

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

富士山地域 DX

「安全・安心観光情報システム」の実現

成果報告書

令和4年 3月 25日

コンソーシアム名：Fujisan DX

NPO 法人 中央コリドー情報通信研究所

目次

1. 実証概要	1
1.1 背景・目的	1
1.2 実証の概要	5
1.2.1 技術実証	5
1.2.2 課題実証	6
2. 実証環境の構築	7
2.1 実施環境	7
2.2 ネットワーク・システム構成	9
2.3 システム機能・性能・要件	18
2.4 免許及び各種許認可	26
2.5 その他要件	26
2.6 実証環境の運用	30
3. ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）	32
3.1 実証概要	32
3.2 実証環境	33
3.3 実証内容	34
3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定	34
3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化	46
3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化	70
3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発	71
3.3.5 その他のテーマ	99
3.3.6 技術実証における追加提案	99
4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）	101
4.1 実証概要	101
4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標	101
4.2.1 山梨県が抱える「安全・安心な観光」に対する課題	101
4.2.2 課題実証1【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	106
4.2.3 課題実証2【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	112
4.2.4 課題実証3【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	118
4.3 実証環境	122
4.4 実証内容	126
4.4.1 ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証	126
4.4.2 ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証	174

4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討	191
4.4.4 継続利用の見通し・実装計画	196
5. 普及啓発活動の実施	203
5.1 映像制作への協力	203
5.2 実証視察会の実施	205
5.3 その他普及啓発活動.....	215
6. 実施体制	217
6.1 体制及び役割.....	217
6.2 情報保全体制.....	221
6.2.1 NPO 法人中央コリドー情報通信研究所	221
6.2.2 山梨県	221
6.2.3 東京大学.....	223
6.2.4 株式会社ヤマレコ	223
6.2.5 株式会社インターネットイニシアティブ	223
6.2.6 株式会社 NEC ネットエスアイ	224
7. スケジュール	226

※本書の図表等に関する引用・出典については巻末に一覧を記載。

1. 実証概要

1.1 背景・目的

日本のシンボル・富士山は、「富士山—信仰の対象と芸術の源泉」として 2013 年に世界文化遺産に登録された。開山期間中は 1 日 5,000 人、年間 20 万人を超える登山者があり、国内外から数多くの観光客や登山者が訪れる国内有数の観光地である。その一方、富士山は気象庁による常時観測対象の活火山のひとつである。1707 年の宝永噴火を最後に 300 年以上にわたり沈黙が続いているものの、それ以前は 20～30 年に一度は噴火をしていた活動的な火山であり、いつ噴火してもおかしくない状況である。



図 1-1 富士山の登山者・観光客

・ 富士山の抱える登山者安全対策の諸問題

富士山の噴火は、前兆現象の発現から噴火に至るまでの時間が短い、広大な山域のどこに火口が出現するかが噴火の直前まで確定できない等の特徴を持つ。登山道も当然火口出現が想定される範囲にあり、登山者と火口の位置関係によって避難すべき経路は異なることから、最適な避難ルートを一エリアごとの登山者に迅速かつ的確に伝える必要がある。この点においては、御嶽山の 2014 年噴火の教訓に留意すべきであり、すなわち人命救助の鍵となる登山者の動態把握に普段から取り組んでおく必要がある。

一方、観光・登山の対象としての富士山も多くの問題を抱えている。特に富士山の特殊性として、登山者の 83%が初めてもしくは 2 回目の登山であること（「富士山の適正利用に関するアンケート調査」、環境省：2010 年）、登山者を含めた富士山周辺への来訪者のうち外国人が占める割合が 23%程度と非常に高いこと（「富士山における外国人登山者動向把握調査」、環境省：2015 年）が挙げられる。こうした登山を知らない登山者や、日本のルールを知らない観光客により引き起こされる多くのトラブルに、対応が後手に回らざるを得ないのが現状である。こうしたトラブル対処を更に難しくしているのが、富士山における電力・通信インフラの脆弱性であり、基本的な遭難者対応から落石による大事故に至るまで基本

は電話による対応となっている。

- ・ フェーズフリーな火山防災の実現を目指す

阪神淡路大震災以降、防災対策の重要性が謳われ、近年防災対応に特化したアイテムやシステムが導入されてきたが、実際の災害時に機能しない事例が多く見られてきた。この課題解決には、近年注目され始めたフェーズフリー (Phase Free) という考え方が重要となる。フェーズフリーとは平常時と災害時という社会のフェーズ (時期、状態) を取り払い、普段利用のもの・ことが災害時に適切に使えるようにするという概念である。すなわち、災害時のための特別な備えをするのではなく、普段利用しているサービス・インフラが、非常時にも機能するようにデザインしておくことで災害時にも効果の発揮が期待できるようになる「備えない防災」と言い換えることができ、現在様々なセクターで期待されている。

富士山の災害対策においてはこの考え方を取り入れ、前述した噴火災害対応にも使え、且つ、普段の登山者の安全対策にも利便に活用可能なフェーズフリーな仕組み作りが求められている。

山梨県は山梨県社会資本整備重点計画 (第四次) (2020 年 3 月) において、「「日常」と「非常時」を区別せず、いずれの場面でも利用できるフェーズフリーな社会を構築していくことが求められています。」として、フェーズフリーの考え方を取り入れた。

これを受けて山梨県富士山科学研究所 (MFRI) は山梨県防災局等と連携して、日常時における火山監視や登山者の安全対策に貢献し、噴火等の災害対応にも活用できるフェーズフリーな富士山情報共有について、あるべき姿を提案することを目的として、「フェーズフリーな富士山情報共有のあり方に関する検討」を現在進めている。

- ・ デジタルトランスフォーメーション(DX)の推進

昨年 2020 年度末には、山梨県富士山科学研究所等の最新の研究に基づき、改定版富士山ハザードマップが公表された。本公表により、富士山噴火に伴う新たな被害想定が明らかとなり、観光客や地域住民らへの情報伝達を含む避難対策の構築が急務となっている。

更に、令和 2 年は新型コロナウイルスの影響で登山者が密集した場合の安全が確保できないとして 7 月 1 日 (静岡県は 7 月 10 日) ~9 月 10 日の 2 カ月間山頂に至る 4 本の登山道すべてが通行止めの措置を取らざるを得ない状況となった。その結果、県内へ訪れた観光客は前年から 1,776 万 2 千人減 (51.3%) 減の 1,688 万 4 千人で過去前年から 35.9%減少し、観光消費額は 2,776 億円となった (山梨県調べ)。ポストコロナにおいて、安全・安心な観光客等の受け入れ体制を早期に構築することが求められる。

こうした事案に対応するため、噴火現象の迅速な把握、登山者や観光客の人流把握などの確な情報収集・提供が益々必要となっており、デジタルトランスフォーメーション(DX)推進の重要性は大きくなった。

- ・ 火山防災における国・自治体連携状況について

山梨県は静岡県、神奈川県と共に富士山火山防災対策協議会を設置し、国や市町村とも連

携して火山防災対策に取り組んでいる。また、内閣府が開催する「火山防災協議会等連絡・連携会議」に参加し、全国の活火山の防災対策を行っている国、都道府県、市町村と情報交換を進めている。(全国の市区町村、国との連携)。

更に、山梨県が発起人・連盟幹事となり、全国の活火山を有する23都道府県(設立時は22都道府県)が加盟する火山防災強化推進都道府県連盟を令和元年7月23日に設立し、率先して火山防災対策に取り組んでいる(全国の都道府県との連携)。

一方、山梨県と神奈川県(温泉地学研究所)のみが火山研究を担う研究所を有する県であり、県外も含めた自治体等への火山防災支援を積極的に取り組んでいることから、山梨県の取り組みは全国の同様の課題を抱える自治体から強い関心を集めており、そうした地域との共有・連携展開が可能である。

表 1-1 環境省公表 富士山登山者数の推移 H17~令和元年

	(括弧内は前年比)														
	H17年	H18年	H19年	H20年	H21年	H22年	H23年	H24年	H25年	H26年	H27年	H28年	H29年	H30年	R元年
全登山者数(人)	200,292	221,010	231,542	297,875	292,058	320,975	293,416	318,565	310,721	277,494	230,348	245,675	284,862	208,161	235,646 (113.2%)
吉田ルート	108,247	119,631	132,980	172,369	169,217	184,320	165,038	189,771	179,720	170,947	136,587	151,969	172,657	150,845	149,969 (99.4%)
須走ルート	25,416	30,536	33,394	44,848	43,861	48,196	40,179	35,577	36,508	31,626	23,122	20,277	23,475	26,696	20,215 (75.7%)
御殿場ルート	8,667	9,232	11,157	16,624	11,390	9,845	15,758	15,462	17,709	15,150	15,123	15,339	18,411	11,792	12,230 (103.7%)
富士宮ルート	57,962	61,611	54,011	64,034	67,590	78,614	72,441	77,755	76,784	59,771	55,516	58,090	70,319	18,828	53,232 (282.7%)

- ※1：平成17~25年 7月1日~8月31日
 平成26、27年 7月1日~9月14日(吉田ルート)、7月10日~9月10日(須走ルート、御殿場ルート、富士宮ルート)
 平成28~令和元年 7月1日~9月10日(吉田ルート)、7月10日~9月10日(須走ルート、御殿場ルート、富士宮ルート)
- ※2：平成26年は雪のため、御殿場ルートでは7月10日に6合目まで開通、富士宮ルートでは7月10日に8合目まで開通(いずれも全線開通は18日)
- ※3：平成30年は、富士宮ルートでカウンターの不具合による欠測期間(8月14日~9月10日)が発生
- ※4：令和元年は、吉田ルートで山頂付近の崩落により、7月1日に8合5勺まで開通(全線開通は7月9日15時)

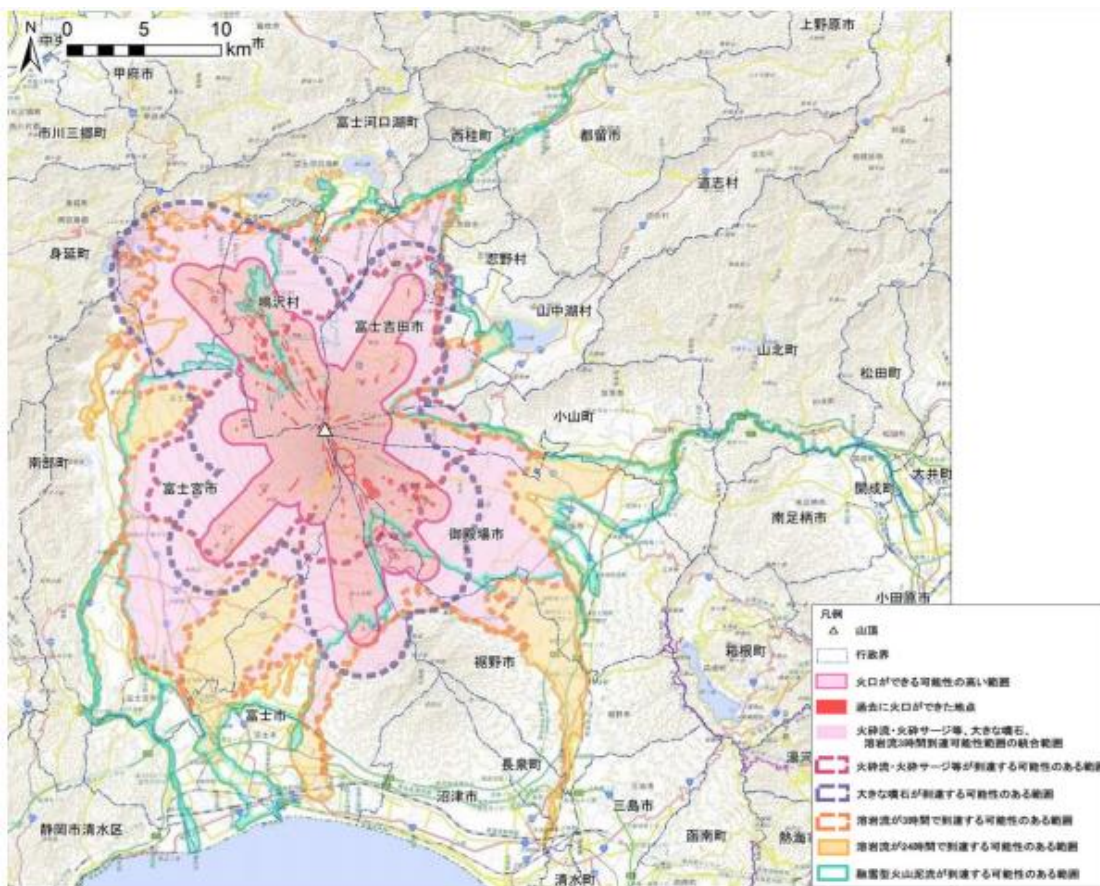


図 1-2 富士山噴火による被害を想定したハザードマップ

これらの背景を受け、本プロジェクトでは、情報通信民主化（ローカル 5G・公衆 5G 連携）による富士山地域「安全・安心情報システム」を実現し、誰もが安心して楽しめる魅力的な観光地づくりを目的とする。

また、本プロジェクトは、山梨県（防災局、DX 推進室、観光文化部など）がコンソーシアムへ参画し、ローカル 5G を用いたソリューションを継続的に活用し、富士山における安全・安心な観光、及び防災・減災をテーマとする課題解決への活用を前提としている。

なお、富士山火山防災対策などの推進に向け、山梨県と国立大学法人東京大学大学院工学系研究科・工学部は連携・協力に係る協定を 2021 年 6 月 3 日に締結しており、本プロジェクトと連携した活動を推進する。



図 1-3 富士山火山防災対策等の推進に向けた連携・協力に関わる協定の締結

山梨県 長崎 幸太郎 知事のコメント

「富士山噴火に的確、迅速に対応するためには、その火山現象をいち早く、正しく捉えることが重要です。東京大学のご協力をいただいて、ドローン、5G、AI など最新技術を用いた研究の推進が過酷な富士山における防災対策にもつながることは、多くの人を救う大きな武器となる。更なる協力関係を構築し、富士山火山防災対策の強化に繋げていきたい。」

1.2 実証の概要

本実証では、「情報通信民主化（ローカル 5G・公衆 5G 連携）による富士山地域『安全・安心情報システム』の実装」をテーマに、ローカル 5G 活用モデルの早期の実装に向けた実証（課題実証）、及びローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）を下記の役割で実証を推進した。また、技術実証、課題実証のポイントを記述する。

1.2.1 技術実証

我が国では大規模噴火災害（御嶽山噴火など）の直後に、富士山頂付近での通信事業者による携帯公衆網 4G の増強が図られたが、時期的・地理的に限定的（夏期（7～9 月）、山頂付近・山道）である。安全・安心リアルタイム遠隔監視のための大容量通信と登山者・遭難者のライフラインとしての通信は、時期的・地理的な制限なく必須にもかかわらず、富士山地域の通信は脆弱である。緊急時専用の防災通信だけでなく、平時にも使えるインフラ整備によりコスト削減を実現する必要がある、ローカル 5G による必要な場所に必要な通信を展開することが求められる。

なお、本実証で活用する東京大学開発の東京大学開発ローカル 5G システム（以降、FW-L5G-1）は、実用展開を NEC ネットズエスアイと共に進めており、ローカル 5G 普及に重要な、低コスト、3GPP 等国际標準に準拠、準同期 TDD の追加パターン対応の 5G システム

である。サプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策を取り入れ、実証システムの安全性が確保されている。

技術実証のポイント

- ・ 富士山という急峻な山岳地帯をフィールドとしたローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討、実証に取り組み、ローカル 5G の技術基準等に寄与する
- ・ 準同期 TDD の追加パターン検証における実機検証を実施

1.2.2 課題実証

本実証では、安全安心の登山観光を国民に提供する目的で、管理者・登山者・遭難者のライフラインとしての通信が脆弱であるという課題をローカル 5G の整備により解消し、

【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築

【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム

【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

という 3 つの課題を解決することで、自治体の課題解決にローカル 5G が有効であることを示す事を目的とする。

また、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立に向けた検証を実施した。

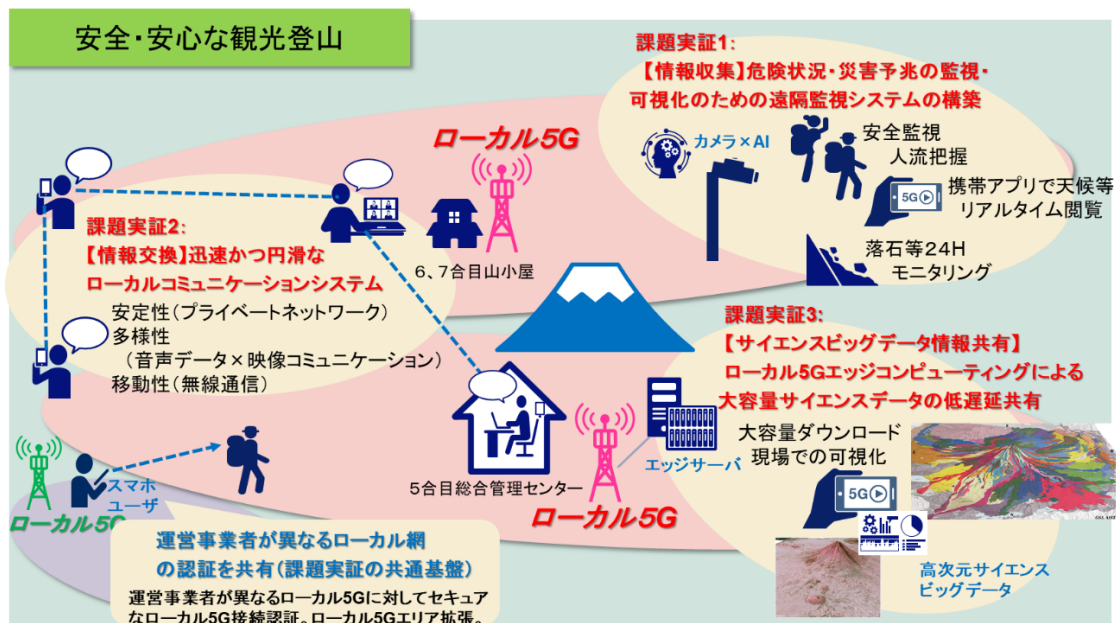


図 1-4 課題実証全体像

2. 実証環境の構築

2.1 実施環境

本実証は富士山吉田ルート 4 合目、5 合目、6 合目にローカル 5G 基地局を設置し、富士山という急峻な山岳地帯をフィールドにローカル 5G の技術実証を行う。

当初、本実証は富士山の吉田ルート 5 合目、6 合目、7 合目にローカル 5G 基地局を設置し、実証環境を構築する計画であったが、実行体制全体の実証契約が 11 月となった為実証開始が計画より後ろ倒しとなった。その影響により富士山の实証環境が制限（閉山時期）され、一部実証環境を他環境で実施する計画に変更した。

改めて実証内容、実証環境及び関係性成を以下に示す。

表 2-1 実証環境と実証内容

実証環境 No	実証内容
① 富士山 6 合目	主に技術実証 I の電波伝搬測定を行う。
② 富士山 5～6 合目 富士山科学研究所	コンソーシアムメンバーを交え技術実証、課題実証の基本動作確認を行う。
③ 徳島県立工業技術センター	NEC ネットズエスアイにて技術検証を行う為の施設 主に電波暗室にて技実実証 III の電波伝搬等測定を行う。
④ 富士山科学研究所ホール	②の補足実証としてコンソーシアムメンバー並びに本実証関係者を招致し主に課題実証における効果検証、運用検証、現地視察会を行う。
⑤ NEC ネットズエスアイ 基盤技術開発本部	技術実証、課題実証の検証施設として利用し、主に②の補足実証として課題実証の機能検証を行う。
⑥ 東京大学、IIJ	主にコアの相互接続の検証を行う事を目的とし、東京大学、IIJ にローカル 5 G 設備を設置し相互接続検証を行う。
⑦ 富士山 4 合目	①の補足実証として電波伝搬測定を行う

表 2-2 テーマ別実証内容と実証場所

実証分類	テーマ別実証内容	実証環境 No
技術実証	ローカル 5 G の電波伝搬特性等の測定	① ⑦
	I.電波伝搬モデルの精緻化	① ⑦
	II.電波反射板によるエリア構築の柔軟化	対象外
	III.準同期 TDD の追加パターンの開発	③
課題実証	1 【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築（その 1）落石モニタリング、人流検知など、	② ④ ⑤
	1 【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視	⑥

	視システムの構築（その2）ローカル 5G 対応の端末（スマートフォン）を用いて、運営事業者が異なるローカル 5G に対してセキュアなローカル 5G 接続認証によるエリア拡張検証	
	2 【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	② ④ ⑤
	3 【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	② ④ ⑤

富士山吉田ルート 4 合目、5 合目、6 合目の航空写真を下に示す。

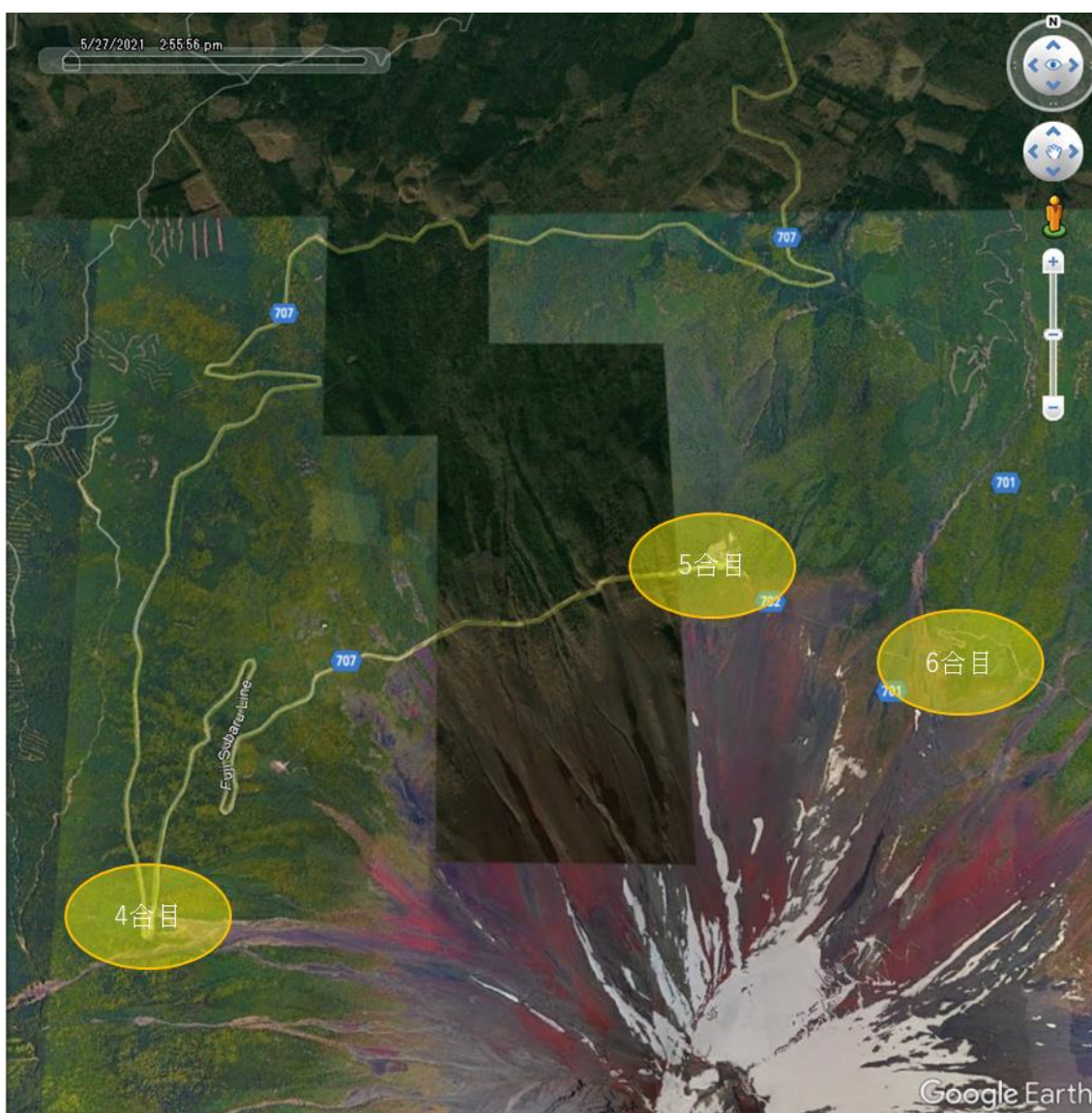


図 2-1 実証フィールドの航空写真

2.2 ネットワーク・システム構成

ネットワーク・システム系統図を図 2-2~図 2-8 に示す。ローカル 5G 基地局は富士山吉田ルート 4 合目、5 合目、6 合目に設置した。5 合目にはサービス処理する MEC (サーバ類) を設置する。各合目は光ケーブルを敷設し有線接続を行った。また、5 合目とシステムの運用管理を行う山梨県富士山科学研究所は FWA 装置によって接続した (4 合目は一部の技術実証を行うために設置する)。

当実証環境におけるミッションクリティカルな無線のアプリケーション/サービスを実現するユースケースにおいては、ローカル 5G が有している次にあげる各要素の確保の観点より、一般公衆網とは独立したローカルな通信網であることが重要となる。

- ・ 免許制による安定した無線通信
- ・ 運用上高度なセキュリティの保証
- ・ 山岳地帯においてアプリケーションを利用する範囲において複数のカメラからのアップリンク性能を確保

各合目には AI カメラや映像公開用モニター、人流センサーなどを接続しローカル 5G ネットワーク上で各種システムを構築した。

実証環境ごとに構築したネットワーク・システム系統図を以下に示す。

表 2-3 実証環境とネットワーク・システム系統図対応表

実証環境 No	概要	構成図
①	富士山 6 合目にローカル 5G 基地局を設置し、端末、測定器を配置し測定。	図 2-2
②	富士山 5 合目、6 合目にローカル 5G を設置、5 合目と 6 合目の間は光ケーブルによる有線接続をした。また 5 合目とシステムの運用管理を行う山梨県富士山科学研究所は FWA による無線接続を行った。5 号目には AI 解析サーバ、ローカルコミュニケーションサーバ、サイエンスビッグデータサーバを設置し、各合目にカメラを配置しローカル 5G ネットワーク上でシステムを構築。	図 2-3
③	ローカル 5G 基地局を設置し、端末、測定器を配置。	図 2-4
④	AI 解析サーバ、ローカルコミュニケーションサーバ、サイエンスビッグデータサーバ、カメラを配置し有線・無線 LAN 上でシステムを構築。	図 2-5
⑤	AI 解析サーバ、ローカルコミュニケーションサーバ、サイエンスビッグデータサーバ並びにカメラを配置しローカル 5G 上でネットワークを構築。	図 2-6
⑥	異なるローカル 5G (コア) のシステムを構築。	図 2-7
⑦	ローカル 5G 基地局を設置し、端末、測定器を配置	図 2-8

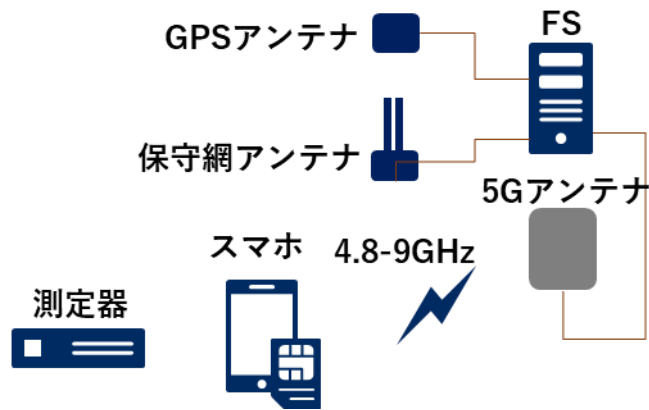
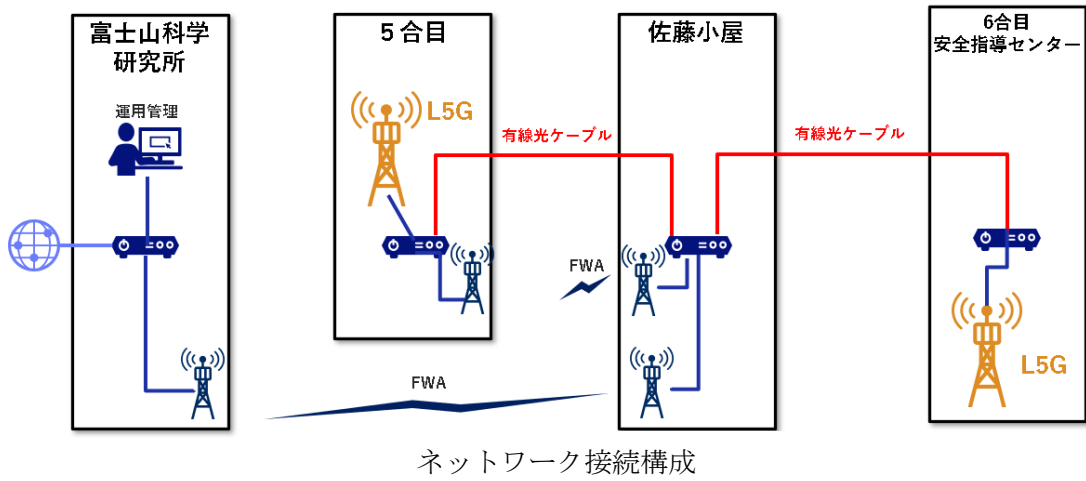


図 2-2 富士山 6 合目システム構成



ネットワーク接続構成

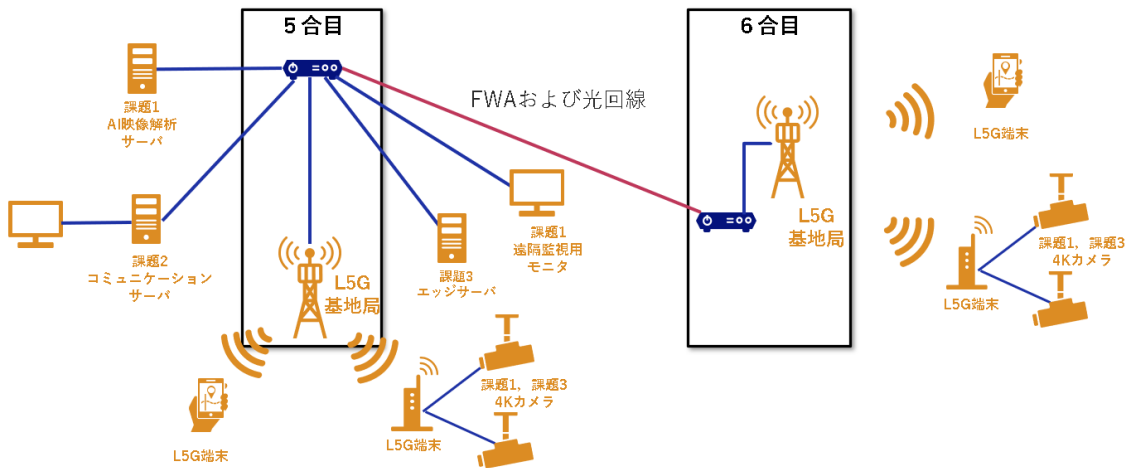


図 2-3 5、6 合目のシステム構成

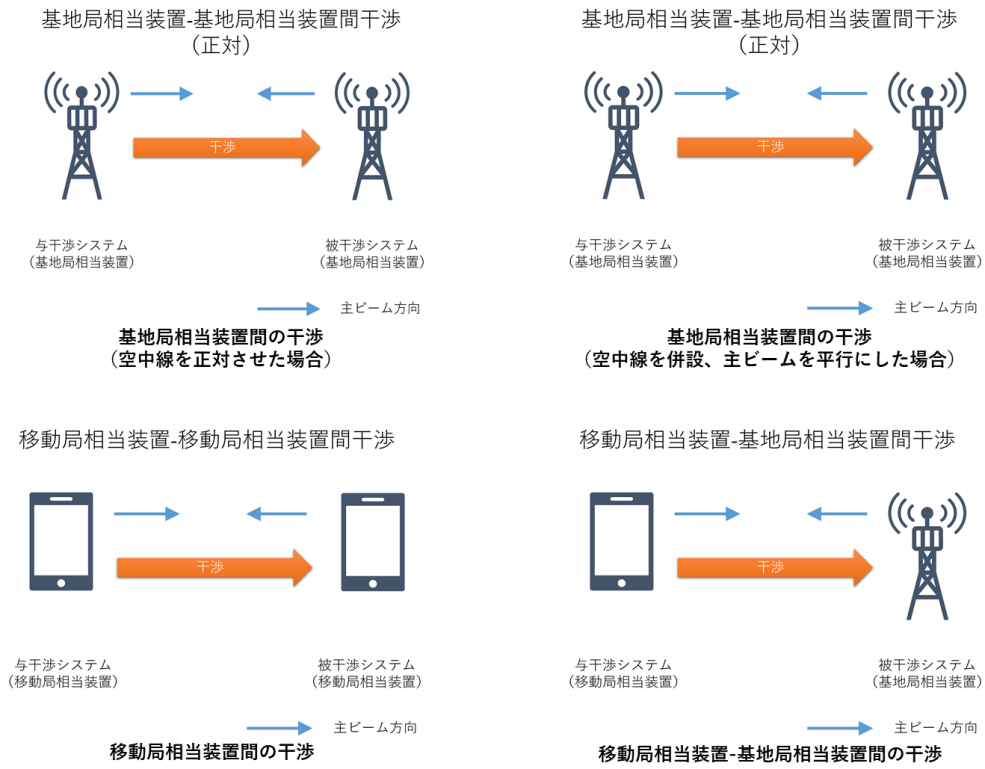


図 2-4 徳島県立工業技術センターシステム構成

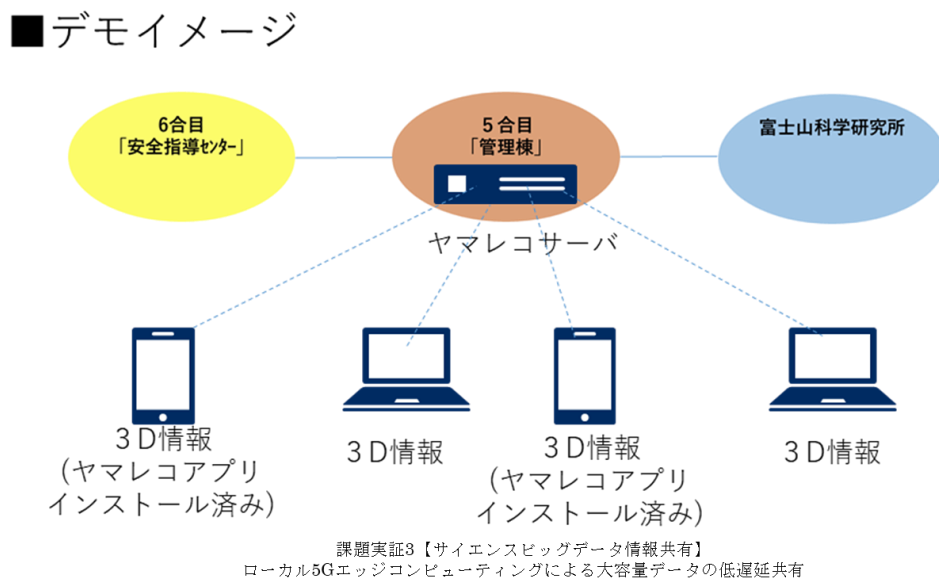
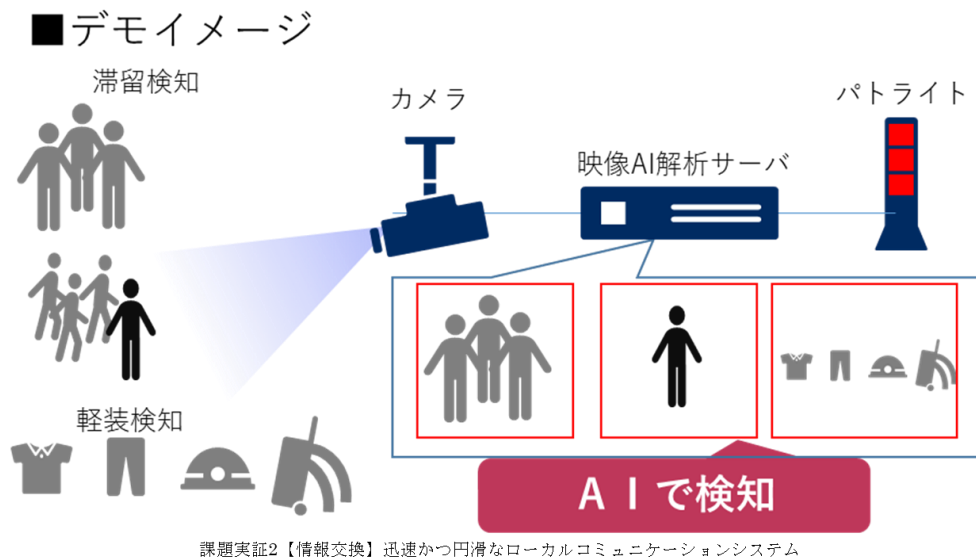
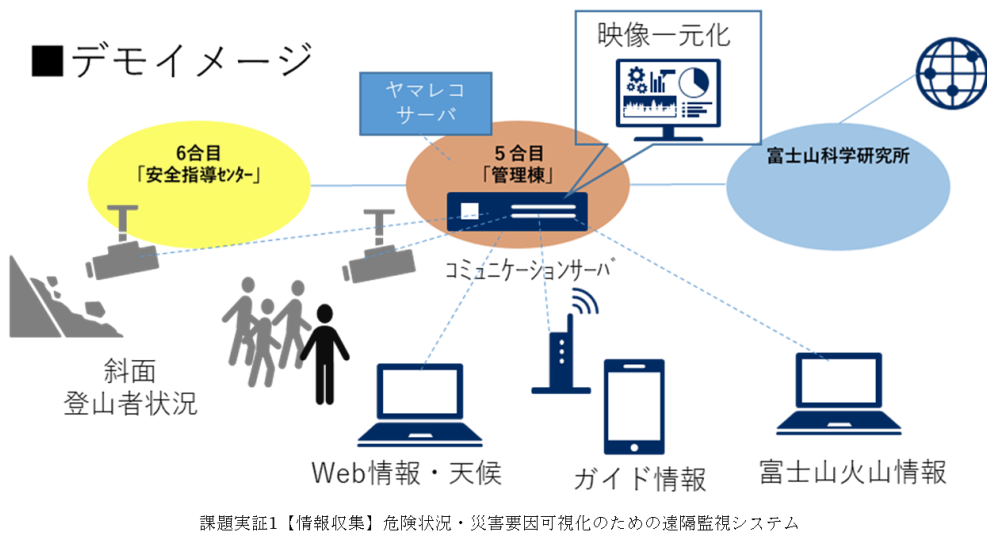


図 2-5 富士山科学研究所ホールシステム構成

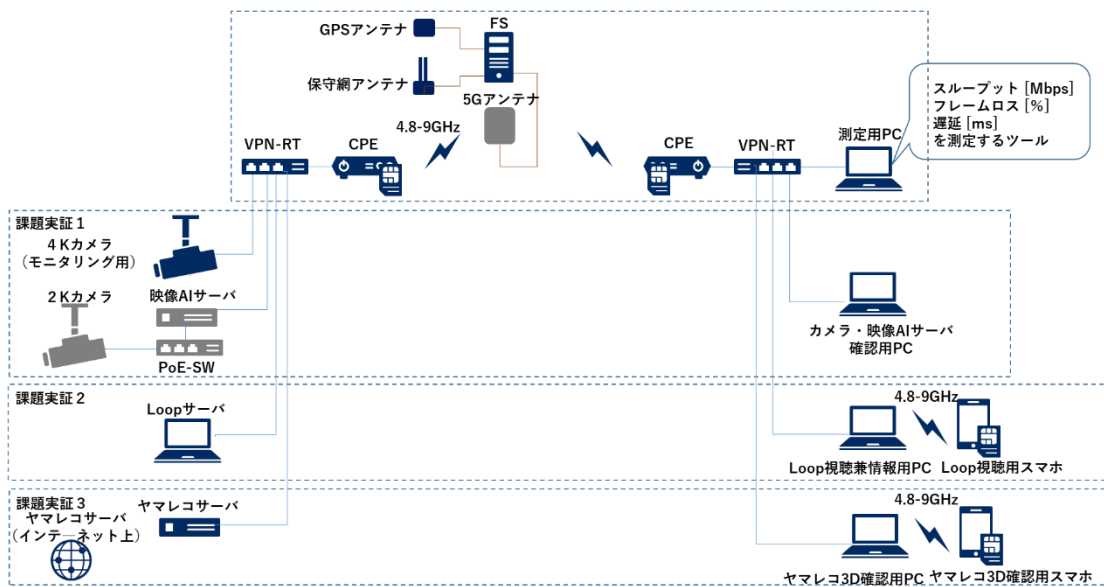


図 2-6 NEC ネットズエスアイ基盤技術開発本部システム構成

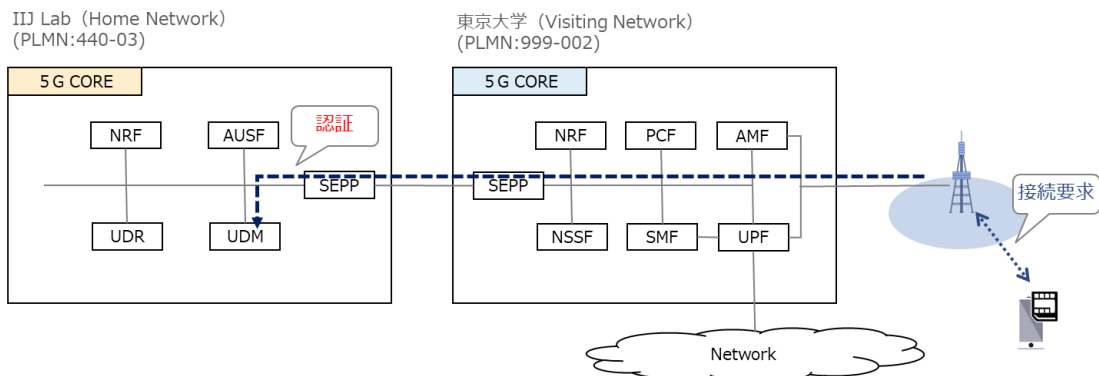


図 2-7 東京大学、IIJ システム構成

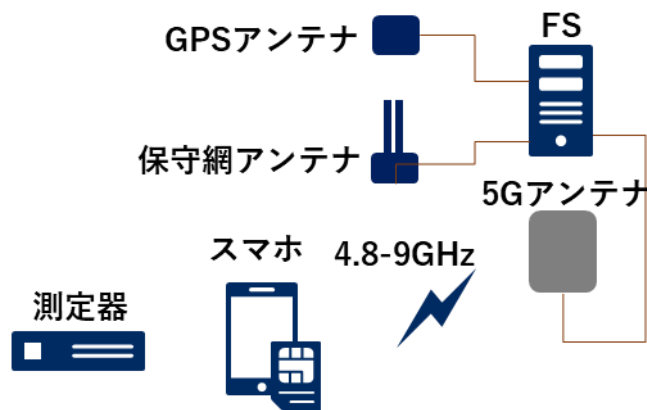


図 2-8 富士山4合目システム構成

以下に図 2-3 における富士山 6 合目、5 合目での環境構築現地状況を示す。



図 2-9 5 合目に設置した一体型基地局 (FLARE 基地局) とネットワーク機器 (VPN ルーター)



図 2-10 佐藤小屋に設置した一体型基地局 (FLARE 基地局) と AI カメラ



図 2-11 佐藤小屋に設置したネットワーク機器 (L3-SW/VPN ルータ)



図 2-12 佐藤小屋に設置した 5 合目向け FWA



図 2-13 佐藤小屋に設置した富士山科学研究所向け FWA



図 2-14 6合目安全指導センター前に設置した一体型基地局 (FLARE 基地局/アンテナ)

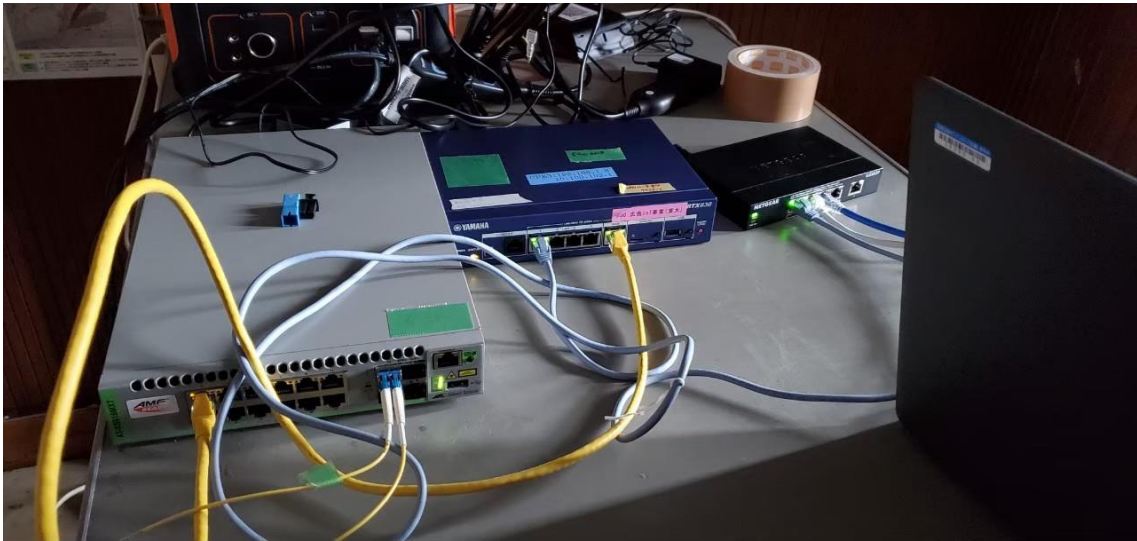


図 2-15 6 合目に設置したネットワーク機器 (L3SW/VPN ルーター)

表 2-4 ローカル 5G システム及び課題実証 1～3 の主なシステム概要

名称	製造ベンダ	設置場所 (屋内外)	数量
ローカル 5G 基地局 FW-L5G-1	Flare Systems	屋外	2 台
端末 CPE (iR730B)	IDY	屋内	2 台
スマートフォン	FCNT	屋内外	2 台
AI 解析サーバ	NEC	屋内	一式
ローカルコミュニケーションサーバ	HP	屋内	一式
サイエンスビッグデータサーバ	ヤマレコ	屋内	一式

表 2-5 ローカル 5G システム (基地局) の概要

	基地局 A (FW-L5G-1)
製造ベンダ	Flare Systems 社
台数	2 台
設置場所 (屋内/屋外)	屋外
同期/準同期	同期/準同期
UL : DL 比率	2:7, 4:4, 5:3, 6:2
周波数帯	4.7GHz 帯
SA/NSA	SA
UL 周波数	4.8~4.9GHz
DL 周波数	
UL 帯域幅	100MHz
DL 帯域幅	
UL 中心周波数	4.85GHz
DL 中心周波数	
UL 変調方式	最大 256QAM
DL 変調方式	
MIMO	2×2MIMO

2.3 システム機能・性能・要件

ローカル 5G システムの性能は技術実証および課題実証の遂行にあたり十分なカバーエリアを設計でき、かつ課題実証に必要な十分な伝送速度を有するものとした。システム諸元を以下に記載する。

表 2-6 FLARE SYSTEMS FW-L5G-1 諸元

項目	仕様
対応周波数帯	4.7GHz-4.8GHz/4.8GHz-4.9GHz
最大出力	23dBm(200mW)
空中線利得	12dBi
占有帯域幅	100MHz
MIMO レイヤ数	ダウンリンク 2x2 MIMO アップリンク 2x2MIMO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	理論値 ダウンリンク 800Mbps(同期 TDD) アップリンク 220Mbps(準同期 TDD)
ネットワーク接続方式	1Gbps LAN
時刻同期方式	GPS 同期方式
電源	AC100V

※ 本システムは下図の通り準同期 TDD の追加パターン 1~3 に対応をしており、技術

実証における「準同期 TDD パターンの開発」の実施に最適である。

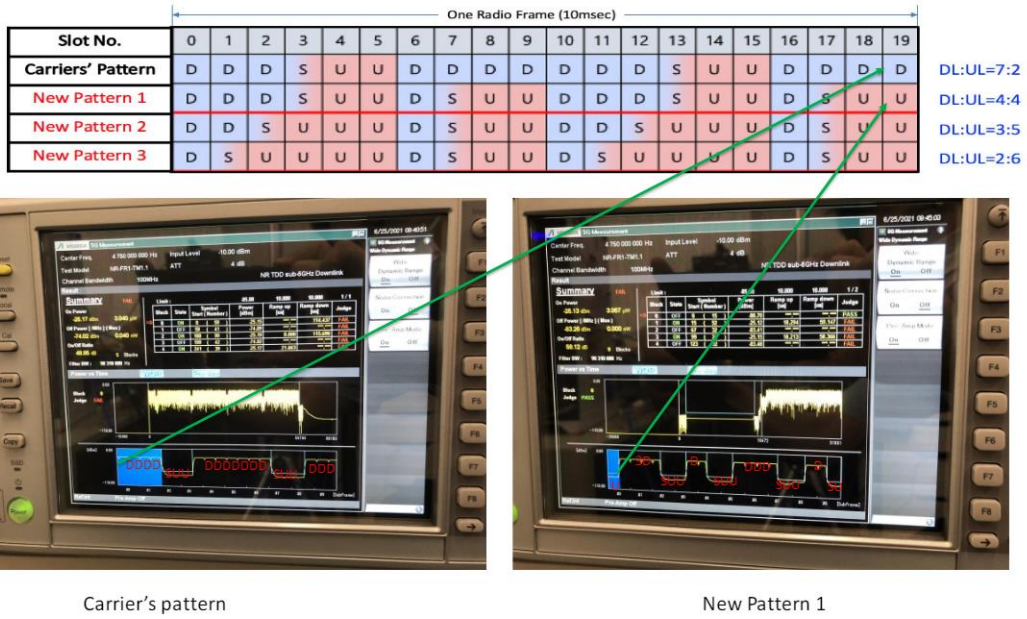


図 2-16 「FW-L5G-1」が同期、及び準同期パターン1で動作する様子

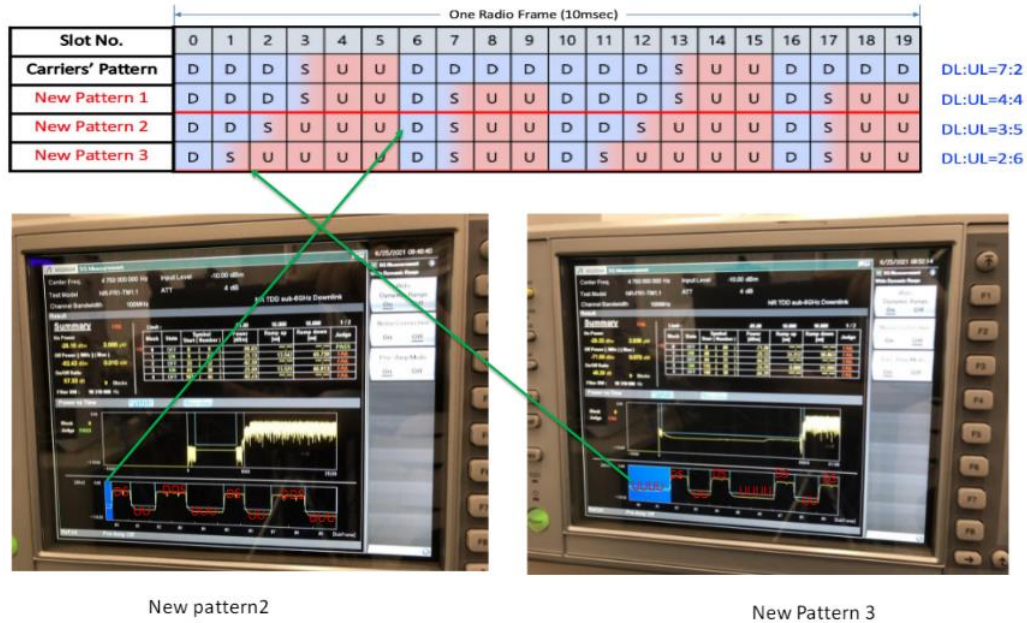


図 2-17 「FW-L5G-1」が同期、及び準同期パターン2、3で動作する様子

Performance

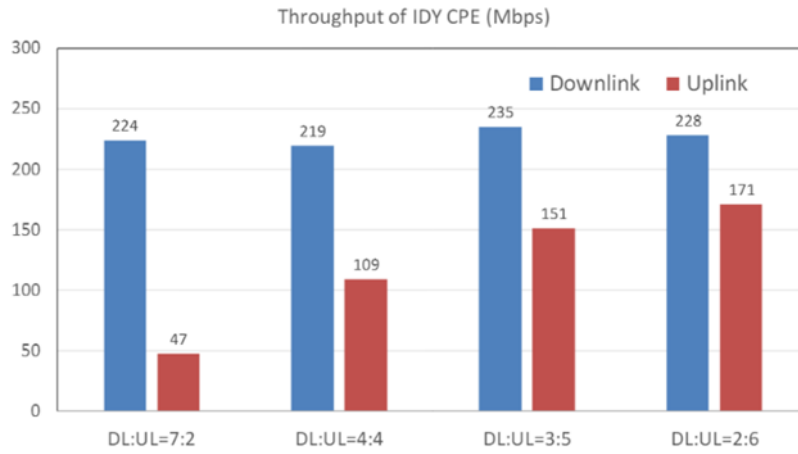


図 2-18 準同期を使って下り上り比率を 2:6 で運用すると上り速度を大幅に向上が可能

本実証に使用する端末の諸元を以下に記載する。

- ・ CPE(iR730B)

表 2-7 CPE (iR730B)諸元

項目	仕様
変調方式(1次変調)	$\pi/2$ BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
変調方式	OFDM
複信方式	TDD
帯域幅	99.96MHz
中心周波数	4.84998GHz
アンテナ構成	外付け型指向性アンテナ
送信電力	23.0dBm 200mW
アンテナ利得	12dBi
給電線損失	3.0dB
最大 EIRP	32.0dBm
電波の型式	100MX7W



図 2-19 iR730B の外観

- ・ スマートフォン (FCNT)

表 2-8 スマートフォン (FCNT) 諸元

項目	仕様
変調方式(1次変調)	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
変調方式	DFT-s-OFDM
複信方式	TDD
帯域幅	99.96MHz
中心周波数	4.84998GHz
アンテナ構成	内蔵型無指向性アンテナ
送信電力	23.0dBm 200mW
アンテナ利得	-5.5dBi
給電線損失	0.0dB
最大 EIRP	17.5dBm
電波の型式	100MX7W



図 2-20 FCNT の外観

・ AI 解析サーバ

表 2-9 AI 解析サーバ諸元

項目	仕様
型名	Express5800/T110j-S(4C/E-2224)
メーカー	NEC
インストール OS	Windows Server 2019 Standard (16Core)
CPU	インテル® Xeon® プロセッサ E-2224
メモリ	64GB(4×16GB)
グラフィックス	1677 万色: 640x480, 800x600, 1,024x768, 1,280x1,024, 1,600x1,200, 1920x1080
標準インタフェース	5x USB3.0 (2x 前面(Type A)、1x 内部(Type A)、2x 背面(Type A))2x USB3.1 (2x 背面(Type A))1x アナログ RGB (ミニ D-Sub15 ピン, 1x 背面)1x シリアルポート (RS-232C 規格準拠/D-Sub9 ピン, シリアルポート A, 1x 背面, オプションで計 2 ポートに増設可) 2x 1000BASE-T LAN コネクタ (1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T 対応, RJ-45, 2x 背面)1x マネージメント用 LAN コネクタ (1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T 対応, RJ-45, 1x 背面)
HDD	SATA 2TB (2x 1TB)
消費電力(最大構成時)	206VA/204W
電源	AC100V/200V±10%(冗長電源対応)
外形寸法(幅 x 奥行 x 高さ)	200.0mm x 419.2mm x 347.1mm (冗長 PSU・スタビライザ・突起物含む)
質量 (標準 / 最大)	8.0kg / 11.5kg
温度/湿度条件	動作時 : 5~40℃/10~85% (ただし結露しないこと) 保管時 : -10~55℃ / 10~85% (ただし結露しないこと)



図 2-21 AI 解析サーバの外観

- ローカルコミュニケーションサーバ

表 2-10 ローカルコミュニケーションサーバ (VCOM Server) 諸元

項目	仕様
型名	HP Probook 450 G7
メーカー	HP
インストール OS	Windows 10 Pro / 64bit
CPU	Core i5-10210U
メモリ	8GB
SSD	256GB
ディスプレイタイプ	15.6 インチワイド (16 : 9) HD 液晶ディスプレイ
外形寸法(幅 x 奥行 x 高さ)	364.9 x 256.9 x 19 (最厚部、突起部含まず) mm
質量	約 2.0kg
温度/湿度条件	環境条件(動作時):温度 0~35℃。(非動作時):温度-20~60℃、湿度 5~95%(但し、結露しないこと)。



図 2-22 ローカルコミュニケーションサーバ (VCOM Server) の外観

表 2-11 ローカルコミュニケーションサーバ (Media Server) 諸元

項目	仕様
型名	HP Probook 450 G8
メーカー	HP
インストール OS	Linux
CPU	Core i5-1135G7
メモリ	8GB
SSD	256GB
ディスプレイタイプ	15.6 インチワイド (16 : 9) HD 液晶ディスプレイ
外形寸法(幅 x 奥行 x 高さ)	359.4 x 233.9 x 19.9(最薄部、突起部含まず)mm
質量	約 1.74kg
温度/湿度条件	環境条件(動作時):温度 0~35℃。 (非動作時):温度-20~60℃、湿度 5~95% (但し、結露しないこと)。



図 2-23 ローカルコミュニケーションサーバ (Media Server) の外観

- サイエンスビッグデータサーバ

表 2-12 サイエンスビッグデータサーバ諸元

項目	仕様
型名	NUC9i9QNX
メーカー	Intel
インストール OS	Linux
CPU	Intel® Core™ i9-9980HK Processor (16M Cache, up to 5.00 GHz)
メモリ	64GB (32GB×2 枚)
SSD	2TB
グラフィック出力	2x Thunderbolt 3, HDMI 2.0a
外形寸法(幅 x 奥行 x 高さ)	238 x 216 x 96mm
質量	6.6 kg
温度/湿度条件	温度 0～35℃

2.4 免許及び各種許認可

(1) 無線局免許

総務省関東総合通信局と調整を行い、ローカル 5G および FWA の無線局免許申請を実施した。また、その際には必要な無線従事者を配置し、無線従事者選任届を提出したうえで運用を実施した。

(2) その他の許認可

富士山に通信機器等設置するにあたり、環境省、文化庁、山梨県林政部県有林課、山梨県県土整備部道路管理課、山梨県観光文化部世界遺産富士山課、山梨県富士吉田市外二ヶ村恩賜県有財産保護組合、富士吉田口旅館組合、及び各施設の利用許可が必要であるが、山梨県は知事を筆頭に本事業を推進した。また、山梨県富士山科学研究所が多くの特許認可実績があることから、本実証における機器の設置認可取得は山梨県富士山科学研究所が主体となり実施した。

2.5 その他要件

(1) サイバーセキュリティに関する対策

本実証にて使用した機器（基地局設備、コア設備）はサプライチェーンリスクを含むサイバーセキュリティ対策を施した。無線ネットワーク部分は SIM 認証を活用し、なりすましなどの不正アクセスを防止する対策を行った。また、有線ネットワーク部分においてはファイアウォールや UTM を活用することにより外部ネットワークとの接続時のリスクを極力減らす対策を施したうえで実証を行った。また、保守回線においてはインターネット VPN

などの手段で暗号化することにより攻撃を困難とする対策を施した。

(2) クラウドサービスの利用等、外部のネットワークへの接続やデータ伝送

本実証において個人情報情報はカメラで撮影した人物等の画像となる。画像は原則として本実証システムの内部にとどめることとし、クラウドサービス等の外部ネットワークには送信していない。

(3) 開発を伴う機器

本実証においては開発を伴う機器を使用していない。

(4) 実証に用いる機材・システムの品質担保

コンソーシアムメンバーである NEC ネットエスアイ株式会社所有の基盤技術センターラボにて 5G 設備についての検証を行い、実際に配置した際の動作等の確認を行った上で現地へ導入した。試験結果について下記に記載する。



図 2-24 通信系試験出荷判定項目



図 2-25 通信系試験 Throughput 試験結果



図 2-26 無線試験系登録点検測定項目

2.6 実証環境の運用

本実証において、実証環境は大きく現場環境と実験室環境に分けられる。また、実証実施期間が開山期間と重複しなかったことから、ステークホルダーらとのコミュニケーション環境を別途設けた。

現場環境の構築は、許認可や関係各所との調整等を山梨県富士山科学研究所及び山梨県防災局が、物理環境構築及び現地での技術実証を NEC ネットエスアイが主に担当した。環境構築にあたり、山梨県各関係部局のほか、富士吉田市産業観光部富士山課、富士吉田市外二ヶ村恩賜県有財産保護組合、山梨県道路公社富士山有料道路管理事務所、富士山吉田口旅館組合、佐藤小屋、マウントフジトレイルクラブ等の協力を得た。

実験室環境については徳島県立工業技術センター（ラボ）、NEC ネットエスアイ基盤技術開発本部（ラボ）、東京大学において、それぞれ NEC ネットエスアイ、東京大学及びインターネットイニシアティブが環境構築を行い技術実証を運用した。

ステークホルダーらとの実証内容体験型ワークショップ兼実証視察会は、近隣都県において「まん延防止等重点措置」が適用される情勢となったことから、感染症拡大による影響下で実施する最適な方法として、山梨県富士山科学研究所内のイベント用ホールにおいて実施した。また、山梨県富士山科学研究所は日頃より山梨県、静岡県、警察・消防などと共に、富士山スバルライン自主防災協議会が主催する山岳防災訓練に参加しており、登山道周辺での安全管理に係る連携関係は構築済みであることから、情勢を鑑みワークショップには不参加とし、ステークホルダー及び環境構築ならびに実証内容のプレゼンターのみを現地会場に集め、観覧者らはリモート参加とした。実証内容の疑似環境構築を NEC ネットエスアイ及びヤマレコが、ワークショップの中継環境構築及び運用を山梨県富士山科学研究所がそれぞれ担当し、ワークショップの進行はコンソーシアム全体が実施した。

	実証環境	運用関係者	役割
①	富士山6合目	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県富士山科学研究所 山梨県防災局 富士吉田市 NECネットエスアイ 	<ul style="list-style-type: none"> 富士吉田市：鍵・施設提供 各関係者：連絡・調整 NECネットエスアイ：技術実証 測定
②	富士山5～6合目 富士山科学研究所	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県富士山科学研究所 山梨県防災局 NECネットエスアイ 	<ul style="list-style-type: none"> 富士吉田市：鍵・施設提供 各関係者：連絡・調整 NECネットエスアイ：課題実証環境構築、動作検証
③	徳島県立工業技術センター	<ul style="list-style-type: none"> NECネットエスアイ 徳島県立工業技術センター 	<ul style="list-style-type: none"> NECネットエスアイ：実証環境整備、実証実施 徳島県立工業技術センター：鍵・施設提供
④	富士山科学研究所ホール	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県富士山科学研究所 ヤマレコ NECネットエスアイ 	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県富士山科学研究所：施設提供、参加者調整、会議中継 ヤマレコ：実証環境整備、参加者への説明 NECネットエスアイ：実証環境整備、デモ、参加者への説明
⑤	NECネットエスアイ 基盤技術開発本部	<ul style="list-style-type: none"> NECネットエスアイ 	<ul style="list-style-type: none"> NECネットエスアイ：実証環境整備、実証実施
⑥	東京大学、IJ	<ul style="list-style-type: none"> 東京大学 インターネットイニシアティブ 	<ul style="list-style-type: none"> 東京大学：実証環境整備、実証実施 インターネットイニシアティブ：実証環境整備、実証実施
⑦	富士山4合目	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県富士山科学研究所 山梨県有料道路管理事務所 NECネットエスアイ 	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県有料道路管理事務所：鍵・施設提供 各関係者：連絡・調整 NECネットエスアイ：技術実証 測定

図 2-27 実証環境の運用体制

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

本実証においては富士山という山岳地帯における DX 環境実現において、山岳地帯ならではのローカル 5G の電波伝搬特性を明らかにし、山岳地帯の電波伝搬特性等に関する技術的検討、実証に取り組み、ローカル 5G の技術基準等に寄与する。あわせて課題実証で取り扱う DX ソリューションの稼働に必要なスループット性能等の要求性能を満たしていることを確認するとともに、実装展開時に免許申請時の課題となり得る調整対象区域の算出精度を高めるための電波伝搬モデルの精緻化に取り組む。なお、本実証で活用のローカル 5G システム「FW-L5G-1」は準同期 TDD のパターン 1、2、及び 3 に対応している。本特徴を持つローカル 5G システムを活用し、ローカル 5G 活用の必然性の一つであるカスタマイズ性の実現の観点で、準同期 TDD の追加パターン検証、及び実機検証はローカル 5G の実装に向けて不可欠と捉え、本実証で取り組んだ。

ポイント

- ・ 山岳地帯によるローカル 5G の電波伝搬特性等の測定を実施
- ・ I. 電波伝搬モデルの精緻化を実施
- ・ III. 準同期 TDD の追加パターンの開発において、準同期 TDD のパターン 1、2、及び 3 に対応したローカル 5G システムを活用し、実機検証を実施

表 3-1 技術実証の概要

項目			該当 (○、×)
技術実証の 実施環境	周波数帯	4.8GHz 帯	○
		28GHz 帯	×
		キャリア 5G の周波数帯	×
	屋内外	屋内	×
		屋外	○
		半屋内	×
	周辺環境	都市部	×
		郊外	×
		開放地	×
		その他	山岳地域
テーマ別 実証	I. 電波伝搬モデルの 精緻化	K の精緻化	○
		S の精緻化	○
		R の精緻化	×
		その他の精緻化	×
	II. 電波反射板による エリア構築の柔軟化	実施の有無	×
	III. 準同期 TDD の追 加パターンの開発	TDD2 の検討	○
		TDD3 の検討	○
		TDD2、3 以外のパターンの検討	×

		追加パターンを具備した実機での検証	○
	IV.その他のテーマ	実施の有無	×

3.2 実証環境

本実証に用いるシステム構成図を図 3-1 に示す。また、5、6 合目における各システム構成を図 3-2 に示す。

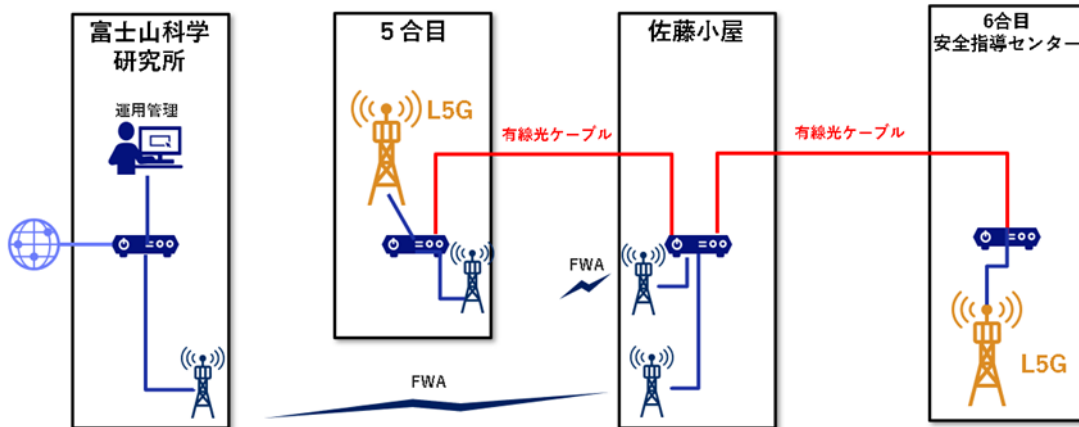


図 3-1 実証システム構成図（全体構成図）

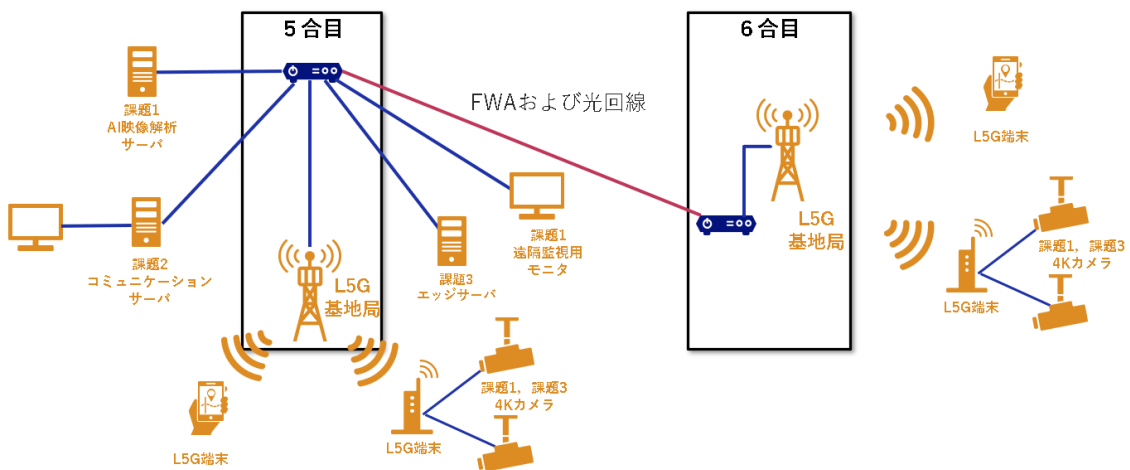


図 3-2 5、6合目のシステム構成

3.3 実証内容

3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

電波法関係審査基準に記載のローカル5G Sub6周波数帯のエリア算出法に基づき、基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域図を下記に貼付する。これらのエリア端における実際の受信電力を測定する。

受信電力（SS-RSRP以降RSRPと記す）を20地点以上にて測定し、電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較する。

電波法関係審査の伝搬モデルは基地局の送信電力が最大の場合の受信電力（RSSI）を用いているが、基地局運用中に測定器で測定したRSSIは通信状況により変動するため、通信状況に影響を受けないRSRPを測定しこれをRSSIに変換したうえで比較、検証を行う。RSRPとRSSIの変換式は下記の式を利用する。

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

N：リソースブロック数 本実証においては273となる

測定エリアについては、3.3.1.1 実証目標(1)実証を行うエリアにて示す。

3.3.1.1 実証目標

(1) 実証を行うエリア

実証を行うエリアは下図の通りとなる。

測定地点は、受信電力（RSRP）を基地局位置に対し全方位できるだけ均等に簡易測定することでカバレッジの全体像を把握したうえで、概ね方位30°刻み12地点程度に分割しカバーエリア端および調整対象区域端となる地点をそれぞれ測定し記録する。

尚、測定地点の選定においては安全性に留意し、原則として整備された山道沿いを選定し、危険のない範囲で選定するとともに必要な安全対策を実施する。



図 3-3 実証エリアの航空写真

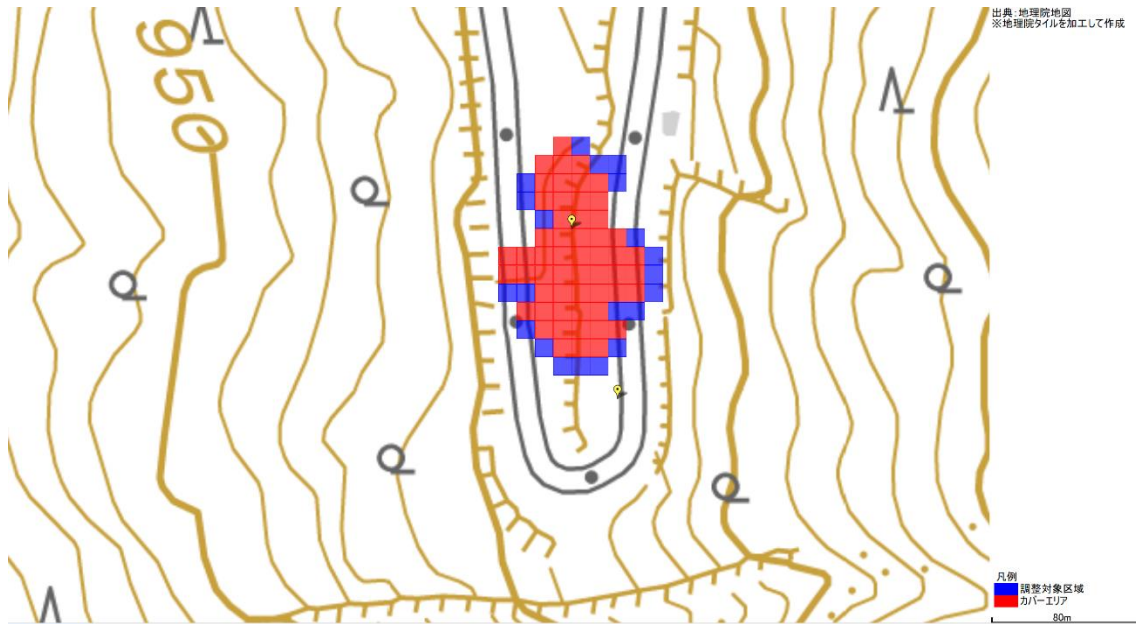


図 3-4 4合目机上シミュレーション図

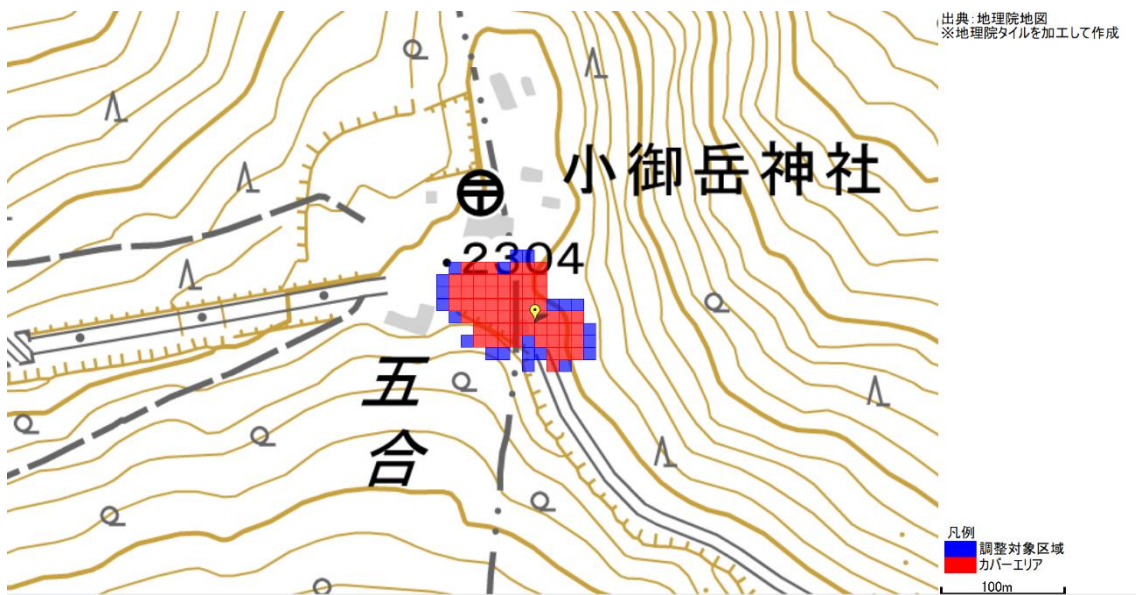


図 3-5 5合目机上シミュレーション図

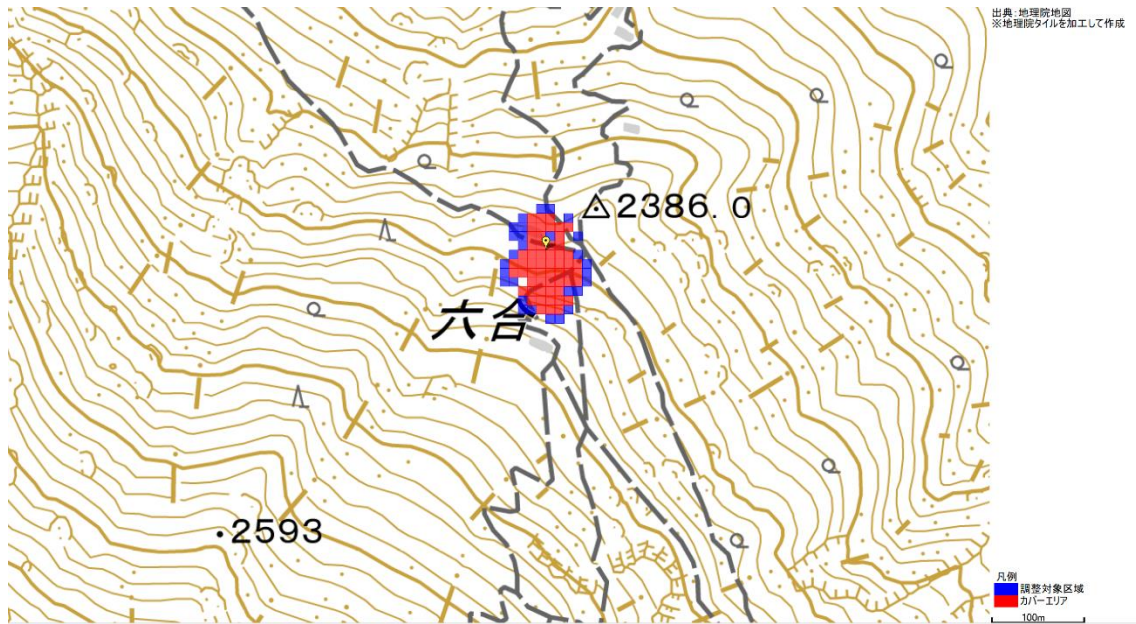


図 3-6 6合目机上シミュレーション図

(2) 実証に必要な所要性能

(ア) 伝送速度

4K カメラ 1 回線につき UL 20Mbps が最大 10 チャンネル分、および映像音声コミュニケーション通信 1 ユーザにつき DL 10Mbps/UL5Mbps が基地局当たり最大 5 ユーザ接続し、さらにサイエンスビッグデータ分の DL 170Mbps が 1 ユーザ必要になるものとして算出すると、全てのピーク値が重なったとして合計 DL 225Mbps / UL 220Mbps が必要となる。

(イ) 伝送遅延

本実証では安全・安心モニタリングシステムでのライブ配信および映像音声コミュニケーションでの双方向通信が必要であることから、超低遅延は必要ないが一定の低遅延性能が求められるため各 4K カメラおよびローカル 5G 端末と 5 合目に設置されるサーバー間の伝送時間は 100ms 以下 (エンドツーエンドの Ping を使用したラウンドトリップタイム) が必要である。

(ウ) 同時接続台数

本実証で最多接続が想定されるシステムはローカルコミュニケーションサービスであり、アプリケーションのライセンス上の最大同時接続は 20 ユーザである。基地局当たりの同時接続台数は 15 台以上が必要となる。

(エ) 必要なシステム要件

以上の条件から、本実証を行うにあたり必要となるシステムの要件を表に示す。

表 3-2 システムの必要要件

必要なシステム	UL 伝送速度	UL 接続数	DL 伝送速度	DL 接続数	伝送遅延
4K カメラ	20Mbps	10	---	---	100ms
音声映像コミュニ ケーション	5Mbps	5	10Mbps	5	100ms
サイエンスビッグ データ	---	---	170Mbps	1	---
システム要件	225Mbps	15	220Mbps	6	100ms

3.3.1.2 評価・検証項目

エリア設計で作図したシミュレーション図におけるカバーエリア、調整対象区域内、特にカバーエリア端、調整対象区域端において各場所 40 点を基本とした測定を行った。測定項目は RSRP、SS-SIR（以降 SIR と記す）、通信品質（スループット、遅延時間）とする。

表 3-3 測定項目

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

- 測定器で使用するアンテナは無指向性アンテナを使用し、影響を最小限に抑える。また、実際に使用するアンテナのパターン仕様を事前に確認し、アンテナ方向によって影響がある場合には測定場所ごとに測定器のアンテナ方向を調整した。
- RSRP, RSSI, SIR の測定についてはエリアテスタの測定間隔を最小に設定して 3 項目同時に測定し、ポイント当たり 1,000 サンプル以上を記録した。また、測定中は各測定ポイントを中心に半径 30cm 程度（5λ）の円の範囲をできるだけ均等にゆっくりと動かしながら測定した。
- RSRP, RSSI, SIR の測定については、外れ値を除くため測定結果の上下 10%を削除したデータの平均値を測定値とする。また標本自体の標準偏差 $sd(\sigma)$ を下記式にて算出し記録する。

$$sd = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n = サンプル数

X_i = 測定値

- ・ スループット測定は、5G コアの DN 点に直結で配置した専用の速度計測ツールを用いてインターネット等の外部ネットワークの影響を排除した測定を実施する。
- ・ 遅延時間の測定は、5G コアの DN 点に直結で配置したサーバに対して 5G 端末 (CPE) に接続した Windows PC より Ping コマンドにより ICMP パケットを送出し応答が返るまでの往復の時間を記録した。
- ・ 本実証で使用する 5G システムはコア内蔵の一体型であるため有線伝送区間に起因するスループットや遅延への影響は発生しない。

3.3.1.3 評価・検証方法

(1) 受信電力

受信電力について事前に実施したシミュレーション値及び自由空間損失により距離毎に計算した値と比較し、差分を確認する。

3.3.1.1 実証目標の (1) 実証を行うエリアで決定した地点において測定を実施し、電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較する。比較の差異は電波法関係審査の伝搬モデルは受信電力(RSSI)を用いているため、測定した RSRP と RSSI を変換したうえで比較、検証を行う。RSRP と RSSI の変換式は下記の式を利用する。

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

N : リソースブロック数 本実証においては 273 となる

受信レベルを比較のうえ、パラメータのチューニングを行いモデルの精緻化を実施した。

(2) その他の指標

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

加えて、SIR を測定し、外部からの干渉により通信品質が損なわれていないかどうかを確認し、RSRP と通信品質の相関に外部からの影響がないことを確認する。一方、外部からの干渉が発生しており測定値が影響を受けていると推定される場合には、干渉源が特定できる場合にはできるだけ干渉回避策を施し、回避困難な場合においては、実測された RSRP から推定される無干渉時のスループット、遅延時間を参照して考察する。

3.3.1.4 実証結果及び考察



図 3-7 シミュレーション結果と実測結果の重ね合わせ（4合目）

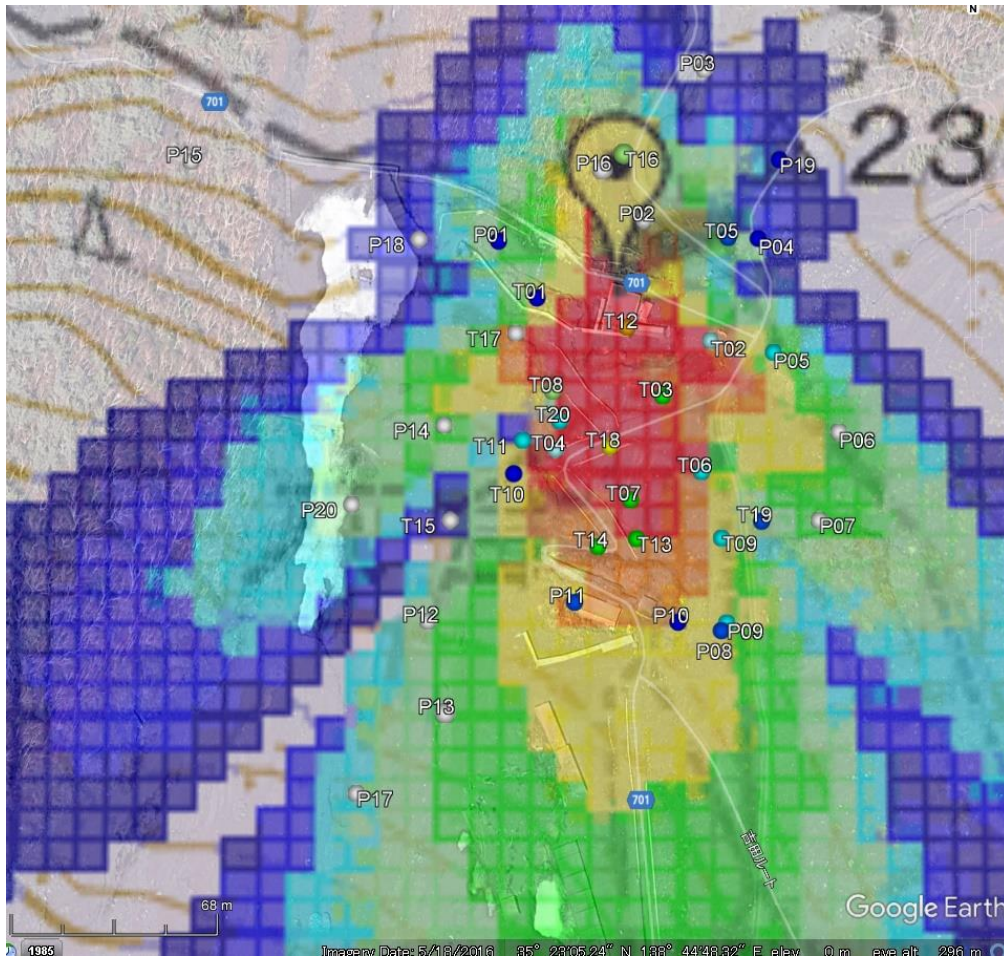


図 3-8 シミュレーション結果と実測結果の重ね合わせ（6合目）

受信電力の測定結果は以下の通り。

表 3-4 測定結果（4合目）

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度(TN)	基地局との距離(m)	基地局からのチルト角度	RSRP(dBm)	SIR (dB)	標準偏差	スループット (DL/UL,Mbps)	遅延 (ms)
1	35.374458	138.692769	193.84	28.67	0.00	-102.51	17.36	2.74	-/-	-
2	35.374203	138.69275	260.09	5.57	1.80	-80.35	20.39	2.08	101.23/29.36	23.9
3	35.374006	138.692692	356.19	22.41	3.84	-70.37	21.39	1.14	220.25/54.56	25.6
4	35.373794	138.692697	356.93	45.94	4.29	-77.46	21.62	1.68	174.4/41.97	26.2
5	35.373503	138.692719	356.19	78.27	4.07	-85.51	20.93	3.31	128.6/17.99	27.6
6	35.373931	138.692847	332.67	33.92	4.16	-89.12	20.91	2.07	101.07/8.18	44
7	35.373386	138.692978	342.82	94.91	4.15	-88.63	22.49	3.62	87.9/14.72	28.8
8	35.373261	138.692975	345.44	108.23	4.13	-87.16	22.41	3.51	86.35/18.12	24.3
9	35.3735	138.692197	28.28	90.38	8.24	-112.19	10.34	2.33	-/-	-
10	35.373836	138.692175	46.13	62.33	13.49	-111.47	9.47	2.44	-/-	-
11	35.374517	138.692775	194.45	35.16	-0.15	-106.03	13.52	2.61	-/-	-
12	35.374342	138.6928	215.77	17.97	-0.43	-95.03	20.80	2.48	90.51/5.95	53.1
13	35.374147	138.692775	298.58	10.34	2.35	-72.31	21.47	1.66	202.53/50.64	29.28
14	35.374053	138.692844	316.8	22.23	3.35	-80.93	21.25	3.33	150.23/39.14	21.53
15	35.373583	138.692928	341.25	72.66	3.77	-88.53	22.37	3.58	108.13/13.08	33.93
16	35.373111	138.692883	351.18	122.98	3.52	-103.15	18.33	4.33	-/-	-
17	35.373014	138.692572	3.54	132.90	4.34	-107.66	15.27	3.86	-/-	-
18	35.373397	138.692206	24.3	100.11	7.28	-110.75	11.83	3.12	-/-	-
19	35.3736	138.692192	32.31	81.18	9.38	-113.61	8.77	2.49	-/-	-
20	35.373989	138.692164	60.62	53.54	15.55	-112.19	9.17	2.64	-/-	-
21	35.374544	138.692831	200.98	39.45	-0.52	-95.00	21.36	1.63	119.6/6.69	62.5
22	35.374628	138.69285	198.39	48.84	-0.19	-95.16	21.35	1.67	72.56/3.5	75.3
23	35.373783	138.692875	338.08	50.09	3.52	-90.02	21.80	2.86	98.93/4.37	41.7
24	35.373689	138.692897	340.1	60.61	4.16	-88.42	22.32	2.97	98.9/12.4	42.95
25	35.373125	138.692311	14.89	124.97	5.28	-101.78	19.38	2.76	-/-	-
26	35.373708	138.692183	37.2	72.05	10.79	-112.00	9.88	2.13	-/-	-
27	35.374758	138.692867	194.86	63.13	-0.56	-99.67	19.84	2.70	-/-	-
28	35.374683	138.692931	203.47	57.10	-0.71	-111.41	9.98	2.34	-/-	-
29	35.374425	138.692894	217.75	30.44	-0.65	-100.34	18.36	4.21	-/-	-
30	35.3741	138.692847	302.04	18.70	3.03	-76.40	22.62	2.25	156.8/32.13	24.93
31	35.373478	138.692958	341.85	84.60	4.17	-88.03	22.41	2.29	103.4/10.41	28.23
32	35.374167	138.69215	83.99	49.19	17.36	-116.09	3.58	2.42	-/-	-
33	35.374322	138.692142	104.34	51.29	17.79	-117.50	3.66	1.97	-/-	-
34	35.374483	138.692131	123.11	59.18	17.02	-123.51	-1.30	2.15	-/-	-
35	35.374222	138.692531	106.24	14.44	1.80	-98.14	19.45	2.84	-/-	-
36	35.373981	138.69255	24.86	28.18	4.04	-83.55	22.85	1.50	98.52/21.26	31.8
37	35.373769	138.692567	10.07	49.95	4.21	-80.80	22.86	1.63	164.8/34.56	31.8
38	35.373483	138.692575	5.66	81.10	4.13	-83.62	22.49	2.59	138.97/24.92	21.13
39	35.373125	138.692308	14.71	125.05	5.28	-103.03	18.64	3.71	-/-	-
40	35.373058	138.692397	10.43	130.32	4.83	-103.27	18.59	3.49	-/-	-
41	35.376372	138.693017	186.88	241.93	-0.52	-121.59	1.28	1.85	-/-	-
42	35.376103	138.693033	188.09	212.56	-0.52	-119.84	1.87	1.52	-/-	-
43	35.374408	138.692133	115.23	55.18	17.78	-120.35	2.03	2.12	-/-	-
44	35.376775	138.692992	185.29	286.13	-0.56	-127.08	-4.11	2.49	-/-	-
45	35.374653	138.692117	134.51	71.69	15.06	-125.68	2.41	2.72	-/-	-

表 3-5 測定結果 (6 合目)

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 (TN)	基地局との距離(m)	基地局からのチルト角度	RSRP(dBm)	SIR (dB)	標準偏差	スループット (DL/UL,Mbps)	遅延 (ms)
1	35.385506	138.746733	104.77	59.18	-2.07	-105.50	6.38	1.29	-/-	-
2	35.385506	138.747364	181.77	14.48	17.24	-116.05	8.57	3.39	-/-	29
3	35.386028	138.747497	189.38	73.46	21.29	-124.86	0.02	4.10	-/-	-
4	35.385514	138.747692	242.84	33.72	1.80	-108.72	14.38	0.66	-/-	-
5	35.385169	138.747744	303.75	41.39	-7.80	-97.85	20.01	0.45	-/-	-
6	35.384931	138.747983	311.22	74.8	-5.06	-127.50	-2.76	3.25	-/-	-
7	35.384667	138.747908	327.96	92.72	-10.96	-110.36	9.39	1.69	-/-	-
8	35.384339	138.747547	351.76	116.23	-17.19	-100.55	10.52	2.39	-/-	-
9	35.384364	138.747567	350.65	113.78	-17.12	-98.34	10.44	1.66	-/-	-
10	35.384364	138.747389	358.75	112.04	-19.20	-106.46	8.11	1.29	-/-	-
11	35.384425	138.747011	16.87	110.45	-22.12	-100.04	0.61	3.69	0.72/0	32
12	35.384367	138.746475	35.94	137.15	-20.41	-116.41	-5.20	4.73	-/-	-
13	35.384094	138.746539	27.75	160.27	-20.58	-134.71	-9.02	3.36	-/-	-
14	35.384953	138.746533	57.87	88.52	-15.75	-116.53	-0.54	1.76	-/-	-
15	35.385747	138.745594	105.66	166.65	3.86	-111.82	2.14	1.54	-/-	-
16	35.385725	138.747117	150.58	44.41	16.92	-125.40	-0.50	4.04	-/-	-
17	35.383861	138.746217	31.65	197.62	-20.24	-134.69	-9.41	2.88	-/-	-
18	35.385514	138.746439	100.56	85.16	-0.22	-113.65	4.51	2.61	-/-	-
19	35.385753	138.747772	221.46	56.16	7.90	-108.05	14.92	1.17	-/-	-
20	35.384714	138.746194	56.4	128.21	-14.71	-131.42	-7.09	1.97	-/-	-
21	35.385333	138.746875	56.86	44	-11.00	-105.93	10.04	4.25	0.16/0	234
22	35.385206	138.747514	323.58	22.61	-15.40	-95.00	15.86	2.70	99.8/7.24	27
23	35.385039	138.747336	3.95	37	-20.27	-87.71	14.02	3.44	98.56/20.58	28
24	35.384878	138.746942	34.67	67.02	-20.14	-97.71	10.98	2.58	5.74/0	32
25	35.385517	138.747581	232.13	25.48	6.29	-102.71	14.31	2.46	-/-	-
26	35.384814	138.747478	350.65	63.26	-17.38	-97.24	14.03	4.38	-/-	-
27	35.384728	138.747217	10.66	72.84	-19.91	-86.45	12.80	2.52	154.22/21.25	37
28	35.385053	138.746933	47.91	52.76	-18.96	-93.77	8.79	2.09	115.12/11.94	88
29	35.384614	138.747550	348.67	86.1	-17.41	-95.33	13.67	3.67	78.48/8.12	147
30	35.384806	138.746789	39.63	81.71	-19.59	-105.90	12.23	3.07	0.16/0.14	14
31	35.384906	138.746822	43.27	71.44	-19.60	-98.42	12.62	2.53	-/-	-
32	35.385244	138.747208	44.2	19.88	-17.60	-76.74	9.06	2.94	172.56/52.26	26
33	35.384614	138.747239	7.49	85.21	-19.95	-88.82	9.79	2.53	115.52/12.53	29
34	35.384589	138.747097	15.45	90.1	-21.07	-85.77	16.34	2.42	162.73/17.23	26
35	35.384667	138.746556	42.92	107.06	-19.62	-111.58	6.85	4.09	-/-	-
36	35.385772	138.747197	161.44	46.36	19.73	-91.11	13.95	1.43	176.58/15.62	44
37	35.385228	138.746797	72.57	53.89	-13.75	-113.08	5.70	2.72	-/-	-
38	35.384889	138.747142	20.22	57.72	-20.78	-81.26	17.49	1.79	153.86/21.87	26
39	35.384664	138.747697	339.07	84.45	-15.31	-101.92	12.88	3.55	-/-	-
40	35.384964	138.746958	38.98	58.5	-20.51	-96.80	12.54	1.60	60.54/7.65	166

また、机上シミュレーションと実測値との比較を下表のように整理した。

表 3-6 シミュレーションと実測データの比較（4合目）

ポイント番号	シミュレーション結果 RSRP(dBm)	実測値 RSRP(dBm)	シミュレーション値と実測値の差分
1	-115.7348345	-102.51	-13.23
2	-106.1659691	-80.35	-25.81
3	-88.30362246	-70.37	-17.93
4	-96.67089787	-77.46	-19.21
5	-109.4285187	-85.51	-23.92
6	-100.6800134	-89.12	-11.56
7	-117.4848161	-88.63	-28.85
8	-118.2769974	-87.16	-31.12
9	-126.2631976	-112.19	-14.08
10	-118.8307625	-111.47	-7.36
11	-115.6072081	-106.03	-9.58
12	-111.796384	-95.03	-16.76
13	-93.55401156	-72.31	-21.25
14	-102.7844151	-80.93	-21.85
15	-111.94481	-88.53	-23.41
16	-119.3274236	-103.15	-16.18
17	-120.1148802	-107.66	-12.45
18	-124.6685868	-110.75	-13.92
19	-140.8133601	-113.61	-27.20
20	-121.1060819	-112.19	-8.91
21	-125.2040618	-95.00	-30.20
22	-131.3061469	-95.16	-36.15
23	-104.3499146	-90.02	-14.33
24	-108.1471507	-88.42	-19.73
25	-121.4692397	-101.78	-19.69
26	-127.2792374	-112.00	-15.28
27	-129.3846341	-99.67	-29.72
28	-130.8071683	-111.41	-19.40
29	-117.15829	-100.34	-16.81
30	-99.41789809	-76.40	-23.01
31	-115.4046476	-88.03	-27.38
32	-139.6794549	-116.09	-23.59
33	-135.6749567	-117.50	-18.17
34	-134.5835462	-123.51	-11.08
35	-123.4412758	-98.14	-25.30
36	-100.9771236	-83.55	-17.43
37	-100.6430302	-80.80	-19.84
38	-110.9216653	-83.62	-27.31
39	-121.4783679	-103.03	-18.45
40	-121.0128489	-103.27	-17.74
41	-148.3890728	-121.59	-26.79
42	-147.3882512	-119.84	-27.55
43	-134.4173812	-120.35	-14.07
44	-149.7942311	-127.08	-22.72
45	-137.8468465	-125.68	-12.17

表 3-7 シミュレーションと実測データの比較 (6 合目)

ポイント番号	シミュレーション結果 RSRP(dBm)	実測値 RSRP(dBm)	シミュレーション値と実測値の差分
1	-123.68	-105.50	-18.18
2	-114.97	-116.05	1.08
3	-143.64	-124.86	-18.78
4	-129.98	-108.72	-21.26
5	-124.67	-97.85	-26.82
6	-123.38	-127.50	4.12
7	-124.41	-110.36	-14.05
8	-118.23	-100.55	-17.68
9	-117.98	-98.34	-19.64
10	-114.57	-106.46	-8.11
11	-115.02	-100.04	-14.98
12	-129.47	-116.41	-13.06
13	-123.87	-134.71	10.84
14	-124.02	-116.53	-7.49
15	-138.72	-111.82	-26.90
16	-123.64	-125.40	1.76
17	-131.23	-134.69	3.46
18	-136.74	-113.65	-23.09
19	-141.56	-108.05	-33.51
20	-127.78	-131.42	3.64
21	-118.99	-105.93	-13.06
22	-111.87	-95.00	-16.87
23	-100.28	-87.71	-12.57
24	-109.99	-97.71	-12.28
25	-124.84	-102.71	-22.13
26	-110.71	-97.24	-13.47
27	-105.75	-86.45	-19.30
28	-127.19	-93.77	-33.42
29	-116.67	-95.33	-21.34
30	-118.82	-105.90	-12.92
31	-135.56	-98.42	-37.14
32	-90.06	-76.74	-13.32
33	-111.28	-88.82	-22.46
34	-113.06	-85.77	-27.29
35	-143.54	-111.58	-31.96
36	-126.38	-91.11	-35.27
37	-112.19	-113.08	0.89
38	-101.29	-81.26	-20.03
39	-129.08	-101.92	-27.16
40	-102.55	-96.80	-5.75

シミュレーション値と実測値の比較を実施した結果シミュレーション値との差分があることが分析の結果判明した。シミュレーション結果は電波法関係審査基準に基づいた計算式で算出しており、本章で取得したデータは技術実証テーマ I での精緻化に活用されることとなる。通信品質であるスループット及び伝送遅延であるが、今回の測定は同期パター

ンで行っているためダウンリンクのスループットは 220Mbps と十分な値であるが、アップリンクのスループット値が 50Mbps 程度になっている。伝送遅延についてはおおむね 100ms 以下となっておりユースケースに沿う形となっている。

3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化

3.3.2.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

富士山のような急峻な山岳地域においてはフレネルゾーンの確保が容易ではない。ローカル 5G で使用する 4.8GHz 帯におけるフレネル半径は今回実証で想定される最大距離約 1000m の距離の場合で約 3.9m と決して大きくないものの、電波法関係審査基準に記載の電波伝搬モデルでは考慮されない地形の傾きが大きいこと、山頂に近くなるにつれて特に水平方向での見通しが利かなくなり山影となること、また強風などの環境への配慮から十分にアンテナ高を上げられないことにより、フレネルゾーンをクリアに確保できないことから電波法関係審査基準に記載の電波伝搬モデルよりもカバーエリア及び干渉調整区域が小さくなると推定され、今後実用化された際に実際の置局を行った際のエリアシミュレーション(机上設計)と実測値の差異が発生する可能性がある。同一のエリアで複数の主体が免許を申請し運用を検討する場合などに実際よりも大きな干渉調整区域となる事で無駄な干渉調整を必要としたり、予定したカバーエリアが実際にはカバーされていないことでシステム変更などの追加コストが発生し普及の妨げになることも想定されるため、エリア設計の精緻化が求められる。

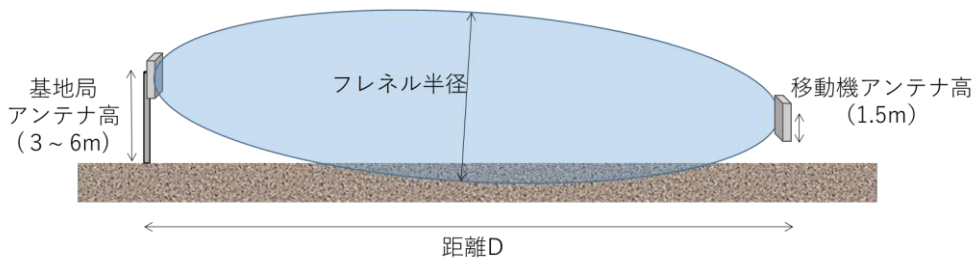


図 3-9 平地におけるフレネルゾーン

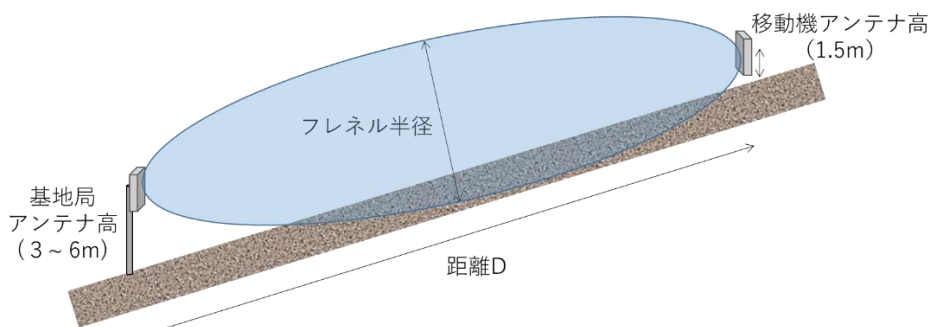


図 3-10 傾斜地におけるフレネルゾーンと地表の関係

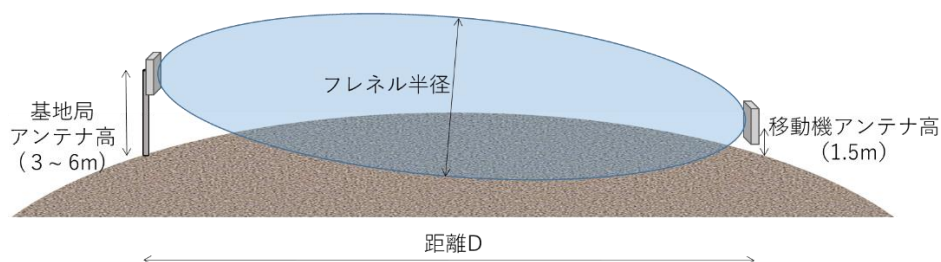


図 3-11 山岳地帯における水平方向のフレネルゾーンと地表の関係

図示した第一フレネルゾーンは視認性からアンテナを端として表示しているが実際はアンテナが焦点となる。

なお、本項目記載にあたり、類似の研究として情報処理学会研究報告「複数の傾斜地を考慮した携帯電話の電波伝搬損失特性の検討」https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=95889&file_id=1&file_no=1のレポートを参照した。市街地の建物などによる減衰を推定しているエリアであり、その減衰影響の分析、基地局のアンテナパターン等はレポートから読み取ることが出来ないが、傾斜環境における電波伝搬のモデルの創出においてその有効性をうかがい知ることが出来る。富士山においては開放地であり、ベースとなるモデルが異なる為、山岳地帯における電波伝搬モデルを創出するに有効な実証が可能であると考えられる。

本実証においては下図の要件が性能要件として定められており、電波法関係審査においては今回採用する 100MHz システムの場合、カバーエリアは-84.6dBm、干渉調整区域(許容干渉レベル)は-91.0dBm である。

表 3-8 受信電力一覧表

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

(2) 実証目標

電波法関係審査基準に記載の電波伝搬モデルの伝搬損失 L の精緻化を目標とする。伝搬損失 L の中のどのパラメータの精緻化を行うかは後述する。受信レベル(受信電力)を求める計算式は下記の通りとなる。

$$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8$$

Pr [dBm] : 受信レベル(受信電力)

Pt [dBm] : 送信電力(基地局の空中線電力)

Gt [dBi] : 送信アンテナ利得

Lf [dB] : 基地局の給電線損失
 Gr [dBi] : 受信アンテナ利得
 L [dB] : 伝搬損失

伝搬損失パラメータ L は自由空間伝搬損失式及び拡張秦式を基礎として算出され、伝搬距離により異なり、今回の実証においては距離最大 150 m 程度であり、以下の式で定義される。

本実証においては伝搬損失 L 中のパラメータ K およびパラメータ S の精緻化を目標とする。

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

f (MHz) : 使用する周波数 中心周波数 4850MHz を使用

H_b (m) : 基地局の空中線地上高

d_{xy} (km) ; 基地局と伝搬損失を算定する地点との距離

H_m (m) ; 陸上移動局の空中線地上高。地上高 1.5m とする。

R(dB) ; 基地局を屋内に設置する場合の建物侵入損(16.2)。実際の建物侵入損が明確な場合は、明示の上、建物に応じた値を適用する。

α ; 遠距離に対して考慮する係数であり、下記による。

$$\alpha = 1: d_{xy} \leq 20km$$

a(H_m) : 陸上移動局高に対して考慮する補正項であり、下記による。

$$a(H_m) = \begin{cases} 0.057; & \text{中小都市の場合} \\ -0.00092; & \text{大都市の場合} \end{cases}$$

大都市 ; 市街地のうち特に大規模な都市の領域であって、おおむね 5 階建て以上の建物が密集した地域

中小都市 ; 市街地のうち、大都市に相当する地域以外のもの

b(H_b) ; 基地局高に対して考慮する補正項であり、下記による

$$b(H_b) = \begin{cases} 0; & H_b \geq 30m \\ 20\log_{10}\left(\frac{H_b}{30}\right); & H_b < 30m \end{cases}$$

K ; 地形情報データにより算入し難い地形の影響等の補正值であり、通常は 0 とし、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ある場合に算入する。

S(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。

- ・ 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）； $S=0.0$
- ・ 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）； $S=12.3$
- ・ 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）； $S=32.5$

3.3.2.2 実証仮説

本実証の地域においては山岳地域であり測定結果により導出した K 値の算入が必要になると考える。 S 値については開放地である富士山 5 合目より高い場所においては、背の高い植物は存在しておらず、また、電波の妨害となる建築物についても存在していないため、開放地になると考えるが、これを実証する。

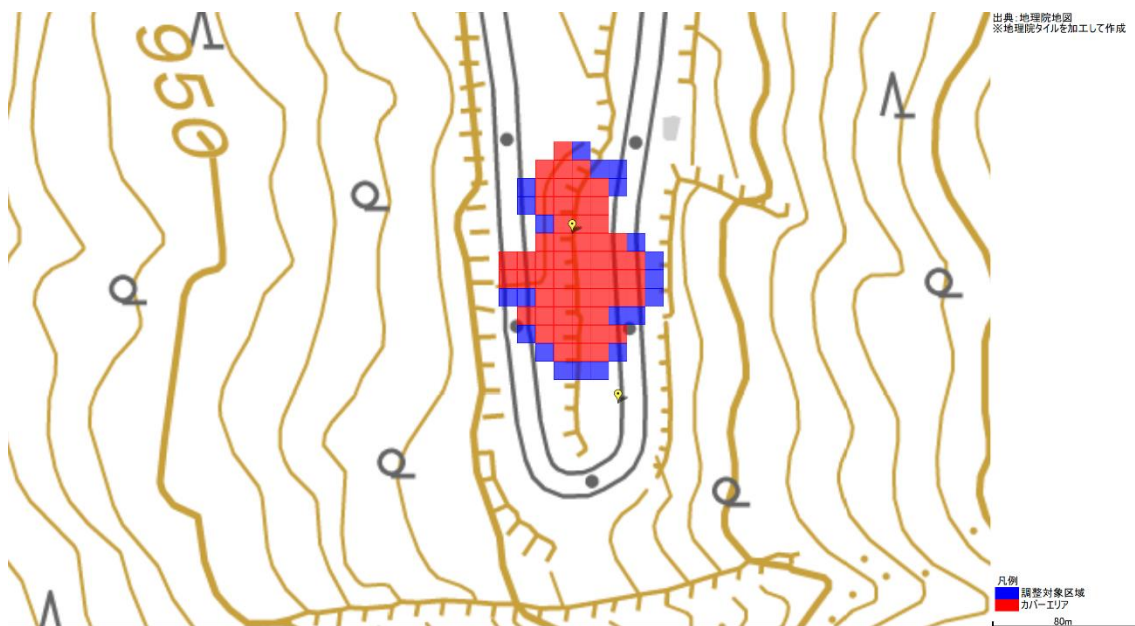


図 3-12 カバーエリアおよび調整対象区域（4合目シミュレーション結果）

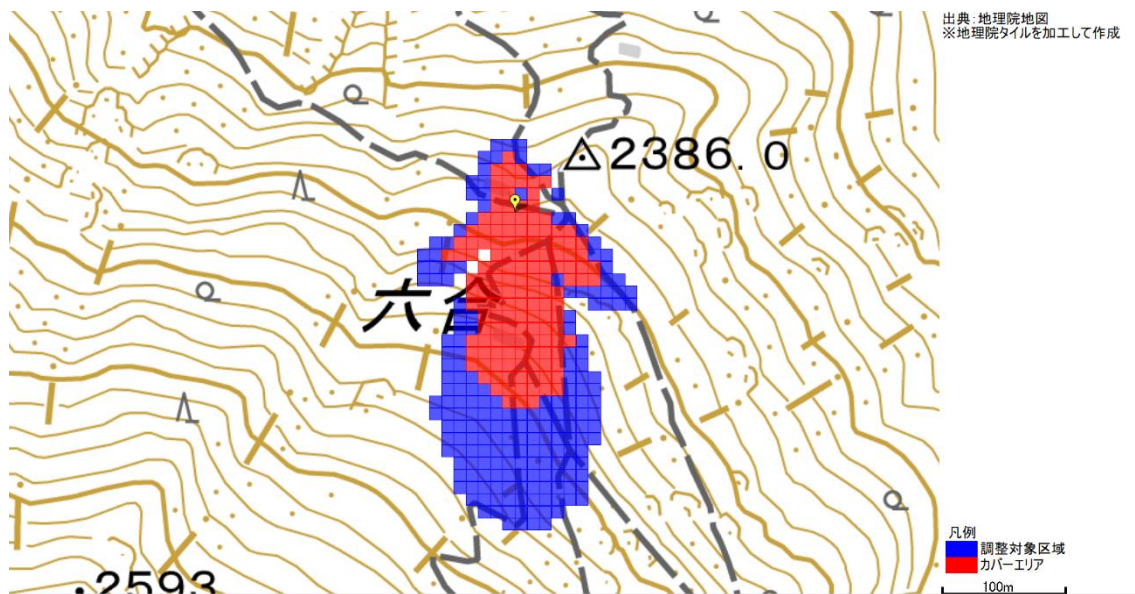


図 3-13 カバーエリアおよび調整対象区域（6合目シミュレーション結果）

3.3.2.3 評価・検証項目

“3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定”において測定したデータを流用したうえで、加えて、より連続的なデータを取得するため、エリアテストを用いて安全上・許認可上歩行可能な範囲を移動しながら基地局相当の無線局からの距離の異なる地点（アンテナ付近から干渉調査区域端まで）においてRSRPを測定する。（同時に測定可能なSIRについても参考のために記録する）但し、安全を優先し危険な場所や移動ルートでの測定は避ける事とする

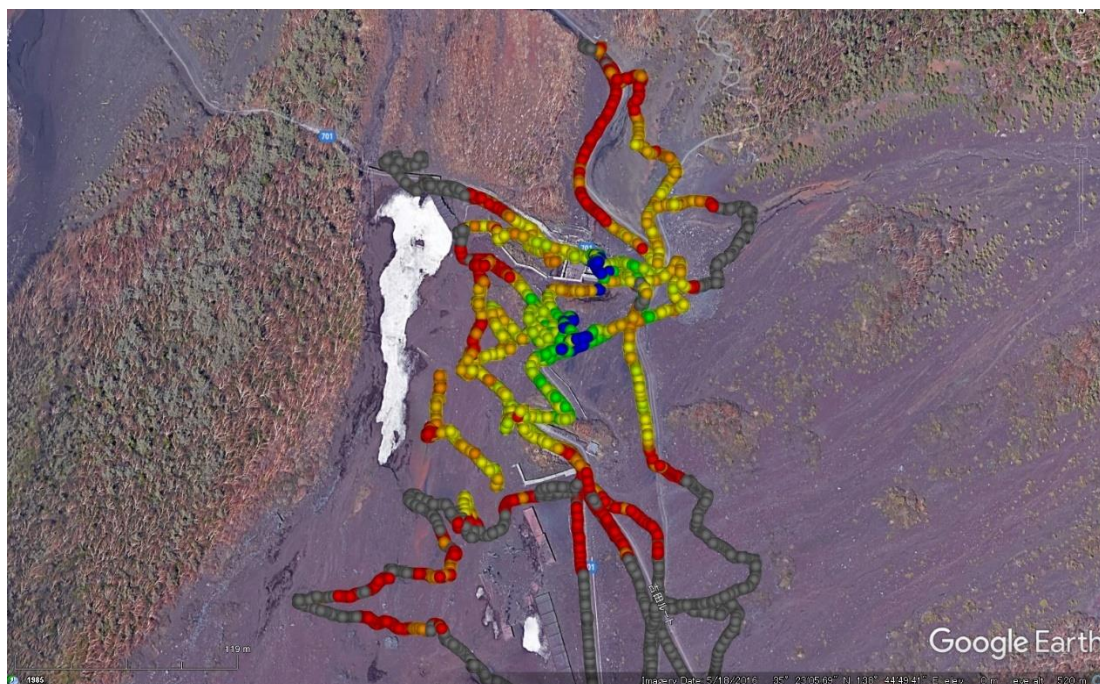


図 3-14 連続データ測定

表 3-9 測定項目

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

3.3.2.4 評価・検証方法

(1) 検証方法の概要および使用測定器

受信電力の測定結果については事前に実施したシミュレーション値及び自由空間損失により距離毎に計算した値と比較する。

尚、シミュレーションに使用する地図情報は国土地理院のデータに基づいて作成されたものを使用する。

問題無ければ測定結果を電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較する。比較の際は電波法関係審査の伝搬モデルは受信電力(RSSI)を用いているため、“3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定”と同様に RSRP を RSSI に変換したうえで受信レベルを比較し、パラメータのチューニングを行いモデルの精緻化を実施する。

測定器はアンリツ株式会社製 ML8780A を用いて測定を実施した。アンテナはメーカー純正の無指向性アンテナ(Z1911B)を利用した。ML8780A の Sub6 帯における内部補正パラメータを活用するため、アンテナゲインは 0dBi とみなし使用する。



図 3-15 ML8780A 外観

規格

5G NR TDD sub-6GHz測定ユニット MU878070A

項目	規格												
電氣的性能	入力コネクタ RF信号入力：SMA-J、50Ω(公称値) 上位ユニットインタフェース 特殊規格コネクタ：2B200-6430-8N2AB(挿抜回数：500回以上) 下位ユニットインタフェース 特殊規格コネクタ：2A200-6130-8N2AB(挿抜回数：500回以上)												
	周波数範囲 MX878071A選択時：3600 MHz~4200 MHz MX878072A選択時：4400 MHz~4900 MHz 5G NR TDD測定時の確度保証範囲はSSBの中心周波数設定が以下の範囲 最小周波数 +3.6 MHz~最大周波数 -3.6 MHz CW測定時の確度保証範囲 最小周波数 +10 MHz~最大周波数 -10 MHz												
	チャンネル帯域幅 10/15/20/30/40/50/60/70/80/90/100 MHz												
	設定分解能 0.01 MHz												
	基準発振器 エージングレート：±1.0 ppm/年(水晶メーカー保証による)												
	測定種別および測定対象信号 5G NR測定 Duplex Mode：TDD Cyclic Prefix：Normal SSB Block Subcarrier Spacing：30 kHz 被測定受信信号：SSS (Secondary Synchronization Signal) DMRS for PBCH (Demodulation Reference Signal) SS周期：5/10/20/40/80/160 ms 測定項目：SS-RSRP, SS-RSRQ, SS-SIR, Transmission Power, RSSI, DMRS-RSRP, DMRS-SIR, Timing CW測定 被測定受信信号：無変調波 測定項目：電力 スペクトラムモニタ 被測定受信信号：指定なし 測定項目：電力												
電力測定	最大入力レベル -25 dBm/20 MHz *：5G NR TDD測定 SS-RSRP, DMRS-RSRP測定では-53.2 dBmに相当する												
	絶対最大入力 0 dBm, 0 Vdc												
	分解能 0.1 dB												
	表示単位 5G NR TDD測定 SS-RSRP, DMRS-RSRP, Transmission Power, RSSI：dBm SS-RSRQ, SS-SIR, DMRS-SIR, 遅延プロファイル：dB CW測定 dBm スペクトラムモニタ dBm, dBμV, dBμV/m												
	5G NR TDD 測定確度 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Es/Iot [dB]</th> <th>最大入力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>-56.2 dBm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-58.0 dBm</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>-59.3 dBm</td> </tr> <tr> <td>-3</td> <td>-61.0 dBm</td> </tr> <tr> <td>-6</td> <td>-63.2 dBm</td> </tr> </tbody> </table> SSS RSRP：±2.5dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) ±4.7 dB (-129 dBm ≦ RSRP < -110 dBm, -6 dB ≦ Es/Iot) RSRQ：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) SIR：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) DMRS RSRP：±2.5dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) ±4.7 dB (-129 dBm ≦ RSRP < -110 dBm, -6 dB ≦ Es/Iot) SIR：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP < 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB)	Es/Iot [dB]	最大入力	40	-56.2 dBm	3	-58.0 dBm	0	-59.3 dBm	-3	-61.0 dBm	-6	-63.2 dBm
	Es/Iot [dB]	最大入力											
40	-56.2 dBm												
3	-58.0 dBm												
0	-59.3 dBm												
-3	-61.0 dBm												
-6	-63.2 dBm												
CW測定確度 ±2.5 dB (-110 dBm ≦ CW入力 ≦ -25 dBm)													

図 3-16 ML8780A 用 Sub6 測定ユニット仕様図

アンテナ (外觀)

- Z1212A 1.5/1.8/1.9/2.1GHz携帯用
寸法：直径14mm，長さ59mm
- Z1213A 800M/2.1GHz携帯用
寸法：直径14mm，長さ207mm
- Z1910A 700M/800M/900M/1.5G/1.8GHz携帯用
寸法：直径17mm，長さ40mm
- Z1911A 2.1/2.6/3.5GHz携帯用/車載用
Z1911B 2.1/2.6/3.5/3.7/4.5GHz携帯用/車載用
寸法：直径40mm，長さ108mm
※Z1911A/Z1911Bを直接測定ユニットに取り付けた場合、隣接する測定ユニットには、直接アンテナを取り付けることはできません。
- Z1928A 2.6G/3.5GHz携帯用/車載用
寸法：直径12mm，長さ112mm
- Z2040A 3.7/4.5 GHz 携帯用
寸法：直径18mm，長さ56.5mm

- Z2039A 28 GHzアンテナ
 - ・ MU878080A用です。
 - ・ コネクタ：K (f)
 - ・ MU878080Aに取り付ける際にアダプタ (DC~40 GHz、K (m) /K (m)) K220Bが必要です。
 - ・ K220BはZ2039Aに標準添付されています。
 - ※Z2039Aを直接測定ユニットに取り付けた場合、隣接する測定ユニットには、直接アンテナを取り付けることはできません。



図 3-17 ML8780A 用空中線(Z1911B)外觀図

- ・ 受信電力は SS-RSRP を測定する。
- ・ RSRP の測定についてはエリアテストの測定間隔を最小に設定してポイント当たり 1,000 サンプル以上を記録する。また、測定中は各測定ポイントを中心に半径 30cm 程度 (5λ) の円の範囲をできるだけ均等にゆっくりと動かしながら測定する。
- ・ 測定点あたり、合計 1000 サンプルの測定結果に対し、中央値、σ、上位 10%値、下位 10%値を算出する。

$$sd = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n = サンプル数
X_i = 測定値

(2) 測定対象箇所

測定対象箇所は下記とする

■ 対象エリアのカバーエリア図と全測定点

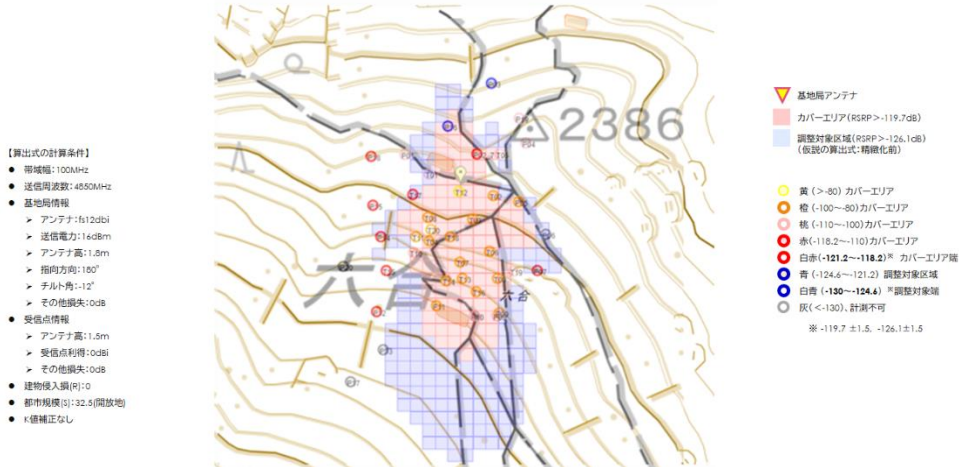


図 3-18 6合目測定対象箇所図

■ 対象エリアのカバーエリア図と全測定点

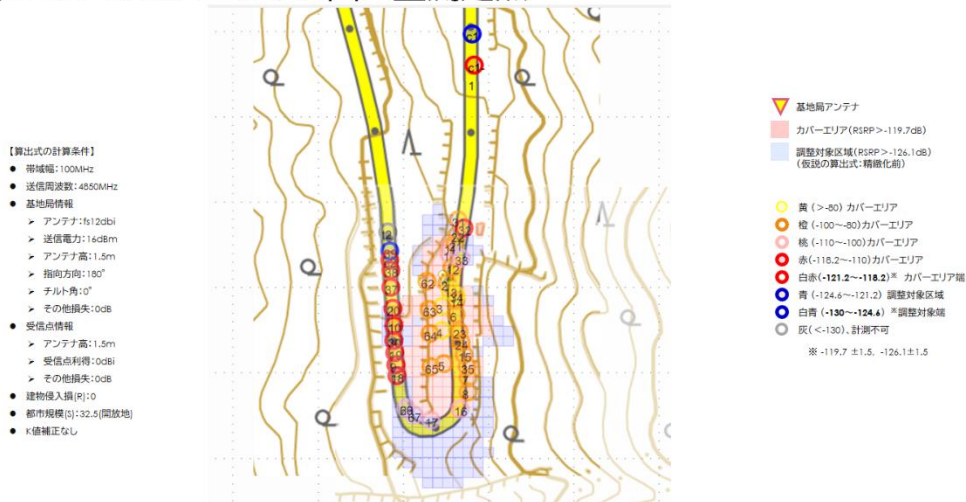


図 3-19 4合目測定対象箇所図

(3) 精緻化の進め方

精緻化は下記の手順で実施する。

- (ア) 対象エリアから地形等のファクターを分析し、精緻化エリアを分割する
- (イ) 対象の測定点において実測値と算出式の伝搬損失を比較する
- (ウ) 最小二乗法により精緻化を行う

(エ) 標準偏差により精緻化の有効性を確認する

手順アの分割は勾配の上下や角度により 4 合目、6 合目ともに 2 つのポイントに分割し精緻化を実施した。

表 3-10 全測定点から精緻化対象エリアを細分化した表

場所	エリア	番号	K仮説	環境、補足
富士山6合目	6合目 傾斜上側	01	0	基地局の標高より高いエリア。対象地点の平均傾斜角16.94度の上り勾配。
	6合目 傾斜下側	02	0	基地局の標高より低いエリア。対象地点の平均傾斜角-8.03度の下り勾配。
富士山4合目	4合目 傾斜上側	03	0	基地局の標高より高いエリア。対象地点の平均傾斜角2.33度の上り勾配。
	4合目 傾斜下側	04	0	基地局の標高より低いエリア。対象地点の平均傾斜角-9.01度の下り勾配。

6 合目、4 合目の精緻化の分割図を下記に記載する。

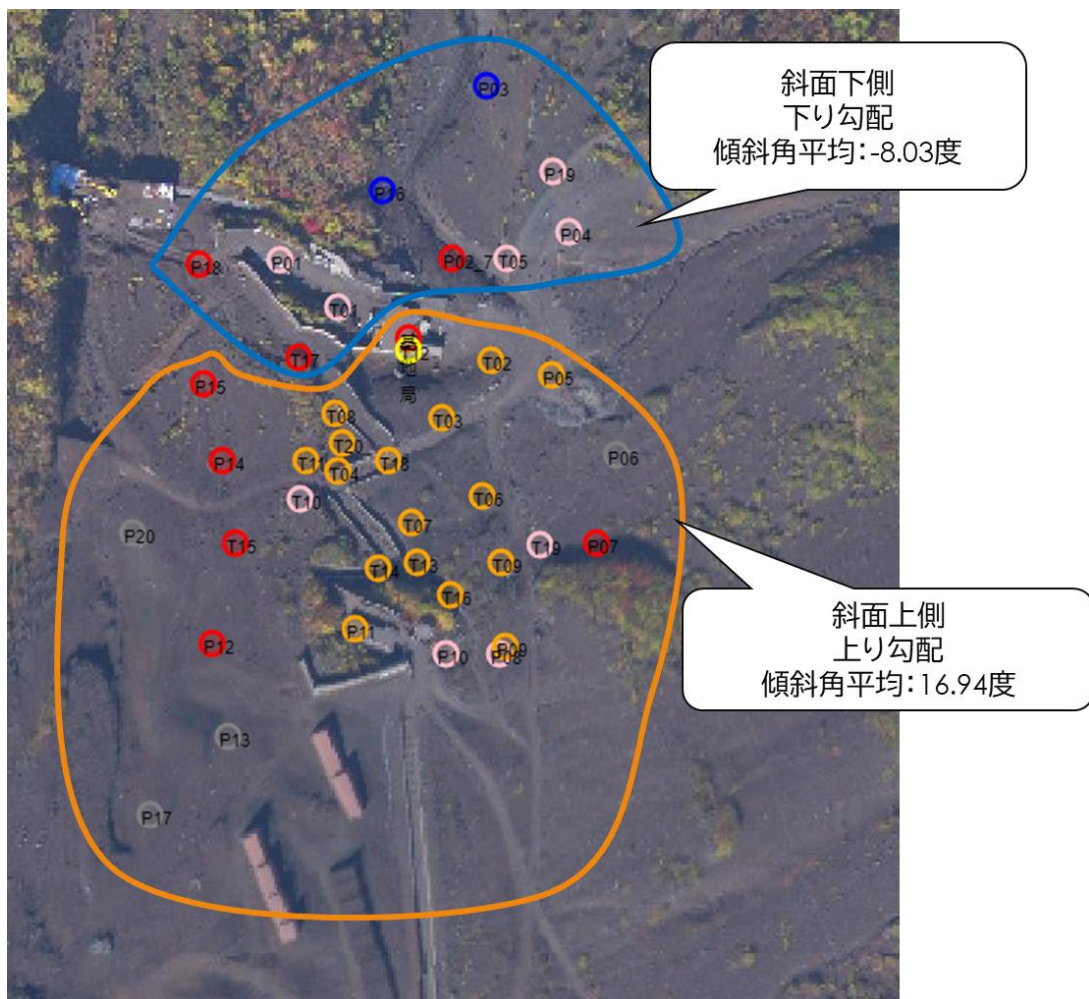


図 3-20 6 合目測定対象箇所図 (分割後)

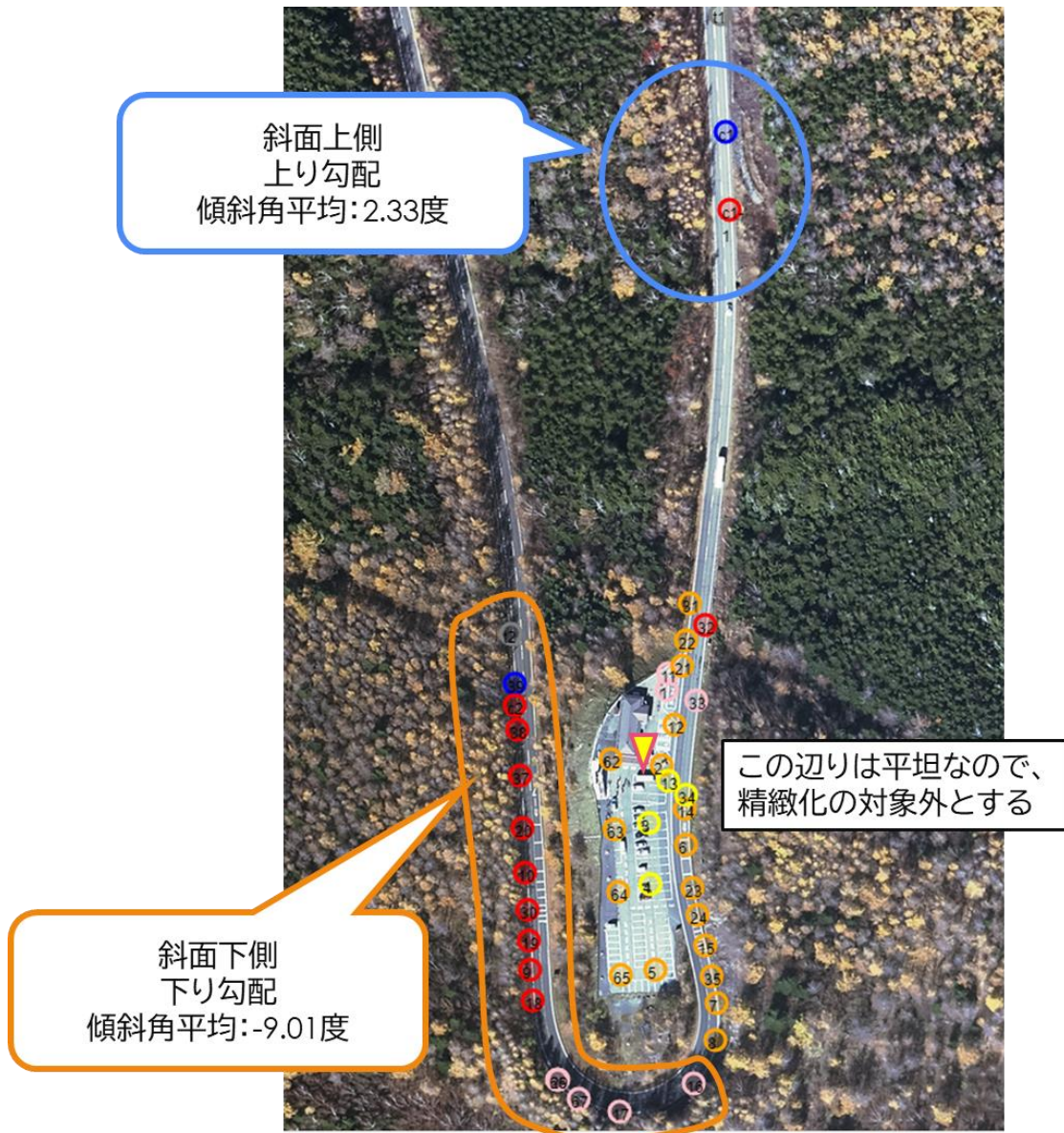


図 3-21 4 合目測定対象箇所図 (分割後)

手順イからエとして下記の手順に基づき精緻化の作業を実施する。

- ・ 手順イ 対象の測定点において実測値と算出式の伝搬損失を比較

該当の測定点に対し、実測値と算出式の伝搬損失を比較

比較する伝搬損失 = $-Pr + Pt + Gt + Gr$

※実測値の Pr : =実測値 RSRP の中央値 + $10\log_{10}(12 \times 273)$

計測方法により人体損失(8dB)の影響は含めず、基地局の給電線損失 Lf も含めず

Pr : 受信レベル(受信電力) [dBm]

Pt : 送信電力[dB]

Gt : 送信アンテナ利得[dBi]
 Gr : 受信アンテナ利得[dBi] (=0dBi)

- ・ 手順ウ 最小二乗法により精緻化を行う

各測定点 i の実測値 $L_{mes.}(i)$ と算出式による値 $L_{pred.}(i)$ から計算される、以下の E が最小となる K を最小二乗法により求める。

$$E = \sum_i \{L_{pred.} - L_{mes.}\}^2$$

※ここで、 $L_{pred.}$ は、基地局との距離に応じた K の関数として与えられる。

- ・ 手順エ 標準偏差により精緻化の有効性を確認する

$L_{mes.}(i)$ と $L_{pred.}(i)$ に対して平均二乗偏差 RMSE で精緻化前後の値を評価する。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (L_{mes.}(i) - L_{pred.}(i))^2}{N}}$$

3.3.2.5 実証結果及び考察

3.3.2.4 で記載した手順に基づき精緻化を行った結果を下記に記載する。

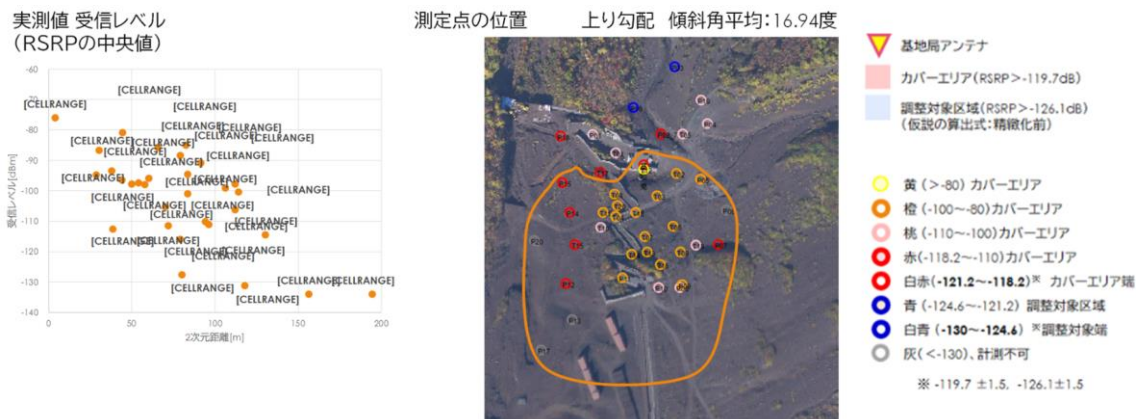
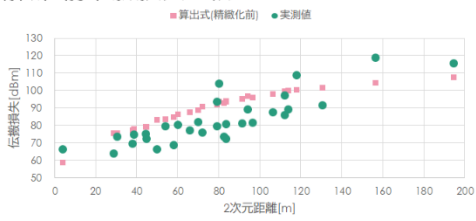


図 3-22 No.01 6 合目 傾斜上側 実測値

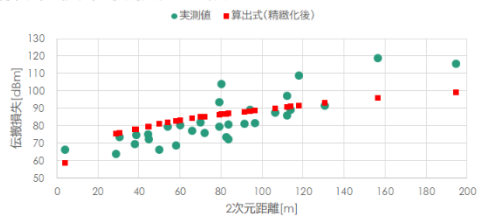
精緻化前 伝搬損失比較



精緻化結果

精緻化前後	パラメータK	RMSE
精緻化前	0.000	11.21
精緻化後	9.404	9.87

精緻化後 伝搬損失比較



精緻化前後の比較

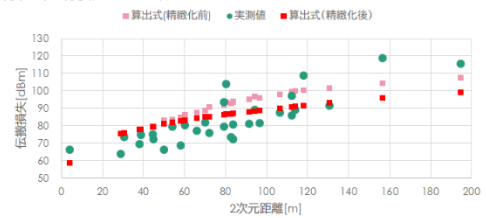
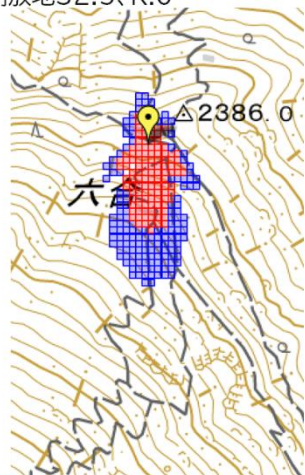


図 3-23 No.01 6 合目 傾斜上側 精緻化結果

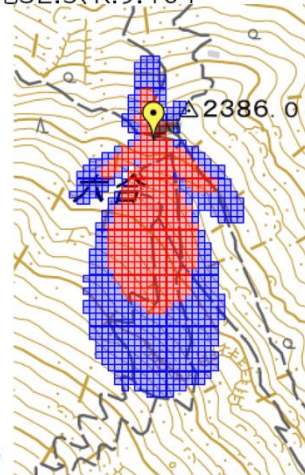
精緻化前の仮説によるカバーエリア図

S:開放地32.5、K:0



精緻化後のパラメータによるカバーエリア図

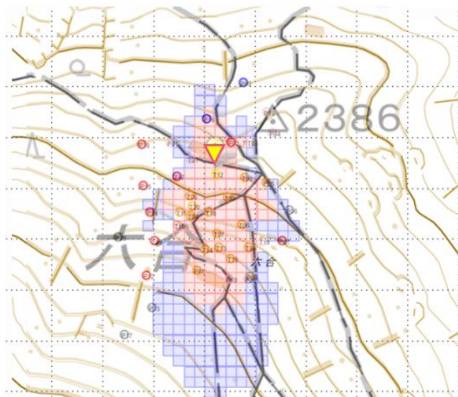
S:開放地32.5、K:9.404



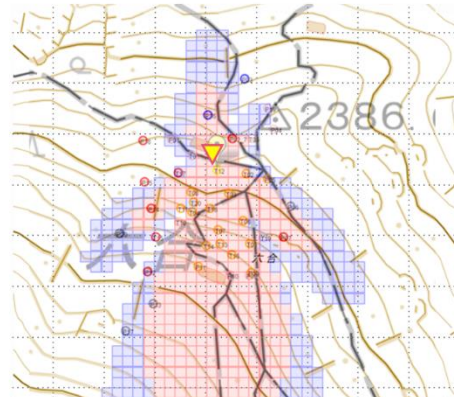
- ▲ 基地局アンテナ
- カバーエリア(RSRP > -119.7dBm)
- 調整対象区域(RSRP > -126.1dBm)

図 3-24 No.01 6 合目 傾斜上側 精緻化後のカバーエリア図の変化

精緻化前の仮説によるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:0



精緻化後のパラメータによるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:9.404



測定点プロット

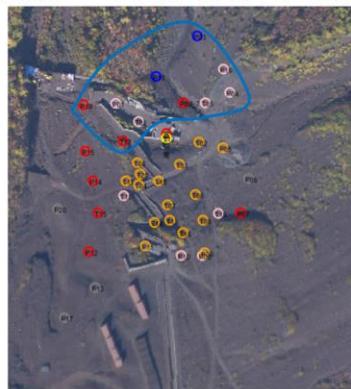
▼ 基地局アンテナ ■ カバーエリア(RSRP>-119.7dBm) ■ 調整対象区域(RSRP>-126.1dBm)

図 3-25 No.01 6 合目 傾斜上側 精緻化後のカバーエリア図の変化
(測定点プロット)

実測値 受信レベル
(RSRPの中央値)



測定点の位置 下り勾配 傾斜角平均:-8.03度



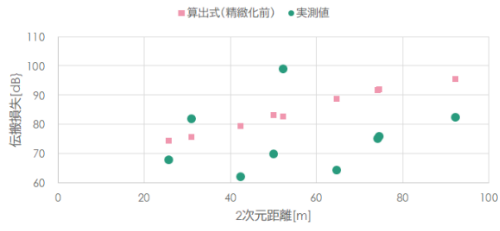
▼ 基地局アンテナ
■ カバーエリア(RSRP>-119.7dB)
■ 調整対象区域(RSRP>-126.1dB)
(仮説の算出式:精緻化前)

● 黄 (>-80) カバーエリア
● 橙 (-100~-80) カバーエリア
● 桃 (-110~-100) カバーエリア
● 赤 (-118.2~-110) カバーエリア
● 白赤 (-121.2~-118.2) * カバーエリア端
● 青 (-124.6~-121.2) 調整対象区域
● 白青 (-130~-124.6) * 調整対象端
● 灰 (<-130)、計測不可

* -119.7 ± 1.5, -126.1 ± 1.5

図 3-26 No.02 6 合目 傾斜下側 実測値

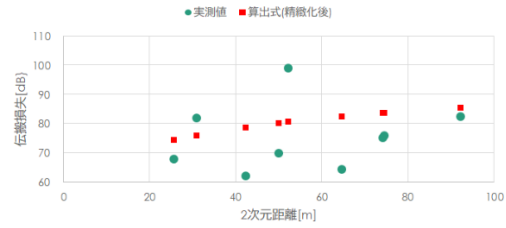
精緻化前 伝搬損失比較



精緻化結果

精緻化前後	パラメータK	RMSE
精緻化前	0.000	15.29
精緻化後	12.313	11.84

精緻化後 伝搬損失比較



精緻化前後の比較

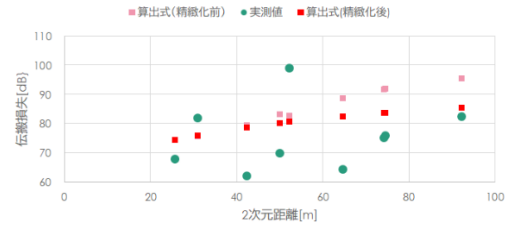
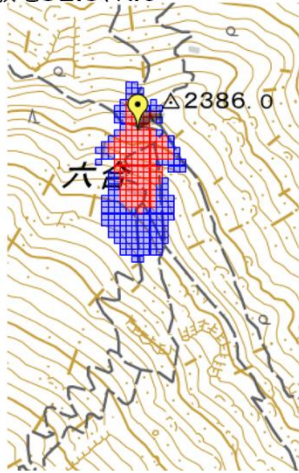


図 3-27 No.02 6 合目 傾斜下側 精緻化結果

精緻化前の仮説によるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:0



精緻化後のパラメータによるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:12.313

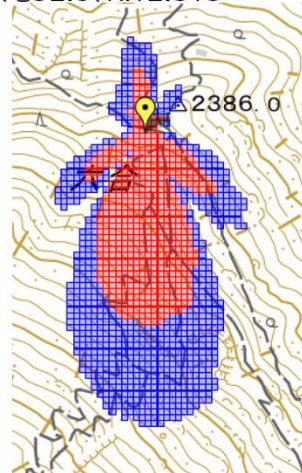
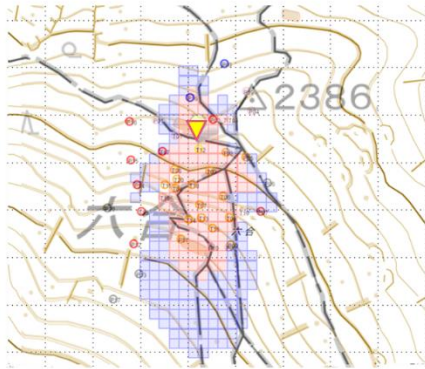
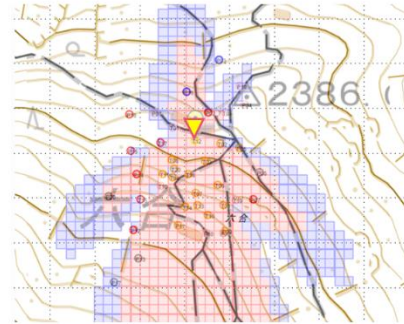


図 3-28 No.02 6 合目 傾斜下側 精緻化後のカバーエリア図の変化

精緻化前の仮説によるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:0



精緻化後のパラメータによるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:12.313

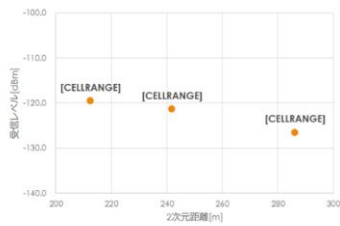


- ▼ 基地局アンテナ
- カバーエリア(RSRP>-119.7dBm)
- 調整対象区域(RSRP>-126.1dBm)

測定点プロット

図 3-29 No.02 6 合目 傾斜下側 精緻化後のカバーエリア図の変化 (測定点プロット)

実測値 受信レベル (RSRPの中央値)



測定点の位置

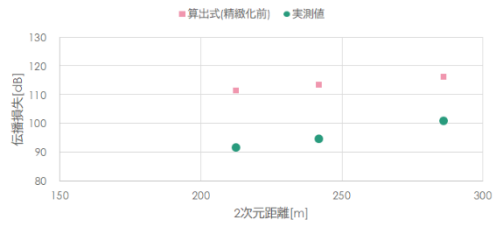
上り勾配
傾斜角平均: 2.33度



- ▼ 基地局アンテナ
 - カバーエリア(RSRP>-119.7dB)
 - 調整対象区域(RSRP>-126.1dB) (仮説の算出式:精緻化前)
 - 黄 (>-80) カバーエリア
 - 橙 (-100~-80)カバ-エリア
 - 桃 (-110~-100)カバ-エリア
 - 赤(-118.2~-110)カバ-エリア
 - 白赤(-121.2~-118.2)※ カバ-エリア端
 - 青 (-124.6~-121.2) 調整対象区域
 - 白青 (-130~-124.6) ※調整対象端
 - 灰(<-130)、計測不可
- ※ -119.7±1.5、-126.1±1.5

図 3-30 No.03 4 合目 傾斜上側 実測値

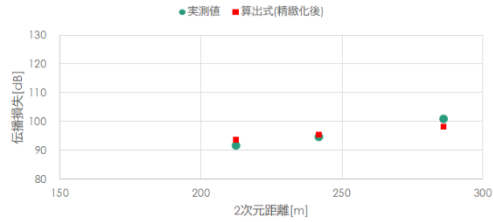
精緻化前 伝搬損失比較



精緻化結果

精緻化前後	パラメータK	RMSE
精緻化前	0.000	18.10
精緻化後	17.958	2.00

精緻化後 伝搬損失比較



精緻化前後の比較

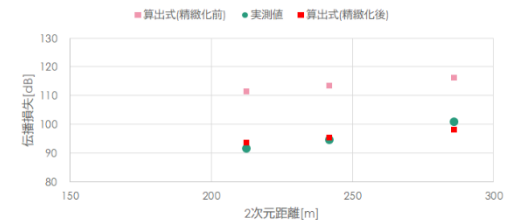
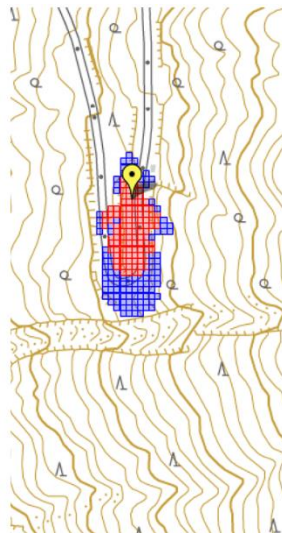


図 3-31 No.03 4 合目 傾斜上側 精緻化結果

精緻化前の
仮説による
カバーエリア図

S:開放地32.5
K:0

カバーエリア
(RSRP>-119.7dBm)
調整対象区域
(RSRP>-126.1dBm)



精緻化後の
パラメータによる
カバーエリア図

S:開放地32.5
K:17.958

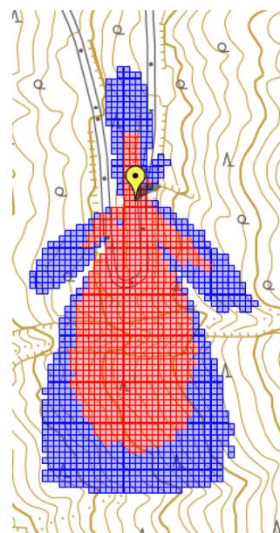
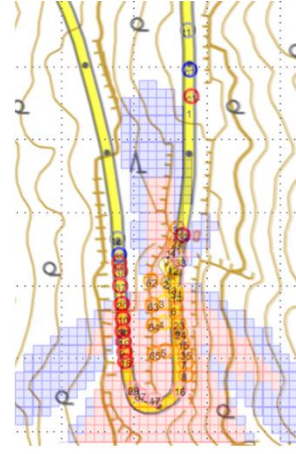
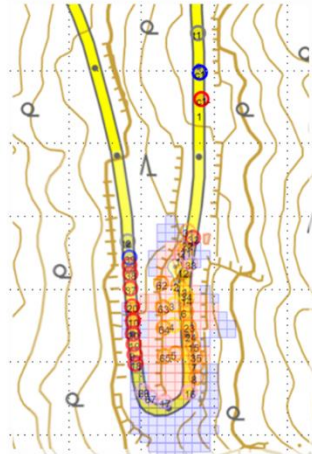


図 3-32 No.03 4 合目 傾斜上側 精緻化後のカバーエリア図の変化

精緻化前の
仮説による
カバーエリア図

S:開放地32.5
K:0

- ▽ 基地局アンテナ
- カバーエリア (RSRP>-119.7dBm)
- 調整対象区域 (RSRP>-126.1dBm)



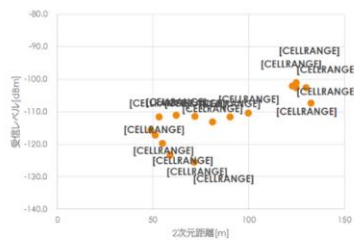
精緻化後の
パラメータによる
カバーエリア図

S:開放地32.5
K:17.958

測定点プロット

図 3-33 No.03 4 合目 傾斜上側 精緻化後のカバーエリア図の変化 (測定点プロット)

実測値 受信レベル
(RSRPの中央値)



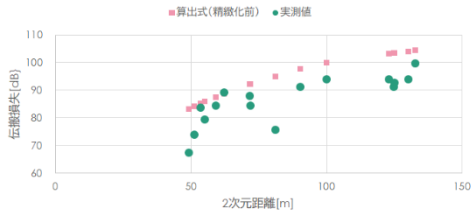
測定点の位置
下り勾配
傾斜角平均:-9.01度



- ▽ 基地局アンテナ
 - カバーエリア(RSRP>-119.7dB)
 - 調整対象区域(RSRP>-126.1dB)
(仮説の算出式:精緻化前)
 - 黄 (>-80) カバーエリア
 - 橙 (-100~-80)カバーエリア
 - 桃 (-110~-100)カバーエリア
 - 赤(-118.2~-110)カバーエリア
 - 白赤(-121.2~-118.2)※ カバーエリア端
 - 青 (-124.6~-121.2) 調整対象区域
 - 白青 (-130~-124.4) ※調整対象端
 - 灰(<-130)、計測不可
- ※ -119.7 ±1.5, -126.1±1.5

図 3-34 No.04 4 合目 傾斜下側 実測値

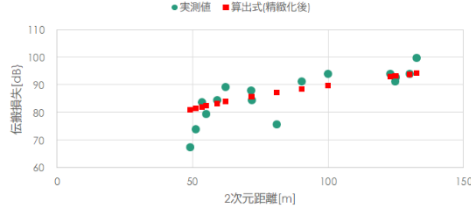
精緻化前 伝搬損失比較



精緻化結果

精緻化前後	パラメータK	RMSE
精緻化前	0.000	9.42
精緻化後	10.205	5.50

精緻化後 伝搬損失比較



精緻化前後の比較

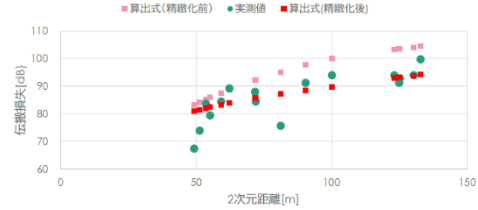
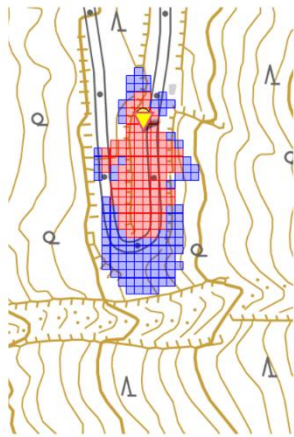


図 3-35 No.04 4 合目 傾斜下側 精緻化結果

精緻化前の仮説によるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:0



精緻化後のパラメータによるカバーエリア図
S:開放地32.5、K:10.205

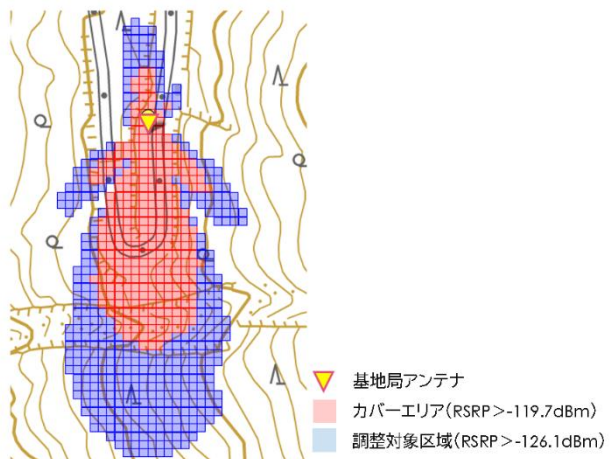
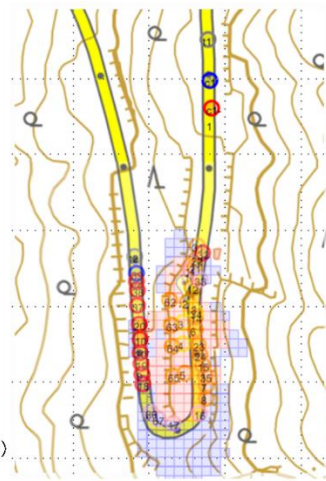


図 3-36 No.04 4 合目 傾斜下側 精緻化後のカバーエリア図の変化

精緻化前の
仮説による
カバーエリア図

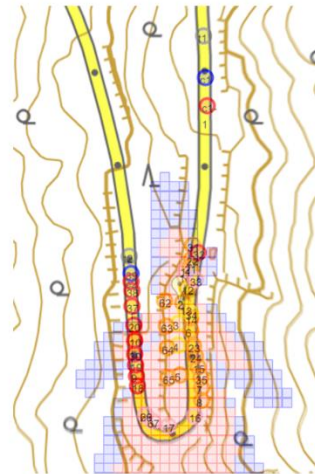
S:開放地32.5
K:0

▽ 基地局アンテナ
■ カバーエリア
(RSRP>-119.7dBm)
■ 調整対象区域
(RSRP>-126.1dBm)



精緻化後の
パラメータによる
カバーエリア図

S:開放地32.5
K:10.205



測定点プロット

図 3-37 No.04 4 合目 傾斜下側 精緻化後のカバーエリア図の変化
(測定点プロット)

また連続的に測定したデータから各方向別に測定ポイントの取得データを表に整理した。

表 3-11 測定ポイントの取得データ (6 合目)

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 (TN)	基地局との距離 (m)	基地局から見たチルト角度	RSRP(dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	35.385506	138.746733	104.77	59.18	-2.07	-105.50	6.38	1.29
2	35.385506	138.747364	181.77	14.48	17.24	-116.05	8.57	3.39
3	35.386028	138.747497	189.38	73.46	21.29	-124.86	0.02	4.10
4	35.385514	138.747692	242.84	33.72	1.80	-108.72	14.38	0.66
5	35.385169	138.747744	303.75	41.39	-7.80	-97.85	20.01	0.45
6	35.384931	138.747983	311.22	74.8	-5.06	-127.50	-2.76	3.25
7	35.384667	138.747908	327.96	92.72	-10.96	-110.36	9.39	1.69
8	35.384339	138.747547	351.76	116.23	-17.19	-100.55	10.52	2.39
9	35.384364	138.747567	350.65	113.78	-17.12	-98.34	10.44	1.66
10	35.384364	138.747389	358.75	112.04	-19.20	-106.46	8.11	1.29
11	35.384425	138.747011	16.87	110.45	-22.12	-100.04	0.61	3.69
12	35.384367	138.746475	35.94	137.15	-20.41	-116.41	-5.20	4.73
13	35.384094	138.746539	27.75	160.27	-20.58	-134.71	-9.02	3.36
14	35.384953	138.746533	57.87	88.52	-15.75	-116.53	-0.54	1.76
15	35.385747	138.745594	105.66	166.65	3.86	-111.82	2.14	1.54
16	35.385725	138.747117	150.58	44.41	16.92	-125.40	-0.50	4.04
17	35.383861	138.746217	31.65	197.62	-20.24	-134.69	-9.41	2.88
18	35.385514	138.746439	100.56	85.16	-0.22	-113.65	4.51	2.61
19	35.385753	138.747772	221.46	56.16	7.90	-108.05	14.92	1.17
20	35.384714	138.746194	56.4	128.21	-14.71	-131.42	-7.09	1.97
21	35.385333	138.746875	56.86	44	-11.00	-105.93	10.04	4.25
22	35.385206	138.747514	323.58	22.61	-15.40	-95.00	15.86	2.70
23	35.385039	138.747336	3.95	37	-20.27	-87.71	14.02	3.44
24	35.384878	138.746942	34.67	67.02	-20.14	-97.71	10.98	2.58
25	35.385517	138.747581	232.13	25.48	6.29	-102.71	14.31	2.46
26	35.384814	138.747478	350.65	63.26	-17.38	-97.24	14.03	4.38
27	35.384728	138.747217	10.66	72.84	-19.91	-86.45	12.80	2.52
28	35.385053	138.746933	47.91	52.76	-18.96	-93.77	8.79	2.09
29	35.384614	138.747550	348.67	86.1	-17.41	-95.33	13.67	3.67
30	35.384806	138.746789	39.63	81.71	-19.59	-105.90	12.23	3.07
31	35.384906	138.746822	43.27	71.44	-19.60	-98.42	12.62	2.53
32	35.385244	138.747208	44.2	19.88	-17.60	-76.74	9.06	2.94
33	35.384614	138.747239	7.49	85.21	-19.95	-88.82	9.79	2.53
34	35.384589	138.747097	15.45	90.1	-21.07	-85.77	16.34	2.42
35	35.384667	138.746556	42.92	107.06	-19.62	-111.58	6.85	4.09
36	35.385772	138.747197	161.44	46.36	19.73	-91.11	13.95	1.43
37	35.385228	138.746797	72.57	53.89	-13.75	-113.08	5.70	2.72
38	35.384889	138.747142	20.22	57.72	-20.78	-81.26	17.49	1.79
39	35.384664	138.747697	339.07	84.45	-15.31	-101.92	12.88	3.55
40	35.384964	138.746958	38.98	58.5	-20.51	-96.80	12.54	1.60

表 3-12 測定ポイントの取得データ (4 合目)

ポイント番号	北緯	東経	基地局からの角度 (TN)	基地局との距離 (m)	基地局から見たチルト角度	RSRP(dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	35.374458	138.692769	193.84	28.67	0.00	2.74	17.36	2.74
2	35.374203	138.69275	260.09	5.57	1.80	2.08	20.39	2.08
3	35.374006	138.692692	356.19	22.41	3.84	1.14	21.39	1.14
4	35.373794	138.692697	356.93	45.94	4.29	1.68	21.62	1.68
5	35.373503	138.692719	356.19	78.27	4.07	3.31	20.93	3.31
6	35.373931	138.692847	332.67	33.92	4.16	2.07	20.91	2.07
7	35.373386	138.692978	342.82	94.91	4.15	3.62	22.49	3.62
8	35.373261	138.692975	345.44	108.23	4.13	3.51	22.41	3.51
9	35.3735	138.692197	28.28	90.38	8.24	2.33	10.34	2.33
10	35.373836	138.692175	46.13	62.33	13.49	2.44	9.47	2.44
11	35.374517	138.692775	194.45	35.16	-0.15	2.61	13.52	2.61
12	35.374342	138.6928	215.77	17.97	-0.43	2.48	20.80	2.48
13	35.374147	138.692775	298.58	10.34	2.35	1.66	21.47	1.66
14	35.374053	138.692844	316.8	22.23	3.35	3.33	21.25	3.33
15	35.373583	138.692928	341.25	72.66	3.77	3.58	22.37	3.58
16	35.373111	138.692883	351.18	122.98	3.52	4.33	18.33	4.33
17	35.373014	138.692572	3.54	132.90	4.34	3.86	15.27	3.86
18	35.373397	138.692206	24.3	100.11	7.28	3.12	11.83	3.12
19	35.3736	138.692192	32.31	81.18	9.38	2.49	8.77	2.49
20	35.373989	138.692164	60.62	53.54	15.55	2.64	9.17	2.64
21	35.374544	138.692831	200.98	39.45	-0.52	1.63	21.36	1.63
22	35.374628	138.69285	198.39	48.84	-0.19	1.67	21.35	1.67
23	35.373783	138.692875	338.08	50.09	3.52	2.86	21.80	2.86
24	35.373689	138.692897	340.1	60.61	4.16	2.97	22.32	2.97
25	35.373125	138.692311	14.89	124.97	5.28	2.76	19.38	2.76
26	35.373708	138.692183	37.2	72.05	10.79	2.13	9.88	2.13
27	35.374758	138.692867	194.86	63.13	-0.56	2.70	19.84	2.70
28	35.374683	138.692931	203.47	57.10	-0.71	2.34	9.98	2.34
29	35.374425	138.692894	217.75	30.44	-0.65	4.21	18.36	4.21
30	35.3741	138.692847	302.04	18.70	3.03	2.25	22.62	2.25
31	35.373478	138.692958	341.85	84.60	4.17	2.29	22.41	2.29
32	35.374167	138.69215	83.99	49.19	17.36	2.42	3.58	2.42
33	35.374322	138.692142	104.34	51.29	17.79	1.97	3.66	1.97
34	35.374483	138.692131	123.11	59.18	17.02	2.15	-1.30	2.15
35	35.374222	138.692531	106.24	14.44	1.80	2.84	19.45	2.84
36	35.373981	138.69255	24.86	28.18	4.04	1.50	22.85	1.50
37	35.373769	138.692567	10.07	49.95	4.21	1.63	22.86	1.63
38	35.373483	138.692575	5.66	81.10	4.13	2.59	22.49	2.59
39	35.373125	138.692308	14.71	125.05	5.28	3.71	18.64	3.71
40	35.373058	138.692397	10.43	130.32	4.83	3.49	18.59	3.49
41	35.376372	138.693017	186.88	241.93	-0.52	1.85	1.28	1.85
42	35.376103	138.693033	188.09	212.56	-0.52	1.52	1.87	1.52
43	35.374408	138.692133	115.23	55.18	17.78	2.12	2.03	2.12
44	35.376775	138.692992	185.29	286.13	-0.56	2.49	-4.11	2.49
45	35.374653	138.692117	134.51	71.69	15.06	2.72	2.41	2.72

表 3-13 本実証で設定する K 値

番号	エリア	上り/下り	傾斜角	精緻化K	前)精緻化(後) RMSE
01	6合目 傾斜上側	上り	16.94	9.404	11.21 9.87
02	6合目 傾斜下側	下り	-8.03	12.313	15.29 11.84
03	4合目 傾斜上側	上り	2.33	17.958	18.10 2.00
04	4合目 傾斜下側	下り	-9.01	10.205	9.42 5.50

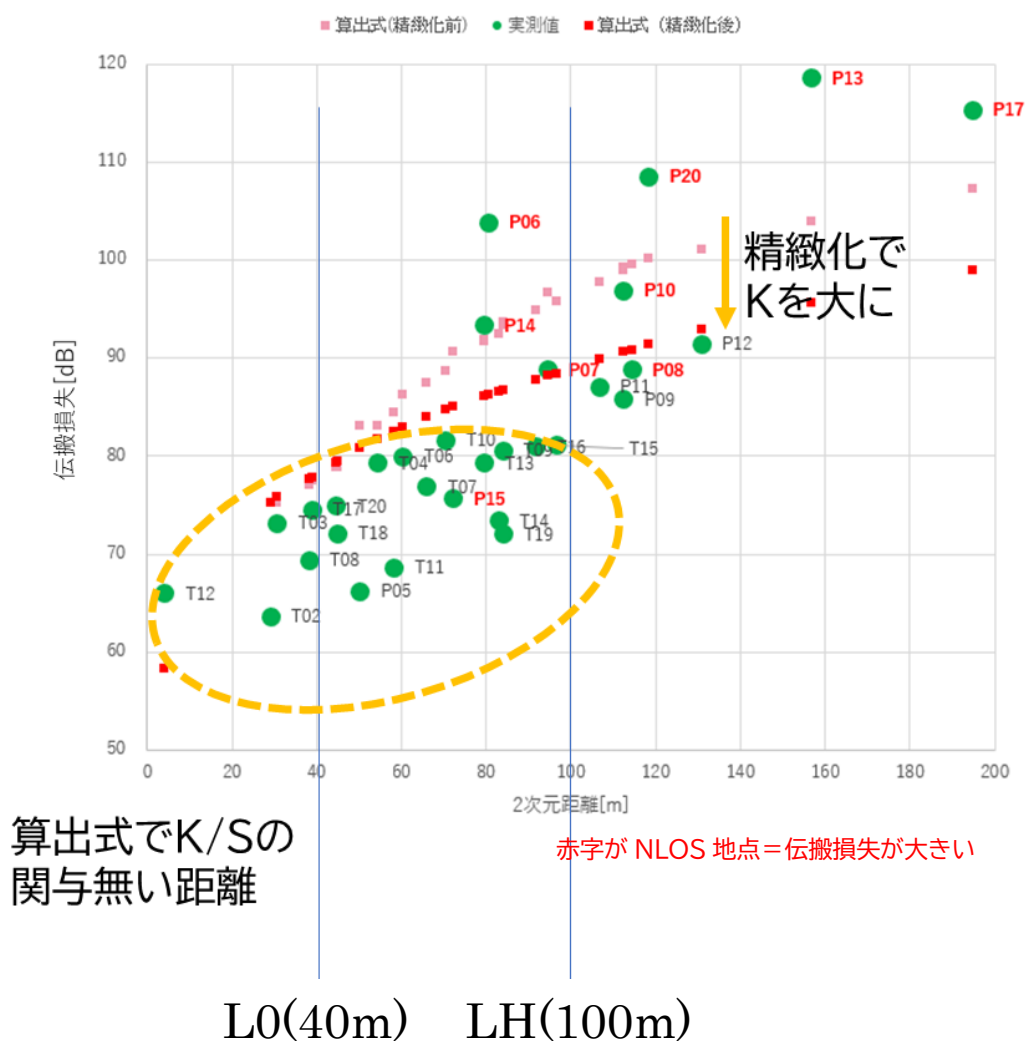


図 3-38 6合目 傾斜上側の RMSE (バラつき度合い) について

上記の表 3-13 本実証で設定する K 値 に、実測値から求めた K 値をまとめた。6合目の環境においては森林限界を超えており、ほぼ植生の影響がなく地形の影響により K 値が標準の値と異なると考えられる。また、傾斜があるため測定点と基地局の間が NLOS になる、又はフレネルゾーンが確保できなかったことも測定結果にばらつきが出た要因と考え

られる。4 合目については森林限界よりも標高が低いいため、森林区域においては影響があると思われるが、今回の実証においては安全上の理由により森林区域への侵入が不可であったため、主として傾斜角の影響が K 値にもたらす影響の要因となると考えられる。なお、斜面の上り下りに関わらず、K 値は 0 より大きくなることが実証の結果判明した。当初の仮説ではエリアが狭くなると仮定したが、K 値の精緻化の結果、エリアが広範囲にわたって確保できていることが判明した。これは富士山の環境が裸地であり広範囲に電波が伝搬していることも影響していると考えられる。精緻化後の RMSE が比較的大きいままのところがあるが、今回の測定ポイントが基地局の近傍地点が比較的多かったこともあり dxy (基地局と移動局間の距離) が算出式上において K 値 S 値が反映されない 0.1km 以下の測定点が多数存在した。RMSE という点から見ると、図 3-38 のオレンジ点線で囲ったエリアの伝搬損失が算出式より低い実測値となっていることが、RMSE が大きい要因となっている。そのため、LOS 地点のみで評価しても RMSE は大きいと推測される。

今後実証する際には、K 値 S 値の精度を高めるために 0.1km 以上の広い範囲を測定することが必要であると考えられる。

3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化

3.3.3.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

(2) 実証目標

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.3.2 実証仮説

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.3.3 評価・検証項目

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.3.4 評価・検証方法

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.3.5 実証結果及び考察

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発

3.3.4.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

5G 回線は超高速ネットワークであるが、全国キャリアが展開する 5G サービスにおいてはダウンロードを中心としたコンシューマーサービスを想定しており、TDD 方式においては設定で無線リソースの多くをダウンリンク側に割り振るため一般的にダウンロード方向と比較して、アップロード方向の通信速度は小さくなっている。ローカル 5G では全国キャリアとの干渉を防ぐため TDD の同期パターンを原則キャリアの 5G 網に合わせたパターンとなっているが、監視カメラ等の活用期待が大きいローカル 5G ではアップリンク側の無線リソースを増加させつつ全国キャリアとの干渉を抑制した準同期パターンでの運用が認められている。本実証においても複数の 4K カメラを用いて断続的に大容量の録画データをコアネットワーク側にアップロードする必要があり、アップリンクスループット

は最大 225Mbps になる可能性がある。この値は、現在制度化されている準同期パターン (DL4:UL4) でも 256QAM の変調や 4x4MIMO 等が使用可能でなければ理論的にもスループットが不足し、またフィールドにおいては、これらの環境を安定して得られる条件は実現が難しいため、安定した運用に向けてさらにアップリンクへの無線リソース配分を増やした新たな準同期パターンの開発が必要になる。

なお、繰り返しとなるが、2.5 本提案に仕様するローカル 5G 基地局システムの優位性に記載の通り、本実証で活用の FLARE SYSTEMS 製のソフトウェア基地局は既に準同期 TDD の追加パターンを実現しており、新たな制度化に向けた実証を目的として、山岳地帯という電波伝搬が特異なフィールド (3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化に記載) にて準同期 TDD の追加パターンの実証が可能である。

(2) 実証目標

準同期パターンの開発はアップロード通信の高速化の検証と、ダウンロードとの balan

スを取った 3 パターンで実証を行いアップリンクスループット 225Mbps の実現を検証する。同期パターンは下記に記載する。

表 3-14 準同期パターン

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

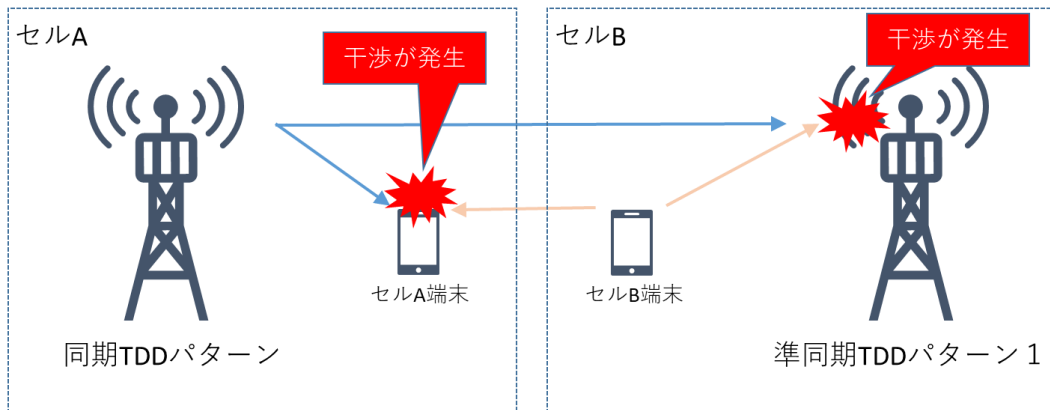
D:下りスロット U:上りスロット S:D から U への切り替えスロット

3.3.4.2 実証仮説

(1) 同期タイミングパターンと干渉の可能性

実証環境においては同期 TDD パターンの基地局と準同期 TDD パターンを個別に運用する場合と同時に運用する場合の運用方法を実施する。同期 TDD パターンと準同期 TDD パターンの違いは上りスロットの違いであり、準同期 TDD パターンにおける上りスロットの送信中には同期 TDD パターンの基地局からの下りスロット信号が準同期 TDD パターンの基地局に干渉し、また、準同期 TDD パターンの移動局の上りスロット信号が同期 TDD パターンの移動局に干渉する可能性がある。これらの干渉は双方のシステムにおいてスループットの低下などの悪影響を及ぼす可能性があるが、十分な離隔距離を取ることにより実質的な影響を与えることなく双方が運用できると推定される。今回の実証ではこの必要な離隔距離を確認するとともに、相互のアンテナ方向の関係によるカバーエリアの制約や、準同期システム側のみに悪影響が発生する場合にそれを許容するなどの運用上の制約の必要性も検証する。

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



※セルAとセルBは同一周波数または隣接周波数
 ※スロット番号8の時点での状態を想定

図 3-39 準同期パターンと干渉の発生

干渉発生のパターンとしては、前述の通り基地局相当装置間での干渉、基地局相当装置と移動局相当装置間の干渉、および移動局相当装置相互間の干渉をそれぞれ考慮して計算する必要があり、次節以降で計算を実施する。なお、基地局相当装置間の干渉については空中線を正対させた場合と空中線を併設した場合において机上計算を行う。

実際の置局において隣接する他システムと基地局の空中線がアンテナパターンのピーク同士で正対してしまう可能性は非常に低いですが、ここでは最悪値として把握したうえで、隣接局に対して設置可能なアンテナ方位及びチルト角条件の考察に活用する。

基地局相当装置-基地局相当装置間干渉
(正対)

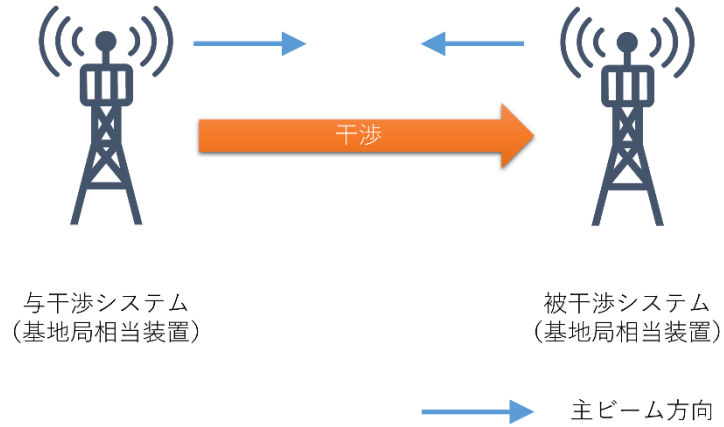


図 3-40 基地局相当装置間の干渉 (空中線を正対させた場合)

基地局相当装置-基地局相当装置間干渉
(併設)

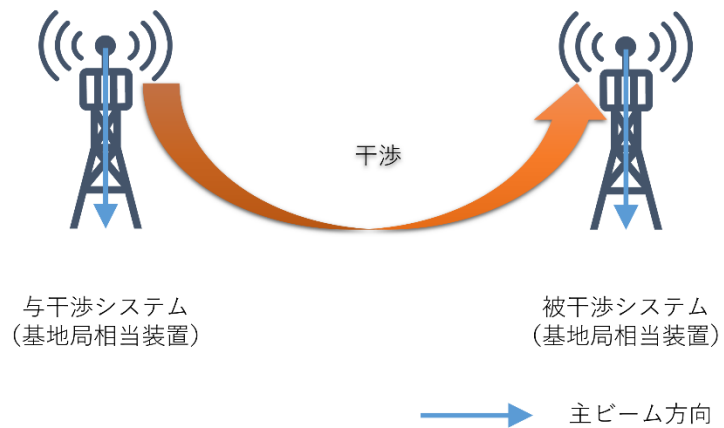


図 3-41 基地局相当装置間の干渉(空中線を併設、主ビームを平行にした場合)

移動局相当装置-移動局相当装置間干渉

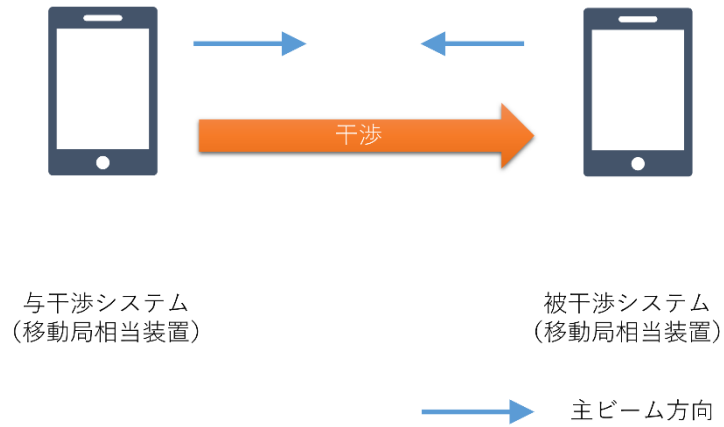


図 3-42 移動局相当装置間の干渉

移動局相当装置-基地局相当装置間干渉

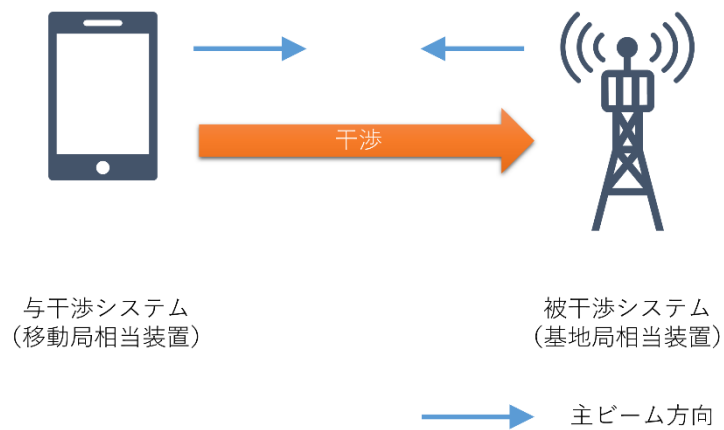


図 3-43 移動局相当装置-基地局相当装置間の干渉

(2) 予想される干渉の計算

前項で述べたように、同期 TDD（被干渉システム）のロットがダウンリンクかつ準同期 TDD1,2,3（与干渉システム）のロットがアップリンクとなる際に干渉が発生する。この際の前項で示した基地局及び移動局の配置の組み合わせ毎に必要な干渉離隔距離を算出する。基地局同士が正対する場合の計算結果を以下の表に示す。

表 3-15 域内干渉の計算結果

項番	パラメータ	帯域内干渉離隔距離 (m)
基地局-基地局 (正対)	計算値	8800
	実測値	
基地局-基地局 (併設)	計算値	1.38
	実測値	
移動局-移動局 (正対)	計算値	700
	実測値	
移動局-基地局 (正対)	計算値	975
	実測値	

表 3-16 机上計算の根拠（基地局相当装置間の干渉（正対））

基地局相当装置間の干渉(正対)			
与干渉局送信電力	-2	dBm/MHz	18dBm/100MHz
送信空中線利得	12	dBi	FS 12dBi ANT
送信諸損失	0	dB	
EIRP	10	dBm/MHz	28dBm/100MHz
離隔距離	19500	m	
受信空中線での入力電力	-121.9573	dBm/MHz	
受信機入力電力	-109.9573	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110	dBm/MHz	
受信空中線利得	12	dBi	FS 12dBi ANT
受信諸損失	0	dB	
干渉量	0.042701	dB	
周波数	4850	MHz	
波長	0.061856	m	
伝搬損失	131.9573	dB	

表 3-17 机上計算の根拠（基地局相当装置間の干渉（併設））

基地局相当装置間の干渉(併設)			
与干渉局送信電力	-2	dBm/MHz	18dBm/100MHz
送信空中線利得	-29	dBi	FS 12dBi ANT
送信諸損失	0	dB	
EIRP	-31	dBm/MHz	
離隔距離	1.5	m	
受信空中線での入力電力	-80.67843	dBm/MHz	
受信機入力電力	-109.6784	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110	dBm/MHz	
受信空中線利得	-29	dBi	FS 12dBi ANT
受信諸損失	0	dB	
干渉量	0.321568	dB	
周波数	4850	MHz	
波長	0.061856	m	
伝搬損失	49.67843	dB	

表 3-18 机上計算の根拠（移動局相当装置間の干渉（正対））

移動局相当装置間の干渉(正対)			
与干渉局送信電力	1.5	dBm/MHz	21.5dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
送信諸損失	8	dB	人体損失
EIRP	-3.53	dBm/MHz	
離隔距離	580	m	
受信空中線での入力電力	-104.9552	dBm/MHz	
受信機入力電力	-109.9852	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110	dBm/MHz	
受信空中線利得	2.97	dBi	
受信諸損失	8	dB	人体損失
干渉量	0.014833	dB	
周波数	4850	MHz	
波長	0.061856	m	
伝搬損失	101.4252	dB	

表 3-19 机上計算の根拠（移動局相当装置-基地局相当装置間の干渉（正対））

移動局相当装置-基地局相当装置間の干渉(正対)			
与干渉局送信電力	1.5	dBm/MHz	21.5dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
送信諸損失	8	dB	人体損失
EIRP	-3.53	dBm/MHz	
離隔距離	4000	m	
受信空中線での入力電力	-121.7278	dBm/MHz	
受信機入力電力	-109.7278	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110	dBm/MHz	
受信空中線利得	12	dBi	
受信諸損失	0	dB	
干渉量	0.272193	dB	
周波数	4850	MHz	
波長	0.061856	m	
伝搬損失	118.1978	dB	

表 3-20 机上計算の根拠（移動局相当装置-基地局相当装置間の干渉（併設））

移動局相当装置-基地局相当装置間の干渉(併設)			
与干渉局送信電力	1.5	dBm/MHz	21.5dBm/100MHz
送信空中線利得	2.97	dBi	
送信諸損失	8	dB	人体損失
EIRP	-3.53	dBm/MHz	
離隔距離	35	m	
受信空中線での入力電力	-80.56797	dBm/MHz	
受信機入力電力	-109.568	dBm/MHz	
許容干渉電力	-110	dBm/MHz	
受信空中線利得	-29	dBi	
受信諸損失	0	dB	
干渉量	0.432032	dB	
周波数	4850	MHz	
波長	0.061856	m	
伝搬損失	77.03797	dB	

3.3.4.3 評価・検証項目

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

(1) システムの条件

本章の準同期TDD追加パターンの開発に係る測定、データ取得においては、2台の基地局相当設備を使用して、それぞれを被干渉側、与干渉側として運用する。

被干渉側、与干渉側の基地局相当設備のシステム諸元を以下に示す。これらの諸元は本章で実施する全ての測定に共通である。但し測定の状況によって免許の許す範囲内において調整されることがある。

表 3-21 与・被干渉側の基地局相当設備

メーカー	FLARE SYSTEMS
型番	FW-L5G-1
空中線電力	18.0dBm
給電線損失	0.0dB
アンテナゲイン	12.0dBi
EIRP	30.0dBm
TDD パターン	同期・準同期 1、2、3

(2) 測定する項目

エリア設計で作図したシミュレーション図におけるカバーエリア、調整対象区域内において 20 地点の測定を行う。測定項目は RSRP、RSSI、SIR、電波品質(遅延プロファイル)、通信品質(スループット、遅延時間)とする。

表 3-22 測定項目

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

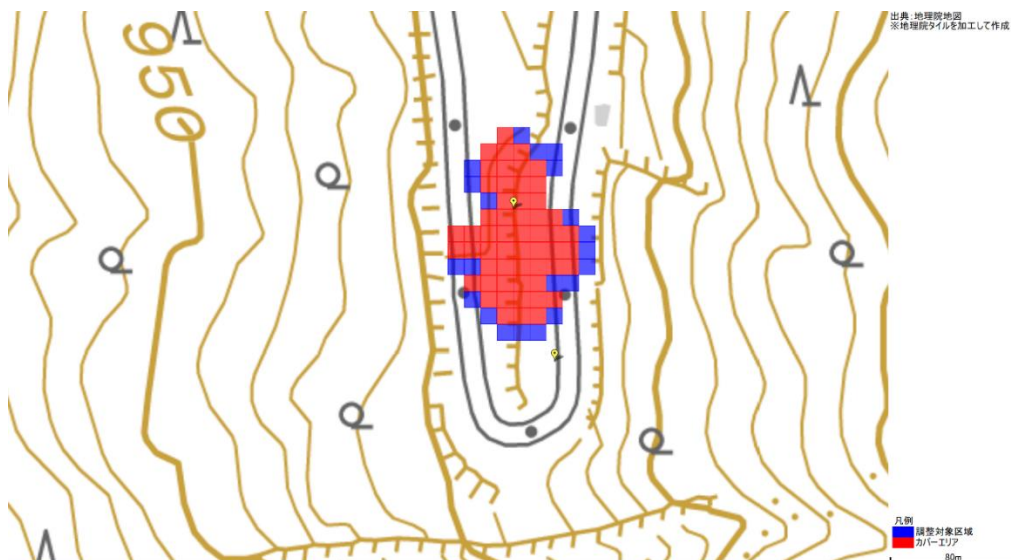


図 3-44 与干渉システムの伝搬シミュレーション図

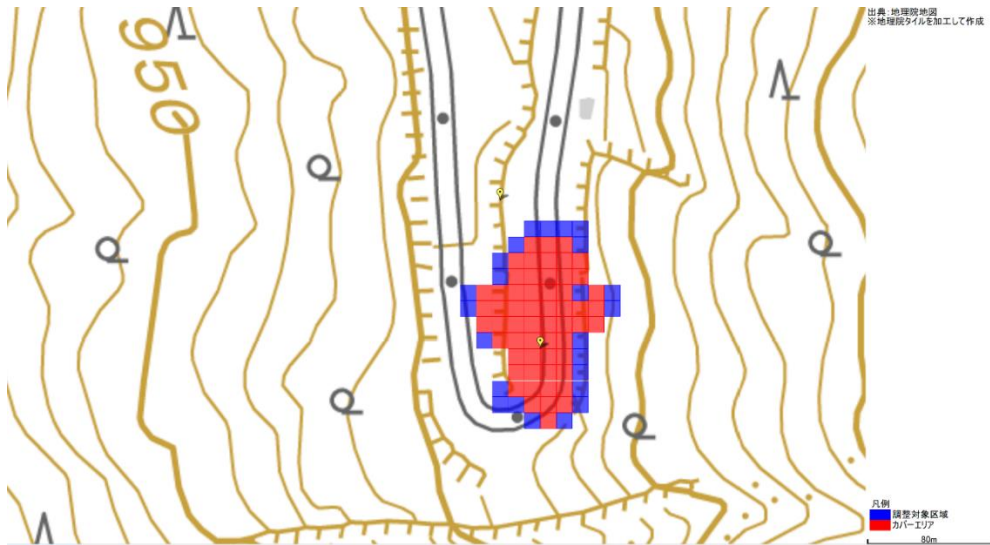


図 3-45 被干渉システムの伝搬シミュレーション図

- 測定器で使用するアンテナはオムニタイプを使用し、影響を最小限に抑える。また、実際に使用するアンテナのパターン仕様を事前に確認し、アンテナ方向によって影響がある場合には測定場所ごとに測定器のアンテナ方向を調整する。
- RSRP, RSSI, SIR の測定についてはエリアテストの測定間隔を最小に設定して 3 項目同時に測定し、ポイント当たり 1,000 サンプル以上を記録する。また、測定中は各測定ポイントを中心に半径 30cm 程度 (5λ) の円の範囲をできるだけ均等にゆっくりと動かしながら測定する。
- RSRP, RSSI, SIR の測定については、全データの平均値を測定値とする。また参考のため標本自体の標準偏差 $sd(\sigma)$ を下記式にて算出し記録する。

$$sd = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n = サンプル数
 X_i = 測定値

- スループット測定は、5G コアの DN 点に直結で配置した専用の SpeedTest ツールを用いてインターネット等の外部ネットワークの影響を排除した測定を実施する。
- 遅延時間の測定は、5G コアの DN 点に直結で配置したサーバに対して 5G 端末 (CPE) に接続した Windows PC より Ping コマンドにより ICMP パケットを送出し応答が返るまでの往復の時間を記録する。

本実証で使用する 5G システムはコア内蔵の一体型であるため有線伝送区間に起因するスループットや遅延への影響は発生しない。

3.3.4.4 評価・検証方法

- 基本性能確認試験：
電波暗室等の外部環境の影響を受けない環境において、各 TDD 方式における使用機器の基本性能を確認することを目的に RSRP、SIR、スループットの関係を測定し確認する。
- フィールド実証試験：
下記評価項目について被干渉システムを停止し与干渉システム単独、及び与干渉システムを停止し被干渉システム単独でそれぞれ測定を行う。測定終了後、同時にシステムを運用し、再度被干渉システム側の測定を実施する。単独で測定を行った結果と同時稼働で測定を行った結果を比較し、同期システムと準同期システムを共用した場合の影響度について評価を行う。
尚、基地局間干渉及び移動機から基地局への干渉を評価する場合で、与干渉システム側単独で測定する際には被干渉側の基地局アンテナにスキャナーを接続し、以下の（１）、（３）項を測定する。

（１）受信電力

受信電力(RSRP)を 20 地点にて測定し、記録する。同時に RSSI も記録を行う。RSRP は基地局相当装置ごとの受信電力を識別することができるが、RSSI は送受信電力であり、他局からの干渉も含め記録が可能であり、双方のデータを取得する。

（２）スループット、伝送遅延力

通信品質であるスループット、遅延時間を測定し、伝送状況を記録する。外部からの干渉による通信品質の劣化の度合いを記録する。

（３）通信品質（SIR）

無線通信区間における信号対干渉波比を記録する。SIR の低下による通信品質の劣化の度合いを記録する。

（４）スペクトラム

同一周波数での実施のため片方ずつスペクトラムを測定し十分な信号対干渉波比が確保できていることを確認する。

(5) 相関

記録された受信電力、通信品質から相関関係を見出し、異なる TDD パターンの影響による通信への干渉度合いを見出す。また、以下の通りその際に必要な離隔距離を算出する。

フィールド測定において与干渉システムと被干渉システムを単独で測定を行った結果と同時に運用して測定を行った結果から、SIR を算出（直接の SIR 測定値または単独測定時の RSRP 比から算出）し同時測定時における単独測定時からの SIR の劣化の度合いを導出し、その値（＝干渉波の抑制必要量）の干渉を低減するために必要な追加離隔距離を電波法関係審査基準に記載の電波伝搬モデルの伝搬損失 L を用いて算出する。

3.3.4.5 実証結果及び考察

(1) 離隔距離導出のアプローチ方法

- (a) 単体特性の取得（ラボ）
基地局無線装置-移動局間において最大スループットを維持できる移動局端末装置入力レベルを導出する。
- (b) 所要 D/U 比の取得（ラボ）
各干渉試験を実施し、所要 D/U 比を導出する。
- (c) 干渉波の影響を受けない最大距離の導出（ラボ）
(b)で導出した D/U 比から干渉波の影響を受けない距離を導出する。
- (d) ラボ結果の現地実証（現地）
現地での離隔距離を導出する。

(2) ラボでの実証

ラボにおいて現地評価を実施する前に事前評価を実施した。事前評価は外部要因を排除するためにケーブルでの接続で試験を行い、今回使用する基地局の特性をつかみスムーズに現地で評価を実施するための基礎データとして活用した。また、ラボにおいて離隔距離の算出を行った。

(ア) ラボでの系統図

ラボにおいて有線接続試験を実施した際の系統図を記載する。

論理構成図(基地局間干渉)

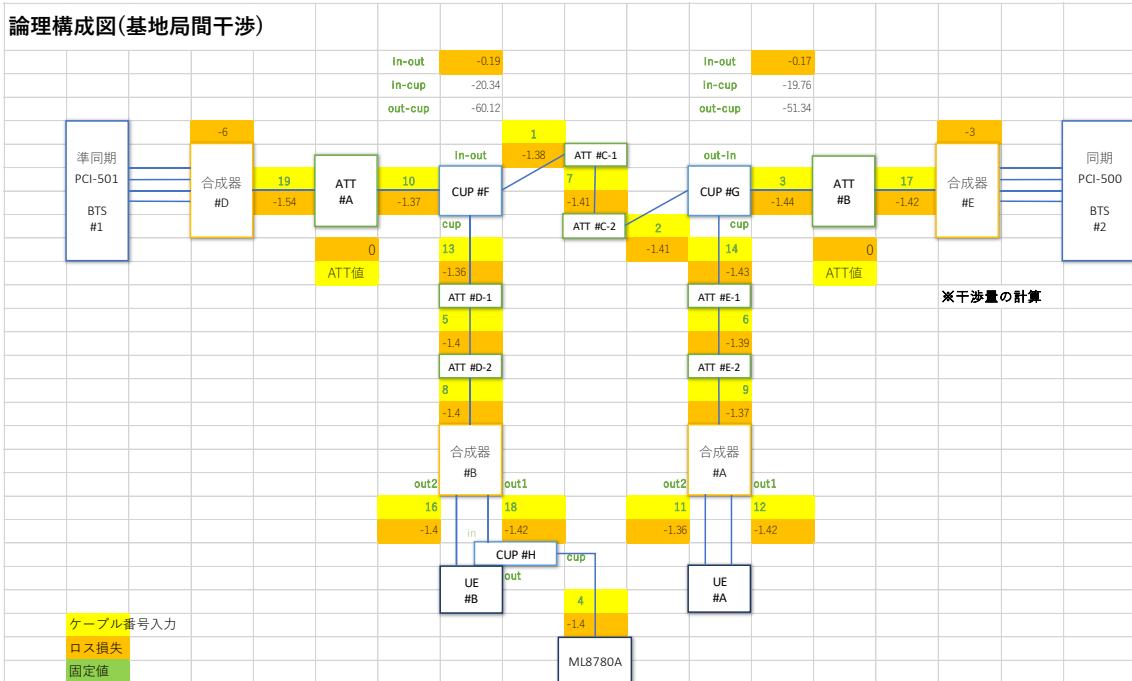


図 3-46 基地局-基地局間干渉の系統図

論理構成図(移動局間干渉)

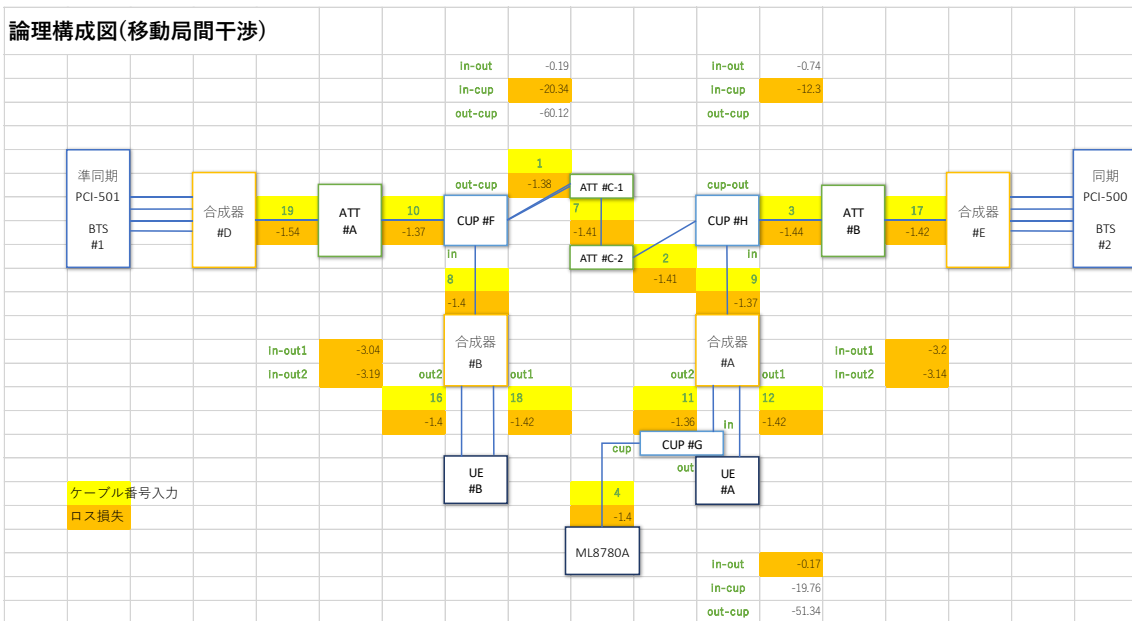


図 3-47 移動局-移動局間干渉の系統図

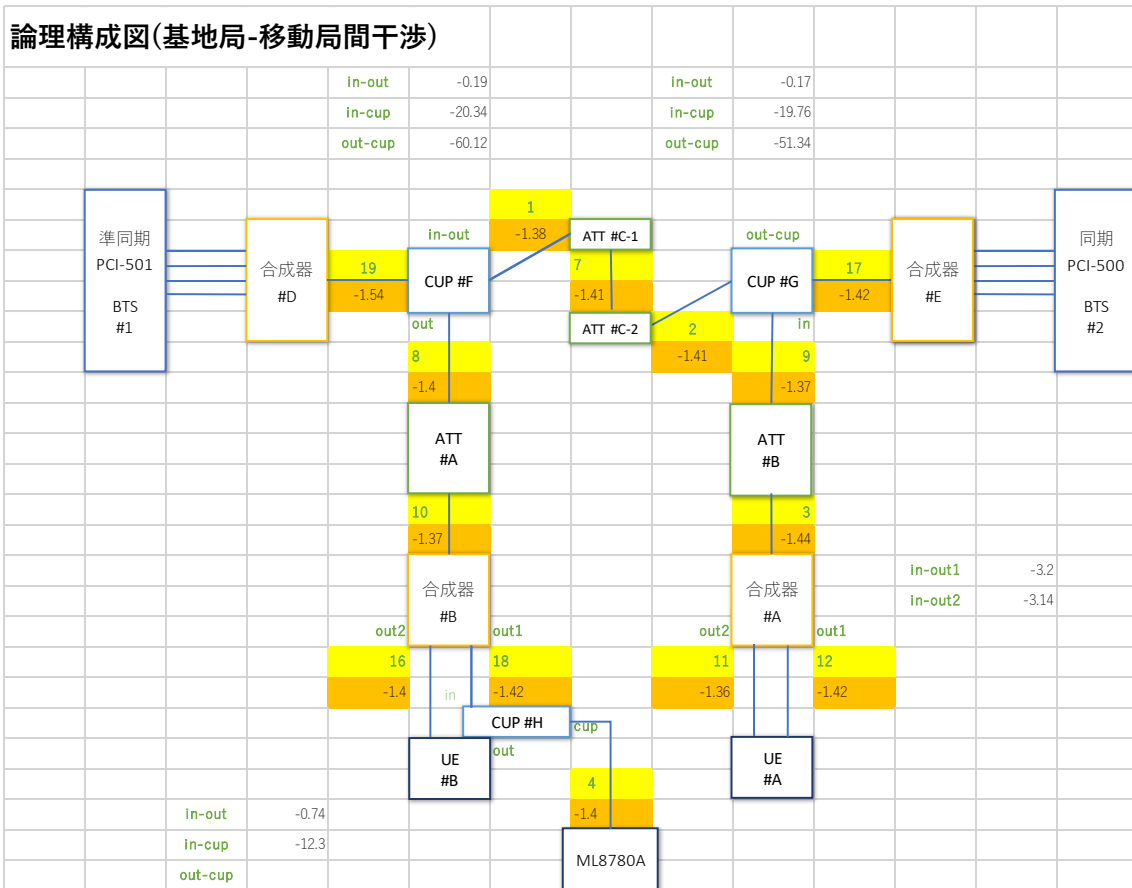


図 3-48 移動局-基地局間干渉の系統図

(イ) ラボでの評価結果データ

(a) 単体特性の取得

基地局無線装置と移動局無線装置を同軸ケーブルで直結し、可変アッテネータでレベルを調整することによりスループットを維持できる最低レベル (RSRP) の取得を行った。結果は下表および下図の通りとなった。

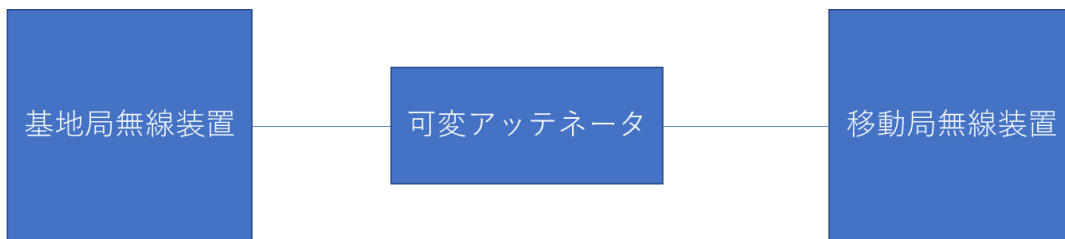


図 3-49 接続イメージ

表 3-23 測定結果

パターン	スループットを維持できる限界レベル(RSRP,dBm)
同期	-74.3
準同期 1	-74.2
準同期 2	-78.8
準同期 3	-79.2

根拠となる RSRP とスループット、MCS (符号化率 : Modulation and Coding Scheme) の相関表を下記に記載する。

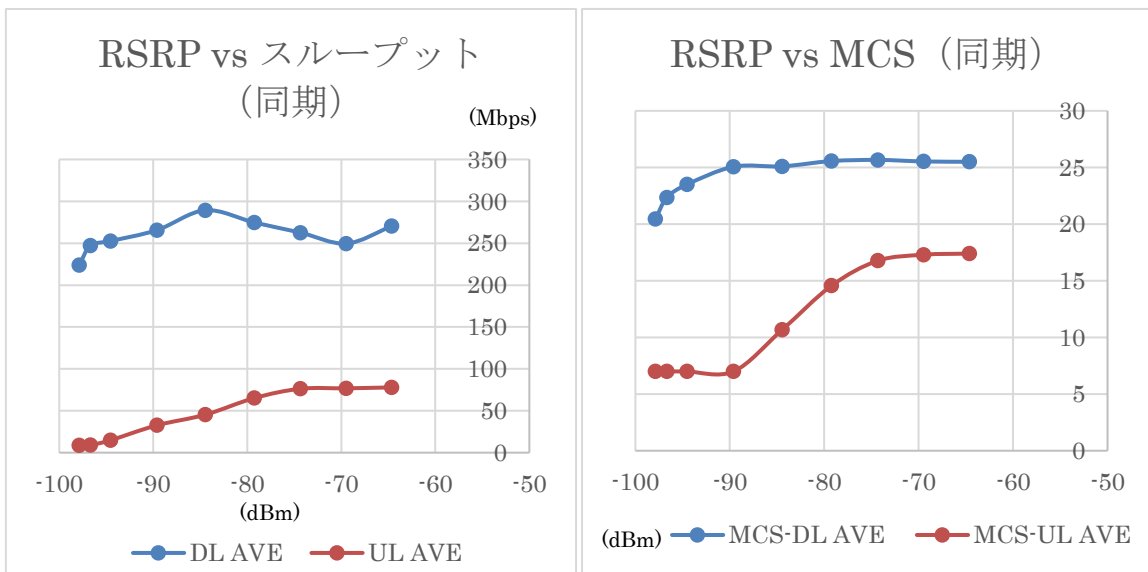


図 3-50 単体特性結果 (同期)

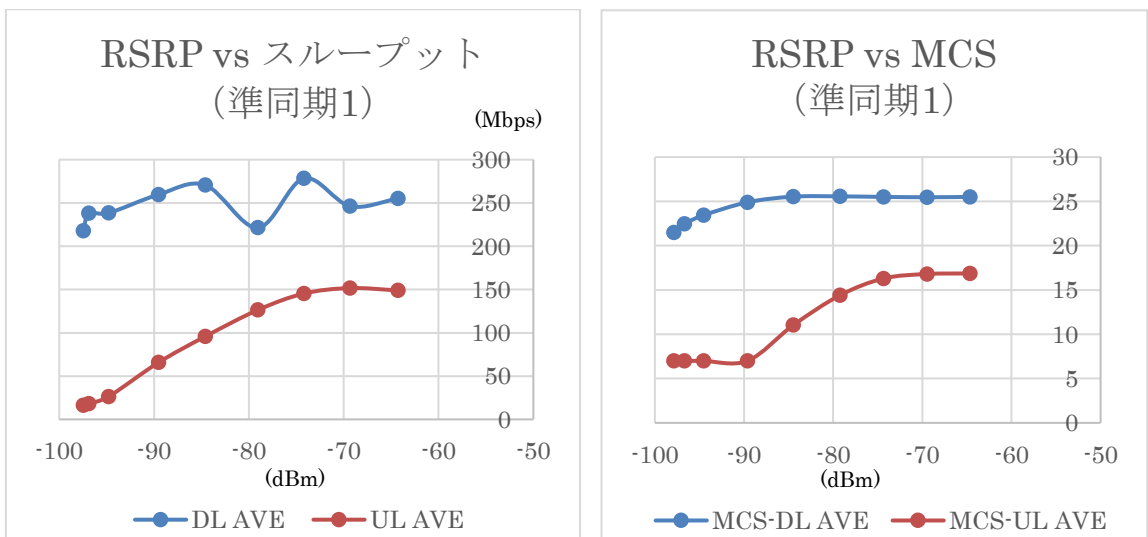


図 3-51 単体特性結果 (準同期 1)

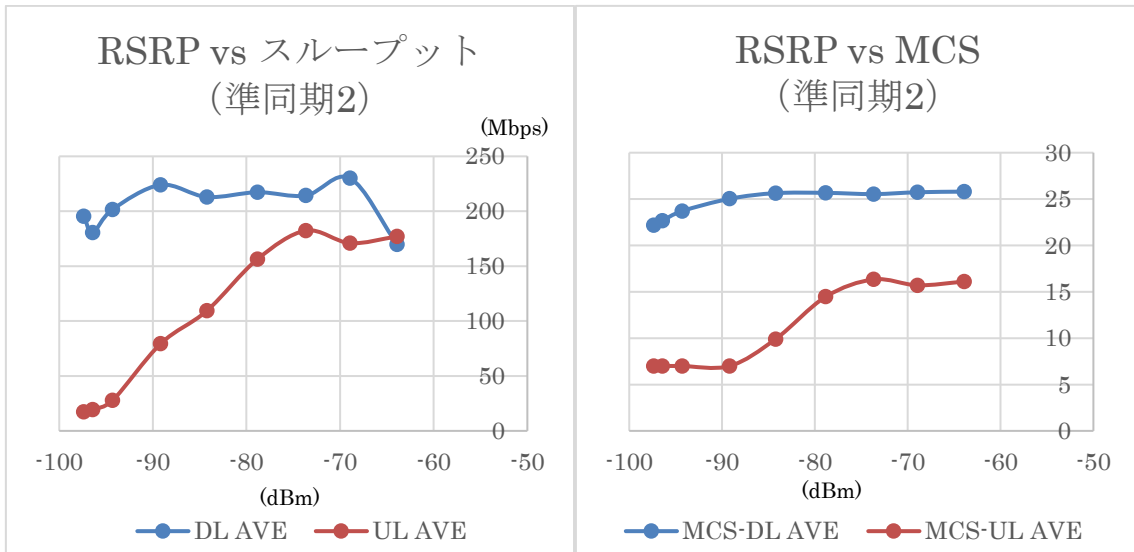


図 3-52 単体特性結果 (準同期 2)

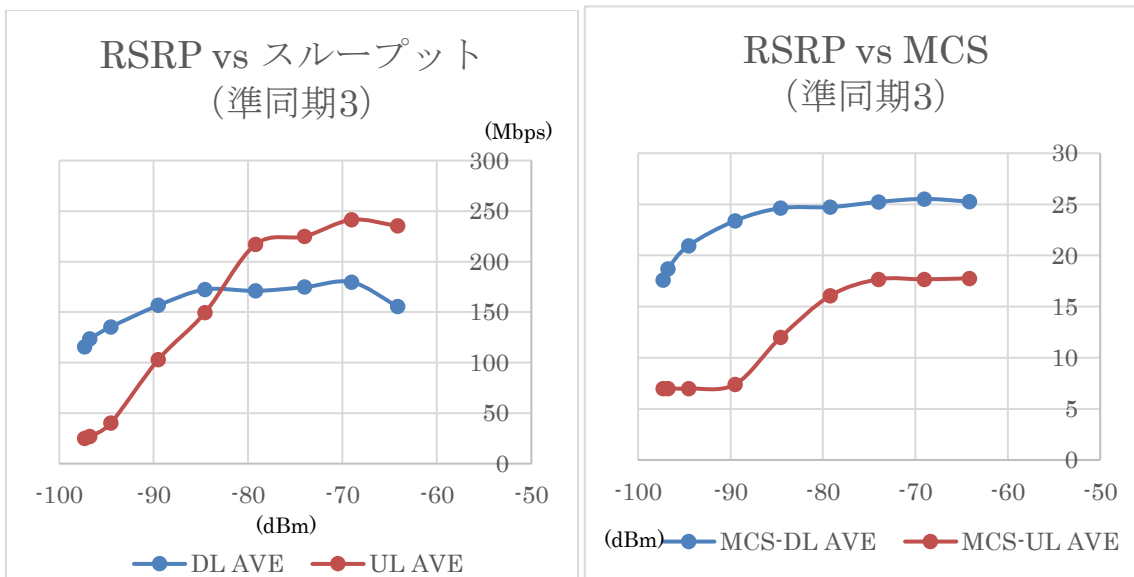


図 3-53 単体特性結果 (準同期 3)

(b) 所用 D/U 比の取得

所用 D/U 比を取得するために希望波と干渉波を同時に被干渉設備に入力し、可変アッテネータでレベルを調整し、スループットや MCS の変化を確認しながら所用 D/U 比の算出を行う。なお、干渉波は iperf にて高負荷状態を維持し全リソースブロックを活用した状態での干渉波の送出行えるように設定を行った上で実験を行っている。

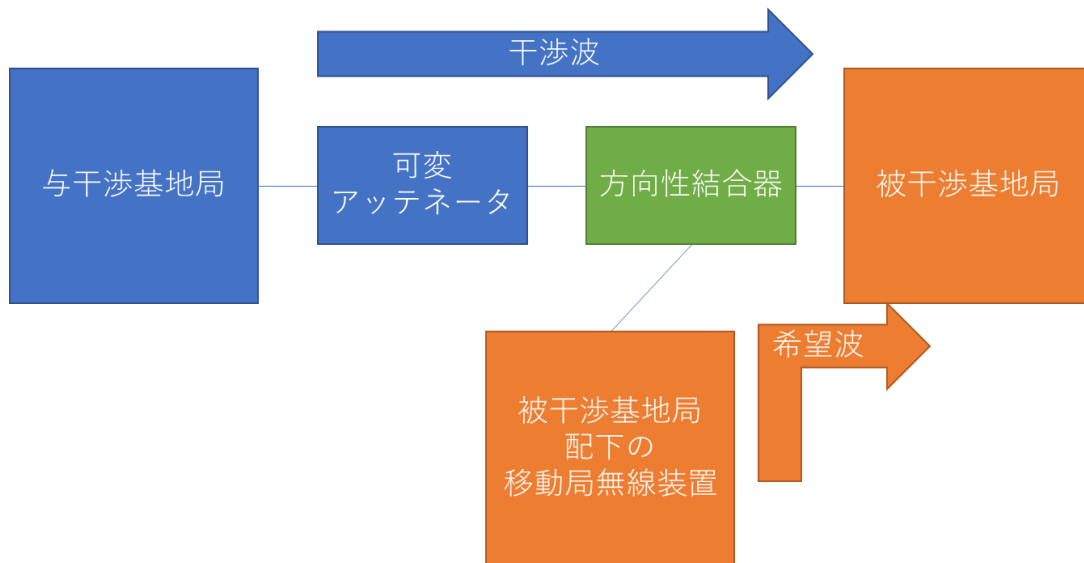


図 3-54 D/U 比の導出方法概念図（基地局間干渉の場合）

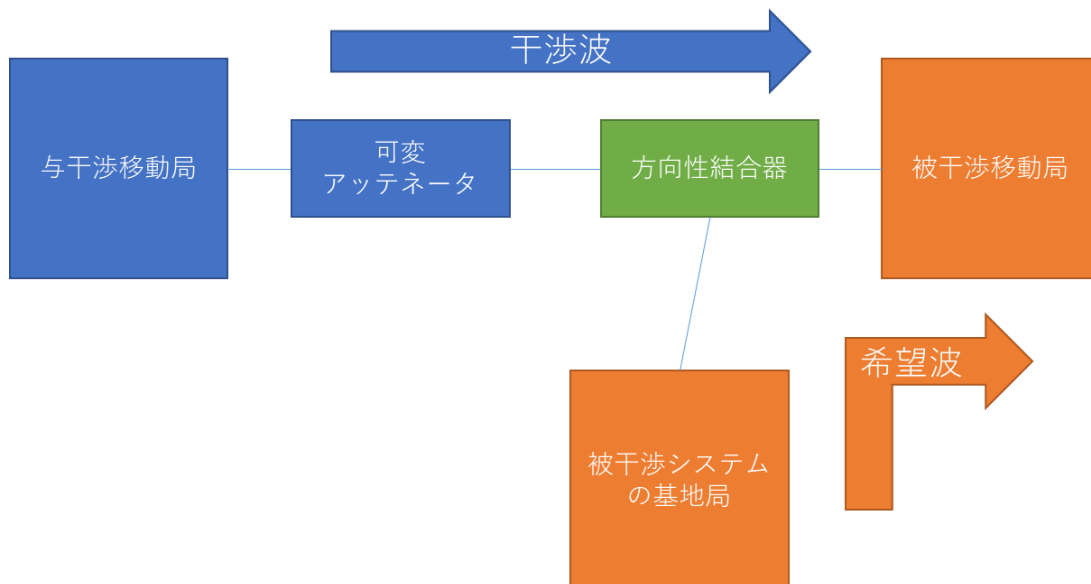


図 3-55 D/U 比の導出方法概念図（移動局間干渉の場合）

表 3-24 所用 D/U 比

与干渉局	被干渉局	与干渉パターン	被干渉パターン	所用D/U比
基地局	基地局	同期	準同期1	42.68
基地局	基地局	同期	準同期2	47.68
基地局	基地局	同期	準同期3	47.68
移動局	移動局	準同期1	同期	19.10
移動局	移動局	準同期2	同期	19.10
移動局	移動局	準同期3	同期	16.88
移動局	基地局	同期	準同期1	25.89
移動局	基地局	同期	準同期2	25.89
移動局	基地局	同期	準同期3	25.89

(c) 干渉波の影響を受けない最大距離の導出

(a)、(b)で求めた最低受信レベルと所用 D/U 比を用い下概念図に従い最大離隔距離を算出する。なお、この場合の最大離隔距離は被干渉システムが最大スループットを維持できる場合の距離と定義する。

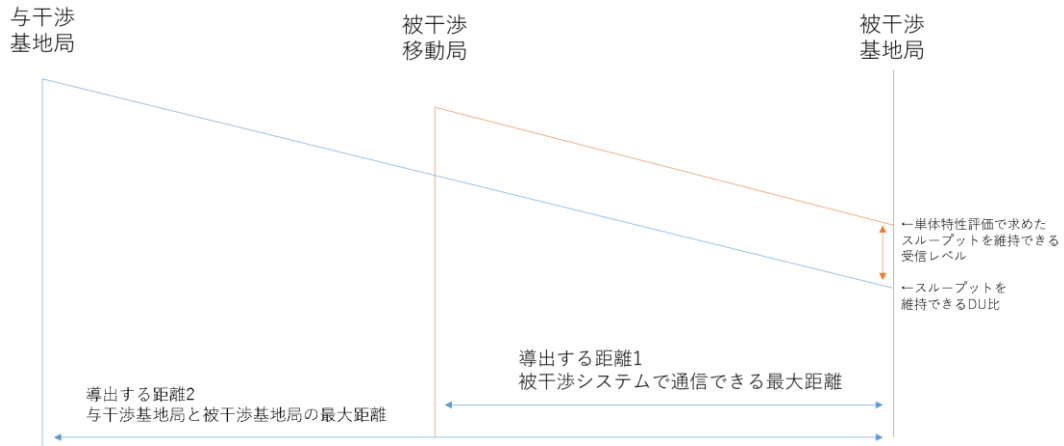


図 3-56 最大距離の導出方法概念図（基地局間干渉の場合）

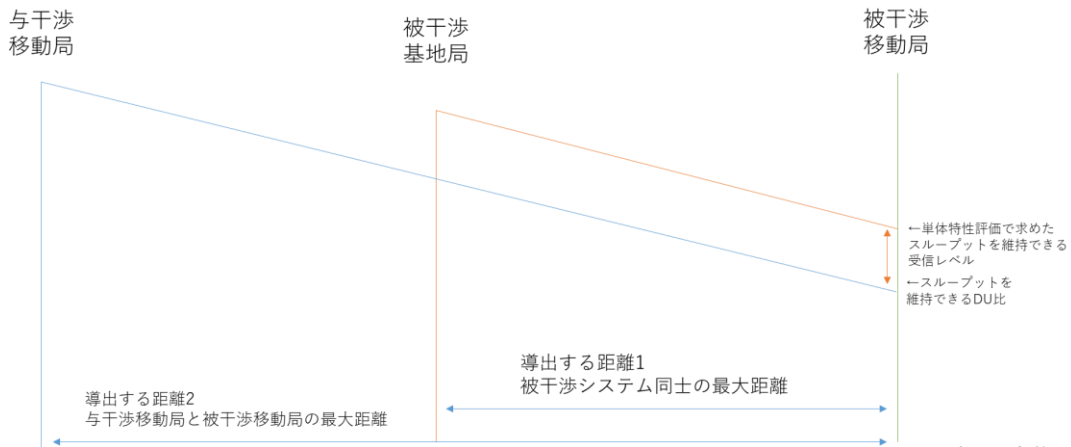


図 3-57 最大距離の導出方法概念図（移動局間干渉の場合）

表 3-25 最大距離の導出結果

正対・併設	与干渉局	被干渉局	与干渉パターン	被干渉パターン	算出する距離1(m)	算出する距離2(m)
正対	基地局	基地局	同期	準同期1	36.83	13964.16
正対	基地局	基地局	同期	準同期2	62.78	42333.24
正対	基地局	基地局	同期	準同期3	65.49	44158.55
併設	基地局	基地局	同期	準同期1	36.83	1.11
併設	基地局	基地局	同期	準同期2	62.78	3.36
併設	基地局	基地局	同期	準同期3	65.49	3.51
正対	移動局	移動局	準同期1	同期	11.85	38.34
正対	移動局	移動局	準同期2	同期	12.03	38.94
正対	移動局	移動局	準同期3	同期	23.02	57.70
正対	移動局	基地局	同期	準同期1	36.83	725.29
正対	移動局	基地局	同期	準同期2	62.78	1236.45
正対	移動局	基地局	同期	準同期3	65.49	1289.76
併設	移動局	基地局	同期	準同期1	36.83	6.46
併設	移動局	基地局	同期	準同期2	62.78	11.02
併設	移動局	基地局	同期	準同期3	65.49	11.50

表 3-26 シミュレーション値とラボでの離隔距離の比較

干渉方向	正対・併設	離隔距離(m)			
		シミュレーション値	ラボ実機評価		
			共通	同期-TDD1	同期-TDD2
基地局->基地局	正対	19500	13964.16	42333.24	44158.55
基地局->基地局	併設	1.5	1.11	3.36	3.51
移動局->移動局	正対	580	38.34	38.94	57.70
移動局->基地局	正対	4000	725.29	1236.45	1289.76
移動局->基地局	併設	3.5	6.46	11.02	11.50

上記の手順をふまえてラボでの離隔距離の算出を行った。導出した距離から検討すると基地局間干渉は相当量の距離を離す必要があるが、今回のような高利得空中線においてはビームパターンの関係上、現実的に見通し通信において空中線同士が正対することを避けることは比較的容易なため、大きな問題とならないと考えられる。また、干渉量が少ない併設においては離隔距離が短いため他のシステムとの共存が比較的容易と考えられる。しかし、移動局間干渉を考慮する必要があるため異なる同期パターン同士の近隣システム構築には十分な検討が必要であると考えられる。

(3) フィールドでの実証結果

フィールドでの評価においては被干渉側のシステムを事前に単独にて測定し、干渉がある場合と干渉がない場合の比較を行い同一周波数下の干渉における影響を検証した。

(ア) フィールドと測定点

実証フィールドの状況を下図に記載する。1～11 までの番号が移動局相当装置を移動する箇所となる。

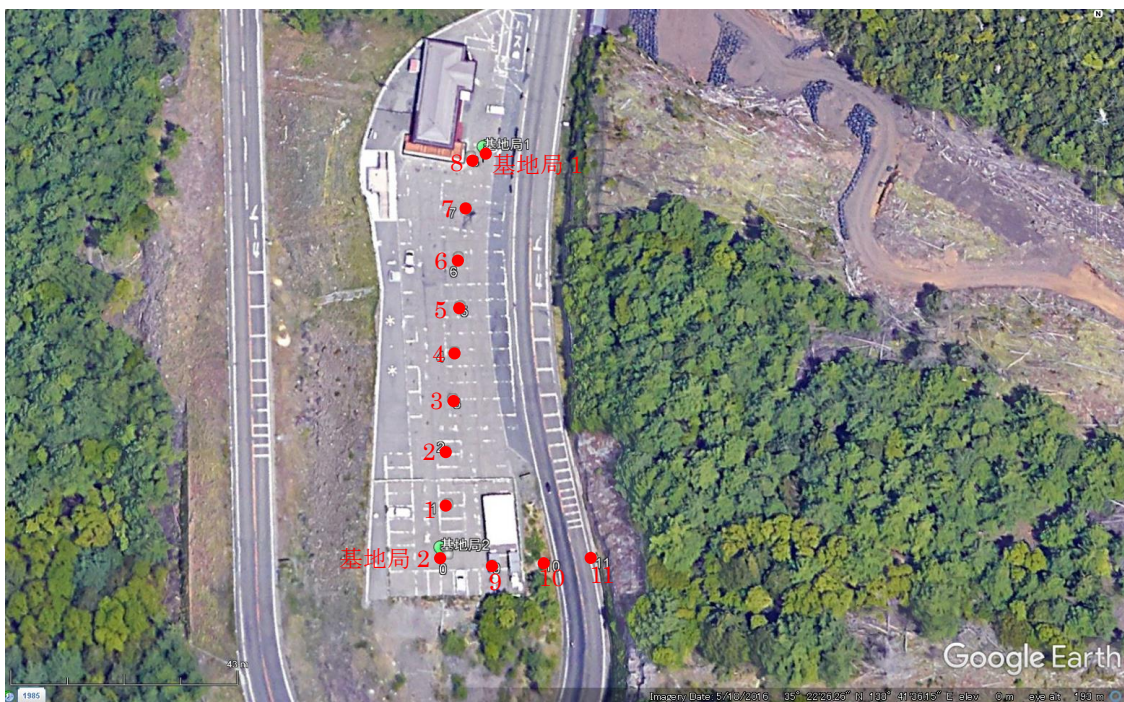


図 3-58 基地局および測定点位置

基地局間の距離は 80m とし、4 合目の設置可能である箇所を設置した。測定点は 10m 刻みで設定をしている。

(イ) フィールドでの試験結果

下図に示したような、両局の位置関係と実測地点が分かる図を作成した。また干渉の発生状況を図示するため、SIR 値の差分（劣化の度合い）を色で識別して表示する。

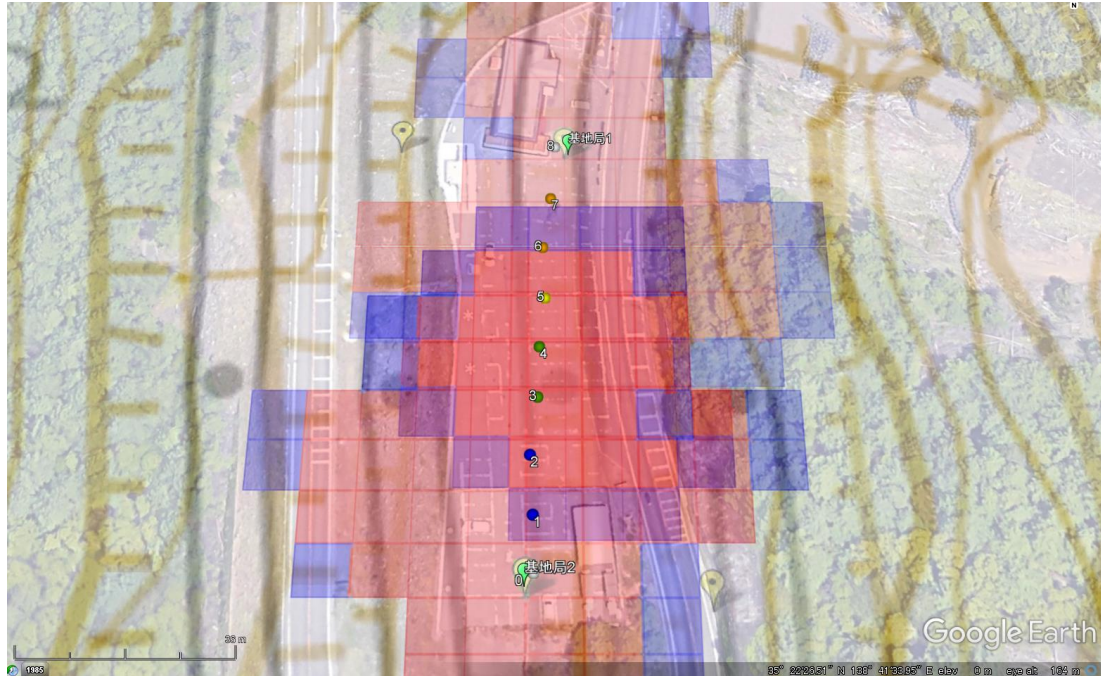


図 3-59 与干渉システムと被干渉システムの並行運用 基地局間干渉（正対）

表 3-27 与干渉システムの SIR 値 基地局間干渉（正対）

与干渉 SIR				
同期				
ポイント番号	干渉時測定	単体測定	差分	備考
1		19.49		干渉量が大きく測定不可
2		17.87		干渉量が大きく測定不可
3		16.69		干渉量が大きく測定不可
4	20.02	20.52	0.50	
5	20.34	17.41	2.93	
6	20.69	18.78	1.91	
7	20.30	20.82	0.52	
8	21.17	21.08	0.10	

表 3-28 被干渉システムの SIR 値 基地局間干渉（正対）

被干渉 SIR				
準同期3				
ポイント番号	干渉時測定	単体測定	差分	備考
1	16.26	16.47	0.20	
2	6.68	6.39	0.28	
3	16.58	7.93	8.65	
4	0.40	10.30	9.89	
5	1.03	15.15	14.12	
6	-4.01	16.20	20.22	
7	-5.42	14.10	19.52	
8		12.49		干渉量が大きく測定不可

表 3-29 SIR の凡例

凡例		
SIR	21~25	Blue
	16~20	Light Blue
	10~15	Light Green
	5~9	Light Yellow
	0~-4	Yellow
	-5~-1	Orange
	-10~-6	Red

表 3-30 差分の凡例

凡例		
差分	0~5	Blue
	6~10	Light Green
	11~15	Yellow
	16~20	Orange

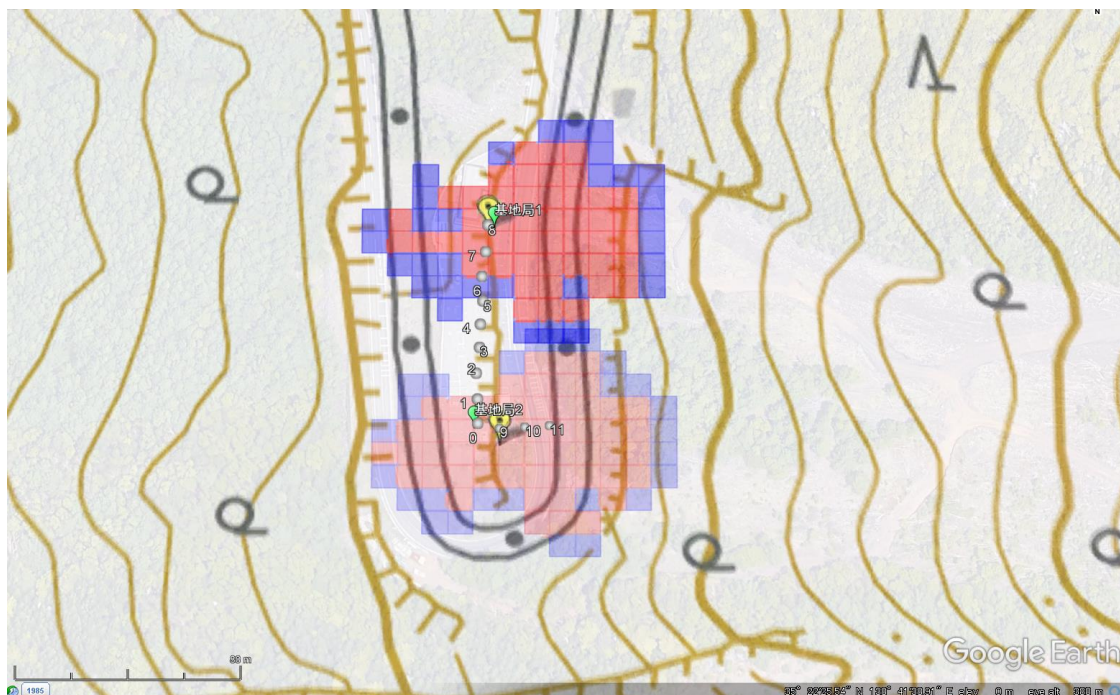


図 3-60 与干渉システムと被干渉システムの並行運用 基地局間干渉（併設）シミュレーション図

8 か所の測定ポイントの詳細を下記に記載する。

表 3-31 被干渉システムのための測定結果 基地局間干渉（正対）

ポイント番号	RSRP(dBm) /RSSI(dBm)	SIR (dB)	スループット (DL/UL)	伝送遅延	標準偏差
1	-79.50 /-55.67	16.47	196.00 /62.3	21.2	6.81
2	-91.23 /64.87	6.39	205.00 /41.67	23.27	3.78
3	-93.00 /-66.91	7.93	181.67 /34.33	23.6	4.32
4	-96.40 /-71.76	10.30	122.00 /7.4	25.6	3.26
5	-89.06 /-65.43	15.15	105.33 /2.26	19.07	3.01
6	-95.49 /-71.91	16.20	98.00 /1.6	26.9	4.41
7	-96.57 /-72.73	14.10	24.10 /0.0	36.9	3.51
8	-93.91 /-69.41	12.49	116.00 /0.0	19.2	3.72

表 3-32 与干渉システムのみでの測定結果 基地局間干渉（正対）

ポイント 番号	RSRP(dBm) /RSSI(dBm)	SIR (dB)	スループ ット	伝送 遅延	標準 偏差
1	-100.26 /-55.67	19.49	1.79 /2.21	36.25	2.40
2	-103.39 /-64.87	17.87	1.05 /2.25	34.83	3.89
3	-105.01 /-66.91	16.69	3.02 /0	34.1	4.47
4	-92.71 /-71.76	20.52	154.20 /16.3	31.2	4.09
5	-100.94 /-65.43	17.41	55.02 /2.18	30.33	6.60
6	-98.69 /-71.61	18.78	153.33 /24.5	23.4	7.05
7	-87.65 /-72.73	20.82	162.00 /7.61	24.4	5.51
8	-72.56 /-69.41	21.08	175.00 /185.67	25.23	4.09

表 3-33 同時にシステムを動かした場合の被干渉システムの測定結果
基地局間干渉（正対）

ポイント 番号	RSRP(dBm) /RSSI(dBm)	SIR (dB)	スループ ット	伝送 遅延	標準 偏差
1	-74.99 /-51.23	16.26	131.57 /20.44	30.17	2.98
2	-87.42 /-62.23	6.68	117.77 /8.45	26.67	3.43
3	-82.76 /-58.99	16.58	103 /5.02	29.6	2.70
4	-91.21 /-63.69	0.40	61.35 /3.07	20.55	4.99
5	-93.95 /-67.29	1.03	36.2 /3.02	30.9	3.65
6	-97.87 /-67.80	-4.01	37.8 /0.07	36.7	3.62
7	-98.61 /-67.34	-5.42	33.0 /0.04	37.8	4.15
8					

(基地局相当装置間の距離 80.0[m])

表 3-34 同時にシステムを動かした場合の被干渉システムの測定結果
基地局間干渉 (併設)

ポイント 番号	RSRP(dBm) /RSSI(dBm)	SIR (dB)	スループット	伝送 遅延	標準 偏差
9	-83.89/-55.80	8.24	184.34/55.55	21.74	2.52
10	-86.96/-59.62	12.45	165.96/63.06	22.11	1.89
11	-89.10/-64.94	6.52	161.77/38.61	23.04	4.51

(基地局相当装置間の距離 80.0[m])

干渉計算結果に加え実際の干渉試験を行った結果を下図のような表にまとめた。

表 3-35 干渉試験結果

正対 併設	与干 渉局	被干 渉局	与干 渉パ ターン	被干渉 パター ン	算出する 距離 1(m)	算出する距 離 2(m)	現地実 施有無	現地での評 価結果	備考
正対	基地 局	基地 局	同期	準同期 1	36.83	13964.16			離隔距離が大きく不適と考えられる
正対	基地 局	基地 局	同期	準同期 2	62.78	42333.24			離隔距離が大きく不適と考えられる
正対	基地 局	基地 局	同期	準同期 3	65.49	44158.55	実施	スループット の低下が 大きく実運 用には不適	80m 離隔での試験時スループットが低下するものの通信は可能
併設	基地 局	基地 局	同期	準同期 1	36.83	1.11			準同期 3 での離隔距離とほぼ同等と考えられるため、運用可能と考えられる
併設	基地 局	基地 局	同期	準同期 2	62.78	3.36			準同期 3 での離隔距離とほぼ同等と考えられるため、運用可能と考えられる
併設	基地 局	基地 局	同期	準同期 3	65.49	3.51	実施	干渉量が小さいため実運用に適する	運用可能
正対	移動 局	移動 局	準同期 1	同期	11.85	38.34			離隔距離が 40m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる
正対	移動 局	移動 局	準同期 2	同期	12.03	38.94			離隔距離が 40m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる
正対	移動 局	移動 局	準同期 3	同期	23.02	57.70			離隔距離が 60m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる
正対	移動 局	基地 局	同期	準同期 1	36.83	725.29			離隔距離が大きく不適と考えられる
正対	移動 局	基地 局	同期	準同期 2	62.78	1236.45			離隔距離が大きく不適と考えられる
正対	移動 局	基地 局	同期	準同期 3	65.49	1289.76			離隔距離が大きく不適と考えられる

併設	移動局	基地局	同期	準同期 1	36.83	6.46			離隔距離が 10m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる
併設	移動局	基地局	同期	準同期 2	62.78	11.02			離隔距離が 10m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる
併設	移動局	基地局	同期	準同期 3	65.49	11.50			離隔距離が 10m程度でありシステム配置を適切に行うことで運用可能と考えられる

以上のように干渉システムの共用可能性について検討を行った。シミュレーションにおいては 110dBm/MHz という基準値に基づき最悪値の計算を行い、その結果をもとにラボ評価をおこなった。ラボ評価においてはシステムに依存する干渉量を求めることが出来、その結果から D/U 比の算出（参照：表 3-24 所用 D/U 比）を行うことが出来た。また、ラボでの実証結果を基に実証フィールドにおいてはラボでの基礎データ（参照：表 3-25 最大距離の導出結果 および 表 3-26 シミュレーション値とラボでの離隔距離の比較）を用いて、基地局等の設備を構築し、実際の環境における離隔距離を導出することが出来た。実際の環境における離隔距離は、上記表 3-35 干渉試験結果 のように、算出する距離 1(m) が「被干渉システムで通信できる最大距離」、算出する距離 2(m) が基地局間干渉の場合は「与干渉基地局と被干渉基地局の最大距離」、移動局間干渉の場合は「与干渉移動局と被干渉移動局の最大距離」である。算出する距離 1(m) が算出した値以下となり、算出する距離 2(m) が算出した値以上になる双方の条件を満たした場合に D/U 比が確保できることとなる。例えば基地局間干渉において与干渉パターンが同期)、被干渉パターンが準同期 3 の場合、算出する距離 1（被干渉システムで通信できる最大距離）が 65.49m 以下で、算出する距離 2（与干渉基地局と被干渉基地局の最大距離）が 44158.55m 以上のときに D/U 比が確保できる。しかし、離隔距離が大きくなるとスループットの低下が大きくなるため、実運用には不適と考えられる。

同一周波数での準同期 TDD パターンでの運用条件をまとめることにより今後準同期パターンと同期パターンの共存可能性について検討することができた。全般的に同一周波数帯での干渉となるため、空中線が正対する場合は離隔条件が厳しく運用に適さない場合が多いが、現実的には高利得空中線同士が正対するケースは少ないと考えられるため大きな問題とならないと考えられる。エリア設計の差異にセクタアンテナを使用し、ダウンチルトなど基地局無線装置同士が正対しないようにシステム設計を行うことが重要となると考えられる。移動局間干渉においては移動局は一般的に無指向性アンテナを使用するため見通し環境において空中線角度の変更による干渉回避は困難である。しかしながら実証においては事前計算値よりも短い距離での運用が可能であった。これは移動局の送信電力制御により基地局からの距離が近い場合は送信出力を低減する仕組みを具備しているため干渉が少なかったことも影響していると考えられる。移動局間干渉においては移動局間距離を 60m 確保すれば所定 D/U 比を確保できるため、被干渉システムへの干渉量を押さえることが出来、共用が可能であると考えられる。

3.3.5 その他のテーマ

本テーマには取り組まない。

3.3.5.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

(2) 実証目標

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.5.2 実証仮説

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.5.3 評価・検証項目

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.5.4 評価・検証方法

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.5.5 実証結果及び考察

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.6 技術実証における追加提案

3.3.6.1 協力内容

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.6.2 評価・検証項目

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.6.3 評価・検証方法

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

3.3.6.4 実証結果及び考察

本実証は本プロジェクトとして対象外である。

4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）

4.1 実証概要

本実証では、安全安心の登山観光を国民に提供する目的で、管理者・登山者・遭難者のライフラインとしての通信が脆弱であるという課題をローカル5Gの整備により解消し、

【情報収集】危険状況・災害要因の監視・可視化のための遠隔監視システムの構築

【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム

【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

という3つの課題を解決することで、自治体の課題解決にローカル5Gが有効であることを示す事を目的とする。また、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立に向けた検証を実施した。

具体的には、富士山にローカル5Gを整備し、山梨県がこれを実装、運用主体者となり、登山観光のライフラインとしての通信の脆弱性を解消、このインフラを活用した情報収集、情報交換、サイエンスビッグデータ状況共有を実現するシステムを活用することで、安全安心の登山観光を実現する自治体による自走、成功モデルケースの確立に向けた検証を行った。

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

4.2.1 山梨県が抱える「安全・安心な観光」に対する課題

年間20-30万人の登山者が訪れる日本の象徴の富士山では年間100人以上の遭難者があり、過去10年減少傾向が見られない。遭難や被災の場合の情報通信の必要性は言うまでもないが、平時の登山であっても安全安心の観光登山のための情報提供（情報収集・情報交換・情報共有）は必須である。

しかしながら、富士山の登山道を含む周辺領域は、情報通信の脆弱性が指摘されて久しい状況が継続している。山頂付近でのKDDIの5G整備予定（2021年6月）などのプレスリリースはあるものの、7~9月の山開きの時期を除く期間では、ほとんど登山客が不在であり、固定基地局のインフラ整備コストは収益による回収が見込めない。実際、我が国では大規模噴火災害（御嶽山噴火など）の直後に、富士山頂付近や一部の登山道での通信事業者による携帯公衆網4Gの増強が図られたが、時期的・地理的に限定的（夏期（7~9月）、山頂付近・山道）であり、LTEの電波を麓から吹き上げて登山道への4G通信の提供をしているに過ぎない。5Gの登山道への提供は、さらなる外的要因が加わらない限りは、通信事業者の自主的な整備は期待ができないと考えられ、富士山地域での5Gの利活用は通信事業者の自発的な企業努力に任せてはられない状況にあると言える。

実際に、本実証のコンソーシアムが6合目までの登山により下見を敢行した際の通信環境は実際に脆弱性が確認されている。例えば、携帯電話の電波受信状況を表すアンテナピクトグラムは1本から4本まで時間と場所により動的かつ劇的に変わり、さらに登山道を外れると通信環境は急激に悪化することから、安定した通信環境が提供されているとはいえない状況である。このように富士山を含む山梨県の山岳地帯は、総じて、情報通信が脆弱

であると言わざるを得ない。下図は下見の様子。



図 4-1 開山期間前の通行止めの様子（違反者が絶えない）



図 4-2 富士山 6 合目下見の様子



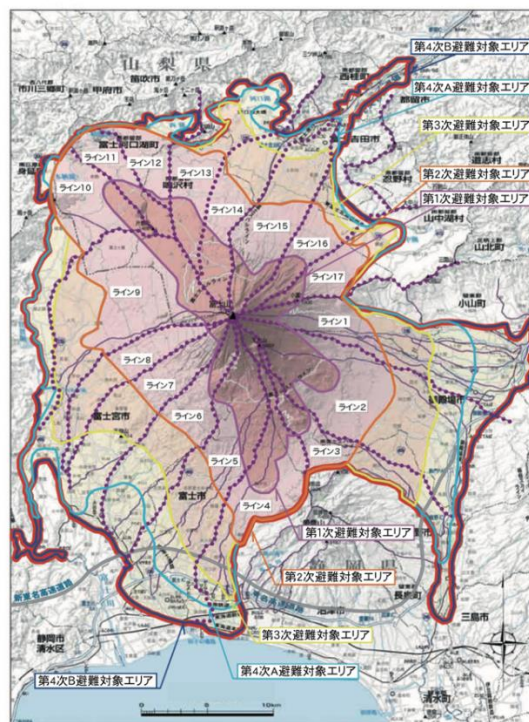
図 4-3 富士山 6 合目下見の様子

一方で、山梨県では、安全安心な登山の観光を提供しようとする取り組みを継続的に推進しているにもかかわらず、実際は、情報通信環境の整備は大きく遅れている。山梨県防災局では、前述の様々な取り組みをしているが、防災のための予算は自助努力でしか手当てできず、ましてや、通信環境の整備には予算を割り当てるのが困難な状況が続いている。

富士山科学研究所も、通信が整備されれば、ドローン飛翔による山岳地帯の状況把握のためのリアルタイムモニタリング、落石事故原因究明のため地質調査などが可能となることを長年にわたり指摘しており、観光の安全という目前の課題解決だけではなく、サイエンスからこの地域の理解を深め、防災に活用するためにも、富士山に情報通信が欠かせないことを指摘している。特に、富士山の山岳地帯の理解のための研究の飛躍的な推進と、登山の安全安心な環境の構築のために、山梨県に情報提供が可能であるにもかかわらず、現場の状況を大容量の高精細映像により遠隔モニタリングすることや環境センシングを行うなどの【情報収集】ができないという制約が悩みの種となっている。

また、一般社団法人である、富士山チャレンジプラットフォーム(FCP) (<https://www.fujisanchallenge.or.jp>) などの取り組みも富士山科学研究所や東京大学が協力してきており、安全安心の登山環境を構築するための様々な取り組みをしているが、通信環境の脆弱性と電力の供給源の不足により、大容量通信による高精細映像のアップリンク伝送などできないなど【情報収集】の課題解決が進まない現状がある。

これまで山梨県、山梨県防災局、富士山科学研究所、山小屋やガイドにヒアリングを実施した結果、富士山の安全安心な観光を実現するために道路保全員、山小屋、ガイド、防災局、富士山科学研究所の富士山火山防災センターなど、登山道の安全管理に関わる者の間で、被災時や遭難時における現場の状況の迅速かつ安全な情報共有が必要であるため、登山者の安全・安心を守るための継続的かつセキュアな【情報交換】が必要であることがわかっていく。統一的でシンプルに使える自営網が存在しないため、現在、防災無線、アマチュア無線、電話、インターネットなどを駆使して、切り貼りで繋ぐ情報通信が利用されており、人間の生死に関わる情報通信の実現から鑑みて、全く理想からほど遠い状況にあることがわかる。



※この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分の1 地勢図及び数値地図50mメッシュ(標高)を使用した。(承認番号 平25情使、第717号)

図 4-4 富士山ハザードマップ

また、富士山を中心とする山岳地帯は、火山帯であることが知られている。富士山は約 10 万年前に活動を開始し、それ以来、幾多の噴火を繰り返し、現在の姿となった。富士山の活動は、マグマの噴出率が他の日本の火山の 10 倍高いことや体積が 400 ~ 600 km³ で他の陸上の火山に比べ 10 倍程度以上大きいこと、また噴出したマグマのほとんどが玄武岩質で浅間山や桜島など安山岩を主体とする日本の多くの火山とは異なること、噴火様式が多様なことで特徴づけられる。2021 年 3 月 26 日、富士山の火山ハザードマップが改定されたが、2004 年 6 月に富士山火山ハザードマップが公表されて以降、さまざまな研究機関によって富士山の噴火履歴の研究が行われており、富士山科学研究所を中心としてこうしたハザード情報を含むサイエンスデータを蓄積し可視化をする活動が推進されている。

しかしながら、専門的な情報の一般人にとって理解しやすい可視化が、通信の脆弱性によって妨げられている実情がある。すなわち、こうした登山者の安全に有用なサイエンスデータは、アニメーション等の可視化によって、より理解され易いが、こうした容量の大きなデータは研究所や大学での利用においては高速大容量の有線接続の利用により、容易に情報共有ができるものの、富士山の現場で移動しながら、富士山観光の安全を守る、山梨県職員、道路保全員、研究員などの管理者側で、迅速かつ見やすい形での【サイエンスビッグデータの情報共有】ができないという課題が指摘されている。通信が脆弱な環境では、データ量を削減するために、三次元ではなく、二次元のハザードマップを、それぞれの用途に分散して独立に提供したり、時系列を含めた四次元データは提示ができていなかったりする。例えば、富士山の 1m メッシュの DEM (デジタル地形モデル) は 1 つのファイルあたり 10GB 程度のデータがあり、この上にオーバーレイされるハザード情報などを三次元でリアルタイムに入手し閲覧したりアニメーション表示などをしたりするには堅牢かつ大容量の通信環境が必要である。特に端末の計算能力が限定的である場合は、データをダウンロードした上で処理するのではなく、エッジクラウドを整備した上、サーバーサイドで処理することが想定されるが、更に大容量の安定した通信が必要となる。ローカル 5G など、安定してセキュアな大容量通信と、基地局近傍に大容量ストレージと計算能力を持つエッジクラウドが整備されれば、現場にて、地震活動や山体の地殻変動、火口の位置、溶岩流の可能性マップ、など様々なビッグデータが可視化可能で、状況把握に有効に機能することが指摘されているほか、将来的にはその情報を静的 GIS 情報と組み合わせながら、安定した通信により確実に登山者に伝えて各人に適切な避難推奨ルートを示すことも可能になる。

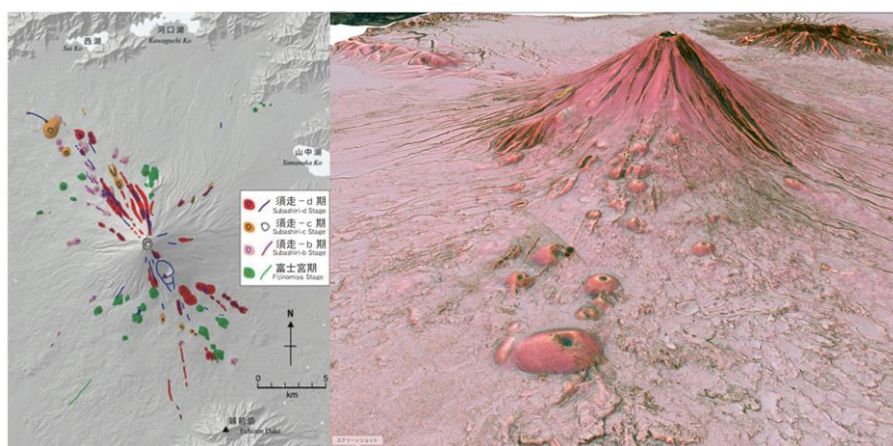


図 4-5 火口の分布の表示方法 (2次元 (左) と 3次元 (右))

結論として、安全安心の登山観光を国民に提供する目的で、リアルタイム遠隔監視のための大容量通信（特にアップリンク）と管理者・登山者・遭難者のライフラインとしての通信は、時期的・地理的な制限なく必須にもかかわらず、富士山を始めとする山岳地帯の通信環境やそのための電源供給環境は脆弱である という基本的な課題が存在する。このような自治体の基本的な課題に対しては、ローカル 5G など自営網を整備する「情報通信の民主化」による解決が適切であり、山梨県でもローカル 5G の導入に関心が高かったにもかかわらず、これまで整備の機会が得られていない。

また、我々の分析によれば、通信の脆弱性をローカル 5G の導入により解決することができれば、前述した以下の 3 つの課題を解決することが可能となり、富士山の安全・安心な登山観光の実現に大きく寄与することが可能である。

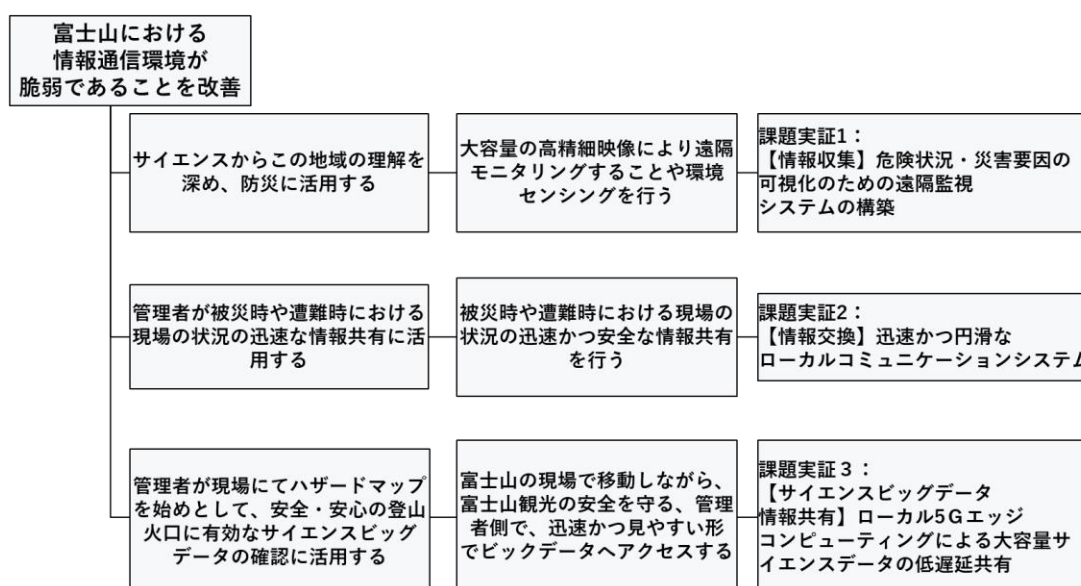


図 4-6 イシューツリーによる課題分析

- ・ 課題実証 1：
【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築
- ・ 課題実証 2：
【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム
- ・ 課題実証 3：
【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる
大容量サイエンスデータの低遅延共有

我々は、これらの 3 つの課題を解決するための構成要素技術を統合して「富士山 DX システム」として定義し、ローカル 5G やエッジクラウド、ローカル情報共有のソリューションを確立する。また、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立に向けた検証を実施した。

4.2.2 課題実証 1【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築

(a) 現状の課題

富士山登山道において安全安心の観光を提供するためには、急激な天候の変化や落石などの災害の監視が必須と考えられており、既に危険回避のための以下のシステムが複数設置されている。

富士山では落石や雪崩によって多くの人命が失われてきた。特に落石については夏場の登山者に被害が出ている。1980年には吉田口登山道においてお盆の最中、多くの登山者を巻き込んだ大規模な落石事故が発生した。この落石事故は自然発生の落石によると見られており、12名の死者を出した。これを契機に下山ルートへの付け替えが行われたが、現在の下山ルートも身を隠す場所に乏しく、対策の必要性が訴えられている。しかしながら人為的に落とされるものは登山道近辺起源であることが予測されるが、自然発生する落石はその発生点が不明確で、それを特定することが防護柵等の落石対策のために重要である。富士山の雪崩は乾雪によるものもあるが、最も被害を出しているものは春先や秋口に発生するスラッシュ雪崩というものである。これは氷土の上に雨が降ることで急速に水を集め、氷土上に積もった雪や流路の土砂を麓まで押し流す現象である。このスラッシュ雪崩は道路や橋梁などのインフラを破壊するだけでなく、大規模な場合は麓の住民の人命が失われるものであるが、発生メカニズムや発生条件が不明であり有効な対策が打ち出せない。

山梨県富士山科学研究所では、こうした斜面現象メカニズム解明に向けて、平成28年より気象観測装置と斜面監視カメラ設置による観測を行っている。気象観測はサンプリングレートも低く問題なくデータ取得が可能であったが、映像データについては太陽光発電による電源供給と4G回線によるテレメートには限界があり、1分に1度の静止画供給では新たな知見を得るには至っていない。

このように、既存の取り組みでは、通信環境と電源供給の脆弱性により、低画質かつ低頻度の固定カメラ映像しか取得ができておらず、登山客の登山道からの逸脱・道迷いや落石などの災害自体を捉えることが困難である。実際に、2019年の8月には、山頂近くにおいて落石が直撃した女性が亡くなっているが、どこから落ちてきたのか特定できていない。

また、同年9月には鎌岩小屋、太子館、富士一館の3つの小屋が深夜の落石による被害がある。この落石は自然発生した落石であるが、どこから落ちてきたか究明できていない。このような落石の実体は高精細映像の解析で調べることが可能であるが、通信が整備されておらずリアルタイムのモニタリングができない。

深夜に落石、山小屋直撃 富士山

異例の続発、3施設損壊

富士山7～8合目の三つの山小屋で、10日、屋根や柵などが壊れているのを関係者が見つけた。9日深夜、山小屋関係者らが大きな衝撃音を聞いており、県は落石がぶつかったとみている。当時、山小屋には登山者ら30人以上が滞在していたが、けが人はなかった。富士山では8月下旬、頂上付近で落石が直撃した女性が死亡する事故が起きており、落石被害が相次いで発生するのは異例。

県道路管理課や県世界遺産富士山課によると、被害に遭ったのは8合目の太子館と7合目の富士一館、鎌岩館。県が登山道の管理業務を委託するパトロール員が9日深夜、8合目の元祖室に宿泊中、衝撃音に気づき、5合目の総合管理センターに通報。県や富士山吉田口旅館組合が10日に調べて、被害を確認した。

太子館では建物西側の屋根の一部が損壊し、転落などを防止するための鉄の柵が折れた。9日午後11時すぎ、関係者が大きな音を聞いており、関係者は「大きな衝撃音で起きた宿泊者もいた。30人ほどが滞在していたが、けが人がなくてよかった」と話した。

鎌岩館では倉庫の屋根が変形したほか、雪を防ぐための板に穴が開いた。富士一館でも屋根の一部が壊れたという。同組合の中村修組合長は「山小屋に落石が直撃したことはあまり聞いたことがない。登山者には落石の危険性を周知し、県に対しても安全対策を講じてもらえるよう働き掛けたい」と話した。

県などは10日、同センターで、登山者に落石事故の発生を伝えた。富士吉田市はホームページやツイッターなどでヘルメットの着用などを呼び掛けた。

富士山では8月26日午前5時10分ごろ、吉田口登山道の頂上付近で落石が女性にぶつかり、死亡する事故が起きている。

富士山は10日、夏山シーズンが終わり、「山じまい」となった。渋滞の緩和や環境保護などを目的に実施している富士山有料道路(富士スバルライン)のマイカー規制も同日、終了した。

(2019年9月11日付 山梨日日新聞掲載)



損壊した太子館の建物を補修する山小屋関係者ら＝富士山8合目



図 4-7 落石が山小屋を直撃

さらに、山岳地帯の天気は変わりやすく、麓、各合目の天気は、同時刻においても晴れ、曇、雨、濃霧などと異なっている事が多く、リアルタイムによるモニタリングができておらず、悪天候と知らずに登山する登山者の被災が多発している。

また、ガイドが山頂近くの天候が荒れていることを伝聞で伝えても、ガイド料を支払った登山者は、悪天候の深刻さを説明しても聞き入れず登山をするケースが後を絶たない。ガイドからリアルタイムで危険な状態を登山客に示すことで登山を中止させることができれば大きな遭難の数を削減できると山梨県防災局や富士山科学研究所防災センターは話す。

また、都心から急行で2時間弱、また、全国からも新幹線でアクセスの良さもあり、富士山は気軽な感覚で登ろうとする人が後を絶たず、滑落、転落、転倒、道迷い、疲労、発病など、遭難が後を絶たない。登山経験が少ないことにより、半袖、半ズボン等の軽装で登山に臨み、夏の富士山であっても、低体温症で死亡、体調不良により身動きがとれなくなる等の事故が多発している。標高が100メートル高くなるごとに気温は0.6度ずつ低くなる。地上が30度でも、標高3776メートルの富士山頂では初冬の気温となる。山梨県では、ガイドが富士山5合目や富士山安全指導センターでパトロールをしているが、観光客の人数が多いことからパトロールの目が届かない等の課題がある。これをローカル5Gの導入により

遠隔からモニタリングできる仕組みにより、検出を自動化し、パトロールを効率化することで、事故を減らすことができる可能性がある。

これらは、通信の脆弱性がもたらす課題である。また、通信の脆弱性においては、ローカル 5G のエリア拡張、及びセキュリティの確保が課題となる。ローカル 5G の免許人は自己土地利用（建物所有者）が基本となるため、ローカル 5G のエリア拡張においては、例えば免許人が異なるローカル 5G 同士の認証連携により、将来、ガイドや道路保全員が eSIM 対応のローカル 5G 対応端末を保有することで、一時的な認証をセキュアに行いながらローカル 5G のエリア拡張とアップリンクデータ伝送を実現できる。なお、本課題は通信の脆弱性の解決に共通である。

(b) ローカル 5G の必要性

山岳地帯において、本課題を実行するにあたり、端末を頻繁に移動することから、有線ではなく無線の利用が必須である。しかし、冒頭の説明にも詳述した通り、公衆網 5G の整備の遅れが予想され大容量通信ができない現状がある。また、課題の解決には、少なくとも 4K 画質の高精細な映像を大容量通信（1 台のカメラから少なくとも 20Mbps 以上）により、継続的にアップロードし、山梨県富士山科学研究所や山梨県防災局にリアルタイム提供する必要がある。このようなデータ伝送は、防災や危険回避の用途から、安定してセキュアに運用ができることが必須である。また、次節で述べるように、災害対応での活用を考えた時には、一般公衆網とは独立したローカルな通信網であること自体が重要となる。

このようなミッションクリティカルな無線のアプリケーション/サービスを実現するユースケースにおいては（1）免許制による安定した無線通信（2）運用上高度なセキュリティの保証（3）山岳地帯においてアプリケーションを利用する範囲において複数（5 台以上）のカメラから 100Mbps のアップリンク性能を保証する、品質の通信が必要である。さらに、カメラ台数を増やしていき、（予備実験済みの）ラボ内でのアップロード通信の性能限界（UL：170Mbps）（4K カメラ 8 台程度の通信性能）を上限として、基地局からの富士山の山岳地帯での距離限界（カバレッジ）の確認が必要である。

公衆網 LTE の通信はアップリンク数 Mbps であり山岳領域では不安定であり、7-9 月にしか電波が得られない状況であり、WiFi を整備しようにもバックホール回線がないこと、また仮に WiFi が整備できたとしても、電波干渉による不安定かつセキュアでない運用を強いられる。従って、アップリンク帯域が 100Mbps 以上で安定かつセキュアなローカル 5G の通信が必須である。なお、ローカル 5G であれば、3GPP で規定されたセキュアな認証プロトコルによる認証により、セキュアな認証、通信を確立することができる。

東京大学中尾研究室で開発、FLARE SYSTEMS から提供される今回使用したローカル 5G 基地局では、TDD 追加パターン 3 つを全て開発済みであり、市販の端末において、安定して、171Mbps のアップリンクスループットを実現している。国内・海外共に、市販端末で運用可能なソフトウェア基地局は他にないと考えられるため、本課題実証で得られる結果は、横展開が可能かつ 5GSC に登録可能なソリューションとなることが期待される。

(c) 目的

高精細カメラ（少なくとも 4K 以上）を搭載する複数の移動端末（UE）と、高精細カメラ（8K）を接続した固定端末（CPE）を利用し、各山小屋に設置した、ソフトウェアローカル 5G 基地局に対して、高精細リアルタイム映像をアップロードし、画像解析により、環境情報のリアルタイムモニタリング（天候の状況把握、登山者の状況把握、落石等の災害予測、登山者の軽装検知）を 24/7 で提供することを目的とする。道路保全員やガイドが携帯する移動端末からの情報提供に加え、固定カメラに接続された固定端末からの映像をリアルタイム・常時監視するためのソリューションを確立する。

(d) 目標

データ伝送の観点からは、4K カメラからの映像を少なくとも 5 台以上の端末からリアルタイム映像データ伝送を行うシステムを構築する。本課題実証で活用するローカル 5G システムのアップロード通信の性能限界（UL：170Mbps）（4K カメラ 8 台程度の通信性能）を上限とし、4K カメラの台数を増やしていった場合、富士山の山岳地帯における基地局からの距離限界（カバレッジ）を示す事を目標とする。また、安定性においては、24 時間、映像が途切れない事を確認する。なお、本フィールドは、3.3.2 章に記載の通り、富士山のような急峻な山岳地域においてはフレネルゾーンの確保が容易でないことから、机上検討やラボでの実証通りに通信ができない事が想定できる。フィールド上でリアルタイム映像データ伝送出来ることを、基地局からの距離、電波伝搬との関係性を明らかにし、実装、フィールド展開時の無線設計、カメラ設置場所の設計、構築ノウハウを成果として得る事を目標とする。

アプリケーションの観点からは、(1) 落石頻発地点などモニタリングが必要な場所（固定・移動含む）での 24 時間モニタリングソリューションの確立、(2) 天候などの環境モニタリングなどのリアルタイム映像を、ヤマレコの携帯アプリで閲覧可能とするサービスの提供、(3) AI 画像認識による登山者の数（人流の把握）、登山者の軽装検知 を目標とする。

(e) 実証方法と評価項目・検証方法

本課題実証は、富士山現地環境（気象や施設など）を考慮し、表 2-1、2-2、2-3 で示す環境にて分割して実施した。本実証での検証イメージ概要図を示す。各環境における実証は本イメージ概要を想定して実施した。

危険状況・災害要因を遠隔から監視



図 4-8 課題実証 1 の実証イメージの概要

課題 1 の実証システムの構成は以下の通りである。

全ての構成要素技術は、実証終了時に横展開が可能なように、汎用性の高い技術で実装した。

ローカル 5G 基地局は、FLARE SYSTEMS 社のソフトウェア基地局 (Sub6 SA 4.8GHz) を使い、山梨県富士山科学研究所、5 合目 (総合管理センター、佐藤小屋)、6 合目 (安全指導センター) の各施設の近辺、または内部に設置した。また、ローカル 5G 端末は横展開を考慮して、市販の端末 (UE) を用いた。

本実証では、アップリンク性能を最適化する必要があり、アプリケーションの要件に応じて、TDD 準同期パターン 1, 2, 3 により最適された設定を切り替えて使用可能とした。特に課題 1 の実証においてはパターン 3 による実証に焦点を当てた。

災害要因をモニタリングするカメラは固定用 4K カメラとローカル 5G 端末に付属するカメラを用いた。カメラは全て市販の汎用品を用いた。これらにより、落石等の 24 時間モニタリングおよび天候などの環境モニタリングを模した試験を実施した。安全監視・人流モニタリングでは、NEC の既存ソリューションである AI 解析サーバで映像解析を実施した。また、軽装登山者モニタリングでは、同様に NEC の既存ソリューションである AI 解析サーバで解析し、半袖、半ズボンといった軽装登山者の検知を実施した。



図 4-9 AI 解析サーバでの映像解析（人物検出のイメージ）

以下、検証する KPI について記載する。

データ伝送に関しては、以下の定量的な KPI を設定した。

- ① 4K カメラ映像の圧縮方式で 20Mbps 以下となる符号化を用いて端末カメラからのデータを山小屋においた基地局において受信、品質（スループット、パケットロス率、遅延）の計測を実施した。
- ② 上記伝送において、同時に X 台の伝送が、パケットロス率 L で実現できる基地局からのカバレッジ範囲を計測した。（東京大学・NEC ネットエスアイの共同実験）X と L とカバレッジは複数のパターンを実施。（X=5, 10, L=0.1%未満 0.2%, 0.4% .. 1% など）。場合によりラボによる測定で疑似的に実施した。
- ③ ローカル 5G 対応の端末（スマートフォン）を用いて、運営事業者が異なるローカル 5G に対してセキュアなローカル 5G 接続認証を実施し、連携する実証を行った（東京大学・IIJ の共同実験）。これにより、将来、ガイドや道路保全員が eSIM 対応のローカル 5G 対応端末を保有することで、一時的な認証をセキュアに行いながらローカル 5G のエリア拡張とアップリンクデータ伝送を実現できることが確認できた。場合によりラボにより実施。

アプリケーションサービスに関しては以下の定性的な KPI を設定した。

- ④ 登山道において人流の把握、及び軽装者検出し、天候や落石予測モニタリングを行う場所が、山小屋からみてどの方向・高度にあるかを DEM のデータベースを構築し電波伝播シミュレーションを実施する手法を確立する。
- ⑤ 落石頻発地点における固定カメラによる映像配信とその AI 画像解析を実施することで、落石の発生検知の可能性について評価する（東京大学と山梨県富士山科学研究

所の共同研究)。

本実証ではドローン搭載の UE とカメラからの映像伝送の仕組みおよびソリューション創出を見据えた課題抽出も行う。映像伝送のトライアルを実施する場合には、時期的や許可の問題がクリアとなるフィールドで実施する。なお、本実証では課題の抽出までとし、来年度以降のソリューション創出につなげる。

(f) 期待する効果

実装や実現課題は通信の脆弱性であり、本課題実証 1 の実装は、大容量の高精細映像により遠隔モニタリングすることや現場センシングができる効果を実現した。さらに、横展開の可能性評価が得られると考えている。

これまで通信の脆弱性により実現が困難であった危険回避の遠隔監視モニタリングを実現する。

また、本実証終了後に自治体が自走的に整備する遠隔監視モニタリングシステム構築の実現性の評価が得られる。他の課題実証と組み合わせて、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立に資すると評価できる結果が得られる。

さらには、本実証のシステムは可搬式の遠隔監視システムのパッケージソリューションと言え、他の山岳地帯での利活用や、遠隔監視が必要なソリューションとして 5GSC に登録によって、横展開が可能と考える。

4.2.3 課題実証 2【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム

(a) 現状の課題

2014 年の御嶽山噴火は、2014 年 9 月 27 日 11 時 52 分に発生したな長野県と岐阜県の県境に位置する御嶽山の火山噴火である。噴火警戒レベル 1 の段階で噴火したため、火口付近に居合わせた登山者ら 58 名が死亡 (+行方不明者 5 名) した。日本における戦後最悪の火山災害である。

この時の通信手段としては、山小屋に設置されていた携帯電話のみであり、この携帯電話は、一般公衆網に接続されていたため、噴火発生後にマスコミ等報道からの問い合わせが殺到し、緊急時のコミュニケーション手段として機能しなかった。

富士山でも有事の際は、山小屋やパトロールスタッフが所持している一般公衆網回線では関係者外からの連絡が後を絶たず、本当に必要な情報伝達ができない恐れがある。そのため、災害が発生した際には、一般公衆網とは切り離されたプライベートネットワークでの通信手段が必要である。

更に富士山での有事の際の情報の流れは以下のようになっている。

現在の火山情報の流れ(遠回り)

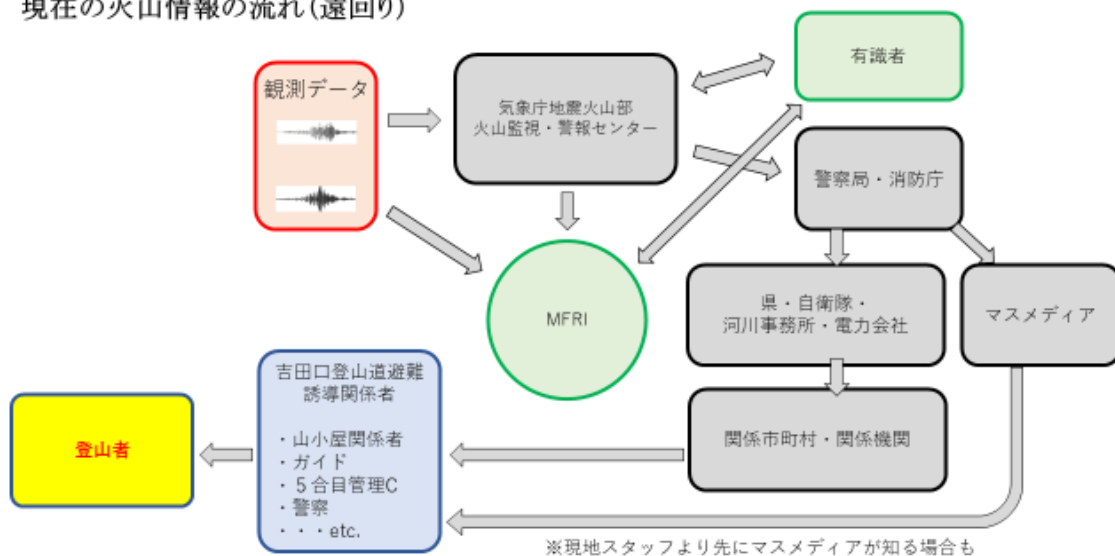


図 4-10 現在の火山情報の流れ (遠回り)

適切な通信手段がないため、現場の状況を確認できず、センシング情報を元に、県、富士山科学研究所、有識者間で、情報を整理／分析して、現場の山小屋、ガイド等連絡を取るといったフローになっている。このため、場合によっては現場よりも早くマスコミ等に情報が伝わり、更なる混乱を招くことも起こりえる。

音声コミュニケーションだけであれば、固定電話が有効であるが、周りの状況をリアルタイムにかつ正確に伝達するためには、正確な位置情報や映像等による状況説明が必要となる。先に述べた御嶽山火山噴火においても、噴火の状況は刻一刻と状況が変化した。

現状も、1分に1度の静止画等で伝達を行う仕組みは存在するが、静止画では状態変化を正確に伝えることができず、適確な指示を受けられる状況にはなっていない。現地状況を誰もが理解できるようにリアルタイムかつ正確に伝えることが重要となる。

このコミュニケーション機能と映像伝送機能は平時の際には、登山客に対する遠隔診療等にも活用できる。現在、パトロール隊が、登山道をパトロールし、体調不良があると、医師に連絡をして医師の到着を待つ形になるが、本コミュニケーション機能を活用することで、医師の判断を仰ぎ、適確な応急処置を施すことが可能となる。

(b) ローカル 5G の必要性

a)で述べたように、山岳地帯におけるネットワークの必要条件は、

- ・ 安定性 (プライベートネットワークであること)
- ・ 災害時の優先制御 (災害時に一般通信との輻輳が発生しないこと)
- ・ 多様性 (音声通信だけでなく、映像データ等も伝送できること)
- ・ 移動性 (可能な限り広範囲で通信が行えること)

が挙げられる。

	ローカル5G	キャリア5G	4G	WiFi	固定回線
通信の安定性 (プライベート ネットワーク)	◎	△	△	△	△
災害時の優先制御	◎	×	×	○	×
多様性	◎	○	○	○	◎
移動性	○	○	○	△	×
その他	自営網	キャリア依存	キャリア依存	自営網	キャリア依存

図 4-11 ネットワークの特徴比較

「固定回線」は、通信の安定性という意味では優れているが、公衆ネットワークであるため、他からの接続を抑制できず、有事の際には使えないと想定される。

「WiFi」は、多様性の面で使いやすいネットワークであるが、アンライズバンドであるが故に誰もが使えるネットワークになり、有事の際に、安定的に使えるネットワークとはなりえない。

「4G」においては、基本的には、キャリアがコンシューマに対して提供されるネットワークであり、有事の際にコンシューマからの接続を排除することは難しく、有事の際の専用ネットワークとして活用することはできない。また、映像を送るという点において、4Gのアップリンクスループットは、10Mbps程度となっており、4K映像(20Mbps)を送信することはできない。

「キャリア5G」においては、機能面、性能面においてはローカル5G同等であるが、有事の際には混線する可能性があり、安定的通信確保という点では不十分である。

以上の事から、有事の際の安定したネットワークとしては、ローカル5Gネットワークが最も優れており、本実証にて山岳地帯におけるローカル5Gの実用性を評価する。

(c) 目的

富士山の安全・安心な管理の為、平時の際も有事の際も、富士山関係者が、4W(いつ、どこで、だれが、何を)をリアルタイムに共有し、迅速な救出活動、避難誘導に繋がる仕組みが必要である。

この仕組みを実現させるためには、

- ① 情報を伝達するのではなく、リアルタイム共有するシステム
- ② それぞれの関係者が、セキュアに安定回線で繋がるシステム
- ③ 情報の正確性とリアルタイム性を有したシステム(課題実証1の情報)

が必要とである。

本実証には、①、②のシステムを確立し、迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションの実現を目的とする。

理想的な火山情報共有(情報が流れるのではなくリアルタイムで共有)

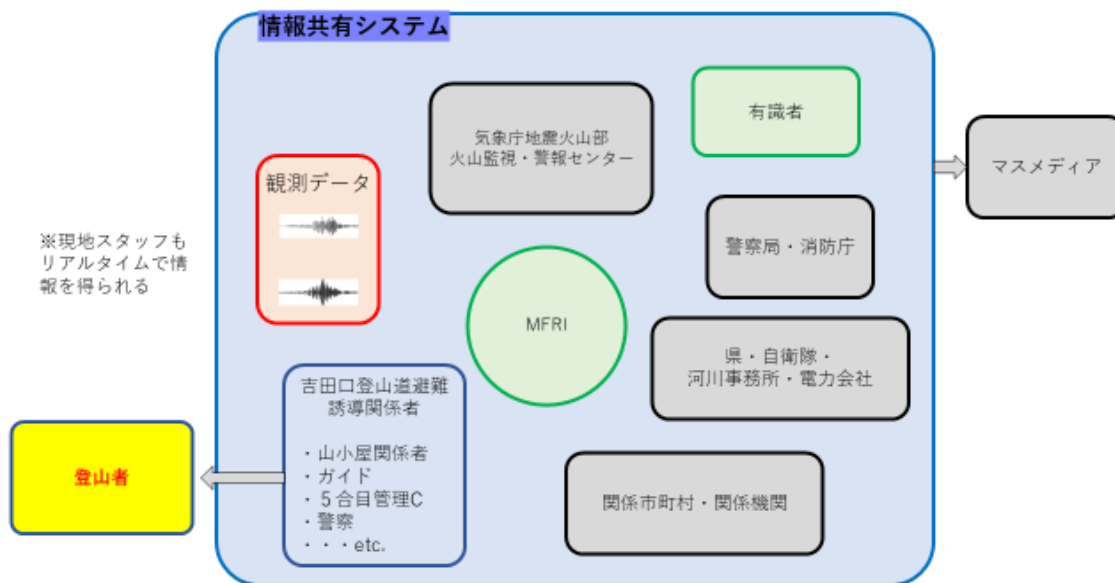


図 4-12 理想的な火山情報共有

(d) 目標

円滑な情報交換の観点で、山小屋、ガイド（パトロール）、山梨県、山梨県富士山科学研究所の協力者を同時接続し、映像及び音声によるコミュニケーション手段を確立する。

今回の実証では

- ・ 山小屋：5合目 x 1、6合目 x 1、7合目 x 1
- ・ ガイド x 5
- ・ 山梨県 x 1
- ・ 富士山科学研究所 x 1

の同時 10 人を接続するユースケースを前提とした。

なお、トラフィック量としては、1 人辺り、DL10Mbps/UL5Mbps を想定し、1 基地局にガイド 5 人が集結した場合の接続条件で計算すると、最大 DL50Mbps、UL25Mbps のデータ伝送を行うシステムの構築が必要である。

また、高精細映像による現場状況把握では、高精細映像をリアルタイムに送りながら、離れた場所にいる有識者とコミュニケーションを取りながら、遠隔診療、適確な避難誘導に手段を確立する。

本課題実証では、図 4-12 の通り、数時間を要した関係者での遠回りでの情報共有が、リアルタイムに災害現場にいるガイド 5 名が現場の映像を送りながら、音声通信を他の 5 名と実施できることを目標とした。

(e) 実証方法と評価項目・検証方法

本課題実証は、富士山現地環境（気象や施設など）を考慮し、表 2-1、2-2、2-3 で示す環境にて分割して実施した。本実証での検証イメージ概要図を示す。各環境における実証は本イメージ概要を想定して実施した。

本課題実証における実証内容の概略を図 4-13 課題実証 2 の実証イメージの概要に示す。山小屋に設置したローカル 5G 基地局システムと 5 合目総合管理センターを接続するシステムを構築し、基本的なデータアクセス測定による定量評価と、アプリケーションサービスの実装による定性的な評価を実施した。

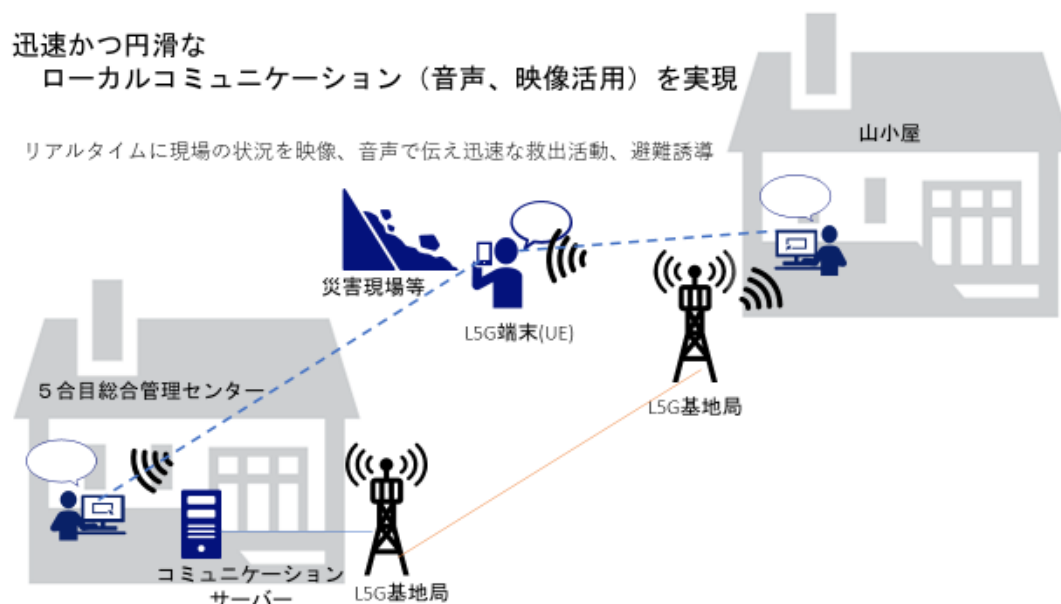


図 4-13 課題実証 2 の実証イメージの概要

課題 2 の実証システムの構成は以下の通りである。

全ての構成要素技術は、実証終了時に横展開が可能ないように、汎用性の高い技術で実装した。

ローカル 5G 基地局は、FLARE SYSTEMS 社のソフトウェア基地局 (Sub6 SA 4.8GHz) を用い、山梨県富士山科学研究所、5 合目 (総合管理センター、佐藤小屋)、6 合目 (安全指導センター) の各施設の近辺、または内部に設置した。また、ローカル 5G 端末は横展開を考慮して、市販の端末 (UE) を用いた。

5 合目には、ローカル 5G 基地局に映像音声コミュニケーションを実現する、NEC ネットエスアイが商用展開をしている「Loop Harmony」のソフトウェアをインストールしたサーバを設置した。これを図中コミュニケーションサーバと表現している。

このコミュニケーションサーバを HUB として、1 対 1 は当然のことながら、複数のスタッフのリアルタイムな 1 対多の映像音声コミュニケーションを実現した。例えば、ローカル 5G のエリアの災害現場において、スマートフォンのカメラ映して状況をリアルタイムに関係者へセキュアに十分に帯域が確保された専用無線ネットワークを活用し、情報共有することを実証した。

本課題実証で使用するソリューションに対して定量的 KPI 及び定性的 KPI を設定した。

1. ローカルNWで利用できる映像音声コミュニケーション手法

① データ伝送に関する定量的 KPI

映像音声コミュニケーションツールの1台におけるトラフィック量はDL10Mbps/UL5Mbpsを想定している。1基地局に最大5台のデバイスが繋がると想定し、トラフィック量は最大DL50Mbps、UL25Mbpsとなる。
このスループットがローカル5G上で帯域確保できることを検証する。

② アプリケーションに関する定性的 KPI

映像音声コミュニケーションの代表例として「Zoom」が挙げられるが、UIの観点でZoomと比較を行い、本ユースケースとしての使いやすさの検証を実施する。また、ステークホルダーからアンケート調査を実施し、使用感について評価する。

2. 現場状況を正確かつリアルタイムに伝える手法

① データ伝送に関する定量的 KPI

4Kカメラ映像の圧縮方式で20Mbps以下となる符号化を用いて端末カメラからのデータを山小屋においた基地局においてこの通信帯域を確保できるか、基地局の周り10箇所以上を測定、検証を実施する。

② カメラの画像に関する定性的 KPI

今回は現場の状況をより正確に伝えるために高精細映像を伝送するが、現場状況がより把握できるようになったかを管理側（山梨県、山梨県富士山科学研究所）よりアンケート調査を実施し評価する。

(f) 期待する効果

実装や実現課題は通信の脆弱性であり、本課題実証2の実装は、被災時や避難時における現場の状況の迅速かつ安全な情報共有ができる効果があると評価できる。

自然災害は発生を防ぐことはできないが、適確な避難誘導により被害を最小限に抑えることができる。そのためには先に述べたように

- ① 情報を伝達するのではなく、リアルタイム共有するシステム
- ② それぞれの関係者が、セキュアに安定回線で繋がるシステム
- ③ 情報の正確性とリアルタイム性を有したシステム（課題実証1の情報）

が必要あり、これらシステムを確立し、実装することで迅速かつ円滑なコミュニケーションを実現し、災害被害の最小限化を実現する。

本課題は、富士山に限ったものではなく、登山客が集まる山岳地帯では共通課題となっている。上記3つのシステムをパッケージ化することで横展開が可能になる。

4.2.4 課題実証3【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

(a) 現状の課題

登山者を含め、我が国の国民は、富士山は、いつかは噴火することを再認識する必要がある。また、富士山を始めとする火山に関する統計では、世界の活火山の7%が日本に集中しており、その数は111に上る。また、御嶽山などを始め、多くの火山は観光名所になっており登山者が多いと共に被災者や遭難者も多く被害者や死亡者が頻繁に報道されている。

火山においては、想定される噴火規模はもとより現象自体が様々であり、それぞれに異なる対応を求められる。また、事前に火口が特定できない場合も少なくないことから、多角的な対策が必要である。特に、富士山をはじめとする一部の玄武岩質の火山では、噴火の予兆を捉えてから数時間で噴火に至る恐れもあることから、日常的な火山観測はもちろんのこと、噴火後も監視態勢を強化し、適切なタイミングで避難できるような備えが必要である。

例えば溶岩流噴火の場合、溶岩流が流れる速度はほとんどの場合人間が歩く速度より遅い。普通の人であれば、数百メートルも離れば、人命への影響はほとんど無い。そのため、刻々と変化する溶岩流の進路を常に監視し、影響の出そうな範囲を絞り込むことで、優先的に避難させる地域と順次避難する地域などを設定し、段階的な避難を実施するなどの工夫が必要である。火山噴火は他の自然災害に比べて的確に避難することによって人命を守れる要素が多い。

噴火だけではなく地震大国でもある日本において、夏場の富士山近傍で大きな地震が発生すれば、徹夜で列をなし登山道に滞留する登山者を落石が襲うことになる。落石自体による被害や、退避場所のない環境での集団的なパニックが発生することも考えられる。通信や電源供給の脆弱な環境での集団被災は悲劇的であることは間違いない。

被災時に避難に関する情報が盛り込まれているのがハザードマップや防災マップであるが、特に火山ハザードマップや火山防災マップを正しく解釈することは難しい。発生するタイミングの異なる複数の火山現象のハザードマップが2次元の1枚の地図に網羅されているためである。特に富士山の火山防災マップは、2次元データであることが起因して正しく理解することが難しい。

現在、噴火・溶岩流・地震・降灰などの予測や避難誘導のハザードマップを始めとして、安全・安心の登山火口に有効なサイエンスビッグデータが多数蓄積されているにもかかわらず、データのアクセスや可視化方法などには、通信の脆弱性のために、登山者や管理者が「現場にて」「必要な情報を」「見やすく」「迅速に」スマートフォン等の機器で確認することができないという課題がある。

通信が脆弱であることに起因する、サイエンスデータの情報共有における課題は以下に挙げられる。

- ・ **【情報簡略化】** 通信量削減のために情報が簡略化され、高次元の見やすい可視化ができていない。特に、空間の3次元データや、時系列と空間を合わせた4次元データは膨大なビッグデータであり、山中で通信による参照が困難である
- ・ **【情報分断化】** 同様に通信量削減のために情報が分断化され、データの相関性が可

視化できていない。例えば、震源情報と火口出現を示唆するような地殻変動データ、その火口から想定される溶岩流の予測情報などは別々に 2 次元で提示されることが多く、相関がわかりにくい。3 次元で提示を行うことで相関が提示でき、見る側にとって直感的に理解しやすい、より有益な可視化が実現できる。

- ・ 【情報の需要供給のミスマッチ】高次元のデータを可視化して共有するためには、大容量低遅延通信が必要となる。TCP 通信では利用帯域が遅延に反比例するため、わずかな遅延差でもビッグデータの取得効率に大きな影響を与える。このため、通信が脆弱な山岳地帯においては、高い需要があるにも関わらず、簡略化された情報しか提示できない。溶岩流の流れの予測と自分の位置が照らして 3 次元の可視化ができれば危険の回避がより容易になると考えられる。

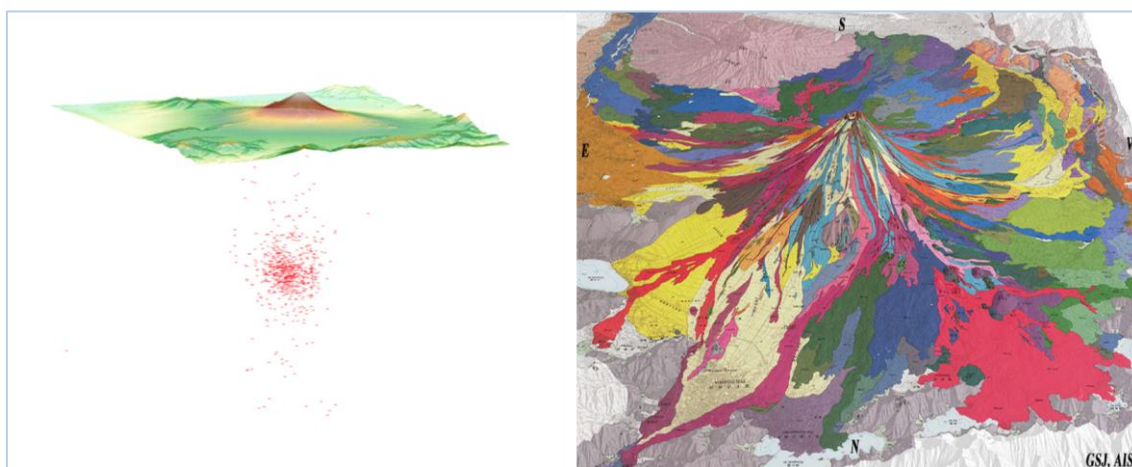


図 4-14 富士山直下の低周波地震（火山性地震）の 3D 震源マップと富士山地質を示した鳥観図

(b) ローカル 5G の必要性

我々は、ローカル 5G システムにエッジコンピューティングを組み合わせることにより、これらの 3 つの課題である、情報の簡略化・分断化・需要と供給のミスマッチの課題を解決する。つまり、ローカル 5G とエッジクラウドを組み合わせることで、ローカル 5G の基地局システムの近傍に整備されるエッジクラウドに蓄積された、多様なサイエンスビッグデータを、「大容量通信にて低遅延アクセス可能」かつ「統合的に」「現場で見ることが出来る」情報共有を実現する。

公衆網 LTE の通信はアップリンク数 Mbps であり山岳地域では不安定であり、7-9 月にしか電波が得られない状況であり、WiFi を整備しようにもバックホール回線がないこと、また仮に WiFi が整備できたとしても、電波干渉による不安定かつセキュアでない運用を強いられる。ダウンリンク帯域が 200Mbps から 500Mbps の安定かつセキュアなローカル 5G の通信が必須である。

(c) 目的

一般的に入手利用可能な端末 (UE) やヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いて、

各山小屋に設置した、ソフトウェアローカル 5G 基地局に隣接して設置されたエッジクラウドに蓄積されたハザードマップに代表されるデータを、大容量でダウンロードして 3 次元以上の高次元にて可視化することを可能とし、現場の位置と紐付けて、様々なハザードの予測をわかりやすく可視化するソリューションを確立することを目的とする。

(d) 目標

データ伝送の観点からは、10TB 以上の高速アクセスストレージを備えるエッジクラウドをローカル 5G の基地局に接続し、帯域 200-500Mbps のローカル 5G のダウンリンク最適化された通信によって、ハザード予測に関わるサイエンスビッグデータ (10GB 程度) を数分以内に情報共有することを目標とする。

アプリケーションの観点からは、(1) Google Map や Google Earth 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションの確立 (2) 山梨県富士山科学研究所や山梨県の有する有用データの閲覧を可能とするライブラリ的な情報共有のインタフェースの確立 (動画によるハザードマップデータの揭示可視化を含む) を目標とする。

(e) 実証方法と評価項目・検証方法

本課題実証は、富士山現地環境 (気象や施設など) を考慮し、表 2-1、2-2、2-3 で示す環境にて分割して実施した。本実証での検証イメージ概要図を示す。各環境における実証は本イメージ概要を想定して実施した。

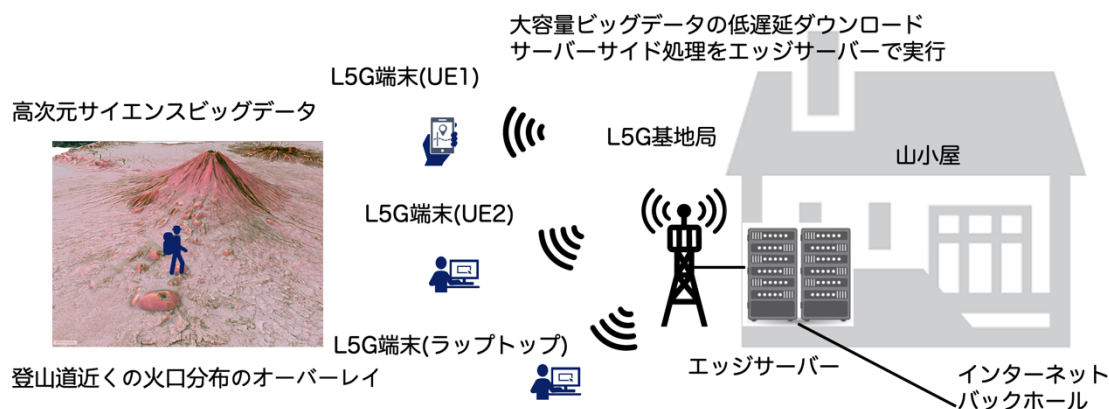


図 4-15 課題実証 3 の実証イメージの概要

課題 3 の実証システムの構成は以下の通りである。

全ての構成要素技術は、実証終了時に横展開が可能なように、汎用性の高い技術で実装するものとする。

ローカル 5G 基地局は、FLARE SYSTEMS 社のソフトウェア基地局 (Sub6 SA 4.8GHz) を用い、山梨県富士山科学研究所、5 合目 (総合管理センター、佐藤小屋)、6 合目 (安全指導センター) の各施設の近辺、または内部に設置した。また、ローカル 5G 端末は市販の端末 (UE) と CPE に接続されたラップトップ PC を用いた。

本実証では、アップリンク性能とダウンリンク性能の両方を最適化する必要があり、アプリケーションの要件に応じて、TDD 準同期パターン 1, 2, 3 により最適された設定を切り替えて使用可能とした。

エッジサーバーは、汎用性の高い、小型のインテル互換サーバとし、CPU は高性能（例：Core i9-9900K あるいは同等の計算能力のスペック）メモリ 16GB 以上、ストレージ 10TB 以上を有する機器を用いた。

エッジサーバーは、インターネットへのバックホール接続されており、Google Map 等の一般のクラウドサービスをパススルーで使用可能であると同時に、エッジサーバー自体に情報共有のツール（NextCloud 等のオープンソースアプリケーション）を実装した。

サイエンスビッグデータに関しては以下を使用した。

- ・ 山梨県ハザードマップデータ（動画含む）
- ・ 富士山地域の 1m DEM データ
- ・ 富士山地域の火口分布データ
- ・ 富士山直下の震源データ
- ・ 傾斜分布データ
- ・ および上記の相関データ

高次元データの表示アプリケーションは Google Earth や Google Map 等を想定するが、ソリューションの横展開の有効性を考慮して変更する可能性がある。「サイエンスビッグデータは基本的には Shape もしくは kml のデータフォーマットに変換して扱うことで、UE・ラップトップ上での重ね合わせての閲覧に対応することを想定している。

データ伝送に関しては、以下の定量的な KPI を設定した。

1. 10GB 程度のサイエンスビッグデータ（DEM 等）を山小屋においたローカル 5G 基地局とエッジクラウドストレージから端末で受信し、品質（スループット、パケットロス率、遅延など）の計測を実施する。また、インターネット上のサーバーから伝送した場合の伝送遅延や品質と比較し定量評価する。エッジクラウドとローカル 5G の接続システムにより、X GB のデータの情報共有が Y 秒以内に完了することを確認する。X と Y の組み合わせは、複数想定されるが、X は少なくとも 1, 2, 5, 10 を設定し、Y の目標値は、高性能の端末においては、200Mbps から逆算される値、Y=40, 80, 200, 400 とする。基礎的なデータの他、様々なアプリケーションやデータに関する測定を行う。
2. 上記伝送において、同時に X 台のクライアントからのダウンリンク伝送が、パケットロス率 L で実現できる基地局からのカバレッジ範囲を計測する。X と L とカバレッジは複数のパターンを実施する（X=5, 10, L=0.1%未満 0.2%, 0.4% .. .1%など）
3. 1 台、および、X 台（X-2 以上 10 以下）の端末によるダウンリンクを基地局からのカバレッジ範囲におけるアプリケーションデータ伝送性能を確認する。特にトランザクションを含めたアプリケーションサービス品質を計測し評価する。
4. ローカル 5G 対応の端末（スマートフォン）を用いて、運営事業者が異なるローカル 5G に対してセキュアなローカル 5G 接続認証を実施し、連携する実証を行う（東京

大学・IIJの共同実験)。これにより、将来、ガイドや道路保全員がeSIM対応のローカル5G対応端末を保有することで、一時的な認証をセキュアに行いながらローカル5Gのエリア拡張とアップリンクデータ伝送を実現できる。(課題1と共通)

アプリケーションサービスに関しては以下の定性的なKPIを設定した。

5. Google Map等にオーバーレイされたハザードマップデータを一般の端末上、3次元で可視化するソリューションを確立する。端末の性能と、アプリケーション・データの組み合わせのバリエーションにより、ケーススタディを行うことで横展開に利用可能なデータを蓄積する。
6. 高性能な計算能力を持たない端末から、エッジクラウドにおいたサーバーサイドのデータ表示アプリケーションにより表示データを伝送することで、高次元データの可視化が素早く実行できるシステムを確立する。端末の性能と、アプリケーション・データの組み合わせのバリエーションにより、ケーススタディを行うことで横展開に利用可能なデータを蓄積する。

(f) 期待する効果

実装や実現課題は通信の脆弱性であり、本課題実証3の実装は、富士山の現場で移動しながら、富士山観光の安全を守る、管理者側で、迅速かつ見やすい形でビッグデータへアクセスできる効果を実現した。さらに、横展開の可能性評価が得られる。

これまで通信の脆弱性により実現が困難であった現場でのサイエンスビッグデータ情報共有を実現する。また、ローカル5Gとエッジクラウドを組み合わせる情報可視化のパッケージソリューションが構築可能である。

また、本実証終了後の自走により自治体が整備する遠隔監視モニタリングシステム構築の実現性の評価が得られる。他の課題実証と組み合わせて、最終的に、自治体が自走可能である、「公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立に向けたケーススタディを報告する。

可搬式のサイエンスビッグデータ可視化システムのパッケージソリューションが構築されるため、他の山岳地帯や、情報可視化が必要なソリューションとして、5GSCに登録することにより、他地域の異なる課題にもソリューションの横展開が可能となる効果がある。

4.3 実証環境

本実証は富士山登山道が開通している期中に、富士山登山道吉田ルートの5合目、6合目、7合目にローカル5G基地局を設置し、実証環境を構築し、実際の登山者管理業務に実装することで実証を行う計画であった。しかし、実行体制全体の契約が11月となったため、実証開始が計画より後ろ倒しとなり、富士山閉山期間中での実証実施となった。この影響をカバーして当初実証目標を達成させるため、一部実証を以下の通り他環境で実施する計画に変更した。

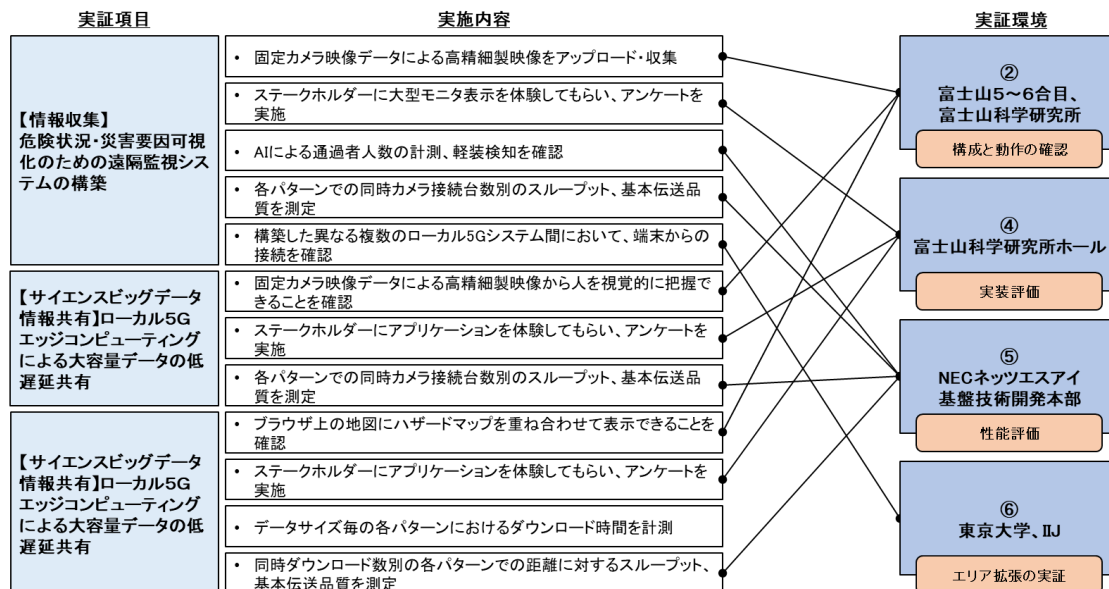


図 4-16 実証項目と実証環境

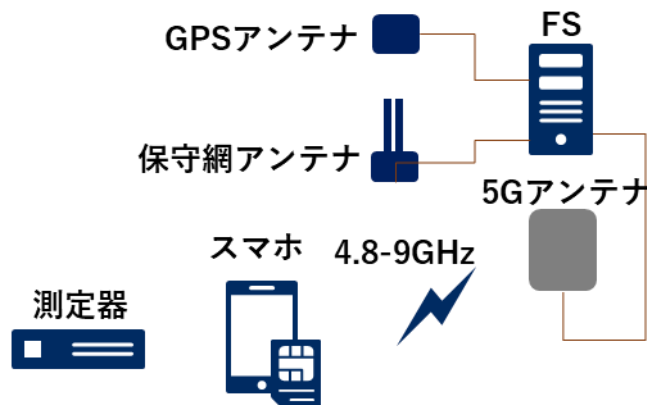


図 4-17 富士山6合目システム構成

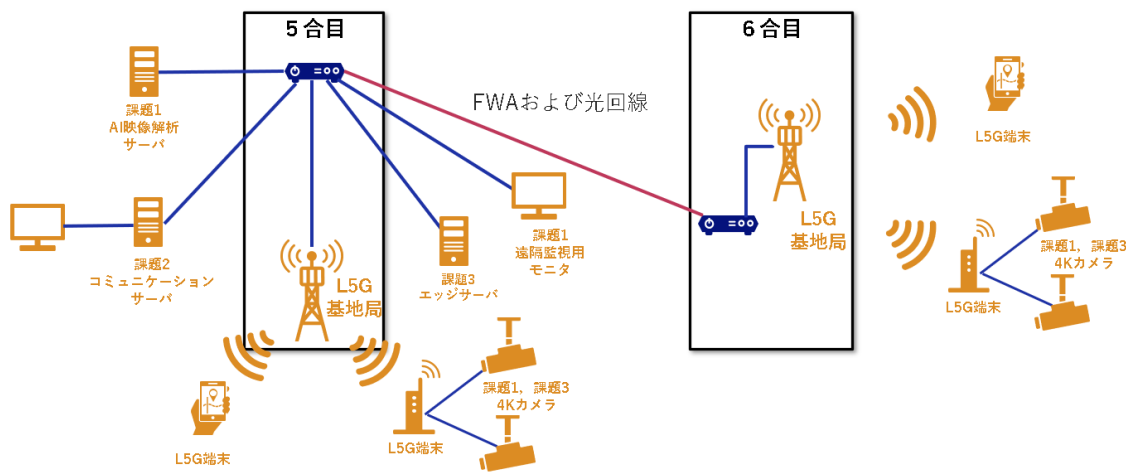
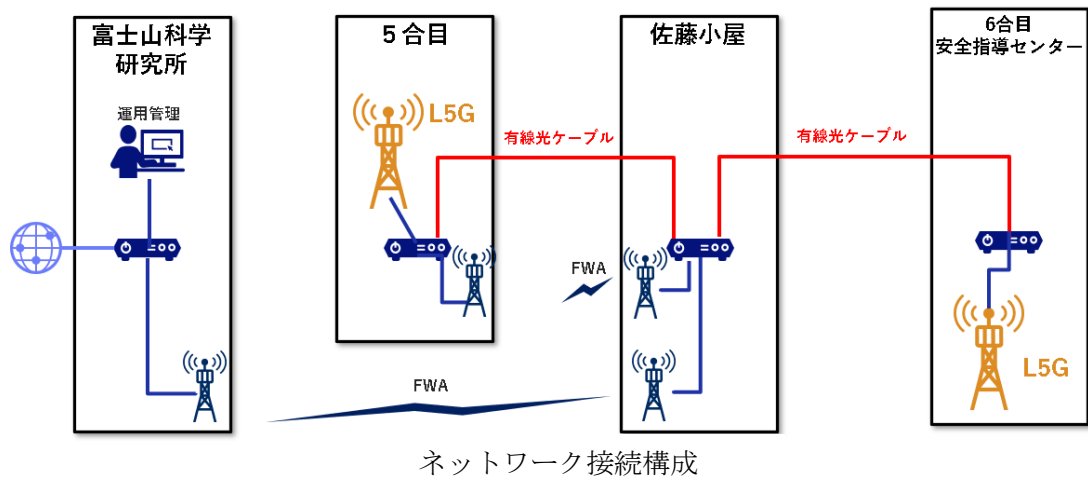
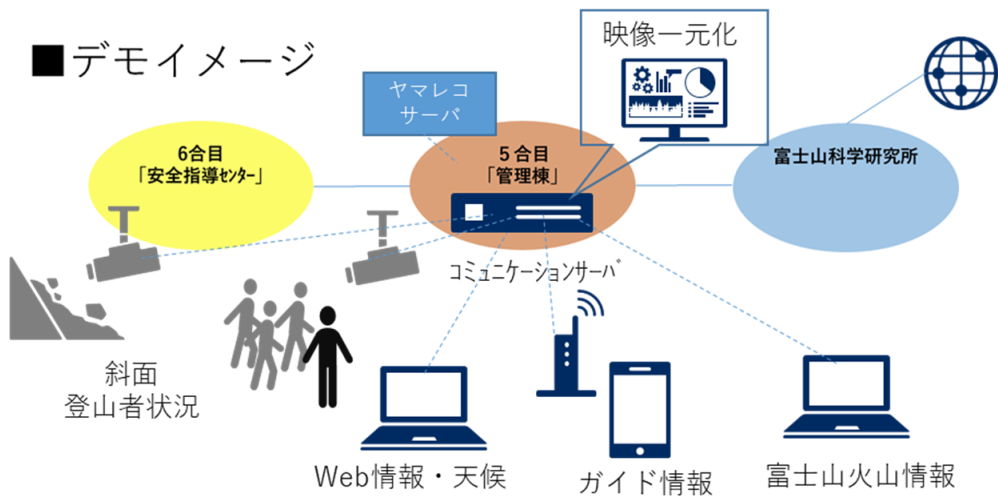
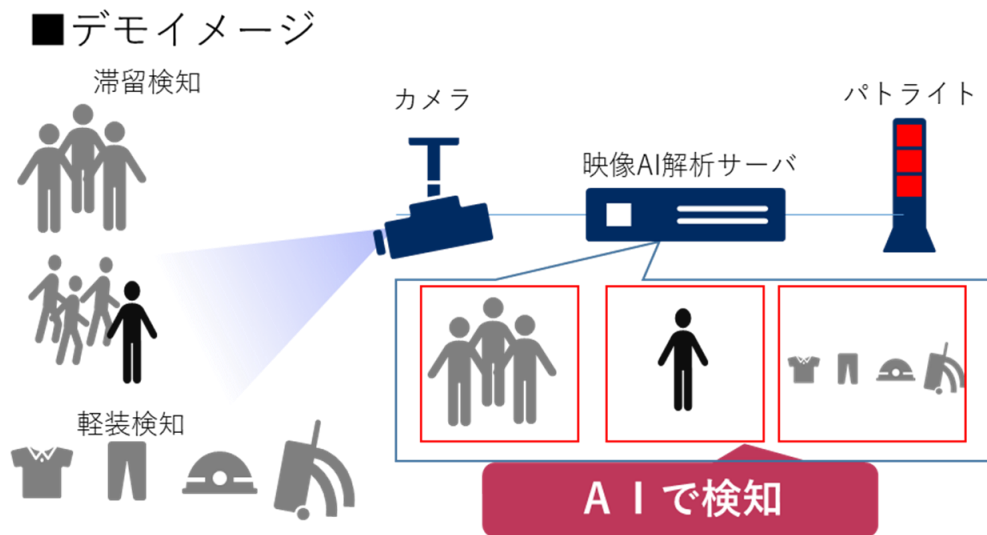


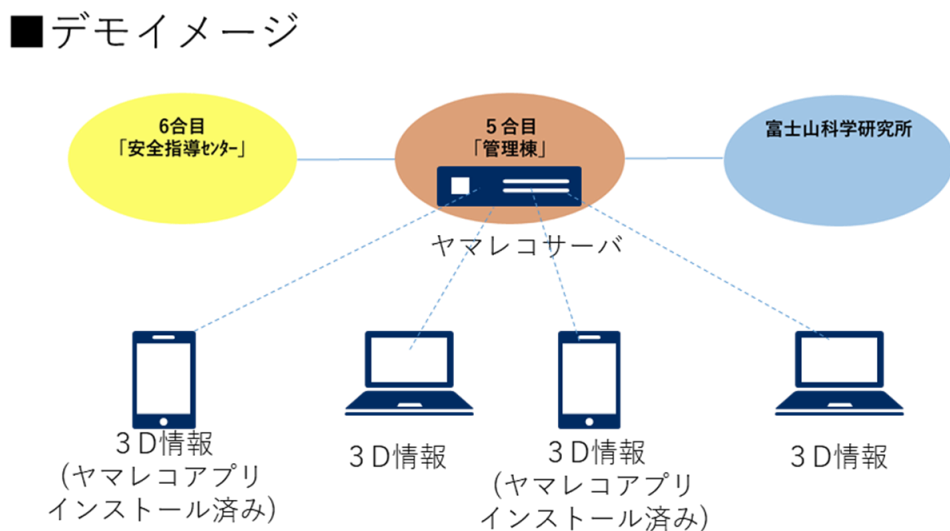
図 4-18 5、6合目のシステム構成



課題実証1【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム



課題実証2【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム



課題実証3【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

図 4-19 富士山科学研究所ホールシステム構成

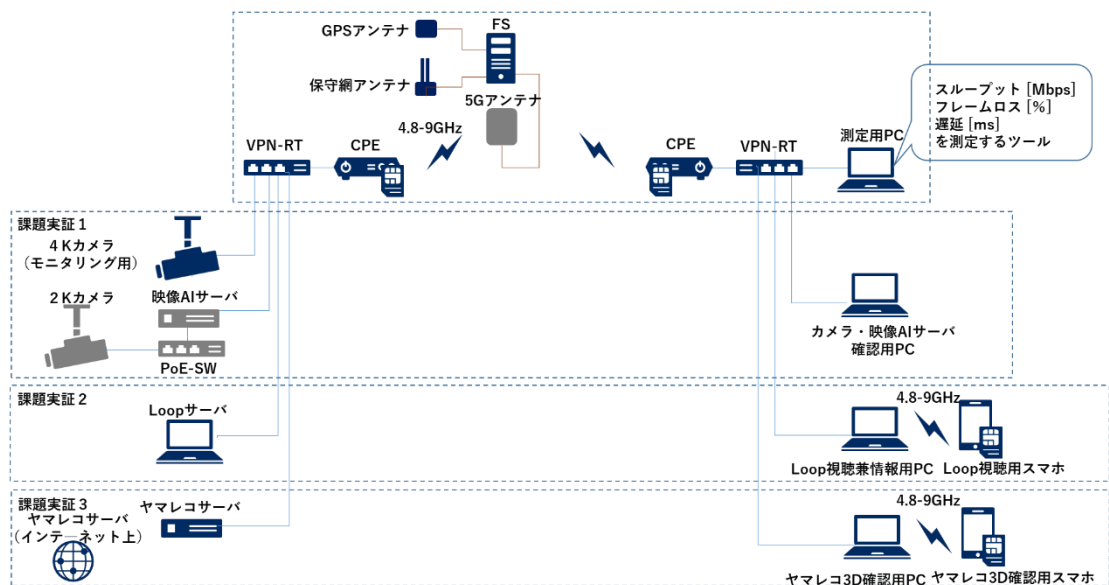


図 4-20 NEC ネットエスアイ基盤技術開発本部システム構成

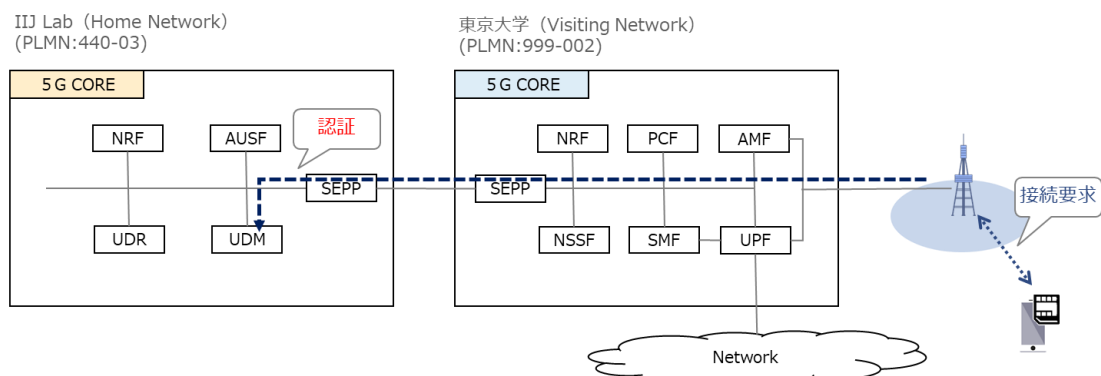


図 4-21 東京大学、IIJ システム構成

4.4 実証内容

本章では、4.2（課題と実証目標）で定義した課題の解決等に資するローカル5Gを用いたソリューションについての検証方法について記載する。既に4.2では、課題と関連するシステム概要の可読性から、e) 実証方法と 評価項目・検証方法 f)期待する効果 の項目にて、他のユースケース（用途）等への汎用性・拡張性にも考慮し、実証目標を達成するための最も効率的かつ効果的なシステムを記載している。本章では実証システムに必要な詳細な検証方法・評価・最終アウトプットイメージについて記載をする。

4.4.1 ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証

4.4.1.1 効果検証

各ソリューションの目指す効果は下表の通りである。

表 4-1 各ソリューションの目指す効果

課題 No.	ソリューション名	目指す効果
課題実証 ①	<p>【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築</p>	<p>収集した画像の解析により、環境情報のリアルタイムモニタリング（天候の状況把握、登山者の状況把握、落石等の災害予測）ができるようになる またモニタリングの状況を大型モニタに映しだし登山者が確認できるようにする。</p>
課題実証 ②	<p>【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム</p>	<p>円滑な情報交換の観点で、山小屋、ガイド（パトロール）、山梨県、山梨県富士山科学研究所の協力者を同時接続し、映像及び音声によるコミュニケーション手段を確立する。</p>
課題実証 ③	<p>【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有</p>	<p>エッジクラウドに蓄積されたハザードマップに代表されるデータを、3次元以上の高次元にて可視化し、現場の位置と紐付けて、様々なハザードの予測をわかりやすく可視化することで現場の要員が現状把握しやすくする。</p>

(1) 評価・検証項目

各ソリューションにおける目指す効果に対し、評価・検証した項目を記載する。

表 4-2 各ソリューションの効果に対する評価・検証項目

課題 No.	ソリューション名	効果に対する評価・検証項目
課題実証 ①	【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	<ol style="list-style-type: none"> 1) 遠隔監視映像のローカル 5G によるアップロード収集が可能であること 2) 落石の要因解析の可能性評価 3) 登山道における人流、及び軽装登山者の検出 4) 大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）モニタリング情報を確認できること
課題実証 ②	【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	<ol style="list-style-type: none"> 1) UIの観点でZoomとの比較によるコミュニケーションツールとしての使いやすさの検証 2) アンケート調査による利用感の検証 3) カメラの映像を映し、現場状況を伝えるに十分な画質であるか検証
課題実証 ③	【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	<ol style="list-style-type: none"> 1) Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを3次元で可視化するソリューションの確立 2) 高次元データの可視化ソリューションを確立

(2) 評価・検証方法

各ソリューションにおける目指す効果に対し、評価・検証方法を記載する。

表 4-3 各ソリューションの効果に対する評価・検証方法

No.	検証項目	検証方法
課題実証①	落石の要因解析の可能性評価	落石頻発地点における固定カメラによる映像配信が可能であり、どのくらいの大きさの落石が可視し得るか配信した映像から評価する。将来 AI により、自動検知が可能であるか検討を行う。
	遠隔監視映像のローカル 5G によるアップロード収集が可能なこと	天候の状況把握及び落石等の災害要因解析用の 4K カメラによる映像が収集可能であることを確認する。
	登山道における人流把握、及び軽装登山者検知	登山者の状況把握用の高精細映像が 5 合目で収集可能であることを確認し、その画像の解析により通過者人数の自動計数、及び軽装登山者の検知が可能であることを確認する。
	大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）を確認	大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）を確認できること、ワークショップにおいてステークホルダーよりこの表示情報について有効性のヒアリング調査を行う。
課題実証②	UI の観点で Zoom との比較によるコミュニケーションツールの使いやすさの検証	本実証で使用するコミュニケーションツールと ZOOM とで同等機能ごとに本ユースケースにおける使いやすさを比較し結果を報告する。
	アンケート調査による利用感の検証	現場（山小屋、ガイド）、管理側（山梨県、山梨県富士山科学研究所）各々から使いやすさに関するアンケート調査を実施し、結果を整理して報告する。
	カメラの映像がローカル 5G 基地局からの距離でどのように変化するか検証	どれだけ距離が離れたところにいる人を確認できるかをローカル 5G エリアにて 10 個所以上測定する。
課題実証③	Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションの確立	山梨県富士山科学研究所の画像処理技術を活用しハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションを確立し、実際に可視化が可能であることを確認する。
	高次元データの可視化ソリューションを確立	エッジクラウドにおいたサーバーサイドのデータ表示アプリケーションにより表示データを伝送できることを確認する。表示開始から表示されるまでの時間を測定する。この時間がユーザの利用に堪え得るか、10 名程の管理者の定性評価と合わせて検証を行う。

各ソリューションにおける目指す効果に対し、想定するアウトプットを記載する。

表 4-4 各検証項目の想定するアウトプット

No.	検証項目	アウトプット
課題実証①	落石の要因解析の可能性評価	撮影画像より評価・考察
	遠隔監視映像のローカル 5G によるアップロード収集が可能なこと	遠隔監視映像のアップロード収集結果
	登山道における人流把握と軽装登山者の検知	ラボの疑似環境において、通過者人数の自動計数結果、軽装検知結果
	大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）を確認	ワークショップで大型モニタ表示状況とヒアリング結果
課題実証②	UI の観点で Zoom との比較による使いやすさの検証	操作感に関するアンケート結果
	アンケート調査による利用感の検証	
課題実証③	カメラの映像がローカル 5G 基地局からの距離でどのように変化するか検証	ラボの疑似環境において、基地局から端末までの距離（10 ポイント以上）に対する測定
課題実証③	Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションの確立	Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元データ
	高次元データの可視化ソリューションを確立	ラボの疑似環境において、エッジクラウドデータの伝送時間計測と、その時間に対するユーザエクスペリエンス評価を表として整理する

(3) 実証結果及び考察

・ 課題実証 1

1. 落石の要因解析の可能性評価

固定カメラによる定点観測において、山肌の岩石類の状況は画面越しに目視でクリアに把握できるレベルであり、映像においては落石（20cm 程度）も視認確認できている。映像から視認にて確認できるレベルであるため、4K カメラとローカル 5G の組み合わせを構築することで、将来的に AI による自動検知が可能であると考えられる。



図 4-22 落石画像

2. 遠隔監視映像のアップロード収集結果

固定カメラによる定点観測において、天候や山肌、登山客等の状況は画面越しに目視でクリアに把握できるレベルであるデータであった。本データは L5G を利用してアップロード収集が可能であった。

これにより、例えばガイドからのリアルタイム状況を提示できることで、危険な状態を登山客に示すことができる。



図 4-23 遠隔監視画像

3. 通過人数の自動計数、滞留検知、軽装検知結果

富士山五合目管理棟前および五合目ロータリー（遠影）における、実際の実装を想定した環境での滞留検知は、フレームイン後すぐに人を検知し、一定時間経過後にアラートを発報し想定する動作を確認できた。

より詳細に評価するため、ラボ検証環境において実証した。検証環境において、人流把握としては自然な動作をしながら一人ずつフレームインする場合、または 3 人同時にフレームインする場合、いずれのケースにおいても人数カウントを検知することが可能であった。また、人数制限の閾値を超え検知後一定時間の後に滞留アラートを発報し、人数制限の閾値を下回った場合に滞留アラートを解除できている。このことより、本画像解析により通過者人数の自動計数は可能である。

軽装検知も自然な動作をしながらフレームインすることで、現在の属性を検知することができる。また、複数人の同時属性検知も可能であった。ただし、現状のラーニング精度

では誤検知がみられるが、今後ラーニングを増やしていくことで検知精度があがり、利活用できると考えられる。



人流検知後、一定時間でアラート発報

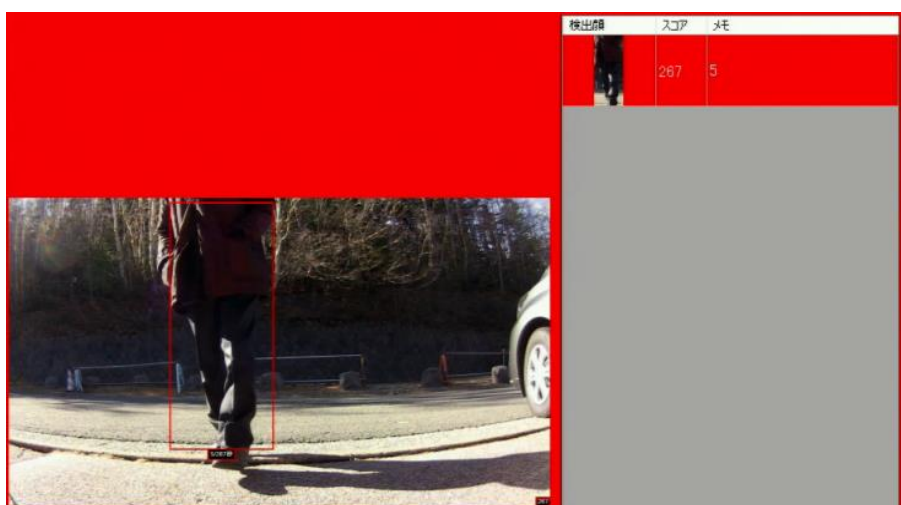


図 4-24 富士山五合目管理棟前 人流検知



人流検知後、一定時間でアラート発報



図 4-24 富士山五合目ロータリー 人流検知

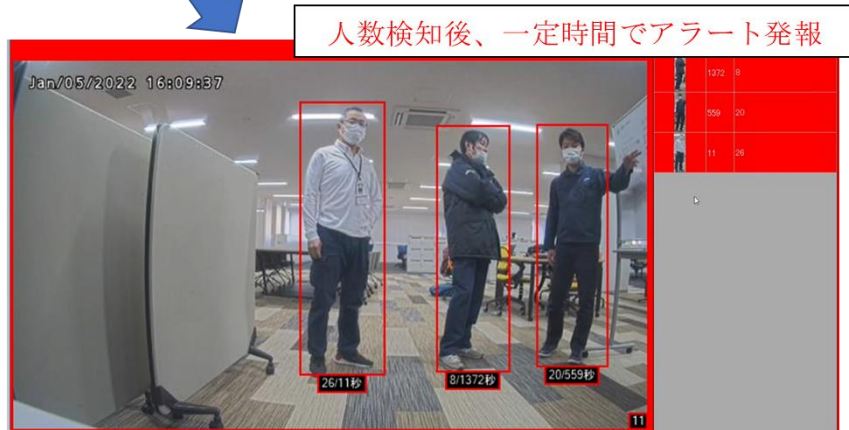
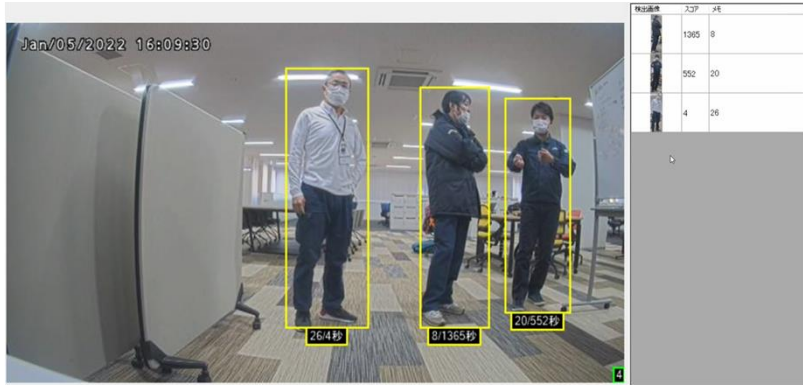


図 4-25 通過人数検知画像



図 4-26 軽装検知画像

4. 大型モニタ表示状況

画像はクリアであり、ワークショップ参加者からも十分クリアで実用としても問題ないレベルであるとコメントを受けている。5 合目管理棟などに大型モニタを設置し、登山客等に現在の状況を十分に示すことができると考える。



図 4-27 大型モニタ画像

5. 費用対効果

本ソリューションの効果は登山観光の安全確保、防災・減災が主目的となることから、その効果について費用を基準とした観点からは効果を評価することは適さない。ただし、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立という観点から、「自治体の観光収入による安全確保の自走モデル」による自走可能性のある収益回収モデルを検討した。詳細は 4.4.2.1 を参照。

・ 課題実証 2

1. 操作感に関するアンケート結果

ローカルコミュニケーションシステムを、ワークショップ参加者に実際に使用してもらい、アプリケーションに関するアンケートの回答を得た。アンケート結果では、少なくともネガティブな回答は得られていないものの、さらに操作性について満足感を向上させる余地はあると考えられる。

表 4-5 アンケート結果

問：本アプリケーションの操作感は満足されましたか (n=5)

①非常に満足している	1人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	3人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

2. ラボの疑似環境において、基地局から端末の距離に対する測定

測定結果より、通信断となる直前までコミュニケーションに必要なスループットが

維持されていること、遅延はコミュニケーションに不快なレベル以下である範囲に収まっていることが確認できた。

表 4-6 映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)

距離(m)	スループット(Mbps)		ダウンロード		アップロード	
	DL(Mbps)	UL(Mbps)	遅延(ms)	パケットロス率(%)	遅延(ms)	パケットロス率(%)
10	156	183	0.768	0.00%	3.298	0.00%
20	160	140	0.583	0.00%	2.593	0.00%
30	144	123	0.691	0.00%	3.183	0.00%
40	132	99.7	0.797	0.00%	3.758	0.00%
50	129	76.1	0.365	0.00%	1.652	0.00%
60	120	70.5	0.54	0.00%	3.028	0.00%
70	121	68.9	0.827	0.00%	3.101	0.00%
80	125	35.7	0.815	0.00%	3.576	0.00%
90	69.4	33.7	0.824	0.00%	4.418	0.00%
100	59.5	28.4	1.104	0.00%	4.633	0.00%
110	66.3	24.1	1.182	0.00%	4.567	0.00%
125	55.1	12.8	1.939	0.00%	8.849	0.00%
140	60.4	5.65	4.824	0.00%	25.293	0.00%

3. 費用対効果

本ソリューションの効果は登山観光の安全確保、防災・減災が主目的となることから、その効果について費用を基準とした観点からは効果を評価することは適さない。ただし、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立という観点から、「自治体の観光収入による安全確保の自走モデル」による自走可能性のある収益回収モデルを検討した。詳細は 4.4.2.1 を参照。

・ 課題実証 3

1. Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションの確立

株式会社ヤマレコが提供するスマートフォンアプリ「富士山 (Mt. Fuji)」において、ハザードデータを 3 次元可視化するための実装を行った。本アプリケーションは富士山に特化した登山地図アプリケーションであり、登山者が地図上で現在地を確認したり、山小屋やバス等の時刻表、登山に必要な装備などの情報を確認したりすることで、遭難を未然に防ぐことを目的に作成しているアプリケーションである。



図 4-28 富士山アプリ (参考)

山梨県および富士山科学研究所より「富士山ハザードマップ」および可視化に必要な下記の各データについて提供を受け、これらデータを可視化している。

重ね合わせデータはサーバ側に設置し、スマートフォンのアプリケーションにより当該データをダウンロードし、重ね合わせて各データの表示を行っている。

- ・ 富士山周辺の標高データ (DEM)
- ・ 火口となる可能性がある領域範囲 (想定火口範囲)
- ・ 噴石の届く可能性のある範囲 (大きな噴石の可能性マップ)
- ・ 火口ごとに溶岩流が届く可能性がある範囲 (溶岩流ドリルマップ)

Google Map をはじめとした 2 次元のデータ表示アプリケーションは、3 次元のデータを表示することができないため、溶岩流ドリルマップについては 2 次元に時系列の変化を重ね合わせてアニメーションで表示する表現とした。

今回は Google Map と同じくブラウザ上で 2 次元の地図を表示できる Leaflet というライブラリをもとに、時間を経過するごとに溶岩流が変化する姿を可視化できた。ブラウザ上で動作するため、市販の端末 (UE) に加えてラップトップ上でも重ね合わせを閲覧できる。

さらに端末側のアプリケーションにより GPS を利用して取得した位置情報を地図上に表示することで、現在の位置が危険かどうか、そして退避する方向に溶岩流が行く可能性があるかを可視化している。

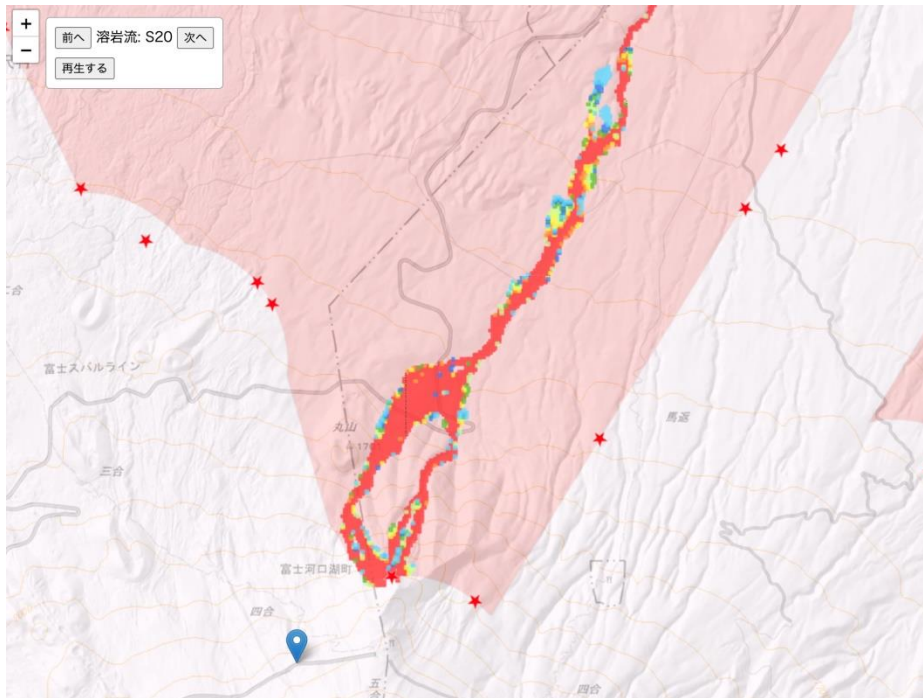


図 4-29 溶岩流ドリルマップ (2次元+時間変化)

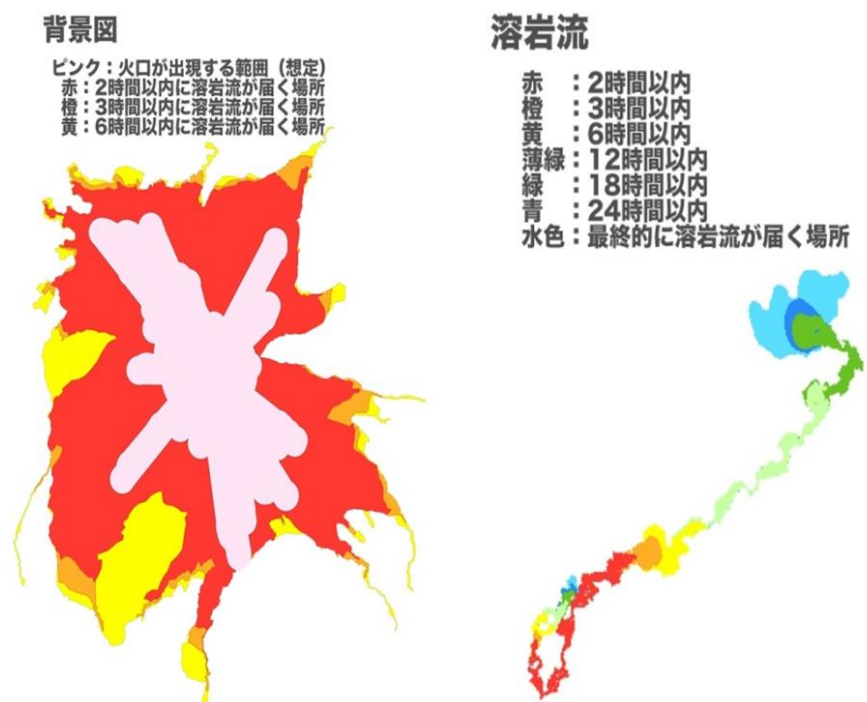


図 4-30 溶岩流ドリルマップの味方 (アプリ内での凡例表示)

また、想定火口範囲や大きな噴石の可能性マップについては時系列の変化がないため、上記ライブラリにおいては2次元の表示になっている。

富士山において5合目以上の登山道はすべて噴火口が現れる可能性があり、かつ噴石が届く可能性がある。可視化によりこのような富士山の抱えるリスクや危険性を登山者に伝えることが可能になる。

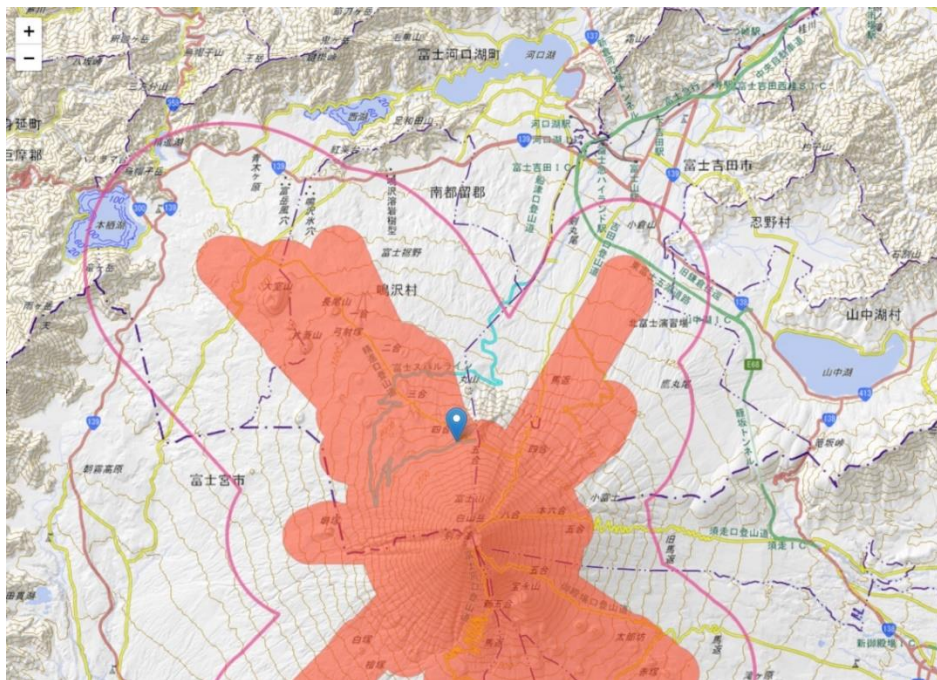


図 4-31 想定火口および大きな噴石の可能性マップ

地図の見方

オレンジ : 火口が出現する可能性のある範囲
 ピンクの線 : 大きな噴石が到達する可能性のある範囲



図 4-32 想定火口範囲および大きな噴石の可能性マップの味方
 (アプリ内での凡例表示)

上記に加えて DEM を利用した 3 次元の表現についても実装を行っている。DEM を利用して端末上で 3 次元の山容を再現し、国土地理院等の地図、そしてサーバで各種重ね合わせのデータを重畳してアプリケーション側で表示を行った。

こちらでも現在地を重ね合わせて表示しており、2 次元の地図に慣れていない登山者にとっては、直感的に理解ができると考えられる。

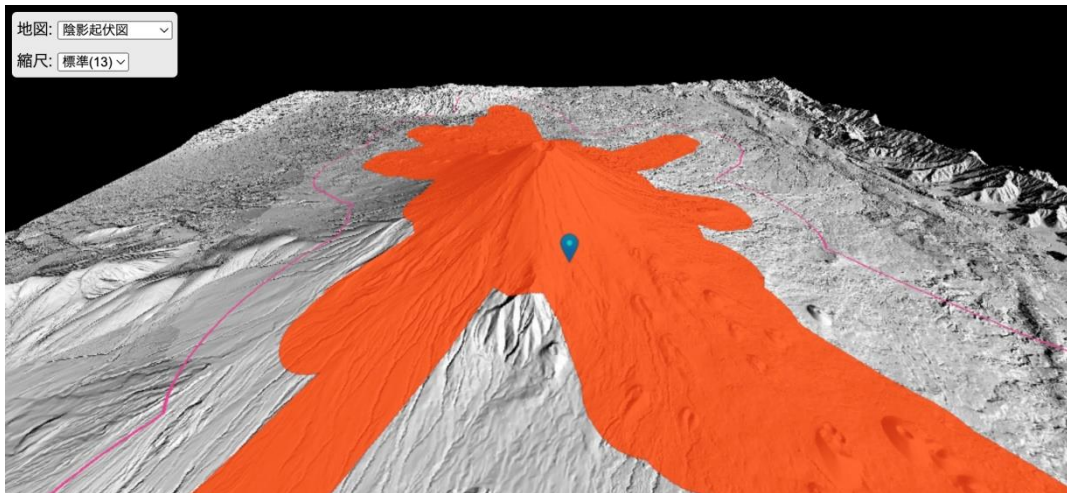


図 4-33 想定火口範囲および大きな噴石の可能性マップ

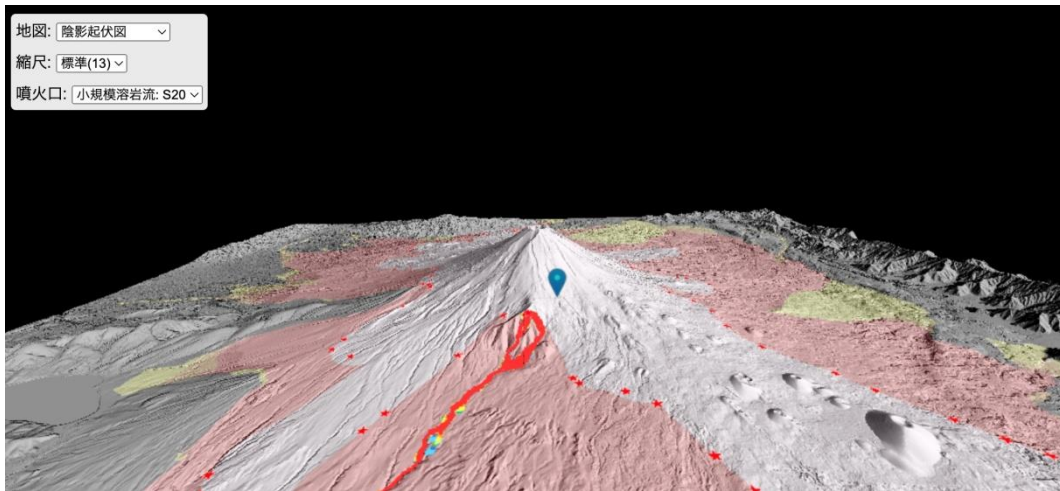


図 4-34 溶岩流ドリルマップ (3次元)

実際に富士山アプリを利用する登山者にとっては、防災意識を高めることと、実際に噴火が起きた時に避難すべき方向を知るためのコンテンツとして利用されることを想定している。このための表示をアプリケーション上で行っている。



図 4-35 アプリケーション上でのコンテンツの表示例

また、避難誘導を行う現場の要員にとっては、噴火口ごとに現在地と照らし合わせて溶岩流などの危険性が高く退避してはいけない場所を登山者に見せることで、避難誘導の納得性を上げることもできる。

2. 高次元データの可視化ソリューションを確立

当初想定していた 1m 四方単位の標高 (DEM) データを利用した 3 次元の表示については、データ量が約 10GB と大きいことから、高性能な端末であったとしても端末上のブラウザに展開した段階で、図 4-38 に示すようにメモリが不足して表示が困難なことが判明した。

複数の端末やラップトップを利用して動作可否の検証を行ったところ、プロセッサや GPU の性能は余裕がある状況でも、ブラウザ側のメモリ等のリソース制限により 20m 程度の DEM データを超えると 3D で描画できない場合があることが特定できた。

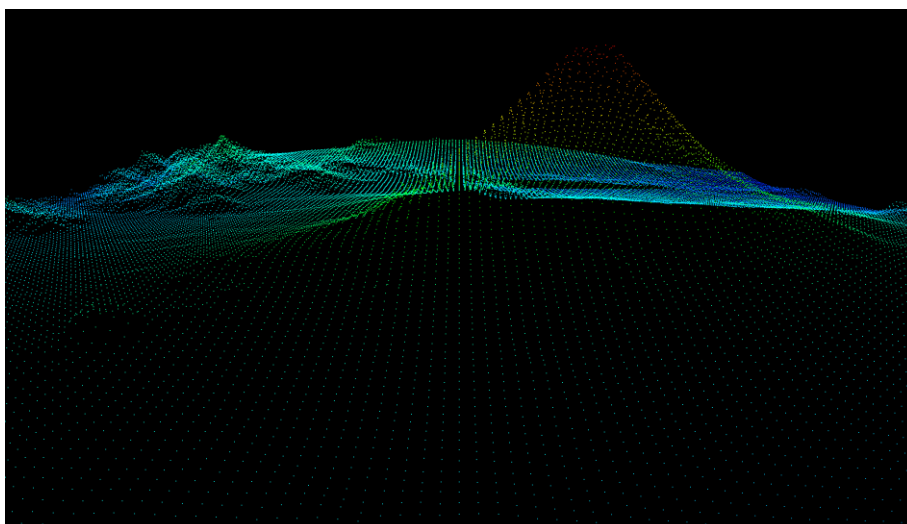


図 4-36 200m の DEM データの描画

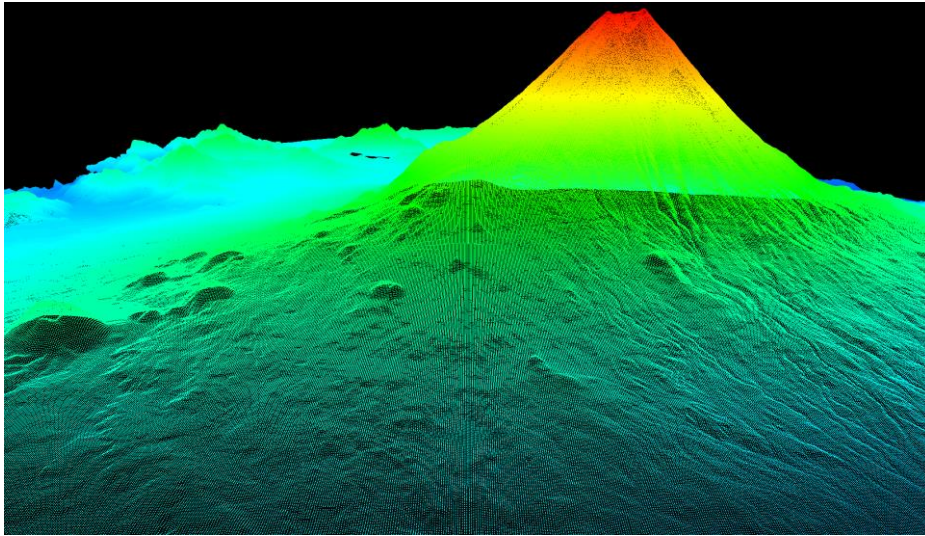


図 4-37 20m の DEM データの描画



エラー

このウェブページの表示中に問題が発生しました。

エラーコード: 5

[詳細](#)

[再読み込み](#)

図 4-38 10m の DEM データの描画

上記を踏まえると、現状のハイエンドの端末・ラップトップを想定した場合においても、

- ・ 20m 程度の DEM データを活用した表示
- ・ サーバー側に設置した高精細な動画等のコンテンツを端末側で表示する方式のいずれかで実現をする方式が望ましいと考えられる。

今回利用したサーバ側のリソースも上記の高性能端末と同様の性能であり、上記と同様の 20m 程度の DEM の描画を行うことを上限として評価を行う。

性能の低い端末においても ThinClient として動作をさせることで、エッジクラウドのサーバにおいたデータ表示アプリケーションにより表示データを伝搬し、高次元データの可視化が素早く実行できるシステムが実現できることを確認した。

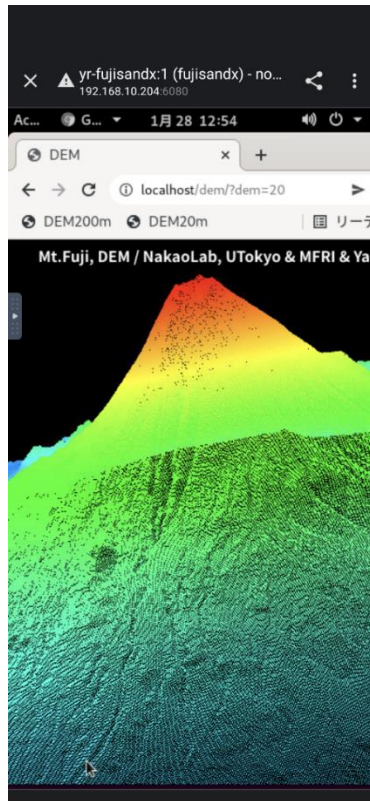


図 4-39 エッジクラウド上で生成した 3 次元データの転送による実現

表 4-7 データサイズとダウンロード時間(s)

データサイズ	同期 TDD	準同期 TDD パターン 1	準同期 TDD パターン 2	準同期 TDD パターン 3
1GB	56	71	62	103
2GB	111	136	147	168
5GB	289	370	308	433
10GB	773	756	805	840

3. 費用対効果

本ソリューションの効果は登山観光の安全確保、防災・減災が主目的となることから、その効果について費用を基準とした観点からは効果の評価することは適さない。ただし、「自治体が自走可能である、公共安全に資するユースケースへの適用の成功モデルケース」の確立という観点から、「自治体の観光収入による安全確保の自走モデル」による自走可能性のある収益回収モデルを検討した。詳細は 4.4.2.1 を参照。

4.4.1.2 機能検証

(1) 評価・検証項目

各ソリューションの機能に対して評価・検証した項目を記載する。

表 4-8 課題実証の機能に対する評価・検証項目

課題 No.	ソリューション名	評価・検証項目
課題実証 ①	【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための 遠隔監視システムの構築	1) 4K カメラの基本伝送品質 (UL) 2) 基地局当たりの 4K カメラ収容数 3) 4K カメラ映像伝送可能エリア 4) 大型モニタから各モニタリング情報 (落石、天候、人流等) を確認 5) ローカル 5G のエリア拡張
課題実証 ②	【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケ ーションシステム	1) 映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL) 2) 基地局当たりのユーザ収容数 3) 映像音声データ伝送可能エリア 4) 高精細映像の基本伝送品質 5) 高精細映像伝送可能エリア
課題実証 ③	【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル 5G エッジコンピューティ ングによる大容量データの低遅延共 有	1) サイエンスビッグデータ (DEM 等) のダウンロード伝送品質 (DL) 2) 基地局当たりのサイエンスビッグデ ータ同時ダウンロード数 3) サイエンスビッグデータのダウンロ ード可能エリア

(2) 評価・検証方法

各ソリューションにおける機能に対し、評価・検証方法を記載する。

表 4-9 各ソリューションの機能に対する評価・検証方法

No.	検証項目	検証方法
課題 実証 ①	4K カメラの基本伝送品質	4K カメラの基本伝送品質を測定する。
	基地局当たりの 4K カメラ収容数 と 4K カメラ映像伝送可能エリア	基地局当たりの 4K カメラ収容数と 4K カメラ映 像伝送可能エリアを測定する。
	登山道における人流把握、及び軽装 登山者検知精度	登山道における人流把握、及び軽装登山者検知精 度を測定する。
	大型モニタから各モニタリング情 報 (落石、天候、人流等) を確認	ワークショップで大型モニタ表示状況とヒアリン グ結果。
	ローカル 5G のエリア拡張	異なるローカル 5G のシステム間の接続環境を構 築し、端末からの接続を確認する。
課 題	映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)	映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL) を測定 する。

実証 ②	基地局当たりのユーザ収容数と映像音声データ伝送可能エリア	基地局当たりのユーザ収容数と映像音声データ伝送可能エリアを測定する。
	高精細映像の基本伝送品質	高精細映像を確認する。
	高精細映像の伝送可能エリア	
課題 実証 ③	サイエンスビッグデータ(DEM等)のダウンロード伝送品質	サイエンスビッグデータ(DEM等)のダウンロード伝送品質を測定する。
	基地局当たりのサイエンスビッグデータ同時ダウンロード数とダウンロード可能エリア	基地局当たりのサイエンスビッグデータ同時ダウンロード数とダウンロード可能エリアを確認する。

各ソリューションの機能に対するアウトプットイメージを記載する。

表 4-10 各ソリューションの機能に対するアウトプットイメージ

No.	機能項目	アウトプットイメージ
課題実証①	4K カメラの基本伝送品質	4K カメラデータの伝送品質測定結果 スループット A [Mbps] パケットロス率 [%] 遅延 [ms]
	基地局当たりの 4K カメラ収容数と 4K カメラ映像伝送可能エリア	カメラ台数別の距離 D vs スループット、遅延のデータおよびグラフ
	登山道における人流把握、及び軽装登山者検知精度	AI 画像認識による通過者の人数検出および滞留検出精度 (3 人まとめて通過等)、並びに軽装服装検知精度
	大型モニタから各モニタリング情報 (落石、天候、人流等) を確認	大型モニタから各モニタリング情報の表示の確認
	ローカル 5G のエリア拡張	構築したネットワーク環境の構成図 接続ログ取得 関連する技術仕様、規格
課題実証②	映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)	音声通話+映像データ伝送品質測定結果 スループット B [Mbps] パケットロス率 [%] 遅延 [ms]
	基地局当たりのユーザ収容数と映像音声データ伝送可能エリア	距離 D vs スループットのグラフとユーザ収容数評価
	高精細映像の基本伝送品質	課題実証①のデータと同じ
	高精細映像の伝送可能エリア	
課題実証③	サイエンスビッグデータ (DEM 等) のダウンロード伝送品質	サイエンスビッグデータの DL 伝送品質測定結果 スループット C [Mbps] パケットロス率 [%] 遅延 [ms]
	基地局当たりのサイエンスビッグデータ同時ダウンロード数とダウンロード可能エリア	同時ダウンロード数別の距離 D vs DL スループット、遅延のデータおよびグラフ

(3) 実証結果及び考察

以下に実証結果を示す。

(ア) 課題実証①

- ・ 4Kカメラの基本伝送品質

表 4-11 4Kカメラの基本伝送品質

	DL(Mbps)	UL(Mbps)	遅延(ms)	パケットロス(%)
同期 TDD	212	150	38	0
準同期 TDD パターン 1	228	121	38	0
準同期 TDD パターン 2	211	152	35	0
準同期 TDD パターン 3	172	197	39	0

- ・ カメラ台数別の距離 D vs スループット、遅延のデータおよびグラフ

表 4-12 カメラ台数別の距離 D(m)に対する UL スループット (Mbps)

距離 D(m)	同期 5台	同期 10台	準同期 TDD パターン 1 5台	準同期 TDD パターン 1 10台	準同期 TDD パターン 2 5台	準同期 TDD パターン 2 10台	準同期 TDD パターン 3 5台	準同期 TDD パターン 3 10台
10	172	158	118	123	157	152	118	123
20	139	136	108	102	129	127	108	102
30	108	105	81.7	82.2	101	99.8	81.7	82.2
40	92.5	90.8	64.6	62.9	81.7	79.8	64.6	62.9
50	74.8	71.3	53.7	52	67.2	70.9	53.7	52
60	65.3	64.5	47.3	45.5	62.5	61.8	47.3	45.5
70	63.3	46.9	36.3	28.9	60.4	56.8	36.3	28.9
80	41.8	35.9	28.6	27	43.1	42.7	28.6	27
90	35	31	26.3	24.3	35.8	34.7	26.3	24.3
100	30.5	26.4	20.7	17.5	33.3	33.4	20.7	17.5
110	25.2	21.3	15.3	15.9	25.9	26.6	15.3	15.9
125	23.8	17.2	15.4	—	22.6	24.9	15.4	—

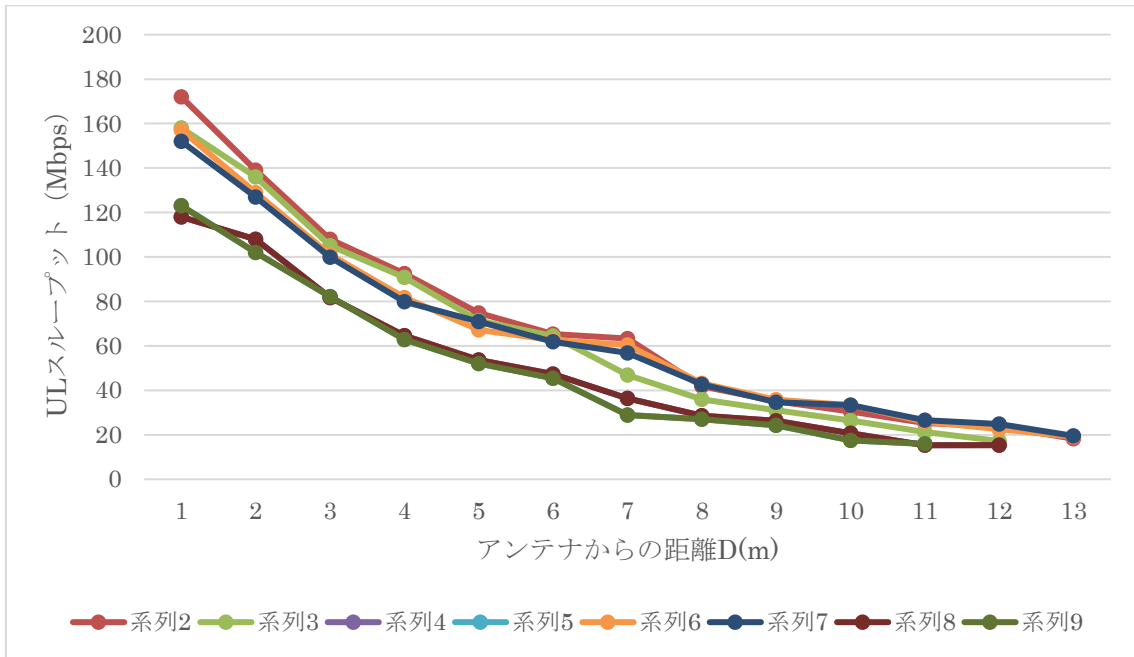


図 4-40 アンテナからの距離 D vs UL スループットグラフ

表 4-13 カメラ台数別の距離 D(m)に対する遅延 (ms)

距離 D(m)	同期 5台	同期 10台	準同期 TDD パターン 1 5台	準同期 TDD パターン 1 10台	準同期 TDD パターン 2 5台	準同期 TDD パターン 2 10台	準同期 TDD パターン 3 5台	準同期 TDD パターン 3 10台
10	38	44	44	45	38	45	32	48
20	41	41	48	35	40	37	32	48
30	41	42	51	42	46	45	42	44
40	32	53	41	37	34	32	54	60
50	41	35	39	48	38	42	39	56
60	43	37	34	41	38	38	38	39
70	35	39	37	46	37	41	47	47
80	35	39	40	51	40	49	32	53
90	39	35	42	47	50	49	33	44
100	34	40	50	57	45	48	36	55
110	48	45	42	44	47	49	40	56
125	39	62	52	—	38	47	51	80
140	48	—	—	—	52	51	—	—

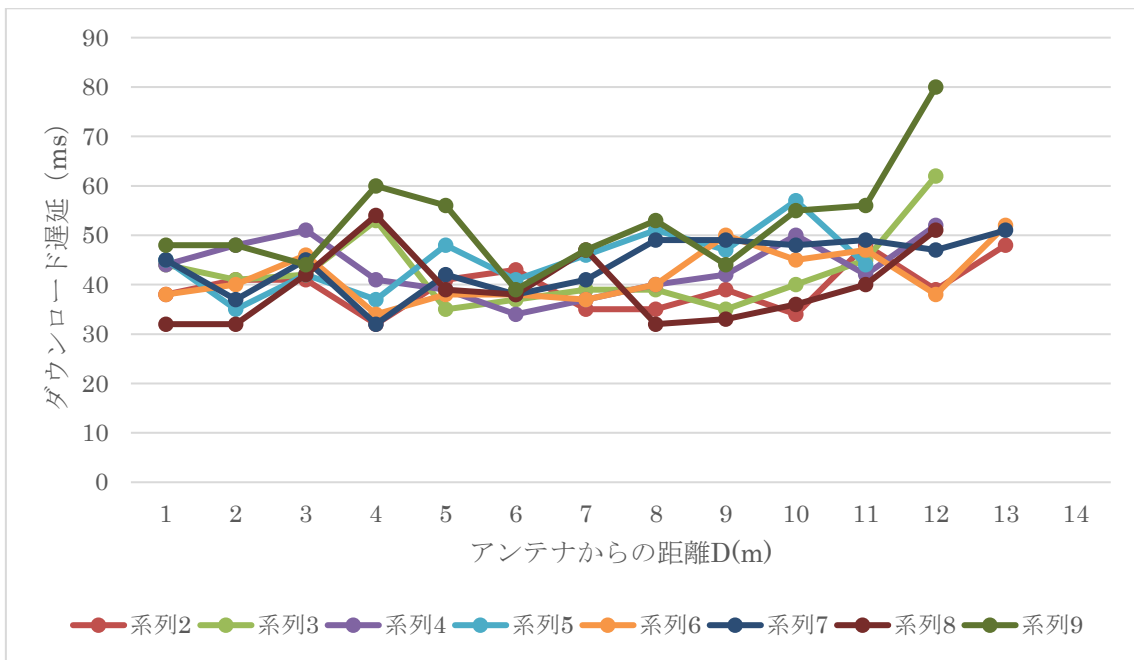


図 4-41 アンテナからの距離 D vs 遅延グラフ

- 登山道における人流把握、及び軽装登山者検知



図 4-42 人流把握と滞留検知

表 4-14 人数検出および滞留時間アラート発報検証結果

	1人ずつフレームイン		3人同時フレームイン	
	人数検出	滞留アラート	人数検出	滞留アラート
1回目	3人	発報	3人	発報
2回目	3人	発報	3人	発報
3回目	3人	発報	3人	発報
4回目	3人	発報	3人	発報
5回目	3人	発報	3人	発報

・ 軽装検知



図 4-43 軽装検知(複数名)

判定

男・長袖・長ズボン

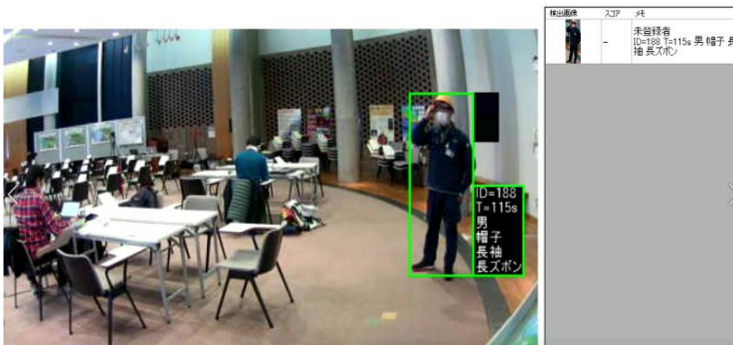


図 4-44 軽装検知(帽子、長袖、長ズボン)

判定

男、帽子・長袖、長ズボン



図 4-45 軽装検知(半袖、半ズボン)

判定

男、半袖、半ズボン



図 4-46 軽装検知(多数)

判定

女 (誤判定)、長袖

男、長袖、リュック (誤判定)、
長ズボン

表 4-15 軽装検知（属性検知）結果

	実際の服装	検出結果
ケース①	男、長袖、長ズボン	男・長袖・長ズボン
ケース②	男、帽子・長袖、長ズボン	男、帽子・長袖、長ズボン
ケース③	男、半袖、半ズボン	男、半袖、半ズボン
ケース④	男、長袖	女（誤検出）、長袖
（大人数）	男、長袖、長ズボン	男、長袖、リュック（誤検出）、長ズボン

- ・ 大型モニタから各モニタリング情報の表示



図 4-47 大型モニタから各モニタリング情報の表示



図 4-48 定点観測画面

4K カメラの基本伝送品質は、いずれの同期パターンにおいても 4K カメラ映像データを伝送するのに十分なスループットを得ることができた。また、ラボにおいて系にアッテネータを挿入することで疑似的に通信距離を延伸させる環境において、いずれの同期パターンにおいても、スループット 110m 相当環境までは良好な通信状態を確保できた。一部パターンでは 125m 相当を超える環境においても、通信状態を維持できた。また遅延についても同様に 110m 相当の環境まで一定範囲に収まっており良好な通信状態を確保できた。125m 相当を超えた段階でいずれのパターンにおいても遅延が悪化傾向を示した。以上より、本環境においてはおおむね 125m 程度までにおいて、十分な環境を提供できることが示された。

人流把握、軽装検知については、検証環境において、人流把握としては自然な動作をしながら一人ずつフレームインする場合、または 3 人同時にフレームインする場合、いずれのケースにおいても人数カウントを正しく検知することが可能であった。また、人数制限の閾値を超え検知後一定時間の後に滞留アラートを発報し、人数制限の閾値を下回った場合に滞留アラートを解除できている。このことより、本画像解析により一定の人数、集団の通過者人数および滞留の検出は可能であることが示された。軽装検知も自然な動作をしながらフレームインすることで、現在の属性を検知することができるが、多人数のケースにおいて、まれに性別やリュック有無の属性について誤検出が見られた。実際の登山者の服装や装備の属性は多彩であるため、より多くの学習期間を設けることさらに検出精度を上げていくことが可能と考える。

大型モニタにより表示については、ワークショップ参加者より十分に見やすいとの評価を得ており、今後人数カウントや落石記録・天候・人流表示などの利活用への期待感に対するコメントを得ている。

・ ローカル 5G のエリア拡張

本実証では、ローカル 5G 対応の端末（スマートフォン）を用いて、IIJ が構築するローカル 5G SA 側をホームネットワーク、東京大学が構築するローカル 5G SA 側をローミング先のネットワークとし環境の構築を行った。

それぞれのローカル 5G SA コアネットワーク環境を相互接続し、接続性を確認することで加入者の認証を IIJ 側のホームネットワークで実施し、データ通信は東京大学側のローミング先ネットワークから低遅延で抜けることができるローカルブレイクアウト形式を採用し実証を行った。

III Lab (Home Network)
(PLMN:440-03)

東京大学 (Visiting Network)
(PLMN:999-002)

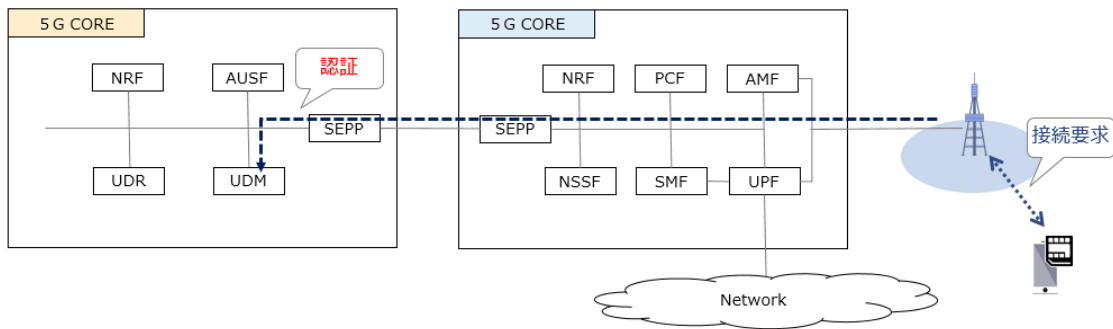


図 4-49 ローカル 5G SA 接続構成イメージ

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
15	222.178993708	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	277	[12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=2319 Ack=1180 Win=260 Len=209 TSval=2766200078 TSecr=327251934
16	222.216180015	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	283	50392 → 12356 [PSH, ACK] Seq=1180 Ack=2528 Win=293 Len=215 TSval=327251975 TSecr=2766200078
17	222.221289375	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	231	[TCP Previous segment not captured] 12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=3916 Ack=1395 Win=269 Len=163 TSval=2766200120 TSecr=327251975
18	222.221472536	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	1456	[TCP Out-Of-Order] 12356 → 50392 [ACK] Seq=2528 Ack=1395 Win=269 Len=1388 TSval=2766200120 TSecr=327251975
19	222.223610561	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	219	50392 → 12356 [PSH, ACK] Seq=1395 Ack=4079 Win=332 Len=151 TSval=327251983 TSecr=2766200120
20	222.234062116	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	194	12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=4079 Ack=1546 Win=277 Len=126 TSval=2766200134 TSecr=327251983
21	222.23633606	172.17.172.17	172.17.172.17	TCP	600	60000 → 43364 [FIN, ACK] Seq=43364 Ack=4306 Win=333 Len=63 TSval=327364006 TSecr=326336063

図 4-50 接続ログ (認証成功)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
23	222.240453977	172.17.172.17	172.17.254.1	TCP	183	50392 → 12356 [PSH, ACK] Seq=1978 Ack=4255 Win=332 Len=115 TSval=327252000 TSecr=2766200130
24	222.245453190	172.17.254.1	172.17.172.17	TCP	339	12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=4255 Ack=2093 Win=285 Len=271 TSval=2766200145 TSecr=327252000
25	222.246980320	172.17.172.17	172.17.254.1	TCP	188	50392 → 12356 [PSH, ACK] Seq=2093 Ack=4526 Win=353 Len=120 TSval=327252006 TSecr=2766200145
26	222.253078047	172.17.254.1	172.17.172.17	TCP	499	12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=4526 Ack=2213 Win=285 Len=431 TSval=2766200152 TSecr=327252006
27	222.254315221	172.17.172.17	172.17.254.1	TCP	542	50392 → 12356 [PSH, ACK] Seq=2213 Ack=4957 Win=375 Len=474 TSval=327252013 TSecr=2766200152
28	222.260730243	172.17.254.1	172.17.172.17	TCP	572	12356 → 50392 [PSH, ACK] Seq=4957 Ack=2687 Win=294 Len=504 TSval=2766200160 TSecr=327252013

図 4-51 接続ログ (接続完了)

本実証では、現状、キャリア同士の 5G SA 方式ローミングが実現されていない状況で富士山地域のように複数の自治体が連携された環境を想定し、異なるローカル 5G SA のネットワークの相互接続と認証を連携することで、1枚の SIM カードで相互のネットワークでの利用が技術的に実現可能であることを確認できた。

本技術を活用することで運営事業者が異なるローカル 5G エリアを相互に活用することができ、利用エリアの拡張を行うことが可能であること判った。

- 関連する技術仕様、規格
 - 3GPP TS 23.003 (V15.2.0 以降) Numbering, addressing and identification
 - 3GPP TS 23.501 (V15.2.0 以降) System Architecture for the 5G System
 - 3GPP TS 25.501 (V15.2.0 以降) Non-Access-Stratum (NAS) protocol for 5G System (5GS)
 - 3GPP TS 29.500 (V15.2.0 以降) 5G System; Technical Realization of Service Based Architecture
 - 3GPP TS 29.502 (V15.2.0 以降) 5G System; Session Management Services
 - 3GPP TS 29.503 (V15.2.0 以降) 5G System; Unified Data Management Services
 - 3GPP TS 29.509 (V15.2.0 以降) 5G System; Authentication Server Services
 - 3GPP TS 29.510 (V15.2.0 以降) 5G System; Network Function Repository Services
 - 3GPP TS 29.518 (V15.2.0 以降) 5G System; Access and Mobility Management Services
 - 3GPP TS 29.531 (V15.2.0 以降) 5G System; Network Slice Selection Services
 - 3GPP TS 29.573 (V15.2.0 以降) 5G System; Public Land Mobile Network (PLMN) Interconnection
 - 3GPP TS 35.205 (V5.0.0 以降) 3G Security; Specification of the MILENAGE algorithm set:
 - An example algorithm set for the 3GPP authentication and key generation functions f1, f1*, f2, f3, f4, f5 and f5*; Document 1: General
 - 3GPP TS 33.501 (V15.2.0 以降) Security architecture and procedures for 5G system
 - GSMA 5GS Roaming Guidelines Version 4.0

(イ) 課題実証②

表 4-16 映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)

同時5台接続	スループット(Mbps)		ダウンロード		アップロード	
	DL(Mbps)	UL(Mbps)	遅延(ms)	パケットロス率(%)	遅延(ms)	パケットロス率(%)
10	156	183	0.768	0.00%	3.298	0.00%
20	160	140	0.583	0.00%	2.593	0.00%
30	144	123	0.691	0.00%	3.183	0.00%
40	132	99.7	0.797	0.00%	3.758	0.00%
50	129	76.1	0.365	0.00%	1.652	0.00%
60	120	70.5	0.54	0.00%	3.028	0.00%
70	121	68.9	0.827	0.00%	3.101	0.00%
80	125	35.7	0.815	0.00%	3.576	0.00%
90	69.4	33.7	0.824	0.00%	4.418	0.00%
100	59.5	28.4	1.104	0.00%	4.633	0.00%
110	66.3	24.1	1.182	0.00%	4.567	0.00%
125	55.1	12.8	1.939	0.00%	8.849	0.00%
140	60.4	5.65	4.824	0.00%	25.293	0.00%

- 距離 D vs スループットのグラフとユーザ収容数評価

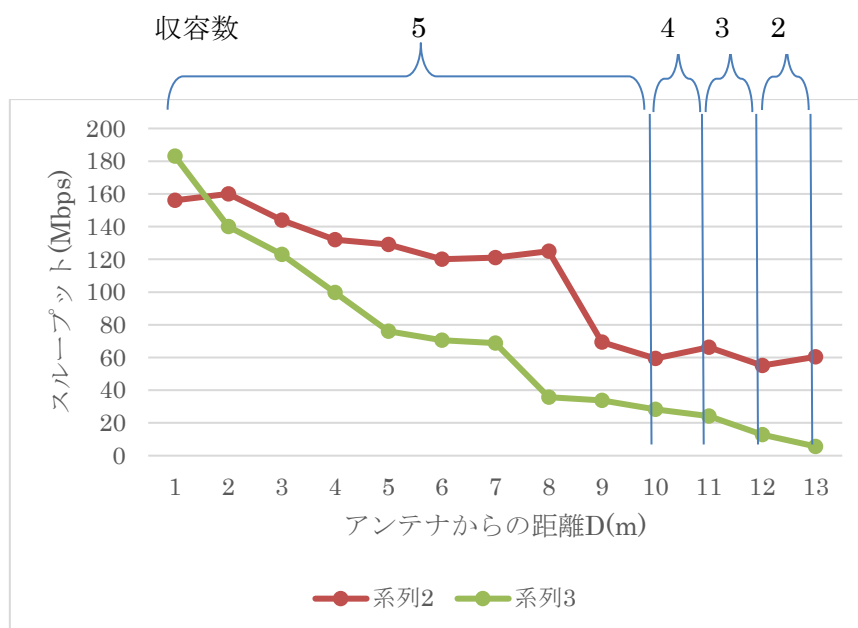


図 4-52 距離 D vs スループットのグラフとユーザ収容数評価

- 高精細映像の基本伝送品質

課題実証①の実証結果を参照

- 高精細映像の伝送可能エリア

課題実証①の実証結果を参照

課題実証①と同様に、ラボにおいて系にアッテネータを挿入することで疑似的に通信距離を延伸させる環境において、1基地局に最大5台のデバイスが繋がると想定したトラフィック量（最大 DL50Mbps、UL25Mbps）の確保という観点で、100m相当以上において伝送品質が確保できることが確認できた。さらに、デバイスを減数させることで、最大140m相当においても十分な通信が可能であることが確認できた。

(ウ) 課題実証③

表 4-17 サイエンスビッグデータの基本伝送品質

	DL(Mbps)	UL(Mbps)	遅延(ms)	パケットロス(%)
同期 TDD	213	154	45	0
準同期 TDD パターン 1	256	132	42	0
準同期 TDD パターン 2	218	170	45	0
準同期 TDD パターン 3	149	178	59	0

- ・ 同時ダウンロード数別の距離 D vs DL スループット、遅延のデータおよびグラフ

表 4-18 同時ダウンロード数別の距離 D(m) vs DL スループット(Mbps)

距離 D(m)	同期 1台	同期 5台	同期 10台	準同期 TDD パ ターン 1 1台	準同期 TDD パ ターン 1 5台	準同期 TDD パ ターン 1 10台	準同期 TDD パ ターン 2 1台	準同期 TDD パ ターン 2 5台	準同期 TDD パ ターン 2 10台	準同期 TDD パ ターン 3 1台	準同期 TDD パ ターン 3 5台	準同期 TDD パ ターン 3 10台
10	213	207	190	256	267	264	218	218	215	149	144	145
20	208	208	205	263	248	261	218	215	214	143	136	144
30	209	202	209	269	262	252	214	214	216	124	141	118.3
40	210	202	204	264	264	257	216	215	214	114	132	108
50	207	202	194	259	263	260	220	214	212	108	128	95
60	201	200	204	261	270	258	216	212	208	110	124	93.6
70	206	197	198	258	262	232	213	213	205	106	126	96
80	199	195	197	247	246	239	210	208	207	125	123	110
90	190	198	201	248	226	235	210	206	—	125	136	125
100	186	179	27.5	243	221	219	210	206	—	129	128	110
110	196	185	15.7	243	232	218	207	202	—	121	137	103
125	189	180	16.7	238	—	—	186	200	—	—	—	134
140	—	170	—	—	—	—	—	204	—	—	—	138

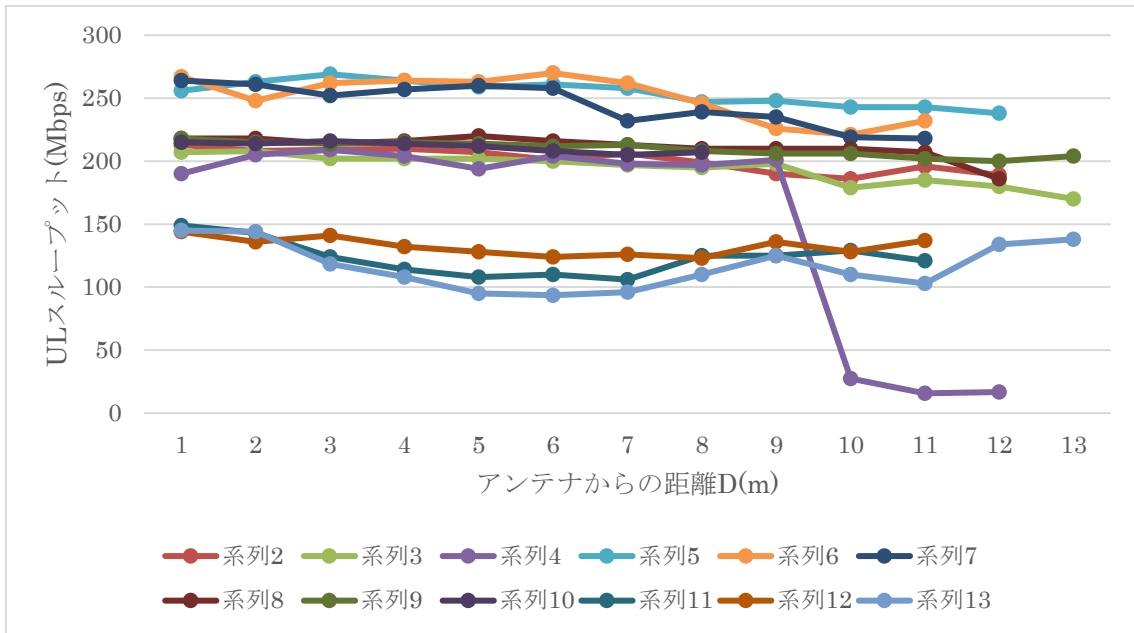


図 4-53 同時ダウンロード数別の距離 D vs DL スループットグラフ

表 4-19 同時ダウンロード数別の距離 D vs 遅延(ms)

距離	同期	同期	同期	準同期	準同期	準同期	準同期	準同期	準同期	準同期	準同期	準同期
	1台	5台	10台	TDD パターン 1 1台	TDD パターン 1 5台	TDD パターン 1 10台	TDD パターン 2 1台	TDD パターン 2 5台	TDD パターン 2 10台	TDD パターン 3 1台	TDD パターン 3 5台	TDD パターン 3 10台
10	45	58	54	42	58	77	45	65	70	59	60	63
20	36	57	62	41	63	84	45	56	64	60	54	87
30	33	61	71	37	53	85	40	54	65	67	65	84
40	43	58	56	34	63	97	39	48	77	74	53	124
50	77	57	53	38	56	67	39	59	70	60	61	81
60	41	57	62	42	39	47	42	51	48	75	63	73
70	49	65	57	36	46	68	44	66	69	68	60	173
80	38	65	68	46	59	67	53	59	68	77	60	76
90	41	61	74	37	63	64	42	66	—	76	77	78
100	37	71	56	37	66	61	49	65	—	85	68	69
110	41	64	71	50	60	69	38	75	—	73	73	80
125	40	74	81	35	—	—	40	71	—	—	—	82
140	—	88	—	—	—	—	—	73	—	—	—	95

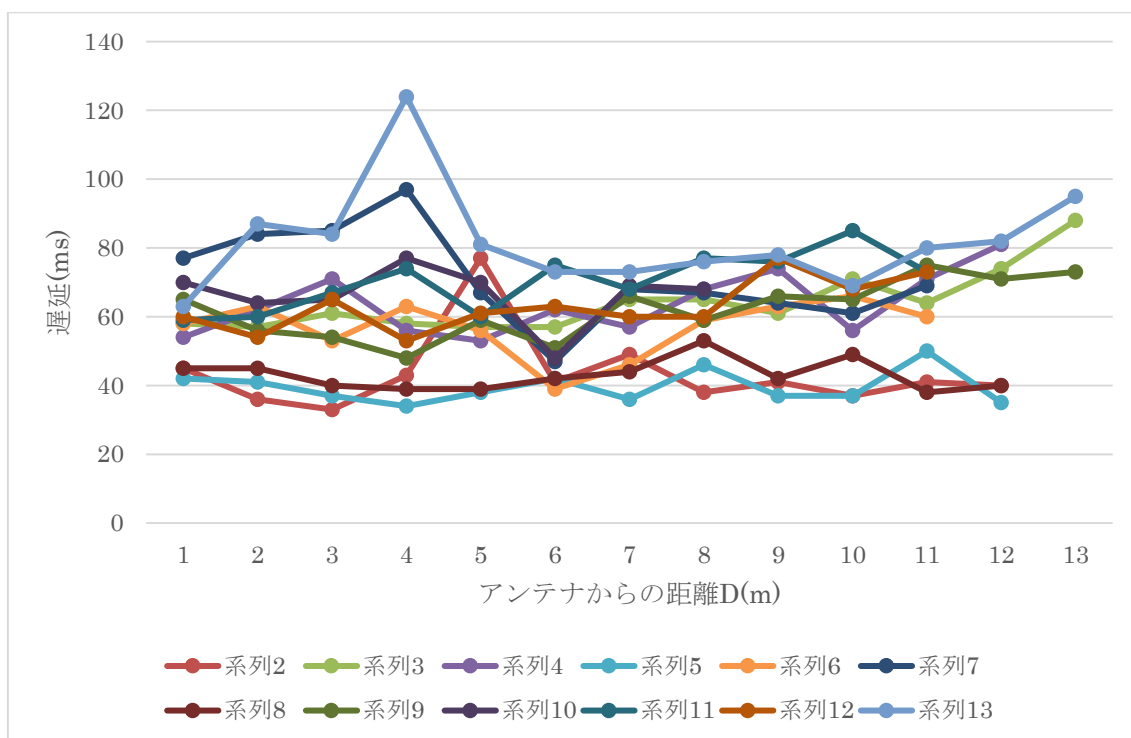


図 4-54 同時ダウンロード数別の距離 D vs 遅延グラフ

課題実証①と同様に、ラボにおいて系にアッテネータを挿入することで疑似的に通信距離を延伸させる環境において、いずれの同期パターンにおいても、十分なスループットが得られている。また、同時ダウンロード数を1、5、10の各パターンにおいて検証した結果、あるパターンにおいて異常値が見られたが、その他各組合せ、パターンにおいては概ね 110m 相当まで十分なスループット特性、遅延特性を得ることができた。

4.4.1.3 運用検証

(1) 評価・検証項目

各ソリューションにおける目指す運用に対し、評価・検証する項目を記載する。

表 4-20 各ソリューションの運用に対する評価・検証項目

課題 No.	ソリューション名	運用に対する評価・検証項目
課題実証 ①	【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	システム運用者が運用するにあたり、十分なマニュアルが存在し、ユーザインターフェースから問題なく運用ができることを評価する
課題実証 ②	【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	
課題実証 ③	【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	

(2) 評価・検証方法

各ソリューションにおける目指す運用に対し、評価・検証した方法を記載する。

表 4-21 各ソリューションの運用に対する評価・検証方法

課題 No.	ソリューション名	運用に対する評価・検証方法
課題実証 ①	【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	5名の運用者が ^{注)} 、運用内容に関する評価表に基づき運用の容易性を評価表により評価を行う。
課題実証 ②	【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	
課題実証 ③	【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	

^{注)} 実証内容体験型ワークショップにおける評価としたため、まん延防止等重点措置の適用を考慮し、評価する運用者の人数を当初予定人数から最小限に絞り実施。

各ソリューションにおける目指す運用に対し、評価・検証したアウトプットを整理する。

表 4-22 各ソリューションの運用に対する評価・検証のアウトプット

課題 No.	ソリューション名	運用に対する評価・検証結果のアウトプット
課題実証 ①	【情報収集】 危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	5名程度の運用者 ^{注)} が運用容易性を評価した評価表（アンケート等）。
課題実証 ②	【情報交換】 迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	
課題実証 ③	【サイエンスビッグデータ情報共有】 ローカル5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	

注) 実証内容体験型ワークショップにおける評価としたため、まん延防止等重点措置の適用を考慮し、評価する運用者の人数を当初予定人数から最小限に絞り実施。

(3) 実証結果及び考察

(ア) 課題実証①

ワークショップで得たアンケート結果を以下に示す。

表 4-23 課題実証①アンケート結果

Q1: 本アプリケーションを利活用するとして満足されましたか。(n=5)

①非常に満足している	0人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	3人
④あまり満足していない	1人
⑤まったく満足していない	0人

Q2: Q1の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none">・ 軽装検知の精度がアマかった・ 現実的に使えるイメージがあまりわからなかった・ 機能はすごいと感じたが、現場で有効活用することを考えると、課題がある

Q3: 本アプリケーションの操作性は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい)(n=5)

①非常に満足している	1人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	3人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q4: Q3の理由を教えてください。(任意)

回答記入無し

Q5: 本アプリケーションの機能は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい)(n=5)

①非常に満足している	0人
②やや満足している	2人
③どちらともいえない	2人
④あまり満足していない	1人
⑤まったく満足していない	0人

Q6 : Q5 の理由を教えてください。(任意)

Q7:本アプリケーションで何が問題かと感じましたか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①必要とする機能が欠けている	1人
②視覚的に魅力がない	0人
③バグがあった	0人
④アプリケーションが止まった	0人
⑤使い方が難しい	1人
⑥その他	1人
⑦特になし	2人

Q8 : Q7 の理由を教えてください。(任意)

Q9 : 本アプリケーションでどれが 1 番良かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	2人
②機能	1人
③操作性	0人
④使用感	0人
⑤安定性	0人
⑥その他	0人
⑦特になし	2人

Q10 : Q9 の理由を教えてください。(任意)

Q11：本アプリケーションでどれが1番悪かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	0人
②機能	1人
③操作性	0人
④使用感	0人
⑤安定性	0人
⑥その他	1人
⑦特になし	3人

Q12：Q11の理由を教えてください。(任意)

回答記入無し

Q13：本アプリケーションについて共有するその他の情報(改善や要望)はありますか。(任意)

回答記入無し

(イ) 課題実証②

ワークショップで得たアンケート結果を以下に示す。

表 4-24 課題実証②アンケート結果

Q1：本アプリケーションを利活用するとして満足されましたか。(n=5)

①非常に満足している	2人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	2人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q2：Q1の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 通常時の利用であれば LINE や ZOOM で十分なので、何か 5G 的な物を考える必要がある ・ スピードと解像度が高く、有効活用できると感じた

Q3:本アプリケーションの操作性は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①非常に満足している	2人
②やや満足している	0人
③どちらともいえない	3人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q4: Q3の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ ほんの少ししか触らなかった

Q5:本アプリケーションの機能は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①非常に満足している	1人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	3人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q6: Q5の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 画像は綺麗だったが、時々止まっていた ・ 雨天時に使えるカメラだと現実的だと思った
--

Q7:本アプリケーションで何が問題かと感じましたか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①必要とする機能が欠けている	0人
②視覚的に魅力がない	0人
③バグがあった	0人
④アプリケーションが止まった	1人
⑤使い方が難しい	0人
⑥その他	0人
⑦特になし	4人

Q8: Q7の理由を教えてください。(任意)

回答記入無し

Q9：本アプリケーションでどれが 1 番良かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	2 人
②機能	0 人
③操作性	0 人
④使用感	0 人
⑤安定性	0 人
⑥その他	1 人
⑦特になし	2 人

Q10：Q9 の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 画質
--

Q11：本アプリケーションでどれが 1 番悪かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	1 人
②機能	1 人
③操作性	0 人
④使用感	0 人
⑤安定性	1 人
⑥その他	0 人
⑦特になし	2 人

Q12：Q11 の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 若干画像切替にラグがあった ・ 防水性？

Q13：本アプリケーションについて共有するその他の情報(改善や要望)はありますか。(任意)

回答記入無し

(ウ) 課題実証③

ワークショップで得たアンケート結果を以下に示す。

表 4-25 課題実証③アンケート結果

Q1: 本アプリケーションを利活用するとして満足されましたか。(n=5)

①非常に満足している	2人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	2人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q2: Q1の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none">・ 今後の展開に期待できる・ 希望があると感じた

Q3: 本アプリケーションの操作性は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい)(n=5)

①非常に満足している	2人
②やや満足している	1人
③どちらともいえない	2人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q4: Q3の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none">・ デザインがシンプルで良かった
--

Q5: 本アプリケーションの機能は満足されましたか。(番号に○を付けて下さい)(n=5)

①非常に満足している	3人
②やや満足している	0人
③どちらともいえない	2人
④あまり満足していない	0人
⑤まったく満足していない	0人

Q6: Q5の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none">・ 実際の災害時に情報提供出来るようになればより良い・ 2D、3Dで分かりやすかった

Q7:本アプリケーションで何が問題かと感じましたか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①必要とする機能が欠けている	1人
②視覚的に魅力がない	0人
③バグがあった	0人
④アプリケーションが止まった	0人
⑤使い方が難しい	0人
⑥その他	0人
⑦特になし	4人

Q8: Q7の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象情報等の話も入ると良い

Q9:本アプリケーションでどれが1番良かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	0人
②機能	1人
③操作性	1人
④使用感	0人
⑤安定性	0人
⑥その他	1人
⑦特になし	2人

Q10: Q9の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ デザイン
--

Q11:本アプリケーションでどれが1番悪かったですか。(番号に○を付けて下さい) (n=5)

①スピード	0人
②機能	1人
③操作性	0人
④使用感	0人
⑤安定性	0人
⑥その他	1人
⑦特になし	3人

Q12: Q11の理由を教えてください。(任意)

<ul style="list-style-type: none"> ・ モデルの表示のみなので、実際の噴火に合わせたデータ表示や避難経路の表示が欲しい ・ 噴火した場所が表示されると良い
--

Q13:本アプリケーションについて共有するその他の情報(改善や要望)はありますか。(任意)

回答記入無し

本アンケート結果より、運用検証に関する考察を以下に示す。

ユーザとして想定される山小屋経営者や登山道安全管理に携わる方々による擬似実証環境の体験ワークショップを実施し、意見交換のグループワークやアンケートを通してそれぞれの課題実証についての様々な意見があった。出された意見は概ね好評であったが、同時にユーザ目線での課題の指摘もあり、今後のシステム改良や、実装に向けて活かせるアイデアも出された。全ての課題実証についてアプリケーションの操作性・機能ともに全体的に高い満足度であるということがアンケート結果にも現れている。

課題実証①では、AIカメラについての期待もある一方で、判定精度への満足度が低いポイントもあった。今回は検知対象を幅広にしたが、運用上必要な検知対象に絞る学習効率を向上させることで、早期に判定精度の改善が見込める。具体例としてはAI検知した山の上のほう(例えば7合目や8合目など)の登山者の「本日の平均的な装備、服装」を登山口付近に表示させることで、入山時の服装やザックに入れる衣服などの判断材料として有効なレベルにおいて判定精度を向上させる。山の上のほうの天候は登山口からは把握できず、特に初心者は適切な服装の選択が難しいため、この取り組みにより登山者全体の安全性の向上、登山者自らの啓発、気づき、経験値向上が期待できる。また、グループワークにおいてAIの機能について詳しい解説があった後は実用段階でのカメラによる映像取得について実に様々な意見が出され、議論が白熱した。たとえば混雑具合や悪天候を登山者に伝えることで、混雑解消へ向けた人流のコントロールや無理な登山の抑制につなげることができる。AIによってゴミの検知ができる、連続的なモニタリングによって人為的な落石発生の多発ポイントの特定や、「霜」による落石発生メカニズムの解明やそういった知られていない事象の周知啓発につながる、といった副次的な多くの効果への期待が数多くあった。同時にこのことについては環境省からも、センサーカウンターによる登山者数の過小評価問題解決や外国人登山客の推定の問題、カメラ映像技術によるより多点でのカウントが実現することで、国立公園の環境保全への貴重なデータが得られるといった期待が寄せられている。

課題実証②についてはコミュニケーションツールによる高解像度の映像が転送できることへの期待があった。たとえば体調不良を訴える登山者の対応にリモート医療のようなことができれば、登山道安全管理上の課題である人員の少なさの解決にとって大きな助けとなる。具体的には、開山期間中、救護所が開設されているが、開山中すべての日程で医師が常駐しているわけではないこと、また、救護所から負傷場所等への移動に時間がかかることから、顔色や負傷部分を精細な画像で転送することにより、医師からの指示をうけて、より

迅速な応急処置ができる可能性があり、負傷者等の生存確率が向上することが期待できる。一方でそうした運用が安定してできるかどうかという観点から、一時的に映像が止まるといった転送安定性の問題や荒天時に利用できるかといった過酷な利用環境への不安意見も出された。このことは災害発生時に安定した利用ができるかという問題とも強く関連するが、参加者からは今回投入されたローカル 5G 基地局のポータビリティや山小屋に電力が供給されておらず発電設備によって電力を賄っていることは災害対応と相性が良いのはいか、有事の際に専用の回線が確保されているのは心強いという意見が出された。こうした観点からも、本実証で実施した無線と有線を重複させたネットワーク構築も重要であるという議論もあった。

課題実証③のサイエンスビッグデータによる情報提供には参加者からの特に強い興味とともに大きな期待があった。有事を想定した「火口の位置情報」、「避難経路の表示」や普段使いとして「気象情報の提供」など、実装をイメージした具体的な提案がいくつかあった。特に「火口の位置情報」の 3D 表示では、土地勘のない登山者が、自分の位置と火口の位置の関係を理解することに大きく寄与するとの期待が寄せられた。また、課題実証②のカメラ映像やそこから得られた情報の公開ツールとしての活用への期待もあった。

全体的には高速通信網への大きな期待とともに、5G ならではの活用の提案として重機による輸送運用の自動化といったものもあった。この技術も有事での安全な活動支援にも繋がる技術である。また、火山専門家の意見として、逆に山麓で確認できない山の状況を高解像度の映像とともに伝えてもらうことは、山麓地域の住民にとってこの上なく重要な情報であり火山噴火対応においてしばしば欠落している重要な情報であることから、火山防災上も画期的な課題解決となり得るというものがあった。一方で、こうした素晴らしい技術も適所でいかに効果的に運用していくかということが重要であるので、登山道の安全管理に携わる関係者による綿密な実用計画が重要になるという意見が出された。その他にも、高齢者や障害を持ち方々など、身体的に登山が不可能な方々に登山体験をさせたいという要望が以前からあるようで、例えば実際に登山している人のライブカメラ映像を活用したバーチャル登山など、本実証の取り組みには多様な効果が見込まれそうであるということが伺えた。

4.4.2 ローカル 5G を用いたソリューションの実装性に関する検証

4.4.2.1 ローカル 5G 活用モデルの構築・検証

本実証においては、冒頭に記載したように、課題実証、技術実証に加えて、国民視点で最も重要な公共安全に資するユースケースへの適用を含み、これまで公共安全への自営網通信の適用のサステナブルな運用の課題を解決する「自走モデル」の確立をめざした。このモデルの確立のために、以下を実施した。

本実証のシステムは富士山 DX モデルとして、ローカル 5G 活用モデル構築に向けて以下のような整理で検証を実施した。

表 4-26 ローカル 5G 活用モデルに関する整理事項

整理項目	検討項目	検証方法
想定される具体的な主体およびターゲット	活火山を観光地として保有する県や市町村	実証結果を踏まえ、コンソーシアムメンバーにて、自治体の観光収入による安全確保の自走モデルについて討議を行うことで、適用可能であるかコスト回収モデルを検証する。
対象システム (普及に資するソリューション、ビジネスモデル等のパッケージ)	【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム	活火山を管理するにあたり、リアルタイムに情報収集し、災害要因となる変化を可視化することが求められる。 その必要性から求められる要件（性能、機能、非機能要件）の整理とフィールドでの実測を基にした検証を行う。
	【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	活火山を管理するにあたり、平時、有事の情報交換を必要とする。 その必要性から求められる要件（性能、機能、非機能要件）の整理とフィールドでの実測を基にした検証を行う。
	【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	活火山を管理するにあたり、自治体や研究機関が保持するサイエンスデータは一般にデータサイズが大きく現場で閲覧できることを必要とされる。その必要性から求められる要件（性能、機能、非機能要件）の整理とフィールドでの実測を基にした検証を行う。
前提条件 (実証地域やユーザー等の固有な要因や実証環境との関係等)	急峻な山岳地帯におけるローカル 5G の電波伝搬	3.3.2 に記載の観点で山岳地帯における電波伝搬モデルの検証を行う。
標準モデル	機能要件、非機能要件 ネットワーク構成 業務運用フォロー 運用ノウハウ、実装方法、 手順運用等の役割、分担の在り方含む	本実証で構成したネットワーク構成、実装手法、ローカル 5G の機能要件、非機能要件と運用手法をドキュメントとして整理し、横展開が可能であるか検証、評価を行う。基本的にローカル 5G の実装については、システムインテグレータが行う事を想定している。
体制・事業スキームモデル	免許種類、免許人 ネットワーク、システム構築 運用等の役割、分担の在り方含む	ローカル 5G の免許種別は導入形態による、免許人は自己土地利用（建物所有者）のため自治体首長となる。 ローカル 5G 並びにネットワーク、各システムについてはシステム並びにソリューションベンダー、状況によりシステムインテグレータが一括提供する。

		運用、保守についてローカル 5G はシステム、ソリューション毎にベンダ保守があるが、状況によりシステムインテグレータが一括して提供する。 実証時のモデルをサンプル提示、説明を行う。
導入効果	課題解決等に資する導入効果、有用性について	富士山の安全・安心な観光を実現するにあたり、その管理をする山梨県、山梨県富士山科学研究所が導入効果、有用性を評価し、評価をシステムへフィードバックすることで導入効果、有用性を高める。
課題と対応策	技術面、運用面の課題と対策	有事の際に確実に動作する安定性検証、及び運用者のスキル向上が平時での運用中から実現できることを課題とし、その対策を検討する。

- ・ 想定される具体的な主体およびターゲット

本実証におけるソリューションは、活火山を観光地として保有する県や市町村を対象として、適用可能であるものの、コスト負担については各地域によって検討が進みにくい状況があると考ええる。

尾瀬のように、水の環境保全や発電用の水利整備などを電力事業者などが行っているような環境を除き、コストは国・自治体などが負担するか、登山者が何らかの形で負担するか
の2つ以外の選択肢は取り難いと考ええる。しかし、山岳地域の利用にあたっては、国や自治体を含んで多くのステークホルダーすることから、資金の捻出に際しては異なる立場からの様々な意見を集約して調整する必要がある。防災目的として、利用目的と用途が明確化されることで、比較まとまりは得やすいはずであるものの、来山者の少ない地域にあつては、費用対効果が得にくく、資金の捻出が困難になる。

- ・ 対象システム（普及に資するソリューション、ビジネスモデル等のパッケージ）

【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム

4.4.1.1 項（3）を参照

【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム

4.4.1.1 項（3）を参照

【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有

4.4.1.1 項（3）を参照

- ・ 前提条件（実証地域やユーザ等の固有な要因や実証環境との関係等）

富士山は単独峰で視認性がよいことから電波伝搬性が高い環境といえる。しかし、他の山岳では谷が多くより電波が届きにくい環境であることから、富士山以上に通信が脆弱であり、ローカル5G活用モデルへの需要はむしろ高い可能性がある。

入り組んだ地形の場合は、向かい合う山に基地局を設置するといった考え方などができるため、富士山周辺地域よりも電波の伝搬が容易となるケースもあり得る。

- ・ 標準モデル

本実証において用いたネットワーク・システム構成は、他の環境においても展開可能な、汎用性の高い構成となっていることから、システムそのものの横展開は比較的容易であると考える。しかし、設置する光ケーブルは埋設するなどの施工を行わなければ冬季に毎年流され、アンテナ設備なども破損する可能性が高いことから、システム・設備を維持・管理していくための主体が必須となる。また、システム・設備の維持・管理にあたっては、高いITリテラシーが求められることから、保守・運用についてはシステムインテグレータ等に委託することが現実的と考える。

- ・ 体制・事業スキームモデル

原則として、免許人は土地の所有者がなるとされている。自治体であれば首長が免許人となる。本実証においては、山梨県知事が免許人となっている。

横展開を考えると、山岳地帯は国立公園内であっても私人の所有する土地であることも多いことから、所有者が免許人になることは困難であるケースも多いと想定される。

そこで、ソリューションの実装にあたっての現実的な解決策として、運営事業者を置き、所有者から委任を受ける形で免許を取得すること等が考えられる。例えば、バスやロープウェイなどの交通系事業者が存在するような地域の場合は、交通事業者が所有者から委任をうけて免許を取得することが考えられる。

ただし、ネットワーク、システムの構築や運用・保守にあたっては、前述の通り高いITリテラシーが求められることから、システムインテグレータ等に委託することが現実的と考える。

- ・ 導入効果

総論として、通信インフラが脆弱な山岳地域や河川への対応という点では、本実証のソリューションは幅広く展開可能であり、高い効果が得られると考える。

今までは山岳地域の通信の脆弱性に対する問題・課題認識はあっても、明確な対応策がなかったために対処されてこなかった領域に対して、本ソリューションは課題解決に向けた新しい試みを行ったという意味でも価値がある。詳細は4.4.1.1項(3)を参照。

また、その他の効果として、登山者のプロフィールの活用も考えられる。例えば、画像分析によって登山者の服装の傾向に関する情報の提供を行うことで、地域振興に活かしたり、

マーケティング情報の提供サービスなどを行ったりすることが考えられる。また、こういった情報を活用して、新たな観光客を呼び込むといったアプローチも可能になる。

- ・ 課題と対応策

実証を通じて、富士山だけでなく、山岳地帯における共通の課題として、インフラ設備の設置・施工における問題・課題が明らかになった。

1点目として、ケーブル敷設においては作業員の高地順応性という観点が必要となる。個人差はあるものの、通常ネットワーク・システム構築を行う際には高地であることは考慮するポイントではないため、設置する場所の高度が高くなるほど設置・施工は困難になっていく。

対策としては、設置・施工にあたっては平地の作業と比べてゆとりのあるスケジュールを組み、現地や山麓での宿泊など、作業員の高地への順応を行うなどが考えられる。

2点目として、機器の選定においても平地とは異なる条件を考慮する必要があることが明らかになった。電源確保の困難さから、省電力な機器を選定する必要があることは当然のことながら、山小屋等へは人力で運搬する必要があることから、サイズ・重量にも配慮する必要がある。また、冬季の低温対策は機器の継続的な稼働のために必須の条件である。また、富士山を含め、冬季には山に立ち入れないケースも多いことから、可能な限り通信路の冗長化を行うとともに、メンテナンスフリーな機器選定、構成設計を行う必要がある。

対策としては、簡易ヒーターなどを活用して周辺温度を高めた上で、エアキャップや断熱材で機器の温度低下を防ぎながら機器の起動を行う。機器の起動後は、機器の自己発熱によって稼働が可能になる。

3点目として、現地への交通手段においても問題がある場合も想定される。富士山はスバルラインや林道があることによって登山道までの機材の搬送経路の選択肢が比較的あるが、他の山では必ずしもそうではないケースが多い。横展開を行う場合は、道路が整備されていることも一つの条件になり得ると考える。

平時の運用と運用者のスキル向上については 4.4.1.3(3)を参照。

(1) ソフトウェア基地局の活用によるインフラ低廉化の検討

本コンソーシアムメンバーでの議論においては、ローカル 5G のインフラは低廉化され、導入、メンテナンス費用を極力抑えて導入、運用可能であることが必須であり、ローカル 5G 活用モデルの構築、及び横展開において必須要件であると整理した。本技術実証で用いる基地局システムは、FLARE SYSTEMS が提供する 2000 万円以下の導入コストのものを用いた。

本ソリューションの実装にあたっては、導入にかかる費用は可能な限り低廉化する必要がある。先述の通り、山岳地帯へのインフラ整備にあたっては、ネットワーク・システムの設置・施工にかかる費用が多くなることが想定されることからローカル 5G にかかる基地局システムの低廉化については、今後も継続的に取り組みを進めていく必要があると

考える。

本実証で使用したシステムを含め、上記課題への対応への必要について、今後、「火山防災協議会」や「火山防災強化推進都道府県連盟」などでの報告などを通じて、他の自治体への普及展開を行っていく予定である。

(2) 自治体の観光収入による安全確保の自走モデルの検討

富士山にローカル 5G を整備し、山梨県がこれを実装、運用主体者となり、登山観光のライフラインとしての通信の脆弱性を解消し、このインフラを活用したサービス展開による課題解決の自走モデルを検討、検証を行った。

我々の提案するシステムでは、年間のメンテナンス費用は 3000 万円程度（インフラ保全 2000 万円、サービス利用 1000 万円）と試算される。そのため、以下の 3 つの仮説となるモデルを検討した。

なお、検討にあたっては、気象情報、落石情報、火山情報、避難ルートマップなどの情報提供を行う安全観光システムについて一つの基盤上で提供されることが PhaseFree なインフラとして価値があると想定し、山梨県が公のインフラとして管理することを前提としている。

登山者負担モデルおよびガイドサービスモデルでは、ユーザとなる登山者、山小屋従業員、安全指導センター救護活動員、ガイドなどに対してインフラを貸し出し、利用料を徴収することを想定し、山梨県がメンテナンス費用を確保する事を想定している。

自治体観光収入モデルでは、富士山の観光業による自治体収入（富士山の保全協力金等 1 億円規模）、ふるさと納税（富士吉田市 30 億円）等観光業からの年間 0.1% 程度のメンテナンス費用を導出するための課題と、施策整備の仮説検証を行う。これらの詳細化に加えて、新たな仮説を提案し、その検証を進めた。

(a) 登山者負担モデル

登山者は「自分は危険に合わない」と考えているため、保険に類するものに費用を支払うことを嫌う傾向がある。そこで、受益者による公平な負担という観点も踏まえて、現実的な課金モデルとしては、入山協力金など別の名目の費用の中に、ソリューションにかかるコストを含む形で徴収することが最も実現性が高いと考える。

富士山の場合、登山者の危険意識は特に低い傾向があり、レジャー感覚で登山をする方が多く、富士山にいても外部と連絡が取れて当たり前という認識を持っている。しかし、平地の観光地と異なるのは、実際に危難に遭ってしまった際には死亡するリスクさえある点である。富士登山者への危険に関する啓蒙は継続的に行っていく必要があるものの、直ちに費用の捻出につながることは考えにくい。

登山者も山においてトイレなどのインフラで費用が発生したり、食料などに対して平地よりも高い費用がかかったりすることについては理解がある。富士山の場合、登山者からの協力金を 1 人当たり 1000 円とする山小屋もあり、収支としては十分に成り立つ可能性がある。

しかし、他の山岳地域においては一般に入山協力金は寄付扱いとなっており、任意で支払うものとなっている。また、富士山で行われているような入山協力金という考え方は、現在のところ他の山岳地域においてはまだ一般的ではないことが多い。さらに、観光地として商業振興を推進している地域では課金することによる観光客の減少への懸念から、費用の徴収に対するネガティブな意見がある場合も多い。上高地などのごく一部の登山観光地で実験的に始められているが、登山者は通常、山に無料で入れるという認識を持っており、バスやケーブルカーなどの乗り物や山小屋などの支出機会があつてはじめて徴収が可能になる。

登山者へ安全に登山が出来る環境づくりにはコストが掛かる事を意識づけ（登山にはどのようなリスクがあり、そのリスク軽減にどのような活動がなされているかを情報発信する仕組みが重要）の上、登山者が納得し得る徴収の仕組みづくりにおいては、富士山も他の山岳地帯も共通の課題である。全国的に注目度が高く、他山岳地域への仕組みづくりに対して影響力が大きい富士山での取り組みは環境条件に差異があつたとして、他山に対する一つのモデルとして最も有効である。

(b) ガイドサービスモデル

ガイドサービスモデルにおいても、富士山と他の山岳地帯の事情が異なる。登山ガイドには、大きく分けて個人ガイドとツアーガイドの2種が存在するが富士山の場合は、全てのガイドが山小屋付きとなっている特殊な環境下にある。

ガイドから費用を徴収する場合、その負担は最終的にガイド料という形で登山者に転嫁されることになる。富士山では、登山者・観光客の数が増えすぎているという、他の山岳地域とは異なる課題を抱えていることから、入山協力金だけでなく、ガイド料等についても値上げが発生したとしても問題にならないどころか、むしろ入山者数の抑制という課題の解決策にもなり得る。実際、本実証においてワークショップに参加された山小屋関係者からも、「利便性が高まるのであれば、費用負担に対しても前向きに検討する余地はある」といった声もいただいている。

一方で、他の山岳地帯においては、個人ガイドはもとより、ツアーガイドにあつてもプレイヤー数が少なく、ガイド件数もさほど多くはないことから、費用のガイド料への上乗せは望みにくい。登山道の維持・管理にあつても山小屋や林業関係者のボランティアに頼っている地域も多いことから、ガイドサービスモデルによる自走については課題がある。この解決方法としては有料のガイドサービスを受けたときの登山者の価値を高めることが考えられる。例えば、有料のガイドサービスを受ける事で、単に登山をするということではなく、山の成り立ちやその特殊な植生等専門的なガイドによるその時間をより充実させること、また、地場の物を使ったお弁当の提供等考えられる。

(c) 自治体観光収入捻出モデル

富士山周辺地域では、防災目的ということを明言し、資金の用途を定めた上で、企業版ふるさと納税などを活用することの実現性は高いといえる。特に、ユネスコからの勧告に対しては地域が足並みをそろえて対応しようという機運があることから、推進もしやすい環境

が整っているといえる。

当然のことながら日本一の富士山地域と比較し、他の山岳地域において同様のモデルは成立しづらいと考える。特に、登山は他の観光に比べて地域にとって収益化しにくいという課題がある。それは、自治体に直接かかわる収益だけでなく、登山関係用品等についても同様のことがいえる。例えば、登山用の装備にしても、一度購入すれば何度も使いまわし、買い足し、買い替えの頻度はさほど高くない。また、食料なども持ち込みが多く、地域に収益が発生しないケースが多い。そのため、自治体にとっては、防災対策の必要性に対して、投資対効果が得にくい領域となっている。この事情を鑑みて他山岳地帯への適応を検討する必要がある。解決方法としては、まず登山における観光収入を増加させることが必要である。登山自体の価値を上げること、その魅力を存分に発信することが有効であると考え。次章において、ローカル5Gを活用したドローンの活用について記載するが、ローカル5Gの通信を使うことで、これまでは適応が出来なかったICTを適応することができ、その魅力の発信にも有効な手段となると考える。

(3) 自治体のローカル5G利活用における免許条件緩和提案の検討

- ・ テンポラリーな利用に関する免許取得条件の調査と新規提案

ローカル5Gを活用するユースケースにおいては災害などの緊急時に限らず、状況に応じてテンポラリーに基地局を設置してローカル5Gの運用を実施することが有効なソリューションになり得る。例えば、本実証の対象である富士山にソリューションを展開する場合、富士山全体をカバーできる数量の基地局を設置できれば理想的であるが、その場合の費用負担が大きすぎるため、重点エリアに絞った基地局設置計画にならざるを得ない。

一方で、観測や監視対象の状況は変化するため、基本重点エリアの整備に加えて、その時の状況に応じて臨機応変に設置場所を変更できる可搬基地局が準備できれば設備費用を増大させずに効率的にカバーエリアを構築するうえで非常に効果的であると考え。実際に本実証においても富士山の気象状況により、実証場所を変更することが必要となり、免許変更申請を実施することとなった。

現在のローカル5Gの免許制度においては可搬基地局に対応できる規定がない為、移動の度に免許申請を実施することになり、この要求にこたえることができないため、可搬基地局を実現するために必要な制度の追加を提案する。

現在、新世代モバイル通信システム委員会においては、新世代モバイル通信システム委員会のローカル5G検討作業班にてローカル5Gのより柔軟な運用に向けて①他者土地利用の考え方の再整理、②広域利用の検討、③免許手続きの簡素化の3つの視点で検討されており、早期の制度化が期待されている。例えば富士山エリアにおいては、その地理的特徴や、管理主体等に基づき土地をブロック化し、そのエリアの中で設置場所を変更できる運用ができれば、予測がつかない富士山の気象状況や、災害発生に依存せず柔軟なローカル5Gが可搬基地局として運用が可能である。

- ・ ドローンなどに搭載されるUEの利用

ローカル 5G を活用するユースケースとしてドローンの活用を望む声は多い。富士山においても、噴火活動の観測などにおいて既存のヘリによる映像伝送などの手段が用いられているが、コストがかかる上に噴火時には噴石などの危険を避けるために低高度で接近して観測することは困難である。このようなケースにおいても観測を可能にするのがドローンである。同様な選択肢として小型無人ヘリを活用する方法もあるが、そのコスト負担の大きさから気軽に採用できない選択肢である。ドローンであればそのコスト面からもより多くのケースに手軽に適用可能であることからローカル 5G のユースケースを拡大するうえで有力な選択肢となる。

下図はドローン、ローカル 5G を活用した富士山防災リアルタイムモニタリングシステムとして検討した構成である。

ドローンに搭載の UE により、ローカル 5G を上空で活用することで、ドローンを活用したモニタリングシステムの運用を下記のように進化させることを想定している。

現在：5G の上空利用が不可：ドローンに撮りためた映像はドローンが戻ってから確認する、若しくは現在利用が可能な 2.4GHz 帯、5GHz 帯の活用。但し、伝送速度が～数十 Mbps 程度であるため、高精細な映像がリアルタイムに確認が出来ない。

将来：5G の上空利用が可能：5G により大容量通信を可能とし、リアルタイムに高精細な映像を確認できる。例えば災害時等にドローンが帰還できなくとも被災状況の確認が出来る。

なお、下記写真は本実証で富士山において土砂崩れの危険があり、人が立ち入ることができないエリアをドローンで撮影した映像（切り抜き）である。地面の様子が分かるほどの高精細な映像の撮影が可能であり、防災、減災等の災害対策に有効であることを確認した。

将来的に考えられる構成

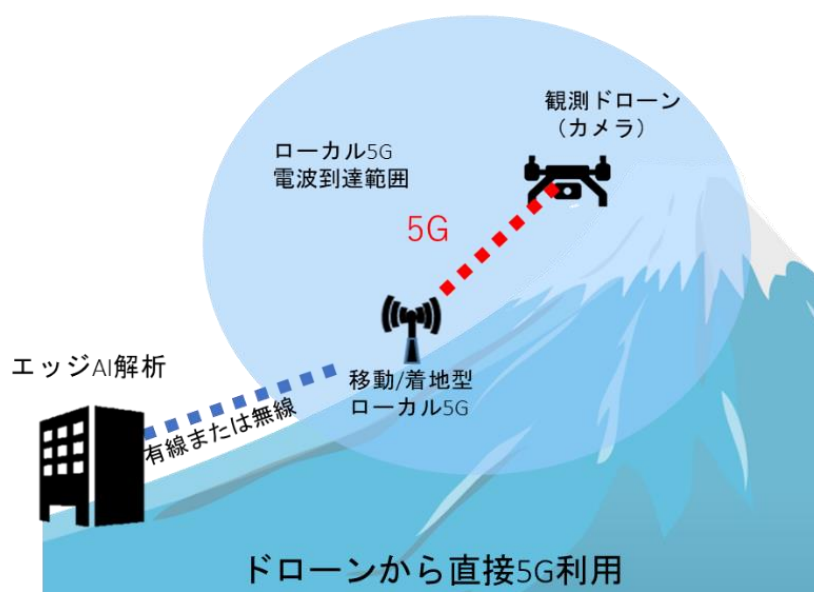


図 4-55 将来構成



図 4-56 富士山

携帯電話におけるドローンの活用については、情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会の上空利用検討作業班にて検討され、令和 2 年 12 月に、地表からの高度 150m 未満の空域かつ移動局が上空利用向けの送信電力制御機能を有することを条件に FDD 方式が採用されている指定された周波数帯で利用が可能になっている。しかしながらローカル 5G でも採用されている TDD 方式においては、ドローン等に携帯電話を搭載して電波を発射した場合、上空移動局の電波が遠方へ伝搬するにつれて伝搬遅延が生じ、同期タイミングが外れることで、遠方の地上移動局に干渉を与える遠方捕捉問題を解消する必要性が指摘されており、ローカル 5G の制度においてもさらなる検討が必要な状況と理解している。ローカル 5G 制度の特性から飛行範囲を制限するなどの条件が設定されたとしても非常に有効な活用手段であることに変わり無く、制度化検討の加速を提案する。

<p>【現在の運用条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高度150m未満 ・ 周波数帯:800MHz帯、900MHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯 ・ FDD-LTE方式 ・ 電力制御機能の具備 <p>(このほか、実用化試験局による運用もあり)</p>
<p>【新たな運用ニーズ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>高度150m以上</u> ・ <u>周波数帯:2.5GHz帯 他</u> (BWA、ローカル5Gも含めて検討。) ・ <u>TDD-LTE方式、FDD-NR(5G)方式 他</u>

図 4-57 新世代モバイル通信システム委員会の審議 上空利用拡大に向けた検討対象

- ・ 過疎地における干渉調整の簡素化

(1)通信事業者の公衆 5G の開設計画を参照することができれば、開設計画のない場所のローカル 5G との干渉調整の簡素化が実現できる可能性がある。

(2)ローカル 5G 同士の干渉調整も、申請がない地域に関しては把握できるため、その場合に限り調整を簡素化するなど可能性がある

特に、実際には敷設の予定がない事業者が、全国総通局に予定ありとして先行申請したことに起因して、後発の事業主体が申請した場合に、先行事業者と干渉調整を求められるケースが増えてきており、実際の敷設状況を確認した上で干渉調整をするなどの簡素化が考えられる。

本実証では富士山の特殊な環境における精緻化に取り組んだ。現在、様々な事業者が様々なロケーションで電波伝搬測定に取り組んでいる。これら結果を一元化しデータベース化することで、将来干渉調整をシステム化し、例えばロケーション、及び基地局のスペック等を入力することで、干渉調整が自動化できる仕組み、システムが実現できれば、ローカル 5G の導入検討、設計のフェーズの助けとなり、ローカル 5G の普及促進につながると考える。

4.4.2.2 普及展開方策の検討

普及展開には、本課題実証で得られた有効性・実装性を評価したうえで、下記 2 つの手法を通じてユースケース軸、ソリューション軸の両面から全国へのローカル 5G ソリューション活用を促進する。

- (1) 火山災害警戒地域への富士山 DX モデル展開
- (2) 5G ソリューション提供センター（仮称）へのソリューション登録

- (1) 火山災害警戒地域への富士山 DX モデル展開

- ・ 富士山 DX モデル普及に向けた発信

日本は 111 にのぼる活火山を有する世界有数の火山国であり、49 火山、23 都道府県、179 市町村が火山警戒地域として指定されている。火山警戒地域では専門家を交えた「火山防災協議会」を設置し、火山噴火災害対策を強化することが義務付けられており、当然、富士山においても富士山火山防災対策協議会が設置されている。

また、内閣府が主導で、他の火山地域の関係機関、火山専門家、火山防災エキスパート等と火山防災対策に係る優良事例や教訓等を共有するとともに、火山防災対策を進める上での共通課題について連携して解決策を検討することを通じて、火山防災協議会の設置推進と運営の活性化に寄与することを目的とし、火山防災協議会等連絡・連携会議が設置されている。

富士山というフィールドは日本最大級の活火山かつ登山者数を誇り、山岳地帯特有の課題抽出・課題実証において理想的な山である。富士山で抱えている課題の大多数は、他の観光活火山でも同様に課題として抱えている。例えば、災害時における関係機関の迅速なコミ

ユニケーション手法や、平常時の登山者への情報配信などは、通信インフラの脆弱性という共通の大課題のもとに、多くの活火山が課題として直面していることが火山防災協議会等連絡・連携会議の報告資料より謳われており、図 4-55 に示す携帯網の整備状況より事実として理解できる。

他山の携帯電波事情



図 4-58 他山の携帯電波状況（一例）

富士山 DX モデルは平常時における安全安心な観光の実現、災害時における火山防災対策の双方を満たすフェーズフリーの概念に基づいており、活火山におけるローカル 5G を活用した先進的な事例として、各市町村で構成される 49 の火山防災協議会への横展開・活用促進が実施できると考える。

全国の協議会関係者の連携強化の取り組み（火山防災協議会等連絡・連携会議等）

- 全国の火山防災協議会の中で、火山防災対策に係る取り組みに関する情報交換等を行うとともに、関係機関と火山防災対策を進める上での共通課題について連携して検討。
- 令和元年11月に火山防災協議会等連絡・連携会議（全国会議）を開催。99機関143名が参加し、各火山地域の火山防災対策における取組事例紹介、火山防災エキスパート等の有識者との意見交換、関係省庁からの情報提供等を行った。
- 平成29年度から新たな取り組みとして地域グループ等の会合を開催。令和元年度は融雪型火山泥流対策等をテーマに開催し、地域内で共通している課題の検討等を行った。
- 令和元年11月に火山専門家等の連携会議を開催。協議会の火山専門家等が参加し、専門家の連携を強化するとともに取組の共有等を行った。

全国会議について

- 平成24年から毎年1回開催。有識者との意見交換、グループ討論、現地見学、事例紹介等を実施。
- 第8回：令和元年11月18日（月）
99機関143名（市町村24名、都道府県28名、国の機関54名、火山防災エキスパート等有識者37名等）が参加。



有識者との意見交換



取組事例紹介

地域グループ等の会合について

令和元年度は、2テーマで開催。

- 新任者等グループ会合：令和元年5月20日（月）於：東京都
- 融雪型火山泥流対策に係るグループ会合：令和元年9月30日（月）
-10月1日（火）於：北海道

内容：活動火山対策特別措置法に基づく火山防災対策
火山防災に関する講話 等



火山地域における取組紹介



現地見学会

図 4-59 内閣府が設置する火山防災協議会等連絡・連携会議の概要

さらに、本コンソーシアムメンバーである山梨県においては、「火山災害警戒地域」に指定され、このような現状と問題意識を共有する都道府県が連携して、国に対し、火山対策についての国と地方公共団体の役割分担を明確化するとともに、緊急に整備すべき警戒避難体制等について、国による財政負担と法制度の整備を求めるため、令和元年7月23日に関係都道府県知事出席のもと、会議を開催し、「火山防災強化推進都道府県連盟」を設立した。

設立発起人である山梨県知事が連盟幹事として全23都道府県で構成されており、国、地方公共団体、公共機関、民間事業所等が一体となって、総合的かつ計画的にソフト・ハード両面の火山噴火への対策を推進している。

本連盟においても富士山DXモデルの横展開・活用促進を実施することにより、火山防災協議会に参加している市町村だけでなく、連盟23都道府県も含めての普及推進ができることを考える。

また、富士山DXモデルを横展開するにあたり課題となる、事業全体としての各都道府県の自走モデルの創出を検討するうえで、国からの補助金等の財政措置や法整備を各種関係省庁に対して要求し、本モデルの実現を強く推進することが可能である。



図 4-60 火山防災強化推進都道県連盟の設立

水平展開ターゲットとなる「火山防災協議会」および、補助金や法整備など自走モデルの創出に働きかける「火山防災強化推進都道県連盟」とともに、本コンソーシアムとして富士山 DX モデル普及に向けた調整・発信を具体的に下記スケジュールで取り組む。

- ・ 令和3年9月：富士山 DX モデル実証開始
- ・ 令和3年10月：富士山 DX 実証実施説明会（富士山5合目統合管理センター）

富士山火山防災対策の推進に向けた研究現地説明会

■ **日時・場所**
2021/10/23（土）14:00～16:00
5合目総合管理センター

■ **参加メンバ（敬称略）**
富士山研究所 吉本、本多、
山梨県防災局 深沢
東京大学 中尾
NESIC 飯田、久松、栃木
織田、川崎、竹澤、大石、大島、長谷川、久留

■ **メディア**
毎日新聞、山梨日日新聞、テレビ山梨
山梨県知事制作局広報

■ **コメント**
・ソフトウェア基地局の特長・構成・事例
映像AI検出機能の質疑があった。
・今後の実証での課題解決に向けられる期待を感じた。
メディア、県関係者を通じて地域課題や実証内容を
発信出来たことは非常に良い機会だった。（富士山研）

■ **説明会状況**

図 4-61 富士山火山防災対策の推進に向けた研究現地説明会

- ・ 令和3年11月：山梨県「火山灰堆積時における車両走行等の体験事業」出展

「火山灰堆積時における車両走行等の体験事業」対応報告

■主催
・山梨県防災局火山防災対策室

■期間・会場
・2021年11月4日(木)～7日(日)
山梨県、富士山研、東京大学
NESIC 竹澤、須賀、栃木、川崎、久留
・富士北麓公園大駐車場

■概要
「富士山噴火による正しいリスクを広く啓発する為
火山灰を敷詰めた駐車場で車両の走行体験」
今回は東京大学がR3年度総務省実証・富士山地域DX
「安全・安心観光情報システム」を紹介する

■出展内容
・FS製ソフトウェア基地局(アンテナ含む)
・ドローン
・R3年度総務省実証・富士山地域DX
「安全・安心観光情報システム」の実現概要パネル
<トピックス>
初日(11/4)はオリパラ・ワクチン担当大臣が訪問
東大中尾先生よりFS製基地局、R3実証について説明
体験事業には約150名来場







1 © NEC Networks & System Integration Corporation 2021

図 4-62 火山灰堆積時における車両走行等の体験事業

- ・ 令和4年3月：富士山 DX モデル実証成果発表
- ・ 令和4年4月：実証の有効性を踏まえ、火山防災強化推進都道府県連盟にて火山防災分野における富士山 DX モデルの普及および自走に向けた国への財政措置要求、調整開始
- ・ 令和4年11月：第11回火山防災協議会等連絡・連携会議にて情報展開

今後の展望

- ・ 令和5年3月：関係省庁による富士山 DX モデルの普及に向けた財政措置予算計上
- ・ 令和5年4月：展開モデル地区自治体における財政措置を前提とした予算計上
- ・ 令和5年度中：展開モデル地区自治体予算執行、富士山 DX モデル導入、効果測定

なお、本活動の狙いは以下と捉えている。今回の実証で実現するインフラ類が仮に恒久的な設備となり得るのであれば、即戦力データにおいては来年の登山シーズンよりその効果は現れると考えている。ただし、本実証期間内において恒久的な設備を構築することは、許認可にかかる期間が長期となること、および気象条件を考慮すると不可能であり、一部を除いて撤去(環境に配慮)する想定である。そのため、次年度にはこの設備は一部欠落するが、可能な限り接続が維持されるような設備の残し方を検討しつつ、本実証によって得られるローカル5G 高速通信による恩恵に関する知見を元に、火山防災協議会での連携活動も通じ、インフラ整備の道につなげることができれば、水平展開を考えたとき大きな成果になると考える。

- ・ 水平展開に向けて

富士山のように、観光地として認知されている山には、富士山と同様の問題が発生してい

る地域がある。例えば、上高地では散策路がそのまま登山道へとつながっているため、必要な装備をしないまま登山道に入ってしまう観光客がいる。そのほか、噴火警戒レベルの高い火山では、溶岩流などのシミュレーションなどは富士山と同様にニーズが高いといえる。しかし一方で、富士山などの、観光地として認知されている山を除いて多くの山岳地域では、登山者の数すら把握できていない現状がある。

本実証の結果を踏まえたコンソーシアムメンバーによる討議の結果、富士山 DX モデルの水平展開が比較的容易と考えられる地域の条件として、以下が挙げられた。該当する具体的な対象地域としてとして、北アルプスエリア全域、上高地、乗鞍、尾瀬、立山などが検討の中で挙げられている。

- ✓ 観光地化されており、来山者が年間を通じて多い
- ✓ 観光客と登山客が入り混じっている
- ✓ 山深くて電波が飛びにくい

その他、展開にあたっての重要な課題として、関連ステークホルダーとの調整が挙げられた。特に富士山は古くから霊峰として山岳利用がすすめられていたこともあり、ステークホルダーが非常に多く、本実証のような取り組みに対しても、実装にあたっては様々な立場からの意見集約を行う必要がある。

こうした課題はどのような山岳地域においても同様に発生する点であり、本実証のようなユースケースを示すことでステークホルダーの意見集約が容易になる可能性も高いことから、今後の継続的な取り組みと発信は特に重要になっていくと認識している。

特に、自治体観光収入捻出モデルの検討という観点からは、富士山では、登山者負担モデル、ガイドサービスモデルのいずれであっても成立し得るものの、他の山岳地域にあつては、登山者負担モデルが最も有効な現実解としての検討の対象となる。この点においても、関連するステークホルダーの利害調整が重要となるため、導入検討にあたっては、自治体などが主導的にリーダーシップを発揮する必要があると考える。

なお、地域によって関与するステークホルダーは大きく異なるが、代表的なものとして以下が想定される。

- ✓ 各省庁・行政（国・自治体）
- ✓ 交通事業者（有料道路やロープウェー、スキー場等を含む）
- ✓ 研究機関
- ✓ 地権者
- ✓ 山小屋、山小屋協会
- ✓ 林業事業者・林業組合
- ✓ 電力会社
- ✓ 通信事業者
- ✓ 登山者・観光客
- ✓ 住民・地域ボランティア

- ・ 他団体からの応用、利活用案について

本実証内容については、すでに富士吉田市産業観光部富士山課、富士吉田市企画部安全対策課富士山火山対策室や静岡県スポーツ・文化観光部文化局富士山世界遺産課と共有するとともに、特に今後の水平展開についての議論が進みつつある。富士吉田市富士山課とは運用資金の捻出に関する検討を行っているほか、火山対策室とはローカル5Gの運用全般について議論を交わしている。また、静岡県とは登山安全に関わる事業について両県協力の上での展開の具体的な内容について調整が始まっている。特に静岡県は、今回の実証モデルの中でもデータ共有の仕組み全般に大きな関心を寄せており、同規格での静岡県側への展開を希望している。

富士山や御嶽山、那須岳において火山防災のための人流把握に取り組む富士山チャレンジプラットフォームは、富士山通信環境の改善に大きな期待を寄せるとともに、ローカル5Gの枠組みを活かした新たな取り組みのひとつとして、この静岡県の取り組みに参画を予定している。富士山においても益々取り組みを強化していく予定で、今後は本実証の内容実装に向けて富士山チャレンジプラットフォームとも共同で取り組んでいくことになる。

環境省においては昨今「国立公園満喫プロジェクト」として国立公園の利活用と環境改善の取り組みを始めている。彼らが国立公園で抱える課題のひとつである人流の把握とオーバーユースのコントロールによる環境保全のために、本実証で実施したAIカメラシステムによる人流カウントに大きな期待を寄せる。これは、センサーによる人のカウントは重なって移動する複数人を分離できないことにより過小評価してしまう一方で、人力による正確な人数カウントには人件費と労力が大きいという問題を解決できる可能性に着目したものであり、既存のカウンターと本実証で用いたシステムとの併用による実験などが望まれている。

(2) 5Gソリューション提供センター（仮称）へのソリューション登録

総務省が検討している図4-61 総務省が進める5Gソリューション提供センター（仮称）に以下のソリューションを登録することにより、パッケージにした「サービスセット」、単品としての「ツールやサービスパッケージ」として、広くローカル5G開発実証の成果の展開等、ユーザの5Gソリューションの円滑な導入支援及び共創環境の整備が可能であると考えられる。

- ・ 山岳地向け安全・安心な登山観光を実現する「富士山DXシステム」サービスセット
 - ✓ 山岳地におけるローカル5G実装セット（基地局、端末、無線設計、免許申請）
 - ✓ 安全・安心モニタリングシステム（4Kカメラ、4Kカメラ映像集約のモニタリングシステム）
 - ✓ ローカル5Gコミュニケーションシステム（音声、映像コミュニケーションを制御するコミュニケーションサーバ）
 - ✓ 5Gエッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有システム（5Gエッジコンピュータと大容量データを配信するアプリケーション）

また、これら各々単品としてツールやサービスパッケージとして展開が可能であると考えられる。例えば、本実証において構築したヤマレコアプリを使って、「5Gエッジコンピューテ

イングによる大容量データの低遅延共有システム（5G エッジコンピュータと大容量データを配信するアプリケーション）」については、パッケージサービスとして提供すること自体は技術的に可能である一方で、富士山以外の山岳地域において、実際の需要がどの程度あるかという点は確認が必要と考える。

5Gソリューション提供センター(仮称)構想について

- ポストコロナ時代においてDXが急速に進捗しつつある中で、DXを支える5Gやローカル5G（5G等）や5G等を基盤とした産業用ソリューション（5Gソリューション）の整備・導入の重要性が飛躍的に高まっている。
- 5G等が産業現場で真に実装されるためには、現場を持つユーザー企業自らが、様々なICT事業者と密接に連携しつつ、5Gソリューションを中心に5G等を徹底的に検証し、使いこなすことができる構築が必要。
- 総務省は、様々なICT事業者等が参画する5Gソリューションの提供枠組み（5Gソリューション提供センター（仮称））を立上げ、ローカル5G開発実証の成果の展開等、ユーザー企業の5Gソリューションの円滑な導入支援及び共創環境（様々な主体を繋げるハブ機能）の構築を行う。



図 4-63 総務省が進める 5G ソリューション提供センター（仮称）の構想

4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

ローカル 5G 活用モデルの実現や実装に係る課題について実証期間中より実証目標と実証結果を適宜比較した。

表 4-27 実証目標と実証結果の比較（課題実証①）

ソリューション名	目指す効果	検証カテゴリ	評価・検証項目	検証方法	実証実施事項	未達事項の有無
【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システムの構築	収集した画像の解析により、環境情報のリアルタイムモニタリング（天候の状況把握、登山者の状況把握、落石等の災害予測）ができるようになる またモニタリングの状況を大型モニタに映しだし登山者が確認できるようにする。	効果検証	遠隔監視映像のローカル 5G によるアップロード収集が可能であること	天候の状況把握及び落石等の災害要因解析用の 4K カメラによる映像が 5 合目で収取可能であることを確認する。	実証環境 No②において、固定カメラ映像データをアップロード・収集し、ディスプレイ画面にて確認	無し
			落石の要因解析の可能性評価	落石頻発地点における固定カメラによる映像配信が可能であり、どのくらいの大きさの落石が可視し得るか配信した映像から評価する。将来 AI により、自動検知が可能であるか検討を行う。	上記で収集したデータより、可視可能な岩石のサイズを評価し、将来の自動検知可能性について考察	無し
			登山道における人流、及び軽装登山者の検出	登山者の状況把握用の高精細映像が 5 合目で収集可能であることを確認し、その画像の解析により通過者人数の自動計数、及び軽装登山者の検知が可能であることを確認する。	富士山現地環境の制約（天候、閉山時期）から、現地では富士山五合目における人流・滞留検知および実証環境 No②において高精細映像の収集が可能であることまでを確認。実証環境 No⑤ラボ環境において、通過者人数計測、軽装検知詳細検証を実施。	無し
			大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）モニタリング情報を確認できること	大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）を確認できる併せて登山者からこの情報について効果（有効性）のアンケート調査を行う。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、大型モニタに表示させ実証の一連の説明、体験をした上で、ステークホルダーより大型モニタ表示の有効性についてヒアリング実施	無し
		機能検証	4K カメラの基本伝送品質	4K カメラの基本伝送品質を測定する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、基本伝送品質データを測定	無し
		基地局当たりの 4K カメラ収容数と 4K カメラ映像伝送可能エリア	基地局当たりの 4K カメラ収容数と 4K カメラ映像伝送可能エリアを測定する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、各パターンでの同時カメラ接続台数別の距離 D(m) に対するスループット、遅延を測定し、グラフ化	無し	

ソリューション名	目指す効果	検証カテゴリ	評価・検証項目	検証方法	実証実施事項	未達事項の有無
			登山道における人流把握、及び軽装登山者検知精度	登山道における人流把握、及び軽装登山者検知精度を測定する。	通過者人数および滞留検出は実証環境 No⑤ ラボにおいて、服装検知は実証環境 No④ ワークショップにおいて検出精度の評価	無し
			大型モニタから各モニタリング情報（落石、天候、人流等）を確認	ワークショップで大型モニタ表示状況とヒアリング結果。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、大型モニタに表示させ実証の一連の説明、体験をした上で、ステークホルダーより大型モニタ表示の有効性についてヒアリング	無し
			ローカル 5G のエリア拡張	異なるローカル 5G のシステム間の接続環境を構築し、端末からの接続を確認する。	実証環境 No⑥において、構築した異なる複数のローカル 5G システム間において、端末からの接続を確認	無し
		運用検証	システム運用者が運用するにあたり、十分なマニュアルが存在し、ユーザインターフェースから問題なく運用ができることを評価する	5名の運用者が ^{注)} 、運用内容に関する評価表に基づき運用の容易性を評価表により評価を行う。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、ステークホルダーにヒアリングおよびアンケートを実施し評価、考察	無し

^{注)} 実証内容体験型ワークショップにおける評価としたため、まん延防止等重点措置の適用を考慮し、評価する運用者の人数を当初予定人数から最小限に絞り実施。

表 4-28 実証目標と実証結果の比較（課題実証②）

ソリューション名	目指す効果	検証カテゴリ	評価・検証項目	検証方法	実証実施事項	未達事項の有無
【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム	円滑な情報交換の観点で、山小屋、ガイド（パトロール）、山梨県、山梨県富士山科学研究所の協力者を同時接続し、映像及び音声によるコミュニケーション手段を確立する	効果検証	UI の観点で Zoom との比較によるコミュニケーションツールとしての使いやすさの検証	本実証で使用するコミュニケーションツールと ZOOM とで同等機能ごとに本ユースケースにおける使いやすさを比較し結果を報告する。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、ステークホルダーに操作感に関するアンケートを実施し評価、考察	無し
			アンケート調査による利用感の検証	現場（山小屋、ガイド）、管理側（山梨県、山梨県富士山科学研究所）各々から使いやすさに関するアンケート調査を実施し、結果を整理して報告する。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、ステークホルダーに操作感に関するアンケートを実施し評価、考察	無し
			カメラの映像を映し、現場状況を伝えるに十分な画質であるか検証	どれだけ距離が離れたところにいる人を確認できるかをローカル 5G エリアにて 10 個所以上測定する。	富士山現地環境の制約（天候、閉山時期）から、現地では実証環境 No②において映像に人が映っていることが視覚的に把握できることまでを確認。実証環境 No⑤ ラボ環境において、基地局からの距離に対する基本品質を測定	無し
		機能検証	映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)	映像音声データの基本伝送品質 (UL/DL)を測定する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、基本伝送品質データを測定	無し
			基地局当たりのユーザ収容数と映像音声データ伝送可能エリア	基地局当たりのユーザ収容数と映像音声データ伝送可能エリアを測定する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、各パターンでの距離 D(m)に対するスループットを測定、グラフ化し、距離に対する収容可能数を評価	無し
			高精細映像の基本伝送品質と高精細映像の伝送可能エリア	高精細映像を確認する。	課題実証① 4K カメラの基本伝送品質に同じ	無し
		運用検証	システム運用者が運用するにあたり、十分なマニュアルが存在し、ユーザインターフェースから問題なく運用ができることを評価する	5 名の運用者が ^{注)} 、運用内容に関する評価表に基づき運用の容易性を評価表により評価を行う。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、ステークホルダーにヒアリングおよびアンケートを実施し評価、考察	無し

注) 実証内容体験型ワークショップにおける評価としたため、まん延防止等重点措置の適用を考慮し、評価する運用者の人数を当初予定人数から最小限に絞り実施。

表 4-29 実証目標と実証結果の比較（課題実証③）

ソリューション名	目指す効果	検証カテゴリ	評価・検証項目	検証方法	実証実施事項	未達事項の有無
【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量データの低遅延共有	エッジクラウドに蓄積されたハザードマップに代表されるデータを、3 次元以上の高次元にて可視化し、現場の位置と紐付けて、様々なハザードの予測をわかりやすく可視化することで現場の要員が現状把握しやすくする。	効果検証	Google Map 等にオーバーレイされたハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションの確立	山梨県富士山科学研究所の画像処理技術を活用しハザードデータを 3 次元で可視化するソリューションを確立し、実際に可視化が可能であることを確認する。	実証環境 No④ ワークショップ構築環境において、ブラウザ上の地図にハザードマップを重ね合わせ表示	無し
			高次元データの可視化ソリューションを確立	エッジクラウドにおいたサーバーサイドのデータ表示アプリケーションにより表示データを伝送できることを確認する。表示開始から表示されるまでの時間を測定する。この時間がユーザの利用に堪え得るか、10 名程の管理者の定性評価と合わせて検証を行う。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、データサイズ毎の各パターンにおけるダウンロード時間の計測と整理	無し
		機能検証	サイエンスビッグデータ (DEM 等) のダウンロード伝送品質	サイエンスビッグデータ (DEM 等) のダウンロード伝送品質を測定する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、基本伝送品質データを測定	無し
			基地局当たりのサイエンスビッグデータ同時ダウンロード数とダウンロード可能エリア	基地局当たりのサイエンスビッグデータ同時ダウンロード数とダウンロード可能エリアを確認する。	実証環境 No⑤ ラボにおいて構築した L5G システム環境にて、同時ダウンロード数別の各パターンでの距離 D(m)に対するスループット、遅延を測定、グラフ化し、評価	無し
		運用検証	システム運用者が運用するにあたり、十分なマニュアルが存在し、ユーザインターフェースから問題なく運用ができることを評価する	5名の運用者が ^{注)} 、運用内容に関する評価表に基づき運用の容易性を評価表により評価を行う。	実証環境 No④ ワークショップにおいて、ステークホルダーにヒアリングおよびアンケートを実施し評価、考察	無し

^{注)} 実証内容体験型ワークショップにおける評価としたため、まん延防止等重点措置の適用を考慮し、評価する運用者の人数を当初予定人数から最小限に絞り実施。

本実証においては、実証目標に対する未達事項はなかったものの、実証を通して、今後の継続的な取り組みに向けて、以下の課題事項が明らかになった。

- ・ 5合目の総合管理センターは既に他のアンテナなども設置されており、環境への対策が既にされていることから、冬季も含めて継続的な設置が可能である一方、6合目の佐藤小屋に新規に設置するアンテナは支柱を十分に強固にしなければ風などによって破損してしまう。また、いずれにしても現設備のままでは、アンテナのエレメントの短期間での破損は免れない。また、冬季の運用については電源の確保が困難な上に、メンテナンスが行えないという問題がある。恒久的な設備の設置にあたっては、十分な強度を確保するための設計や施工の他、電源確保の方法、物理的・論理的なメンテナンスのためのインフラ整備やそれにかかるコスト等についても検討する必要がある。
- ・ 低温による機器の不具合が発生した。電源を確保することができても暖房まではないという環境が多く、冬季の運用を行うためには、低温対策は重要になる。対策としては、簡易ヒーターなどを活用して周辺温度を高めた上で、エアキャップや断熱材で機器の温度低下を防ぎながら機器の起動を行う。機器の起動後は、機器の自己発熱によって稼働が可能になる。
- ・ 重作業は土木・建築事業者に依頼可能な点が多いため大きな問題にはならない一方で、ケーブル敷設などのネットワーク関連工事事業者が対応する領域については、山岳地帯のような高地における作業員の対応が困難であるという課題も明らかになった。マニュアルなどについても、高所で作業を行う作業に関するマニュアルはあっても、高地で作業を行うマニュアルはない。南極などの極地における対応を参考にしても、4000m超の高地の作業に関するマニュアルはあっても、主に低温への対策がメインになっている。対策としては、設置・施工にあたっては平地の作業と比べてゆとりのあるスケジュールを組み、現地や山麓での宿泊など、作業員の高地への順応を行うなどが考えられる。高地での作業適応については個人差はあるが、概ね7合目以下での作業であれば山麓または5合目で一泊、7合目以上での作業であれば5合目で一泊することで高度順応を図ることができる。それでも高山病の症状が認められた作業員はそれ以降作業に従事させず、直ちに高度を下げる必要がある。なお高山病症状の悪化スピードを抑えるために携帯酸素缶を携行することも有効である。
- ・ 本実証においては、電波視認性の問題から富士山科学研究所から5合目管理棟ではなく、5合目佐藤小屋に電波を飛ばしたが、冬の稼働は佐藤小屋が最も高いことが明らかになっている。登山者や観光者が常に通過するところにネットワーク接続を確保することが重要であることから、季節を通して人流を考慮した上で設置場所を選定することが重要であることが明らかになった。

4.4.4 継続利用の見通し・実装計画

(1) 継続利用・実装計画の策定に向けたアプローチ

ローカル5Gの自治体における自走は、本実証を実施するまで、(1)【本質的に有益なサ

サービスの構築】どのようなサービスが有益か (2)【実際にかかるコスト(初期とランニング)】机上検討ではあぶり出されなかった社会実装に関わるコスト、という2つの不定要素がある。各通信事業者、ITベンダー、自治体や一部分野の産業では、ローカル5Gの利活用について積極的に取り組んできているが、安全登山管理領域は、通信インフラが十分に整備されてこなかったことから、先進性のあるローカル5Gという通信の有用性の理解が進んでいない分野の一つである。こうした側面も、この不定要素の理解をさらに難しくしている。

そこで、本実証では、自治体のローカル5Gサービス実装の自走を検討するにあたり、3つのフェーズに分けて、フィードバックループをまわすことを計画した。

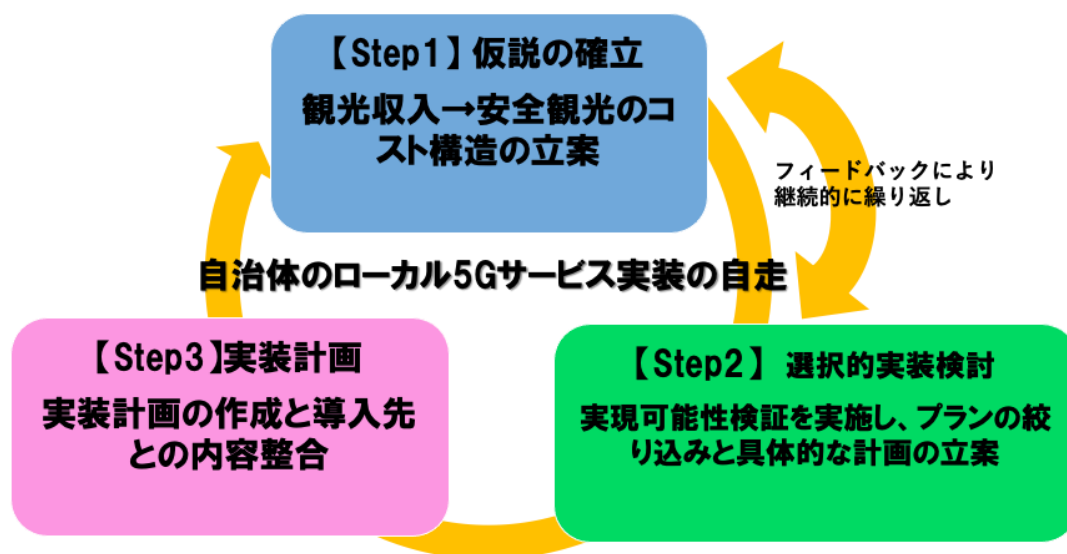


図 4-64 実装シナリオの見直し

・ (Step1) 仮説の確立

このステップでは、非現実的な方法も含めたありとあらゆる自走パターンを、コスト構造を仮定しながら導く。コンソメンバーのプレストにより登山者負担モデル、ガイドサービスモデルの3案が挙げられているものの、ステークホルダーの反発が懸念されるものも含まれる。しかしながら、観光収入によって安全観光の実現を導く点については反対意見がなく、コンソの統一見解となっている。

この基本路線に沿った、ありとあらゆる可能性をもつ案を列挙する。

・ (Step2) 選択的実装検討

Step1 と Step2 はフィードバックにより、Step1 での提案数の拡大と Step2 での選択により、もっとも現実性の高い案から優先度順に並べる作業を進める。この時点で、優先度の高い3案に関しては、実際に実装することを想定した議論を各所に相談する等のSTEP1 検討内容の仮説について実現可能性検証を実施した。

例えば、ふるさと納税を利活用する案では、ステークホルダーが、富士吉田市、山梨県(知事・防災局・観光局)、富士山科学研究所、など複数にわたり、実際に、サービスのメンテナンスコストをカバーするための観光収入からの予算捻出が可能かについて議論を行った。

この段階で、障壁が決定的になったものは却下、そうでないものは、課題と共に整理をおこなう。

- ・ (Step3) 実装計画

本実証は1年という短い期間であり、かつ、自走性が確立できることは難しい。しかし、Step2までのフィードバックループにより、絞られた複数案は、ある程度の実行性が高いものが残っていると考えられる。この案について、実装に向けた具体的に下記に基づく実装計画を作成し、コンソメンバーであり、実装先である山梨県と整合する。

- ✓ 実装内容
- ✓ 実装時期
- ✓ 実装コストとコストの捻出プラン

(2) 継続利用の見通しと実装計画

(ア) 実装内容

- ・ 富士山 DX モデルにおける物理的な残設備の状況とネットワーク・システムの継続利用について

本実証においては大部分が仮設であったことに起因して多くの区間を撤去したが、冬季の環境に耐える設備を最大限残置した。研究所から佐藤小屋、佐藤小屋から5合目総合管理センターのFWA通信設備、及び佐藤小屋～6合目安全指導センターの光ケーブルについては仮設部分の敷設見直し等を行い今後も維持する予定である。

本格的な設置工事が実現すれば冬季を通して設置状態を維持できる区間は拡大可能である。なお、本実証において多くの区間で仮設であった要因は、掘削や埋設行為についての認可(文化財法)が短期間で得られないためである。特に、光ケーブルについては、恒久的な敷設について許可が得られ次第実施したいと考えている。

また、本実証で使用した可搬基地局は、山梨県富士山科学研究所内で保管・管理し、今後必要に応じて設置・撤去を行うことで、柔軟に運用することが可能である。

- ・ アプリケーションの実装について

ローカル5Gの技術を用いて得ることができる富士山中の高精度・大容量の情報転送を、緊急時の災害対応に反映させるためには、同様の情報を様々な防災関係機関が適時に共有し、住民・登山者・観光客等の的確な避難に繋げることが必要となる。

本実証において使用した各アプリケーションは、ネットワーク・インフラ環境を整備することでいつでも利用可能な状態となっており、ソフト面における実装に向けたハードルは少ない。

- ・ 免許・許認可の状況

全ての区間のケーブル敷設やアンテナ設置等の許可について、自然公園法・文化財法に関

しては令和 6 年 6 月まで認可済みである。恩賜林及び県有林への資機材設置についても基本的には令和 6 年 6 月まで許可を受けているが、一部の光ケーブル敷設区間については令和 4 年 6 月までの敷設許可を得ている。これについては変更や継続も可能であるが、本格的な敷設工事を見据えて再申請をする予定である。恒久敷設を想定し、埋設が必要部分については早期に文化庁への申請をし、さらに環境省および恩賜林組合との連携をして進める。

- ・ 緊急時の情報連絡体制について

山梨県では、富士山が噴火するなどの緊急時において、富士山の麓で、富士山火山防災対策を実施する関係機関が一堂に会して、情報共有や対応方針の決定等を行う拠点を設置することとしており、ここで共有される情報は、各関係機関が同一の対応方針のもとに災害対応ができるよう、各関係機関の本部等へ速やかに伝送される。この拠点内において、富士山中の高精度・大容量の情報や各関係機関が入手する様々な情報を、瞬時にセキュリティが確保された中で共有するとき、ローカル 5 G の技術が大いに活用できると考える。

(イ) 実装時期

- ・ 残設備による実装について

前述の通り、本実証を通して得た免許および設置した設備・機器等を使用する範囲においては、現時点からの継続利用が可能である。しかし、本ソリューションの活用を推進していくためには、緊急時の連絡体制の構築などが必須であり、各関係者との調整が必要となる。

- ・ 実証の継続と関係省庁との調整について

令和 4 年度以降も、山梨県富士山科学研究所や東京大学を中心として、実証の継続実施を計画している。

また、本実証の成功をきっかけとして、富士山周辺地域におけるローカル 5 G の活用について環境省、国土交通省、観光庁、静岡県からも強い関心を持たれており、実装に向けたアプローチについて具体的な検討を進めるための対話を開始している。

しかし、富士山周辺地域は各省庁の許認可が複雑に関係していることから、実装の推進に当たっては、調整に時間がかかることが想定される。場合によっては、制度の変更等も検討する必要があると考える。

例えば、光ケーブルの敷設については、実際に現地の状況を見ながら柔軟に敷設箇所を決定する必要があるものの、変更に当たっては都度申請が必要となるなど、開山期間が短い富士山においては、既存の許認可の在り方に従った方法では推進が困難な点が多い。

本実証を通して得られた関係省庁からの関心を土台として、「富士山登山の観光・安全・安心」の実現に向けて、制度上の課題を明らかにするとともに、一つ一つ解決策を検討していくことが実装に向けた次のステップとして大きなテーマになると考える。

・ 今後の活動計画案

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より、富士山地域DX「安全・安心観光情報システム」の実現性の確認ができた。これにより環境省、文化庁、国土交通省ならびに観光庁の注目を浴び、本プロジェクトの有効性を認識されたため、恒久的な富士山地域DX「安全・安心観光情報システム」の実現に向けた協議段階のフェーズに入れることになった。

以下に、令和4年度以降は東京大学と富士山防災協定を締結している山梨県を中心にコンソーシアムとして、環境省、文化庁（文部科学省）、国土交通省および観光庁と、ローカル5G基地局／アンテナ等の恒久設置、光ケーブル敷設等の本格的な施設整備の在り方を協議し、富士山地域DX「安全・安心観光情報システム」を実現するための、今後の活動計画案を示す。

✓ 令和4年度

ポイント

ローカル5G基地局／アンテナ等の恒久設置に向けた機器の環境対策検討
電源及び光ケーブル埋設工事についてグラウンドデザイン策定
環境省、文化庁、経済産業省、東京電力、観光庁等関係機関との調整及び許認可申請

関係機関との調整事項

環境省 : 自然公園内での行為に関する調整
文化庁 : 文化財の現状変更に関する調整
経済産業省 : 電気工作物、受電に関する調整
東京電力 : 受電に関する調整
観光庁 : 観光DXに関する協議・調整

課題事項

恒久設置に関する課題 : 恒久設置の為の十分な強度を確保するための設計
暫定的運用に向けた夏期間の電源確保（山小屋）
機器の低温対策 : 低温対策のマニュアル化
高度順応 : 高度順応方法のマニュアル化
設置場所 : 年間を通して人流がある設置候補場所の選定

主な活動

関係省庁、ステークホルダー・他機関（東電含む）との協力関係調整
持続可能な予算化に向けての各所調整

✓ 令和5年度

ポイント

恒久構成実装に向けた詳細プランの策定および予算確保

助成金申請・県議会での議決

課題事項

恒久設置に関する課題：メンテナンスのためのインフラ整備
機器の低温対策：低温対策の実施
高度順応：高度順応方法の実施
設置場所：設置候補場所の電波視認性確認

主な活動

恒久構築・実装に向けた具体的なアクションプラン、マイルストーン策定
予算化に向けた議会調整
既存資産である FWA 設置

✓ 令和 6 年度

ポイント

山開きに合わせた環境構築および閉山中の運用体制策定
県議会での議決

課題事項

恒久設置に関する課題：インフラ整備、人材育成
機器の低温対策：低温対策の実施
高度順応：高度順応方法の実施
設置場所：設置場所の確定

主な活動

自走モデルの制度設計
FWA による各所でのローカル 5G システムテスト
電源、光ケーブル埋設恒久敷設

✓ 令和 7 年度

ポイント

山開きに合わせたテスト運用および閉山中の運用体制構築
県議会での議決

課題事項

恒久設置に関する課題：年中の電源確保（東京電力）、人材育成
機器の低温対策：低温対策の実施
高度順応：高度順応方法の実施

主な活動

ケーブル接続による各所でのローカル 5G テスト運用

アプリケーションによる情報伝達訓練の実施

✓ 令和 8 年度

ポイント

年中での自走モデル運用開始

県議会での議決

課題事項

恒久設置に関する課題：年中事業体制の維持

機器の低温対策：低温対策の実施

高度順応：高度順応方法の実施

主な活動

年中での運用体制の維持

(ウ) 実装コストとコストの捻出プラン

・ 実装コストについて

富士山噴火はいつ発生するか分からない不確実性を持っているため、ローカル 5 G を活用するシステムを構築してから恒久的に維持管理を継続する必要があるものの、毎年度のランニングコスト面が支障となることが想定される。4.4.2.1 に記載した通り我々の提案するソリューションでは、年間のメンテナンス費用は 3000 万円程度（インフラ保全 2000 万円、サービス利用 1000 万円）と試算される。これに加えて免許申請にかかる経費等の発生が想定される。

・ 捻出プランについて

本ソリューションのコスト負担は、自治体の観光収入による安全確保の自走モデルによる収益回収によって実現されることが望ましいが、実装の実現に向けた継続的な実証の取り組みに必要なコストの捻出については、前述の各省庁・県などと相談しながら決定していく必要がある。以下に予算確保の検討案を示す。

・ 予算獲得検討案

- ✓ 山梨県 富士山科学研究所 研究費【100 万円／年】・・・捻出可能
- ✓ 入山協力金からの一部支出【最大 500 万円／年】・・・要折衝
- ✓ 企業版ふるさと納税の活用【最大 2,000 万円／年】・・・富士吉田市と調整
- ✓ 関連助成事業への申請【最大 500 万円／年】・・・適用事業検討

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作への協力

映像制作への協力用として、以下動画ファイルを提供した。



図 5-1 富士山のある風景



図 5-2 ローカル 5G のアンテナ・基地局を設置する様子_5 合目佐藤小屋前



図 5-3 遠隔監視カメラによる監視①_6 合目登山者



図 5-4 遠隔監視カメラによる監視②_6合目落石監視

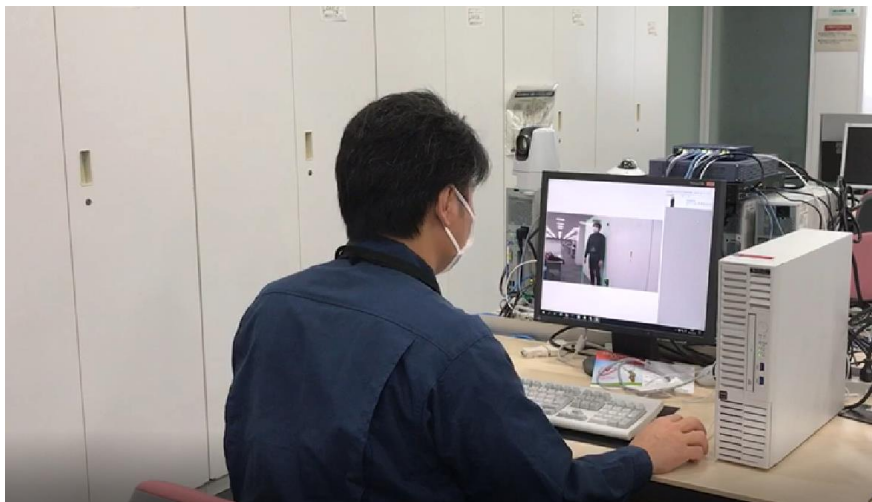


図 5-5 情報を集約・分析する様子

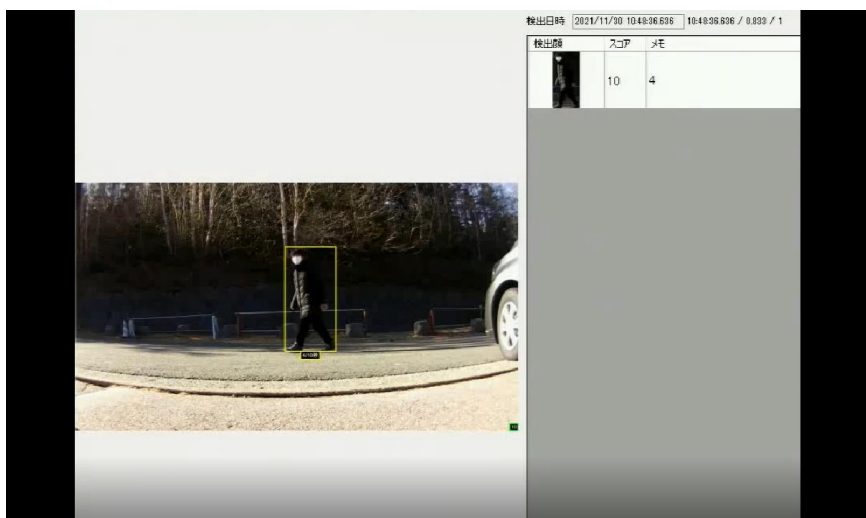


図 5-6 パソコン画面

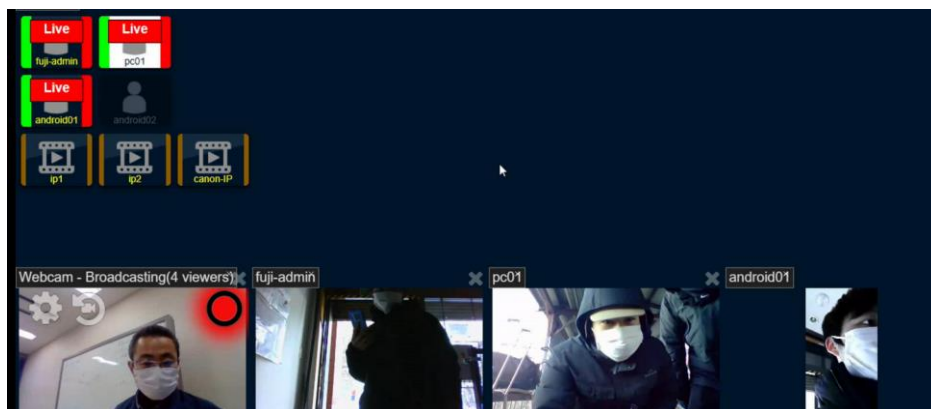


図 5-7 登山者・管理者のローカル 5G 端末_コミュニケーションツール



図 5-8 コメント撮影

5.2 実証視察会の実施

2022年2月18日、ワークショップにて視察会（リモート）を開催した。

- ・ 開催日時 : 2022年2月18日 13:30~15:30
- ・ 開催場所 : 山梨県富士山科学研究所内ホール
- ・ 開催形式 : オフライン、オンラインのハイブリッド
- ・ 参加団体・所管官庁
 - ✓ 総務省
 - ◇ 情報流通行政局デジタル経済推進室
 - ◇ 北海道総合通信局
 - ◇ 東北総合通信局
 - ◇ 関東総合通信局
 - ◇ 東海総合通信局
 - ◇ 近畿総合通信局
 - ◇ 中国総合通信局
 - ◇ 四国総合通信局

- ◇ 九州総合通信局
- ✓ 環境省
 - ◇ 富士五湖管理官事務所
- ✓ 実証請負企業
 - ◇ 株式会社三菱総合研究所
- ✓ 視察団体
 - ◇ 山梨県リニア未来創造局D X推進室
 - ◇ 山梨大学
 - ◇ 東日本電信電話株式会社
 - ◇ KDD I 株式会社
 - ◇ 日本電気株式会社
 - ◇ 日本無線株式会社
 - ◇ 株式会社OCC
 - ◇ 一般社団法人富士山チャレンジプラットフォーム
- ✓ ステークホルダー
 - ◇ 富士山吉田口旅館組合
 - ◇ 一般社団法人マウントフジトレイルクラブ
- ✓ 実証コンソーシアムメンバー
 - ◇ NPO法人中央コリドー情報通信研究所
 - ◇ 山梨県防災局
 - ◇ 富士山科学研究所
 - ◇ 東京大学
 - ◇ NEC ネットエスアイ株式会社
 - ◇ 株式会社インターネットイニシアティブ
 - ◇ 株式会社ヤマレコ

- ・ 当日資料（一部抜粋）



図 5-9 ワークショップ兼実証視察会資料

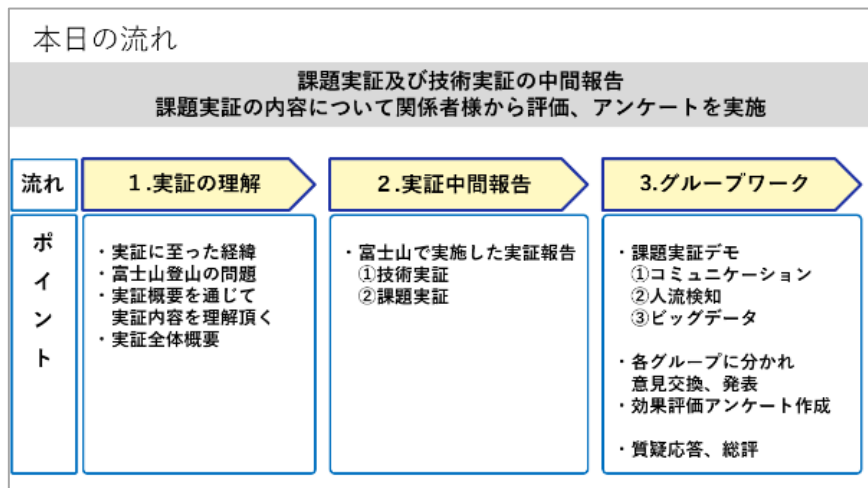


図 5-10 ワークショップ兼実証視察会資料

タイムスケジュール

2/18（金）	内容	対応者（敬称略）
12:00～13:00（60分）	セッティング	NESIC
13:00～13:30（30分）	回線開通	順次入室をお願いします。
13:25～13:30（5分）	事務連絡	富士山研
13:30～13:45（15分）	本日の流れ・開催挨拶・視察参加挨拶	①中央コリドー課（もたい） ②総務省
13:45～13:55（10分）	開催趣旨	富士山研
13:55～14:00（5分）	実証の理解・実証中間報告	NESIC
14:00～14:10（10分）	実証デモ①～③デモ説明	NESIC・富士山研
14:10～15:00（50分）	実証デモ体感①～③・グループワーク	NESIC・富士山研
15:00～15:15（15分）	質疑応答	NESIC・富士山研
15:15～15:30（15分）	総評・閉会挨拶	①東大 中尾 ②総務省 ③富士山研（山梨県）
15:30～	撤収・会場修復	現地関係者のみ

図 5-11 ワークショップ兼実証視察会資料

富士山における課題



図 5-12 ワークショップ兼実証視察会資料

富士山における課題 ～火山防災的視点から～

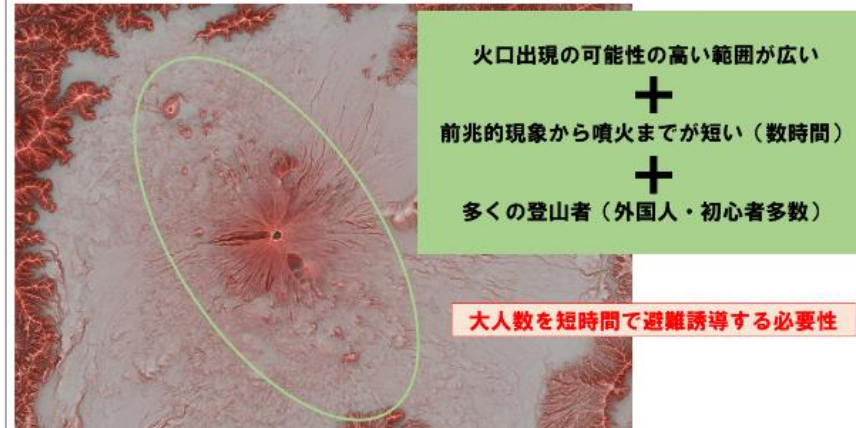


図 5-13 ワークショップ兼実証視察会資料

火山観測とデータ流通・情報共有体制の抜本的見直し

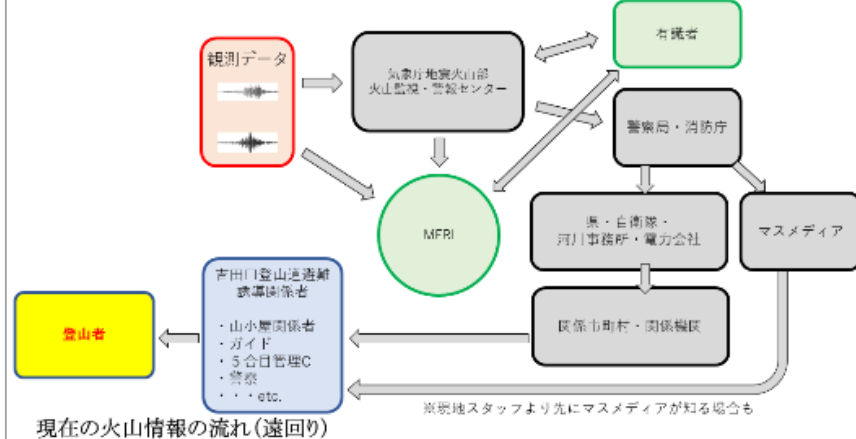


図 5-14 ワークショップ兼実証視察会資料

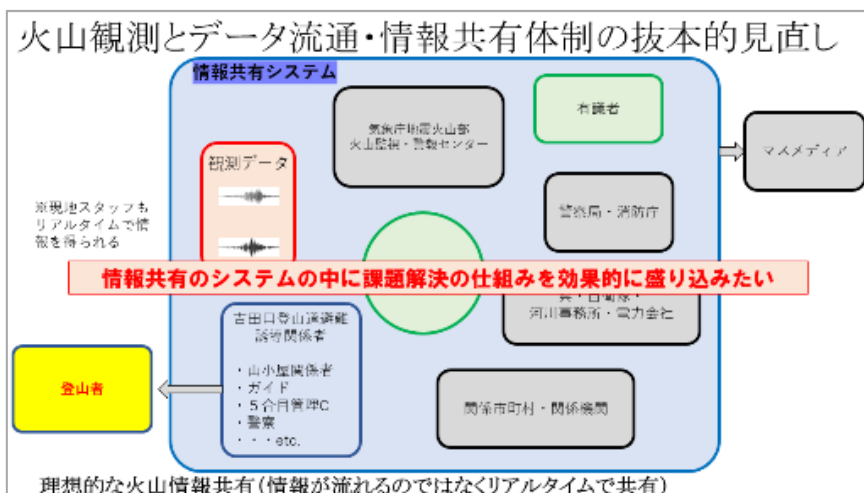


図 5-15 ワークショップ兼実証視察会資料

2 実証中間報告 (電波測定)

■実証機材

■場所
富士山6合目、4合目

■概要

- ・山岳地域における地形の影響調査と周辺環境によるアンテナの設置条件の検討、パラメータの調整を行う
- ・法令基準の電波伝搬モデルと、実測結果の照合を行いカバーエリアと干渉について検証する

図 5-16 ワークショップ兼実証視察会資料



図 5-17 ワークショップ兼実証視察会資料

実証中間報告（アプリケーション検証）

■場所
安全管理センター、佐藤小屋、管理棟、富士山研


■概要
1) ローカル5G構築、データ測定実施
2) アプリケーション検証、基礎データ収集

①【情報交換】
・コミュニケーションサーバにリモート接続
・音声・映像共有確認

②【情報収集】
・モニタリングカメラにリモート接続
AIサーバによる人流検知実施

③【ビッグデータ情報共有】
・ヤマレコサーバにリモート接続
P.C、スマートフォン画像確認

■実証模様



①【情報共有】loop画面
②【情報収集】AIサーバ画面
③【ビッグデータ情報共有】ヤマレコサーバ画面

■結果
ローカル5G環境下におけるアプリケーションの基本動作を確認できた。
※閉山時期の為観光客が不在の中で最低限の動作

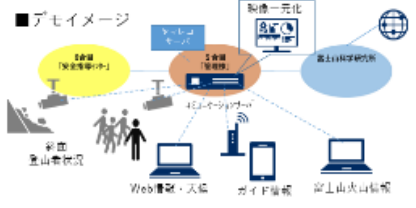
図 5-18 ワークショップ兼実証視察会資料

グループワーク① 「コミュニケーションツールによる情報共有」


■実施内容
①映像コミュニケーション
【動作】PC、スマートフォン、カメラを接続しWeb情報、周辺状況（動画）を映像共有
【価値】多人数で同時に映像で状況把握

②音声（チャット）コミュニケーション
【動作】PC、スマートフォンを接続し多人数で音声コミュニケーションが出来る
【価値】多人数で同時に音声（チャット）で情報共有

■アモイメーシ



■コミュニケーションツールイメージ



取目	内容
映像	カメラ映像
	PCカメラ・資料
	スマホカメラ
音声	特定・不特定
	チャット

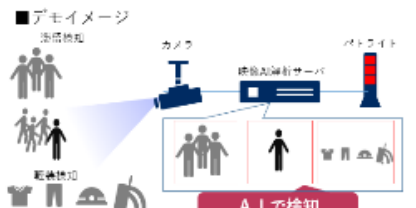
図 5-19 ワークショップ兼実証視察会資料

グループワーク② 「映像AIによる滞留・軽装検知」


■実施内容
1、滞留検知
①人数カウント
【動作】特定の人数を設定、上限に達するとアラーム
【価値】リモートで山小屋、登山者の混雑状況を確認
②滞留検知
【動作】一定時間滞留するとアラーム
【価値】歩行中に滞留が発生する状況を確認（異常）

2、軽装検知
【動作】下記属性を検出し通知
【価値】登山に相応しい服装かを確認

■アモイメーシ



■映像AI検知イメージ



項目	状況※○は表示はしない	
属性	長ズボン	(半ズボン)
	長袖	(半袖)
	ヘルメットあり	(ヘルメットなし)
	リュックあり	(リュックなし)

図 5-20 ワークショップ兼実証視察会資料

グループワーク③ 「サイエンスビッグデータ情報共有」

■実施内容

1、火口位置の可視化
【動作】 火口範囲と現在地の重ね合わせ表示
【価値】 登山道エリア全体が抱えるリスクを伝え、登山者の防災意識を高める。
 ※五合目より上はすべて噴火口になる可能性がある。

2、溶岩流シミュレーションの多次元表示
【動作】 各火口からの溶岩流と現在地の重ね合わせ表示
【価値】 退避行動の促進
 何時間もかけて移動する溶岩流を自身の位置情報と重ねて表示することで、避けた場所に避難することを防ぐ。
 避難誘導にも役立つ材料になる。

将来的には噴火した火口からの溶岩流の予測や他の重ね合わせ情報の提供、登山者へのPUSH通知による警報を実装し、より迅速な退避行動につなげる。

■デモイメージ

■検証模様

図 5-21 ワークショップ兼実証視察会資料

・ 実施状況



図 5-22 ローカル 5G 基地局展示



図 5-23 実証全体像の説明風景



図 5-24 課題実証①AI サーバ説明風景



図 5-25 課題実証①AI サーバデモ風景



図 5-26 課題実証②コミュニケーションツールデモ風景



図 5-27 課題実証③ビッグデータ情報共有アプリデモ、説明風景



図 5-28 課題実証③ビッグデータ情報共有アプリデモ画面投影

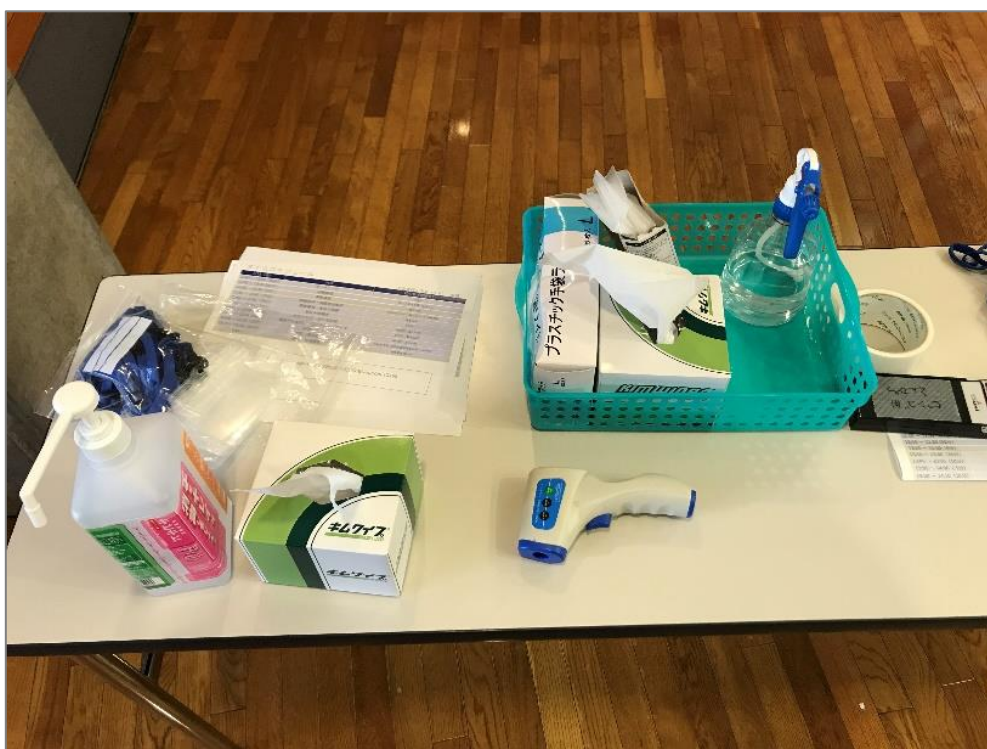


図 5-29 新型コロナ感染症対策

5.3 その他普及啓発活動

本実証について以下の普及啓発活動を行った。

- ・ 令和3年9月：富士山 DX モデル実証開始、ニュースリリース
- ・ 令和3年10月：富士山 DX 実証実施記者説明会（富士山5合目総合管理センター）

富士山火山防災対策の推進に向けた研究現地説明会

■ 日時・場所
2021/10/23 (土) 14:00~16:00
5合目総合管理センター

■ 参加メンバ（敬称略）
富士山研究所 吉本、本多、
山梨県防災局 深沢
東京大学 中尾
NESIC 飯田、久松、栃木
織田、川崎、竹澤、大石、大島、長谷川、久留

■ メディア
毎日新聞、山梨日日新聞、テレビ山梨
山梨県知事制作局広報

■ コメント
・ ソフトウェア基地局の特長・構成・事例
映像AI検出機能の質疑があった。
・ 今後の実証での課題解決に向けられる期待を感じた。
メディア、県関係者を通じて地域課題や実証内容を
発信出来たことは非常に良い機会だった。（富士山研）

■ 説明会状況

図 5-30 富士山火山防災対策の推進に向けた研究現地説明会

- 令和3年11月：山梨県「火山灰堆積時における車両走行等の体験事業」出展

「火山灰堆積時における車両走行等の体験事業」対応報告

■主催
・山梨県防災局火山防災対策室

■期間・会場
・2021年11月4日（木）～7日（日）
山梨県、富士山研、東京大学
NESIC 竹澤、須賀、栃木、川崎、久留
・富士北麓公園大駐車場

■概要
「富士山噴火による正しいリスクを広く啓発する為
火山灰を敷詰めた駐車場で車両の走行体験」
今回は東京大学がR3年度総務省実証・富士山地域DX
「安全・安心観光情報システム」を紹介する

■出展内容
・FS製ソフトウェア基地局（アンテナ含む）
・ドローン
・R3年度総務省実証・富士山地域DX
「安全・安心観光情報システム」の実現概要パネル
<トピックス>
初日（11/4）はオリパラ・ワクチン担当大臣が訪問
東大中尾先生よりFS製基地局、R3実証について説明
体験事業には約150名来場



富士北麓公園
イベント会場



走行体験事業場
50m 80m



堀内大臣説明



R3実証概要



FS
ドローン

1 © NEC Networks & System Integration Corporation 2021

図 5-31 火山灰堆積時における車両走行等の体験事業

6. 実施体制

本コンソーシアム（Fujisan DX）の実施体制および情報保全体制について述べる。

6.1 体制及び役割

本実証事業は下図の実施体制および下表コンソーシアムの構成に示す各団体がコンソーシアム（Fujisan DX）を形成し、以下の役割を分担して実施した。

コンソーシアムの全体統括は NPO 法人中央コリドー情報通信研究所が行った。課題実証は富士山登山の観光・安全・安心を担う富士山科学研究所及び山梨県（防災局）、登山愛好者向け必須アプリを提供するヤマレコならびに相互認証についてインターネットイニシアティブ株式会社が行った。ローカル 5G の技術実証は令和 2 年度の総務省課題解決実証での実績を有する東京大学の技術指導のもとで、NEC ネットズエスアイ株式会社が行った。



図 6-1 実施体制図

表 6-1 コンソーシアムの構成

団体名	構成	役割
NPO 法人中央コリドー情報通信研究所	コンソーシアム代表機関	・プロジェクト全体統括
山梨県（防災局）	コンソーシアム構成員	<ul style="list-style-type: none"> ・課題実証推進統括 ・安全・安心観光情報システムの導入及び運営主体 ・自治体防災 DX の成功モデル形成 ・全国の火山災害警戒地域への富士山 DX モデル展開 ・下記課題の実装観点の評価 課題実証 1：【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム 課題実証 2： 【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム

		<p>課題実証 3:</p> <p>【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量サイエンスデータの低遅延共有システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横展開において 4.4.2.2 普及展開方針に記載の活動を推進
山梨県富士山科学研究所	コンソーシアム構成員	<ul style="list-style-type: none"> ・富士山防災科学の知見の提供 ・下記課題の実装観点の評価 <p>課題実証 1: 【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム</p> <p>課題実証 2:</p> <p>【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム</p> <p>課題実証 3:</p> <p>【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量サイエンスデータの低遅延共有システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横展開において 4.4.2.2 普及展開方針に記載の活動を推進
東京大学	コンソーシアム構成員	<ul style="list-style-type: none"> ・技術実証推進技術統括 ・下記課題の実証環境の構築に向けた技術提供 <p>課題実証 1: 【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム</p> <p>課題実証 3:</p> <p>【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量サイエンスデータの低遅延共有システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インターネットイニシアティブとの共同研究における、将来公衆網、ローカル網の認証を共通化する実証
ヤマレコ	コンソーシアム構成員	<p>課題実証 3:</p> <p>【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量サイエンスデータの低遅延共有システムの構築</p>

株式会社インターネットイニシアティブ	コンソーシアム構成員	・東京大学との共同研究における、将来公衆網、ローカル網の認証を共通化しエリア拡張するための実証
NEC ネットエスアイ株式会社	コンソーシアム構成員	<ul style="list-style-type: none"> ・全体統括サポート ・ローカル 5G の富士山フィールドへの構築 ・技術実証の実行、推進 ・下記課題実証環境の構築と実装に向けた評価検証の実行、推進 <p>課題実証 1：【情報収集】危険状況・災害要因可視化のための遠隔監視システム</p> <p>課題実証 2： 【情報交換】迅速かつ円滑なローカルコミュニケーションシステム</p> <p>課題実証 3： 【サイエンスビッグデータ情報共有】ローカル 5G エッジコンピューティングによる大容量サイエンスデータの低遅延共有システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横展開において 4.4.2.2 普及展開方策に記載の活動を推進

本コンソーシアム（Fujisan DX）に参加する各団体の概要を下表に示す。

表 6-2 コンソーシアム参加団体の概要

団体名	概要
NPO 法人中央コリド一情報通信研究所	〒169-0073 東京都新宿区百人町 1-1-8 リープ新宿 102 号室 電話番号：03-6205-9866 URL： http://www.npo-ccc21.or.jp 山梨県、長野県、新潟県の中央コリド一エリアを中心に地域情報化に関わる社会教育事業、コンサルティング事業、研究開発事業を行う。
山梨県（防災局）	〒400-8501 甲府市丸の内 1-6-1 電話番号：055(223)1432 ファクス番号：055(223)1429 URL： https://www.pref.yamanashi.jp/bosaikyoku/ 山梨県における防災危機管理、火山防災対策、消防を所管する。
山梨県富士山科学研究所	〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1 電話番号：0555-72-6211(代表) URL： https://www.mfri.pref.yamanashi.jp/summary.html 山梨県が平成 9 年に開所した研究および教育施設であり、「自

	<p>然環境」、「環境共生」、「火山防災」の3つの分野で研究を進めると同時に、ふじさん自然教室などの住民・児童向け学習支援により研究成果の展開や富士山についての普及啓蒙活動を行っている。</p>
東京大学	<p>〒113-8654 東京都文京区本郷7丁目3-1 電話番号：03-5841-6360 URL：https://cyber.nakao-lab.orG/ 次世代サイバーインフラ連携研究機構は、サイバー空間を現実世界(フィジカル空間)と一体化させる知識集約型社会のバックボーンとして中核的な役割を担う5G/Beyond5Gをはじめとする次世代サイバーインフラ実現のための連携研究に取り組み、多様な観点から本学の総合知を活かし、技術の研究開発だけではなく、カーボンニュートラル・グリーンリカバリーなどの地球環境へ配慮、誰も取り残すことのない包摂性と高度な倫理と技術の社会受容性・合意形成の考慮を含む横断的アプローチで次世代サイバーインフラの構築を加速し我が国の国際連携・産学官民連携を牽引するフラッグシップとなる組織を目指す。</p>
株式会社ヤマレコ	<p>〒390-0828 長野県松本市庄内1-8-12 1F URL：https://yamareco.co.jp/ 登山専用のコミュニティサイト「ヤマレコ」の開発・運営を通じて、より安全に楽しく登山を楽しめる環境づくりを推進する。</p>
株式会社インターネットイニシアティブ	<p>〒102-0071 東京都千代田区富士見2-10-2 飯田橋グラン・ブルーム 電話番号：03-5205-6500 URL：https://www.iiij.ad.jp/ インターネット接続サービス(MVNO等)、WANサービスおよびネットワーク関連サービスの提供、ネットワーク・システムの構築・運用保守、通信機器の開発及び販売 従業員数：連結3,805人 単体2,214人</p>
NEC ネットエスアイ株式会社	<p>〒112-8560 文京区後楽2-6-1 飯田橋ファーストタワー 電話番号：03-6699-7000(大代表) URL：https://www.nesic.co.jp/ ネットワークをコアとするICTシステムに関する企画・コンサルティングや設計・構築などの提供、および日本全国にわたるサポートサービス拠点による24時間365日対応の保守・運用、監視サービスならびにアウトソーシングサービスの提供 従業員数：7,537人(2021年3月31日現在：連結)</p>

6.2 情報保全体制

本コンソーシアム(Fujisan DX)に参加する各団体の情報保全体制について述べる。

尚、本実証事業に着手するにあたり、本コンソーシアムの各団体間において秘密保持契約(NDA)を締結することとする。

6.2.1 NPO 法人中央コリドー情報通信研究所

中央コリドーグループ（中央コリドーICT 推進協議会、NPO 法人中央コリドー情報通信研究所、および株式会社中央コリドー）は情報セキュリティ確保が極めて重要な責務であることに鑑み、本グループが所有又は保有する情報資産について、個人情報や秘密の保護を含め適正に管理するとともに、職員、会員、役員その他関係者がこれら情報資産を安全かつ適切に利用できるようにするため、中央コリドーグループ共通の情報セキュリティポリシー（以下「本ポリシー」といいます。）を定める。

本ポリシーの下で、次の事項について優先的な対策を講じるものとします。

- (1)中央コリドーグループの情報セキュリティに対する侵害の阻止
- (2)中央コリドーグループ内外の情報セキュリティを侵害する行為の抑止
- (3)情報資産の分類と管理の徹底
- (4)情報セキュリティ侵害の早期検出と迅速な対応の実現

<管理体制の整備>

中央コリドーグループは、情報セキュリティを統括する責任者として、最高情報セキュリティ責任者を 1 名置き、情報セキュリティに関する方針を策定します。情報セキュリティに係る危機事象が起きた場合には、規程に従った措置を講じるほか、速やかに、必要な対応を行います。

6.2.2 山梨県

山梨県では、平成 15 年 6 月に情報セキュリティポリシーを策定し、これに基づき情報セキュリティ対策を行っている。

情報セキュリティポリシーとは、組織が保有する情報資産の情報セキュリティ対策について、総合的・体系的かつ具体的に取りまとめたものであり、情報資産の安全確保のための方針です。なお、情報セキュリティを取り巻く各種状況の変化に対応するため、必要に応じて情報セキュリティポリシーの見直しを行っています。

情報セキュリティポリシー策定の効果は、1.職員のセキュリティ意識の向上、2.一貫したセキュリティ対策への取り組み、3.県民の行政への安心感の向上にあります。

情報セキュリティポリシーは、情報セキュリティ基本方針と情報セキュリティ対策基準の 2 つにより構成されています。内容は、総務省策定の「地方公共団体における情報セキュ

リティポリシーに関するガイドライン」及び情報セキュリティの国際標準である ISO17799 に準拠したものとなっています。また、情報セキュリティポリシーに基づき、各情報システムに情報セキュリティ実施手順を作成しています。



図 6-2 山梨県の情報セキュリティポリシー

表 6-3 山梨県の情報セキュリティポリシーの概要

区分	基本方針	対策基準	対策例
人的対策	人的対策の実施 (例：パスワード管理・教育訓練)	パスワードの設定や管理ルール、職員への教育訓練等	PC 起動時等パスワードの定期更新、職員向け研修の実施
物理的対策	物理的対策の実施 (例：施設・設備の入退管理、電源対策)	コンピュータ室への入退室管理、バックアップ電源の確保等	IC カードによる入退室管理、発電機・無停電電源装置の設置
技術的対策	技術的対策の実施 (例：アクセス制御・ウイルス対策)	本人認証、外部境界部での遮断、ウイルス対策の実施等	ファイアウォール設置、ウイルス対策ソフト導入、ユーザ認証
運用による対策	運用による対策の実施 (例：システム監視・緊急時対策)	監視体制の確立、障害・侵害等の緊急時対応	不正アクセス検知システムの導入、緊急時対応計画の策定

※山梨県情報セキュリティ基本方針

<https://www.pref.yamanashi.jp/jouho/documents/47461747264.pdf>

6.2.3 東京大学

東京大学に大学全体に対する最高情報セキュリティ責任者（CISO: Chief Information Security Officer）を置く。最高情報セキュリティ責任者は、本学の情報セキュリティに関する総括的な意思決定を行う。情報セキュリティ責任者は、各部局セキュリティ担当部門を統括する。

6.2.4 株式会社ヤマレコ

株式会社ヤマレコでは、以下のように情報セキュリティポリシーを定めている。

株式会社ヤマレコ（以下、当社）は、お客様からお預かりした情報資産、および当社の情報資産を事故・災害・犯罪などの脅威から守り、お客様ならびに社会の信頼に応えるべく、以下の方針に基づき全社で情報セキュリティに取り組みます。

1.経営者の責任

当社は、経営者主導で組織的かつ継続的に情報セキュリティの改善・向上に努めます。

2.社内体制の整備

当社は、情報セキュリティの維持及び改善のために組織を設置・検討し、その方針や規定について社内で共有します。

3.情報へのアクセス権限の適切な設定

情報資産を適切に保護するため、物理的な設備及びシステムに対するアクセス権限を適切な人のみに与える仕組みを整備します。

4.従業員の取り組み

当社の従業員は、情報セキュリティのために必要とされる知識、技術を習得し、情報セキュリティへの取り組みを確かなものにします。

5.法令及び契約上の要求事項の遵守

当社は、情報セキュリティに関わる法令、規制、規範、契約上の義務を遵守するとともに、お客様の期待に応えます。

6.違反及び事故への対応

当社は、情報セキュリティに関わる法令違反、契約違反及び事故が発生した場合には適切に対処し、再発防止に努めます。

6.2.5 株式会社インターネットイニシアティブ

株式会社インターネットイニシアティブでは、以下のように情報セキュリティポリシーを定めている。

株式会社インターネットイニシアティブ 情報セキュリティ基本方針

株式会社インターネットイニシアティブ（以下、当社）は、日常生活に直結した社会的重要なインフラであるインターネットの担い手として、お客様に安心してご利用いただけるサービスを提供し、お客様と共に新しいネットワーク社会を切り拓いていくことで、社会に貢

献してまいります。

そうした中で、お客様からお預かりした情報をはじめ、当社が保有する情報資産をあらゆる脅威から保護し、適切な安全管理を実現するため、情報セキュリティに取り組むことは極めて重要な責務であると認識しております。

この考えのもと、当社は、全社的なリスクマネジメントの観点から、情報セキュリティマネジメントシステムの確立、運用及び維持に積極的に取り組むべく、規範となる情報セキュリティ基本方針を定めました。当社は、全ての社員がこの方針に従い、倫理観をもって業務に携わることを宣言いたします。

1. 当社は、電気通信事業法、個人情報保護法、情報セキュリティに関する法令、その他の規範、ガイドライン及び契約上のセキュリティ要求事項を遵守します。

2. 当社は、情報セキュリティに関する組織的かつ継続的な運用を実現するため、情報セキュリティ責任者（CISO）及び情報セキュリティ委員会を設置します。

3. 当社は、全ての社員に対する教育活動を実施し、情報資産を適切に扱うことが重要な社会的責務であることを認識し、業務を遂行します。

4. 当社は、情報資産の利用目的・重要度に応じた適切な管理体制を実現するため、情報資産に対する脅威を特定し、継続的にリスク分析・評価してまいります。

5. 当社は、情報資産の機密性・完全性・可用性を確保するために、リスク評価の結果に基づいて、特定された脅威に対する合理的な情報セキュリティ対策を実施し、情報資産の安全管理に取り組みます。

6. 当社は、内外からの監査を定期的実施し、実施中の情報セキュリティ対策の合理性を客観的に評価するとともに、継続的な改善に取り組みます。

7. 当社は、万が一情報セキュリティ事故が発生した場合、迅速に処理し被害の拡大を防止します。

6.2.6 株式会社 NEC ネットズエスアイ

情報セキュリティの維持・向上のため、社内各部門の代表者で構成される「情報セキュリティ委員会」を設置している。

委員会では、情報セキュリティポリシーの周知徹底、情報セキュリティの重大な脅威の発生に対する適切な対応策および再発防止策の策定、情報セキュリティポリシー監査の実施などの活動をしている。

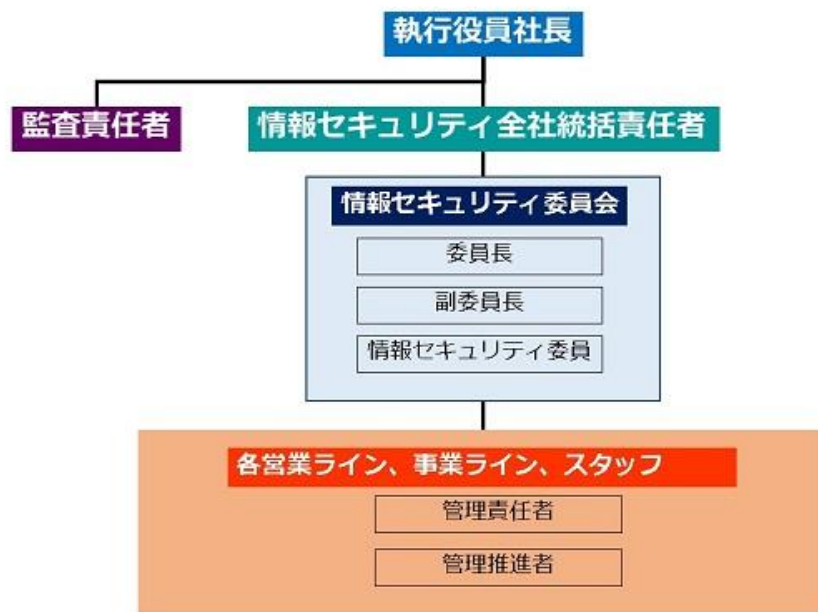


図 6-3 NEC ネットズエスアイ株式会社 情報管理体制図

7. スケジュール

本実証は、下図に示したスケジュールのとおり実行した。

項目	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
		★カテゴリ① 再委託承認		★カテゴリ ②③④ 再委託承認		★中間 報告会	★成果物 骨子提出	★成果物 提出	★報告会
設計	■								
免許申請		■							
調達		■							
ローカル5G基地局 /FWA構築		■							
課題実証環境構築					■				
技術実証		■							
課題実証					■				
実装モデル検討					■				
データ整理/レポート作成					■				

図 7-1 実証スケジュール

【引用・出典・参考資料一覧】

図表番号	図表名前	引用・出典元
1-1	環境省公表の富士山の登山者数の推移 H17~令和元年	令和元年9月30日環境省 関東地方環境事務所富士箱根伊豆国立公園管理事務所発行「令和元年夏期の富士山登山者数について（お知らせ）」
1-2	富士山噴火による被害を想定したハザードマップ	2021年6月14日更新 山梨県防災局防災危機管理課（火山防災対策室）発行「ハザード統合マップ」
1-3	富士山火山防災対策等の推進に向けた連携・協力に関わる協定の締結	2021年6月3日発表 山梨県知事の動き「国立大学法人東京大学大学院工学系研究科・工学部との連携・協力に係る協定の締結」
2-1	実証フィールドの航空写真	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
2-18	準同期を使って下り上り比率を2:6で運用すると上り速度を大幅に向上が可能	東京大学中尾研究室 ローカル5G実証用ソフトウェア基地局のご紹介
2-19	iR730Bの外観	iDY IoM 5G エッジゲートウェイ iR730B 製品紹介サイト
2-20	FCNTの外観	富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社プレスリリース
2-21	AI解析サーバの外観	日本電気株式会社より提供
2-22	ローカルコミュニケーションサーバ(VCOM Server)の外観	HP Development Company ノートブック PC (法人向け) 製品写真ライブラリ
2-23	ローカルコミュニケーションサーバ(Media Server)の外観	HP Development Company ノートブック PC (法人向け) 製品写真ライブラリ
2-24	サイエンスビッグデータサーバの外観	Intel® NUC Kits サイト
3-3	実証フィールドの航空写真	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-14	連続データ測定	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-15	ML8780A 外観	アンリツ株式会社より提供
3-16	ML8780A 用 Sub6 測定ユニット仕様図	アンリツ エリアテスタ ML8780A/ML8781A 個別カタログ
3-17	ML8780A 用空中線(Z1911B)外観図	アンリツ エリアテスタ ML8780A / ML8781A 製品紹介
3-20	6合目測定対象箇所図（分割後）	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-21	4合目測定対象箇所図（分割後）	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-22	No.01 6合目 傾斜上側 実測値	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-26	No.02 6合目 傾斜下側 実測値	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-30	No.03 4合目 傾斜上側 実測値	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-34	No.04 4合目 傾斜下側 実測値	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-57	基地局および測定点位置	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
3-58	与干渉システムと被干渉システムの並行運用 基地局間干渉（正対）	Google Earth 地図をもとにコンソーシアムにて作成
4-4	富士山ハザードマップ	山梨県富士山科学研究所富士山火山防災研究センター長 吉本充宏著 「富士山の噴火への課題 -将来の噴火に備えて-」
4-5	火口の分布の表示方法（2次元（左）と3次元（右））	産業技術総合研究所 富士山火口分布図(左)および国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所提供の数値地図データをもとに、アジア航測にて作成(右)
4-7	落石が山小屋を直撃	fujisan net 2019年9月13日記事「深夜に落石、山小屋直撃 富士山」
4-14	富士山直下の低周波地震(火山性地震)の3D震源マップと富士山地質を示した鳥瞰図	産業技術総合研究所 富士山火山地質図 鳥瞰図
4-15	課題実証3の実証イメージの概要	国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所提供の数値地図データをもとに、アジア航測にて作成した赤色立体図をもとに本コンソーシアムにて作成
4-56	他山の携帯電波状況（一例）	「山の電波地図」サイト情報をもとに本コンソーシアムにて作成
4-57	内閣府が設置する火山防災協議会等連絡・連携会議の概要	第9回火山防災協議会等連絡・連携会議 資料
4-58	火山防災強化推進都道府県連盟の設立	2019年7月23日発表 山梨県 火山防災強化推進都道府県連盟の設立について

4-61	総務省が進める 5G ソリューション提供センター（仮称）の構想	令和 2 年 12 月 10 日 総務省関東総合通信局発行 令和 3 年度総務省情報通信施策の概要
------	---------------------------------	---