伝搬測定データから検討する。制限地域内の場合、規定された最大電力で、どの程度の規模の集合住宅をカバーできるのか検証を行う（端末数ではなく、集合住宅の面的な広さを検討）。

本実証は、技術実証の 3 章の「3.3.2　電波伝搬モデルの精緻化」の測定方法による。

2）電波が部屋に電波が到達しない場合の代替措置

基地局を希望する場所に立てられなかった場合（電波が部屋に電波が到達しない場合）の代替措置（たとえば、端末設置場所の変更条件や、ホテルの屋上から送信した場合のアンテナやビーム幅、チルト角などの条件設定内容について、具体的な処置について記載する）について検証する。

（3）実証結果および考察

1）実証結果

a）集合住宅に電波を送信する場合の基地局の設置条件

集合住宅の 2 階以上のような高い場所に端末局が設置される条件で、伝搬損失に対する移動局高の影響を定量的に把握し、電波伝搬モデルの精緻化の対象となるパラメータとその条件に応じた、概ね適正な値を明らかにすることできた（ホテル H 基地局の場合）。

実証は、3 章の「技術実証」の測定結果である「3.3.2　電波伝搬モデルの精緻化」「3.3.2.5　実証結果および考察の（4）考察の（e）まとめ」を参照されたい。

b）電波が部屋に到達しない場合の代替措置

モニター宅に端末を設置開始した当初、受信レベルが高い適切な設置場所を見つけられず、長時間要する場合が度々あった。そこで、集合住宅 Y でできる限り早く適切な設置場所探す測定を行い、端末の適切な設置場所を見つける手法について検証を行った。

端末の設置においては、基本的には端末のLEDインジケータのランプの点灯状態から受信レベルの高い設置場所を確認することになる。検証では、受信レベル、伝送速度とランプの点灯状態を確認し、「緑点滅、橙点灯が確認できるところに設置する場所とすることが適当（必要な伝送レートが得られる)」と確認できた。

なお、ＬＥＤインジケータが橙点滅、赤点灯、赤点滅の場合は、ベランダよりも高い位置を確認することになる。

本実証は、「4.4.1.2　機能検証」の 「4.4.1.2.7　定量的機能検証④　各測定ポイントにおける受信電力対通信速度測定」の「３）測定結果」による。

2）考察 （集合住宅に電波を送信する場合の基地局の設置条件）

実証は、3 章の「技術実証」の測定結果である「3.3.2　電波伝搬モデルの精緻化」「3.3.2.5　実証結果および考察の（４）考察の（e）まとめ」を参照されたい。

集合住宅の室内に電波が入り込まない場合、以下の対策で受信レベルが向上できると思われる。

3）考察（電波が部屋に電波が到達しない場合の代替措置）

a）ベランダの影響

配電柱局配下にある集合住宅 Y では、畳に直置きした場合、前方の建物の遮へいと、ベランダ鉄筋壁面の遮へいのダブルの影響で、かなり電波は減衰することがわかった。しかし、端末の高さをベランダ（鉄筋コンクリ―ト）壁面近くにすると、急激に受信レベルが増加する（畳面への直置きと比べ、受信レベルは 20dB 程度増加した）ことが分かった。

b）端末の設置時の床面（畳面）からの高さ

配電柱局のような低い場所に基地局を設置する場合は、端末局は、可能な限り、机、棚などを用いてベランダの壁面よりも高い位置に設置することが望ましい。

c）室内への電波の侵入

室内へ侵入する電波の方向を考慮して、畳面から 1.9m の位置で端末の設置位置を選べば、実用的な通信速度（下り 100Mbps 程度は得られることが分かった。部屋の奥であっても、端末が高い位置にあると、窓から入った電波の角度によっては、電波が到達することが確認できた。

d）室内まで電波が入らない場合

集合住宅の電波を受ける壁面に当たる電波の入射角が小さいと、屋内まで電波が入ら

ない場合が多い。この場合は、ベランダに設置することで、端末の受信信号レベルを上げるようにした。

4.4.1.1.4　定量的効果検証①

緊急復旧に要する緊急出動回数削減の効果（作業工数、高所作業車レンタル費用、復旧資材の準備など）

（1）評価・検証項目

これまでの大型台風（2019 年台風 17 号到来時の例）の緊急復旧に要した出動回数の実績から、今回の実証検証システムが集合住宅に適用された場合の緊急出動要請回数とそのコストを算出する。

（2）評価・検証方法

ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数と緊急出動コスト削減のグラフを作成する。

2019 年台風 17 号到来時の OCN 障害件数を 4.3.1 で紹介しているが、緊急出動件数 75 件のうち、33 件の約 44%が引込線の張替および引込線を接続するタップオフ（幹線から戸建に分配する機器）のコネクタ交換となっている。本項における検証方法としては、当該 33 件の対象物件の FWA 加入率が変化することによって緊急出動回数の削減を検討する。

（3）実証結果および考察

1）実証結果

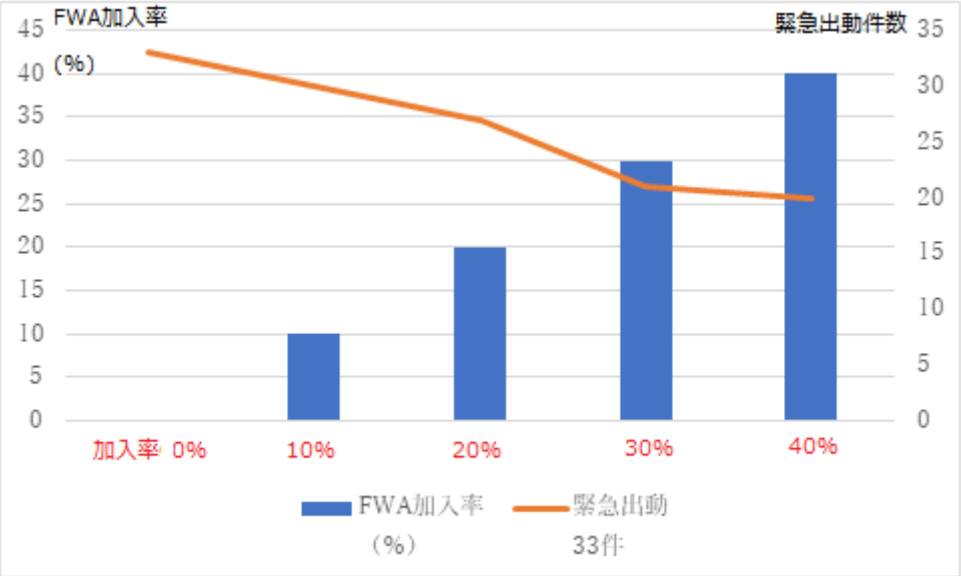


図 4.4.1.1.4-1　FWA 加入率（棒左軸：%）と緊急出動件数（折線右軸）

上表の FWA 加入率とは、インターネットの FWA 加入比率のことを指す。

2）考察

台風暴風雨の影響で引込線断となった場合、高速 FWA でテレビ応急復旧できると仮定すると、緊急時の出動は当該エリアの優先順位を落として他地域を優先対応できる。

FWA 加入者への緊急出動回数削減は 3 項で検証した結果のように削減を図ることが可能となる。

4.4.1.1.5　定量的効果検証②

緊急復旧に必要とする対応要員削減の効果（人件費、教育費）

（1）評価・検証項目

これまでの大型台風（2019 年台風 17 号到来時など）の緊急復旧に手当した復旧対応要員の待機人数（人件費）、教育に要した費用、遊休作業用車両などの費用、出動回数とそのコストを算出する（過去の実績からシミュレーションによる定量値の算出）。

（2）評価・検証方法

ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数と緊急復旧のために待機させるべき人員削減量の傾向を表したグラフを作成する。また、ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された数と待機のための人件費、およびその他のコストを含む全体コスト削減量を示すグラフを作成する。

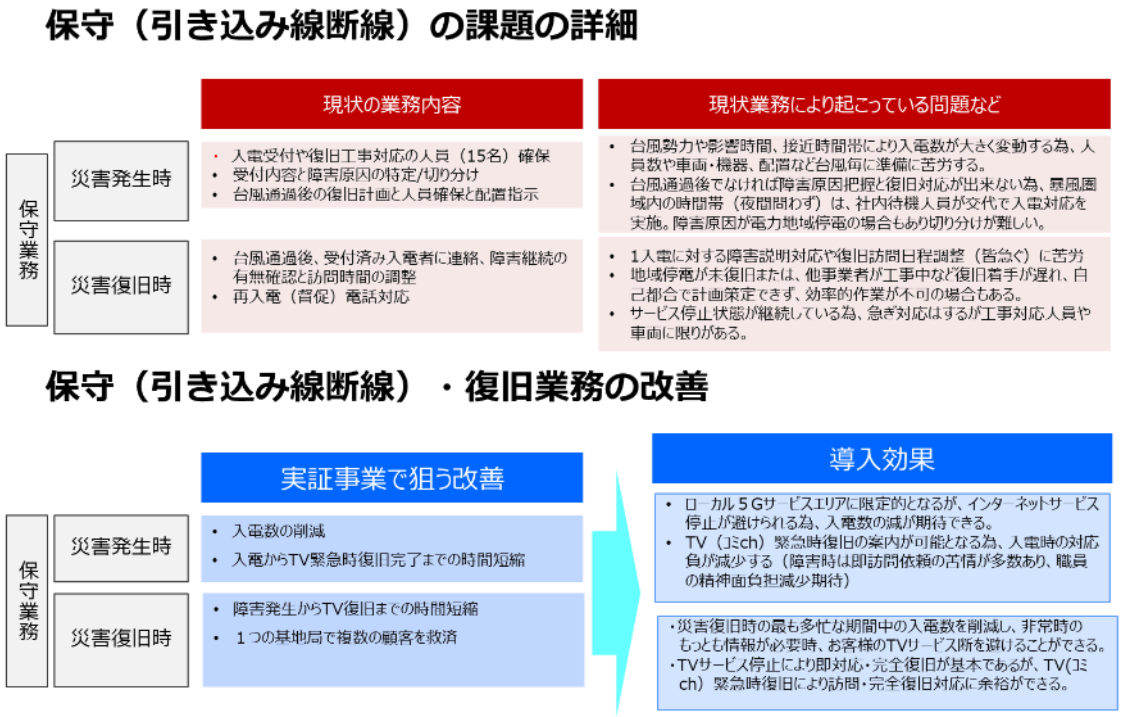


図 4.4.1.1.5-1 迅速な復旧の業務による作業者（人件費）などの削減効果

（3）実証結果および考察

1）実証結果

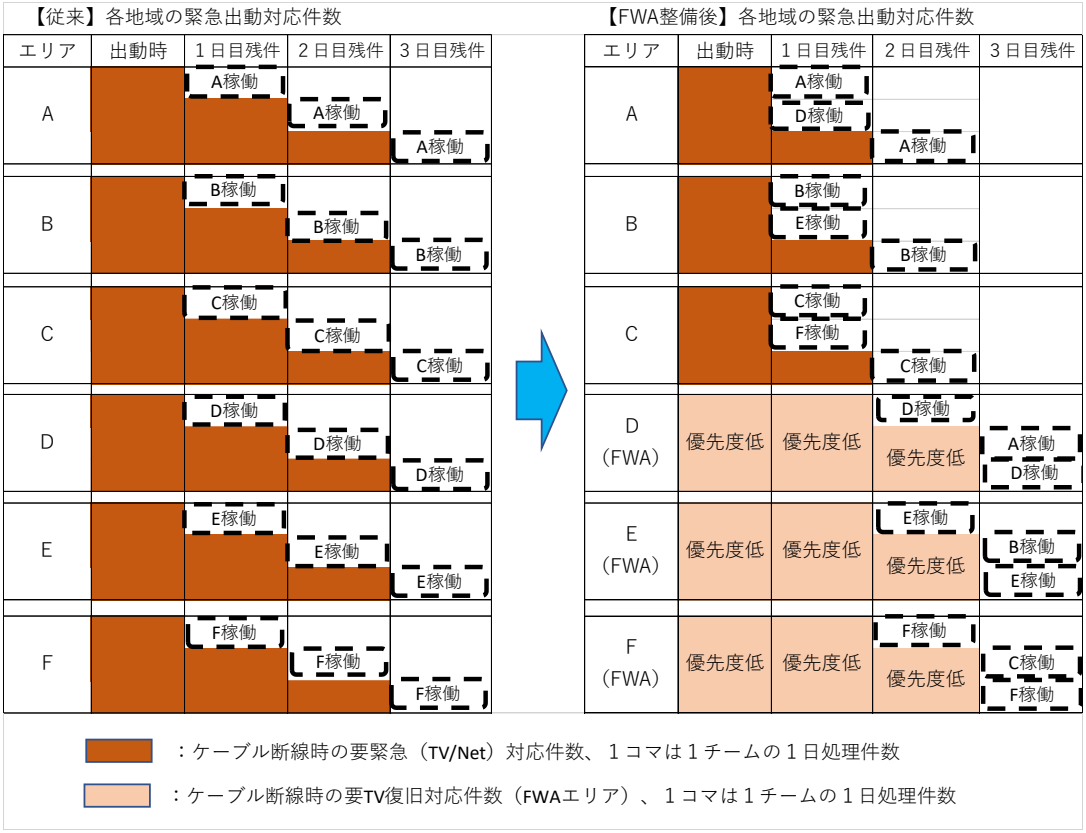


図 4.4.1.1.5-2　従来および FWA 整備後の緊急出動対応

2）考察

高速 FWA 加入世帯（D～F エリア）では、ユーザー自身が自らテレビ信号断発生時にハイコネアプリを起動してネット経由の IP 配信に切替できることから、緊急時の入電対応はハイコネアプリの案内による一次対応で済ませることができ、お客様の苦情軽減やコールセンタースタッフの精神的苦痛は軽減される効果が期待できる。

また、図 4.4.1.1.5-2 のように、従来各エリアに緊急出動していた対応要員を、FWA エリアを後回しにして初期優先エリアの緊急対応案件に集中させることで、緊急対応優先エリアの対応日数を短縮することが可能である。そのため、全エリアでの緊急出動対応完了までの日数も変わらずに、お客様の不満を最小限にした復旧対応が可能となる。

4.4.1.1.6　定量的効果検証③

災害発生時のお客様コール集中の低減の効果

（1）評価・検証項目

これまでの大型台風（2019 年台風 17 号到来時など）の実績から、ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数とお客様コールの低減数を算出する（過去の実績からシミュレーションによる定量値の算出）。

（2）評価・検証方法

ローカル 5G-FWA 高速インターネットサービスが提供された世帯数の増加とお客様コールの低減量を示すグラフを作成する。

（3）実証結果および考察

1）実証結果

当社では、台風時は 8 名での緊急体制を敷き、深夜を問わず常時 3-4 名での受電対応を行っている。

大型台風接近時には、受電件数（テレビサービスのほか、インターネット通信サービス含む。台風通過後含む）は 500 件以上におよび、そのうち、引き込み線などの対応が必要な件数が 33 件発生している。一方、台風直撃時の暴風域においては、作業員の安全を鑑み、出動はできないため、電話件数は増える傾向にある。

また、当該対応数の約 9 割が災害時の防災情報としての地上波テレビの受信に関する案件と想定されるため、恒久復旧のための出動は減少させられないものの、ローカル 5G-FWA の地上波テレビ放送復旧サービスを紹介することで、緊急対応要望の削減、当該要望に対する電話対応時間の短縮が見込まれる。

2）考察

高速 FWA 加入世帯では、ユーザー自身が自らテレビ信号断発生時にハイコネアプリを起動してネット経由の IP 配信に切替できることから、緊急時の入電対応はハイコネアプリの案内による一次対応で済ませることができる。

お客様においては、災害時の緊急的対策（出動）を望む声が大きい事から、電話での要望も長時間になりがちであり、当該サービスを案内することで、電話対応時間の削減（人員削減）につながる可能性も高い。また、苦情軽減やコールセンタースタッフの精神的苦痛も軽減される効果もある。

4.4.1.2 機能検証

災害時のローカル 5G 経由のテレビ番組の IP 配信について、全モニター世帯（ケーブルテレビ視聴者・直接受信視聴者）に対して次の定性的評価を行い、定量的評価についても一定の指標を設定し、評価・検証を行う。

表 4.4.1.2-1　機能検証項目一覧

検証項目	検証の概要・目的
4.4.1.2.1　定性的機能検証① RF 放送から IP 配信への切替操作性（RF 信号断からの応急復旧の操作性）	切替操作の前提となる、専用タブレット画面（専用アプリを実装）での設定、切り替え操作が、問題なく機能することを検証する。検証スタッフは、システムが正しく機能すること、誤操作や紛らわしい操作により誤動作を生じないことや、システムの使いやすさを検証（確認）する。
4.4.1.2.2　定性的機能検証② 映像品質評価（主観評価：視認性など、情報伝わりやすさに問題がないこと）	ローカル 5G による IP 配信がテレビ視聴に耐えられるか目視による主観評価を行う。OCN のヘッドエンドから、IP 配信のビットレートを変更した場合の画面の見やすさ、表示される文字情報の読み取りやすさ、音声のリップシンク（人物の口の動きとセリフのずれがないこと）が保持されているかを確認、検証する。
4.4.1.2.3　定性的機能検証③ その他　システムに関わる動作（インターネット接続運用確認）	ローカル 5G で IP 配信されている映像信号の受信中に、インターネット接続を実用的な速度で利用可能（ユーザーが通常通り利用し、違和感がないこと）であることを確認する。
4.4.1.2.4　定量的機能検証① スループット、伝送容量（1 世帯当たり、複数世帯での同時 IP 配信時の伝送容量）	基地局を単独で利用している状況で、ローカル 5G 端末（以下、端末という。）の受信信号レベルおよび下り、上りの伝送速度を測定する。各端末がそれぞれの設置環境において、どの程度のスループットが出ているかを確認する。
4.4.1.2.5　定量的機能検証② RF 放送から IP 配信映像への切り替わり時間測定	タブレットに実装されたアプリを用いて、RF の受信映像からハイコネ機能による IP 配信映像に切替を行った際に、切り替わりに要した時間を測定する。
4.4.1.2.6　定量的機能検証③ IP 配信映像の遅延時間	ローカル 5G で IP 配信されている映像に切り替え後の RF 映像との遅延時間を測定する。
4.4.1.2.7　定量的機能検証④ 各測定ポイントにおける受信電力対通信速度測定	集合住宅に届く電波の強度と、窓からの距離（部屋の壁面の数）に応じた電界強度とスループットを測定する。（屋内のどの程度まで部屋の奥に設置できるかなどの判断の目安とする。）なお、本検証は、技術検証と同時に実施するものとし、サンプル数も検証期間内実施できる範囲内とする。

4.4.1.2.1　定性的機能検証①

RF 放送から IP 配信への切替操作性（RF 信号断からの応急復旧の操作性）

（１）評価・検証項目

切替操作の前提となる、専用タブレット画面（専用アプリを実装）での設定、切り替え操作が、問題なく機能することを検証する。検証スタッフは、システムが正しく機能すること、誤操作や紛らわしい操作により誤動作を生じないことや、システムの使いやすさを検証（確認）する。

（２）評価・検証方法

１）モニター参加者による検証

システムの使い方が分かりやすくなっていることを検証するため、ユーザーに配布した専用タブレット画面（ハイコネアプリ）から、設定や切り替え動作を行ってもらい、その状況をモニター参加者からタブレットへ入力してもらい、結果を集計する。その状況を集計票に記載する。

① 端末認証設定
ハイコネアプリから、問題なくテレビまたは STB と端末認証設定ができること。
② 端末認証にかかる時間
ハイコネアプリの操作からの端末認証作業にかかる時間が妥当であること（時間測定を実施）。
③ IP 配信への切り替え
ハイコネアプリの操作で、テレビまたは STB を RF 受信からローカル 5G での IP 配信に切替できること。
④ 切替後のテレビなどの動作
IP 配信切替後にテレビまたは STB の電源を OFF にし、再び ON にした時のテレビなどやタブレット画面の異常がないこと。
⑤ RF 受信への復帰
IP 配信切替後に RF 放送が再開した場合に RF 放送受信状態に戻すことができること。
⑥ オフライン時のタブレットの動作
タブレットがインターネットに接続されていないときは、ローカル 5G での IP 配信の受信に切替らないこと。また、スマホ画面の操作に問題が生じないこと。
⑦ RF 受信復帰時のシステムなどの動作
ローカル 5G での IP 配信へ切替後に、RF 受信の状態に戻した場合、いずれの方法でもシステムや機器の誤動作を生じさせないこと。

なお、本検証「RF 放送から IP 配信への切替操作」の評価基準は、表 4.4.1.2.1-1 によること。

表 4.4.1.2.1-1　RF 放送から IP 配信への切替操作性に関する評価基準

評価表示	評価基準
○	良好に動作、または容易に操作可能
△	動作に問題あり、または操作に手間取る
×	動作しない、または、操作できない

2）検証スタッフによる追加検証

1）「モニター参加者による検証」の項目について、検証スタッフが同一内容について検証を行った。

（3）実証結果および考察

1）実証結果（モニター参加者による検証）

a）集計結果（アンケートによる集計結果）

モニター参加者に依頼して実施したシステムの操作性に関する評価結果（①～⑦）を集計し、評価結果を表 4.4.1.2.1-2 にまとめた。

b） ハイコネアプリによる切替操作

図 4.4.1.2.1-1 は、ハイコネアプリによる切替操作を最初に行った際の評価である。

アンケートが回収できたモニター参加者 13 名のうち、11 名（85%）は、切替操作を行うことができ、うち 5 名（39%）は、迷うことなく切替ができていた。一方で、2 名（15%）は、切替を行うことができなかった。原因については、考察を参照されたい。

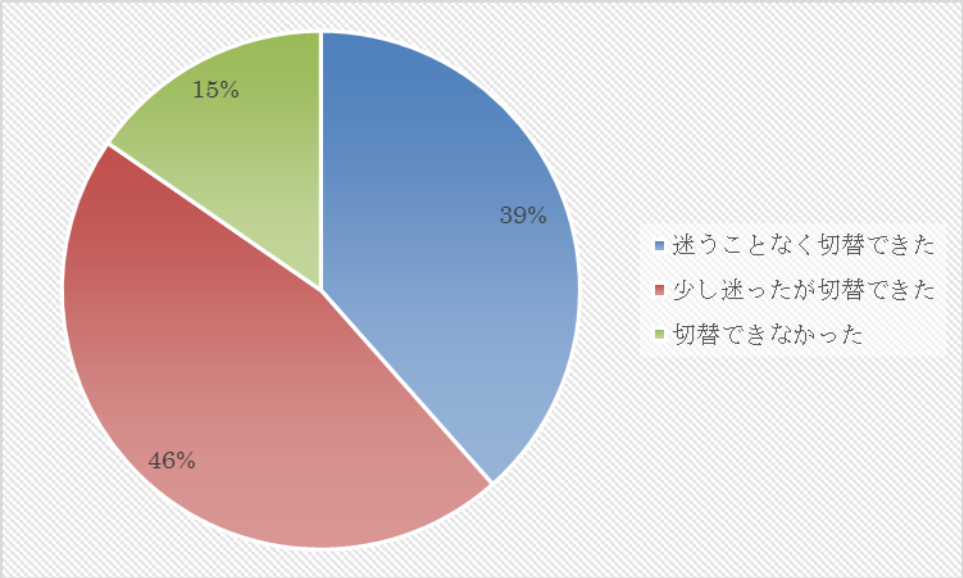


図 4.4.1.2.1-1　ハイコネアプリによる切替操作（回答数 13）

表 4.4.1.2.1-2　システムの操作性の評価結果を集計（主観評価）

モニター	①端末認証設定	②端末認証にかかる時間	③IP 配信への切替え	④切替え後のテレビ等の動作	⑤ RF受信への復帰	⑥オフライン時のタブレットの動作	⑦ RF受信復帰時のシステム等の動作	ご意見 *注１	設置場所
(A)	○	○	○	○	○	○	○	有	吉長荘 5F
(B)	○	△	○	○	○	○	○	有	アップルハウス 2F
(C)	×	×	－	－	－	－	－		美らティーダ 1F
(D)	○	△	○	○	○	○	○	有	美らティーダ 3F
(E)	○	△	○	○	○	○	○	有	配・戸建（YN）
(F)	○	○	○	○	○	○	○		ハ・戸建（YN）
(G)	×	×	－	－	－	－	－	有	グランディール 2F
(H)	○	△	○	○	○	○	○		サンハイツ NII 3F
(I)	○	○	○	○	○	○	○	有	40～49 歳
(J)	○	△	○	○	○	○	○	有	50～59 歳
(K)	○	○	○	○	○	○	○	有	20～29 歳
(L)	○	△	○	○	○	○	○	有	40～49 歳
(M)	○	○	○	○	○	○	○	有	30～39 歳
(N)									*注 2
(O)									*注 2
(P)									*注 2
(Q)									*注 2

凡例：「○」；良好に動作、または容易に操作可能、「△」：動作に問題あり、または操作に手間取る、「×」：動作しない、または、操作できない。
*注：1. モニターからのコメントは別途本文に記載あり。
2. モニター(C)および(G)の 2 名の方は、端末認証設置ができず、IP 配信への切替等ができなかった。
3. モニター(N)～(Q)の 4 名の方からは、アンケート回答がなく、ブランクとしている。

c） モニター参加者のご意見

モニター参加者の自由記載による主な意見、感想などは以下のとおりである。

表 4.4.1.2.1-3　自由記載によるモニター参加者の意見・感想

意見番号	モニター参加者のご意見、感想など
1	災害時には良いシステムだと思う
2	U/I の反応が少々鈍く、タップされているのか不安になってしまう
3	アプリと受信機が接続できなくなっていて、何度か試してみましたができませんでした。
4	インターネット接続ができていてもテレビと接続できず、エラーメッセージが出た。
5	リモコン操作に慣れているため、タブレットの大きさや重さなどが気になりますが、チャンネル数が増えれば便利さを感じるかもしれません。

２）実証結果（検証スタッフによる検証）

検証スタッフによる機能検証の結果は、以下のとおりであった。

表 4.4.1.2.1-4　RF 放送から IP 配信への切替操作性　機能検証結果

	項　目	評価	結　　果
①	端末認証設定	○	ハイコネアプリから、以下のテレビまたは STB と端末認証設定（ハイコネアプリと機器のペリング）ができた。 Panasonic　TH-43GX500（テレビ） TH-40JX750（テレビ） Panasonic　TZ-LT1500BW（STB） ②以下の検証は、特記ない限り TZ-LT1500BW を用いて行った。
②	端末認証にかかる時間	○	以下に示すハイコネアプリの操作により、端末認証（ハイコネアプリとテレビまたは STB とのペアリング）が瞬時に行われることを確認した。 ・ハイコネアプリを起動し、端末認証が行われていない場合に表示される「接続機器選択画面」の「接続可能な機器一覧」（接続できる機器のみ表示される）から、接続したい機器を選択する。 ・テレビの画面に表示される 4 桁の暗証番号をスマホアプリに入力する。
③	IP 配信への切替	△	ハイコネアプリの操作で切り替わることを確認できた。 （ただし、IP 配信受信中に、さらにハイコネアプリで IP 配信への切替操作を行った際に、ごくまれに、IP 配信に切り替わらないことがあった）
④	切替後のテレビなどの動作	○	テレビまたは STB、およびタブレットに動作の異常は認められなかった。
⑤	RF 受信への復帰	△	IP 配信切替後に RF 放送が再開しても、自動的には RF 放送に戻らない（そのような仕様ではない）。テレビなどの電源の ON-OFF や、チャンネル変更操作により、RF 放送受信状態に戻すことができる。

⑥	オフライン時のタブレットの動作	○	タブレットがオンラインとなっていないときに、切替が行えてしまうことはなかった。 タブレットの他の操作も正常であった。
⑦	RF 受信復帰時のシステムなどの動作	○	RF 受信に戻った際に、システムや機器の誤動作は確認できなかった。

（凡例）　「○」: 動作にまったく問題はないと評価した。
「△」: 実用上、動作に問題はないと評価した。（仕様変更の必要性については別途検討）

3）考察

a）システムの動作

システムの動作自体は、とくに問題がないことが分かった。

しかし、IP 配信への切替ができなかったモニターユーザーが 2 名いた。これは、ヒアリングの結果、ハイコネアプリとテレビまたは STB のペアリングが解除されてしまったことが理由と判明している。

ペアリングが解除されてしまう理由は、タブレット、テレビまたは STB の電源を OFF にし、再び ON とした際に、DHCP により前回とは異なる IP アドレスが割り当てられてしまうことに起因する可能性が高い。

【対　策】

5G 端末機の Wi-Fi 機能の「DHCP IP アドレスリース時間」は、デフォルトの 24 時間に設定してあるが、この時間を長めに設定するなどの対策が有効である。今回は、モニターユーザーによる設定変更の依頼は、設定を誤ってしまうリスクなどを考慮し、行わないこととした。

b）　ハイコネアプリの操作性

ハイコネアプリの使いにくさを指摘するモニター参加者は多かった。自由意見では、以下の課題、問題点などの指摘があった。

①切替操作ができなかった
②タブレットの大きさ・重さ
③ユーザーインターフェースの分かりにくさ

操作に必要なタブレットの大きさ・重さについては、スマートフォンも利用可能であることから、解決可能と考える。また、ハイコネアプリをタップしても、タップされているかわからない点は、タップによりボタンの表示が変化する機能を追加するなどして、解決可能である。

c）RF 放送を視聴中の切替操作

切替操作が可能であった 13 名中、「迷うことなく切り替えることができた」が 5 名、「少

し迷ったが切替ができた」が 6 名と、全体の 85%が、切替操作を行うことができた。
【切替不可の原因（その 1)】
「切替できなかった」との回答の 2 件については、電話による追跡調査を行った。その結果、1 件は、ハイコネアプリを動作させるタブレットが、既存の自宅 Wi-Fi ルーターに接続されていたことが判明した。
ハイコネアプリを動作させるタブレットとテレビまたは STB は、同一のネットワークに接続されている必要がある。そのため、切替操作を行っても、ハイコネが動作しなかった。

【上記（その 1）に対する対策】
この点に関しては、実サービス時には、ローカル 5G 端末の Wi-Fi 機能あるいはユーザー設置の Wi-Fi ルーターのいずれかひとつのみが使用されることになるため、問題は生じにくいと評価した。

【切替不可の原因（その 2)】
もう 1 件は、「タブレットは、インターネットに接続できているが、切替できなかった」とのことである。このモニター参加者は、これ以上の調査に協力いただけず、原因究明はできなかった。原因として、以下のふたつが考えられる。

①（もう 1 件と同様に）タブレットが既存の自宅 Wi-Fi ルーターに接続されている。
② ハイコネアプリとテレビまたは STB をペアリングしたときから IP アドレスが変わってしまい、ペアリングが無効となってしまった。

前者は、既存のモニター宅の Wi-Fi ルーターと、実証試験用のローカル 5G 端末の Wi-Fi ルーターが、実証試験のため共存してしまっていることが原因といえる。今回の実証では、既存の Wi-Fi ルーターではなく、ローカル 5G 端末の Wi-Fi ルーター機能を用いて接続してもらうようにモニター参加者に依頼していたが、それを守っていただけないことが一因である。

後者は、以下の理由が考えられる。

①タブレットやテレビまたは STB の電源を切ってしまい、ローカル 5G 端末の DHCP サーバ機能の IP アドレスリース時間を過ぎてから、電源を入れ直した、
②ローカル 5G 端末を再起動したことで、再度 DHCP による IP アドレス割当が行われたため、IP アドレスが変わり、ペアリングが無効となってしまった。
③ローカル 5G 基地局の動作が止まることで、ローカル 5G 端末が何らかの影響を受け、結果、IP アドレスの再割り当てが行われ、IP アドレスが変わってしまった。

【上記（その 2）に対する対策】
これらの問題は、DHCP サーバの設定で、IP アドレスのリース時間を長くする、あるいは、タブレットとテレビまたは STB には、常に特定の IP アドレスが割り当てられるように、DHCP サーバ機能の設定を行うことで、回避可能である。

d） 全般および今後の方針

システムの動作は、とくに大きな問題は発生しなかったが、ダブレットからのテレビまたはSTBと端末認証設定は、慣れない方にとっては、難しいようである。

とくに、今回は、アンケート実施の必要性もあり、アンドロイドのタブレットを配布して実施した。このため、タブレットの操作自体が不慣れであったことが操作性の評価にも影響したものと思われる。

実用化においては、iOSなどのOSにも対応するほか、緊急時にも即座に対応できるように使い慣れたスマホで操作できることが必要と考えられる。アプリの操作性（ユーザーインターフェースなど）は今後の実用化に向けて改良を進める。

4.4.1.2.2　定性的機能検証②

映像品質評価（主観評価：視認性など、情報伝わりやすさに問題がないこと）

（１）検証の概要・目的

ローカル 5G による IP 配信がテレビ視聴に耐えられるか目視による主観評価を行う。OCN のヘッドエンドから、IP 配信のビットレートを変更した場合の画面の見やすさ、表示される文字情報の読み取りやすさ、音声のリップシンク（人物の口の動きとセリフのずれがないこと）が保持されているかを確認、検証する。

（２）評価・検証方法

検証は、モニター参加者に IP 配信を視聴いただき、評価を実施する「モニター参加者の個別評価」と、「検証スタッフ」が動作検証を兼ねて実施する、「総合検証」について行う。

１）モニター参加者の個別評価

以下の検証を行い、検証実施者から検証結果をアンケートなどで集計する。

以下の「①～③」の検証・確認は、IP 配信の伝送レートは標準伝送レート（7.5Mbps）のほか、3Mbps、1.5Mbps の速度についても確認・検証を行い評価する。

① 規定の IP 配信による標準伝送レート（7.5Mbps） によるテレビ視聴を行った場合、40～50 インチのディスプレイにおいて、視聴に耐えられる画質であることを確認する（画質評価）。なお、画質評価の評価基準は、表 4.4.1.2.2-1 によること。

表 4.4.1.2.2-1　画質評価基準

評価表示	評価基準
○	正常に受信
△	ブロックノイズや画面フリーズあり
×	受信不能

② 十分な視認性があり、文字の判読に支障がないことを確認する（主観評価）。なお、文字の判読性の評価基準は、表 4.4.1.2.2-2 によること。

表 4.4.1.2.2-2　文字の判読性評価基準

評価表示	評価基準
○	判読に支障なし
△	判読しにくい場合あり
×	判読不能

③ 音声についても、音声のリップシンクが保持されているか確認する（主観評価）。なお、リップシンクの保持評価の評価基準は、表 4.4.1.2.2-3 によること。

表 4.4.1.2.2-3　リップシンクの保持評価基準

評価表示	評価基準
○	問題なし（全く気にならない）
△	少し気になる
×	非常に気なる

２）総合的評価

（注：以下の試験項目番号は、１）からの連番とする。）

④　標準伝送レート（7.5Mbps）の場合において、同一の基地局を利用するユーザー（IP 配信視聴者）の同時接続数を規定数まで増加しても画質劣化が生じないこと（上記の①の評価）を確認する（10 名以上の視聴者数と想定する：注※）。

画質評価の基準は、「①」の「表 4.4.1.2.2-3 画質評価の基準」と同一とする。

※注： IP 配信による視聴者数が少ない場合は、通信サービス利用を想定してダミーデータを伝送し、IP 配信による想定使用帯域まで使用可能な帯域を圧迫（制限）する手法も検討する。

⑤　動画を視聴しながら、帯域が埋まる大きなトラフィックを付加したときの画質を確認する。画質評価の基準は、「①」の「表 4.4.1.2.2-1 画質評価の基準」と同一とする。

トラヒックの負荷は、トラフィックジェネレータ「iperf」により行うが、負荷をかけるローカル 5G 端末の伝送可能な伝送レートを越えないものとする。なお、本実験は、数台のローカル 5G 端末について、個別に大きなトラフィックを付加するものとする。

【不具合発生時の原因調査方法】

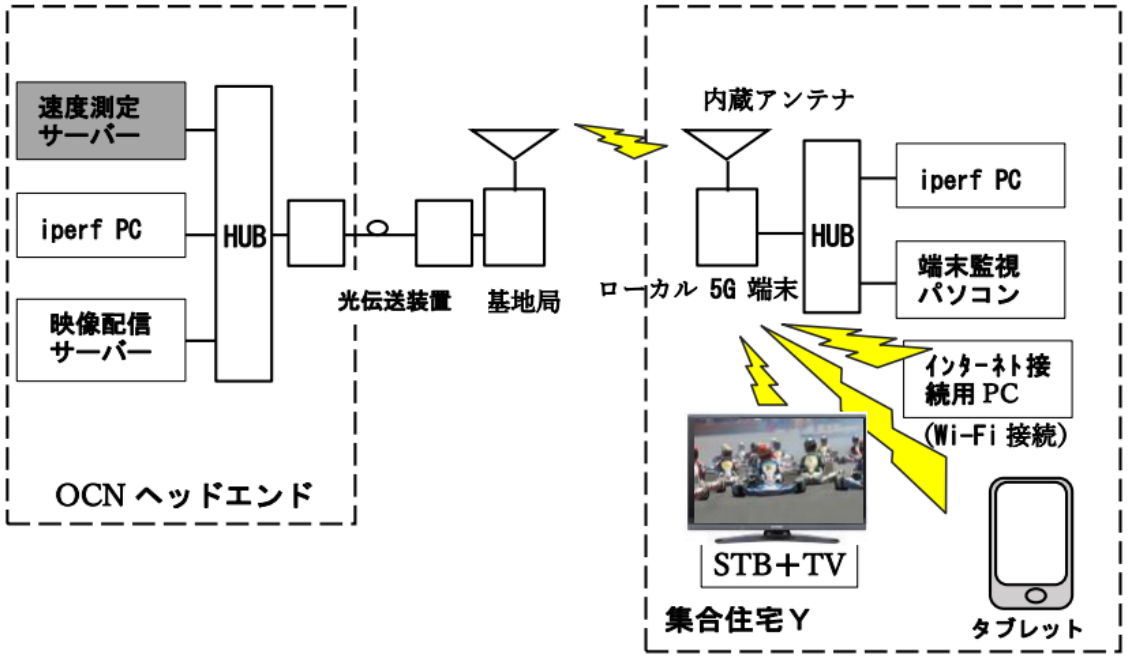
ここで、不具合発生時の原因調査方法について以下に記載する。

以下の問題が発生した場合は、実証試験中において、調査を行い、改善を進める。

①　想定していた以上の伝送遅延や画質劣化が生じる場合、それがローカル 5G によるものなのかなど、システムのどの部分に起因するものか、切り分けを行う。たとえば、宅内のネットワーク構成に Wi-Fi が用いた場合と有線イーサネット接続の場合で、伝送遅延の比較を行う。

②　災害情報コンテンツの情報提供画面において、多少の画質劣化生じた場合であって、画面上の文字の大きさ、文字色、図表などの構成が判読し難いとの指摘があった場合は、画面の表示放送について改善を行う。

本実証実験の測定系統図は、図 4.4.1.2.2-1 による。



注：1. 集合住宅 Y 側の「iperf PC」を設定することにより、負荷をかける速度、時間などを設定した。
2. 図中のインターネット接続パソコンは、負荷をかけている最中に「接続断」の有無の確認に使用した。
3. iperf 入手先：https://iperf.fr/

図 4.4.1.2.2-1　映像品質評価の測定系統図（検証スタッフによる測定）

（３）実証結果および考察

１）実証結果（モニター参加者の個別評価）

モニター参加者に依頼して実施したシステムの操作性の評価結果を集計し、表 4.4.1.2.2-4 に主観評価による評価結果をまとめた。

なお、評価結果の概要は以下のとおりである。

a）　伝送レートが、7.5Mbps および 3.0Mbps の場合

伝送レートが、7.5Mbps および 3.0Mbps の場合は、画質評価、文字の視認性評価、リップシンクの保持とも、問題なく視聴できた。

b）　伝送レートが、1.5Mbps の場合

伝送レートが、1.5Mbps の場合では、動きの速い映像においては、「ブロックノイズ」や「ちらつき」が見られた。ただし、動きの遅い映像や文字の場合は、あまり問題がないことが分かった。したがって、緊急時の情報伝達を行う場合には、伝送レートが、1.5Mbps となった場合でも、とくに支障がないものと考える。

表 4.4.1.2.2-4　モニター参加者による映像品質評価（①～③）の確認結果

	①　画質評価 *3			②　文字の判読性評価			③　リップシンクの保持		
モニター *注 1	7.5M (bps)	3.0M (bps)	1.5M (bps)	7.5M (bps)	3.0M (bps)	1.5M (bps)	7.5M (bps)	3.0M (bps)	1.5M (bps)
（A）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（B）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（C）*1	－	－	－	－	－	－	－	－	－
（D）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（E）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（F）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（G）*1	－	－	－	－	－	－	－	－	－
（H）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（I）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（J）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（K）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（L）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（M）	○	○	△	○	○	○	○	○	○
（N）*2	－	－	－	－	－	－	－	－	－
（O）*2	－	－	－	－	－	－	－	－	－
（P）*2	－	－	－	－	－	－	－	－	－
（Q）*2	－	－	－	－	－	－	－	－	－

注：

＊1：モニター参加者(C)および(G)は、IP 配信への切替ができず、結果の記載なし。

＊2：モニター参加者(N)～(Q)は、アンケート回答なし。

＊3：図 4.4.1.1.2-2　避難情報画面の分かりやすさ（第 2 回アンケート　設問⑤：回答数 13）において、すべての回答者から、避難先情報が得られている（改善の余地ありを含む）という意見が得られた。以下の映像品質の主観評価は、IP 映像が 3Mbps の画質評価において、「RF 信号による映像」と比較して「悪い」との評価が 2 件あるが、「正常に受信」されていることが確認できているため、判定結果は「○」とする。

c） IP 配信映像の映像品質に関するアンケート結果

切替後の IP 配信映像の画質と通常のテレビの映像（RF 信号による映像）とを比較した場合の感想を調査したアンケート結果を図 4.4.1.2.2-2 に示す。

回答者の 31%（4 名）が「よい」、54%（7 名）が「普通」、15%（2 名）が「悪い」との回答があった。なお、「悪い」と回答した方の 1 名は、IP 配信へ切替ができなかったモニター参加者を含んでいる。

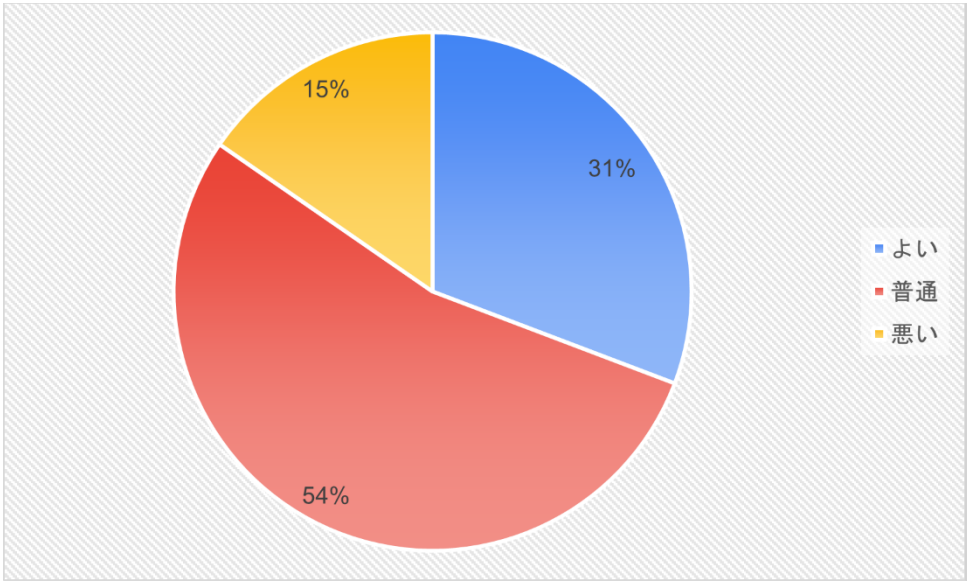


図 4.4.1.2.2-2　IP 配信映像の画質の感想（第 1 回アンケート　設問⑮：回答数 13）

d） 避難情報画面の視認性に関するアンケート結果

避難情報画面の避難先情報の視認性（分かりやすさ）を調査した結果を図 4.4.1.2.2-3 に示す。すべての回答者から、避難先情報の表示が分かりやすさは、38%（5 名）が「十分」、62%（8 名）が「普通」、「不十分」はなしという結果が得られた（ただし、緊急放送訓練映像を視聴できなかったモニター参加者 2 名も、同様に回答してしまっている）。

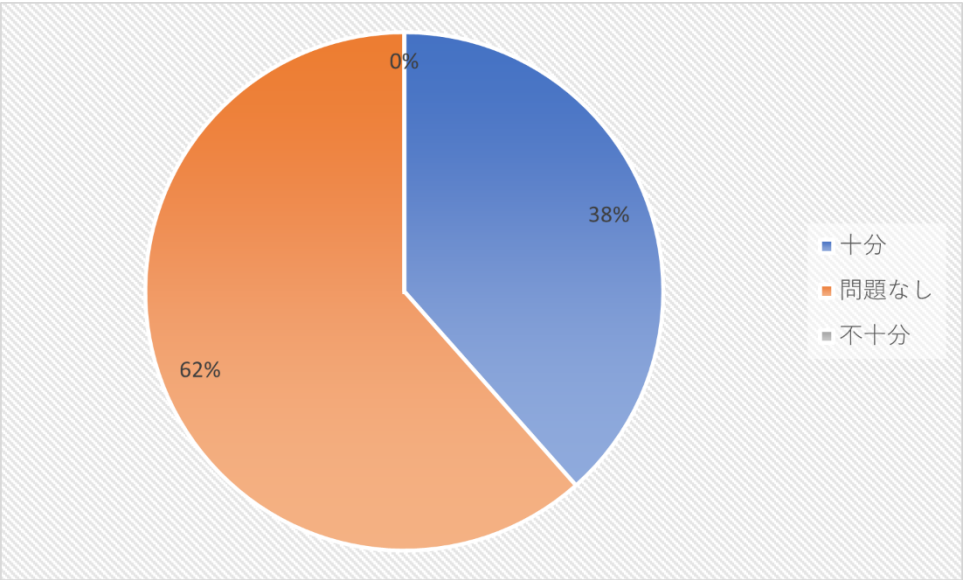


図 4.4.1.2.2-3　避難情報画面の避難先情報の分かりやすさ
（第 2 回アンケート　設問⑤：回答数 13）

2）実証結果（帯域圧迫時の映像）

表 4.4.1.2.2-5 に、IP 配信映像（7.5Mbps 固定伝送レート）を視聴した状態で、「iperf」により負荷をかけた場合の映像の状況を示す。

- ①トラフィックジェネレータにて負荷をかけるトラヒックが、ローカル 5G 端末が伝送可能な伝送レートを越えない場合（ここでは 200Mbps）、「負荷なし」の場合と同じ画質であった。
- ②ローカル 5G 端末の伝送帯域を埋め尽くすレベルのトラフィックを加えた場合に、映像が静止してしまうことがあった。

この場合、トラフィック負荷をなくしても、IP 配信映像は復活しない。再度、切替操作を行うと、視聴可能となる。また、静止するまでの間、映像の乱れ、ブロックノイズの発生、画質の劣化などはなく、いきなり画像が静止した。

なお、映像が静止するトラヒック量は、端末の伝送速度が一定ではないため、200Mbps を越えても問題ない場合もあった。

表 4.4.1.2.2-5 帯域圧迫時の IP 配信映像の確認（良否判定）

帯域圧迫速度（Mbps）	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400	500
1	○	○	○	○	○	○	×	×	×	－	－
2	○	○	○	○	○	×	○	－	×	－	－
3	－	－	－	－	－	－	○		○	－	×

凡例：「○」は良好、「×」は、フリーズまたは映像停止、「－」は検証を実施せず。

条件：① 測定場所：集合住宅 Y（端末はベランダ設置）

② 映像伝送レート：7.5Mbps 固定

③「iperf」により、 UDP での圧迫帯域を実施した。上記の表の数値の速度データを設定して、映像の状況を確認した。

④ ひとつの帯域圧迫の負荷速度において、120 秒間、観測を行い、3 回実施した。

⑤ 下り伝送速度は、200Mbps～230Mbps 程度（IP 配信映像 7.5Mbps を視聴した状態で、負荷をかけた）。

３）実証結果（総合評価）

検証方法①～③のモニター参加者からの総合評価と、検証方法④、⑤の評価結果について、表 4.4.1.2.2-6 にまとめた。

表 4.4.1.2.2-6　検証方法①～③の総合評価および検証方法④、⑤の評価

評価内容	項　目	評価	総合評価
①　画質評価	7.5Mbps	○	7.5Mbps のビットレートにおいては、通常の RF 放送と遜色のない画質であり良好であった。
	3Mbps	○	3Mbps では、RF 放送に比べ、多少画質は劣るが、防災情報など、必ずしも高画質を必要としない映像では､実用化に十分なレベルの画質と評価した。
	1.5Mbps	△	1.5Mbps では、さらに画質が劣る（とくに動画）ものの、防災情報に関しては、実用範囲にあると評価した。
②文字の判読性	7.5Mbps	○	通常の RF 放送と遜色ない画質であり、文字の判読性も RF 放送と同様に良好であった。
	3.0Mbps	○	字幕、スーパーなど、静止した文字については、7.5Mbps の場合と同様に判読性は高く、良好であると評価した。
	1.5Mbps	○	字幕、スーパーなど、静止した文字については、7.5Mbps の場合と同様に判読性は高く、良好であると評価した。
③リップシンク	7.5Mbps 3.0Mbps 1.5Mbps	○	いずれのビットレートにおいても、リップシンクのずれはなく、良好であると評価した。
④同時接続数が多いときの画質	7.5Mbps	○	全モニター参加者に同時に特定の時間に視聴することを依頼し、7.5Mbps での画質を評価した。同時にスタッフも視聴を行い確認したところ、画質は、良好であった。
⑤帯域が埋まる大トラフィックを付加したとき	7.5Mbps	○	・トラフィックジェネレータにて負荷をかけるトラヒック量が、ローカル 5G 端末が伝送可能な伝送レートを越えない場合､「負荷なし」の場合と同

の画質			じ画質であった。 ・ローカル 5G 端末の伝送帯域を埋め尽くすレベルのトラフィックを加えた場合に、映像が静止してしまうことがあった。（＊注　参照）

＊注：この場合、トラフィック負荷をなくしても、IP 配信は復活しない。再度、切替操作を行うと、視聴可能となる。また、静止するまでの間、映像の乱れ、ブロックノイズの発生、画質の劣化などはなく、いきなり画像が静止した。

４）考察（モニター参加者の個別評価）

IP 配信映像検証の考察は以下のとおりである。

a）映像品質

モニター世帯の疑似避難情報の実証確認（一斉視聴での実証）の際は、常時 7.5Mbps 伝送レートで IP 配信を行っていた。

2022 年 2 月 17 日開催の視察会の際は、3.0Mbps 伝送レートを用いたが、視察会参加者から画質が劣化しているとの声はなかった。このため、3.0Mbps 程度の伝送レートがあれば、50 インチ程度のディスプレイにおいて、十分な画質が得られるものと考えられる。

アンケート結果において、1 名の方（テレビの画面サイズは、25~39 インチ）から、RF 映像において「画質が悪い」との回答があった。しかし、テレビの画面サイズが、「40~49 インチ」の方、1 名と「50 インチ以上」の方、4 名からは、「普通」との評価があり、3.0Mbps 程度の伝送レートであれば、通常時のテレビ視聴にも十分に実用に耐えると考えられる。

b）伝送レート 1.5Mbps の映像評価

伝送レートが、1.5Mbps の場合では、動きの速い映像においては、「ブロックノイズ」や「ちらつき」が見られた。ただし、動きの遅い映像や文字の場合は、あまり問題がないことが分かった。このため、緊急時の情報伝達を行う場合には、多くのトラヒックが発生した場合、伝送レートが 1.5Mbps に低下した場合であっても、とくに支障がないものと考える。

５）考察（帯域圧迫時の映像および総合評価）

ローカル 5G 端末の伝送速度の場合、「iperf」による負荷が、ローカル 5G 端末の伝送可能速度を超過した場合に、IP 配信映像がフリーズ（映像停止）するものと考えられる。

したがって、ひとつの基地局に接続されたモニター局（端末局）が 20 局程度、IP 配信を視聴していた場合であっても、トータルの所要伝送速度は 150Mbps（7.5×20=150（Mbps））程度であり、個々の端末局の伝送速度が数十 Mbps 程度あれば、問題なく視聴できるものと考えられる。

3.0Mbps 伝送レートでは、1 基地局に 40 台の端末が接続された状態でも、1 基地局に必要帯域は 120Mbps であり、全く問題ないレベルである（現状での設計上の 1 基地局あたりの伝送レートは 630Mbps）。

4.4.1.2.3　定性的機能検証③

その他　システムに関わる動作（インターネット接続運用確認）

（１）検証の概要・目的

ローカル 5G で IP 配信されている映像信号の受信中に、インターネット接続を実用的な速度で利用可能（ユーザーが通常通り利用し、違和感がないこと）であることを確認する。

（２）評価・検証方法

ローカル 5G 回線は、平常時にはインターネット接続を目的とした FWA として利用される。テレビ放送を RF 受信から、ローカル 5G の IP 配信に切り替えた場合に、それまで利用可能だったインターネット接続に影響がないか、実用的な速度で利用可能かを検証する。

１）IP 配信による視聴開始後のインターネット接続（ネット接続状況）

インターネット使用時において、IP 配信による映像視聴を開始し、それまで利用可能だったインターネット接続に影響がないことを確認する。判定結果は、良否判定とする。

２）インターネット通信速度

IP 配信による映像視聴及ファイルのダウンロードなどによりインターネット使用時に、使用感を確認いただいた。

３）全般的な使用感

障害発生時の対応も含めローカル全般の使用感をモニター参加者に回答いただいた。

（３）実証結果および考察

１）実証結果

a）　ネット接続状況

インターネット接続を行っている状況で、IP 配信による映像視聴を開始した場合でも、問題なくインターネット接続を継続できることが確認できた。

b）　インターネット通信速度

インターネットの通信速度の満足度について、実証試験開始から約 10 日後と約 20 日後の 2 回に分けてアンケートを実施した。1 回目は、速度に関する満足度について確認したため、回答の選択肢は、「満足」、「普通」、「不満」とした。また、2 回目は、速度そのものを問う質問としたため、回答の選択肢は、「早い」、「普通」、「遅い」とした。

【1 回目のアンケート結果】

ローカル 5G インターネット通信速度（速度に関する満足度）についてアンケートと取った結果を以下に示す。2 月初旬（利用開始から約 10 日後）の感想を図 4.4.1.2.3-1 に示す。

アンケート結果では、13 名中、「満足」は、39%（5 名）、「普通」は 46%（6 名）、「不満」は 16%（2 名）であった。

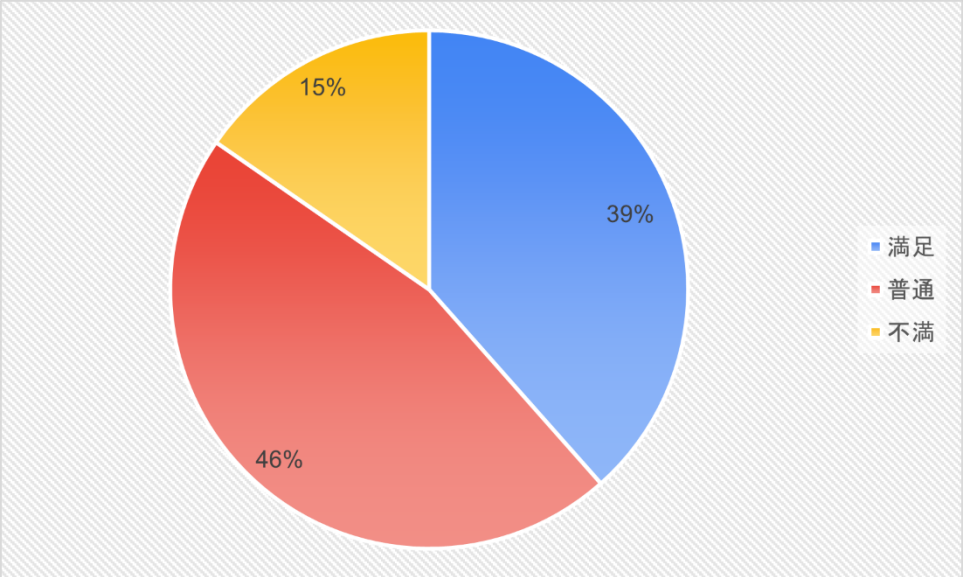


図 4.4.1.2.3-1　ローカル 5G の満足度（2 月初旬時点）
（第 1 回アンケート調査　設問⑧：回答数 13）

【2 回目のアンケートから 10 日程度経過した後（2 月中旬）のアンケート結果】

1 回目のアンケートから 10 日程度経過した後（2 月中旬）の再度のアンケート結果（速度に関する満足度）を図 4.4.1.2.3-2 に示す。

「早い」は、69%（9 名）、「普通」は、31%（4 名）で、「遅い」と回答した方はいなかった。

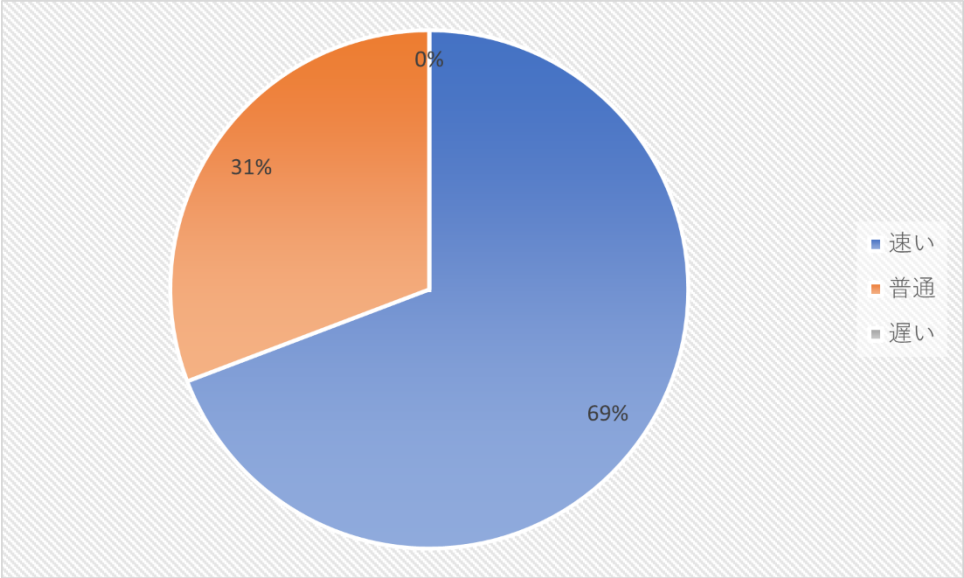


図 4.4.1.2.3-2　利用開始後 3 週間での速度に関する感想（2 月中旬時点）
（第 2 回アンケート結果　設問⑨：回答数 13）

c） 全般的な使用感

モニター参加者に、実施した使用感のアンケート結果から、表 4.4.1.2.1-8、にまとめた。

いずれも、IP 配信による視聴開始後のインターネット接続状況は問題なかった。しかし、実証実験開始前半では、数回に渡りローカル 5G システムのシステムダウンが発生し、接続できない場合が多いとの意見が多かった。

表 4.4.1.2.3-1 インターネット接続運用確認

モニター	①ネット接続状況	②ネット通信速度	③全般の使用感	モニター参加者のご意見（ネットの速度、運用に関するご意見）
（A）	○	○	△	端末がもう少し軽量・小型だと置き場所に困らないのでは
（B）	○	○	△	モニター開始後 2 回ほど、タブレットのインターネットの接続が切れていることがありました。
（C）	○	○	○	
（D）	○	○	△	週末にインターネットが使えなくなりました。
（E）	○	△	△	もう少し早いと思っていた
（F）	○	○	○	
（G）	○	○	△	3、4 回 Wi-Fi がつながらず。速さは今、使用しているものよりも、だいぶ速いので、ダウンロードの時間が全然違う
（H）	○	○	○	
（I）	○	○	△	あともう少し速度が出ていると嬉しい(現在 NTT 光を契約)
（J）	○	○	○	以前のより Wi-Fi 接続が良くなったと思う
（K）	○	○	○	接続すると切断するまでは問題なし
（L）	○	○	△	接続できないことの方が多い
（M）	○	○	△	接続できないことの方が多い
（N）	—	—	—	アンケート回答なし
（O）	—	—	—	アンケート回答なし
（P）	—	—	—	アンケート回答なし
（Q）	—	—	—	アンケート回答なし

[凡例]「○」：良好、「△」可、「×」：不良

２）考察

a）ネット接続状況

ローカル 5G 回線において IP 配信による映像視聴とのインターネット接続状況は、とくに問題がないものと思われる。

b）インターネット通信速度

インターネット通信速度に関するご意見は、モニター参加者が使用されている現状の通信サービスにより、大きく異なるようである。

ローカル 5G システム全般で、動作が不安定であるため、数回、システムが停止し、モニター参加者から「接続できない場合が多い」との意見が多数あった。また、システムが復旧した場合であっても、端末が自動復旧しないものが多く、電源の再投入をしていただくことになり、モニター参加者の方々に手をわずらわせることとなった。

とくにご意見のなかった方々も、全端末がインターネットに接続できない障害が発生しており、「障害が多い」とのイメージを持たれたと思われる。

ただし、以下の考察に見られるように、2 回目のアンケートでは、ローカル 5G システムも安定化してきたため、満足度は向上したものと思われる。

実証期間中は、改善途中のソフトウェアをベースとして、ネットワーク機器の設定変更によりシステム安定化を図っていた。なお、障害によるシステム停止の原因は特定できており、改善済みのソフトウェアも準備できている。当該ソフトウェアに更新することでシステム安定化改善が可能であると考えられる。

また、商用化において広域にエリア展開するには、信頼性向上のために冗長性の検討に加えて、監視システムの整備も必要であり、方式を検討するとともに、メーカーに必要な機能の実装を働きかけていく。

c） ローカル 5G サービスの満足度

モニター参加者が利用開始して約 10 日たった 2 月初旬の時点で、調査したところ、13 件中「満足」5 件、「普通」6 件であった。モニター参加者の多く（13 件中 11 件）が、自宅のインターネット接続手段として FTTH を使ってきたことから考えると、「満足」はもちろん、「普通」というのも、高評価であると判断した。

次に、利用開始から、さらに 1 週間経った 2 月中旬の時点で、速度に関して満足度を調査したところ、13 件中 9 件が「速い」、4 件が「普通」の評価となった。「遅い」という評価はなく、使用するほどに、速さを実感できるようなったのではと推測する。

4.4.1.2.4　定量的機能検証①

スループット、伝送容量（1 世帯当たり、複数世帯での同時 IP 配信時の伝送容量）

（１）検証の概要・目的

基地局を単独で利用している状況で、ローカル 5G 端末（以下、端末という。）の受信信号レベルおよび下り、上りの伝送速度を測定する。各端末がそれぞれの設置環境において、どの程度のスループットが出ているかを確認する。

（２）評価・検証方法

基地局を単独で利用している状況で、ローカル 5G を FWA として利用した場合の下り、上りの速度を測定した。ただし、本測定は、基地局を単独で利用している状況の測定となるため、モニター参加者宅での端末設置工事の時のみに実施した（該当端末のみ稼働した状態で測定を実施するため、他の端末は電源 off とする。）。

なお、原則として、「技術検証」で収集したデータを基に図表を作成した。

１）端末の受信信号レベルの測定

指向性アンテナとスペクトラムアナライザを用いて、端末付近の受信信号レベル：RSRP（Reference Signal Received Power）を測定した。

２）スループットの測定

①本検証においては、スループット測定ツール（「iperf」と呼ばれるソフトウェア）を使用する。以下の手順で端末のスループットを測定する。
②あらかじめ、実証に使用するサーバおよびユーザーのパソコンに「iperf」をインストールしておく。
③受信レベル測定ポイントごとに、端末の受信レベルとスループットを測定する。スループットは、上り、下りについて測定した。

３）「iperf」の設定方法

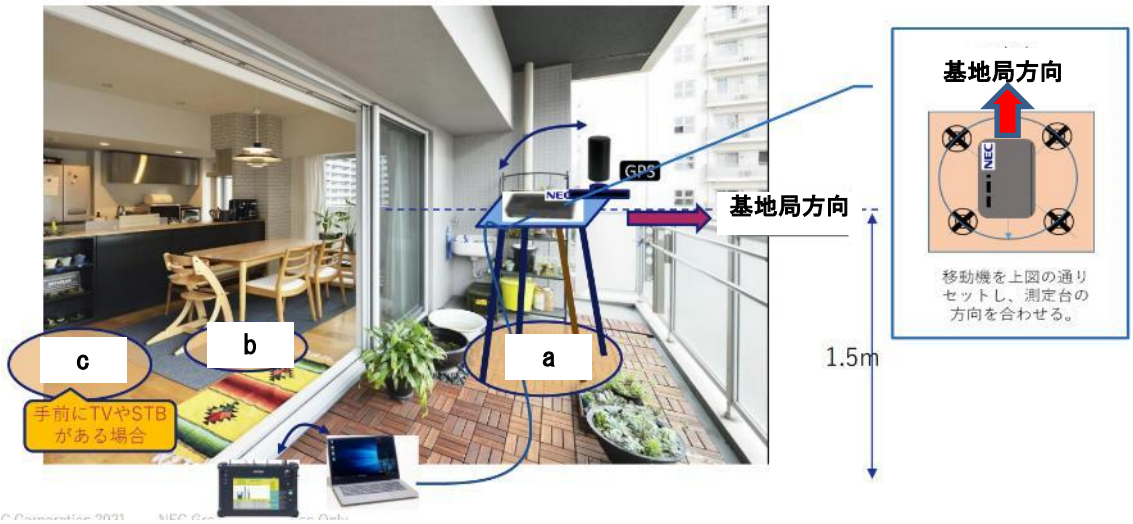
1 世帯で「iperf」を動作させた場合のスループット測定を行う。なお、「iperf」の設定は、以下のとおりとした。

①下り：DL160M.TP（Mbps）
Down Link のスループット：センター側から 160Mbps で送信した場合のモニター参加者宅での受信速度を測定した。合わせてスループット測定時のパケットの損失率（%）も測定した。
②上り：UL40M.TP（Mbps）
Up Link のスループット：モニター参加者宅側から 40Mbps で送信した場合のセンター側での受信速度を測定した。合わせてスループット測定時のパケットの損失率（%）も測定した。

４）モニター参加者宅での測定箇所

各モニター参加者宅では、原則として、a.ベランダ、b.窓際、c.TV 台付近の 3 測定点で測定した。ただし、設置宅の状況により、3 地点は測定できていない場合もある。

測定イメージを図 4.4.1.2.4-1 に示す。



a.ベランダ、b.窓際、c.TV 台付近

図 4.4.1.2.4-1 集合住宅各区画での測定イメージ

５）測定結果の表示

各設置ポイントでの測定結果は、信号受信レベルおよびスループットの評価を行った。ホテル H 基地局配下と配電柱基地局配下の端末に分けて整理した。

①下りの受信信号レベルに対する、下り回線および上り回線のスループットの測定結果を表で示す。なお、ホテル H 基地局配下と配電柱基地局配下の端末に分類して表を作成した。
②最も参加モニター世帯の多い集合住宅となった「集合住宅 S（5 世帯が参加)」測定ポイント（階数別、設置位置別）に信号強度およびスループットをプロットする。

６）端末を設置した住宅の分布

端末を設置した集合住宅および戸建住宅の分布状況は、以下のとおりである。

引用元：Google 社「Google Earth」

番号	接続基地局	建物名	階　数	世帯数	OCN 共聴
①	配電柱局 9 局	集合住宅 A	2 階、3 階	3	単引き
②		集合住宅 C	1 階、3 階	2	TV 共聴
③		戸建 B	—	1	単引き
④		集合住宅 Y	3 階（*注）、5 階	2	TV 共聴
⑤		集合住宅 L	1 階	1	単引き
⑥	ホテル H 局 9 局	集合住宅 R	1 階	1	単引き
⑦		集合住宅 M	4 階	1	単引き
⑧		集合住宅 S	2,3,4,6 階	5	TV 共聴
⑨		戸建 A	—	1	加入者
⑩		集合住宅 G	2 階	1	TV 共聴,NET

*注：集合住宅 Y は、OCN が借用した実証検証用の区画

図 4.4.1.2.4-2　端末の端末分布状況

７）【参考測定】天候の変化と端末の受信レベル

晴天、曇り、雨の天候の変化に対する、端末に受信信号レベル RSRP（Reference Signal Received Power）を測定する。ただし、測定場所は、数ポイント（数世帯）を抽出して行うものとする。

注：本測定は、一定時刻での自動測定ができないシステムであったため、随時リモートで WEB 画面上から端末からレベル測定を行った。

（３）実証結果および考察

１）実証結果（ホテル H 基地局配下の端末局）

ホテル H 基地局配下の端末局の受信信号レベルとそれに対応した、下り（Down Link）および上り（Up Link）の測定結果を表 4.4.1.2.4-1 に示す。

表 4.4.1.2.4-1 ホテル H 基地局配下の端末局の受信信号レベルおよび伝送速度

	モニター宅名（測定場所）	RSRP (dBm)	DL160M. TP （下り） (Mbps)	Lost (%)	UL40M. TP （上り） (Mbps)	Lost (%)
1	集合住宅 M 42_ベランダ	-74.4	159.8	0.0	40.0	0.0
2	集合住宅 M 42_窓際	-81.2	159.1	0.0	40.0	0.0
3	集合住宅 M 42_TV 台付近	-89.0	159.4	0.0	40.0	0.0
4	戸建 A_ベランダ	-82.5	159.8	0.0	40.0	0.0
5	戸建 A_窓際	-103.8	150.0	10.0	21.6	40.0
6	戸建 A_TV 台付近	-108.4	109.1	30.0	12.9	60.0
7	集合住宅 R 13_ベランダ	-85.5	160.0	0.0	40.0	0.0
8	集合住宅 R 13_窓際	-92.0	159.6	0.0	40.0	0.0
9	集合住宅 S 42_ベランダ	-79.4	159.6	0.0	39.0	0.0
10	集合住宅 S 42_窓際	-88.3	159.8	0.0	40.0	0.0
11	集合住宅 S 32_ベランダ	-78.8	159.1	0.0	40.0	0.0
12	集合住宅 S 32_窓際	-95.5	158.9	0.0	40.0	0.0
13	集合住宅 S 25_ベランダ	-90.4	158.8	0.0	40.0	0.0
14	集合住宅 S 25_窓際	-94.8	158.1	0.0	40.0	0.0
15	集合住宅 S 25_TV 台付近	-100.1	147.2	10.0	25.5	30.0
16	集合住宅 S 47_ベランダ	-77.8	158.8	0.0	40.0	0.0
17	集合住宅 S 47_窓際	-101.8	154.7	0.0	30.0	20.0
18	集合住宅 S 47_TV 台付近	-94.9	159.3	0.0	40.0	0.0
19	集合住宅 S_66_ベランダ	-85.4	159.8	0.0	40.0	0.0
20	集合住宅 S 66_窓際	-99.8	158.7	0.0	34.3	10.0
21	集合住宅 S 66_TV 台付近	-101.2	117.5	20.0	5.6	80.0
22	集合住宅 G 22_ベランダ	-92.6	159.0	0.0	40.0	0.0
23	集合住宅 G 22_窓際	-100.5	148.6	10.0	36.1	10.0
24	集合住宅 G 22_TV 台付近	-103.1	-	-	25.1	30.0

２）検証結果（配電柱基地局配下）

配電柱基地局配下の端末局の受信信号レベルとそれに対応した、下り（Down Link）および上り（Up Link）の測定結果を表 4.4.1.2.4-2 に示す。

表 4.4.1.2.4-2 配電柱基地局配下の端末局の受信信号レベルおよび伝送速度

	モニター宅名（測定場所）	RSRP (dBm)	DL160M. TP （下り） (Mbps)	Lost (%)	UL40M. TP （上り） (Mbps)	Lost (%)
1	集合住宅 L 13_ベランダ	-74.5	159.0	0.6	40.0	0.0
2	集合住宅 L 13_窓際	-86.0	158.5	0.9	33.5	10.0
3	集合住宅 L 33_ベランダ	-83.1	158.8	0.7	40.0	0.0
4	集合住宅 L 25_窓際	-73.4	159.2	0.3	40.0	0.0
5	集合住宅 A 25_ベランダ	-80.3	148.5	0.3	40.0	0.0
6	集合住宅 A 25_窓際	-96.0	159.1	0.3	32.3	0.2
7	集合住宅 A 21_ベランダ	-77.7	159.5	0.3	37.4	10.0
8	集合住宅 A 21_窓際	-91.3	159.1	0.5	24.0	40.0
9	集合住宅 A 21_TV 台付近	-89.2	155.3	0.3	25.7	3.0
10	集合住宅 Y 35_ベランダ	-82.7	159.0	0.5	40.0	0.0
11	集合住宅 Y 35_窓際	-92.8	143.3	9.8	26.6	30.0
12	集合住宅 Y 52_ベランダ	-80.4	159.3	0.4	40.0	0.0
13	集合住宅 Y 52_窓際	-84.0	159.4	0.4	40.0	0.0
14	戸建 B_ベランダ	-83.5	159.5	0.3	39.4	0.0
15	戸建 B_窓際	-108.8	155.4	2.9	3.2	80.0
16	集合住宅 C 12_ベランダ	-94.0	158.8	0.7	26.0	30.0
17	集合住宅 C 12__TV 台付近	-111.8	18.6	81.6	0.1	99.8
18	集合住宅 C 12__窓際	-97.6	146.6	8.2	5.2	80.0
19	集合住宅 C 33__ベランダ	-96.1	154.5	3.4	24.8	40.0
20	集合住宅 C 33_窓際	-110.1	72.1	51.4	-	-
21	集合住宅 C 33_TV 台付近	-106.7	97.6	36.3	-	-

3）実証結果（集合住宅 S の受信レベルと伝送速度）

表 4.4.1.2.4-3 にホテル H 基地局配下のひとつの集合住宅内の各区画の受信信号レベルおよび伝送速度を示す。

① 「ベランダ設置」の場合、階別では、2 階の区画「S25」では、受信レベルが低いが、3 階～6 階では問題なく電波を受信できていた。

② 「窓際設置」では、「S25」を除き、10～15dB 程度のレベル低下が見られる。通信速度につても問題なかった。

③ 「TV 台付近の設置」では、レベルは低下するが、テレビ台の位置によって大きく減衰した。

表 4.4.1.2.4-3 ホテル H 基地局配下の集合住宅区画の受信信号レベルおよび伝送速度

設置場所	ベランダ		窓 際		TV 台付近	
部屋番号	RSRP (dBm)	下り速度 (Mbps)	RSRP (dBm)	下り速度 (Mbps)	RSRP (dBm)	下り速度 (Mbps)
S25	-90.4	158.8	-94.8	158.1	-100.1	147.2
S32	-78.8	159.1	-95.5	158.9	—	—
S42	-79.4	159.6	-88.3	159.8	—	—
S47	-77.8	158.8	-101.8	154.7	-94.9	159.3
S66	-85.4	159.8	-99.8	158.7	-101.2	117.5

注：部屋番号が大きいほど、基地局からの距離は遠くなる。

引用元：Google 社「Google Map」

＊注：ホテル H 基地局と集合住宅の距離は、最も右端との区画との距離を示す。

図 4.4.1.2.4-3　基地局と集合住宅の配置図

４）検証結果（参考測定）

遠隔のマニュアル操作により、天候、気温などによる受信レベル変動を確認するため、2022 年 2 月 22 日の端末の一日間のレベル変動をほぼ一時間おきに測定した。

【2022.02.22 の那覇の天気】
天気：曇り一時雨（降雨量：0 mm）
最高気温　16.4°
最低気温　13.1°

表 4.4.1.2.4-4　2022.02.22（火）の端末の受信レベル変動

	測定時刻	受信レベル RSRP（dBm）	備　　考
1	10:00	-88	
2	11:00	-89	
3	12:00	-89	
4	13:09	-89	00 分に計測できず
5	14:00	-89	
6	15:00	-89	
7	16:00	―	計測なし
8	17:00	-89	
9	18:00	-90	
10	19:00	-89	
11	20:00	-89	
12	21:00	-90	

５）考察

a）集合住宅区画の受信信号レベルおよび伝送速度

本検証は、集合住宅の各区分において、最適なローカル 5G の設置を検証するために実施した。

上記の図 4.4.1.2.4-3 の集合住宅 S のように、基地局からの電波が浅い角度で入ってくると室内まで電波が侵入し難くなるため、室内奥にある TV 台付近の設置した場合は、急激に受信レベルが減衰してしまう。

このため、端末の室内設置においては、以下の配慮が必要となった。

①ベランダ（屋外）への設置（防水対策が必要）
②窓際のカーテンレールに吊り下げる（室内）

b）ベランダへの設置について

最も高い受信信号レベルを得られるのは、基地局との見通しが取れるベランダ設置であ

る。できる限り通信速度を上げるために、設置環境やモニター参加者の意向もうかがいつつ、いくつかのモニター宅には、ベランダに端末設置を行った。この場合、本検証に使用した端末は屋内設置用であるため簡易的な防水対策が必要となった。

今後は、屋外型の FWA 端末も必要である。また、電源アダプタで電源供給を行っているが、PoE（Power of Ether）ケーブルを用いた給電方式も必要と思われる。

基地局の配置においても、全体なサービスエリア考慮しつつ、できる限り南面の窓（ベランダ）に対し、深い角度（直角に近い角度）で電波を放射することが必要と考える。

c）カーテンレールへの設置について

窓際のカーテンレールに端末を吊り下げる方法は、ベランダの壁面よりも高くできるため、受信レベルを向上させる点では非常に効果がある。また、網入りのガラス窓による減衰も比較的少ないことも分かった。ただし、「見栄え」という点では問題あり、商用化に向けて検討の余地がある。

なお、沖縄地区は温暖であるため、今回の実証エリアでは、二重窓の住宅はなかった。寒冷地などでは、二重窓、三重窓もあり、これらが電波に減衰に及ぼす影響も調査する必要がある。

d）日々、天候による受信信号レベルの変動

自動測定ができなかったため、受信信号レベルの日々、週ごとの変化は、データ取得ができなかった。一例を表 4.4.1.2.4-4 に示した。実証期間中において、沖縄本島エリアは、最高気温と最低気温の差が少なく、数週間の検証期間においては、受信信号レベ変動は、最大で+2dB 程度であった。

また、天候よる変化では、検証期間で、小雨程度で、雨による大きな受信レベル変動も確認できなかった。夏の台風襲来時の豪雨の影響などには、商用運用を行いつつ、測定を実施するものとしたい。

4.4.1.2.5　定量的機能検証②

RF 放送から IP 配信映像への切り替わり時間測定

（１）検証の概要・目的

タブレットに実装されたアプリを用いて、RF の受信映像からハイコネ機能による IP 配信映像に切替を行った際に、切り替わりに要した時間を測定する。

（２）検証方法

測定は以下のとおり行った。

①ストップウォチにより、スマホのアプリを操作した時点から、テレビ画面が RF から IP 配信に切り替わる時間を測定する。
②切替時間の測定を対象とする複数のテレビ・STB に対して行い、機種により異なる結果となるかを測定して確認する。とくに合否判定の基準は規定しない。
なお、本検証は、コロナ禍により確定での訪問による測定が難しいため、検証スタッフにより実施した。

（３）実証結果および考察

１）実証結果

RF 放送から IP 配信映像への切り替わり時間の測定結果は以下のとおりである。

a)　測定場所：集合住宅 Y（STB 使用）

集合住宅 Y(STB 使用時)での切り替わり時間の測定結果を表 4.4.1.2-5-1 に示す。

・使用 STB：Panasonic 製 STB　TZ-LT1500BW
・IP 配信伝送レート：7.5Mbps

表 4.4.1.2.5-1　STB 使用時の切り替わり時間

回数	切替の放送	切り替わり時間（秒）	備　考
1	OCN（RF→IP）	8.1	2022.02.19 測定
2	OTV（RF→IP）	8.2	
3	OCN（RF→IP）	7.6	3 回目の測定は、測定ミスと思われる
4	OTV（RF→IP）	8.2	
5	OCN（RF→IP）	8.2	

b)　測定場所：ホテル H（STB 使用）

ホテル H（STB 使用時）での切り替わり時間の測定結果を表 4.4.1.2.5-2 に示す。

・使用機器：Panasonic 製 STB　TZ-LT1500BW

・IP 配信伝送レート：OCN; 3.0Mbps、OTV; 7.5Mbps

表 4.4.1.2.5-2　STB 使用時の切り替わり時間

回数	切替の放送	切り替わり時間（秒）		備　考
		3.0Mbps	7.5Mbps	
1	OCN（RF→IP）	8.4	－	2022.02.19 測定
2	OTV（RF→IP）	－	7.8	
3	OCN（RF→IP）	8.0	－	
4	OTV（RF→IP）	－	8.1	
5	OCN（RF→IP）	8.5	－	
6	OTV（RF→IP）	－	8.1	

c）　測定場所：ホテル H（テレビ使用）

ホテル H（テレビ使用時）での切り替わり時間の測定結果を表 4.4.1.2.5-3 に示す。

・使用機器：Panasonic 製テレビ　TH-40JX750

・IP 配信伝送レート：OCN; 3.0Mbps、OTV; 7.5Mbps

表 4.4.1.2.5-3　テレビでの切り替わり時間

回数	切替の放送	切替わり時間（秒）		備　考
		3Mbps	7Mbps	
1	OCN（RF→IP）	8.3	－	2022.02.18 測定
2	OTV（RF→IP）	－	8.4	
3	OCN（RF→IP）	8.6	－	
4	OTV（RF→IP）	－	8.5	
5	OCN（RF→IP）	8.5	－	
6	OTV（RF→IP）	－	8.5	

２）考察

RF の受信映像から、ハイコネによりローカル 5G により IP 配信映像に切替を行った際に、切替に要した時間は、8 秒程度（10 秒以下）であり、支障のない切り替り時間であると考えられる。また、視聴番組や IP 配信の伝送速度の違いによる切り替り時間の差は、ほとんどなかった。

実用化にあたり、アプリの修正などによりさらに切り替わり時間を短くすることができるかを検討する。

4.4.1.2.6　定量的機能検証③

IP 配信映像の遅延時間

（１）検証の概要・目的

ローカル 5G で IP 配信されている映像に切替後の RF 映像との遅延時間を測定する。

（２）検証方法

目視で伝送遅延（画面表示の遅れ）が判別できる場合は、ストップウォッチによる測定、テレビ画面の時刻表示などから、伝送遅延時間を求める。なお、本検証は、コロナ禍により確定での訪問による測定が難しいため、検証スタッフにより実施した。

①本検証は、集合住宅 Y およびホテル H において実施した。
②検証は、時計で 00 分になってから、IP 配信画面に表示されている時刻が 00 分になるまでの時間をストップウォッチで測定することで行う。

目視で伝送遅延（画面表示の遅れ）が判別できる場合は、ストップウォッチによる測定、テレビ画面の時刻表示などから、伝送遅延時間を求める。
本検証は、吉長壮およびホテル H において実施した。

①映像の伝送速度は、ABR（Adaptive Bit Rate：ビット自動切換）モードで測定する。
②映像配信サーバからの IP 配信信号の映像伝送レートを固定モード変更し、映像遅延時間に差が生じるかを測定する。IP 配信の映像伝送レートは、7.5Mbps、3Mbps、1.5Mbps の 3 つの速度とする。

注：本実証の課題解決においては、RF 信号から IP 配信の映像に切り替える際に、視聴者自らの操作に時間を要するため、RF 信号からの切替はリアルタイム性の要求は高くないものの、30 秒以内の遅延時間に納まるほうが望ましい。したがって、とくに判定基準は設けず、30 秒以内の「切り替わり時間」であれば「良」とする。

（３）実証結果および考察

１）実証結果

測定は、集合住宅 Y、ホテル H において実施した。

a）測定場所：集合住宅 Y（STB 使用）

集合住宅 Y（STB 使用）での遅延時間の測定結果を表 4.4.1.2.6-1 に示す。
IP 配信映像の遅延時間の測定結果は以下による。7.5Mbps については、3 回の速度測定を 1 セットとして、2 回測定を行った。

【集合住宅 Y】
・使用 STB：Panasonic　TZ-LT1500BW
・IP 配信伝送レート：ABR モード（標準レート：7.5Mbps）および 7.5Mbps、3.0Mbps、

1.5Mbps の各固定レート

表 4.4.1.2.6-1　IP 配信映像の遅延時間（集合住宅 Y）

回数	ABR モード（秒）	7.5Mbps 固定①（秒）	7.5Mbps 固定②（秒）	3.0Mbps 固定（秒）	1.5Mbps 固定（秒）	備　考
1	10.8	12.8	12.0	13.2	11.8	2022.02.08 測定
2	10.8	12.7	11.9	13.1	12.1	
3	10.7	12.9	12.0	13.4	12.0	

b)　測定場所：ホテル H（テレビ使用）

ホテル H（テレビ使用）での遅延時間の測定結果を表表 4.4.1.2.6-2 に示す。

・使用テレビ：Panasonic　TH-40JX750（ハイコネ対応）

・IP 配信伝送レート：OTV；7.5Mbps、OCN；3.0Mbps

表 4.4.1.2.6-2　IP 配信映像の遅延時間（ホテル H602 号室）

回数	OTV 7.5Mbps 固定（秒）	OCN 3.0Mbps 固定（秒）	備　考
1	13.6	7.7	OTV は、2022.02.19 測定 OCN は、2022.02.18 測定
2	13.6	7.2	
3	13.1	7.4	

2）考察

IP 配信映像の遅延時間は、使用する機材や伝送レートにより、少しずつ遅延時間が異なる結果がでたが、15 秒以下であり、問題ないレベルであると考える。むしろ、IP 放送への切替に戸惑った場合、逆に遅延時間が短いと見逃してしまう場合もあり、意図的に遅延時間を 30 秒程度長くした方がよいかもしれない。今後の実用化に向けて検討を行う。

4.4.1.2.7　定量的機能検証④

各測定ポイントにおける受信電力対通信速度測定

（１）検証の概要・目的

集合住宅に届く電波の強度と、窓からの距離（部屋の壁面の数）に応じた電界強度とスループットを測定する。（屋内のどの程度まで部屋の奥に設置できるかなどの判断の目安とする。）なお、本検証は、技術検証と同時に実施するものとし、サンプル数も検証期間内実施できる範囲内とする。

本評価検証は、数世帯の集合住宅の世帯に参加いただき、家庭内に端末を設置する場合の参考データとする。

（２）検証方法

集合住宅内の１区画において、各測定ポイント（例として、ベランダ、窓外側、窓内側、窓側の部屋、奥側の部屋など）に端末を設置して、受信レベルとローカル 5G 端末の伝送速度を測定する。

集合住宅において、ローカル 5G 端末の測定ポイントを目安として定めて測定を実施したが、電界強度が弱い場合（通信速度が遅い場合）は、適宜、設置場所を変えて測定を行った。

① 伝送スループットとパケットロス率の受信信号レベル特性
集合住宅の測定ポイント（階数別、住居区分）ごとに受信信号レベルおよびスループット、パケットロスの数値をプロットした図を作成した（受信信号レベルと端末の伝送速度との相関図を作成した。なお、本実証試験結果は、技術実証の一部のデータを使用した。）。
② 基地局と端末とが接続可能な限界値（しきい値）
本実証は、参考試験であるため、基地局と端末とが接続可能な受信信号レベルの限界値（しきい値）を上記の結果から推定した。
③ 集合住宅区画内の設置場所に対応した伝送スループットと受信信号レベルの
集合住宅１区画内の各測定ポイントに端末を設置し、受信信号レベルと通信速度をプロットした。各端末の設置場所と受信信号レベルおよび通信速度の関係を検証した。

（３）実証結果および考察

１）実証結果（伝送スループットとパケットロス率の受信信号レベル特性）

DL（Down Link）と UL（Up Link）における、伝送スループットとパケットロス率の受信信号レベル特性、その他の詳細測定結果は、「3 章　ローカル 5G の電波伝搬特性などに関する技術的検討（技術実証の）」の「3.3 実証内容」の「3.3.1 ローカル 5G の電波伝搬特性などの測定」の「3.3.1.4　実証結果および考察」の「(6) 伝送性能の測定」を参照されたい。

a) DL（Down Link）の伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性

図 3.3.1.4-33 に DL（Down Link）の伝送スループットとパケットロス率の受信電力特

性（測定点における受信電力との関係）を示す。なお、(ア)は、ホテル屋上基地局配下の端末の特性を、(イ)は、配電柱基地局配下の端末の特性を示す。

DL の伝送スループットとしては、本実証試験の提案書に記載された 160Mbps（8Mbps×20 台）を所要性能とした。

b) UL（Up Link）の伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性

図 3.3.1.4-32 に UL（Up Link）の伝送スループットとパケットロス率の受信電力特性（測定点における受信電力との関係）を示す。なお、(ア) は、ホテル屋上基地局配下の端末の特性を、(イ)は、配電柱基地局配下の端末の特性を示す。

UL の伝送スループットとして 40Mbps（2Mbps×20 台）を所要性能とした。

伝送性能の測定において、伝送スループットに関しては、DL では、RSRP 受信信号レベルが-100dBm 以上の測定点で 160Mbps の所要性能を実現でき、UL では、RSRP 受信信号レベルが-90dBm 以上の測定点で 40Mbps の所要性能を実現できた。

ローカル 5G 端末を用いる業務区域においては、所定の受信電力が得られるようにエリア設計を行い、その所定の受信電力が得られる場所においてローカル 5G 端末を設置または持ち運んで利用することになる。今回の実証で構築したシステムでは、UL で 40Mbps を達成するために RSRP 受信電力が-90dBm 以上になる場所で利用することが必要で、DL で 160Mbps を達成するためには、RSRP 受信電力が-100dBm 以上になる場所で利用にすることが必要である。

しかし、他の建築物の影、ベランダ壁面や窓の影響などで、集合住宅室内に十分な受信信号レベルが入り込まない場合は、次の実証試験で示すように、各集合住宅区画において、許容できる受信信号レベルが得られる場所を探す必要がある。

2）実験結果（基地局と端末とが接続可能な限界値（しきい値））

本実証で使用したシステム（基地局と端末局）が接続可能な限界値（しきい値）については、上記の「1） 伝送スループットとパケットロス率の受信信号レベル特性」の結果から、以下のとおり想定した。

実用的には RSRP 受信信号レベルが-105dBm 以上であれば、DL においては 100Mbps 以上の伝送速度が、また、UL においては 5Mbps 以上の伝送速度が得られている。したがって、おおよそ「-105dBm」がシステムで接続可能な受信信号レベルの限界値（しきい値）と考える。

3）実証結果（集合住宅 Y における測定）

集合住宅 Y において測定した結果を以下に示す。

次ページ以降に、測定系統図、集合住宅区画内のローカル 5G 端末設置場所などを示し、その後に各測定ポイントの受信信号レベル、下りの伝送速度の測定結果を示す。

・測定日　：2022 年 02 月 09 日、02 月 18 日
・測定場所：集合住宅 Y（配電柱局と集合住宅 Y との位置関係は、図 4.4.1.2.7-2 を参照）
・端末型式：FG900CS
・測定項目：受信レベルおよび伝送速度（下り回線、上り回線）

端末には負荷をなしの状態で、設置場所を変えて、受信信号レベルとランプの点灯状況を確認し、各設置場所において伝送速度を測定した。測定系統図は、図 4.4.1.2.7-1 を参照のこと。

・端末設置位置：ローカル 5G 端末（以下、「端末」という）の設置位置は、図 4.4.1.2.7-3 の「集合住宅区画内のローカル 5G 端末設置場所」を参照のこと

①受信信号レベルの測定

端末内部のレベル測定機能で測定した受信信号レベルを WEB 画面から吸い上げる方法で RSRP（Reference Signal Received Power）測定した。

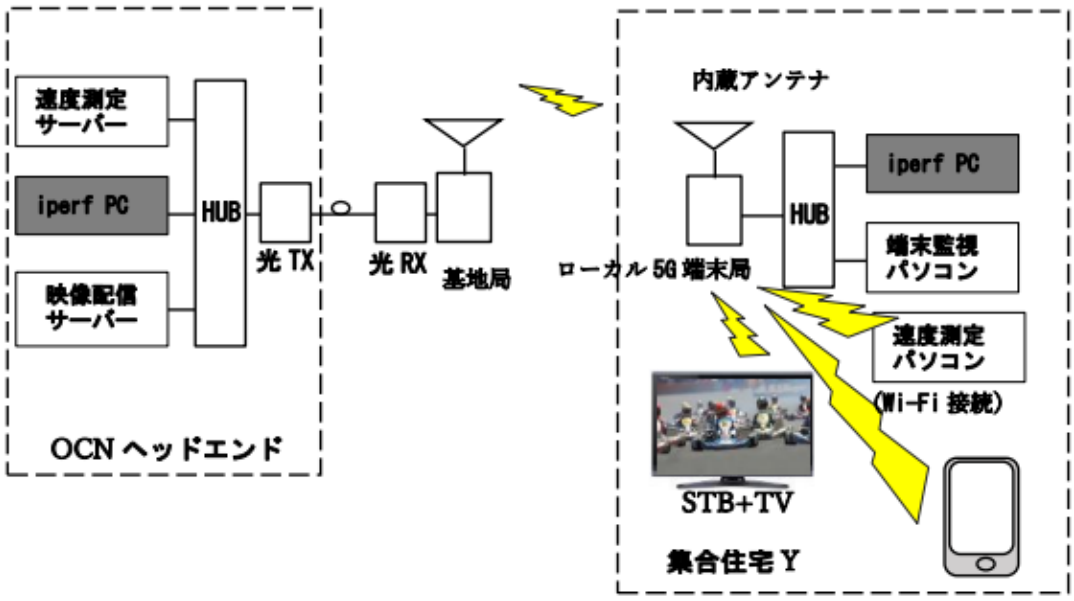
②通信速度の測定

OCN の設置した速度測定サイトに接続し、各端末の設置ポイントにおいて、上り回線および下り回線の速度を行った。原則として 3 回測定を行った。

③受信レベルによる LED 表示

端末のレベル表示は以下による（端末の取扱説明書より抜粋）。

電界レベル 5：(強)　緑点灯
電界レベル 5：(強)　緑点灯
電界レベル 4：　緑点滅
電界レベル 3：　橙点灯
電界レベル 2　：橙点滅
電界レベル 1：　赤点灯
電界レベル 0：(弱)　赤点滅
圏　外　　：消灯

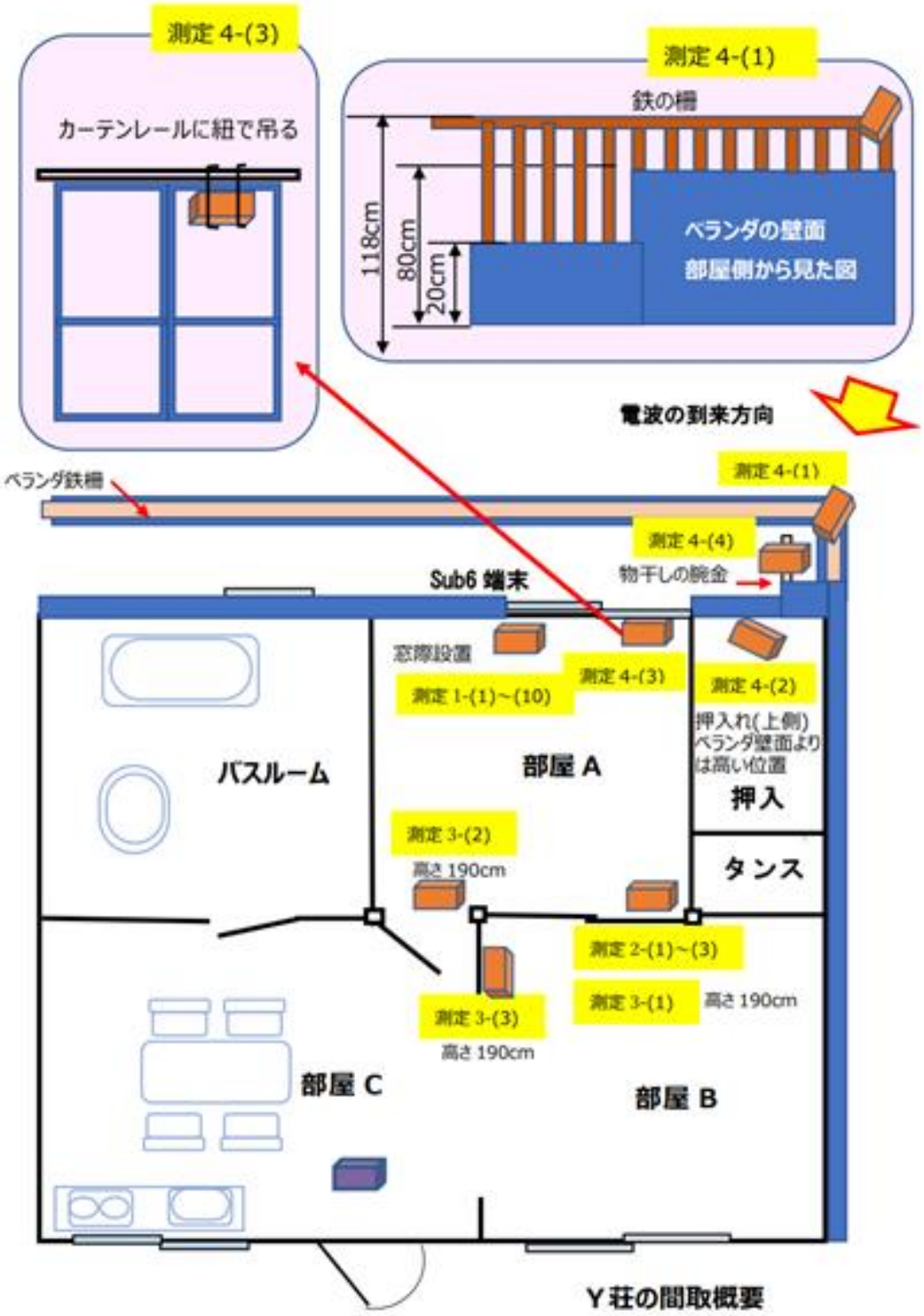


注：1. 速度測定は、ラップトップパソコンにより、ローカル 5G 端末の Wi-Fi と接続して実施した。
2. 速度測定のみの場合は、映像配信サーバー、iperf PC は不使用。ただし、随時、画像の確認等を実施した。

図 4.4.1.2.7-1 集合住宅 Y における受信電力対通信速度測定　系統図

引用元：Google 社「Google Map」

図 4.4.1.2.7-2　配電柱局と集合住宅 Y との位置関係



注：1. 間取りは概要を示したもの。また、上記の測定ポイントの凡その位置である。

2. 配電柱局の電波をローカル５Ｇ端末で受信し、端末内蔵の 5G 帯の Wi-Fi を経由して、パソコンにより速度測定サイトから伝送速度の測定を行った。

図 4.4.1.2.7-3　集合住宅区画内のローカル 5G 端末設置場所

a）窓際に端末を設置した場合の測定

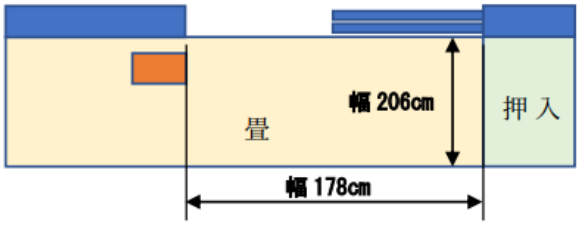
窓際に端末を設置した場合の受信信号レベル（RSRP）、通信速度（DL: Down Link および UL: Up Link）を測定した（合わせて、受信レベルを示す LED ランプの状況も確認）。

窓際に端末を設置した場合の 10 種の測定結果（測定 1-（1）～測定 1-（10））を以下に示す（図番号は省略）。

測定 1-（1）　窓際 畳に直置き、受信レベル：**-99dBm～-102dBm（赤点灯）**2～3dB の変動

表 4.4.1.2.7-1　通信速度　測定 1-（1）　窓際 畳に直置き（壁より深い位置）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	11.6	14.7	左側窓の壁寄り深い位置
2	10.8	13.3	
3	13.9	12.4	



測定 1-（2）　窓際 畳に直置き、受信レベル：**-99dBm（赤点滅）**

表 4.4.1.2.7-2　通信速度 測定 1-（2）　窓際 畳に直置き（壁より浅い位置）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	32.5	19.7	左側窓の壁寄り浅い位置
2	42.2	18.8	
3	33.4	18.1	

測定 1-（3）　窓際 畳に直置き、受信レベル：**-97dBm～-100dBm（赤点灯）** 2～3dB 変動

表 4.4.1.2.7-3　通信速度　測定 1-（3）　窓際 畳に直置き（左窓中央付近）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	38.1.	19.3	左側窓の中央
2	43.2	19.2	
3	32.0	19.3	

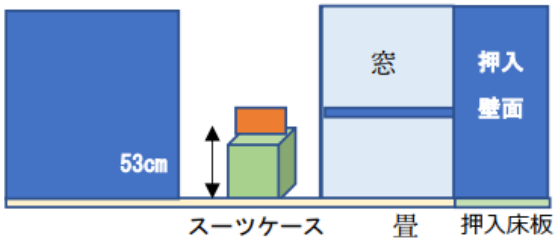
結果［測定 1-（1）～（3）］

開放した窓の付近の、畳面に端末を直置きした場合、前方の建物の遮へいと、ベランダの遮へいのダブルの影響で、かなり電波は減衰する。受信レベルは低く、通信速度は実用的な伝送速度に達していなかった。とくに建物躯体の壁の影では、遮へいの影響が大きく RSRP は、-100dBm 以下となった。

測定 1-（4） 窓際 窓中央のスーツケースの上に横置、受信レベル**-78dBm（緑点灯）** 窓開

表 4.4.1.2.7-4 通信速度 測定 1-（4） 窓際 スーツケース上（高さ 53cm）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備 考
1	228	36.1	スーツケース上 高さ 53cm
2	230	36.0	
3	223	36.2	



結果［測定 1-（4)］

端末の高さを畳面（上記の「1-（3)」の状態）から 53cm 高く（スーツケースを使用）することにより、大幅に受信レベルが上昇し（20dB 程度の上昇）、通信速度も大幅に上昇した。

受信レベルは、-100dBm 付近から-80dB 程度まで上昇）。

【測定 1-（3）および測定 1-（4）の測定状況】

測定 1-（3）および測定 1-（4）の測定状況を図 4.4.1.2.7-4、図 4.4.1.2.7-5 に示す。

(a) 測定 1-(3)の測定状況
（窓際、窓左側中央付近、畳面に直置き）

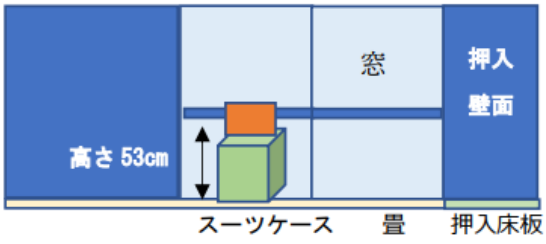
b) 測定 1-(4)の測定状況
（窓際、窓左側中央付近、スーツケース上高さ 53cm）

左 図 4.4.1.2.7-4 測定 1-（3）の測定状況（左窓中央付近）
右 図 4.4.1.2.7-5「測定 1-（4)」の測定状況（窓開）

測定 1-（5） 窓際 窓中央のスーツケース上、受信レベル：**-95dBm～-94dBm（緑点滅）** 窓閉

表 4.4.1.2.7-5 通信速度 窓際 窓中央のスーツケースの上に横置（窓閉）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備 考
1	113	26.6	窓閉 スーツケース上 高さ 53cm
2	121	26.0	
3	108	25.7	



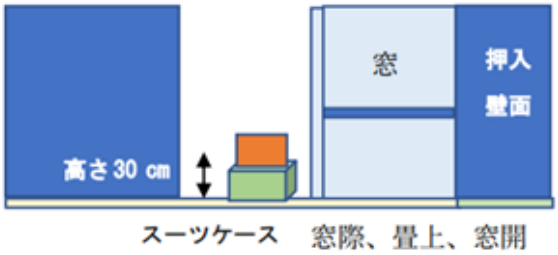
結果［測定 1-（5)］

上記の「測定 1-（4)」の状況で窓を閉めた場合、窓枠（アルミ製）の影響と思われる大幅なレベルダウンが発生した（15dB 程度のレベルダウン）。

測定 1-（6） 窓際 窓中央のスーツケース上、受信レベル：**-93dBm～-94dBm（緑点滅）**
窓開

表 4.4.1.2.7-6 通信速度 窓際 窓中央のスーツケース上（高さ 30cm）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備 考
1	84.7	34.9	高さ 30cm 窓開
2	59.8	35.4	
3	76.5	33.7	

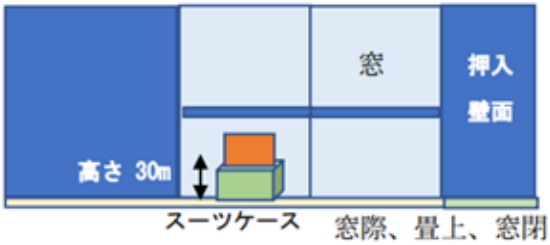


結果［測定 1-（6）］
上記の「測定 1-（5）」状況から端末の高さを 30cm とすると、「測定 1-（5）」の時に比べ、受信レベル、伝送速度ともかなり低下した。

測定 1-（7） 窓際 窓中央のスーツケース上、受信レベル：**-90dBm～-91dBm（緑点滅）**

表 4.4.1.2.7-7 通信速度 窓際 窓中央のスーツケース上（高さ 30cm,窓閉）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備 考
1	183	30.2	高さ 30cm 窓閉
2	195	30.9	
3	205	30.9	

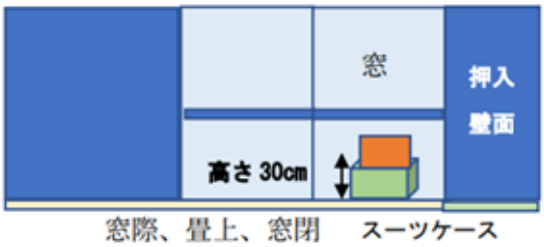


結果［測定 1-（7）］
窓を閉めることにより、受信レベル、伝送速度とも上昇した。なお、右側の窓を左に寄せ、窓を二重にした状態で測定した場合の受信レベルも、-91dBm 程度であまり低下しなかった。

測定 1-（8） 窓際 右窓中央のスーツケース上、受信レベル：**-91dBm（緑点滅）**

表 4.4.1.2.7-8 通信速度 窓際 右窓中央のスーツケース上（高さ 30cm,窓閉）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備 考
1	170	34.0	右窓中央 高さ 30cm 窓閉
2	169	35.1	
3	167	33.4	



結果［測定 1-（8）］
左側窓から右側窓に移動しても、受信レベル、伝送速度ともあまり変化がなかった。

測定 1-（9） 窓側の網戸の桟の上、受信レベル：**-82dBm（緑点灯）**

表 4.4.1.2.7-9　通信速度 右窓側の網戸の桟の上（高さ 68cm）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	204	30.5	窓開
2	181	30.3	網戸
3	183	30.7	

結果［測定：1-（9)］

網戸の桟の高さは、畳面から 68cm あり、ベランダの鉄筋コンクリートの壁の影響がさらに軽減され、受信レベル、通信速度とも大幅に上昇した。

測定 1-（10） 右窓側の網戸の畳の上に端末を設置、受信レベル：**-104dBm（赤点滅）**

表 4.4.1.2.7-10　通信速度 右窓側の網戸の畳の上

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	15.2	21.5	窓開
2	18.3	21.6	畳の上
3	22.2	21.5	

結果［測定 1-（10)］

ベランダの鉄筋コンクリートの壁の影響を受けるようで、上記から 20dB 以上のレベル低下となった（左側窓に置いた場合：測定 1-（3）と同等）。

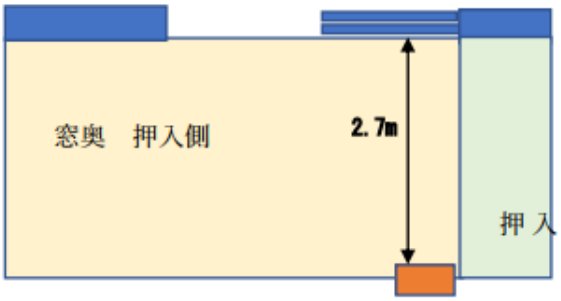
b)　部屋の奥側での測定

窓を開けた状態で端末の奥（窓から約 3m 離れたポイント）で、端末の高さを変えて測定を行った。また、ベランダ側の窓を開けた場合、閉めた場合について受信レベル、通信速度の測定を行った（受信レベルが低い場合は、窓は開けた状態としている）。

測定 2-（1） 部屋奥右側 畳直置き　受信レベル：**-105dBm～-107dBm（赤点灯/赤点灯）**

表 4.4.1.2.7-11　通信速度　部屋奥右側 畳直置き

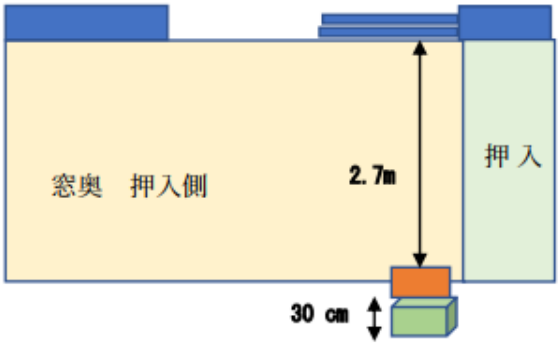
回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	16.6	8.04	畳直置き 窓　か　ら 2.7m 奥
2	12.9	8.12	
3	32.0	8.11	



測定 2-（2） 部屋奥右側 畳から 20cm　受信レベル：**-105dBm（赤点滅）**

表 4.4.1.2.7-12　通信速度　部屋奥右側 畳から 30cm

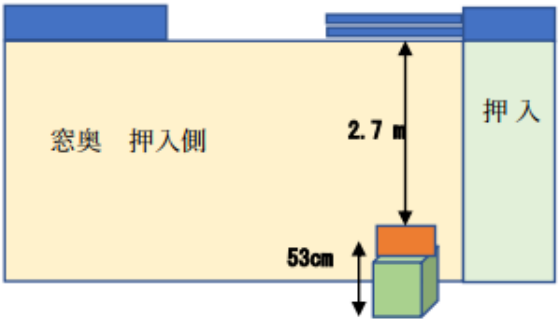
回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	20.1	16.0	スーツケース上 0.3m 窓　か　ら 2.7m 奥
2	14.0	16.8	
3	15.3	16.4	



測定 2-（3） 部屋奥右側 畳から 53cm　受信レベル：**-97dBm（赤点灯）**

表 4.4.1.2.7-13　通信速度　部屋奥右側 畳から 53cm

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	19.6	16.3	スーツケース上 53cm 窓　か　ら 2.7m 奥
2	19.7	16.4	
3	38.0	15.8	
4	14.1	16.5	
5	16.6	16.6	



結果［測定 2-（1）～（3）］

端末の位置を高くするとレベルは上昇するが、窓際に設置した場合とことなり、速度はそれほど上昇しない。レベルが不安定のため、5 回の測定を行った。

b) 部屋奥のかもいの上に端末を設置した場合の測定

窓を開けた状態で端末の奥（窓から約 3m 離れたポイント）で、端末の高さ 1.9m まで上げて測定を行った。端末の配置図を図 4.4.1.2.7-6 に示す。

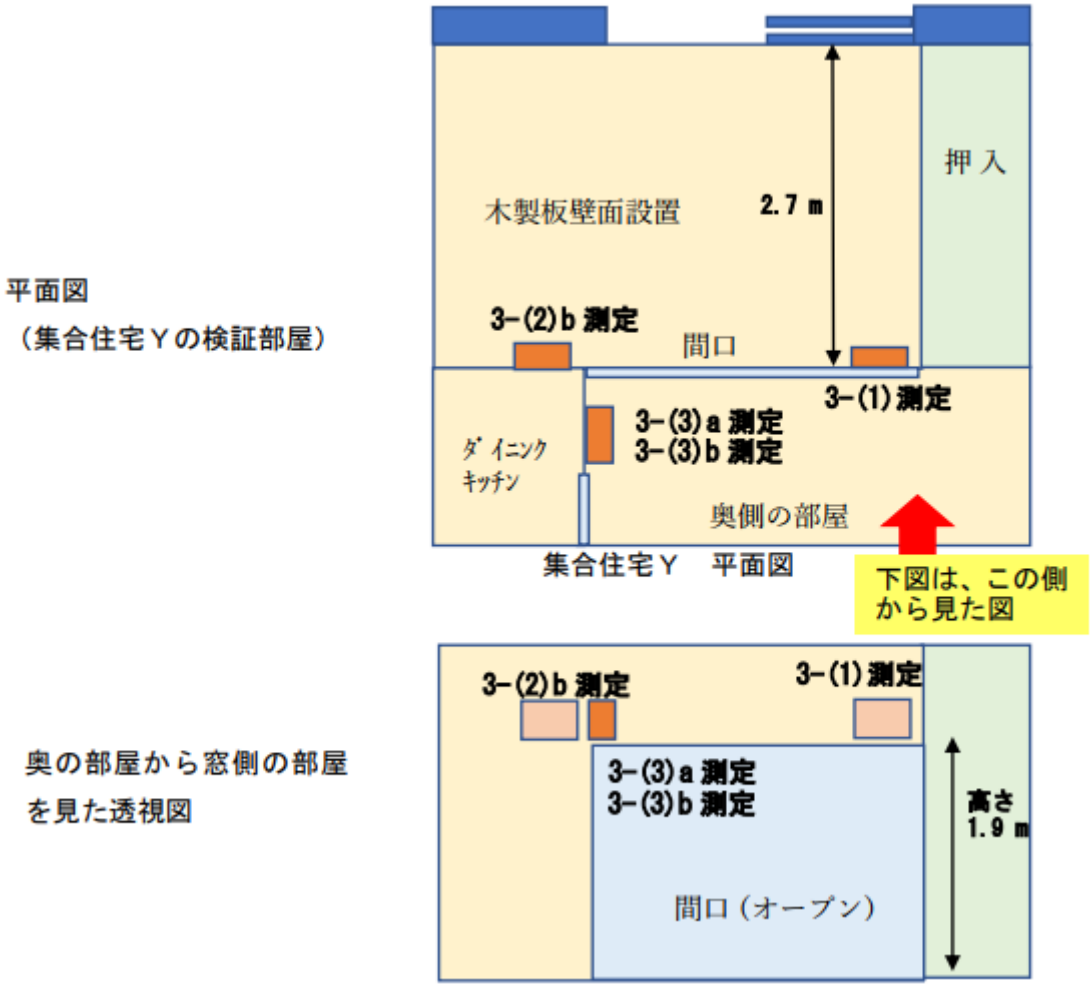


図 4.4.1.2.7-6　端末の高さを 1.9m にした場合の設置場所（集合住宅 Y）

測定 3-（1） 部屋奥 木製板壁面設置（右側）受信レベル：**-107dBm（赤点滅）**

表 4.4.1.2.7-14　通信速度　部屋奥右側 畳面から 1.9m

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	18.8	9.78	**ベランダ窓開** 畳面からの高さ 1.9m
2	12.3	8.75	
3	12.9	10.0	

結果［測定 3-（1)］

端末の位置を「測定 2-（1)」の設置位置から 1.9m 高くした場合でも、受信レベルと伝送速度は「測定 2-（1)」の場合とほぼ同等であった。

測定 3-（2）a 部屋奥 木製板壁面設置（左側）受信レベル：**-92dBm（緑点滅)、高さ 1.9m**

表 4.4.1.2.7-15　通信速度　部屋奥左側 畳面から 1.9m

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	70.9	19.1	**ベランダ窓開**、畳面からの高さ 1.9m
2	76.8	17.8	
3	63.9	17.1	

結果［測定 3-（2）a]

畳面から同じ高さ（1.9m）で、端末を右側から、左側に移動すると、受信レベルは 15dB 程度上昇した。また、伝送速度は、70Mbps 付近となった。

測定 3-(2) b 部屋奥 木製板壁面設置（**右側**）受信レベル：**-87dBm（緑点滅）高さ 1.9m （窓閉）**

表 4.4.1.2.7-16　通信速度　部屋奥左側 畳面から 1.9m

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	133	27.9	**窓閉** 畳面からの高さ 1.9m
2	111	26.4	
3	132	26.7	

結果［測定 3-（2）b]

「測定 3-（2）a」の状態で、ベランダ側の窓を閉じると、受信レベルは 3～4dB 上昇し、通信速度も 100Mbps 以上となった。アルミサッシの窓の影響で、室内の電波伝搬の状況が変わったためと思われるが、他の集合住宅などでも調査を行い確認する必要がある。

測定 3-（3）a 奥側の部屋 木製板壁面設置（左側）受信レベル：**-104dBm（橙点灯） 高さ 1.9m**

表 4.4.1.2.7-17　通信速度　部屋奥左側 畳面から 1.9m

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	107	13.4	**窓開**
2	94.5	13.6	
3	101	12.7	

結果［測定 3-（3）a］

窓からさらに離れた「3-（2）a」の測定ポイントにおいても、レベル低下するものの、100Mbps 程度の実用的な速度が確認できた。

測定 3-（3）b 奥側の部屋 製板壁面設置（左側、窓閉）受信レベル：**-106dBm（橙点灯）**

表 4.4.1.2.7-18　通信速度　奥側の部屋左側 畳面から 1.9m

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	49.4	10.7	**窓閉**
2	56.0	10.8	
3	41.2	11.0	

結果［測定 3-（3）b］

上記の状態から、ベランダ側の窓を閉めると、「3-（2）b」とは異なり、受信レベル、通信速度とも低下した。受信レベル低下以上の速度低下が発生した（上記の半分程度の速度）。

端末のレベル計は簡易的な測定であるため、測定の確度（正確度）は低いと思われ、端末の凡その設置場所を決定するには端末の LED 受信レベルインジケーターで判断してもよいであろう。しかし最終的な設置場所が確定した場合は、実際の伝送速度の測定は必須と思われる。

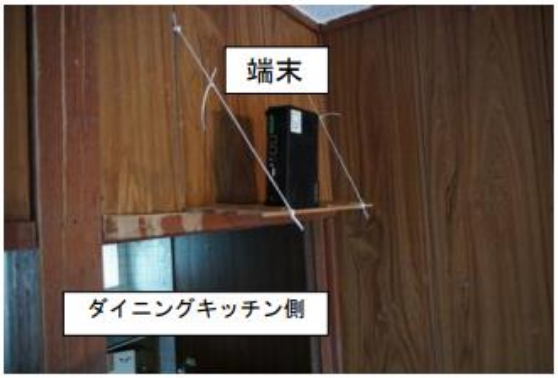


図 4.4.1.2.7-7　測定時の端末設置状況（測定 3-(2)a および 測定 3-(2)b）

図 4.4.1.2.7-8　測定時の端末設置状況（測定 3-(3)a および測定 3-(3)b）

c) その他の場所での測定

上記以外の集合住宅内の測定ポイントでの測定結果を以下に示す。

測定 4-（1） ベランダ設置での受信レベル：**-74dBm（緑点灯）**

表 4.4.1.2.7-19　通信速度　ベランダ設置（屋外）

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	297	54.5	安定度みるために 5 回測定
2	281	23.2	
3	276	55.5	
4	289	48.3	
5	280	55.4	

（注：鉄柵上の受信レベルが良好なポイントでの測定）

集合住宅 Y のベランダの右端へ行くと、かろうじて黄色の丸の中に示す「配電柱局」が目視できる。上の写真は、ベランダ右端の角（かど）に設置した状況を示す。この場所に設置することで、概ね 300Mbps の速度が得られた。

図 4.4.1.2.7-9　配電柱局と集合住宅 Y との位置関係（写真）

結果［測定 4-（1）］

ベランダ（向かって右端）に端末を設置した場合、最も高い受信レベルと伝送速度が確認できた。

測定 4-（2） 押入の中　受信レベル：**-95dBm（橙点灯）**

表 4.4.1.2.7-20　通信速度 押入の中

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	40.8	10.0	窓閉
2	30.6	10.2	
3	29.8	10.2	

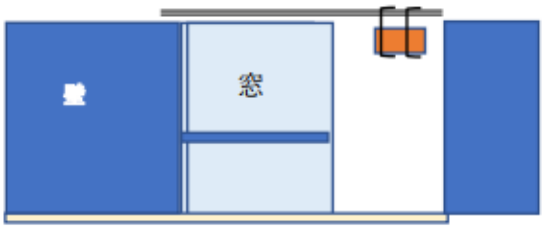
結果［測定 4-（2)］

押入の中の測定では、畳面に設置した場合よりも、伝送速度は向上した。受信レベルは高いが、それほど伝送速度は出ていなかった。人が近付くとレベルが数 dB 変化し、外壁から通過した電波よりも、窓からの回り込みや反射によって通信ができているものと思われる。

測定 4-（3）a カーテンレールに吊り下げた状態（窓開）**受信レベル**：-86dBm（緑点滅）

表 4.4.1.2.7-21　通信速度 カーテンレールに吊り下げた状態（窓開）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	294	45.5	**窓開 2022.02.18 測定**
2	296	44.5	
3	296	42.8	



結果［測定 4-（3）a]

カーテンレール（右側窓の中央付近）に端末を吊り下げると、受信レベルと通信速度の向上に非常に効果があることが分かった。カーテンレールの右側に吊り下げた場合、躯体壁面とアルミサッシ枠により遮へいされると思われ、受信電界は低下した。

測定 4-（3）b カーテンレールに吊り下げた状態（窓閉）**受信レベル**：-93dBm（橙点灯）

表 4.4.1.2.7-22　通信速度 カーテンレールに吊り下げた状態（窓閉）

回数	DL(Mbps)	UL(Mbps)	備　考
1	250	35.5	**窓閉 2022.02.18 測定**
2	184	35.3	
3	241	34.5	

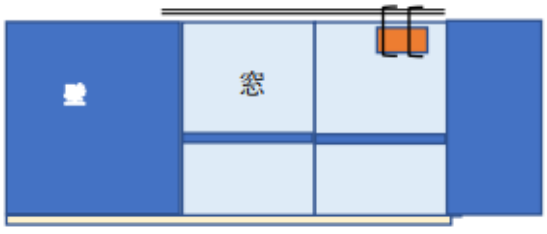


図 4.4.1.2.7-10　測定時の端末設置状況
（測定 4-(3)a カーテンレール吊り下げ）
（窓開）

図 4.4.1.2.7-11　測定時の端末設置状況
（測定 4-(3)b カーテンレール吊り下げ）
（窓閉）

結果［測定 4-（3）b］

「測定 4-（3）a」の状態で、窓を閉じると受信レベルは 7dB 程度低下した。しかし、伝送速度は、200Mbps を維持しており、金網入りの一重ガラスであれば、問題となる減衰がないことが確認できた。

端末をカーテンレールに吊る方法は、屋内で良好な電波受信ポイントを得る方法としては有効であるが、顧客としては許容できない設置方法であり、いわゆる「見栄え」を考えた設置方法の検討が必要である。

測定 4-（4）　ベランダ（物干し竿用腕金の上）受信レベル：-83dBm（緑点灯）

表 4.4.1.2.7-23　通信速度　ベランダ（物干し竿用腕金の上）

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	277	39.4	2022.02.18 測定
2	267	41.2	
3	277	41.7	

結果［測定 4-（4)］

集合住宅のベランダに設置された物干し竿用腕金の上に端末を設置して、受信レベルおよび伝送速度を測定したが、ベランダ右端への設置（測定 4-（1））よりも劣る結果となった。

ただし、300Mbps に近い伝送速度は得られている。ベランダ設置よりも高い位置に設置したわりには、良好な効果が得られなかった。

この方法により、現状の端末を用いて恒常的に設置する場合には、放熱と防水を考慮した対応が必要となる。

4.4.1.2.7-14　測定時の端末設置状況
（測定 4-(4) ベランダ（物干し竿用腕金の上））

d)　参考測定（測定環境の影響確認のための測定）

端末の受信レベルの測定に使った、リモートデスクトップツールである「Any desk」の影響の有無の有無について測定、確認を行った。

表 4.4.1.2.7-24　「Any desk」使用時（受信レベル　-95dBm）

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	102	26.3	監視 ON
2	115	27.0	
3	114	27.5	
4	108	26.8	
5	109	27.7	

表 4.4.1.2.7-25「Any desk」　Off 時（受信レベル　-95dBm）

回数	DL（Mbps）	UL（Mbps）	備　考
1	119	27.0	監視 OFF
2	106	27.5	
3	112	27.4	
4	117	27.4	
5	112	27.8	

【確認測定の結果】

Any desk　On 時は、Off 時に比べて、数 Mbps の低下も見られるが、測定に影響されるほどではないと判断した。

４）考察

a） ベランダの影響

配電柱局配下にある集合住宅 Y では、畳に直置きした場合、前方の建物の遮へいと、ベランダ鉄筋壁面の遮へいのダブルの影響で、かなり電波は減衰する。端末を畳面から 50cm 程度上に設置すると急激に受信レベルが増加する（畳面への直置きと比べ、受信レベルは 20dB 程度増加した）。

b） 端末の設置時の床面（畳面）からの高さ

配電柱局のような低い場所に基地局を設置する場合は、端末局は、ベランダの壁面よりも高い位置に設置する必要がある（できる限り、高い位置にあることが望ましい）。

ベランダ壁面による遮へいが少なくなると、躯体の裏（押入の中）でも、ある程度受信できる。これは、回り込みや壁面の反射によるものと思われる（押入の上の段の高さは、1m 程度）。

c） 室内への電波の侵入

室内へ侵入する電波の方向を考慮して、畳面から 1.9m の位置で端末の設置位置を選べば、実用的な通信速度（下り 100Mbps 程度は得られることが分かった。（ベランダに向かって）右側窓から下から斜めに入射した電波は、部屋の奥の上に到達するようである。また、窓に向かって右側の位置では、同じ高さ 1.9m の位置でも、窓から入った電波の角度から、電波が到達し難いこと分かった。

d） ガラス窓の影響

窓ガラスの金属メッシュは、思ったほど減衰がないと思われる（ただし、今回の場合、窓を閉じることにより、設置場所によっては、窓アルミ枠によって、電波伝搬の状況が変わり、受信レベルが強くなる場合も見られた。他の事例についても確認が必要と考える）。

沖縄では、温暖な気候であるため、二重窓は少ないと思われるが、寒冷地では、二重ガラス窓、三重ガラス窓も使用するため、その影響も確認する必要がある。

さらに、最近では、Low-E ガラス（Low Emissivity：ガラスに薄い金属膜を貼って日射熱を遮断するガラスのこと）も使用され始めている。Low-E ガラスは、1nm の薄い金属膜を張り付けもので 20dB 程度電波が減衰するとされている（Low-E ガラスの減衰量は Sub6 とミリ波とでほとんど差ない）。今後、このようなガラスを使用した住宅にも対応する必要がある。

e） 端末のベランダ設置の対応

基地局アンテナが見通し上にない場合、端末をベランダに設置が必要となる場合があり、防水、引込の工夫が必要となる。

上記のように、住宅において Low-E ガラスを使用している場合、基本的には、ベランダなどの設置が必要になると思われる。この場合、Wi-Fi の電波も通さないため、端末とは、PoE 対応のイーサネットケーブルで接続し、室内に設けたアクセスポイントを設

置する方法などの検討も必要である）。

f)　端末における基地局電波の受信面

受信面の違いによる伝送速度の比較では、裏面での受信を除けば、とくに大きな違いは見られなかった。アンテナは 4 基が実装されており、受信時には 4 基で、送信時は 2 基を使用しており、水平/垂直の偏波ダイバーシティにより通信行っているため、端末受信面による受信レベルの差異はほとんどないようである。遮へい物の影響を受けない設置場所の確保と、電波の到来方向を押さえることが重要と思われる（とくにベランダの壁面の高さに注意が必要）。

4.4.1.3　運用検証

新たな業務フローとして、これまでの放送サービスシステム、通信サービスシステムの運用、監視、保守業務に加え、ローカル 5G サービスの運用、監視、保守フローを加える。ただし、基地局システムは外部委託による運用、監視、保守業務を行うものとする。

監視システムの対象が増加する一方で、今後、人員不足が想定されるため、以下の対応を検討する。

①監視フローの自動化、AI による障害予測システムの導入を検討する。
②運用、監視については、高度化システムを検討し、ケーブルテレビ業界全体で、横展開を図る（一部の運用、監視システムは、（一社）日本ケーブルラボにおいて検討に着手)。
③ケーブルテレビ業界のローカル 5G コアを設置し､共同利用することにより共同で運用、保守を行うことにより、担当人員の削減を検討し、運用・保守のコストダウンを図る。

L5G システムは外部委託による運用、監視、保守業務を行うものとするが、顧客先への端末設置、説明などには、自社内に技術的な知識が必要となるため、今回の検証に基づいた「端末の設定・設置・操作マニュアルなど」を作成する。

顧客のタブレットにはハイブリッドキャスト・アプリをインストールするが必要となるためインストール方法の説明、タブレットおよびアプリの操作説明マニュアルなどを作成する。商用化に向けて後述の各種マニュアル整備を検討する。

タブレット、スマートフォンの操作性については、高齢者や体の不自由な方も容易に操作できるよう、ユーザーインターフェースの設計・検討を行うほか、実証検証の評価を踏まえ、改良を進める。

研修・教育の計画に関しては、ローカル 5G 専任者を育成するため、集中的に研修・教育を受けさせて、エキスパートを育成する。そのエキスパートが中心となって、他の社内メンバーの育成を進める。

表 4.4.1.3-1　運用検証項目一覧

検証項目	検証の概要・目的
4.4.1.3.1　運用検証① ローカル 5G システム・サービス運用マニュアル（社員向け）	社員向けの「ローカル 5G システム・端末設置など、顧客対応マニュアル」を作成し、その有効性検証する。
4.4.1.3.2　運用検証② ローカル 5G システム利用マニュアル（顧客向け）	顧客向けの「ローカル 5G システム・端末設置など、顧客対応マニュアル」を作成し、その有効性検証する。
4.4.1.3.3　運用検証③ ハイコネシステム設定・操作マニュアル（ユーザーインターフェース）	本実証に参加いただくモニターの方に専用タブレット画面（専用アプリを実装）での設定、切替操作の操作マニュアルなどを作成し、問題なく操作できることを検証する。

4.4.1.3.4 運用検証④ ローカル 5G サービス導入手引書（案）	電波伝搬調査などから屋上基地局と配電柱基地局の最適な設置条件を導き出す知見を記載するほか、ローカル 5G 端末の設置場所の留意事項、端末設置時の機能、性能の確認方法のなど、サービスの導入に必要な事項を記載した「導入手引書」を作成する。なお、「導入手引書」は、他事業者への横展開を意識した内容となるよう留意する。

4.4.1.3.1　運用検証①

ローカル 5G システム・サービス運用マニュアル（社員向け）

（1) 評価・検証項目

社員向けの「ローカル 5G システム・端末設置など、顧客対応マニュアル」を作成し、その有効性検証する。

（2）評価・検証方法

1）マニュアルの検証

マニュアルの以下の内容を評価・検証する。

①作業マニュアルどおりに端末の登録、設定ができることを確認する。
②戸建、集合住宅の向きや構造（ベランダの有無）や遮へい物の有無などによる設置基準（ガイドライン）が正しく記載されているか実施にマニュアル使用して確認する。
③安全関する規定は法令どおり記載されているかを確認する。
④アウトプットイメージ：マニュアル改修のためのチェックリストの作成（要修正の意見を本サービスのマニュアルに反映させる）

連絡体制

障害発生から障害内容のエスカレーション体制を構築して障害発生時のシステム復旧対応、顧客対応の検証を行う。
体制表を作成し、エスカレーションルートどおりに伝達ができるか検証する。

①1 日に数回端末の死活確認を行い、異常があれば、関係者にメールの通知を発報する
②モニターからの通信異常の連絡あれば、状況をローカル 5G 担当者に通知する

（3）実証結果および考察

今回実証をおこなったローカル 5G システムは、安定した品質提供および運用の観点で監視システムなどに改善点が散見された。以下に主な課題を記載する。

- ✓ 障害が発生しても、自動でアラームが関係者に発報できない。
- ✓ リモートでパソコンなどから手動で確認を行わないとどこに障害が発生したのか特定できない。
- ✓ ローカル 5G コア、センター装置の障害は発生し、復旧した場合でも、端末が自動復旧できない（一部は自動復旧した）

上記の課題については、商用化に向けて、ローカル 5G のトータルシステムにおいてセルフチェック機能、監視機能、障害発生時の発報機能等を強化する。また、端末については、一定時間、基地局との通信が途絶えた際には端末自体を再起動させる等、自己復旧機能を強化する。

4.4.1.3.2　運用検証②

ローカル 5G システム利用マニュアル（顧客向け）

（1）評価・検証項目

顧客向けの「ローカル 5G システム・端末設置など、顧客対応マニュアル」を作成し、その有効性検証する。

（2）評価・検証方法

マニュアルの以下の内容を評価・検証する。

①作業マニュアルどおりに操作を行い、高速インターネットサービスが利用できることを確認する。
②安全関する規定は法令どおり記載されているかを確認する。
③トラブル発生時の対応が記載されおり、適切な内容であること確認する。
④平易な分かりやすい言葉で書かれていることを確認する。

（3）実証結果および考察

マニュアル改修のためのチェックリストを作成する（採用可能な意見を本サービスのマニュアルに反映させる）。

ローカル 5G 端末関連のマニュアル

ローカル 5G 端末関連のマニュアルは、メーカーで作成した「取扱説明書」を流用してモニター宅に配布した。完成度の高いマニュアルであり、「トラブル発生時の対応」以外は問題のない内容であった。

a）高速インターネットサービスの利用

端末自体の設置方法、設定方法、ケーブルなどの接続方法なども記載されており、問題のない内容であることを確認した。今回は実証試験であるため、モニターへの端末設置時の設定の確認、接続確認を行った。

b）安全に関する規定

安全に関する規定は、法令どおり記載されていた。

c）トラブル発生時の対応

端末自体の異常（異常動作、発熱、発煙など）の対策は記載されているが、システムダウンの際の復旧対応などの記載はなかった。

トラブルの対応においては、OCN のサービスセンターに電話していただきことで対応した。また、長期間、接続されていない端末が発見された場合は、OCN の検証スタッフら電話での問い合わせを実施した。電源の再投入や、端末の設置状況などの確認を依頼した。

d）平易な分かりやすい言葉での記載か

平易な分かりやすい言葉で記載されていた。

ローカル 5G システム自体の動作が不安定であり、かつ十分な監視システムも有していないため、運用体制は、商用化に向けた今後の重要課題となった。

上記の対応としては、先に挙げたローカル５Ｇシステムの安定動作の改良を進めるほか、通信不可の発生時において、加入者がある程度の状態確認の方法や、電源リセット等の復旧手法について説明文を追加する。

4.4.1.3.3　運用検証③

ハイコネシステム設定・操作マニュアル（ユーザーインターフェース）

（1）評価・検証項目

本実証に参加いただくモニターの方に専用タブレット画面（専用アプリを実装）での設定、切替操作の操作マニュアルなどを作成し、問題なく操作できることを検証する。

（2）評価・検証方法

モニター参加いただく方全員に実際にマニュアルを見ながらタブレットへの設定および操作を行っていただき、設定操作のしやすさ、マニュアルの分かりやすさについて確認していただく。アンケート調査を行い評価するが、自由記入欄には、改善すべきところ、評価できるところがあれば、自由に記載いただいた。

（3）実証結果および考察

1）実証結果（マニュアルの分かりやすさ）

ハイコネアプリのマニュアル（設定・操作方法）に関するアンケート結果を以下に示す。

切替操作を行うために、マニュアルを必要としたか、必要とした場合、マニュアルは分かりややすかったかについて調査した。モニターへのアンケート結果を図 4.4.1.3.3-1 に示す。

「マニュアルなしで操作できたと」の回答は、38%（5 名）で、「マニュアルが分かりやすい」との回答は、31%（4 名）、「わかりにくい」との回答は、31%（4 名）、であった。

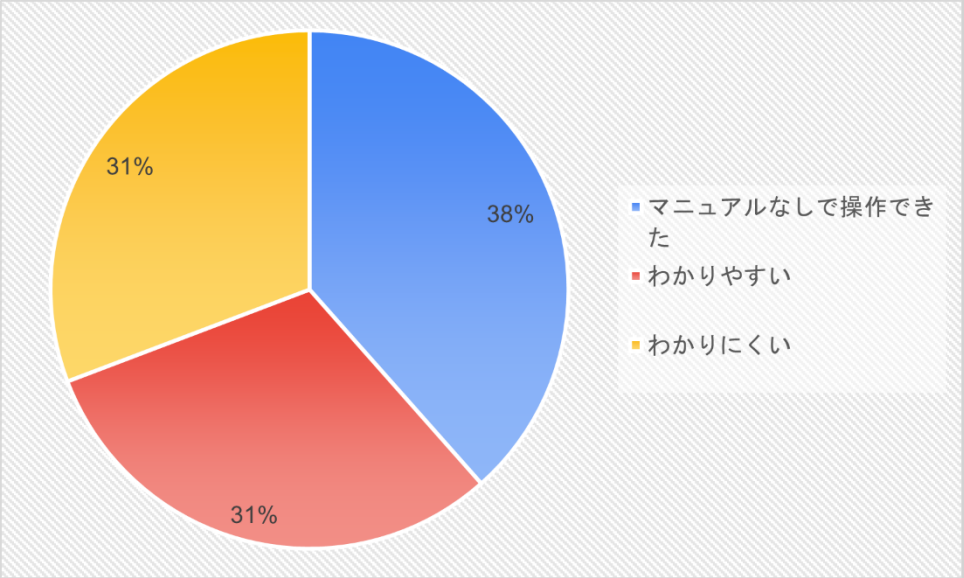


図 4.4.1.3.3-1　マニュアルの必要性およびわかりやすさ
（第 1 回アンケート　設問⑯：回答数 13）

2）実証結果（アプリの操作性）

ハイコネアプリに対する感想などをアンケートの参考項目とした。結果を図 4.4.1.3.3-2 にまとめた。「たいへん満足」が 38%（5 名）であるのに対し、使いにくいという回答が、半数近く 46%（6 名）を占めることとなった。また、「機能が少ない」との回答は、15%（2 名）であった。

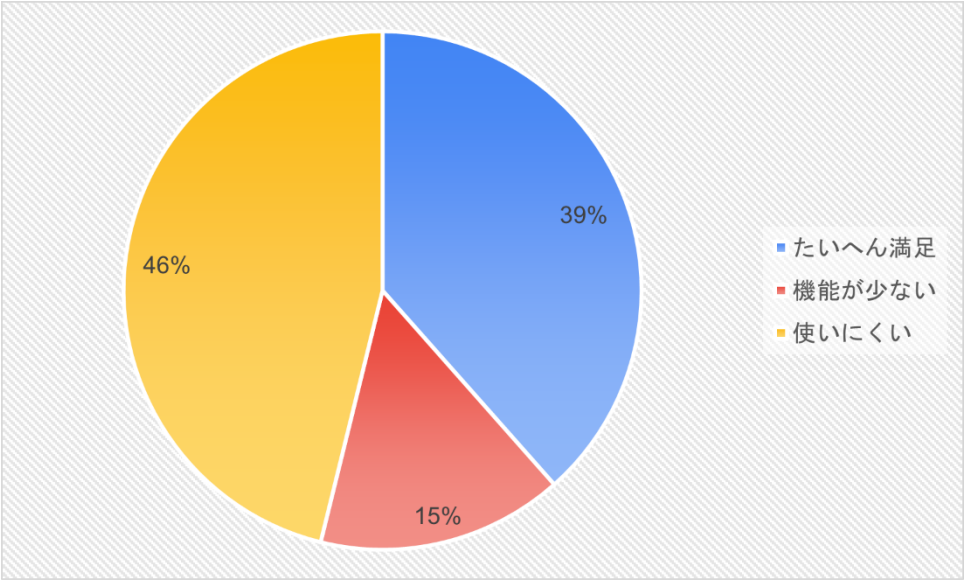


図 4.4.1.3.3-2　ハイコネアプリに対する感想
（第 1 回アンケート　設問⑭：回答数 13）

3）考察（マニュアルのわかりやすさ）

ハイコネアプリは、今回の実証のために作成した機能を絞ったものであることもあり、「マニュアルなしでも操作できた」が 5 件であった。また、マニュアルが「わかりやすい」と評価する意見も 4 件であった。一方で、「わかりにくい」との意見も 4 件あった。

これは、ローカル 5G 基地局のトラブルなどで、タブレットとテレビまたは STB とのペアリング作業を再実行しなくてはならなかったケースがあったことに起因する（トラブルシュートのため、マニュアルを参照する必要があった）と推測する。

アンケ―ト回答がなかったモニターが 4 名いたが、このうち 2 名程度は、設定がうまくできなかった可能性が高く、使い慣れないタブレットを使用する場合には、できる限り容易な操作で、かつ分かりやすいマニュアルの作成を心がける必要がある。

4）考察（アプリの操作性）

「満足」5 名に対し、「機能が少ない」2 名、「使いにくい」6 名と厳しい評価となった。

「機能が少ない」については、実証試験のため、シンプルな機能としたことの裏返しではあるが、IP 配信への切替機能だけでは、使用頻度が少なくなり、災害時においても、その存在を忘れられてしまう恐れがある。機能の追加、あるいは他のアプリケーションへの本ハイコネ機能の追加を検討していく必要があるとの知見が得られた。

5）考察（アプリを使用しての感想、意見）

「4.4.1.2.1　定性的機能検証①」に掲載した、自由記述で集まった、ハイコネアプリを使用しての感想、意見を以下に再掲する。

「使いにくさ」については、下表の第 2 項の「U/I の反応が少々鈍く、タップされているのか不安になってしまう」という意見があった。この意見については、検証スタッフからも、「切替のボタンを押してから、切替が始まるまでの数秒の間、切替操作が受け付けられたのかわからない」との声が上がった。

切替ボタンが押されたら、ボタンの表示が反転するなど、切替操作が受け付けられたことが分かるようにすることで、使いにくさは、かなり解消されるものと思われる。

タブレットが、テレビリモコンに比べ大きく重いという感想があったが、タブレットのほかに、スマートフォンを利用することもできることが、この意見に対する解決策となると思われる。

表 4.4.1.3.3-1　自由記載によるモニターの意見・感想
（第 1 回アンケート　設問⑰：自由記述）

意見番号	モニターのご意見、感想など
1	災害時には良いシステムだと思う
2	U/I の反応が少々鈍く、タップされているのか不安になってしまう
3	アプリと受信機が接続できなくなっていて、何度か試してみましたができませんでした。
4	インターネット接続ができていてもテレビと接続できず、エラーメッセージが出た。
5	リモコン操作に慣れているため、タブレットの大きさや重さなどが気になりますが、チャンネル数が増えれば便利さを感じるかもしれません。

4.4.1.3.4 運用検証④

ローカル 5G サービス導入手引書（案）

（1）評価・検証項目

電波伝搬調査などから屋上基地局と配電柱基地局の最適な設置条件を導き出す知見を記載するほか、ローカル 5G 端末の設置場所の留意事項、端末設置時の機能、性能の確認方法など、サービスの導入に必要な事項を記載した「導入手引書」を作成する。なお、「導入手引書」は、他事業者への横展開を意識した内容となるよう留意する。

また、今回の実証のみでは、検証データが十分ではない部分もあり、実運用においても運用検証を進めつつ、少しずつ内容を充実させていくものとする。

（2）評価・検証方法

導入手引き書には、以下の内容が記載されていることを想定する。

①集合住宅の条件（高さ、長さ、重なりなど）から、基地局設置の条件を導き出すエリア設計の手法が記載されていること。
②基地局設置の条件に制約がある場合は、集合住宅の条件から、サービスエリアを導き出す。
③地形や建造物の条件から、ある程度のサービスエリアが導き出せることを確認する。
④ローカル 5G 端末を設置する際の場所の選定や設置の留意事項を記載する。
⑤端末設置後の機能確認方法、必要な性能確認の方法などを記載する。
⑥その他、顧客対応上の留意点などを記載する。

（3）実証結果および考察

今回のローカル 5G システムは開発途上であり、動作が不安定であること、監視システムに不備があること、復旧対策が確立されていないこと、フェールセーフのシステムとなっていないことなど、不備が多いため、端末の設置方法や設置後の機能・性能確認方法などを記載するに留める。目次および構成のみの提出とする。

目次案

1 章　沖縄ローカル 5G 実証の概要と課題
・（ケーブルテレビを取り巻く環境）
1.1　沖縄ローカル 5G 実証の概要
1.2　他の事業者の FWA の取組み状況
1.3　沖縄ローカル 5G 実証から見た課題

2 章　集合住宅向けローカル 5G システム（FWA）
2.1　全般システム構成

2.2　システム検討（ミリ波帯・Sub6 帯）
2.3　ローカル 5G コア
2.4　ローカル 5G センター装置
2.5　ローカル 5G 基地局
2.6　ローカル 5G 端末

3　検討手順・手続
3.1　FWA サービスの検討
3.2　事業性の検討
3.3　自治体との連携
3.3　サービスエリアの検討
3.4　システム、機器選定
3.5　無線局免許申請
3.6　工 事
3.7　ローカル 5G-FWA 端末の設置
3.8　試験運用
3.9　運用（サービス）開始
3.10 エリア拡張

4 章　ローカル 5G のエリア設計（技術実証の報告を引用する）
4.1　エリア設計の精緻化（サービスエリア、調整エリアの）
4.2　基地局の設置

5 章　端末設置
5.1　端末設置の考え方と手順
5.2　端末設置後の確認測定
5.3　測定法の一例
5.4　リモート監視

6 章　サービス運用
6.1　保守・監視
6.2　サービスハイブリッドキャスト（ハイコネシステム）
6.3　コミチャンの IP 配信

7 章　その他
7.1　レピータを設置の検討
7.2　ローカル 5G-FWA の代替システム

参考資料

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

本実証で構築したシステム（ローカル 5G システムとテレビの IP 配信切替システム）は、2022 年度以降に商用サービスの提供で活用を行う予定である。商用に向け、実証環境の住居エリアにおいて、実証実験終了後の技術実証の結果を受け、精緻なローカル 5G サービス提供範囲を決定する。

基地局の実験試験局の免許を実用局免許に更新し、サービス提供範囲内で実証実験中に協力頂いたモニター世帯に対しては有償の FWA による高速インターネットサービス提供に切り替えた継続利用を提案する。また、サービス提供範囲内の加入率を高めるため、台風災害時の FWA サービス導入メリットを訴える他、スマホアプリから平常時でも楽しめる使い方を提案していく。

本実証において、ローカル 5G サービスによる高速インターネットサービスと IP ユニキャストによるテレビ番組配信が、商用に耐える機能、性能を有するものであることが実証されたことを受けて本ソリューションの実装を推進する。

実証において、エリア設定や干渉調整などから基地局の設置条件などが変更となる可能性もあることから、実験試験免許により本実証試験を開始した。

4.4.2.1　ローカル 5G 活用モデルの構築・検証

今回の実証は、集合住宅へのローカル 5G システムにおいて、高速インターネットサービスを提供するものである。さまざまな受信障害によってケーブルテレビや地上デジタル放送の直接受信などができなくなった場合に、その高速インターネットサービスを活用して、IP 配信により放送を継続する。下図に本提案モデルである」インターネット接続・テレビ放送共用型 FWA サービス」を示す。

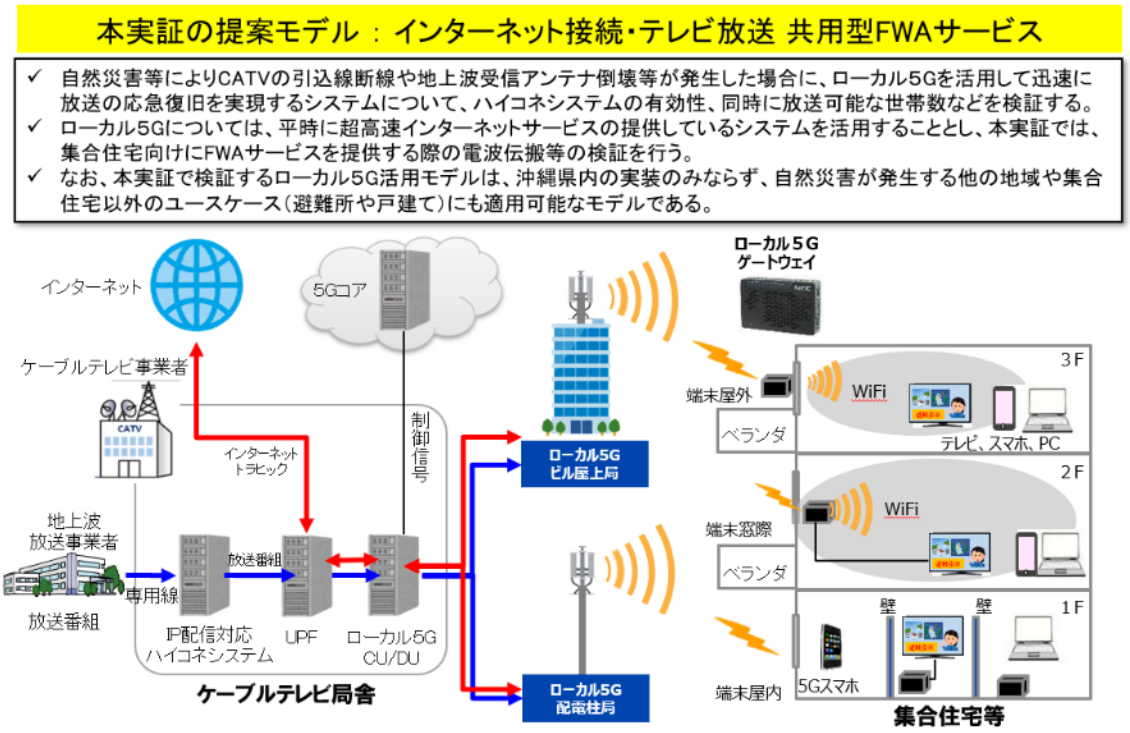


図 4.4.2.1-1 本実証の提案モデル

集合住宅の個別区画には、ローカル 5G システムの端末を設置し、LAN ケーブルまたは、Wi-Fi6 により STB またはテレビ受信機に接続する。図 4.4.2.1-2 は、集合住宅での高速インターネットサービスのイメージを示したものであるが、技術実証の説明にも記載があるように、アンテナ内蔵ローカル 5G 端末の設置場所を移動させて、窓ガラスや壁の電波減衰量の確認を行う。なお、図では、見やすくするために、各階ごとに異なる端末配置を記載しているが、各階において、規定の配置位置で機能、性能確認を実施した。

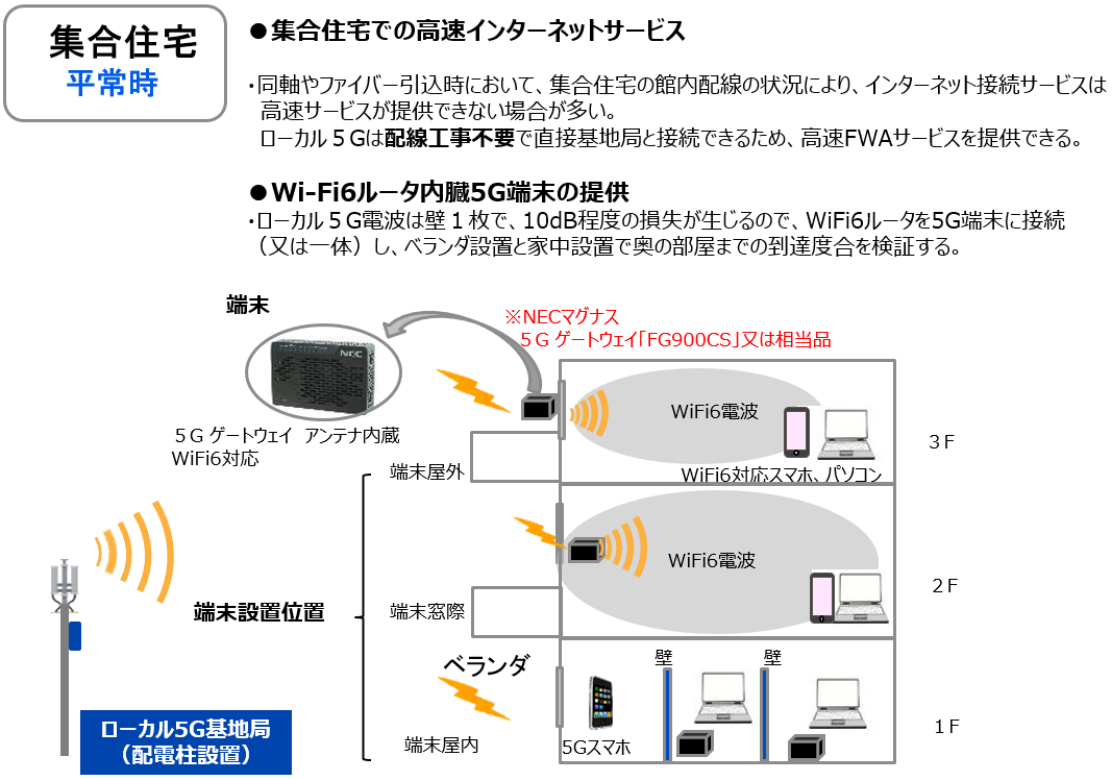


図 4.4.2.1-2 集合住宅での高速インターネットサービスの提供イメージ

（１）ユーザーニーズやコストなどを踏まえた経済性

おもには住居エリアの一般コンシューマーが対象で、とくに既存集合住宅の世帯を中心に、ローカル 5G-FWA 高速インターネットのサービスを提供して加入者を獲得していく。

単なる高速インターネットサービスに留まらず、平常時にテレビと連携した使い方、台風災害時などの非常時にはテレビの応急復旧ができるアプリを合わせて提供することで利便性を高めて導入率の向上とローカル 5G 通信サービスの収益を増加させる。

また、一般コンシューマーの住居のみならず、災害時に設立される避難所への提供などの地域貢献も可能となるモデルである。

なお、全国キャリアが取り組む FWA サービスの契約者数は、近年増加傾向であり、今

後も拡大すると考えられる。また、一部の全国キャリア※においては、5G を活用した FWA サービスの提供が予定されており、大容量通信による市場の更なる拡大が期待されている。

※株式会社 NTT ドコモ、home 5G、https://www.nttdocomo.co.jp/home_5g/

参考情報となるが、（一社）日本ケーブルテレビ連盟が加盟ケーブルテレビ事業者に行ったアンケート結果では、地域 BWA を活用した FWA サービスの提供において、1 基地局当り 100 を超える加入者を収容している事例がある。本実証のモデルの共用型 FWA サービスでは、地域 BWA を活用した FWA サービスとの対比において、災害時のテレビ受信障害の応急復旧が可能かつローカル 5G によるインターネット接続サービスが高速になり、コンシューマーに対する訴求要素が増えるため、契約者獲得が比較的容易になると想定される。

なお、4.4.1.1 効果検証の以下①～③の効果については

定量的効果検証①　緊急復旧に要する緊急出動回数削減の効果
定量的効果検証②　緊急復旧に必要とする対応要員削減の効果
定量的効果検証③　災害発生時のお客様コール集中の低減の効果

本課題実証の結果より次に記すものとなるが、サービス提供エリアにおいて本システムが一定程度広まった後に得られる効果であると考えられることから中長期シナリオとして検討する。

①緊急復旧に要する出動回数削減の効果を発揮する前提としては、ユーザーの情報遮断を防ぐことであり、FWA ネット接続が安定していることが最重要となる。今回の課題実証ではテレビ放送の応急復旧は対象 ch が限定されていたが、ハイコネを利用した IP 配信の番組は災害時において放送波の編成よりも柔軟性が高いことから、集中的に地域ニュースを流すことができ有用な情報提供が可能になることを実証で確認することができた。ローカル 5G エリアが拡がることで、緊急時の出動回数は削減でき、他地域へ優先対応することが可能となる。
②緊急復旧に必要とする対応要員削減の効果としては、ローカル 5G カバーエリアは台風災害時の復旧優先度を下げる効果はあるが、アンテナ破損やケーブル断線の復旧は必要となることから対応要員削減の効果としては期待できない。しかし、IP 配信により放送を復旧できることから、台風発生時の待機すべき対応要員の平滑化することができる。
③災害発生時のお客様コール集中の低減の効果は、FWA によるネット接続が安定し、ユーザー自身がハイコネアプリ操作してテレビ応急復旧できる手段が提供されることから、3 つの導入効果のうち、最も効果が高いものになる。発生頻度がまれな緊急災害時にハイコネアプリを起動して操作することができるよう、普段使いできる番組表チェックなどの機能をアプリに追加していくことが重要である。今回、アプリにアンケート機能を追加してモニター世帯にアンケートの回答を促したが、緊急時には不具合発生をユーザーサイドから通知する手段として本機能を活用するのもコール集中時に有効な回避策と考えられる。

（２）ハイブリッドキャスト（ハイコネ対応）アプリの開発

ハイコネのアプリ基盤として、開発コストを抑え全国レベルで横展開しやすいようクラウドのサービスを利用する。また、IPTV フォーラム既定の可否判定サーバも同様に実績あるクラウドサービスを利用し、初期投資を抑えるようにする。

（３）運用・管理などに係るしくみや方法

１）OCN による加入者の募集・管理

OCN が設備構築、運用・監視・保守を行うが、一部は業務委託を行う。端末は、当面は汎用性が低いことからレンタル（リースが適当）とし、センドバック修理、若しくは、修理を行わず、故障品の交換作業のみで対応する。Wi-Fi 機能を搭載する製品とするか否かについては、実証試験で評価して機種を選定することとする。

２）免許の再申請（実験試験局から実用局）

当初、実験試験局で免許取得する。実証実験により電波強度や干渉有無、FWA サービス提供可能な範囲を検証したうえで、来年度商用サービスの提供を行うこととする。来年度以降は、今回の実証エリアに加え、浦添市の別エリアや宜野湾市を対象範囲として、ローカル 5G 導入による効果がより高い地域で実用局免許を取得するものとする。

なお、実用局免許の取得を行うための作業分担は以下のとおりである。

①免許申請　OCN
②干渉調整　近隣のローカル 5G 事業者と、通信の混信や妨害などの電波干渉が防止のための事前協議用の基礎データなど提供（NEC 支援）
③基地局の設計支援　関電工

（４） ビジネスモデルの精緻化

1 基地局あたりの適正な収容ユーザー数と採算ラインを見極め、浦添市のほか、宜野湾市、那覇市など OCN のエリアにローカル 5G-FWA 高速インターネットサービス導入を検討する。

ローカル 5G 導入エリアについては自治体への防犯など監視カメラ映像の伝送用回線として貸出し提供による収益が期待でき、既設集合住宅の密集するエリアを優先的に推進する。

（５）資金計画

エリア毎に加入者予測と採算性を判断して、置局計画を進める計画を基本とするため、年度毎の投資計画を策定して事業計画に組み込んでいく。

4.4.2.2　普及展開方策の検討

（1）ケーブルテレビ事業者のローカル 5G 活用モデルのニーズ

今回実証したローカル 5G 活用モデルは、インターネットと IP 配信の共用型 FWA サービスをコンシューマー向けに提供するモデルであり、全国のケーブルテレビ事業者で同様の潜在ニーズが存在する。

（一社）日本ケーブルテレビ連盟が実施した、ケーブルテレビ事業者に対する Sub6 導入ニーズに関するアンケート調査では、用途として自治体向けおよび集合住宅向けの FWA サービスを検討しているケーブルテレビ事業者数は 21 社あり、2021 年度中には約 50 基地局の設置を予定している。同連盟が開催するローカル 5G に関する説明会では 100 社を超える事業者が参加し、ケーブルテレビ業界として無線へのニーズが高まっている。

また、有線インターネットサービスは約 280 社が提供しており、約 960 万世帯が加入していることから、ローカル 5G 普及に大きなポテンシャルを有している。今回の開発実証において FWA における電波特性や映像伝送のデータから、その有効性を示すことで、FWA の普及をさらに大きく発展することができると考える。

（2）普及展開方策

具体的な普及展開方策は、以下の項目について、コンソーシアムメンバーである（一社）日本ケーブルテレビ連盟および地域ワイヤレスジャパンを通じて全国のケーブルテレビ事業者にノウハウ共有を行うこととし、ローカル 5G を活用した防災や住宅エリアを対象とする経済合理性を示し、以下のような普及展開策を進めていく。

①住宅が林立する住宅エリアを面的にカバーする屋上基地局、配電注局の配置とサービスエリア設計
②セクターアンテナとオムニアンテナの電波伝搬特性の特徴を活かした組み合わせ
③ローカル 5G による集合住宅攻略における電波伝搬特性と受信端末の最適な設置方法
④集合住宅エリアにおけるローカル 5G ビジネスプラン（監視カメラ映像などの提供やロボカメラ設置）
⑤地域おけるローカル民放とケーブルテレビ事業者の連携方法
⑥自治体の緊急時情報を IP 配信する運用方法
⑦ハイコネの平常時利用のアイデアや活用法

また、上記⑦については、OCN が加盟する（一社）IPTV フォーラムでハイコネを利用した台風災害対策と地域における放送局連携を加盟する放送事業者にアピールするほか、メーカー（テレビおよび STB 製造会社）にも共有することで、ハイコネの有用性とテレビ受信機への実装を増やし、ケーブルテレビおよび IPTV フォーラム加盟放送局に活用をうながす活動を行う。

（3）5G ソリューション提供センターへの貢献と活用イメージ

5G ソリューション提供センターへの成果物提供については、クラウドサービスと紐づ

く機能を除き、集合住宅向け FWA サービスのシステム構築に係るドキュメントのほか、配電柱を活用するローカル 5G アンテナ基地局構築関連資料や地元放送局と運用共用するアプリ開発設計指針などを本報告書に記載する（4.3.5.7、4.4.1.1.3、4.4.1.3.4、4.4.4.4 等を参照）。

また、本件活用モデルの他エリア、他業界での普及展開に向け、5G の無線周波数の特性に起因するビル基地局の不感地帯のエリア補完は、設置個所の選定がしやすく工事・保守も容易な電柱基地局(配電柱、電信柱)が有効である。しかし、この電柱への置局は、所有者の設置基準に従う必要があり、この基準は地域によっても異なることが普及のハードルとなっている。そこで、各電柱所有者に設置基準に対応する装柱金物や付帯設備を企画するとともに経済性・保守性、拡張性などのメリットを含んだユースケースを展開し工法や資機材の共通化を図る。標準化により普及が進めば、より安価に置局やメンテナンスが可能となり、社会実装が容易になる。

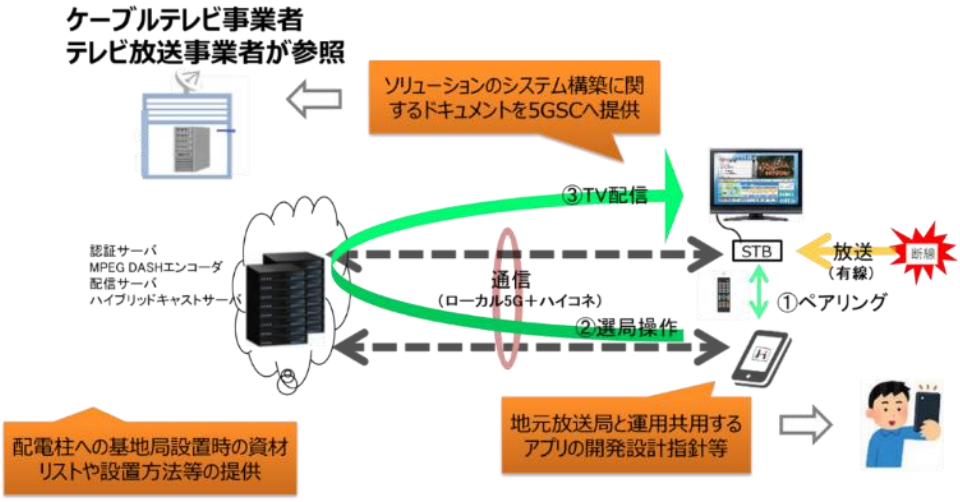


図 4.4.2.2-1　5GSC への貢献箇所

図 4.4.2.2-2　ローカル 5G 電柱局の普及に向けた 5GSC の活用イメージ

（4）ケーブルテレビでの導入に関わるマルチキャストの動向

（一社）日本ケーブルラボでは、2021 年度から 2 年間の予定で、「ケーブルテレビネッ

トワークの構築におけるローカル 5G 活用技術の置ける調査研究」として、調査研究が行われている。

「衛星放送の未来像に関するワーキンググループ(第 11 回:令和 2 年 11 月 6 日開催)」配布資料 11-3 「論点整理（案)」
5 ページ「(参考）ケーブルテレビネットワークの構築におけるローカル 5G 活用技術に関する調査研究」
https://www.eiseihoso.org/platgl/open/49/49_6_2.pdf

初年度は、「ケーブルテレビの伝送路をローカル 5G で代替するための基盤技術開発およびモデルシステム構築」、次年度は、「モデルシステムを用いた技術検証および技術基準の検討」にあてられる。

ケーブルテレビにおける IP マルチキャスト放送は、視聴制御／権利保護に ACAS をした IPv6 マルチキャスト放送として、2021 年 9 月より、ジャパンケーブルキャスト株式会社および沖縄ケーブルネットワーク株式会社による実証試験が開始されている。

その他の、MSO、プラットフォーマーも、同様の方式による IP マルチキャスト放送を計画している（2022 年 2 月～ （一社）日本ケーブルテレビ連盟オール IP 化検討タスクチームにおける各社へのヒアリングより)。

各社は、今後、IPTV フォーラムおよび日本ケーブルラボにおける規格検討、(一社）日本ケーブルテレビ連盟における知的財産権処理の検討を行い、2023 年以降の実用化、あるいは実用化試験の開始を計画している。

なお、今回の検証で利用したローカル 5G 基地局および端末局の設備は、IPv6 および IPv6 マルチキャストに対応していない。対応時期は、未定とのことである。

4.4.3 ローカル 5G 実装に向けた課題の抽出および解決策の検討

4.4.3.1 実証目標設定

本実証の実証目標設定は、以下のとおりである。

（1）課題実証関連

①早期復旧のためのハイブリッドキャスト（ハイコネ）システムが有効に機能すること
- テレビ IP 配信の品質（遅延時間、画質主観評価）
- ハイコネ切替操作の容易性（クリック数、切替反応時間）
- ハイコネ対応受信機のスマホ起動動作検証

②応急復旧によるテレビ視聴のための放送番組の IP 配信が支障なく行われること

③災害発生時または、災害発生が予想される場合の緊急番組（RF および IP）が効果的に提供できること

④平常時には、ローカル 5G システムにより、高速インターネットサービスの提供が可能であること

（2）技術実証関連

① ローカル 5G システムを他エリアに展開できるノウハウ、技術的データなどを得ること

・設計検討されたローカル 5G カバーエリア（地形、距離、建造物）と実際の取得データ（受信電力、スループット）の関係（差異の発生時はその要因）を明確にすること

②屋上基地局、配電柱基地局との組合せにより、効果的なエリア設計を可能とすること

・集合住宅カバーした場合の電波到達レベル予測（階数（高さ方向）および住居区分の並び（横方向）や、部屋内部（奥行方向）の電界強度の変化を測定）

4.4.3.2 実証目標と実証結果の差異

（1）課題実証関連

1）ハイコネシステムの有効性

今回の実証結果から、早期復旧のためのハイブリッドキャストコネクト（ハイコネ）システムを有効に機能させることが検証できた。

IP 配信の品質（遅延時間、遅延時間、画質主観評価）については、実証に参加いただいたモニターの方々や検証スタッフによる検証により、有効に機能することが検証できた。

しかし、ハイコネ切替操作の容易性については、「使いにくさ」が指摘された。「U/I の反応が少々鈍く、タップされているのか不安になってしまう」という意見があった。また、モニターの 2 名の方は、実証開始当初には、IP 配信への切替ができなかったとのアンケート回答があった。このような意見は真摯に受け止め、商用化に向けてアプリソフトの改良、操作マニュアルの改定を進めて行く。

2）応急復旧による IP 配信が支障なく行われること

実証期間中に 2 回模擬訓練を実施したが、支障なく IP 配信を行うことができた。

3）緊急番組（RF および IP）の効果的提供

災害発生時または、災害発生が予想される場合の緊急番組（RF および IP）が効果的に提供できることが検証できた。

4）平常時に、高速インターネットサービスの提供が可能であること

高速インターネットサービスの提供については、モニターへのアンケート結果および、検証スタッフの検証により、伝送速度などでは問題なくサービス提供をすることができた。

しかし、検証試験に使用したローカル 5G システムは、開発途上のシステムのためか、動作が不安定であり実証開始当初に数回システムが停止した。また、停止した原因の究明に時間を要したため、電波停止の時間も長く、「使えない時が多かった」といった意見が複数あった。商用化において広域にエリア展開するには、システム安定性や冗長性の向上に加えて、監視システムの整備も必要であり、方式を検討するとともに、メーカーに必要な機能の実装を働きかけていく。

（2）技術実証関連

課題実証の実施中に生じた、実施目標にはなかった端末設置ノウハウなどに関する検証結果を示す。

1）ローカル 5G システムを他エリアに展開できるノウハウ、技術的データ

ホテル H に設置した基地局（以下、「ホテル基地局」という。）においては、集合住宅の 2 階以上のような高い場所に端末局が設置される条件で、伝搬損失に対する移動局高の影響を定量的に把握し、電波伝搬モデルの精緻化の対象となるパラメータとその条件に応じた、概ね適正な値を明らかにすることできた。

2）ホテル基地局と配電柱基地局との組合せによる効果的なエリア設計

ホテル基地局と配電柱基地局との組合せによる効果的なエリア設計という面では、十分な効果を得ることができなかった。

実証エリアでは、周辺の建築物などによりホテル基地局の放射する電波の影となるため、このような集合住宅を補完するために配電柱基地局を設置して補完の効果が得ることが目的のひとつであった。しかし、実証エリアである浦添市宮城地区では、集合住宅が密集し、アンテナ高の低い配電柱局（アンテナ高：5.2m）からの電波は周辺の建築物に遮られるため、アンテナを直視できる近隣の住宅までしかサービスエリアを拡張できなかった。ホテル基地局では受信できない住宅へも接続を補完するとはできたが、住宅室内に十分な電波が侵入することができず、当初期待した役割は果たせなかった。

さらに、配電柱基地局のアンテナ利得が低い（ホテル基地局 17.5dB に対し配電柱基地局は 1.0dB）ことから端末から、上り（Up Link）電波を受信レベルが低くなり、十分な伝送速度を得ることができなかった。

しかし、実証期間中の検証スタッフの詳細測定により、室内に十分な電波が入り込まない状況において、どのように端末を設置すればよいかについて知見を得ることができた。

配電柱に基地局に設置する場合は、無指向性アンテナで広いエリアに電波を放射するのではなく、比較的大規模な集合住宅に向けて、指向性アンテナを用いて集中的に電波を放射する FWA システムを構築することが有効と思われる。電波干渉も、ビーム幅、チルト角などを調整することにより軽減できるものと思われる。

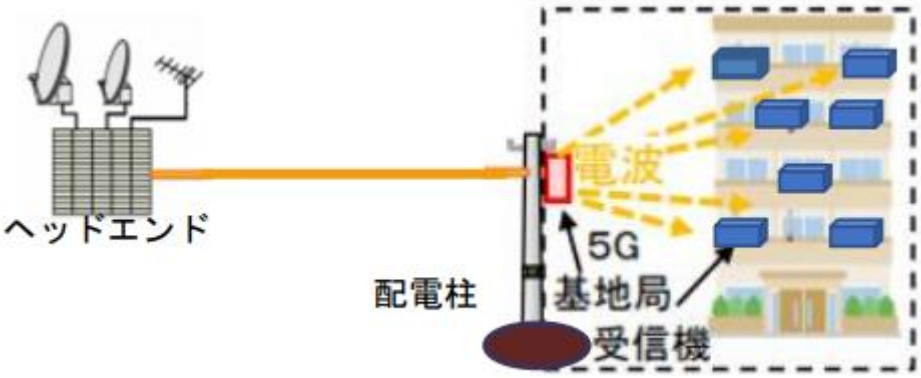


図 4.4.3.2-1 集合住宅への配電柱基地局の使用

3）端末を屋外設置とした場合の室内 Wi-Fi ルーターによる接続（参考）

屋内まで、基地局の電波が入り込まない場合は、ベランダなどの屋外にローカル 5G 端末を設置することになる。しかし、ローカル 5G 端末の Wi-Fi 機能を用いると、窓や壁などで電波が減衰するため、屋内の接続機器との Wi-Fi 接続では十分な速度が得られないこと分かった。

以下に、代表的事例として、集合住宅および戸建住宅の受信レベルと通信速度を示す。

表 4.4.3.2-1　集合住宅と戸建住宅の受信レベルと通信速度（代表例）

	住宅名	受信レベル	端末設置場所	屋内機器との接続	DL (*1 (Mbps)	UL (Mbps)	配下基地局
1	集合住宅A25	-76dBm	ベランダ	ローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi	263.0	63.4	配電柱
2	戸建A	-92dBm	屋内：窓際	ローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi	33.7	26.6	ホテル
3	集合住宅A33	-76dBm	ベランダ	ローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi	184.3	55.6	配電柱
4	集合住宅G22	-79dBm	ベランダ	ローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi	197.3	61.5	ホテル
4’				イーサネットケーブル＋屋内 Wi-Fi ルーター	495.3	64.4	

注(*1：DL(Down Link)と UL(Up Link)の伝送速度は、3 回測定を行った平均値を示す。

・ベランダ設置

・屋内機器との接続はローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi

図 4.4.3.2-2　集合住宅 A25 端末設置状況

・室内窓際設置（段ボール箱の上）

・屋内機器との接続はローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi

図 4.4.3.2-3　戸建住宅 A 端末設置状況

・ベランダ設置

・屋内機器との接続は、ローカル 5G 端末内蔵 Wi-Fi

図 4.4.3.2-4　集合住宅 A33 端末設置状況

・ベランダ設置

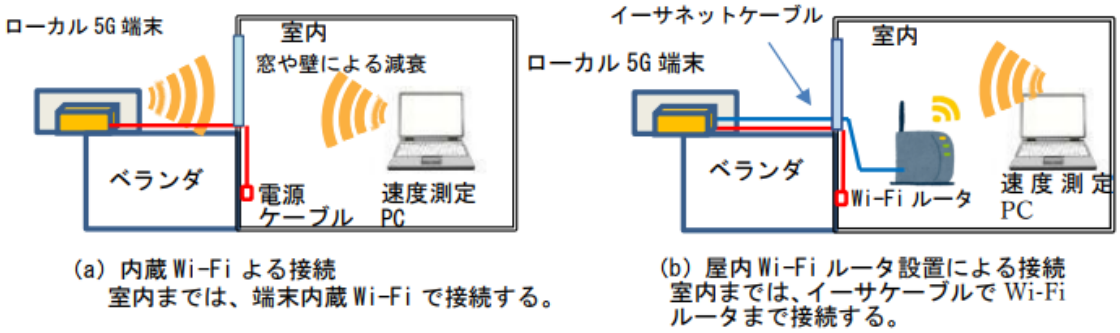
・イーサネットケーブル＋屋内 Wi-Fi ルータ

図 4.4.3.2-5　集合住宅 G22 端末設置状況

上記の結果から以下のことが分かる。

①「集合住宅 G22」の例を見ると、速度測定用 PC とベランダに設置したローカル 5G 端末を「屋内に別途設置した Wi-Fi ルーターを介して接続（両者はイーサネットケーブルで接続)」（図 4.4.3.2-2 の(b)参照）の場合と、「ローカル 5G 端末の Wi-Fi 機能で直接接続した場合」（図 4.4.3.2-2 の(a)参照）では、後者の伝送速度が 2 倍以上になっている。
②ほぼ同一の受信レベルから見ると、「集合住宅A25,およびA33」の 2 区画も、「集合住宅 G22」のように、屋内の Wi-Fi ルーターを用いると大幅に伝送速度のアップが期待で

きる。
③戸建住宅の屋内設置場合は、「戸建 1」の測定結果が示すように端末を高い位置に設置できないため、ホテル基地局の配下であっても、高い受信レベルで受信しにくい。したがって、ローカル 5G 端末をベランダに設置し、屋内で Wi-Fi ルーターを用いる設置を標準にすべきと思われる（ベランダ設置の場合、ローカル 5G 端末の内蔵 Wi-Fi では、大きな邸宅の場合、奥の部屋では極端に伝送スピードが落ちることが推測される）。
④集合住宅の窓が、電波の減衰が大きい二重ガラスや Low-E ガラス（Low Emissivity：ガラスに薄い金属膜を貼って日射熱を遮断するガラスのこと）が使われている場合においても、上記の屋内の Wi-Fi ルーター利用は有効であると考えられる。



(a) 内蔵 Wi-Fi よる接続
室内までは、端末内蔵 Wi-Fi で接続する。

(b) 屋内 Wi-Fi ルータ設置による接続
室内までは、イーサケーブルで Wi-Fi ルータまで接続する。

図 4.4.3.2-2　端末と屋内機器との接続方式

4.4.3.3 ローカル 5G システムグレードアップと運用コストの削減

（1）大量使用による端末価格の低下

FWA システムの導入ニーズは、現状でも多くのケーブルテレビ事業者などにローカル 5G の活用ニーズがあり、今後、端末の出荷数量が増加することにより端末価格が低下をうながしたい。当初は、ケーブルテレビ業界で共同購入を行うことで購入数量を増やし、端末の価格低減を図り、よりローカル 5G システムを普及させる。

（2）ローカル 5G 端末の相互接続検証

ローカル 5G システムは、3GPP（Third Generation Partnership Project）が策定した世界標準に基づいてシステムが設計、運用されているが、実情は、メーカーが異なる基地局と端末を使用する場合は、綿密な接続試験が必要とされている。ローカル 5G を運用する事業者が使用する端末を自由に選定できるよう、業界において相互接続試験が実施できるしくみが必要と思われる（同様な事例として（一社）日本ケーブルラボで実施している E-PON システムの相互接続認証試験がある）。認定機種が増加すれば、基地局と端末が他者との組合せであっても、接続検証のコストを省くことができ、また、ユーザーも複数の端末の中から、自分が気に入った機種を自由に選択することができる。

（3）構成機器のグレードアップ（RU 接続数の増加）

住居エリアでローカル 5G を商用化する場合、加入者からの FWA による高速インターネットサービス利用料が主な収入源となる。実装や普及には事業採算性を高めることが

必要で、ローカル 5G システムの初期導入費を軽減して採算性を高め、運用負荷を減らすことが必要と考えられる。

ローカル 5G のアンテナ、RU を増設する際、ローカル 5G システムの CU/DU や UPF 等の増設なく、RU 増設ができるようローカル 5G サーバのソフトウエアアップデートが可能であれば、エリア拡張時にインフラコストを低減することが可能となる。

（4）構成機器のグレードアップ（RU 当りの端末接続数の増加）

現在の RU（Radio Unit）の端末収容可能数は、64 台までに制限されており、また、商用展開において接続ユーザー数が増加していく状況を想定すると、スループットの更なる向上も必要であると考える。また、採算性向上のため基地局 1 台で数棟の集合住宅をカバーエリアとするには、収容数量の向上が必要となる。5G システムの大容量、多接続特性を生かし、導入コストを低減するためにも、機器ベンダーにシステム性能のグレードアップを働きかける。

4.4.3.4 制度的課題

（1）隣接地の制度整理

ローカル 5G システムを集合住宅向け FWA として高速インターネットサービス提供に利用する場合、ほとんどのケースで他者土地利用が想定される。他者土地に隣接する自己土地保有者が後発で利用申請してきた場合、それまでのサービス提供範囲を干渉上どこまで考慮する必要があるか優先順位の扱いについてのルール規定化を業界として働きかける。

4.4.3.5 技術的課題

（1）IP ユニキャスト配信における伝送帯域の圧迫

ローカル 5G-FWA サービスエリアの顧客収容率が高まると、伝送帯域を同じ基地局を利用する複数のユーザーでシェアしている特性上、増大するトラヒックにより伝送帯域が逼迫して高速性をユーザーが享受できなくなることが想定される。

現在、ローカル 5G のレイヤー2 におけるマルチキャスト伝送規格は、後述するように調査検討中となっている。そのため、ローカル 5G を用いて、テレビの IP 伝送する場合は、現在のところユニキャスト伝送となる。

テレビの IP 配信は、継続的に一定の伝送レートを必要とするアプリケーションであることから、ユニキャストでは、1 基地局に収容できる端末に制約がある。

たとえば、1 基地局に 50 ユーザーを収容し、それぞれがユニキャスト伝送でテレビを視聴する場合は、今回の検証で用いた 7.5Mbps のビットレートでは、375Mbps が必要となる。同様に 100 ユーザーの場合は、750Mbps が必要となる。

また、テレビの伝送に必要な伝送品質を確保するためには、優先制御も必要となる。そのため、インターネット接続は、テレビで必要な分を除いた帯域を使うことになり、帯域が圧迫されることになる。また、優先制御されないことから、この傾向は顕著になる。

この解決方法のひとつに、より伝送帯域を広くすることができるミリ波の利用がある。エリアではなくピンポイントに集合住宅をカバーする状況においては、活用の可能性が発生する場合があると思われ、今後普及展開を進めていく中での検討課題とする。

もうひとつの解決方法として、マルチキャスト伝送の採用が有効であると考える。たとえば、同一基地局に収容されている 50 ユーザーが同時にテレビ視聴するものとする。80%にあたる 40 ユーザーが沖縄の地上デジタル放送 5 波を視聴し、他の 20%にあたる 10 ユーザーがその他のチャンネル（ケーブルテレビの多チャンネル放送）を個別に視聴すると仮定する（IP マルチキャスト放送の実験では、6Mbps の伝送レートで満足な映像品質が得られていることから、このビットレートで計算する）。

この場合は、必要な帯域は、6Mbps ×（5+10）チャンネル＝90Mbps でよいことになる。同様に 100 ユーザーの場合で仮定すると、6Mbps×（5+20）チャンネル＝150Mbps でよい。

現在、ローカル 5G とマルチキャストに関連した規格化や技術検討が進められている。FWA の IPDC（IP Data Cast）対応マルチキャスト伝送、M-ABR（マルチキャストのアダプティブビットレート）などである。FEC の適用などにより、さらなるテレビ配信の伝送帯域を効率化、高信頼化することで、ユーザー収容数を増やし、収益性を高めることができる。

以上のローカル 5G によるマルチキャスト伝送についても、早急に実用化に向けた検討を業界に働きかける。

（2）IP ユニキャスト配信におけるサーバ負荷増大の対策

今回の検証の規模においては、テレビの IP 配信（IP ユニキャストによる配信）は、実用的な性能が得られることが実証できた。

しかし、システムの規模が大きくなり、ユーザーが増加することにより、（１）で述べた伝送帯域の問題に加え、配信サーバの性能が追い付かなくなることが想定される。ユーザーの増加に対しては、基本的に、配信サーバの増強によって対応することが必要となる。

インターネット向けに映像をオンデマンドで IP 配信（ユニキャスト配信）する場合は、規模の拡大に対しては、配信サーバを増強する方法のほか、キャッシュサーバを利用して対応する方法がある。このキャッシュサーバは、自社で構築・運用する場合のほか、CDN 事業者のサービスを利用することで、効率的に利用することも可能である。ただし、キャッシュサーバの利用は、配信されているコンテンツがコピーされる必要があるため、リアルタイムでの伝送には向いていない。

今回検証した、ケーブルテレビ網内で閉じたネットワークにおけるリアルタイム伝送においては、キャッシュサーバによる伝送性能拡大を図る場合であっても、自社が自社網内に設置する必要があり、費用や設置スペース、運用負荷などの点で、負担が増加する。

IP マルチキャストでは、伝送路機器が IGMP、MLD などのマルチキャストプロトコルに対応している必要があるが、ユーザー数に応じた配信サーバの増強を必要しない。そのため、配信サーバに関わる費用や保守運用の負担は、格段に低くなる。

このように、サーバの性能の点でも、IP ユニキャスト配信ではなく、IP マルチキャスト放送への対応を進めて行く。

（3）IPv6 対応と IP マルチキャスト対応

IP マルチキャスト放送を計画しているケーブルテレビ関連のプラットフォーム事業者や MSO（Multi System Operator）は、IPv6 を採用する予定としており、すでに検証を行っているか、2022 年度中の検証を計画している（2022 年 2 月～3 月：（一社）日本ケーブルテレビ連盟オール IP 化推進タスクチームの各社ヒアリングより）。

したがって、ケーブルテレビによる IP マルチキャスト放送に使用する伝送路機器は、IPv6 への対応が必須になるといえる。

今回の検証で利用したローカル 5G 基地局およびローカル 5G 端末は、IPv6 には、非対応であった。IPv6 への対応も計画しているとのことであるが、早期の IPv6 化への対応を進めて行きたい。

また、ローカル 5G 基地局およびローカル 5G 端末を IPv6 マルチキャストによるテレビの伝送に用いるためには、IPv6 への対応および（1）で触れたレイヤー2 でのマルチキャスト対応だけでなく、MLDv2 をはじめとする IPv6 マルチキャスト関連のプロトコルに対応する必要もある。これらのプロトコルへの対応を早期に進めたい。

また、今回の検証では、4.4.3.2 （2） 3）で示したように、ローカル 5G 端末局をベランダなどに設置し、内蔵 Wi-Fi 機能だけでなく、イーサネットケーブルで接続し、屋内に設置した Wi-Fi ルーターと併用することが有効であるとの結果が得られている。

Wi-Fi ルーターを介して、IPv6 マルチキャストによるテレビの伝送を行う場合は、Wi-Fi ルーターも、IPv6 マルチキャストに対応している必要がある。現在のところ、Wi-Fi ルーターは、NTT 地域会社が提供しているフレッツ網が対応している IPv6 の接続方式以外では、設定が難しい場合がある。また、フレッツ網を用いた特定のサービス以外での IPv6 マルチキャストには対応が難しい（沖縄ケーブルネットワーク株式会社の調査による）。

Wi-Fi ルーターがケーブルテレビによる IPv6 マルチキャストに対応することも、ケーブルテレビ業界としての働きかけを行っていく。

4.4.4　継続利用の見通し・実装計画

実証実験においてモニター参加者には有償時のローカル 5G 継続利用可否およびハイコネアプリ使用感についてアンケートを実施した。

アンケートの結果は、有効回答 13 件のうち 7 件が 3～4,000 円の月額利用料であれば有償での利用継続意向が示された。このうち、屋上基地局利用者に限れば、9 件中 6 件という結果であり、屋上基地局の受信感度が高く集合住宅に対する FWA の有用性が確認できる結果と判断できる。

現在の無線局免許の期限までに、商用免許の申請切替を計画中である。なお、配電柱局は、一旦、試験期間で終了する。

一方、次項に列記するネットワークの安定性のほか、諸課題もあり、有償利用への商用移行は一定の対策を実行したうえで行うのが適当と判断する。

当面は有償での継続意向を希望するモニター世帯に対してサービスを継続しながら、システム安定化後で FWA の商用サービス開始を行う計画である。

また、ハイコネによる非常時のユーザー操作によるテレビ応急復旧については、その有用性が確認できたことから、アプリの使い勝手を改良したうえでサービス利用を別途検討するものとする。 加えて、緊急時以外での利用促進がアプリ利用拡大に繋がると考え、普段使いできる情報提供やハイコネを活用した新たな使い方の提案を検討していく。

来年度以降の実装・普及展開のイメージ（ロードマップ）を次に示す。

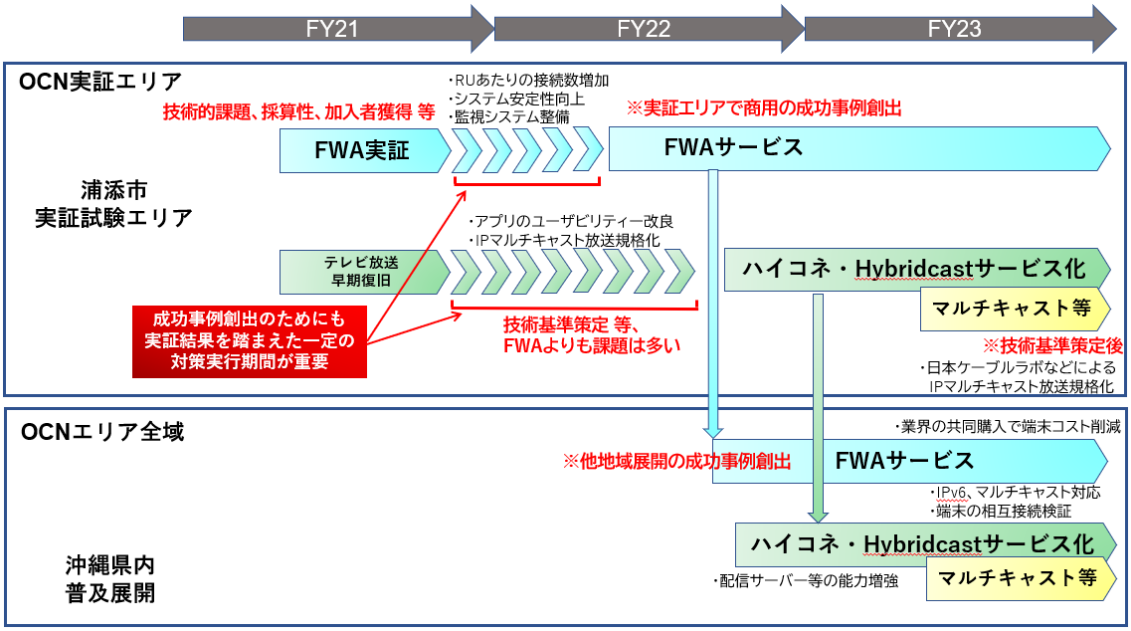


図 4.4.4-1　実装・普及展開イメージ

本実証のモデルであるインターネット接続・テレビ放送共用型 FWA サービスの事業採算性について、検討シミュレーションを行い、さらに実証実験で得られた結果や知見を踏まえて以下の通り報告する（2022 年度末を想定）。

①OCN による既存サービス提供エリアへの普及展開シミュレーション

＜前提＞
・5G-FWA 高速インターネットの加入料金　3,980 円/月（端末のレンタル代を除く）
・基地局　4 局（追加 2 局）
・総加入世帯数　600 世帯（2022 年末）
・ハイコネ放送関連設備は冗長システム構成（予備追加）
＜収支シミュレーション＞
・FWA ユーザー収入　239 万円/ 月（3,980 円×600 世帯）
・自治体利用収入　5 万円/月（監視カメラ伝送など）
・設備償却費　40 万円/月（設備投資 2,400 万円：ハイコネ予備機、基地局×2、工事費）
・ローカル 5G コア利用料および保守運用費など　98 万円/月（ハイコネ、ローカル 5G）
・収支　106 万円/月

②各地域ケーブルテレビ事業者による全国普及展開シミュレーション

＜前提＞
・5G-FWA 高速インターネットの加入料金　3,980 円/月（端末のレンタル代を除く）
・基地局　4 局（新設）
・総加入世帯数　600 世帯（2022 年末）
・ハイコネ放送関連設備は冗長システム構成（新設）
＜収支シミュレーション＞
・FWA ユーザー収入　　239 万円/ 月（3,980 円×600 世帯）
・自治体利用収入　　5 万円/月（監視カメラ伝送など）
・設備償却費　107 万円/月（設備投資 6,400 万円：ハイコネ冗長、基地局×4、工事費）
・ローカル 5G コア利用料および保守運用費など　98 万円/月（ハイコネ、ローカル 5G）
・収支　39 万円/月

2022 年度末には 1 基地局当りの接続端末数の上限が 200 となる予定であるが、上記前提の 4 基地局における合計の総加入世帯数の上限は 800 世帯であり、そのうち 75%の加入者が得られると仮定して 600 世帯として試算を行った。本実証実験で、第二回として実施したモニター参加者アンケートにより、有効回答 13 件のうち 7 件が 3～4,000 円の月額利用料であれば有償での利用継続意向が示された。

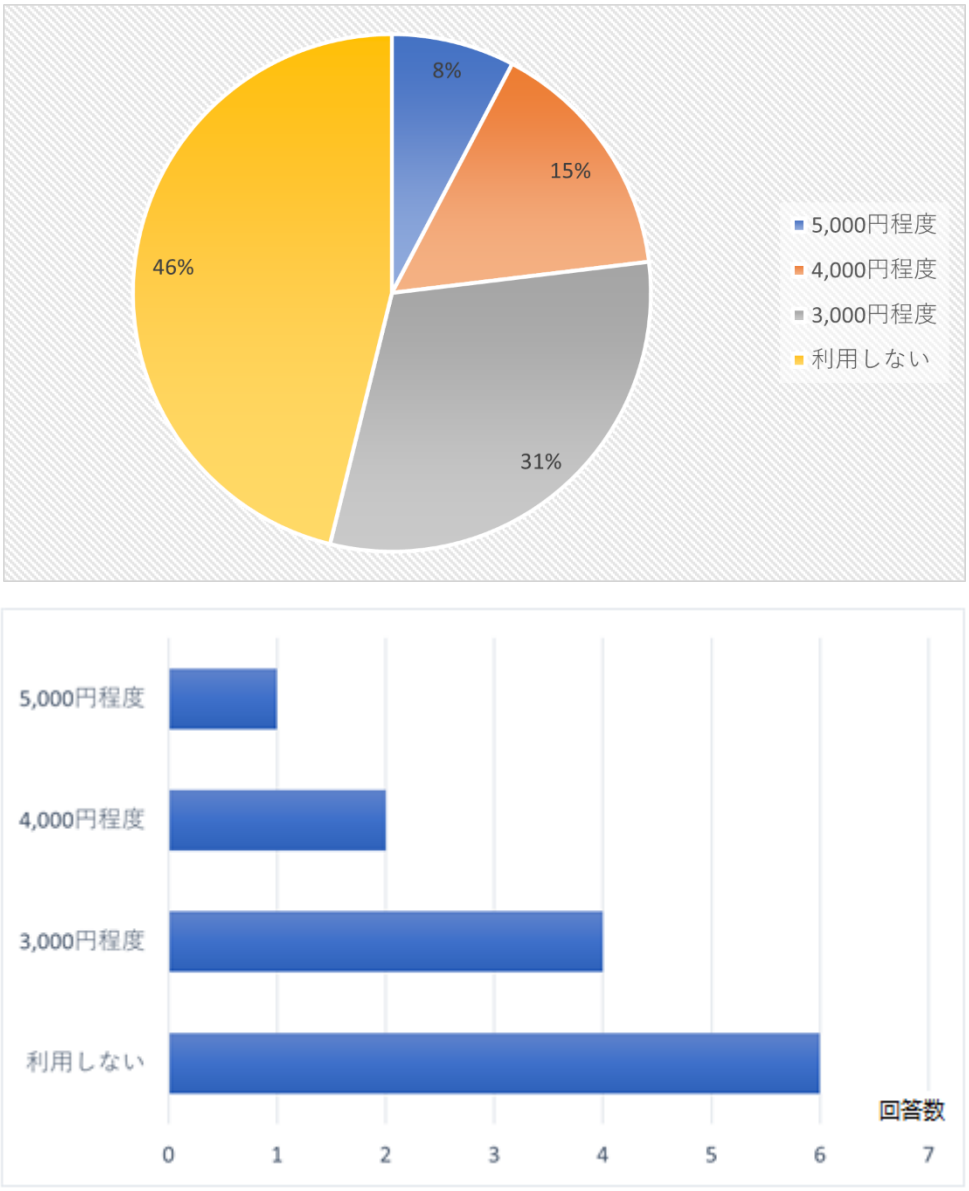


図 4.4.4-2　ローカル 5G インターネットの月額利用料は、いくら位なら利用するか
（第 2 回アンケート　設問⑭：回答数 13）

今後、事業採算エリア・ユーザー層などを加味した加入者獲得の見込みについて検証を行う。また、広くユーザーニーズを把握するため、（一社）日本ケーブルテレビ連盟による加盟ケーブルテレビ事業者への本ソリューション導入に関するヒアリングや、OCN ホームページから県民へのアンケートについて実施を検討する。

今後 5 ケ年の普及環境（ローカル 5G 端末価格、RU 同時接続数、基地局の小型化）を以下のような前提とした場合の現時点における OCN 事業シュミレーションを試算した。

商用サービスを普及させるには、ローカル 5G 端末価格の低減と 1 基地局あたり一定の L5G 端末が接続する収容効率（150 端末程度）が必要との試算結果となったが、今後の装置等の小型化や価格低減により、収支は改善が見込まれる。

表 4.4.4-1　事業シミュレーションの前提条件

		FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026
L5G基地局数（RU）		4	6	8	15	30
L5G端末数（ユーザー数）		48	360	800	2,250	5,400
1基地局辺り平均接続端末数		@12	@60	@100	@150	@180
想定環境	L5G端末価格	高		中	低	低
	RU同時接続数	RU64	RU128	RU256		
	セルサイズ	中	小	小	小	小

表 4.4.4-2　事業シミュレーション

		2022	2023	2024	2025	2026
売上（千円）	3980円/月	573	8,597	19,104	53,730	128,952
費用計（千円）		6,525	15,840	21,600	43,890	77,580
収支（千円）		-5,952	-7,243	-2,496	9,840	51,372
累計（千円）		-5,952	-13,195	-15,691	-5,851	45,521

※サービス提供価格にローカル 5G 端末を含まず

※上表の費用は以下の項目を合算推計して算出した

1）5G コアクラウドサービス（5G システム監視・SIM 発行・管理含む）

2）運用復旧支援（障害切り分け・復旧支援）

3）基地局ハウジング費

4）バックボーン利用料

5）設備減価償却費（ハイコネシステム予備費・基地局増設）

4.4.4.1 ローカル 5G 受信端末（FWA サービス関連）

Sub6 電波の特性上、基地局からの電波の到来方向がベランダから見通せない場合、受信端末の設置場所が部屋内ではスループットが十分でなく、ベランダに仮設置をしたモニター世帯が複数あった。実証試験に使用したローカル 5G 受信端末は防水非対応のため、プラスティックケースでカバーして仮設置を行なった。Wi-Fi 機能は部屋内まで到達しており、一体型端末の利便性は高い。ベランダ設置端末の実用化にあたっては、ベランダに固定設置できるようなケースの開発ないし防水性能の受信端末が必須となる。

また、基地局用のアンテナとして、窓ガラスに室内側から貼って使う「ガラスアンテナ」が開発されており、2022 年 3 月より、Sub6 対応製品の商用実験が開始されている。

https://www.agc.com/news/detail/1202830_2148.html

基地局設置の簡便化、低廉化に効果的であると考える。

同様の端末局用アンテナ（給電線での信号の減衰などの問題はある）の開発、利用の可能性について、調査を進める。

4.4.4.2 ハイコネアプリの利便性評価（ハイコネ関連）

課題実証期間中、ローカル 5G ネットワークの通信断が複数回発生した。通信断が発生すると、復旧時に DHCP で IP アドレスが再割当されるが、現状のハイコネアプリは

ローカル 5G 受信端末の IP アドレスが変更となるとペアリングがリセットされてしまうことが判明した。

ペアリングの再設定ができないモニター参加者もいたことから、ネットワークの安定化は勿論のことであるが、実用化にあたっては IP アドレスが変わってもペアリングが外れない設定方法を検討し、より容易に設定ができるように改善を行う。

4.4.4.3 ハイコネ対応受信機の普及（ハイコネ関連）

市販のテレビにおいてハイコネ対応機種は少なく、今回の課題実証ではパナソニックのテレビを利用した。

ケーブルテレビ事業者向けに供給されている STB では、主要な 2 機種がハイコネ対応している。今回の課題実証で 2 機種を試用したところ、1 機種は、RF 信号が入力されており、選局したテレビチャンネルが映っている状態では IP 配信に切り替わるが、RF 信号が入力されておらず、テレビが映らない場合では IP 配信に切り替わらないことが判明した。

ハイコネ技術仕様において RF 信号断における利用を想定していないため、仕様通りの実装ではあるが、今回の課題実証の使い方は有用であり、広く業界や技術仕様を定めた IPTV フォーラムなどで報告し、RF 信号入力断においてもハイコネが起動する実装化が拡がるよう働きかける。

4.4.4.4 ローカル 5G カバーエリア（FWA 関連）

今回の課題実証では、ホテル屋上基地局（セクターアンテナ）に加え、配電柱基地局（オムニアンテナ）の 2 局を設置して、住宅エリアに面的なサービス提供ができないか検証した。

ホテル屋上局の高い位置から、南側に面し基地局が見通せる集合住宅に対しては、たいへん有効であった。

一方、他者管理の配電柱基地局は、低い位置（今回の課題実証は地上高約 5m）から電波が発射され、集合住宅の上階には、下方向から電波が届くことになる。

沖縄のベランダは、次のような特徴がある。

・日差しや強風を避けるため、コンクリートやタイルなど頑丈（電波は通しにくい）な素材が使われていることが多い。これらの素材は、電波を通しにくい。
・格子ではなく、壁となっているベランダ柵が多い（隙間がない）。
・日差しを避けるため軒が長いことから、広いベランダが多い。

このように、沖縄のベランダに下方向から届いた電波は、遮られてしまう可能性が高くなる。ベランダ上部の設置以外は受信電力が低く、十分なスループットが得られない結果となった。

また、平屋建て住宅が多い一般住宅エリアでは、近距離でも高さが低い配電柱基地局が見通せず、受信電力が低い結果となった。起伏がある地域で周辺よりも標高が高い場所に設置する配電注基地局からのカバーは有効と考えるが、一般的に平屋住宅からなる

住宅エリアにおいて、配電注基地局によるローカル 5G を利用した高速インターネットの FWA 利用はカバー範囲が狭く有効性が低いと言える。

上記の課題については、端末をベランダに設置したり、窓際の高い位置に設置したりすることで　受信電力を向上できることが検証できている。さらに、効果的な設置する手法については、実運用において検証を進め、得られたノウハウについては、他事業者にも横展開を行う。第 2 回のモニター参加者アンケートにおいて、有料利用意向がある 6 件はホテル屋上基地局を受信する集合住宅世帯であり、ホテル屋上基地局によるローカル5Gの高速ネット FWA の評価が高い結果であった。選択するアンテナ種類や設置場所を検討することで、より効果的なエリア設計手法を検討する。

4.4.4.5 ローカル 5G システムのチューニングの必要性・拡張性確認（FWA 関連）

課題実証期間中にローカル 5G ネットワークの通信断が複数回発生した原因は、5G コア設備との通信断やローカル 5G サーバが GPS（時刻同期に使用）からの通信断によるローカル 5G システムのネットワークダウンであった。

現行のローカル 5G システムはさまざまな用途向けに開発されているが、基地局を固定して利用する FWA 利用においては、5G コア設備との通信断が発生した時に一時的に 5G コアを利用する監視・登録・変更などの機能を縮退してもローカル 5G 受信端末のネット利用はフェールセーフ機能で維持したり、一時的な GPS 断が発生しても自走したりするシステムチューニングが必要である。

また、5G の特長である同時接続数は現状 RU 接続数が 64 に限定されている。事業採算性を考えるうえで RU 接続数のアップグレードやローカル 5G サーバから接続可能な RU 数の拡張を行う。

また、災害時の応急復旧を目的とする場合、通常時に放送（RF）と同一の番組を IP 配信する必要性は低いため、災害時のみ IP 配信で応急復旧を前提とした番組配信を行うか、文字情報を多用するなど IP 配信の伝送レートを低減させる工夫などでトラフィックの逼迫を抑えることは可能である。

4.4.4.6 IP 配信のマルチキャスト化によるユーザー収容数の増加（IP 配信・IP 放送関連）

ローカル 5G-FWA サービスエリアの顧客収容率が高まると伝送帯域をシェアしている特性上、下り帯域が逼迫して高速性をユーザーが享受できなくなることが想定される。

現状、FWA のマルチキャスト伝送規格がないため、テレビ配信はユニキャスト伝送となることおよびテレビ配信は継続的に一定の伝送レートを必要とするアプリケーションであることから、1 基地局に収容できる端末に制約がある。

今後、FWA の IPDC（IP Data Cast）対応マルチキャスト伝送の規格化、M-ABR（マルチキャストのアダプティブビットレート）の規格化、FEC などの技術検討により、更なるテレビ配信の伝送帯域を効率化してユーザー収容数を増やすことで収益性を高めることができる。

ハイコネ技術を利用した機能やサービスについては、現行のインフラ上でも活用していくことが可能である。

今回の実証実験から、災害時にユーザー自らハイコネアプリを起動してテレビに緊急放送を映し出す応急復旧は、モニター世帯のアンケート結果からも簡便な操作で有用な情報を入手できる手法として評価を受けた。

近い将来にローカル 5G で IP マルチキャストなどの新たな技術基準策定が見込まれるものの、システムや端末側の技術実装および製品普及にはしばらく時間がかかることが想定される。

ハイコネ技術を利用した機能やサービスについては、現行のインフラ上でも活用していくことが可能である。

今回の実証実験から、災害時にユーザー自らハイコネアプリを起動してテレビに緊急放送を映し出す応急復旧は、モニター世帯のアンケート結果からも簡便な操作で有用な情報を入手できる手法として評価を受けたものと推定できる。

近い将来にローカル 5G で IP マルチキャストなどの新たな技術基準策定が見込まれるものの、システムや端末側の技術実装および製品普及にはしばらく時間がかかることが想定される。

ハイコネ技術を利用した機能やサービスについては、現行のインフラ上でも活用していくことが可能である。

ローカル 5G で IP マルチキャストなどの新たな技術基準が策定されるまでの間、アプリケーション（ハイコネ）の活用や推進を見送るのではなく、新たな技術基準策定後にスムーズな普及展開が実現できるよう、アプリケーションの活用や推進を先行させることは、将来のローカル 5G を活用した災害時におけるテレビ放送の応急復旧の普及展開に資するものと考える。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作への協力

本実証コンソーシアムは、MRI がローカル 5Gの普及の観点から行う本開発事業に関する映像制作に関して、MRI の指示に従い、実証映像の素材提供や関係者へのインタビューの撮影等に協力を行った。

5.2 実証視察会の実施

視察会の実施結果を記載する。

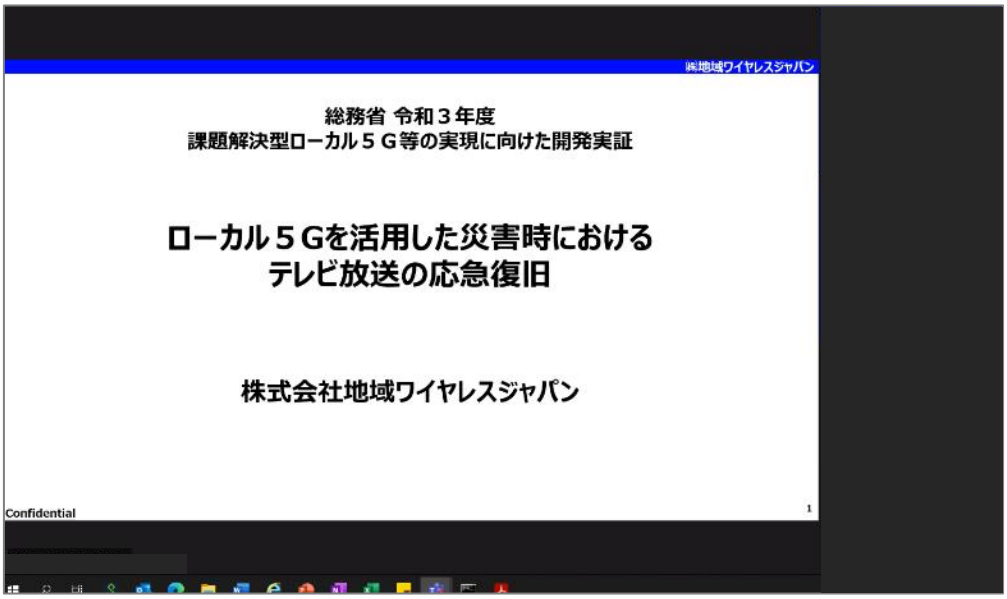
実施日	2022/02/18（月） 15:30~16:50
実施形態	オンライン及び一部現地開催
場所	Web 会議
参加者	【会社名・団体名】 総務省 四国総合通信局 信越総合通信局 中国総合通信局 東海総合通信局 沖縄総合通信事務所 株式会社三菱総合研究所 富士通ネットワークソリューションズ株式会社 株式会社日立国際電気 日本無線株式会社 東芝インフラシステムズ株式会社 シャープ株式会社 兵庫県 日本電気通信システム株式会社 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 株式会社地域ワイヤレスジャパン 沖縄ケーブルネットワーク株式会社 日本電気株式会社 沖縄テレビ放送株式会社 一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟 その他実証実験関係者
資料	配布資料無し
プログラム	1. ご挨拶 株式会社地域ワイヤレスジャパン 代表取締役社長 小竹完治 一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟 理事長 渡辺克也 2. プロジェクト概要説明（株式会社地域ワイヤレスジャパン） 3. 実証環境構築及び課題実証（沖縄ケーブルネットワーク株式会社） 4. ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（日本電気株式会社）

	5. 実装及び沖縄における普及展開（沖縄ケーブルネットワーク株式会社） 6. 連盟活動を通じた普及展開の取組（一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟）

■ 主な実施内容

1. ご挨拶
   株式会社地域ワイヤレスジャパン 代表取締役社長 小竹完治
   一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟 理事長 渡辺克也

2. プロジェクト概要説明（株式会社地域ワイヤレスジャパン）



- ✓ 地域ワイヤレスジャパンは、ケーブルテレビ業界向けにコアネットワーク・基地局・端末を提供及び運用しているグレープ・ワンと一体となって、ケーブルテレビ業界における無線事業を推進・支援している。また日本全国のケーブルテレビ事業者と接点のある日本ケーブルテレビ連盟とも連携し全国的な無線推進に注力している。株主は住友商事及び 51 社の全国のケーブルテレビ事業者から成る。
- ✓ 総務省ローカル 5G（以下、L5G）開発実証において地域ワイヤレスジャパンは以下２案件を代表機関として請け負った。
  - 令和 2 年度 防災業務の高度化及び迅速な住民避難行動の実現（栃木市）
  - 令和 3 年度 災害時におけるテレビ放送の応急復旧（沖縄県）
- ✓ 令和 3 度の開発実証では、沖縄県において台風等の自然災害によりケーブルテレビ引込線や地上波受信アンテナが破損し、テレビ放送・通信サービスの受信障害が発生した際、L5G 回線を利用した IP 映像の無線配信により応急復旧し、復旧の負担軽減を図る。また、平時・災害時ともにインターネットの高速接続サービスも提供しており、経済合理性のある防災モデルとする。
- ✓ 技術実証では、集合住宅のように高さがあり建物が密集している環境における電波伝搬モデルの精緻化を実施。
- ✓ 実証フィールドは沖縄県浦添市の集合住宅エリア。下の写真のように住宅が

密集しているエリアに２つの基地局を設置し実証する。ホテルの屋上にはセクタアンテナの基地局を設置し、配電柱にはオムニアンテナの基地局を設置。ホテル屋上基地局により広域をカバーし、建物等の遮蔽を受けるエリアについては配電柱基地局がカバーする構成となっている。

✓ 実証実施体制について説明。株式会社地域ワイヤレスジャパンが代表機関としてプロジェクトをマネジメントし、課題実証統括は沖縄ケーブルネットワーク株式会社が担い、実証エリアである浦添市や沖縄の地上波テレビ放送事業者である沖縄テレビ放送株式会社と一体となって課題実証を実施。技術実証については日本電気株式会社が統括し、設置工事等は株式会社関電工が実施している。
また、日本ケーブルテレビ連盟、株式会社グレープ・ワン及び昨年度の L5G 実証に参画していたケーブルテレビ株式会社が普及展開等の支援を実施。

3. 実証環境構築及び課題実証（沖縄ケーブルネットワーク株式会社）

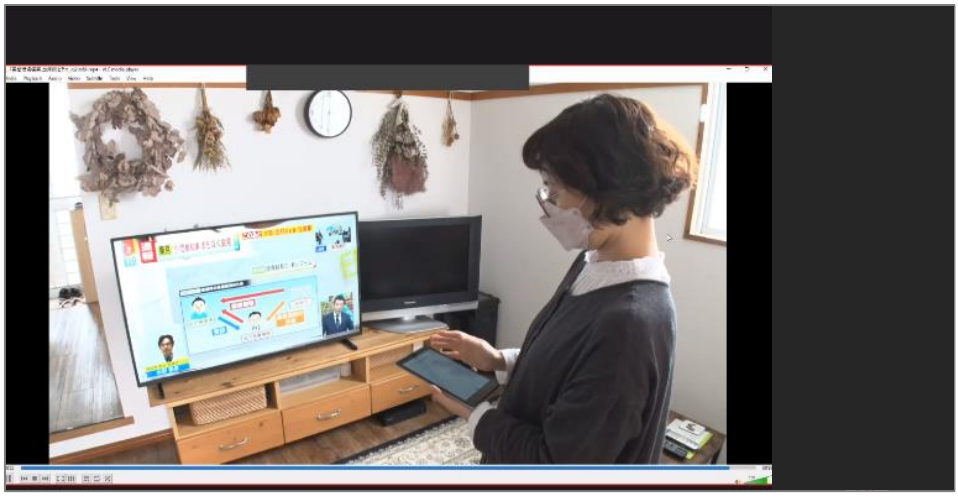
✓ 沖縄ケーブルネットワークでは現在浦添市を含む 9 市町村にてサービスを展開している。

✓ 下の画像はホテルの屋上に設置している基地局の設置工事をしている様子。

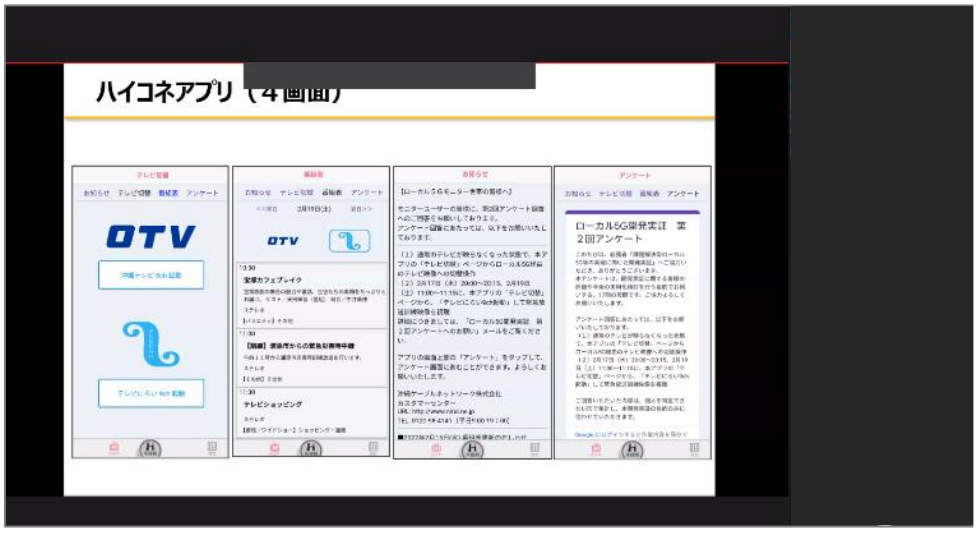
✓ 下の画像は配電柱への置局工事の様子である。配電柱については沖縄電力が

管理している電柱を使用しており、高さは約 5m。

- ✓ 宅内から見たアンテナ方向の位置関係が斜めの場合は、部屋の中に電波が届きにくい為、部屋内やベランダなど端末の設置場所を工夫した。
- ✓ 下の画像はハイコネアプリによりテレビ映像を L5G 経由の配信に切り替えている様子。当アプリはアンドロイド OS アプリでテレビとタブレットが同一の Wi-Fi に繋がっているときにペアリングが可能。



- ✓ 本実証には地上波放送事業者の沖縄テレビ放送も参画している。
- ✓ 1 月 24 日から課題実証を開始し、現在はモニター宅 17 世帯にて実証中。配電柱からは 8 世帯が電波を受け、9 世帯はホテル屋上局より電波を受けている。
- ✓ 応急復旧の流れについて説明。台風などの自然災害により地上波受信アンテナの破損・ケーブルテレビ引き込み線の断線があった際、L5G の FWA サービスが提供されているエリアにおいてはハイコネアプリからハイブリッドキャストを起動することにより L5G 経由でのテレビ視聴を再開可能。
- ✓ ハイコネアプリはテレビ切り替え・番組表・お知らせ・アンケートの機能があり、それぞれの表示画面は以下の通り。

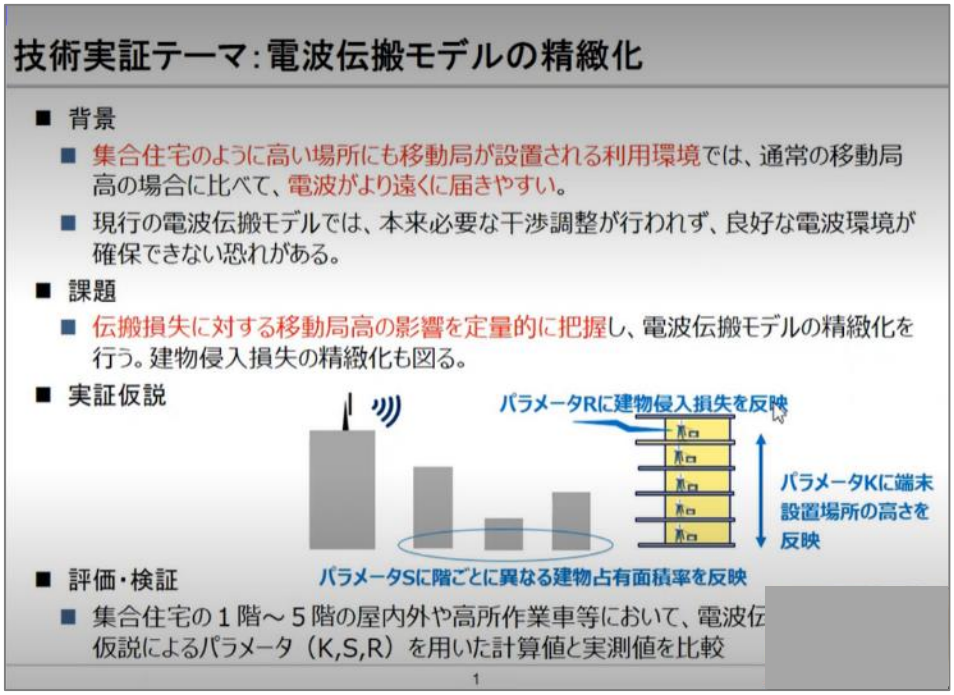


- ✓ 集合住宅向けの FWA サービス提供を目的とした置局の際の留意事項について共有。沖縄の集合住宅にはベランダに腰壁があることが多い為、高所からの照射については屋内まで電波が届くが、配電柱等の低所からの照射は腰壁が電波を遮蔽する為ベランダの腰壁より上に端末を設置する等の工夫が必要。
- ✓ 本日実施するデモ概要について説明。ホテル屋上基地局の電波を L5G 端末で受信し、同ホテルの 6 階の部屋にて Wi-Fi 環境を構築し計測。ダウンリンク 630Mbps、アップリンク 63Mbps を確認している。
- ✓ 本日のデモでは沖縄テレビ放送及び沖縄ケーブルネットワークのテレビ信号から IP 配信による緊急災害時訓練用 VTR の視聴切り替え試験を実施。
- ✓ 沖縄テレビ放送の切り替え試験については、RF の切り替え機により入力断の環境を構築し、沖縄テレビのスウィッチャーにより VTR 送出に切り替える。

- ✓ 沖縄ケーブルネットワークの切り替えは、通常は浦添市役所の議会中継用の既設専用線のスウィッチャーを用いて VTR 送出に切り替える。本日のデモでは沖縄ケーブルネットワーク放送室より VTR を切替配信する。
- ✓ Q&A
  - ・ （質問）：本ソリューションによる通信事業者の運用上のメリットについて教えてほしい。
  - ・ 沖縄ケーブルネットワーク　大熊：台風等の自然災害の影響が広範囲に及んだ場合、コールセンターへの多数の問い合わせや復旧工事などの対

応に多大な時間を要する。特に集合住宅については全戸放送断となり大きな影響を受けるが、本ソリューションにより早急な復旧が可能。

4. ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討 （日本電気株式会社）
   - ✓ 電波伝搬モデルの精緻化を目的とした技術実証実施。集合住宅のように高い場所に移動局が設置される利用環境では、通常の移動局高に比べ電波がより遠くに届きやすい為、現行の電波伝搬モデルでは本来必要な干渉調整が行われず良好な電波環境が確保できない恐れがある。



   - ✓ 上記背景より伝搬損失に対する移動局高の影響を定量に把握し電波伝搬モデル精緻化を行う。
   - ✓ 伝搬損失の計算式の中の K、S、R のパラメータを精緻化の対象として実証仮説を立てている。
   - ✓ パラメータ K については端末の設置場所の高さを反映し、パラメータ S については階ごとに異なる建物占有面積率を反映し、またパラメータ R については建物侵入損失を反映する。
   - ✓ 電波伝搬測定の測定場所は集合住宅の 1~5 階の共用部分、モニター宅、及び高所作業車等。

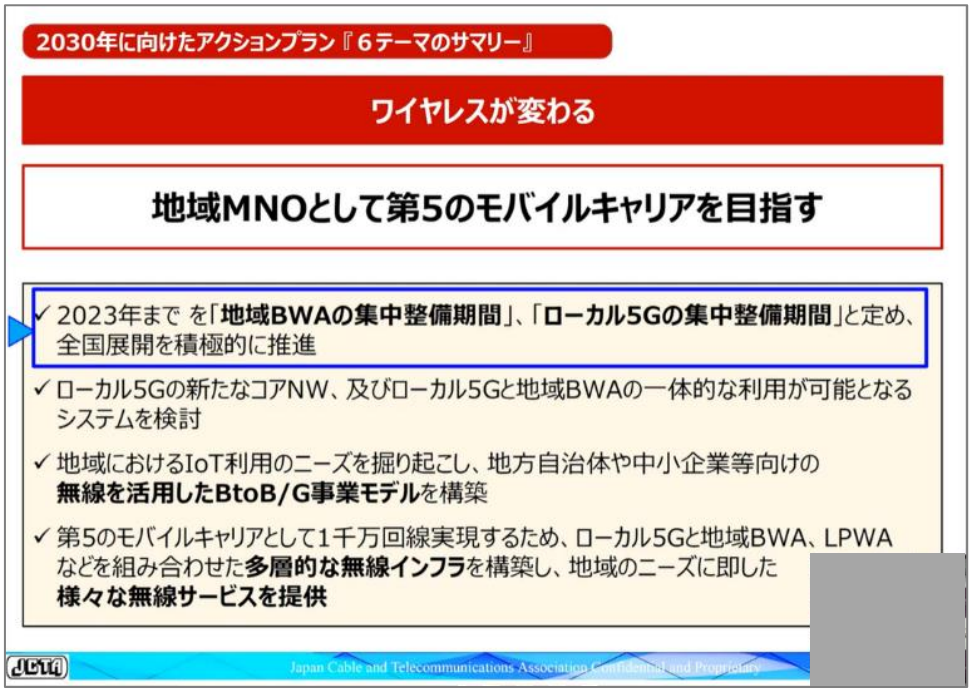
- ✓ 屋内外の受信電力、スループット及び遅延測定等を実施。
- ✓ 受信電力の測定結果のアウトプットイメージは以下の画像の通り。
  現行のエリア算出法だと測定地の高さはほとんど加味されておらず以下の画像のように 1 階に比べて 5 階のエリアが小さくなっている状況。
- ✓ 一方、実際に受信電力を測定した結果、上の階ほど受信電力が強くなる傾向があり、またホテル屋上基地局・配電柱基地局共に現行のエリア算出法の値と実測値に大きな乖離があることが明らかになった。
- ✓ パラメータ K の精緻化仮説について説明。伝搬損失が距離の 2 乗に比例する距離が 0.1km よりも長く移動局高に比例すると仮定。これにより実測地点の高さが上がるにつれて伝搬損失が小さくなり以下アウトプットイメージが得られる。
- ✓ パラメータ R の精緻化仮説についてはモニター宅におけるベランダ、窓際、TV 台付近の受信電力の差分を分析しパラメータ R を評価している。
- ✓ Q&A
  - （質問）：パラメータ S の検討状況について教えてほしい。
  - 日本電気　濱辺：建物による電波遮蔽の影響が階ごとに異なる為建物占有面積率を用いて電波伝搬モデルの精緻化を図る。パラメータ K の仮説が主となる想定だが、パラメータ S も取り入れることで、より精緻化されるか検討している。
  - （質問）：基地局の送信電力とアンテナゲインを開示頂きたい。
  - 日本電気　濱辺：制限エリアの為 EIRP は 45dBm 以下としている。上記 2 つの具体的な値は報告書にて確認頂きたい。

5. 実装及び沖縄における普及展開（沖縄ケーブルネットワーク株式会社）
   - ✓ 17 世帯に対して 2 回アンケートを実施済み。そのうち第 1 回のモニター世帯アンケートの集計結果を報告。
   - ✓ 固定でインターネットを利用している割合が 7 割。現在のインターネット接続の不満点で最も多かったのは「値段が高い」（41%）次いで「速度が遅い」

（35%）であった。また、固定で利用しているインターネット接続回線は 75%が光回線という結果になった。

- ✓ L5G の満足度については 85%が満足及び普通と回答。また、L5G の設置方法の満足度については 84%が満足・問題なしと回答している。
  一方、宅内での Wi-Fi 接続状況については 46%が不満と回答。実証中に L5G ネットワーク断発生が一因と考えられるが理由については調査中。
- ✓ ハイコネアプリの使用感については、使いにくいという意見が 54%。切り替え後の映像画質については概ね満足頂いている状況。
- ✓ 第 2 回目のアンケートについては 2 月 17 日（木）及び 2 月 19 日（土）の切り替え試験後に実施。アンケート内容は情報発信内容の評価、商用サービスの利用意向等。
- ✓ 実装課題について説明。
  - 技術面:FWA を前提としたコア接続機能とシステムチューニングが必要。また、エリア設計については技術実証の結果を受けてサービスノウハウを蓄積していく。
  - 運用面 : 本実証では他社土地利用にてサービス提供をしている。今後サービスエリア拡大を見据え、他社土地利用に隣接するような自己土地利用の優先順位の扱いを整理して頂きたい。サービスについてはハイブリッドキャストの権利処理やハイコネ対応のテレビ普及が課題。
- ✓ 実証普及展開のスケジュールについて説明。21 年度については実験局の免許にて置局しているが、来年度からは実用局への切り替えをしていく。但しベランダへの設置や FWA サービスに合わせるチューニング対応が必要であり、これらの対応には一定期間が必要な為、まずは現在のモニター世帯における商用化を進め、上記対応の実施後、他地域へのサービス拡大等を実施する予定。
- ✓ Q&A
  - （質問）: 商用化に向けた主な課題と対策について教えてほしい。
  - 沖縄ケーブルネットワーク大熊 : 基地局の設置については高所に設置した方が屋内に電波が届きやすい。その為アンテナ基地局から受信し易いベランダ等の設置を検討しているが現行の端末は防水仕様がなく屋外設置が難しい。防水仕様の端末開発や端末の収納する防水ケース等により対応が可能と考えている。

6. 連盟活動を通じた普及展開の取組（一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟）
   - ✓ 日本においては地域の活性化が課題となっている。また、ケーブルテレビ業界においては通信・放送業界が急速に変化している。当業界としてのビジョンを策定。
   - ✓ ケーブルテレビ業界においては 2023 年までを地域 BWA 及び L5G の集中整備期間と設定し地域 MNO として第 5 のモバイルキャリアを目指している。



- ✓ ケーブルテレビ業界が持っている HFC や FTTH 等のアセットと無線を組み合わせることでインフラの整備を進めていき地域 DX を進めていく。
- ✓ ケーブルテレビ業界における横展開に向けた活動については、無線利活用委員会主催の業界内全国説明会にて導入モデルを説明・推奨していく。また、日本ケーブルテレビ連盟の全国 11 支部を通じて説明していく。
  更に、導入検討事業者については地域ワイヤレスジャパンやグレープ・ワンと連携しながら当事業者に対して個別支援を実施する。
- ✓ Q&A
  - ・ （質問）：現在ローカル 5G はケーブルテレビ業界内でどのくらい普及しているか教えてほしい。
  - ・ 日本ケーブルテレビ連盟　村田：17 社が免許取得済み。一部事業者ではトライアル的に FWA サービスを提供している。

尚、本実証については 2022 年 2 月 20 日の琉球新報にて「ローカル 5G 事業化へ」という見出しで報道された（以下の画像参照）。

令和4年（2022年）2月20日 （日曜日） 琉球新報 朝刊 経2 1版 005ページ 記事ID:K2022022000000003700

ローカル5G事業化へ

OCN、来年度内目指す

沖縄ケーブルネットワークなどによるローカル5G実証実験に関し開かれたオンライン視察＝浦添市宮城のホテルハーベスオキナワ

沖縄ケーブルネットワーク（OCN、大熊茂隆社長）は限定された地域でネットワークを構築する第5世代（5G）移動通信システム「ローカル5G」について、2022年度の事業化を検討していることが18日、分かった。5Gの高速、安定、多数同時接続の特性を活用し、集合住宅でのインターネットサービスを想定する。現在実証実験を行っている浦添市の集合住宅地域を皮切りに、23年度以降は対象エリアを拡大したい考えだ。

OCNは地域ワイヤレスジャパン（東京、小竹完治社長）、沖縄テレビ放送（OTV、船越龍二社長）などとともにローカル5Gを活用したシステム実証実験を昨年12月から開始した。

総務省の「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」の一環として、浦添市宮城で災害時のテレビ放送受信障害を想定し、応急復旧を実施。地域の17世帯に受信端末を配布し、接続状況などを点検していた。

台風などの災害で引き込み線の断線やテレビの受信アンテナが壊れた際は、テレビ視聴やネット接続ができなくなり、復旧に時間を要することが多い。平時から無線通信の5Gを活用し、高速インターネットと放送を共用するサービスを展開すれば、災害時の障害の復旧時間が短縮され、利用者や事業者の負担軽減にもつながる。

2月18日、浦添市のホテルハーベスオキナワで実証実験のオンライン視察が行われ、ケーブルテレビ事業者や総務省の関係者らが参加した。この日は災害で集合住宅の設備破損でテレビの視聴ができない想定で、タブレット端末を使い5G経由で視聴を再開できたことを確認した。

OCNの大熊社長は「集合住宅向けの高速インターネットサービスとしての展開を考え、防災への活用も検討していく。受信機の設置場所など課題はあるが、少しずつ改善しサービス提供エリアを広げたい」と話した。

（小波津智也、写真も）

琉球新報

無断複製・転載を禁じます

出典：2022 年 2 月 20 日 琉球新報

5.3 その他普及啓発活動

以下に普及啓発活動の実績について記載する。

2021 年 8 月 31 日	沖縄ケーブルネットワーク、沖縄テレビ放送、地域ワイヤレスジャパン、住友商事（グループ企業ニュース欄）の HP でニュースリリース
2021 年 9 月 8 日	沖縄タイムス（沖縄地方紙）に記事掲載
2021 年 9 月 15 日	琉球新報（沖縄地方紙）に記事掲載
2021 年 10 月	CEATEC2021 ローカル 5G 普及推進ワークショップ 2021 地域ワイヤレスジャパンが講演
2021 年 11 月	BBTower Business Exchange Meeting 2021 ONLINE ジャパンケーブルキャストが講演、グループ会社の取組として本実証の説明
2021 年 12 月 1 日	沖縄総合通信事務所の HP にて、免許交付の報道発表
2022 年 1 月 26 日	第 47 回ラボワークショップ ジャパンケーブルキャストが講演、グループ会社の取組として本実証の説明
2022 年 2 月 20 日	琉球新報（沖縄地方紙） 視察会取材の記事掲載
2022 年 2 月 20 日	沖縄テレビ放送 視察会取材のニュース報道
2022 年 3 月 1 日	月刊 NEWMEDIA 4 月号 記事掲載
2022 年 3 月 4 日	Newspicks に記事掲載、住友商事グループの取組として紹介

6. 実施体制

本実証では、事業を確実に履行する体制構築のため、以下の点に留意して下図の会社・団体によるコンソーシアムを構成して実証実験を行った。

① 沖縄県において無線環境の構築実績のある放送事業者：沖縄ケーブルネットワーク株式会社
② 沖縄県の地上波放送事業者：沖縄テレビ放送株式会社
③ 応急復旧に向けたアプリサービスを開発・提供する事業者：沖縄ケーブルネットワーク株式会社
④ L5G 関連機器を開発・提供・電波伝搬特性の測定経験等の実績のある事業者：日本電気株式会社
⑤ 無線関連機器の設計・置局工事の実績がある事業者：株式会社関電工
⑥ 全国的な普及展開・横展開に向けた支援等を行う事業者：一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟、ケーブルテレビ株式会社、株式会社グレープ・ワン

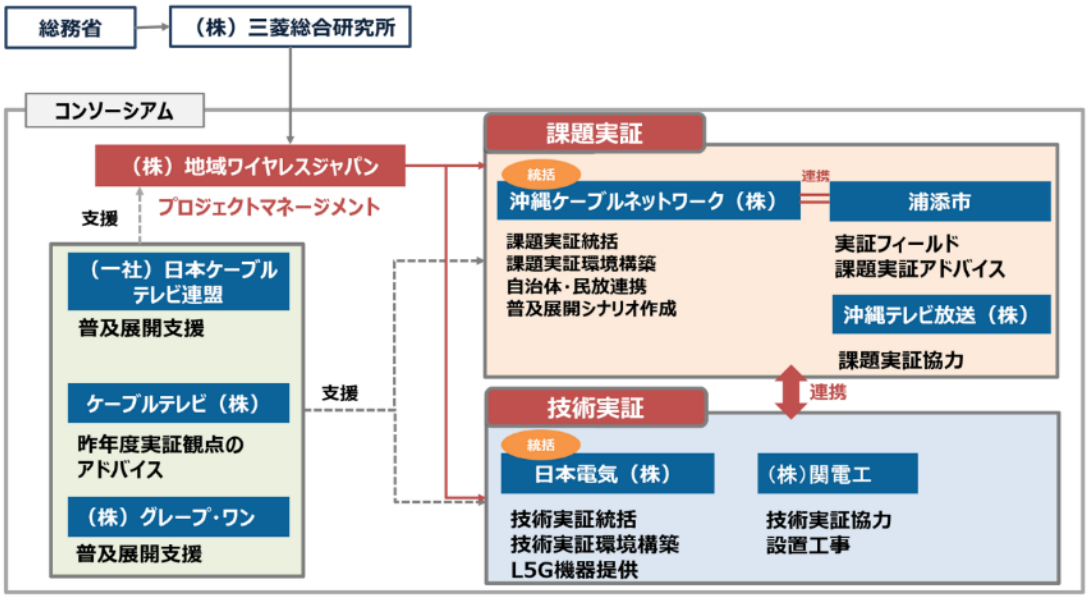


図 6-1 コンソーシアム体制図

7. スケジュール

本実証実験は 8 月 31 日に公募の採択を受け、下のスケジュールで実証実験を行った。

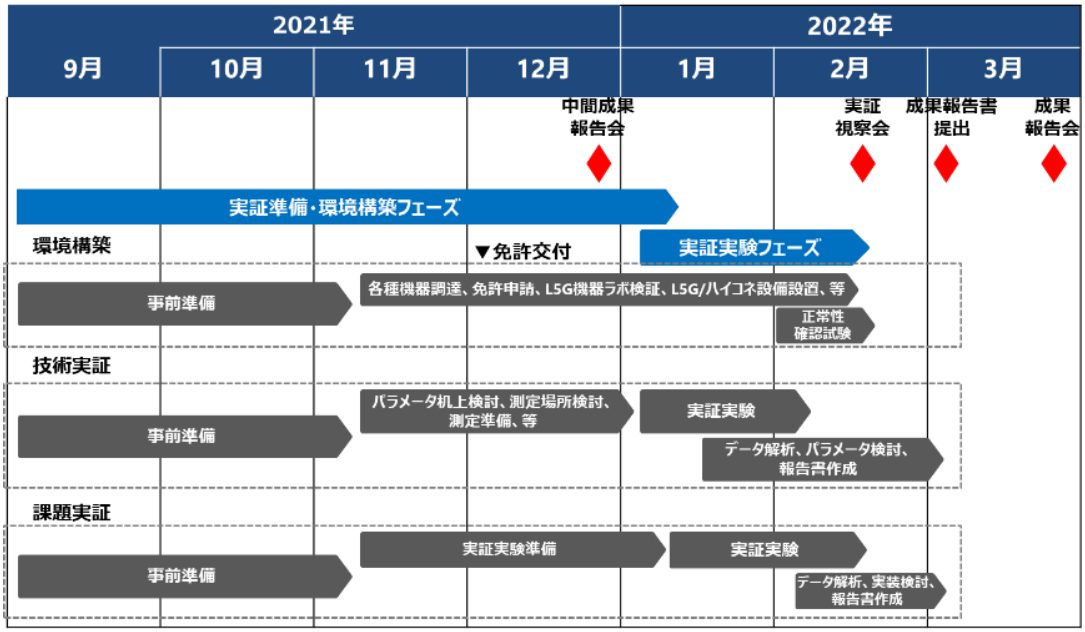


図 7-1　スケジュール