

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

【開発実証事業】

高精細映像伝送による
災害時の迅速な情報共有・意思決定の実現

成果報告書

令和5年3月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ関西

令和4年度総務省開発実証えひめコンソーシアム

目次

1.	実証概要	1
1.1	背景・目的	1
1.1.1	我が国を取り巻く状況	1
1.1.2	国・地方自治体による災害対応業務	2
1.1.3	地方自治体における取組の実例（愛媛県 平成 30 年 7 月豪雨災害での課題や教訓）	2
1.1.4	愛媛県の課題	5
1.1.5	本件開発実証の目的	12
1.2	実証の概要	13
1.2.1	実証概要(ア)可搬型ローカル 5G による高速通信カバレッジエリアの迅速展開	14
1.2.2	実証概要(イ)ドローンを活用した高品質なデータ取得	15
1.2.3	実証概要(ウ)ローカル 5G を活用した大容量データの迅速・効率的伝送	16
1.2.4	実証概要(エ)既存防災システムを活用した、取得データの高度解析	17
2.	実証環境の構築	18
2.1	対象周波数帯	18
2.2	実施環境	18
2.2.1	実施場所の詳細	18
2.2.2	実施場所選定の妥当性	22
2.3	ネットワーク・システム構成	24
2.3.1	全体構成	24
2.3.2	設置場所	24
2.3.3	エリアカバレッジ	26
2.3.4	ネットワーク・システム構成図	28
2.3.5	無線部特性	29
2.3.6	コアネットワーク性能	33
2.3.7	端末の概要	33
2.3.8	構築スケジュール	36
2.3.9	最も効率的なシステムである理由	37
2.4	システム機能・性能・要件	39
2.5	その他	40
2.5.1	実証システムの拡張性等	40
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策	40
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）	42

3.1	実証概要	42
3.2	実証環境	42
3.3	実施事項	43
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化	43
3.3.2	エリア構築の柔軟性向上	74
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発	125
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）	126
4.1	実証概要	126
4.1.1	背景となる課題	126
4.1.2	実証するローカル 5G 活用モデル	129
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性	139
4.1.4	実証目標	140
4.2	実証環境	144
4.3	実施事項	145
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証	145
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証	177
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討	202
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開	206
5.	普及啓発活動の実施	219
5.1	映像制作	219
5.2	実証視察会の実施	219
5.3	その他普及啓発活動	222
6.	実施体制	224
6.1	実施体制の全体像	224
6.2	実施体制内の役割	225
7.	スケジュール	229

1. 実証概要

1.1 背景・目的

1.1.1 我が国を取り巻く状況

我が国は、自然的条件から、各種災害が発生しやすい特性を有しているが、特に近年、それらの災害が激甚化・頻発化する傾向にある。平成 23 年の東日本大震災をはじめ平成 28 年には熊本地震、平成 30 年には大阪府北部地震などの巨大地震が発生した。同じ平成 30 年には愛媛県を含む西日本広域での 7 月豪雨災害が発生、令和元年の台風 15・19 号、令和 3 年の熱海土石流の発生など、風水害においても大きな災害が発生している。下記に、災害一覧を記載する。

年度	近年の主な災害（災害名）	概要
令和 3 年	令和 3 年 7 月集中豪雨	神奈川静岡豪雨、熱海市での土石流
令和 2 年	令和 2 年 7 月豪雨	九州全域で記録的豪雨
令和元年	令和元年東日本台風（台風 19 号）	関東甲信越・東北での記録的な豪雨
	令和元年房総半島台風（台風 15 号）	関東南部暴風、房総半島大規模停電
平成 30 年	平成 30 年北海道胆振東部地震	ブラックアウトで全道 295 万戸停電
	平成 30 年台風 21 号	大阪府などに記録的暴風、空港閉鎖
	2018 年猛暑	5 年ぶりに 40 度超え、最高気温記録
	平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）	愛媛県、広島県、岡山県に甚大な被害
	大阪府北部地震	大阪北部震源での M6.1 の直下型地震
平成 29 年	平成 29 年 7 月九州北部豪雨	福岡県と大分県で集中豪雨
平成 28 年	平成 28 年台風第 7/11/9/10 号大雨・暴風	8 月 16-31 日台風及び北海道停滞前線
	大分県中部地震/熊本県阿蘇地震	平成 28 年熊本地震に誘発した地震
	平成 28 年熊本地震	熊本と大分の広範囲で震度 6 強 - 6 弱
平成 26 年	2014 年御嶽山噴火	登山客が山頂に居る際に突然噴火
	2014 年広島市土砂災害	広島市北部にて大規模な土砂災害
	平成 26 年豪雪	岐阜・山梨・長野では大雪で孤立集落
平成 25 年	平成 25 年台風 26 号	伊豆大島にて記録的大雨での土石流
	2013 年猛暑	各地で熱中症による救急搬送が多数
平成 24 年	2012 年関東竜巻災害	茨城県などで大規模な竜巻
平成 23 年	平成 23 年台風 12 号	紀伊半島の奈良南部・和歌山県で被害
	福島県浜通り地震	東北太平洋沖地震で誘発の M7.0 地震
	長野県北部地震（栄村大震災）	3 月 12 日に発生した M6.7 の地震
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	M9.0 巨大地震、太平洋沿岸部大津波
	新燃岳噴火	1 月 26 日から噴火
平成 22 年	2010 年元日豪雪	北陸地方・山陰地方において大雪

1.1.2 国・地方自治体による災害対応業務

このような状況を受けて、国や自治体に求められる災害対応業務課題が山積している。現在、我が国では、首都直下地震や南海トラフ巨大地震、大型台風や風水害の発生が懸念されている。こうした将来起こりうる巨大災害に対し、国、自治体などの行政機関が単独で対応することは不可能であるため、国や地方自治体、民間企業、関係機関との相互での協力が不可欠である。

災害対応においては、現場被害状況のほか、避難状況および避難所運営状況などを迅速かつ確実に共有し、関係機関が“状況認識の統一”を図りつつ、避難判断や支援要請、現地への応急対策活動など、それぞれが相互に連携し合い“迅速かつ的確な意思決定”を行っていくことが重要になる。

これに対して、国も自治体も、庁内外での調整活動を含め、災害対応の実効性を確保するための取り組みや様々な工夫を行っているが、対応に苦慮する場面があるのも現状である。

1.1.3 地方自治体における取組の実例(愛媛県 平成 30 年 7 月豪雨災害での課題や教訓)

前述した取り組みの実例として、愛媛県のケースを挙げる。

まず、災害概況について、平成 30 年 7 月豪雨災害(西日本豪雨災害)は、全国で死者 224 名・行方不明者 8 名を出す大災害であり、愛媛県内では過去 40 年観測を続けている雨量観測データにおいて、大洲、今治、大三島、長浜、八幡浜、宇和では「100 年に 1 度」級の発生確率となっており、“過去に経験のない規模の降雨”であったことがわかる。

県管理の水防警報・水位周知河川(24 箇所)のうち、12 箇所の河川で氾濫危険水位(レベル 4)を超過し、3 箇所の河川で避難判断水位(レベル 3)を超過しており、いずれも南予を中心に河川水位が上昇し、県内で約 30 名の死者が出る未曾有の災害となり、多数の土砂災害や河川氾濫、広域での浸水被害が多発した。



図 1-1 洪水予報・水位周知・水防警報河川とその状況
(出典:愛媛県平成 30 年 7 月豪雨災害対応検証委員会より)



図 1-2 平成 30 年 7 月豪雨における愛媛県内の被害の例

本災害における被災箇所は、県南部南予地方を中心に広範囲に亘る。特に大洲市、西予市、宇和島市の被害が甚大であったが、このうち大洲市だけでも浸水面積は 880ha を超える広範囲であったことから、初動期の被害状況の正確な把握と、その情報の共有における課題が発生する結果となった。

事後の考証によれば、これは、以下のような理由によるものであった。

平成 30 年 7 月豪雨災害に対する愛媛県の課題

- ① 情報収集において、県や市町、関係機関がそれぞれで個別に情報収集を実施していた
- ② 被害現場状況の情報収集とその伝達に時間を要した
- ③ また、取得した被害情報の各部共有に手間と時間を要した
- ④ 収集した被害情報の質や精度（画像解像度やデータ形式）が低かった
- ⑤ 被災による通信インフラ故障や携帯電話網の輻輳等により、状況がさらに悪化した

愛媛県では、この課題・教訓を受け、来たる南海トラフ巨大地震による広範囲災害に対応するため、愛媛県及び愛媛県下の各市町では様々な取り組みを実施してきた。

たとえば、愛媛県および県内市町においては、幅広い行政課題について積極的に連携を図っているほか、DX の推進においても、県と県内市町の連携を一層深化させ、共通する地域課題等の解決に向け、協働していくべく、全国にさきがけて DX を実現するための取り組みを実施してきた。

その集大成として令和 3 年 3 月には愛媛県と県下 20 市町による「愛媛県・市町 DX 協働宣言」が採択され、システムの標準化・共同化を推進することなどの取り組み内容が盛り込まれた。

これを受け、**愛媛県と 20 市町では愛媛県災害情報システムや被災者支援連携システムなどについて、県および市町が一体となってシステムを整備・運用するなど、県域での共同調達および共同利用が進んでいる。**

【愛媛県 DX 宣言において共同/協働して取り組む主な内容】

- ・デジタルリテラシーの向上と高度デジタル人材のシェアリング
- ・システムの標準化・共同化・クラウド化の推進
- ・県・市町一体となったデータ利活用の推進
- ・エールラボえひめを活用した官民共創と DX 実証の推進
- ・県・市町 DX 推進会議による連携の深化



図 1-3 令和 3 年 3 月愛媛県・市町 DX 協働宣言(愛媛県中村知事記者会見)

このように、愛媛県はシステム・情報の共同利用について各種の対策を実施しているが、災害対応における課題がすべて解決されたわけではない。DX 協働宣言の取り組みは、発災時の役割分担や情報共有などの活動において一定の成果を収めているが、災害時の初動に関しては、未だ以下のような課題が残されていることが明らかになっている。

地域課題（現状の情報通信対応課題）について

- 課題① 被害情報の収集・取得や情報整理（とりまとめ作業）に時間を要する
- 課題② 取得できるデータの品質や精度(解像度やデータ形式等)が悪い
- 課題③ 被災によるインフラ損傷が及ぼす影響

各々について、以下のとおり詳述する。

1.1.4 愛媛県の課題

(1) 課題① 被害情報の収集・取得や情報整理（とりまとめ作業）に時間を要する

現状、国や各自治体および関係機関がそれぞれの目的により、総合防災情報システムや情報伝達システム、ヘリテレ・ドローン・映像システムなどを個別に整備している。

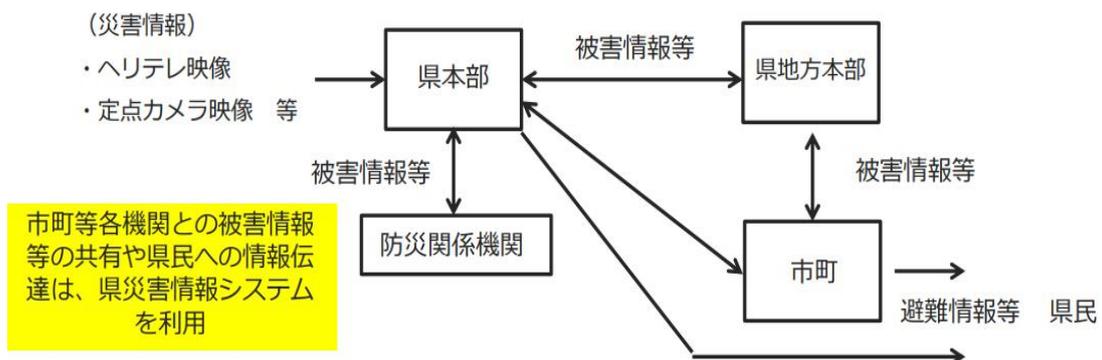


図 1-4 西日本豪雨災害における情報通信対応

実際に、西日本豪雨災害において、県災害情報システムを活用して、避難情報の発令や避難所運営管理、各配信媒体による住民への一括配信など、県および市町・関係機関が共同利用する仕組みを活用して、状況認識の統一や意思決定・判断が進んでいる部分もあるが、一方で**特に初動**における**県内被害概況の把握や情報整理に時間を要した**。

近年では、初動期の空白期間を補うために、「虫の目情報（SNS 投稿情報）」等と併せ、国やJAXA等とも協力し、衛星画像による「鳥の目」の情報の利活用が推進されている。

自治体として、個別被害箇所の詳細情報の特定と併せて、より広域（県域・市域）での被害全容を迅速に把握するための仕組みの必要性が課題として認識されている。

【愛媛県災害情報システム】

県および県内市町が共同調達・共同利用でのシステム整備や運用を進めており、県内被害報告のとりまとめや避難情報、避難所情報などを管理しつつ、各配信媒体による住民への一括配信により住民の避難誘導を支援している。

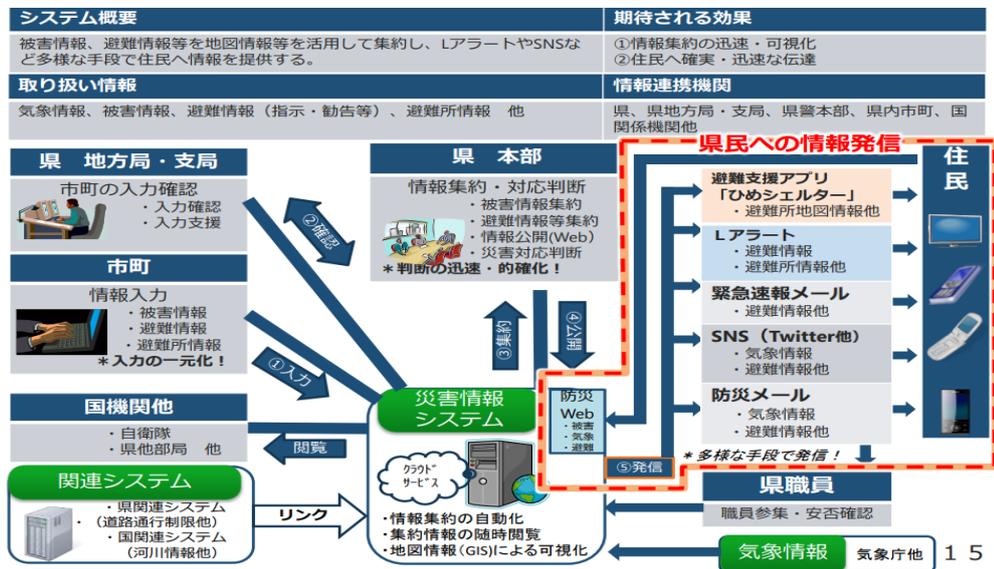


図 1-5 愛媛県災害情報システムの概要

愛媛県では、ヘリテレ映像や定点カメラ映像などにより、災害現場映像を災害対策本部等へと集約する各映像情報システムを整備・運用しているが、各部局や関係機関が個別に映像情報システムを整備しており、一元化・共有化ができていない。

そのため、初動における被害概況把握に時間を要しており、西日本豪雨災害においても「発災直後3日間の初動」での情報収集に課題があることが浮き彫りになった。

【愛媛県映像系システム】

県および県内市町が個別に調達・個別運用しており、それぞれのシステムが県内被害概況や県内・市内の映像情報を保持しており、それぞれの映像や画像情報が共有されていない。

<ヘリテレ映像、ドローン映像・カメラ映像情報システム等>

- ・愛媛県消防防災航空隊（ヘリテレ映像）
- ・愛媛県警察航空隊（ヘリテレ映像）
- ・愛媛県原子力災害ドローン（映像）
- ・各土木事務所/市町保有ドローン（映像）
- ・モバイル（モバイル映像・画像）
- ・各市町カメラ映像システム（高所カメラ・河川カメラ・道路カメラ画像等）

映像情報は初動期の空白期間を補うという重要な役割を果たすにもかかわらず、国や各自治体、各部局において映像情報システム等の部分最適化がなされていることもあり、一元的な情報の収集整理・共有ができておらず、県および市町、関係機関等における『状況認識の統一』や迅速かつ確実な『意思決定』による災害対応業務の実現にあたっては、課題が顕在化しているといえる。



図 1-6 国土交通省(TEC-FORCE 部隊による西日本豪雨災害でのヘリでの被害概況把握)



図 1-7 令和2年7月豪雨ドローン撮影画像

また、現状のヘリテレや現地派遣による状況写真撮影においては、LTE 回線を利用して現場からのデータ伝送を行っている。しかし、**災害現場やその周辺の動画、特に高精細 4K 映像は大容量となるため、LTE 回線ではリアルタイム伝送するには帯域が不足している。**

さらに災害時には通信輻輳も発生するため、現地情報を災害対策本部に伝送・伝達するために多くの時間を要してしまう、あるいは通信エラーとなり送信自体ができない、職員がメディア等で持参するほうが結果として早かった等、取得した災害状況の情報を災害対策本部や各部局へ伝送伝達すること自体が極めて困難となる状況が多く発生し、情報を活用できなかったことが問題となった。

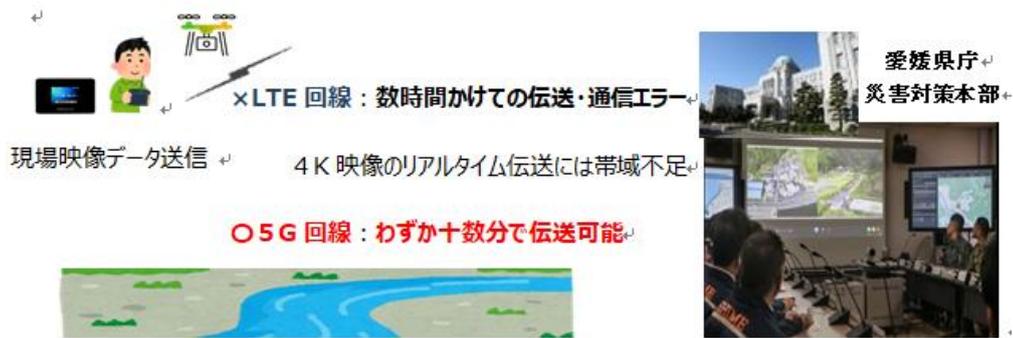


図 1-8 災害現場からの高精細 4K 映像伝送(LTE 回線⇔5G 回線)

(2) 課題② 取得できるデータの品質や精度(画像解像度やデータ形式等)が悪い

【低解像度データにより、被害規模や具体的状況把握が困難】

現状ではヘリテレからの空撮画像により現場被害詳細を確認しているが、画像解像度が HD 映像や FullHD 映像となっており、下図のとおり画像が荒く被害概況が特定しづらいという課題がある。

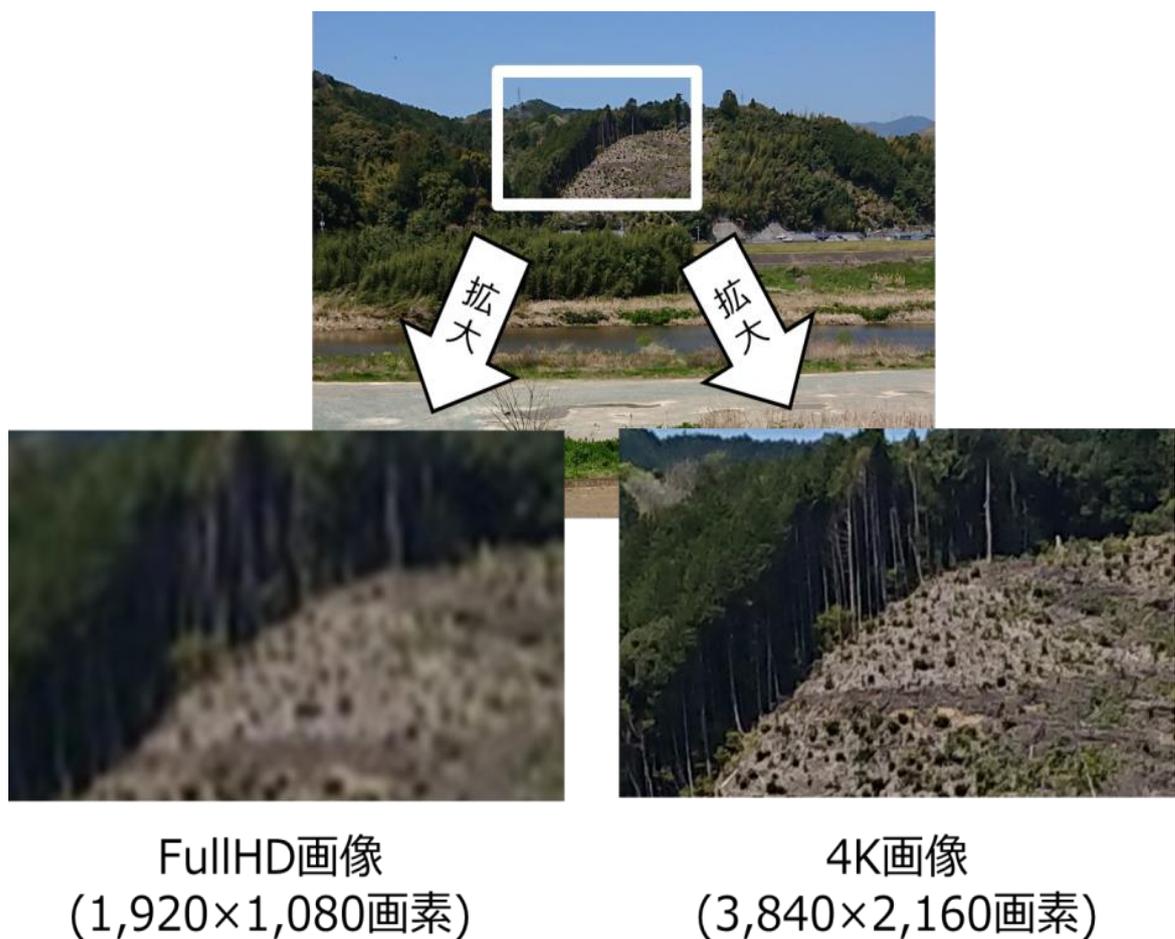


図 1-9 FullHD 画像と 4K 画像の違い(イメージ)

また、ヘリテレからは現状画像情報だけしか取得しておらず、その情報だけでは浸水エリアの早期把握、土砂災害発生場所における流出規模の推定等に活用できる簡易測量を行うことができない。簡易測量が可能になれば、崩壊の高さ、崩壊前後の地盤線、崩壊の延長（長さ）、幅や土砂量などが概算ではあるがすぐに把握することができるため、復旧活動や救助活動の優先順位判断、投入する重機等のリソース量判断や優先順位判断等の材料になるほか、事後に災害規模を定量的に報告するための報告書にも利用可能となるが、現状ではこのような仕組みがないことも課題となっている。

(3) 課題③ 被災によるインフラ損傷が及ぼす影響

西日本豪雨災害において、愛媛県内でも複数の道路・交通網にも被害が出たため、被害現場との行き来がしづらかったほか、情報通信対応としても、県内基地局への電源供給の途絶等から電話が繋がりにくい事象などが発生し、迅速な情報収集の妨げとなった。

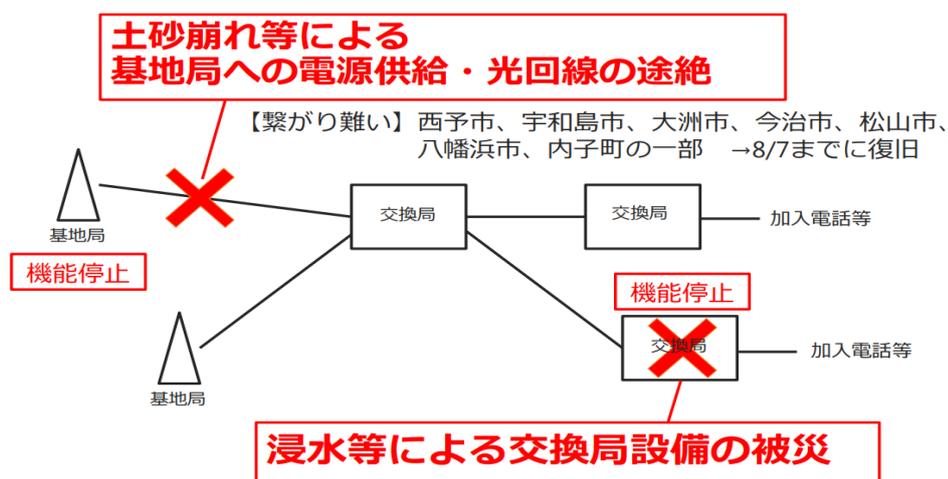


図 1-10 情報通信関係の主な被害例

電話不通の状況や災害現場への道路や橋梁の道路交通状況にも影響が出ており、一部の電話回線も不通となったが、通信事業者（NTT、NTT ドコモ、KDDI、SoftBank）から、県災害対策本部へのリエゾン派遣により、各通信事業者との連携が効果的に行われた。

①四国総合通信局や通信事業者（NTT、NTT ドコモ、KDDI、SoftBank）から県災害対策本部へのリエゾン派遣

（県災害対策本部側の効果）

- ・通信被害状況等を迅速・的確に把握
- ・必要資機材（携帯電話、衛星携帯、Wi-Fi ルータ等）を直接要請（通信事業者側効果）
- ・被害状況、応急対策状況、支援資機材等の迅速・的確な把握
- ・電力会社リエゾンの直接情報収集、県や市町へ道路復旧要請

（通信事業者側の効果）

- ・被害状況、災害応急対策状況、支援資機材等の迅速・的確な把握
- ・電力会社リエゾンからの

直接情報収集、県や市町への道路復旧要請

②各社の通信サービス提供のための応急復旧対策

【応急対策】・移動基地局設置 ・発電機で電源供給（燃料補給）・電源車で電源供給

【復旧対策】・基地局／交換局の復旧 ・光回線の復旧

③自治体等への資機材の提供

- ・携帯電話、衛星携帯電話 ・Wi-Fi ルータ、パソコン ・マルチチャージャー
- Wi-Fi の無料開放 ・災害伝言ダイヤル等の開設 ・避難所 Wi-Fi の開放

第5世代高速無線通信規格である5Gがローカル5Gとして地域に電波を割り当てされたことで様々な地域の課題解決や防災対策での活用が期待されているが、一方で自己土地利用が前提となる本制度において、被害発生現場や避難所設置場所が必ずしも既設提供エリア内（キャリア5Gやローカル5Gエリア内）であるとは限らない。

こうした障壁を取り払うには、従来の大手キャリア型サービス（設備共有型）を活用することが有効ではあるが、地震や津波、風水害等における実災害現場としては、市街地より郊外や山間部、河川、港湾などの沿岸部での被害が多発することから、キャリア5Gがカバーしきれていない地域での被害発生が見込まれる。

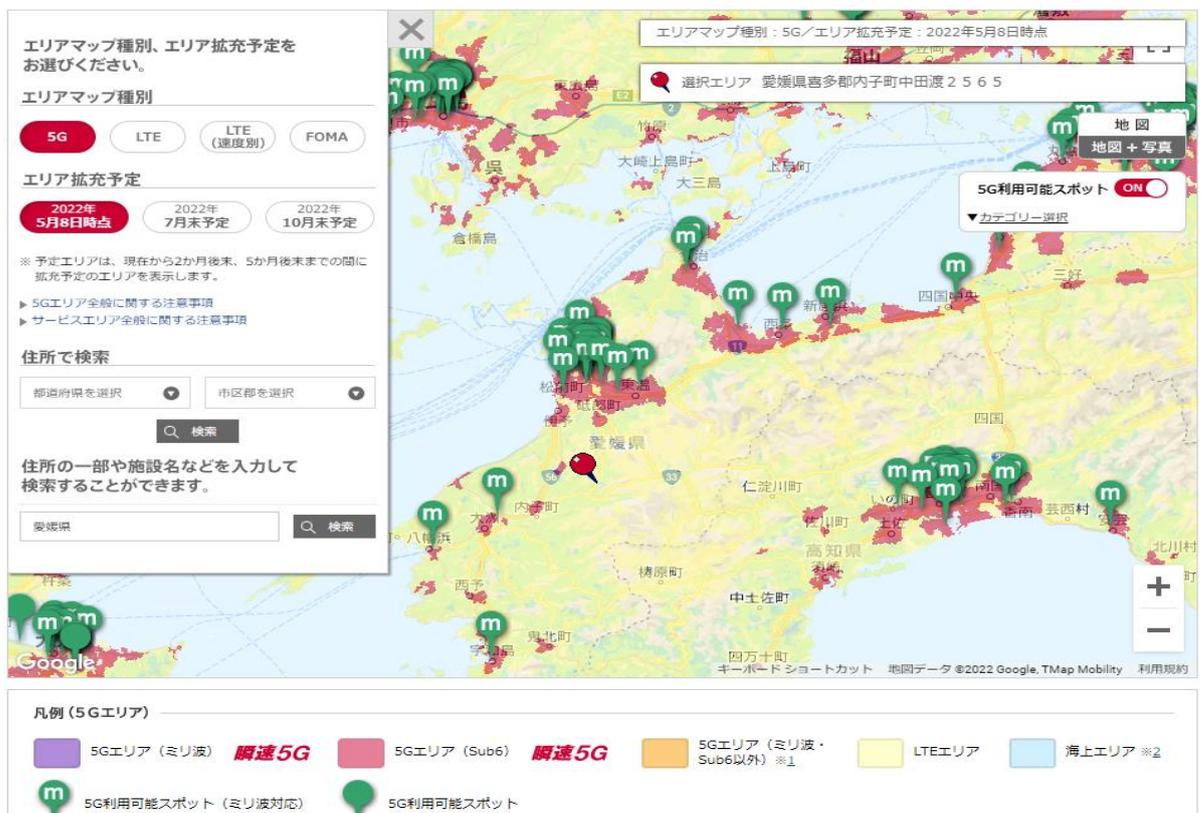


図 1-11 ドコモ 5G エリアマップ(参考)2022.05.16 時点

(4) その他災害リスク（南海トラフ地震）

愛媛県においては、前述した課題のほか、今後 30 年以内に発生する確率が 70～80%とされている南海トラフ地震（地震調査研究推進本部（事務局：文部科学省研究開発局地震・防災研究課）の災害リスクも抱えている。南海トラフ巨大地震モデル検討会（内閣府中央防災会議）の報告によると、M9.0 クラスの巨大地震となる可能性および下記の被害想定が指摘されている。

南海トラフ地震は愛媛県内の全域で被害が発生する広域災害となることが予想される。前述した地域課題の解決は、きたるべき南海トラフ地震への対策としても可及的速やかに対応する必要がある。

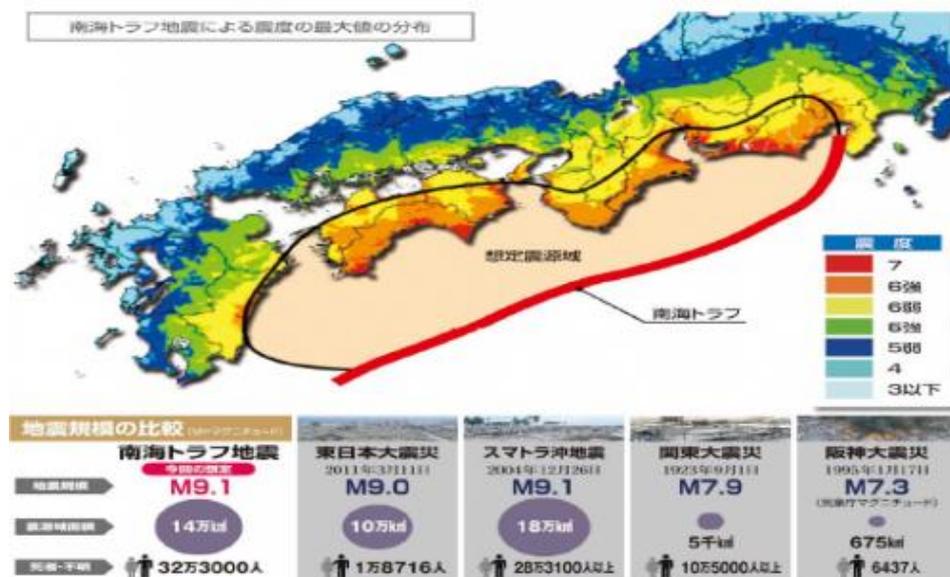


図 1-12 南海トラフ地震における予想震度分布図
 （出典：内閣府南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ（報告書）より）

愛媛県地震被害想定調査最終報告（H25年12月）によると、被害想定最大値としては、以下の被害想定が出ており、こちらの報告書においても広範囲かつ甚大な被害が発生する可能性があると指摘されている。

南海トラフ巨大地震の被害想定

- ・ マグニチュード 9.0 クラスの巨大地震
- ・ 死者数 1 万 6,000 人（※津波等の死者を含む。）
- ・ 最大震度 7（愛媛県下 13 市町）

1.1.5 本件開発実証の目的

本件開発実証の目的は、前述した愛媛県の地域課題を解決することである。併せて、実災害での運用知見のある大洲市や土木部、中央省庁関係機関と連携してこれらを発展させ、まずは県下市町へ展開し、広く遍く地方自治体の防災業務の効率化に貢献することである。全国の都道府県においても前述した愛媛県の地域課題と同様の課題を抱えているものと考えられる。ローカル 5G を活用し防災・減災分野における高度化を図ることで社会課題の解決を行っていくものである。



図 1-13 本開発実証に至る課題と実現したい将来像 (ASIS-TOBE)

1.2 実証の概要

前述の地域課題を踏まえ、本コンソーシアムでは、

「自治体における防災・減災業務の高度化ソリューション実証開発」

～ローカル 5G のリレー伝送により実現する、キャリア 5G エリア外地域での災害における
高精細 4K 映像リアルタイム伝送による防災・減災業務ソリューション～
として、下記の高度化ソリューションの開発実証を提案する。

いつ・どこで発生するか分からない災害に対して、発生の報告を受けた後、直ちに詳細な情報収集を行うことができるソリューションとして、以下のような実証を行う。

- ・災害発生の第一報の後、災害発生地点の最寄り拠点となる出先庁舎に、ローカル 5G 臨時基地局を設置する。
- ・同時に、災害発生地点を当該ローカル 5G のエリアとできるように、リレー伝送が可能となるローカル 5G 中継装置を展開・設置する。
- ・上記により災害地点をローカル 5G エリアとした上で、情報収集ドローンを展開する。
- ・ドローンにより取得された現場映像を災害対策本部でリアルタイム確認し、また高精度の測量情報等をタイムリーに確認することで、災害対策初動判断の材料のひとつとする。

実証の概要を下記図に示す。

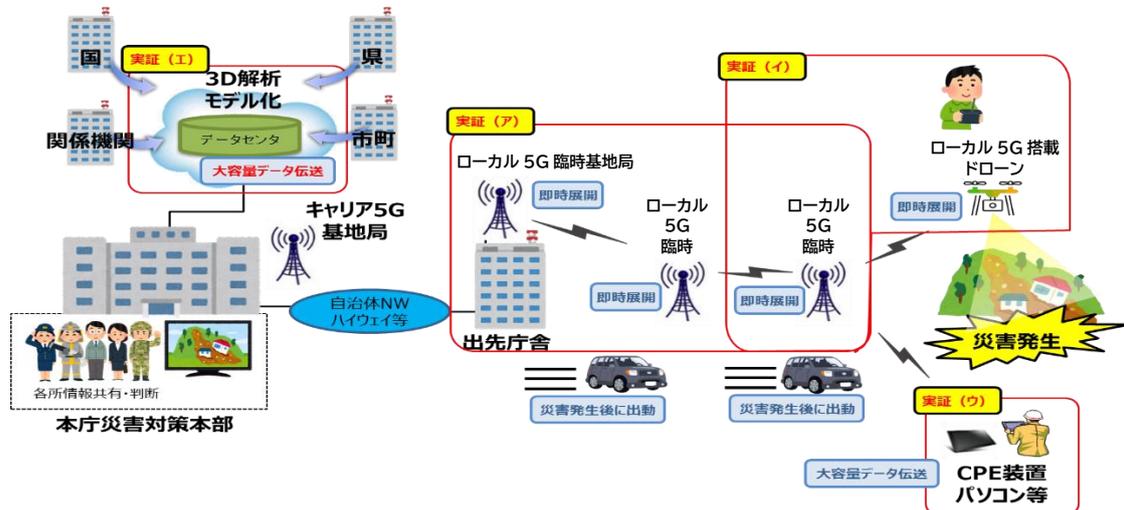


図 1-14 実証の概要図

本ソリューション実証では、以下の実証実験を実施し、各々の詳細について次節以降に記載する。

実証概要

- 実証(ア) 可搬型ローカル 5G による高速通信カバレッジエリアの迅速展開
- 実証(イ) ドローンを活用した高品質なデータ取得
- 実証(ウ) ローカル 5G を活用した大容量データの迅速・効率的伝送
- 実証(エ) 既存防災システムを活用した、取得データの高度解析

1.2.1 実証概要(ア)可搬型ローカル 5G による高速通信カバレッジエリアの迅速展開

(ア) 発生箇所の予測が困難な災害に対し、ローカル 5G エリアを都度迅速・効率的に設営する方法の確認

災害はいつどこで発生するか分からないため、初動判断の迅速化のためには、発生の報告を受けた後、直ちに情報収集を開始する必要がある。

本ソリューションではローカル 5G 基地局と中継装置を利用して災害発生地点をローカル 5G エリアに収めた後にドローンにより情報収集を行うものであるが、従って迅速化の第一歩においては、そのローカル 5G 基地局・中継装置の設置・展開の迅速性を実現することが重要である。

これらの装置は、迅速な展開が可能となるよう、あらかじめ必要な接続や設定を施しておくものであるが、たとえば基地局～中継装置間の空中線の指向性の調整など、実際の設置現場が定まらない（さらには、実際に現場に配置されたときでない）と設定や調整を開始できない内容もある。

これらを詳しく検討し、また実際に展開を行うことで、あらかじめどのような準備・設定・調整を行うことで迅速な展開につなげることができるのか、その点にて実証する。

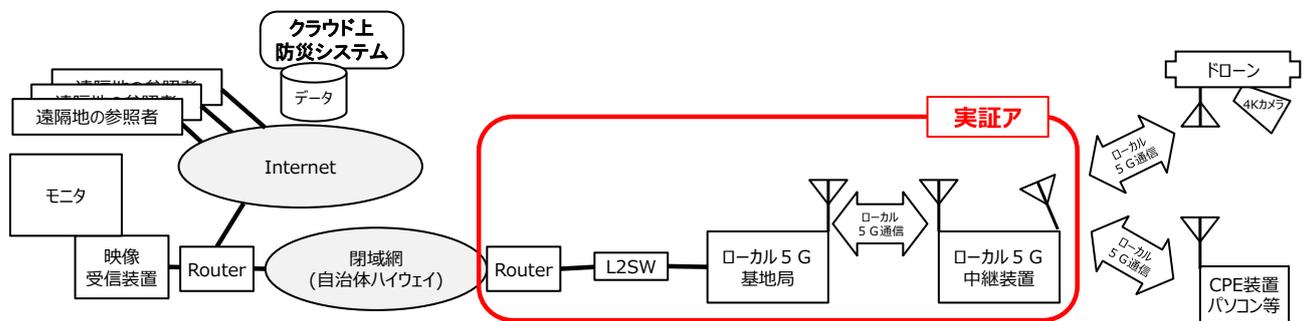


図 1-15 実証アの概要図

1.2.2 実証概要(イ)ドローンを活用した高品質なデータ取得

(イ) 水害等、被災エリアが広範に亘る場合にも、迅速・正確な情報収集し、その伝達を行う方法の確認

水害や土砂災害は、その被災エリアが広範に亘るケースが多い。平成 30 年豪雨では、大洲市内だけでも浸水面積 880ha を超える被害が発生していた。これは、東京ドームおよそ 190 個分に当たる広大なエリアであり、このようなエリアから迅速かつ正確に情報を収集することは大変困難である。さらに、災害時に出水や土砂により進路が阻まれたり、平時より山林や断崖など進入が困難だったりする場合もあり、調査はさらに難航することが想定される。

このような条件のもとでも、迅速かつ正確な情報収集を実現するための手段のひとつとして、ドローンを活用することを検討する。

ドローンは、飛行可能エリアや操縦者の問題など、運用上の課題が存在するものの、条件が合致し利用が可能となれば、陸上移動手段で進入が困難な場所や広い範囲の情報を極めて効率的に収集することが可能な、極めて有効な手段のひとつである。

しかしドローンと 5G 通信を組み合わせた利用には、いくつかの課題が残っている。

そのひとつは、5G 通信の空中利用にある。ドローンは、現在の航空法においては、上空 150m(対地高度)までは特別な許可なく飛行させることができる。これに対し、キャリア 5G の基地局は地上高 40~50m 程度の位置に設置されることが多く、これより高い位置(たとえば高層ビルの上層階)では電波が届きにくいことがある。ローカル 5G においても同様に、上空をエリアとするような設置は例が少ない。これは、5G 通信で利用する周波数帯(C バンド)が航空機の高度計レーダ装置と干渉を起こす恐れがあることなどが理由である。

そこで今回は、出力の大きな基地局装置ではなく、ローカル 5G 中継装置のうち最終段にあたるもの(ドローンを収容するもの)だけについて、サービス側空中線の出力は必要最小限に抑えながら、その指向性を上方に向けることで、適切なコントロールができないかどうかの検証を行う。

本実証では、ローカル 5G 中継装置のカバレッジエリア(上空)において、受信電力測定を実施し、上空エリアにおける電波伝搬状況を実証するとともに、それを電波伝搬シミュレータの演算結果と比較することで、シミュレータの精度の向上について検討を行う。

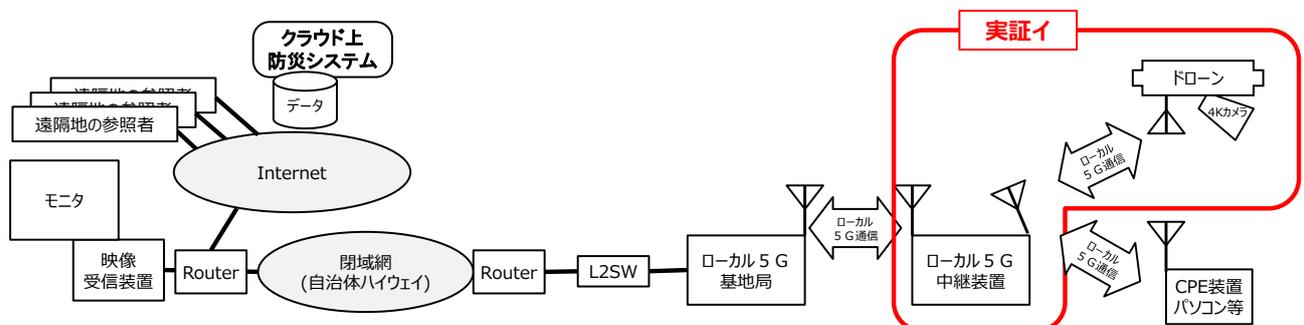


図 1-16 実証Iの概要図

1.2.3 実証概要(ウ)ローカル 5G を活用した大容量データの迅速・効率的伝送

(ウ) 測量データ等、より高度な情報収集のための大容量データを迅速・効率的に伝送できることの確認

災害発生時の初動判断を迅速かつ適切なものとするために、素早い情報収集が重要となることは自明であるが、さらにこのとき、各情報の精度をある程度犠牲にしても、多種多様の情報をまずは収集することが重要な要素になると考えられる。

たとえば光学画像に加えて赤外画像データを取得すれば暗所の情報が取得できるほか、温度分布(サーモグラフィ)情報を取得すれば人間/動物や熱源の位置が取得できる。またレーザー測量データを取得すれば堆積や陥没の概算量などを取得できる。このように、初動判断時に確実に必要となる各種の情報を取得することが可能となる。

一方で、このような多種多様のデータを取得すると、伝送すべきデータ量は飛躍的に増加することとなる。とくに測量データはその傾向が顕著であり、数ギガバイト程度のデータ伝送が必要となる場合もある。

このようなデータは、必ずしも飛行中のドローンからリアルタイムで伝送する必要はないことから、今回の実証では、ローカル 5G 中継装置近傍に、データ伝送用 PC を配置し、測量データの収集後にドローンを着陸させて回収したデータをデータ伝送用 PC の利用により伝送する。

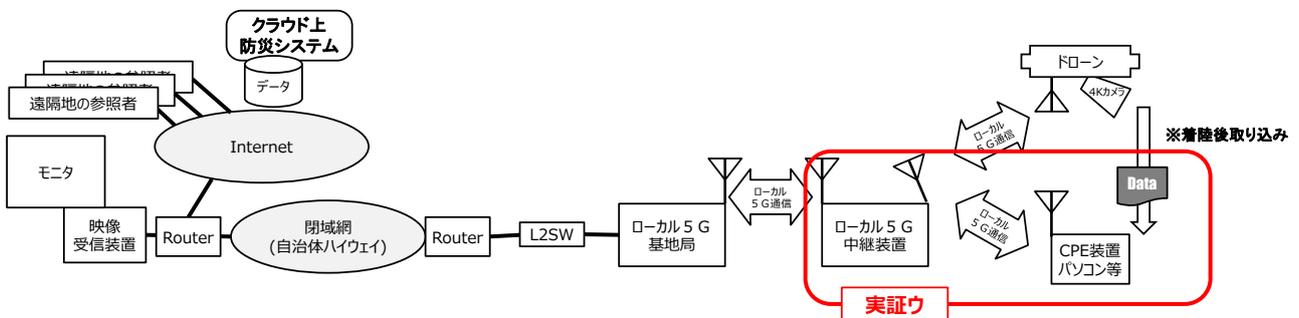


図 1-17 実証ウの概要図

1.2.4 実証概要(エ)既存防災システムを活用した、取得データの高度解析

(エ) ドローン空撮画像（動画・静止画）を瞬時に 3D モデル化し、現場被害状況を 360 度ビューで可視化させ、発災箇所の状況確認を行う手順や見せ方の確認

実証(イ)・実証(ウ)ではデータの転送に重きを置いた実証を実施する。すなわち、これらの実証では、実際の現場から、離れた災害対策本部またはインターネット上のクラウドシステムまで伝送することが主たる目的に置かれている。

対して本実証(エ)では、実証(ウ)でインターネット上の防災クラウドシステムに伝送したデータをクラウド上で解析し、さらにより広範の利用者に対して再配信するための実証を行う。

具体的には、伝送されたデータを防災クラウドシステムで瞬時に 3D モデル解析し、360 度ビュー等の高度な可視化手段により可視化し、完成した 3D モデルデータを防災クラウドシステム上で、他の利用者に共有を行う。

共有されたデータは災害対策本部及び各市町、並びに関係機関等からの参照が可能であり、各組織がこの共有されたモデルデータを用いて必要な判断を実施する。

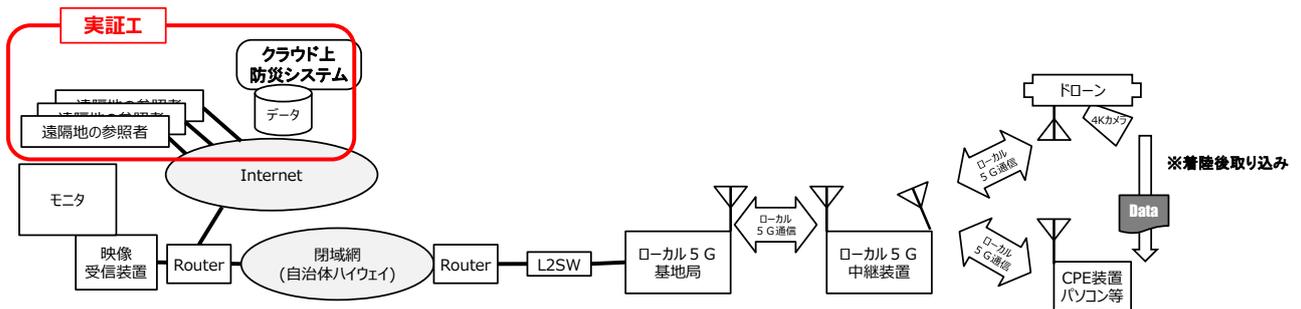


図 1-18 実証工の概要図

2. 実証環境の構築

2.1 対象周波数帯

本開発実証では、屋外における電波伝搬測定を実施するため、ローカル 5G に割り当てられている sub6 周波数帯の内、屋外利用可能な 4.8GHz～4.9GHz 帯の帯域幅 99.72MHz(100MHz) を使用する。



図 2-1 対象周波数

2.2 実施環境

実施環境の概要は以下のとおりとし、実施環境の詳細と妥当性については次節以降に記載する。

実施場所：屋外 2 箇所（ともに愛媛県大洲市内）

- (1)愛媛県大洲市田口甲 425-1 愛媛県南予地方局大洲庁舎 屋上
- (2)愛媛県大洲市若宮付近 一級河川 肱川 右岸堤防上 及び その周辺

地形：(1)地上 3 階建てビルの屋上

- (2)河川区域（両岸堤防敷及び堤外地）

（平時水量にて川幅 50～60m程度の淡水河川域を含む）

2.2.1 実施場所の詳細

本実証では、ローカル 5G 基地局 1 式と、ローカル 5G 中継装置 1 式をそれぞれ屋外に設置する。それぞれの設置位置及び想定するカバーエリアは図 2-2 実証を行う場所の地図とカバーエリアの通りである。



図 2-2 実証を行う場所の地図とカバーエリア
国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

(1) ローカル 5G 基地局の設置場所

ローカル 5G 基地局は、愛媛県南予地方局大洲庁舎（愛媛県大洲市田口甲 425 番地 1）の屋上に設置する。



図 2-3 愛媛県南予地方局大洲庁舎の外観(左)と設置位置付近の様子(右)



図 2-4 ローカル 5G 基地局装置(空中線)設置位置から放射方向の見通し

(2) ローカル 5G 中継装置の設置場所

ローカル 5G 中継装置は、前述の基地局設置位置より北方に約 500m 離れた、一級河川 肱川右岸堤防（愛媛県大洲市若宮 付近）に設置する。



図 2-5 ローカル 5G 中継装置設置位置付近の様子

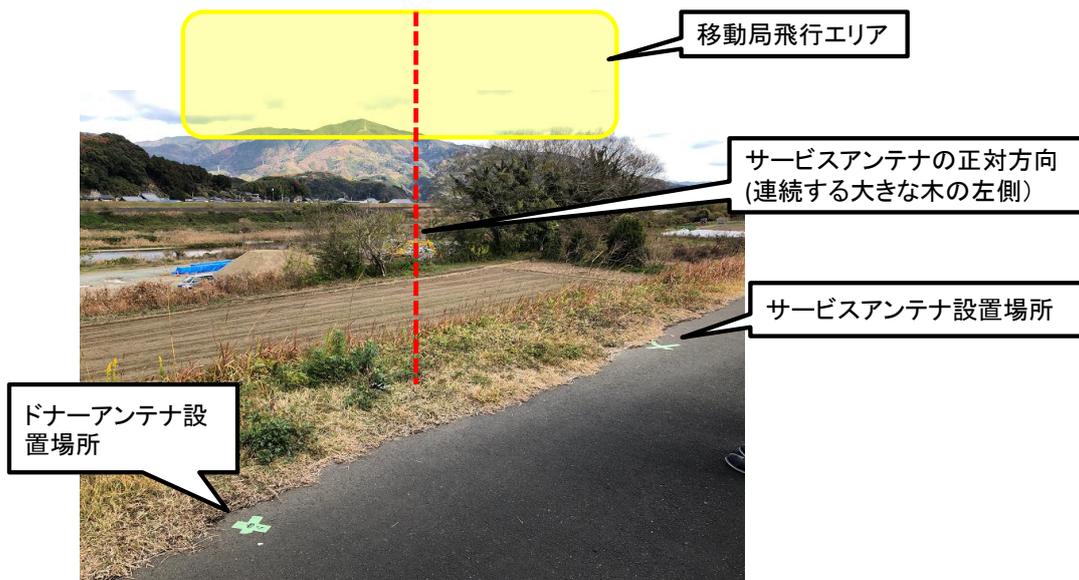


図 2-6 ローカル 5G 中継装置(空中線)設置位置から放射方向の見通し

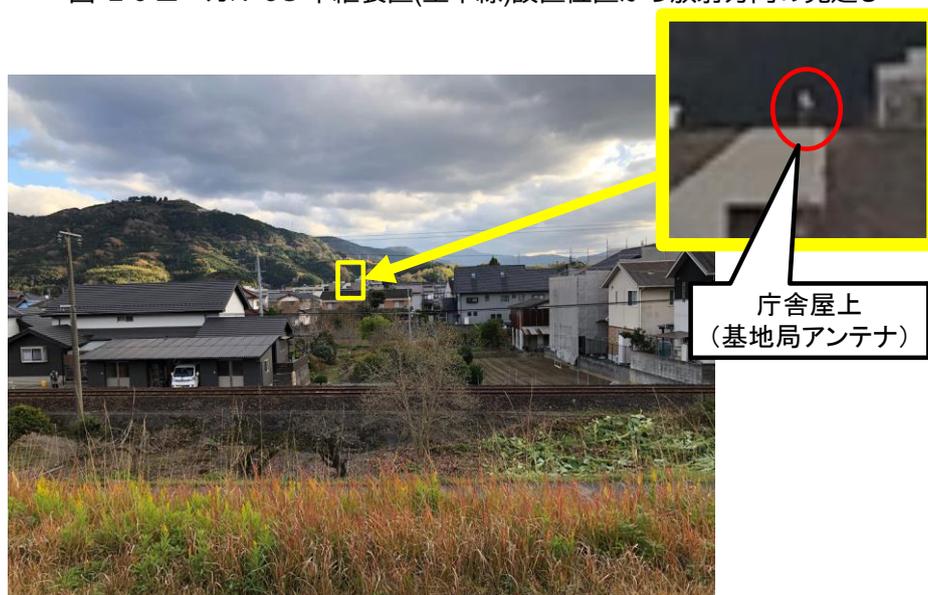


図 2-7 ローカル 5G 中継装置(空中線)設置位置から基地局方向の見通し

2.2.2 実施場所選定の妥当性

本実施環境については、以下4点の理由により、本件実証の環境として極めて適した環境であるものとする。

(1) ターゲットとする水害の実際の被害エリアである点

本実施環境である愛媛県大洲市は、平成30年豪雨災害の実際の被害地にあたる。大洲市は一級河川「肱川」を擁すが、肱川は支流数が多く、また中流域の大洲盆地は高低差が少なく、さらにそこより下流域が狭窄した地形となっているため、この大洲盆地の周辺は水が溜まりやすい地勢で、過去にも多くの水害が発生してきた。とくに平成30年7月豪雨は災害規模が大きく、肱川の河川流量は戦後最大を記録し、洪水による浸水被害は大洲市の全域で3022戸(うち床上2,234戸)、洪水面積は1,372haに及んだ。本実証においてはその実際の被害エリアの一部を実証環境としている。

本実施環境は前述の通り、地勢的な問題から今後も被害が予測されるエリアであり、本環境を利用して実証を行うことには、大きな意義があるものとする。

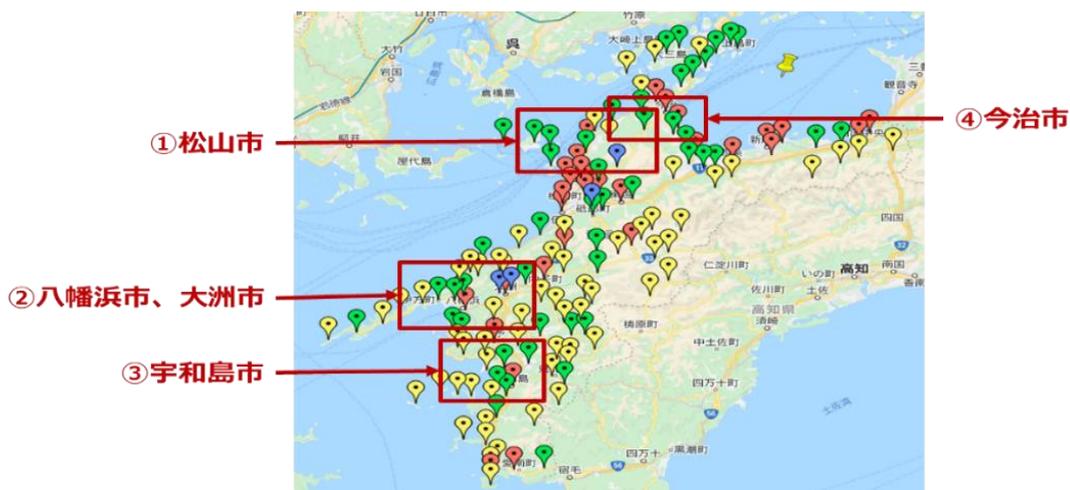


図 2-8 愛媛県内 西日本豪雨災害での被害発生場所

(2) 南予地方局大洲庁舎

本実証実験ではローカル 5G 基地局位置を愛媛県南予地方局大洲庁舎とするが、この庁舎には高度情報通信基盤である「愛媛県情報スーパーハイウェイ」(以下「SHW」)が設置されており、SHW のアクセスポイントとなっている。SHW は、基幹ネットワークが 1Gbps と高速大容量で、かつ二重化等の災害対策も考慮された高品質な高度情報通信基盤である。

また同時に、同庁舎はキャリア 5G(NTT-DoCoMo)のエリア内でもあるため、キャリア 5G エリア端を起点とする場合のシミュレーションを同時に実証することが可能となる。

(3) DID(人口集中地区)条件

本実証実験では、屋外でドローンを飛行させて実験を行う。ドローンの飛行予定エリアは、ローカル 5G 中継装置の設置位置を起点とするローカル 5G エリア内である。

今回選定した、愛媛県大洲市若宮付近の肱川右岸堤防は、ちょうど DID 地区の境界付近に該当するため、効果的かつ効率的にドローンを利用した実証実験を実行できる環境であるといえる。

(4) 県と市町の防災システム共同利用

愛媛県は、防災領域における県と市町の連携が非常に強く、「県・市町連携推進プラン」では平成 27 年度より「防災・減災対策」が重点連携項目として設定されている。それを受けて、平成 28 年には県および全市町において共同で「愛媛県災害情報システム」の導入・運用が開始となり、令和 2 年度には実災害の教訓を踏まえた高度化対応を実現するなど、継続的な運用強化を進めている。

さらに、令和元年より県および市町で共同導入した「愛媛県被災者支援連携システム」では、県および市町が共同でのシステム検討や調達を実施しており、LGWAN 網・愛媛県情報スーパーハイウェイなども利用して、県と各市町が連携可能なシステムとなっている。

さらに愛媛県では、1.1.3 節に述べた通り、県下の全市町とともに「愛媛県・市町 DX 協働宣言」を実施しており、愛媛県及び県下市町は、共同システムの構築や運用や広域連携の土壌が完全に整備されており、本件のような実証を行うために最適な環境であるといえる。

2.3 ネットワーク・システム構成

2.3.1 全体構成

全体構成図は図 2-9 のとおりであり、大きく 8 つのブロックに分かれる。

- (1) ローカル 5G 基地局
- (2) ローカル 5G 中継装置
- (3) ドローン端末
- (4) データ伝送用端末
- (5) 中継ネットワーク部
- (6) 災害対策本部
- (7) 利用者拠点
- (8) クラウド上の防災システム

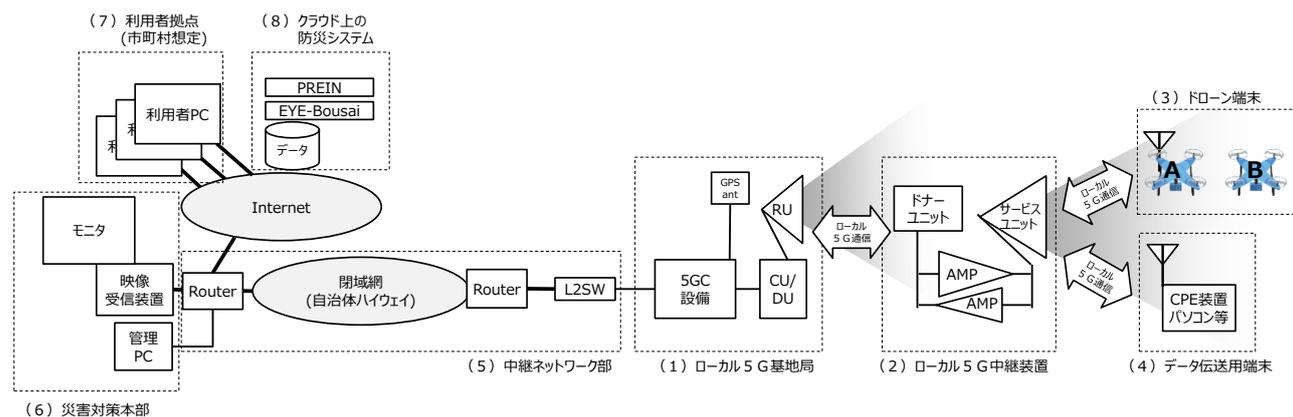


図 2-9 実証システムの全体構成図

2.3.2 設置場所

(1) ローカル 5G 基地局

愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上に設置する。

住所：愛媛県大洲市田口甲 4 2 5 - 1

(2) ローカル 5G 中継装置

愛媛県大洲市若宮 付近、一級河川 肱川 右岸堤防上（屋外）に設置する。

(3) ドローン端末

愛媛県大洲市若宮 付近、一級河川 肱川 右岸堤防上（屋外）にて離発着し、肱川河川区域(堤外地)を飛行する。

(4) データ伝送用端末

愛媛県大洲市若宮 付近、一級河川 肱川 右岸堤防上（屋外）の、ドローン発着地点付近に設営する。

(5) 中継ネットワーク部

(a) ローカル 5G 基地局装置付近

愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上に設置する。

住所：愛媛県大洲市田口甲 4 2 5 - 1

(b) 災害対策本部付近。

愛媛県庁舎第一別館の、災害対策本部内に設置する。

住所：愛媛県松山市一番町 4 丁目 4 - 2

(6) 災害対策本部

愛媛県庁舎第一別館 3 階災害対策本部室に設営する。

住所：愛媛県松山市一番町 4 丁目 4 - 2

(7) 利用者拠点

愛媛県（危機管理および土木）および県下の市町（大洲市）より、利用を想定しており、愛媛県および市町（大洲市）の庁舎または関係機関や出先機関事務所等を想定している。

(8) クラウド上の防災システム

愛媛県災害情報システムおよびダッシュボードシステムについては、下記クラウドサービス上での稼働となる。

- ・ Salesforce Platform（愛媛県災害情報システム ※EYE-BOUSAI）
- ・ Amazon Web Services（ドローン映像ダッシュボードシステム ※PREIN）

2.3.3 エリアカバレッジ

(1) ローカル 5G 基地局

ローカル 5G 基地局は前述の通り愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上に設置する。設置位置の地上高 $H=15.0\text{m}$ で、ここから算出されるカバレッジエリア、調整区域はそれぞれ 250m、400m となる。これを下図 2-10 に示す。



図 2-10 ローカル 5G 基地局のカバレッジエリア及び調整区域
国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

(2) ローカル 5G 中継装置

ローカル 5G 中継装置は前述の通り愛媛県大洲市若宮付近の一級河川 肱川 右岸堤防上（屋外）に設置する。設置位置の地上高 $H=2.0\text{m}$ で、ここから算出されるカバレッジエリア、調整区域はそれぞれ 210m、330m となる。これを下図 2-11 に示す。

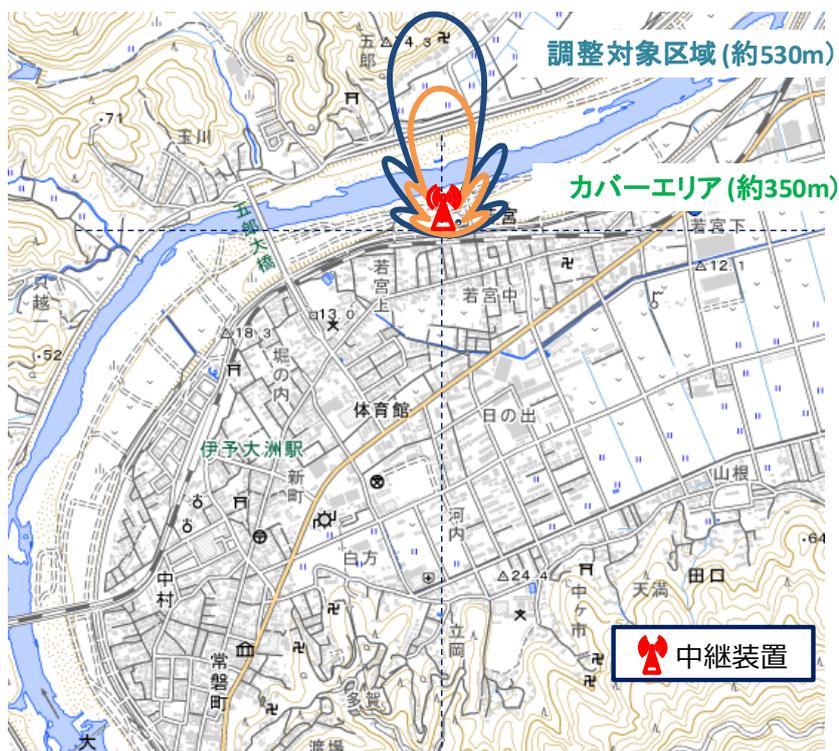


図 2-11 ローカル 5G 中継装置のカバレッジエリア及び調整区域
国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

2.3.4 ネットワーク・システム構成図

(1) 中継ネットワーク部

現地側ローカル 5G 基地局と、災害対策本部の間を、中継ネットワークで接続する。

この中継ネットワークには、高度情報通信基盤である「愛媛県情報スーパーハイウェイ」の利用を想定し、相当の固定回線として NTT 西日本のフレッツ VPN サービスを利用して接続する。併せて将来的には基地局を庁舎以外の場所から展開できるよう、キャリア 5G 回線を利用する場合も併せて実証できる構成とする。

実証実験では、フレッツ VPN サービスに接続するためのルータ装置を用意し、インターネットに接続できるようにする。

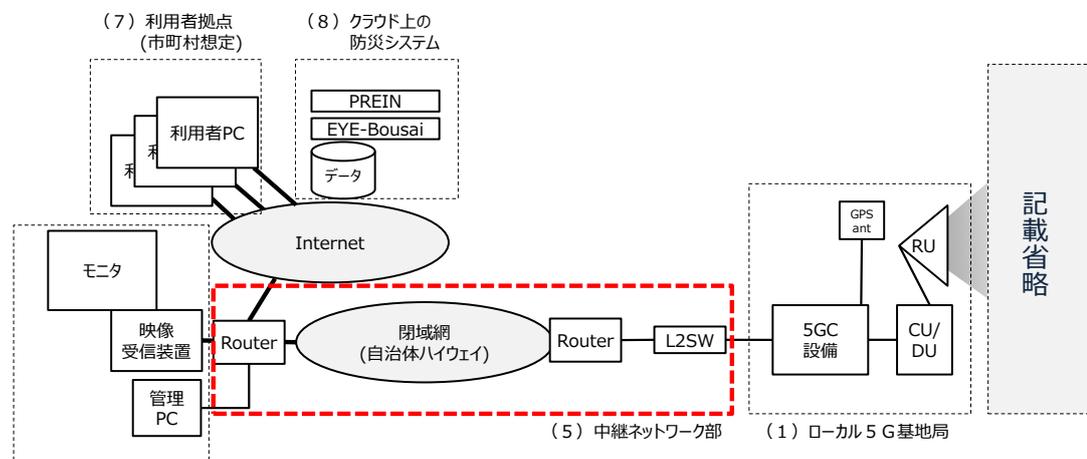


図 2-12 中継ネットワーク部の構成

2.3.5 無線部特性

(1) ローカル 5G 基地局

ローカル 5G 基地局設備に含まれるベースバンドユニット、リモート無線ユニットから構成される基地局無線部の特性は、以下の通りである。

表 2-1 ベースバンドユニットの特性諸元

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
ネットワーク方式	5G SA
チャンネル帯域幅	100MHz
MIMO 対応	下り 4×4 / 上り 2×2
TDD 設定	同期:DDDSUDDDD 準同期 1:DDDSUUDSUU、準同期 2:DDSUUUDSUU、準同期 3:DSUUUUDSUU ※D:DL, U:UL, S:Special slot
遅延	10msec 以下
RAN 方式	C-RAN
接続ユーザ数	384/1BBU(128/1RRU)
ハンドオーバー	RRU 間サポート (Intra-frequency HO)
優先制御	5QI 2、9 に対応
インタフェース	バックホール:NG フロントホール:0-RAN 標準規格(option 7.2)
外形寸法	446(W)×711(D)×87(H) mm
質量	30kg
消費電力	800W

表 2-2 リモート無線ユニットの特性諸元

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
ネットワーク方式	5G SA
対応バンド	N79(4.8 - 4.9GHz)
使用周波数	4.84986 GHz
帯域幅	100MHz
MIMO 対応	下り 4×4 / 上り 2×2 (8T8R)
変調方式	下り 256QAM / 上り 256QAM
最大空中線電力	24dBm/port
最大 EIRP	44dBm
TDD 設定	同期:DDDSUDDDD 準同期 1:DDDSUUDSUU、準同期 2:DDSUUUDSUU、準同期 3:DSUUUUDSUU ※D:DL, U:UL, S:Special slot
接続ユーザ数	128
フロントホール	0-RAN 準拠規格(option 7.2)
時刻同期方式	PTP (IEEE1588v2)
外形寸法	389.6(W)×389.6(D)×134.9(H) mm
質量	12kg
消費電力	100W

空中線指向性図

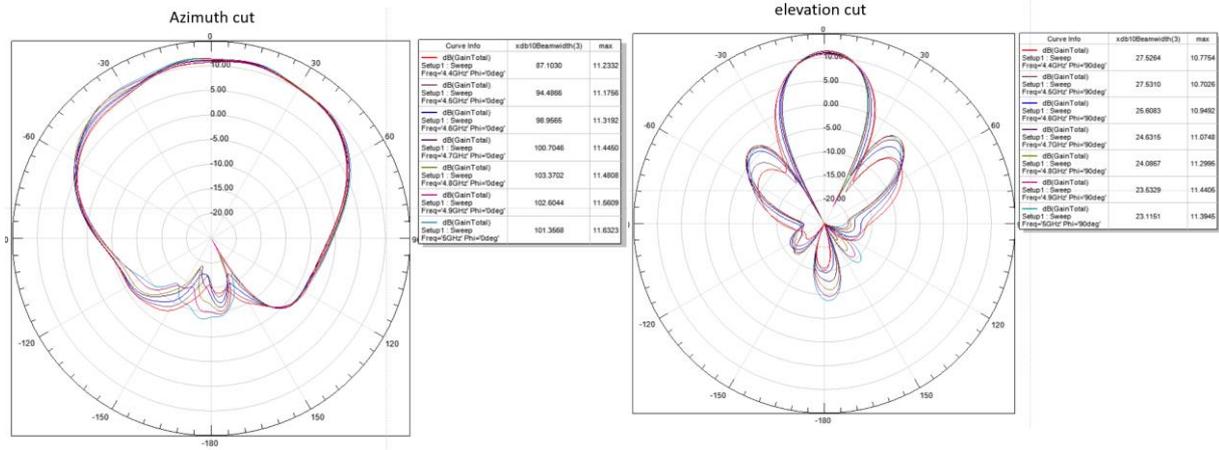


図 2-13 メインローブ方向の空中線利得は 11dBi である

(2) ローカル 5G 中継装置

ローカル 5G 中継装置無線部の特性は、以下の通りである。

項目	諸元
参照規格	—
中継方式	同一周波数 非再生中継方式
準拠規格	5G NR-TDD
対応バンド	N79 (4.8 - 4.9GHz)
帯域幅	100MHz
変調方式	OFDM (信号源に準じる)
空中線端子	ドナー側・基地局対向器 : 2 サービス側・移動局対向器: 2
適用 MIMO 方式	下り 2×2 / 上り 2×2
搬送波数	1
中心周波数	4849.86MHz (信号源に準じる)
SA/NSA	SA
適用 TDD 設定	同期/準同期
同期方式	基地局から受信した電波より 装置内で同期信号を復調し、同期
アンテナ素子	2T2R
送信電力	+10dBm
装置内利得	40~60dB
装置内遅延	約 300nsec
ドナー側・基地局対向器入力電力(範囲)	-50~-30dBm
サービス側・移動局対向器入力電力	-25dBm 以下
周波数許容偏差	± (0.1ppm+12Hz) 以下
占有周波数帯域幅	100MHz 以下
スプリアス発射または不要発射の強度	9kHz 以上 150kHz 未満: -13dBm/1kHz 以下 150kHz 以上 30MHz 未満: -13dBm/10kHz 以下 30MHz 以上 1000MHz 未満: -13dBm/100kHz 以下 1000MHz 以上 12.75GHz 未満: -13dBm/1MHz 以下 12.75GHz 以上上端の周波数の 5 倍未満: -13dBm/1MHz 以下 ただし、1884.5MHz 以上 1915.7MHz 以下: -41dBm/300kHz
外形寸法	292 (W) × 157 (D) × 345 (H) mm
質量	約 18kg (取り付け金具除く)
消費電力	50W 以下

空中線指向性図(サービス・ドナーとも同一型式の空中線を利用した)

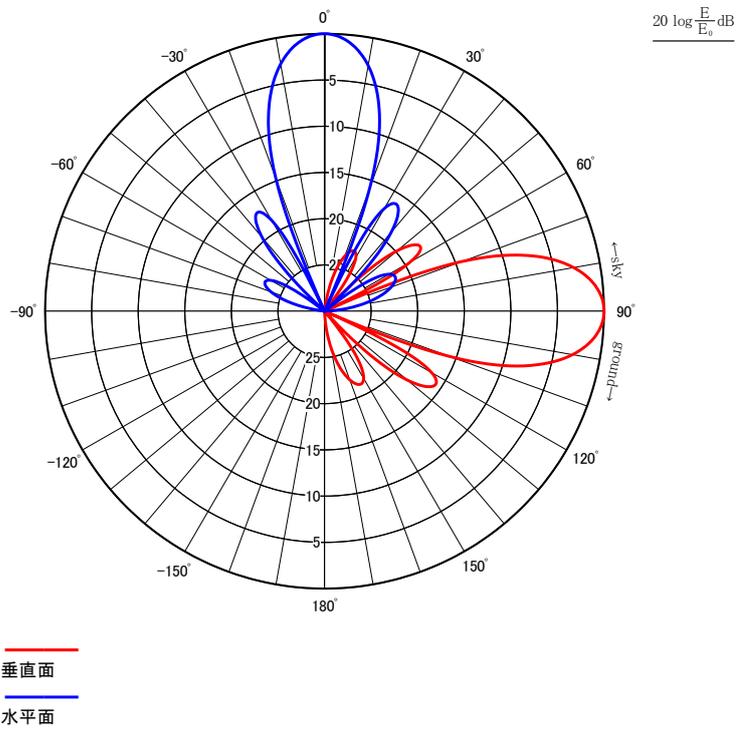


図 2-14 メインローブ方向の空中線利得は 17dBi である

2.3.6 コアネットワーク性能

(1) ローカル 5G 基地局

ローカル 5G 基地局設備に含まれるコアネットワーク性能は以下のとおりである。

表 2-3 コアネットワークの特性諸元

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
NF (Network Function)	AMF/SMF/AUSF/UDM/UPF
インタフェース	N1, N2, N3, N4, N6
接続ユーザ数	最大 10,000
接続 BBU 数	最大 64
スループット	最大 6Gbps
ハンドオーバー	BBU 間サポート (HO)
優先制御	5QI 2, 9 に対応
外形寸法	254(W) × 226(D) × 43(H) mm
質量	3.4kg 以下
消費電力	150W

2.3.7 端末の概要

(1) ドローン搭載端末

ドローンは 2 機準備し、そのうちの 1 機にローカル 5G の端末装置を搭載する。

もう 1 機は、ローカル 5G の通信は行わない。

ドローンに搭載するローカル 5G 端末の性能は以下の通りである。

表 2-4 ドローン搭載用ローカル 5G 端末の特性諸元

項目	諸元
サイズ/質量	約 148×71×8.9mm/約 178g
OS	Android12
ディスプレイ	約 5.8 インチ FullHD
無線 LAN	IEEE802.11a/b/g/n/ac
電池容量	4,570mAh
5G 対応周波数	SA 方式:n79 (4.6-4.9GHz)
対応帯域幅	N79:UL/DL 100MHz 幅
MIMO 対応	N79:DL 4×4 / UL 1×1
防塵防水	IPX5/IPX8
USB	USB2.0 (Type-C)
SIM	DualSIM

また、ドローン 2 機の性能は次の通りである。

表 2-5 ドローン A(4K 映像伝送用ドローン)の特性諸元

項目	諸元
機器名	AltaX
寸法(プロペラ含む)	2,227mm
寸法(収納時)	877mm
高さ	387mm
重量	10.4 kg
最大離陸重量	34.86 kg
最大ペイロード	15.9kg
回転翼数	4 枚
動力バッテリー	12S 44V 16,000mAh LiPo バッテリー×2 本
動作周波数(無線周波数)	2.4GHz<要確認>
動作環境温度	-20℃～+50℃
航続時間	約 50 分(機体のみ)
最高速度	95km/h
耐風性(飛行可能風速)	20m/s
防水性	IP 規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル 3(機体のみ)
外観	

表 2-6 ドローン B(測量用ドローン)の特性諸元

項目	諸元
機種名	SkydioX2
寸法(アーム展開時)	660mm×560mm×200mm
寸法(アーム収納時)	300mm×150mm×10mm
重量(バッテリー含む)	1.235kg
回転翼数	4 枚
動力バッテリー	LiPo バッテリ
動作周波数(無線周波数)	2.4GHz
動作環境温度	-10℃～43℃
航続時間	35 分
最高速度	40km/h
耐風性(飛行可能風速)	10m/s
防水性	IP 規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル 3 相当 (2022 年中取得予定)
外観	

(2) データ伝送用端末

ローカル 5G 端末を搭載しないほうのドローンで取得したデータを伝送するための地上端末として準備する。性能は以下のとおりである。

表 2-7 データ伝送用端末の特性諸元

項目	諸元
サイズ/質量	約 157×84×16mm/約 270g
ディスプレイ	約 2.4 インチ QVGA
無線 LAN	IEEE802. 11a/b/g/n/ac/ax
電池容量	4, 000mAh
5G 対応周波数	NSA 方式: n79(4. 6-4. 9GHz), n257(28. 2-29. 1GHz) SA 方式:n79(4. 6-4. 9GHz)
対応帯域幅	N79 :UL/DL 100MHz 幅 N257:DL 100MHz×4 波まで / UL 100MHz
MIMO 対応	N79 :DL 4×4 / UL 1×1 N257:DL 2×2 / UL 2×2
防塵防水	×
有線 LAN	2. 5GBASE-T ×1
USB	USB3. 0(Type-C)
SIM	nanoSIM

2.3.8 構築スケジュール

8月の採択後、MRI様との予算協議を実施し、再委託の承認を受けた。その後に、各関係会社とも役割分担等を調整し、再委託(再々委託)の承認・再委託契約・売買契約等の締結を行った。

無線局免許申請については、四国総合通信局様と早々に調整を進めたところ、「中継装置」及び、ドローンに搭載する端末装置については、総務省本省様への調整が必要となることが判明した。そのための実験計画書等を作成し、四国総合通信局様にもご協力を賜りながら、12月に「基地局」とドローンに搭載しない端末装置の無線局免許、1月に「中継局」とドローンに搭載する端末装置の無線局免許を発給いただいた。

現地での実証実験は2月1日～2月16日の約2週間実施し、その間の2月16日に視察会を実施した。

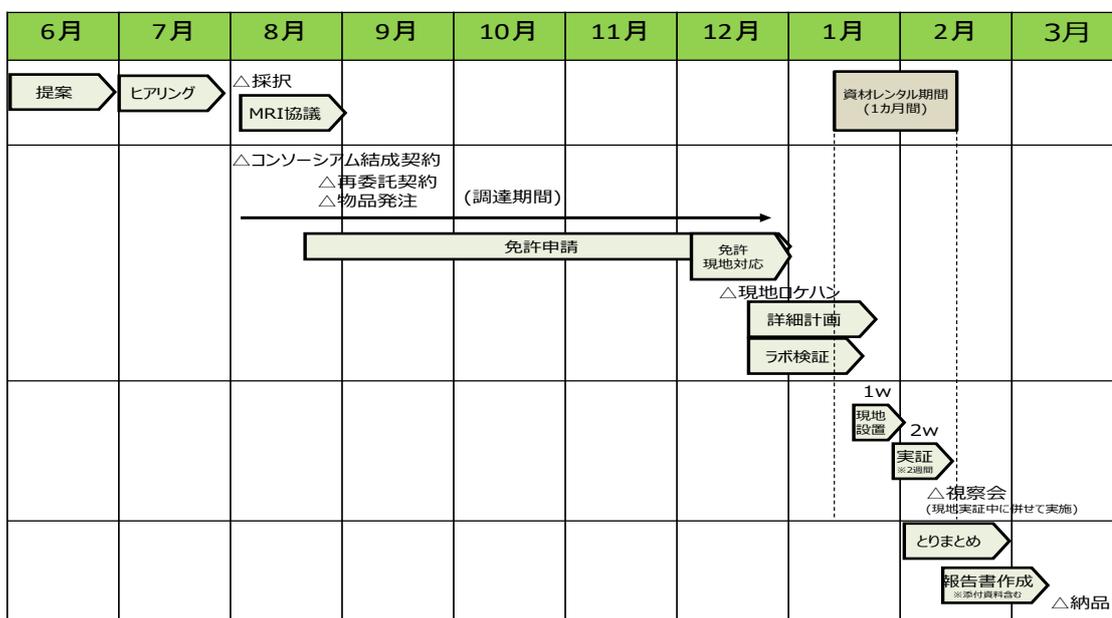


図 2-15 構築スケジュール

2.3.9 最も効率的なシステムである理由

本システムにおけるポイントは、①災害発生時に現場までの通信を確保する手段としてローカル 5G のリレー中継を用いている点、②現場での情報収集にドローンを利用している点の 2 点にあると考えている。それぞれ別に、他の手段について検討してみる。

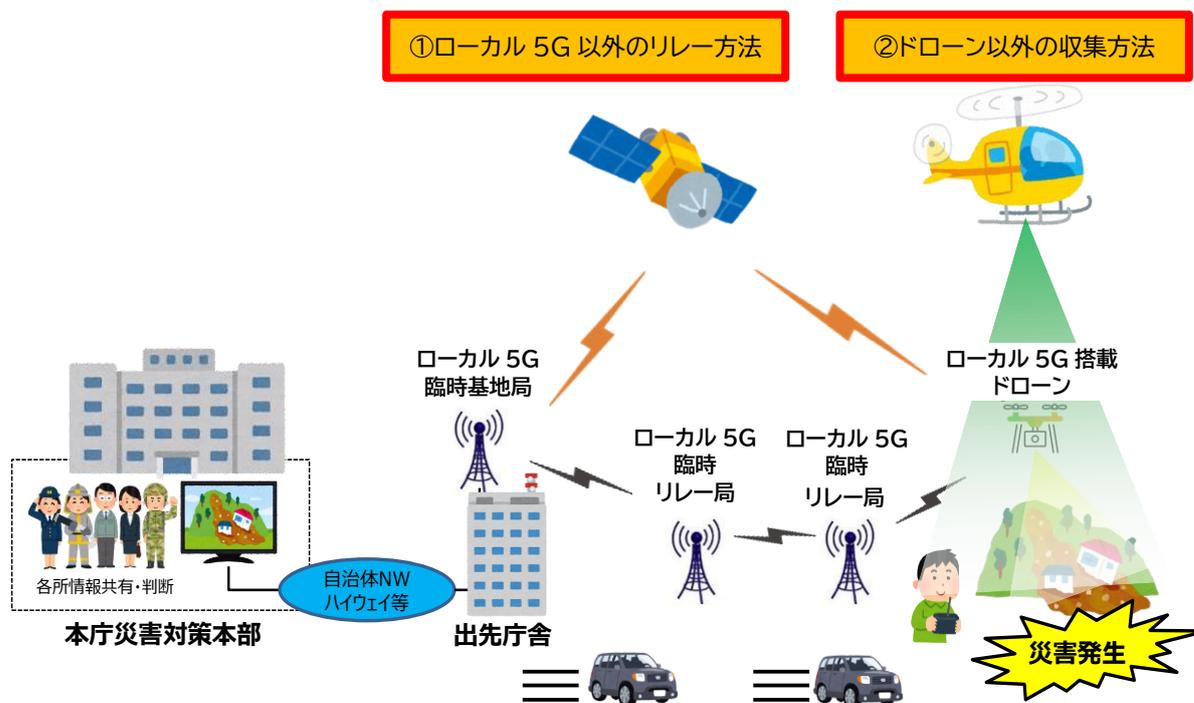


図 2-16 本システムが最も効率的であることの考察

① ローカル 5G 以外のリレー方法

災害が、いつどこで発生するかは予測できないことから、あらかじめ目標地点を決めて通信網を整備することは困難であるため、

①-1：全エリアを対象とした方式を検討（例：衛星通信等）

①-2：ローカル 5G 以外の通信方式でのリレー（例：無線 LAN）

のいずれかの方法が考えられる。

①-1 で検討可能な方式は、衛星系、地上無線系様々あるが、衛星系は簡易な装置では十分な伝送速度を得ることができず、高度な装置では速度は十分であるが費用が極めて高額となる。地上無線系は十分な伝送速度を得ることができない。

①-2 で検討可能な方式は、2.4GHz 帯または 5GHz 帯の無線 LAN が考えられ、こちらは①-1 と異なり伝送速度の問題はない。しかし無線 LAN は、誰もが利用可能な無線通信であり、特に 2.4GHz 帯は同時利用可能なチャンネル数にも限りがあることから、本件のようなユースケースにおいて、ある程度信頼性をもったシステムとしたい場合に、極めて大きな不安要素となる。

このことから、本実証実験の方式が最も効率的であると考えられる。

②ドローン以外の情報収集方法

災害現場でドローンを飛行させる以外の情報収集方法について考える。災害現場の状況を考えると、地上手段はそもそも非効率的であることが明白であるため、ドローン以外での上空からの情報収集手段について考える。

②-1：(有人) ヘリコプターによる撮影

②-2：衛星からの撮影

②-1のヘリテレ方式は、現在でもすでに実施しているが、有人ヘリコプターの場合は高度を一定以上取らざるを得ない(ドローンほど地上近くからは撮影できない)ことから、今回はドローン方式で検討している程度の解像度の画像を得ることが難しい。また有人のヘリコプターは災害時の極めて貴重なリソースであり、可能であれば災害救助や資材搬送等の、有人ヘリコプターでしかできない業務を担当させることが望ましいと考えられる。

②-2は、画像解像度としては十分なものを得られるサービスが存在するが、(例: WorldView-3 0.3m、Pleiades 0.5m 等)、これらは基本的に撮影済みデータを販売する方式で運営されており、本件のような災害初動での利用に適したものではない。新規撮影に対応したサービスも存在するが、衛星の特徴上、所望の撮影位置に到達するまで数日を要することもあり、やはり災害初動に利用するには問題が多い。このことから、本実証実験の方式が最も効率的であると考えられる。

2.4 システム機能・性能・要件

本件システムに求められる機能性能の要件と、その理由は、以下の通りである。

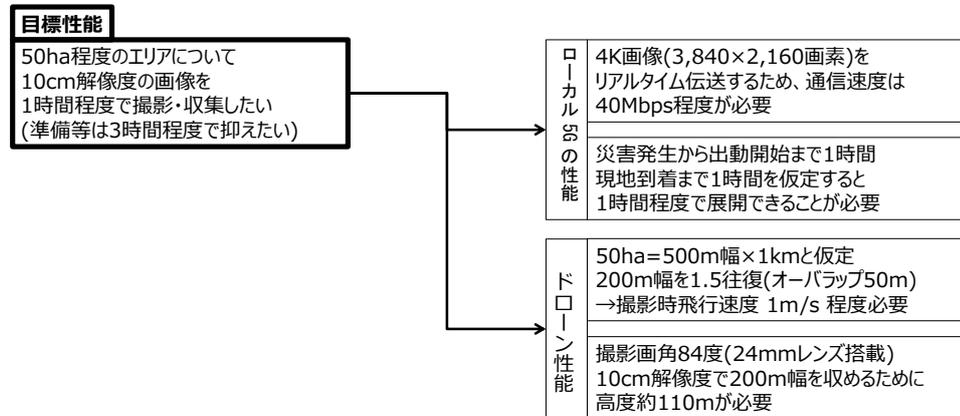


図 2-17 システムの目標性能と、各装置の要求性能

本システムでは、災害発生から4時間以内程度で、災害発生現場50ha程度の想定エリア内を10cm解像度で撮影・収集することを目標としている。

災害発生から本部参集までに1時間程度は必要となるため、そこから3時間以内での初動情報収集を目指す。

また、ヒトをヒトと判別できる程度の画像情報を得たい(個人識別は不要であるが、要救助者の有無を判定したい)ことから、画像解像度は10cmをターゲットとしている。

このため高度110m程度からの4K撮影が必要となり、そのため伝送速度は4K映像を伝送可能な40Mbpsが必要となる。

4時間以内の情報収集を達成するためには、現地での基地局・中継局の展開は1時間程度で完了する必要があるため、車載可能で2名程度で展開が可能となる諸元(定格750W以内、質量30kg程度以内)が求められる。

2.5 その他

2.5.1 実証システムの拡張性等

今回構築したシステムについて、ローカル 5G 部分及び上位ネットワーク部分については、3GPP や rfc 等の国際規格・オープン技術に依拠している。これ以外に以下の部分について、拡張可能性について述べる。

- (1) 中継装置について
- (2) 映像伝送・蓄積について
- (3) 3D 解析について

(1) 中継装置について

・中継装置は非再生中継方式を採用しており、到来した波形をアナログ的に増幅・再送することから、汎用性が高く、理論的には対向装置を選ばないため、拡張性が高い

(2) 映像伝送・蓄積について

・映像伝送は TS 形式で伝送しているが、汎用性が高く多くの表示システムや解析システムにて対応していることから、拡張性が高い

・映像蓄積は mp4 ファイル(H.264 形式)で実施しているが、汎用性が高く多くの表示システムや解析システムにて対応していることから、拡張性が高い

(3) 3D 解析について

・3D 解析用の入力データは JPG 形式であり、汎用性が高く、多くのカメラや映像システムにて対応していることから拡張性が高い

・3D 解析後の出力データは LAS 形式であり、汎用性が高く多くの表示システムや解析システムにて対応していることから、拡張性が高い

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

今回採用したシステムは特定高度情報通信技術活用システムとして、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績のない事業者からの提供となっている。

基地局装置、コア装置については「ローカル 5G 導入に関するガイドライン」に留意し、サプライチェーンリスク対策を含むサイバーセキュリティ対策を実施している。「セキュリティ・バイ・

デザイン」の考えで開発を行い、脆弱性を含まない安全設計、サイバーセキュリティに関するソフトウェアレビュー、セキュリティに関する脆弱性の評価により安全の確保を行っている。なお、本機材については、社内の実験環境で長時間試験、トライアルフィールド in Makuhari での顧客へのデモンストレーションなどで1年以上評価を進めているものであり、さらに、双方、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」において、使用された実績のある機器を利用している。

合わせて、サプライチェーンリスク対策に係る機器一覧を以下に提示するものとする。

No	機器名	区分	型番等	製造メーカー	
1	5G コア装置	コア設備	(試作機)	シャープ(株)	日本国
2	5GBBU 装置	基地局	(試作機)	シャープ(株)	日本国
3	5G屋外向けRRU装置	基地局	(試作機)	シャープ(株)	日本国
4	L3 スイッチ	伝送路設備	S9500-30SX	Ufispac co.ltd	台湾
5	5G ルータ	端末	ローカル5G ルータ 01	シャープ(株)	日本国
6	5G スマートフォン	端末	SH-ML17	シャープ(株)	日本国

(2) その他の実証システム

前節以外の実証システムとして、サプライチェーンリスク対応が必要となるものは、以下のとおりである。

No	機器名	区分	型番等	製造メーカー	
7	4K カメラ	端末	Z-CAM E2	Z-CAM	台湾
8	伝送用 PC	端末	DE200U	(株)Dynabook	日本国
9	レシーバ PC	端末	Dynabook T9	(株)Dynabook	日本国
10	4K モニタ	端末	8T-C70DW1	シャープ(株)	日本国

※No は前節からの通番としている

これらの機器については、サプライチェーン上のリスクがあったため、各々相当の代替機をあらかじめ選定していたが、いずれの機器も当初想定範囲内で調達が行えたため、計画通りの機器にて実験を実施した。

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

本実証実験では、以下 2 点の技術実証を実施する。

(I) 電波伝搬モデルの精緻化

ローカル 5G 基地局装置が作るエリアについて実施する。

(II) エリアの改善・柔軟性向上

ローカル 5G 中継装置が作るエリアについて実施する。

3.2 実証環境

技術実証の観点から見た実証環境の主な特徴は、下記の通りである。

- ・ 郊外における屋外
- ・ キャリア 5G のサービスエリア外
- ・ ドローンの飛行エリアは上空

本実証では、災害現場における、リアルタイムでの広域の状況確認及び詳細状況確認の両立を目指しており、河川流域や山間地等のキャリア 5G サービスエリア外で、上空からの 4 K 高精細映像を用いてリアルタイムに状況を確認することが望まれている。

実証環境となるエリアは、キャリア 5G のサービスエリア外、またはサービスエリアの境界付近で安定した高速大容量通信が確保できない状況を想定している。

このような環境においては、4G/LTE で低解像度の映像しか伝送できないため、上空から全体状況を把握しつつ、その一部を拡大(デジタルズーム)して詳細を確認することができない。よって、詳細状況の把握のためには都度ドローンを当該対象近傍に寄せる必要がある。その場合、その間は全体状況の把握が不可能となるため、詳細確認時に新たに発生した個別事象を見落としてしまう可能性があるほか、同時多発的に発生した事象に対しては詳細把握の対応自体が困難となってしまう。

そこで本実証では、キャリア 5G のサービスエリア内から、ローカル 5G ネットワークをマルチホップ伝送により現場に到達させることで、少なくとも物理的・技術的には災害発生時に直ちに当該エリアを「5G 化」させることができるようにするものである。

ただし、本実証のために利用する各送信系装置は、設置・運用のために無線局免許状の発給が必要なものが含まれるため、災害発生時に直ちにその発給許可が行われるかどうかといった制度的な課題については今後の検討が必要となる。

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

本実証試験では、ローカル 5G 基地局エリアの電波伝搬モデルのうち、パラメータ S の精緻化を目的としている。

本実証実験におけるローカル 5G 基地局エリアについては、2.2 節に示すように、郊外地を想定しているが、図 2-4 に示す通り、ローカル 5G 基地局の周辺に高層ビルは無いものの 2 階建て住宅が伝搬路を多重に遮る方角もあるという観点で、既に制度化されている電波伝搬モデル式とは、実測が異なった振る舞いになることが想定される。

そこで本実証試験においては、この観点に基づいて伝搬モデルの精緻化を行うことを目標としている。

2) 実証目標

今回の実証場所については屋外であり、パラメータの想定として R は対象外とする。また、地形水面の反射、小規模の見通し外伝搬の影響等を特に考慮する必要がないと想定できるため、 $K=0$ と想定する。本実証試験では、パラメータ S の評価・検討を行い、S の精緻化を目的とする。

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

過年度の技術実証では、実証の主たる利用域を河川域としたものの例が少なく、令和 2 年度の「No.14 防災業務の高度化及び迅速な住民避難行動の実現」のみとなっている。当該実証では、ローカル 5G 基地局を河川近傍(～70m 程度)に配置し、河川に平行にエリア展開を実施していた。

本件では、河川より約 500m 離れた地点を基地局とし、河川に直交する方向から電波を入射させるため、従前の実証とは異なる影響が考えられる。

(2) 実証仮説

今回の実証試験において検討する電波伝搬モデルは、伝搬損失 L における、パラメータ S である。よって着目すべきは、

③ $d_{xy} \geq 0.1\text{km}$ の場合

$$L=L_H=46.3+33.9\log_{10}(2000)+10\log_{10}(f/2000)-13.82\log_{10}(\max(30,H_b)) \\ +\{44.9 - 6.55\log_{10}(\max(30,H_b))\} (\log_{10}(d_{xy}))^\alpha - a(H_m)-b(H_b) + R - K - S$$

となる。

ここで“ S ”は以下で定義されているものである。

$S[\text{dB}]$; 市街地、郊外地及び開放地に対して考慮する補正值であり、下記による。

(1) 市街地(都市の中心部であって、2階建て以上の建物の密集地や建物と繁茂した高い樹木の混合地域 など) ; $S=0.0$

(2) 郊外地(樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など陸上移動局近傍に障害物はあるが密集していない地域) ; $S=12.3$

(3) 開放地(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で、目安として前方300～400m以内が開けているような畑地・田地・野原など) ; $S=32.5$

すなわち、今回の試験環境条件を鑑みると、当地は郊外地であり、電波法関係審査基準では $S=12.3$ となる。しかし、今回のエリアは、「市街地」に該当する2階建て住宅エリアが図上確認で約73%を占めていたことから、これを無視できないと考え、以下の計算により、実際の S 値は約7.2となると想定した。

$$\text{郊外地}(S=12.3 \text{ dB} \rightarrow \text{真値 } 17) \times 27\% = 4.58 (\text{真値})$$

$$\text{市街地}(S=0 \text{ dB} \rightarrow \text{真値 } 1) \times 73\% = 0.73 (\text{真値})$$

$$\text{加重平均値 } 5.31 (\text{真値}) \rightarrow 7.2\text{dB}$$

本実証実験における環境条件を鑑みると、当地は郊外地と開放地の境界付近にあり、ローカル5G基地局装置の空中線位置から北西方向には2階建て住宅が多数存在し、対して南東方向は主に田畑が広がっている。

北西方向は、2階建て住宅エリアが約7割程度であることから $S=7.2$ 程度、南東方向はほぼ田畑であり開放地 $S=32.5$ となることが想定される。

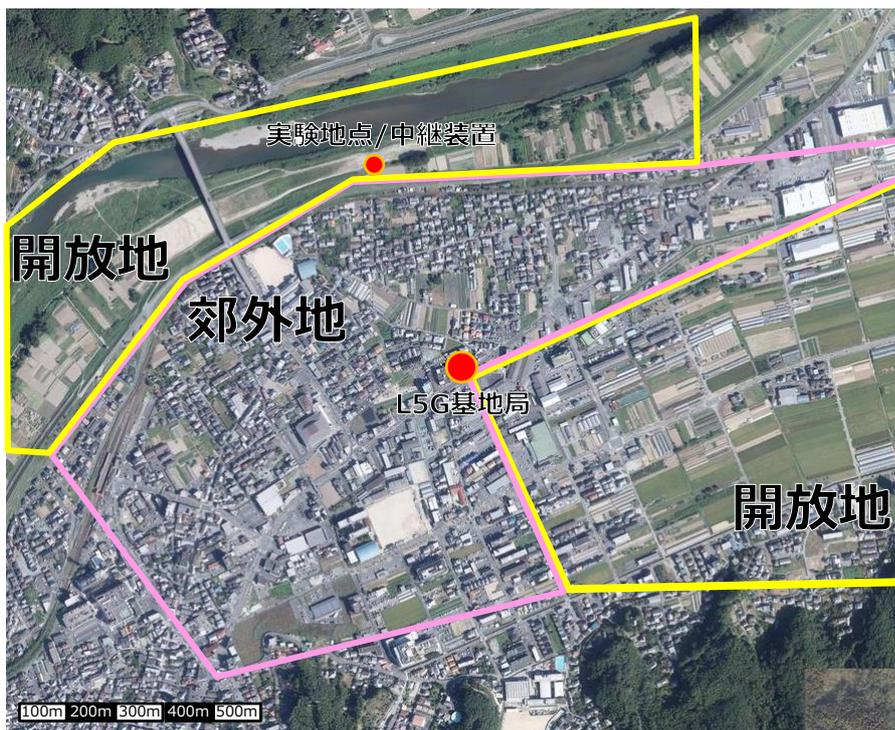


図 3-1 ローカル 5G 基地局及び実験地周辺の状況
 国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

(3) 評価・検証項目

本実証では以下の項目に関して評価・検証を行う。

- ① 複数地点での受信電力の測定
- ② カバーエリア及び調整対象区域端の測定及び算出法エリア・仮説エリアとの比較

(4) 評価・検証方法

(3)で示した評価・検証項目それぞれの評価・検証方法について以下に示す。

検証場所	2.3.2 項参照
検証期間	2023 年 2 月 1 日 (水) ~2 月 15 日 (水)

① 測定機材

受信電力はローカル 5G 端末の測定機能およびエリアテスタを用いた二重測定とした。測定機材は表 3-1 に示すとおりである。エリアテスタを用いた測定では使用するアンテナを設定し、アンテナ利得および給電系損失をエリアテスタ内で内部補正した値を取得した。また、ローカル 5G 測定端末においてはアンテナ利得が 1dBi、内部の給電系損失が 1dB であるため、両測定機材における出力値は同等の値として扱えると考ええる。

表 3-1 測定機材

	ローカル 5G 端末(スマホ)	エリアテスタ
型番	表 2-4 参照	ML8780A
アンテナ型番	内蔵	Z1911A
アンテナ指向性	無指向性	無指向性
利得/損失	アンテナ利得 1dBi 内部給電系損失 1dB	(内部で補正される)
外観		

② 測定方法

(ローカル 5G 端末の測定機能)

ローカル 5G 端末をログ取得用 PC に USB で接続し受信電力(SS-RSRP)を測定する。測定はローカル 5G 端末を地上から 1.5m の高さに設置し、RRU に対して正対させた形で行う。測定時間は各地点で 3 分間とし、ローカル 5G 測定端末を 10 波長程度左右に動かしながら測定を行い、各地点で合計 1000 サンプル以上を取得する。具体的な測定手順を以下に示す。

- i. 測定するローカル 5G 端末にログ記録するための SD カードを挿入し、PC と USB 接続する。
- ii. PC から測定するローカル 5G 端末をログ取得を開始する。
- iii. 測定ポイントで、測定するローカル 5G 端末を左右に 10 波長程度動かし、3 分間(約 30 往復)の測定を実施する。
- iv. 測定したローカル 5G 端末のログの取得を終了し、SD カードに記録されたログを PC に保存する。

また、カバーエリア及び調整対象区域端の閾値が実測される地点を特定し、位置情報を取得する。測定地点は RU の正面方向を基準に 8 方向を予定している。具体的な測定手順を以下に示す。

- i. ローカル 5G 測定端末をログ取得用 PC と USB で接続し、ログを取得可能な状態にする。
- ii. ①の結果を参考に、閾値が実測されると予測される地点へ移動する。
- iii. ログを取得しながら RU 正対方向に前後移動し、閾値が実測される地点を特定する。
- iv. その地点の緯度経度を取得する。

(エリアテスタ)

ローカル 5G 端末と同様にアンテナを RRU に正対させ左右に 10 波長程度動かし、3 分間の測定を実施した。

③ 測定場所

基地局からの距離・方向が異なる 46 地点で受信電力を測定した。それぞれの地点を ID:1 から ID:46 までナンバリングし、これらのうち郊外地エリアにおける 39 地点について 8 方向に分類して G1~G8 とした。測定地点を図 3-2 に、分類した各方向を図 3-3 に示す。



図 3-2 測定ポイント

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

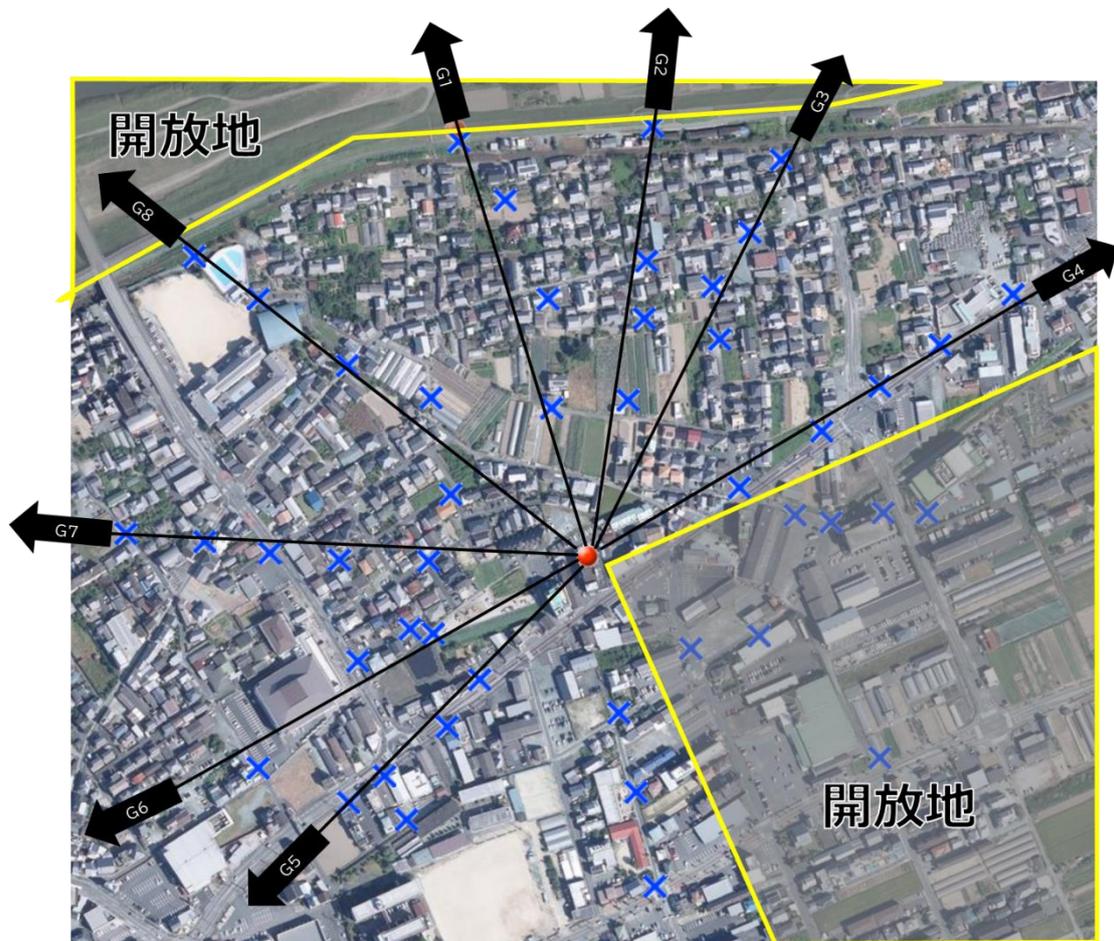


図 3-3 分類した各方向

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

各測定地点の概要は表 3-2 に示すとおりである。

表 3-2 各測定地点の概要

ID	基地局からの 水平距離[m]	標高[m]	LOS/NLOS	方向グループ No	道路幅[m]
1	124.9	11.4	LOS	G1	3.9
2	209.4	11.9	LOS	G2	3
3	219.1	12.6	LOS	G1	2.3
4	309.2	12.3	NLOS	G1	2
5	367.8	14.8	NLOS	G1	3.6
6	137.9	11.5	LOS	G2	3.9
7	220.2	11.9	NLOS	G3	4.15
8	257.1	12.3	LOS	G3	3.6
9	313.3	12.3	NLOS	G3	3

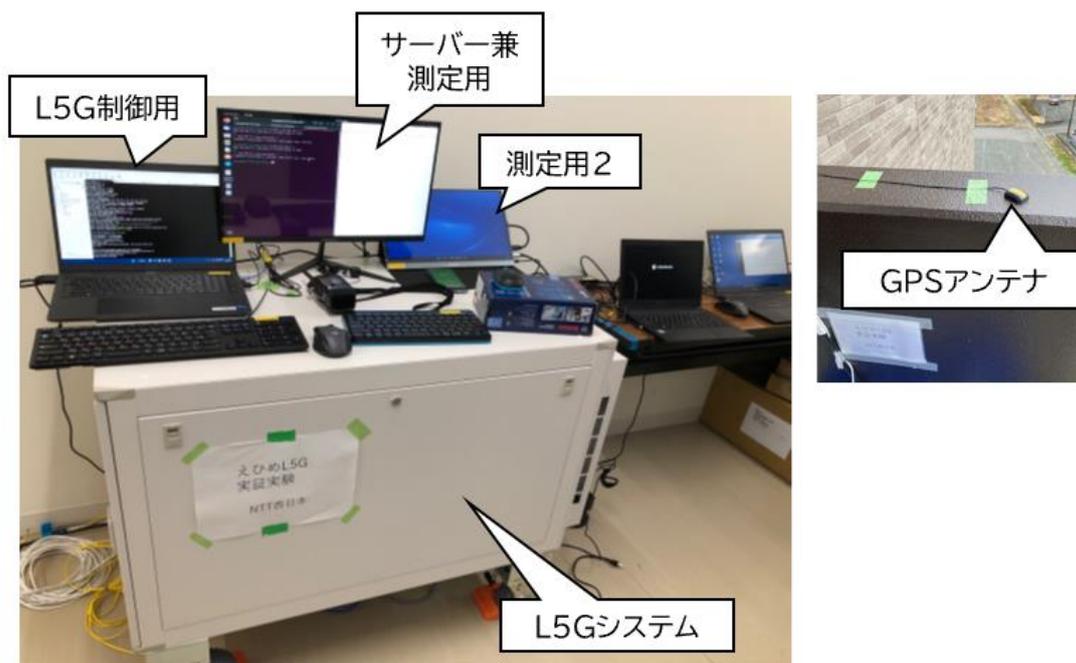
ID	基地局からの 水平距離[m]	標高[m]	LOS/NLOS	方向グループ No	道路幅[m]
10	381.3	12.5	NLOS	G3	2
11	150.4	11.9	NLOS	G4	12.5
12	190.5	12.1	NLOS	開放地	6.5
13	220.0	12	NLOS	開放地	15
14	265.8	12.1	NLOS	開放地	6
15	129.8	11.9	NLOS	開放地	8
16	173.5	12	NLOS	開放地	6.8
17	316.4	12	NLOS	開放地	4.2
18	144.9	12	NLOS	-	5
19	215.3	12.2	NLOS	-	6.1
20	298.3	12.4	NLOS	-	6.1
21	139.2	12.5	LOS	G5	12.5
22	188.5	12.5	LOS	G5	12.5
23	275.6	12.6	NLOS	G5	3.8
24	142.6	12	NLOS	G6	1.9
25	158.4	12.9	LOS	G6	6.2
26	210.7	12.5	LOS	G6	6.2
27	331.7	12.5	LOS	G6	5
28	118.0	12.2	LOS	G8	4.8
29	181.8	12.1	LOS	G8	2.5
30	254.1	12.4	NLOS	G8	3
31	349.6	12.7	NLOS	G8	3.7
32	415.5	13	NLOS	G8	9.8
33	302.7	12.4	NLOS	開放地	
34	127.3	12.3	NLOS	G7	5
35	203.3	12.4	NLOS	G7	5.2
36	263.4	12.5	NLOS	G7	12.5
37	319.3	12.5	NLOS	G7	4.5
38	386.6	12.9	NLOS	G7	4
39	234.9	11.9	NLOS	G4	12.5
40	297.0	12	LOS	G4	12.5
41	359.7	12	NLOS	G4	12.5
42	435.7	12.1	NLOS	G4	12.5
43	258.0	12.4	NLOS	G2	5
44	372.7	14.6	NLOS	G2	3.8

ID	基地局からの 水平距離[m]	標高[m]	LOS/NLOS	方向グループ No	道路幅[m]
45	255.0	12.6	NLOS	G5	12.5
46	293.2	12.6	NLOS	G5	12.5

(5) 実証結果及び考察

① 各装置の設置状況

図 3-4 に基地局の設置状況、図 3-5 に RRU の設置状況、図 3-6 に移動局の設置状況（地上用）を示す。基地局は大洲庁舎 3 階の屋上階段近くの「文書室」に設置し、屋上階段へ続く手摺りに基地局用 GPS アンテナを固定した。RRU 装置は、上空での電波利用が制限されているためできるだけ上空へ電波が漏洩しないように 15° のチルトをかけた。また、ローカル 5G 測定端末とエリアテスト用のアンテナは一脚に固定し同時に測定した。そのほか金属である一脚の影響がないよう、エリアテスト用のアンテナと一脚の間に緩衝材を挟んだ。



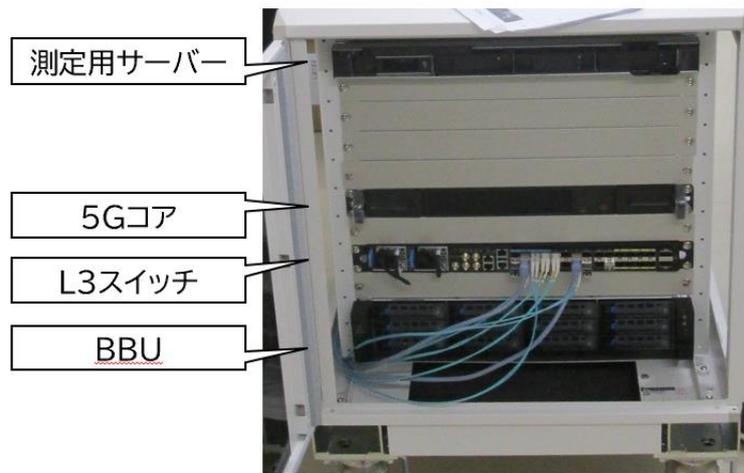


図 3-4 基地局設置状況

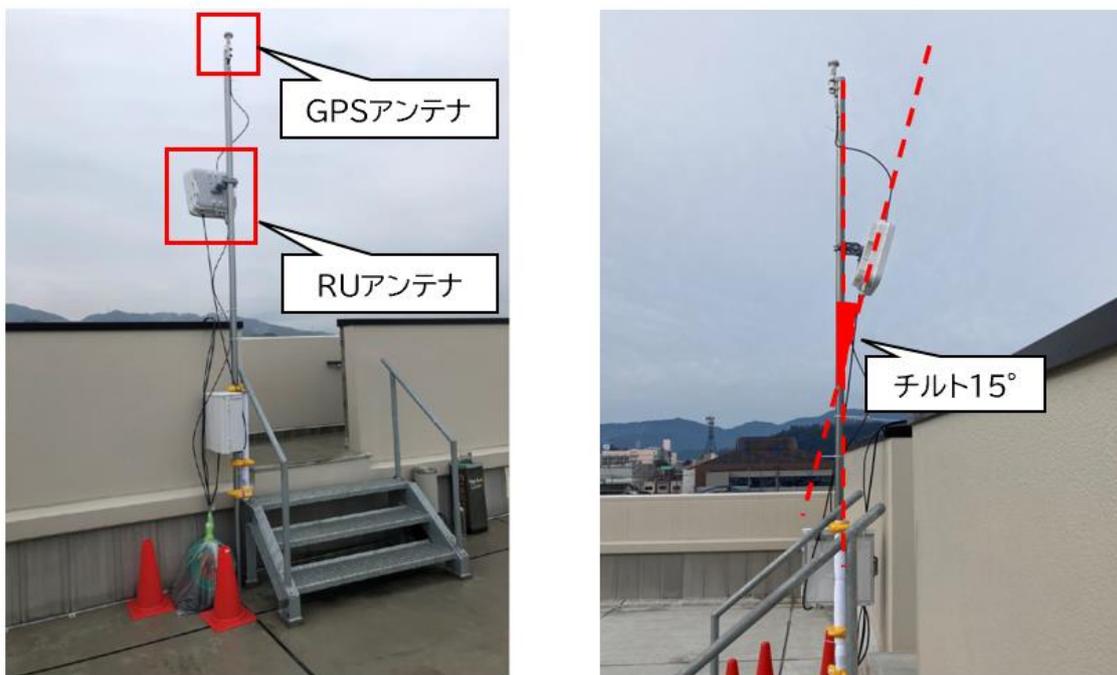


図 3-5 RRU 設置状況

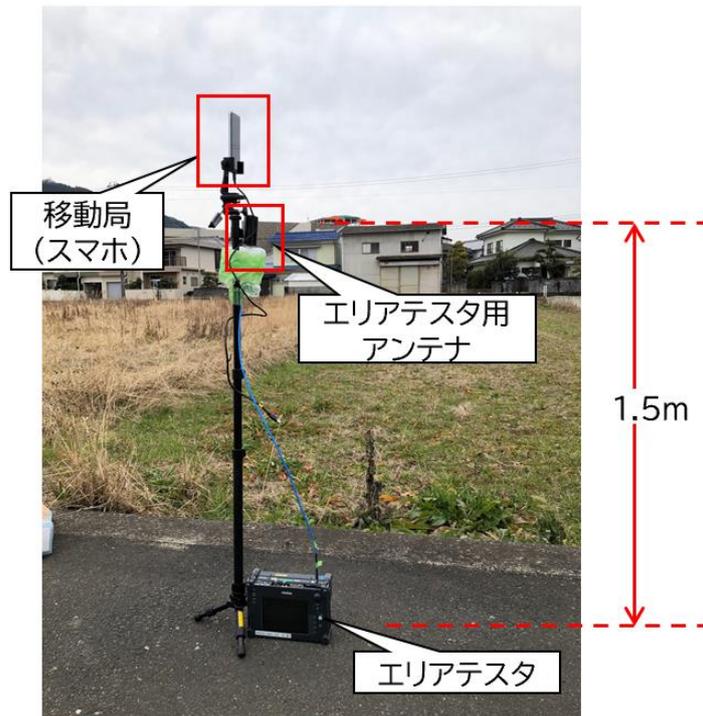


図 3-6 移動局設置状況(地上用)

② 見通し状況

図 3-7 に基地局から正面方向の見通し状況、図 3-8 に各地点から基地局方向の見通し状況を示す。図 3-8 では ID を図の左上に、見通し判定を図の左下に記載し、また図中の赤丸は基地局方向を示した。見通し判定の記号は、○は見通しあり、×は見通しなし、△は「空中線(RRU)への見通しはないが、空中線を設置した建物は見える(空中線が、空中線を設置した建物自体によって遮蔽されている)」場合を表す。また、○についてはフレネル半径の一部が遮蔽されている場合も含む。



図 3-7 基地局からメインローブ方向の見通し



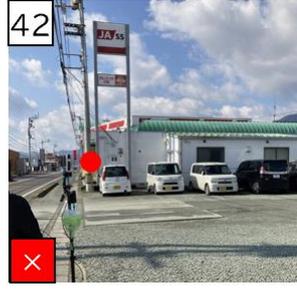
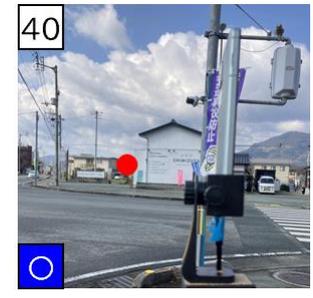
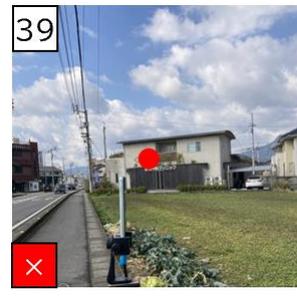
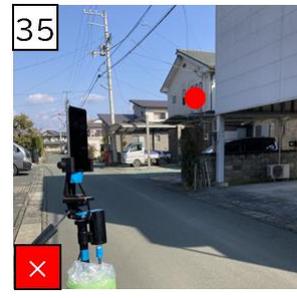
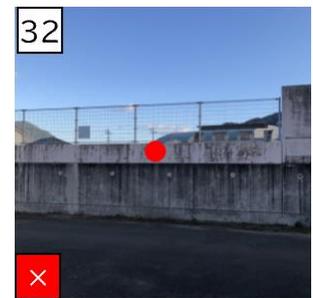
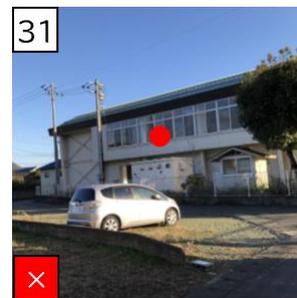
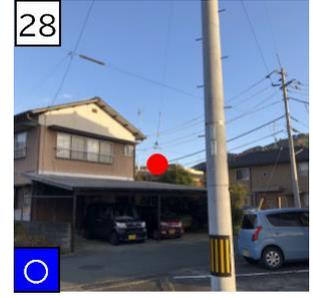
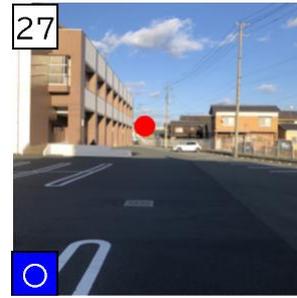
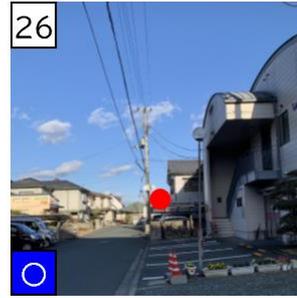
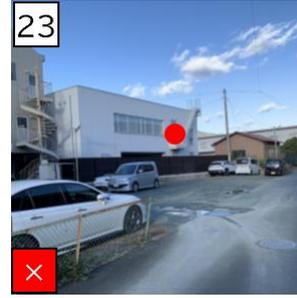
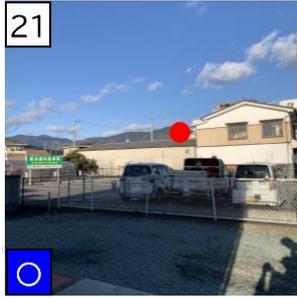




図 3-8 各測定地点から基地局方向の見通し状況

③ RSRP の時間変動

図 3-9 にローカル 5G 端末による RSRP の時間変動、図 3-10 にエリアテスタによる RSRP の時間変動における測定結果を示す。これらの図より、ローカル 5G 端末がエリアテスタと比べて変動幅が少ないことが分かる。これはエリアテスタの測定間隔が 0.04s であるのに対してローカル 5G 端末の測定間隔が 0.16s と 4 倍の長さであり、出力値が平均化されているためと考えられる。また、ローカル 5G 端末では 46 地点中 38 地点において圏外となった。圏外の場合においても測定ログは取得できているため図に表しているが、サンプル数が圏内の場合と比べて少なかった。エリアテスタにおいても 46 地点中 9 地点において受信レベルが低過ぎる事により測定ができていない。なお測定不可となる地点は基地局空中線のメインローブ方向と逆方向に位置しており、後方は RRU を設置した建物自体に遮蔽されているため、地上高 1.5m の条件では、基地局(RRU)にいくら近づいても見通しを通ることはなく、測定ができなかった。

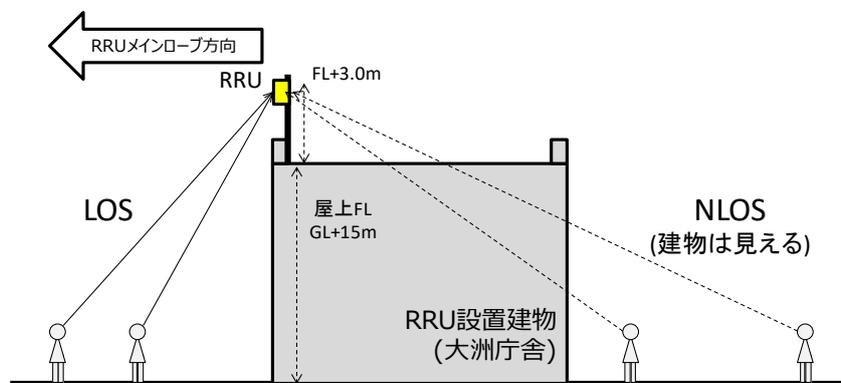
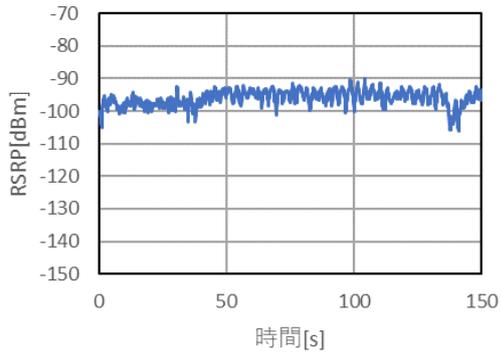
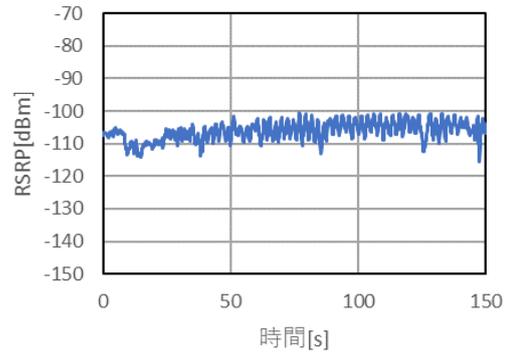


図 3-9 メインローブ方向と逆方向の見通しについて

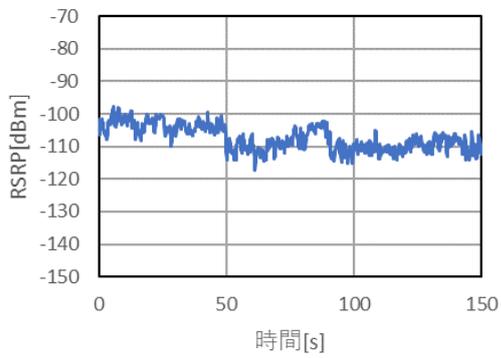
測定点ID:1



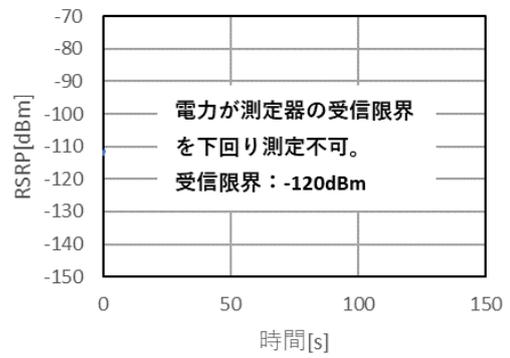
測定点ID:2



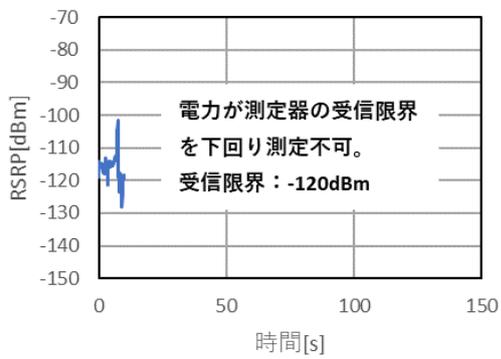
測定点ID:3



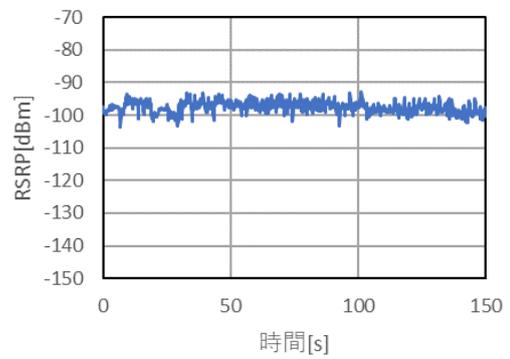
測定点ID:4



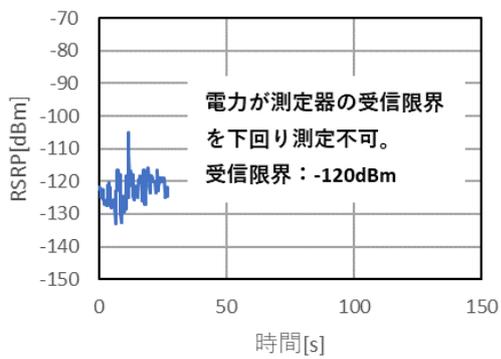
測定点ID:5



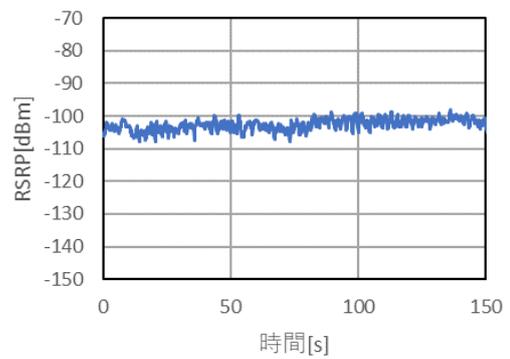
測定点ID:6

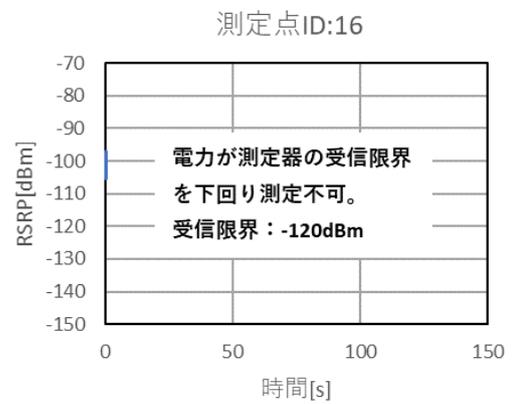
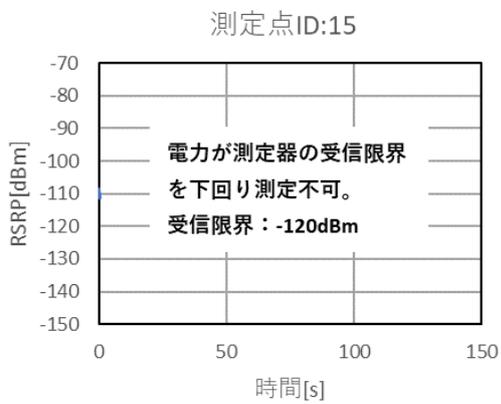
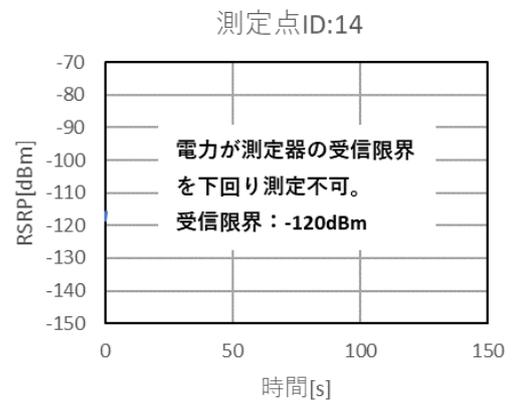
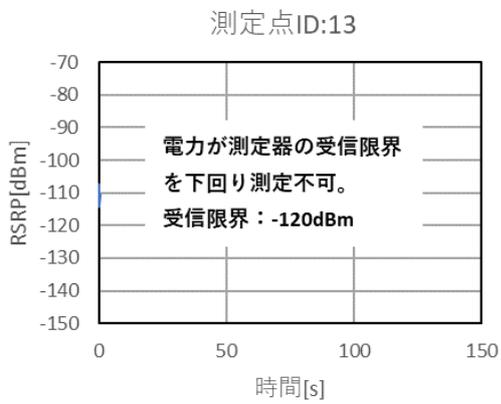
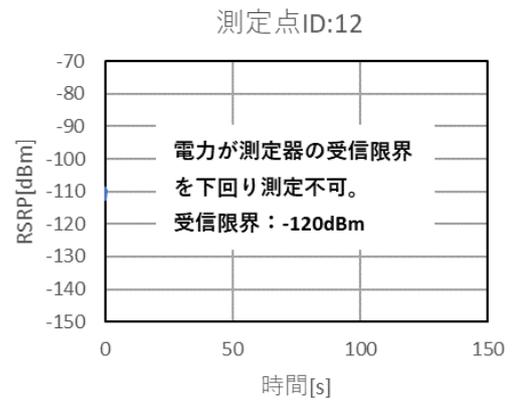
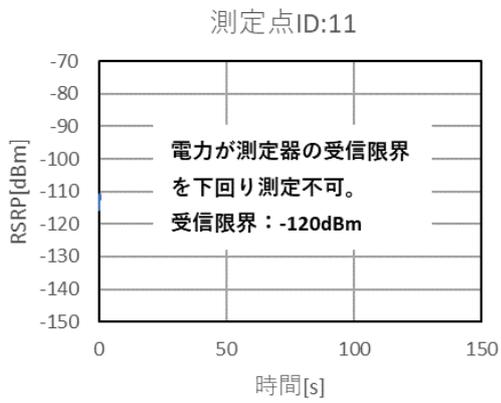
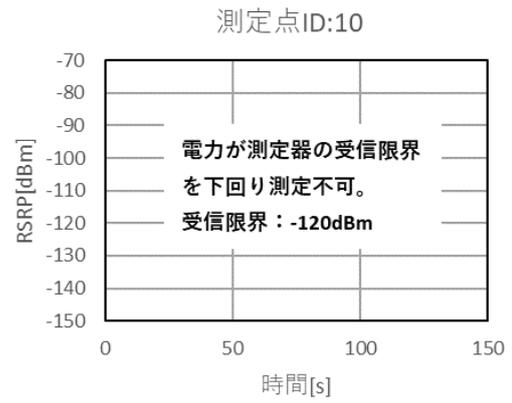
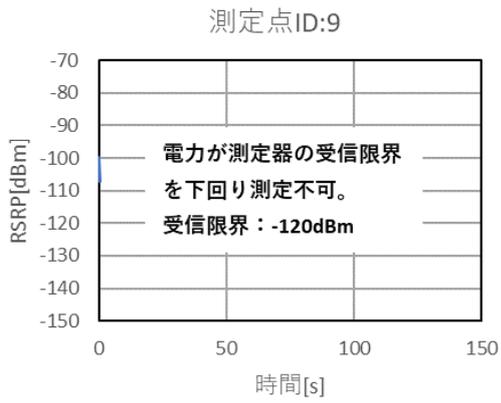


測定点ID:7

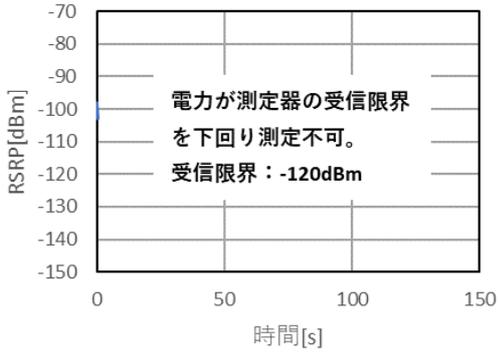


測定点ID:8

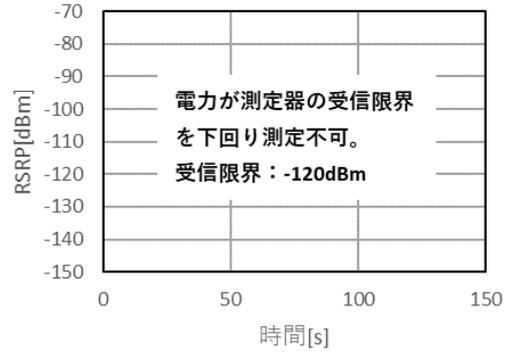




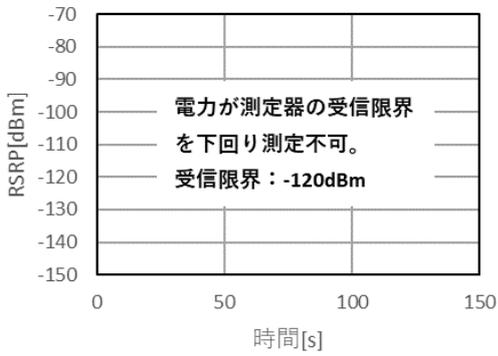
測定点ID:17



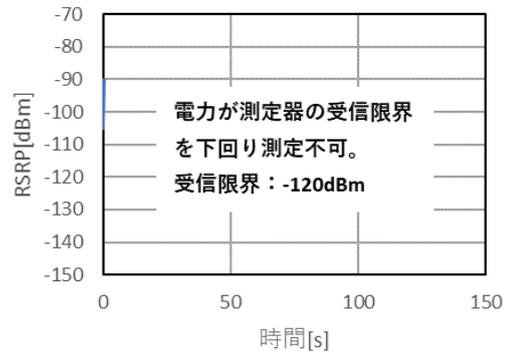
測定点ID:18



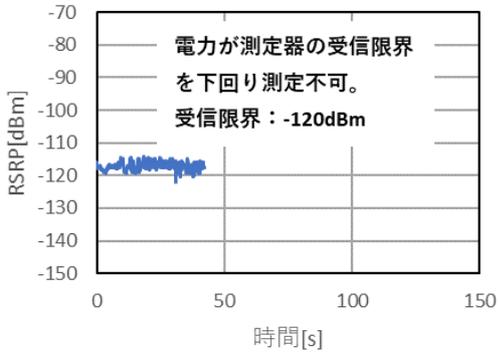
測定点ID:19



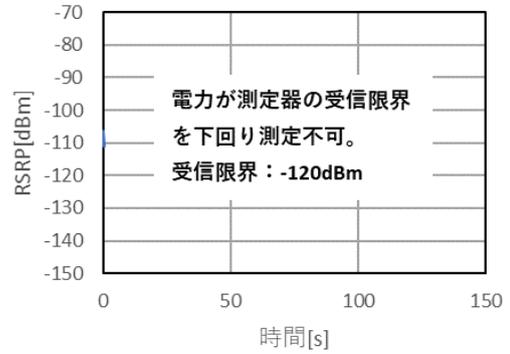
測定点ID:20



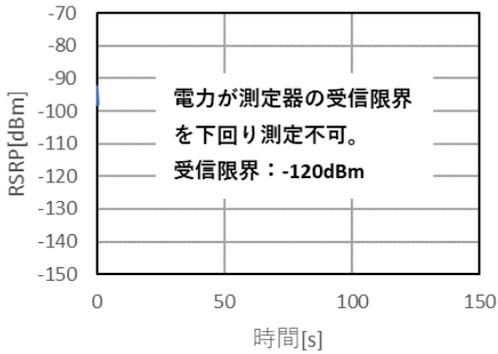
測定点ID:21



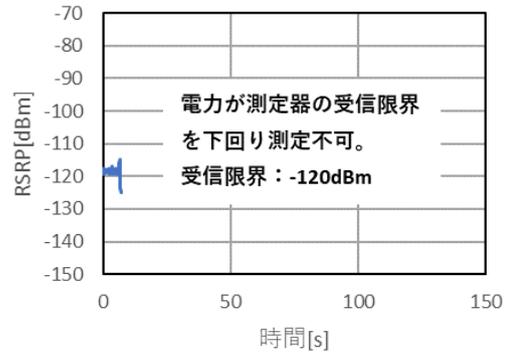
測定点ID:22



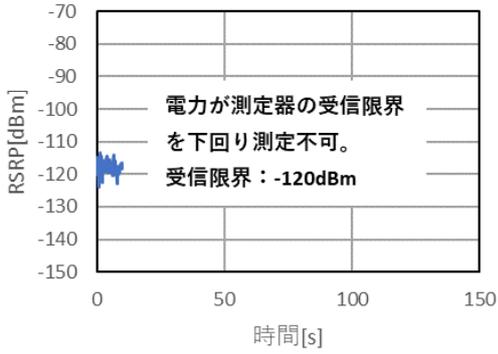
測定点ID:23



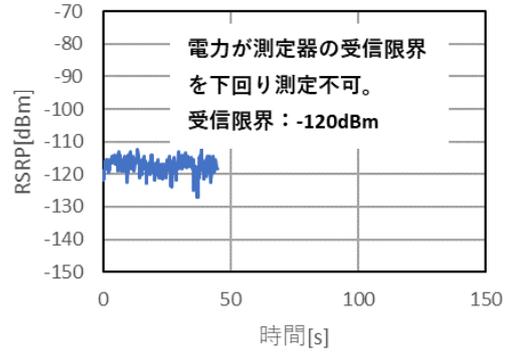
測定点ID:24



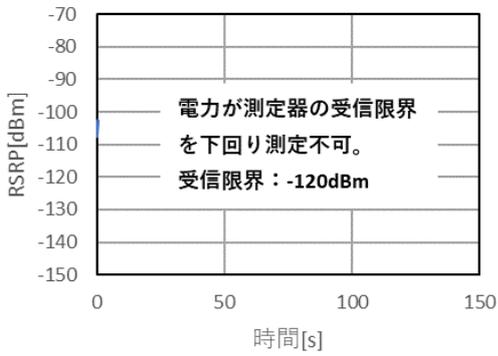
測定点ID:25



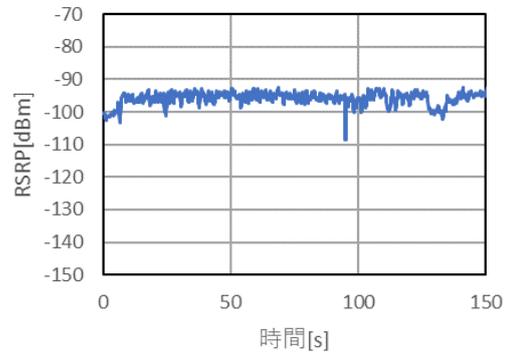
測定点ID:26



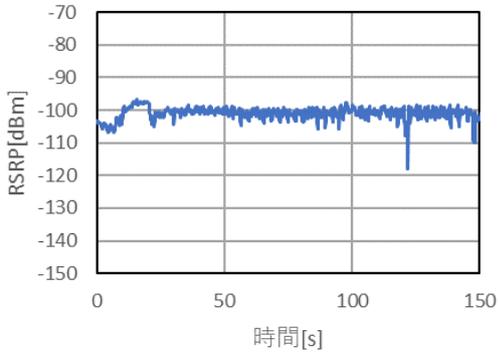
測定点ID:27



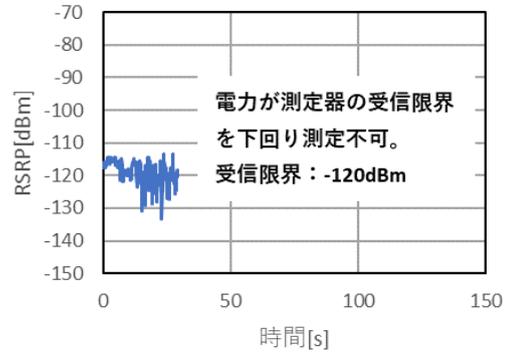
測定点ID:28



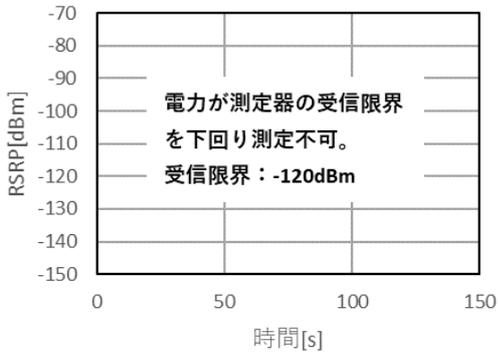
測定点ID:29



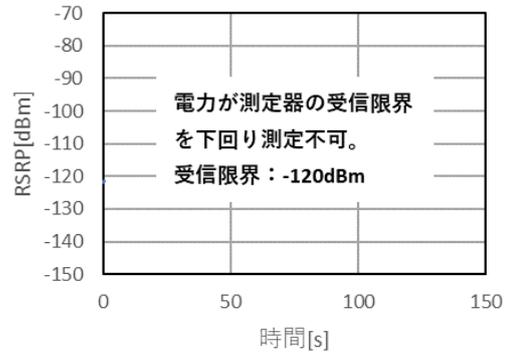
測定点ID:30



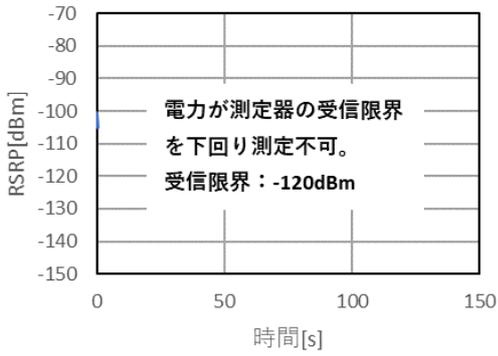
測定点ID:31



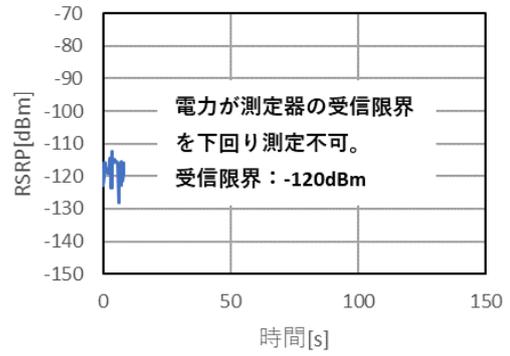
測定点ID:32



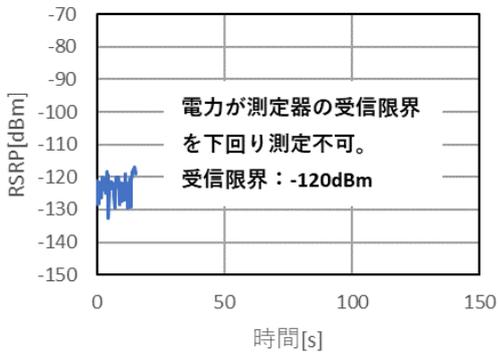
測定点ID:33



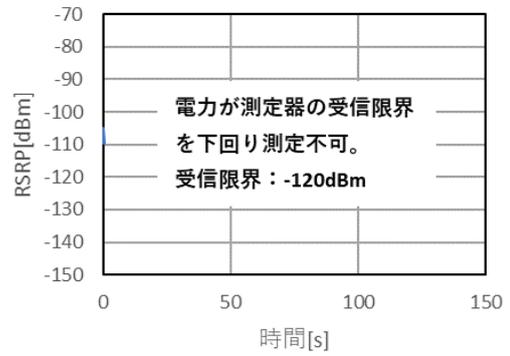
測定点ID:34



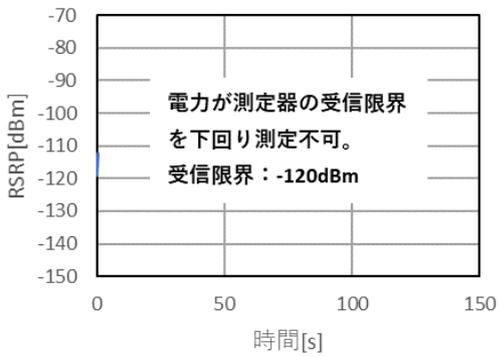
測定点ID:35



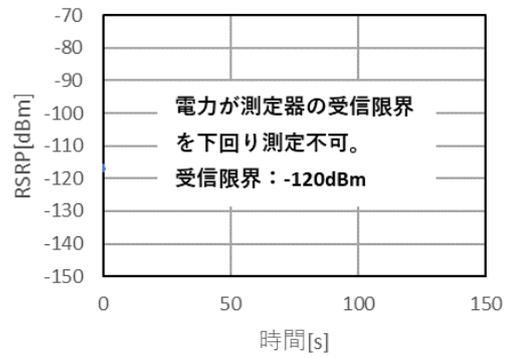
測定点ID:36



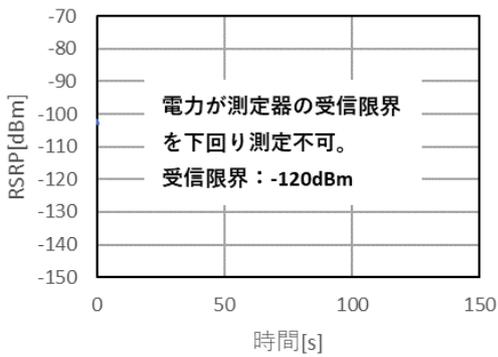
測定点ID:37



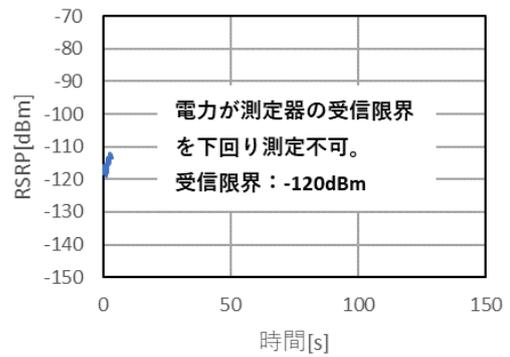
測定点ID:38



測定点ID:39



測定点ID:40



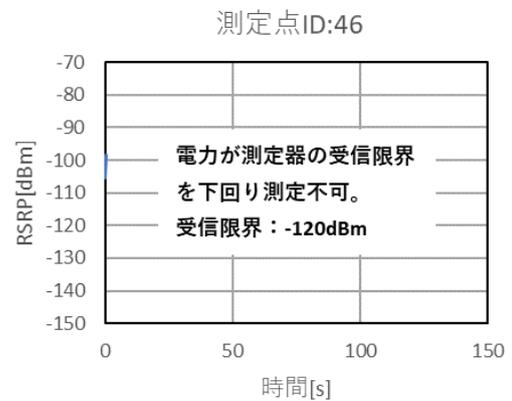
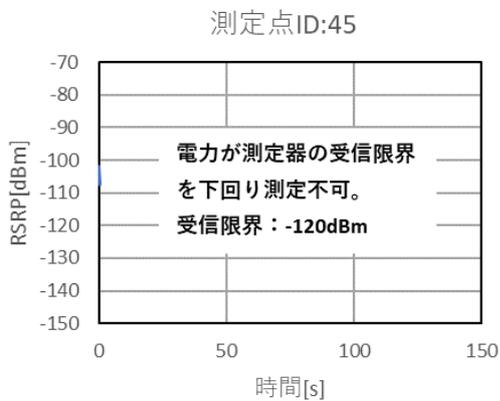
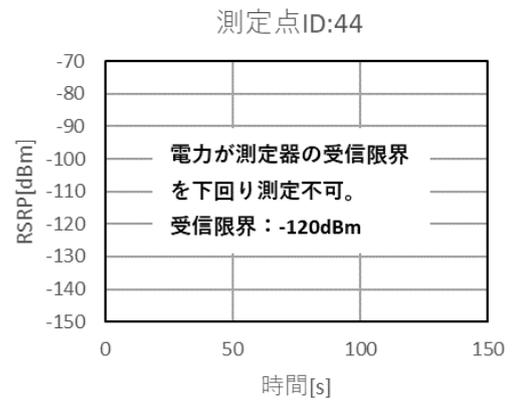
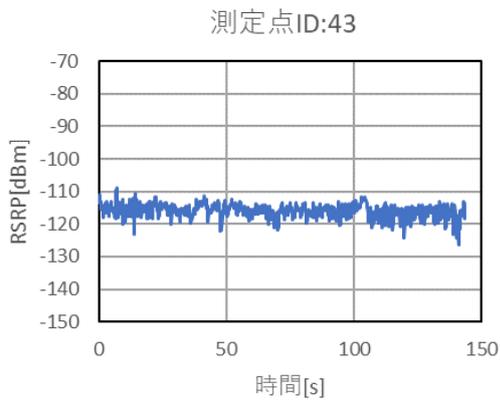
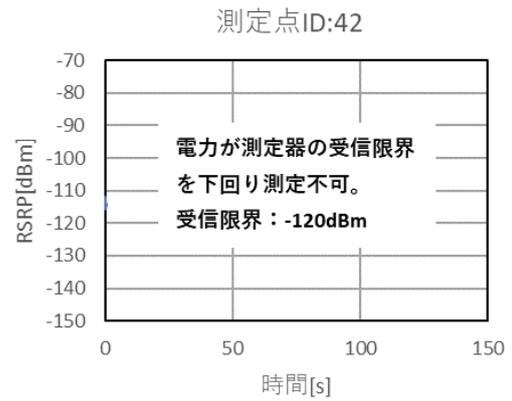
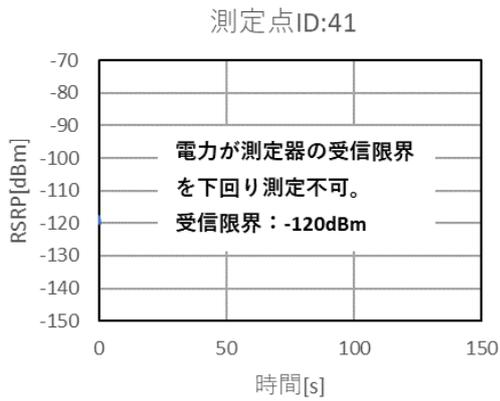
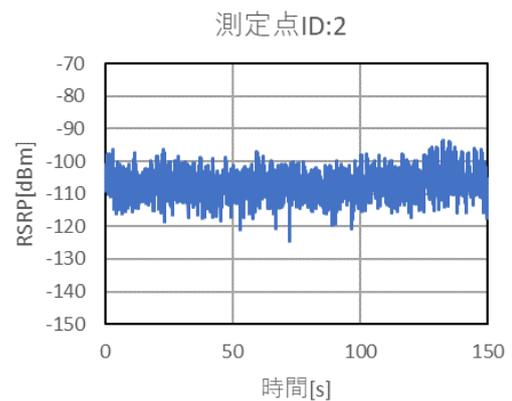
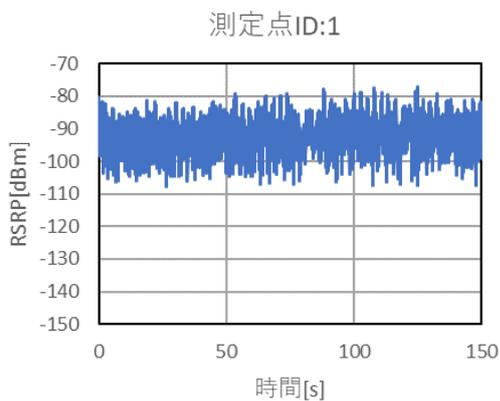
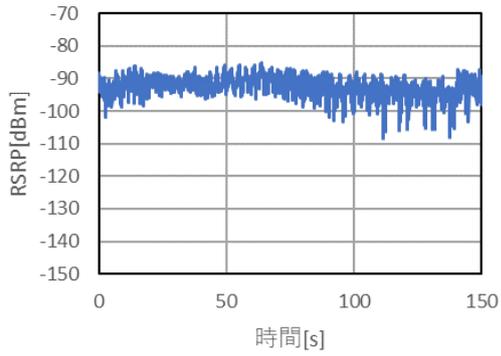


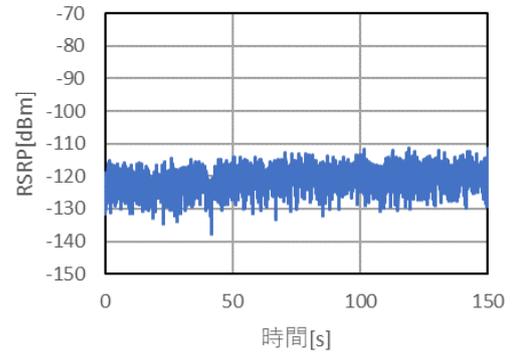
図 3-10 RSRP の時間変動(ローカル 5G 測定端末)



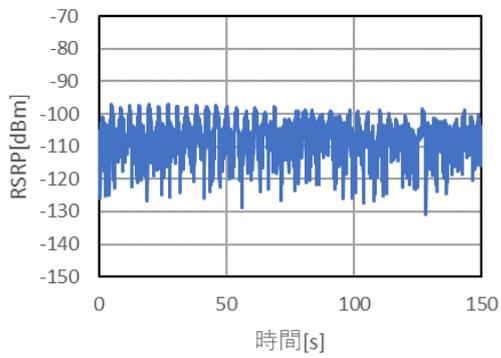
測定点ID:3



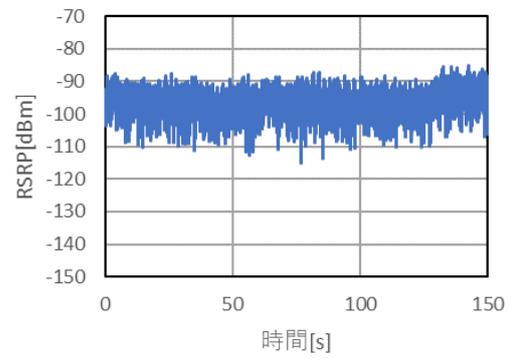
測定点ID:4



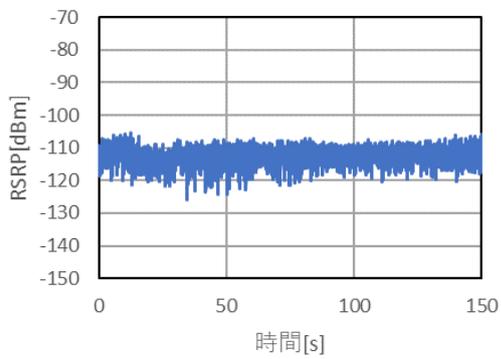
測定点ID:5



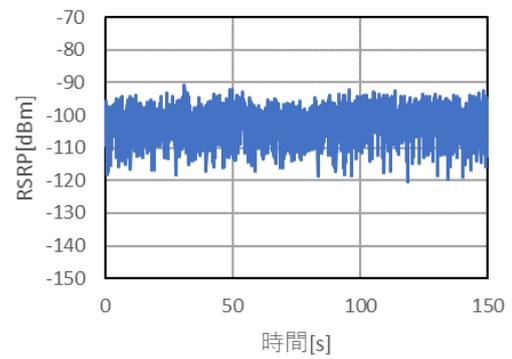
測定点ID:6



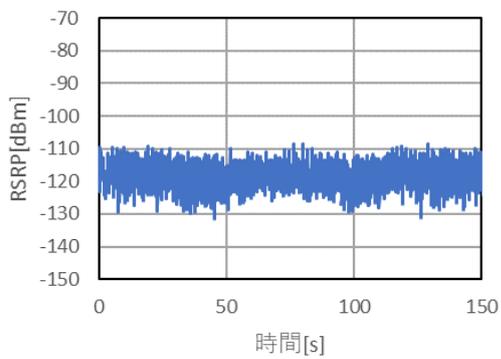
測定点ID:7



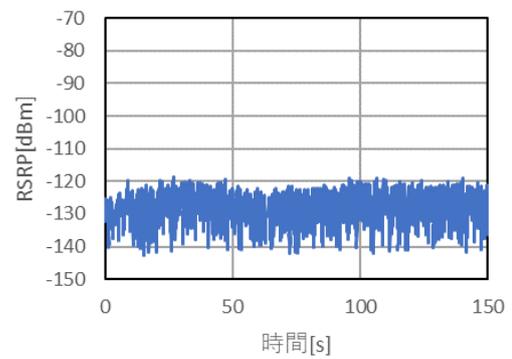
測定点ID:8



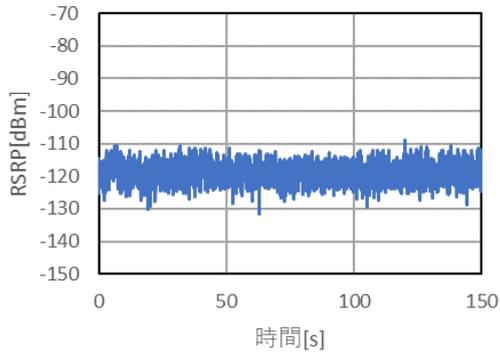
測定点ID:9



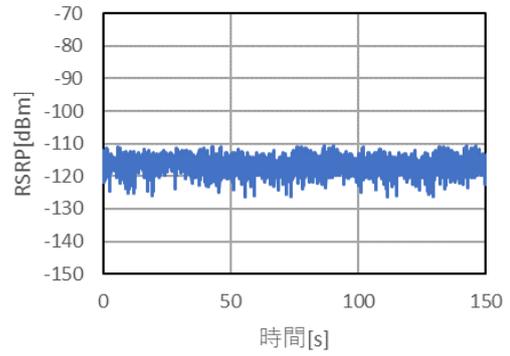
測定点ID:10



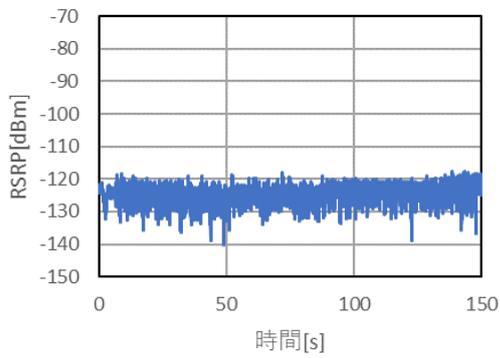
測定点ID:11



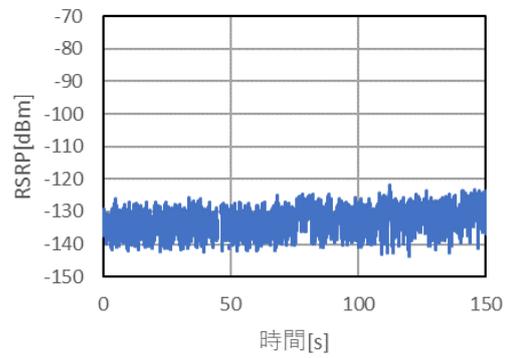
測定点ID:12



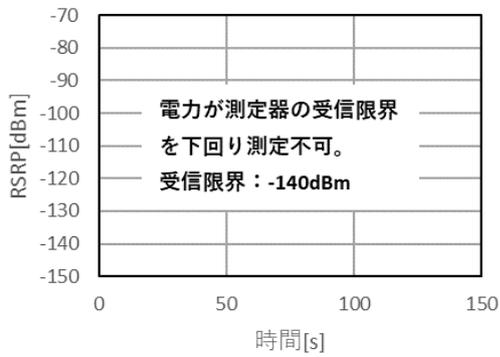
測定点ID:13



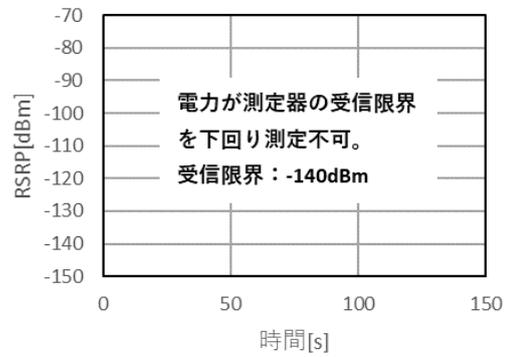
測定点ID:14



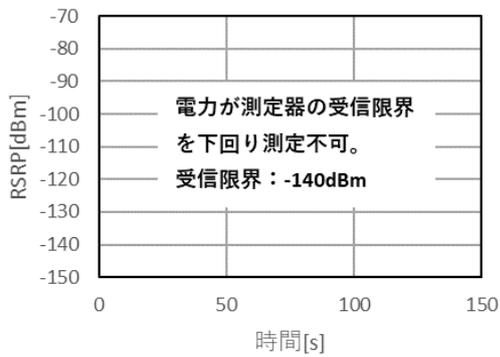
測定点ID:15



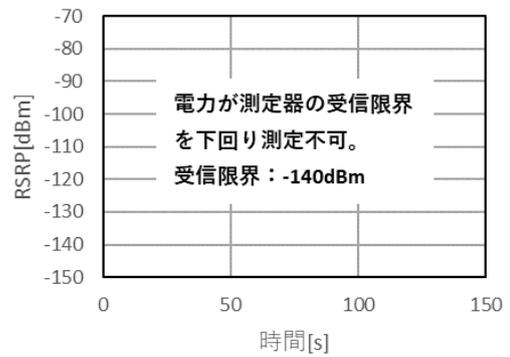
測定点ID:16



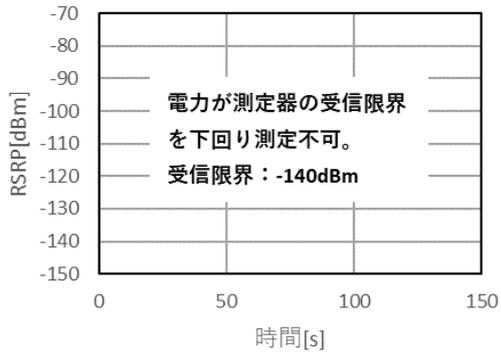
測定点ID:17



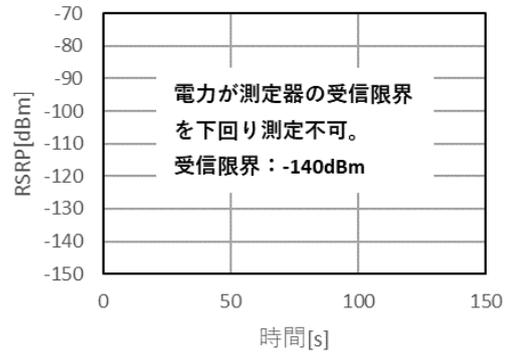
測定点ID:18



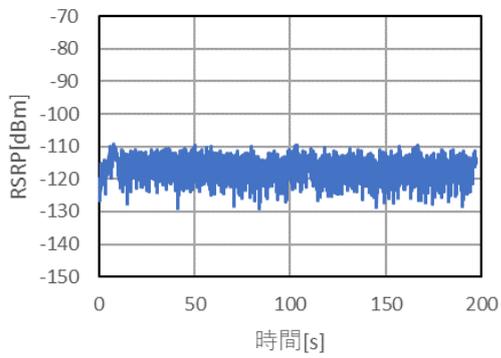
測定点ID:19



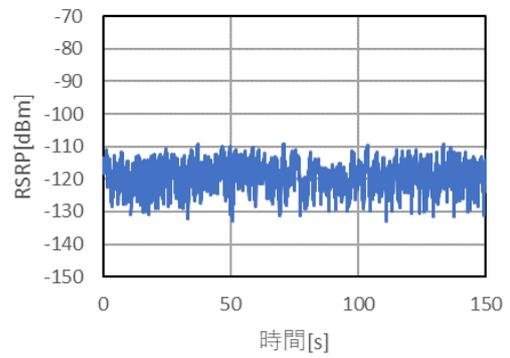
測定点ID:20



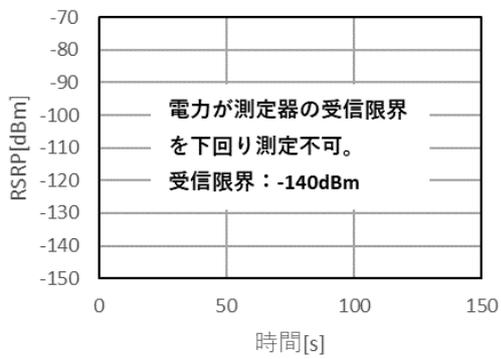
測定点ID:21



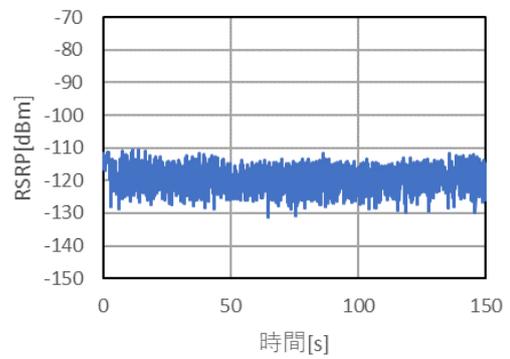
測定点ID:22



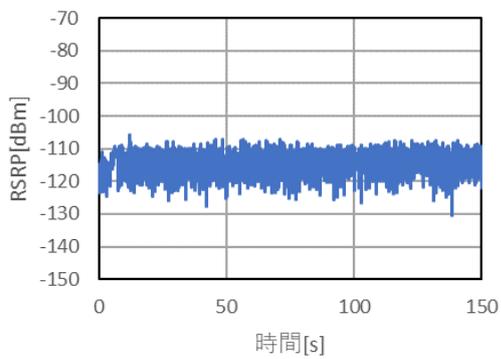
測定点ID:23



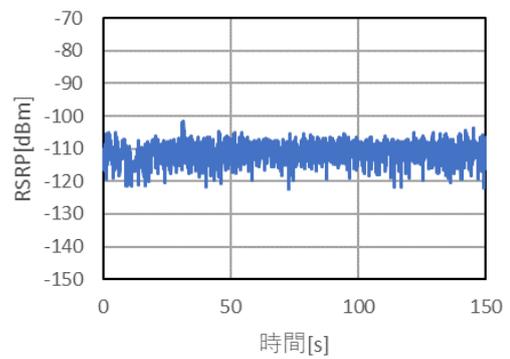
測定点ID:24



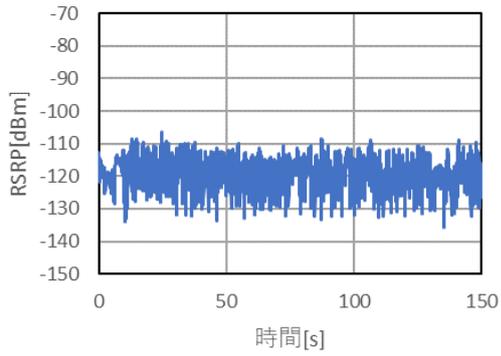
測定点ID:25



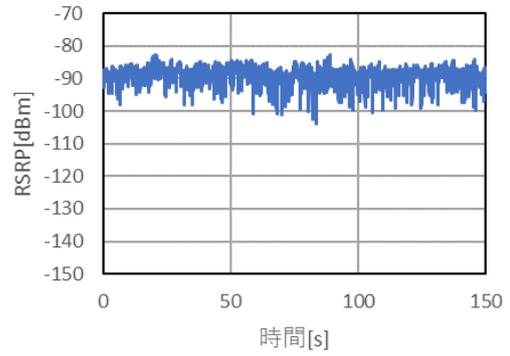
測定点ID:26



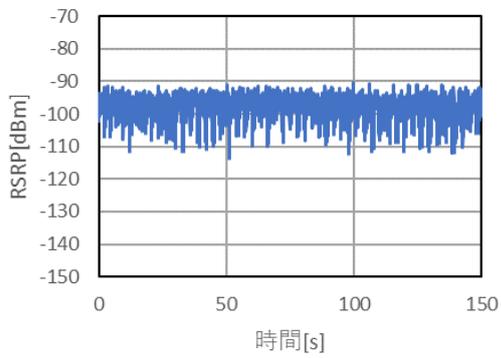
測定点ID:27



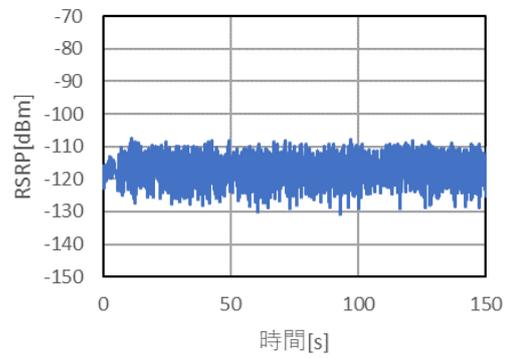
測定点ID:28



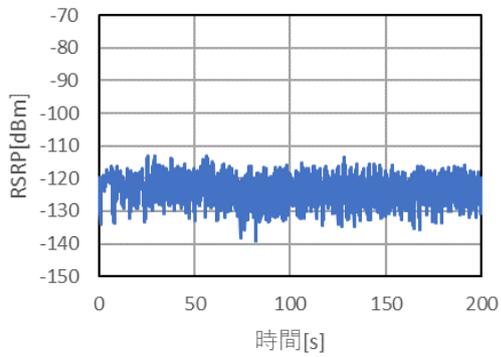
測定点ID:29



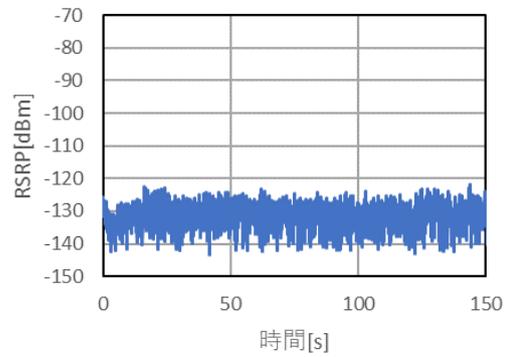
測定点ID:30



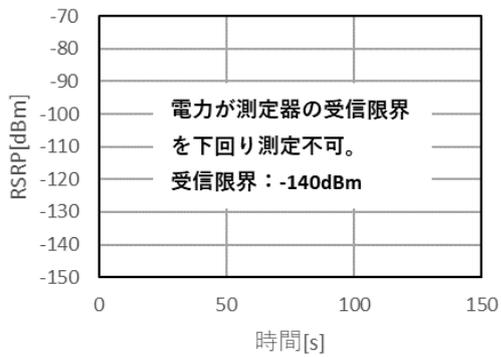
測定点ID:31



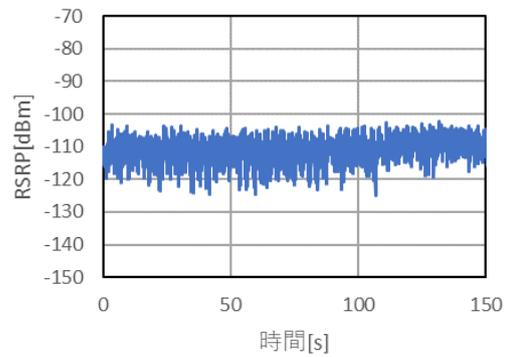
測定点ID:32

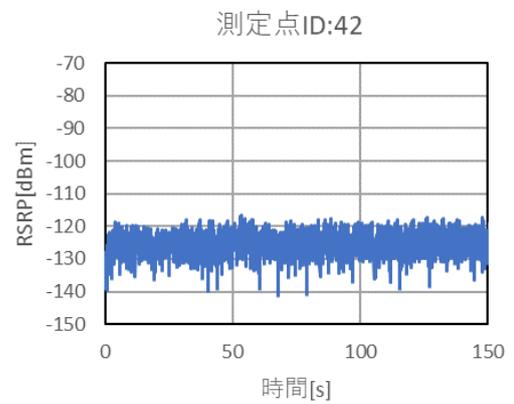
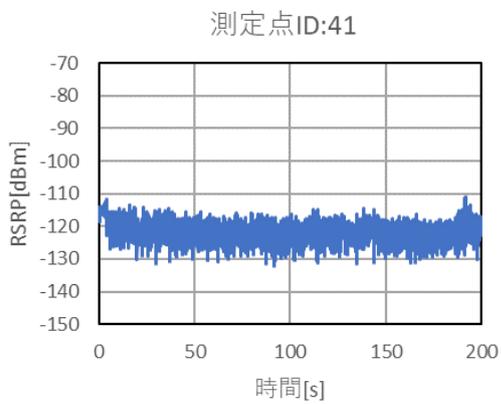
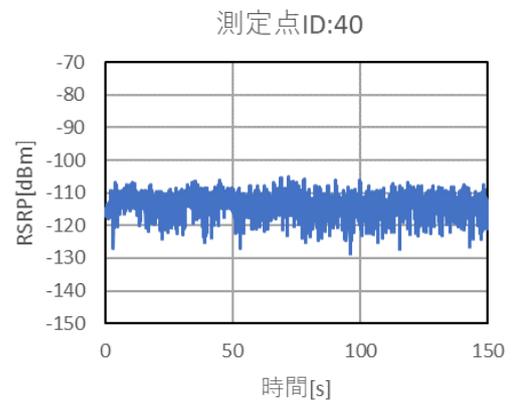
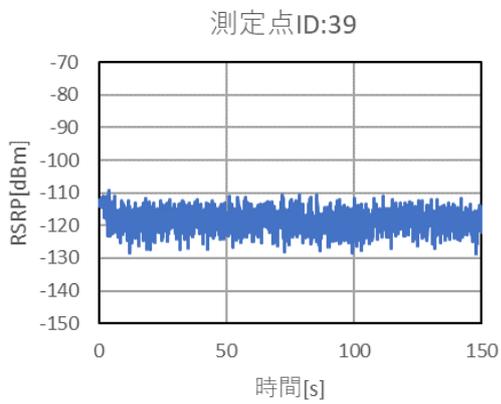
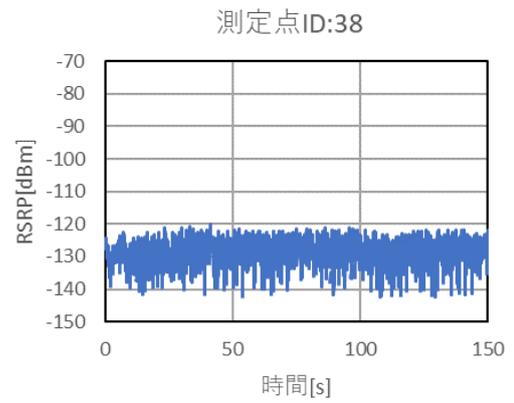
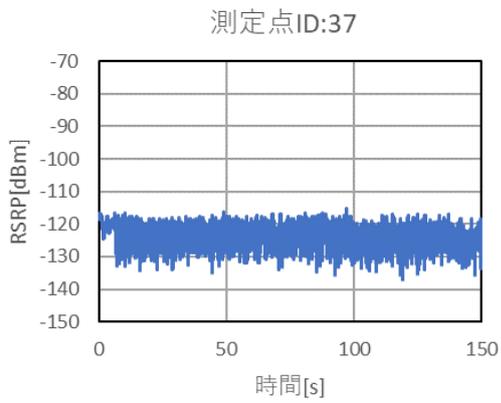
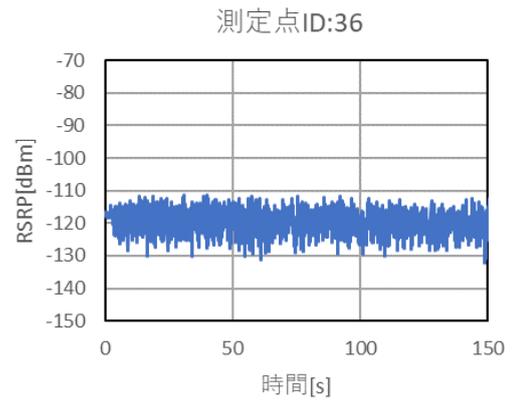
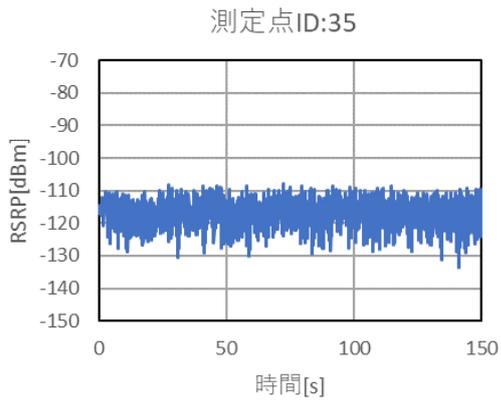


測定点ID:33



測定点ID:34





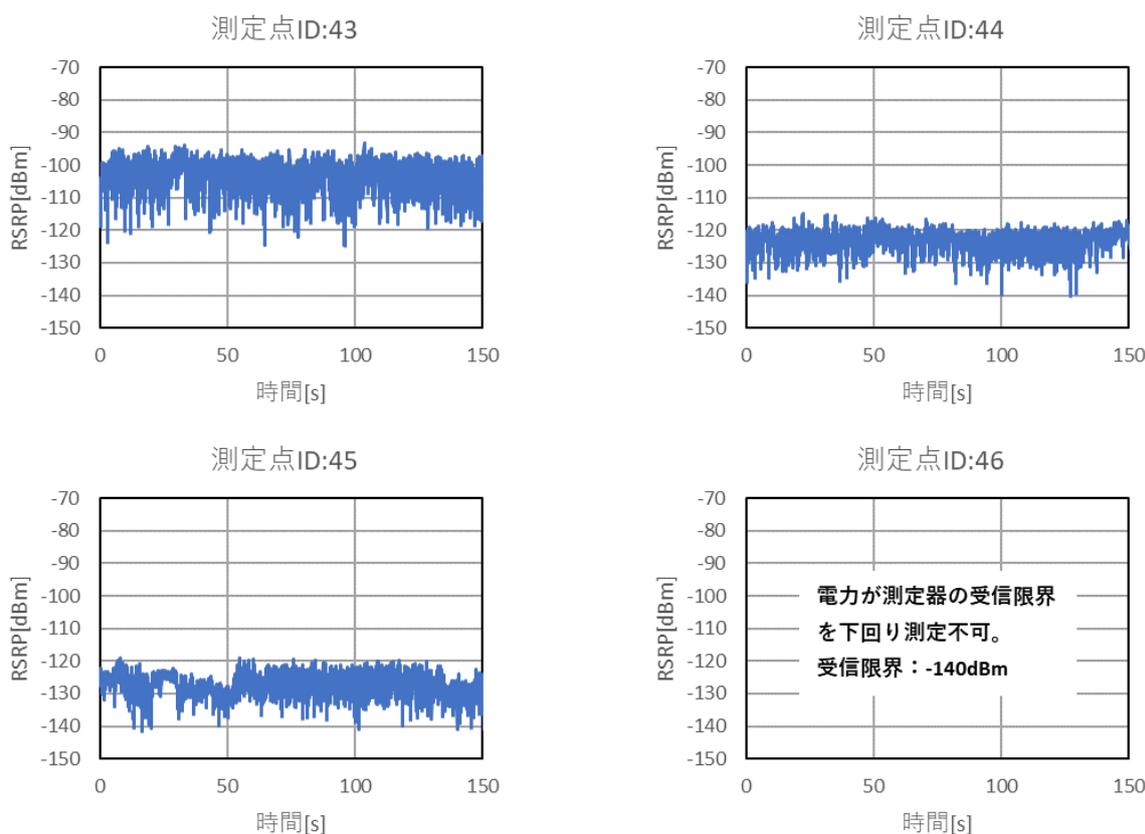


図 3-11 RSRP の時間変動(エリアテスタ)

図 3-12 にローカル 5G 端末とエリアテスタとでの測定結果の比較を示す。図より、-90dBm から-120dBm の範囲において両測定装置を用いて測定したデータの中央値はほぼ一致していることが分かる。ただし、ローカル 5G 測定端末の測定限界は約-120dBm、エリアテスタの測定限界は約-140dBm であるため、-120dBm を下回る領域においてはローカル 5G 測定端末での測定結果がエリアテスタと比べて高く表れる傾向が見られた。これらの結果とサンプル数 1000 を満足している事および調整区域の閾値である-126.1dBm を測定可能である点から技術実証 I の検討にはエリアテスタの測定データを用いる事とした。

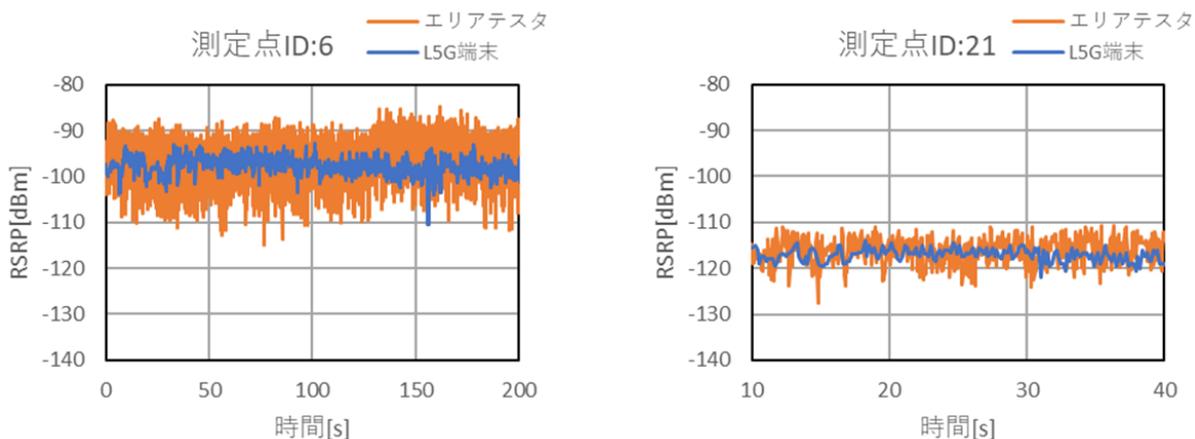


図 3-12 ローカル 5G 測定端末とエリアテストとの比較

④ 統計値

図 3-13 に RSRP の中央値、平均値、上位 10% 値、下位 10% 値を、図 3-14 に標準偏差を示す。図 3-13 より、中央値と平均値の差は見られない事がわかる。また、上位 10% 値と下位 10% 値との差は地点により異なり約 10dB~15dB 見られる。標準偏差も地点により異なるが約 3dB~5dB であった。

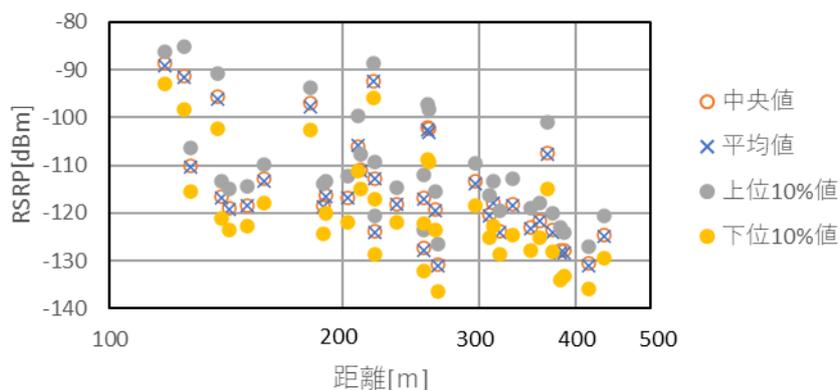


図 3-13 RSRP の統計値

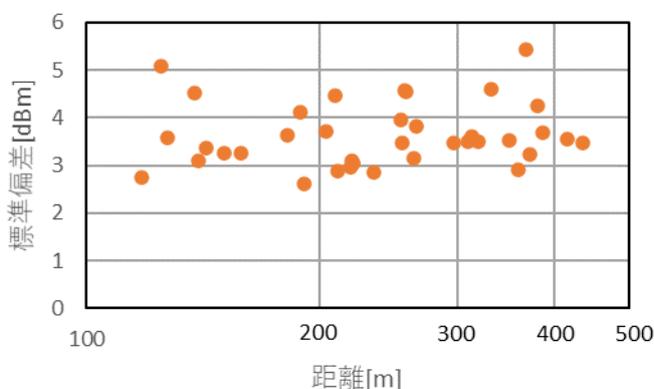


図 3-14 RSRP の標準偏差

⑤ エリア特定

本システムは周波数 4.9GHz 帯の 100MHz 帯域幅のシステムであるため、カバーエリアおよび調整区域の受信レベルは表 3-3 の通り規定されている。

表 3-3 カバーエリアおよび調整区域の受信レベル(100MHz 帯域システム)

	受信レベル[dBm]
カバーエリア	-84.6

調整区域	-91.0
------	-------

実測の RSRP を用いて基地局のカバーエリアおよび調整区域を特定するため、表 3-3 で決められている値から以下の式を用いて RSRP 換算値を求めた。ここでリソースブロック数は 273 とした。

$$\text{RSRP} = \text{受信レベル} - 10 \times \log(12 \times \text{リソースブロック数})$$

変換した結果を以下に示す。

表 3-4 カバーエリアおよび調整区域の RSRP(100MHz 帯域システム)

	RSRP[dBm]
カバーエリア	-119.7
調整区域	-126.1

次に②統計値のうち中央値を用いて 46 地点の RSRP マップを作成した。この図をもとに表 3-4 の RSRP と近い値となる地点を探し、その地点と基地局とを繋いだ線上で前後しながらエリアテストの測定値を確認した。前述したように RSRP は 3dB~5dB の変動幅をもっているため、変動する値を目で確認し、中央値が表 3-4 の値と思われる地点を探した。カバーエリア端および調整区域端とした地点を追加した RSRP マップを図 3-15 に示す。ここでカバーエリア端が赤色三角、調整区域端が黄色三角である。なお各方位についてカバーエリア端および調整区域端を探したが、基地局との線上に道路など測定箇所が無い方向もある。また、RU のメインローブ方向における中継局直下の ID5 地点は基地局から最遠地点であるにもかかわらず基地局に近い地点よりも受信レベルが高いため、調整区域端は示していない。

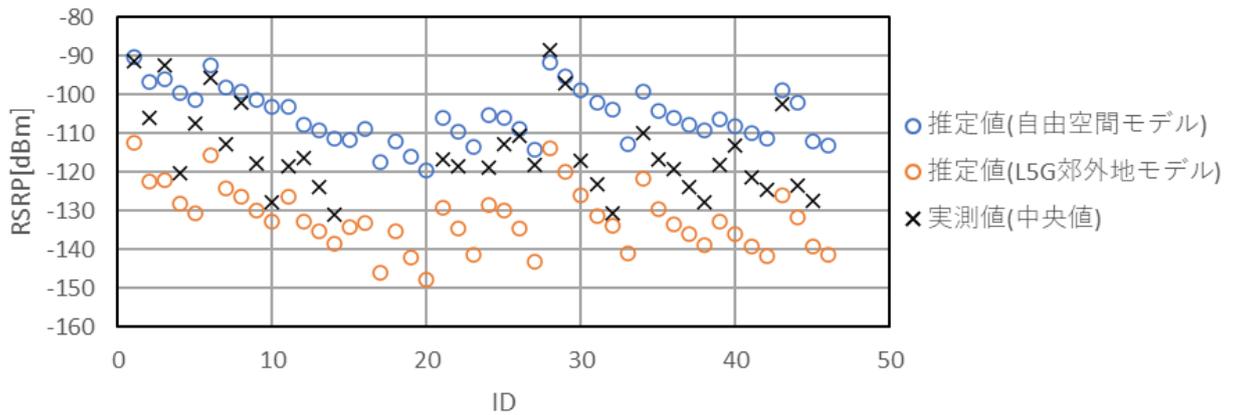


図 3-15 RSRP マップ

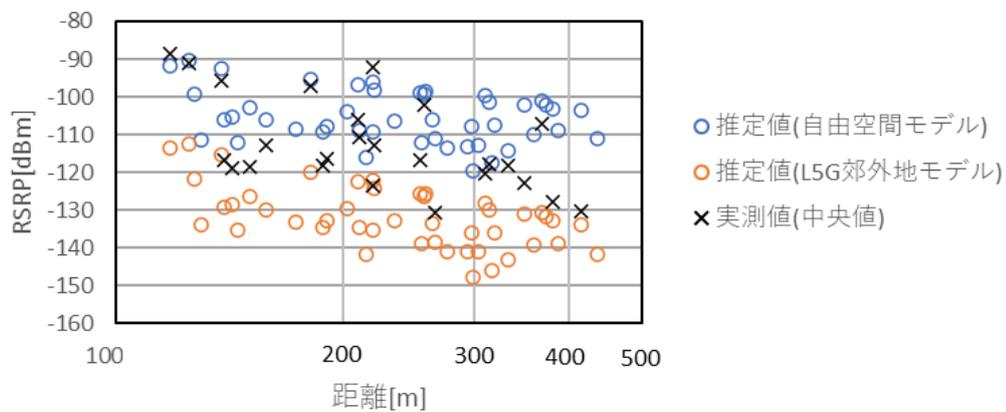
国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

⑥ S 値の精緻化

図 3-16 に RSRP における実測値と推定値との比較を示す。(a) は横軸が ID、(b) は横軸が距離である。(a) より、ID1、3、6、8 等見通しのある地点では自由空間モデルにほぼ一致している事が分かる。また (b) より、近い距離でも受信レベルが大きく異なる結果となっている事が分かる。今回精緻化する S 値はローカル 5G 郊外地モデルにおける値であるため、これら自由空間モデルで表される地点は除外する事とする。(a) より見通しのない地点に着目すると、ローカル 5G 郊外地モデルと比べて受信レベル値は高い傾向となっている事が分かる。



(a)ID ごとの RSRP



(b)距離と RSRP との関係

図 3-16 RSRP における実測値と推定値との比較

受信レベルの傾向で見られたように見通しのある地点ではモデルが異なるため、自由空間モデルに合う地点とその他の地点を分類した。また、本試験環境での実測値とローカル 5G 郊外地モデルを用いた推定値との差分を明らかにするため、各測定地点における指向性減衰量を含むアンテナ利得等の差を排除し、受信レベルから伝搬損失へ変換したうえで比較を行った。図 3-17 に伝搬損失における実測値と推定値との比較を示す。横軸が距離、縦軸が伝搬損失である。図には見通し無の実測値を近似した近似曲線を黒の実線で併記した。図より、本試験環境ではローカル 5G 郊外地モデルと比較して約 6dB 伝搬損失が少ない事が分かる。よって本試験環境全体での S 値は郊外値モデルの $S=12.3$ よりも 6dB 大きい $S=18.3$ と考えられる。仮説時には、本試験環境は 2 階建ての建物が多く分布しているため郊外地と市街地の定義と照らし合わせて市街地に近いと考えたが、実際は郊外地モデルと開放地モデルの中間に位置する結果となった。

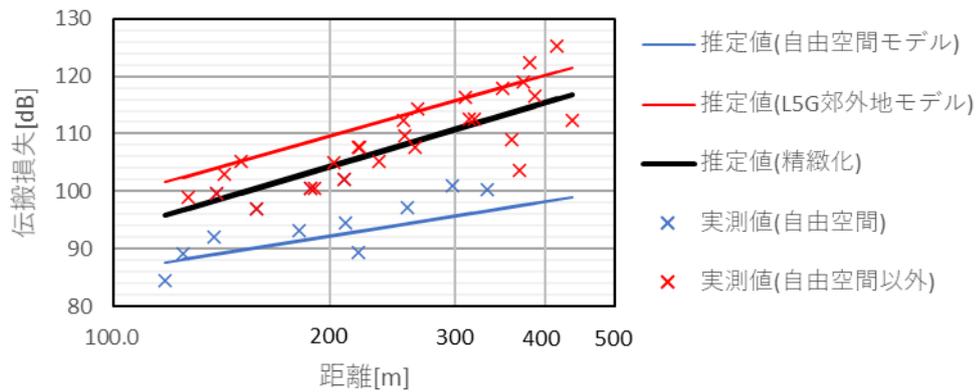


図 3-17 伝搬損失における実測値と推定値との比較

得られた $S=18.3$ を用いて推定したカバーエリアと調整区を図 3-18 に示す。図には③エリア特定で確認した実測のカバーエリア端と調整区域端を併記した。図より、 $S=18.3$ を用いて推定した場合のエリアと実測位置とはおおむね合っている事がわかる。ただし、実測位置との差が大きい方向も見られており、G4、G6 におけるずれが大きい。これは図 3-8 から確認できるように G4 は大通りに面しており開けた空間が広がっていること、G6 は比較的離れた距離においても見通しがとれるラインであることが考えられる。

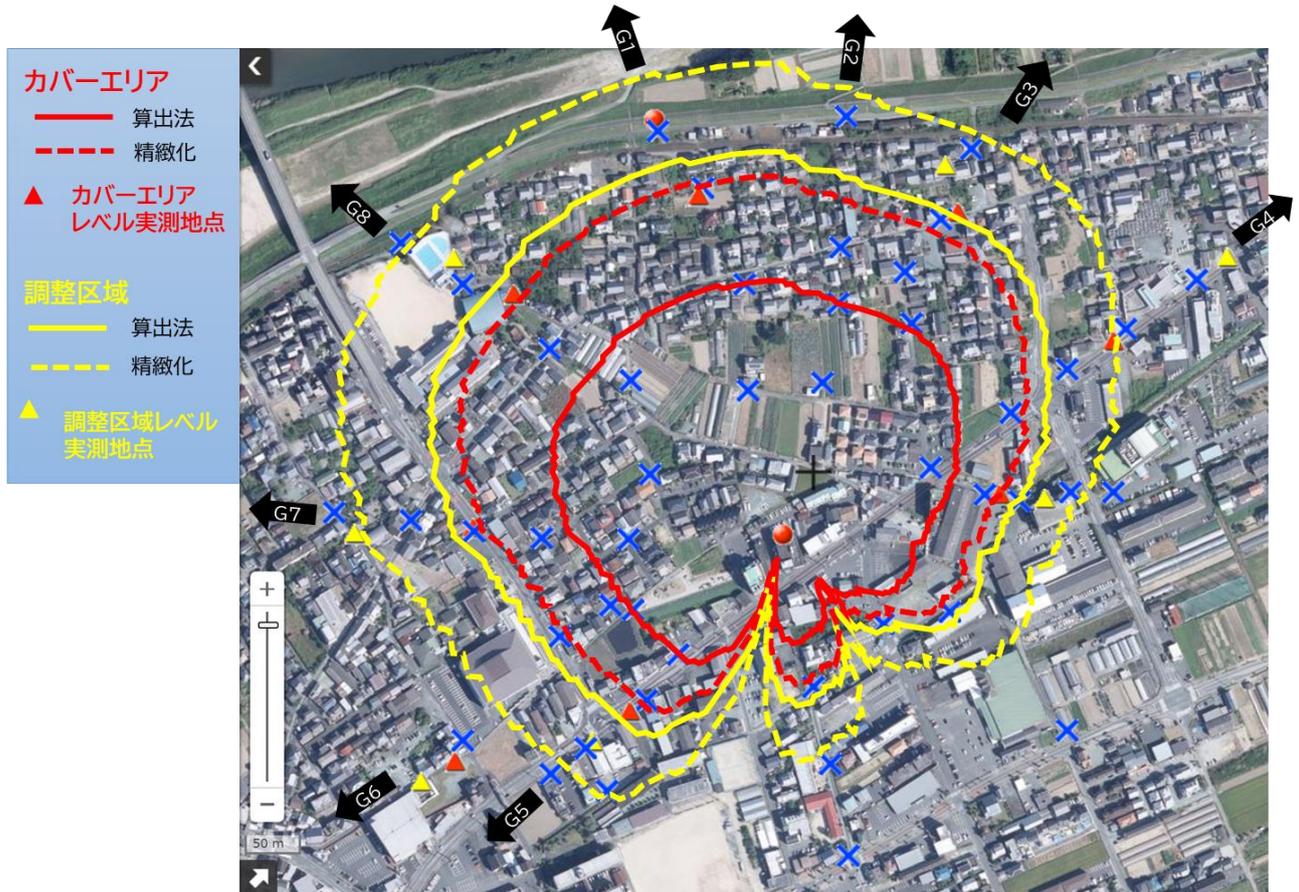


図 3-18 精緻化前後のカバーエリアおよび調整区域

国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

方向によるずれが見られることから、方向別の S 値を実測の RSRP 値と距離から逆算して求めた。図 3-19 に方向グループ別の S 値を示す。用いたデータは ID46 までの自由空間モデルで表せない地点とエリア特定で確認した地点のデータである。図より、開けている方向である G6 や大通りに面する G4、G5 の S 値は大きく、住宅街の G1、G2、G3、G7、G8 の S 値はそれと比べると小さい傾向が表れている。なお、G1 の S=27 は ID5 の値であり特異点と考える。

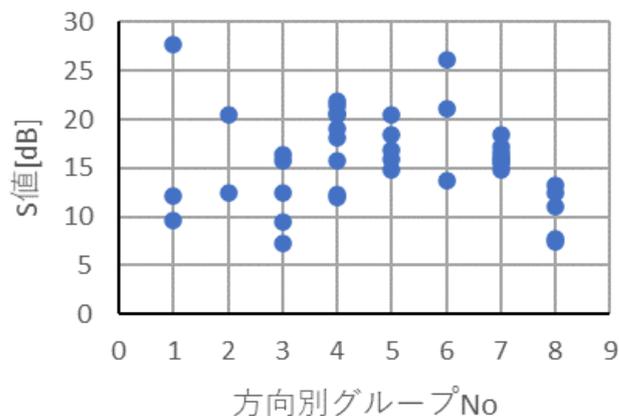


図 3-19 方向別の S 値

そのほか、測定点が面する道路幅と伝搬損失との関係を図 3-20 に示す。図より、道路幅と伝搬損失との関係は見られない結果となった。

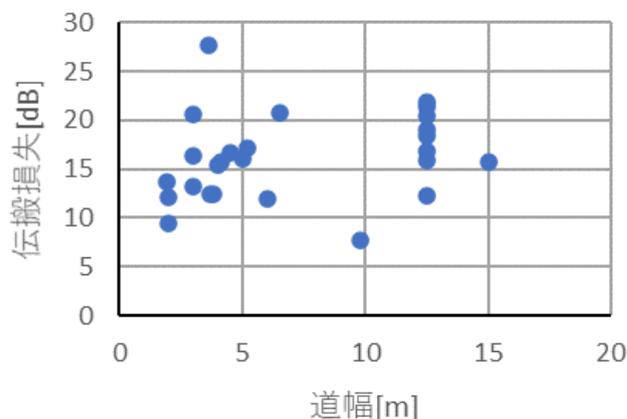


図 3-20 道路幅との関係

① まとめ

- ・見通しのある地点における伝搬損失は自由空間モデルにおおよそ一致した。
- ・住宅街方向が「郊外地」(S=12.3)に近い値となり、それ以外の住宅の少ない比較的開けた場所は「郊外地」よりも約 6dB 程度大きい値となった。
- ・仮説では「市街地」と「郊外地」の間になると予測したが、実際には「郊外地」と「開放地」の間となった。
- ・大通りに面する地点や前方が開けている地点では精緻化した S=18.3 よりもさらに S が大きくなる傾向が表れた。

以上の結果より、本試験環境のような低層の住宅(1~2階建ての住宅)が多い場合には田舎の郊外地として今回のS値18.3を適用したほうがよいと考える。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

災害現場から伝送されるリアルタイム、かつ高精細(4K)映像の伝送は、現場状況の把握、情報共有、行動計画の策定等に欠かせない情報である。しかしながら、伝送に必要な高速回線や携帯事業者の5G回線は、基本として日常の需要がある場所をエリアとして整備されており、どこで発生するか分からない災害発生現場では、必ずしも必要な帯域を有する情報伝送手段として整備されているとはいえない。また、災害発生時、携帯事業者の回線は輻輳状態となることが多く、帯域不足のため、常に高精細(4K)映像をリアルタイムに伝送することは難しく、高精細(4K)映像伝送を優先接続するなど輻輳/フロー制御することには多くの困難を伴う。

このような現状のもと、管理者自らが接続制御、輻輳/フロー制御を行うことができるローカル5Gは、災害現場からの映像中継に適したシステムであるといえる。ただし、ローカル5Gは日常の通信業務のために構築されるものであり、形成するエリアの制限(自己/他者土地利用など)により限定されており、災害時に映像伝送を必要とする地域をエリアとしているとは限らない。従って、災害発生時などの緊急時において、法制度上の課題はあるものの、可搬型のローカル5G中継装置などを用いて素早くエリアを拡張することは有効な方策であるといえる。

また、災害現場からの伝送映像には、“現場全体”や“見えない角度”などが詳細に見えることが求められており、上空からのカメラ・移動機を搭載したドローンによる高精細(4K)映像伝送は多くが求めているところである。

以上より、可搬型のローカル5G中継装置を用いて柔軟に、かつ上空のドローン(移動局)を対象とした高精細(4K)映像伝送可能なエリアを拡張することの検証を本実証事業の目的とする。

また、エリア構築の柔軟化を行うための技術的方策には、本実証実験で利用する中継装置(レピータ方式)のほか、次のようなものがある。

- ・電波反射板
- ・分散型アンテナシステム (Distributed Antenna System; DAS)
- ・中継装置 (再生中継方式)

これらを実証実験で利用する中継装置(レピータ方式)と比較すると以下の表のようになる。

表 3-5 各方式と本実証実験で利用する方式の比較

比較対象	中継方式(レピータ型)と比較した長所短所	備考
反射板	◎電源不要で設置が容易、メンテナンスも容易 △展開方向(反射方向)に限界がある △展開後の指向性調整が難しい ×電力増幅を伴わないためエリア拡大への寄与は低い ×多方向へ展開は非現実的(電力増幅を伴わないため)	山頂や建物に設置し、山間部や建物の陰になる部分をエリア化することに向く
DAS	◎高品質の電波を発射可能 ○展開先エリアを柔軟に設計可能 ○「飛び地」の展開も可能 ×基地局から分散アンテナまで配線が必要	小出力の空中線を多数組み合わせ、ビル内等の複雑なエリア形成に向く
再生中継	◎中継点で SINR を改善可能 ×再生のための処理遅延が発生	

2) 実証目標

ローカル 5G 中継装置を、ローカル 5G 基地局より水平距離:約 400m の位置に設置し、エリア構築の柔軟性を実証する。業務区域及び自己土地の概況を下図に示す。

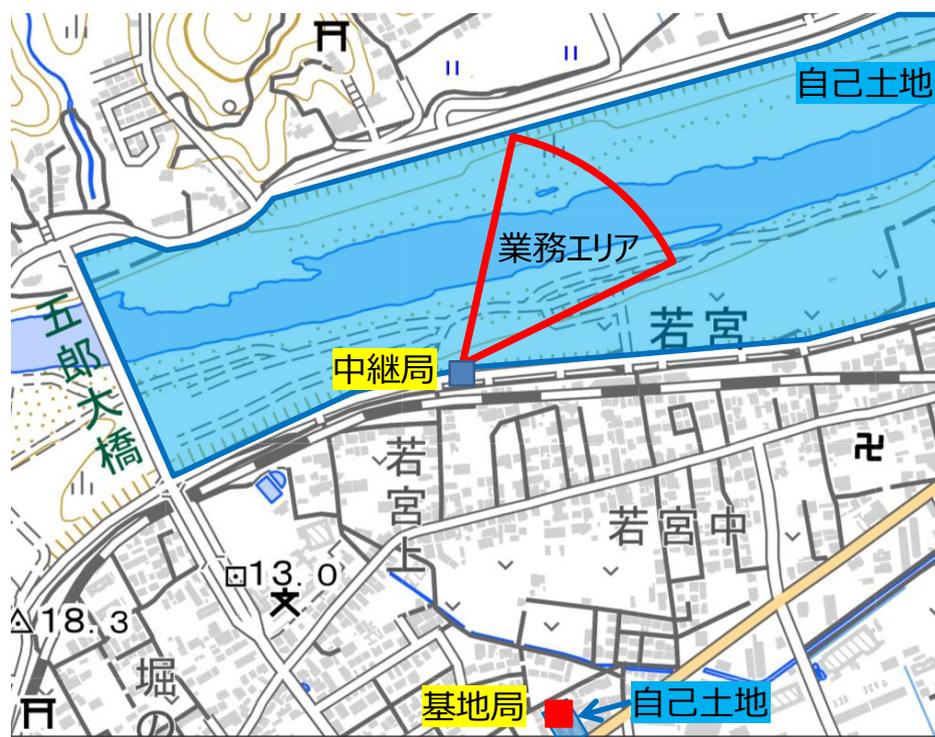


図 3-21 業務区域及び自己土地の概況

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

具体的には、

- 1) ローカル 5G 中継装置～ドローン(移動局)間の(U/L)高精細(4K)映像伝送可能距離を検証することを目標とする。

なお、高精細(4K)映像伝送の所要伝送速度は 40Mbps、使用するローカル 5G 中継装置の方式は、扱いが容易な非再生性中継方式とする。また遅延時間の目標として、中継装置の挿入により、エンドツーエンドの伝送遅延時間が 10msec 以上悪化しないことを確認する。

無線フレーム構成は、「同期方式」、または「準同期方式 1」とし、それぞれの場合の通信可能距離の違い把握するものとする。

上記結果より、ドローンの飛行高度を 120m 程度までとした場合の高精細(4K)映像伝送可能なエリア(領域)を示すことを目標とする。

2) 測定結果から、使用するレピータの推奨設定利得(ゲイン)範囲(40~60dB)を満たすドナー側受信電力値となる地点を割り出し、ローカル 5G 中継装置を設置可能な場所を地図上にプロットして示すことを第 2 の目標とする。

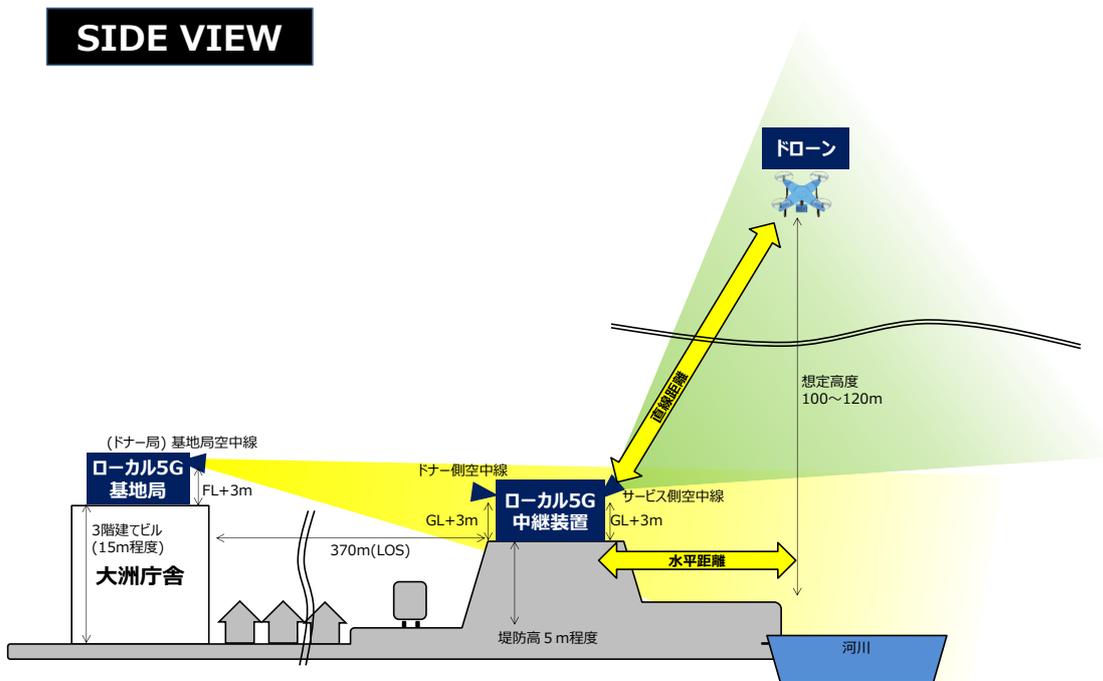
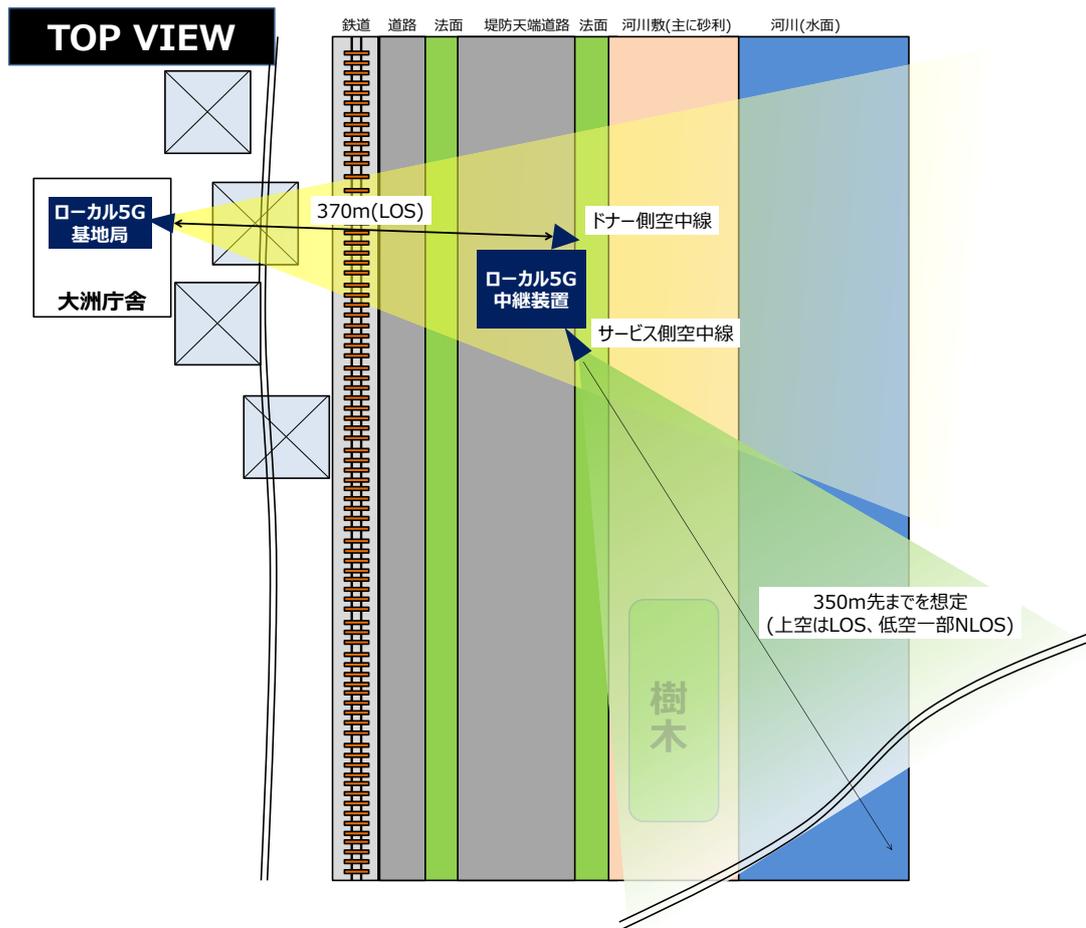


図 3-22 エリア構築の柔軟性向上検証 試験系構成図

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

前年までのエリア拡張実証は受動的に動作する反射板であったが、本年度は能動的な動作すなわち電力増幅を行うレピータを用いることにより、より大きな(拡張)エリアの形成が見込まれる。具体的には、2.3.3 節(2)に記載の通り、200~300m 程度のエリア拡大を期待している。

(2) 実証仮説

机上計算から、高精細(4K)映像伝送に必要な基地局における SINR[dB]は以下の通りと仮定した。なお伝送路は SISO を想定している。

- 「同期方式」運用時: 13dB 以上
- 「準同期方式 1」運用時: 7dB 以上

本値を算出した根拠を以下に記載する。

まず必要なスループットであるが、「4K・8K時代に向けたケーブルテレビの映像配信の在り方に関する研究会 報告書」(平成30年6月)p18には「番組の伝送には、BS、CS110では、1番組あたり約33Mbps(4K)又は約100Mbps(8K)の帯域を使用しており」との記載があり、このことから、4K映像伝送のために必要となる伝送速度を本実証では40Mbpsとすることとした。(

次に、1CCあたりの理論最高伝送速度は、3GPP TS38.306(V17.1.0)掲載式

$$\text{data rate (in Mbps)} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J \left(v_{\text{Layers}}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{\text{max}} \cdot \frac{N_{\text{PRB}}^{BW^{(j),\mu}} \cdot 12}{T_s^{\mu}} \cdot (1 - OH^{(j)}) \right)$$

に、

- 同期方式 : 256QAM Table MCS #14 64QAM 2/3 UL率0.2
- 準同期方式1 : 256QAM Table MCS #7 16QAM 4/9 UL率0.4

のパラメータを当てはめると、

- 同期方式 最大 41.44Mbps
- 準同期方式1 最大 43.95Mbps

となり、必要な40Mbpsを超える値を得ることができる。

MCSとSINRの関係は「Kファクタを利用したMassive MIMO伝送レート評価法」(西森健太郎・谷口諒太郎、信学技報, vol. 120, no. 437, AP2020-134, pp. 13-18, 2021年3月。)記載の「表1 変調方式、符号化率、SNRの関係」(下表)を用い、それぞれ13dB、7dBとした。

表 3-6 変調方式、符号化率、SNR の関係

MCS Index	N_{MOD}	R_{max}	SNR (sub-6) [dB]	SNR (28GHz) [dB]
0	2	0.12	-5.5	-5.3
1	2	0.19	-3.5	-3.4
2	2	0.3	-1.1	-1.2
3	2	0.44	0.9	0.9
4	2	0.59	2.7	2.6
5	4	0.37	4.6	4.4
6	4	0.42	5.5	5.5
7	4	0.48	6.5	6.4
8	4	0.54	7.5	7.4
9	4	0.6	8.4	8.3
10	4	0.64	9	8.9
11	6	0.46	10.2	10.1
12	6	0.5	11.2	11.2
13	6	0.55	12.2	12.1
14	6	0.6	13	12.9
15	6	0.65	14	13.9
16	6	0.7	15	14.8
17	6	0.75	15.9	15.9
18	6	0.8	17.1	16.8
19	6	0.85	17.9	17.8
20	8	0.67	18.9	18.8
21	8	0.69	19.6	19.4
22	8	0.74	20.5	20.4
23	8	0.78	21.7	21.6
24	8	0.82	22.6	22.5
25	8	0.86	23.7	23.5
26	8	0.9	24.5	24.3
27	8	0.93	25.6	25.4

※1 N_{MOD} : 1 シンボルあたりのビット数、※2 R_{max} : 符号化率

ローカル 5G 中継装置を基地局より水平距離:約 400m の位置に設置した。中継装置の位置決定は、以下の要素により行った。

- ・河川上空を業務区域とするため、堤防天端道路上とした
- ・基地局との視通が確保できる地点を選定した
- ・サービスエリア側に一部障害物(樹木)を含む地点を選定した

これらにより決定された中継装置設置位置と基地局設置位置の関係は以下の通りとなった。

位置関係：

- ・基地局から北北西、距離 370m、高低差-10m

弱電界エリア：

・河川領域は基地局より 350m 以上離れており、すべて弱電界エリアになると想定した。特にその中で、基地局空中線のメインローブ方向から外れた下流方向のエリアを強化したいエリアとした。

- ・基地局アンテナの俯角から、とくに高高度においてその影響が顕著になると想定した。
- ・位置関係は概要下図であり、基地局から北北東～北東、距離 600～700m、高低差+80～100m 程度。

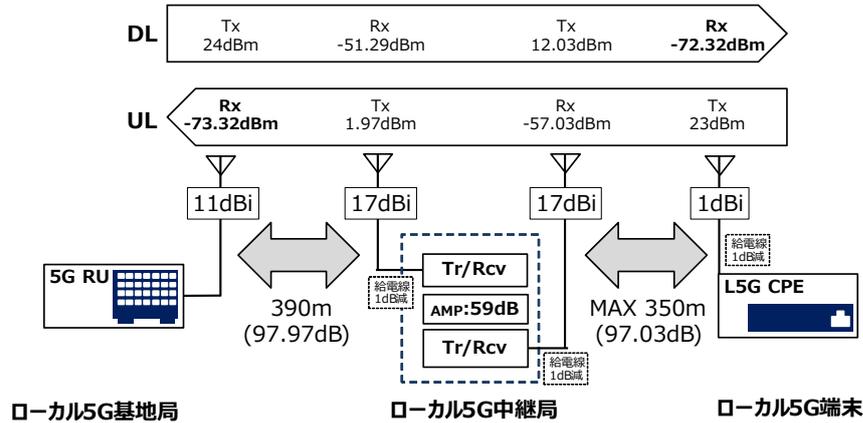


国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

アイソレーション：

・ サービスアンテナ・ドナーアンテナ間のアイソレーションは側方 2m の離隔と空中線指向性により-80dB 以上を確保

リンクバジェット：



空中線情報：

- ・ 空中線特性はそれぞれ 2.3.5 節のとおり。
- ・ 基地局空中線 メインローブ方向：北北西 チルト：-15 度
- ・ 中継局空中線 ドナー側 メインローブ方向：南南東 チルト：+1 度
- ・ 中継局空中線 サービス側 メインローブ方向：北東 チルト：+16 度

可搬型レピータは定格利得(ゲイン)で動作するものとし、対上空であることから伝送支障物の無い「自由空間伝搬」とした場合の可搬型レピータ～ドローン(移動局)間の高精細(4K)映像最大伝送距離(直線距離)の計算結果は以下の通りと仮定する。(空中線利得等を考慮済み)

- 「同期方式」運用時： 約 100m
- 「準同期方式 1」運用時： 約 350m

最大伝送距離(直線距離)を、実測をもとに検証する。

これにより、中継局のメインローブ方向に 350m 程度、前記の弱電界エリアが下図のとおり改善されることを想定している。



国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

・上記の計算値は、ドローンが「完全静止」状態における計算値である。実際のドローンのホバリング状態では、気象条件等により前後・上下・左右に小刻みに揺れ、電波伝搬上ではフェージングとして現れ、伝送速度が変動することが予想される。机上計算では把握できないこの変動を測定し、ノウハウとして蓄積を図るものとする。ただし、エリア測定値としては、精緻化における測定と同様に、定在波の影響を避けるため 10λ 程度の距離を動かしながら時間平均をとることと、ドローンの微小動による影響を回避することとする。

・レピータのサービス(ドローン)側の仰角の違いにより、最大伝送距離(直線距離)が変わることが予想される。ドローンの飛行高度に対する最適な仰角を、実験を通じて模索し、ノウハウとして蓄積を図る。

・机上計算上、基地局より水平距離:約 400m の位置(見通し環境)に設置するレピータのドナー側の最大受信電力値は約 -40dBm であり、設定利得(ゲイン)値は 50dB 前後と推定する。実測をもとに検証する。

・得られた結果をもとに、レピータの推奨設定利得(ゲイン)範囲(40~60dB)を満たすドナー側受信電力値となる地点を割り出し、地図上にプロットする。

・なお、可搬型レピータ~ドローン(移動局)間の伝送距離(直線距離)を短縮するには、設定利得(ゲイン)を下げる、ドナー側受信電力値を下げるなどの方策が有効であると考えられる。得られた実験結果より考察を行う。

(3) 評価・検証項目

1) 高精細(4K)映像最大伝送が可能な可搬型レピータ～ドローン(移動局)間の距離

実証を通じて以下を測定・評価・検証する。

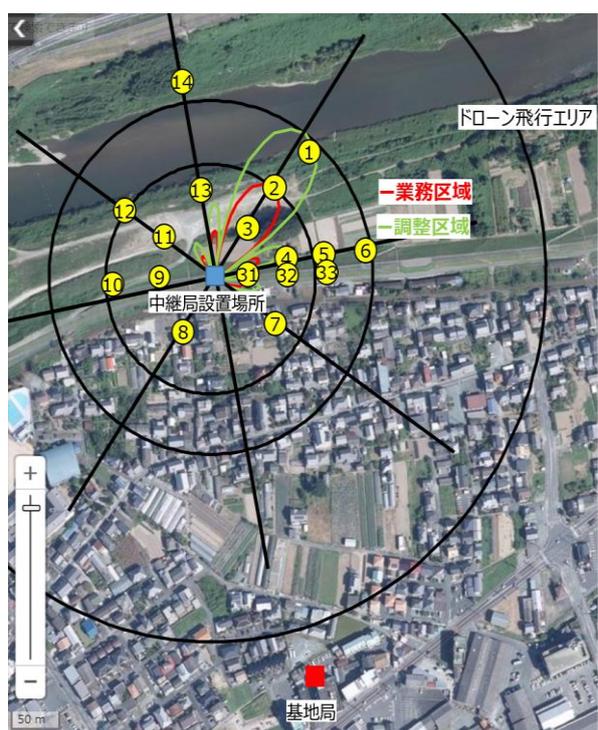
- ・直線距離(「同期」及び「準同期方式1」運用時)
- ・ドローンの飛行高度をパラメータとした水平距離(ドローン位置の計測は可能であれば GPS(誤差 1m)にて実施)
- ・ドローンのホバリング状態における伝送速度・無線伝送路の変動
- ・ドローンの飛行高度に対するサービス側空中線の適切な仰角の値
- ・伝送距離の変更手段の検討及び検証
- ・総合評価

なお、測定点の詳細は以下のとおりである。

(a)中継器なし (カバーエリア設計)

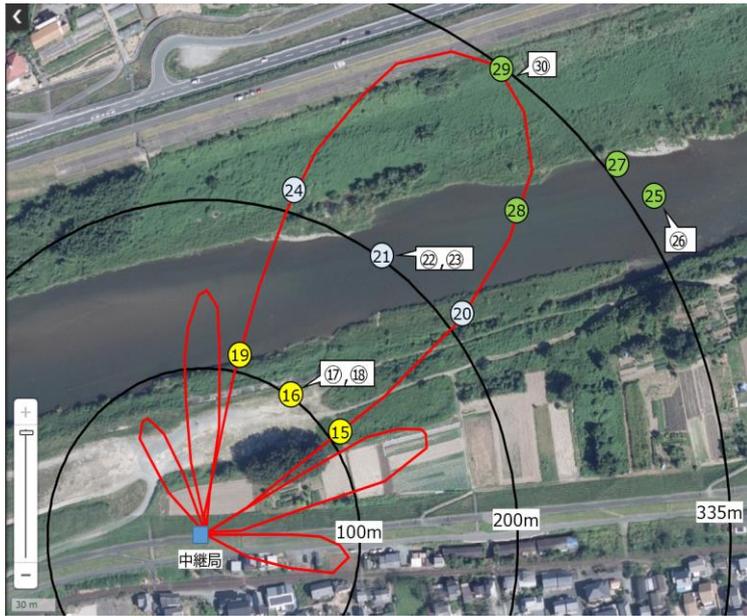
測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	基地局との 水平距離[m]	測定点 標高[m]	端末(測定器) アンテナ 地上高 [m]	LOS/ NLOS
1	482.13	481.69	7.40	1.50	NLOS
2	456.72	456.36	10.00	1.50	NLOS
3	416.31	416.01	12.00	1.50	NLOS
4	383.26	382.99	13.70	1.50	NLOS
5	388.97	388.68	13.00	1.50	NLOS
6	399.19	398.89	12.50	1.50	NLOS
7	326.40	326.04	12.70	1.50	NLOS
8	332.45	332.11	13.00	1.50	NLOS
9	401.14	400.90	14.20	1.50	NLOS
10	408.56	408.36	15.20	1.50	NLOS
11	434.74	434.38	10.30	1.50	NLOS
12	466.00	465.66	10.30	1.50	NLOS
13	446.35	446.01	10.50	1.50	NLOS
14	558.05	557.73	8.90	1.50	NLOS
15	426.93	426.48	9.00	40.00	LOS(空中)
16	452.68	448.06	9.00	85.00	LOS(空中)
17	448.49	448.06	9.00	5.00	NLOS
18	448.33	448.06	9.00	40.00	LOS(空中)
19	473.44	473.04	9.00	70.00	LOS(空中)
20	507.57	505.15	9.00	13.00	NLOS

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	基地局との 水平距離[m]	測定点 標高[m]	端末(測定器) アンテナ 地上高 [m]	LOS/ NLOS
21	542.64	535.21	9.00	110.00	LOS(空中)
22	537.50	535.21	9.00	70.00	LOS(空中)
23	535.44	535.21	9.00	5.00	NLOS
24	563.29	561.11	9.00	70.00	LOS(空中)
25	607.45	600.82	9.00	110.00	LOS(空中)
26	601.02	600.82	9.00	57.00	LOS(空中)
27	619.18	612.68	9.00	7.00	NLOS
28	577.14	570.16	9.00	110.00	LOS(空中)
29	660.06	653.96	9.00	110.00	LOS(空中)
30	654.15	653.96	9.00	5.00	NLOS
31	374.18	374.02	17.0	1.50	NLOS
32	371.45	371.28	17.0	1.50	NLOS
33	373.50	373.34	17.0	1.50	NLOS

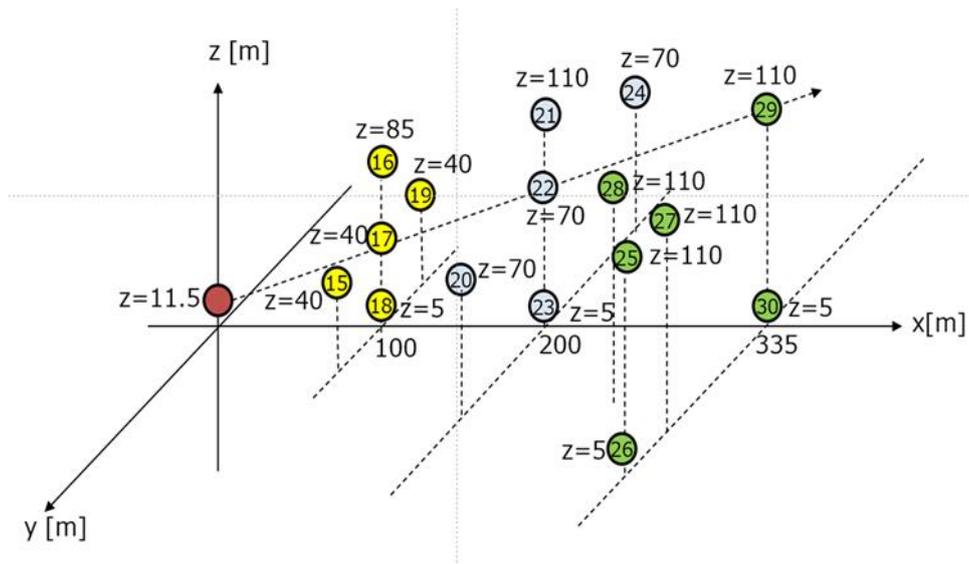


④～⑥は土手下
⑩～⑬は土手上

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

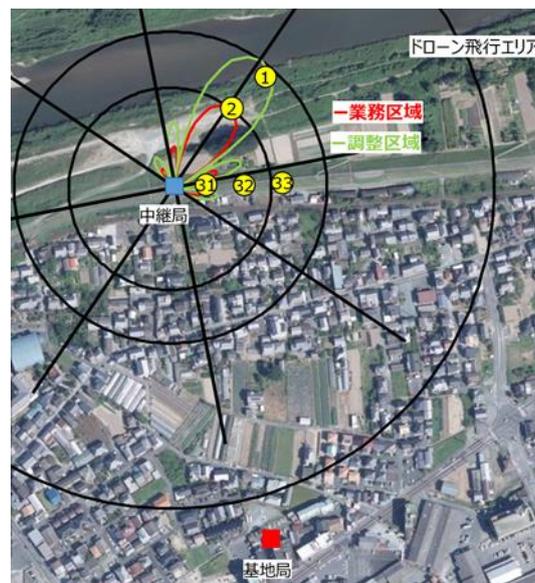


国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

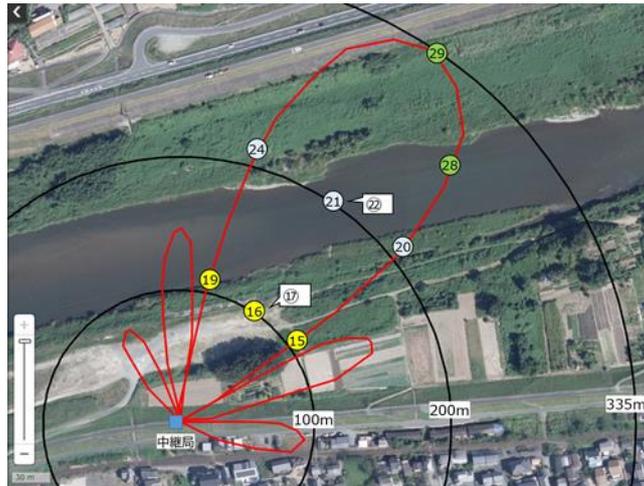


(b)中継器あり・なし (受信電力・スループット測定)

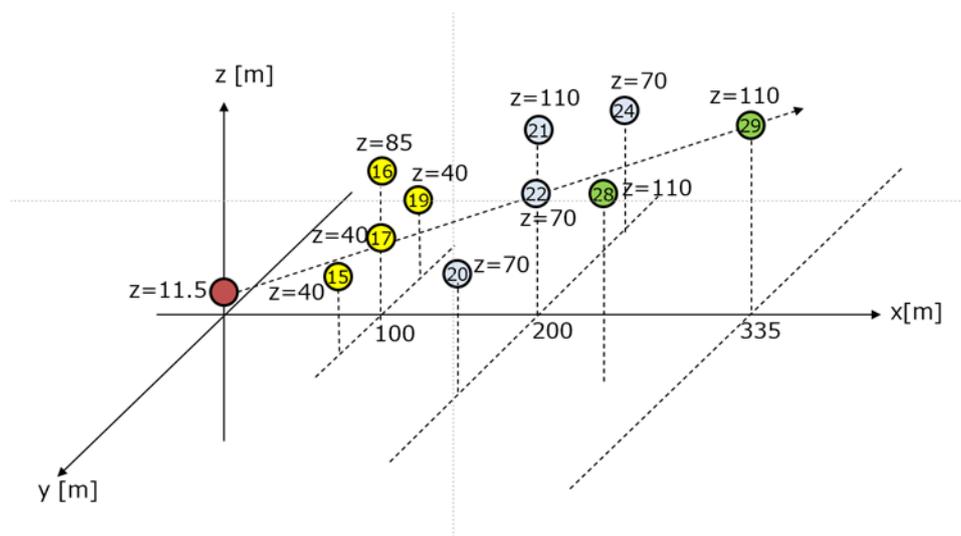
測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	基地局との 水平距離[m]	測定点 標高[m]	端末(測定器) アンテナ 地上高 [m]	LOS/ NLOS
1	482.13	481.69	7.40	1.50	NLOS
2	456.72	456.36	10.00	1.50	NLOS
15	426.93	426.48	9.00	40.00	LOS(空中)
16	452.68	448.06	9.00	85.00	LOS(空中)
17	450.42	449.99	9.00	40.00	LOS(空中)
19	473.44	473.04	9.00	40.00	LOS(空中)
20	507.57	505.15	9.00	70.00	LOS(空中)
21	542.64	535.21	9.00	110.00	LOS(空中)
22	537.50	535.21	9.00	70.00	LOS(空中)
24	563.29	561.11	9.00	70.00	LOS(空中)
25	577.14	570.16	9.00	110.00	LOS(空中)
29	660.06	653.96	9.00	110.00	LOS(空中)
31	374.17	374.02	17.50	1.50	NLOS
32	371.43	371.28	17.50	1.50	NLOS
33	373.49	373.34	17.50	1.50	NLOS



国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用



国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用



2) 中継装置の親局に対する設置位置をパラメータとした、中継装置が新たに拡大するエリアサイズ

実証を通じて以下を測定・評価・検証する。

- ・ ローカル 5G 中継装置の推奨設定利得(ゲイン)範囲(40~60dB)を満足する設置位置・設置条件
- ・ 上記と合わせた、ローカル 5G 中継装置により拡大されるエリアサイズ

(4) 評価・検証方法

1) 測定対象の各測定項目・各点にて、受信電力(RSRP)、通信品質(SINR)、及び伝送性能(UL/DL スループット値など)を緯度・経度、高度情報と共に測定し、測定結果の分析、事前シミュレーションとの比較、考察を行う。

測定点はローカル 5G 中継装置のサービス側空中線がエリアを展開する空間に、3 次元的に設定する。またその特定については、GPS(誤差 1m 程度)を利用し、これによる位置特定の誤差が大きい場合には、補助的に高度計(誤差 0.05m)とレーザー距離計(誤差 1/10,000m)を用いる。

各パラメータの測定については以下の器具・方法により行う。

RSRP、SINR: ドローンに搭載したスマートフォン相当のローカル 5G 端末(AQUOS sense5G をベースとした試作機)の電測モード(計測制度 0.001dB)を利用して行い、また実験中には、エリアテストとの較正を実施する。

UL/DL スループット値: ドローンに搭載した制御用小型 PC と地上設備の間で TCP/IP 送受信試験による。

伝送遅延: ドローンに搭載した制御用小型 PC と地上設備の間で TCP/IP 送受信試験による。

2) 高精細(4K)映像伝送を行った場合の受信映像の画質等の評価を、以下の内容及び方法で行う。

・ 伝送ビットレートと画質安定性、画像視認性の関係

カメラからのビットレートをパラメータとし、次を確認

安定性: 画質が安定して受信できるか (ブロックノイズや通信エラー有無の確認)

視認性: 人物などの大きさの異なるオブジェクトの認識可否 (主観評価)

・ ドローンと基地局との直線距離と画質安定性の関係 (高低差距離も含む)

安定性、視認性: (上記同様)

なお、ローカル 5G 中継装置の諸元は以下の通りである。

項目	諸元
参照規格	—
中継方式	同一周波数 非再生中継方式
準拠規格	5G NR-TDD
対応バンド	N79 (4.8 - 4.9GHz)
帯域幅	100MHz
変調方式	OFDM (信号源に準じる)
空中線端子	ドナー側・基地局対向器 : 2 サービス側・移動局対向器: 2
適用 MIMO 方式	下り 2×2 / 上り 2×2
搬送波数	1
中心周波数	4849.86MHz (信号源に準じる)
SA/NSA	SA
適用 TDD 設定	同期/準同期
同期方式	基地局から受信した電波より 装置内で同期信号を復調し、同期
アンテナ素子	2T2R
送信電力	+10dBm
装置内利得	40~60dB
装置内遅延	約 300nsec
ドナー側・基地局対向器入力電力(範囲)	-50~-30dBm
サービス側・移動局対向器入力電力	-25dBm 以下
周波数許容偏差	± (0.1ppm+12Hz) 以下
占有周波数帯域幅	100MHz 以下
スプリアス発射または不要発射の強度	9kHz 以上 150kHz 未満: -13dBm/1kHz 以下 150kHz 以上 30MHz 未満: -13dBm/10kHz 以下 30MHz 以上 1000MHz 未満: -13dBm/100kHz 以下 1000MHz 以上 12.75GHz 未満: -13dBm/1MHz 以下 12.75GHz 以上上端の周波数の 5 倍未満: -13dBm/1MHz 以下 ただし、1884.5MHz 以上 1915.7MHz 以下: -41dBm/300kHz
外形寸法	292 (W) × 157 (D) × 345 (H) mm
質量	約 18kg (取り付け金具除く)
消費電力	50W 以下

(5) 実証結果及び考察

① 各装置の設置状況

図 3-23 に中継局の設置状況、図 3-24 に移動局の設置状況（上空用）を示す。中継局のドナーアンテナとサービスアンテナはアンテナアイソレーションを確保するために、水平距離として4m 離隔して設置しており、試験時に発振が起きていない事を確認している。また、ドローン用のバッテリーは温度により使用可能時間が左右されるため車内で温度管理を行った。なおジンバルとはカメラの手振れを修正し方向調整を行うものであり、後述する課題実証において使用している。

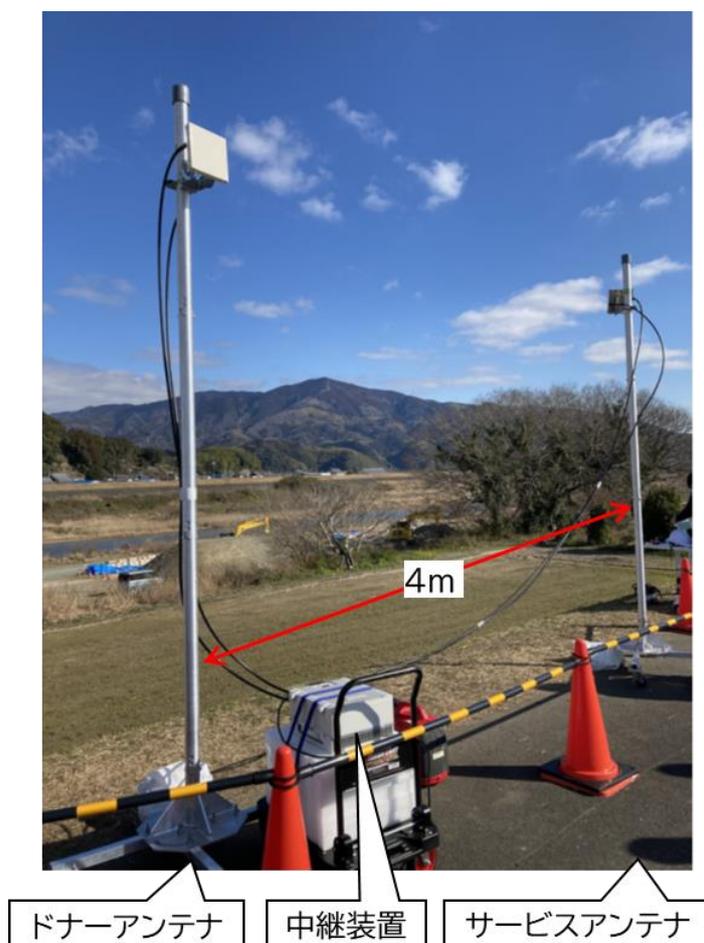


図 3-23 中継局設置状況



図 3-24 移動局設置状況(上空用)

② 見通し状況

図 3-25 に中継局から基地局方向の見通し状況、図 3-26 に上空の移動局 (ID:17) から中継局方向の見通し状況、図 3-27 に各地点から中継局方向の見通し状況および移動局から中継局方向の見通し状況を示す。図 3-27 では ID を図の左上に示し、赤丸は中継局方向、赤四角はドローンの位置を示す。



図 3-25 中継局から基地局方向の見通し

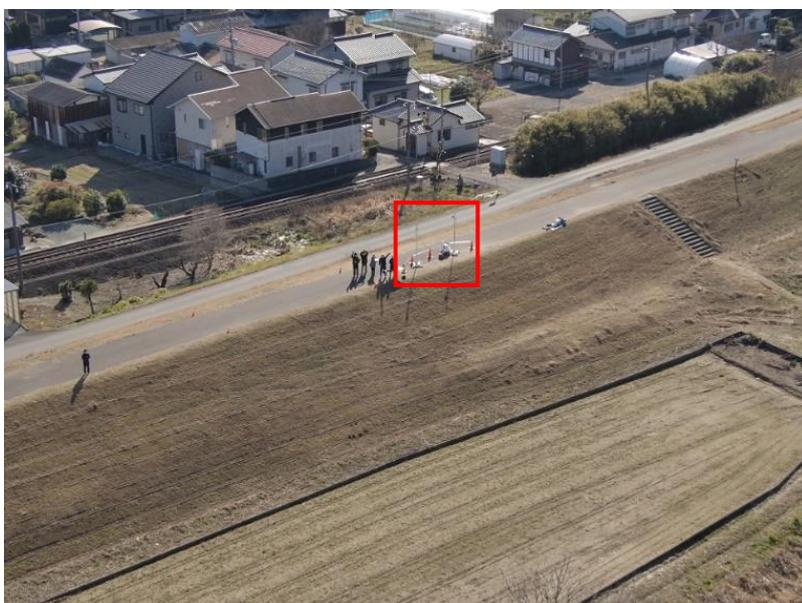
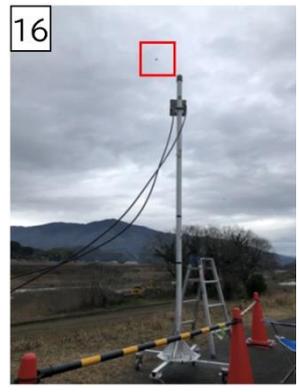
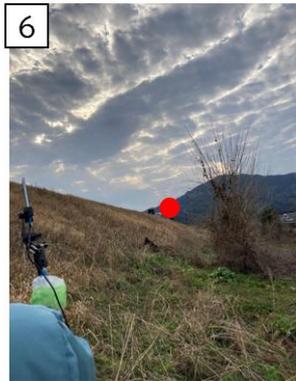
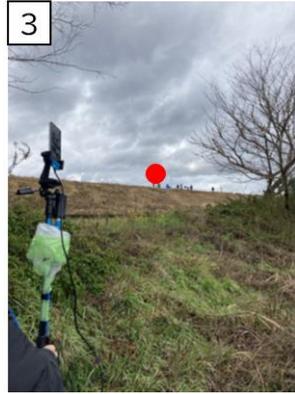


図 3-26 上空の移動局から中継局方向の見通し(ID:17)



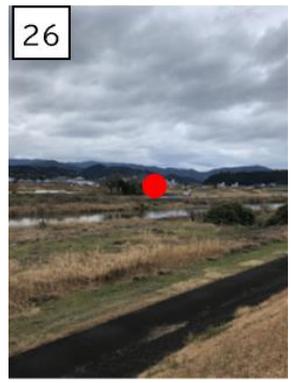
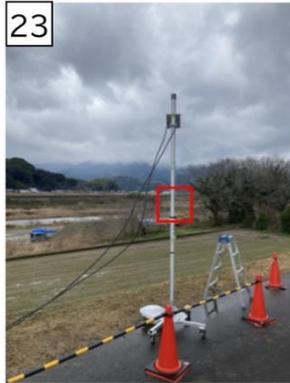
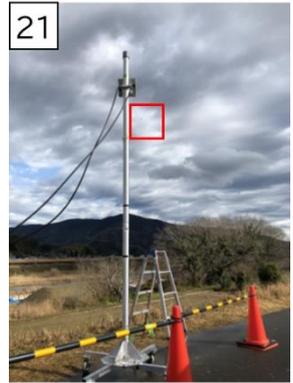




図 3-27 各測定地点から基地局方向の見通し状況

③ 同期方式における通信品質

同期方式において中継局から正対する方向に位置する ID17、22、29 地点において測定を実施した。図 3-28 に上りスループットの時間変動、図 3-29 に下りスループットの時間変動、図 3-30 に遅延時間の時間変動を示す。これらの図には中継器ありの場合と中継器なしの場合の結果を併記している。

上りスループットに着目すると、中継局に最も近い ID17 では中継器がある場合に中継器がない場合と比べて安定している。また、ID29 では中継器がない場合において ping 疎通する事ができずスループット測定ができていないのに対して中継器を有効にする事で測定が可能となっている事がわかる。そのほか、中継局に最も近い ID17 の地点においても上りスループットが最大約 20Mbps となり、同期方式では本検証で目標としている移動局端末からの 4K 動画伝送ができない事がわかる。

次に下りスループットに着目すると、中継器がない場合には距離が離れるに従ってスループットが悪化するのに対して、中継器がある場合には 3 地点いずれにおいても約 100Mbps のスループットを確保できていることがわかる。

遅延時間については中継器の有無による影響は見られない。本中継器は非再生中継方式であり中継する事による遅延時間は ns オーダーであるため、図に表れている ms オーダーの遅延時間の差や変動は中継器に起因するものではないと考えられる。

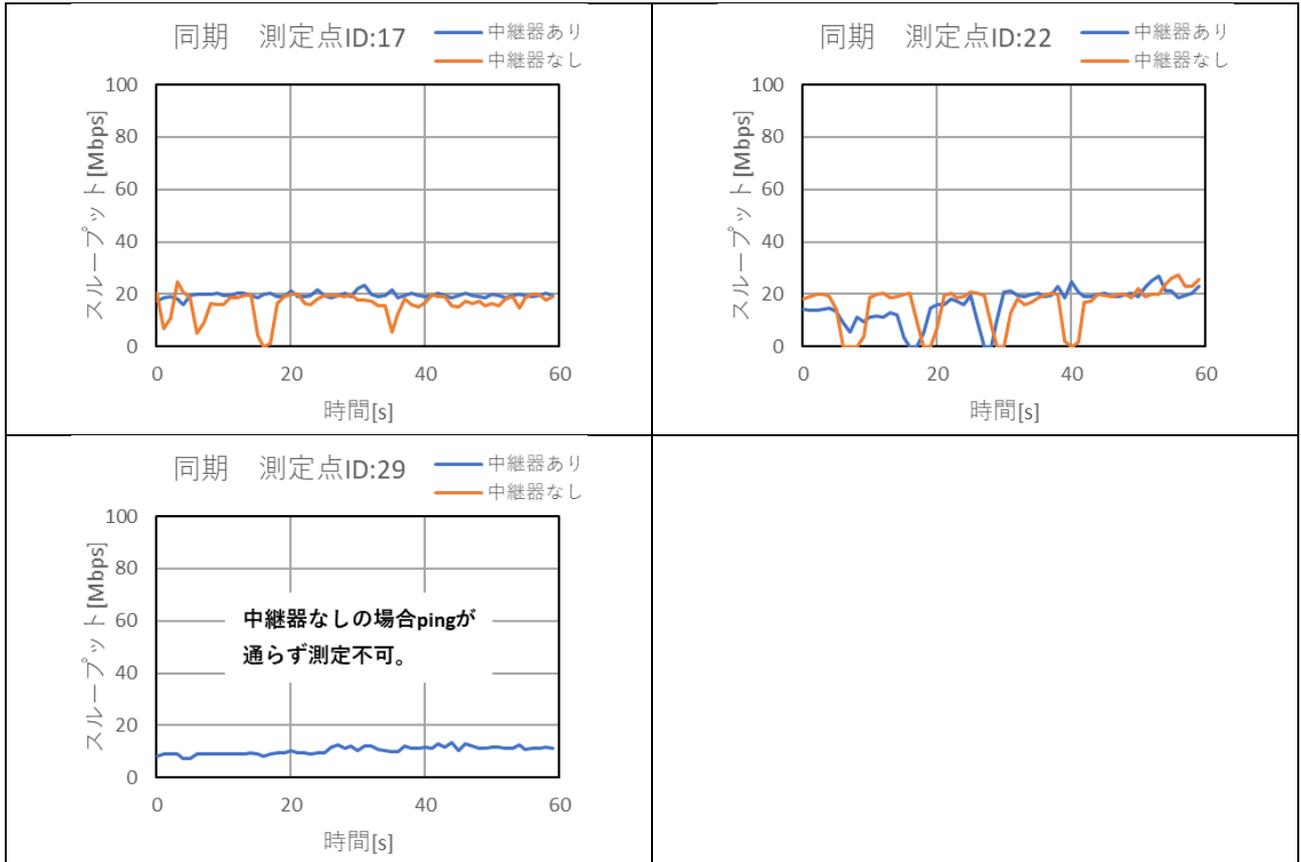
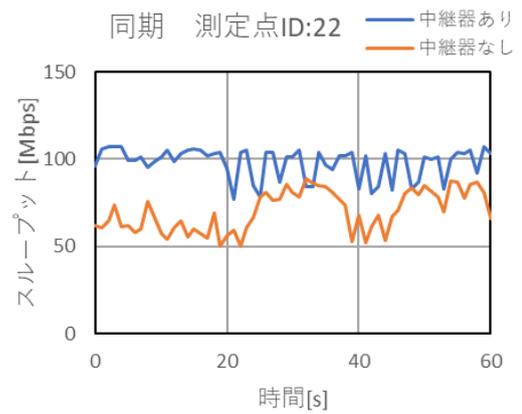
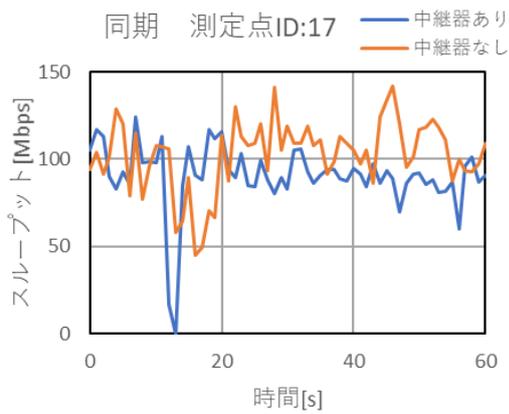


図 3-28 同期_上りスループット



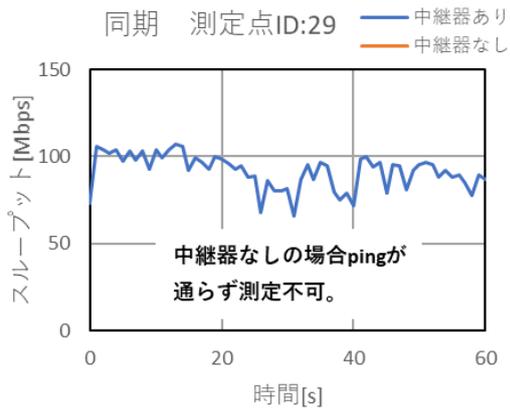


図 3-29 同期_下りスループット

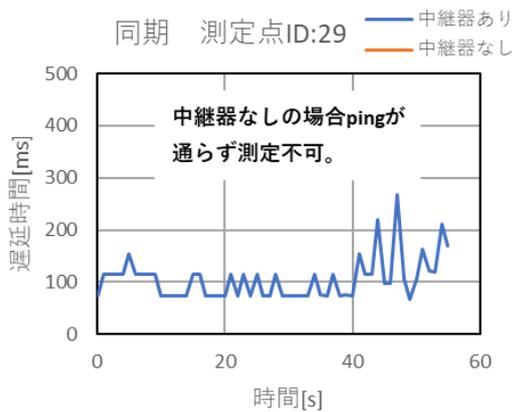
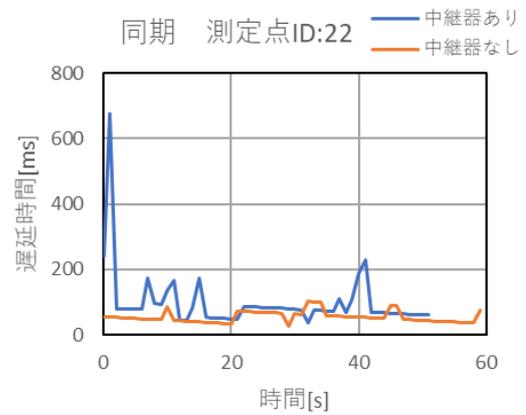
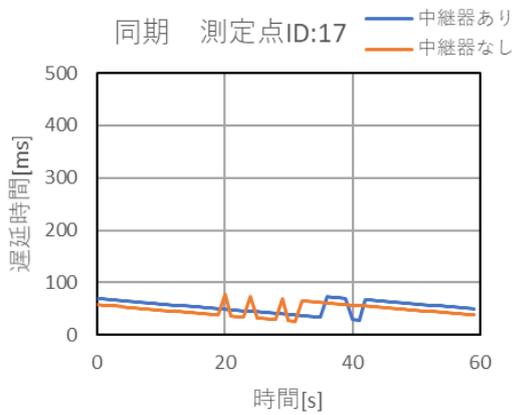
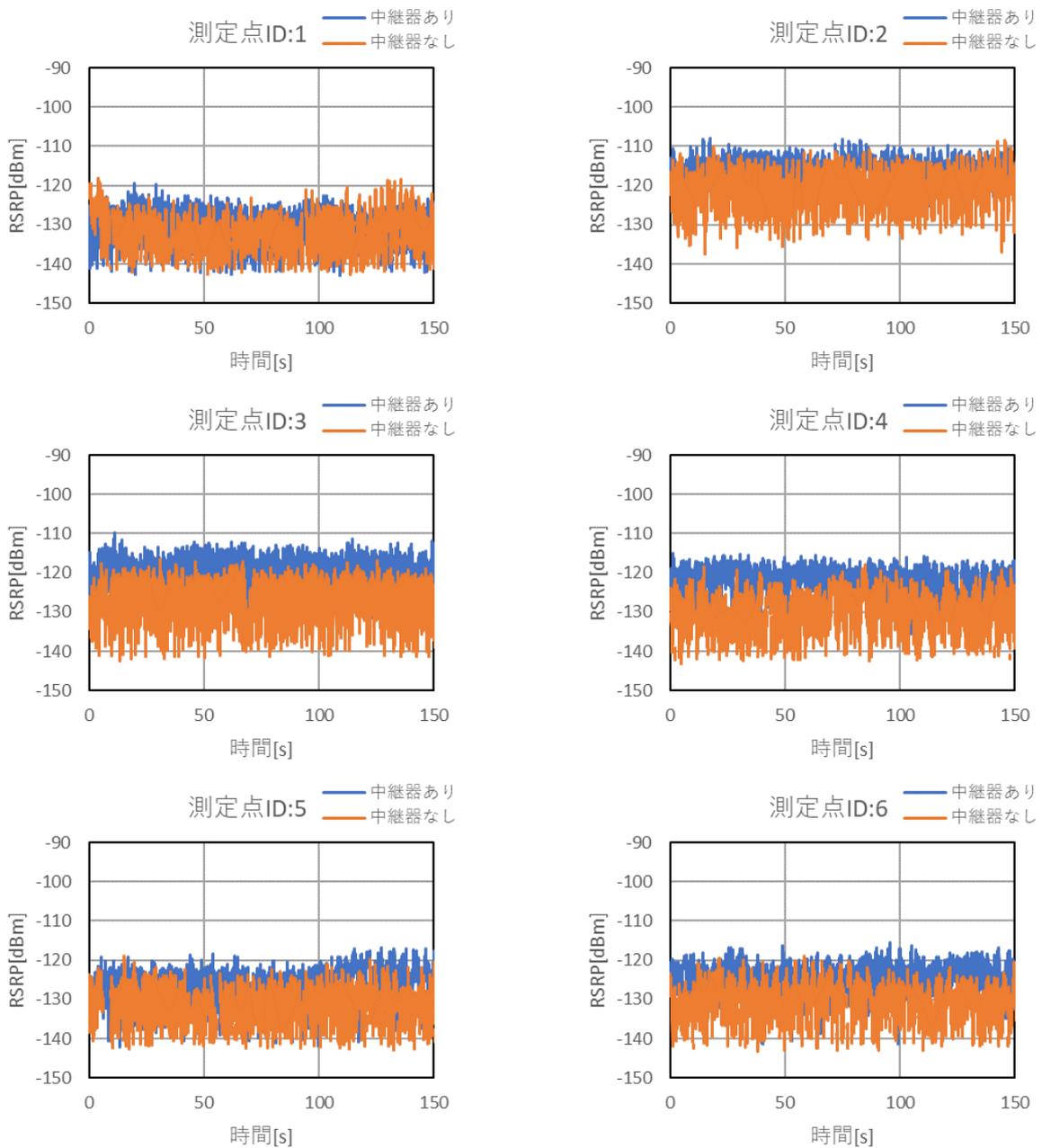
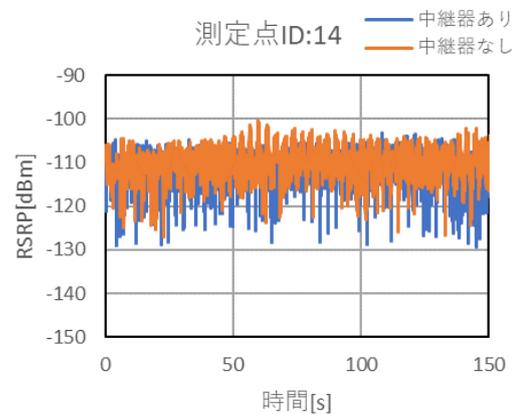
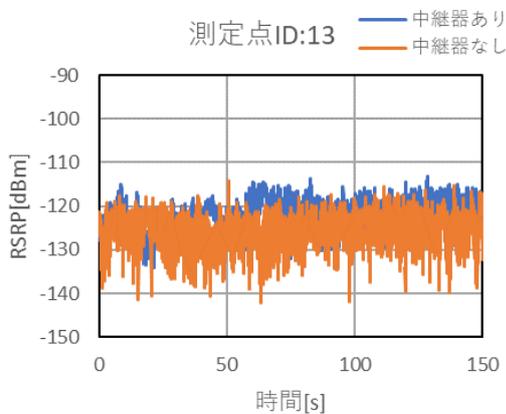
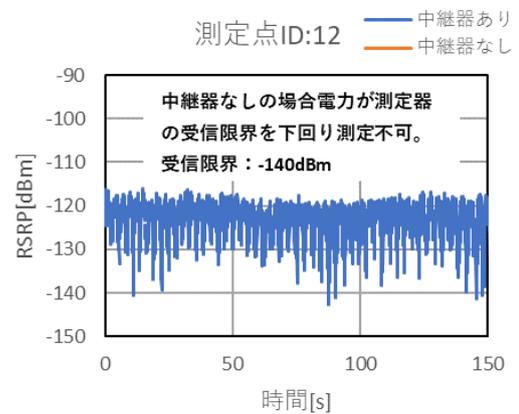
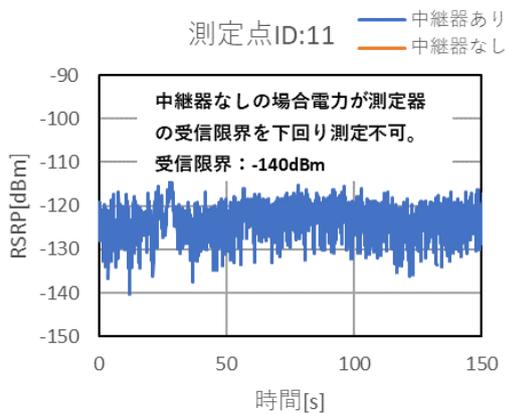
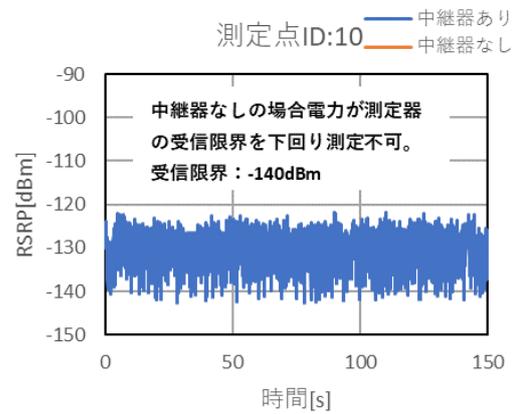
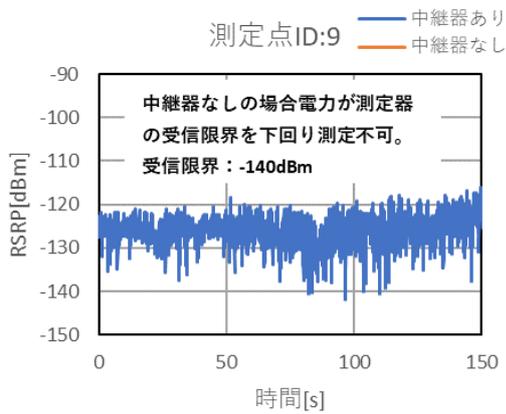
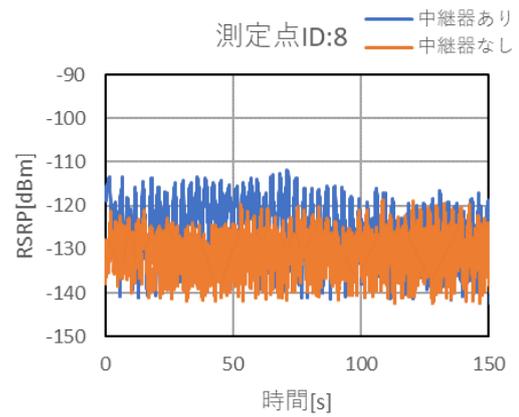
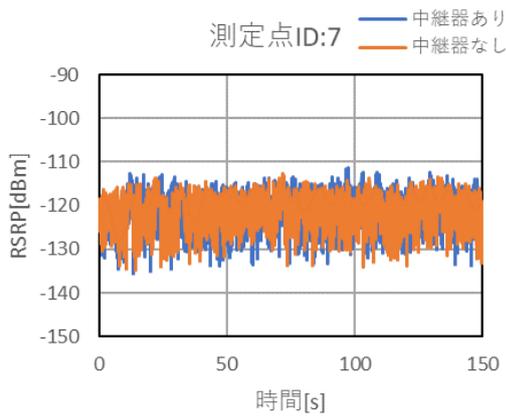


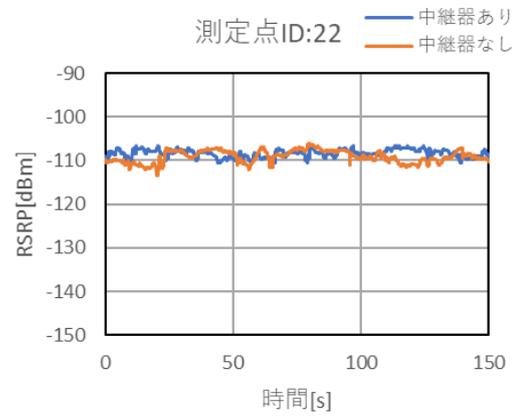
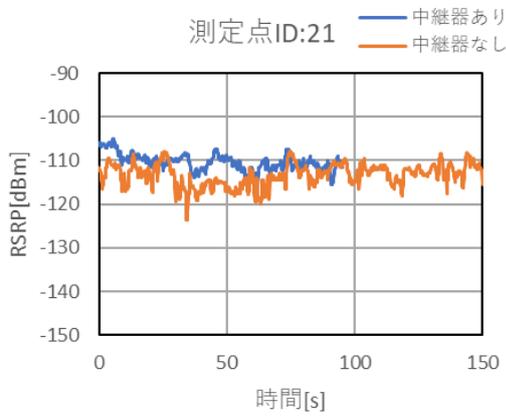
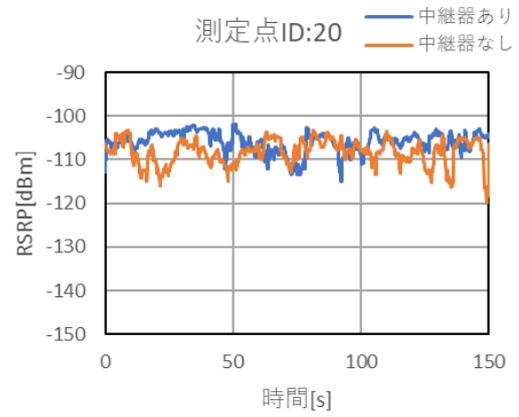
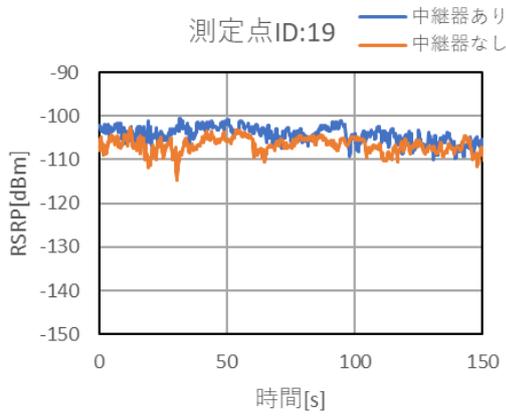
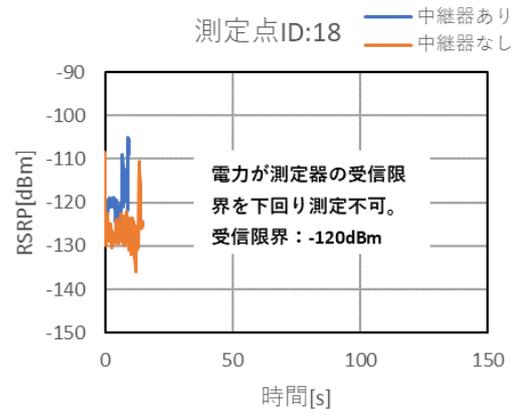
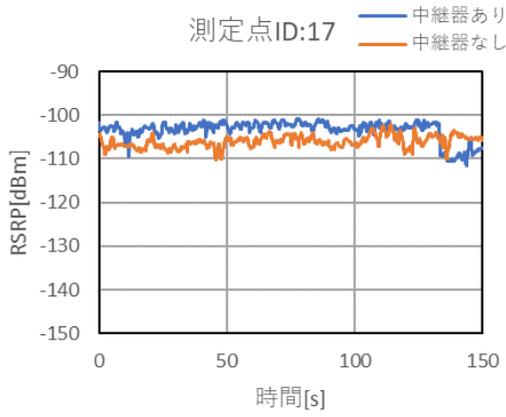
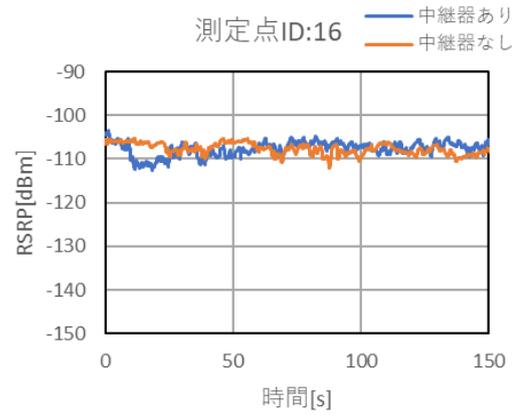
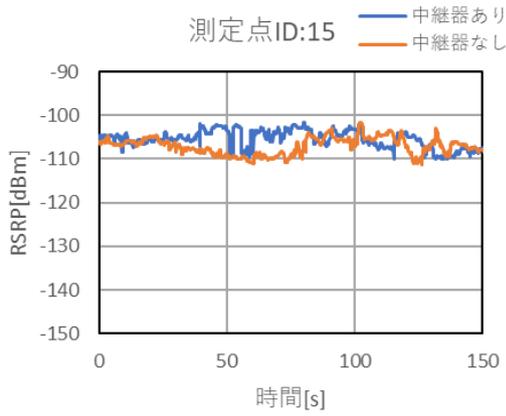
図 3-30 同期_遅延時間

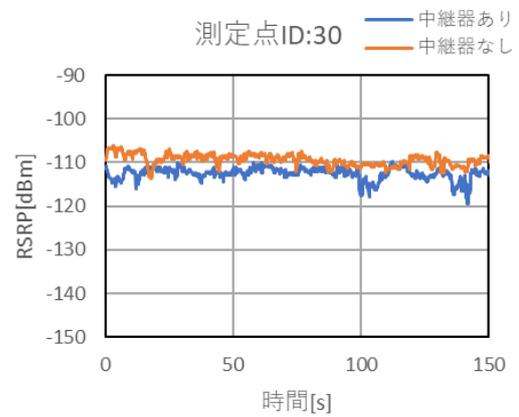
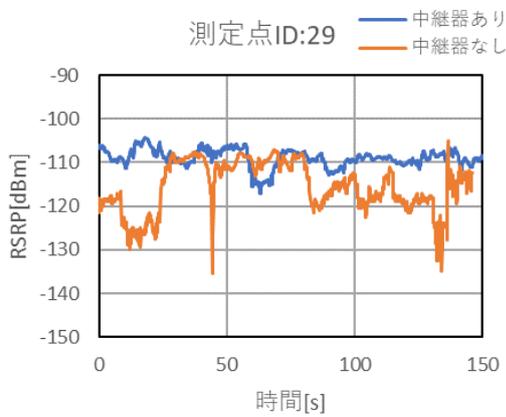
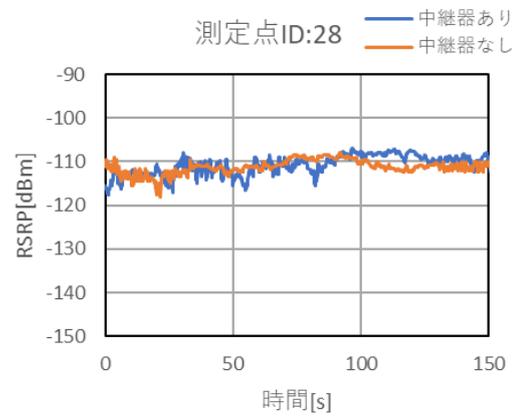
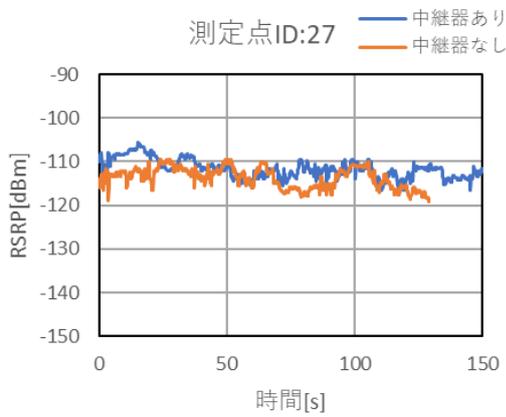
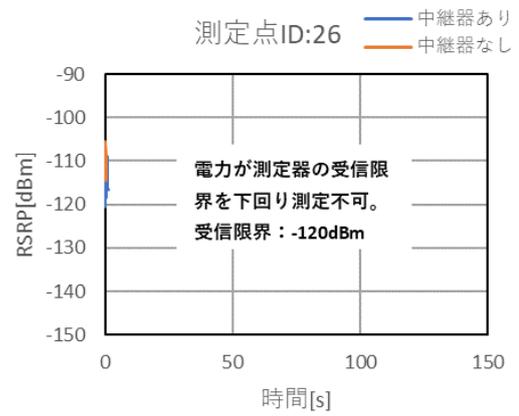
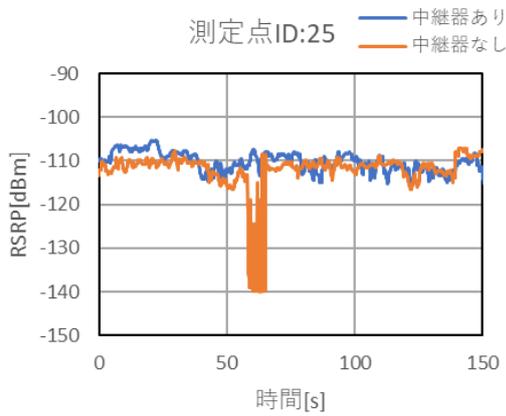
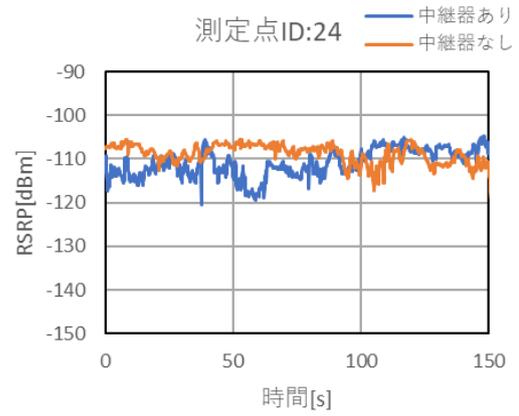
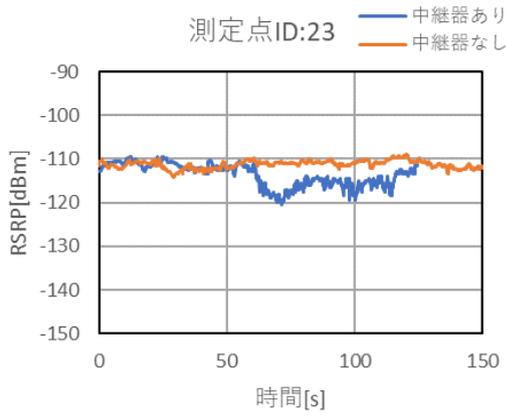
④ RSRP の時間変動

図 3-31 に RSRP の時間変動を示す。ここで地上地点である ID1 から ID14 および ID30 から ID33 まではエリアテストによる測定結果を表し、上空地点である ID15 から ID30 まではローカル 5G 測定端末による測定結果を表している。これらの図より、ID25 や ID29 など中継器がある場合の方が無い場合と比べて安定している地点が見られる。また、中継器が無い場合では測定ができないのに対して中継器を有効にする事で測定可能となる地点が 4 地点見られた。









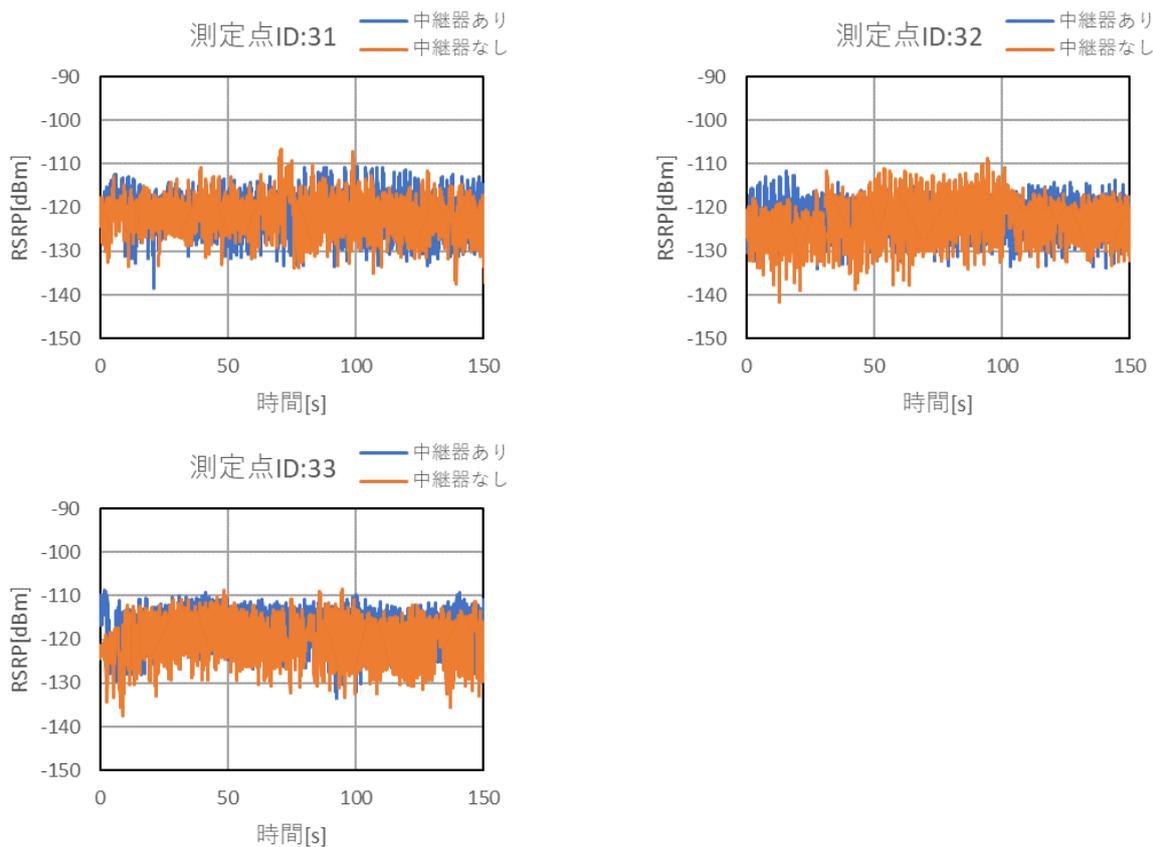
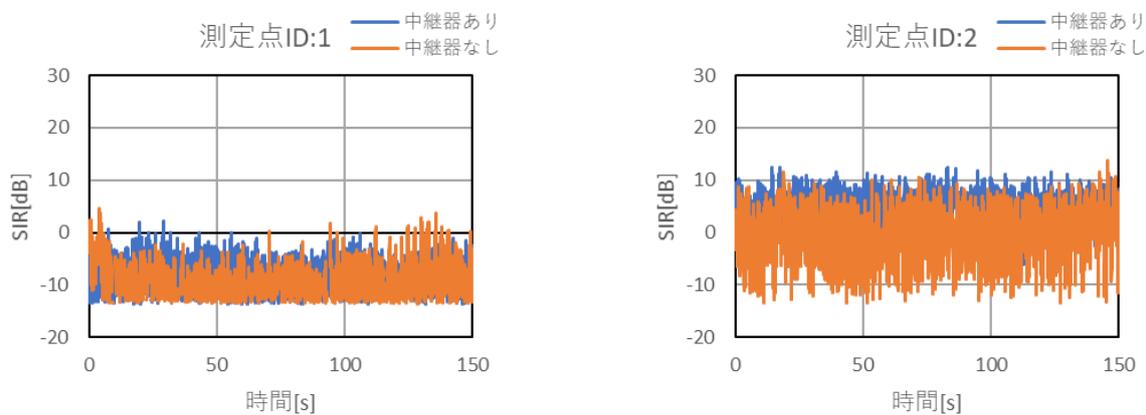
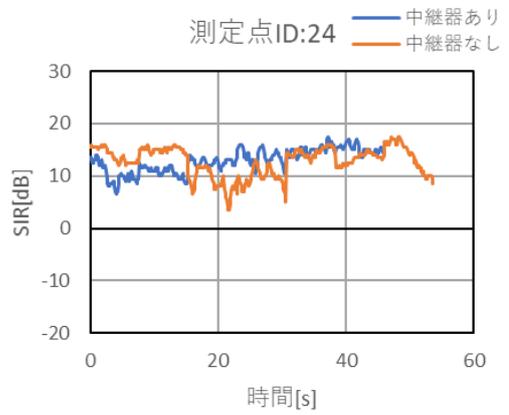
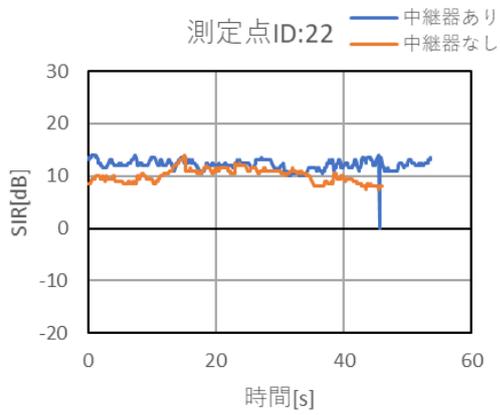
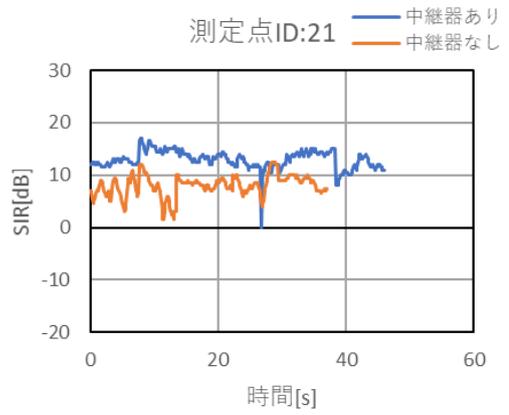
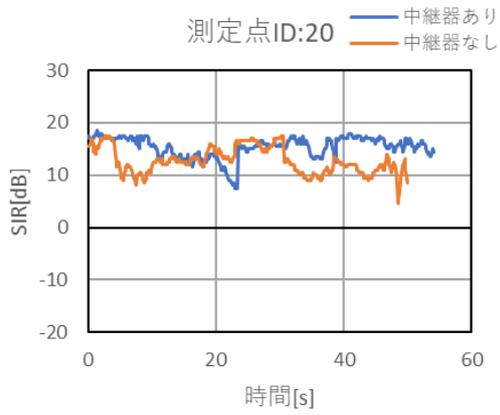
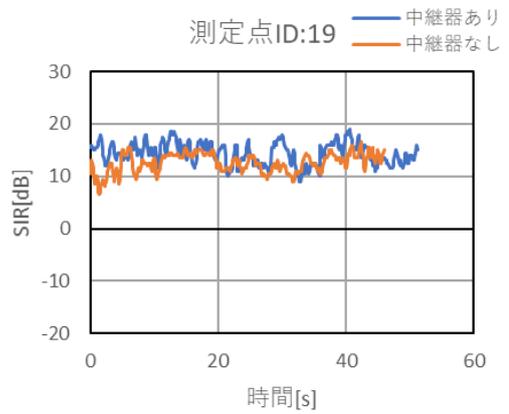
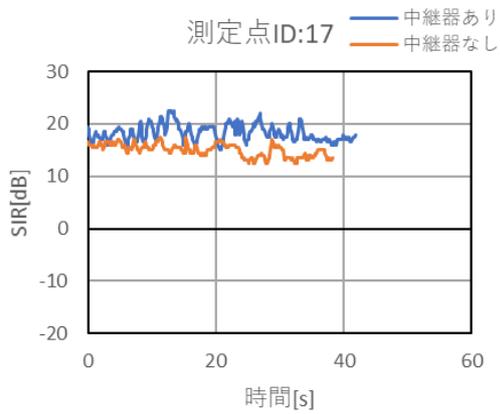
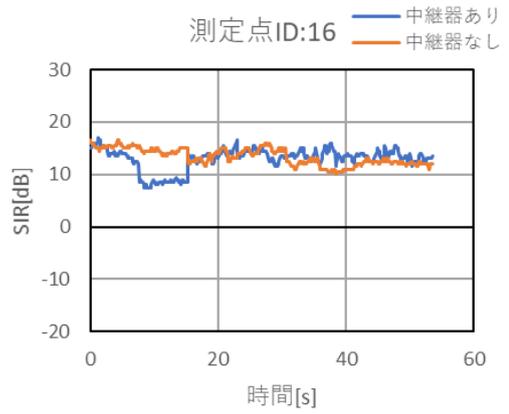
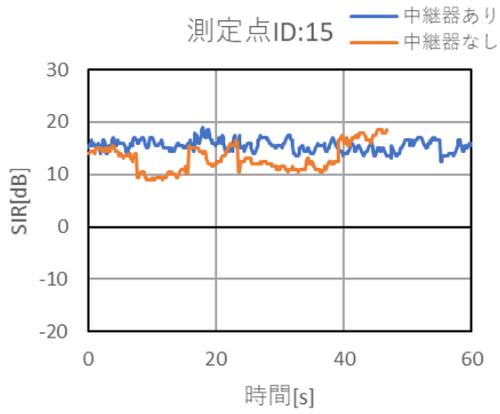


図 3-31 RSRP の時間変動

⑤ SIR の時間変動

図 3-32 に SIR の時間変動を示す。SIR、上下スループットおよび遅延時間を測定した地点は中継局のカバーエリア内 12 地点とカバーエリア外となる土手上 3 地点を合わせた合計 15 地点である。また SIR も RSRP と同じく地上地点ではエリアテストの測定結果を、上空地点ではローカル 5G 測定端末の測定結果を表している。これらの図より、RSRP と同じように中継器がある場合に時間変動が安定している傾向が見られる。





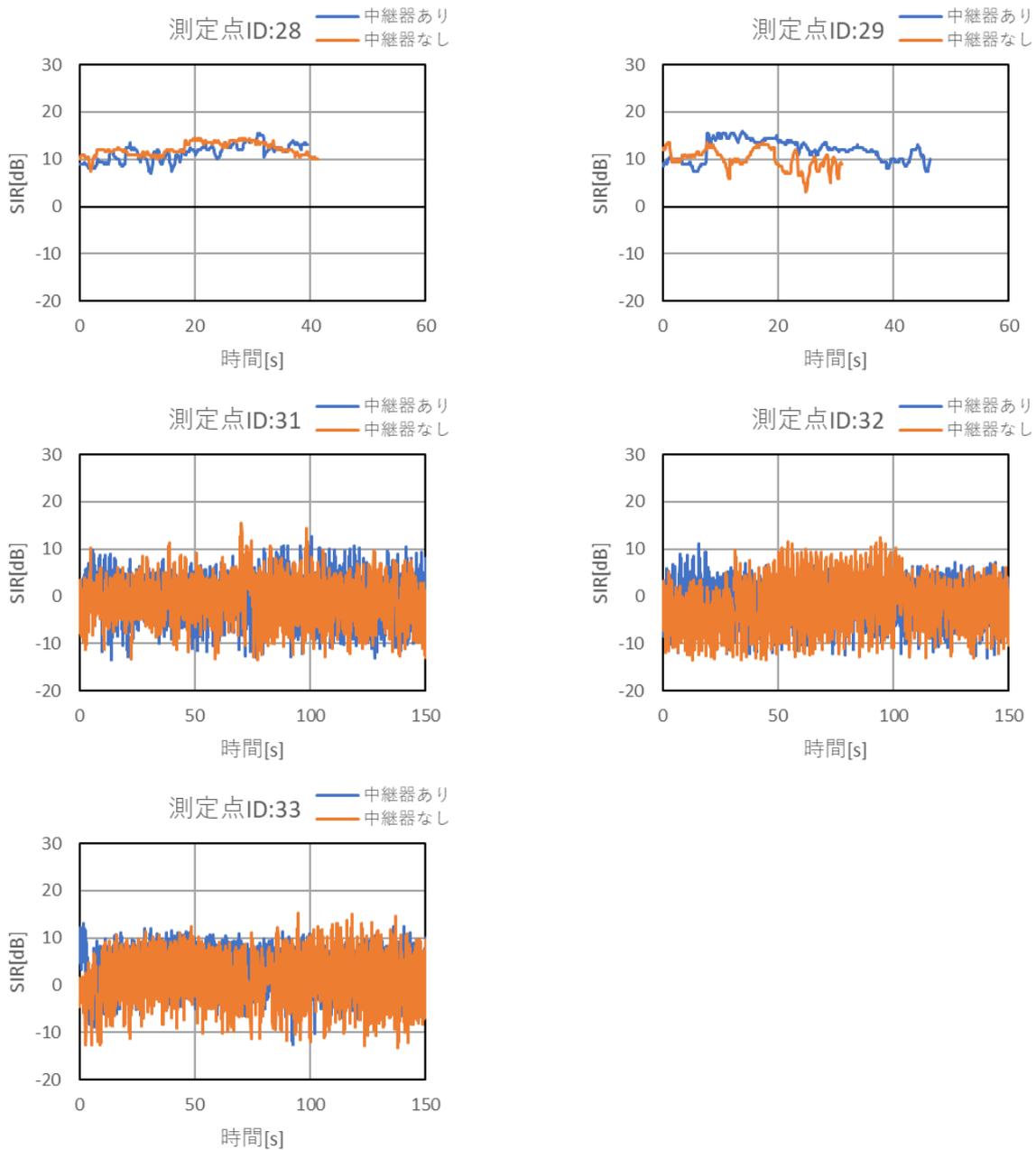
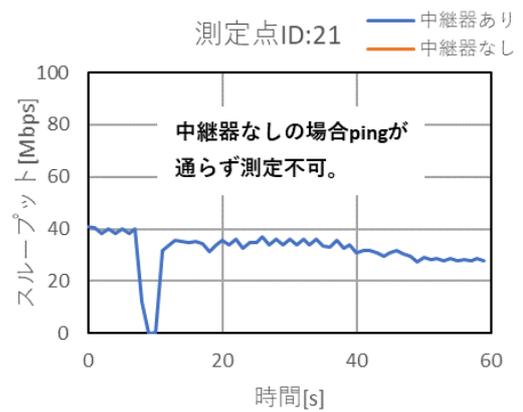
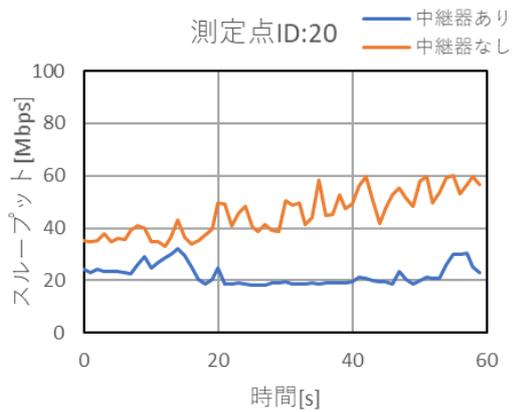
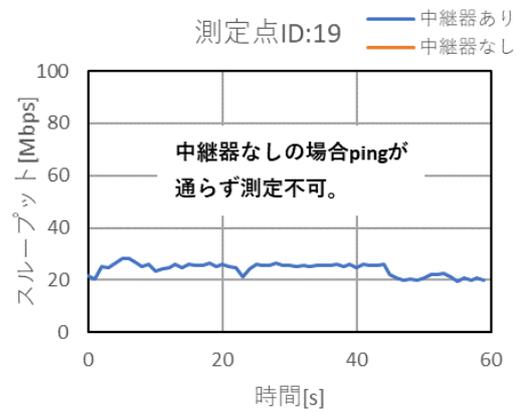
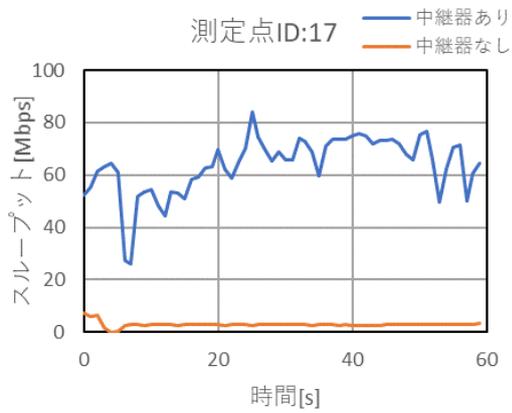
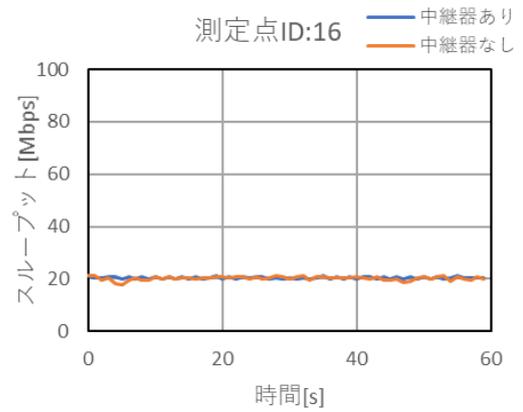
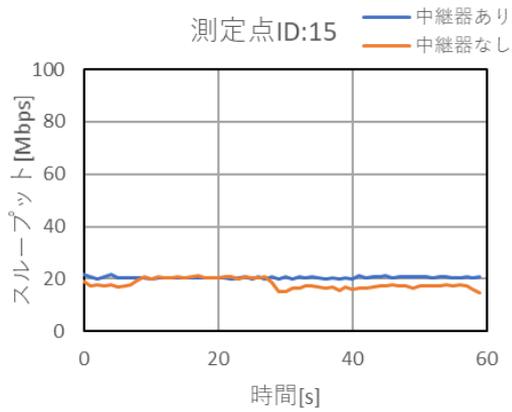
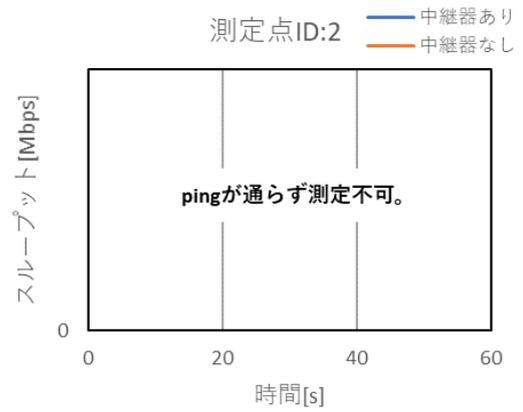
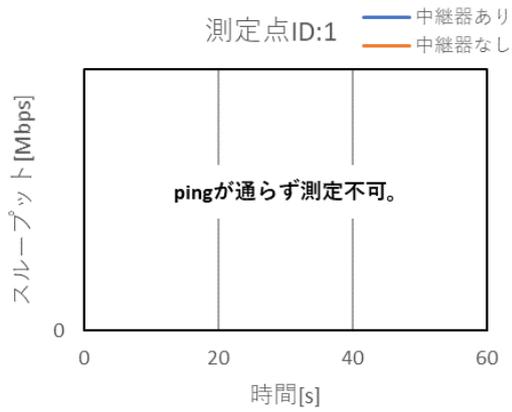


図 3-32 SINR の時間変動

⑥ 準同期 1_上りスループットの時間変動

図 3-33 に準同期 1 方式における上りスループットの時間変動を示す。これらの図より、ID20、ID32 を除く地点において中継器によりスループットが向上している事が分かる。そのうち 5 地点では中継器が無い場合に ping 疎通ができていないのに対して中継器を有効にする事によりデータ伝送が可能となっている。ID20 については中継器の有無における傾向が逆転しているが、これは ID20 がサービスアンテナのアンテナパターンにおける淵に位置しているため、中継器ありの測定時にアンテナパターンのヌル方向に近づいていた事が考えられる。そのほか ID32 は中継局のカバーエリア外であるため中継器よりも基地局の電波が支配的になっていたと考えられる。



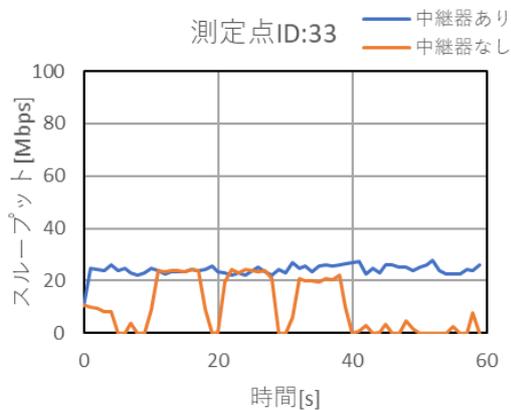
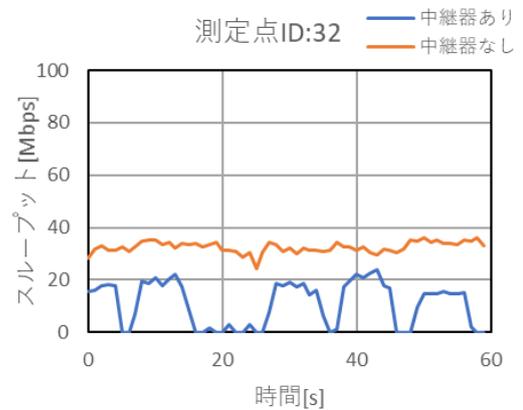
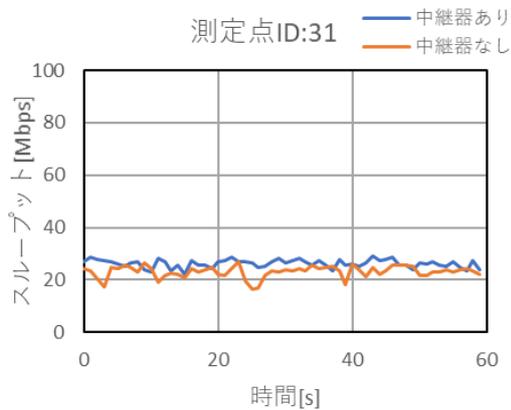
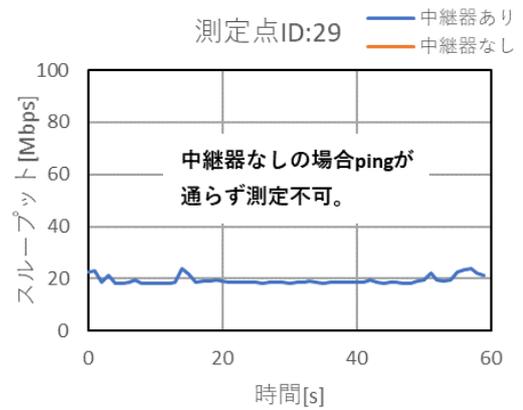
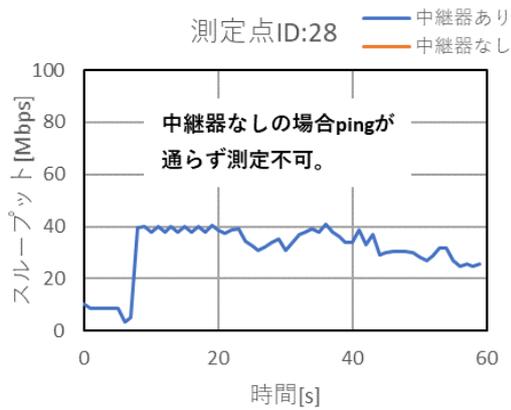
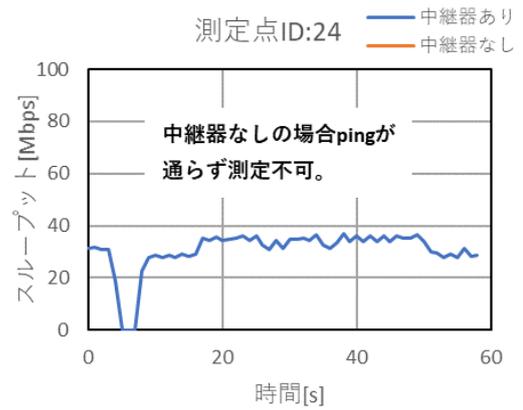
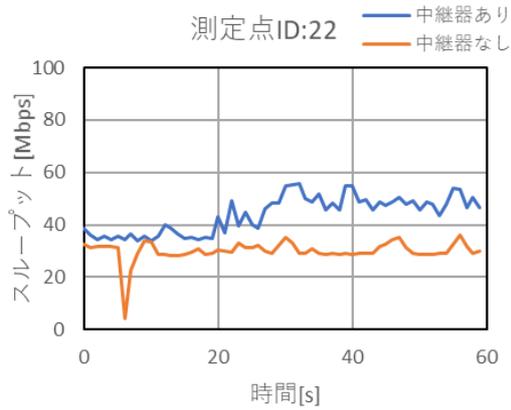
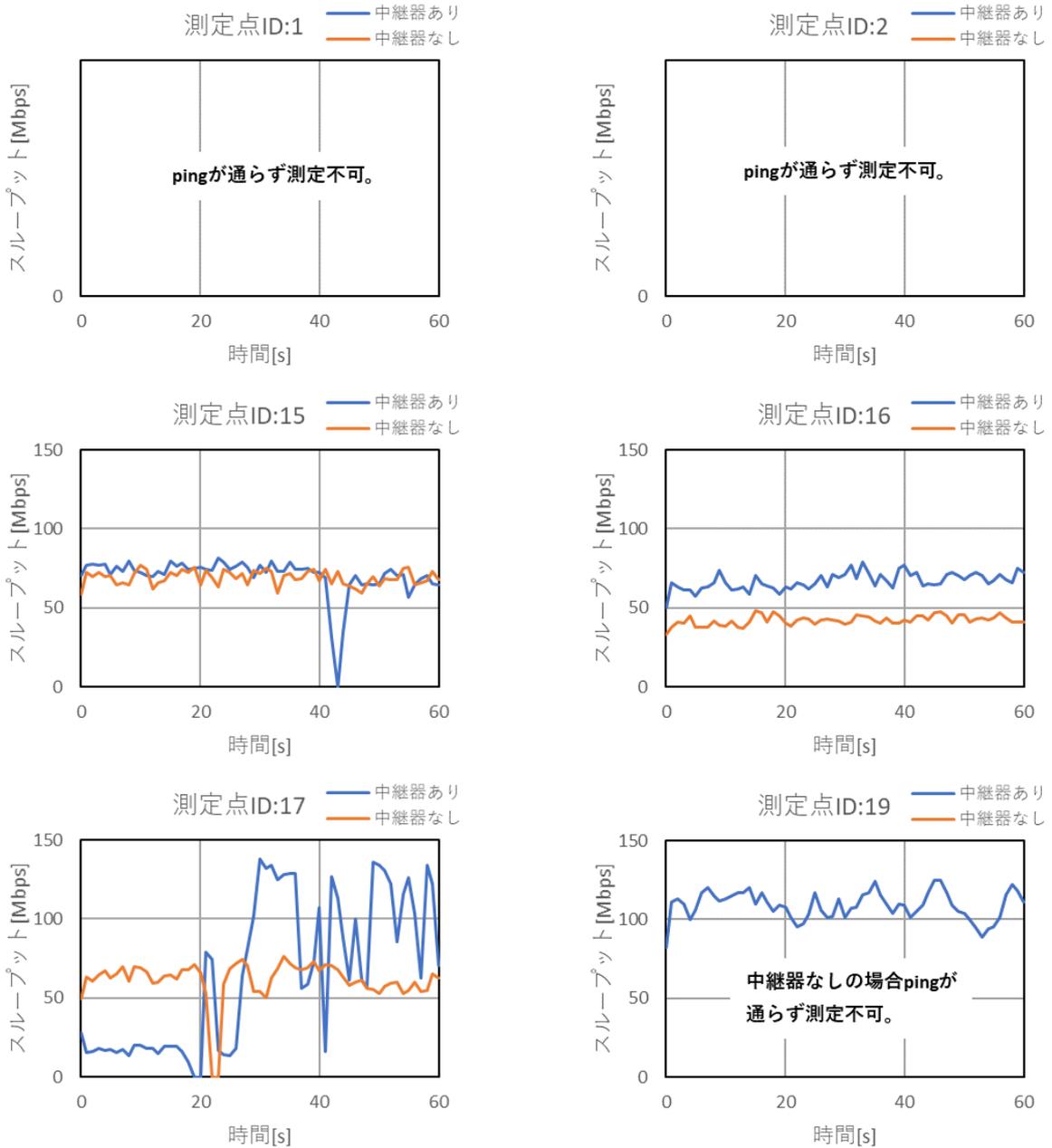
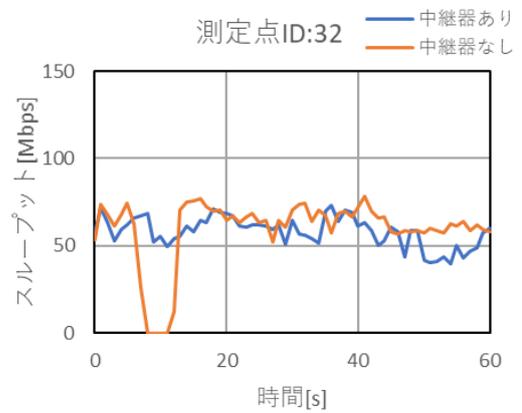
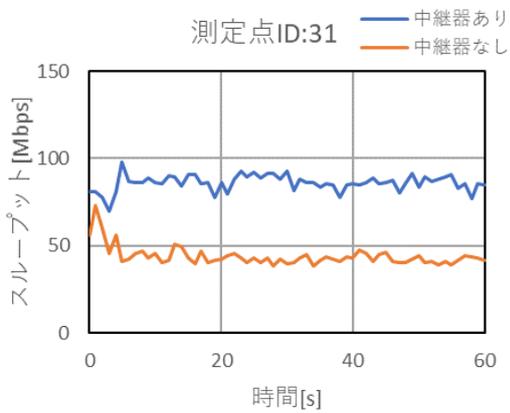
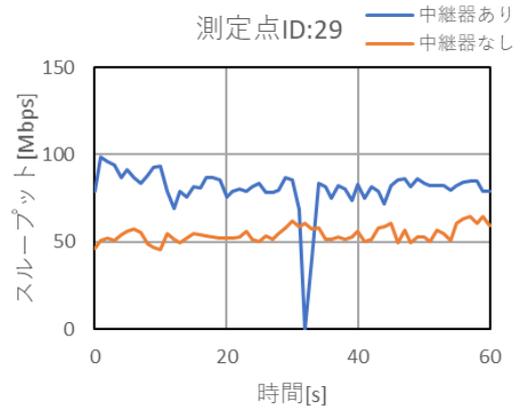
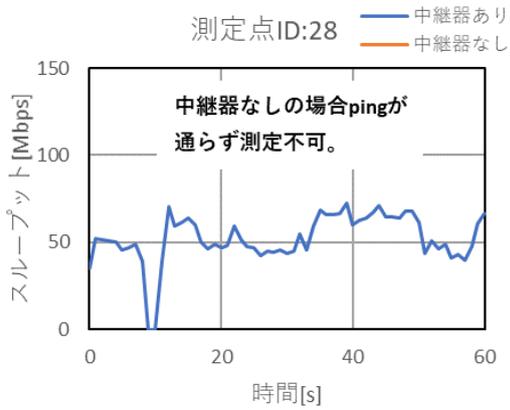
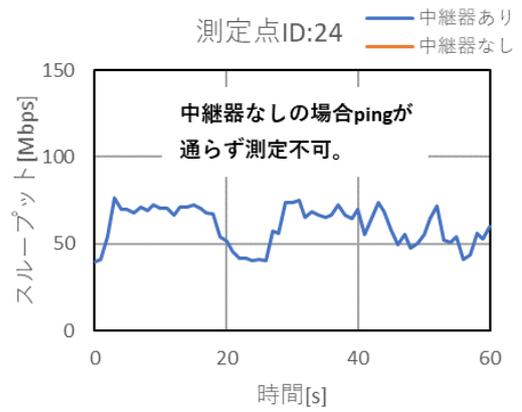
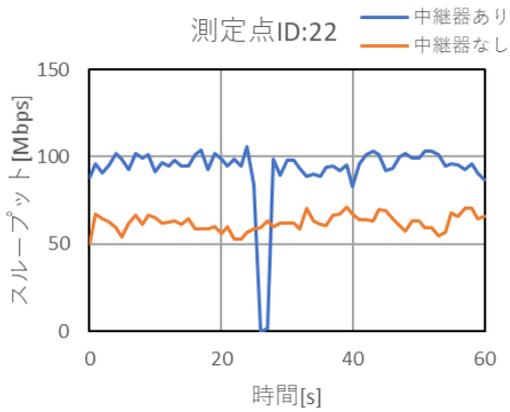
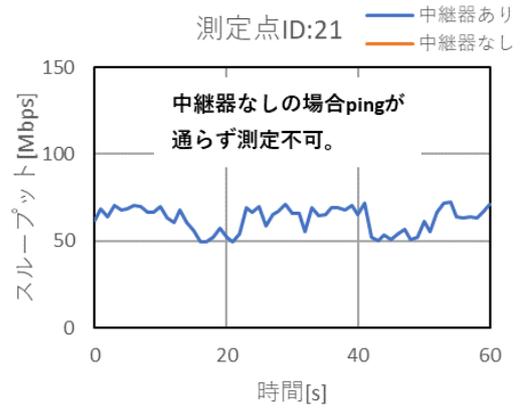
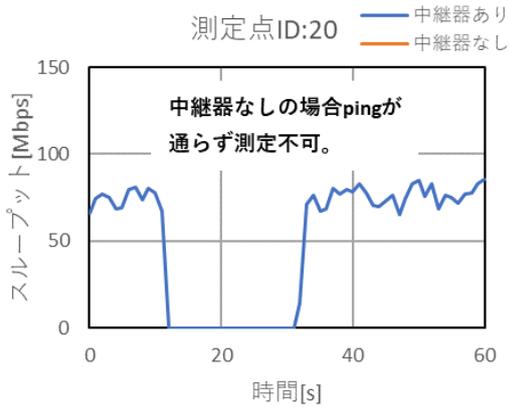


図 3-33 準同期 1_上りスループットの時間変動

⑦ 準同期 1_下りスループットの時間変動

図 3-34 に準同期 1 方式における下りスループットの時間変動を示す。これらの図より、下りにおいても中継器によりスループットが改善される傾向が見られる。一方 ID17 において中継器ありの場合になしの場合と比べて変動が大きく表れているが、これは移動局が中継器に近づく事により基地局からの電波と中継局からの電波の合成波が乱れるためと考えられる。





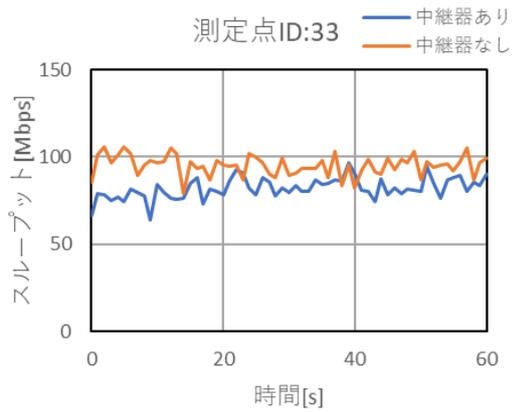
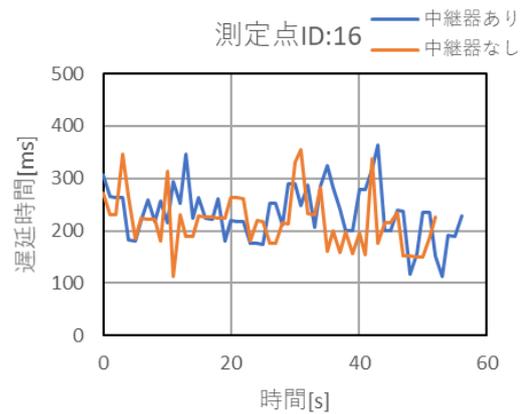
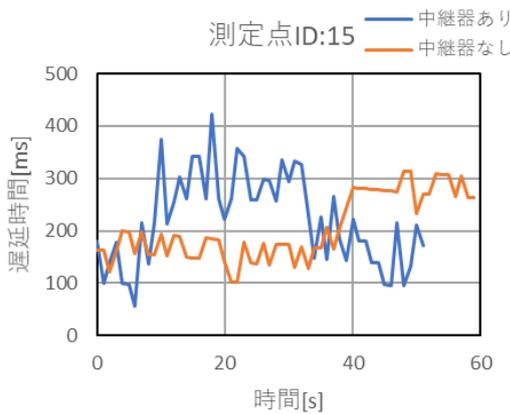
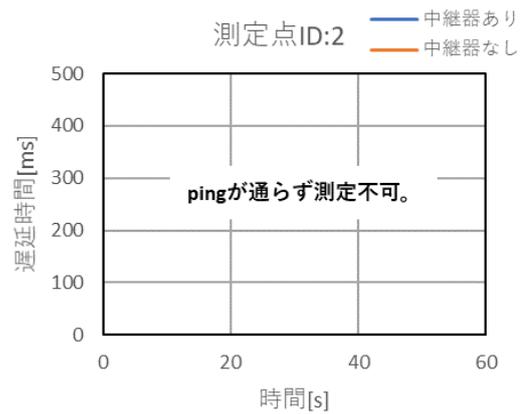
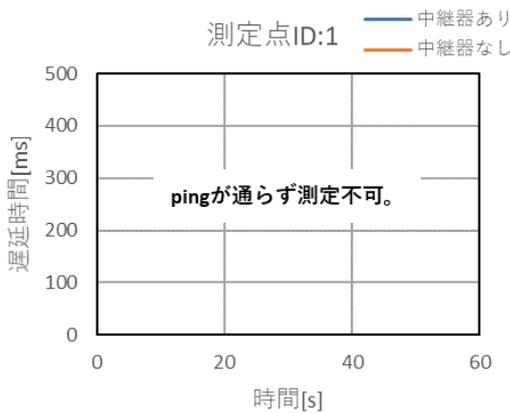
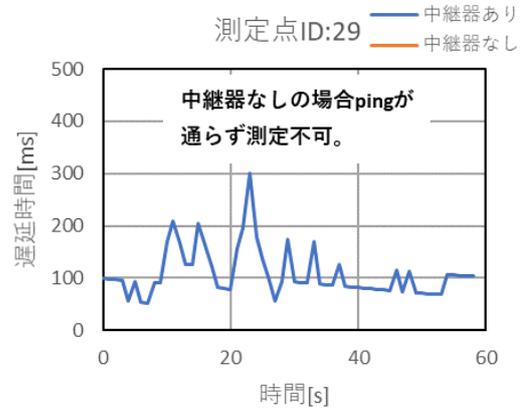
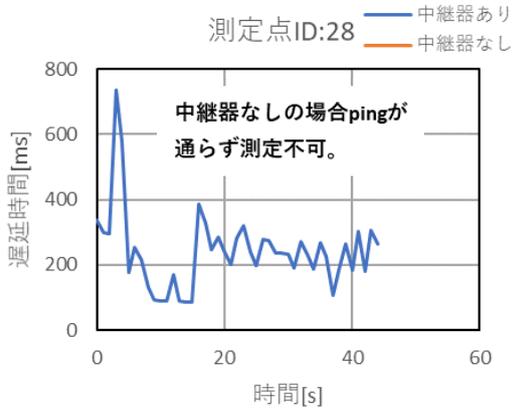
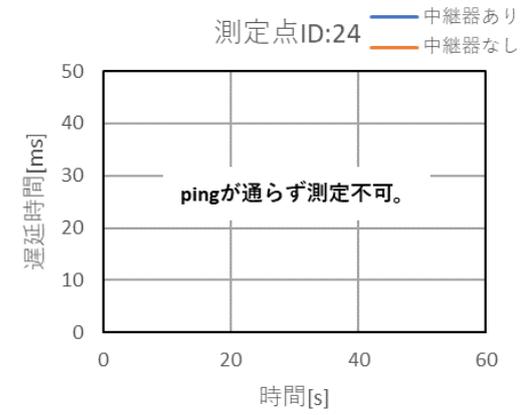
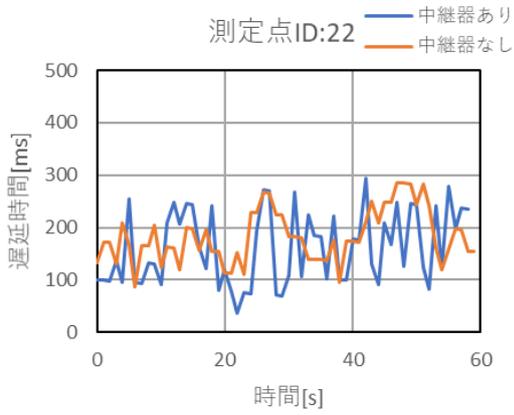
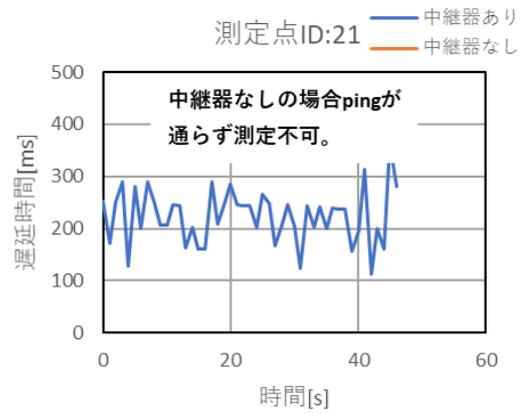
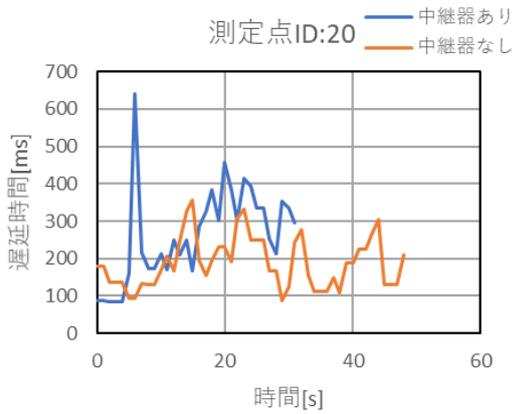
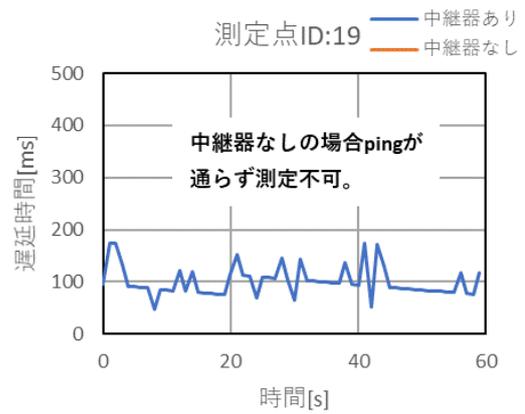
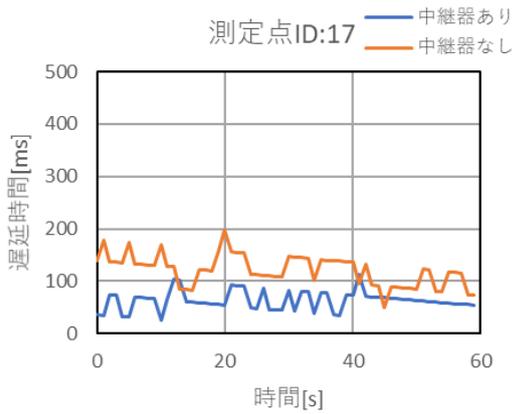


図 3-34 準同期 1_下りスループットの時間変動

⑧ 遅延時間の時間変動

図 3-35 に準同期 1 方式における遅延時間の時間変動を示す。これらの図より、中継器による影響は見られない事が分かる。





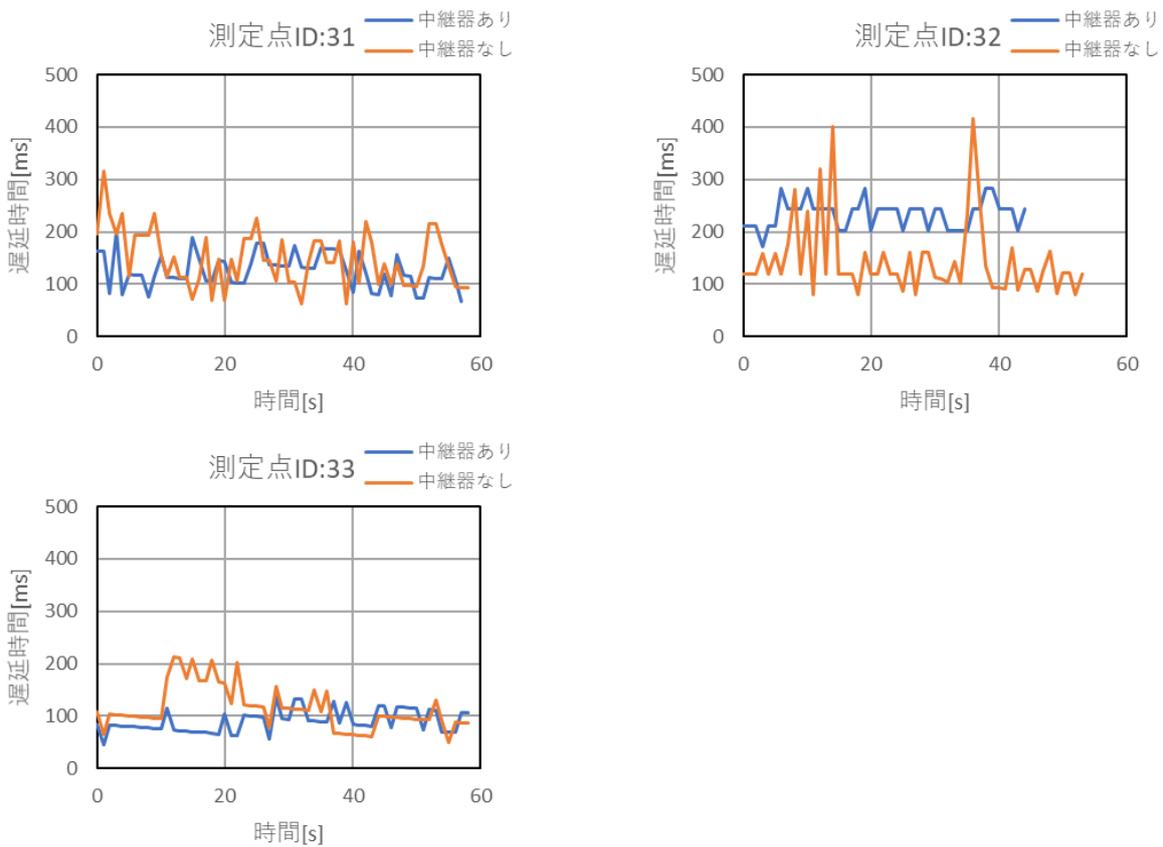
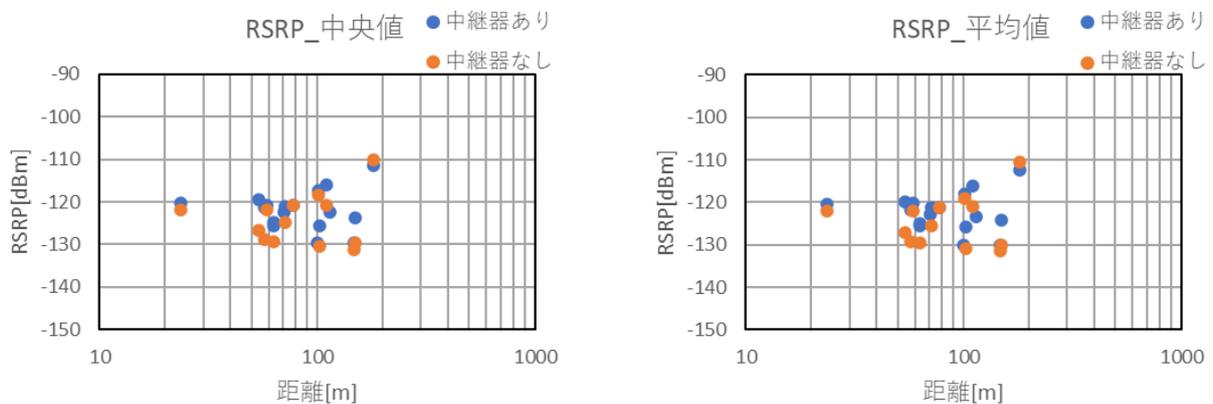


図 3-35 準同期 1_遅延時間の時間変動

⑨ 準同期 1_統計値

図 3-36 から図 3-41 まで各測定項目の中央値、平均値、標準偏差、上位 10%値、下位 10%値を示す。図 3-36 が地上の測定地点における RSRP の統計値、図 3-37 が上空の測定地点における RSRP の統計値、図 3-38 が SIR の統計値、図 3-39 が上りスループットの統計値、図 3-40 が下りスループットの統計値、図 3-41 が遅延時間の統計値である。これらの図からも中継器の効果が表れていることが分かる。地上地点および上空地点のいずれにおいても中継器により RSRP や上下スループットが向上し、標準偏差が小さく表れる傾向が見られる。遅延時間については中継器による影響は見られない。



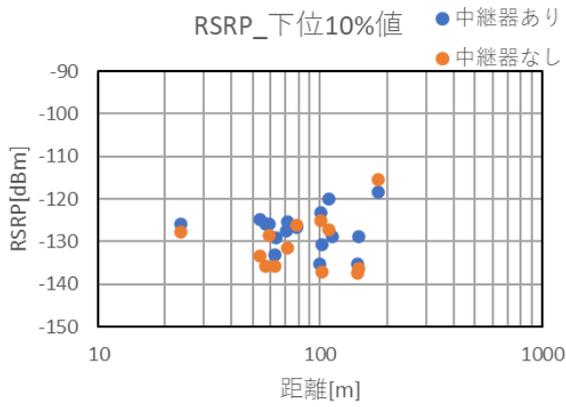
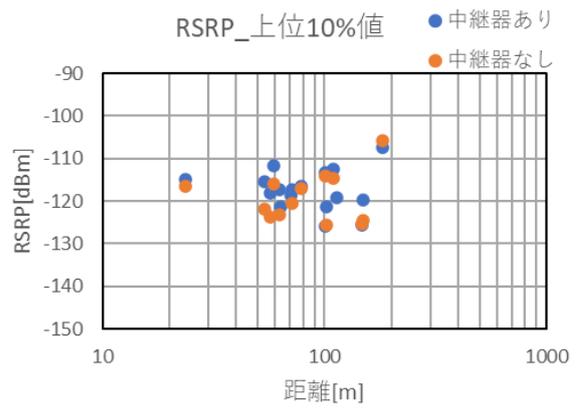
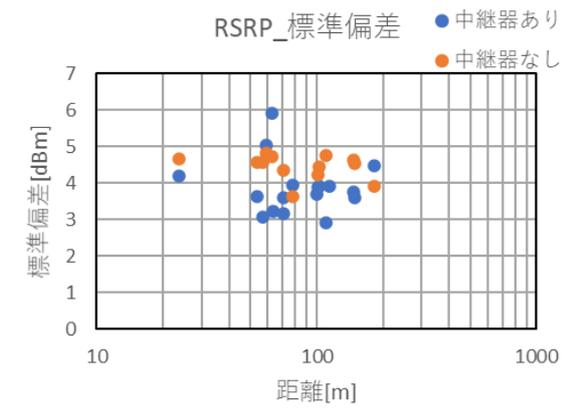
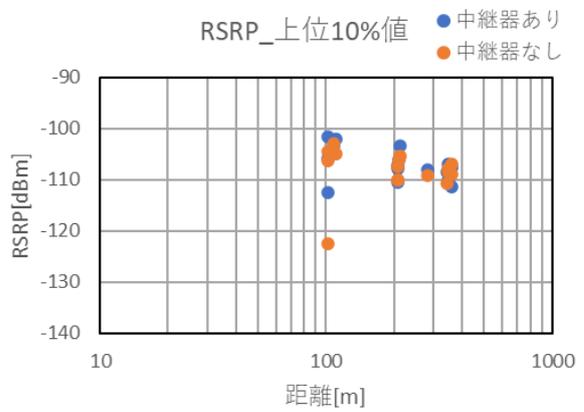
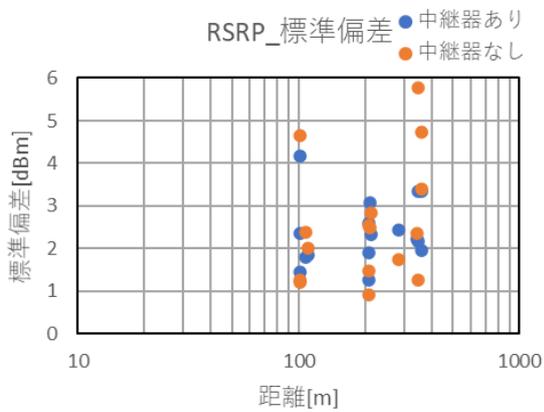
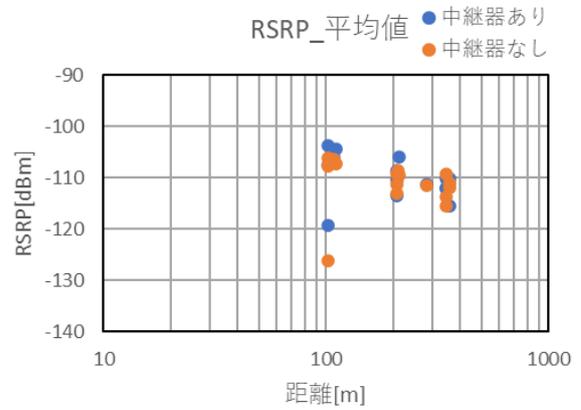
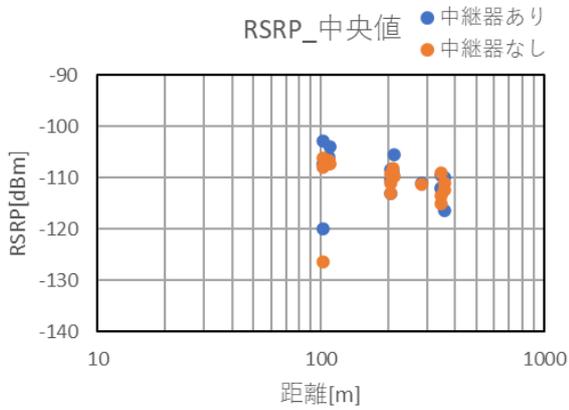


図 3-36 RSRP の統計値(地上)



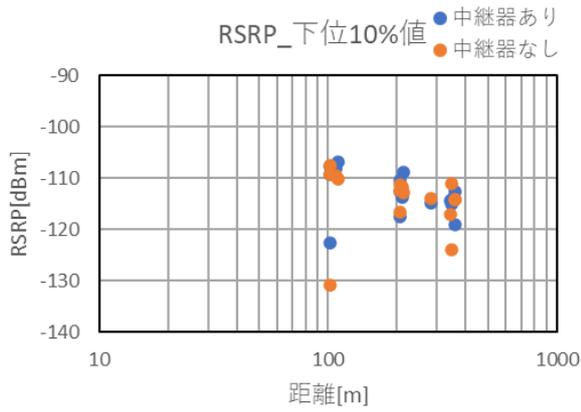


図 3-37 RSRP の統計値(上空)

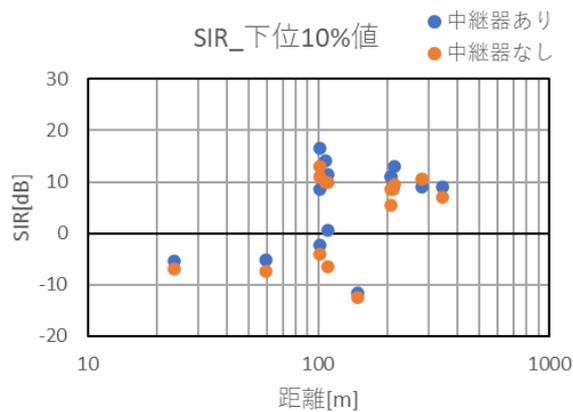
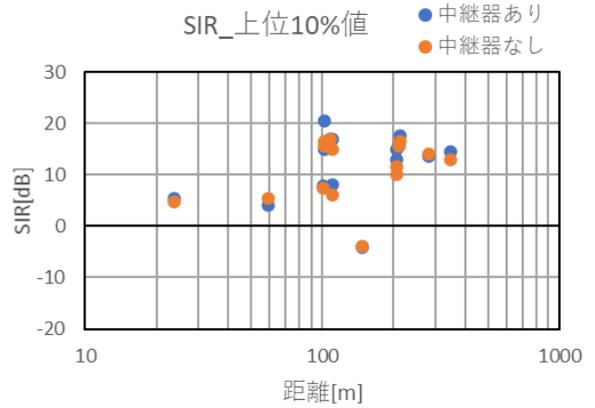
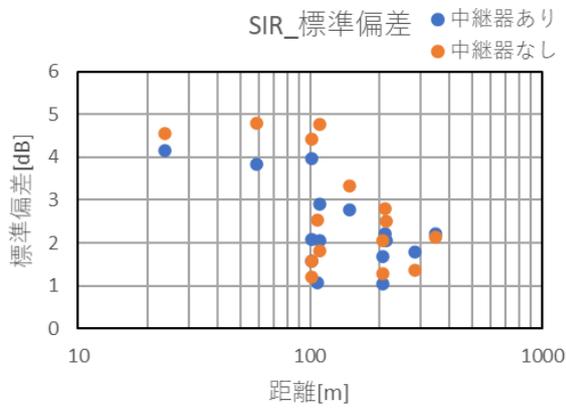
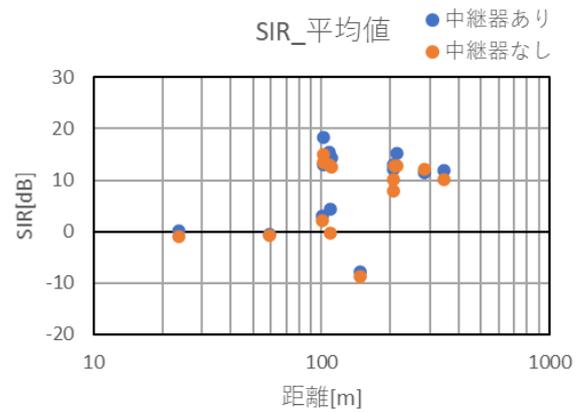
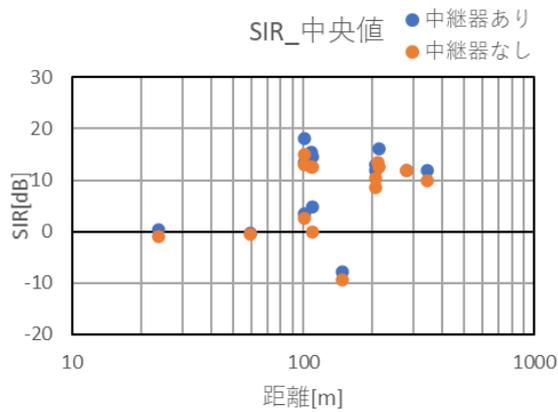


図 3-38 SIR の統計値

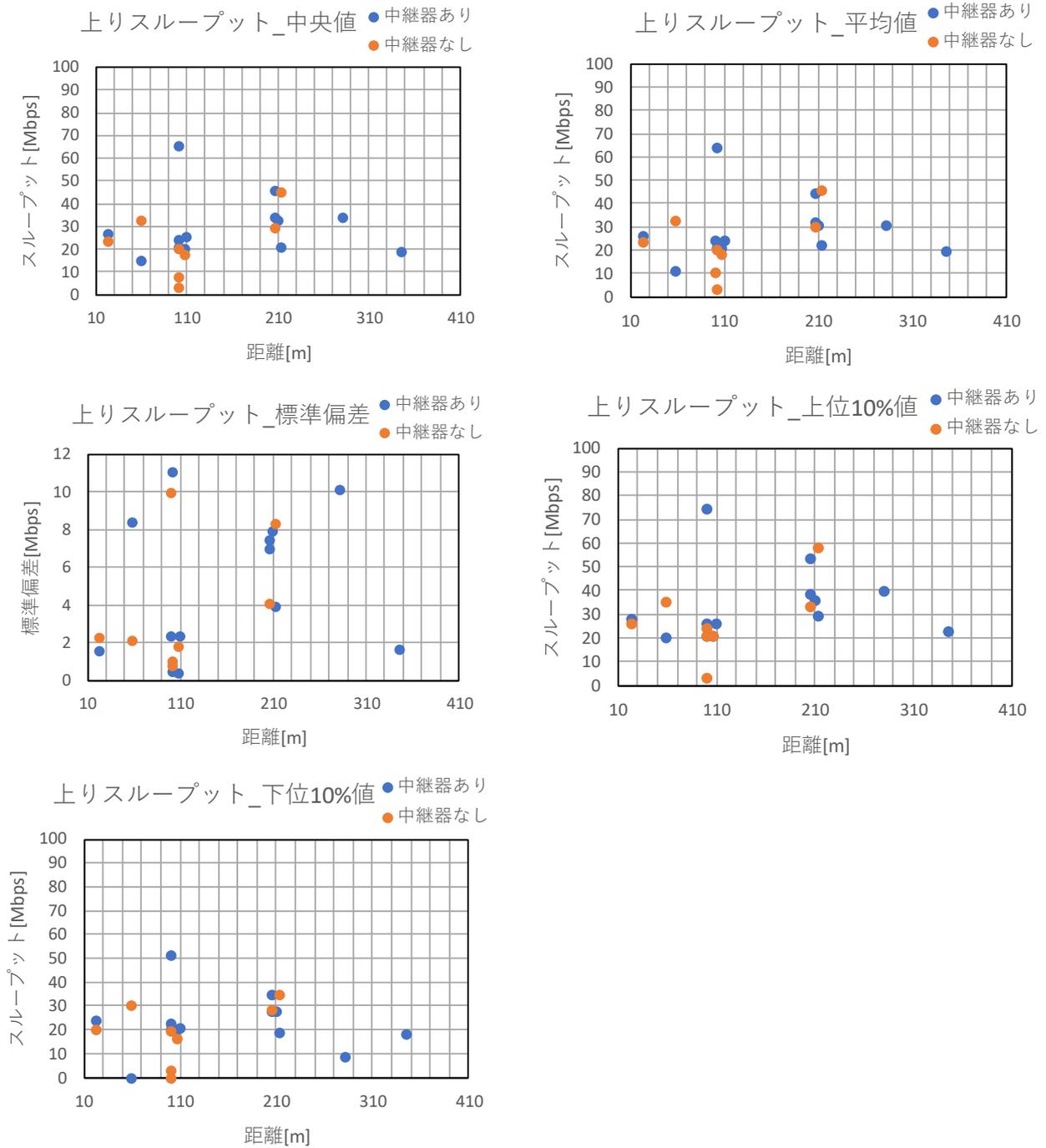


図 3-39 準同期 1_上りスループットの統計値

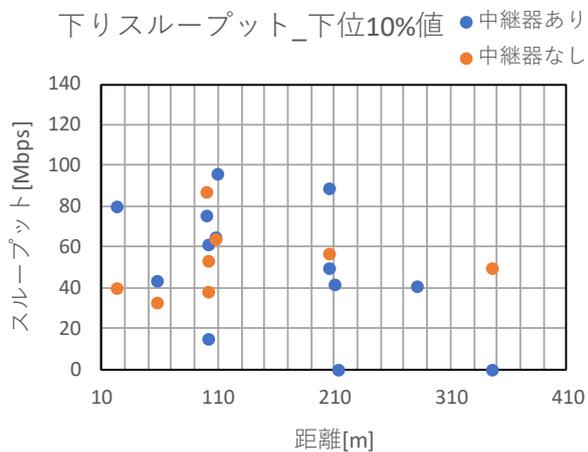
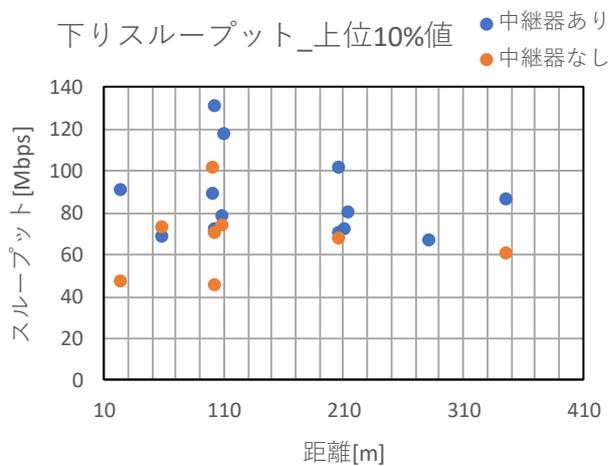
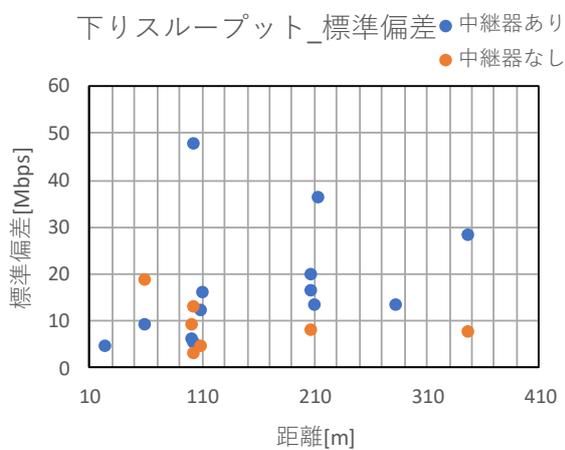
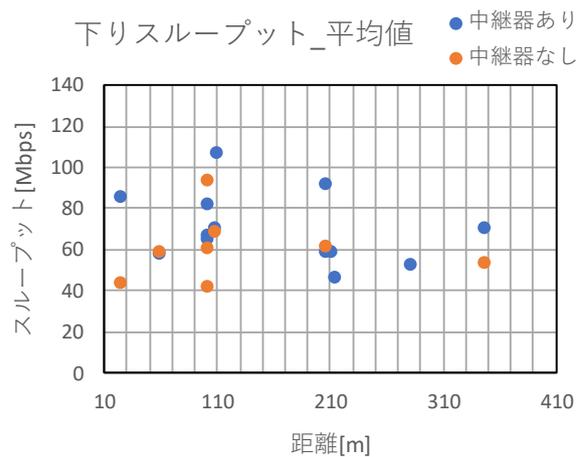
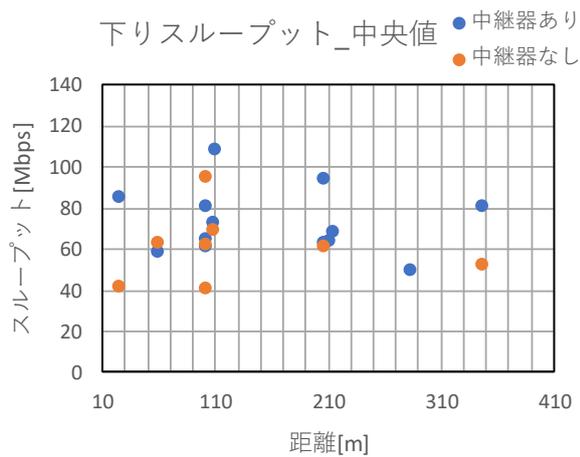


図 3-40 準同期 1_下りスループットの統計値

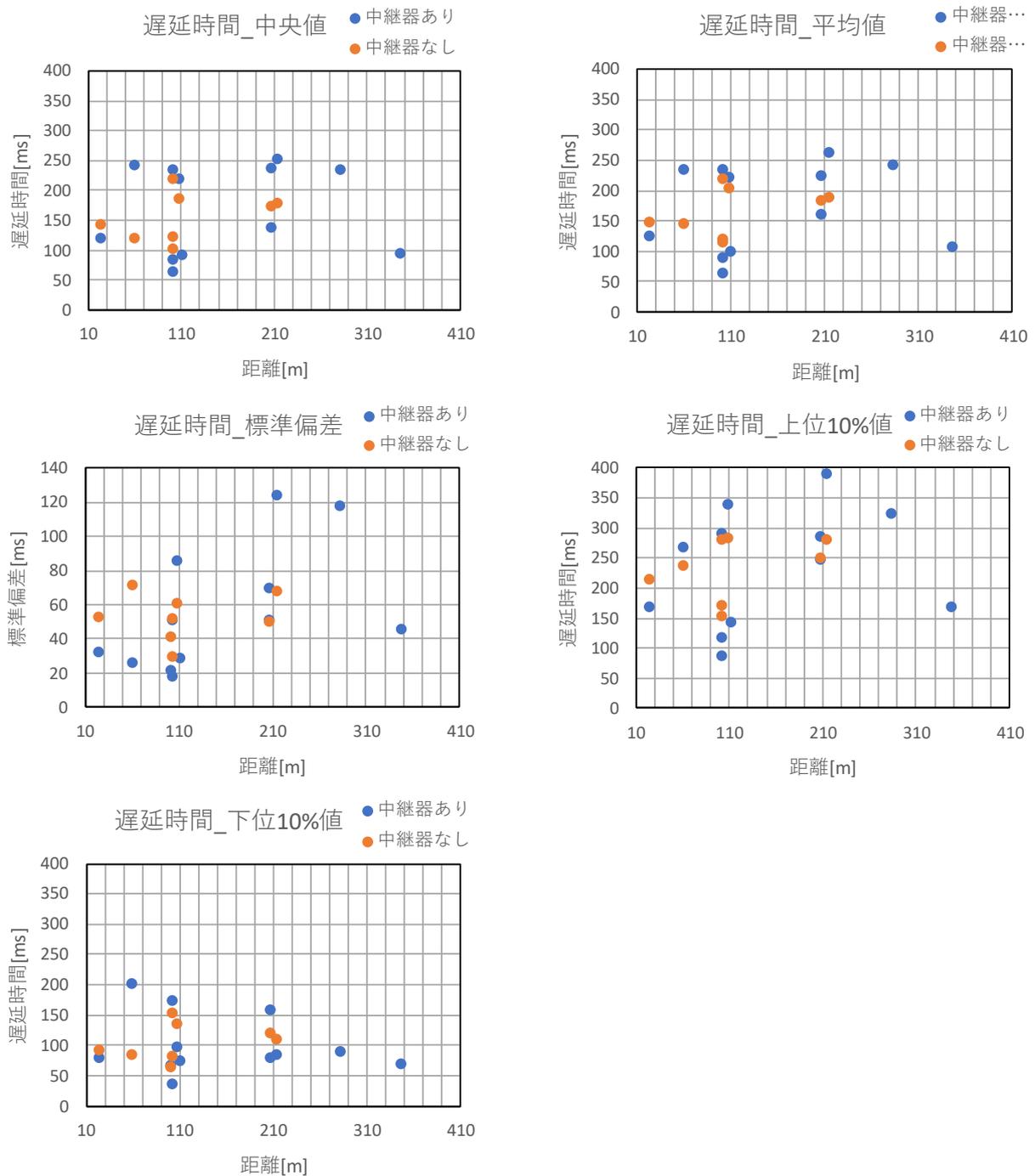


図 3-41 準同期 1_遅延時間の統計値

次に図 3-39 で求めた中央値を用いて準同期 1 方式において中継器が作る伝送エリアを図 3-42 に示す。図に示す数値は中継器が有効な場合の上りスループット [Mbps] である。図より、上りスループットが 4K 伝送を満足する 40Mbps を超える地点は ID17、ID22 の 2 点であった事が分かる。また、ID15 と ID19、ID20 と ID24 は中継局の正面方向において線対称となる位置を想定しており同等のスループットが期待されたが、いずれのペアも奥側の地点のスループットが高くなっている。これは、中継局のサービスアンテナが若干奥側方向へ向いていた事が考えら

れ、ID20 において中継局有の場合のスループットが想定よりも低く表れていた原因とも合致している。

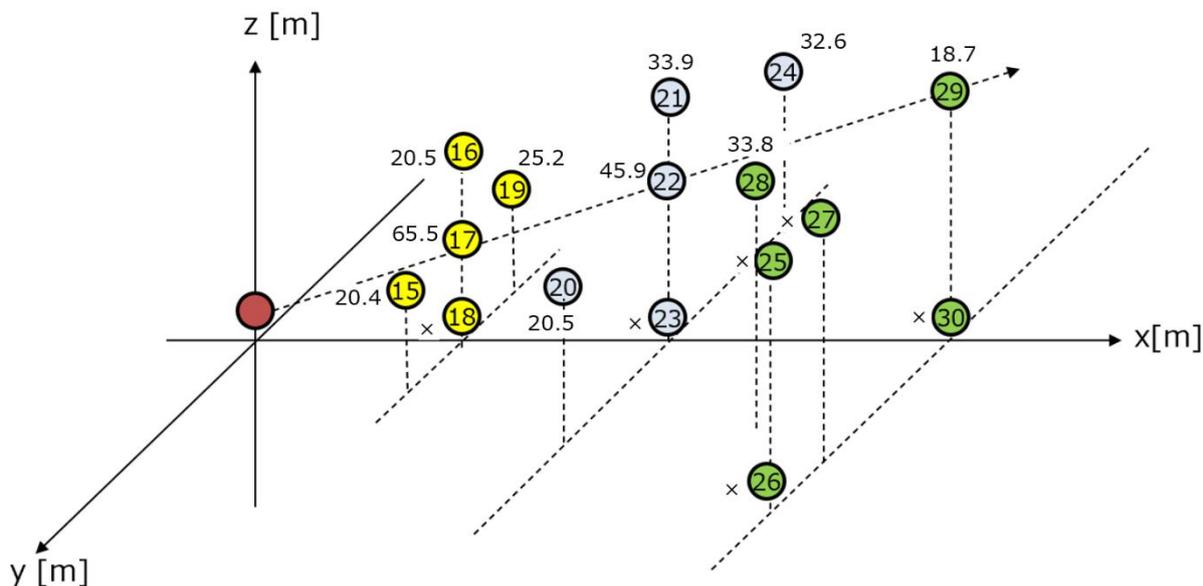


図 3-42 中継器が作る伝送エリア(上りスループット)

以上の結果から、本実証の目的である高精細(4K)映像の伝送が可能であると想定されるエリア、すなわち上りスループット 40Mbps が実現可能なエリアは、おおむね下図の通りであると推定される。

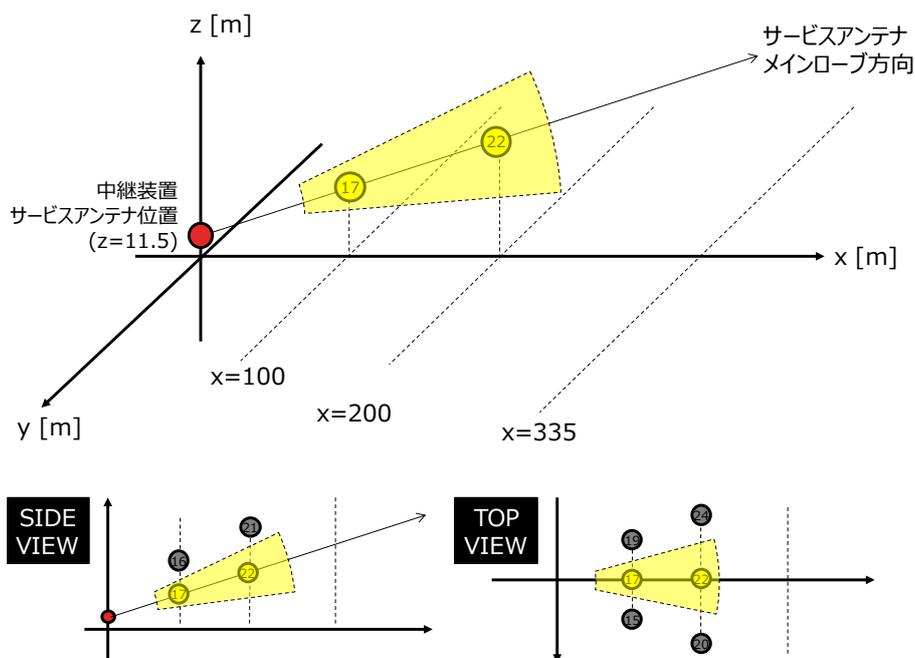


図 3-43 上りスループット 40Mbps が実現可能なエリアの推定図

これにより、カバーエリア閾値が観測される点、調整対象区域閾値が観測される点の距離の変化は、下図および下表のとおりとなった。

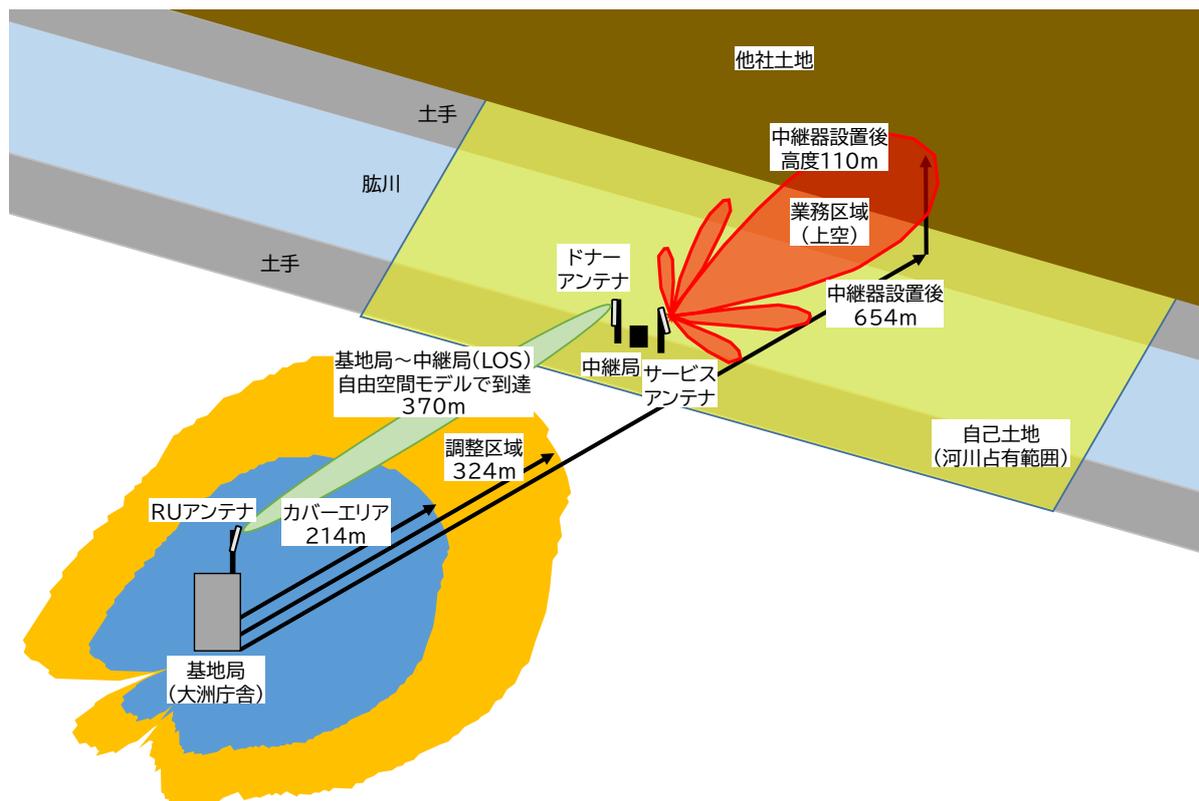


図 3-44 カバーエリア閾値が観測される点、調整対象区域閾値が観測される点の距離の変化(概要)

No	方位角※	カバーエリアの閾値を実測した距離[m]		調整対象区域の閾値を実測した距離[m]	
		提案化手法実施前	提案化手法実施後	提案化手法実施前	提案化手法実施後
1	344	214	370	324	370
2	353	201	473	306	473
3	358	201	561	306	561
4	10	214	654	324	654
5	16	197	613	300	613
6	20	197	601	300	601

※基地局から真北を0とした。

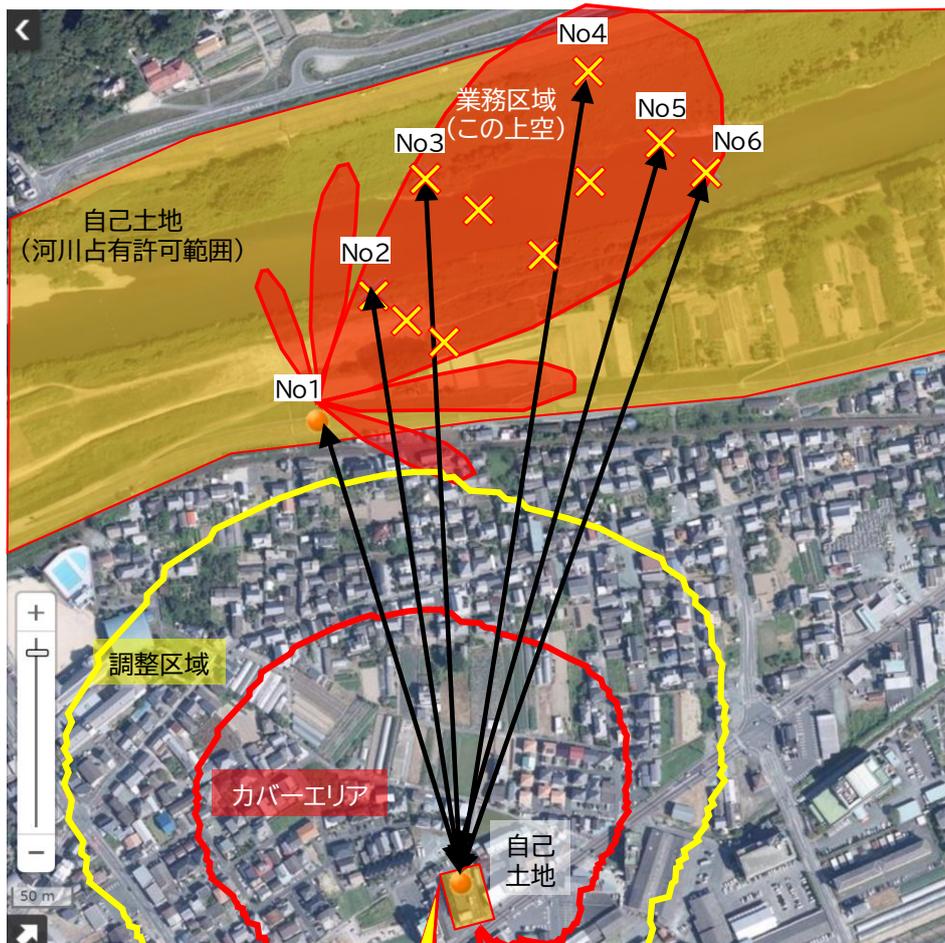


図 3-45 カバーエリア閾値が観測される点、調整対象区域閾値が観測される点の距離の変化(実測)
 国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

⑩ 相関関係

図 3-46 に RSRP と上下スループットとの相関関係、図 3-47 に SIR と上下スループットとの相関関係を示す。これらの図より、RSRP および SIR が高くなるにつれてスループットが向上する傾向が見られる。

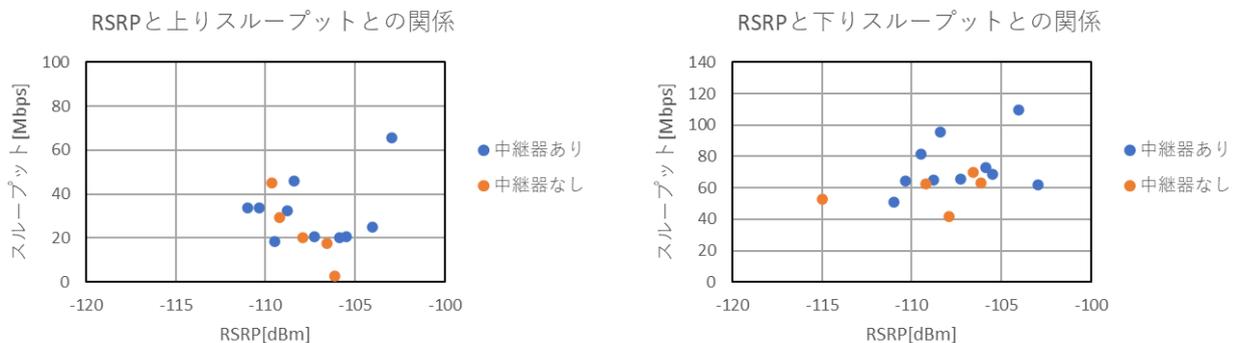


図 3-46 RSRP とスループットとの相関関係

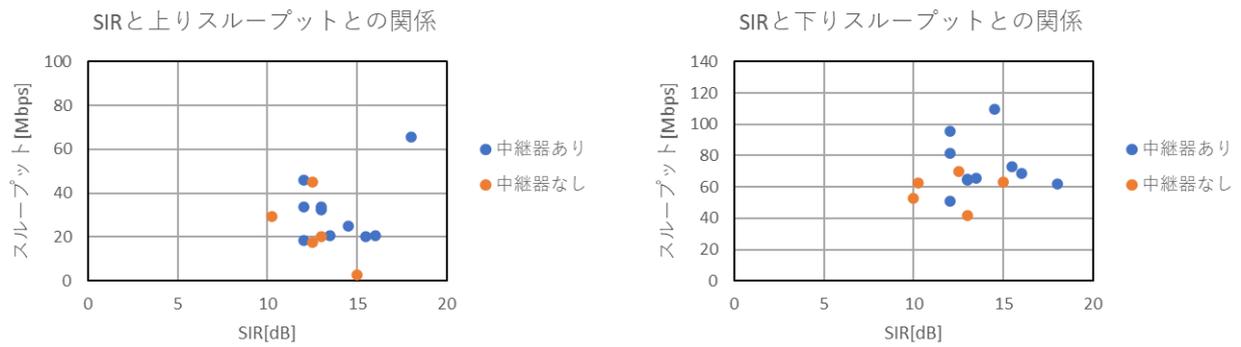


図 3-47 SIR とスループットとの相関関係

⑪ 同期方式と準同期1方式との比較

図 3-48 に同期方式と準同期1方式との通信品質における比較を示す。これらの図より、上りスループットにおいては準同期1方式が同期方式と比べて2倍以上スループットが改善している事が分かる。また下りスループットについては同期方式が高い事も確認できる。そのほか中継器が無い場合の遅延時間に着目すると同期方式が50msであるのに対して準同期1方式が100msより長くなっている。

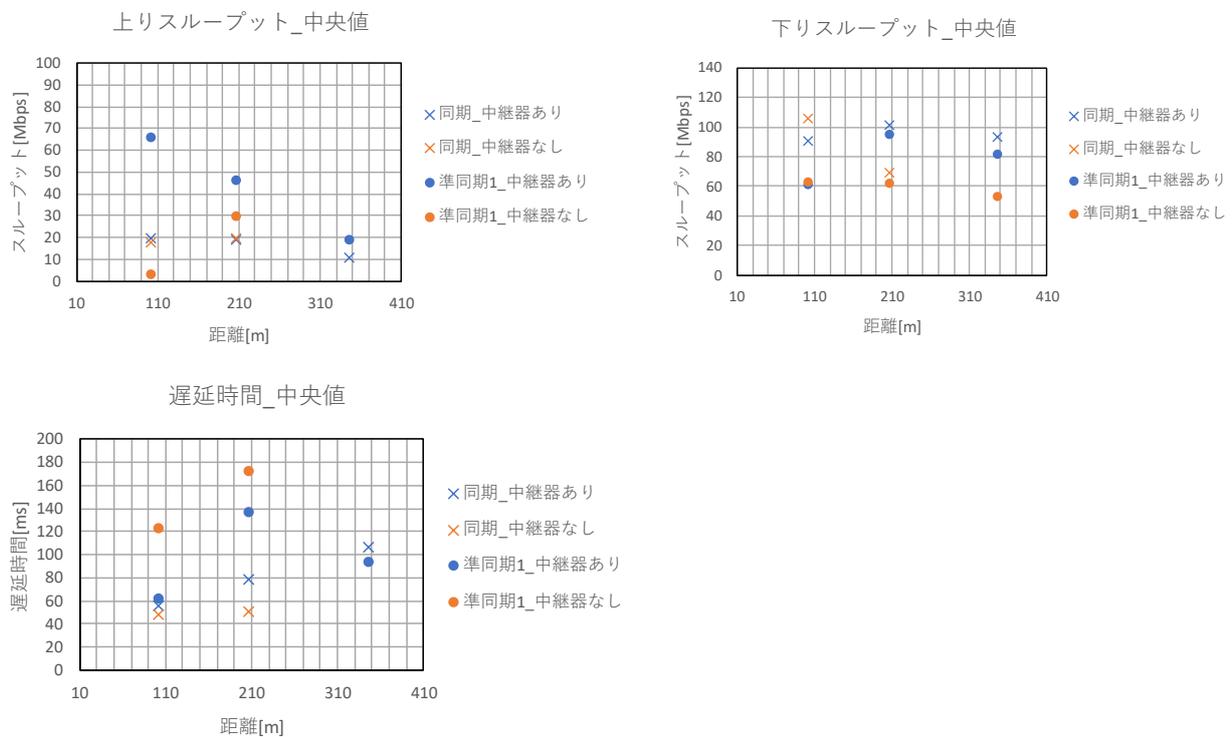


図 3-48 同期方式と準同期1方式との比較

⑫ 実測値と推定値との比較

図 3-49 に RSRP における実測値と推定値との比較、図 3-50 および図 3-51 に伝搬損失における実測値と推定値との比較を示す。推定には自由空間モデルとローカル 5G モデルを用いた。基地局電波からの受信電力を求める際は見通しのある地点においては自由空間モデルを、見通しのない地点についてはローカル 5G 郊外地モデルを用いた。中継局からの受信電力については上空地点について自由空間モデルを、地上地点についてはローカル 5G 開放地モデルを用いた。また、中継局ありの場合の受信電力は基地局からの受信電力と中継局からの受信電力の和とした。これらの図より、上空における実測値は自由空間モデルで表される事が分かる。図 3-50 における 120dB を超える点および距離 100m における伝搬損失 100dB の点はいずれも ID18 のデータであり図 3-49 の結果とも一致している。これは図 3-26 の見通し状況から中継局近くの大きな樹木と移動局近くの工事車両や瓦礫による損失と考えられる。そのほか地上地点における実測値のうち基地局からの受信電力についてはローカル 5G 郊外地モデルに近い傾向を示しているが、中継局からの受信電力についてはバラつきが大きくローカル 5G 開放地モデルとローカル 5G 郊外地モデルとの間に分布していることが分かる。

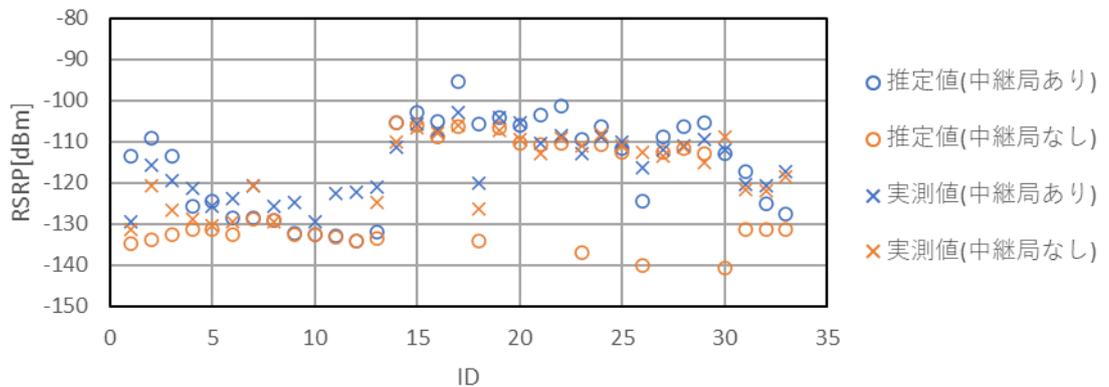


図 3-49 RSRP における実測値と推定値との比較

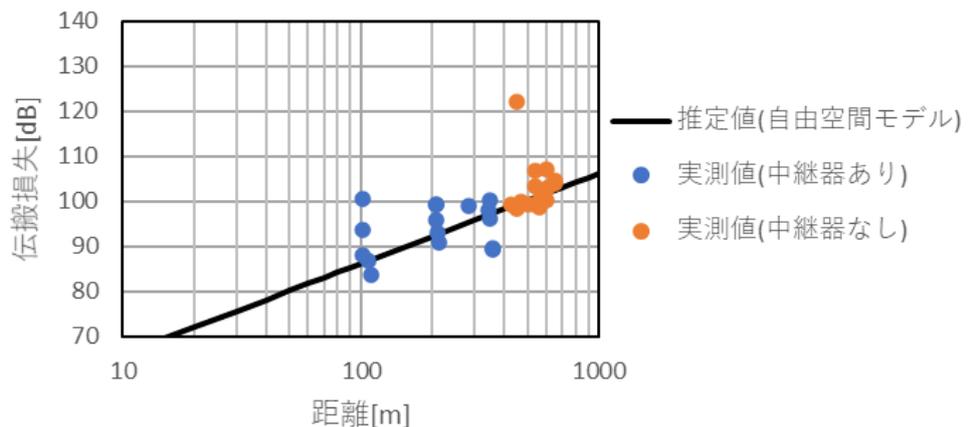


図 3-50 伝搬損失における実測値と推定値との比較(上空)

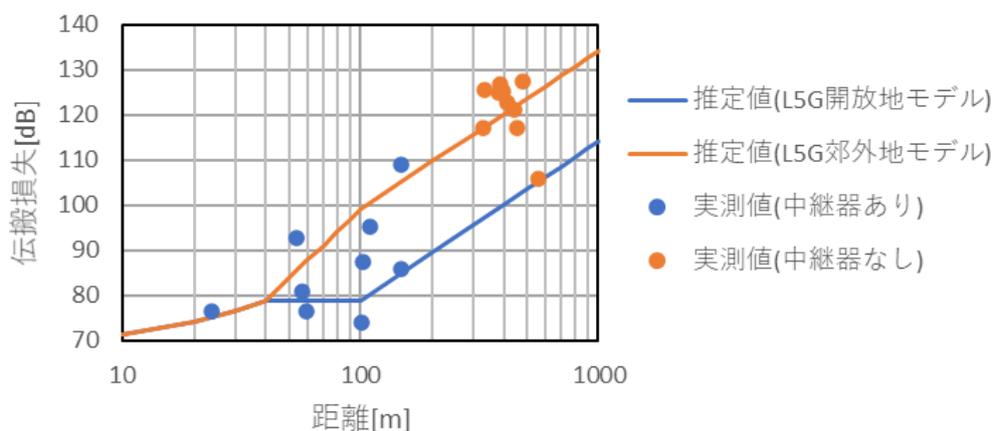


図 3-51 伝搬損失における実測値と推定値との比較(地上)

⑬ 他者土地漏洩の確認

本試験環境による他者土地への電波漏洩について確認した結果を示す。受信電力の確認は基地局および中継局の両方から電波が放射されている状態で行った。図 3-52 に他者土地漏洩していない事を確認した地点、図 3-53 に確認した地点から基地局と中継局方向の見通し、図 3-54 に確認した受信電力を示す。図 3-54 には測定した RSRP の中央値も併記する。確認地点 5 ではエリアテストにおいて測定ができなかったため、RSRP が -140dBm を下回っていると考えられる。これら 5 地点のいずれにおいても調整区域端となる -126.1dBm を下回っており、漏洩対策の設備は必要ない事が確認できた。

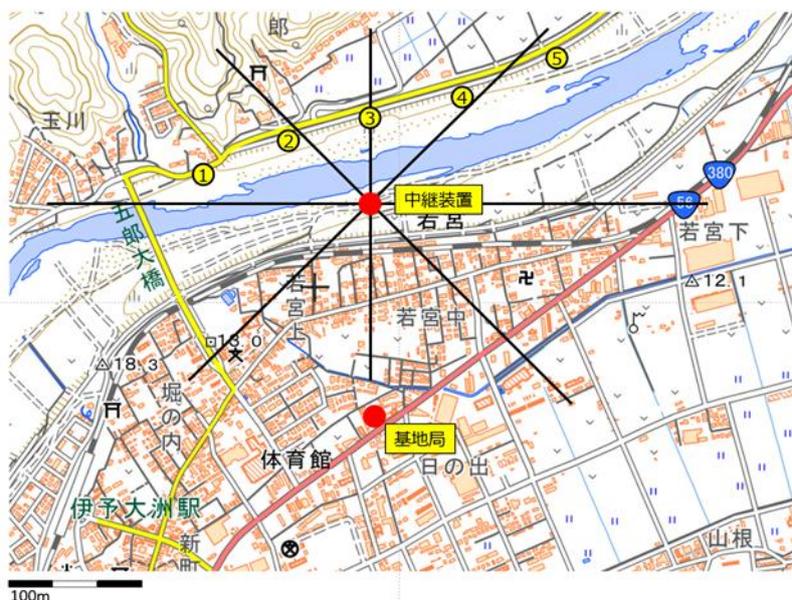


図 3-52 他者土地漏洩確認地点

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

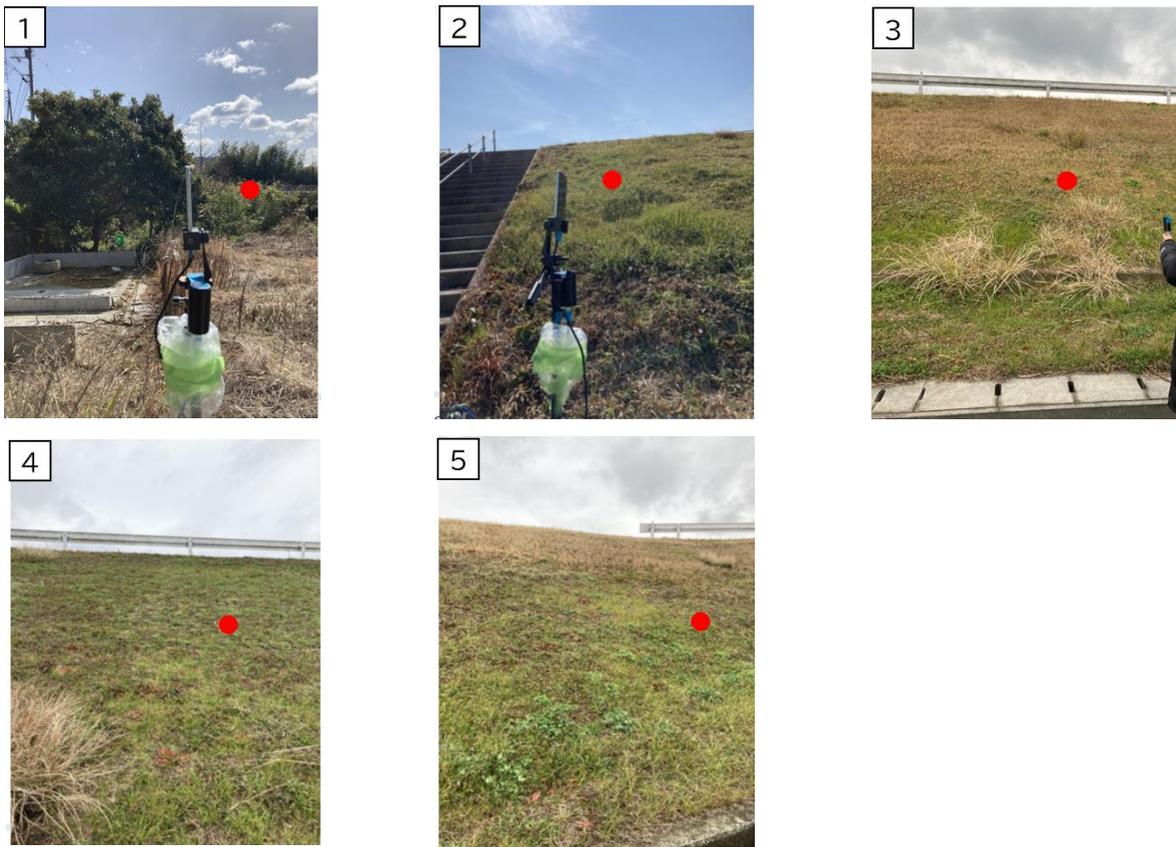
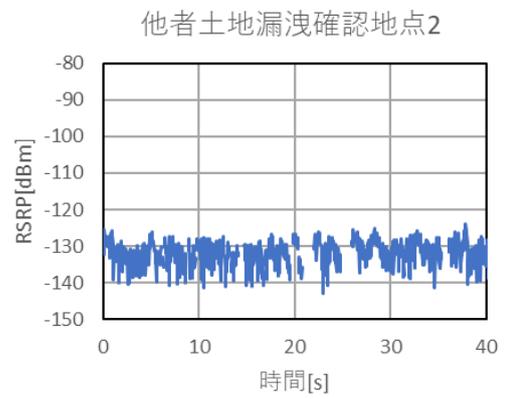
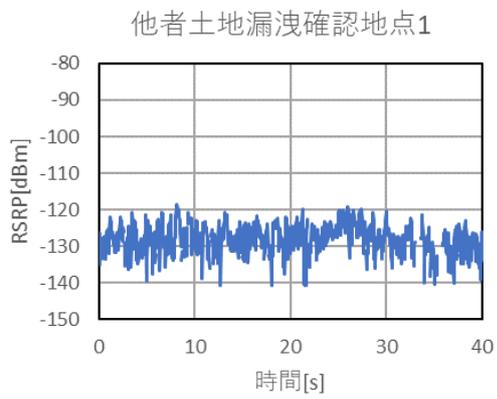
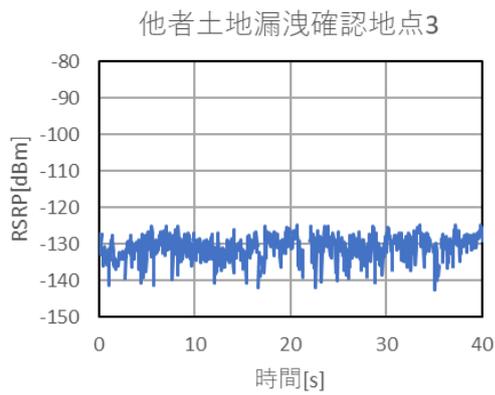
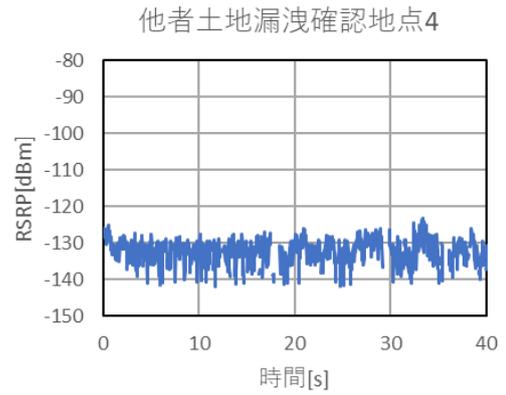


図 3-53 確認地点から基地局/中継局方向





中央値：-130.2dBm



中央値：-130.0dBm

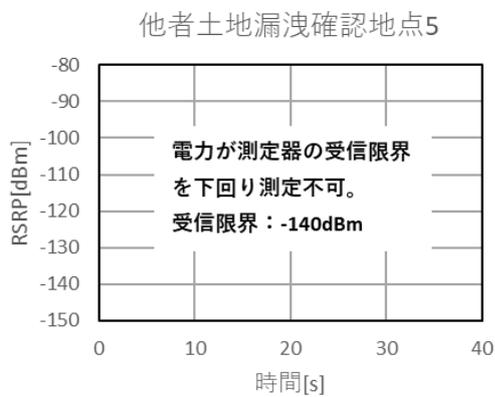


図 3-54 確認地点における受信レベル

⑭ 他製品（反射板、DAS、LCX）との設置容易性、コスト比較

本試験環境において比較可能と思われる中継器と反射板について、設置容易性およびコスト比較を表に示す。なお、DAS、LCX はレピータや反射板のように基地局からの電波を受けて拡張するものではないため、今回の調査条件（上空向けエリア拡張）での適用想定は困難である。

表 3-7 設置の容易性比較

評価項目	電波反射板 (反射板材質：メタマテリアル材)	中継器
設置位置（アクセス容易、面積）	◎	◎
付帯設備（電源・バッテリー等）の必要性	不要	要（基地局相当）
伝送路の必要性	不要	不要
施工の容易性	◎	◎
導入リードタイム	◎	○
移設の容易性	◎	◎
エリア形成	△ 近距離	○ 近距離～中距離程度
総合評価	◎	◎
採用した解決方策の設備が有効となる条件や使い方	エリア拡張の際、電波反射板は比較的容易に設置可能であるが、近距離の不感地対策に限定される場合が多い。中距離までカバーする必要がある場合については、新たに基地局を新設するよりも中継器によるエリア拡張が有効と判断する。	

表 3-8 設置のコスト比較

評価項目	電波反射板 (反射板材質：メタマテリアル材)	中継器
設備費用	◎	○
設備施工費用	◎	○
付帯設備費用(電源、バッテリー等)	不要	要（基地局相当）
付帯設備施工費用(電源、バッテリー等)	不要	要
伝送設備費用（光、無線）	不要	不要
伝送設備施工費用（光、無線）	不要	不要
運用・保守費用	不要	要
総合評価	◎	○
採用した解決方策の設備が有効となる条件や使い方	エリア拡張の際、電波反射板は比較的容易に設置可能であるが、近距離の不感地対策に限定される場合が多い。中距離までカバーする必要がある場合については、新たに基地局を新設するよりも中継器によるエリア拡張が有効と判断する。	

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

このテーマには取り組まなかった。

4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

4.1.1 背景となる課題

愛媛県では、平成 30 年 7 月豪雨災害への対応において、発災時の初動情報収集の遅れが課題となっていた。これは、当時、災害情報収集を県各部署・各市町が各々に連携なく実施したことに起因するものであった。その後これは対応・改善され、令和 3 年 3 月には「愛媛県・市町 DX 協働宣言」を発出するに至る高度な連携が実現されている。

しかし依然として情報収集のハード面に起因する課題は残存しており、現時点においても以下のような課題がある。

- ・情報収集ツールが主にヘリテレであり、出動までに時間を要する。また天候条件等による出動制限が比較的大きい
- ・取得できるデータが主に FullHD 画像であり、解像度が低い。画像以外の測量データ等の取得手段もない
- ・個別に高解像度カメラや画像測量機材を準備したとしても通信環境が LTE 回線しか期待できずデータ伝送に時間がかかる
- ・共同利用中の防災情報システムには、画像データを共有する仕組みはあるものの、それ以上の高度な解析を実施できる仕組みは現状存在しない

愛媛県では、来るべき南海トラフ大地震に備えるためにも、災害発生初動期における情報収集の迅速化・正確化を目標に上記を含めた各種課題の解決を目指している。これらの課題について、イシューツリーを利用して具体化すると、下記のようになる。

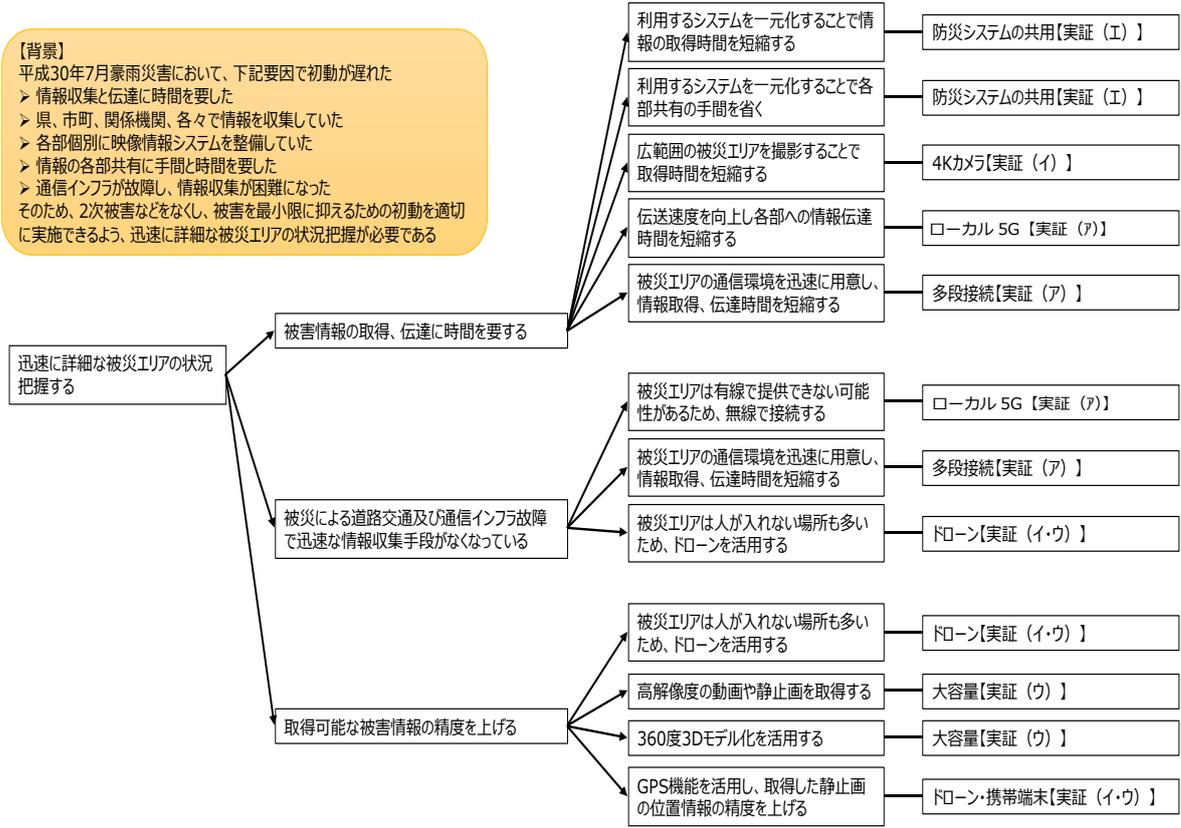


図 4-1 課題についてのイシューツリー

上記より、課題解決のアプローチとして、被害状況把握の迅速化のためには、被害情報の取得・伝達(送付)・共有・解析の迅速化及び情報解析の高度化が必要になると考えられる。各々について以下に詳述する。

(a)被害情報取得の迅速化

災害発生から現場の情報を取得(あるいは取得開始)するまでの時間の短縮を目指す。

たとえば現場の写真を撮影する場合に、現場に駆け付ける時間、カメラの設定や調整に要する時間、撮影に要する時間等を短縮することを目指す。

情報取得の迅速化については、ドローン技術を利用することで効率的に広範囲の情報を取得することが可能であり、これにより取得時間の短縮が見込まれる。

(b)被害情報伝達(送付)の迅速化

上記(a)により取得した情報を災害対策本部等に伝達(送付)する時間の短縮を目指す。

現行 LTE 網よりも高速で、あるいはカバーエリアの広い通信サービスを利用することでこれを実現することができると考えられる。

LTE 網よりも高速な通信は現在のところ無線 LAN または 5G(ローカル 5G を含む)であるが、利用場所が屋外であることを考慮すると無線 LAN は 2.4GHz 帯が主となるが、これは利用可能なチャンネル数が少なく災害利用においては不安要素となる。

カバーエリアを拡大可能なサービス・システムは、衛星系、地上無線系様々ある。衛星系は簡易な装置では十分な伝送速度を得ることができず、高度な装置では速度は十分であるが費用が極めて高額となる。地上無線系は十分な伝送速度を得ることができない。自営整備を検討することとなるが、先の高速回線サービスと関連し、ローカル 5G 系との親和性が高いと考えられる。

(c)被害情報共有の迅速化

取得され、災害対策本部等に伝達された情報を、必要な各部に共有するための時間の短縮を目指す。

これについては、愛媛県においては先に述べた愛媛県・市町 DX 協働化宣言等、情報共有のための仕組みやルールはすでに導入済みである。

(d)被害情報解析の迅速化

取得あるいは共有された情報の解析に要する時間を短縮することで状況把握に要する時間短縮を目指すことができるが、具体的手段としてはシステムやハードの増強となり、現時点では現実的に余地のないものとなっている。

(e)情報解析の高度化

取得あるいは共有された情報について、現在は実施されていない別より高度な解析を行うことで、被害状況把握に要する時間を短縮することを目指す。

たとえば、被災地の写真を人間が見て被害の大小を判断しているところ、画像解析等により自動的に浸水面積を算出したり、土砂流出量を算出したりすることができれば、より時間短縮につなげることができる。

これら用途に有効と考えられるシステムはいくつかあるが、現時点では AI 画像解析は精度の面でまだ不安があり、画像測量・3D モデリング系のシステムが効果的であると想定される。

4.1.2 実証するローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション

5G の特長のひとつに 4K 高精細映像を伝送可能な高速大容量であることが挙げられるが、4K 高精細映像技術は、高精細性と広視野性から、医療、交通、建築・土木、農業、教育等、様々な分野で活用され、自治体の各種業務においても実利用されている。

一方で、災害対応において、自然災害激甚化に伴い、発災箇所が広範囲に広がることが多くなってきている。それに伴い発災箇所を的確に把握して、人命救助、物資輸送など判断するには各所の発災状況を正確に掴む必要性が以前にも増してきている。近年ではドローンを活用し発災現場の撮影を行うことができるようになり、各地で実証が行われ、有用性が証明されてきている。

ただし、発災現場からドローン映像の提供にはモバイルネットワークが不可欠であるものの、発災する場所はネットワーク環境が整っていない場所が多いことも事実である。

そのため、現場で撮影した映像を災害対策本部など情報が必要な方へ届けるには、

- ・データをファイル化しハンドキャリー（物理的に郵送）する。
- ・事務所などに持って帰りファイル共有システムにアップロードする。
- ・現場のネットワークで時間をかけて転送する。

など時間がかかることが多々あり、迅速な判断に活用できていない課題がある。

そこでこの解決のため、ローカル 5G の活用により発災現場から高速ネットワークを用いて、リアルタイムの 4K 配信とクラウドシステムである愛媛県災害情報システム・ダッシュボード ドローン情報共有システム（以下 ドローン共有システム）への転送を行うことで迅速な情報提供を実現し、併せて迅速な判断に資する情報を活用する仕組みを提供できるソリューションを提案する。

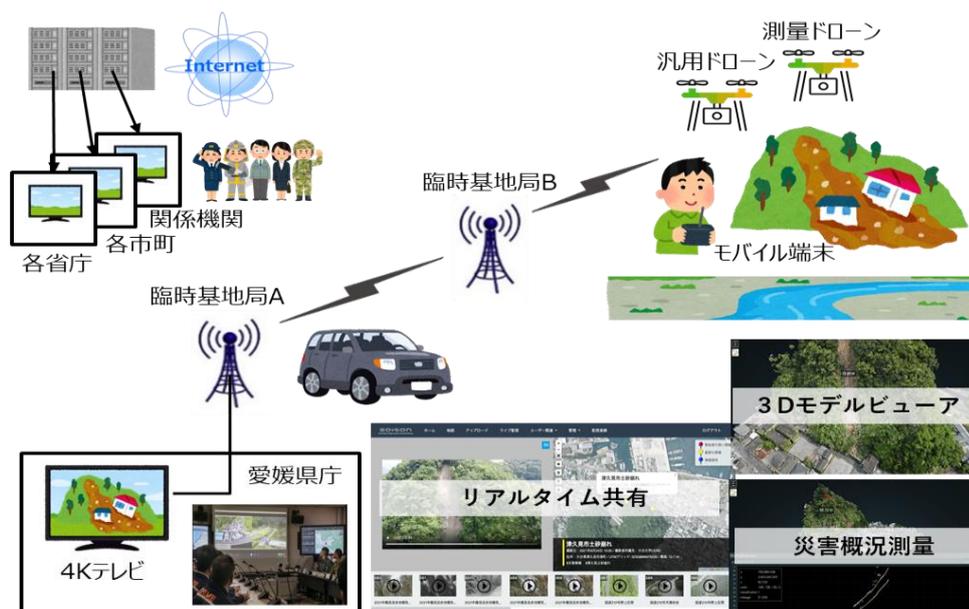


図 4-2 提供するソリューションの概要

(2) ローカル 5G 活用モデル（当初仮説）

愛媛県や県下市町では、毎年出水期を中心に年間 5－10 回程度の災害対策本部が立ち上がり、大小様々な災害対応業務にあたっている。

そのため、愛媛県および大洲市での令和 4 年本開発実証を受けて、実証後も出水期を中心に 本活用モデル（えひめモデル）を継続的に利用しながら、試行運用を進めていく。

愛媛県では、令和 4 年度の本開発実証（愛媛県・大洲市）を受けて、令和 5 年度に実証地域を拡大した愛媛県実証事業（愛媛県・大洲市に加えて、宇和島市や今治市、松山市など想定）を計画しており、ローカル 5G およびドローンを中心とした技術課題や業務課題解決を進め、令和 7 年度の本格運用に向けた愛媛県及び市町の災害情報システム高度化事業(※1)を実現する。

※1 災害情報システム高度化事業…愛媛県で運用されている災害情報システム
(EYE-BOUSAI(※2)) のシステム更改事業

※2 EYE-BOUSAI…株式会社 NTT データ関西が提供するシステムで、官民が保有する危機管理情報や現場被害情報等をリアルタイムに集約・見える化し、避難発令判断や応急対策活動といった災害対応業務の適切な遂行、多様な媒体を介した住民への避難情報等の配信を行うことを提供する。

また、令和 4 年度に総務省ローカル 5G 実証成果（愛媛モデル）をブラッシュアップし、令和 5 年度の愛媛県での追加実証（久万高原町での防災訓練、20 市町との情報伝達訓練等）を実施するとともに、県内外の全国自治体への横展開にあたっては「ローカル 5G 環境構築支援」「ドローンでの映像情報収集支援」「総合防災情報システムの PREIN との連携機能によるドローンでの映像情報集約支援」の 3 つのソリューションを組み合わせ、自治体の課題や体制の状況に応じて提案活動を進めていく。併せて、「総合防災情報システムの PREIN との連携機能」については、システムのオプション機能化を進めることで価格低減を図る。

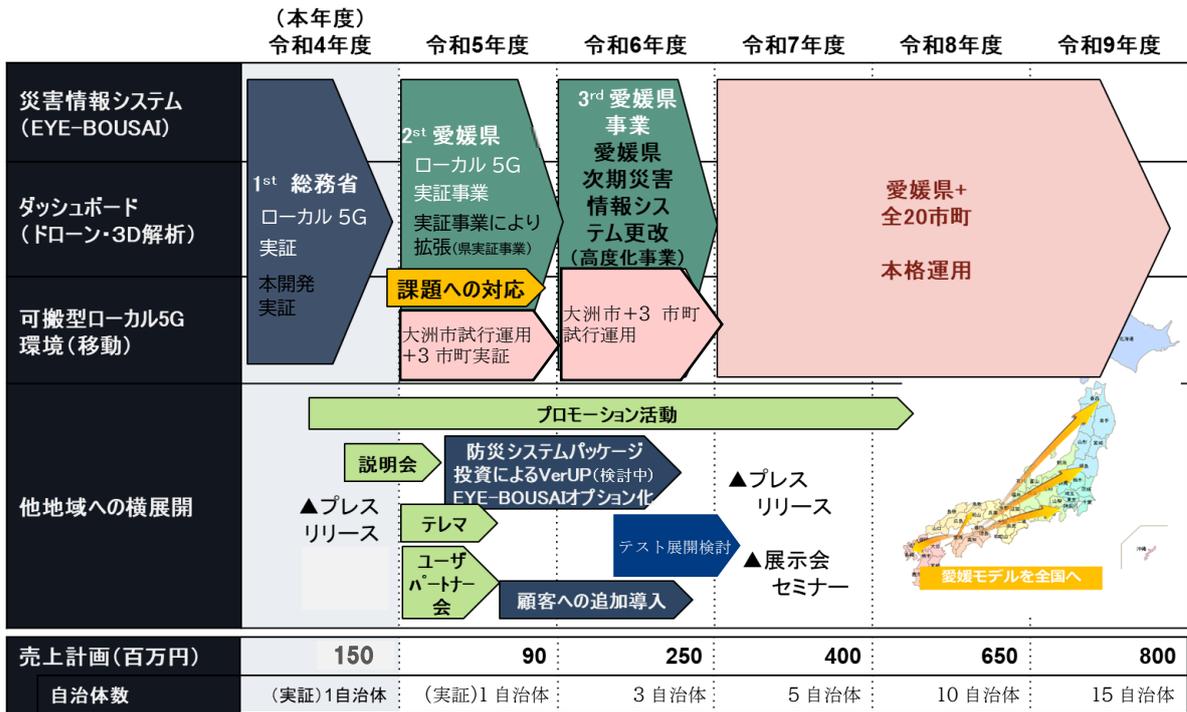
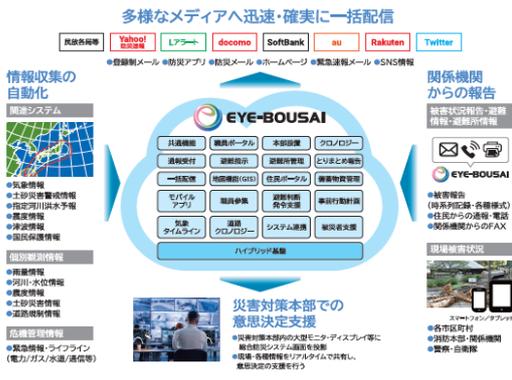


図 4-3 活用モデルの実装計画(販売パートナー売上計画(想定))

住民の生命を守るためのシステム



クラウドサービス全体像
25年以上にわたり全国の自治体へ防災情報システムを提供し、多数の自治体様の声・実災害での経験を踏まえて生み出された現場志向のシステムをご紹介します。



総合防災情報クラウドサービスの特徴

都道府県と市区町村のニーズに適したパッケージシステム
EYE-BOUSAIは3つのパッケージを主軸に展開しています。都道府県モデル(Pref)/市区町村モデル(City)では、パッケージをベースにオプション機能のカスタマイズやシステム連携の最適なご提案に対応したシステムをご提供します。指定市町村(CityLITE)は、これまで全国でご利用いただいていたシステムをノンカスタマイズでご提供することで、災害活動に必要な機能を簡易かつ短期間で導入いただけます。

都道府県 EYE-BOUSAI (Pref)
市区町村 EYE-BOUSAI (City, CityLITE)

リアルタイムな情報をもとに状況認識の統一・意思決定支援
災害対応業務を迅速・正確に行うための防災システムにおける工夫



災害に強いクラウドサービス
過去の経験に基づいて作成されたシステムが活用できず、情報収集・共有ができません。本システムはクラウド基盤のため、インターネットが繋がればいつでもどこでも災害対応が可能です。アラート機能は高い信頼性の高い通信網を利用し、日本全国に展開し、大災害においても停止することなく、職員様の災害対応業務を支援します。

業務の変化に強い成長型システム
被災地や自治体の業務の変化を取り入れ、防災システムのバージョンアップを行っています。システムが標準化することなく、災害対応業務を支援します。

Plan (EYE-BOUSAIの導入・運用計画) | Do (準備・実施) | Check (検証・評価) | Action (バージョンアップ)

主な機能

No.	機能名	概要	都道府県向け EYE-BOUSAI® Pref	市区町村向け EYE-BOUSAI® City	市区町村向け EYE-BOUSAI® CityLITE
1	共通機能	共通的な機能となっており、どのメニュー画面からでも対応が可能 ログイン・代理ログイン・掲示板機能、文書フォルダ機能等を搭載	●	●	●
2	職員ポータル	各種被害状況等を職員が利用するポータル画面に集約・表示 自治体配下毎の災害情報を一元化管理	●	●	●
3	災害名管理	実災害は自動および、手動での災害名の作成を行うことが可能 実災害・訓練・平時のモードを選択でき、災害時以外でも運用が可能	●	●	●
4	本部設置	災害対策本部の設置・参集状況等の本部設置情報を迅速に提供	●	●	●
5	クロノロジー(被害情報)	応急支援活動に必要な被害情報や要請情報を収集 (クロノロジー・時系列対比記録機能含む)	●	●	●
6	通報受付(被害情報)	住民からの通報受付内容を市区町村内の関係機関に対して 機断的に依頼・共有を行うことが可能	—	●	●
7	モバイルアプリ	災害現場や避難所から簡易に被害情報、避難所の要望、被害画像 (動画/静止画/音声)を登録・確認し、本部との迅速な情報共有が可能	OP	OP	OP
8	道路クロノロジー	道路の被害状況、規制情報、要請情報を収集 (クロノロジー・時系列対比記録機能含む)	●	●	—
9	避難情報	発令管理(避難指示等)を実施	●	●	●
10	避難所管理	避難所の開設状況や被害内容、要請内容を把握 複数の避難所を一括管理	●	●	●
11	とりまとめ報告	指定のとりまとめ様式や被害状況報告(消防庁4-2様式)へ 自動集計を行い、各種画面や帳票を出力	●	●	●
12	一括公開	各種配信媒体(住民ポータル・登録制メール・SNS等) に手動・自動で一括公開	●	●	● ※1
13	地図機能(GIS)	被害情報等を地図上に集約し、応急活動のための情報把握を支援	●	●	●
14	避難発令判断支援	避難指示の発令に必要な気象状況等を集約し、一定の閾値を 超えた場合に避難地域や該当避難所候補を(自動・手動)抽出	OP	OP	OP ※2
15	職員参集	職員に参集指示メール・電話・FAXを配信し、参集状況を把握	OP	OP	OP
16	住民ポータル	各種気象、地震、津波情報や発令されている避難指示、避難所情報を 住民向けのポータル(ホームページ)上で公開	OP	OP	OP
17	備蓄物資管理	備蓄物資の在庫数量状況や、消費期限等を平時段階も含めて管理	OP	OP	—
18	事前行動計画(タイムライン)	災害時に必要な事前行動計画(タイムライン)について、進捗管理	OP	OP	—
19	気象タイムライン	大雨や台風等の風水害の予測情報を表示	OP	OP	—
20	システム連携	SIP4D、SNS災害・危機管理情報、JAXA衛星画像、道路交通実績 などの外部システムやサービスと連携し情報を自動収集・集約	OP	OP	—
21	5G×ダッシュボード	5G × 映像ダッシュボード を組み合わせた災害本部共有	OP(オプション機能化)		

凡例 ●:標準機能 OP:オプション機能 —:機能無

図 4-4 サービスモデル(総合防災情報システム)

愛媛県および県内市町における自走性と高度化に向けて

- ・令和4年度：総務省ローカル5G開発実証(西日本豪雨災害での被災地域(愛媛県・大洲市)での実証事業)
- ・令和5年度：愛媛県ローカル5G実証事業(前年度の開発実証での課題や改善内容を受け、大洲市+他市町での実証)※愛媛県ローカル5G実証事業(愛媛県事業化)を実施するとともに、出水期等での試行運用
- ・令和6年度：次期愛媛県災害情報システム高度化事業により、本格導入により実災害での本格運用開始
※更新タイミングに2カ年での実証課題解決策を盛り込んだ災害情報システム高度化事業)

FY2022

1st 総務省ローカル5G開発実証(県・1市町)

■総務省ローカル5G開発実証 (愛媛県エリア5G×防災情報活用検証)

『安心・安全』スマート防災の実現を掲げる愛媛県デジタル総合戦略に基づき、5G・AI等を活用した地域防災力の向上について、技術・業務検証を行い、実運用化に向けた実証とそこから課題整理を実施



FY2023

2nd 愛媛県ローカル5G実証事業・試行運用(県・4市町)

■愛媛県ローカル5G実証と試行運用(予定) (ローカル5G実証課題を踏まえた実証事業)

総務省ローカル5G開発実証(FY2022)で明確化した業務課題や技術課題を踏まえ、実運用に向けた更なる課題解決策を盛り込んだ県実証事業を行い、愛媛県や市町・関係機関での活用に向けた実証を行う。また、愛媛県×大洲市においても課題に対応しながら継続的に試行運用を行っていく。



FY2024

3rd 愛媛県災害情報システム高度化事業(県全域)

■愛媛県 高度化システム本格導入 (次期災害情報システム高度化事業)

総務省ローカル5G実証(FY2022)や愛媛県ローカル5G実証(FY2023)および愛媛県×大洲市での課題対応・試行運用を受けて、FY2024では県災害情報システムへ実証成果を組み込み、FY2025では実証を行った大洲市や3市町を含めた県全域での本運用を開始する。

※上記事業化に向け、デジタル田園都市交付金や緊急防災・減災事業債等を検討中

FY2025

愛媛県高度化システム・本運用



図 4-5 愛媛県展開計画

収支計画（当初仮説）

本実証後、FY2023～2027（5カ年）に向けて、下記の販売目標件数や事業規模を目指し、提案パッケージ（EYE-BOUSAI@）のオプション機能として、売上規模などの収支計画での検討を進めている。

【販売計画の考え方】

本実証後において、当社（NTT データ関西）総合防災情報システム“EYE-BOUSAI”のサブシステムとして展開しやすい仕組みとするよう検討する。

その上で、当社（NTT データ関西）既設ユーザ様への展開や新規提案ユーザ様への提案により、下記自治体数を拡販していく計画で検討する。

【展開計画の考え方】

本実証でも、コンソーシアムを組んでいる NTT グループと全国自治体への展開を推進し、自治体様の“総合防災情報システム”や“ドローン・映像情報システム”などの調達で本ソリューションを提案し、全国自治体への展開を推進する。

また、映像伝送ドローン及び測量用ドローンについては同一スケジュールでの展開とする。

【収支計画の考え方】

本実証後のパッケージ化検討を進めつつ、導入コスト：40-80 百万円/自治体の規模感でご提供できるよう、お手軽さ（汎用化・コンパクト化・価格低減化）を検討し、10～15%の利益確保により、継続的に全国展開できるようなビジネス規模と収支計画を目指す。

当社（NTT データ関西）総合防災情報システムの販売パートナー（NTT グループ各社の販売元）における販売および収支計画は下記のとおり検討案を示す。

(単位：百万円)

年度	販売元原価	売上計画	導入自治体/累計自治体数
FY23	1自治体×80百万円/事業=80百万円	90	1自治体 / 1自治体
FY24	3自治体×70百万円/事業=210百万円	250	3自治体 / 4自治体
FY25	5自治体×68百万円/事業=340百万円	400	5自治体 / 9自治体
FY26	10自治体×58百万円/事業=580百万円	650	10自治体 / 19自治体
FY27	15自治体×45百万円/事業=675百万円	800	15自治体 / 34自治体

	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027
販売目標	本実証	1自治体 (実証)	3自治体 新規1 既設2	5自治体 新規2 既設3	10自治体 新規5 既設5	15自治体 新規7 既設8
累積 販売数	1実証	1自治体	4自治体	9自治体	19自治体	34自治体
売上	150	90	250	400	650	800
原価	-	80	210	340	580	675
粗利	-	10	40	60	70	125

表 4-1 実証翌年度からの5カ年のEYE-BOUSAIパートナー販売元の収支計画（当初仮説）

(3) ローカル5Gの必然性・必要性

1) ローカル5Gの必要性

情報取得に要する時間として、本実証事業では、50ha (500m×1km)程度のエリアを1時間程度で撮影することを目標としている。このためには、200m幅で画像取得しつつエリアを1.5往復走査することを想定している。(オーバーラップ各50m)。合計3kmを飛行することになるため、1m/s (3.6km/h)程度で飛行する想定である。

また、ドローンには撮影画角84度(35mmフィルム換算24mmレンズ)のカメラを搭載する。200mをおさめたい場合の飛行高度は約110mとなる。

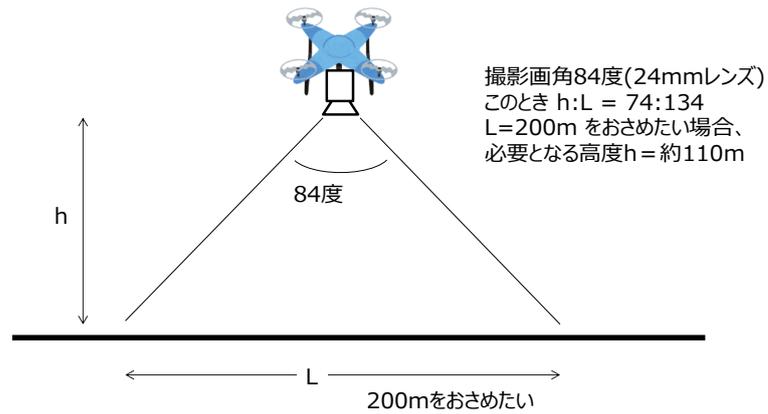


図 4-6 ドローンの飛行高度想定

この場合において、ドローンから撮影した画像で、「ヒトがヒトと識別できる程度」の画像品質が確保できることを確認する。これは、撮影した画像から被災者を識別可能な最低限の品質を確保するためである。

「ヒトをヒトと識別できる程度の画像品質」とは、成人の肩幅が約 40cm、頭部幅が約 16cm であることから、1pixel=10cm 程度の解像度を想定している。

200m を HD 解像度の短辺 1,080pixel でおさめた場合は 1pixel=約 20cm、4K 解像度の短辺 2,160pixel でおさめた場合は 1pixel=約 10cm となることから、4K 解像度で実現できるものであり、ローカル 5G が必要であると考ええる。

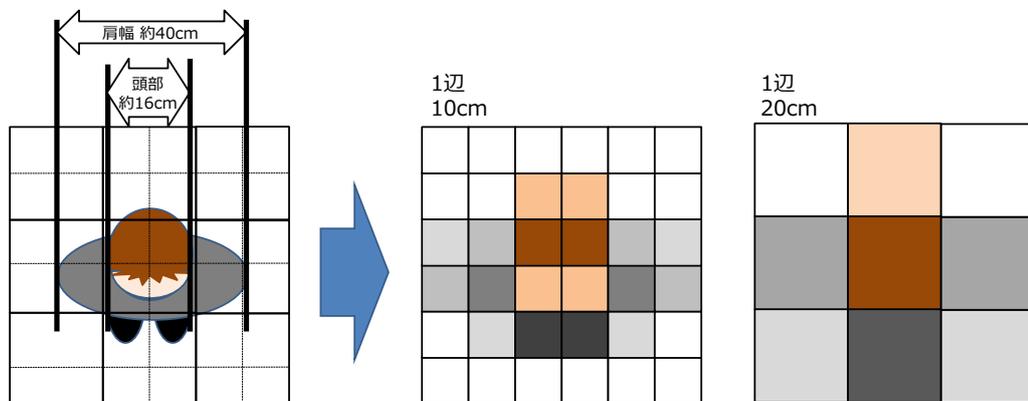


図 4-7 必要となる画像解像度の考察

4K 映像はリアルタイム伝送が必要であるため、40Mbps 程度の帯域が必要となる。また、測量データは 1GB 程度を想定しており、これを 5 分程度で伝送可能としたいため、30Mbps 程度の帯域が必要となる。

災害対応における NW 接続方法の比較

優位性比較	有線	キャリア5G	ローカル5G (4.7GHz帯)		Wi-Fi	
通信速度	(下り) 1~2Gbps前後	(下り) 2~3Gbps前後 (上り) 100~200Mbps	(下り) 1Gbps前後 (上り) 100~200Mbps		Wi-Fi 5 (上り+下り) 数百Mbps	Wi-Fi 6 (上り+下り) 1Gbps前後
対応エリア	×限定的 災害リスクの高い山間部や 河川・沿岸部などは厳しい	×限定的 災害リスクの高い山間部や 河川・沿岸部などは厳しい	固定設置 ×限定的	可搬型・移動 ○移動可	△やや限定的 災害リスクの高い山間部や 河川・沿岸部などは厳しい	
通信安定性	○安定	×電波干渉で通信不安定性 ×移動で切れやすい	○電波を占有するため干渉なし ○移動で切れにくい		×電波干渉による通信不安定性有 ×移動で切れやすい	
免許	○不要	○不要	×必要		○不要	
セキュリティ	○高い	×低い	○高い (SIM認証)		×低い (SSID/PW、電波漏洩有)	
接続端末	○制限可能	×	○制限可能		×制限が困難	
通信距離	×限定的&工事必要	—	○屋外アンテナ：数百メートル		×20~30メートル	

表 4-2 災害時における NW 接続方法の比較

検証結果および考察

4K 映像のリアルタイム伝送について、大洲市の肱川河川敷で撮影された映像を愛媛県庁側の 4K モニタにて、大きな乱れもなく安定した通信で視聴することができた。これは、特に災害リスクの高い山間部や河川・沿岸部等において、LTE 網では実現困難と考えられる。

実際のヒトが識別できた他、現場に貼られたロープまでもが確認でき、災害時、電線の切断状況も十分に確認が可能ということで、災害対応職員様から有用性について高い評価を得た。



図 4-8 実際に得られた高解像度映像の例

2) ローカル 5G 以外の手段について

上記は LTE 網では実現が困難であるが、LTE よりも高速な通信は現在のところ 5G(ローカル 5G を含む)のほか、無線 LAN が考えられる。しかし、利用場所が屋外であることを考慮すると無線 LAN は 2.4GHz 帯が主となるが、これは利用可能なチャンネル数が少なく災害利用においては不安要素となる。

カバーエリアを拡大可能なサービス・システムは、衛星系、地上無線系様々ある。衛星系は簡易な装置では十分な伝送速度を得ることができず、高度な装置では速度は十分であるが費用が極めて高額となる。地上無線系は十分な伝送速度を得ることができない。自営整備を検討することとなるが、先的高速回線サービスと関連し、ローカル 5G 系との親和性が高いと考えられる。

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

令和2年度、令和3年度の実証実験全35案件(19+26)のうち、防災減災をテーマとしたものは4件であるが、災害時の情報収集迅速化をsub6で実施しているのは本件が初となり、新規性があるものとする。

またさらに、発災時を起点に新たにエリアを展開していくソリューションは他の実施例はなく、新規性があるものとする。

(2) 過年度実証事業との関連性

令和3年度「No.23 道路における災害時の被災状況確認の迅速化および平常時の管理・運営の高度化に向けた実証」が近いものであると考える。共通点と差異点は次の通りである。

【共通点】

災害時においてドローン等により道路等の被災状況収集を迅速化しようとしている点。

【差異点】

過年度実証はあらかじめローカル5G基地局を設置した周辺での情報収集のみを実施したものであるが、本実証実験は発災時を起点に動的にローカル5Gエリア展開を実施することを主たる目的としたモデルを検証するものである点。

また、過年度実証はミリ波帯を利用していたが、本件はsub6帯を利用する点。

なお本実証は、過年度実証の課題を解決する目的ではなく、新たな目的として災害時の初動情報収集の迅速化を目指すことを目的としたものである。

4.1.4 実証目標

(1) ローカル 5G 中継装置によるエリア拡大について

ローカル 5G 中継装置を利用することで、実際にどの程度業務区域を拡大することが可能となるか、について確認する。

特に、本実証のユースケースでは、端末からの映像伝送のための、上りスループット性能が重要となることから、所要の上りスループット性能を満たすことのできるエリアをどの程度拡大することができるかについて確認を行う。

(2) ドローンの実用性について

迅速な情報収集のために、空中から映像撮影を行うことは非常に有用であると考えられるが、その実現手段としてドローンを利用することが適当であるかどうか、について確認を行う。

実際にドローンを利用して映像撮影を実施することで、ドローンの運用上の課題点、たとえば以下のようなことについて、実際の利用に耐えるものであるかどうか、について確認する。

- ・ 飛行時間・飛行距離・飛行速度等の基本性能
- ・ 耐候性能(雨や風の中での利用)
- ・ 操作性や運用性のよさ

(3) 展開手順・展開の容易さについて

本ユースケースでは、平時は保管されていることを、災害対応時に展開して利用することを想定している。また展開作業は自治体職員が実施することを想定している。

災害時に自治体職員の手で各装置の展開が可能か、そのためには手順等をどのように整理せねばならないか等を実証の中で確認していく。

(4) 情報利用までの流れについて

各装置の展開方法だけでなく、各装置が展開された後に、実際に端末類やパソコン類を用いて映像伝送やデータ伝送を実施する場合の流れ・手順についても確認を行う。

災害時に自治体職員が利用するにあたり、特別な操作が必要のなると手間もかかりミスを誘発する原因となる。ローカル 5G を利用しても特別な操作等を行わないでデータ通信等を利用できることを目指し、確認する。

(5) エリア展開時間について

エリア展開に要する時間として、本実証事業に利用する各機器の設定・設営等に必要時間を計測し、実際の災害時における迅速な情報収集に資するものであることを確認する。具体的には、設備の展開に要する時間が2時間程度に収まることを確認する。これは、下図展開時間(目標値)のように、参集・移送も考慮して開始から3時間程度で情報収集を開始することを目標としているためである。その後の情報収集時間を3時間程度と想定し、冬季であっても日照時間中に完了できることを目標としている。

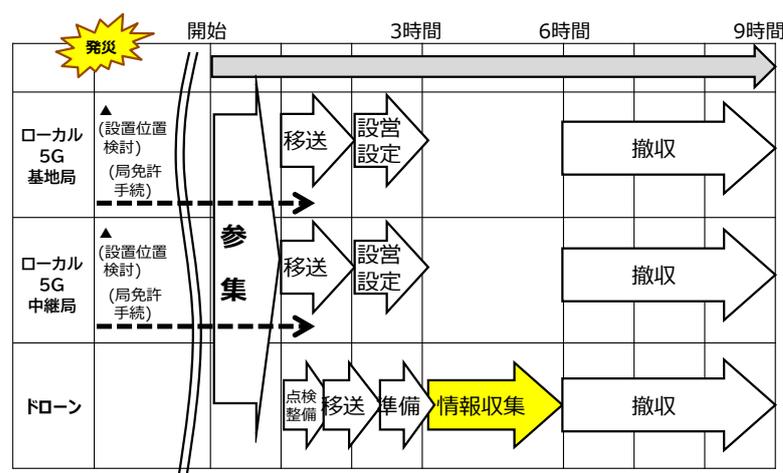


図 4-9 展開時間の目標値

本実証実験の想定するユースケースは、発災直後の活動ではなく、災害そのものが一定落ち着いた後の初動情報収集に資するためのものである。

この「一定落ち着いた」状況の到来は、発生する災害の種類により区々であり、そのため、たとえばよく言われる「72時間の壁」といった、発災時点から起算される時間に対して目標時間を設定することは難しい。

一方、本実証実験の実施事項は、「一定落ち着いた」状況下での無線設備の屋外設置やドローンの飛行であり、ある程度安全が確保された中で実施されることを前提としたものである。

すなわち、本実証実験の実施事項は、日中帯、少なくとも、大掛かりな照明装置を要さない明るい時間帯にその全部を実施可能であることが重要なポイントとなる。

愛媛県における可照時間(日の出から日の入までの時間)は、夏至で約14時間30分、冬至で約10時間程度である。

つまり、本実証実験の実施事項、機器の移送・設営から、情報収集、および機器の撤収までを、この時間以内に収めることがひとつの目標となる。

全体時間を、最悪値である冬至可照時間10時間に収めること目標とし、現地での情報収集に3時間程度(飛行20分+インターバル10分を5セットで150分と、及び予備時間)を確保するとすれば、収集開始までに3時間、完了後の機器撤収に同じく3時間、予備時間1時間で合計10時間となることから、これを目標値として設定する。

(6) 伝送時間・データ解析時間について

4K映像はリアルタイム伝送が必要であるため、40Mbps程度の帯域が必要となる(「4K・8K時代に向けたケーブルテレビの映像配信の在り方に関する研究会」(平成30年4月23日)p18によれば4K放送は約33Mbpsの帯域を利用)。

また、本件ユースケースを想定し、ドローンから撮影した画像において、被災者状況を確認可能とするため「ヒトがヒトと識別できる程度」の画像品質が確保できることを目標とする。「ヒトをヒトと識別できる程度の画像品質」とは、成人の肩幅が約40cm、頭部幅が約16cmであることから、1pixel=10cm程度の解像度を想定している。

一方、効率的な情報収集のためにはできるだけ広範囲を撮影できることが望ましいが、これは1pixel解像度とトレードオフの関係となる。効率的な撮影のためには、最大で街区一帯約200m幅を収められることが望ましいが(※なお東京ドームが約200m×200mのサイズである)、この200mをHD解像度の短辺1,080pixelでおさめた場合は1pixel=約20cmとなり目標解像度より不足してしまう。4K解像度の短辺2,160pixelでおさめた場合は1pixel=約10cmとなることから、4K解像度が必要となる。

測量データは1GB程度を想定しており、これを5分程度で伝送可能としたいため、30Mbps程度の帯域が必要となる。これらが満たされることを確認する。

測量データの生成には、対象物のサイズにも依存するが、5~10MBytes程度(800~1,000万画素)のJPG画像データが100~200枚程度必要になるため、1GB程度のサイズを想定している。

(7) 取得データの精度について

測量精度について、この測量は厳密な測量の目的でなく、重機手配の優先順位判断など、あくまで被災状況の概要把握を目的としたものである。従って絶対的な誤差・公差はあまり重要でないと考えている。目的としては相対的な誤差、つまりたとえばAとBの二者を測定・比較した際に、実際にはAが相当に大きいにも関わらずBの方が大きいと誤認することを避けることが最重要と考える。相対的に20%程度の差があるものを取り違えることがあれば問題であることから、公差10%程度(大規模側を過少に10%、小規模側を過大に10%誤ると取り違えの恐れがある)以下となることを目標とし確認する。測量と同様の考え方で、土砂量の精度について公差10%程度が必要であり、これを確認する。さらに解析に要する時間は60分程度以内におさめる必要があるため、これを確認する。

(8) 基地局及び中継装置の設置位置について

本実証実験の想定するユースケースにおいて、ローカル5G基地局及び中継装置の設置位置は、実際の発災地点・ドローン飛行エリアをもとに決定されることから、これをあらかじめ定めるこ

とはできない。

ただし、

- (a) あらかじめ災害が予測される場所については、その予測発災地点とともに、設置位置についても想定位置をあらかじめ定める
- (b) 上記以外の任意の地点における展開に備え、基地局及び中継装置の設置位置選定に関するポイントや考え方をあらかじめ整理する

という準備対応はあらかじめ実施しておくことができる。

本実証実験では、実証実験で得た知見も踏まえ、その考察の中で上記(a)(b)を実施・検討することとする。

4.2 実証環境

本モデルでは、起点となるローカル 5G 基地局の設置場所では、高速回線が利用可能であることが望ましい。これは、回線品質(帯域・遅延)による理由であるため、利用回線は一般の商用インターネット回線(各社の光回線等)で可能である。ただし、これらの回線を、災害発生時に臨時で開通させることは現実的ではないと考えられるため、あらかじめこれらの回線が設置されている場所とするか、あるいは自治体ハイウェイ等の既設回線を利用することが現実的となる。このことから、起点となる拠点は、現実的には県庁や市町村役所の庁舎や分所などに限定されることとなる。

あるいは、起点回線をキャリア 5G とすることも可能であるが、この場合、回線速度が課題となる可能性があるため、本実証実験では既設光回線を利用することとした。今後起点回線としてキャリア 5G を利用する場合は、今回の有線ルータ部をキャリア 5G ルータ(CPE)とただ置換すればよく、接続上・構成上の課題は極めて少ないと言える。

本モデルにおいては、起点の設定ができれば、それ以降は中継装置によりエリア展開が可能となることが特徴である。この場合の課題は

- ・本実証実験では非再生中継方式を利用するため中継時に SINR は改善されず、中継段数には上限が発生すること
- ・中継装置間の最適間隔により効率性が変わることと、地勢条件等によっては必ずしも最適間隔では設置できない可能性があることが挙げられる。

また環境条件として、制度上の制約が発生する可能性がある。

ひとつは無線局免許であり、他局が存在する場合は設置ができない可能性がある。中継装置により線状に展開されるエリアが、他局位置と交差してはならないこととなり、大きな制約となる可能性がある。超指向性の空中線等により回避の可能性がある。

もうひとつは、ドローン飛行許可に関しての人口集中地区(DID 地区)である。主に中継装置最終段のエリアでドローンを飛行させることとなるが、このエリアが DID 地区にあたる場合はドローン飛行に申請が必要となるため、注意が必要となる。

4.3 実施事項

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

(1) 機能検証

(実証ア)から(実証エ)の機能検証において、以下の3点の評価・検証項目を取り扱う。

1) 検証項目

<機能-a> ローカル 5G 中継装置が作るエリアの広さ

本実証事業で利用するローカル 5G 中継装置は、展開地点でのエリア形成を目的としている(次ホップへの中継を目的としたものではない)ため、サービス側空中線の指向性はブロードなものを想定している。

従ってエリア拡大は長距離には及ばない想定であり、100m 範囲程度を想定している。

ただし、飛行するドローンをエリアにおさめたい目的から指向性を上方に取るため、上空 120m 程度まではエリアとなる想定をしている。

これを確認する。

<機能-b> ドローンの実用性

通常の航空機によらずとも、高い位置から情報収集が可能となるドローン技術は、被災情報収集のためには極めて有効な手段であると考えられる。

しかし実際には、まだまだドローン操縦者が少ないだけでなく、ドローンそのものに対する理解や知識も未だ一般的とは言えないのが現状である。

このような中で自治体業務においてドローンを活用するためには、以下のような解決すべき課題点がある。

- ・ドローンパイロット(および補助者)の確保
- ・安全な離発着点(ドローンのサイズに依存するが、5m×5m 程度の平坦な舗装地が望ましい)
- ・飛行エリアの適正性(架線や高木等の上空障害物の有無、操縦地点からの見通し、等)
- ・ペイロードの適正性(重量バランス等)
- ・飛行時間(ペイロードサイズとのトレードオフ)

またこれらの技術的条件以外にも、風向風速や温度湿度・雨量等の自然条件も加味する必要がある。

これらを踏まえて、自治体防災業務、とりわけ本実証での主テーマである災害時の初動情報収集において、実証実地において複数のパターン之长短を検討することを通じてどのようなモデルが最適であるかを明らかにする。

<機能-c> 測量データの有用性

被災情報の解析効率化のために画像測量・3Dモデリングを利用するが、解析時間や結果精度のほか、解析結果の操作取り扱いや、実際の応用法・活用法についてもまだまだ未知数な部分が多い。

これらを加味し、自治体防災業務における測量データの有用性について確認を行う。

検証項目は以下とする

- ・解析時間 60 分以内
- ・公差 10%以内
- ・発災時点での測量データの活用方法

本実証では災害時の初動情報収集を主テーマとしているが、別記の通り、「情報収集開始まで3時間、その後3時間の情報収集」を目標としている。解析時間を60分以内に抑えることで、おおむね4～5時間での詳細情報取得が可能となり、翌日の本格対応に向けた詳細検討が当日中に可能となる。

公差については、本実証で目標とする情報収集はあくまで出動判断のための概算値である(この情報をもとに精密な測地測量を行うことを目的としていない)が、複数個所の被災状況の大小を取り違えないことを絶対の目的としていることから(誤って被災の小さい箇所に大きなリソースを投入することがあってはならないため)、被災の大小を取り違えない公差量として本値を設定した。

<機能-d> データ交換のための標準化・汎用化

防災分野のデータは、各自治体や公益・民間企業、関係機関において業務、用途などが多様であり、都道府県や市町村、指定公共機関などでは、保有するシステムや報告様式が組織間で異なる。そのため、それらの情報共有の促進には、データ交換に関する標準化が重要である。

現在、中央省庁や各自治体等にて進められている『防災分野におけるデータの取扱い一般に関する共通ルールや標準方式』を念頭に、本開発実証でのドローン画像や3Dマップ等のデータ提供方式の標準化についても有識者を交えて検討する。

尚、本コンソーシアムで、一般財団法人全国地域情報化推進協会:APPLICの協力支援により、業務機能面の開発実証に加えて、関連システムとのデータ交換に向けた標準方式やルールについても、関係者と意見交換やとりまとめを実施する。

2) 検証方法

<機能-a> ローカル 5G 中継装置が作るエリアの広さ

上空に展開されるローカル 5G エリアについて、ドローンに測定器を搭載し、エリア計測を実施する。またその際、必要に応じてローカル 5G 中継装置のサービス側空中線の出力や仰角を変える等により、展開されるエリアについて確認する。

<機能-b> ドローンの実用性

本実証事業中のドローンの取り扱いにおける課題事項等についてとりまとめる。

具体的には、本実証事業中におけるドローンの以下の取扱いについて実地調査及びヒアリング等を実施しとりまとめるとともに、改善案等についても検討を行う。

- ・ドローンの移送に関して
- ・ドローンの発着に関して(発着場の選定を含む)
- ・ドローンの飛行時間・運用時間に関して
- ・天候の影響について
- ・その他ドローンの運用上の課題・問題点について

<機能-c> 測量データの有用性

実際にドローンでの撮影から3Dモデル作成までの流れを実施し、所要時間並びにモデルの精度確認を行う。実際の土量測定は検証現場では測定できないため、絶対的な数値が把握できる自動車を測定し、実際の自動車全長との比較で公差の確認を実施する。

<機能-d> データ交換のための標準化・汎用化

防災分野では、データの利用機関や提供機関が多岐にわたる。

一部、内閣府 防災科学技術研究所(※SIP4D 災害情報ハブ)のように、防災分野のデータ流通基盤としてのプラットフォームや実運用のユースケースを進めているが、次期データ連携基盤の構想も様々なワーキングが立ち上がり、官民含めた検討が進められている。

※SIP4D 災害情報ハブ…内閣府が整備している、災害対応に必要とされる情報を多様な情報源から収集し、利用しやすい形式に変換して迅速に配信する機能を備えた、組織を越えた防災情報の相互流通を担う基盤的ネットワークシステム

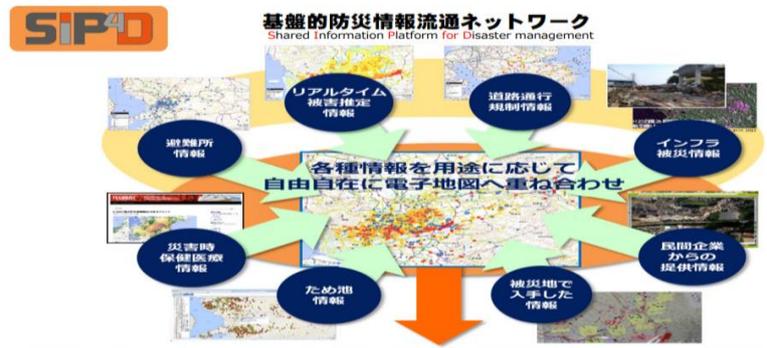
今回の開発実証では、ドローンやモバイルでの高画質の撮影画像をクラウド上で可視化し、リアルタイムに共有できる仕組みを構築するが、将来的にはその貴重なデータを SIP4D 災害情報ハブなどのデータ連携基盤を通じて、国や他自治体、防災機関とのデータ連携や共有ができると、さらに状況認識の統一が図られ、迅速な意思決定につながることから、望ましいと考えている。

現在、愛媛県災害情報システムでは、2020年高度化事業により SIP4D 災害情報ハブや JAXA 衛星画像、SNS×AI 投稿解析情報などの連携強化を図ってきているが、更なる高度化を実現し、本実証での画像データをデータ連携できる可能性を検討する。



図 4-10 SIP4D 災害情報ハブ概要図(内閣府・防災科学技術研究所様情報公開サイトより)

■ 第1期SIP「レジリエントな防災・減災機能の強化」において、紙地図や手書きホワイトボードで行っていた情報集約を電子地図上でを行い、関係機関で情報共有を可能とする技術「SIP4D」を開発



現場に即した形で、国・自治体・民間の災害対応機関に必要な情報を提供

図 4-11 SIP4D 災害情報ハブ概要図(内閣府・防災科学技術研究所様情報公開サイトより)

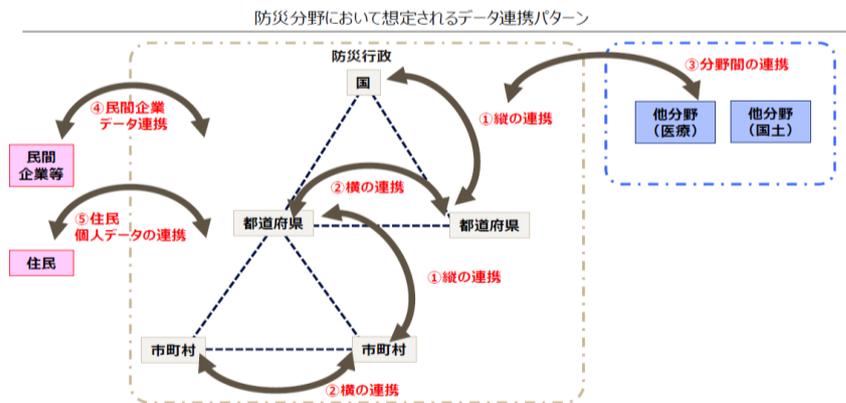


図 4-12 防災分野の特性検討(データ連携パターン)
(データ戦略に基づく防災分野におけるプラットフォームの在り方ワーキンググループより)

また、防災分野におけるデータ連携検討が進められており、都市 OS で多い「市町村⇔市町村」のデータ連携パターンに加え、「国⇔都道府県」「国⇔民間企業」「住民⇔市町村」など、プラットフォームで実現を目指す多様なデータ連携パターンを網羅できるように、有識者の意見を参考に、本システムでのデータ連携方法（案）を策定する。

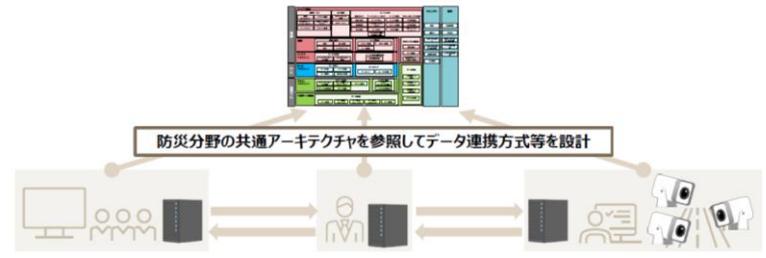
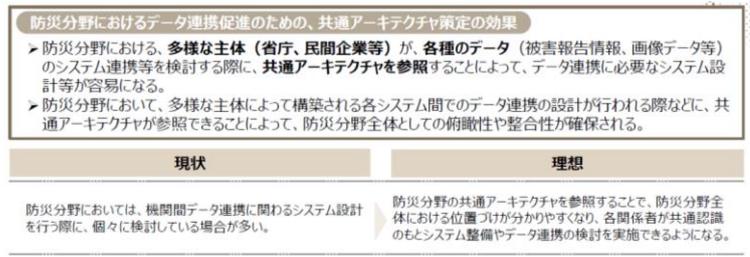


図 4-13 防災分野の特性検討(アーキテクチャに基づくデータ連携検討の効果イメージ)
(データ戦略に基づく防災分野におけるプラットフォームの在り方ワーキンググループより)

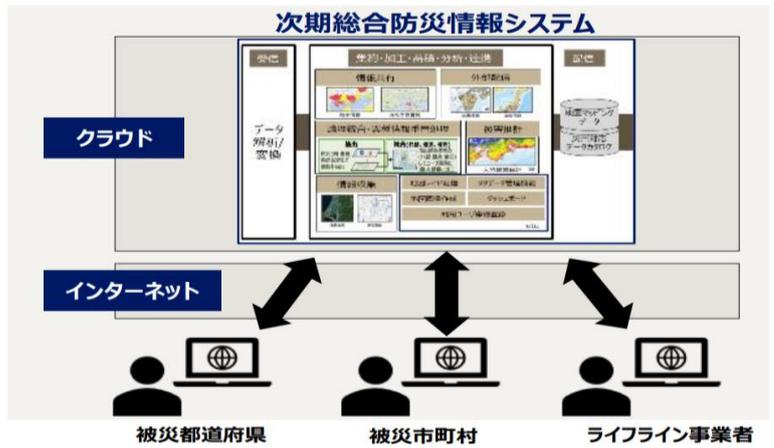


図 4-14 次期総合防災情報システムの利用イメージ

3) 検証結果及び考察

a. システム概要

臨時のローカル 5G 基地局および中継局を設置して災害発生現場においてローカル 5G エリアを構築し、ドローンで 4K 映像や画像を撮影してデータ伝送し、遠隔地の災害対策本部や各機関においてリアルタイムでの映像確認や 3D モデル解析による測量情報を確認することができる。

ローカル 5G 回線を利用することによって、上記 4K 映像や画像を高画質・大容量かつスピーディに伝送することが可能となる。



図 4-15 対象となるシステムの全体像

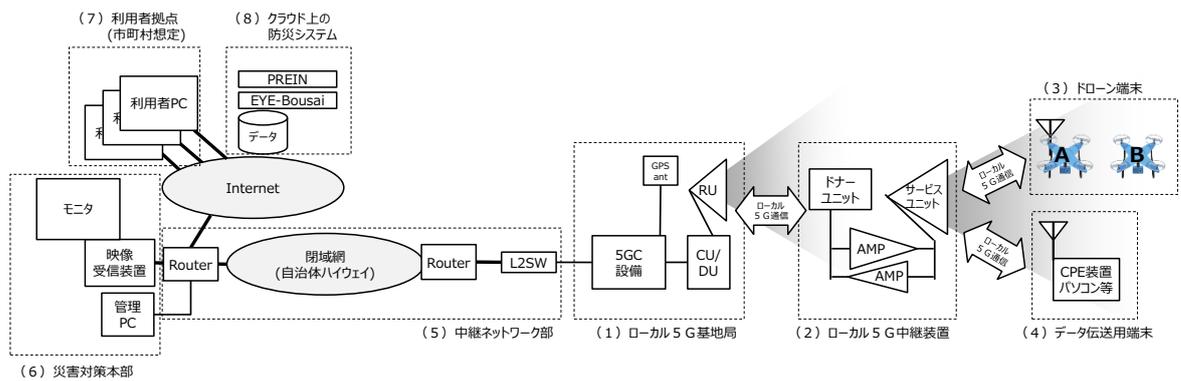


図 4-16 ネットワーク・システム構成図

中継ネットワーク部においては、NTT 西日本のフレッツ VPN サービスを利用して接続（フレッツ VPN サービスに接続するためのルータ装置を用意し、インターネットに接続）。

また、実際に使用したローカル 5G 基地局、中継局、ドローンは下図の通りである。



設置場所 愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
NF (Network Function)	AMF/SMF/AUSF/UDM/UPF
インタフェース	N1, N2, N3, N4, N6
接続ユーザ数	最大10,000
接続BBU数	最大64
スループット	最大6Gbps
ハンドオーバ	BBU間サポート(HO)
優先制御	5QI 2, 9に対応
外形寸法	254(W)×226(D)×43(H) mm
質量	3.4kg以下
消費電力	150W

図 4-17 ローカル 5G 基地局の写真と諸元

設置場所 基地局設置位置より北方に約500m離れた、一級河川肱川右岸堤防(若宮)付近



項目	諸元
参照規格	-
中継方式	同一周波数 非再生中継方式
準拠規格	5G NR-TDD
対応バンド	N79(4.8 - 4.9GHz)
帯域幅	100MHz
変調方式	OFDM (信号源に準じる)
空中線端子	ドナー側・基地局対向器 : 2 サービス側・移動局対向器 : 2
適用MIMO方式	下り 2x2 / 上り 2x2
搬送波数	1
中心周波数	4849.86MHz (信号源に準じる)
SA/NSA	SA
適用TDD設定	同期/準同期
同期方式	基地局から受信した電波より 装置内で同期信号を復調し、同期
アンテナ素子	2T2R
送信電力	+10dBm
装置内利得	40~60dB
装置内遅延	約300nsec
ドナー側・基地局対向器入力電力(範囲)	-50~-30dBm
サービス側・移動局対向器入力電力	-25dBm以下
周波数許容偏差	±(0.1ppm+12Hz)以下
占有周波数帯域幅	100MHz以下
スプリアス発射または不要発射の強度	9kHz以上150kHz未満: -13dBm/1kHz以下 150kHz以上300kHz未満: -13dBm/10kHz以下 300kHz以上1000MHz未満: -13dBm/100kHz以下 1000MHz以上12.75GHz未満: -13dBm/1MHz以下 12.75GHz以上上端の周波数の5倍未満: -13dBm/1MHz以下 ただし、1884.5MHz以上1915.7MHz以下: -41dBm/300kHz
外形寸法	292(W)×157(D)×345(H) mm
質量	約18kg(取り付け金具除く)
消費電力	50W以下

図 4-18 ローカル 5G 中継局の写真と諸元



項目	諸元
機器名	AltaX
寸法(プロペラ含む)	2,227mm
寸法(収納時)	877mm
高さ	387mm
重量	10.4kg
最大離陸重量	34.86kg
最大ペイロード	15.9kg
回転翼数	4枚
動力バッテリー	12S 44V 16,000mAh LiPoバッテリー×2本
動作周波数 (無線周波数)	2.4GHz<要確認>
動作環境温度	-20℃～+50℃
航続時間	約50分(機体のみ)
最高速度	95km/h
耐風性(飛行可能風速)	20m/s
防水性	IP規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル3(機体のみ)

図 4-19 映像用ドローンの写真と諸元



※外観イメージ

項目	諸元
機種名	SkydioX2
寸法(アーム展開時)	660mm×560mm×200mm
寸法(アーム収納時)	300mm×150mm×10mm
重量(バッテリー含む)	1.235kg
回転翼数	4枚
動力バッテリー	LiPoバッテリー
動作周波数 (無線周波数)	2.4GHz
動作環境温度	-10℃～43℃
航続時間	35分
最高速度	40km/h
耐風性(飛行可能風速)	10m/s
防水性	IP規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル3相当 (2022年中取得予定)

図 4-20 測量用ドローンの写真と諸元

ドローンで撮影した動画ファイルはPREIN(ドローン映像ダッシュボードシステム)にアップロードすることでEYE-BOUSAI(防災情報システム)に連携され、ドローン映像が参照可能となり、災害対応に役立てることが可能となる。

ドローンで撮影した動画ファイルを
PREIN（ドローン映像ダッシュボードシステム）にアップロードします。



- 動画ファイルの位置情報がEYE-BOUSAIに連携され、災害対応業務で使用する地図上にプロットされます。
- 情報を選択するとPREINに遷移し、ドローン映像や3Dモデル解析情報を参照することができます。
- これにより、様々な被害情報と重ね合わせ、照らし合わせをしながら、被害現場の状況をシステム上で確認、共有することが可能となります。

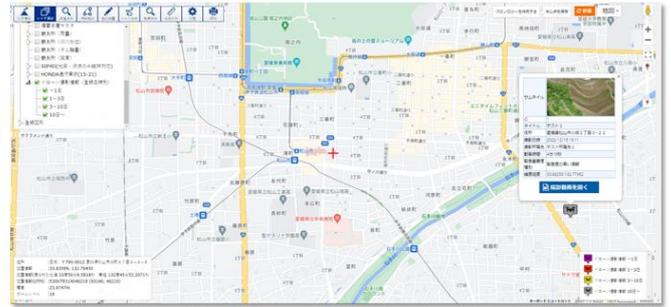
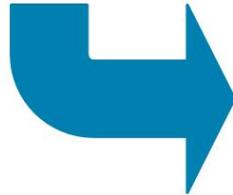


図 4-21 EYE-BOUSAIとPREINの利用イメージ

また、測量用に撮影した写真データ群をPREINにアップロードすることで3Dモデル化され、例えば土砂量等を測量することが可能となる。

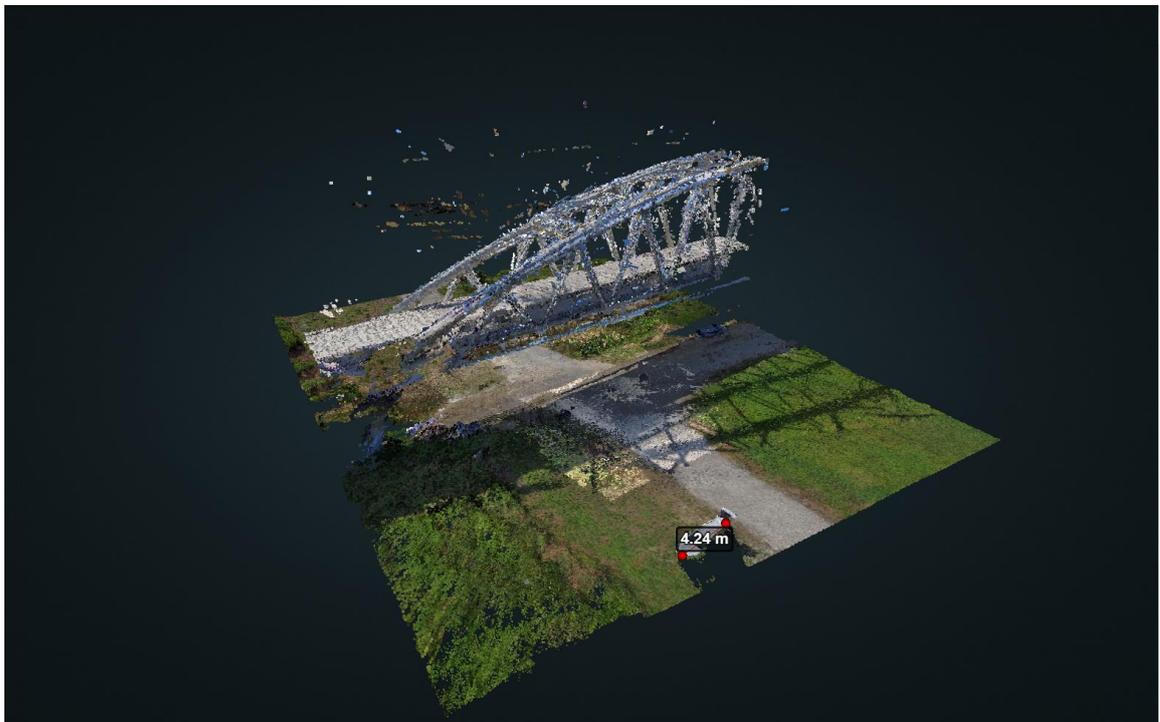


図 4-22 3Dモデルイメージ

b. 検証結果及び考察

<機能-a> ローカル 5G 中継装置が作るエリアの広さ

○検証環境

- ・エリアの広さの確認

検証日時：2023年2月6日～2月10日 9:00-16:00

サンプル数：上空16地点

- ・リアルタイム動画伝送エリアの確認

検証日時：2023年2月14日～2月16日 9:00-16:00

サンプル数：11フライト

撮影時間：平均10分/フライト

技術実証の中で確認した上りスループット 40Mbps 以上となるエリアは下図のとおりであった。ここで図 4-23 および後述する図-4-24 中の地点番号は 3.3.2 項において検証した測定点 ID を表し、ID15～ID30 の計 16 地点が上空におけるエリアの広さを確認した地点である。

なお、図 4-24 の各ポイントの位置内容は以下のとおりである。ポイント位置関係をわかりやすくするため、まず中継局サービスアンテナメインローブ方向のポイント、次に中継局サービスアンテナからの距離から近いものの順で説明する。

(説明文中の「左右」とは、メインローブ放射方向に対しての左右を示している)

- ・ポイント 17：中継局サービスアンテナメインローブ放射方向、中継局サービスアンテナからの距離 100m、高度 40m
- ・ポイント 22：中継局サービスアンテナメインローブ放射方向、中継局サービスアンテナからの距離 200m、高度 70m
- ・ポイント 29：中継局サービスアンテナメインローブ放射方向、中継局サービスアンテナからの距離 335m、高度 110m
- ・ポイント 15：中継局サービスアンテナメインローブの右縁（ポイント 17 の右）、中継局サービスアンテナからの距離 100m、高度 40m
- ・ポイント 19：中継局サービスアンテナメインローブの左縁（ポイント 17 の左）、中継局サービスアンテナからの距離 100m、高度 40m
- ・ポイント 16：ポイント 17 の上、中継局サービスアンテナからの距離 100m、高度 85m
- ・ポイント 18：ポイント 17 の下、中継局サービスアンテナからの距離 100m、高度 5m
- ・ポイント 20：中継局サービスアンテナメインローブの右縁（ポイント 22 の右）、中継局サービスアンテナからの距離 200m、高度 70m
- ・ポイント 24：中継局サービスアンテナメインローブ左縁（ポイント 22 の左）、中継局サービスアンテナからの距離 200m、高度 70m
- ・ポイント 21：ポイント 22 の上、中継局サービスアンテナからの距離 200m、高度 110m
- ・ポイント 23：ポイント 22 の下、中継局サービスアンテナからの距離 200m、高度 5m
- ・ポイント 30：ポイント 29 の下、中継局サービスアンテナからの距離 335m、高度 5m

- ・ポイント 25 : ポイント 29 の右、肱川真上、中継局サービスアンテナからの距離 335m、高度 110m
- ・ポイント 26 : ポイント 29 の右、肱川真上、中継局サービスアンテナからの距離 335m、高度 5m
- ・ポイント 27 : ポイント 29 の右、肱川上空で中継局設置位置の対岸、中継局サービスアンテナからの距離 335m、高度 110m

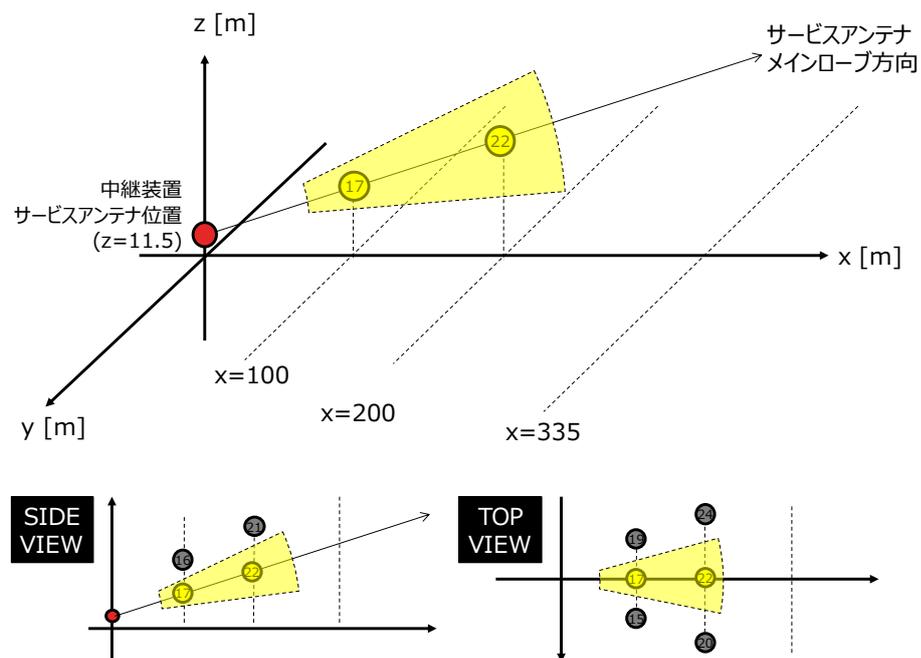


図 4-23 上りスループット 40Mbps が実現可能なエリアの推定図

この結果から、ドローンの飛行ルートを下図のとおりとし、高精細(4K)動画の撮影・リアルタイム伝送を実施した。

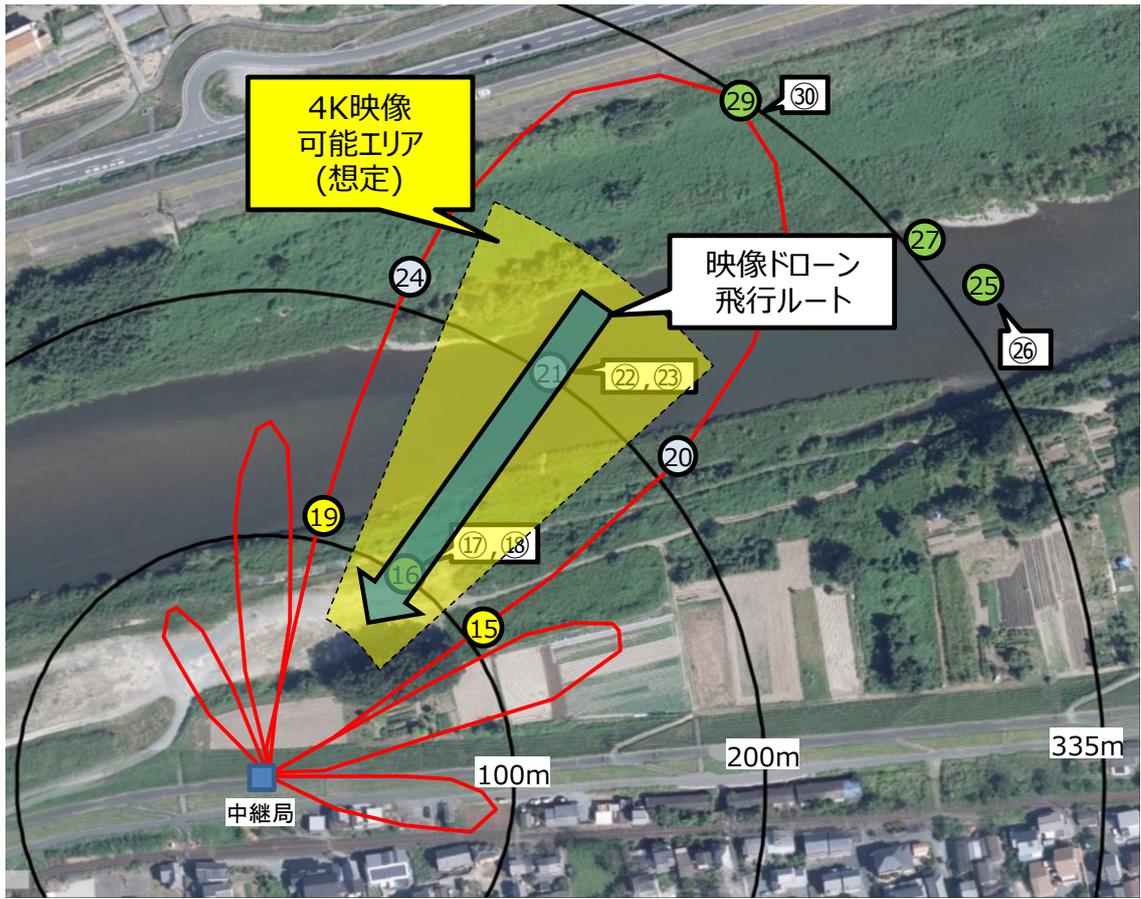
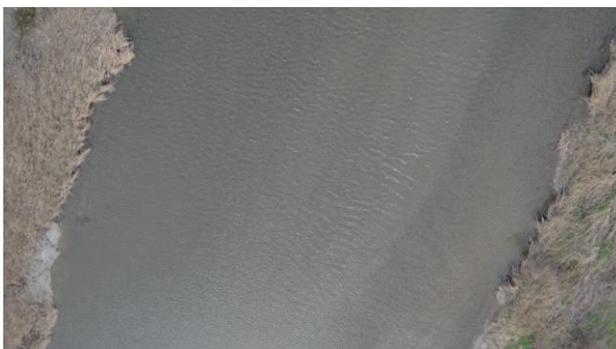


図 4-24 高精細映像撮影時のドローン飛行ルート

国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

その結果、想定されたエリアにおいて、高精細(4K)動画の撮影・リアルタイム伝送を実現することができた。ドローンから実際に撮影された映像の例を図 4-25 に示す。



(1)ポイント22付近での映像



(2)ポイント17付近での映像

図 4-25 ドローンから撮影された高精細(4K)映像の例

<機能-b> ドローンの実用性

ドローンの実用性についての検証結果は、それぞれの項目について以下のとおりであった。

○検証環境(ドローン運用環境)

実験日時	検証環境	検証内容	備考
2月6日 10:00~16:00	晴、最大風速 5m 以下	(試験飛行)	
2月7日 10:00~16:00	曇、風速 5m 以下	(技術実証)	
2月8日 10:00~16:00	曇、風速 5m 以下	(技術実証)	
2月9日 10:00~16:00	曇、風速 5m 以下	(技術実証)	
2月10日 10:00~14:30	少雨、風速 5m 以下	(技術実証)	降雨のため中止
2月13日 12:00~16:00	曇、風速 5m 以下	映像中継試行	午前降雨で中止
2月14日 10:00~16:00	曇、風速 5m 以下	映像中継×3回	
2月15日 10:00~16:00	曇、最大風速 8m 程度	映像中継×4回	
2月16日 10:00~12:00	晴、最大風速 5m 以下	映像中継×4回	

表 4-3 ドローン飛行条件

すべての検証期間中を通して、荒天の中でのドローン運用は実施していない。

2月6日~10日までの間は試験飛行及び技術実証(上空での電界強度測定等)のためドローンを運用したが、映像撮影・映像中継等、課題実証に関する運用は実施していない。

2月10日は開始当初から少雨であり、雨脚を見ながら間欠的に飛行を実施したが、14:30頃より荒天となったためその後の実験を中止した。

2月13日~16日は課題実証の映像中継の実験を実施した。

2月13日は午前中降雨のため待機していたが、昼頃より天候回復したため実験を実施した。

2月15日は一時風速が強い場面があり、ドローンの離着陸が困難になることもあった。

【ドローンの移送】

今回の実験で利用したドローンは大型機と小型機の二種類であるが、どちらも専用のハードケースに収納しており、移送そのものは容易に実施することができた。

【ドローンの発着】

今回の実験で利用した小型ドローンは、ハンドリリース(手からの離陸)が可能な機種であり、発着場所を選ばない。

対して大型ドローンは、展開時のサイズが2m×2m程度の大型機であり、安全な発着のためには4m×4m程度で、できるだけ平坦な舗装面が必要となる。

広さや平坦さだけであれば、河川敷(堤内地)の広場が適しているように思われるが、土や砂利の地面では、とくにローターの強力な大型ドローンにおいては離着陸時に土煙や砂利の巻き上げが発生してしまうため、不適當である。

今回の実証実験では、河川堤防の天端道路(舗装部が4m幅)を利用した。

ただ、天端道路は、周囲に風を防ぐ構造物がないため、離発着時に風の影響を受けやすく、注

意が必要である。

離陸後に強風となり着陸が困難となるような場合、風向きによっては堤防(土手)が風除けとして機能することがあるため、堤内地の広場等を緊急着陸場所とすることは可能である。

大型ドローン運用のためには、想定される発災地域ごとに、離着陸地点候補地をあらかじめある程度選定しておくことが必要となる。

【飛行時間・運用時間】

飛行時間は、バッテリー満充電時、カタログスペックでは40～50分とのことであったが、実験時の実際の飛行時間は、最短では20分程度のこともあった。

これは、周囲気温が低いことによる、バッテリー性能の低下のために発生する事象である。

実際の運用においては、以下の対応が必要となる。

- ・十分な数の予備バッテリーを準備しておく
- ・ドローン飛行中に他のバッテリーを充電可能な設備(発電機やPHEV車両等)を準備しておく
- ・バッテリーウォーマ(バッテリーを暖める装置)を利用し、バッテリーの温度管理に留意する

【天候の影響】

今回利用した装置は試作品であることからペイロードを含めたシステム全体として防水性能を十分には具備しなかったが、ドローン本体はIPX3相当の防水性能(垂直から左右60度以内の降雨による有害影響なし)を備えている。しかし実際にはドローン操縦用のプロポや操作系のパソコン等が非防水の場合があり、雨天下での運用には十分な注意を要す。

もとより本ソリューションのユースケースは、災害の際の荒天中での運用を目的としたものではなく、被災がある程度落ち着いた災害対応フェーズの初期段階での運用を目的とするものではあるが、それでも少雨下での運用は想定すべき状況であると言える。可能な限り防水・防雨対応の設備を利用すべきではあるが、少雨下の運用であれば、ビニル袋やビニルシートを利用した簡易的な養生でも一時的な利用に耐えることはできる。実際の対応には、ビニル袋・ビニルシート・プラダンシート・テープ類等の養生資材を準備しておくことが必要となる。

また、強風下での運用について、特に自重のある大型ドローンは、いちど離陸してしまえばある程度安定した運用が可能であるが、離発着時には転倒事故の恐れがあり、慎重な運用を要す。特に、離陸後に風が増した場合、着陸ができなくなる恐れがあるが、ドローンのバッテリーは短ければ20分程度で払底してしまい、その場合には墜落のリスクもある。強風が懸念される環境では、着陸プロセス用のバッテリー残量に十分注意するほか、非常用の着陸ポイントを確保する等の対策が必要となる。

【その他運用上の課題等】

河川敷の広範なエリアでドローンを飛行させる場合、パイロットからの目視外飛行となるケースが発生する。この場合はドローンの状態を目視できる補助者を配置する必要があり、注意を要する。このようなケースが想定される場合に風水害などは、あらかじめ補助者となりうるメンバーを現地に同行させ、また必要な連絡手段(ハンディ無線機(特小・MCA・デジタル防災無線機等)

や携帯電話等)を確保しておく必要がある。

<機能-c> 測量データの有用性

検証結果を以下にまとめる。

○検証環境

検証日時 : 2023年2月14日 154:00-16:00

検証環境 : 晴れ、12℃、北西の風約4m

撮影回数 : 3回

○検証項目 (1) : 解析時間 60分以内

ファイルのアップロードから解析時間 (3回実施)

No	ファイル名称	ファイル枚数 (サイズ)	3D化 時間	解析時間 60分以内
1	大洲3D生成-1	215枚 (1.7GB)	11分3秒	OK
2	大洲3D生成-2	319枚 (2.9GB)	15分33秒	OK
3	大洲3D生成-3	181枚 (1.5GB)	7分50秒	OK

表 4-4 ファイルアップロード解析時間

○検証項目 (2) : 公差 10%以内

検証車両 : ハイエースバン (標準タイプ) 全長 : 469.5cm

検証結果 : 3Dモデル作成後車両全長を計測 約 : 469cm

※手動による計測のため誤差はあるが、おおむね10%以内には収まっている。



図 4-26 公差検証結果大洲3D生成-1、大洲3D生成-3

上記結果より、解析時間、公差ともに目標を上回る結果が検証できた。

○検証項目（3）：発災時点での測量データの活用方法

検証の結果により、発災時に使用する時間的制限、公差をもとにした精度的な制限はクリアできている。また、ドローン自体も専用のドローンを使用せずに実施できることから発災時即座に計測可能な情報を提供することができる。

実際に土量の概算を取得する際に必要な断面（高さ幅）、奥行きも計測できることが実証できたため迅速な土量の概算などに活用できると考えられる。

この事により、発災時の早期対応に必要な現場復旧工事の作業計画や必要重機の量（算定された崩落土量から必要なダンプの台数、作業人数、必要な重機 等）を概算することができ、民家への影響や道路遮断など市民生活に影響のある緊急性が高い初動工事の情報収集の時間を削減できると考えられる。また、本格的な復旧に向けての現場状況の確認を各業者が現場に入る前に状況が確認できるため、必要な物資の事前準備など段取りに対しても有効との声を愛媛県の防災担当職員から頂いている。



図 4-27 検証結果瓦礫の高さ測定大洲3D生成-2

<機能-d> データ交換のための標準化・汎用化

標準化・汎用化に向けては、内閣府様が整備する防災IoT基盤との連携について、内閣府様と協議を行った。これを実現することにより、ドローン等により撮影した災害状況の映像を自県下だけでなく他自治体や関係団体にも共有することができ、災害対応に役立てることができるという認識で一致した。また広域防災の観点からも迅速な状況の共有ができる事は有用であるとの意

見も頂けた。

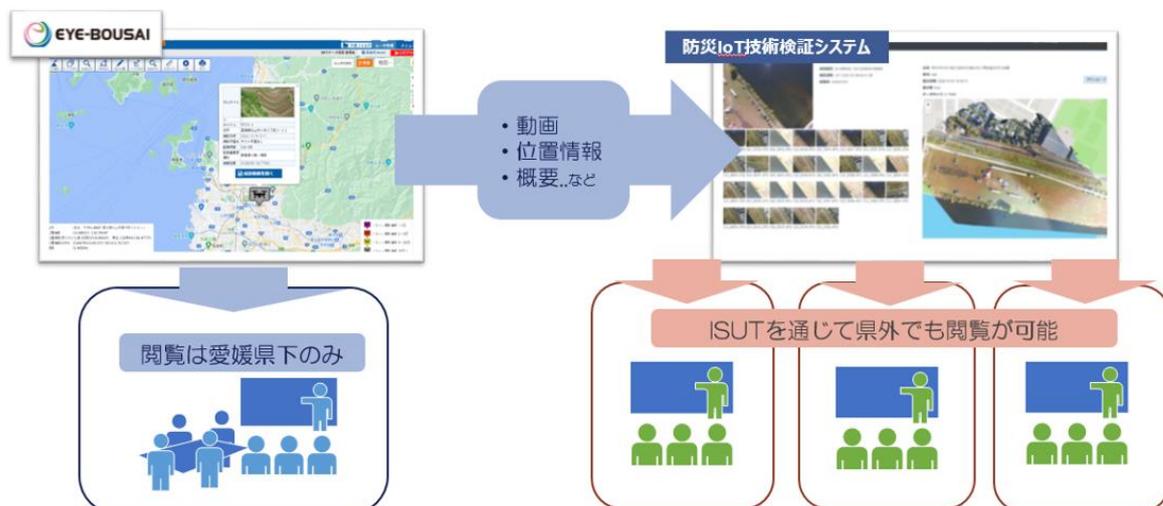


図 4-28 防災 IoT 基盤の利用イメージ

防災 IoT 基盤については手動アップロードにも対応しているとのことから、まずは本実証で取り扱う動画をアップロード検証させていただくこととなった。下図の通り方式やルールを確認しつつも、標準化・汎用化の観点から 4K 動画を加工せずそのまま防災 IoT 基盤にアップロードを行ったところ、特に問題なく登録することができた。

	PREIN	IoT基盤
動画形式	mp4形式	mp4形式
アップロードサイズ	(4K高精細映像まで取り扱えることを意識して) 10GBまで	5GBまで
アップロード方法	アップロードサイトより手動アップロード	アップロードサイトより手動アップロード
経路情報	無し	CSV形式
位置情報	アップロード時に地図より選択	※経路情報に含まれる
動画サイズ	1280px×720px (HDサイズ) ~ 1920px×1080px (FullHDサイズ)	1280px×720px (HDサイズ) ~ 1920px×1080px (FullHDサイズ)

表 4-5 PREIN と防災 IoT 基盤の方式の比較

防災 IoT 基盤では今後、映像伝送クラウドを用いたファイル取り込みが予定されている。本実証では手動アップロードによる共有を行ったが、将来的には EYE-BOUSAI から県外に共有したい動画を選択・データ連携を行う事で、発災時におけるより一層の迅速な情報共有が見込まれる。こういった事から、将来的には本ソリューションの拡張という点で、EYE-BOUSAI からのデータ連携についても継続して検討・協議していく。

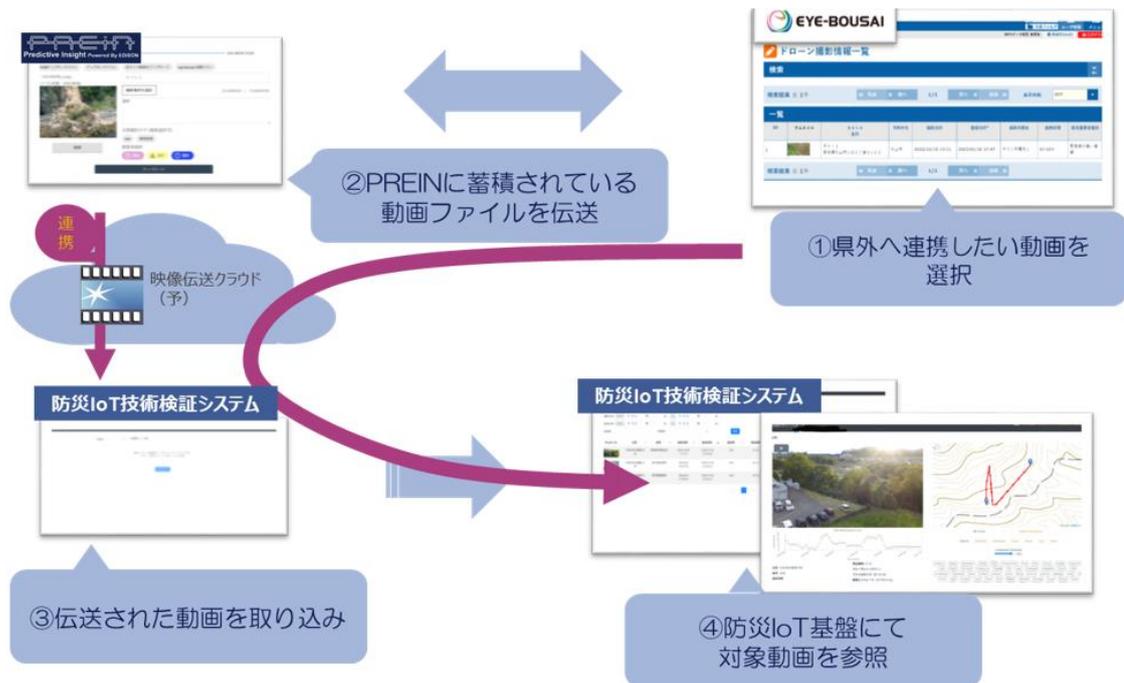


図 4-29 EYE-BOUSAI から防災 IoT 基盤へのデータ連携イメージ

(2) 運用検証

1) 検証項目

(実証ア)から(実証エ)の運用検証において、以下の2点の評価・検証項目を取り扱う。

<運用-a> 展開手順・展開の容易さ

本ソリューションは自治体防災業務における効率化や迅速化を目的としたものであるため、各装置の設置や展開について容易であることが求められる。展開時間については効果検証の中で測定を行うが、運用上の定性的な展開の容易さについても併せて確認を行うものである。

<運用-b> 実際のデータ/解析情報利用までの流れ

本ソリューションは自治体防災業務における効率化や迅速化を目的としたものであるため、データの利用や解析について、及び解析された情報について、その操作や扱いが容易であることが求められる。解析時間等については効果検証の中で測定を行うが、運用上の定性的な展開の容易さについても併せて確認を行うものである。

2) 検証方法

本実証事業においては、基地局・中継局各装置はあらかじめ必要な設定を施し、一部は物理的にも組み上げた状態で、基地局の設置場所となる大洲庁舎内の倉庫スペースに収納し、展開はそ

の状態から行った。

組み上げた後のサイズは高さ 60cm×幅 60cm×奥行き 110cm 程度の車輪付きの 19 インチラックであり、庁舎内を転がして搬送が可能で、通常サイズのエレベータにも積載が可能であることから、とくに搬送上の問題は発生しない。

基地局・中継装置各々の展開内容は下記とおりである。

- ・ 基地局：メインラック(5GC、BBU、SW)の運搬及び設置
RRU の屋上への設置、そのためのアンテナポール設置、電源・配線の敷設
- ・ 中継装置：装置一式(中継装置、サービス/ドナーアンテナ、アンテナポール、発電機)の運搬
アンテナポール設置とアンテナ設置
ドナーアンテナの方向合わせ(基地局に向かって)
サービスアンテナの方向合わせ(業務区域に向かって)

そのうえで、各々の項目について以下のような評価・検証を行った。

<運用-a> 展開手順・展開の容易さ

- ・ 展開手順に無理がないか、自治体職員で実施できる内容かの確認

基地局・中継装置それぞれを展開手順に従って実際に展開する中で、実施内容・操作内容の確認を行った。この展開作業は、実装時には自治体職員が実施できることが望ましいため、可能な限り平易な操作にとどまるように留意したが、実際に自治体職員へのヒアリング等を通じ、その確認を行った。

- ・ 展開時間の測定

基地局・中継装置それぞれの展開について所要時間を測定した。本ソリューションは災害時の初動迅速化を目指したものであるため、移送時間を除き、展開はおおむね 1 時間程度に収めなければその目的を達することが困難となる。

<運用-b> 実際のデータ/解析情報利用までの流れ

- ・ 各装置の展開後、利用開始できるまでの流れに無理がないか

基地局・中継装置が展開された後、実際にエンドツーエンドの通信が疎通し、利用開始できるまでの流れにおいても、展開と同様に実施内容・操作内容の確認を行い、実際に自治体職員へのヒアリング等を通じ、その確認を行った。

3) 検証結果及び考察

<運用-a> 展開手順・展開の容易さ

【結果】

検証結果・ヒアリング結果は、以下の通りとなった。

- ・ 基地局の容易さ : 物理的な設置は、重量搬送以外はとくに問題はなかった
ただし、設置以外の起動操作がやや困難に感じた

- ・基地局の展開時間 : 60 分程度
- ・中継装置の容易さ : 物理的な設置以外の操作がほぼ不要で極めて容易であった
- ・中継装置の展開時間: 30 分程度

また、実証実験中だけの操作として、基地局の再起動を実施する機会があったが、その操作もやや困難に感じるとのコメントがあった。ただしこの再起動操作は、基地局の設定変更を反映するために実施する必要があったもので、実際の運用の中では発生しない想定である。

【考察】

基地局は、あらかじめある程度の設定を投入して組み上げておけば、物理的な設置や展開自体は実施可能であることがわかった。ただし、今回使用した可搬型 19 インチラックが大型のものであったため、倉庫から設置場所への搬送に若干の注意を要した。

物理的な設置後の起動等の操作についても、投入済みの設定等に基づいたマニュアルをあらかじめ作成し、手順化することで対応が可能であることが分かった。ただし、この方法では柔軟性には欠けるため、たとえば今後、設置条件によって複数の設定パターンを切り替えて起動するような場合には、対応が困難となる可能性があると考えられる。

また、RRU を屋上に設置するにあたり、電源線及び光配線が必要となるが、実験で利用した庁舎の屋上には既設の電源設備や配線・配管等が存在せず、仮設配線を敷設することで対応した。

今後、ローカル 5G に限らず、災害時等に臨時的無線サービス等を利用することは大いに想定されることから、屋上に空中線設置用のポールや、電源設備、及びサーバ室等への LAN/光配線(空き心線)あるいは配管ルート等をあらかじめ準備しておくことが望ましいと考えられる。

対して中継装置は、ゲイン以外の設定事項がなく、ゲイン値も今回はあらかじめ設定済みであったため、物理的な設置以外の設定操作等は全く不要であった。このため、無線装置等の扱いに不慣れた自治体職員であっても比較的扱いやすいものであると考えられる。

災害時に迅速にローカル 5G 機器を展開できるかという点では、60 分以内という時間は満足のいく結果であった。ただし現状、自治体職員のみで運用を行うことはリソース上難しく、協力団体や民間企業と協定・外部委託する等して協力体制構築を検討していく必要がある。

<運用-b> 実際のデータ/解析情報利用までの流れ

【結果】

ローカル 5G 系の展開完了後は、ルータ型の端末装置と PC を接続することでデータ伝送の利用が可能となる。このルータ型端末は、いわゆる「モバイルルータ」と同様の装置であり、ユーザに特別な操作を求めず、Wi-Fi や USB 等で接続するだけで利用が可能となる。

ただし、当該装置はローカル 5G エリア内でのみ利用可能な装置であるが、今回の実験では、河川敷エリア(中継局を設置した近辺)において、どこがローカル 5G エリアであるかが、現場でやや分かりにくい欠点があった。当該装置には通常の携帯電話端末と同様の電界強度表示(いわゆる

るアンテナ表示)の機能も具備されているため、これを確認しながら利用することで対応は可能であるが、実運用にあたってはこの点をマニュアル化し、トレーニングを実施する必要がある。

ルータ型端末装置を利用可能なローカル 5G エリアは実際の設置箇所にもよることから、今後サービス化において設置場所が具体化し次第、エリア概略とともに電界強度表示の確認方法を盛り込んだマニュアルを作成し、取り扱い説明時にあわせて、ローカル 5G エリアの確認方法についてと、想定されるローカル 5G エリアについてのトレーニングを実施していくこととする。

中継装置のサービスアンテナ付近は中継波による利用可能エリアとなるが、今回の実験ではサービスアンテナに仰角を持たせており、PC を利用する地上高 1~1.5m 程度の場所は、良好なエリアではなかった。

また中継装置のドナーアンテナ付近は基地局からの直接波によるエリアとなるが、ドナーアンテナも地上高 3m で仰角を持たせており、ドナーアンテナの直下部分では、若干スループットの悪い場合が見受けられた。

【考察】

各装置の展開後の操作については、キャリア 5G のモバイルルータ等を利用する場合と操作は変わらず、無線装置等の扱いに不慣れな自治体職員であっても非常に扱いやすいものであった。つまりデータ取得後の取り扱いについては災害対応時においても問題なく運用が可能である。ただし取得前のローカル 5G エリアの確認方法等については、自治体職員で運用する場合はマニュアル化やトレーニングが必要であるが、運用-a の考察で述べているように、現状、自治体職員のみで運用を行うことはリソース上難しく、協力団体や民間企業と協定・外部委託する等して、運用をカバーしていく必要がある。

(3) 効果検証

1) 検証項目

(実証ア)から(実証エ)の効果検証において、以下の4点の評価・検証項目を取り扱う。

<効果-a> エリア展開・情報取得に要する時間

エリア展開に要する時間として、本実証事業に利用する各機器の設定・設営等に必要な時間を計測し、実際の災害時における迅速な情報収集に資するものであることを確認する。

具体的には、設備の展開に要する時間が2時間程度に収まることを確認する。

<効果-b> 取得したデータの品質(解像度・測量精度)

ドローンから撮影した画像において、「ヒトがヒトと識別できる程度」の画像品質が確保できることを確認する。これは、撮影した画像から被災者を識別可能な最低限の品質を確保するためである。

「ヒトをヒトと識別できる程度の画像品質」とは、成人の肩幅が約40cm、頭部幅が約16cmで

あることから、1pixel=10cm 程度の解像度を想定している。

200m を HD 解像度の短辺 1,080pixel でおさめた場合は 1pixel=約 20cm、4K 解像度の短辺 2,160pixel でおさめた場合は 1pixel=約 10cm となることから、4K 解像度で実現できるものと想定しており、これを確認する。

＜効果-c＞ データ伝送速度またはデータ伝送に要した時間

4K 映像はリアルタイム伝送が必要であるため、40Mbps 程度の帯域が必要となる。

測量データは 1GB 程度を想定しており、これを 5 分程度で伝送可能としたいため、30Mbps 程度の帯域が必要となる。

これらが満たされることを確認する。

＜効果-d＞ データ解析精度及び解析に要した時間

測量と同様の考え方で、土砂量の精度について公差 10%程度が必要であり、これを確認する。

また解析に要する時間は 60 分程度以内におさめる必要があるため、これを確認する。

2) 検証方法

＜効果-a＞ エリア展開・情報取得に要する時間

設備の設定・設営に要する時間を測定する。

またドローン撮影中の飛行速度を確認し、かつ撮影に要した時間も測定する。

＜効果-b＞ 取得したデータの品質(解像度・測量精度)

取得した画像を目視し、評価する。またテストチャート撮影等を実施し、分解能を確認する。

＜効果-c＞ データ伝送速度またはデータ伝送に要した時間

テストデータ送付に要する時間を測定する。

確認方法は、以下により実施する。

- (1) 地上に設置した測定 PC と上空ドローンの間でツールによる速度試験を実施 (iperf 試験)
- (2) 地上側の 4K 映像受信 PC 上で受信伝送速度を測定

＜効果-d＞ データ解析精度及び解析に要した時間

取得したデータの品質(距離誤差)について確認を行う。

既知物体(車両等)の実測データを用いて、測定誤差の確認を行う。

また、テストデータの解析に要する時間を想定する。

3) 検証結果及び考察

＜効果-a＞ エリア展開・情報取得に要する時間

測定日： 2023年2月14日

天候： 曇り

時間帯： 09:00頃～10:00頃

No	分類	細目	所要時間	備考
1	ローカル 5G 基地局	移送	15分	2名対応
2		5GC等の開梱・設置	5分	※No1同
3		LANの仮設配線	20分	※No1同
4		アンテナポール・RRU設置	20分	2名対応
5		電源・LANの仮設配線	20分	※No4同
6		基地局の起動	20分	
7	ローカル 5G 中継装置	移送	15分	3名対応
8		中継装置設置・起動	5分	※No7同
9		アンテナポール・アンテナ設置	15分	※No7同
10		方向合わせ	5分	※No7同

表 4-6 エリア展開時間

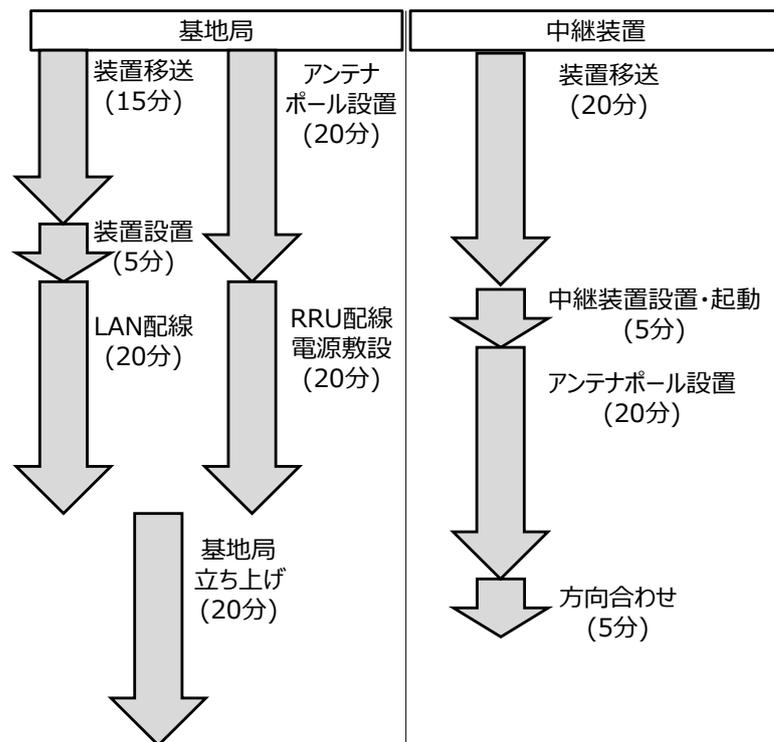


図 4-30 エリア展開時間

上記には並行作業もあり、総じて、開始から 60 分程度で通信疎通まで至らせることができた。

<効果-b> 取得したデータの品質(解像度・測量精度)

○検証環境

検証日時：2023年2月14日 14:00-16:00

検証環境：晴れ、12℃、北西の風約4m

撮影回数：3回

【解像度】

映像の解像度については、当初目標である「ヒトがヒトと識別できる程度」を十分に確保できた。画像例を図4-31に示す。個人の識別までは至らないが、十分にヒトを識別できている。また、同図で人物が掲げているのはA4紙(横30cm×縦21cm)であるが、ここに書かれた「L5G」の文字を判読できる程度の高精細画像を取得することができた。

同様に「愛媛」の文字についても試行したが、こちらは判読ができなかった。ただしこれは、今回は実装しなかったカメラのズーム機能により補えるものであると考える。



図 4-31 高精細画像の例

【測量精度】

車両の写真を3D解析し、車長・車幅・車高のそれぞれを図上測定した。また実際の値と比較した。

	測定値	実際の値	誤差	備考
車長	469cm	469cm	0cm(0%)	
車幅	170cm	169cm	1cm(約0.5%)	
車高	200cm	198cm	2cm(約1%)	

表 4-7 車両(3D解析)の測定値

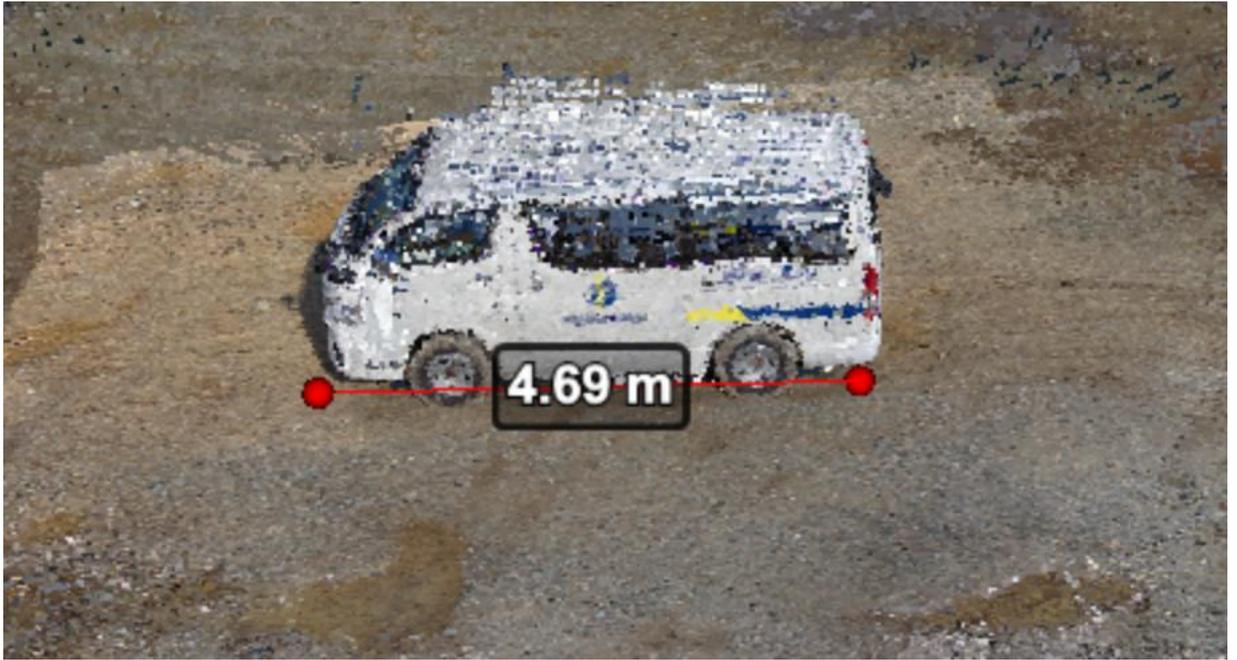


図 4-32 車両の3D 解析結果の計測車長



図 4-33 車両の3D 解析結果の計測車幅



図 4-34 車両の3D 解析結果の計測車高

<効果-c> データ伝送速度またはデータ伝送に要した時間

○検証環境

データ伝送速度

検証日時：2023年2月9日（晴れ）、10日（小雨） 9:00–16:00

サンプル数：60/地点（1s 平均×60s×1回）

データ伝送

検証日時：2023年2月14日（晴れ）

No	分類	条件	伝送速度	備考
1	4K 画像伝送	ドローン位置 17 付近/高度 40m	65.5Mbps	
2		ドローン位置 22 付近/高度 70m	45.9Mbps	
3		ドローン位置 28 付近/高度 110m	33.8Mbps	
4	データ伝送	中継装置付近	30Mbps	1GBytes 送信時間 5分

表 4-8 条件ごとのデータ伝送速度

上り伝送速度については、上表及び下図の通りとなった。

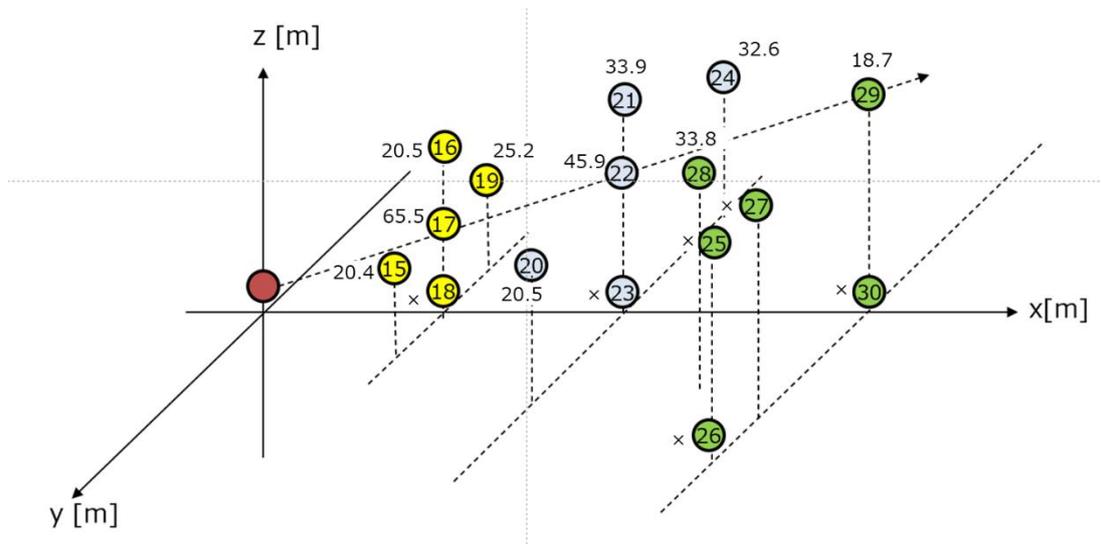


図 4-35 上り伝送速度の実測値(図中の数値が[Mbps])

図のとおり、x 軸を中心に対象とはならず、若干の差が出る結果となった(例: ポイント 24 の 32.6Mbps に対しポイント 20 が 20.5Mbps)。これは、中継装置のサービスアンテナのメインローブ方向が微妙に y 軸負値側に偏っていたことが原因と考えられる。

4K 放送品質(30Mbps)を伝送可能なエリアはおおむね下図のとおりとなった。

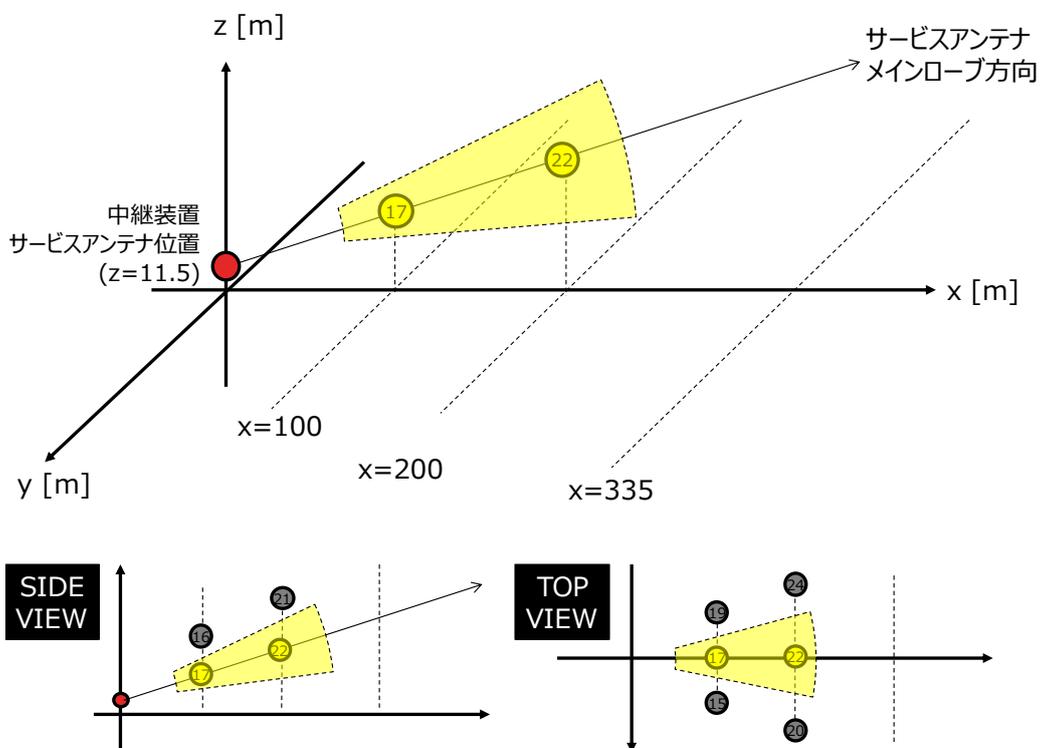


図 4-36 4K 放送品質(30Mbps)を伝送可能なエリア

<効果-d> データ解析精度及び解析に要した時間

3D データ解析に、以下の時間を要した。

- ・ 検証環境

検証日時：2023年2月14日 14:00-16:00

検証環境：晴れ、12℃、北西の風約4m

撮影回数：3回

- ・ 取得したデータの品質(距離誤差)

(1)機能検証の通り品質(距離誤差)は目標値を上回る事ができ、有用性を示せた。

- ・ ファイルのアップロードから解析時間(3回実施)

下記の通り、3D化の解析時間に合わせてファイルのアップロード時間を加味したそう時間を算出し、合計しても目標値を上回ることができた。

No	ファイル名称	ファイル枚数 (サイズ)	アップ ロード 時間	3D化 時間	総時間	解析時間 60分以内
1	大洲3D生成-1	215枚 (1.7GB)	3分2秒	11分3秒	13分5秒	OK
2	大洲3D生成-2	319枚 (2.9GB)	4分30秒	15分33秒	20分3秒	OK
3	大洲3D生成-3	181枚 (1.5GB)	2分23秒	7分50秒	10分13秒	OK

表 4-9 ファイルアップロードの総時間

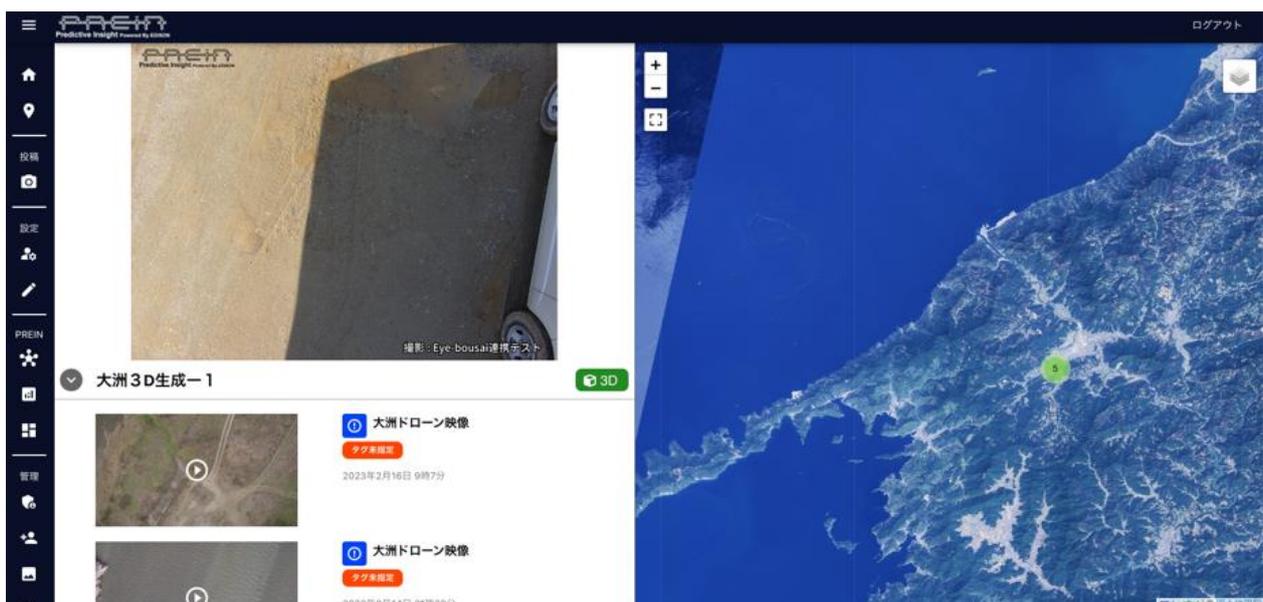


図 4-37 ドローン情報共有システム上への共有イメージ

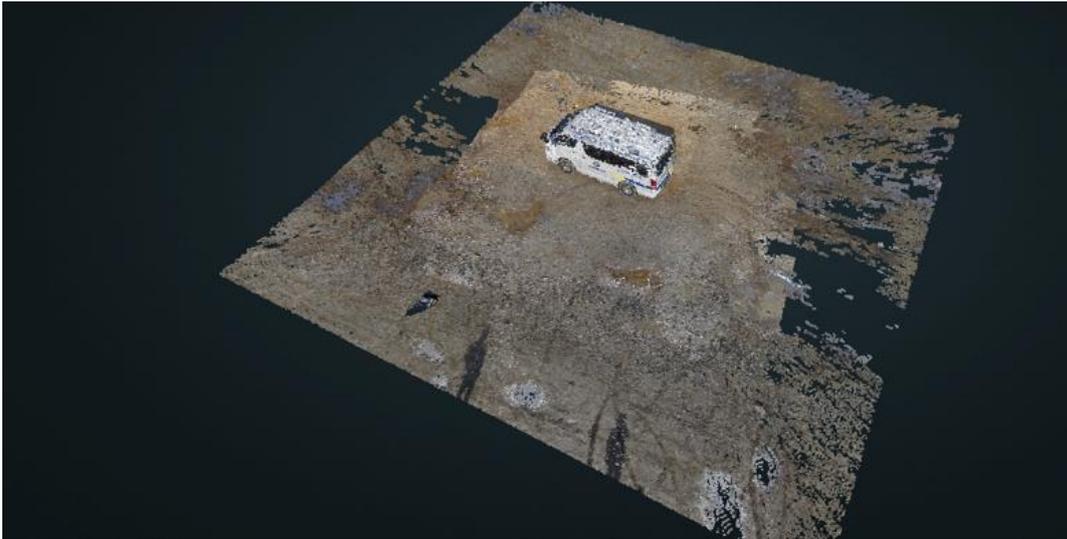


図 4-38 システム上での解析結果の表示イメージ

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

以下のいくつかの観点から有効性について総評を行う。

- ① 災害時に、自治体職員の手で対応ができるかという観点
- ② 迅速性の観点
- ③ 使い勝手・ユーザビリティの観点
- ④ 精度・正確性の観点
- ⑤ 基地局及び中継局の設置位置
- ⑥ ユーザヒアリング結果

①災害時に、自治体職員で対応ができるかという観点

基地局の設置について、今回の実証実験の範囲内であれば自治体職員であっても対応は可能であると考えられる。ただし、実際の対応においては、基地局の設定値等をそのまま利用できないケースも考えられ、その場合はパラメータの決定や設定操作が必要となる。これらの操作等についても、マニュアル化による対応が不可能ではないと考えられるが、実際はハードルが高いものとなることが想定される。

対して中継装置の設置は、設定項目は利得設定のみであり、これもその場での入力レベルを読んで設定値を定めるマニュアルを容易に準備可能である。実際の災害時においても、技術的には自治体職員の手で容易に利用が可能なるものと想定される。

これらを合わせると、自治体職員のみで運用を行う場合においては、ローカル 5G 基地局は、利用形態やエリアを定めて平時から設置・利用することが望ましいと考えられる。この場合、エリアが固定化されてしまうことになるが、有事の際には操作が容易な中継装置を活用し、既存のエリアを拡大することで対応する、というモデルが有効になるものとする。

②迅速性の観点

実証実験の範囲ではおおむね1時間程度で利用開始できており、大きな問題はなかった。

今後、さらに迅速な対応のため、庁舎屋上に空きポールや空き電源・空き配線(LAN/光)または配管等があることが望ましく、新たに庁舎建設や改装等を行う場合には、これらに留意されることが望ましい。

③使い勝手・ユーザビリティの観点

ローカル5G系が展開された後は、使い勝手やユーザビリティの観点では、Wi-Fi利用やキャリア5G利用と特に変わることがなく利用できた。

④精度・正確性の観点

精度や正確性の観点で、上り伝送速度については、おおむね想定通りの結果となった。

高精細画像が利用可能なエリアは距離で150m程度、幅が60m程度で、ドローンの有視界飛行エリアと比較しても適当な広さであったと言える。

今回の実験では、中継装置サービス側の空中線指向性を、距離に重きを置いたものとしていたが、この特性を変え、より幅広のものにする等は、技術的には容易に対応が可能である。

また、今回の実験では中継装置を1台だけ利用したが、中継装置は並列に配置することも可能であり、これによりさらに広範囲をカバーさせることも可能となる。今後ドローンの無視界飛行も想定した場合に有効な手段となる。ただしその場合は、並列に配置した中継装置間で相互に発振が生じないような留意が必要となる。

④ 基地局及び中継局の設置位置

想定される発災地のいくつかについて、基地局及び中継局の設置位置の想定を行った。なお、本想定は案段階であり、設置にかかる具体的な調整や詳細現地調査は未実施である。今後、防災訓練の実施場所として、参考とする。

災害種別	発災地	設置位置	備考
津波	愛南町 西海地区	基地局：NTT 西日本伊予西電話交換所 中継装置：海岸部	
	西予市 三瓶地区	基地局：西予市 三瓶支所 中継装置：朝立川堤防・沿岸部	
	宇和島港	基地局：宇和島市役所 中継装置：宇和島新港・海岸部	
河川氾濫	川之江町 金生川	基地局：県立川之江高校 中継装置：金生川堤防	
	西予市 肱川	基地局：県立野村高校 中継装置：肱川堤防	
土砂災害	久万高原町 美川地区	基地局：久万高原町役場 美川支所 中継装置：面河川河川敷	
	鬼北町 日吉地区	基地局：鬼北町 日吉支所 中継装置：日向谷川・鍵山川沿い	

表 4-10 想定される発災地の基地局及び中継局設置位置(案)

上記以外の展開に備えて、設置位置の選定ポイントは以下の通りである。

設置施設	選定ポイント
基地局	以下の観点から、庁舎・役場・学校等の公立施設または電話局等のインフラ設備拠点を活用することが望ましいと考える <ul style="list-style-type: none"> ・施設自体の耐災害性(建物倒壊リスク、電源喪失リスクが低い) ・高速ネットワークが整備済みであること ・非常時にも要員の参集が想定されていること
中継装置	<ul style="list-style-type: none"> ・基地局からおおむね 500m 以内程度(距離により空中線指向性を調整) ・基地局と視通があること(LOS) ・普通車で進入可能であること(さらに小型貨物車が可能であれば望ましい) ・少なくとも 4m×10m 程度開けた場所が望ましい ・舗装面または硬い地表が望ましいが、軟弱地の場合は敷板等を調整のこと

表 4-11 設置位置の選定ポイント

⑥ユーザヒアリング結果

また愛媛県様と本実証の内容を踏まえてローカル 5G を利用したドローンによるリアルタイム高精細映像空撮の有用性についてヒアリングを行った。ヒアリングの中で、想像よりも遥かに現場を詳細に視認する事ができたということで、本実証が災害対応時に有用である事が改めて認識できた。例えば災害による道路被害に対応する際、ただの倒木なのか電柱の倒壊なのかをいち早く知る事ができれば、より迅速な対応・復旧が可能との事であった。倒木であれば県で対応、電柱であれば電力会社に対応する必要があるため、その確認・切り分けをスムーズに行う事が重要との事であった。ドローン空撮による 4K のリアルタイム映像であれば、災害対策本部に居ながら十分にその判断ができるとのこと。

また実証の中で、河川敷の地面に敷設されていた細いロープも視認できた場面があったが、4K 映像なら電柱の倒壊に伴い、切断し、垂れ下がった電線があった場合でも視認できるという事が確認できた。これは災害救助にあたる人々の安全をも守れる事が期待できる。今回の実証で孤立状態の早期解消にも繋がり、人命が守られる可能性があるという点においては、本ソリューションが利用できる状況では非常に有効な手段だのご評価頂けた。

一方で、発災時において迅速に利用できるか、職員だけで対応できるか、と言った不安も課題として残った。まずは本実証の構成である基地局×1、中継局×1にてスモールスタートし、防災訓練での利用や、実際の災害での利用を図りながら最適な構成について模索していくこととする。

総じて、実際に災害時に利用する場合には、以上のような課題はあるが、実証実験として一定の有効性は確認できる結果となった。

【課題と対応策】

一方で、もともと災害発生時に可搬型ローカル 5G 装置を災害現場へ移送し、ローカル 5G エリアを構築するモデルを検討しており、基地局の常設は相反する部分がある。災害発生時に自治体職員のみでローカル 5G 機器の設置や取扱いを行うのは難しいことから、協力団体や民間企業との協定締結やサービス委託といった体制構築を検討していく必要がある。

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

1) 検証項目

ユースケース・価格モデルは、ローカル 5G 基地局装置 1 台にローカル 5G 中継装置 1 台のセットが基本形であるが、遠距離の災害発生地まで到達させたい場合のモデル例(多段リレーパターン)と、ドローンエリアを広範に取りたい場合のモデル例(ドローンエリア拡張パターン)等の検討を行う。

とくに後者は技術的な可否についても検討を行う。

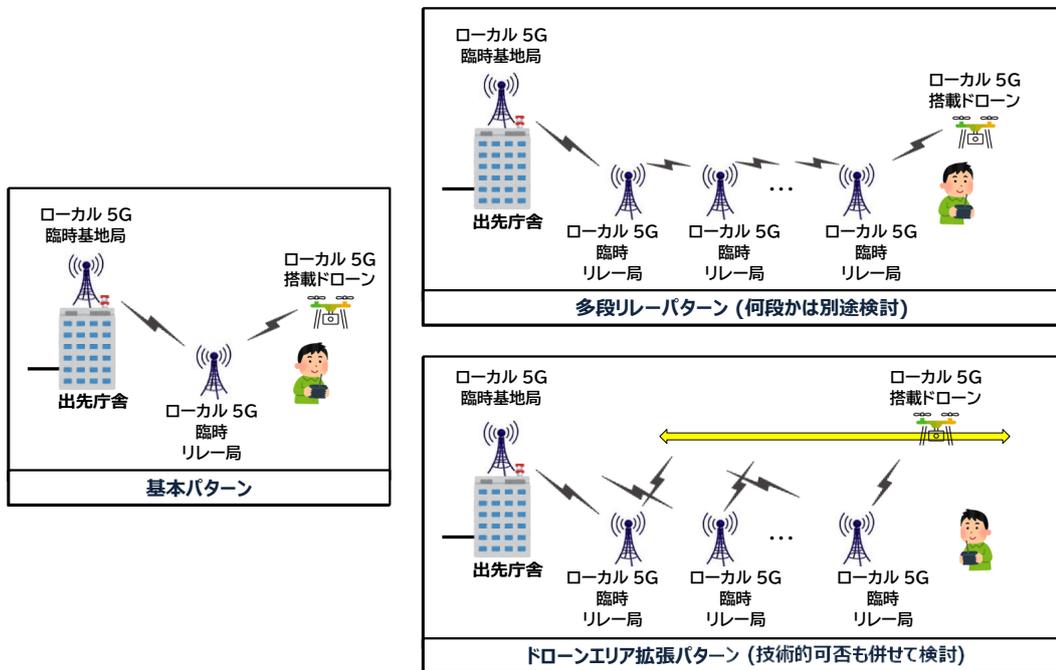


図 4-39 検討するユースケース・価格モデルの例

また併せて、これらのモデルを複数の自治体で共有することができないか、検討を行う。

たとえばローカル 5G 基地局装置を占有する場合、現在の想定では、年間 1,000 万円～2,000 万円程度の費用が必要となる。対して、本実証実験の本来のユースケース(災害対応)に利用することだけを考えると、ひとつの自治体で年間の利用回数は数回程度と考えられ、費用に対しての利用頻度は少ないと考えられる。

本実証実験で利用する装置等を複数の自治体で共有し、費用の按分をはかることができる。同時には災害が発生しないような複数の自治体をうまく組み合わせることで、利用上の制約を抑えながら経済性を向上させることができないか、モデルケースの検討を行う。

2) 検証方法

本実証実験の中で、ローカル 5G 中継装置により拡張可能なエリアサイズが判明すれば、どちらのパターンについてもモデルを作ることができるものと想定する。そのために必要となるエリアサイズのパラメータを実証実験中に取得・測定する。

3) 検証結果及び考察

本実証から得られた、ローカル 5G 中継装置による拡張可能なエリアサイズは下記の通りである。

- ・基地局、レピータ間の距離：約 400m
- ・ドローンエリア：上りスループット 40Mbps が実現可能エリア：100m～200m

上記からモデル例について、愛媛県様と検討を行った。その中でドローンエリア拡張パターンはレピータの設置や構成が複雑になる事、また上空へのレピータ利用についてはまだまだ課題がある事から現実的では無いとの結論に至った。

多段リレーパターンについては、何らかの事例をベースにしたほうが検討しやすいと考え、2022 年 12 月 23 日に愛媛県久万高原町で発生した、記録的な大雪による被害をケースに検討を行った。

- ・モデル：久万高原町道路寸断による集落の孤立
- ・背景：本被害では停電とともに倒木が発生して道路が寸断され、一部の集落で孤立状態が発生し、自衛隊の派遣要請も行われている他、実際に死者も出ている。愛媛県様によれば、雪によりヘリが飛ばせる状況ではなく、ドローンであれば飛ばせた可能性があり、道路の状況把握に利用できたのではないかとこのことから、本ケースが適当と判断した。

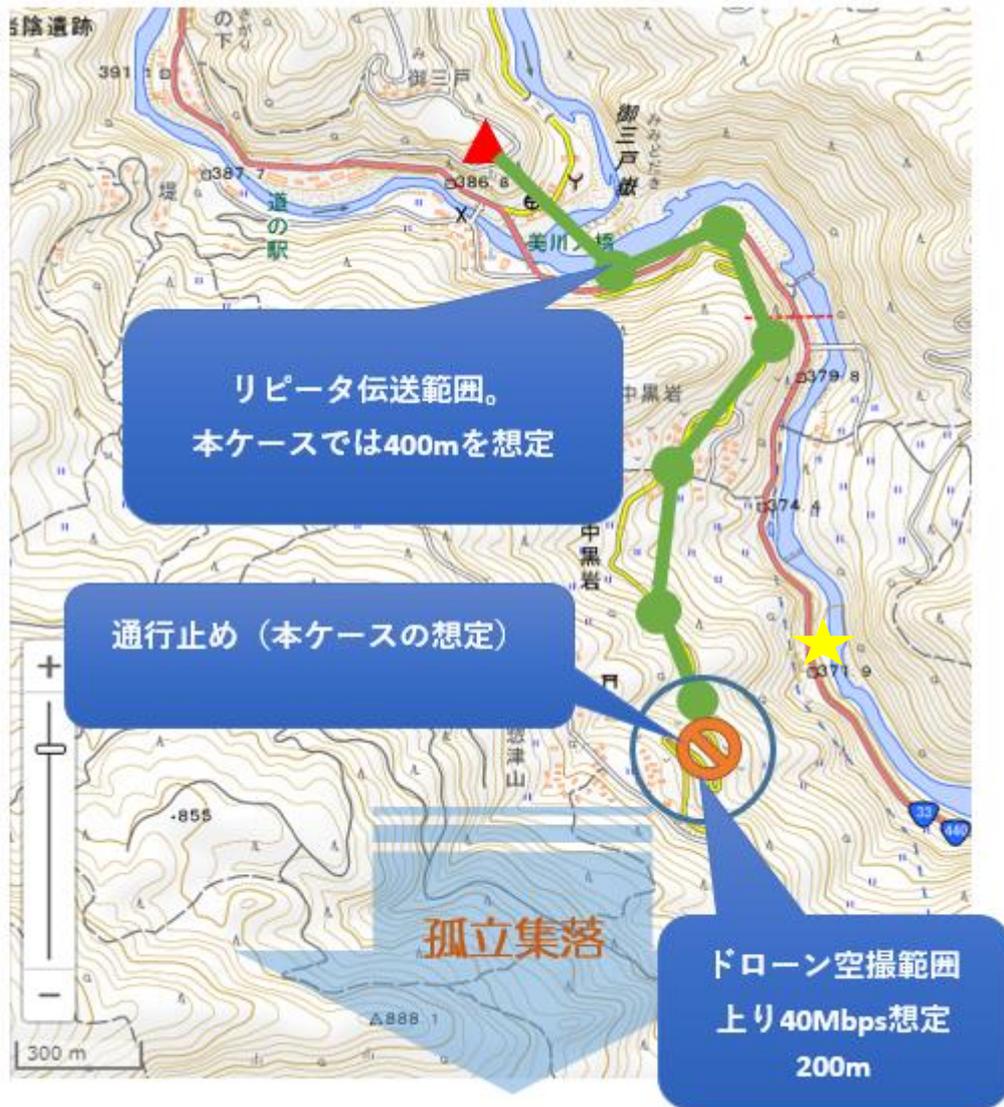


図 4-40 久万高原町の大雪被害のケース
 国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)淡色地図を利用

ローカル 5G 基地局、中継局の伝送距離は 400m、ドローン空撮範囲は上り 40Mbps が出る範囲として 200m とした場合、必要な中継局の数は 6 式である事が判明した。以下に各費用を示す。尚、愛媛県様においては既に保有している設備もあるため、比較として併記する

項目	数量	費用(千円)	愛媛県における費用(千円)
ローカル5G基地局	1式	37,800	37,800
レピータ	6式	17,520	14,600
ドローン	1機	8,000	-
ソリューション開発費	1式	12,000	-
運用費 (ソリューション、ローカル5G)	1式	8,000	8,000
電波発信に関わる費用	1式	101.2	101.2
合計費用		86,730	58,810

表 4-12 久万高原町大雪被害のケースの想定費用

災害発生時に6基もの中継局を設置する事について、100~200m 延伸するごとに18,000千円もの購入費用やそれらの維持費用がかかることはコスト面で見合わないという意見があり、またコストもさることながら、展開にかかる手間や時間を考えると、あまり現実的では無いとの結論に至った。例えばレピータが車載可能でアンテナの向きも稼働式である等、技術的に利便性を得る事ができるなら、災害対応時の多段利用についても現実的な計画ができると考察する。また現時点では自治体管轄のネットワーク利用(本ケースでは中学校)を想定しているが、例えば緊急時において民間業者の建物・敷地・ネットワークを利用する事ができれば、災害現場に近い箇所へのローカル5G基地局設置も可能なケースが考えられる。上記図4-4であれば現場近くに発電所の社屋(黄色★箇所)があり、そこからであればレピータなし、もしくは1式で対応が可能である。まずは最小構成であるローカル5G基地局×1、レピータ×1の構成で、実際の災害時において、地図上で災害現場から半径400~500m圏内にあるネットワーク利用が可能な施設に展開するというモデルからスタートすることが効果的と考える。

また、複数の自治体で機器を共有して費用を按分するという可能性についても検討を行った。既にEYE-BOUSAI(災害情報システム)については県で契約し、費用を負担して、各市町で利用可能な仕組みだが、利用料という形で各市町から徴収をする形態をとっている。本格的にローカル5G機器を実装していく際には、この形態の延長線として、増額分として費用を積算する必要がある。ただしシステムの利用料については人口比率で按分する方式が取れるが、システム以上に利用頻度が少ないローカル5Gによるドローン空撮において、単純に人口比率では理解が得られない。またレピータ設置数によって費用が変動するため、各市町村の予算取りも難しい。ここについては課題が残るが、固定で発生する基地局の費用を按分する、また按分方法も過去の被災度合いから比率を決める等、各市町の理解を求め、合意形成を図っていく。

参考として、都道府県域における総合防災情報システムの調達価格例および本モデル実装時の参考価格を示す。

(本モデル実装による高度化の参考価格例)

・初期導入コスト : 144百万円

80百万円 (現行の愛媛県災害情報システム参考価格)

64百万円 (本モデル事業の高度化参考価格)

※初期コストは、緊急防災・減災事業債の財政手当等で3割負担の場合、県19.2百万円

・ランニングコスト : 110百万円/5年間

(20市町の人口比率で按分すると、5.5百万/5年(平均))

70百万円/5年間 (現行の愛媛県災害情報システム参考価格)

40百万円/5年間 (本モデル事業の高度化参考価格)

いずれにしても、自治体からは高額という意見があり、価格低減の可能性を探っていく中でひとつの手段として、EYE-BOUSAIとPREINとの連携機能を「パッケージ化」することを検討していく。本実証事業でEYE-BOUSAIとPREINとの連携機能の新規開発を行ったが、本機能をEYE-BOUSAIのオプション機能として取り込み「パッケージ化」することで新規開発が不要となり、オプション機能としての提供が可能となる。オプションの価格設定は今後NTTデータ関西で検討が必要かつザイナス・SAP社とも協議が必要であるが、本実証事業での新規開発費用と比べて40%-50%程度の低減を見込んでいる。

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 検証項目

運用スキーム・ビジネスモデルの検討として、「共同利用」についての検証・検討を行う。本モデルにおける「共同利用」対象となるリソースは、以下を考えている。

- ・ローカル5G基地局・中継装置
- ・ドローン(機体)
- ・ドローンパイロット

2) 検証方法

各々のリソースを共同利用とした場合のユースケース、とくに災害初動時の展開時間や具体的な動きについてシナリオを作成する。これを、各々のリソースの共同利用の状況、たとえば

- ・ローカル 5G 中継装置を、3以上の自治体で共同利用する場合
- ・ローカル 5G 中継装置を、遠隔地(輸送に1日程度を要す)自治体と共同利用する場合
- ・ドローンを自治体以外(学校・企業等)と共同利用する場合
- ・ドローンパイロットを自治体職員の緊急応援で対応する場合

…のようなシナリオを検討し、これらの中から有効であると想定されるシナリオについてモデルケースを詳細化し、長所・短所等を検討したうえで、自治体等へのアンケートにより有用性について検討を行う。

3) 検証結果及び考察

- ・ローカル 5G 基地局・中継装置

ローカル 5G 基地局・中継装置については自治体にて確保することによりローカル 5G 機器調達に関する共同体を組織し、共同調達を目指す。

(確保時の費用負担については、共同で利用する県および市町での按分による負担とし、県が購入し、負担金という形で県下市町から徴収する。)

- ・ドローン(機体)

ドローンについては、県の危機管理課や原子力対策課、土木、各市町が既に保有しており、本実証での調達機器を含めて、各部局で運用することとする。

実際に各部局や関係機関での空撮画像については、本実証で構築したダッシュボードへアップロード・確認できるため、関係機関を含めた共有が可能となる。

- ・ドローンパイロット

パイロットについては、各部局や関係機関にもパイロットを確保しつつ、民間事業者などの協力も期待したい。

愛媛県では、えひめドローン安全協議会や民間事業者との協定や協力関係がすでにあるため、有事における災害現場等への優先対応などを協力いただき、職員だけでなく様々な関係機関と協力しながら、パイロットの確保を実現したい。

(えひめドローン安全協議会) <https://ehimedrone.jimdofree.com/>

ローカル 5G 装置およびドローンについて、特にローカル 5G 装置については高額であり、使用頻度からしても個々で保有するのは実用的ではないため、共同で保有・利用することについて

検討を行った。現状では、県が調達し、利用料という形で各市町から徴収をする形態が現実的であるが、共同体（自治体、民間企業等含め）を組織して、共同で調達という方法も視野に入れて今後も検討する。また、機器のメンテナンスや修理が発生することも踏まえると、メーカー支援を受けられるよう保守契約を結んでおくことが必須となる。次に運用面においては、本実証事業を実施する中で、自治体職員で機器の設営や操作を行うことは、技術的にもリソース的にも難しいという結論に至った。まずドローンのパイロットについては、既に愛媛県とえひめドローン安全協議会とが災害連携協定を締結しており、災害時には同協議会からの協力（ドローンパイロット派遣）が得られる体制は一定確保されているが、今後、防災訓練等にて、連携や手順を確認するために同協議会に協力を求めていく。またローカル 5G 装置の運用（免許取得も含めた）については、専門的な知識・技術を要するため、ノウハウを備えた事業者と業務委託契約等を行い、事業者が自治体を支援していく体制が必須である。

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

NTT データ関西が自治体向けに提供している総合防災情報システム「EYE-BOUSAI」のオプション機能として、ローカル 5G を活用した本ソリューションの実装を目指しており、本事業の実装主体である愛媛県を含む既存ユーザをはじめとした、全国の都道府県、市町村をターゲットとする。

【愛媛県域への展開】

愛媛県および県下市町（20 市町）については、“愛媛県 DX 協働宣言”として、県域での共同/協働した取組みを進めており、現在運用中の愛媛県災害情報システムや関連システムにおいても、共同調達・利用が進められている。

このように、可搬型ローカル 5G や中継器、ドローン、災害情報システム・ダッシュボードなどを個別に市町がそれぞれ調達・運用することは、実運用やコスト面を考えても現実的ではないため、愛媛県にて調達し、配下の市町や関係機関が共同利用できるモデルで展開を図る。



図 4-41 令和 3 年 3 月愛媛県・市町 DX 協働宣言（愛媛県中村知事記者会見）

【愛媛県外への展開】

自治体の中でも、下記のターゲットユーザを優先対象として展開を目指す。

- ・キャリア 5G 未提供エリアやカバー率が低い地域
- ・危険度リスクが高いエリア（土砂災害や河川氾濫、風水害等の多発地域）
- ・都道府県や政令市、一定規模の災害経験のある自治体

b. 対象となるシステム

臨時のローカル 5G 基地局および中継局を設置して災害発生現場においてローカル 5G エリアを構築し、ドローンで 4K 映像や画像を撮影してデータ伝送し、遠隔地の災害対策本部や各機関においてリアルタイムでの映像確認や 3D モデル解析による測量情報を確認することができる。

ローカル 5G 回線を利用することによって、上記 4K 映像や画像を高画質・大容量かつスピーディに伝送することが可能となる。



図 4-42 対象となるシステムの全体像

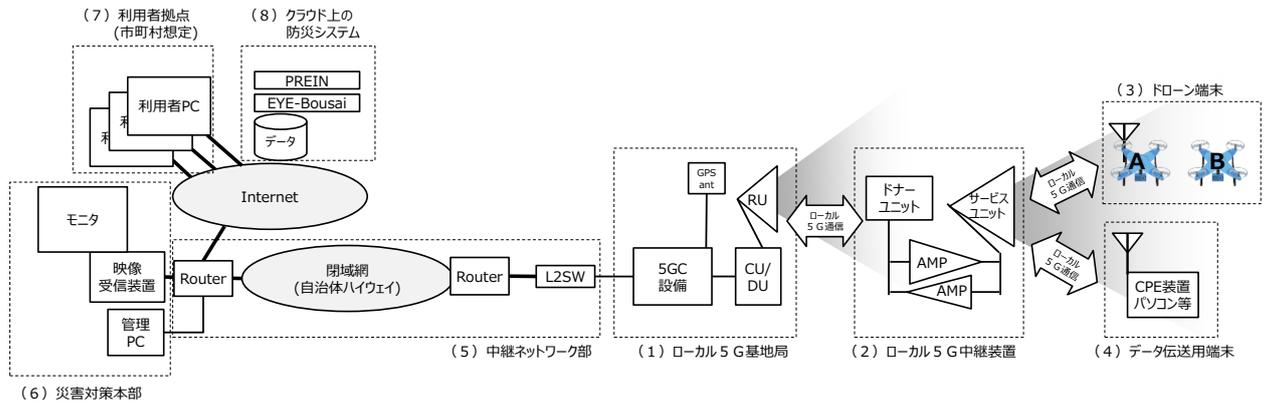


図 4-43 ネットワーク・システム構成図

中継ネットワーク部においては、NTT 西日本のフレックス VPN サービスを利用して接続（フレックス VPN サービスに接続するためのルータ装置を用意し、インターネットに接続）。

また、実際に使用したローカル 5G 基地局、中継局、ドローンは下図の通りである。



設置場所 愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
NF (Network Function)	AMF/SMF/AUSF/UDM/UPF
インタフェース	N1, N2, N3, N4, N6
接続ユーザ数	最大10,000
接続BBU数	最大64
スループット	最大6Gbps
ハンドオーバ	BBU間サポート(HO)
優先制御	5QI 2, 9に対応
外形寸法	254(W)×226(D)×43(H) mm
質量	3.4kg以下
消費電力	150W

図 4-44 ローカル 5G 基地局の写真と諸元

設置場所 基地局設置位置より北方に約500m離れた、一級河川肱川右岸堤防(若宮)付近



項目	諸元
参照規格	-
中継方式	同一周波数 非再生中継方式
準拠規格	5G NR-TDD
対応バンド	N79(4.8 - 4.9GHz)
帯域幅	100MHz
変調方式	OFDM (信号源に準じる)
空中線端子	ドナー側・基地局対向器 : 2 サービス側・移動局対向器 : 2
適用MIMO方式	下り2x2 / 上り2x2
搬送波数	1
中心周波数	4849.86MHz (信号源に準じる)
SA/NSA	SA
適用TDD設定	同期/準同期
同期方式	基地局から受信した電波より 装置内で同期信号を復調し、同期
アンテナ素子	2T2R
送信電力	+10dBm
装置内利得	40~60dB
装置内遅延	約300nsec
ドナー側・基地局対向器入力電力(範囲)	-50~-30dBm
サービス側・移動局対向器入力電力	-25dBm以下
周波数許容偏差	±(0.1ppm+12Hz)以下
占有周波数帯域幅	100MHz以下
スプリアス発射または不要発射の強度	9kHz以上150kHz未満: -13dBm/1kHz以下 150kHz以上300kHz未満: -13dBm/10kHz以下 300kHz以上1000MHz未満: -13dBm/100kHz以下 1000MHz以上12.75GHz未満: -13dBm/1MHz以下 12.75GHz以上上端の周波数の5倍未満: -13dBm/1MHz以下 ただし、1884.5MHz以上1915.7MHz以下: -41dBm/300kHz
外形寸法	292(W)×157(D)×345(H) mm
質量	約18kg(取り付け金具除く)
消費電力	50W以下

図 4-45 ローカル 5G 中継局の写真と諸元



項目	諸元
機器名	AltaX
寸法 (プロペラ含む)	2,227mm
寸法 (収納時)	877mm
高さ	387mm
重量	10.4kg
最大離陸重量	34.86kg
最大ペイロード	15.9kg
回転翼数	4枚
動力バッテリー	12S 44V 16,000mAh LiPoバッテリー×2本
動作周波数 (無線周波数)	2.4GHz<要確認>
動作環境温度	-20℃～+50℃
航続時間	約50分 (機体のみ)
最高速度	95km/h
耐風性(飛行可能風速)	20m/s
防水性	IP規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル3 (機体のみ)

図 4-46 映像用ドローンの写真と諸元



※外観イメージ

項目	諸元
機種名	SkydioX2
寸法(アーム展開時)	660mm×560mm×200mm
寸法(アーム収納時)	300mm×150mm×10mm
重量(バッテリー含む)	1.235kg
回転翼数	4枚
動力バッテリー	LiPoバッテリー
動作周波数 (無線周波数)	2.4GHz
動作環境温度	-10℃～43℃
航続時間	35分
最高速度	40km/h
耐風性(飛行可能風速)	10m/s
防水性	IP規格・防水保護構造及び保護等級 水の侵入に対する保護 レベル3相当 (2022年中取得予定)

図 4-47 測量用ドローンの写真と諸元

ドローンで撮影した動画ファイルはPREIN(ドローン映像ダッシュボードシステム)にアップロードすることでEYE-BOUSAI(防災情報システム)に連携され、ドローン映像が参照可能となり、災害対応に役立てることが可能となる。

ドローンで撮影した動画ファイルを
PREIN（ドローン映像ダッシュボードシステム）にアップロードします。



- 動画ファイルの位置情報がEYE-BOUSAIに連携され、災害対応業務で使用する地図上にプロットされます。
- 情報を選択するとPREINに遷移し、ドローン映像や3Dモデル解析情報を参照することができます。
- これにより、様々な被害情報と重ね合わせ、照らし合わせをしながら、被害現場の状況をシステム上で確認、共有することが可能となります。

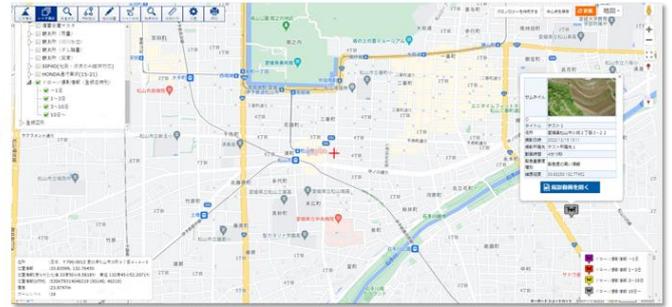
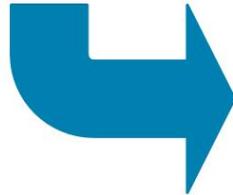


図 4-48 EYE-BOUSAIとPREINの利用イメージ

また、測量用に撮影した写真データ群をPREINにアップロードすることで3Dモデル化され、例えば土砂量等を測量することが可能となる。

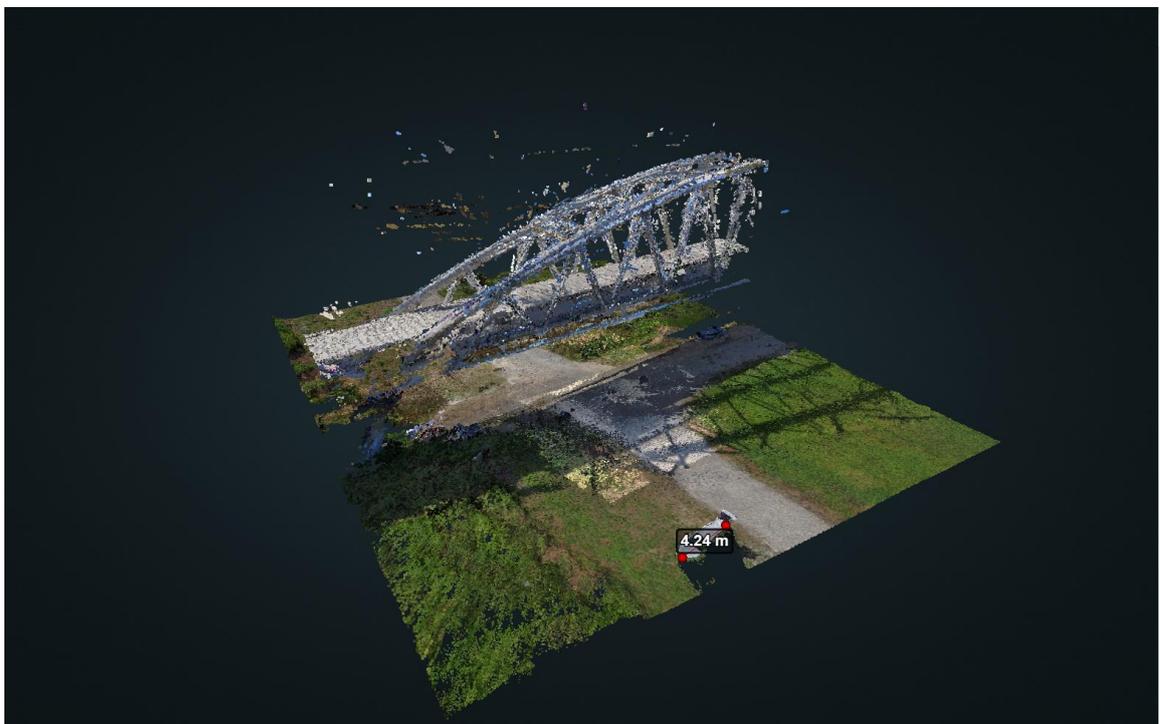


図 4-49 3Dモデルイメージ

c. ビジネスモデル

以下の表で示しているサービスを、自治体へ提供する。

項番1・2により「ローカル5G環境構築支援」、項番3・4により「ドローンでの映像情報収集支援」、項番5により「総合防災情報システムのダッシュボードとの連携機能による、ドローンでの映像情報集約支援」を提供する。

項番	提供サービス概要	提供主体	提供方式
1	ローカル5G基地局、 中継装置等、 ローカル5G環境構築に必要な機器類調達、 機器類保守	ローカル 5G通信事業者 機器類メーカー	・委託契約による機器類調達支援業務（管理、運用保守も含む） ※提供先自治体は単一に限らず、複数自治体での共同調達も考えうる。
2	ローカル5G基地局免許申請支援、 ローカル5G基地局、 中継装置の設置支援	ローカル 5G通信事業者 機器類メーカー	・委託契約による免許申請支援・設置支援業務 ・災害連携協定による防災訓練や有事の際の免許申請支援・設置支援業務 ※提供先自治体は単一に限らず、複数自治体での共同調達も考えうる。
3	ドローン、 ドローン搭載用5G機器、 4Kカメラ、伝送用PC等、 ドローンによる4K高精細映像の撮影や 測量に必要な機器類調達、 機器類保守	ドローン事業者 えひめドローン安全協議会	・委託契約による機器類調達支援業務（管理、運用保守も含む） ※提供先自治体にてドローン機器をすでに保有しており、ドローンパイロットの派遣のみを希望する場合やドローン事業者が所有するドローンを使用しての空撮業務自体を委託する場合などには、調達範囲に含まないこともありうる。
4	ドローンパイロットの派遣	ドローン事業者 えひめドローン安全協議会	・委託契約によるドローンパイロットの派遣 ・災害連携協定による防災訓練や有事の際のドローンパイロット派遣 ・新産業人材の育成等、産業振興施策の活用によるドローンパイロット育成
5(1)	【EYE - BOUSAI®導入済自治体の場合】 総合防災情報システムへの機能追加 (PREINとの連携機能)	NTTデータ 関西 ザイナス	・委託契約によるシステム改修及び機能追加後の運用保守 ※提供先自治体が県である場合、県システムを利用する県下市町村も本機能を利用可能。
5(2)	【EYE - BOUSAI®含め、防災システム自体未導入である自治体の場合】	NTTデータ 関西 ザイナス	・委託契約によるシステム構築及び運用保守 ※提供先自治体が県である場合、県システムを

項番	提供サービス概要	提供主体	提供方式
	総合防災情報システムの導入 (PREIN との連携機能含む)		利用する県下市町村も本システム及び PREIN との連携機能を利用可能。
5(3)	【EYE - BOUSAI®以外の防災システム導入済の場合】 既設の防災情報システムへの機能追加 (PREIN との連携機能)	既設システム事業者 ザイナス	・委託契約によるシステム改修及び機能追加後の運用保守

表 4-13 提供サービス概要および提供方式

以下、項番 1 から順に詳細を後述する。

項番 1：ローカル 5G 環境構築に必要な機器類調達、機器類保守

①愛媛県におけるサービス提供について

本実証においては、愛媛県へローカル 5G 中継装置のみ導入しているため、愛媛県にてローカル 5G 環境構築の実装を進めるうえでは、愛媛県によるローカル 5G 基地局の調達が必要となる。そこで課題となるのは、第一に費用面、続いて運用面となる。

まず、費用面の課題解決に向けた対応策について検討する。調達に向けた費用負担策については、共同で利用する複数自治体での按分による負担が考えられる。具体的には、①県が購入し、負担金という形で県下市町村から徴収する、②複数自治体（地元企業等も含めても可）によりローカル 5G 機器調達に関する共同体を組織し、共同調達を行う等の方式となる。複数自治体での按分による負担を行う場合、県による合意調達が必要不可欠であることから、ローカル 5G 環境構築の有用性（高精細映像のリアルタイム伝送が可能になり、迅速な情報共有や意思決定、災害対応業務に役立つこと等）について本実証の成果を県下 20 市町へ共有し、令和 5 年度の久万高原町での防災訓練や 20 市町との情報伝達訓練などを実施することで、愛媛県の動きに対して、民間事業者によりできるかぎりの支援をする形で愛媛県全体での合意形成を図っていく。

第二に、運用面の課題解決に向けた対応策について検討する。本実証を通じて自治体職員のみで機器類のメンテナンスを実施することが困難であると明らかになった。よって、ローカル 5G の機器類調達と併せて、機器類のメンテナンスについてもローカル 5G 通信事業者や機器類メーカーの支援を受けられるよう、機器類調達及び保守という形で委託契約により提供することが望ましいと考えられる。

②愛媛県以外におけるサービス提供について

愛媛県以外でローカル 5G 環境構築の実装を進めるうえでは、前述した費用面、運用面での課題が同様に存在するとともに、ノウハウをもって対応できる事業者がそもそも地域に不在であるという提供主体側の課題が存在する可能性もある。

提供主体側の課題解決に向けた対応策としては、ローカル 5G 環境構築の導入を検討している自治体にて、たとえばローカル 5G による高精細映像伝送の実証を防災訓練等で実施してもらい、その際、本実証への参画事業者も地元事業者とともに体制に加わることで、本実証のノウハウの継承等により、地元での提供主体を確保・育成することが考えられる。

愛媛県以外におけるサービス提供を行う際には、費用面、運用面、提供主体について民間事業者が総合的に自治体を支援していくことが必要と考える。

項番 2：ローカル 5G 基地局免許申請支援及びローカル 5G 基地局、中継装置の設置支援

①愛媛県におけるサービス提供について

前述したとおり、本実証においては、愛媛県へローカル 5G 中継装置のみ導入しているため、愛媛県にてローカル 5G 環境構築の実装を進めるうえでは、ローカル 5G 基地局の調達が必要となる。よって、以下はローカル 5G 基地局を調達した前提での支援を述べる。

災害はいつ発生するかわからないため、ローカル 5G 基地局や中継装置をあらかじめ設置しておく運用は望ましくなく、また、災害発生時にまさに災害対応業務を行う自治体職員の限られたリソースをローカル 5G 環境構築に投入できるかどうか不確定であることや自治体職員は定期的に異動があるため、ノウハウ蓄積が難しいことを踏まえると、災害発生後、ローカル 5G 環境構築が活用可能とされる場面及びそれが可能となるエリアにおいて、民間事業者の支援を受けながら速やかに展開できる体制づくりが必要となる。具体的には、①有事の際、ローカル 5G 環境構築について、自治体と民間事業者との役割分担のほか、費用負担も含め明確にし、災害連携協定や覚書などであらかじめ取り決めておく、②前述した災害連携協定や覚書によりローカル 5G の環境構築を行う際、免許申請手続きのマニュアルを自治体側であらかじめ準備しておくなどが挙げられる。

このほか、免許取得までの手続き自体を簡便化するような動きも求められる。特に災害発生後、迅速な情報収集が求められることから免許交付までの日数削減についての検討が必要であると考え。とはいえ、ローカル 5G 環境構築の安全性が確認できないことには免許も認められないことから、周囲に干渉しない機器類自体の性能向上等、技術革新も併せて求められると考える。

②愛媛県以外におけるサービス提供について

愛媛県以外でのサービス提供においても、ローカル 5G 基地局（必要に応じてローカル 5G 中継装置も）を調達した前提での支援を想定している。愛媛県でのサービス提供と同様に、災害発生後、ローカル 5G 環境構築が活用可能とされる場面及びそれが可能となるエリアにおいて、民間事業者の支援を受けながら速やかに展開できる体制づくりが必要となる。また、新たにローカル 5G 環境構築の導入を検討する自治体においては、機器類の調達に向

けた合意形成や予算確保、提供主体の選定と併せて、エリアをあらかじめ検討する必要がある。

このほか、(1) ②で述べたように、ノウハウをもって対応できる事業者がそもそも地域に不在であるという提供主体側の課題が存在する可能性もあるため、本実証の参画事業者等、知見をもつ民間事業者と地元事業者間でのノウハウ継承、アドバイザー支援も必要となると考える。

項番 3：ドローンによる 4K 高精細映像の撮影や測量に必要な機器類調達、機器類保守

①愛媛県におけるサービス提供について

本実証においては、愛媛県へ映像系ドローン本体は導入しているため、その他リース対応とした機器類（4K モニタ、4K カメラレンズ、測量用ドローン等）については改めて調達する必要がある。費用按分や予算確保の合意調達については(1) ①で述べたとおりである。

あるいは、測量用ドローンについては、愛媛県にて災害連携協定を締結している「えひめドローン安全協議会」による支援を受ける方法や、愛媛県の土木関係部署ですでに保有している機器を活用する方法もある。

②愛媛県以外におけるサービス提供について

自治体がドローン本体を保有したい場合には、予算確保及び機器類調達が必要となる。どのような災害での空撮を想定しているのか明確にしたうえで、防水性、耐風性などの機能を備えた機器類の調達が求められる。機器類の選定にあたって、本実証の参画事業者等、知見をもつ民間事業者からアドバイスをを行うことも考えられる。

一方で、自治体がドローン本体を保有せず、後述するドローンパイロットの派遣と併せる形で、ドローン事業者が所有するドローンを使用しての空撮業務自体を委託する場合には、本サービス提供は範囲に含まれない。

項番 4：ドローンパイロットの派遣

①愛媛県におけるサービス提供について

項番 2 ①でも述べた背景と同様、災害発生時にまさに災害対応業務を行う自治体職員の限られたリソースをドローンの空撮業務に投入できるかどうか不確定であることや自治体職員は定期的に異動があるため、ドローンの操作に関するノウハウ蓄積が難しいことを踏まえると、災害発生後、民間事業者の支援を受けながら速やかにドローン空撮ができる体制づくりが必要となる。

項番 3 ①でも述べたとおり、愛媛県では「えひめドローン安全協議会」と災害連携協定を締結しており、大規模災害時等において、会員企業等が保有するドローンを使用し、静止画・動画の撮影による被害状況等の情報収集に協力することとなっている。よって、体制づくりについては一定確保されている。

実際に災害時にドローンを飛行させるうえでは、平時からの備えが重要である。そこで、たとえば令和 5 年度の愛媛県久万高原町等での防災訓練を企画しており、20 市町との情報伝

達訓練の際に、本実証の参画事業者である西日本電信電話株式会社四国支店の設備部のドローンパイロットを派遣し、えひめドローン安全協議会の会員企業へのノウハウ継承等を実施することで、より実災害を意識した対応が実現できると考えられる。

②愛媛県以外におけるサービス提供について

項番 4 ①でも述べたとおり、災害発生時にまさに災害対応業務を行う自治体職員の限られたリソースをドローンの空撮業務に投入できるかどうか不確定であることや自治体職員は定期的に異動があるため、ドローンの操作に関するノウハウ蓄積が難しいことを踏まえると、災害発生後、民間事業者の支援を受けながら速やかにドローンによる空撮ができる体制づくりが必要となる。

また、災害発生後、タイムラグなくドローン飛行ができることが求められるため、地元の民間事業者を確保する必要がある。地元でドローンを取り扱う民間事業者がまったく不在である場合、本実証の参画事業者である西日本電信電話株式会社の支店ネットワークを生かして、同社設備部のドローンパイロットの派遣について委託契約の締結により対応する方法も考えられる。

地元でドローンを取り扱う民間事業者が存在する場合には、当該民間事業者との委託契約の締結により対応する方法が考えられる。参考事例として、大分県での取り組みを下記のとおり、記載する。大分県では、令和 4 年度は協議会の会員企業が無償で協力し、実災害の時に 4 回ドローンを飛ばし、エジソン経由での県システム連携をされた上で、令和 5 年度は委託契約の方式にて、大分県が認めた場合にドローン事業者に空撮を要請することを目指している。スキームとしては、大分県防災部から新産業振興室(ドローン協議会事務局)へ出動依頼があり、新産業振興室からドローン事業者へ出動要請をする流れができています。

大分県ドローン協議会

【設立】平成29年6月13日
【会長】石井 四郎 (株式会社デンケン代表取締役会長)
【会員】224 企業・団体等 (令和4年10月1日現在)
【主な事業活動】

1. 分科会活動・会員間交流
2. 各種開発の支援
3. 普及・啓発、人材育成
4. 情報提供・連携
5. コーディネート



定期総会・交流会の開催
【事務局】大分県商工観光労働部新産業振興室内
 〒870-8501 大分市大手町3丁目1-1

分科会事業

分野ごとに会員が連携して、主体的に取り組む各種分科会活動を支援

【分野分科会】

- 測量・点検・調査分科会
- 観光・教育・エンタメ分科会

【主な活動例】
 勉強会、実証試験、外部発信、他団体等との意見交換会 など



測量・点検・調査分科会の橋梁点検見学会の様子

開発等支援事業

【研究開発支援】
 ドローンの機体や付属装置、ソフト、サービス等の研究開発を支援

補助率：2/3 以内
 補助額：上限500万円
 採択予定件数：3件



(株) オーイーシー
ドローン飛行空撮管理サービス「DUCT」の開発

【社会実装促進支援】
 ドローンを活用した先駆的な公開実証実験等に要する費用を支援

補助率：1/2以内
 補助額：上限150万円
 採択予定件数：3件



昭和電工 (株)
プラント設備点検の高度化・効率化に向けた実証実験

人材育成事業

特殊用途や専門技術など、高度なドローン活用に関する専門技術者向けの研修会を開催



普及セミナー・講習会の開催

情報発信事業

会員企業等による事業成果のPRとして、電子カタログや先駆的な実証実験動画の制作



作業打合せの様子

図 4-50 大分県様の取り組み事例(1)

測量・点検・調査分科会 活動内容（令和3年度）

(1) 目的

測量・点検・調査分野へのドローン活用に関して会員が連携して事例研究、課題の抽出、研究開発、研究成果の発表（実証実験や展示会出展など）及び討議することで、技術レベルの向上及び活用促進を図る。

(2) 分科会長：株式会社テクノコンサルタント 会長 伊東 修 氏

(3) 分科会員：17事業者

(4) 活動内容

日時	内容		参加人数	場所
	項目	詳細		
4月9日	実証実験	赤外線カメラ等を搭載したドローンによる法面点検	16人 (人数制限あり)	豊後高田市
4月23日	実証実験	レーザーシキヤナ搭載ドローンによるトンネル点検	40人	中津市
6月3日	講演会	大分県測量設計コンサルタント協会	51人	大分市
6月25日	見学会	橋梁点検用ドローンによる点検	50人	由布市
7月30日	見学会	水上・水中ドローンによる調査	78人	大分市
11月2日	講演会	大分県建設技術センターインフラ点検・調査（橋梁）の現状と未来	70人	大分市
11月12日	講演会	大分県建設技術センター法面の点検・調査の新技术の紹介	70人	大分市
11月16日	出前講座	大分工業高校の生徒に対して、講座、操縦体験、展示を実施	14人	大分工業高校
11月19日	出前講座	佐伯豊南高校の生徒に対して、講座、操縦体験、展示を実施	15人	佐伯豊南高校
12月3日	見学会	橋梁点検用ドローンによる点検	38人	豊後大野市

※8月に講演会、9月及び2月に展示会を予定していたが、新型コロナウイルス感染の拡大防止の観点から延期



図 4-51 大分県様の取り組み事例(2)

企業と連携した災害時のドローン映像共有体制の実証

背景・課題

- 災害時のドローンによる情報収集は、被害状況の早期把握や救助活動の迅速化などより効果的な災害対応につながる事が期待。
- 土木事務所等にドローンは配備されているものの、発災直後は危険個所の巡視や地元対応・関係機関調整等が優先される。
- 映像情報は災害現場の状況を共有する有効な手段だが、空撮動画は数GBの大容量データとなるため、既存の県災対システム等では迅速な情報共有が困難。

解決への手段

- 大分県ドローン協議会は、200社以上の県内企業等が会員として参画し、会員企業はドローン機材や飛行スキルを蓄積（県の企業会・協議会において最大規模）
- 災害時は自治体からの要請があれば航空法も適用除外となるが、災害時に企業が活動協力するには関係機関との調整がネック。
- 大容量データを共有する仕組みとして、大分大学減災・復興デザイン教育研究センターが「EDiSON」を構築し、昨年度中に県災対システムとの連携が実現

解決策

【ドローンを活用した地域課題解決の新たな仕組みづくり】
地域で活躍するドローン企業と連携して、発災直後の被災状況を撮影できる体制を構築

① 災害情報の検知

② 空撮内容の特定

③ ドローン機材の保有

④ 現場のドローン空撮

県の保有する情報・ニーズ

民間企業のノウハウ・スキル

災害時のドローン活用に関する地域モデルの実証
(地域にある様々な企業人材・機材等と連携・協力)

図 4-52 大分県様の取り組み事例(3)

企業と連携した災害時のドローン映像共有体制の実証結果

- ・ 災害時のドローンによる情報収集体制を構築するために、災害時の実働を通して実証を実施。6月～7月の2ヶ月（場合によっては延長）で実証を行い、その結果を検証する。
⇒6月～9月の4ヶ月間実施。
- ・ 原則、県の「災害警戒本部」又は「災害対策本部」が設置された場合に本スキームで活動。ただし、必要に応じて災害対策連絡室での対応も検討する。
⇒災害連絡室及び災害組織体制が設置されていない場合も含めて対応。
- ・ 事業者のドローン飛行は、事業者の責任において、事業者の許可・承認に基づく飛行とし、可能な範囲で県職員が同行する。
⇒今回実証した4回については、ともに県職員同行。
- ・ 事業者が現地到着後、対応に疑義が生じた場合は、新産業振興室（又は同行県職員）に協議の上、対応。
⇒今回の実証では、現地に職員も同行しており、特段対応に疑義が生じることはなかった。

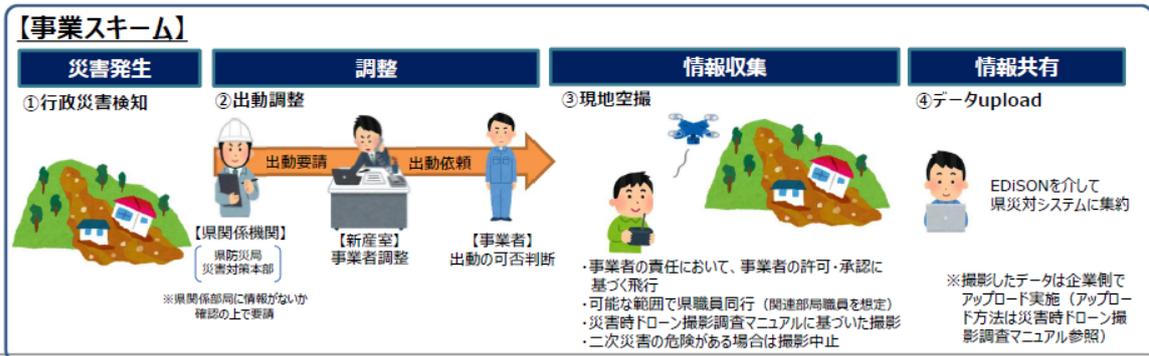


図 4-53 大分県様の取り組み事例(4)

企業と連携した災害時のドローン映像共有体制の実証内容

①津久見市中田町田尾（農道）	②日田市天瀬町（市道）
<p>【災害日時】 令和4年6月15日（水）昼前</p> <p>【災害内容】 13日からの雨により、土地改良区管理の農道において、幅3m道路の路肩崩壊し、一部土砂が樹園地に流入。人的・建物被害なし。</p> <p>【災害組織体制】 災害組織の設置なし。</p> <p>【本事業スキーム対応】</p> <p>①7/11（月）16:30 防災局から新産業振興室に出動依頼 ※災害日時から時間が経過しているが、動画データが無いこと及び実証経験を積むため依頼を受けたもの。</p> <p>②7/11（月）17:20 (株)テクノコンサルタントに依頼し、12日（火）13:00から撮影で了承</p> <p>③7/12（火）13:00 現地にて撮影開始（新産業振興室同行）。15:30に県災対支援システムへアップロード</p>	<p>【災害日時】 令和4年8月18日（木）未明</p> <p>【災害内容】 大雨により日田市管理の市道において、落石（幅0.5m×高さ0.5m×奥行1m）あり。人的・建物被害なし。</p> <p>【災害組織体制】 災害対策連絡室</p> <p>【本事業スキーム対応】</p> <p>①8/18（木）9:35 防災局から新産業振興室に出動依頼 ※本時点で落石を撤去し、交通規制解除されていたが、落石した上部周辺等を撮影し、二次災害の危険性や落石原因を調査したもの。</p> <p>②8/18（木）10:04 (株)ノーベルに依頼し、同日15:00から撮影で了承</p> <p>③8/18（木）15:00 現地にて撮影開始（新産業振興室同行）。17:40に県災対支援システムへアップロード</p>
	

図 4-54 大分県様の取り組み事例(5)

項番 5：総合防災情報システムへの機能追加

①愛媛県におけるサービス提供について

愛媛県においては、本実証により、代表機関が提供する県災害情報システムに対して PREIN（防災・減災ダッシュボード機能をもち、ドローン映像を集約できる）との連携機能を実装している。本連携機能自体はそのまま活用可能であるが、PREIN 側の機能を継続利用するためには、令和 5 年度の出水期以降、ライセンス利用料が発生する。愛媛県にてライセンス利用料の予算確保が必要となる。

予算確保のための合意調達にあたって、愛媛県タスクフォース及び県下 20 市町に対して本実証の成果を共有し、防災訓練や情報伝達訓練等での試験運用を行うといった、愛媛県の動きに対して、民間事業者によりできるかぎりの支援をする形で愛媛県全体での合意形成を図っていく。

②愛媛県以外におけるサービス提供について

【ダッシュボード】

- ・ サービス提供主体としては、代表機関（NTT データ関西）及びザイナスを中心に、NTT グループ各社（販売パートナー）と協業して全国展開を推進する。
- ・ サービス提供先である自治体は、サービス提供主体と委託契約を締結頂く。
- ・ 愛媛県をはじめ、代表機関が提供している総合防災情報システムをすでに導入している既存ユーザに対しては、オプション機能として PREIN ダッシュボード連携機能を提供する。
- ・ 代表機関が提供している総合防災情報システム以外を導入しているユーザに対しては、導入しているシステムのベンダーと PREIN との API 連携について別途検討が必要となる。（なお、代表機関のみしか実装できない連携仕様ではない。）

【ローカル 5G 基地局・中継装置、ドローン・4K カメラ・伝送用 PC 等の機器類調達】

- ・ サービス提供主体としては、代表機関（NTT データ関西）及び NTT グループ各社（販売パートナー）や各種機器ベンダー（シャープ、電気興業、ジャパン・インフラ・ウェイマークとする）と協業して、全国展開を推進する。
- ・ サービス提供先である自治体は、サービス提供主体と委託契約を締結する形を想定。

【ローカル 5G 基地局の免許申請支援及び設置支援の提供】

- ・ サービス提供主体としては、代表機関（NTT データ関西）及び通信事業者（NTT 西日本各支店や NTT グループ各社とする）。
- ・ サービス提供先である自治体は、サービス提供主体と委託契約を締結する形を想定する。

【ドローンパイロット】

- ・ サービス提供主体としては、代表機関（NTT データ関西）及びジャパン・インフラ・ウェイマークとする。
- ・ サービス提供先である自治体は、サービス提供主体と委託契約を締結するか、ドローン協議会といった団体と協定を結ぶ形を目指す。
- ・

2) 体制・役割分担

ローカル 5G を活用した本ソリューションの提案・構築・保守は NTT データ関西および協業パートナーが一体となって行う。運用を行う主体および免許人は自治体となる。具体的な体制・役割は下記となる。尚、愛媛県外への展開時は、NTT グループ (EYE-BOUSAI の販売代理店) との協業により、愛媛県外への拡販を目指す。

【体制・役割】

・自治体：

無線局免許においての免許人となる。また、実業務においてローカル 5G を活用した本ソリューションの運用を行う。

・総合通信局（総務省）：

無線局免許発給に関して助言を行い、免許人からの申請に対して無線局免許発給を行う。

・株式会社 NTT データ関西：

全般的な取りまとめ役として、ローカル 5G を活用した本ソリューションの提案・構築・保守を行う。また、総合防災情報システム「EYE-BOUSAI」の構築・保守を行い、本実証成果を販売パートナーと協業して、全国展開を行う。

・西日本電信電話株式会社

ローカル 5G 機器やドローン等のネットワークシステム構築・保守を行う。また、免許人に対し、無線局免許発給に向けた書類作成や発給までのサポートを行う。

・エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社

ローカル 5G 機器やドローン等のネットワークシステム構築の詳細設計を担当する。

・シャープ株式会社

ローカル 5G 機器システム（基地局）の準備、支援を担当する。

・電気興業株式会社：

ローカル 5G 機器システム（中継局）の準備、支援を担当する。

・株式会社ザイナス：

PREIN（ドローン映像ダッシュボードシステム）の構築、保守を行う。

・SAP ジャパン株式会社：

PREIN（ドローン映像ダッシュボードシステム）の支援を担当する。

3) 導入効果

現状の愛媛県は地域課題として下記を有している。

- ・ 被害情報の収集・取得や情報整理（とりまとめ作業）に時間を要する
- ・ 取得できるデータの品質や精度(解像度やデータ形式等)が悪い

本実証においては、ローカル 5G によるドローン 4K 映像による災害現場の空撮は、迅速性、また精度・正確性の上で有用である事が証明されたと言える。

また本ソリューションについては現行ヘリテレが既存運用されているが、下表にローカル 5G+ドローンとの比較を示す。

	ヘリテレ	ローカル 5G+ドローン
所要時間 (準備～情報取得)	△ 4 時間	○ 2 時間 (基地局、レピータ設置込み)
情報に関する事項	△ ・ FullHD 画質 ・ 事前指定範囲の撮影	○ ・ 4 K 画質 ・ リアルタイム視聴しながらのエリア指示 ・ 3D 測量モデル
撮影（飛行）時間	○ 2～3 時間	△ 20 分 (予備バッテリーを用意すれば延長可)
撮影高度・範囲	○ ・ 航空機の高さ（雲の上）からの撮影 ・ 数 km～数十 km の範囲 ・ 広域での撮影が可能	○ ・ 高度 120m 程度の高さからの撮影 ・ 100～200m の範囲 ・ 範囲は狭いが、見たい箇所をピンポイントで撮影可能
安全面	△ ・ 有人による飛行（パイロットの安全面にリスクあり）	○ ・ 遠隔飛行（パイロットの安全面にリスクなし） ・ 情報収集（災害現場の撮影や 3D モデル化）を迅速に行えることにより、早期の人命救助に繋がる
運用費（年間）	△ 11,000 万円	○ 800 万円（5 年一括契約 4,000 万円想定を 1 年に換算）
1 回あたりコスト	○ 40 万円（2～3 時間想定）	△ 200 万円

表 4-14 ヘリテレとローカル 5G+ドローンとの比較

上記のことから、ローカル 5G が展開可能な状況においては、情報収集の迅速性やデータ品質・精度、安全面においてローカル 5G+ドローンが優位と言える。また年間数回程度の出動と考えれば、1回あたりの費用と年間の運用費を踏まえたコスト面で見ても、ローカル 5G+ドローンの方が安価に効率的に情報収集を行えると考える。

実際に自治体職員からは下記のような評価をいただいた。

- ・ 4K 映像のリアルタイム伝送について、大洲市の肱川河川敷で撮影された映像を愛媛県庁側の 4K モニタにて安定した通信で視聴することができ、実際のヒトが識別できた他、現場に貼られたロープまでもが確認でき、災害時、電線の切断状況も十分に確認が可能で、非常に有用。
- ・ リアルタイムの映像を観ながら遠隔でドローン操縦者に指示を出し、見たい箇所が柔軟に見られるので、効率的に情報収集ができる。
- ・ ・ヘリテレは有人であり、少なからず人身に対するリスクがあることを考えると安全面においても大きな優位性がある。
- ・ 破損リスクを考えた時に、ヘリに比べて当然ドローンの方が影響は少ない。

総じて、すぐに完全にとって代わるというものではないが、ローカル 5G+ドローンが災害対応における選択肢のひとつとして、非常に期待が持てるという評価であった。

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行

1) 検証項目

本件実証で取り扱うローカル 5G 中継装置は、容易にかつ効果的にエリア拡大を実現可能な実装性の高いソリューションであると考えている。

しかし、まだ運用実績が少ないことが課題であると考えており、この運用ノウハウをとりまとめることが実装性向上のために不可欠であると考えている。

具体的には、次のような内容を実証実験の中で明らかにすることで、本モデルの実装性が高まるものと考えている。

- ・ ローカル 5G 中継装置の設置ノウハウの収集
 - 各空中線の向きや角度の調整方法
 - 各空中線の指向性や出力の調整方法
- ・ ローカル 5G 中継装置の性能特性のノウハウ収集
 - 各空中線の出力・指向性と形成される実エリア
 - 与干渉状況

2) 検証方法

実証実験の中でローカル 5G 中継装置の特性を把握する。具体的には、各状況におけるエリア展開状況・電波伝搬状況等を確認し、各特性について実践的な情報を収集するものとする。

3) 検証結果及び考察

中継装置の設置状況は下図の通りで、ドナーアンテナ・サービスアンテナとも、地上高 3 m のポールを利用し、間を 4 m 離隔して設置した。

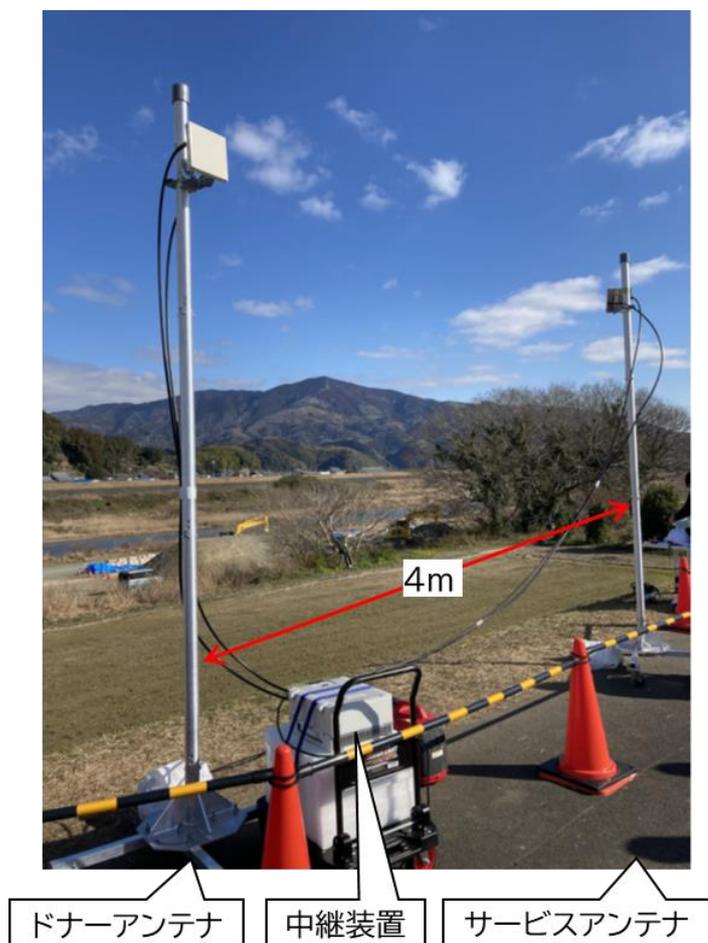


図 4-55 中継装置の設置状況図

中継装置のドナーアンテナ・サービスアンテナ間は、理論上、中継器利得+20dB 分を離隔できればアイソレーション可能となるが、上図のとおり、側面方向での 4 m の離隔にて、発振等を起こすことなくアイソレーションできることが実際に確認できた。両空中線を背面方向に合わせることなくアイソレーションが可能であることが実証でき、より柔軟な設置が可能となる。

また、ドナーアンテナ設置の際に、基地局アンテナとの方向合わせを行う必要がある。これは、アンテナポールの台車(車輪)を利用してドナーアンテナの方向を微調整することで容易に対応が

できることを実証した。基地局方向を目測での調整後、中継装置の管理ツールにより入力レベル値を確認しながらドナーアンテナ方向を微調整することで対応ができた。これにより、目測での合わせからは3dB程度改善することがわかった。ドナーアンテナの方向微調整の方法は、中継装置の設置マニュアルに反映していくとともに、今後の導入時トレーニング等では実際の調整操作の方法を実演例示するなどして、精度向上に努めることとする。

注意点として、ドナー・サービス各アンテナについて、これらがアンテナポールへの取り付けが甘い場合、同軸ケーブルに触れてしまった場合等にアンテナ仰角／俯角が不意に変わってしまう場合がある。仰角／俯角のずれは、方向のずれ以上に入力レベル値に与える影響が大きく、実際に6dB程度悪化してしまったケースがあった。この知見は、中継装置の設置マニュアルに反映していく。

最後に、中継装置により展開された業務区域を図で示す。

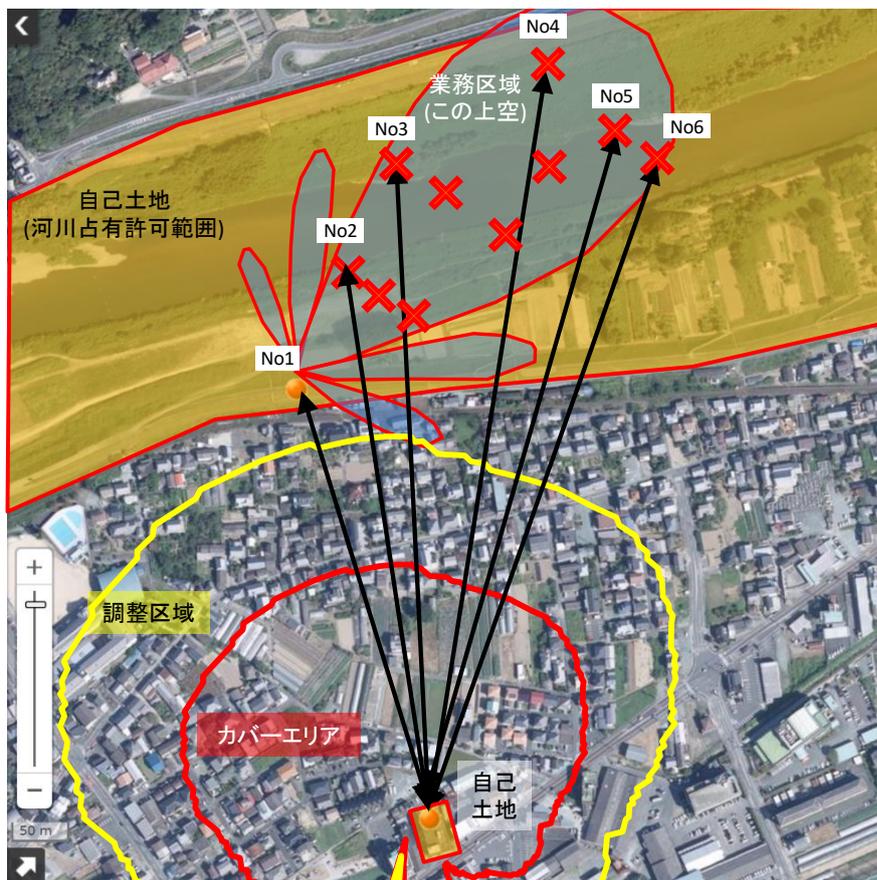


図 4-56 中継装置により展開された業務区域の図解
国土地理院ウェブサイト(<https://maps.gsi.go.jp/>) 地理院地図(電子国土 Web)航空写真を利用

4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

本モデルは災害発生時には極めて効果的なモデルであるが、そもそも災害はいつ発生するか分からず、利用回数・利用頻度の想定が難しい。場合によっては「整備はしたが、本番利用されることなく終期/寿命を迎えた」ということも否定はできない。災害が発生しないこと自体はよいことであるのだが、整備費用と比較したコストパフォーマンスが低いものになってしまう可能性があり、他施策と比較された場合に非優先とされてしまう可能性もあることが、導入に対する障壁となっている点が否定できない。

そのため、いざという時の**実災害利用だけでなく、平時より本システムを活用することで、システムの習熟や運用、本システムおよびドローン等資産の有効活用とさらなる技能向上**を目指す。

もちろん、いざ本番に使えない、ということにならないよう十分に留意した平時利用プランとする。

(2) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

本モデルで利用する機器類について、災害時(有事)だけでなく、平時にも利活用できる仕組みについて検討を行う。

検討する平時利用プランについては、以下条件が望ましい。

(1)実ユースケース(災害利用)を想定した条件

- (1-1) 実ユースと同様に、できるだけ高高度から、4K 映像または測量データを実際に測定する。
- (1-2) 飛行エリアが一定地域等に偏らず、様々な環境(市街地、郊外、河川、山林等)が期待できる。(※DID 等の調整は注意する。)

(2) 実利用がいつ発生するか分からないことから、以下の条件を考慮する

- (2-1) 占有期間は最長 1 日から 1 週間程度(何か月も占有しない)
- (2-2) 破損等のリスクが少ない(建造物への接近等がない)
- (2-3) 前日や最悪当日の予定キャンセルでも影響度が小さい。

(3) さらに育成観点や広報観点での条件が満たされればなおよい。

- (3-1) ドローン操縦訓練に適した程度の飛行プランであること
- (3-2) 職員だけでなく県民にも広く喜ばれる内容であること

上記条件より、以下のような平時利用プランを提案する。

また、実証実験実施中及び実施後検討中に新たに判明した課題や、解決の方向性が異なると判断された課題に対しても検討・対応を行う。

平時利用および運用定着に向けた取り組み提案

- ① イベント撮影(県立学校周年記念の人文字空撮、防災・消防イベント)
- ② 防災訓練等でのドローン技能大会の実施
- ③ 観光用映像撮影
- ④ 地域パトロール
- ⑤ 公共土木施設点検・巡視(道路、河川、橋梁、法面、砂防指定地など)

上記の平時利用プランについて、得られた公共土木施設等の写真測量・動画データは逐次、本システムにアップロードし、広範囲にわたる3Dモデルデータを蓄積する。

実災害発生時に、ダッシュボード上で被災前後の現場比較を実施することで、迅速・的確な被害状況の把握、対策検討にも貢献することができる。



図 4-57 平時利用におけるイメージの例

また、具体的な平時利用提案の詳細は以下のとおりとする。

1) 【平時利用方法の提案 1】 県立学校周年記念の人文字の空撮

愛媛県には、県立の高等学校・中等教育学校が47校(分校を入れると計56校)ある。また県立の特別支援学校が7校(分校を入れると10校)ある。

人文字空撮では人数やグラウンド面積にもよるが100m程度の高度が必要になることが想定され(1-1)を満たすとともに、県立学校は市街地や郊外、河川近辺、山林近辺に立地するものもあり(1-2)を満たす。

実際の撮影期間は半日程度で(2-1)を満たし、極端な校舎近傍撮影等を故意に行わない限りは(2-2)を満たす。学校に閉じたイベントであり(2-3)の条件にも合致する。

学校グラウンドは障害物の少ない広い敷地であり(3-1)を満たし、学校生徒や保護者・地域住民にも露出があることから(3-2)も満たす。

さらにたとえば工業高校での実施であれば、生徒向けのドローン操縦体験会を併設開催するなどの工夫により、将来にわたるドローン技能者の育成・確保にもつなげることができる。

2) 【平時利用方法の提案 2】 防災・消防イベントでの活用

総合防災訓練において実ユースケースに基づいた訓練を行うだけでなく、県民参加型の防災

イベント(例: えひめ自助・共助推進大会)等において展示飛行やイベント撮影等を実施する。

飛行範囲は広範にはならないが、高度を取ることは可能で(1-1)は満たすことができる。ただしイベント実施場所は例年固定的で(1-2)は満たせない。

イベントは通常1日であり(2-1)は満たす。とくに特殊な飛行をさせなければ(2-2)は満たす。そもそもが防災イベントであり、発災時にはイベント自体が中止される可能性も含め(2-3)は問題ないものと想定する。

当該イベントには一般の県民や、こどもも参加するものであり、(3-2)も満たす。

年1回程度と開催の機会は多くないが、広く県民へのアピール性については申し分のない機会となることが期待できる。

3) 【平時利用方法の提案3】技能大会

総合防災訓練やその他防災・消防系のイベント時に、実ユースケースを想定した技能大会の開催を提案する。これにより特に訓練・技能維持についての効果が見込まれる。

実ユースケースを想定した競技内容とすることで(1-1)を満たし、開催場所も選定できることから(1-2)を満たす。

占有時間は大会規模によるが、予選・本選等複数回実施する場合は連続日程とせず調整も可能なことから(2-1)は満たすことができる。競技ルールを調整し、自動車で言えばレースのような競技ではなく、運転免許試験のような安全・正確な取扱いに重点を置いたレギュレーションとすることで(2-2)、(3-1)も満たせる。防災イベントであることから(2-3)も満たせる。

イベントとして競技・大会の体裁をとることで広報の効果も見込め、また一般企業等からも参加者を募ることでさらにその効果を得られるとともに、ドローン技能者のすそ野を拡げることも可能であり、(3-2)も満たすことができる。

また、他地域での平時利活用を調査・検討を実施した。(大分県ドローン協議会での取り組み)

日時	内容		参加人数	場所
	項目	詳細		
4月9日	実証実験	赤外線カメラ等を搭載したドローンによる法面点検	16人 (人数制限あり)	豊後高田市
4月23日	実証実験	レーザースキャナ搭載ドローンによるトンネル点検	40人	中津市
6月3日	講演会	大分県測量設計コンサルタンツ協会	51人	大分市
6月25日	見学会	橋梁点検用ドローンによる点検	50人	由布市
7月30日	見学会	水上・水中ドローンによる調査	78人	大分市
11月2日	講演会	大分県建設技術センターインフラ点検・調査(橋梁)の現状と未来	70人	大分市
11月12日	講演会	大分県建設技術センター法面の点検・調査の新技术の紹介	70人	大分市
11月16日	出前講座	大分工業高校の生徒に対して、講座、操縦体験、展示を実施	14人	大分工業高校
11月19日	出前講座	佐伯豊南高校の生徒に対して、講座、操縦体験、展示を実施	15人	佐伯豊南高校
12月3日	見学会	橋梁点検用ドローンによる点検	38人	豊後大野市



橋梁点検の概要説明



橋梁点検の実証



トンネル点検の見学会



水上・水中ドローンの見学会



高校生への出前講座



高校生の操縦体験の様子

図 4-58 大分県様の取り組み事例

(3) 検証結果及び考察

本実証において、ローカル 5G の有用性を改めて認識する事ができた。しかし、利用に際して構築エリア内の電波干渉検証や免許交付が必要であること等、手続き上の課題も認識できた。先に挙げていた①イベント撮影、③観光用映像撮影、④地域パトロールについても、ローカル 5G 基地局周辺であれば利用も想定できるが、災害時の利用とは紐付き難い。また⑤公共土木点検・巡視の利用については、防災課の業務範囲ではなく、既に原課によるドローン巡視が確立されているため、平時利用の対象には入らない事が判明した。

その一方で災害対応時にはローカル 5G を活用したドローン空撮は有用であること、有事のみの利用では技術や機材が陳腐化してしまう事が想定されるため、②防災訓練等でのドローン技能大会の実施から、実ユースケースを想定した一連の手順確認・トレーニングを防災訓練に組み込む事が現実的であるとの考察結果に至った。

本考察を踏まえ、久万高原町においてローカル 5G 機器・ドローンを利用した防災訓練を実施する。これは 2022 年 12 月 25 日に久万高原町で記録的な大雪を観測し、一部の集落で孤立状態が発生した際、現場把握に難航した経験から、本内容をユースケースとして実施するものである。

日程は 2023/8/26(土)を予定しており、2023 年 4 月下旬から打合せ・準備を開始する。

4.3.4 ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開

(1) 実装・普及展開シナリオ

ローカル 5G 活用モデル（以下、「本モデル」という。）の実装シナリオを示すにあたって、まず 4.3.3 で記載した実装に係る現時点の課題について概観する。

「利用回数・利用頻度の想定の高難さ」が課題としてある。災害はいつ発生するかわからないことから、本モデルを整備していても、実災害で十分活用されなければ効果が乏しくなってしまう。また、いざ災害発生時で活用しようにも、災害発生時のみしか活用されない状況では習熟されないため、実運用時の効果も不十分になってしまう。よって、いつ発生するかわからない災害に対して確実に活用できるよう、本モデルの平時での利用シーンの提案（以下、「平時利用プラン」という。）により利用回数・利用頻度を確保しつつ、習熟も図ることを目指す。併せて、単独部署・単独自治体での活用だけではなく、まずは愛媛県内部での複数部署での活用をはじめ、愛媛県下の自治体や今回の実証エリアと同様の課題を抱えている自治体について、本モデルの実装主体として普及を図っていくことで、実運用事例を蓄積させ、習熟及び本モデル整備・運用費用の低減検討につなげる。

▶ 平時利用プランの条件及び具体的な利用シーン（想定）

まず、本モデルで利用する機器類について、災害時(有事)だけでなく、平時にも利活用できる仕組みについて検討を行う。

検討する平時利用プランについては、以下の条件が望ましいと考える。

(1)実ユースケース(災害利用)を想定した条件

- (1-1) 実ユースと同様に、できるだけ高高度から、4K 映像または測量データを実際に測定する。
- (1-2) 飛行エリアが一定地域等に偏らず、様々な環境(市街地、郊外、河川、山林等)が期待できる。(※DID 等の調整は留意が必要である。)

(2)実利用がいつ発生するか分からないことから、以下条件が必要である。

- (2-1) 占有期間は最長 1 日から 1 週間程度(何か月も占有しないようにする)
- (2-2) 破損等のリスクが少ない(建造物への接近等がないようにする)
- (2-3) 利用シーンについて、前日や当日の予定キャンセルでも、影響度が小さい

(3)さらに育成上の観点や広報上の観点での条件が満たされれば、なお望ましいと考える。

- (3-1) ドローン操縦訓練に適した程度の飛行プランであること。
- (3-2) 職員だけでなく県民にも広く喜ばれる内容であること。

以上の条件より、以下のとおり平時利用プランを提案する。

このほか、実証実験実施中及び実施後検討中に新たに判明した課題や解決の方向性が異なると判断された課題に対しても、検討・対応を行う。

平時利用および運用定着に向けた取り組み提案

- ① イベント撮影(県立学校周年記念の人文字空撮、防災・消防イベント)
- ② 防災訓練等でのドローン技能大会の実施
- ③ 観光用映像撮影
- ④ 地域パトロール
- ⑤ 公共土木施設点検・巡視(道路、河川、橋梁、法面、砂防指定地など)

上記の平時利用プランについて、得られた公共土木施設等の写真測量・動画データは逐次、愛媛県災害情報システムへアップロードし、広範囲にわたる 3D モデルデータを蓄積する。

実災害発生時に、ダッシュボード上で被災前後の現場比較を実施することで、迅速・的確な被害状況の把握、対策検討にも貢献することができる。

▶ 本モデルの前提となる団体

- ① 愛媛県防災危機管理課
- ② 愛媛県防災危機管理課以外の他部署
- ③ 愛媛県下の自治体(市町)
- ④ 今回の実証エリアと同様の課題を抱えている自治体(県レベル、防災関係部署)
- ⑤ 今回の実証エリアと同様の課題を抱えている自治体(県レベル、防災関係部署以外の他部署)
- ⑥ 今回の実証エリアと同様の課題を抱えている自治体(県レベル→市町)

※ ①～③と④～⑥については、対象は違うものの、普及展開にあたっては同様のアプローチを活用できる想定。

まずは愛媛県防災危機管理課にて実災害での利活用や実災害での運用を想定した防災訓練時での活用だけではなく、平時利用プランでの①防災・消防イベントでの撮影、②防災訓練等でのドローン技能大会の実施などを含めた平時での利活用も併せて行うとともに、愛媛県内の防災危機管理課以外の部署に対しても本実証事業及び本モデルについて周知・利活用シーンの検討を行う。平時利用プランでは③観光用映像撮影、④地域パトロール、⑤公共土木施設点検・巡視を挙げているものの、実際には他にも利活用シーン候補が存在する可能性がある。市町も含めると、利用頻度は増えることが想定される。

また、共通事項として「ドローン等機器類の所有・管理・メンテナンスの主体」「前述した所有・管理・メンテナンスに伴う費用と労務コスト」「前述した費用と労務コストの負担割合や方式」「ジョブローテーションでの引継ぎ対応(特にドローンを自治体職員が操作する場合、そのスキルをどう担保するか)」を大枠として整理する必要があると考える。大枠の整備と並行して「実災害時での運用」、「平時利用プランごとの運用」も定める必要がある。関わる主体が増えれば増えるほど調整事項が多くなるため、まずは防災危機管理課による防災関連業務での運用を検討する中で大枠もあわせて定めていく(スモールステップ)とともに、その運用を同一県の内

部の他部署や県下自治体等他の自治体への業務へと拡張させ、それぞれの業務に当てはめて普及展開へつなげていく。

具体的な実装に向けた道筋・ステップについては、以下のとおりとする。

▶ 本モデルの実装展開ステップ

- ① 2022年度 本事業での実証試験および課題抽出
- ② 2023年度 実災害を想定した防災訓練での利活用および課題解決に向けた検討
(愛媛県久万高原町での防災訓練) ※企画中
(デジタル実装推進部会タスクフォースでの実装内容検討) ※PJ 発足済
- ③ 2024年度 次期防災情報システム高度化に向けた要件調整・予算要求
- ④ 2025年度 次期防災情報システム高度化構築業務 (構築業務)
- ⑤ 2026年度 本稼働 (運用開始)

尚、本ソリューションでは災害発生時にローカル 5G 機器の保管場所から災害現場に都度移送・展開することから、基地局の常設はしないものとする。ただし、令和7年度に向けて防災訓練等の継続的な平時利用も見据えて、災害発生の可能性が高いとされるエリアから場所を選定し、ローカル 5G 機器常設の可能性等についても、四国総合通信局を含め協議をしていく。

また、本ソリューションの運用スキーム(案)を下図に示す。

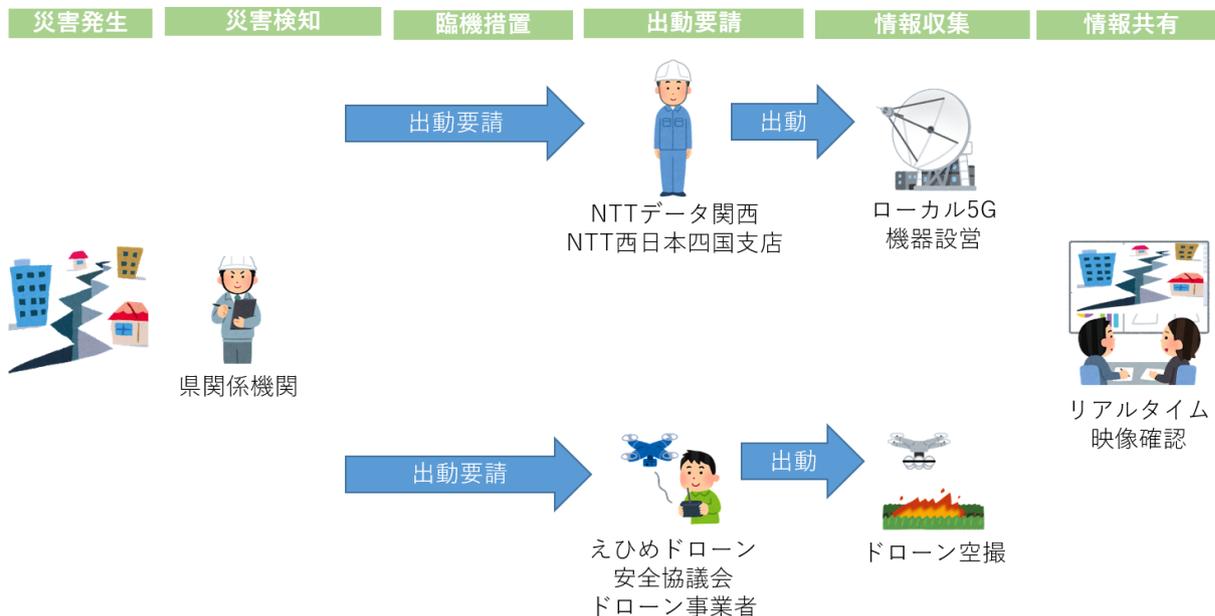


図 4-59 運用スキーム(案)

- ① 県より、NTT データ関西 (NTT 西日本四国支店) および愛媛ドローン安全協議会もしくはドローン事業者に出動を要請する。
- ② 県と連携しながら、NTT データ関西 (NTT 西日本四国支店) はローカル 5G 機器を展開し、えひめドローン安全協議会およびドローン事業者はドローン空撮を行う。
- ③ 県の災害対策室および関係機関で災害現場映像の確認を行う。

(2) 実装計画

1) 実装計画の作成方法

実装計画の作成にあたって実施検討したタスクは以下のとおり。

① 愛媛県（ユーザ）へのヒアリング

➤ 実装にあたってのスケジュール感

- 実証事業の実施計画では、R5年度に大洲市にて試行運用、3市（松山市、今治市、宇和島市）で実証実施としていたところであるが、予算確保が難しく、R5年度においては、愛媛県としては、久万高原町での防災訓練での利活用を企画しており、県内市町への本取り組みを改めて周知し、実装に向けた運用検討や事業化への負担金などを調整する。
- また、愛媛県では、「デジタル実装推進部会タスクフォース」をすでに立ち上げている。このタスクフォースにおける「情報収集・分析機能強化による災害対応高度化プロジェクト」の中で、本実証事業を踏まえた今後の愛媛県防災情報システムの高度化を検討していく。（R5年度実施想定）
- また、R5年度久万高原町の防災訓練の中で本事業を継続した取組を検討している。

※ R4年末、久万高原町では、記録的大雪により停電が発生し、ヘリが飛ばせない事態となり、被害概況の把握が難しかった経験があるため。

➤ 実装に向けた課題

- 利用モデルに関して、基地局、中継局およびドローンの台数は費用との兼ね合いがあるため、平時利用を含めてさらに検討が必要となる。費用・運用を一体的に検討していく必要がある。
⇒令和5年度より、愛媛県、各市町および本コンソーシアムメンバーで費用負担を軽減するべく、サービス形態や契約形態(例えば県が購入し、県下市町から負担金という形で徴収する等)について協議を進め、令和7年度までに方向性を決定する。
- 費用に関して、県下の複数の自治体で按分して利用する場合、県市間での合意が必要であることに加え、ドローンや基地局利用については発災時の突発的な利用、かつ、リレー距離等による費用の変動も発生するため、利用の都度の費用調整は困難である。
⇒令和5年度より、愛媛県、各市町および本コンソーシアムメンバーで費用負担を軽減するべく、サービス形態や契約形態(例えば県が購入し、県下市町から負担金という形で徴収する等)について協議を進め、令和7年度までに方向性を決定する。
- 平時利用についても費用が高額。費用負担が難しい。
⇒令和5年度より、愛媛県、各市町および本コンソーシアムメンバーで費用負担を軽減するべく、サービス形態や契約形態(例えば県が購入し、県下市町から負担金という形で徴収する等)について協議を進め、令和7年度までに方向性を決定する。
- 県から担当者（ドローンパイロット想定）をリエゾン派遣することもリソース的に厳しいため、県の団体や民間企業との協定等の締結により、当該団体・民間企業からのリエゾン派遣という形が現実的である。

⇒令和5年度より、愛媛県、えひめドローン安全協議会および本コンソーシアムメンバーで災害時における本ソリューションを活用した運用体制を構築するべく協議を進め、令和7年度までに体制を構築する。

- 災害の時に県の職員がドローンのパイロットとして現地に行くことは難しく、外注が現実的である。ドローンは県内にドローン協議会があるが、5Gに関して知見がないため、「ドローン協議会」＋「5Gに知見のある企業」に委託という形が現実的である。

⇒令和5年度より、愛媛県、えひめドローン安全協議会および本コンソーシアムメンバーで災害時における本ソリューションを活用した運用体制を構築するべく協議を進め、令和7年度までに体制を構築する。

- ローカル5Gの設置は、県担当者が現地に行くが、実施にあたっては民間企業の協力を得る事が現実的。(中継局の設置にマンパワーがかかるため) 前例として、臨時災害局を設置するときには、民間企業が実施しているケースがある。

⇒令和5年度より、愛媛県および本コンソーシアムメンバーで災害時における本ソリューションを活用した運用体制を構築するべく協議を進め、令和7年度までに体制を構築する。

➤ 実装までに必要な検討事項、実施事項の認識合わせ

実装に向けた各社方向性の検討

- 本実証事業の主要な参画メンバー（NTT 西日本四国支店、ザイナス、SAP ジャパン）へ愛媛県へのヒアリング内容を共有
- 実装にあたっての課題の洗い出し
- 実装にあたってのスキーム案の検討
- 実装にあたっての各社の役割分担、方向性
- 実装にあたっての必要な検討事項、実施事項の認識合わせ
- 実装にあたってのスケジュール感

➤ 実装計画案の作成

- 上記を踏まえ、代表機関による実装計画案の作成

➤ 実装計画案のRV

- 実証コンソーシアムにて、実装計画案のRV実施、ディスカッション

➤ 実装計画案の更新、フィックス

検討したサービスモデルは下記となる。

ローカル5G環境構築に必要な機器類調達、機器類保守について、令和5年度中にローカル5G基地局のリースパッケージのサービス検討及び愛媛県・県下20市町での予算化（遅くとも令和7年度には導入できるよう）を行う。

本実証においては、愛媛県へローカル5G中継装置のみ導入しているため、愛媛県にてローカ

ル5G環境構築の実装を進めるうえでは、愛媛県によるローカル5G基地局の調達が必要となる。

災害時、いつでもどこでも設置できるようにするためには、愛媛県にてローカル5G基地局の機器類一式を購入することが理想的である一方、いつ発生するかもわからない災害の備えとして、当該機器購入に向けた数千万円規模の予算を確保することは現実的には非常に困難である。また、民間事業者にとっても同様、実際に貸与につながるかどうか不確定な機器類一式を民間事業者の負担によって準備することも困難であることから、機器レンタルという形態も難しい。よって、災害時、いつでもどこでも設置できるような機器類リースの仕組みを愛媛県・県下20市町及び民間事業者との協働により検討を行う。

具体的な仕組み案としては、以下のとおりである。

項番	サービス項目	サービス内容	サービス提供者	料金(案) 提供方式	費用負担者
1	基本サービス	ローカル5G基地局の機器類一式の調達及び機器類保守	・ローカル5G通信事業者 ・機器類メーカー	3,780万円 (5年間一括での委託契約方式)	愛媛県及び20市町で費用按分 ※1自治体あたり月額3万円×60か月(5年間)を負担。
2	有事スポット対応	ローカル5G基地局の機器類一式の貸与及び貸与中の問い合わせ対応(例:災害発生時、1台を1か月間貸与)	・ローカル5G通信事業者 ・機器類メーカー	200万円/1回 (提供期間は基本サービスと同様に、5年間とし、委託契約方式か災害連携協定方式とする) 愛媛県からの要請により、スポット的に対応を行う。	災害救助法の対象となる災害である場合、愛媛県から実費弁償。

表 4-15 提供サービスモデル(案)

項番1により、民間事業者は愛媛県及び県下20市町による費用負担を原資として、ローカル5G基地局の機器類一式を調達し、機器類保守の人員を確保することができる。愛媛県及び県下20市町は、災害が発生した際にはローカル5G基地局の貸与が受けられる状況となる。実際にローカル5G基地局の機器類一式の貸与や貸与中の問い合わせ対応については、項番2のサービスで提供を行う。災害発生時に即時展開できるよう、あらかじめ設置エリア選定基準を定めておき、仮に設置候補エリアが複数あった場合でも、より優先度が高いエリアを選定できるように

しておく。併せて、「ローカル 5G 基地局免許申請支援及びローカル 5G 基地局、中継装置の設置支援」の役務との一体的な提供が望ましいと考えられるため、サービス内容に盛り込む検討も必要であるとする。また機器の実際の保管場所や、地震等の突発的な災害時にもすぐ対応できるような体制づくり等も検討が必要であり、検討結果によって価格設定は見直すものとする。

2) 実装計画の要約

■実装計画要約シート

開 16 代表機関名	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ関西	分野	防災・減災			
実証件名	高精細映像伝送による災害時の迅速な情報共有・意思決定の実現					
実施体制	(株)エヌ・ティ・ティ・データ関西、愛媛県、大洲市、愛媛大学、西日本電信電話(株)、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)、エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー(株)、シャープ(株)、電気興業(株)、(株)ザイナス、SAP ジャパン(株)、(一社)全国地域情報化推進協会					
	令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
実装計画	愛媛県災害情報システムの高度化 (PREIN連携、ドローン導入ほか)	開発実証	課題対応 防災情報システム 高度化検討 久万高原町訓練	防災システム調達 予算要求	コンソ内 実装	コンソ内実装 横展開 他地域・他分野への横展開 (愛媛県下市町、愛媛県内部の他部署)
	ローカル 5G システム		実装			
	他県域(愛媛県外)への展開計画	パートナー ユーザ会	ユーザへの 拡張提案	提案活動・予算化	標準化 EYE-BOUSAI のオプション化	各自治体への入札・導入構築
ローカル 5G の導入 (展開計画)	開発実証			1自治体	2自治体	3自治体

収支計画 (千円)	(1)ユーザから得る対価	-	4,500	6,000	63,800	137,440	206,160
	(2)補助金・交付金	-	0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))	-	4,500	6,000	63,800	137,440	206,160
	(4)ネットワーク設置費	-	1,500	1,500	40,800	87,440	131,160
	(5)ネットワーク運用費	-	992	992	2,000	4,000	6,000
	(6)ソリューション購入費	-	1,500	3,000	4,000	8,000	12,000
	(7)ソリューション開発費	-	0	0	10,000	24,000	36,000
	(8)支出 ((4)+(5)+(6)+(7))	-	3,992	5,492	56,800	123,440	185,160
	(9)収支((3)-(8))	-	508	508	7,000	14,000	21,000
<p>収入、支出の算定根拠 収入については、各ランニングコストの実費を踏まえて算出、予算要求頂く想定 支出については本実証事業のコストから、令和8年度の新規自治体導入も踏まえて算定している。 またソリューション購入費、ソリューション開発費については後述するパッケージ化による低減も見込んでいる。</p>							
実装を確実にするための取組		どのようにして(手段、取組方法、アウトカム)			いつまでに		
	提供コスト低減	本ソリューションをパッケージ化し、現在のインシヤルコストについて40-50%低減を目指す			令和6年度		
	ソリューション追加開発	ドローン映像について、内閣府が整備する防災IoT基盤/SIP4Dと接続し、共有する(防災IoT基盤との連携機能を実装)			令和7年度		
	顧客開拓	愛媛県での活用モデルを事例として、全国その他自治体に提案していく			令和8年度までに3自治体、令和9年度までに6自治体へ提供を目指す		
	運用面の改善	ローカル5Gの運用マニュアルを作成し、平時においても防災訓練等で利用いただく			令和5年度愛媛県との訓練利用		
	ルールメイキングへの貢献	予定なし			予定なし		
<p>計画した収入を下回った場合の対応方法(資金調達など) 緊急防災・減災事業債(消防庁)や地域デジタル基盤活用推進事業(総務省)などの制度を活用するなど検討。</p>							

a. 実施体制

- ・ユーザおよび免許人：愛媛県 防災危機管理課
- ・ユーザ：愛媛県下20市町
- ・サービス提供者：株式会社NTTデータ関西 第二公共事業部
- ・ドローン支援：えひめドローン安全協議会
- ・ローカル5G機器調達・支援および無線従事者：西日本電信電話株式会社 四国支店
 ※全国展開時はNTTグループ(EYE-BOUSAIの販売代理店)との協業

- ・減災・防災ダッシュボード、ドローン映像共有システム：
株式会社ザイナス イノベーション事業部
SAP ジャパン株式会社 インダストリー&カスタマーアドバイザーリー統括本部

b. 実装計画（実施事項）

・R5 年度：

R4 年度実証事業を受け、次期システム更改の仕様・運用検討を行うプロジェクトチーム(※1)を立ち上げ、検討開始（検討にあたっては県下市町や愛媛県内部の他部署含めて横断的な利活用を検討しつつ、愛媛県様とともに各市町での按分方法の検討・調整を実施する他、運用体制構築検討、防災訓練の準備・調整、マニュアル整理検討、講習会検討等(※2)を行う。）

※1 愛媛県防災システム保守メンバーおよび R4 年度ローカル 5G 開発実証プロジェクトメンバーで構成されたチーム

※2 計画スケジュール

	令和5年度(2023)		令和6年度(2024)	
	上期	下期	上期	下期
サービス、契約形態検討	→			
運用体制構築検討	→			
防災訓練準備・実施	→	→	→	→
マニュアル整理	→			
講習会準備・実施		→		→

表 4-16 計画スケジュール

また、防災訓練にてローカル 5G を利用した訓練を実施。担当（県、市町、国）、エリア（東予、西予、南予）、時期（出水期前、出水期、冬期）といった様々な切り口で防災訓練が実施されるため、出水期前と冬期で 2 回実施予定。本運用スキームを想定して団体や各社との連携や手順を確認し、実災害時にスムーズな対応ができることを目指し、回数を重ねることで精度を高めていく。これに伴い実験局免許も取得。現時点で、2023/8/26 の久万高原町での防災訓練は決定している。

また、ローカル 5G の講習会（座学やラボでの実機操作や設営といったメニュー）の開催も予定している。

・R6 年度：

予算要求に向けた準備と運用検討（7～9月：本コンソーシアムメンバーで提案書作成、10～12月：愛媛県にて予算要求）

また、防災訓練にてローカル 5G を利用した訓練を実施。場所は現時点で未定であるが、出水期前と冬期で 2 回実施予定。これに伴い実験局免許も取得。ローカル 5G の講習会（座学やラボでの実機操作や設営といったメニュー）の開催も予定している。

・R7 年度：

愛媛県災害情報システム高度化事業・機器調達、構築開始（愛媛県としてローカル 5G(本ソリューション)を導入。愛媛県下全 20 市町で発生する災害に対応。費用は按分して各市町から徴収。）また防災 IoT 基盤との接続(開発)を行う。

・R8 年度：

愛媛県での新システム運用開始、並行して横展開の営業活動を本格化

・R9 年度：

横展開の営業活動を継続

c. 収支計画

ア) 収支計画

- ・ユーザから得る対価については、ランニングコストを踏まえて算出。
- ・ネットワーク設置費については、下記のとおりとする。
令和 5～6 年度は本実装に向けた高度化検討に関わる防災訓練などの支援費用を計上する。
（ローカル 5G 基地局のスポットレンタル、設置・設定（1 日）、免許申請支援等について、年 2 回を想定。）
令和 7 年度は愛媛県、令和 8 年度、9 年度はそれぞれ新規 3 自治体、新規 5 自治体について受託が発生すると見込んで、前述したサービス契約にかかる費用を計上する。
- ・ネットワーク運用費については、下記のとおりとする。
令和 7 年度は愛媛県、令和 8 年度、9 年度にそれぞれ新規 2 自治体、新規 3 自治体についてスポット対応が 1 回ずつ発生すると見込んで、スポット対応にかかる費用を計上する。
- ・ソリューション購入費については、下記のとおりとする。
令和 5～7 年度については PREIN の年間利用料及び防災システムのパッケージ機能の利用料（ランニング費）を計上する。（愛媛県分）
令和 8 年度、9 年度についてはそれぞれ、既存ユーザのランニング費に加えて、PREIN の初期ライセンス料及び防災システムのパッケージ機能の利用料（構築時）（新規自治体分）を計上する。
なお、積算にあたっては、本ソリューションがパッケージ化されていることを前提とする。
パッケージの価格設定については、EYE-BOUSAI の別オプション機能の価格帯をもとにしている。
- ・ソリューション開発費については、下記のとおりとする。
令和 7 年度は防災 IoT 基盤と接続のための開発費を計上する。
令和 8 年度、9 年度は新規自治体での PREIN 連携に伴う費用を計上する。
- ・新規自治体は、代表機関が提供する総合防災情報システムを利用しているユーザを想定する。

イ) ユーザにおける必要リソース (モデルケース)

想定しているユーザは愛媛県である。本実証での実績や結果を踏まえコストを算出した。

ターゲットは都道府県および政令市(自治体)としていることから、モデルケースとして適当と考える。

表 4-1 ユーザにおける必要リソース

表貼り付け箇所		イニシャルコスト (初年度)	ランニングコスト (次年度以降、年間)
ローカル 5G システム		43,720千円	2,033千円
a.	ローカル 5G システム運用業務委託 (※他社に委託する費用)	3,000千円	2,033千円
b.	ローカル 5G システムに係る機器 (基地局) (※他社に委託する費用)	37,800千円	
c.	ローカル 5G システムに係る機器 (中継局) (※他社に委託する費用)	2,920千円	
ローカル 5G 活用モデルに係るソリューション			
a.	総合防災情報システム (ダッシュボード含む) ソリューション	20,000千円	4,000千円
①	システム改修委託費 (総合防災情報システム、 ダッシュボード機能) (※他社に委託する費用)	20,000千円	4,000千円
b.	ドローンソリューション※必要に応じて	9,500千円	2,000千円
①	運用に係る環境整備等に係る経費	9,500千円	2,000千円

d. 実装を確実にするための取組

ア) 提供コスト低減

自治体からは全体的に高額という意見があり、価格低減の可能性を探っていく中でひとつの手段として、EYE-BOUSAI と PREIN との連携機能を「パッケージ化」することを検討していく。

本実証事業で EYE-BOUSAI と PREIN との連携機能の新規開発を行ったが、本機能を EYE-BOUSAI のオプション機能として取り込み「パッケージ化」することで新規開発が不要となり、オプション機能としての提供が可能となる。オプションの価格設定は今後 NTT データ関西で検討が必要かつザイナス・SAP 社とも協議が必要であるが、本実証事業での新規開発費用と比べて 40%-50%程度の低減を目指す。具体的には、今回 NTT データ関西とザイナス・SAP 社の新規開発費用が 10,000千円程度であったが、そのコスト 5,000千円程度に抑えることを目指す。

イ) ソリューション追加開発

内閣府様と、内閣府様が整備する防災 IoT 基盤との連携について協議を実施した。この取り組みが進めば、災害時に撮影したドローン映像が県内だけでなく県外、関係機関にも共有され、県外からの災害対応支援にも繋がると考え、本ソリューションの遡及ポイントになると認識している。実際に本実証で撮影したドローン映像ファイルを加工せずそのまま手動アップロードし、特に問題は発生せず、汎用性についても確認することができた。今後、EYE-BOUSAI 側で取り込まれたドローン映像を防災 IoT 基盤にシステム間連携する機能開発を検討・協議していく。

ウ) 顧客開拓

愛媛県防災システムは県下の市町村でも共同で利用できる。県下市町でローカル 5G 及びドローン撮影による初動対応を行えば、県下市町も閲覧ができ、他市町へのアピールに繋がると考える。

また、本実証の成果を愛媛県モデルとし、他県域へも展開を図る。

自治体の中でも、下記のターゲットユーザを優先対象として展開を目指す。

- ・キャリア 5G 未提供エリアやカバー率が低い地域
- ・危険度リスクが高いエリア（土砂災害や河川氾濫、風水害等の多発地域）
- ・都道府県や政令市、一定規模の災害経験のある自治体

エ) 運用面の改善

- ① 本実証で作成した基地局および中継装置の設置マニュアルや、エリア概略とともに電界強度表示の確認方法に係るマニュアル等を引き続き整理し、愛媛県の地域防災計画(※)の添付資料に盛り込む。

※災害対策基本法第 40 条に基づき、各地方自治体（都道府県や市町村）の長が、それぞれの防災会議に諮り、防災のために処理すべき業務などを具体的に定めた計画

また、主に自治体職員様にて作業を実施する PREIN（ドローン共有システム）へのファイルアップロード手順や、PREIN の操作手順等についても、令和 5 年度中に整理を行う。防災訓練等でトレーニングを実施しつつ、手順を確認いただくことで、ローカル 5G の仕組みや操作の習熟を図っていきながら、不備や問題等が発生すれば、マニュアルを都度アップデートしていく。

- ② 本実証で明らかになったドローンに関する課題点について、検討を行い、令和 7 年度までにマニュアルに落とし込んでいく。
具体的には、以下のような課題について検討を行う。

表 4-16 ドローンに関する課題

課題内容	検討内容
ドローン発着点確保	風雨の影響を受けにくい発着点を実装地に応じて検討
飛行時間改善方法の検討	バッテリーを充電可能な拠点を実装地に応じて検討
ドローン運用補助者	運用範囲に応じて補助者数・補助者配置位置を検討 及び補助者との連絡手段を検討する

- ③ 自治体職員様向けに、本コンソーシアムベンダーによるローカル 5G 講習会を開催し、講習や実機に触れていただく等して、ローカル 5G の仕組みや操作の習熟を図っていく。

オ) ルールメイキングへの貢献

予定なし。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

本実装を横展開する際に、各自治体での予算措置が十分でない場合も考慮し、すでに総合防災情報システムや防災関連設備等で実績豊富な制度である緊急防災・減災事業債（消防庁）や地域デジタル基盤活用推進事業（総務省）などの制度を活用し、財源確保をあわせて進めていく。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作

ローカル 5G の普及展開に向けて、株式会社三菱総合研究所と連携の上、本コンソーシアムは、実証の内容並びに取組成果に係る高品質な 3 分程度の映像を作成した。また、株式会社三菱総合研究所が本事業に関する動画を作成する際、実証映像の素材提供等に協力した。

5.2 実証視察会の実施

本コンソーシアムは、ローカル 5G の導入に関心のある地方公共団体、関係省庁等に対する普及啓発の一環として、実証視察会を実施した。その内容を記載する。

表 5-1 実証視察会の概要

実施日時	2023/2/16 (木) 13:30~16:00
実施形態	現地およびオンラインのハイブリッド開催
開催場所	・愛媛県大洲市 肱川河川敷 ・愛媛県大洲市 南予地方局大洲庁舎 ・愛媛県松山市 愛媛県庁（オンライン）
参加団体	・総務省 ・総務省四国総合通信局 ・関係省庁 ・株式会社三菱総合研究所 ・愛媛県 ・愛媛県大洲市 ・株式会社 NTT データ関西 ・西日本電信電話株式会社 ・シャープ株式会社 ・電気興業株式会社 ・NTT アドバンステクノロジー株式会社 ・株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク ・大分大学 ・株式会社ザイナス ・SAP ジャパン株式会社 ・その他関係企業・団体等
プログラム	【前半パート 肱川河川敷】 1. ご挨拶 2. ローカル 5G 中継装置視察

	<p>3. ドローン飛行デモ</p> <p>【後半パート 南予地方局大洲庁舎】</p> <p>4. ローカル 5G 基地局のご説明</p> <p>5. 高精細映像のリアルタイム視聴</p> <p>6. 3D モデル解析確認・ご説明</p> <p>7. データ交換のための標準化について</p> <p>8. 質疑応答</p> <p>9. 講評</p>
--	--



図 5-1 視察会現地の様子



図 5-2 ローカル 5G 中継装置



図 5-3 ドローン飛行デモ

当日は天候にも恵まれ、前半パートでは、無事に愛媛県大洲市肱川の河川敷でのローカル 5G 中継装置およびドローンのデモ飛行視察を実施することができた。災害現場を想定し、現場付近でのローカル 5G 中継装置の臨時設置イメージや、ドローンによる災害現場の撮影方法を共有することができた。

ローカル5G基地局装置



設置場所 愛媛県南予地方局大洲庁舎の屋上

項目	諸元
対応仕様	3GPP Release 15
NF (Network Function)	AMF/SMF/AUSF/UDM/UPF
インタフェース	N1, N2, N3, N4, N6
接続ユーザ数	最大10,000
接続BBU数	最大64
スループット	最大6Gbps
ハンドオーバー	BBU間サポート(HO)
優先制御	5QI 2, 9に対応
外形寸法	254(W)×226(D)×43(H) mm
質量	3.4kg以下
消費電力	150W

図 5-4 当日投影資料(抜粋)



図 5-5 リアルタイム映像の例



図 5-6 3D モデルイメージ

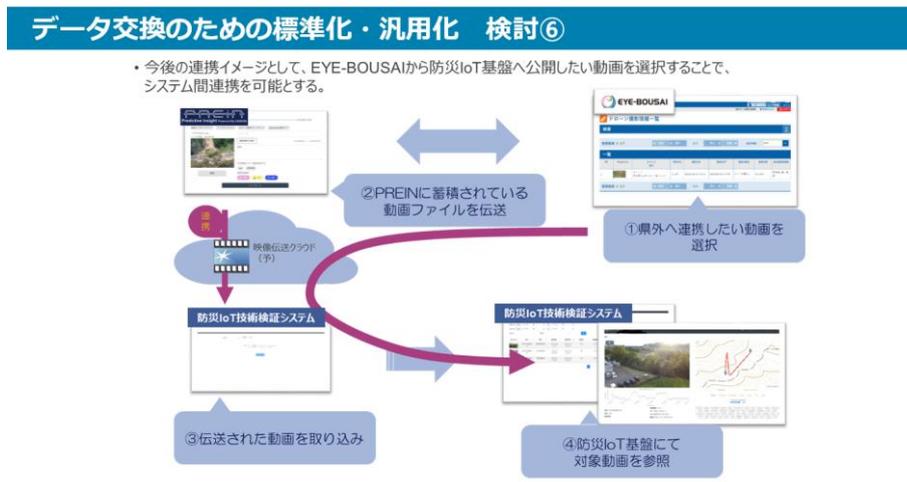


図 5-7 当日投影資料(抜粋)

後半パートは南予地方局大洲庁舎に移動し、実証概要資料や肱川河川敷からのリアルタイム映像、3Dモデル解析等をご覧いただくとともに、参加団体に向け実証成果や本ソリューションの有用性について示すことができた。

尚、視察会の様子は2/16当日以降、NHK等で報道された。

▼NHK NEWS WEB

<https://www3.nhk.or.jp/matsuyama-news/20230216/8000015244.html>

5.3 その他普及啓発活動

本実証コンソーシアムは、各種講演会、報道機関及び業界紙等からの取材を受ける等、実証成果のその他普及啓発活動（テレビ・新聞・WEB記事等におけるインタビュー対応、学会参加、イベント開催等）に積極的に取り組む。

その際、あらかじめ株式会社三菱総合研究所に取組内容について報告することとし、実施結果についても速やかに報告する。また、今後総務省が検討予定の5Gソリューション提供センター（仮称）の実現に向け、本実証事業で作成した実証コンテンツ映像を提供するなど協力する。

なお、実証コンソーシアムにて本提案書に関する情報発信を行う場合、総務省「課題解決型ローカル5G等の実現に向けたローカル5Gの電波伝搬特性やローカル5G等の活用に関する技術的検討並びに調査検討の請負」の一環としての取組・成果である旨を明示するとともに、あらかじめ株式会社三菱総合研究所に対して情報提供を行う。

実績としては、下記のとおり、実証コンソーシアムメンバー連名にてプレスリリースを実施。

【実施日時】

2022年12月12日 15時

【件名】

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」に採択

～ドローン高精細映像のローカル 5G 伝送で自治体の災害初動対応の迅速化を支援～
(リンク先) https://www.nttdata-kansai.co.jp/news/details_00184.aspx

また、本プレスリリース後の反応として、計 47 記事(うち、パブリシティ 6 媒体) が掲載された。(代表機関広報調べ、2023 年 1 月 26 日時点)

<WEB メディア>

▼livedoor

<https://news.livedoor.com/article/detail/23402015/>

(ロボスタ経由で転載)

▼LINE NEWS

<https://news.line.me/detail/oa-rp73180/j7thpenou9ua>

(マイナビニュース経由で転載)

▼マイナビニュース

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20221212-2535950/>

▼LIGARE

<https://ligare.news/story/nttdate-1214/>

▼ロボスタ

<https://robotstart.info/2022/12/19/drones-local5G-hvisual.html>

▼日本経済新聞 (電子版)

「愛媛のローカル 5G 開発実証に免許交付」

▼愛媛経済レポート

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

本実証事業を実施するため、協力機関が連携して愛媛県ローカル 5G 開発実証コンソーシアムを下図のとおり形成した。

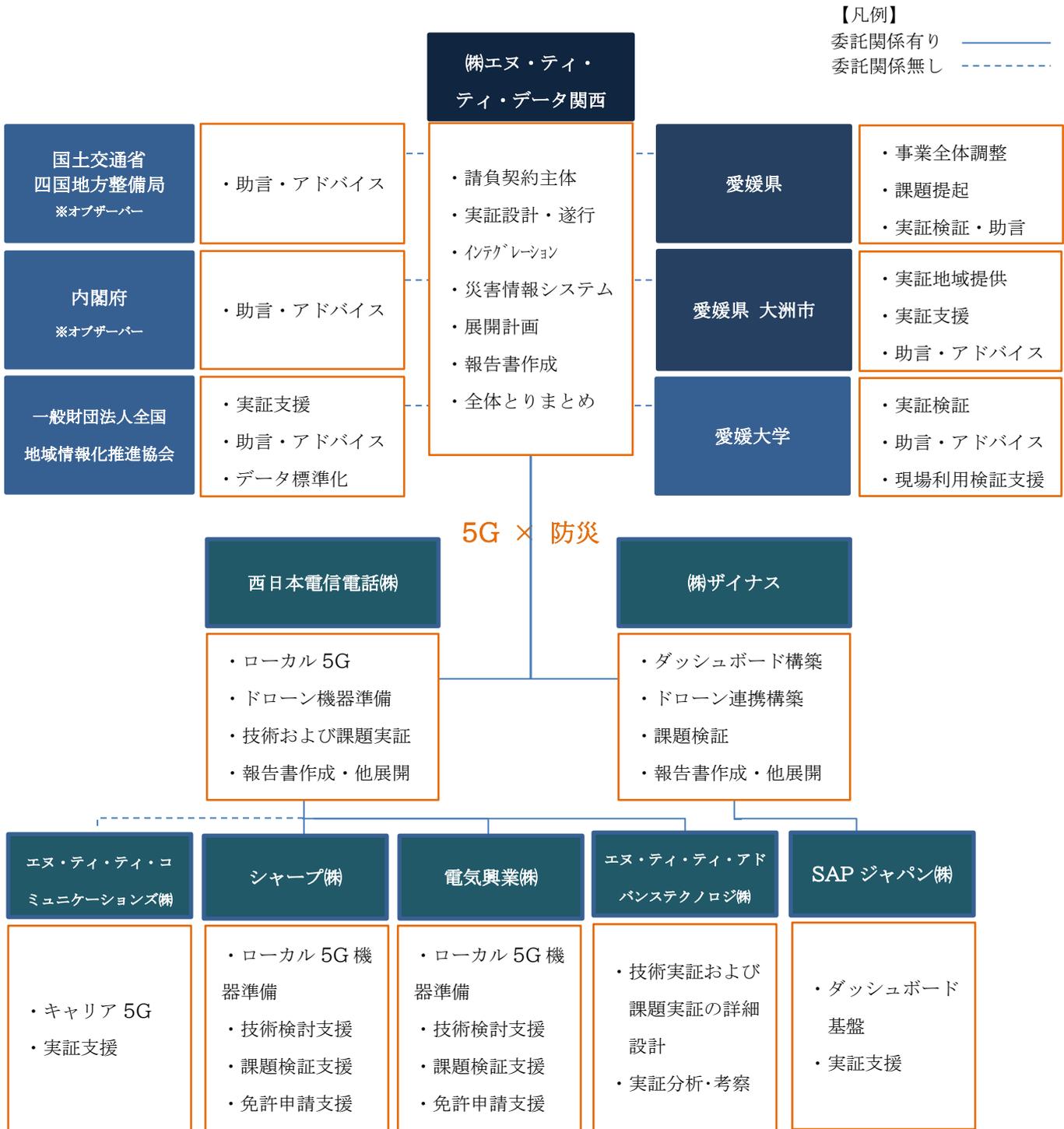


図 6-1 愛媛県ローカル 5G 開発実証コンソーシアム体制図

6.2 実施体制内の役割

本実証のコンソーシアムメンバーは、6.1 節に記載のメンバーで構成されており、愛媛県での実装および全国自治体への他展開を見据えた実証体制としている。

全体統括及び課題実証、技術実証リーダーとして、NTT データ関西がプロジェクトの管理を行いつつ、それぞれの実証を中心となって遂行した。役割分担は以下の通り。

【実施体制】

・株式会社 NTT データ関西：

報告書全体の取りまとめ、スケジュール管理等、全体統括を担当する。また、技術実証に関する記載と課題実証のうち、ローカル 5G システム、災害情報システム全般に関する取りまとめ、実装に向けた計画、展開を担当する。

愛媛県災害情報システム（愛媛県・県下全市町利用）の改修や愛媛県での実装および他地域への展開（全国シェア No1 総合防災情報システム EYE-BOUSAI®を含めた全国展開）を担当する。

・愛媛県（県民環境部 防災局、土木部河川港湾局） および 大洲市：

実証地域提供、地域課題提起、実証支援を担当する。被災経験について、県や市としての助言、実装に向けた計画、検討を担当する。

また、令和 4 年度の愛媛県ローカル 5G 実証事業に向けた事業化および令和 5 年度の愛媛県災害情報システム高度化の事業化や予算措置を担当する。

・内閣府：

オブザーバーとして、国としての助言（SIP4D、ISUT、防災 IoT 事業と連携検討など）を担当する。

・国土交通省・四国地方整備局：

オブザーバーとして、国としての助言を担当する。

・愛媛大学

実証支援として、防災に関する研究機関、有識者としての助言、アドバイスを担当する。

・西日本電信電話株式会社

ローカル 5G・ドローン機器準備・技術実証統括・課題実証、ローカル 5G 普及に向けた検討を担当する。また、技術実証、課題実証に関する報告書の作成を担当する。

また、幅広い営業網や防災・減災への取り組み背景から、NTT データ関西とともに、全国自治体への他展開も担当する。

・エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

実証支援として、キャリア 5G の測定、考察について助言、アドバイスを担当する。

・エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社

実証支援として、技術実証、課題実証の詳細設計、実証における分析、考察、評価に関する記載を担当する。

・シャープ株式会社

ローカル 5G 機器システム（基地局）等の準備、実証支援として、ローカル 5G 関連装置やエリア設計、実証の実行等を担当する。

・電気興業株式会社：

ローカル 5G 機器システム（レピータ）の準備、実証支援として、ローカル 5G 関連装置やエリア設計、実証の実行等を担当する。

・株式会社ザイナス：

災害情報システムに関するダッシュボード構築、ドローン連携構築、課題実証支援を担当する。

・SAP ジャパン株式会社：

災害情報システムに関するダッシュボード基盤、実証支援を担当する。

【主な役割分担表】

※凡例 ◎：主担当 ○：副担当

分類・項目		分類	内容	愛媛県	NTT D 関西	NTT 西日本	NTT AT	シャープ	電気 興業	ガイ ナス	SAP ジャパン
実証事業	全体管理 PJ 推進	全体進行	全体管理/定例会報告/ コンソーシアム内進捗管理	○	◎						
		免許申請	実験試験局免許申請	○ 免許人		○	◎	○	○		
	物品等 準備	ローカル 5G 基 地局/ローカル 5G レピータ	物品準備・設置			◎	○	○	○		
		ドローン A ※映像用	機体・撮影用カメラ・ローカ ル 5G 端末準備・パイロット 手配			◎					
		ドローン B ※測量用	機体・測量装置準備・ パイロット手配			◎					
		EYE-BOUSAI	災害情報システム開発							◎	○
		PREIN	ダッシュボード 3D 解析対応							◎	○
		受像装置	災对本部設置大型 LCD モニタ準備・設置・設置			◎		○			
		実験	実験計画	全体（ローカル 5G・ドロー ン・伝送装置等）計画		○	◎				
	設置	当日指揮及び各機器の設置			○	◎	○	○	○	○	
	オペレーション	ローカル 5G・ドローン・伝 送装置・防災情報システム等 オペレーション			○	◎	○	○	○	○	
	実証検証	ローカル 5G 技術課題検証 (操作・オペレーション・測 量)			◎	○	○	○	○	○	
	報告書作成	各種データ取りまとめ・考 察、報告書作成			◎	○	○	○	○	○	
	撤去	各種機器撤去			○	◎	○	○	○		
実験報告	構成検討・全体まとめ・レ			◎	○	○	○	○	○		

分類・項目		分類	内容	愛媛県	NTT D 関西	NTT 西日本	NTT AT	シャープ	電気 興業	サイ ナス	SAP ジャパン
			ビュー・仕上げ（映像作成）								
会計	会計	会計報告	本事業における経理報告等		◎	○	○	○	○	○	○

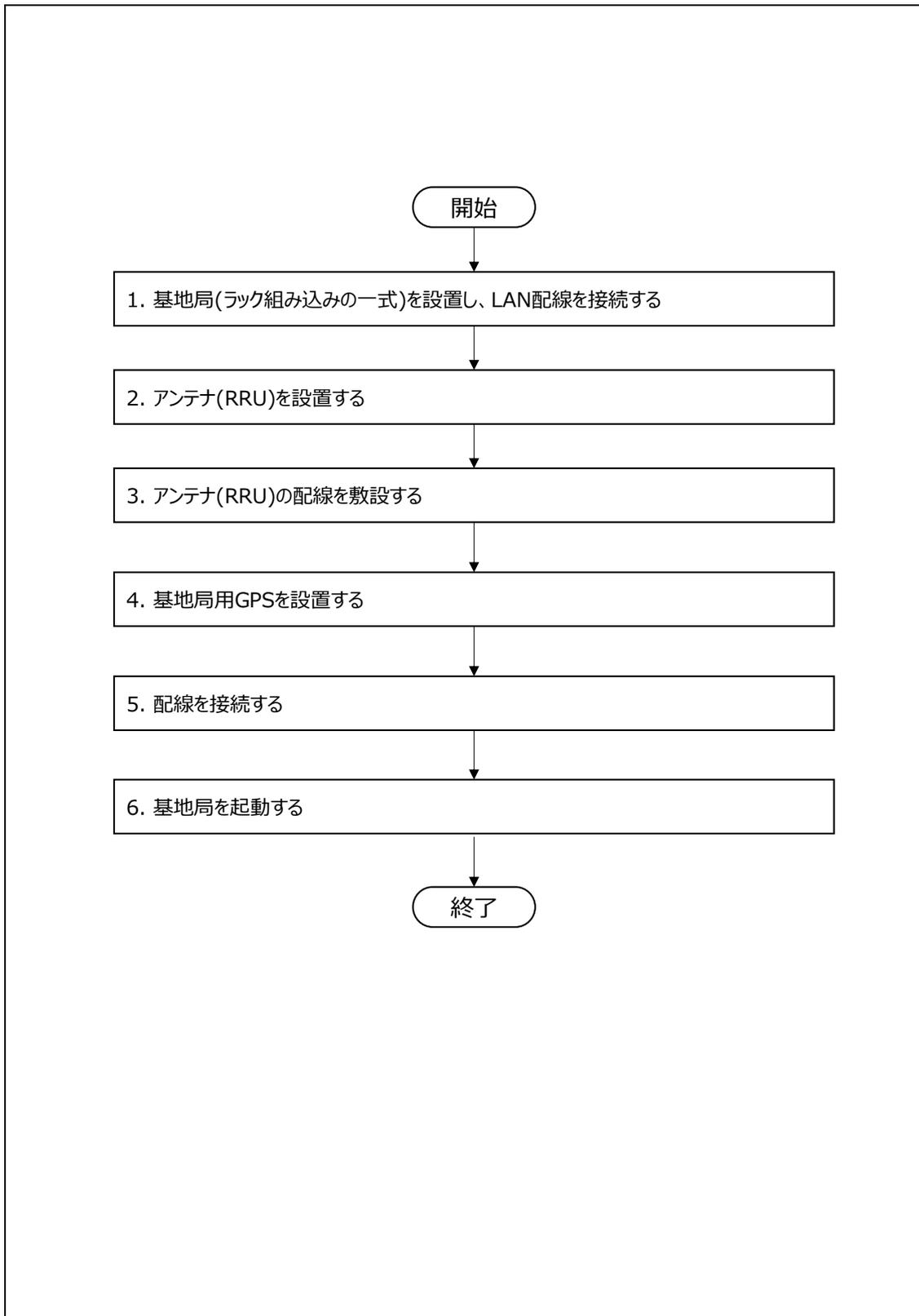
7. スケジュール

本開発実証について、2022年8月5日に公募の採択を受け、以下に示すスケジュールのとおり実施した。

	2022年				2023年		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
マイルストーン				▼ 中間成果報告会	▼ 本免許発給	▼ 実証視察会	▼ 成果報告書提出 最終成果報告会
環境構築	免許申請/機器調達						
		総合防災情報システム開発					
技術実証		環境準備/検証		詳細計画/現地準備		実証実験/とりまとめ	
課題実証		環境準備/検証		詳細計画/現地準備		実証実験/とりまとめ	

図 7-1 開発実証スケジュール

ローカル 5 G 映像伝送システム設置マニュアル
基地局編

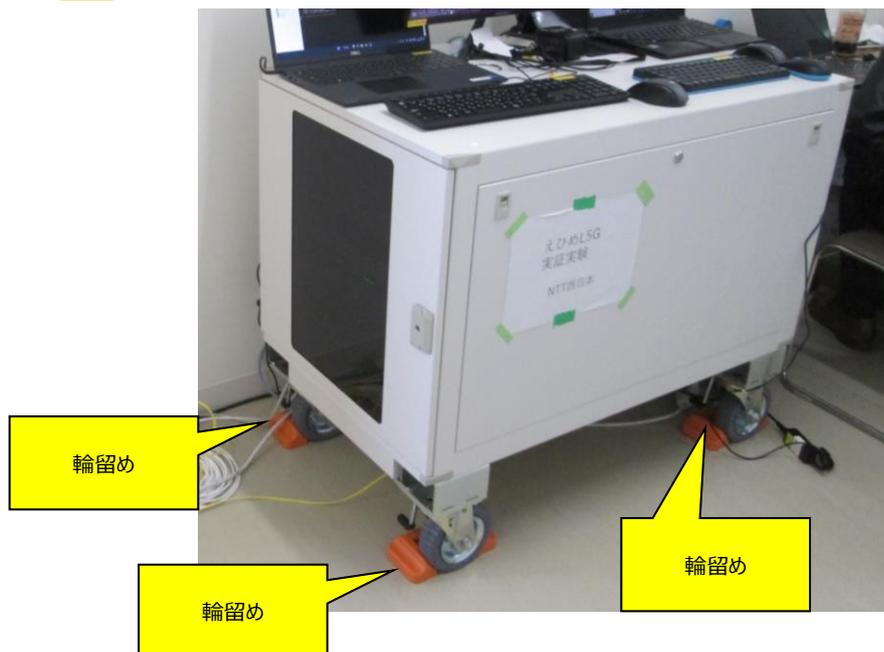


1. 基地局(ラック組み込みの一式)を設置し、LAN配線を接続する

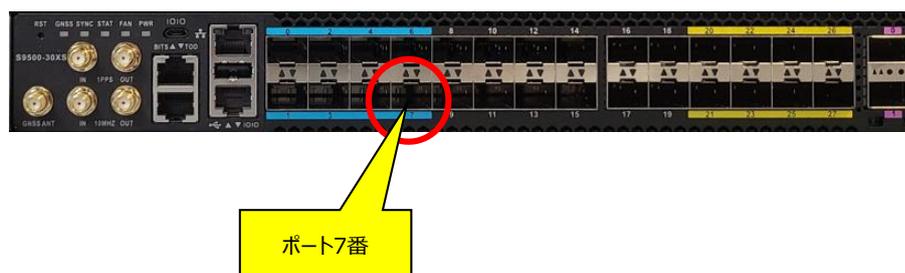
1-1. 基地局(ラック組み込みの一式)を設置する

- 1-1-1. ラックのまま所定位置に運搬し、輪留めをします
- 1-1-2. 電源線を接続します

 【注意】重量物のため搬送時にご注意ください（2名作業）



1-1-3. LAN配線を、L3SWポート7番に接続します



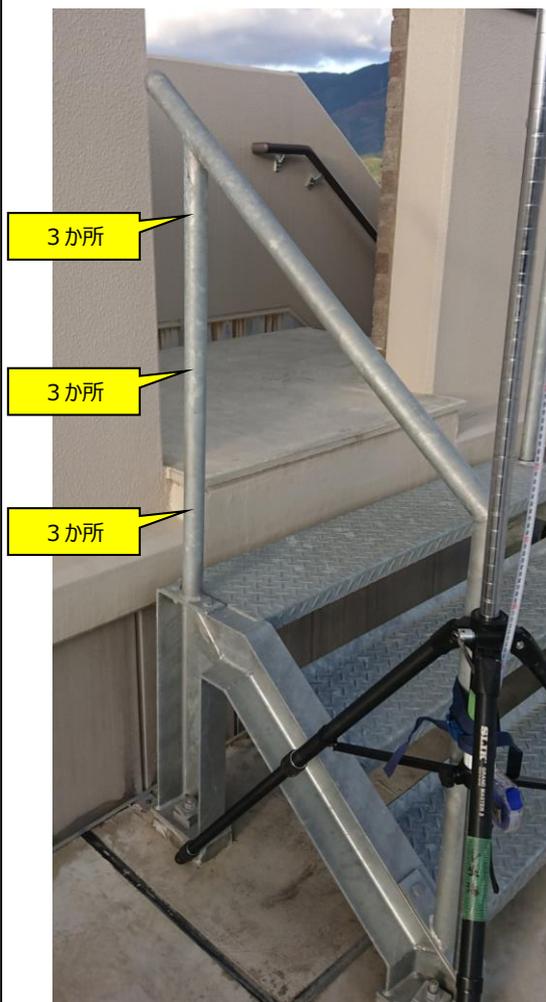
2. アンテナ(RRU)を設置する

2-1. アンテナ(RRU)・アンテナポール一式を所定位置に設置します

- 2-1-1. アンテナ(RRU)・アンテナポール一式を屋上に運搬します
- 2-1-2. 固定位置(階段手摺)に、固定金具を設置します
- 2-1-3. アンテナポール一式を起こして、固定金具に固定します



【注意】重量物のため設置時にご注意ください（**3名**作業）



3. アンテナ(RRU)の配線を敷設する

3-1. アンテナ(RRU)側から、基地局装置に向かって配線を敷設します

3-1-1. アンテナ(RRU)の近くに、電源ドラムを設置します

電源ドラム
(防水のため袋で覆う)



3-1-2. 電源線をのばして、アンテナ(RRU)の配線と束ねます 3-1-3. さらに補強用のロープと束ねて、屋上から吊り下げます



3-1-4. 3F外階段で受け取り、屋内に通します

ここから屋内へ

屋上



4. 基地局用GPSを設置する

4-1. 基地局用GPSアンテナを設置し、配線を敷設します

4-1-1. 3F外階段に基地局用GPSアンテナを設置します



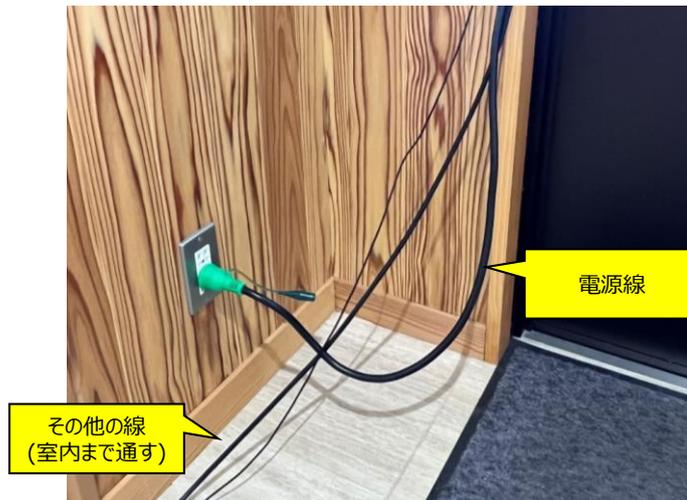
4-1-2. アンテナ(RRU)配線と合わせて、屋内に通します



5. 配線を接続する

5-1. 電源線をコンセントに接続します

- 5-1-1. 電源線だけを取り出して、コンセントに接続します
- 5-1-2. アンテナ(RRU)配線・基地局用GPS配線は、さらに室内に通します



5-2. アンテナ(RRU)配線・基地局用GPS配線を、基地局装置に接続します

- 5-2-1. アンテナ(RRU)配線を基地局装置L3SWのポート19番に接続します。
- 5-2-2. 基地局用GPS配線を基地局装置L3SWのポート「GNSS ANT」に接続します。



6. 基地局を起動する

6-1. 設定用パソコンを取り出して起動します

- 6-1-1. 設定用パソコンを取り出します
- 6-1-2. 設定用パソコンを起動し、ログインします

6-2. 各装置の電源を投入します

- 6-2-1. CU/DUの電源を投入します
- 6-2-2. 5GC装置の電源を投入します
- 6-2-3. L3SWを電源を投入します
- 6-2-4. 安定動作まで5分待機します
- 6-2-5. L3SWの「GNSS」LEDが緑点灯になることを確認します



GNSS LED

6-3. 設定用パソコンから、RRU・CU/DUを起動します

6. 基地局を起動する（つづき）

6-3. 設定用パソコンから、RRU・CU/DUを起動します



【警告】この操作を実施するためには3級陸上特殊無線技士(以上)の無線従事者免許が必要です。

- 6-3-1. RRU起動コマンドを投入します
- 6-3-2. GPS衛星捕捉のため10分待機します

コマンド画面
確認画面

- 6-3-3. CU/DU起動コマンドを投入します
- 6-3-4. 画面表示を確認します

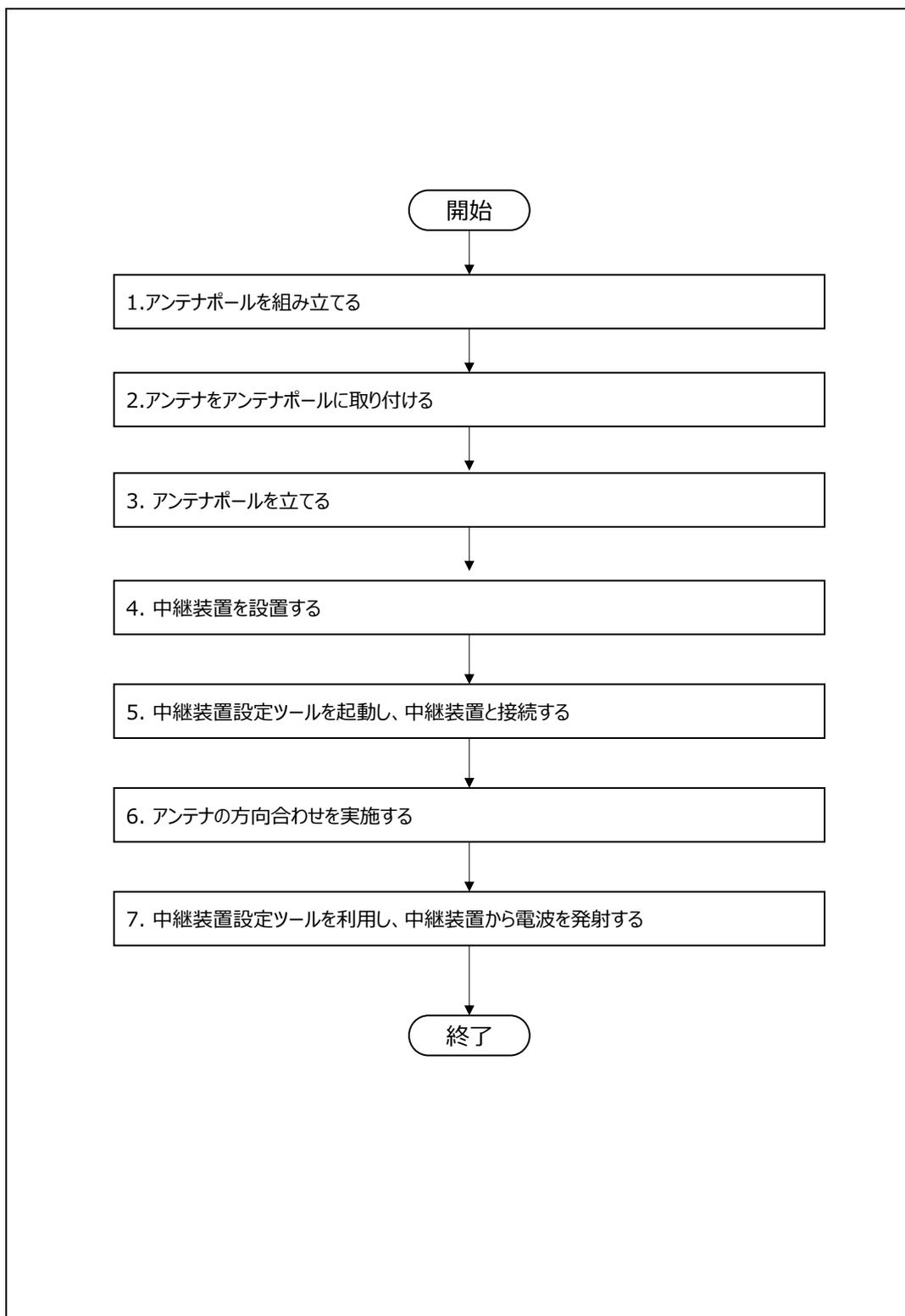
コマンド画面
確認画面

- 6-3-5. 最後にログを確認します

ログ確認画面

-以上-

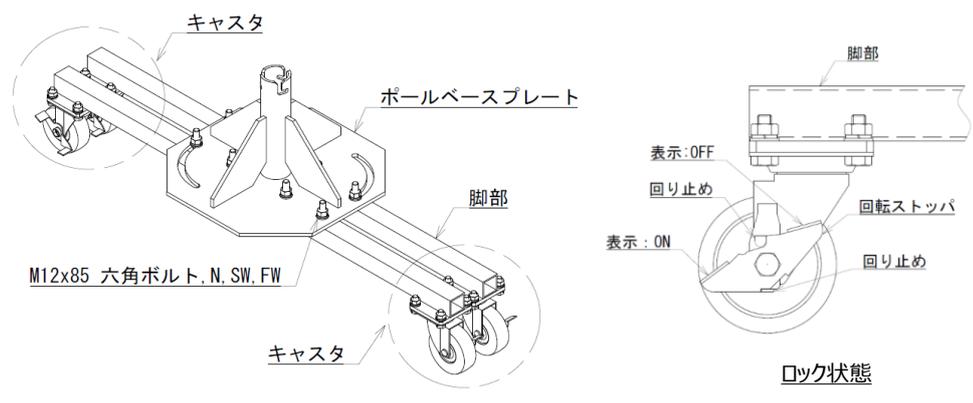
ローカル 5 G映像伝送システム設置マニュアル
中継装置編



1. アンテナポールを組み立てる

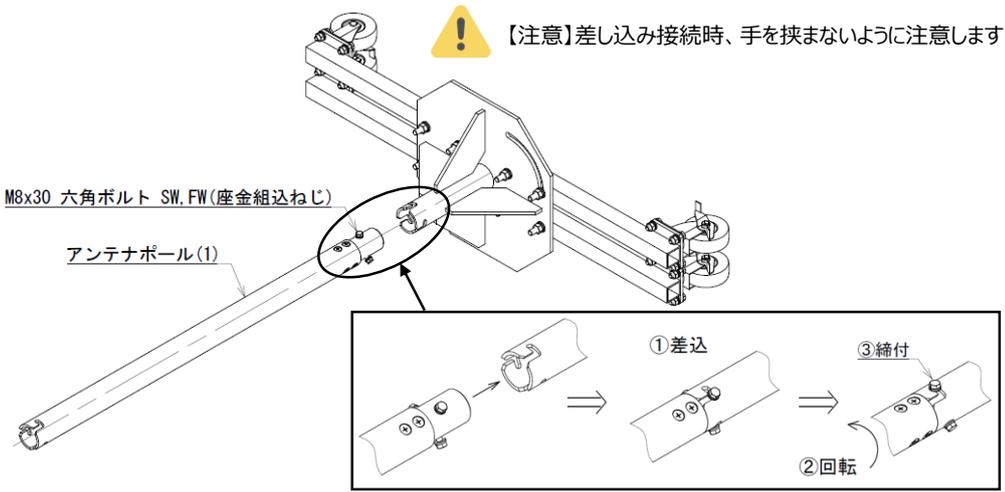
1-1. ボルトの締め付け確認、キャストをロック状態にする

- 1-1-1. M12ボルトが締め付けられているか確認して下さい
締め付けられていない場合は、M12ボルトを**32.0N・m**のトルクで締め付けます
- 1-1-2. 4箇所全てのキャストの回転ストップの「ON」と表示されている部分を、回り止めに当たるまでしっかり下げて、ロック状態にして下さい



1-2. ポールベースにアンテナポールを取り付けます

- 1-2-1. ボルトを3箇所緩めます(M8ボルト)
- 1-2-2. 図の要領でボルトとスリットを合わせ、差し込みます
- 1-2-3. 差し込み終わったらスリットにそってひねります
- 1-2-4. その後M8ボルトを**9.4N・m**のトルクで締め付けます



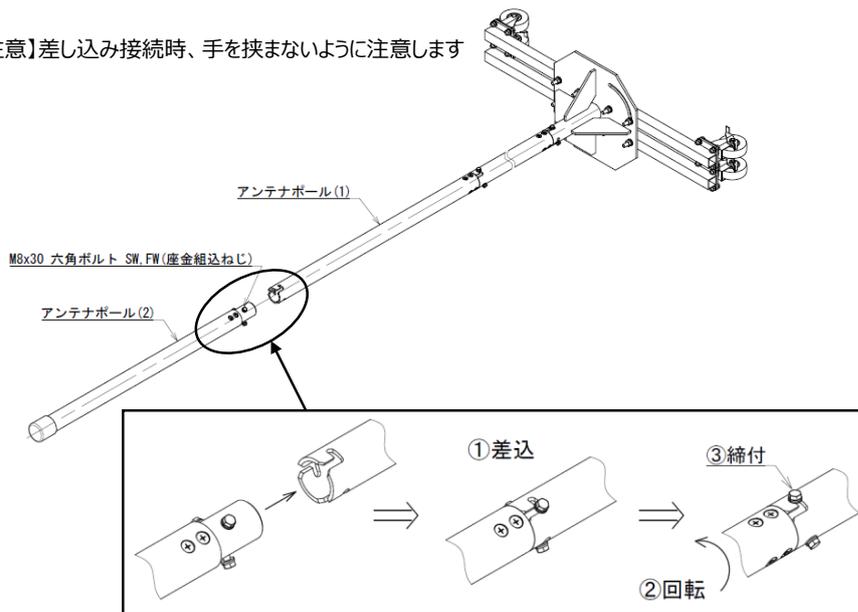
1. アンテナポールを組み立てる(続き)

1-3.前1-2.で組み立てた1番目のアンテナポールに2番目、3番目のアンテナポールを取り付けます

- 1-3-1. ボルトを3箇所緩めます(M8ボルト)
 - 1-3-2. 図の要領でボルトとスリットを合わせ、差し込みます
 - 1-3-3. 差し込み終わったらスリットにそってひねります
 - 1-3-4. その後M8ボルトを9.4N・mのトルクで締め付けます
- ※必要に応じてアンテナポールの下にクッション等を置き、アンテナポールを水平に支持して下さい



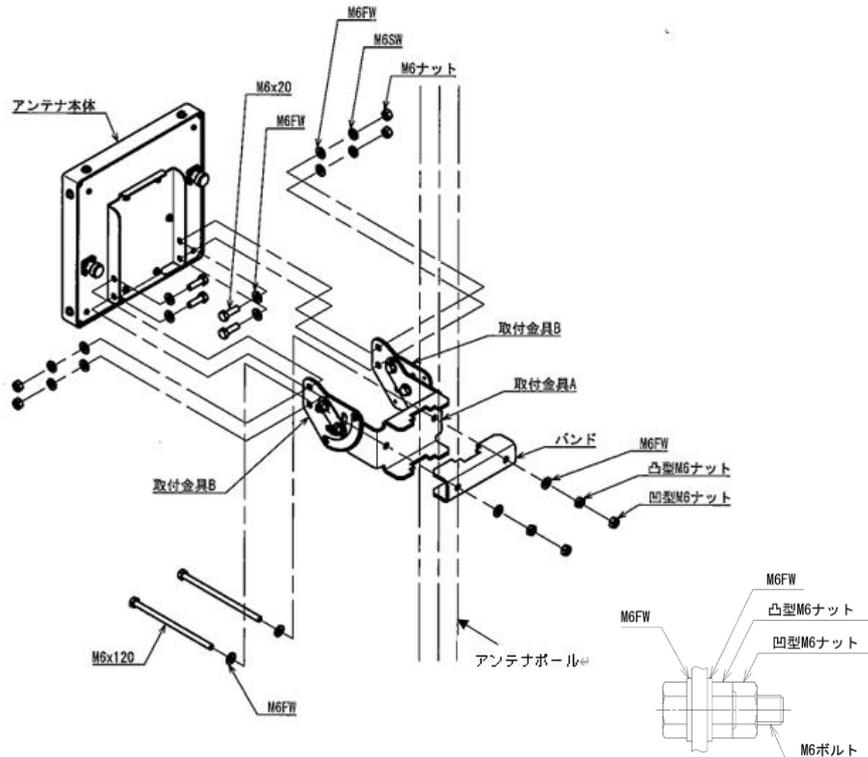
【注意】差し込み接続時、手を挟まないように注意します



2. アンテナをアンテナポールに取り付ける

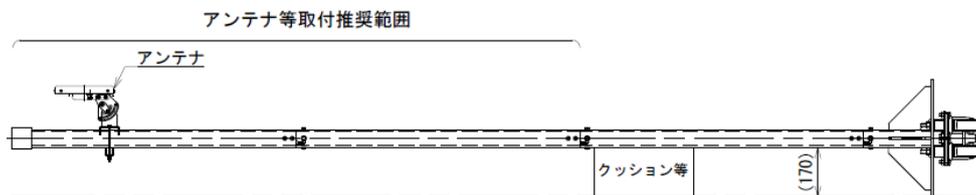
2-1. アンテナとアンテナ取付金具をアンテナポールに取り付けます

- 2-1-1. 図の要領で、アンテナとアンテナ取付金具をアンテナポールに取り付けます
(下図の取付推奨範囲内にて取り付けます)
- 2-1-2. M6ボルトを**3.9N・m**のトルクで締め付けます
ハードロックナット部は凹形及び凸形のダブルナット構造となっています。
凸形ナットを規定トルク値にて締め付けた後、凹形ナットを下図を参照して締め付けを行って下さい。



ダブルナット締め付け要領

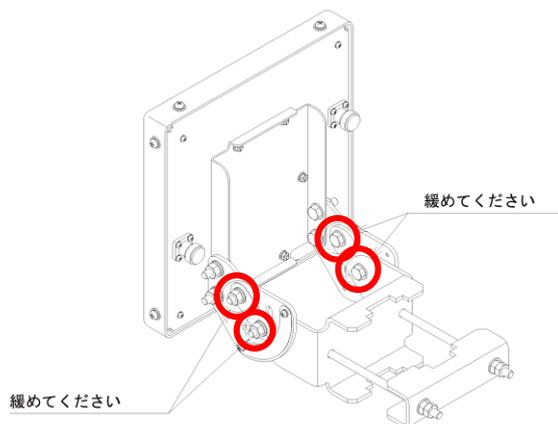
1. 凸型ナットをスパナ等で規定トルクにて締め付ける
2. 凹型ナットを手締めにて回した後、スパナ等で約1回転締め付ける



2. アンテナをアンテナポールに取り付ける(続き)

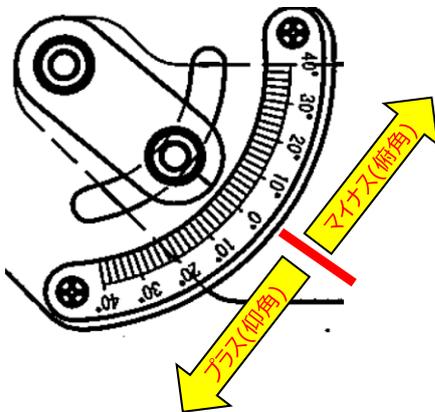
2-2. アンテナの角度を調整します

2-2-1. M6ナット4箇所を緩めます



- 2-2-2. 取付金具についているチルト金具目盛を用いて、所望のチルト角に設定しナットを仮締めします
2-2-3. もう一度チルト角を確認し、仮締めしたM6ナット4箇所を**3.9N・m**で締め付けます

※本実証実験では、取付角度は以下の通りです
ドナーアンテナ： + 1 度
サービスアンテナ： + 16 度

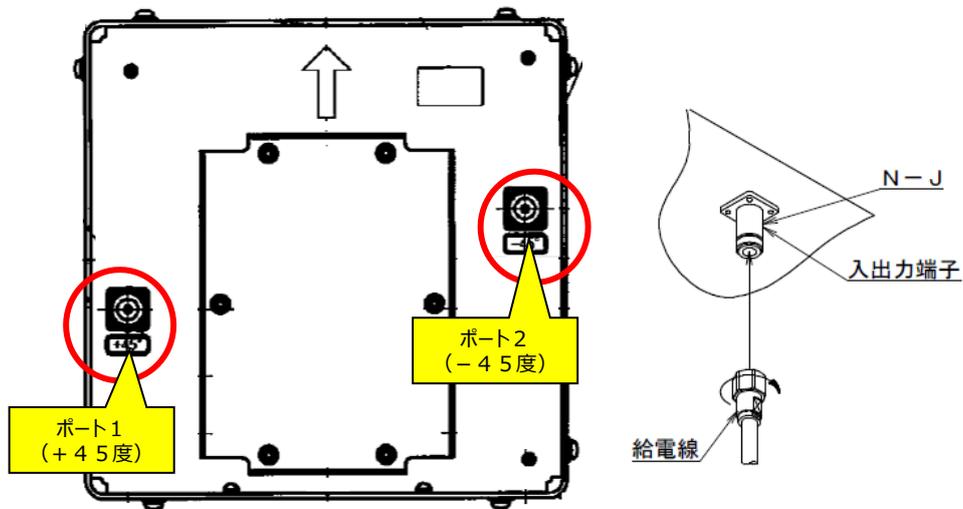


【注意】チルト変更作業を行う際は、手を挟まないように注意します

2. アンテナをアンテナポールに取り付ける (つづき)

2-3. アンテナに同軸ケーブルを接続する

- 2-3-1. 入出力端子内部に水滴又はごみ等の不純物がないか確認を行います
- 2-3-2. 入出力端子内にごみ等が付着していた場合は、内部を傷つけないよう注意して除去します
- 2-3-3. 上記確認後、入出力端子の表示を参照し、+45°偏波及び-45°偏波に注意し給電線を接続します (各 2 箇所)
- 2-3-4. 入出力端子に接続するN-Pコネクタの一般的な締め付けトルクは1.96~2.75N・mです
締め付けトルクは使用する給電線、コネクタによって異なりますので、使用する給電線、コネクタに合せた、適切なトルク値にて締め付けて下さい。



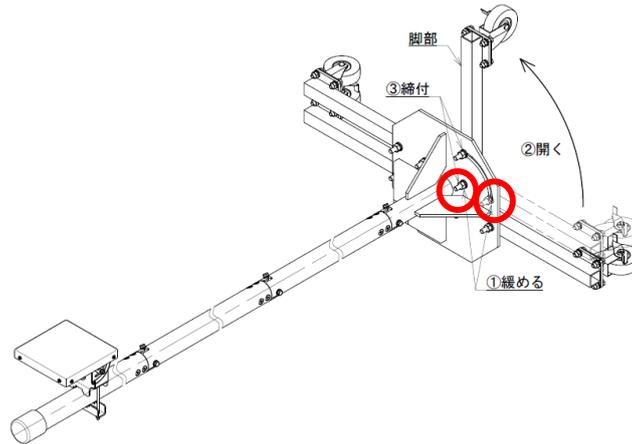
【注意】同軸ケーブルの対向側にサービスアンテナ/ドナーアンテナと、ポート1/2の接続状態が分かるようにマーキングしておきます (「S-1」「S-2」「D-1」「D-2」等)

3. アンテナポールを立てる

3-1. 脚部を展開します

- 3-1-1. M12ボルトを2箇所緩めます
- 3-1-2. 脚部を90度展開します
- 3-1-3. 展開後、M12ボルトを32.0N・mのトルクで締め付けます

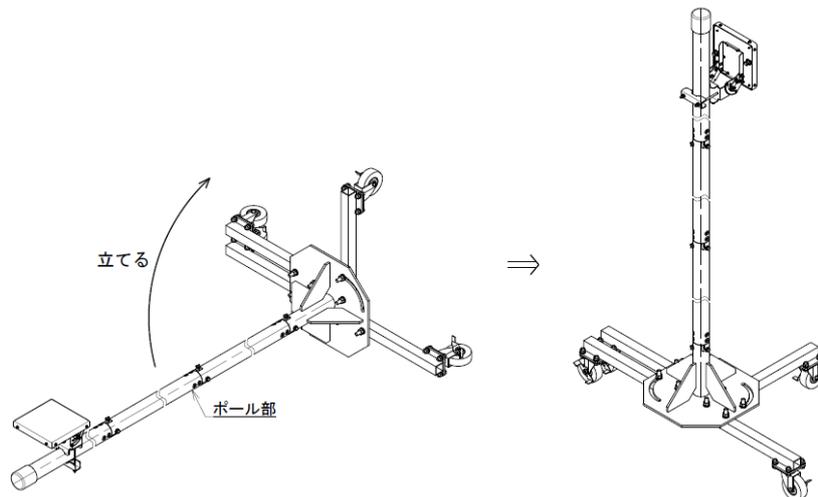
! 【注意】脚部を開く際は、ボルトや長穴部に触れない様にして下さい



3-2. アンテナポールを立てます

- 3-2-1. ポール部を支えながらアンテナポールを立ててください

! 【注意】アンテナポールを立てる際は、必ず複数人(2名以上)で作業し、次の作業(3.3)完了まで常に支えて下さい



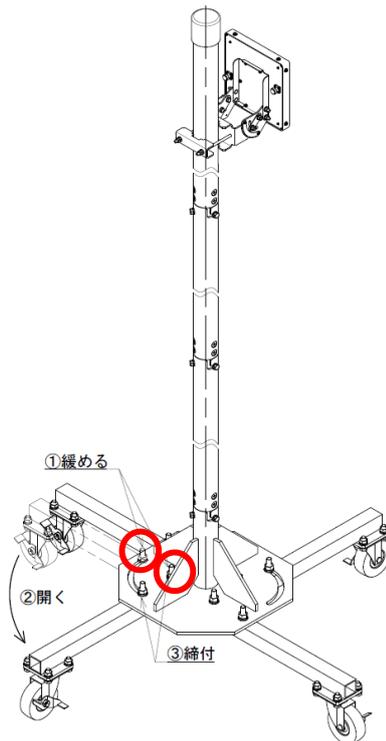
3. アンテナポールを立てる(続き)

3-3. 脚部を展開します

- 3-3-1. M12ボルトを2箇所緩めます
- 3-3-2. 脚部を90度展開します
- 3-3-3. M12ボルトを32.0N・mのトルクで締め付けます



【注意】脚部を開く際は、ボルトや長穴部に触れない様にして下さい



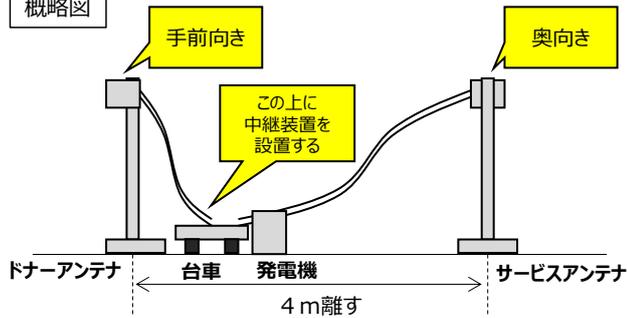
以上でアンテナ組み立ては終了です (サービスアンテナ・ドナーアンテナそれぞれに実施します)

4. 中継装置を設置する

4-1. ドナーアンテナ・サービスアンテナを配置し、その間に中継装置と発電機を配置します

- 4-1-1. ドナーアンテナを、基地局の方向に向けて配置します(方向調整は概ねで構いません)
- 4-1-2. サービスアンテナを、業務区域の方向に向けて、ドナーアンテナから4 mの位置に配置します
- 4-1-3. 中継装置設置用の台車を、アンテナの間に配置します
- 4-1-4. 発電機を台車の隣に配置します

概略図

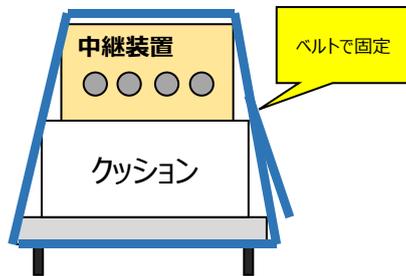


⚠ 実証実験中の設置位置については、地面にマーキングをしています

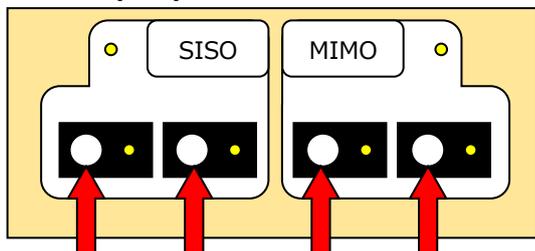


4-2. 台車の上にクッションを設置し、その上に中継装置を設置して、固定します

- 4-2-1. 台車の上にクッションを設置します
- 4-2-2. クッションの上に中継装置を設置します
- 4-2-3. 中継装置に各アンテナからの同軸ケーブルを接続します
- 4-2-4. 中継装置をベルトで固定します

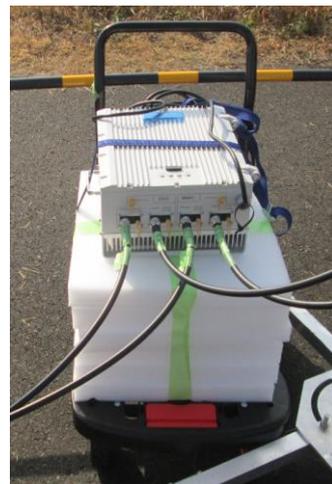


中継装置(拡大)



「S-1」を接続 「D-2」を接続 「S-2」を接続 「D-1」を接続

※最終ページの全体接続図を参照



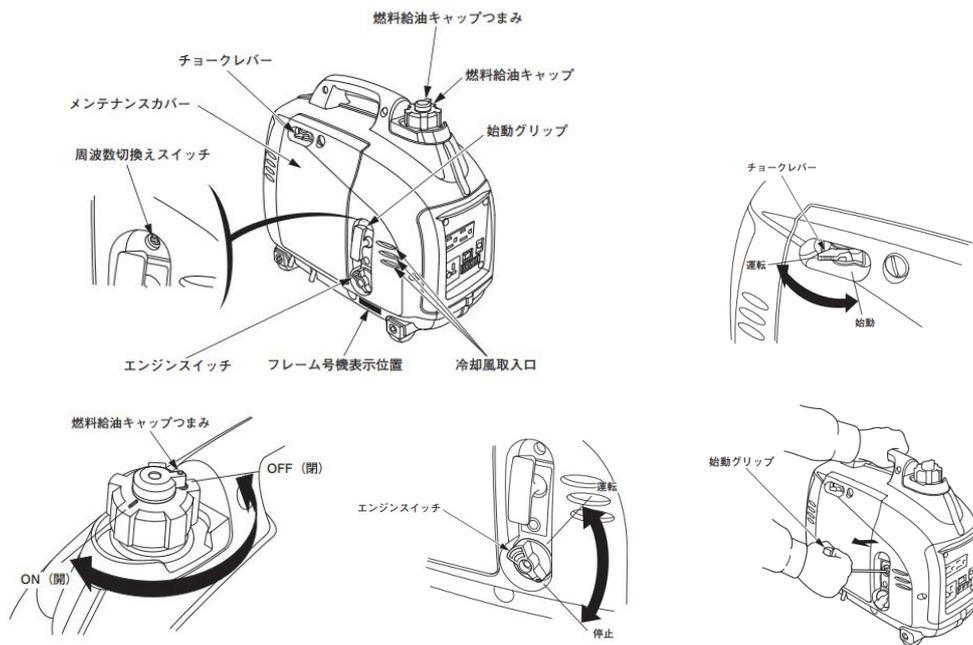
5. 中継装置設定ツールを起動し、中継装置と接続します

5-1. 中継装置の電源を接続し、発電機を起動します

5-1-1. 中継装置の電源を発電機に接続します

5-1-2. 発電機を起動します

- ・燃料確認
- ・燃料キャップつまみをONにする
- ・エンジンスイッチをONにする
- ・(冬季等)チョークレバーを「始動」側にする
- ・始動グリップを持ち、コイルを引いて始動する
- ・回転数が安定したらチョークレバーを「運転」側に戻す



5-1-3. 中継装置のLED状態を確認します



中継装置にはスイッチはありません。発電機が起動すると1分以内に起動します。

5. 中継装置設定ツールを起動し、中継装置と接続します（つづき）

5-2. 中継装置設定用パソコンを起動し、設定ツールを起動し、中継装置に接続します

5-2-1. 中継装置設定用パソコンを起動し、ログインします

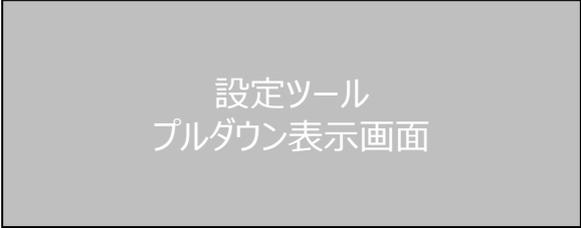
5-2-2. デスクトップ上の設定ツール「●●●●.exe」を起動します



設定ツール
全体画面

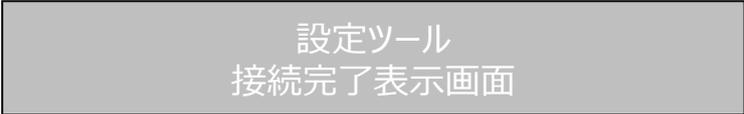
5-2-3. ComPortのプルダウンを指定します(実証実験時は 06 です)

5-2-4. [Connect]ボタンをクリックし、中継装置に接続します



設定ツール
プルダウン表示画面

5-2-5. SYSTEM INFORMATION 欄に表示がされれば接続完了です



設定ツール
接続完了表示画面

6. アンテナの方向合わせを実施する

6-1. 中継装置設定ツールの「Input Power」を見ながら、ドナーアンテナの方向を微調整します

- 6-1-1. 中継装置設定ツールの「Input Power」の UNIT1 DL の値を見ながらドナーアンテナの方向を調整します
※ドナーアンテナの方向を変えると、数値が変化しますので、**最大値**となる向きに合わせます

⚠ 【注意】マイナス値で表示されていますので、「最大値」にご注意ください
※(例) -60 よりも -55 の方が「大きな値」になります。

⚠ 実証実験の環境では、おおむね -●● 程度が最大値になります

設定ツール 入力レベル表示画面

- 6-1-2. 向きが決まったら、車輪をロックし、重りを置いて固定します



7. 中継装置設定ツールを利用し、中継装置から電波を発射します

7-1. 中継装置設定ツールの「CONTROL」を操作して、電波を発射します

7-1-1. 「ALC On/Off」が全てOnの状態になっているか確認してください。

7-1-2. 中継装置設定ツールの「CONTROL」にある「Output On/Off」の4つのボタンをクリックします

※クリックのたびに、ボタン上の表示はOn/Offを繰り返します。

Onの状態になるようにクリックします



【警告】この操作を実施するためには3級陸上特殊無線技士(以上)の無線従事者免許が必要です。

設定ツール
全体画面

7-1-3. 中継装置設定ツールの「STATUS」にある「Output On/Off」の4つ欄を確認し、すべてOnになっていれば、電波の発射が完了しています

設定ツール
状態確認画面

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証【開発実証事業】

[高精細映像伝送による災害時の迅速な情報共有・意思決定の実現]

2023年3月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ関西
