

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

【開発実証事業】

高精細映像伝送による院内ICU等の遠隔モニタリング
及び救急医療連携の高度化に関する実証

成果報告書

2023年3月31日

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

徳島ローカル5G医療コンソーシアム

目次

1.	実証概要	1
1.1	背景・目的.....	1
1.1.1	病院内における情報連携の高度化(課題実証①)	6
1.1.2	救急医療の遠隔データ連携(課題実証②)	7
1.1.3	徳島県における 5G 関連の取組.....	10
1.2	実証の概要	14
1.2.1	課題解決の要諦	14
1.2.2	実証概要(課題実証①)	16
1.2.3	実証概要(課題実証②-1)	18
1.2.4	実証概要(課題実証②-2).....	20
2.	実証環境の構築.....	23
2.1	対象周波数帯	23
2.1.1	対象周波数帯(課題実証①)	23
2.1.2	対象周波数帯(課題実証②-1).....	23
2.1.3	対象周波数帯(課題実証②-2)	23
2.2	実施環境	24
2.2.1	実施環境(課題実証①)	24
2.2.2	実施環境(課題実証②-1)	26
2.2.3	実施環境(課題実証②-2).....	28
2.3	ネットワーク・システム構成	31
2.3.1	ネットワーク・システム構成(課題実証①)	32
2.3.2	ネットワーク・システム構成(課題実証②-1)	41
2.3.3	ネットワーク・システム構成(課題実証②-2).....	48
2.4	システム機能・性能・要件.....	51
2.4.1	システム機能・性能・要件(課題実証①)	51
2.4.2	システム機能・性能・要件(課題実証②-1).....	53
2.4.3	システム機能・性能・要件(課題実証②-2)	62
2.5	その他.....	66
2.5.1	実証システムの拡張性等	66
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策.....	66
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)	75
3.1	実証概要	75
3.2	実証環境	75

3.2.1	設置場所.....	76
3.2.2	ネットワーク・システム系統図.....	76
3.2.3	基地局構成.....	77
3.2.4	測定器.....	78
3.3	実施事項.....	79
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化.....	79
3.3.2	エリア構築の柔軟性向上.....	79
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発.....	131
3.3.4	基本的な電波伝搬データの取得.....	192
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討(課題実証).....	207
4.1	実証概要.....	207
4.1.1	背景となる課題.....	207
4.1.2	本実証におけるローカル 5G 活用モデル.....	211
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性.....	220
4.1.4	実証目標.....	221
4.2	実証環境.....	222
4.2.1	実証環境(課題実証①).....	222
4.2.2	実証環境(課題実証②-1).....	223
4.2.3	実証環境(課題実証②-2).....	225
4.3	実施事項.....	229
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証.....	229
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証.....	317
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討	349
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開.....	353
5.	普及啓発活動の実施.....	372
5.1	映像制作.....	372
5.2	実証視察会の実施.....	372
5.3	その他普及啓発活動.....	374
6.	実施体制.....	375
6.1	実施体制の全体像.....	375
6.2	実施体制内の役割.....	376
7.	スケジュール.....	378
	課題実証のシナリオ概要.....	380

1. 実証概要

1.1 背景・目的

近年、コロナ禍をきっかけに、ICU 等の隔離病棟における医療従事者の業務負担が増大している。例えば、隔離病棟への入退出の際に感染防護具の着脱が必要となっており、この感染対策による業務上の負荷が高まっている。

他方で、医療現場では電波を用いる医療機器等の通信機器が身近なものとなり、医用テレメータ、無線 LAN、無線式ナースコールなどのさまざまな機器が活用されている。また、無線 LAN については、2020 年の調査結果では 88.7%の病院で導入されており（図 1.1.1-1）、使用用途は、インターネット接続用、医療機器のデータ伝送用等、多岐にわたっている（図 1.1.1）。

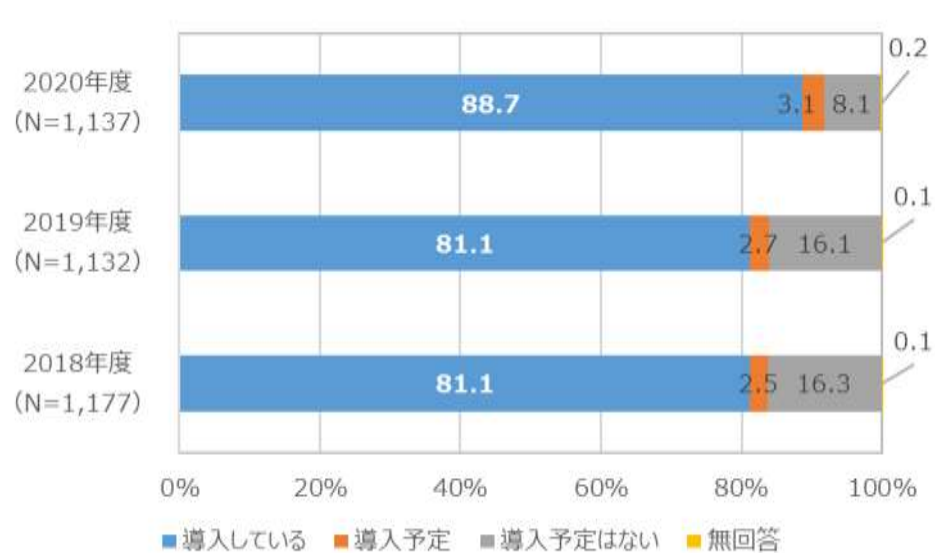


図 1.1.1-1 病院における無線 LAN の導入率¹

¹ 電波環境協議会 医療機関における電波利用推進委員会 「2020 年度医療機関における適正な電波利用推進に関する調査の結果」(2021 年 5 月)

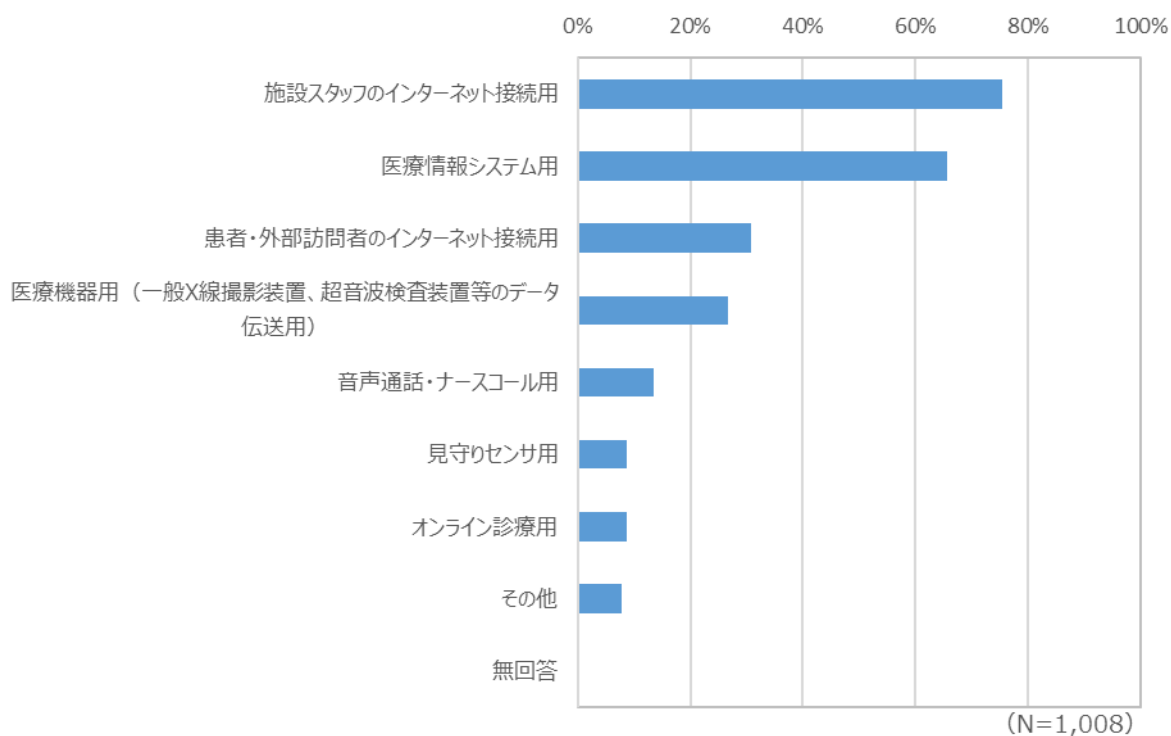


図 1.1.1-2 無線 LAN を導入する病院のその使用用途¹

一方で、昨今、医療機関において使用される通信機器が増加したことで、無線通信機器間の電波干渉のリスクが高まっている。実際に、2021年の電波環境協議会「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」にて、各種電波利用機器を導入する病院において、電波に係るトラブル経験があると回答した割合は、医用テレメータに係るものが40.9%、無線LANに係るものが50.4%、携帯電話に係るものが59.9%（マナーやセキュリティ、プライバシーに係るトラブルを含む）であることが報告されており²、電波関連のトラブル事例が少なくないことを示している。（図 1.1.1-3）

² 電波環境協議会 「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き（改定版）」（2021年7月）

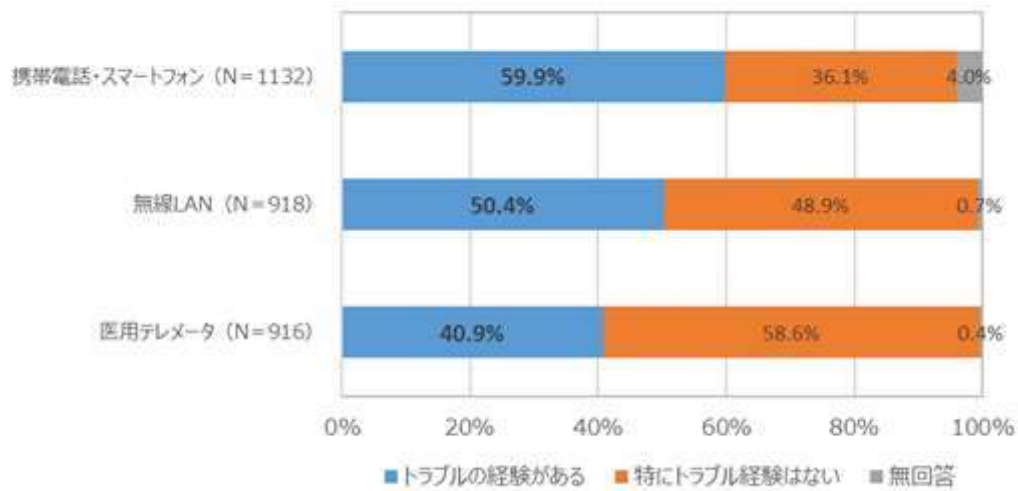


図 1.1.1-3 電波利用のある病院におけるトラブル経験²

さらに、徳島県では、徳島県立中央病院と徳島大学病院が隣接しており、互いの病院で使用される医療機器等の通信機器に関する電波混信の懸念が高まっており、無線通信の干渉予防対策が急務となっている。(図 1.1.1-4)



図 1.1.1-4 徳島県立中央病院と徳島大学病院の位置関係³

³ <http://nuh-forum.umin.jp/report/chugoku/tokushima01.html>

他方で、本提案では救急医療における課題にも着目する。我が国では、救急医療に係る医療従事者の過重労働といった救急医療体制の逼迫が課題となっている⁴。また、消防庁の調査によると、救急搬送件数は2019年まで一貫して増加傾向にあり、この救急医療の逼迫の問題はより深刻化していると考えられる（図 1.1.1-5）。さらに、コロナ禍以降、救急搬送困難事案（医療機関への照会回数4回以上かつ現場滞在時間30分以上の事案）が増加しており（図 1.1.1-6 図 1.1.1-6）、救急隊におけるメディカルコントロールの質をより高めていく必要がある。

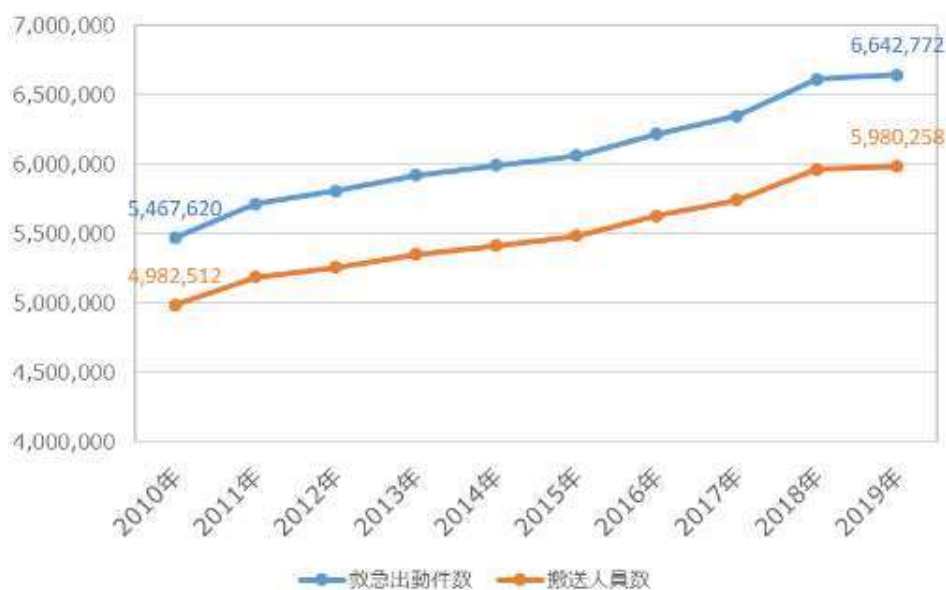


図 1.1.1-5 全国の救急出動件数および搬送人員の推移⁴

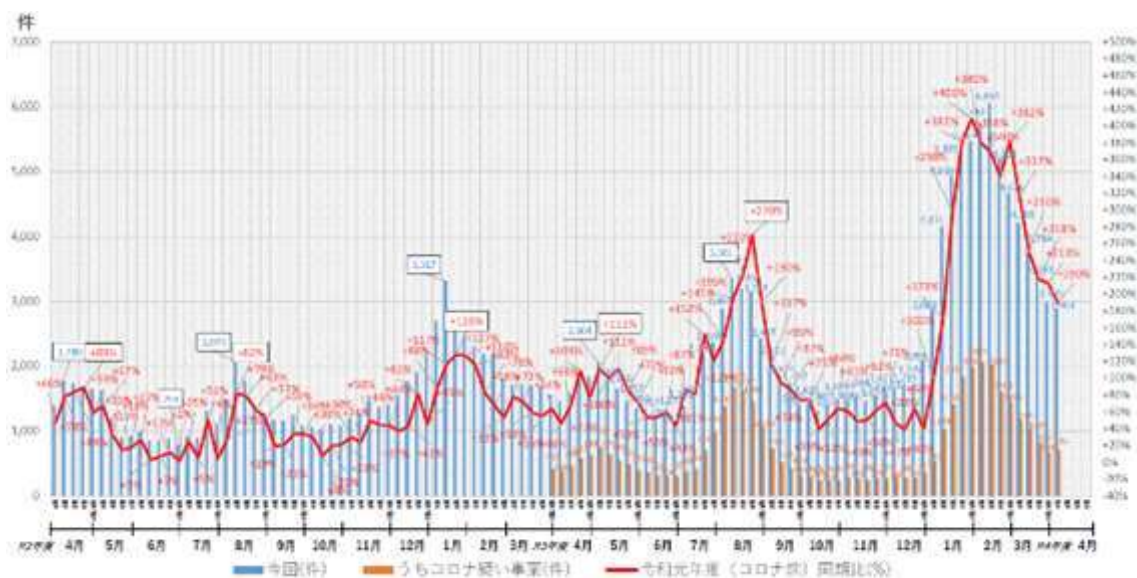


図 1.1.1-6 全国の救急搬送困難事案件数の推移（週単位）⁵

⁴ 厚生労働省 「救急医療の現状と課題について」（2019年11月）

⁵ 総務省消防庁 「各消防本部からの救急搬送困難事案に係る状況調査の結果」（2022年4月）

また、医療機関の入院患者等を他の病院に搬送する転院搬送に関しては、コロナ禍の始まった2020年を除き、救急隊出動件数が増加傾向にある（図 1.1.1-7）。特に、緊急性の乏しいケースにおいて転院搬送を利用することがかねてからの問題となっており、限られた医療資源を適正に活用することが求められている⁶。

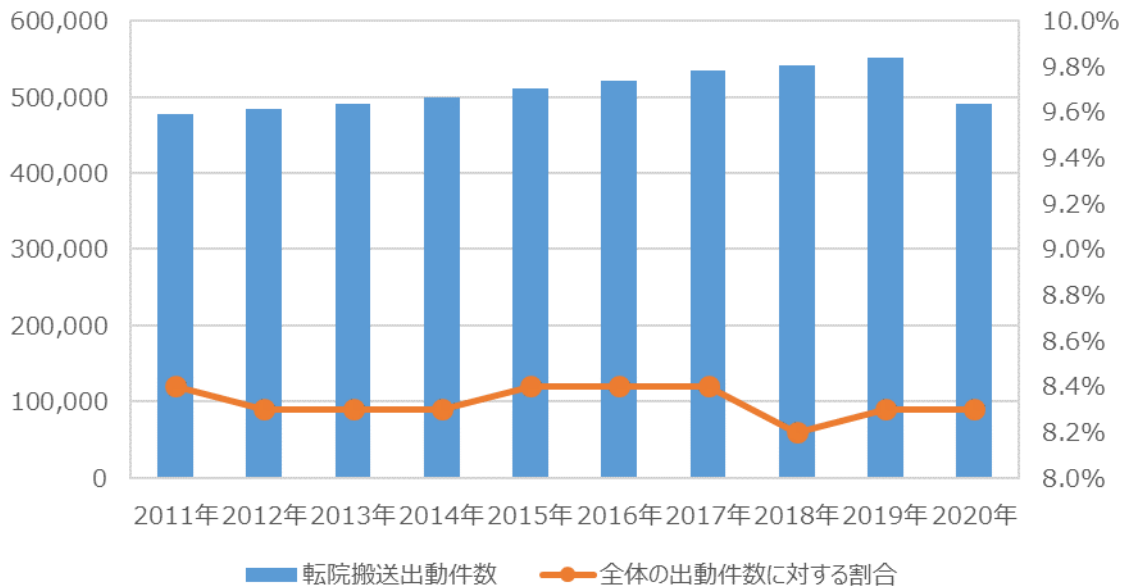


図 1.1.1-7 転院病院の出動件数と全体の出動件数に対する割合⁵

本提案では、我が国における上記の医療課題に対して、ローカル 5G と高精細映像等を活用した院内の隔離病棟等の患者に対する遠隔モニタリング（以下、課題実証①）と、ローカル 5G と高精細映像等を活用した救急医療における遠隔データ連携（以下、課題実証②）についての両実証を行い、同ソリューションの社会実装に向けた有効性の検証と、同ソリューションの運用時における課題抽出を行うことを目的とする。

⁶ 総務省消防庁「転院搬送における救急車の適正利用の推進について」（2016年3月）

1.1.1 病院内における情報連携の高度化（課題実証①）

コロナ禍によって、ICU等の隔離病棟への入退出の際に感染防護具の着脱が必要となっており、感染対策による業務上の負荷が高まっている。このことから、隔離病棟の外部から、遠隔で入院患者のバイタルを確認する、高精細カメラ映像によって遠隔から患者の容態をモニタリングする、といった遠隔モニタリングへのニーズが高まっていると考えられる。実施に、世界的にもコロナ禍以降にベッドサイドモニタに対する需要が増加している⁷。

一方で、徳島県において最も病床規模の大きい徳島県立中央病院と徳島大学病院は、互いに最短で50m程度と非常に近い距離に隣接している。病床数は、徳島県立中央病院で460床、徳島大学病院で696床であり、互いに多数の無線端末を使用している。このことから、医用テレメータ（400MHz）のチャンネルが重複することや、医用テレメータが他の医療機器などの発する電波による干渉を受けることが懸念されている。また、当該病院のように病床規模の大きい病院では、医用テレメータのチャンネル管理の運用が複雑になり、かつチャンネル数も不足するといった問題が生じている。電波干渉が起きた場合、入院患者のバイタルデータ等の伝送の不具合が発生することが予想され、患者の生命に直結する事故となる可能性があることから早期に対策が必要となっている。

そこで、本提案では、徳島県立中央病院と徳島大学病院の隣接エリアにおいてローカル5Gを活用し、ベッドサイドモニタのバイタルデータをセントラルモニタに伝送することで、無線電波の干渉リスクの低減を図る。さらに、ICU等隔離病棟の入院患者の容態を遠隔からモニタリングする映像伝送システムを構築し、院内の情報連携の高度化を実現する。さらに、将来的には、ローカル5Gを活用して、院内のPHSのスマホ化ならびに医療情報システム等からの無線でのデータ連携に活用することを想定する。

⁷ 日本総研レポート「産業力で医療崩壊を防止する緊急提言」－第2波、ポスト・コロナを見据えて－（令和2年4月）
<https://www.jri.or.jp/wp/wp-content/uploads/2020/05/bed607b2a2ffc95048ef14006a421f32.pdf>

1.1.2 救急医療の遠隔データ連携（課題実証②）

1.1 章で述べた通り、我が国の救急医療においては、救急医療体制の逼迫、救急搬送困難事案および転院搬送件数の増加が問題となっている。

徳島県では、特に3次救急において上記の問題が顕著である。徳島県は、全国と比較して3次救急の医療機関に対して救急搬送が集中する傾向があり、消防庁の統計では、徳島県の3次救急の搬送割合は、全国と比較して2倍以上高くなっている。また、照会1回以上の受け入れ拒否事案の割合も全国と比較して1.2倍と僅かながら高くなっている⁸。さらに3次救急への搬送患者のうち40%が軽症であり、重症者の割合が少ない⁹。徳島県において3次救急への搬送割合が多い要因として、医師の偏在が考えられる。特に、県東部地区での医師が増加している一方で、南部地区や西部地区では減少している。このことから、南部地区や西部地区の2次救急病院において救急医療の担い手が少なくなっており⁹、その結果、3次救急が集中する東部地区周辺の病院への搬送が増加していると考えられる。

徳島県東部地区周辺で、特に救急搬送が集中しているのが3次救急である徳島県立中央病院および徳島赤十字病院であり、この2施設だけで徳島県全体のおおよそ3割を占めている（図1.1.2-1）。さらに、徳島赤十字病院に搬送される患者の39.1%が軽症者であり、3次救急の平均である35.8%よりも高くなっている。また、軽症者搬送のうち、徳島赤十字病院の所在エリアである徳島県東部に対して、遠方の徳島県南部および西部エリアといった地域からの搬送割合が60.5%にも上り、長距離の転院搬送が常態化している。

したがって、3次救急へ搬送される軽症者割合を抑制することで、3次救急への救急搬送の集中回避と、転院搬送の緩和につながると考えられる。3次救急へ搬送される軽症者割合を抑制するためには、以下2つの対策が重要である。

- 1) 搬送前の救急隊においてメディカルコントロールの質を高めること
- 2) 3次救急の手前の2次救急の病院において軽症者を適切に処置することが必要となる。

⁸ 総務省消防庁 「救急搬送における医療機関の受け入れ状況等実態調査の結果」（2016年～2020年）

⁹ 四国医誌 68巻5, 6号「徳島県内の救急医療の現状と課題」（2012年12月）

1) の解決策として、搬送先病院の専門医が、遠隔から救急隊に対して適切な指示・指導を行うことが有効である。これには、両者の間で搬送患者に関する詳細な情報連携を行うことが重要となるが、現状の救急隊と搬送先病院との間でのコミュニケーション手段は電話による口頭伝達を中心であり、映像や心電図等のバイタルを伴った患者の容態に関するは情報共有はなされていない。

2) の解決策として、3次救急の専門医が、遠隔から2次救急の担当医に対して適切な指示・指導を行うことが有効である。これには、3次救急と2次救急との間で救急患者に関する詳細な情報連携を行うことが重要となるが、現状の2次救急と3次救急との間でのコミュニケーション手段は電話による口頭伝達を中心であり、映像や心電図等のバイタルを伴った患者の容態に関するは情報共有はなされていない。

そこで、本実証では、ローカル5Gにより、救急隊と搬送先医療機関との間で高精細映像とバイタルを伝送し、患者の容態等に関する詳細な情報を連携する実証を行う。これにより、専門医の指示のもとで救急隊のメディカルコントロールの質を担保し、かつ、詳細な患者容態を事前把握することで搬送先医療機関での処置準備の効率化を行う（課題実証②-1）。さらに、2次救急の医師と3次救急の専門医との間で高精細映像とバイタルを伝送し、患者の容態等に関する詳細な情報を連携する実証を行う。これにより、専門医の遠隔指導のもと2次救急における軽症者への適切な処置を可能にし、転院搬送の適正利用を促進する（課題実証②-2）。

なお、3次救急への搬送集中を緩和するためには、救急隊による搬送先選定の適正化も同時に進める必要がある。これについては別途、徳島県事業にて救急隊と搬送先候補の医療機関との情報連携のための仕組みである「救急搬送支援システム」の開発を推進しているところである。

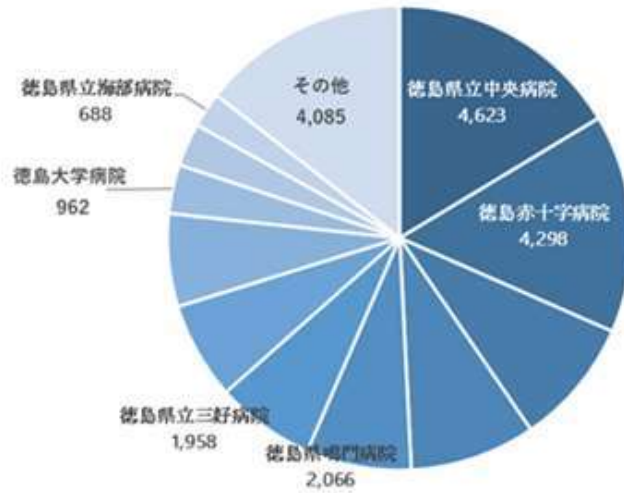


図 1.1.2-1 徳島県内における救急搬送数上位 40 施設の搬送割合¹⁰



図 1.1.2-2 3次救急への搬送割合／受け入れ拒否割合（全国比較）⁷

¹⁰ 徳島県保健福祉部 「令和2年救急患者搬送調べ」

1.1.3 徳島県における 5G 関連の取組

徳島県では、さまざまな地域の課題を解決するため、2020年に「デジタルとくしま推進プラン」を策定し、本推進プランの一環としてローカル 5G の環境構築に関する取組を進めている。2021年4月には、全国の自治体で初めてローカル 5G 免許を取得し、ローカル 5G 技術を県庁業務や医療、防災、農業などの分野での活用を計画しており、現在、徳島県庁をはじめとする県内 10 か所へローカル 5G 基地局設置を進めているところである。

医療分野では、2021年7月より、徳島県立中央病院、徳島県立海部病院、徳島県立三好病院において、NTT コミュニケーションズの 5G 閉域網を活用した遠隔医療支援システムの本格運用を行っている。徳島県立中央病院（徳島市）にいる専門医が精細な映像などを通して、徳島県立海部病院（牟岐町）や徳島県立三好病院（三好市）の患者に対して高精細映像を活用した糖尿病等の遠隔医療支援（図 1.1.3-1）、内視鏡検査等の医療機器画像の伝送による遠隔医療支援（図 1.1.3-2）を行うものである。また、実証試験として、ドクターカー等へのシステム搭載による救急・訪問医療支援（図 1.1.3-3）についても実施している。

本実証では、さらなるローカル 5G の活用シーンの拡大のため、院内の無線化と救急医療に着目した。救急医療については、実際の医療現場での運用に則したユースケースでの検証のため、搬送中の患者に対してリアルタイムに高精細映像とバイタルを搬送先に共有するとともに、2 次救急搬送後の転院搬送判断のための 3 次救急との情報連携について実証を行う。

また、徳島県では、令和 2 年度に徳島大学などの公立・公的 15 医療機関（表 1.1.3-1 ）において、「徳島医療コンソーシアム推進協定」を締結し、包括的な連携体制を推進している。昨年度の推進協議会では、5G 関係事業の展開について議論を行っており、県下の中核病院を巻き込み医療の 5G 活用について検討を進めているところである。

さらに、救急医療において、ICT を活用した救急搬送支援システムの開発を進めており、県内の病院と消防本部が互いに搬送患者情報や医療機関のリソース状況を共有する仕組みを実装する予定である。このシステムにより、適切な医療機関へ迅速な搬送による救命率の向上、および救急搬送業務に従事する救急隊職員や医療従事者の業務効率化につなげる狙いである。

表 1.1.3-1 徳島医療コンソーシアム推進協議会の構成病院

- ・徳島県立病院（中央病院・三好病院・海部病院）
- ・徳島大学病院
- ・徳島赤十字病院
- ・地方独立行政法人徳島県鳴門病院
- ・三好市国民健康保険市立三野病院
- ・那賀町立上那賀病院
- ・美波町国民健康保険美波病院
- ・海陽町国民健康保険海南病院
- ・つるぎ町立半田病院
- ・JA 徳島厚生連病院（吉野川医療センター・阿南医療センター）
- ・徳島市民病院
- ・国民健康保険勝浦病院



図 1.1.3-1 徳島県立中央病院における糖尿病遠隔診療の実証試験¹¹
(モニタ画面は徳島県立海部病院の問診映像)

¹¹ 徳島県病院局 「5G を活用した遠隔医療の実装について」
<https://tph.pref.tokushima.lg.jp/businessMeetingAgreement/qualityUp/utilization5G/>



図 1.1.3-2 徳島県立中央病院における内視鏡遠隔診断支援の実証試験¹⁰
(モニタ画面は徳島県立海部病院の内視鏡映像)



図 1.1.3-3 徳島県立中央病院のドクターカーに 5G 通信機器を搭載した実証試験¹²

¹² 徳島県病院局 「5G を活用した遠隔医療」

<https://tph.pref.tokushima.lg.jp/businessMeetingAgreement/qualityUp/utilization5G/7204422/>

本提案では、上述で整備されるローカル 5G 環境と、遠隔医療支援システムの実証実験の結果を踏まえ、1.1.1 章および 1.1.2 章に記載した地域医療の現場ニーズに則したサービスの実装を見据えた有効性の検証を行う。なお、ローカル 5G の基盤については、徳島県のデジタルとくしま推進プランの一環として既に病院への環境整備を進めており、本事業では、それらの基盤を活用したサービスの試運転と有効性の検証を対象とする。(図 1.1.3-4)

また、徳島県が構想するローカル 5G を活用した遠隔医療のあるべき姿を図 1.1.3-5 に示す。将来の基幹病院の無線化、および遠隔医療支援による都市部と地域間の高度な医療連携をローカル 5G およびキャリア 5G を活用することで実現することを目指す。具体的には、前述の課題実証①および課題実証②の実装に加え、救急における遠隔 DtoD への機能拡大、すでに実証を進めている遠隔外来診療の地域医療への展開など、専門医が不足する地域基幹病院等に対してより高度な医療を提供できる体制を整備することを構想するものである。

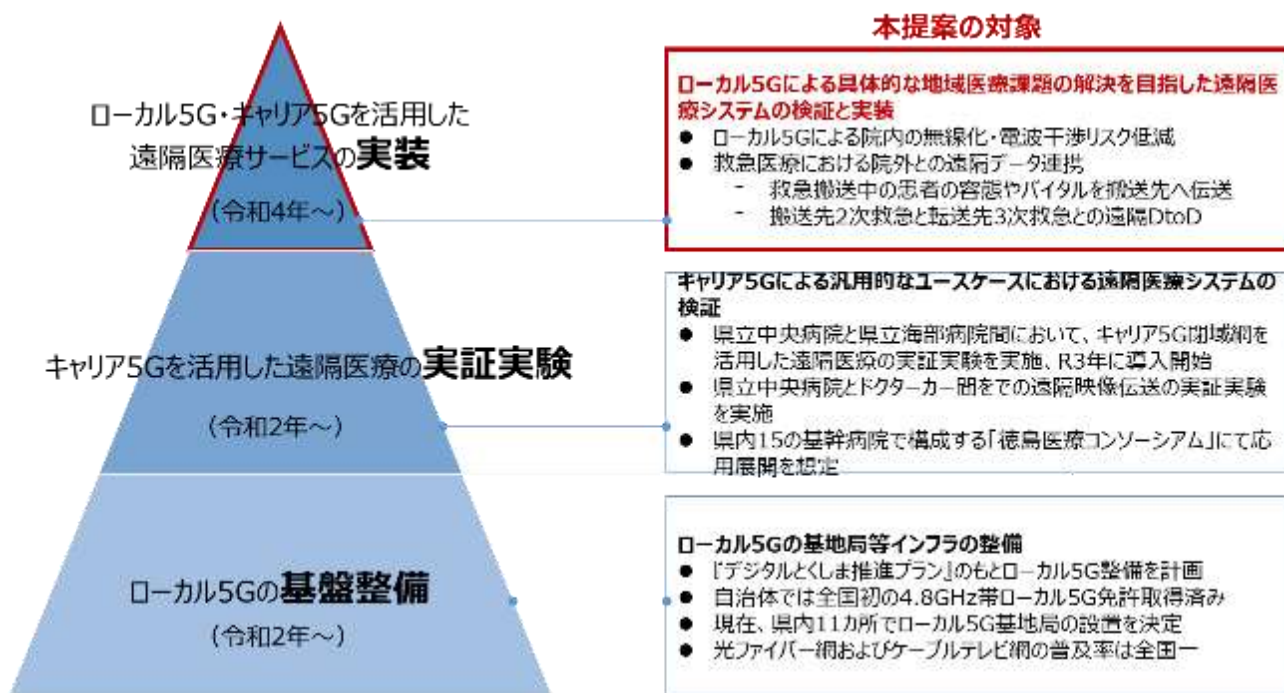


図 1.1.3-4 徳島県における 5G 関連事業と本提案の関係性

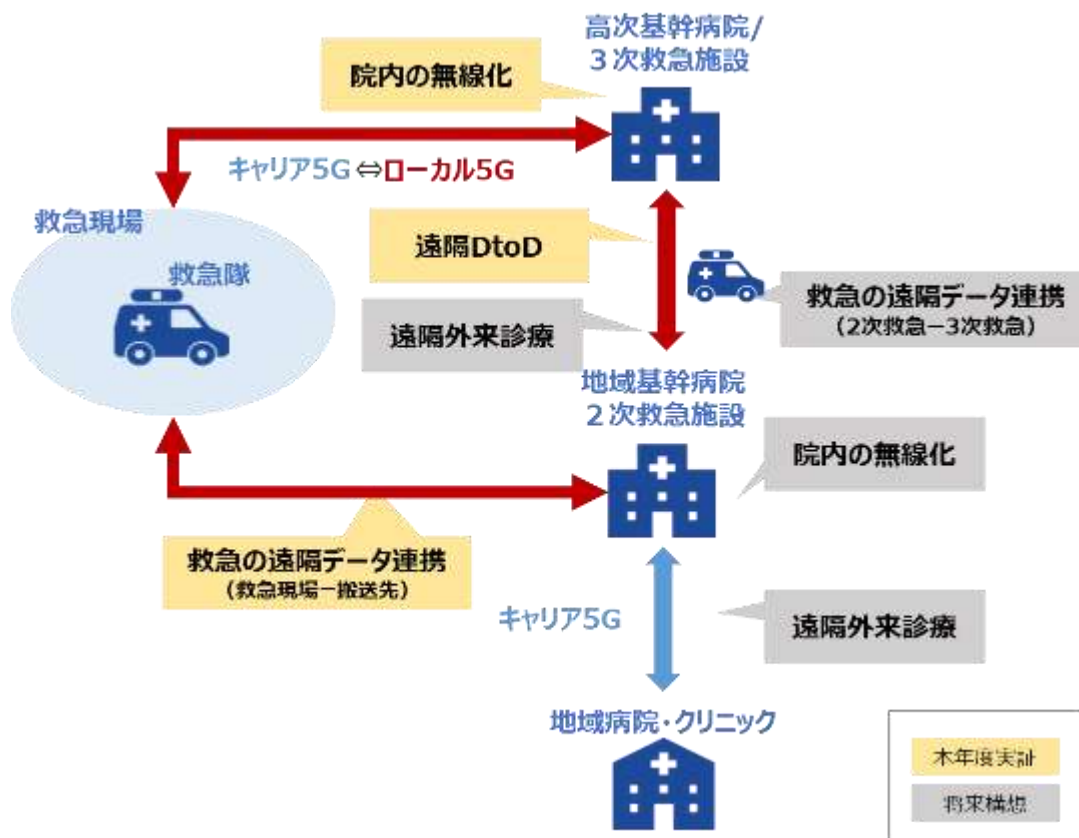


図 1.1.3-5 徳島県の構想するローカル 5G×遠隔医療のあるべき姿

1.2 実証の概要

1.2.1 課題解決の要諦

本提案では、徳島県で特に課題となっている、院内における医用テレメータや Wi-Fi の無線電波干渉、コロナ禍による ICU 等隔離病棟での医療従事者の業務負担増加、救急搬送先病院の一極集中および救急搬送先の適正化に着目し、その課題解決のためのソリューションを構築・検証する。これらの課題解決においては、ローカル 5G による院内の無線化、高精細映像伝送による遠隔モニタリングや遠隔での情報連携が不可欠である。各課題と提案するソリューションの対応関係を図 1.2.1-1 課題解決の要諦と提案するソリューションにまとめる。

着目する医療課題

課題解決の要諦

提案するソリューション

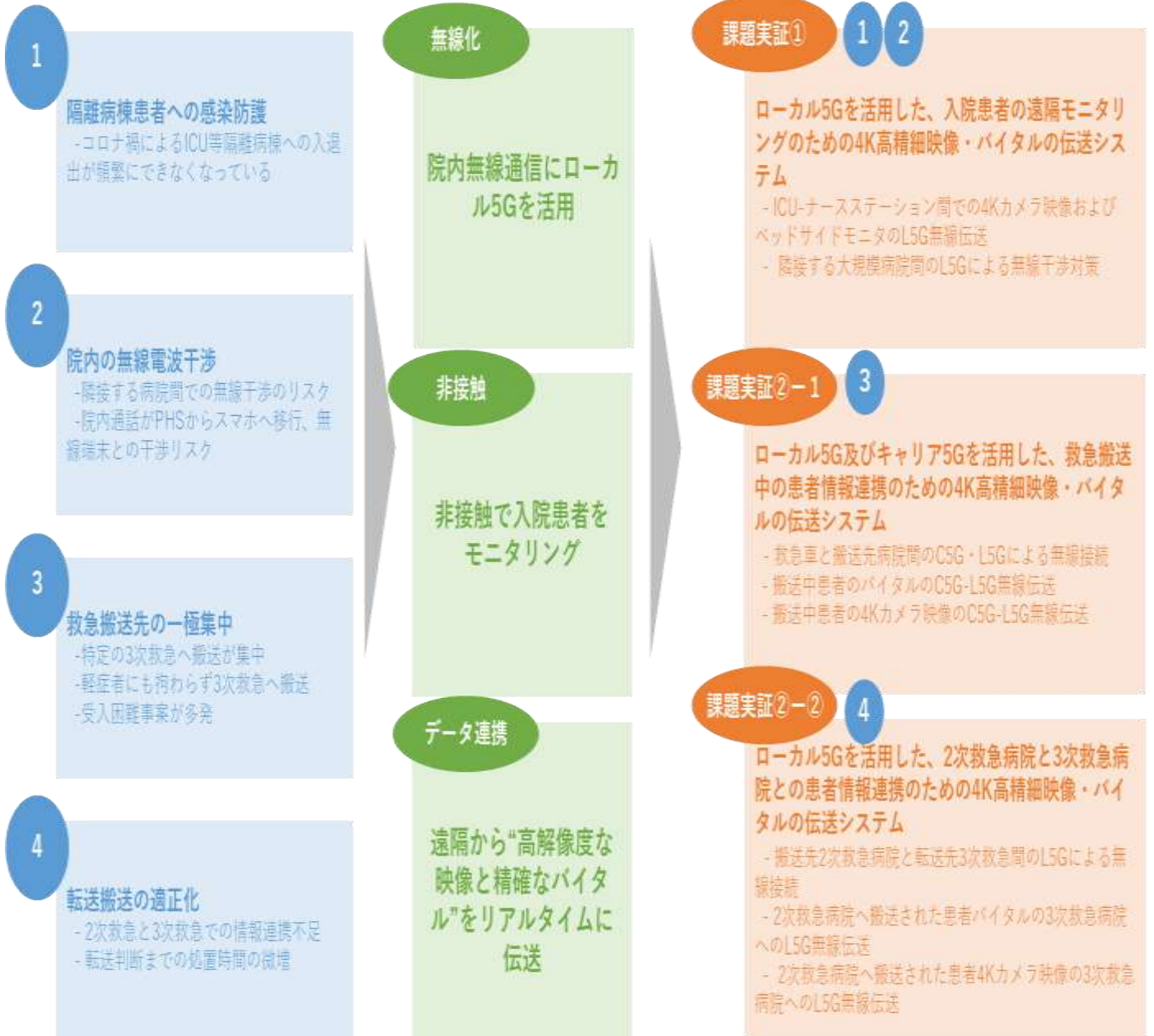


図 1.2.1-1 課題解決の要諦と提案するソリューション

1.2.2 実証概要（課題実証①）

（1）実証のポイント

課題実証①の実証における基本的な考え方としては、以下にポイントを整理する。

- ・ 大容量映像伝送を活用した実証をするため、5G の特性である高速・大容量を最大限引き出せるネットワーク構成とする。
- ・ 徳島県や協力する病院が持つソリューション及び機器を最大限活用することにより、実装にスムーズにつなげ、かつ実証に係るコストを低減する。
- ・ バイタルデータ等のセンシティブな情報を扱うため、クローズドなネットワークを検討する。

上記を踏まえ、以降の章でシステム構成図や使用機器を記載することとする。

（2）実証フィールド

課題実証①の実証拠点については、徳島県において最も電波干渉のリスクが顕著である徳島県立中央病院と徳島大学病院の隣接部分を対象として選定した。図 1.2.2-1 のとおり、徳島県立中央病院と徳島大学病院は、互いに最短部分で 50m 程度しか離れておらず、両院とも 400 床を超える病床規模を持ち、多数の無線端末を使用している。

また、ローカル 5G の想定カバーエリアは、徳島県立中央病院については、徳島大学病院と隣接するエリアの 6 階作業療法室（図 1.2.2-2）、徳島大学病院については東棟 6 階のカンファレンス室をそれぞれ模擬的な病室として選定した（図 1.2.2-2）。これらの部屋は、両院が互いに隣接する部分であり、電波干渉のリスクも高い。



図 1.2.2-1 徳島県立中央病院と徳島大学病院の隣接関係



図 1.2.2-2 徳島県立中央病院および徳島大学病院の各実証エリア
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

(3) 実証概要

課題実証①の実証概要を図 1.2.2-3 に示す。徳島県立中央病院および徳島大学病院のベッドサイドモニタを対象に、ローカル 5G を活用して無線電波の干渉リスクの低減を図る。また、両院の ICU 入院患者の遠隔モニタリングを目的として 4K カメラを設置する。ベッドサイドモニタのデータは徳島県立中央病院のセントラルモニタへ伝送し、4K カメラ映像は徳島県立中央病院のカメラモニタへ伝送する。ナースステーションから遠隔で ICU の患者の容態やバイタルを確認できるようにする。なお、徳島県立中央病院では、既にローカル 5G 基地局を構築済みであり、当該基地局との間での分散アンテナシステムにより徳島大学病院の 5G エリア化を行う。

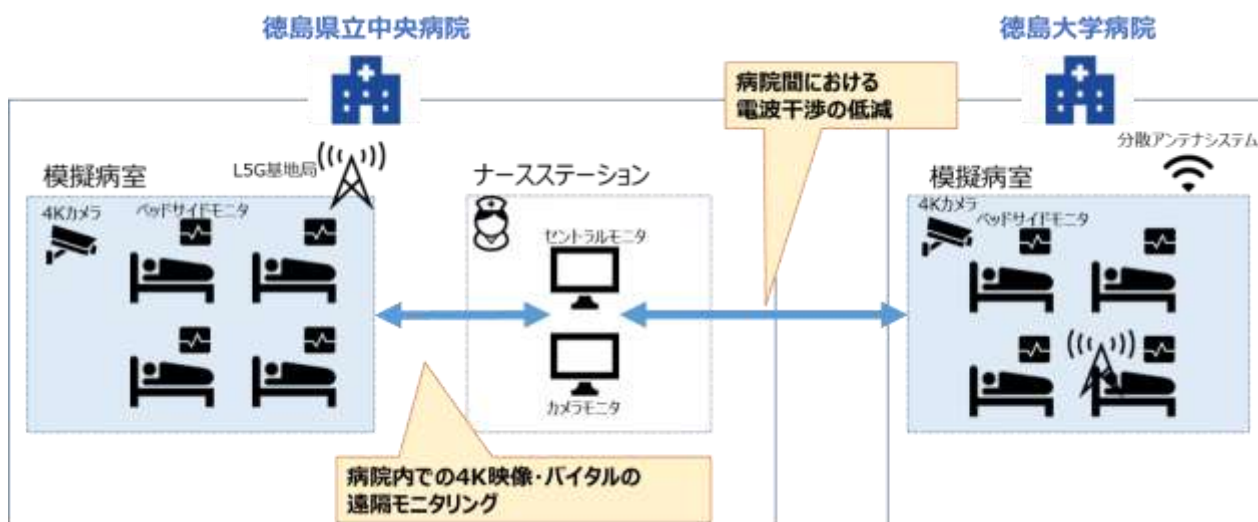


図 1.2.2-3 課題実証①の実証概要図

1.2.3 実証概要（課題実証②－1）

（1）実証のポイント

課題実証②－1の実証における基本的な考え方としては、以下にポイントを整理する。

- ・ 大容量映像伝送を活用した課題実証するため、5Gの特性である高速・大容量を最大限引き出せるネットワーク構成とする。
- ・ 徳島県や協力する病院が持つ設備・機器・医療 ICT サービスを最大限活用することにより、実装にスムーズにつなげ、かつ実証に係るコストを低減する。
- ・ バイタルデータ等のセンシティブな情報を扱うため、クローズドなネットワークを検討する。
- ・ 走行中の救急車に対して、非キャリア 5G エリア進入時のスムーズな通信切り替えに加え、キャリア 5G クラウドとローカル 5G 間の安定した通信を行うことを検証する。

上記を踏まえ、以降の章でシステム構成図や使用機器を記載することとする。

（2）実証フィールド

課題実証②の実証拠点については、徳島県において 2 番目に救急搬送件数の多い徳島赤十字病院への搬送を想定し、その近郊に位置する阿南市を救急現場として、阿南市から救急車により徳島赤十字病院へ搬送するシナリオを選定する。（図 1.2.3-1）

また、ローカル 5G の想定カバーエリアは、徳島赤十字病院内の病院棟 2 階の医局救急外来（図 1.2.3-2）を想定する。



図 1.2.3-1 課題実証②—1の実証エリア



図 1.2.3-2 徳島赤十字病院内の実証エリア
 (出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

(3) 実証概要

課題実証②—1の実証概要を図 1.2.3-3 に示す。救急車から、キャリア 5G 網および搬送先の徳島赤十字病院のローカル 5G を介して接続し、搬送中の患者の 4K 映像およびバイタルのデータ連携を行う。脳卒中・心筋症・火傷等の外傷によるショック状態の患者が、阿南市消防の救急車によって救急現場より徳島赤十字病院へ搬送されるケースを想定する。その際、救急車内の患者の 4K 映像および 12 誘導心電図等の生体情報を、キャリア/ローカル 5G を介して徳島赤十字病院へ伝送する。救急車内には、バイタル計測のための 12 誘導心電図、搬送患者の容態確認のための 4K カメラ等を設置し、搬送中にデータ伝送を行うことで、搬送後の病院での処置準備の迅速化を図る。

なお、徳島県で現在開発中の救急搬送支援システムは、搬送先決定前の受け入れ先病院選定の迅速化を目指しており、将来的に本ソリューションと連携することで、救急医療全体の業務効率化とそれによる救命率向上を図る。

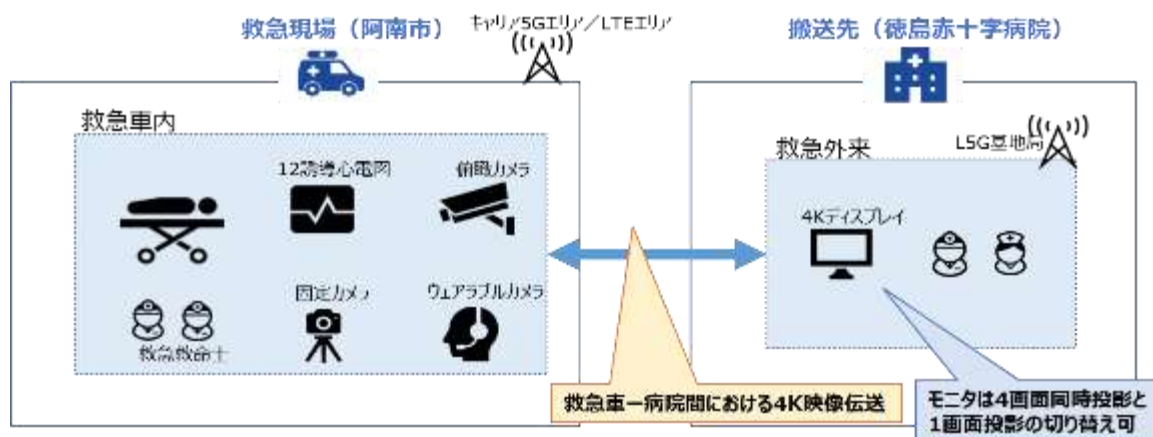


図 1.2.3-3 課題実証②—1の実証概要図

1.2.4 実証概要（課題実証②—2）

(1) 実証のポイント

課題実証②—2の実証における基本的な考え方としては、以下にポイントを整理する。

- ・ 大容量映像伝送を活用した課題実証するため、5G の特性である高速・大容量を最大限引き出せるネットワーク構成とした。
- ・ 徳島県や協力する病院が持つ設備・機器・医療 ICT サービスを最大限活用することにより、実装にスムーズにつなげ、かつ実証に係るコストを低減した。
- ・ バイタルデータ等のセンシティブな情報を扱うため、クローズドなネットワークを検討する。
- ・ 患者容態を正確に伝えるため、DtoD の円滑なコミュニケーションと医用画像の迅速なアップロードが可能なネットワーク構成とした。

上記を踏まえ、以降の章でシステム構成図や使用機器を記載することとする。

(2) 実証フィールド（課題実証②－2）

課題実証②の実証拠点については、徳島県南に位置し、ローカル 5G 基地局を構築済みである徳島県立海部病院を 2 次救急病院として選定し、さらに、県内 2 番目に救急搬送件数の多い徳島赤十字病院を 3 次救急の転院搬送先として選定した。両院の地理関係を図 1.2.4-1 に示す。

また、ローカル 5G の想定カバーエリアは、徳島県立海部病院については 3 階会議室（図 1.2.4-2）、徳島赤十字病院については病院棟 2 階の救急外来（図 1.2.4-3）に設定した。なお、徳島県立海部病院に構築済みのローカル 5G 基地局は、試験導入のために 3 階会議室をエリア化している。今年度は費用都合および病院業務への影響を懸念して、既存カバーエリアである 3 階会議室をもって検証を行うが、実装時は外来診療エリアに拡張のうえ利用した。なお、3 階会議室エリアについては、本実証とは別のユースケースである、徳島県立海部病院から他の地域病院や診療所に対する遠隔コンサルテーションにおいて利用を行う想定とした。



図 1.2.4-1 課題実証②－2 の実証エリア



図 1.2.4-2 徳島県立海部病院内の実証エリア
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

(3) 実証概要

課題実証②—2の実証概要を図 1.2.4-3 に示す。2次救急である徳島県立海部病院へ救急患者が搬送され、徳島県立海部病院における3次救急への転院搬送判断のために、徳島赤十字病院の専門医から徳島県立海部病院に対して遠隔での DtoD (Doctor to Doctor) のコンサルテーションを行うケースを想定した。その際、両院に導入済みである株式会社アルムの医療関係者間コミュニケーションアプリ「Join」によって、患者の4K映像、バイタルおよびCT等のDICOM画像のデータ共有を行った。Join上では、通常、4K映像を圧縮して伝送する形式となるが、本実証ではローカル5Gネットワークのみを介した形の別ルートで4K映像を伝送し、その映像をもってJoinにてチャットなどのコミュニケーションを図った。

なお、徳島県立海部病院においては、既にローカル5G基地局を構築し運用を行っている。

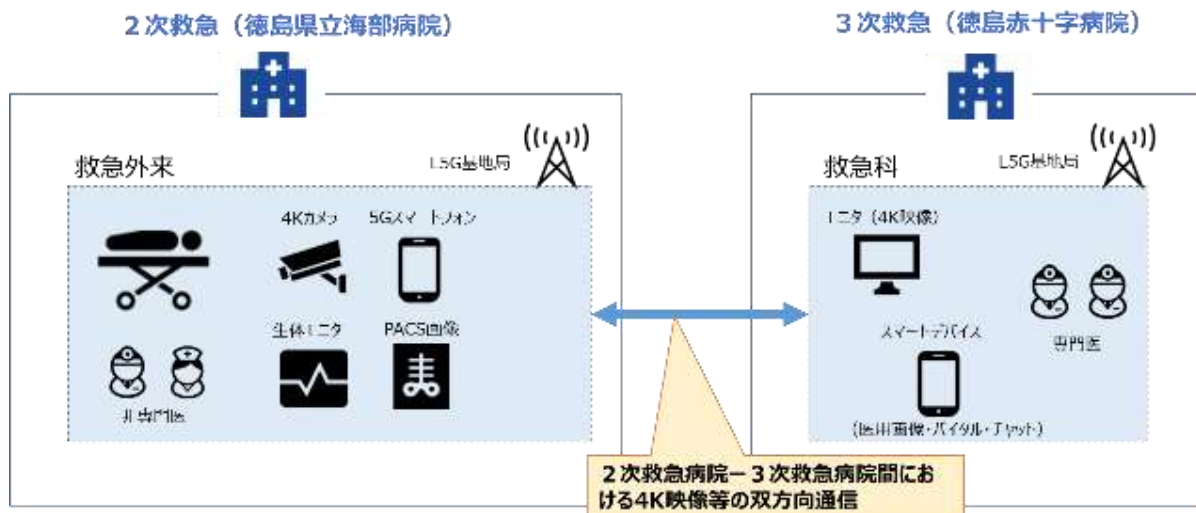


図 1.2.4-3 課題実証②—2の実証概要図

2. 実証環境の構築

本実証では、徳島県が整備したローカル 5G 設備と NTT コミュニケーションズ株式会社の商用ネットワーク、および技術実証のために追加設置するローカル 5G 実験試験局を活用した。

2.1 対象周波数帯

2.1.1 対象周波数帯（課題実証①）

本実証においては課題実証に必要な伝搬距離や伝送速度を鑑みてローカル 5G として電波法関係審査基準に記載されている Sub6 帯を活用した。本実証においては病院内に設置された既存のローカル 5G 設備を活用して電波放射を行うため既存設備で指定を受けている 4.8～4.9GHz で実証を行った。加えて、エリア拡張の手段として異なる周波数のセルを組み合わせる手法を検証するため、4.7～4.8GHz も使用した。

2.1.2 対象周波数帯（課題実証②—1）

本実証では、移動中の救急車両内でデータ伝送するため、屋外の通信エリアが必要となる。

屋外エリアについてはローカル 5G 設備構築を行わず、NTT ドコモの基地局（Sub6 帯：3.7GHz 及び 4.5GHz 帯）を活用して検証を実施した。

屋内エリアについては、徳島赤十字病院内に設置された既存のローカル 5G 設備を活用して電波放射を行うため既存設備で指定を受けている 4.8～4.9GHz で実証を行った。

2.1.3 対象周波数帯（課題実証②—2）

本実証のローカル 5G 部分においては、徳島県立海部病院および徳島赤十字病院内に設置された既存のローカル 5G 設備を活用して電波放射を行うため既存設備で指定を受けている 4.8～4.9GHz で実証を行った。

2.2 実施環境

2.2.1 実施環境（課題実証①）

課題実証①は徳島県立中央病院と徳島大学病院のそれぞれ隣接する2つの病院で実施した。

実証は屋内で実施され、両病院の所在するエリアは平地である。徳島県立中央病院には既設のローカル 5G 設備が設置されており同院内は分散アンテナシステム的一种である光 DAS (Distributed Antenna System) 設備により無線カバレッジを構築した。本実証ではこのローカル 5G 設備を活用して、医療用機器の無線接続にローカル 5G が活用できることを確認した。

また、両病院間には既設の光ケーブルが敷設されており、本実証では既設の徳島県立中央病院ローカル 5G 設備と併せてこの空き芯線を活用して光 DAS 設備を徳島大学病院まで拡張しエリアを拡大した。

ここで実証対象としたそれぞれのエリアは約 100m と近い距離で隣接しており、図 2.2.1-2 に示す通り調整対象区域が重なり、双方に無線設備を設置した場合には干渉の影響が懸念される環境であった。そのため、この両側でローカル 5G を運用し相互干渉などの問題の有無を確認した。



図 2.2.1-1 徳島県立中央病院と徳島大学病院
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

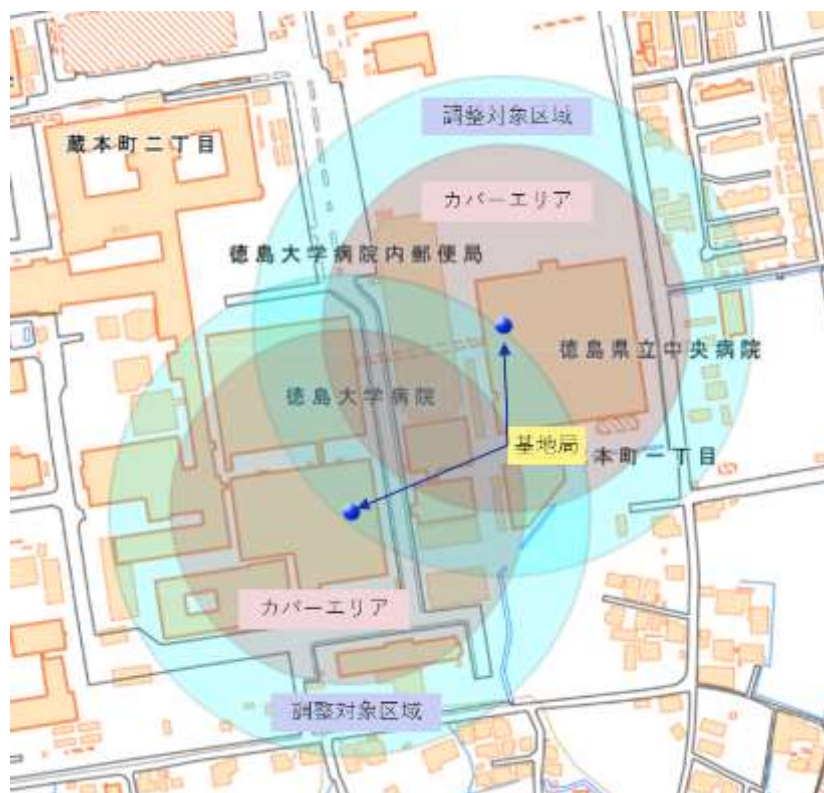


図 2.2.1-2 徳島県立中央病院と徳島大学病院(カバーエリアと調整対象区域)

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

2.2.2 実施環境（課題実証②—1）

図 2.2.2-1 NTT に示すように、救急車両は NTT ドコモの屋外 5G 基地局が整備された 5G エリア内を走行した。一部エリアについては 5G エリア外となるため、5G から LTE へ切り替えることで通信を継続させた。



図 2.2.2-1 NTT ドコモ屋外 5G エリア

通信の接続先である徳島赤十字病院の病院棟 2 階救急外来には、ローカル 5G 設備が別途設置され、本実証ではこの設備を活用した。



図 2.2.2-2 徳島赤十字病院

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

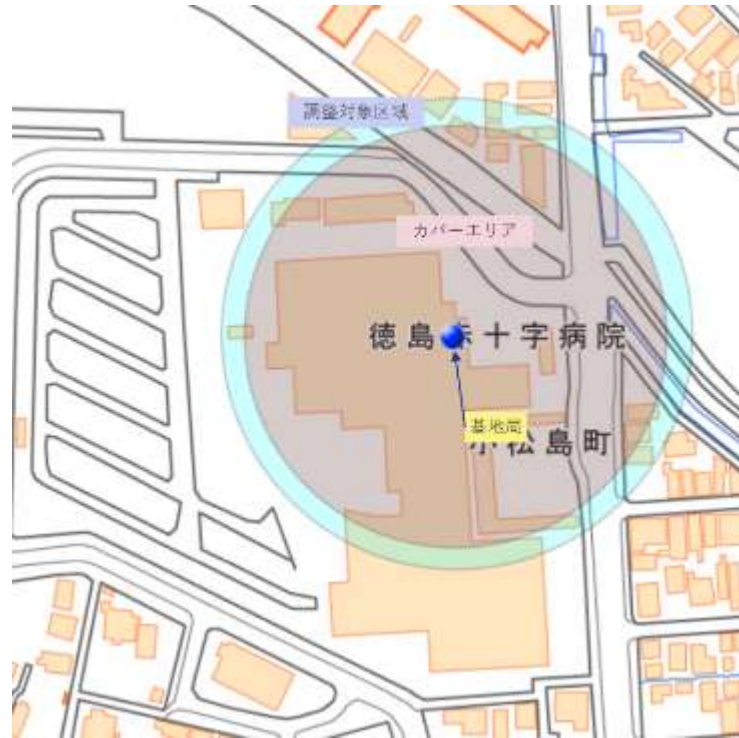


図 2.2.2-3 徳島赤十字病院(カバーエリアと調整対象区域)
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

2.2.3 実施環境（課題実証②—2）

課題実証②—2は徳島県立海部病院と課題実証②—1でも使用した徳島赤十字病院との間で実施した。徳島県立海部病院では3階会議室に既にローカル5G基地局を構築し運用を行っており、前述のとおり徳島赤十字病院にも設置されたため、本実証においてもこれらを活用した。



図 2.2.3-1 徳島県立海部病院
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

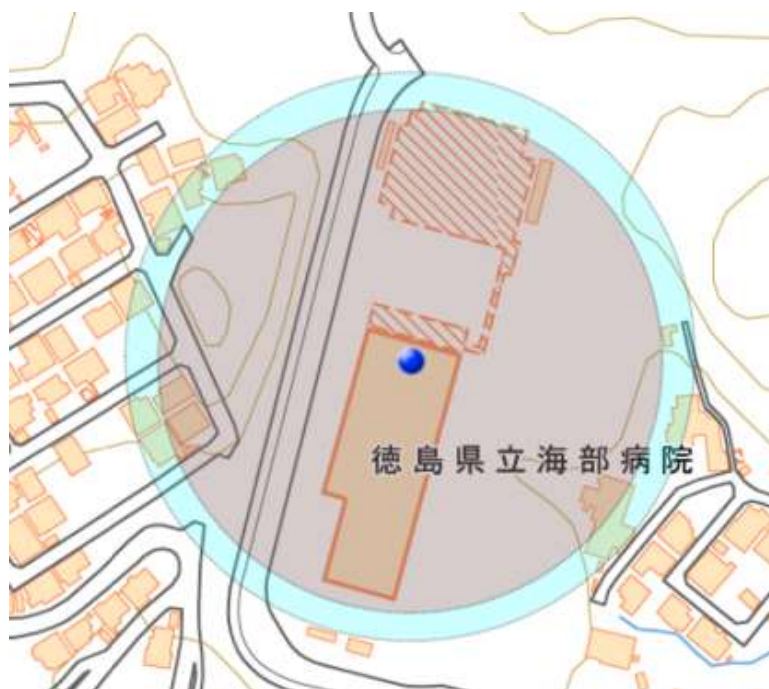


図 2.2.3-2 徳島県立海部病院(カバーエリアと調整対象区域)
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

【全体構成】

下記の施設及び場所において、4.8-4.9GHz 帯のローカル 5G のエリア化を行った。

日本赤十字社 徳島赤十字病院

- 2階 救急外来

徳島県立海部病院

- 3階 会議室

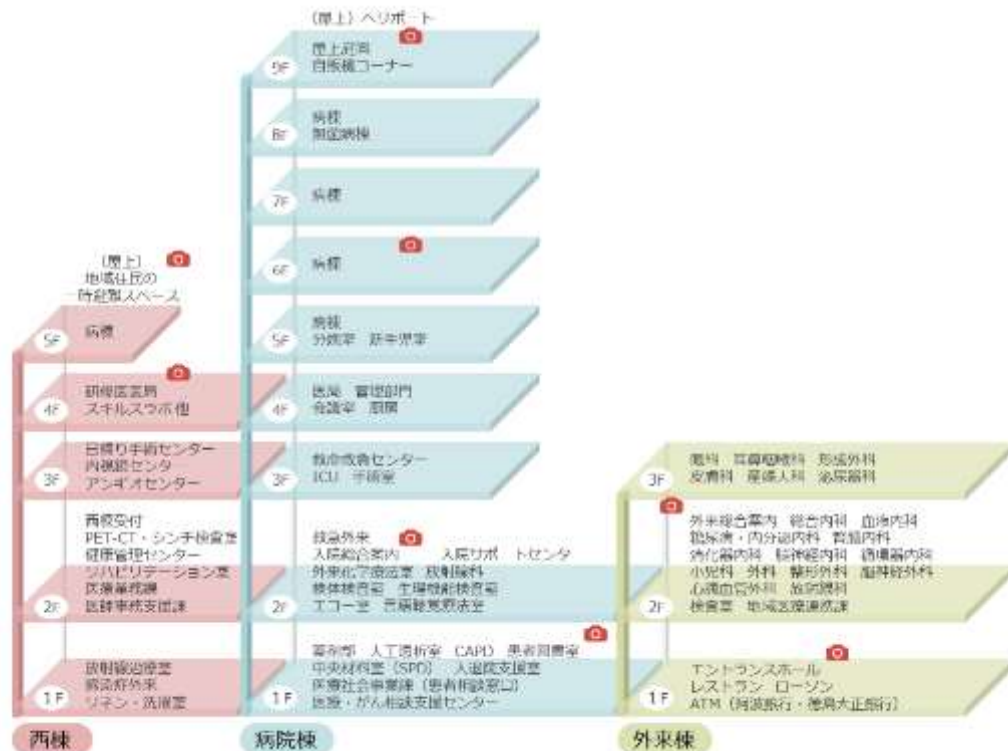


図 2.2.3-3 徳島赤十字病院 施設図



図 2.2.3-4 徳島県立海部病院 施設図

2.3 ネットワーク・システム構成

本実証で使用されるローカル 5G システムの概要を下表に示す。

表 2.2.3-1 ローカル 5G システム（基地局）の概要

	MB5400	FW-L5G-3	FB2000SS
製造ベンダ	NEC	FlareSystems	NEC マグナス
台数	2 台	1 台	1 台
設置場所（屋内/屋外）	屋内	屋内	屋内
同期/準同期	同期	同期/準同期	同期
UL : DL 比率	2:7	2:7/4:4/5:3/6:2	2:7、4:4
周波数帯	4.7GHz 帯	4.7GHz 帯	4.7GHz 帯
SA/NSA	SA	SA	SA
周波数	4.8~4.9GHz	4.7~4.8GHz 4.8~4.9GHz	4.8~4.9GHz
帯域幅	100MHz	100MHz	100MHz
中心周波数	4.8498GHz	4.7499GHz 4.8498GHz	4.8486GHz
UL 変調方式	64QAM	64QAM	64QAM
DL 変調方式	256QAM	256QAM	256QAM
MIMO	2×2MIMO	2×2MIMO	4×4MIMO

本実証で使用されるシステムの全体構成を下図に示す。

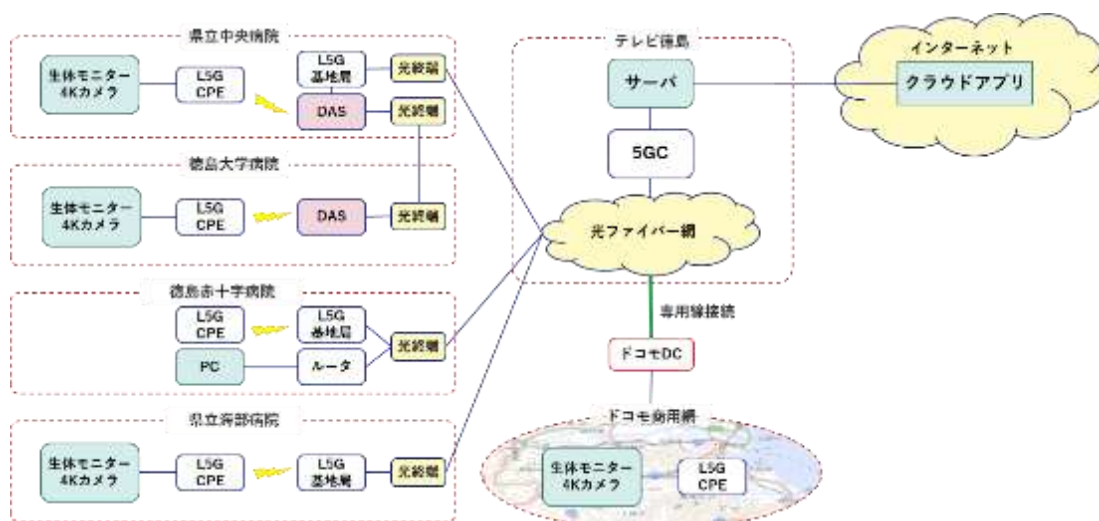


図 2.3-1 ネットワーク構成

ローカル 5G の各基地局は、ケーブルテレビ徳島株式会社が設置している既設のオンプレ 5G コアシステム（以下、5GC）に收容される。また、NTT ドコモの商用網と連携するため、ローカル 5G のデータネットワーク（DN インターフェース）とドコモデータセンターとの間を専用線で接続した。

2.3.1 ネットワーク・システム構成（課題実証①）

(1) 設置場所

徳島県立中央病院 6 階の作業療法室と徳島大学病院 6 階のカンファレンス室を実証エリアとして使用した。

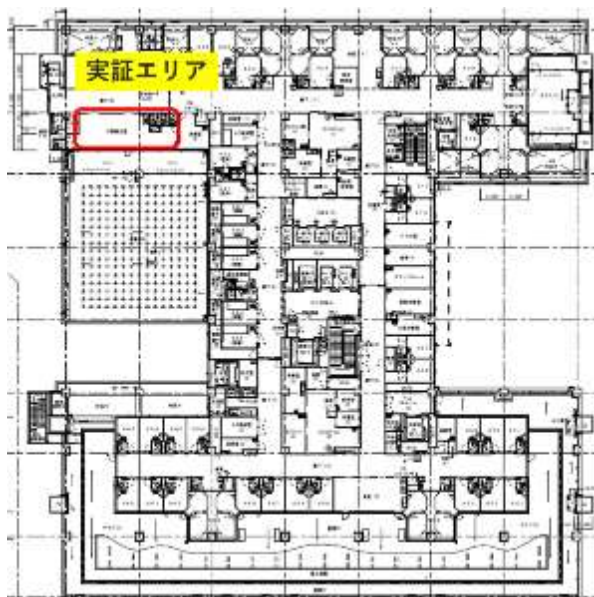


図 2.3.1-1 徳島県立中央病院 6 階



図 2.3.1-2 徳島大学病院 6 階

(2) エリアシミュレーション図及び実証環境

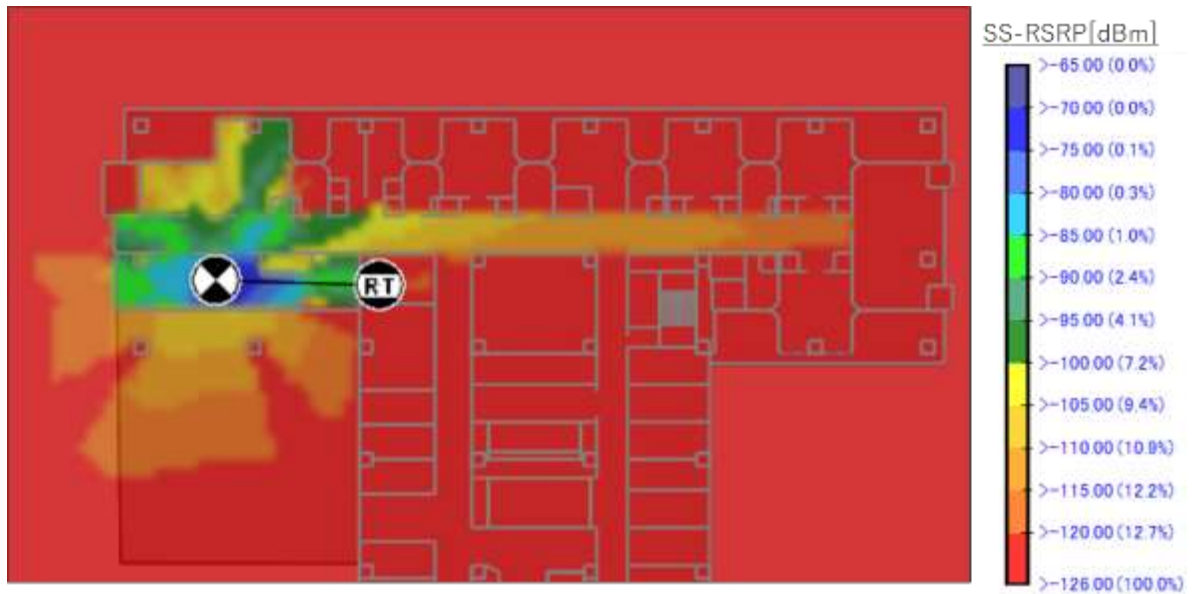


図 2.3.1-3 エリアシミュレーション(徳島県立中央病院 6階)

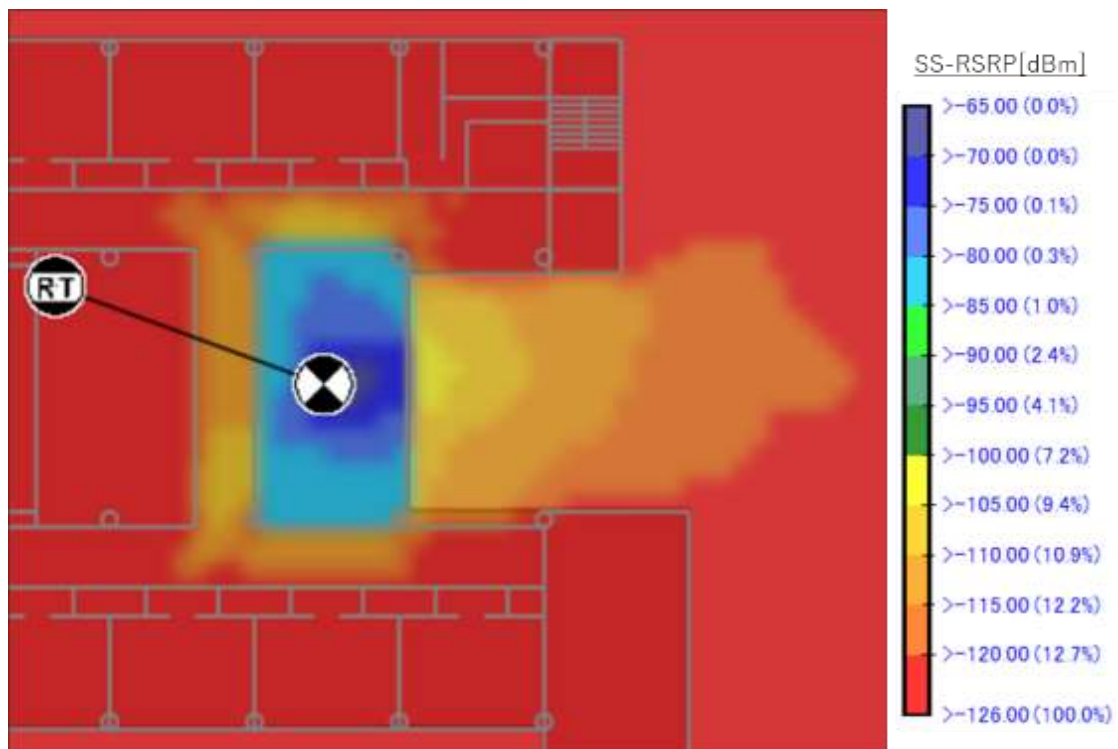


図 2.3.1-4 エリアシミュレーション(徳島大学病院 6階)

(3) ネットワーク・システム系統図

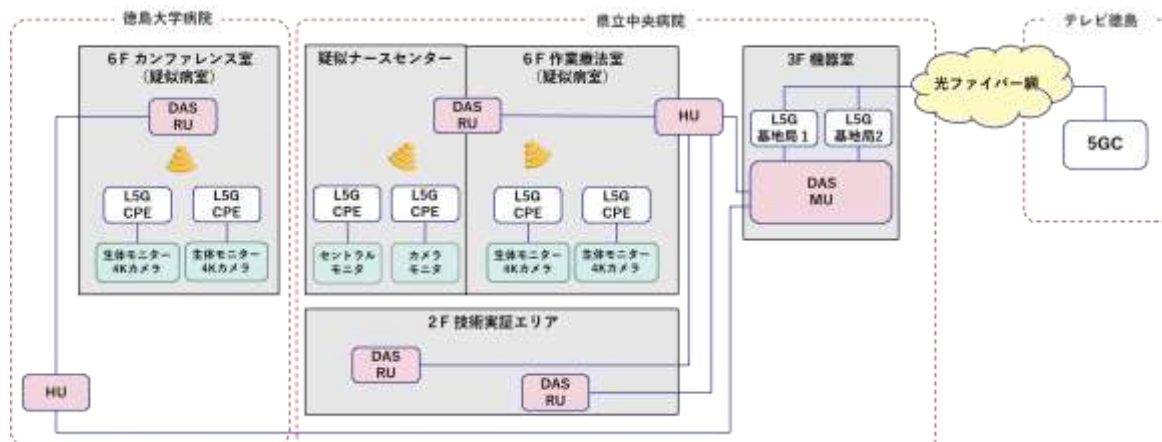


図 2.3.1-5 ネットワーク・システム系統図 (課題実証①、技術実証)

(4) 基地局構成

徳島県立中央病院においては 3GPP Rel. 15 に準拠した SA 方式の基地局制御部 (CU/DU) と無線機部 (RU) が別装置となる分離型の基地局を使用した。基地局制御部 (CU/DU) と無線機部 (RU) はともに 3 階のサーバ室に設置され光 DAS に接続した。設置される無線機部 (RU) は 1 台であるが、徳島県立中央病院 2 階及び 6 階と徳島大学病院 6 階に設置された光 DAS の無線機に接続され分散した無線カバレッジを構成した。光 DAS の装置構成については 3.3.2 項 (4) に記載する。

本実証においては隣接した病院の双方に基地局を設置する必要があるが、実証後にも病院内で無線カバレッジを拡張する計画を踏まえると、基地局制御部 (CU/DU) と無線機部 (RU) を増設することなく光 DAS で拡張する方法が最も効率的である。



図 2.3.1-6 分離型基地局 無線機 (RU) 外観図 (徳島県立中央病院、徳島県立海部病院)

(5) 基地局無線特性及び性能

表 2.3.1-1 ローカル 5G 基地局の装置諸元 (分離型)

分離型基地局 NEC MB5400	
対応周波数帯	4.8GHz-4.9GHz
最大出力	33.6dBm(2300mW) x 2Tx
空中線利得	光 DAS (4.5dBi) に接続
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 SISO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	同期 (理論値) ダウンリンク 660Mbps (256QAM) アップリンク 65Mbps (64QAM)
ネットワーク接続方式	10Gbps LAN
時刻同期方式	PTP 同期方式
電源	AC100V

(6) コアネットワークの性能

表 2.3.1-2 ローカル 5G コアネットワークの装置諸元

オンプレ型 5G コアネットワーク (5GC) NEC 製	
規格	3GPP で規定される SA 方式の 5G コアとして動作する
認証	ローカル 5G 基地局制御部(CU/DU)と接続し、SIM を用いて端末を認証し、データ通信を処理できる
管理機能	加入者管理・認証機能を有する
最大収容端末数	1,000
最大同時接続数	1,000
主要コア機能	AMF (Access and Mobility Management Function) 機能 SMF (Session Management Function) 機能 UDM (Unified Data Management) 機能 UPF (User Plane Function) 機能

(7) 端末

① CPE (FG900CS)

CPE 型ローカル 5G 端末 NEC マグナスコミュニケーション製 FG900CS		
諸元・動作環境条件等	内容	備考
通信モード	NSA/SA	
WAN インターフェース	LTE/5G 有線 LAN IEEE 準拠 1GBASE-Tx1	2 種の排他利用が可能
使用周波数	LTE band:1/3/8/18/19/28/41/42 5G band:n77, n79	
外部インターフェース	有線 LAN: IEEE 準拠 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T x 2	
	無線 LAN : 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ax	
	EIA 準拠 RS-232C/RS485 (2 線) ソフトウェア制御による排他利用、I/F=Dsub 9pin	
	DIDO 2port 搭載	
	Bluetooth Ver5.1 準拠	
	AUX インターフェース (インターフェースコネクタ : USB Type-A)	
アンテナ	LTE/5G アンテナ内蔵	
	無線 LAN アンテナ内蔵	
SIM インターフェース	nanoSIMx1	
電源電圧	DC12V 給電 (AC アダプター添付)	
消費電力	26W 以下	
筐体	樹脂筐体 (UL94V-0)	
冷却方法	自然空冷	
外形	195 (W) x 128 (D) x 59 (H) mm	突起物含まず
重量	700g 以下 (本体のみ)	
動作環境	動作温度 : 0~40℃ 動作湿度 : 90%RH 以下 (結露無きこと)	
適用法令	電波法 (無線設備規則) 電気通信事業法 (端末設備等規則) 電気用品安全法	
準拠規格	VCCI Class B	



図 2.3.1-7 FG900CS の外観

② 4K カメラ付き端末 (エッジ AI カメラ AW02)

4K カメラ付きローカル 5G 端末 FCNT 製 SAWC02001	
規格	3GPP で規定されるユーザ端末 (UE) として動作する
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	100MHz
周波数	n79 (4.6~4.9GHz)
アンテナ構成	内蔵型無指向性アンテナ
送信電力	23.0dBm 200mW
電波の型式	100MX7W
カメラの仕様	4,850 万画素 (79 度) 800 万画素 (120 度)



図 2.3.1-8 エッジ AI カメラ AW02 の外観

③ L5G 対応 PC (VersaPro Ultra Lite タイプ VG) (測定などで使用)

L5G 対応 PC NEC 製 VersaPro Ultra Lite タイプ VG		
諸元・動作環境条件等	内容	備考
外部インターフェース	5G モジュール搭載 SIM ロックフリー ローカル 5G 対応	
基本性能	ロングバッテリー、軽量、堅牢	
CPU	インテル Core i7-8565U プロセッサ (1.80GHz-最大 4.60GHz) または インテル Core i5-8265U プロセッサ (1.60GHz-最大 3.90GHz)	
メモリ	8GB (LPDDR3 SDRAM/オンボード 8GB、デュアルチャネル対応)	
ストレージ	約 512GB SSD (NVMe 接続) または 約 256GB SSD (NVMe 接続)	
無線通信	IEEE802.11ac/a/b/g/n 準拠、Bluetooth Smart Ready (Ver. 5)	
外部インターフェース	USB Type-C (USB 3.0) ポート (USB Power Delivery 3.0 対応)、 USB Type-C (USB 3.1) ポート×2、USB 3.1 ポート、HDMI 出力ポート、 microSD メモリーカードスロット、ヘッドホン出力/マイク入力端子	
本体サイズ	約 307.8 (幅) × 215.7 (奥行き) × 15.5 (高さ) mm (突起部、バンブ部除く)	
質量	約 837g	

5G インターフェース部		
5G	対応バンド	Sub6 n77, n78, n79
	NW 構成	NSA/SA



図 2. 3. 1-9 L5G 対応 PC の外観

2.3.2 ネットワーク・システム構成（課題実証②—1）

課題実証②—1においては、搬送中救急車よりドコモ 5G 及び LTE を経由して受け入れ先病院のローカル 5G へ接続した。

(1) ネットワーク構成図

ドコモ 5G・LTE からローカル 5G へ接続するネットワーク構成について図 2.3.2-1 ネットワーク構成図に示す。

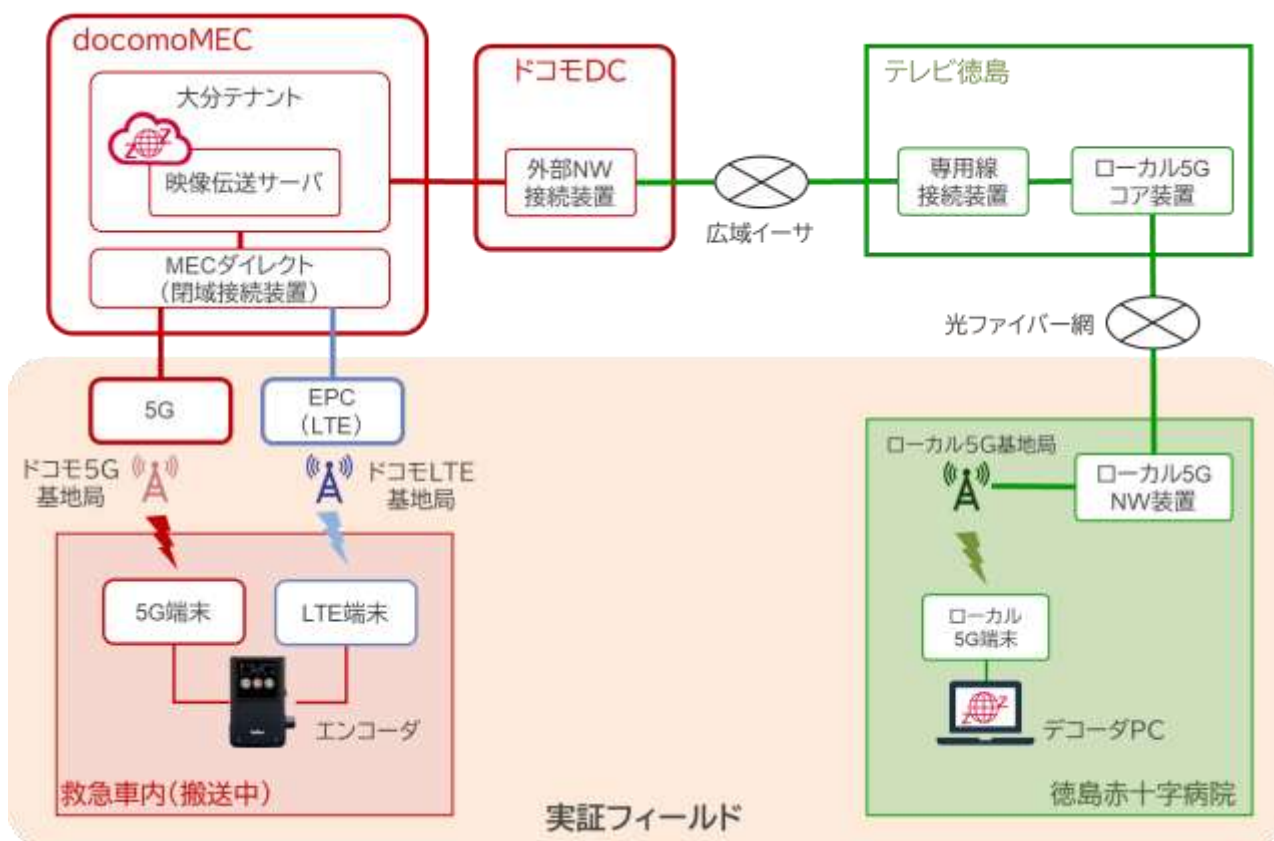


図 2.3.2-1 ネットワーク構成図

(2) ドコモ 5G ネットワーク・システム構成

屋外エリアにおいては設置済みのドコモ 5G 基地局を活用した。

1) 基地局構成

ドコモ 5G 基地局の構成例を図 2.3.2-2 5G 基地局外観、図 2.3.2-3 5G 用アンテナ、図 2.3.2-4 5G 無線基地局装置に示す。



図 2.3.2-2 5G 基地局外観



図 2.3.2-3 5G 用アンテナ



図 2.3.2-4 5G 無線基地局装置

2) 基地局無線特性及び性能

ドコモの5G基地局の装置諸元を表 2.3.2-1 に示す。

表 2.3.2-1 ドコモ 5G 基地局の装置諸元

通信方式	キャリア 5G (ドコモ) ※LTE をアンカーバンドとしたノンスタンドアロン(NSA)方式
無線局数	屋外エリアの複数の基地局
周波数帯	3.7GHz 帯及び 4.5GHz 帯
帯域幅	100MHz(3.7GHz/4.5GHz)
キャリア間隔	30kHz(4.5GHz)
変調方式	DL(QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM) UL(QPSK, 16QAM, 64QAM)
同時接続数	1500UE/セル(無線局)
装置ベンダ	NEC 及び富士通

3) コアネットワークの性能

本キャリア 5G はアンカーとして LTE を利用するノンスタンドアロン方式となる。5G の無線アクセスネットワーク(RAN:Radio Access NW)を収容するコアネットワークは、交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワークであり、端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

インターフェースとして、eUTRAN(LTE/LTE-Advanced の RAN)を収容する既存コアネットワークである EPC(Evolved Packet Core)、及び RAN-コアネットワーク間のインターフェースとして、eUTRAN-EPC 間は S1 インターフェースを流用する構成となる。

EPC では、ユーザの認証、ユーザデータパケットの転送経路の設定、QoS 制御、移動制御などの機能を提供している。

呼制御方式としては、常時接続である「Always-ON」コンセプトを採用し、移動端末の電源 ON と同時に IP アドレスが割り振られ、固定網と同様に通信が可能となる。

4) 端末の概要

本実証において用いる予定のドコモ 5G 対応端末の外観等を図 2.3.2-5 K5G-C-100A (京セラ) に、主要諸元を表 2.3.2-2 に示す。



図 2.3.2-5 K5G-C-100A (京セラ)

表 2.3.2-2 ドコモ 5G 対応端末の主要諸元

機種	K5G-C-100A
通信方式	5G NR (Sub6/mmW) Local5G (Sub6/mmW) 4G LTE™ (マルチバンド)
ネットワークタイプ	NSA/SA ※SA はローカル 5G のみ
通信速度	5G (mmWave): 受信時最大 2.4Gbps / 送信時最大 400Mbps 5G (Sub-6): 受信時最大 1.7Gbps / 送信時最大 140Mbps ※LTE については公表値なし
インターフェース	USB-TypeC
サイズ	約 78 (H) × 165 (W) × 27 (D) mm
重量	約 326g

(3) ローカル 5G ネットワーク・システム構成

受け入れ先病院側のローカル 5G ネットワーク・システムは既設のものを利用した。

1) 設置場所

通信の接続先である徳島赤十字病院の病院棟 2F 救急外来にローカル 5G 設備が本実証とは別に設置されており、本実証ではこの設備を活用した。

2) エリアシミュレーション図及び実証環境

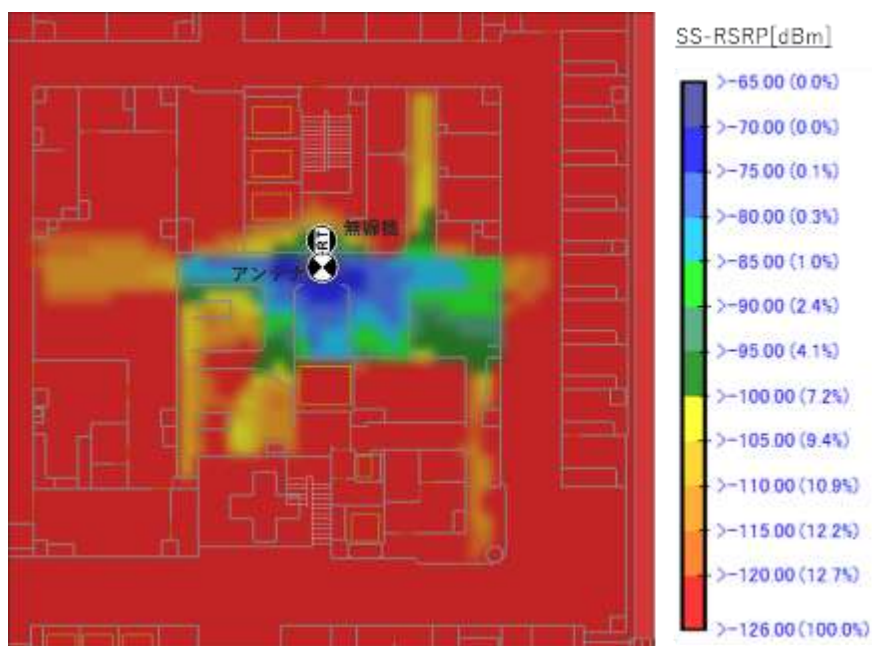


図 2.3.2-6 徳島赤十字病院 ローカル 5G カバレッジ シミュレーション

3) 基地局構成

徳島赤十字病院には SA (Stand Alone) 方式で 3GPP Rel.15 に準拠した CU/DU/RU が一つの筐体に収容され、制度化済準同期にも対応した一体型基地局 (gNB) が設置されており、これを活用した。



図 2.3.2-7 一体型基地局 (gNB) 外観図 (徳島赤十字病院)

4) 基地局無線特性及び性能

表 2.3.2-3 ローカル 5G 基地局の装置諸元 (一体型)

一体型基地局 NEC マグナスコミュニケーションズ製 FB2000SS	
対応周波数帯	4.7GHz-4.8GHz, 4.8GHz-4.9GHz
最大出力	30dBm(1000mW) x 4Tx
空中線利得	5dBi (NK086)
占有帯域幅	100MHz
MIMO レイヤ数	ダウンリンク 4x4 MIMO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	同期 (理論値) ダウンリンク 1.2Gbps (256QAM) アップリンク 165Mbps (256QAM) 制度化済準同期 (理論値) ダウンリンク 680Mbps (256QAM) アップリンク 330Mbps (256QAM)
ネットワーク接続方式	10Gbps LAN
時刻同期方式	GNSS 同期 または PTP 同期方式
電源	AC100V

5) コアネットワークの性能

課題実証①で使用する 2.3.1 項で示したものと同一ケーブルテレビ徳島株式会社が設置している 5GC に接続した。

6) 端末の概要

本実証 (屋内) において用いたローカル 5G 対応端末の外観等を図 2.3.2-8 に、主要諸元を表 2.3.2-4 に示す。



図 2.3.2-8 K5G-C-100A (京セラ)

表 2.3.2-4 ローカル 5G 対応端末の主要諸元

機種	K5G-C-100A
通信方式	5G NR (Sub6/mmW)、Local5G (Sub6/mmW)、4G LTE™ (マルチバンド)
ネットワークタイプ	NSA/SA ※SA はローカル 5G のみ
通信速度	5G (mmWave) : 受信時最大 2.4Gbps / 送信時最大 400Mbps 5G (Sub-6) : 受信時最大 1.7Gbps / 送信時最大 140Mbps ※LTE については公表値なし
インターフェース	USB-TypeC
サイズ	約 78 (H) × 165 (W) × 27 (D) mm
重量	約 326g

(4) 課題解決システムの構成

本実証の課題解決システム（以下、「遠隔映像伝送システム」という）の構成を図 2.3.2-9 に示す。

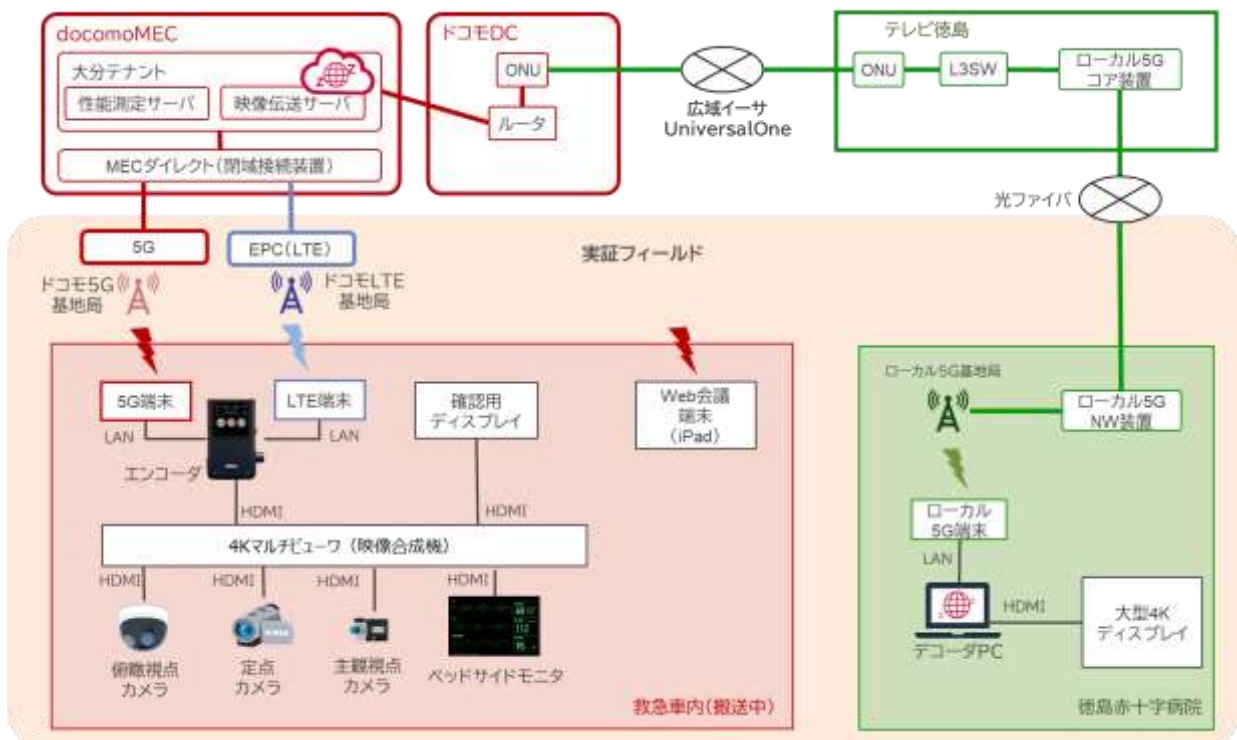


図 2.3.2-9 遠隔映像伝送システム

2.3.3 ネットワーク・システム構成（課題実証②-2）

本実証は、徳島県立海部病院と徳島赤十字病院に設置されたローカル5G ネットワークを介して DtoD (Doctoe to Doctor) の遠隔診療支援が実施できることを実証した。

(1) 設置場所

徳島県立海部病院の3階会議室と徳島赤十字病院の2階救急外来に設置されたローカル5G回線およびイントラネット回線を使用した。

(2) エリアシミュレーション図及び実証環境

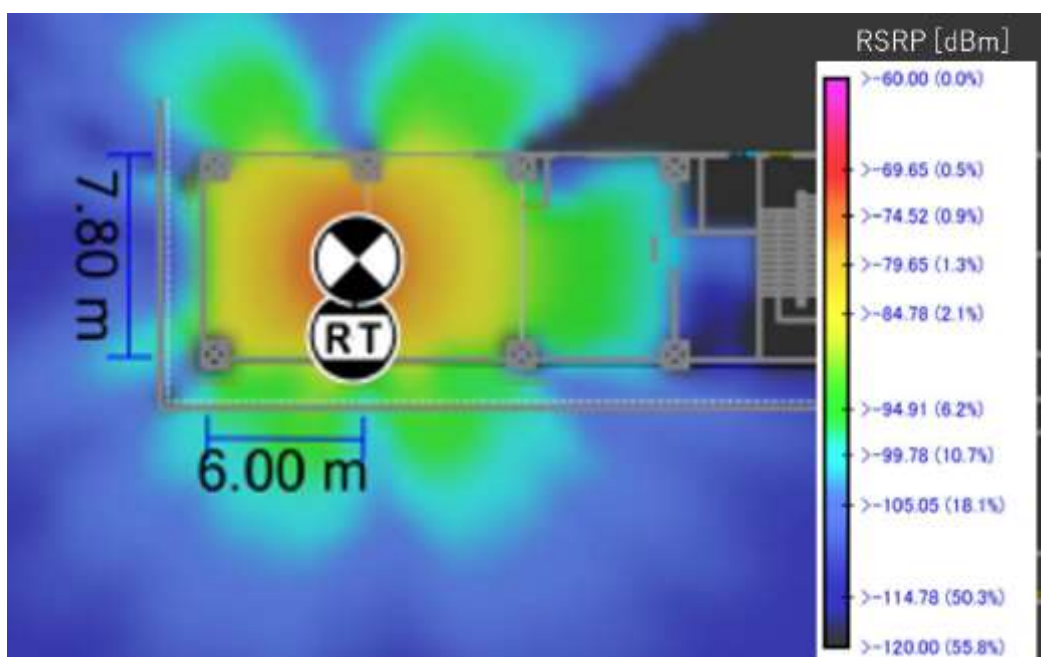


図 2.3.3-1 徳島県立海部病院 3階会議室

徳島赤十字病院については、図 2.2.2-3 徳島赤十字病院(カバーエリアと調整対象区域)を参照のこと。

(3) 基地局構成

実証の実施および実証地域の課題解決を実現するローカル5G ネットワークは3GPP Rel 15に準拠するSA(Stand Alone)対応のローカル5G コアシステム、基地局により構成される。

5G コアシステムは、課題実証①で使用する2.3.1項で示したものと同一ケーブルテレビ徳島株式会社が設置している5GCに接続した。

徳島県立海部病院には2.3.1項で示した徳島県立中央病院と同じ分離型基地局が設置されており、これを活用した。

また、徳島赤十字病院には2.3.2項(3)で示した一体型基地局が設置されており、これを活用

した。

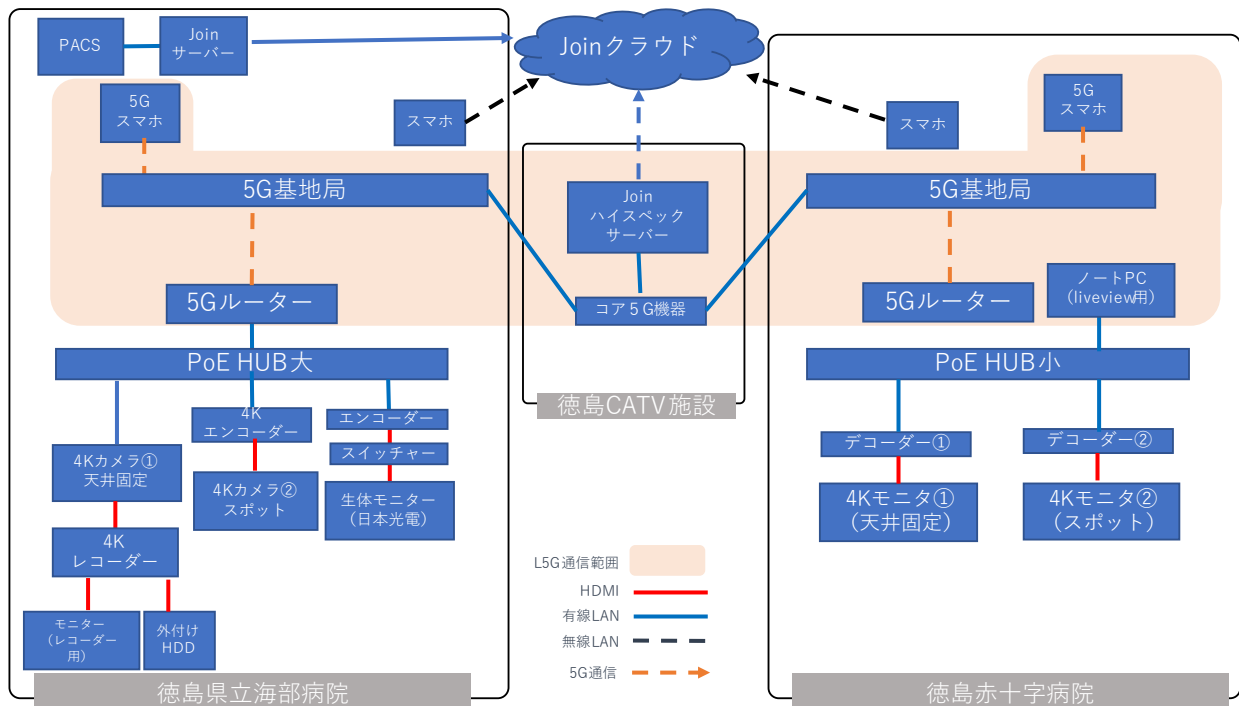


図 2. 3. 3-2 システム構成概要図

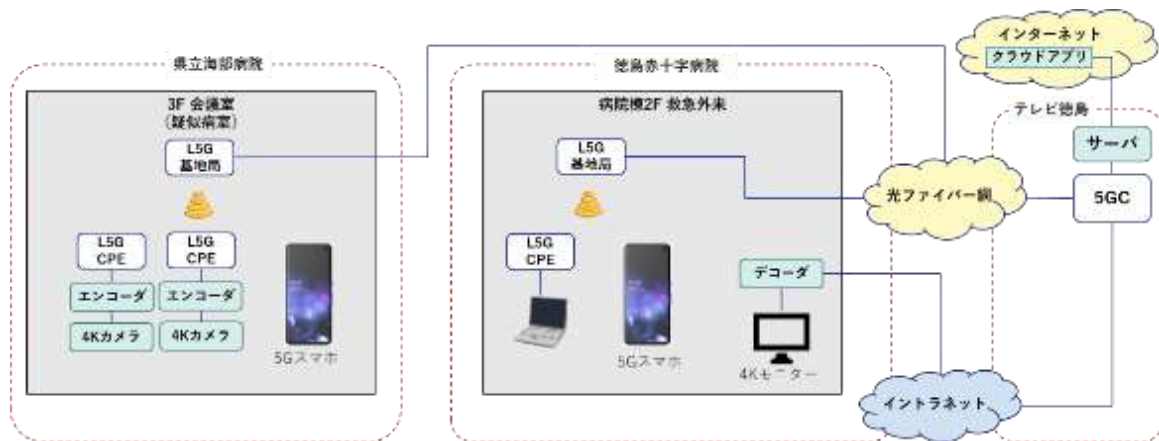


図 2. 3. 3-3 ネットワーク・システム系統図 (課題実証 2-2)

遠隔 DtoD には医療従事者間コミュニケーションアプリ「Join」及び拡張機能の「Join Liveview」を用いた。Join にはインターネット上に構築した仮想クラウドサーバ、さらに同サーバに映像データ等を送信するためのカメラ等映像機器及び映像データを処理しクラウドにアップロードするためのサーバ機器類から構成した。なお、4K カメラ映像は、Join アプリケーションとは別のモニターで確認しながら、Join を利用してコミュニケーションを行った。配信される映像データの閲覧には、ローカル 5G 通信が可能なクライアント端末機器を用いた。

表 2.3.3-1 ネットワーク・システム構成の機器

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
送信側（院内設備）	Join GW サーバ	PowerEdgeR45／DELL	<ul style="list-style-type: none"> 映像データ処理が許容遅延内に行えるだけの処理能力を有する 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	VPN ルータ	Fortigate 40F / Fortinet	<ul style="list-style-type: none"> Joinクラウド側との通信互換性がある 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	UPS	BN75R／オムロン	<ul style="list-style-type: none"> 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	映像エンコーダ	UHVS-8500 / STRASSE	<ul style="list-style-type: none"> 映像データ処理が許容遅延内に行えるだけの処理能力を有する 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	4K カメラ	VC-A61P / Lumens	<ul style="list-style-type: none"> エンコーダ機器との互換性がある 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	L2 スイッチ	BS-GS2008P / BUFFALO	<ul style="list-style-type: none"> 専用線との互換要件を満たす 稼働実績が十分
送信側（院内設備）	生体情報モニタ	CSM-1701 / 日本光電	<ul style="list-style-type: none"> 一般的に病院等での使用実績があり、市場安定調達が可能
受信側	閲覧用 PC	Vostro5620 / DELL	<ul style="list-style-type: none"> 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
受信側	L5G スマートフォン	SMDE01001 / FCNT	<ul style="list-style-type: none"> L5G 通信が可能で市場安定調達が可能

2.4 システム機能・性能・要件

2.4.1 システム機能・性能・要件（課題実証①）

(1) 実証環境に求められる性能要件（スループット、遅延）

本実証の課題実証①では各病室に設置されたベッドサイドモニタ計 8 台および 4K カメラ計 2 台（4K 映像での同時接続数は 1 台）をローカル 5G に接続し運用することが可能であることを実証するため以下の性能が必要となる。

表 2.4.1-1 性能要件

データ種類	数量	ネットワークに求められる機能・仕様
ベッドサイドモニタ	8	UL スループット： 0.5Mbps 以下 x 8
4K カメラ	2	UL スループット： 30Mbps + 8Mbps
セントラルモニタ	1	DL スループット： 4Mbps 以下
カメラモニタ (PC)	1	DL スループット： 38Mbps
合計		スループット UL: 42Mbps, DL: 42Mbps

(2) 実証環境構築に必要な機器

システム構築に使用する機器は、実証に必要なカバーエリアを設計でき、また課題実証に必要な十分な伝送速度を有する下記システムとした。

表 2.4.1-2 NEC MB5400 諸元

分離型基地局 NEC MB5400	
対応周波数帯	4.8GHz-4.9GHz
最大出力	33.6dBm(2300mW) x 2Tx
空中線利得	光 DAS に接続
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 SISO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	同期 (理論値) ダウンリンク 660Mbps (256QAM) アップリンク 65Mbps (64QAM)
ネットワーク接続方式	10Gbps LAN
時刻同期方式	PTP 同期方式
電源	AC100V

表 2.4.1-3 JTOWER 光 DAS 諸元

光 DAS Radio Unit JTOWER JHFR-L-10050	
対応周波数帯	4.7GHz-4.9GHz
最大出力	+27.0dBm(500mW)
空中線利得	+4.5dBi
占有帯域幅	100MHz
電源	AC100V

2.4.2 システム機能・性能・要件（課題実証②-1）

本実証の課題実証②-1では、既に徳島県立病院にてドコモ 5G を利用して運用中の 5G 遠隔医療支援システムで採用されているクラウド型高精細映像配信システムである「Zao Cloud View」をドコモ MEC 上に構築した。システムへの接続は、クラウドダイレクト（閉域）接続及びローカル 5G との専用線接続によりインターネットを経由しないセキュアな環境を構築した。

※ ローカル 5G 基地局関連装置は既設のものを利用した。

(1) 実証環境構築に必要な機器及びソフトウェア

表 2.4.2-1 必要な機器及びソフトウェア

カテゴリ	項目名	役割	数量
送信側	ドコモ 5G 端末	・ドコモの 5G 及びドコモ MEC クラウドダイレクトに接続し、4K 映像伝送システムへ 4K 映像データをアップロードする。	1
	ドコモ LTE 端末	・ドコモの LTE 及びドコモ MEC クラウドダイレクトに接続し、4K 映像伝送システムへ 4K 映像データをアップロードする。	1
	4K エンコーダ	・カメラやベッドサイドモニタなどで合成された 4K 映像を高圧縮プロトコルによりエンコードし、ドコモ 5G 及び LTE 端末を通じて映像受信システムに送信する。	1
	確認用ディスプレイ	・4K エンコーダで伝送される映像と同じものを 4K マルチビューワより HDMI の出力で受け取り、表示する。	1
	4K マルチビューワ	・複数のカメラ、ベッドサイドモニタなどの HDMI 入力を合成し、4K エンコーダおよび確認用ディスプレイへ HDMI で出力する。	1
	俯瞰視点カメラ	・広角レンズにより救急車内全体の様子を頭上から撮影する。	1
	定点カメラ	・救急車内で処置される患者を特定の視点から撮影する。	1
	主観視点カメラ	・救急車内で処置を行う救急救命士が頭部に装着し、目線の先の処置をしている様子を撮影する。	1
	ワイヤレス HDMI エクステンダ	・救急救命士が装着する主観視点カメラの映像をワイヤレスで 4K マルチビューワに伝送する。	1
	ベッドサイドモニタ	・救急車内に設置され、処置される患者の心電図、血圧を測定し、表示する。	1
	Web 会議用 5G 端末	・ドコモの 5G 及びドコモ MEC クラウドダイレクトに接続し、4K 映像伝送システム経由で受信側の 4K デコーダ PC と Web 会議接続する。	1
	性能測定用 PC	・4K デコーダ PC 及び 4K 映像伝送システムと通信し、通信性能を測定する。	1

カテゴリ	項目名	役割	数量
受信側	ローカル 5G 端末	<ul style="list-style-type: none"> ・徳島県のローカル 5G へ接続し、4K 映像伝送システムより 4K 映像データのダウンロード通信を行う ・徳島県のローカル 5G へ接続し、4K 映像伝送システム経由で送信側の Web 会議用 5G 端末と Web 会議接続する。 	1
	4K デコーダ PC	<ul style="list-style-type: none"> ・4K エンコーダより送信された 4K 映像データを、ローカル 5G 端末を通じて、4K 映像伝送システムより受信する。 ・ローカル 5G 端末を通じて、4K 映像伝送システム経由で送信側の Web 会議用 5G 端末と Web 会議接続する。 ・外付けされた 4K 大型ディスプレイに 4K 映像データを HDMI 出力する。 ・性能測定用 PC と通信し、通信性能を測定する。 	1
	4K 大型ディスプレイ	<ul style="list-style-type: none"> ・4K 映像データを投影する。 	1
クラウド基盤	MEC	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモのネットワークに直結し、ドコモ 5G 端末及びドコモ LTE 端末から 4K 映像伝送システムに閉域で接続する。 	—
	外接装置	<ul style="list-style-type: none"> ・MEC と徳島県ローカル 5G ネットワークを直接接続し、ローカル 5G 端末から 4K 映像伝送システムに閉域で接続する。 	—
	中継ルータ	<ul style="list-style-type: none"> ・MEC と徳島県ローカル 5G ネットワーク間のルーティングを行う。 	1
	4K 映像伝送システム	<ul style="list-style-type: none"> ・4K エンコーダより送信された 4K 映像データを受信し、4K デコーダ PC に対して配信する。 ・4K 映像データを受信、配信しながら、4K デコーダ PC および Web 会議用 5G 端末との間での Web 会議機能を提供する。 	—

(2) 各種機器及びソフトウェアに求められる機能・仕様

表 2.4.2-2 各機器及びソフトウェアに求められる機能・仕様

カテゴリ	項目名	求められる機能・仕様
送信側	ドコモ 5G 端末	<ul style="list-style-type: none"> ドコモの Sub6 (3.7GHz、4.5GHz) に対応していること。 10Mbps 以上のアップロード通信が可能であること。 ドコモ MEC クラウドダイレクトに接続できること。 4K エンコーダと Ethernet で接続できること。
	ドコモ LTE 端末	<ul style="list-style-type: none"> 5Mbps 以上のアップロード通信が可能であること。 ドコモ MEC クラウドダイレクトに接続できること。 4K エンコーダと Ethernet で接続できること。
	4K エンコーダ	<ul style="list-style-type: none"> HDMI 経由で入力された 4K (3,840*2,160、30fps) のリアルタイム映像を高圧縮 (10Mbps 以下)、低遅延 (0.8sec 以下) でリアルタイム伝送できること。 圧縮は、HEVC (H.265) 準拠のハードウェアエンコードが可能であること。 モバイル回線を 2 回線以上束ねて通信するマルチリンク機能を有すること。
	確認用ディスプレイ	<ul style="list-style-type: none"> HDMI 経由で入力された FullHD (1,920*1,080、30fps) の映像データを投影できること。
	4K マルチビューワ	<ul style="list-style-type: none"> 4 系統で入力される HDMI 信号をマルチビュー合成して 2 系統の HDMI 信号へ出力でき、合成レイアウトは任意のサイズ/配置及び解像度が選択可能であること。 HDMI 信号は入出力信号とも 4K (3,840*2,160、30fps) に対応していること。 全ての入力に 4K (3,840*2,160、30fps) 対応アップダウンスキャンコンバータを内蔵しており、ズーム、アスペクト比調整が可能であること。
	俯瞰視点カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 水平 110 度以上の広角レンズを搭載し、高精細映：4K (3,840*2,160、30fps) で撮影できること。 HDMI 経由でリアルタイム映像を出力できること。
	定点カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 高精細映像：4K (3,840*2,160、30fps) で撮影できること HDMI 経由でリアルタイム映像を出力できること。
	主観視点カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 高精細映像：FullHD (1,920*1,080、30fps) で撮影できること。 別途ヘッドマウントセット等により、使用者の視線位置での撮影が可能であること。 別途モバイルバッテリーによる無電源での稼働が可能であること。 HDMI 経由でリアルタイム映像を出力できること。

カテゴリ	項目名	求められる機能・仕様
	ワイヤレス HDMI エクステンダ	<ul style="list-style-type: none"> ・高精細映像：FullHD (1,920*1,080、30fps) の映像データを HDMI 経由で送信機に入力し、ワイヤレスで接続された受信機に転送し、HDMI 経由で出力できること。 ・ワイヤレス区間の映像伝送遅延は 0.1sec 以下であること。
	ベッドサイドモ ニタ	<ul style="list-style-type: none"> ・心電図、脈拍数、SpO2 値、体温、血圧、呼吸数を取得できること。 ・HDMI 経由でリアルタイム映像を出力できること。
	Web 会議用 5G 端 末	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモ MEC のクラウドダイレクトに接続できること。 ・4K 映像伝送システムが提供する Web 会議機能が利用できること。
	性能測定用 PC	<ul style="list-style-type: none"> ・スループット、遅延、パケット損失率等が測定できるソフトウェアが動作すること。
受信側	ローカル 5G 端末	<ul style="list-style-type: none"> ・徳島県のローカル 5G 周波数帯である Sub6 (n79) に対応していること。 ・10Mbps 以上のダウンロード通信が可能であること。 ・4K デコーダ PC と Ethernet で接続できること。
	4K デコーダ PC	<ul style="list-style-type: none"> ・4K エンコーダにより高圧縮でエンコードされた 4K 映像を 4K 映像伝送システム経由で受信し、デコード・再生できること。 ・4K 映像伝送システムが提供する Web 会議機能が利用できること。
	4K 大型ディスプ レイ	<ul style="list-style-type: none"> ・HDMI 経由で入力された 4K (3,840*2,160、30fps) の映像データを投影できること。
クラウド 基盤	MEC	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモ 5G 端末を閉域で収容できること。 ・ドコモ 5G 端末の利用ロケーションより最も近接なロケーションに設置されていること。 ・実証利用に必要なコンピュータリソース (CPU、メモリ、ディスク) が準備可能なこと。 ・コンピュータリソースを柔軟に構成可能なこと。
	外接装置	<ul style="list-style-type: none"> ・10Mbps 以上の帯域保証通信が可能であること。 ・ドコモのネットワークおよび徳島県ローカル 5G ネットワークと直接接続が可能であること。
	中継ルータ	<ul style="list-style-type: none"> ・2セグメント以上のレイヤ 3 転送機能を有すること。 ・転送スループットは 10Mbps 以上であること。
	4K 映像伝送シス テム	<ul style="list-style-type: none"> ・HEVC による 4K 映像伝送が可能であること。 ・Web 会議機能を有していること。

(3) 使用する機器・ソフトウェア及び選定理由

表 2.4.2-3 使用する機器・ソフトウェア及び選定理由

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
送信側	ドコモ 5G 端末	・ K5G-C-100A／京セラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドコモ 5G 周波数 (Sub6) へ対応しており、10Mbps 以上のアップロード機能を有している。 ・ ドコモ MEC クラウドダイレクトへの接続実績がある。 ・ 徳島県ローカル 5G (4.85GHz 帯※SA) への接続実績があり、実装後においてドコモ 5G、徳島県ローカル 5G いずれにも接続可能で柔軟な運用を検討できる。
	ドコモ LTE 端末	・ K5G-C-100A／京セラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドコモ 5G 端末の通信方式を「LTE 固定」に設定することができる。
	4K エンコーダ	・ Zao-X／ソリトンシステムズ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4K (3,840*2,160, 30fps) 映像データを 6Mbps 程度で伝送することができ、マルチリンク機能により複数のキャリア (5G, LTE) を束ねて伝送することができる。 ・ 徳島県立病院向け 5G 遠隔医療支援システムとして導入されている Zao-S の後継機器かつ 4K 映像伝送システム (Zao Cloud View) に接続可能な唯一の機器であり、スムーズな実装、横展開が可能である。
	確認用ディスプレイ	・ LCD-AH191EDB／アイ・オー・データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ HDMI で入力された FullHD (1,920*1,080, 30fps) の映像を投影可能であり、一般的に流通しておりスペックに対する価格も妥当である。

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
	4K マルチビューワ	・ HEV-U41 / イメージニクス	<ul style="list-style-type: none"> ・ さまざまな画角 (640*480 ~ 4096*2160 まで 26 種類) の HDMI 入力に対応しており、実装においてベッドサイドモニタをはじめとする多様な救急医療機器からの映像出力に対応できる可能性が高い。 ・ 5G 遠隔医療支援システムにおいて導入実績があり、本実証におけるベッドサイドモニタ以外でも内視鏡モニタ、超音波エコーモニタなどでの接続実績がある。 ・ 2 系統の HDMI 出力に対応しており、4K (3,840*2,160、30fps) だけでなく FullHD (1,920*1,080、30fps) などへのダウンスキャンコンバータ機能を有している。 ・ 4 系統の HDMI 入力に対応しており、4 映像の画面レイアウトを任意のサイズ、配置、解像度でレイアウトが可能である。
	俯瞰視点カメラ	・ AW-UE4WGN / パナソニック	<ul style="list-style-type: none"> ・ 撮影角が 111 度で救急車内の広範囲を撮影可能である。 ・ 4K (3,840*2,160、30fps) 映像をリアルタイムに撮影でき、HDMI 出力が可能である。
	定点カメラ	・ FDR-AX60 / SONY	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4K (3,840*2,160、30fps) 映像をリアルタイムに撮影でき、HDMI 出力が可能であり、一般的に流通しておりスペックに対する価格も妥当である。
	主観視点カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ CX-WE150 ・ AX-HM100 / Zacti 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヘッドマウントセットとの組み合わせにより、救急救命士の視野を FullHD (1,920*1,080、30fps) で撮影でき、HDMI 出力が可能である。
	ワイヤレス HDMI エクステンダ	・ VGA-EXWHD6 / サンワサプライ	<ul style="list-style-type: none"> ・ HDMI 信号を FullHD (1,920*1,080、30fps) かつ低遅延 (0.1sec) のワイヤレス伝送が可能である。 ・ 主観視点カメラとの接続検証において実績がある
	ベッドサイドモニタ	・ CSM-1502 / 日本光電	<ul style="list-style-type: none"> ・ 救急車への搭載、実利用において国内トップシェアである ・ 軽量小型であり、持ち運びに際しての携行に優れている (実装時の救急車が活動への応用を想定)

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
	Web 会議用 5G 端末	・ iPad Pro / Apple	<ul style="list-style-type: none"> ・本端末のみでドコモ MEC クラウドダイレクトに接続することができる。 ・4K 映像伝送システムが提供する Web 会議機能を標準ブラウザにて利用することができる。
	性能測定用 PC	・ DAIV 4P	<ul style="list-style-type: none"> ・標準的なゲーミング PC であり、一般的に流通しておりスペックに対する価格も妥当である。 ・実施計画書では「OMEN 16-b0150TX SD / HP」を選定していたが、販売終息により調達が不可能となったため、代替候補機器の中から選定した。
受信側	ローカル 5G 端末	・ K5G-C-100A / 京セラ	<ul style="list-style-type: none"> ・徳島県ローカル 5G (n79) へ対応しており、10Mbps 以上のアップロード機能を有している。 ・徳島県ローカル 5G への接続実績がある。
	4K デコーダ PC	・ DIAV 5N	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能 GPU を搭載しているハイスペックなゲーミング PC であり、HDMI による 4K (3,840*2,160, 30fps) 映像の外部出力にも対応している。 ・実施計画書では「OMEN 16-b0150TX / HP」を選定していたが、販売終息により調達が不可能となったため、代替候補機器の中から選定した。
	4K 大型ディスプレイ	・ LCD-M4K652XDB / アイ・オー・データ	<ul style="list-style-type: none"> ・HDMI で入力された 4K (3,840*2,160, 30fps) の映像を投影可能であり、一般的に流通しておりスペックに対する価格も妥当である。
クラウド基盤	MEC	<ul style="list-style-type: none"> ・ docomo MEC IaaS ComputeV ・ MEC ダイレクト ・ データセンター接続 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモ 5G コアネットワークから直結した閉域接続によるクラウドサービスを提供可能である。 ・クラウド上にリソース (CPU、メモリ、ストレージ) を柔軟に構成したサーバを構築可能である。 ・インターネットを介さない専用線等により徳島県ローカル 5G ネットワークとセキュアな接続が可能である。 ・徳島県立病院向け 5G 遠隔医療支援システムとして導入されている映像伝送システム (ZaoCloudView) の構築、動作実績がある。

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
	外接装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモデータセンター ・ Arcstar Universal One (10Mbps) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモデータセンターは、docomo MEC と徳島県ローカル 5G の接続を専用線等により中継することができる唯一の外部接続基盤である。 ・Arcstar Universal One は、高い安定性と多くの実績を有する IP-VPN (広域イーサネット) サービスで、東西日本を接続することができる。 ・実施計画書ではドコモの固定 VPN サービス (UNO タイプ) を選定していたが、NTT ドコモから NTT コミュニケーションズへの業務移管により、卸元サービスである Arcstar Universal One を直接利用することとした。
	中継ルータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ RTX830/YAMAHA 	<ul style="list-style-type: none"> ・ルータの国内シェアがトップレベルのメーカーの製品であり多くの利用実績がある。
	4K 映像伝送システム	<ul style="list-style-type: none"> ・ Zao Cloud View 	<ul style="list-style-type: none"> ・4K エンコーダから送信された HEVC 圧縮データをストリーミング配信することができる。 ・WebRTC による Web 会議機能を有している。 ・徳島県立病院向け 5G 遠隔医療支援システムとして導入されており、スムーズな実装、横展開が可能である。

(4) 実証環境に求められる性能要件（スループット、遅延）

遠隔映像伝送システムが経由する伝送区間を図 2.4.2-1 に示す。

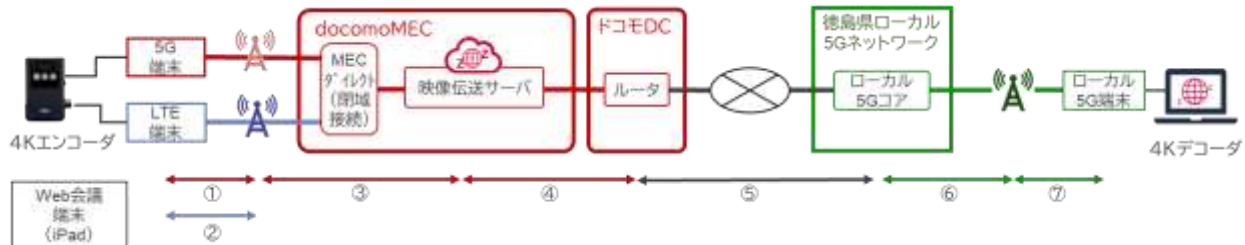


図 2.4.2-1 遠隔映像伝送システムの伝送経路

表 2.4.2-4 伝送区間

#	伝送区間
①	ドコモ 5G 無線区間
②	ドコモ LTE 無線区間
③	docomo MEC
④	docomo MEC 外部接続装置
⑤	広域イーサネット区間
⑥	ローカル 5G 有線区間
⑦	ローカル 5G 無線区間

遠隔映像伝送システムに求められる性能は、表 2.4.2-4 伝送区間に示す各伝送区間を經由し、最終的なエンド間通信において表 2.4.2-5 遠隔映像伝送システムに必要な性能要件に示すスループット、遅延の要件を満たす必要がある。

表 2.4.2-5 遠隔映像伝送システムに必要な性能要件

通信種別	4K 映像伝送	Web 会議コミュニケーション
スループット	5Mbps 以上	1Mbps 以上
遅延	0.8sec 以下	0.6sec 以下
通信方向	片方向 送信機 ⇒ 受信機	双方向 Web 会議端末 ⇔ 受信機

2.4.3 システム機能・性能・要件（課題実証②—2）

（1）実証環境に求められる性能要件（スループット、遅延）

本実証の課題実証②—2では徳島県立海部病院と徳島赤十字病院において、医療従事者間コミュニケーションアプリである「Join」および「Join Liveview」の環境をケーブルテレビ徳島株式会社のネットワーク内に構築した。

図 2.4.3-1 高精細ライブ映像通信性能

上り下り	スループット	遅延
UL	40Mbps	0.5 秒以下
DL	40Mbps	0.5 秒以下

（2）実証環境構築に必要な機器

システム構築に使用する機器は、実証に必要なカバーエリアを設計可能で、また課題実証に必要な十分な伝送速度を有する下記システムとした。

図 2.4.3-2 実証に使用する機器

カテゴリ	項目名	選定した機器等名	選定理由
送信側（院内設備）	Join GW サーバ	PowerEdgeR450／DELL	<ul style="list-style-type: none"> 映像データ処理が許容遅延内に行えるだけの処理能力を有する 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	VPN ルータ	Fortigate 40F / Fortinet	<ul style="list-style-type: none"> Join クラウド側との通信互換性がある 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	UPS	BN75R／オムロン	<ul style="list-style-type: none"> 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	映像エンコーダ	UHVS-8500 ／STRASSE	<ul style="list-style-type: none"> 映像データ処理が許容遅延内に行えるだけの処理能力を有する 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	4K カメラ	VC-A61P ／Lumens	<ul style="list-style-type: none"> エンコーダ機器との互換性がある 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
送信側（院内設備）	L2 スイッチ	BS-GS2008P ／BUFFALO	<ul style="list-style-type: none"> 専用線との互換要件を満たす 稼働実績が十分
送信側（院内設備）	生体情報モニタ	CSM-1701／日本光電	<ul style="list-style-type: none"> 一般的に病院等での使用実績があり、市場安定調達が可能
受信側	閲覧用 PC	Vostro5620 ／DELL	<ul style="list-style-type: none"> 稼働実績があり、比較的安定稼働が見込める
受信側	L5G スマートフォン	SMDE01001 ／FCNT	<ul style="list-style-type: none"> L5G 通信が可能で市場安定調達が可能

図 2.4.3-3 NEC MB5400 諸元 (徳島県立海部病院)

分離型基地局 NEC MB5400	
対応周波数帯	4.8GHz-4.9GHz
最大出力	33.6dBm(2300mW) x 2Tx
空中線利得	5dBi (NK086)
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 SISO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	同期 (理論値) ダウンリンク 660Mbps (256QAM) アップリンク 65Mbps (64QAM)
ネットワーク接続方式	10Gbps LAN
時刻同期方式	PTP 同期方式
電源	AC100V

図 2. 4. 3-4 NEC マグナスコミュニケーションズ FB2000SS 諸元 (徳島赤十字病院)

一体型基地局 NEC マグナスコミュニケーションズ製 FB2000SS	
対応周波数帯	4. 7GHz-4. 9GHz
最大出力	30dBm(1000mW) x 4Tx
空中線利得	5dBi (NK086)
占有帯域幅	100MHz
MIMO レイヤ数	ダウンリンク 4x4 MIMO
変調方式	最大 256QAM
最大スループット	同期 (理論値) ダウンリンク 1. 2Gbps (256QAM) アップリンク 165Mbps (256QAM) 制度化済準同期 (理論値) ダウンリンク 680Mbps (256QAM) アップリンク 330Mbps (256QAM)
ネットワーク接続方式	10Gbps LAN
時刻同期方式	GNSS 同期 または PTP 同期方式
電源	AC100V

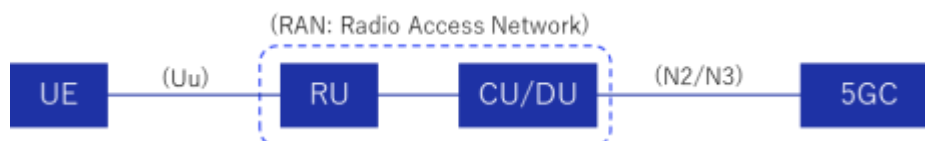
2.5 その他

2.5.1 実証システムの拡張性等

本実証で構築したローカル 5 G システムで使用した主要機器である基地局装置及び 5 G コアシステムはいずれも国際標準である 3GPP (Release 15) に準拠している。

本標準に準拠している機器同士であれば相互接続のインターフェースをサポートするため原則として以下のベンダ間相互接続が可能である。

- ① 移動機 (UE) - 基地局 (RAN) 間のインターフェース (Uu)
- ② 基地局 (RAN) - 5 G コア (5GC) 間のインターフェース (N2/N3)



それぞれの機器については今後 3GPP の新たなリリースにもソフトウェアの更新により対応する計画があり、また標準化のみでは解決しない相互接続時の詳細仕様調整も必要となるが、プラグフェスタと呼ばれる複数ベンダ間での相互接続試験等が実施され、接続確認済みの機器が増加している。

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

本実証にて使用するローカル 5 G 基地局設備の中で、以下の基地局装置については特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律 (令和 2 年法律第 37 号) に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器に該当する。

- ・ 無線機 RU: MB5400-R7790-81
 - ・ 基地局制御装置 Master : ZOS-703-MM003B1
 - ・ 基地局制御装置 Worker : ZOS-703-MW003B1
- (徳島県立中央病院と徳島県立海部病院に設置)

また、認定開発供給事業者名、開発供給計画認定番号、認定日等を下記に記載する。

認定開発供給事業者名 : 日本電気株式会社

開発供給計画認定番号 : 2021 開 1 総経第 0001 号-1

認定日等 : 令和 3 年 2 月 16 日認定

徳島赤十字病院に設置され、課題実証②で使用される NEC マグナスコミュニケーションズ製

FB2000SS（一体型基地局）は、前述の開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者である日本電気株式会社のグループ会社の製品であり同等の管理体制の中で国際規格 3GPP に準拠して開発されている。

技術実証 III で使用する準同期 TDD SA 方式に対応するフレアシステムズ製 L5G システム（FW-L5G-1）（可搬型基地局）は、国際規格 3GPP に準拠して開発され、令和 2 年度及び令和 3 年度の総務省ローカル 5G 開発実証の採択案件にも採用されている。

これらすべての本実証環境で使用するローカル 5G システムは、本実証開始前に日本電気株式会社および NEC ネットエスアイ株式会社のラボ環境で検証・評価を行った機器を用いて構築される。

(2) その他の実証システム

1) ベッドサイドモニタ・4K の伝送システム (①)

本実証にて使用する機器（ベッドサイドモニタ・4K の伝送システム）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ている。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取る。また、有線ネットワーク部分においてはファイヤーウォールや UTM を活用することにより外部ネットワークとの接続時のリスクを極力減らす対策を施したうえで実証を行う。また、保守回線においては公衆モバイルネットワークを VPN などの手段で暗号化することにより攻撃を困難とする対策を施す。

a. 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。画像は原則として実証用 PC 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ない。

b. 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ない。ベンダとの調整を行い品質保証データの入手及び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のラボ設備を活用し事前評価を行うこととする。

2) 遠隔映像伝送システム (②—1)

遠隔映像伝送システムを構成する機器及び設備群を図 2.5.2-1 遠隔映像伝送システムを構成するコンポーネントに示すようにコンポーネントに区切り、それぞれのサプライチェーンリスクを含むセキュリティ対策状況について示す。

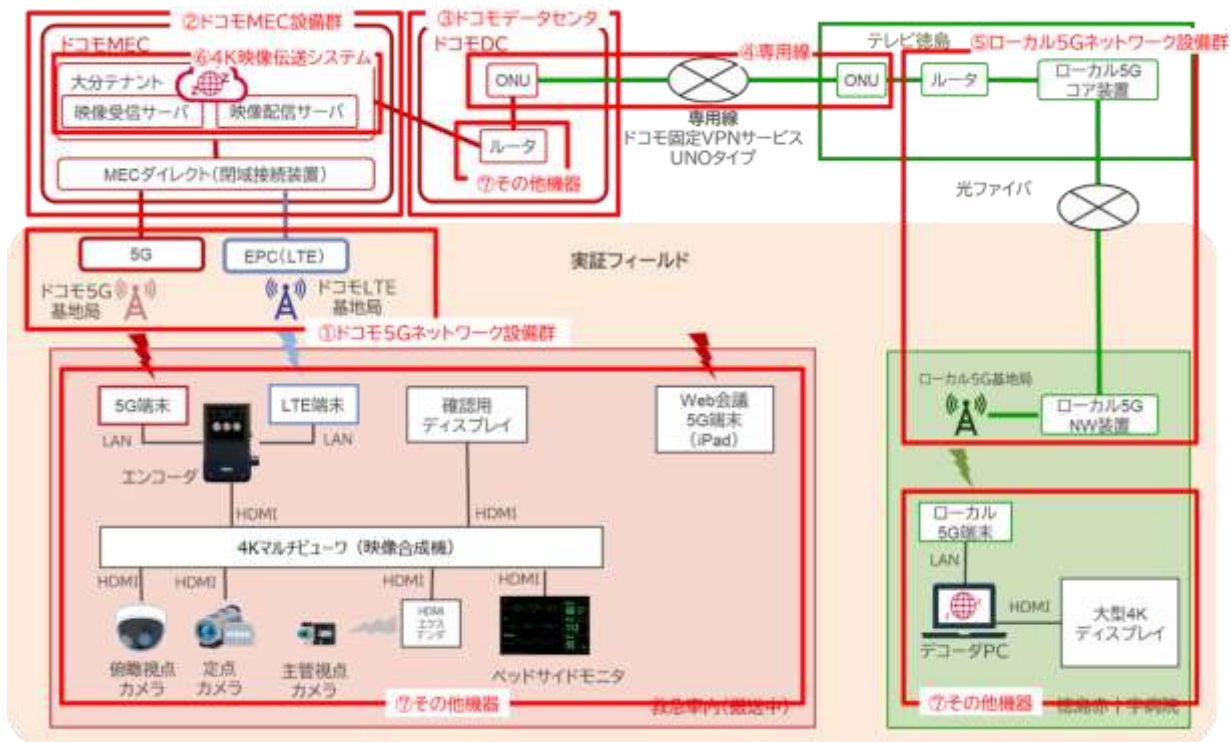


図 2.5.2-1 遠隔映像伝送システムを構成するコンポーネント

a. ドコモ 5G ネットワーク設備群

利用する設備については、表 2.5.2-1 開の通り、開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器である。

表 2.5.2-1 開発供給計画の認定事業者

認定開発供給事業者	開発供給計画認定番号	認定の日付
日本電気株式会社	2020 開 1 総経第 0001 号-1	令和 2 年 11 月 13 日
日本電気株式会社	2020 開 1 総経第 0001 号-2	令和 4 年 1 月 14 日
日本電気株式会社	2020 開 1 総経第 0001 号-3	令和年 5 月 20 日
富士通株式会社	2020 開 1 総経第 0002 号-1	令和 2 年 11 月 13 日
富士通株式会社	2020 開 1 総経第 0002 号-2	令和 4 年 5 月 20 日

b. ドコモ MEC IaaS 基板サーバ群

ユーザとの契約に関する情報など特に重要なデータについては、ドコモ MEC を構成するシステム内に保持しない仕様である。

ドコモ MEC では Web コンソールへの通信を暗号化することで、Web コンソールへのログインやオペレーションを盗聴などの脅威から保護する。また、ユーザリソースが格納される物理ディスクをハードウェアレベルで暗号化（サーバサイド暗号化）することで、万が一、物理ディスクが流出しても情報が漏洩することがないように対策を実施している。

サービスのセキュリティ品質を維持するために、サービス提供前にセキュリティ仕様の実装評価および脆弱性診断を行い、適切なセキュリティ対策がなされていることを確認している。さらに、情報セキュリティ対策を定期的に評価、見直すことにより情報セキュリティマネジメントの継続的改善を実施している。監視は 24 時間/365 日で行い、異常を迅速に検知・通知する監視機能の実装と体制を整備している。

ドコモ MEC で使用しているデータセンター内サーバールームへの入室は複数の認証手段が必要であり、高い機密性を保持している。

ドコモ 5G ネットワークからドコモ MEC へのアクセスは、MEC ダイレクトによりインターネットを介さない閉域アクセスが可能で、かつ、あらかじめ登録されたモバイル回線にのみアクセスを制限している。また、ローカル 5G ネットワークからドコモ MEC へのアクセスについても、ドコモデータセンターを経由し専用線で接続することで高いセキュリティを維持している。

c. ドコモデータセンター

ドコモデータセンターのセキュリティ対策状況を以下に示す。

- ・ 入館は excel ファイル提出による事前入館申請方式で、当日は監視カメラによる本人確認（身分証・顔）を実施
- ・ マシン室入室認証は 手の甲静脈認証を実施
- ・ ラック開錠には前後 4 桁ダイヤルキーを設置（ダイヤル番号はデータセンターからの払出番号）
- ・ 監視カメラによる入室扉、ラック列、通路の監視及び入館受付（身分証・顔）確認を実施
- ・ 監視カメラの動体検知による録画、ライブモニタリング及び録画（保存期間最低 3 か月）、再生 による確認
- ・ 24 時間 365 日遠隔運用
- ・ ISMS 認証取得（認証登録番号 IS533203）

また、ドコモデータセンターとドコモ MEC は、ドコモ MEC の各プロジェクト間を VLAN により独立して接続可能な専用の GW で接続される。

d. 専用線

ドコモの固定 VPN サービスは、NTT コミュニケーションズ株式会社の Universal One による帯域保証型の完全閉域の VPN 型接続サービスである。

e. ローカル 5G ネットワーク設備群

利用する設備は特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器である。

f. 4K 映像伝送システム

4K 映像伝送システムのセキュリティ対策状況を

表 2.5.2-2 に示す。

表 2.5.2-2 4K 映像伝送システム (ZaoCloudView) のセキュリティ対策

No	カテゴリ	対策内容
1	ソフトウェア脆弱性管理	ソフトウェア脆弱性情報の内容 (リスク、リモート攻撃の可否、攻撃コードの有無)、当該機能の設定有無を確認し、対応緊急度を含めたリスク評価を実施。セキュリティパッチの適用について記録を残す。
2		システムを構成するサーバに提供されるセキュリティパッチについて、リスク評価に基づき適用判断を行う。
3		脆弱性を管理するため、システムで利用しているサーバ・ネットワーク機器のOSやアプリケーション・ミドルウェアなどのベンダー・製品名とバージョンをシステムの構成情報として管理し、最新のバージョンでリリースする。
4		サポート終了製品は脆弱性パッチが提供されないため、採用なし。
5	ウイルス対策	ウイルス対策ソフト及び侵入検知システムを導入済み。 Windows defender、CalmAV、tripwire
6		最新のウイルス定義ファイルに更新する。
7		検知したイベントについてアラート監視を実施。
8	ネットワークのセグメント分離	医療映像データ転送、監視アラート通知、保守メンテナンスなど、ネットワークの役割に応じてネットワークを分離し、リモート接続は接続元IPによる制限を実施。
9		ネットワークセグメントの境界にはルータ等を設置し、アクセス制御 (通信ポートによる制御) を行い、外部のセグメントからアクセスできる通信経路、及びホストを必要最小限とする。
10	ファイアウォール	ネットワークの境界にはファイアウォールを導入し、インターネットからのインバウンド通信は完全にシャットアウト、アウトバウンド通信については監視アラート通知用などの必要最小限のポートのみ解放している。
11	IDS/IPS	IDS/IPSまたはWAFを導入済み。また、シグネチャは最新に更新する。
12		侵入された、または侵入された可能性を示すイベント・アラートはアラーム監視を実施。 windows defender /tripwire /CalmAV
13	改ざん検知	アプリケーション構成ファイル、OS構成ファイル、アカウントの情報に対する改ざん検知を導入し、リアルタイムでの監視を実施。
14	リモート接続	IP制限を実施することにより、開発・管理者以外からリモートアクセス不可を実現。
15		IDパスワード等の認証データやファイルを転送する場合は、httpsを利用し通信路を暗号化。リモート操作を行う場合は、SSHおよびリモートデスクトップを利用し暗号化した状態で通信を行う。
16		ブラウザ、もしくは表示しているブラウザのタブを閉じた場合、一定時間でタイムアウトとする。
17	システムのセキュア化	不要なサービス・機能を停止、又は削除 (無効化) 済み。
18		不要なデフォルトアカウントは、無効化又は削除済み。
19		Webサーバにおいて、攻撃の足掛かりとなるディレクトリ構造は表示しない。
20	暗号危殆化対策	暗号利用が必須なシステムにおいては、AES128~256を採用。
21	振る舞い検知	振る舞い検知機能 (wazuh) を導入し、検知したイベントの監視を実施。
22	アクセス制御	情報資産 (Zao Cloud View上の蓄積映像ファイル) の閲覧、削除、ダウンロードについて、ユーザーの権限設定とグループ設定により、運用上のアクセス制御ポリシーを作成し、適切なアクセス権を設定。
23	ユーザ認証	ユーザID・パスワード認証により、ユーザの本人性、正当性を確認。
24		責任追跡性確保のため、ユーザIDの重複作成不可。
25		システムの不正利用を防止するため、重複ログイン不可、サービス管理者がユーザID削除可能とする。
26		パスワード認証を使用するシステムは、なりすましを防止するための仕組みとして、ルールを設定。 6文字以上12文字以下、記号可能。 パスワードは他人に知られないよう、平文で表示しない。
27		認証情報は暗号化を実施。
28		wazuhを導入し、認証情報を探る行動を監視。
29		wazuhを導入し、不正ログインの検知と監視を実施。
30	サービス利用者の不正ログイン対策	サービス利用者が不正ログインに気付く仕組みとして、admin権限のユーザが、他ユーザーの前のログイン日時と接続元IPアドレスを確認可能としている。
31	監視	攻撃を検知するため、Tripwireによる侵入検知を実施。
32	ログの収集・保管	ログは原則非公開、1年保管。
33	管理情報の保護	システム内には真に必要なデータのみを保有し、不要になったデータは速やかに消去する。
34	可用性	Webサーバに対する大量アクセスへの対策として、同時ログイン数に制限を設ける。

g. その他機器

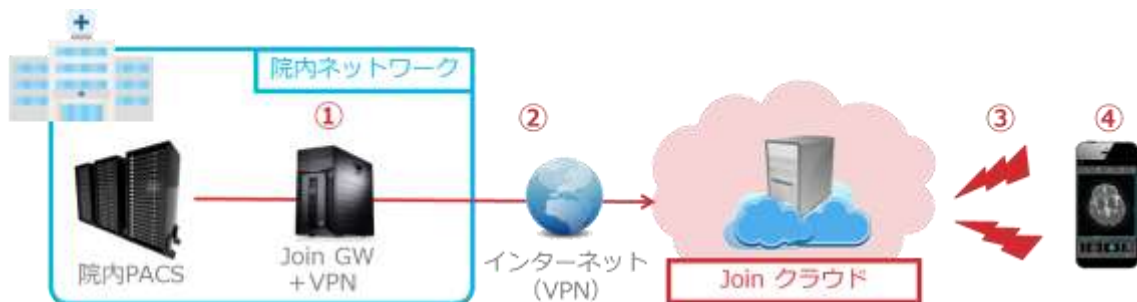
その他の機器に関するサプライチェーンリスク対策については、別紙「【付随資料 3】 サプライチェーンリスク対策に係る資料」に記載する。

3) 医療関係者間コミュニケーションアプリ (②-2)

- ・ 各省庁の医療情報関連ガイドラインへ対応
- ・ クラウドサービスにおいても同様のサイバーセキュリティ対策を講じている

		医療情報関連ガイドライン			Joinの対応状況
		厚生労働省 医療情報システムの 安全管理に関する ガイドライン 第5版	経済産業省 医療情報を受託管理 する情報処理事業者 向けガイドライン 第2版	総務省 クラウドサービス事業者が医 療情報を取り扱う際の 安全管理に関する ガイドライン第1版	
機能要件	盗聴 対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ TLS の利用 ・ S/MIME の利用 ・ ファイル暗号化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信経路を傍受 から保護すること 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネットワーク経路に おける全般的な安全 管理対策 ・ 暗号化対策 	<ul style="list-style-type: none"> ○ TLS 1.2 (AES) ○ IPsec (AES)
	改ざん 対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ TLSの利用 ・ <u>IPsec&IKE</u>の利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改ざんがないこと を検知できること 		<ul style="list-style-type: none"> ○ TLS 1.2 ○ <u>IPsec&IKE</u>
	なりすまし 対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ PKI ・ Kerberos 鍵配布 ・ 事前配布鍵の利用 ・ ワンタイム パスワード 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 相互認証により 相手の正当性を 検証すること 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用者の識別及び認証 ・ 情報の区分管理と アクセス権限の管理 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事前共有鍵 (PSK) ○ UUID (アプリ認証) ○ ID/PW (個人認証) ○ アクセス制御 (ACL)

図 2.5.2-2 医療情報ガイドラインへの対応状況



No.	項目	内容
①	Join GW	検査画像のDICOMタグにある個人情報 (患者名/生年月日/患者ID) を匿名化
②	GW〜クラウド間	(VPNルーター) IPsecVPN (IPsec+IKEによる暗号化、鍵交換) (ソフトウェアVPN) SSL-VPNを用いてDICOM画像を送信
③	スマホ〜クラウド間	HTTP over SSL/TLS (256bit暗号化) による暗号化通信
④	アプリ	<ul style="list-style-type: none"> ・ アプリ起動時のパスコード入力による不正ログイン防止 ・ DICOM画像は端末に保存されない (キャッシュファイルは自動削除) ・ 端末に保存されるログは暗号化しているため ・ UUIDによるアプリ認証 ・ Kerberos認証 (DICOM画像確認時のワンタイムパスワード)
⑤	その他 (管理者機能)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ユーザ単位の画像閲覧・検索のパーミッション制御 ・ アプリ起動時にパスコード入力を求めるスケジュール設定

図 2.5.2-3 セキュリティ対策

【セキュリティ要件】

サイバーセキュリティ対応について

ローカル 5G 等導入システムについては、システム運用者において、以下の項目を講ずることでサプライチェーンリスク対応を含むサイバーセキュリティ対策を確保する。

- ・ コンソーシアム内において、情報セキュリティポリシーを設定し、当該ポリシーに沿って本実証を行う
- ・ 調達先において、開発、製造等の各工程における品質保証体制の構築、不正行為に対する定期的な監査、脆弱性検査等のテスト等の実施が行われていること。

- ・ 調達機器に対しては主に以下の情報セキュリティリスクの対策を行う
 - 納品物にマルウェアが混入
 - 調達したソフトウェア、オープンソースソフトウェアの脆弱性による事故
 - 調達機器の不正な機能による情報窃取

また、不正行為が疑われる場合にはトレーサビリティの確保を確認済み

上述のサイバーセキュリティ対策のもと環境構築を行い、完成した環境を用いて以下の検証を行う。

3. ローカル 5 G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

3.1 実証概要

ローカル 5G の実装においては、公衆移動体通信網で使用されている周波数と比較して高い周波数帯を使用するため、ビルなどの屋内における活用の場合には、建物の壁等を透過する際の減衰が大きいため電波を送信する無線機を屋内に配置することが効果的である。

屋内でのローカル 5G の実装においては、間仕切りや壁等による減衰が発生することから少数の基地局でフロア全体を広くカバーすることは難しい場合が多く、小型の基地局を多数配置して必要なカバレッジを構築する手法が主流である。

また、本実証の実証場所である病院においてローカル 5G を活用する場合には、端末で取得した画像のアップロードなど、端末から基地局方向（アップリンク UL）への通信需要が高くなることから制度化済みの準同期方式の活用が必須となるとともに、さらに UL 方向のスループットを向上することが必要になる。

本技術実証においては、分散アンテナシステムを活用した効果的な屋内カバレッジの実装方法に加えて、準同期方式の追加パターンの開発とその効果的な実装方式を実証した。

3.2 実証環境

技術実証は、2 項でも記載した徳島県立中央病院において分散アンテナシステムの一種である光 DAS が実装されている 2 階で実施する。なお、分散アンテナシステムを活用した実装の効果を確認する目的で複数の異なった周波数を活用するケースを実証するため、実験局免許を取得した試験用の追加基地局を設置し使用した。

3.2.1 設置場所

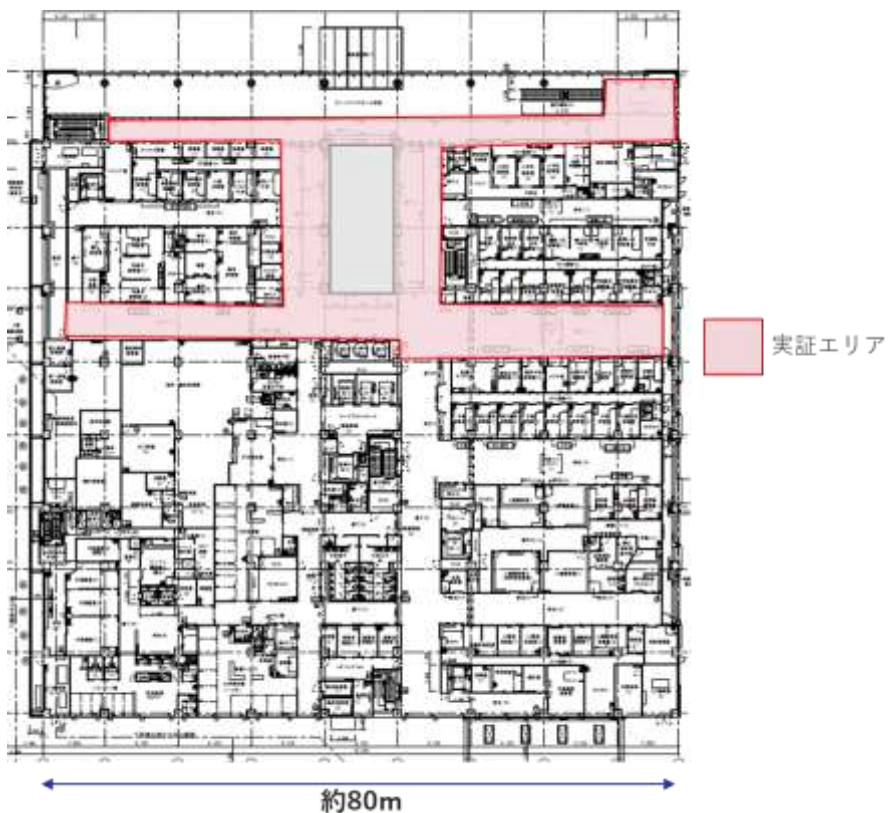


図 3. 2. 1-1 徳島県立中央病院 2階

3.2.2 ネットワーク・システム系統図

2. 3. 1 項（3）で示した課題実証用の構成の一部を使用して技術実証を実施した。

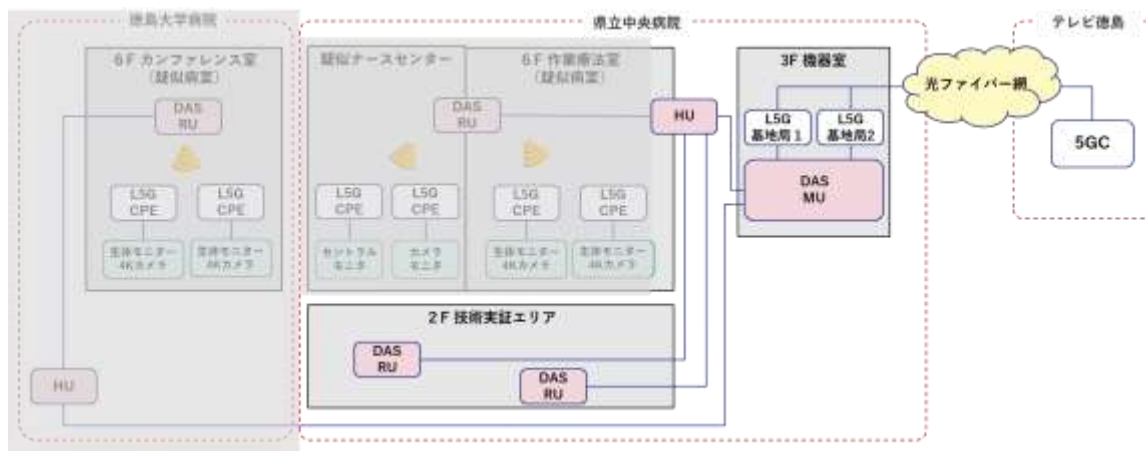


図 3. 2. 1-2 ネットワーク・システム系統図（技術実証 エリア構築の柔軟性）

3.2.3 基地局構成

技術実証においては2.3.1項(4)と同じ徳島県立中央病院に設置された分離型基地局1台と光DASにより分散されたアンテナを使用する。光DAS装置の諸元については、3.3.1項(2)に記載する。

徳島県立中央病院においては、既設の分離型基地局の無線カバレッジを光DASにより拡張するが、1台の基地局を拡張する場合と、無線リソースを追加し通信容量を拡大するために異なる基地局で拡張する構成との比較および準同期の評価のため準同期構成にも対応した可搬型基地局(gNB+5GC)を実験局として追加で設置(仮設)し共通の光DASを使用して実証エリアをカバーする構成での試験を実施した。



図 3.2.3-1 可搬型基地局 (gNB+5GC) 外観図 (徳島県立中央病院)

表 3.2.3-1 ローカル 5G 基地局の装置諸元 (可搬型)

可搬型基地局 FLARE SYSTEMS	
対応周波数帯	4.7GHz-4.9GHz
最大出力	18dBm (63mW)
空中線利得	光 DAS (4.5dBi) に接続
占有帯域幅	100MHz
MIMO レイヤ数	ダウンリンク 2x2 MIMO
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 TDD3)
ネットワーク接続方式	1Gbps LAN
時刻同期方式	GNSS 同期方式
電源	AC100V

3.2.4 測定器

(1) スキャナー (アンリツ製 MA8780A)

表 3.2.4-1 測定器 (MA8780A) 仕様一覧

項目	値
寸法	ML8780A 単体 : 240 (W) × 170 (H) × 41 (D) mm ML8781A 単体 : 240 (W) × 170 (H) × 41 (D) mm
本体重量	約 3Kg



図 3.2.4-1 MA8780A 外観

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

このテーマには取り組まなかった。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

本実証の対象である病院などの建物内でローカル 5G を活用する場合、屋外に設置した基地局から電波を送信して屋内をカバーする方法と、屋内に基地局を設置して内部からカバーする方法が考えられる。

屋外に基地局を設置する方法の場合には、屋内で十分な無線電界レベルを得るために堅牢な外壁を避けて、窓ガラスの多い側面から電波が侵入するようにするなど基地局の設置場所やアンテナ方向の選定に対する制約が多くなる。自己土地利用が基本であるローカル 5G の無線カバレッジの設計においては、他者土地への電波漏洩軽減の考慮も重要である。屋外に基地局を設置する方法で十分な屋内での無線電界レベルを確保するためには基地局の送信電力を高くする必要があり、直接あるいは建物による反射の影響により他者土地への電波漏洩量も増加することが予想される。



図 3.3.2-1 屋外に無線機を設置する方法
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

一方で屋内に基地局を設置する方法の場合には、外壁が外部への電波漏洩を抑制するため他者土地への電波漏洩のリスクは少なくなり、小さな送信電力で効率的に屋内をカバーできるという利点がある。本実証ではこれらの観点から、屋外に基地局を設置する方法を選択せず、屋内に基地局を設置する方法について実証する。

ローカル 5G に使用される Sub6 帯、4.6-4.9GHz においてはキャリア移動通信システムなどで使われているサブギガヘルツ帯であるプラチナバンドと呼ばれる周波数と比べ回り込みが少ないため、屋内の無線設計においては複数の基地局により複数のセルを構成し各セルのカバレッジを少しずつ重ねて拡張するセルラー方式を採用することが多い。特に屋内の複雑な形状のエリアを隙間なくカバーする場合には、小出力の基地局で構築される小さなセルを多数配置することにより隙間の発生を最小限にするよう設計するが、その場合以下の技術的な課題が発生する。

- ① 複数のセルを特に単一周波数帯で運用する場合にはセルが重なる部分において干渉が発生し、スループットの劣化が避けられないため、セル間干渉は最小限に抑制する必要がある。
- ② 複数セル相互間を移動するユースケースの場合、頻繁にセル間ハンドオーバーやセルの切り替えが発生し伝送品質が劣化する可能性が高く、また基地局の信号処理負荷が上昇するため、できるだけハンドオーバーやセルの切り替えを抑制する必要がある。

本実証においてはこれらの分散アンテナシステム的一种である光 DAS を活用することで基地局を増やさずに送信機とアンテナ部分のみの数を増加させることで干渉を抑制しつつカバーエリアを確保し、ハンドオーバーやセルの切り替えを抑制できることを確認した。



図 3.3.2-2 不感・性能劣化が懸念されるエリア

また、光 DAS によるエリア構築においては基地局の増設に比べて経済的に屋内のアンテナ数を増加させることができるため必要十分な送信電力設定による外部への電波漏洩の軽減が可能である。本実証においては、これを確認するため電波強度の測定時に建物外部の電波漏洩のリスクがあるエリアについても測定を実施し、これを確認した。

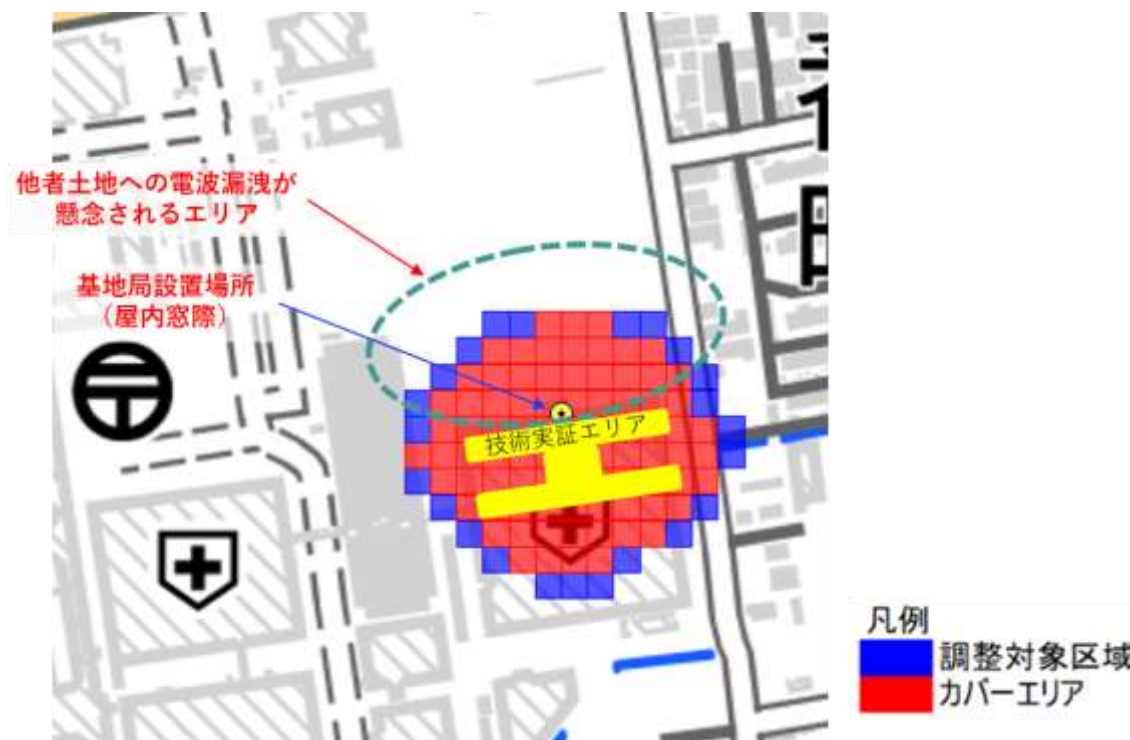


図 3.3.2-3 屋内に無線機を設置する場合の電波漏洩リスク
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

なお、複数のセルを構成せずにカバレッジエリアを拡張する手段としては、同軸ケーブルによる DAS (同軸 DAS) の活用、基地局からの電波を受信して増幅し再送信する中継器の活用、および漏洩ケーブル (LCX) の活用も考えられる。これらの特長を下表に示す。

表 3.3.2-1 エリア構築の柔軟性向上手法の比較

	光 DAS	同軸 DAS	中継器	LCX
送信機配置の柔軟性	非常に柔軟 飛び地も可能	非常に柔軟 飛び地も可能	連続したエリア 構築	連続したエリア 構築
親基地局との干渉	無し	無し	考慮が必要	無し
親基地局からの距離	最大数 km	概ね 100m 以下	親機送信電力によ る	親機送信電力によ る
工事の容易さ	ケーブル配線 が必要 (光ケーブ ル)	ケーブル配線 が必要 (同軸ケーブ ル)	容易	線状エリアなら 容易
送信電力	機器仕様で調 整可	距離により減 衰	小さい	距離により減衰
コスト	機器コスト必 要	RF 部材、材料 費 光 DAS より安 価	機器費 光 DAS より安価	ケーブル、RF 部材 安価

本実証の対象エリアである病院の建物においては、複数の分散したカバレッジ対象エリアが設定されることが多い。また、複数の建物にまたがる場合もあるため、連続したエリアを構築する必要がある中継器や LCX の採用は、建物内の局所的なエリア構築に適用する場合を除いては適切ではないと考える。また、同軸 DAS についても、同軸ケーブルでの減衰を伴うため、親基地局からの距離に限界があり、建物規模が小さい場合を除いて適用が難しい。以上の理由から、病院を対象とする本実証においては送信機配置や送信電力が柔軟に設計でき親基地局との干渉も考慮の必要がない光 DAS の選択が適当であると考えられる。

2) 実証目標

1 台の基地局ではカバーできない範囲のカバレッジを構築するために、分散アンテナシステムを活用して十分なカバレッジを確保できることを実証した。カバレッジ構築の目安として対象カバーエリア全体の 90%以上で理論スループット(機器仕様)の 50%以上を確保することを目標とし、スループット、RSRP、SIR の測定値から、理論スループットの 50%以上の確保に必要な閾値(RSRP、SIR)を確認のうえで評価した。

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

エリア構築の柔軟性の実証として、R3 年度では反射板を用いたパッシブなカバレッジ拡張手法が実証されているが、カバレッジ拡張が実現できる範囲が狭いといった問題が報告されている。本実証においては実運用環境における屋内カバレッジ構築を、アクティブなカバレッジ拡張手法である分散アンテナシステムの一つである光 DAS を採用することで、より実用的な手法としてその効果を実証する。

(2) 実証仮説

一般的な複数の基地局による構築方法と光 DAS を使用する構築方法との違いを以下に示す。

1) 多数の無線機を配置する方法

基地局数分の無線リソースが提供されるため干渉による影響を回避できれば大容量トラフィックに対応可能な構成であるが、基地局が各々独立したセルを構成するため相互に干渉する。そのため無線出力を最小限に設定し、セル同志の重なりをできるだけ避ける必要がある。また、屋内で区分けされた環境で設置される場合には、壁の減衰率を考慮した精密な設計も必要になるため事前の無線設計にかかる労力も大きい。

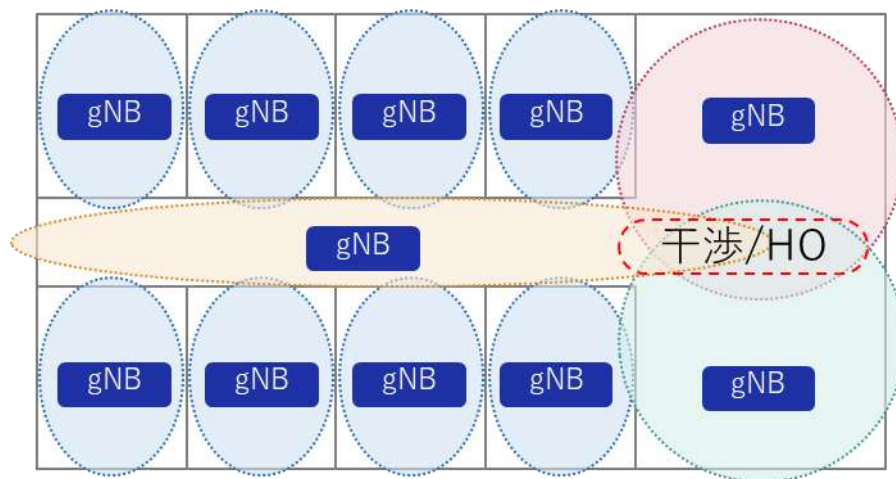


図 3.3.2-4 多数の無線機を配置する方法

2) 光 DAS による方法

セルを分割して複数のセクターを構成するため、基地局装置の同時接続数などの処理能力が十分な場合、DAS-RU のみの増設でカバレッジを拡張できる。また全体が単一セルまたは広いカバーエリアの場合においても少ないセル数となることで干渉を回避・削減でき、かつハンドオーバーの発生も抑制できるため、セクターの重なりを意識することなく無線機とアンテナを配置することで必要なカバレッジを得ることができる。

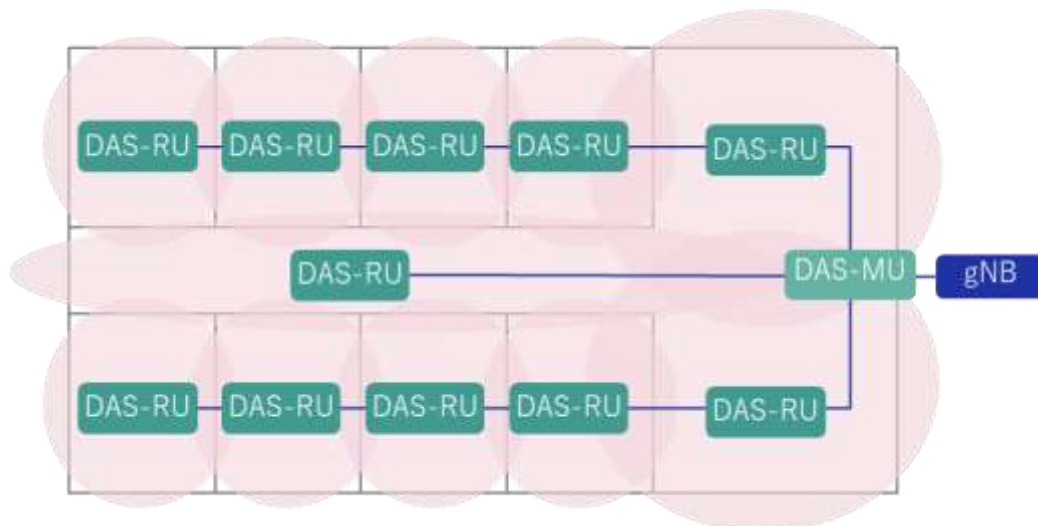
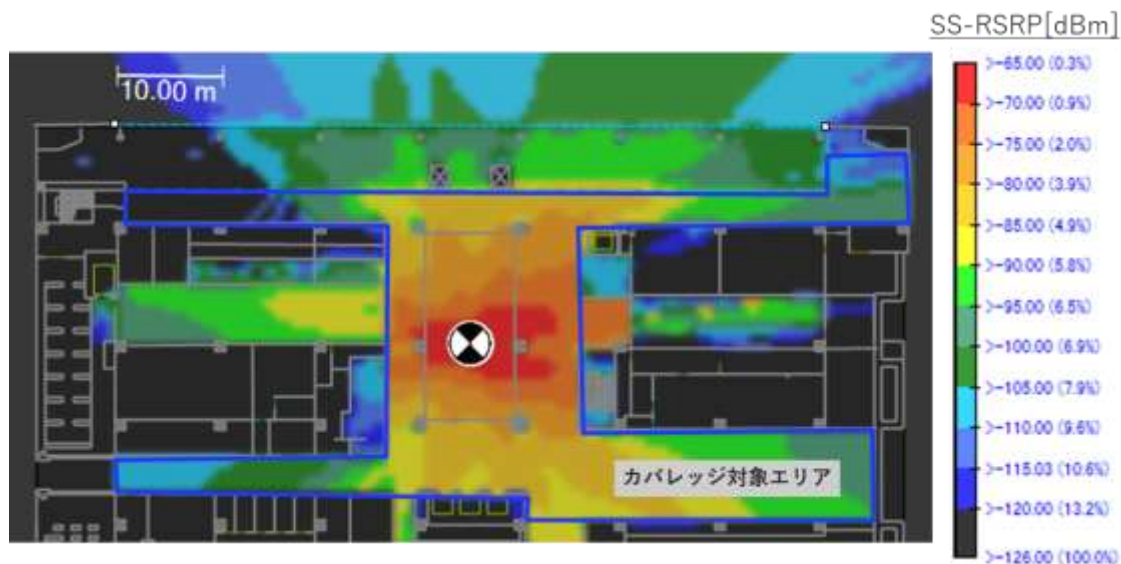


図 3.3.2-5 光 DAS による方法

本実証においては光 DAS によるカバレッジ拡張を実施することで、多数の基地局を配置する方法で実施した場合に比べて隙間を最小にした適切な無線カバレッジ構築が容易に実現できることを確認した。

加えて複数の DAS-RU 間を移動してもハンドオーバーが発生せず、伝送品質の劣化が発生しないことを確認した。

実際に実証を実施する徳島県立中央病院 2 階の対象エリアにおいて、基地局を 1 台設置した場合のシミュレーション結果を示す。このエリアは概ね 80m x 35m 程度の広さである。



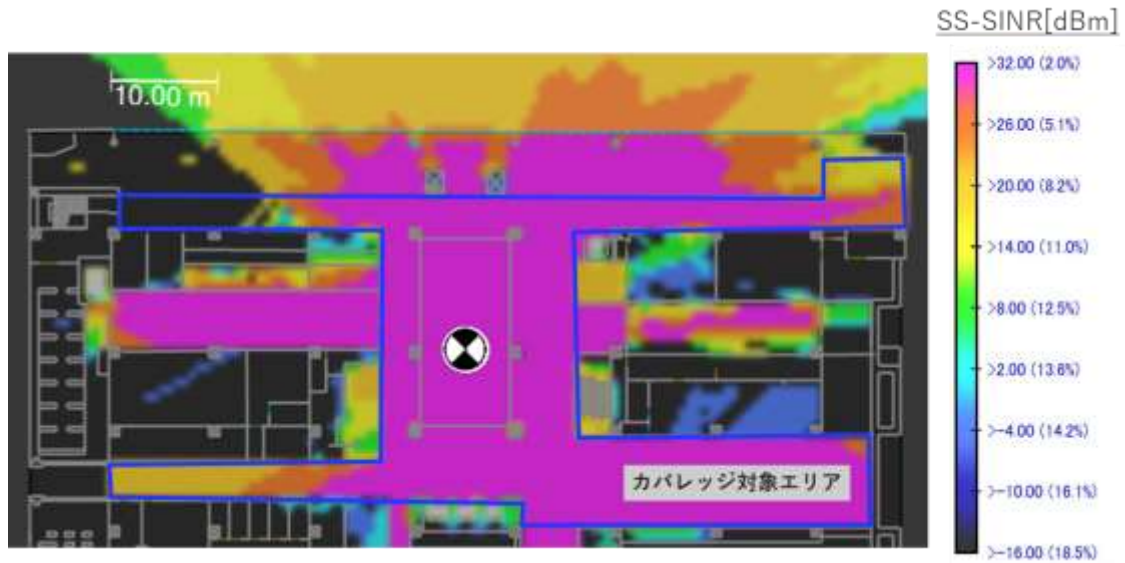


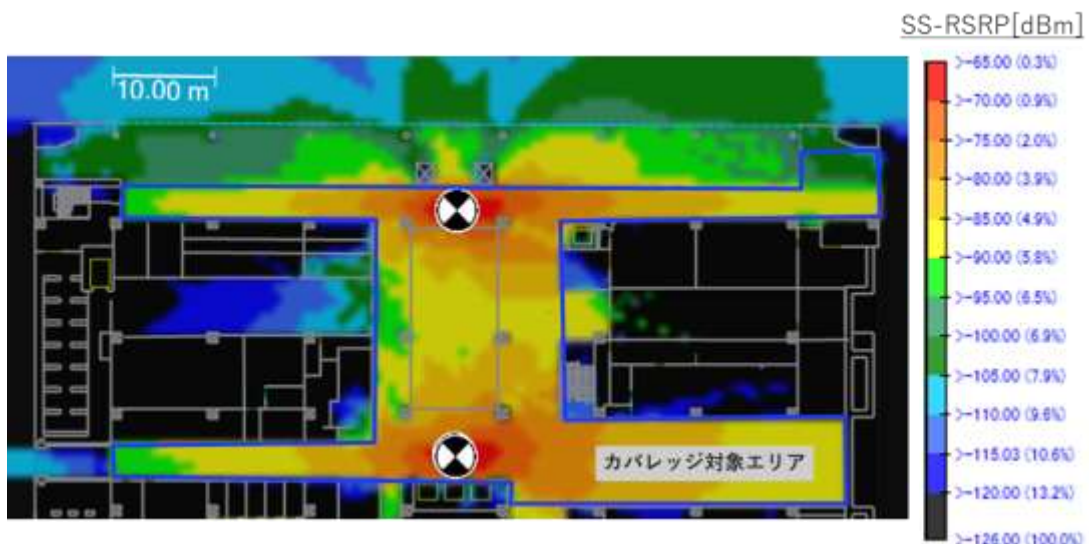
図 3.3.2-6 徳島県立中央病院 2階カバレッジ対象エリアのシミュレーション (送信機 1 台)

十分なスループットを得るために必要な RSRP 値は測定の結果から後述するが、事前シミュレーションの結果から、少なくとも、 -100dBm 以上 (薄緑、黄、赤の領域)、望ましくは -90dBm 以上 (黄、赤の領域) が必要になると推定されるため、このシミュレーション結果からは 1 台の基地局ではカバレッジ対象エリアを十分にカバーできないと推定された。このため、本実証においては、光 DAS の 2 台の送信機 (DAS-RU) を使用して 2 台の基地局を設置した場合と、1 台の基地局を光 DAS により 2 か所に分散させた場合の 2 つの構成を構築し分散アンテナシステムとしての光 DAS の効果を実証した。

加えて、十分なスループットを得るためには信号の品質を示す SINR 値も重要である。この値は干渉が発生すると悪化する指標であり、値が大きいほど高いスループットを得ることができる。

シミュレーションの結果からも、基地局間干渉が発生しない送信機 (基地局) 1 台の構成では SINR の劣化は見られない。

以下に 1 台の基地局を光 DAS により 2 か所に分散させた場合のシミュレーション結果を示す。



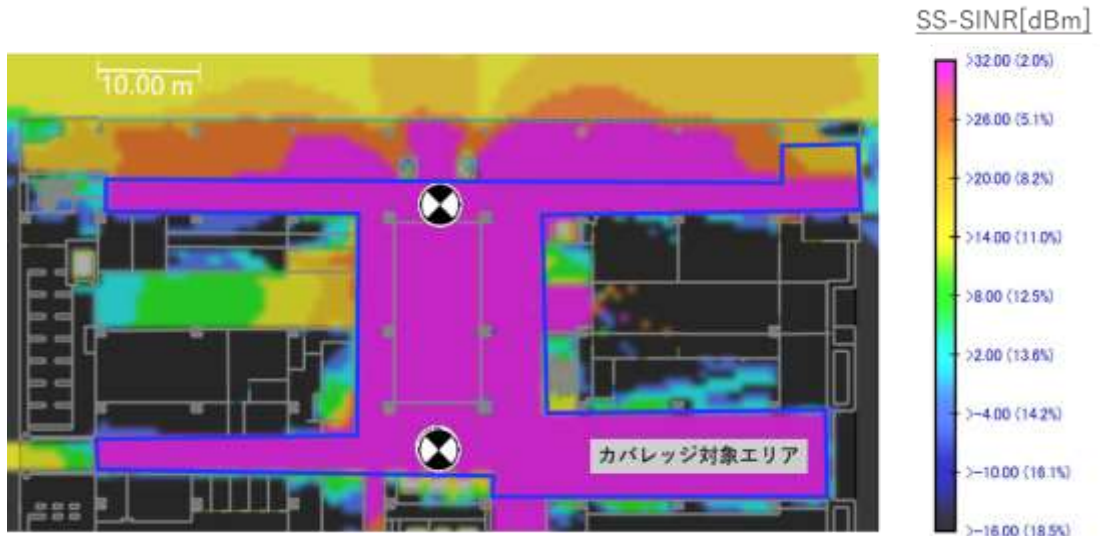
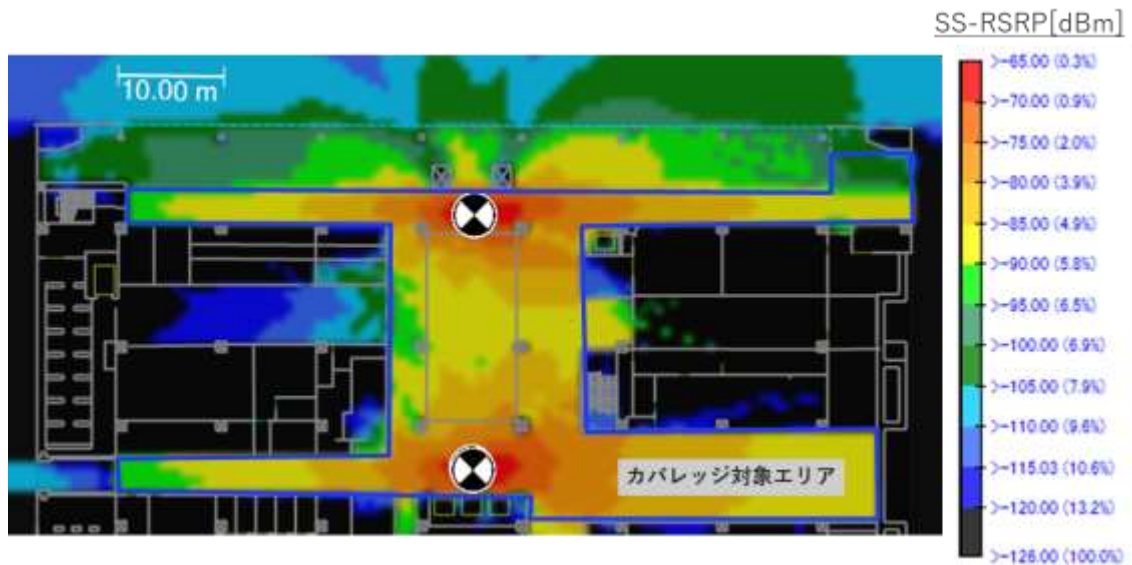


図 3.3.2-7 徳島県立中央病院2階カバレッジ対象エリアのシミュレーション (送信機 2台)

送信機 1 台の場合に比べて、RSRP、SINR ともに改善することがわかる。

確認のため、光 DAS の 2 台の送信機 (DAS-RU) を使用して、2 台の基地局をそれぞれの DAS-RU に接続した場合のシミュレーションを示す。



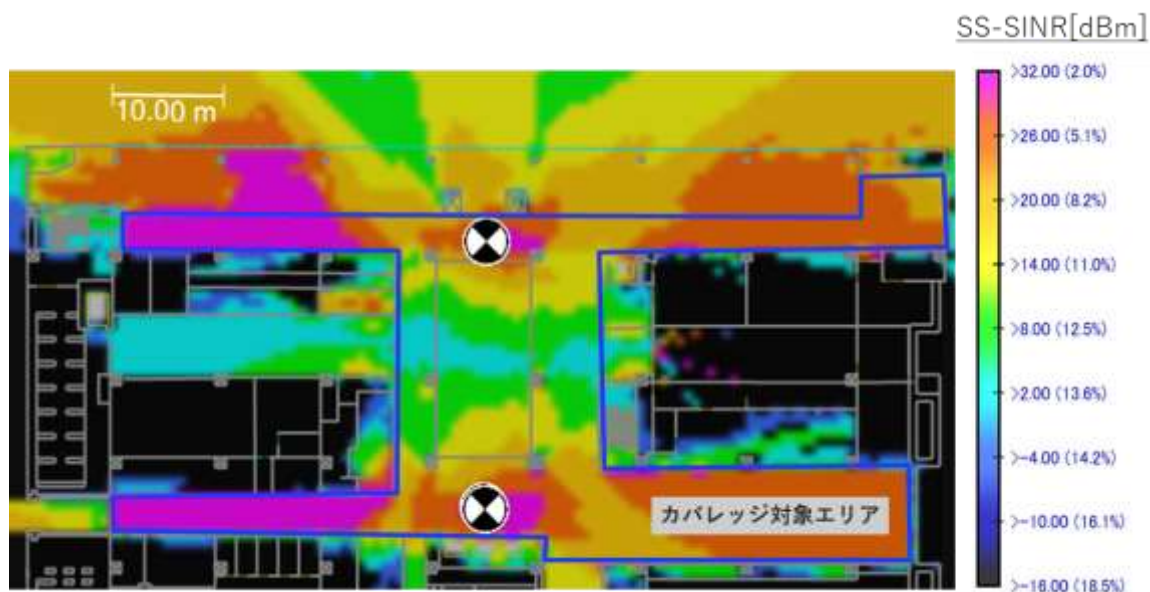


図 3.3.2-8 徳島県立中央病院 2階 基地局 2台 の場合のシミュレーション

異なる基地局を2台配置した場合にはRSRPには変化がないが、基地局の電波が相互に干渉し両基地局の中間エリアを中心にSINRが全体的に悪化する結果となっていることがわかる。

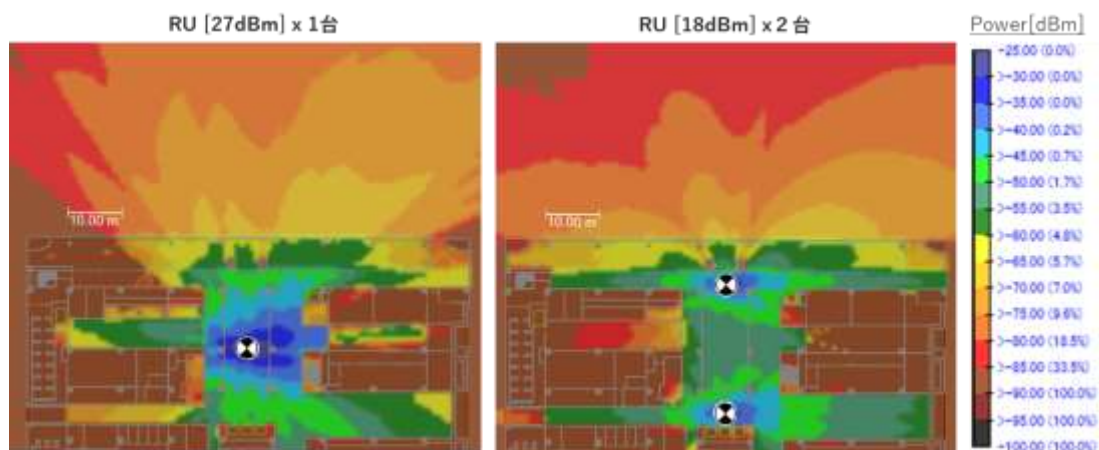


図 3.3.2-9 徳島県立中央病院 他者土地への漏洩シミュレーション

図 3.3.2-9 に送信機1台の場合と2台の場合の他者土地エリアへの電波漏洩のシミュレーションを示す。2台にした場合には送信機の送信電力を低減することができるため漏洩電力も低減していることがわかる。(他者土地はおよび図 3.3.2-9 の上方向となる。) 本実証においては測定の結果、送信機2台で送信電力を低減した方が他者土地への電波漏洩は低下することを確認したが、実証を実施した建物の他者土地方向の壁面は全面ガラスとなっており、想定以上にカバーエリアが広がっていることを確認した。

(3) 評価・検証項目

本検証においては、無線カバレッジと干渉の状況の評価するため、5G 基準信号の計測により

- ① 電波強度 (RSRP)
- ② 信号品質 (SIR)

を確認した。また干渉発生の影響を確認するため、

- ③ スループット (UL/DL)
- ④ 往復遅延 (Ping)

を測定し①、②の測定結果と併せて評価した。

なお、ハンドオーバーの発生の有無については、ログが取得可能な 5G 端末を使用してセル間を移動した際のログで確認する予定であったが、実証で使用した実験試験局の基地局を商用運用中のコアに接続することのリスクを考慮し、実際には電波強度の差が一定以上になるとハンドオーバーが起動する仕様であるが、その状況が発生しているかどうかを測定結果から判断した。

(4) 評価・検証方法

本実証ではエリア拡大のため光 DAS システムを活用する。その構成と諸元を以下に示す。

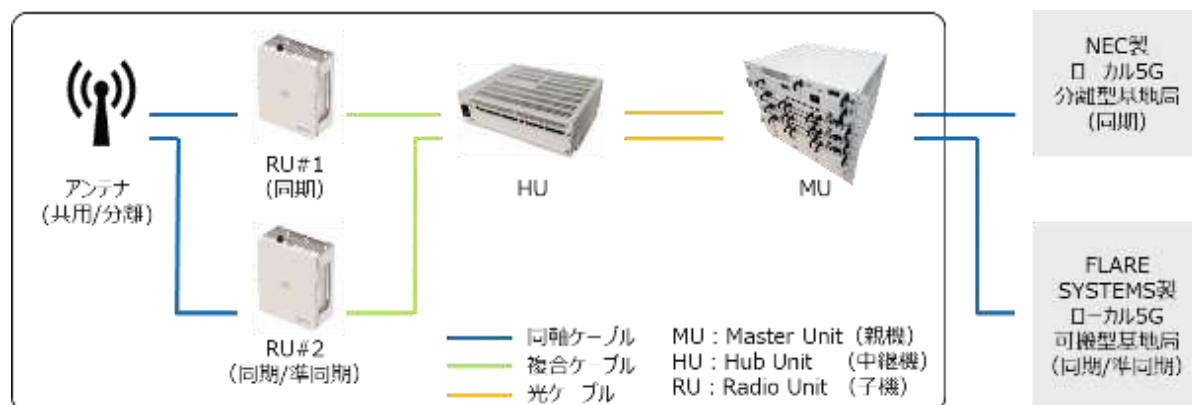


図 3.3.2-10 光 DAS 構成

表 3.3.2-2 光 DAS 諸元

項目	諸元
対応周波数	4.7 - 4.9GHz (n79)
最大出力レベル	+27dBm / アンテナ
最大チャンネル帯域幅	100MHz
アンテナゲイン	+4.5dBi
対応電源	AC100V
動作温度	-10 ~ +50℃

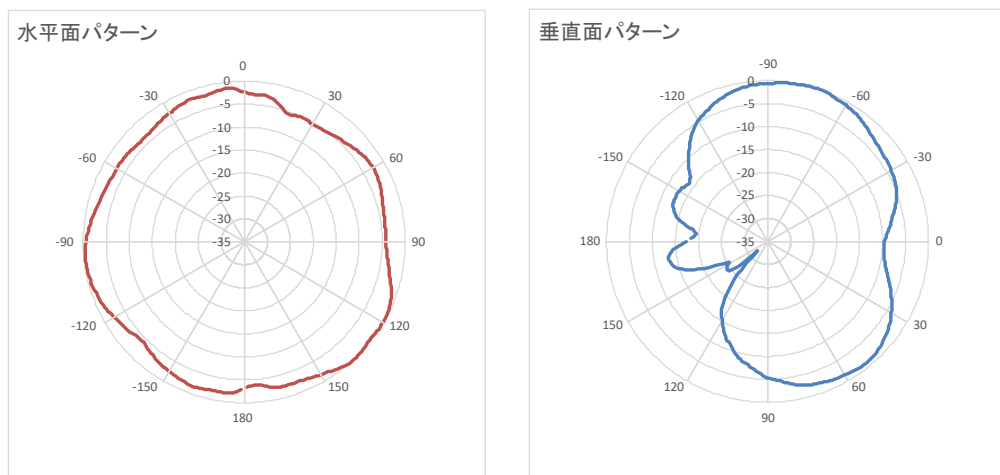


図 3.3.2-11 光 DAS アンテナパターン

実証は徳島県立中央病院2階の実証エリアで実施した。比較条件を揃えるために光 DAS の構成を利用して、同じ最大出力の2つの送信機 (DAS-RU) によるカバレッジの形成を以下の2構成について比較した。無線でカバーする対象エリアは共通とし、無線カバレッジと干渉による影響のバランスが最善になるよう2つの送信機の出力を調整し、2つの送信機に接続されるそれぞれのアンテナ間の距離と送信電力の調整状況を記録した。

評価構成1： 2台の基地局でそれぞれ異なる DAS-RU を駆動した

評価構成2： 1台の基地局出力を光 DAS により分割し2台の DAS-RU に接続した

評価構成1は、光 DAS を使用せずに複数の基地局を個別に2台設置した場合と同等の構成になる。

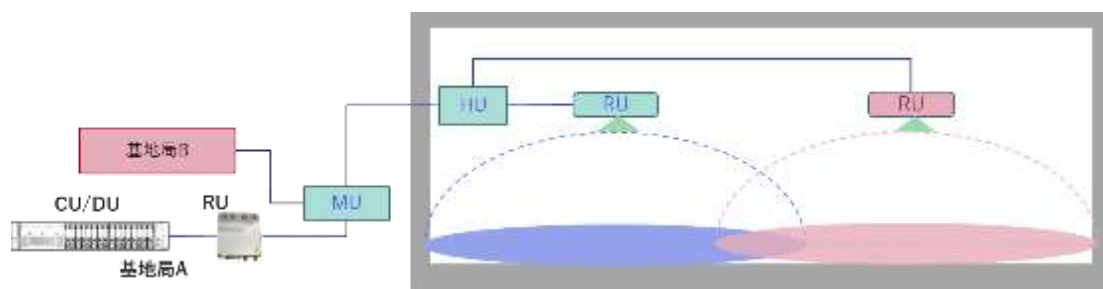


図 3.3.2-12 評価構成1

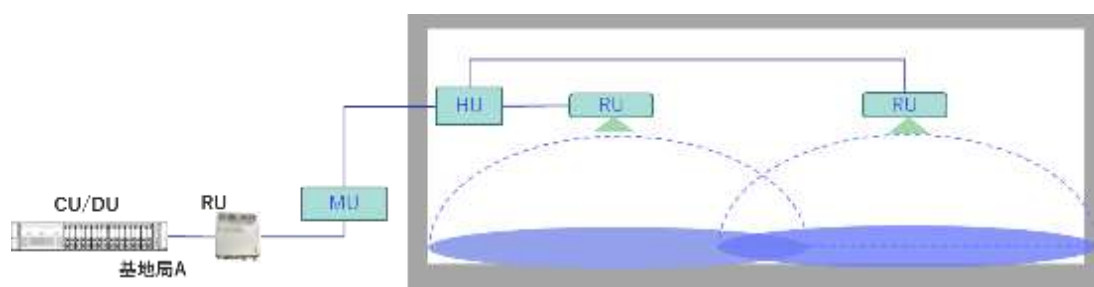


図 3.3.2-13 評価構成2

この2つの構成において、以下を測定し比較した。

- ① 対象カバレッジ範囲を下図のようにメッシュに区切り、RF スキャナーと 5G 端末を使用して、RSRP、SIR、UL/DL スループット、往復遅延を測定した。測定位置は実証エリア内の床面の距離を測定し、各メッシュの中央を測定位置として決定した。UL/DL スループットの測定の際には、測定対象の送信機ではないもう一方の送信機においても測定用と別の 5G 端末により測定する方向のトラフィックに干渉する別のトラフィックを発生させ、無線リソースブロックが最大限に利用されている状態で実施した。またその際に発生させたトラフィック量について記録した。なお、RSRP の測定においては実証エリア北側の屋外地上の建物近傍エリアを測定し、干渉調整区域に相当する受信電界エリア境界を確認し、地図上の位置を確認することで位置を特定した。

RSRP、SIR の測定に際しては定在波の影響を避けるため、1つの測定点において 10λ (λ は波長) の範囲で測定位置を動かしながら測定を実施し、得られたすべてのサンプルを統計処理し結果とした。



図 3.3.2-14 測定メッシュ

- ② RF スキャナーで対象カバレッジ範囲をまんべんなく移動し、周期的（毎秒）に RSRP 値と SIR 値を取得した。（エリア品質測定）

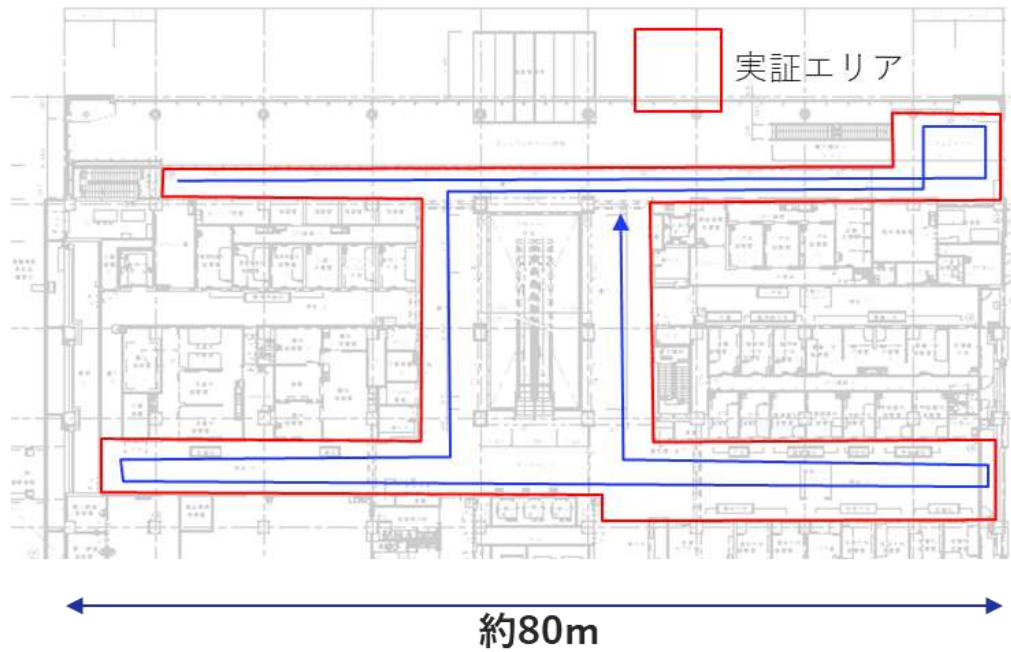


図 3.3.2-15 エリア品質測定



図 3.3.2-16 エリア境界測定（出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成）

1) 伝送特性シミュレーション

本項では実証環境における伝送特性シミュレーションとしてスループット値を算出する。

算出にあつては、無線環境 (RSRP と SINR) から MCS 値 (Modulation and Coding Scheme) を推定し、3GPP 仕様からスループットを算出するが、以下を考慮する必要がある。

- ① 無線環境と MCS の相関は 3GPP では規定されず、機器ベンダの実装に依存するため通常この情報は公開されない。
- ② 同期システムと準同期システムが干渉する環境においては、通常の基地局-移動機間干渉に加えて、基地局間干渉および移動機間干渉が発生するため、スロット毎の干渉パターンに従って、それぞれシミュレーションする必要がある。

a. シミュレーション条件

本シミュレーションにおいては、基地局の送信電力を 1 台配置の場合には機器の最大値である 27dBm とし、2 台配置の場合には、全エリアをカバーするために必要な送信電力値として 18dBm としている。(技術実証②、③とも同様) アンテナは天井に露出型で設置することを想定した最大利得+4.5dBi のオムニタイプのアンテナを使用する。

各機器の諸元は 1.2 章の共用シミュレーションの条件に記載されたものと同じである。スループット計算に必要なその他のパラメータについては以下の通りである。

- SCS (SubCarrier Spacing) : 30kHz
- Layer (MIMO 構成) : DL 4(4x4), UL 1
- 変調 Qm : QPSK(2), 16QAM(4), 64QAM(6), 256QAM(8)
- 帯域幅 BW : 100MHz
- リソースブロック数 PRB : 273
- TDD フレーム構成 : 下図の通り (フレーム長は 0.5ms)

参考 : 1 フレーム = 10 Slot = 14 Symbol

	Slot数			
	DL [Slot]	DL SSF [Symbol]	UL [Slot]	UL SSF [Symbol]
同期	7	6/14	2	0
制度化準同期(TDD1)	4	6/14+10/14	4	0
TDD2	3	6/14+10/14	5	0
TDD3	2	6/14+10/14	6	0

SSFはスループットに影響するSymbolのみ計上

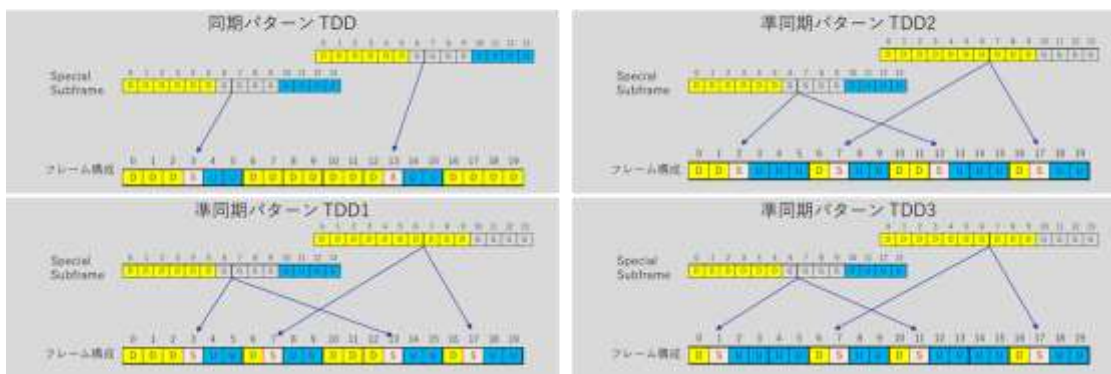


図 3.3.2-17 TDD フレーム構成(2フレーム連続で記載)

b. スループット推定手法

ア) スループット推定値算出手順

スループットは以下のステップで算出する。

- 1) 使用する基地局装置と移動機の諸元(送信電力、給電線損失、帯域幅、アンテナパターン等)により受信側の RSRP および SINR 値を推定する。推定にはレイトレースシミュレーションツールである iWave を使用。
- 2) RSRP および SINR 値と MCS 値との相関から、MCS 値を導出する表を事前に作成しておき、1)で推定した RSRP および SINR から選択可能な最大 MCS 値を導出する。
- 3) 使用する基地局装置と移動機の諸元(MIMO 構成、サポートされる変調、帯域幅、TDD 関連パラメータ等)を確認する
- 4) 3GPP TS38.214 5.1.3.2 章 Transport block size determination に従って、2)項で導出した MCS 値と 3 項の諸元を代入して、TBS 値 (PRB 単位で伝送できる bit 数) を算出する。
- 5) 使用する装置の各 TDD フレーム構成について MCS 値毎の TBS 値からスロット単位で伝送できる bit 数を算出し、さらに理論スループット値 (UL/DL) を算出する。
- 6) 実機で測定した最大スループット値と理論スループットの最大値との比率を算出し、この比率から端末スループットの推定値を算出する。

イ) 準同期（干渉状態）のスループット推定

同期システムと準同期システムを共用する場合には、TDD フレーム構成の DL と UL が同一の場合と相違する場合によって干渉モードが異なる。

本シミュレーションでは与干渉システム（同期システム）と被干渉システム（準同期システム）との間で、同期システムと準同期システムの TDD フレーム構成の DL と UL が相違する場合について以下の干渉状況を確認する。

- ① 同期システムと準同期システム間の基地局間干渉（準同期システムの UL に影響）
- ② 同期システムと準同期システム間の移動機間干渉（同期システムの DL に影響）

また、同期システムと準同期システムの TDD フレーム構成の DL と UL が合致する場合についても以下の干渉状況を確認する。

- ③ 基地局から移動機への基地局移動機間干渉（両システムの DL に影響）
- ④ 移動機から基地局への移動機基地局間干渉（両システムの UL に影響）

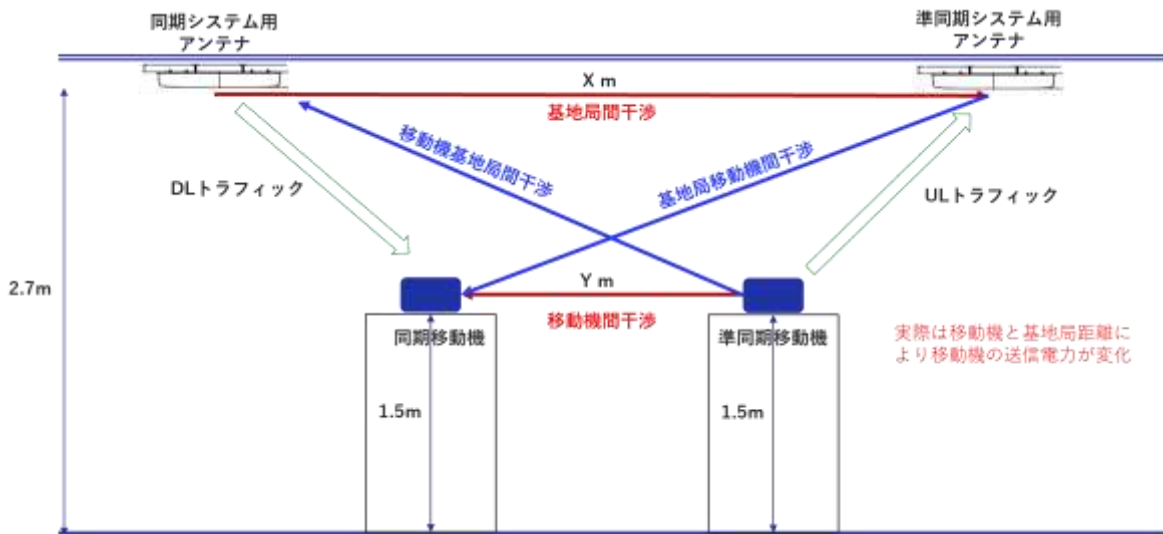


図 3.3.2-18 干渉モデル

同期モードのみの複数の基地局が併設される場合には、相互に発生する TDD スロット毎の干渉モードは DL スロット全てにおいて同様であるが、準同期の基地局が併設される場合には DL スロットの一部が他局の UL スロットと干渉する形となり異なる干渉モードが発生するため、DL-DL スロットの干渉（同期スロット）と DL-UL スロット（非同期スロット）の干渉を区別して、これらを考慮したスループット推定が必要になる。

以下に TDD パターン毎のスロット毎の干渉の様子と干渉モード別のスロット数を示す。

Slot	TDDパターン		TDDパターン		TDDパターン		TDDパターン	
	同期	同期	同期	TDD1	同期	TDD2	同期	TDD3
0	D	D	D	D	D	D	D	D
1	D	D	D	D	D	D	D	S(6)
2	D	D	D	D	D	S(6)	D	U
3	S(6)	S(6)	S(6)	S(6)	S(6)	U	S(6)	U
4	U	U	U	U	U	U	U	U
5	U	U	U	U	U	U	U	U
6	D	D	D	D	D	D	D	D
7	D	D	D	S(10)	D	S(10)	D	S(10)
8	D	D	D	U	D	U	D	U
9	D	D	D	U	D	U	D	U

S(6): Special Sub-FrameのうちDL 6 symbol、UL 4 Symbolのタイプ
S(10): Special Sub-FrameのうちDL 10 symbol、UL 無しのタイプ

図 3.3.2-19 TDD 干渉パターン

表 3.3.2-3 TDD 干渉モード別スロット数

同期-TDD1	DL/UL Slot数		干渉モード別Slot数		
	DL	UL	DL-DL*	DL-UL*	UL-UL*
同期	7.43	2.00	5.43	2.00	2.00
TDD1	5.14	4.00	5.14	2.00	2.00

*(同期システムのTDD Slot) - (準同期システムのTDD Slot)

同期-TDD2	DL/UL Slot数		干渉モード別Slot数		
	DL	UL	DL-DL*	DL-UL*	UL-UL*
同期	7.43	2.00	4.43	3.00	2.00
TDD2	4.14	5.00	4.14	2.43	2.57

*(同期システムのTDD Slot) - (準同期システムのTDD Slot)

同期-TDD3	DL/UL Slot数		干渉モード別Slot数		
	DL	UL	DL-DL*	DL-UL*	UL-UL*
同期	7.43	2.00	3.71	3.71	2.00
TDD3	3.14	6.00	3.14	3.43	2.57

*(同期システムのTDD Slot) - (準同期システムのTDD Slot)

準同期システムが干渉する場合のスループット推定においては、干渉モード別にスロットあたりの伝送 bit 数を算出し、それにスロット数を乗じてスループットを算出する。

c. 推定スループットの算出

前項のスループット推定値算出手順に従い、推定スループットを算出する。本項の説明および図表中で、同期基地局として使用する基地局は基地局 1、準同期にも対応する基地局は基地局 2 として記載する。

ア) MCS の推定

実測した無線環境データ (RSRP および SINR) から MCS を推定するために必要な実験室環境で測定した本実証で使用する実機による測定結果を以下に示す。

MCS は通常 SINR 値との相関で推定できるが、無干渉時の RSRP 値で得られる MCS 値よりも高い MCS 値が得られることは無いと考えられることから、各 RSRP 値において無干渉時に得られた MCS 値を上限として、SINR 値から MCS 値を推定する。その際実験室測定値の線形近似により算出式を導出した。

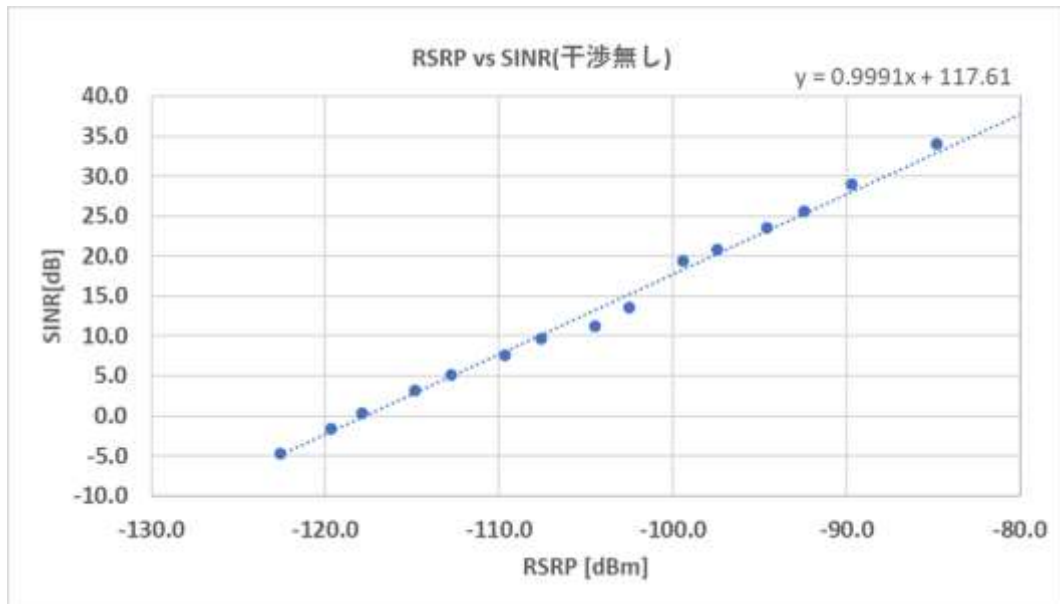


図 3.3.2-20 RSRP vs SINR (干渉無し)

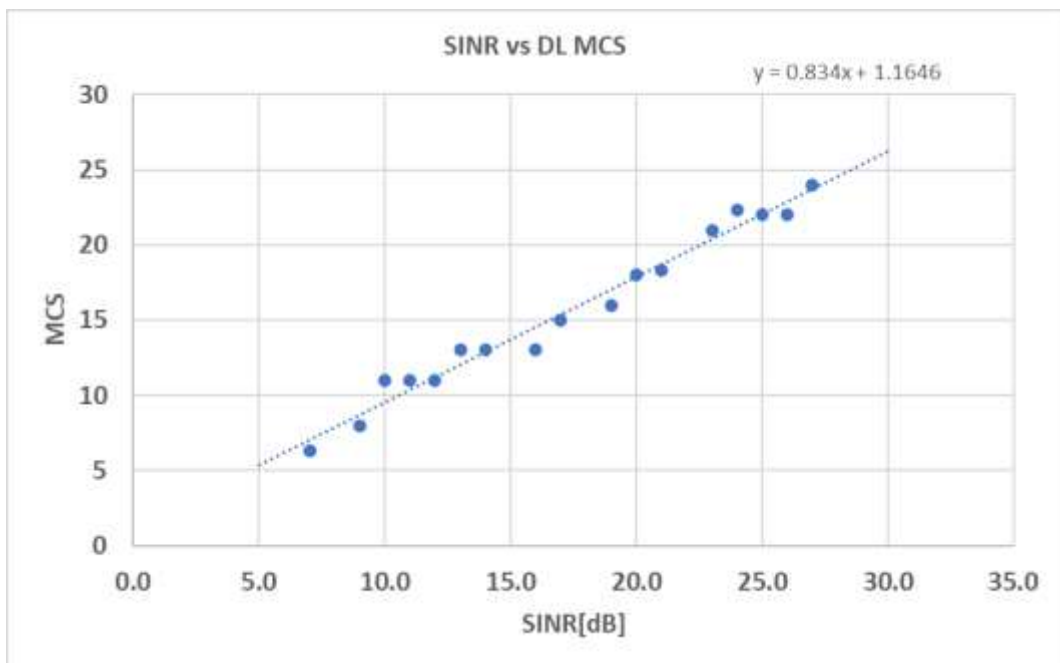


図 3.3.2-21 SINR vs DL MCS

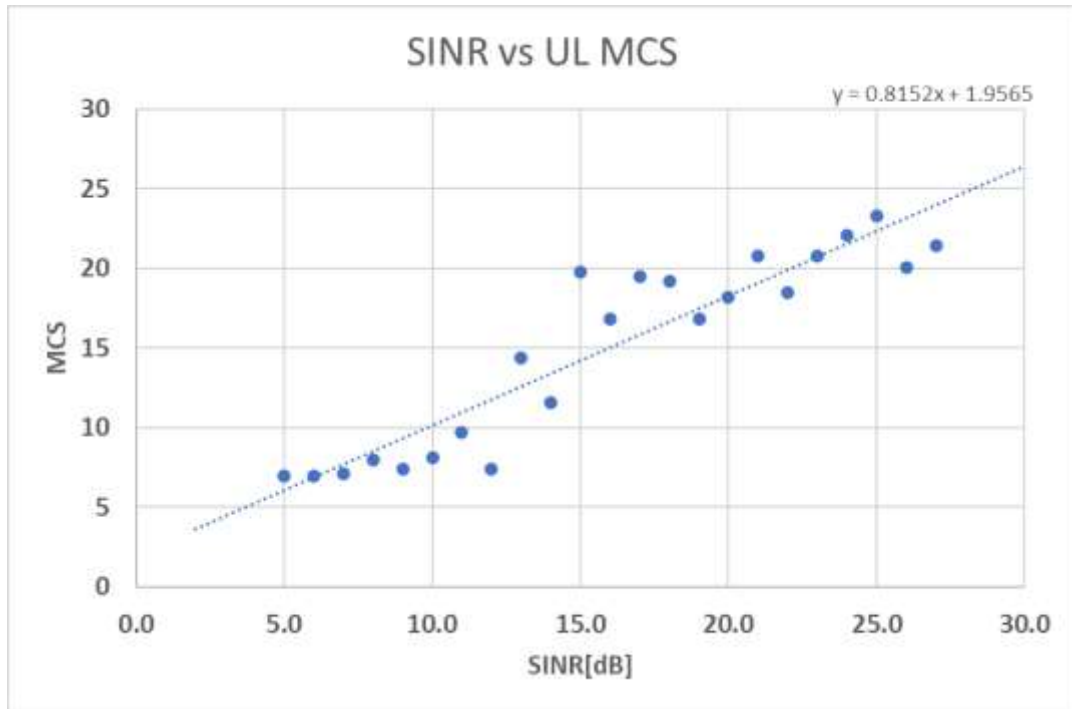


図 3.3.2-22 SINR vs UL MCS

イ) MCS 値からの理論スループット算出

ステップ4)、5) の計算のため 3GPP TS38.214 に基づく計算例を以下に示す。

機器仕様に従って、 N_{info} および N'_{info} を算出し、TBS Table から PRB 当たりの伝送 bit 数である TBS 値 [bit] を選択し、これに PRB 数を乗じて Slot 当たりに伝送できる bit 数を得る。

これにフレーム構成に従って割り当てられたスロット数を乗じて、フレーム長で割ることでスループットが算出できる。図 3.3.2-23 Slot 当たりの伝送 bit 数計算 3 に DL MCS=27 の場合の計算例を示す。

DL MCS27の場合：

PRB当たりの伝送bit数

$$N_{info} = N_{RE} \cdot R \cdot Q_m \cdot v$$

$$= 144 \cdot (948/1024) \cdot 8 \cdot 2 = 2,133$$

R : Target Code Rate(948/1024, MCS Tableより)
 Q_m : 変調コード(8-256QAM, MCS Tableより)
 v : Layer 2x2 = 2

データ伝送に使用できるPRB当たりのRE数

$$N'_{RE} = N_{sc}^{RB} \cdot N_{ymb}^{sh} - N_{DMRS}^{PRB} - N_{oh}^{PRB} = 12 \cdot 14 - 24 = 144$$

$$N_{sc}^{RB} = 12 \quad N_{ymb}^{sh} = 14 \quad N_{DMRS}^{PRB} + N_{oh}^{PRB} = 24 \text{ (DL)}$$

$$= 14 \text{ (UL)}$$

N_{DMRS}^{PRB} the number of REs for DM-RS per PRB in the scheduled duration including the overhead of the DM-RS CDM groups without data
 N_{oh}^{PRB} the overhead configured by higher layer parameter α Overhead in PDSCH-ServingCellConfig. If the α Overhead in PDSCH-ServingCellConfig is not configured (a value from 0, 6, 12, or 18), =0

$$N'_{info} = \max\left(24, 2^n \cdot \left\lfloor \frac{N_{info}}{2^n} \right\rfloor\right) = 2,112$$

TBS Tableからこの数値の直上の値を選択
TBS=2,152
Slotあたりの伝送bit数= 2152bit x 273 = 587,496 [bits]
(SCS=30kHz, 100MHz帯域の場合 PRB数=273)

$$n = \max(3, \lfloor \log_2(N_{info}) \rfloor - 6) = 5$$

図 3.3.2-23 Slot 当たりの伝送 bit 数計算
(3GPP TS 38.214 V15.16.0 を参照して作成)

表 3.3.2-4 3GPP MCS Table (出典 : 3GPP TS 38.214 V15.16.0)

MCS Table (3GPP TS38.214)

Table 5.1.3.1-2: MCS index table 2 for PDSCH (256QAM)

MCS Index i_{MCS}	Modulation Order Q_m	Target code Rate R _c x 1024	Spectral efficiency
0	2	120	0.2564
1	2	193	0.3770
2	2	308	0.6616
3	2	449	0.8770
4	2	602	1.1758
5	4	378	1.4766
6	4	434	1.6953
7	4	490	1.9141
8	4	553	2.1602
9	4	615	2.4063
10	4	658	2.5703
11	6	466	2.7305
12	6	517	3.0293
13	6	567	3.3223
14	6	615	3.6094
15	6	666	3.9023
16	6	719	4.2129
17	6	772	4.5234
18	6	822	4.8164
19	6	873	5.1152
20	8	662.5	5.3320
21	8	711	5.5547
22	8	754	5.8908
23	8	797	6.2266
24	8	841	6.5703
25	8	885	6.9141
26	8	916.5	7.1602
27	8	948	7.4063
28	2	reserved	reserved
29	4	reserved	reserved
30	6	reserved	reserved
31	8	reserved	reserved

Table 6.1.4.1-1: MCS index table for PUSCH with transform precoding and 64QAM

MCS Index i_{MCS}	Modulation Order Q_m	Target code Rate R _c x 1024	Spectral efficiency
0	q	240/q	0.2544
1	q	314/q	0.3066
2	2	193	0.3770
3	2	251	0.4902
4	2	308	0.6616
5	2	379	0.7405
6	2	449	0.8770
7	2	526	1.0273
8	2	602	1.1758
9	2	679	1.3262
10	4	340	1.3281
11	4	378	1.4766
12	4	434	1.6953
13	4	490	1.9141
14	4	553	2.1602
15	4	616	2.4063
16	4	658	2.5703
17	6	466	2.7305
18	6	517	3.0293
19	6	567	3.3223
20	6	616	3.6094
21	6	666	3.9023
22	6	719	4.2129
23	6	772	4.5234
24	6	822	4.8164
25	6	873	5.1152
26	6	910	5.3320
27	6	948	5.5547
28	q	reserved	reserved
29	2	reserved	reserved
30	4	reserved	reserved
31	6	reserved	reserved

表 3.3.2-5 3GPP TBS Table (出典 : 3GPP TS 38.214 V15.16.0)

TBS Table (3GPP TS38.214)

TBS : 1PRBで伝送するbit数を示す

Table 5.1.3.2-1 TBS for $N_{info} \leq 3824$

index	TBS	index	TBS	index	TBS	index	TBS
1	24	31	316	61	1208	91	3624
2	32	32	352	62	1320	92	3752
3	40	33	388	63	1352	93	3824
4	48	34	384	64	1416		
5	56	35	408	65	1480		
6	64	36	432	66	1544		
7	72	37	456	67	1608		
8	80	38	480	68	1672		
9	88	39	504	69	1736		
10	96	40	528	70	1800		
11	104	41	552	71	1864		
12	112	42	576	72	1928		
13	120	43	600	73	2024		
14	128	44	640	74	2088		
15	136	45	672	75	2152		
16	144	46	704	76	2216		
17	152	47	736	77	2280		
18	160	48	768	78	2408		
19	168	49	808	79	2472		
20	176	50	848	80	2536		
21	184	51	888	81	2600		
22	192	52	928	82	2664		
23	208	53	984	83	2728		
24	224	54	1032	84	2792		
25	240	55	1064	85	2856		
26	256	56	1128	86	2976		
27	272	57	1160	87	3104		
28	288	58	1192	88	3240		
29	304	59	1224	89	3368		
30	320	60	1256	90	3496		

DL MCS27の場合

ここでULについては64QAMまでをサポートするTable1と256QAMまでをサポートするTable2の2種類が使用されるが、これは基地局の設定によって使用されるTableが選択される。本実証で使用する基地局1はTable1、基地局2はTable2を固定使用する設定で運用した。

ウ) 準同期スループットの算出

同期/準同期の各 TDD フレーム構成に従って、Slot あたりの伝送 bit 数に Slot 数を乗じて各準同期パターンの理論スループットを算出したものを表 3.3.2-7 RSRP/SINR 相関表 (DL) ~ 表 3.3.2-9 RSRP/SINR 相関表 (UL Table2 256QAM)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q_m	Target code Rate $R_x [1024]$	Spectral efficiency	Layer UL	TBS Index UL	TBS UL [bits]	Bit Rate UL /slot [bps]	SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]
-120	-2.4	0	2	120	0.2344	1	2	32	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5
-119	-1.2	1	2	193	0.377	1	5	56	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3
-118	0.1	2	2	308	0.6016	1	9	88	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8
-116	1.3	3	2	449	0.877	1	14	128	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9
-115	2.5	4	2	602	1.1758	1	20	176	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7
-114	3.7	5	4	378	1.4766	1	24	224	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4
-113	5.0	6	4	434	1.6953	1	26	256	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9
-112	6.2	7	4	490	1.9141	1	28	288	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3
-110	7.4	8	4	553	2.1602	1	31	336	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1
-109	8.6	9	4	616	2.4063	1	33	368	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6
-108	9.9	10	4	658	2.5703	1	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7
-107	11.1	11	6	466	2.7305	1	36	432	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5
-105	12.3	12	6	517	3.0293	1	38	480	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2
-104	13.5	13	6	567	3.3223	1	39	504	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1
-103	14.8	14	6	616	3.6094	1	41	552	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8
-102	16.0	15	6	666	3.9023	1	43	608	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2
-100	17.2	16	6	719	4.2129	1	45	672	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1
-99	18.5	17	6	772	4.5234	1	46	704	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6
-98	19.7	18	6	822	4.8164	1	47	736	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1
-97	20.9	19	6	873	5.1152	1	49	808	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7
-96	22.1	20	8	682.5	5.332	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-94	23.4	21	8	711	5.5547	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-93	24.6	22	8	754	5.8906	1	52	928	253,344	101.3	202.7	253.3	304.0
-92	25.8	23	8	797	6.2266	1	53	984	268,632	107.5	214.9	268.6	322.4
-91	27.0	24	8	841	6.5703	1	54	1,032	281,736	112.7	225.4	281.7	338.1
-89	28.3	25	8	885	6.9141	1	55	1,064	290,472	116.2	232.4	290.5	348.6
-88	29.5	26	8	916.5	7.1602	1	56	1,128	307,944	123.2	246.4	307.9	369.5
-87	30.7	27	8	948	7.4063	1	57	1,160	316,680	126.7	253.3	316.7	380.0

に示す。この値は物理層における理論値であり、最良の条件において得られる最大のスループット値である。

表 3.3.2-6 RSRP/SINR 相関表 (UL)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I _{MCS}	Modulation Order Q _m	Target code Rate R _x [1024]	Spectral efficiency	Layer UL	TBS Index UL	TBS UL [bits]	Bit Rate UL /slot [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]
-120	-2.4	0	2	120	0.2344	1	2	32	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5
-119	-1.2	1	2	193	0.377	1	5	56	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3
-118	0.1	2	2	308	0.6016	1	9	88	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8
-116	1.3	3	2	449	0.877	1	14	128	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9
-115	2.5	4	2	602	1.1758	1	20	176	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7
-114	3.7	5	4	378	1.4766	1	24	224	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4
-113	5.0	6	4	434	1.6953	1	26	256	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9
-112	6.2	7	4	490	1.9141	1	28	288	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3
-110	7.4	8	4	553	2.1602	1	31	336	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1
-109	8.6	9	4	616	2.4063	1	33	368	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6
-108	9.9	10	4	658	2.5703	1	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7
-107	11.1	11	6	466	2.7305	1	36	432	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5
-105	12.3	12	6	517	3.0293	1	38	480	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2
-104	13.5	13	6	567	3.3223	1	39	504	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1
-103	14.8	14	6	616	3.6094	1	41	552	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8
-102	16.0	15	6	666	3.9023	1	43	608	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2
-100	17.2	16	6	719	4.2129	1	45	672	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1
-99	18.5	17	6	772	4.5234	1	46	704	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6
-98	19.7	18	6	822	4.8164	1	47	736	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1
-97	20.9	19	6	873	5.1152	1	49	808	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7
-96	22.1	20	8	682.5	5.332	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-94	23.4	21	8	711	5.5547	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-93	24.6	22	8	754	5.8906	1	52	928	253,344	101.3	202.7	253.3	304.0
-92	25.8	23	8	797	6.2266	1	53	984	268,632	107.5	214.9	268.6	322.4
-91	27.0	24	8	841	6.5703	1	54	1,032	281,736	112.7	225.4	281.7	338.1
-89	28.3	25	8	885	6.9141	1	55	1,064	290,472	116.2	232.4	290.5	348.6
-88	29.5	26	8	916.5	7.1602	1	56	1,128	307,944	123.2	246.4	307.9	369.5
-87	30.7	27	8	948	7.4063	1	57	1,160	316,680	126.7	253.3	316.7	380.0

表 3.3.2-7 RSRP/SINR 相關表 (DL)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I _{MCS}	Modulation Order Q _m	Target code Rate R _x [1024]	Spectral efficiency	Layer DL	TBS Index DL	TBS DL [bits]	Bit Rate DL /slot [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]
-119	-1.4	0	2	120	0.2344	2	6	64	17,472	26.0	18.0	14.5	11.0
-118	-0.2	1	2	193	0.377	2	11	104	28,392	42.2	29.2	23.5	17.8
-117	1.0	2	2	308	0.6016	2	19	168	45,864	68.1	47.2	38.0	28.8
-116	2.2	3	2	449	0.877	2	26	256	69,888	103.8	71.9	57.9	43.9
-114	3.4	4	2	602	1.1758	2	31	336	91,728	136.3	94.3	76.0	57.7
-113	4.6	5	4	378	1.4766	2	36	432	117,936	175.2	121.3	97.7	74.1
-112	5.8	6	4	434	1.6953	2	39	504	137,592	204.4	141.5	114.0	86.5
-111	7.0	7	4	490	1.9141	2	41	552	150,696	223.9	155.0	124.9	94.7
-110	8.2	8	4	553	2.1602	2	44	640	174,720	259.6	179.7	144.8	109.8
-108	9.4	9	4	616	2.4063	2	46	704	192,192	285.5	197.7	159.2	120.8
-107	10.6	10	4	658	2.5703	2	47	736	200,928	298.5	206.7	166.5	126.3
-106	11.8	11	6	466	2.7305	2	49	808	220,584	327.7	226.9	182.8	138.7
-105	13.0	12	6	517	3.0293	2	51	888	242,424	360.2	249.4	200.9	152.4
-104	14.2	13	6	567	3.3223	2	53	984	268,632	399.1	276.3	222.6	168.9
-102	15.4	14	6	616	3.6094	2	54	1,032	281,736	418.6	289.8	233.4	177.1
-101	16.6	15	6	666	3.9023	2	56	1,128	307,944	457.5	316.7	255.2	193.6
-100	17.8	16	6	719	4.2129	2	59	1,224	334,152	496.5	343.7	276.9	210.0
-99	19.0	17	6	772	4.5234	2	62	1,320	360,360	535.4	370.7	298.6	226.5
-98	20.2	18	6	822	4.8164	2	64	1,416	386,568	574.3	397.6	320.3	243.0
-96	21.4	19	6	873	5.1152	2	65	1,480	404,040	600.3	415.6	334.8	254.0
-95	22.6	20	8	682.5	5.332	2	66	1,544	421,512	626.2	433.6	349.3	265.0
-94	23.8	21	8	711	5.5547	2	67	1,608	438,984	652.2	451.5	363.7	275.9
-93	25.0	22	8	754	5.8906	2	69	1,736	473,928	704.1	487.5	392.7	297.9
-92	26.2	23	8	797	6.2266	2	70	1,800	491,400	730.1	505.4	407.2	308.9
-90	27.4	24	8	841	6.5703	2	72	1,928	526,344	782.0	541.4	436.1	330.8
-89	28.6	25	8	885	6.9141	2	73	2,024	552,552	820.9	568.3	457.8	347.3
-88	29.8	26	8	916.5	7.1602	2	74	2,088	570,024	846.9	586.3	472.3	358.3
-87	31.0	27	8	948	7.4063	2	75	2,152	587,496	872.9	604.3	486.8	369.3

表 3.3.2-8 RSRP/SINR 相関表 (UL Table1 64QAM)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I _{MCS}	Modulation Order Q _m	Target code Rate R _x [1024]	Spectral efficiency	Layer UL	TBS Index UL	TBS UL [bits]	Bit Rate UL /slot [bit per slot]	理論スループット			
										SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]
-119	-1.4	0	2	120	0.2344	1	2	32	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5
-118	-0.2	1	2	157	0.3066	1	3	40	10,920	4.4	8.7	10.9	13.1
-117	1.0	2	2	193	0.377	1	5	56	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3
-116	2.2	3	2	251	0.4902	1	7	72	19,656	7.9	15.7	19.7	23.6
-114	3.4	4	2	308	0.6016	1	9	88	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8
-113	4.6	5	2	379	0.7402	1	12	112	30,576	12.2	24.5	30.6	36.7
-112	5.8	6	2	449	0.877	1	14	128	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9
-111	7.0	7	2	526	1.0273	1	17	152	41,496	16.6	33.2	41.5	49.8
-110	8.2	8	2	602	1.1758	1	20	176	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7
-108	9.4	9	2	679	1.3262	1	23	208	56,784	22.7	45.4	56.8	68.1
-107	10.6	10	4	340	1.3281	1	23	208	56,784	22.7	45.4	56.8	68.1
-106	11.8	11	4	378	1.4766	1	24	224	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4
-105	13.0	12	4	434	1.6953	1	26	256	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9
-104	14.2	13	4	490	1.9141	1	28	288	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3
-102	15.4	14	4	553	2.1602	1	31	336	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1
-101	16.6	15	4	616	2.4063	1	33	368	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6
-100	17.8	16	4	658	2.5703	1	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7
-99	19.0	17	6	438	2.5664	1	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7
-98	20.2	18	6	466	2.7305	1	36	432	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5
-96	21.4	19	6	517	3.0293	1	38	480	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2
-95	22.6	20	6	567	3.3223	1	39	504	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1
-94	23.8	21	6	616	3.6094	1	41	552	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8
-93	25.0	22	6	666	3.9023	1	43	608	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2
-92	26.2	23	6	719	4.2129	1	45	672	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1
-90	27.4	24	6	772	4.5234	1	46	704	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6
-89	28.6	25	6	822	4.8164	1	47	736	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1
-88	29.8	26	6	873	5.1152	1	49	808	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7
-87	31.0	27	6	910	5.332	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-86	32.2	28	6	948	5.5547	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8

表 3.3.2-9 RSRP/SINR 相関表 (UL Table2 256QAM)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Qm	Target code Rate Rx [1024]	Spectral efficiency	Layer UL	TBS Index UL	TBS UL [bits]	Bit Rate UL /slot [bps]	SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]
-120	-2.4	0	2	120	0.2344	1	2	32	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5
-119	-1.2	1	2	193	0.377	1	5	56	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3
-118	0.1	2	2	308	0.6016	1	9	88	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8
-116	1.3	3	2	449	0.877	1	14	128	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9
-115	2.5	4	2	602	1.1758	1	20	176	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7
-114	3.7	5	4	378	1.4766	1	24	224	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4
-113	5.0	6	4	434	1.6953	1	26	256	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9
-112	6.2	7	4	490	1.9141	1	28	288	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3
-110	7.4	8	4	553	2.1602	1	31	336	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1
-109	8.6	9	4	616	2.4063	1	33	368	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6
-108	9.9	10	4	658	2.5703	1	35	408	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7
-107	11.1	11	6	466	2.7305	1	36	432	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5
-105	12.3	12	6	517	3.0293	1	38	480	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2
-104	13.5	13	6	567	3.3223	1	39	504	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1
-103	14.8	14	6	616	3.6094	1	41	552	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8
-102	16.0	15	6	666	3.9023	1	43	608	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2
-100	17.2	16	6	719	4.2129	1	45	672	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1
-99	18.5	17	6	772	4.5234	1	46	704	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6
-98	19.7	18	6	822	4.8164	1	47	736	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1
-97	20.9	19	6	873	5.1152	1	49	808	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7
-96	22.1	20	8	682.5	5.332	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-94	23.4	21	8	711	5.5547	1	50	848	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8
-93	24.6	22	8	754	5.8906	1	52	928	253,344	101.3	202.7	253.3	304.0
-92	25.8	23	8	797	6.2266	1	53	984	268,632	107.5	214.9	268.6	322.4
-91	27.0	24	8	841	6.5703	1	54	1,032	281,736	112.7	225.4	281.7	338.1
-89	28.3	25	8	885	6.9141	1	55	1,064	290,472	116.2	232.4	290.5	348.6
-88	29.5	26	8	916.5	7.1602	1	56	1,128	307,944	123.2	246.4	307.9	369.5
-87	30.7	27	8	948	7.4063	1	57	1,160	316,680	126.7	253.3	316.7	380.0

エ) 実スループットの推定

理論スループットは通信プロトコル上の誤り訂正や再送および各レイヤのヘッダなどのデータも含まれる。また、理論スループットは移動機と基地局が無線の環境に最適な MCS を選択することを前提として計算されているが、MCS は受信状態の報告に基づいて決定されるため、報告の遅延や測定頻度の不足等によって実際の無線環境とのずれが生じ、これがブロックエラー発生の一因となる。その他の要因も含めてブロックエラーが発生した場合には基地局は MCS を下げてこれを解消しようとするためスループットが必要以上に低下する場合もある。このような諸理由により、実環境において測定される実スループットは、理論値よりも低い値となる。その割合はベンダ毎の実装によっても異なるため、ステップ6)において実スループットを推定する際には、実験室において実機で測定したスループット値と理論スループット値との相関から導いた表 3.3.2-10 理論/実スループット相関表の相関式を使用した。理論スループットを 1 とした場合の実スループット値を示す理論値比は概ね定数となったが、MCS に対する傾きが若干あったためそれを補正する。また、この相関は移動機と基地局との組み合わせや通信の冗長性の実装方法・設定などによって変化するため、使用環境・構成に合わせて都度見直す必要がある。

表 3.3.2-10 理論/実スループット相関表

	機器組み合わせ	方向	相関式
1	FG900CS - 基地局 1	DL	理論値比=0.0030・MCS+0.5862
2		UL	理論値比=0.0013・MCS+0.6277
3	FG900CS - 基地局 2	DL	理論値比=-0.0072・MCS+0.8633
4		UL	理論値比=-0.0005・MCS+0.9389

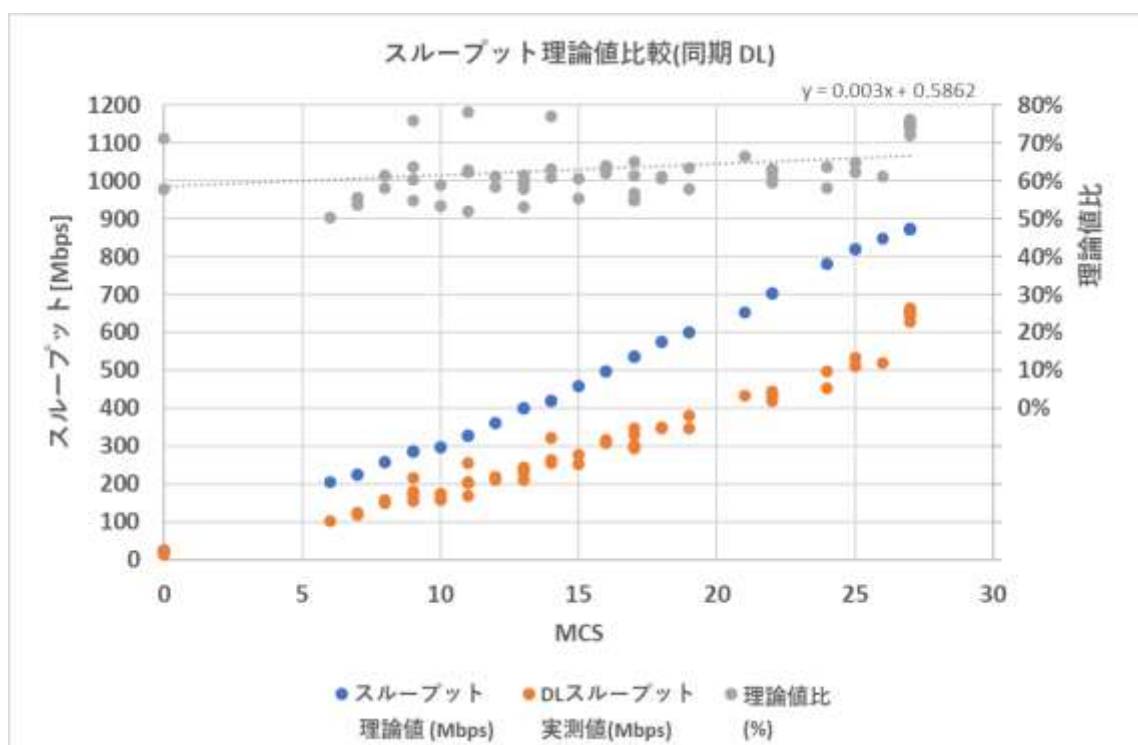


図 3.3.2-24 スループット理論値比較 DL (FG900CS - 基地局 1)

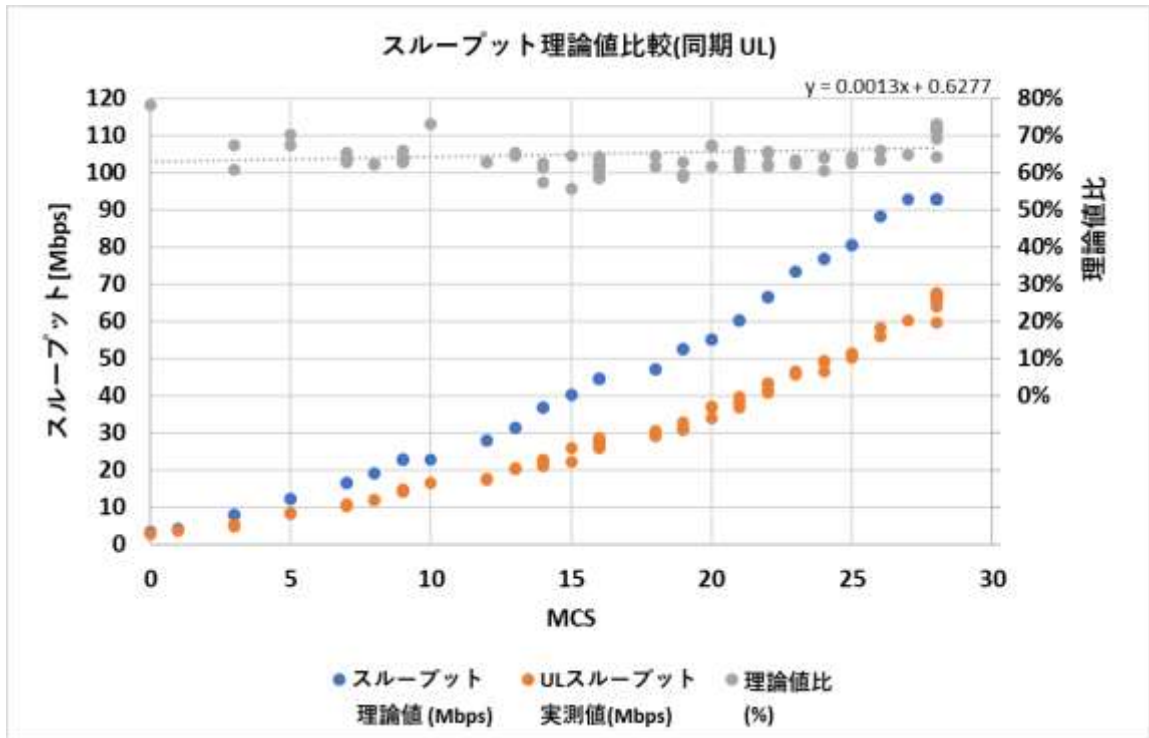


図 3.3.2-25 スループット理論値比較 UL (FG900CS - 基地局 1)

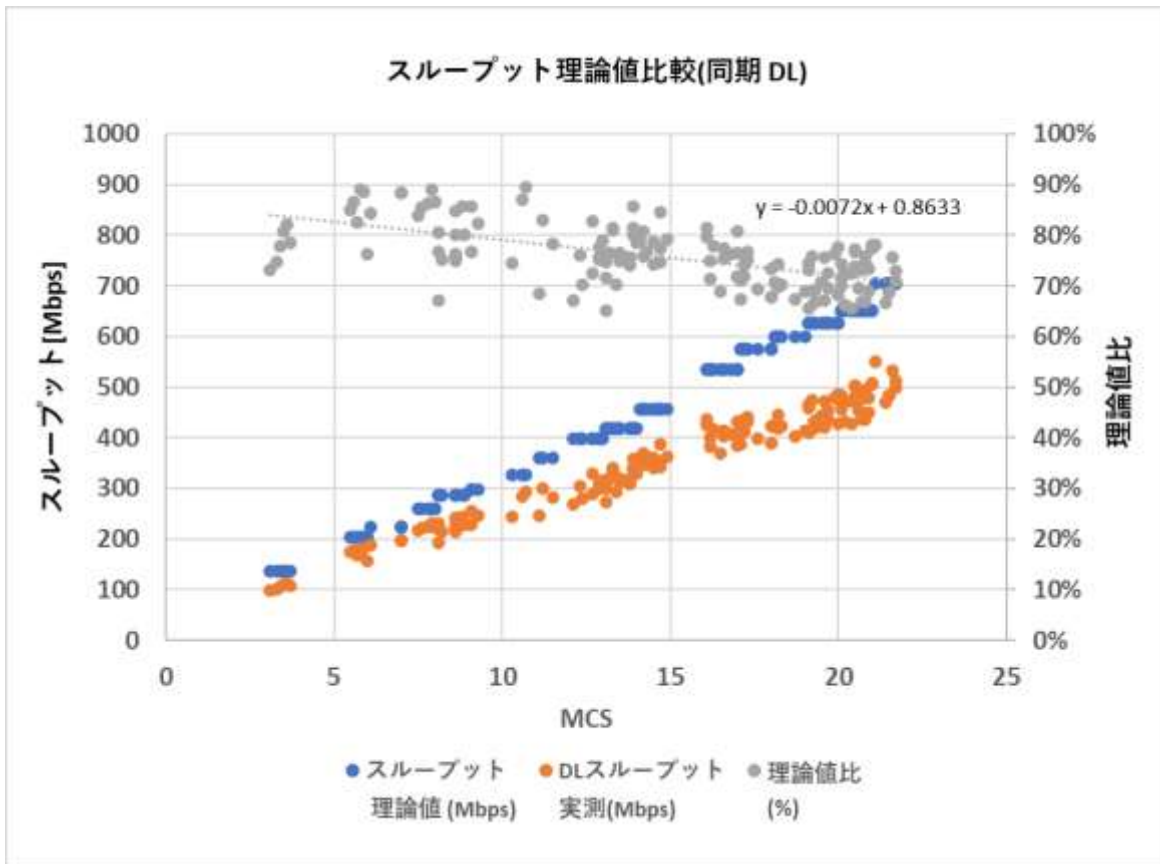


図 3.3.2-26 スループット理論値比較 DL (FG900CS - 基地局 2)

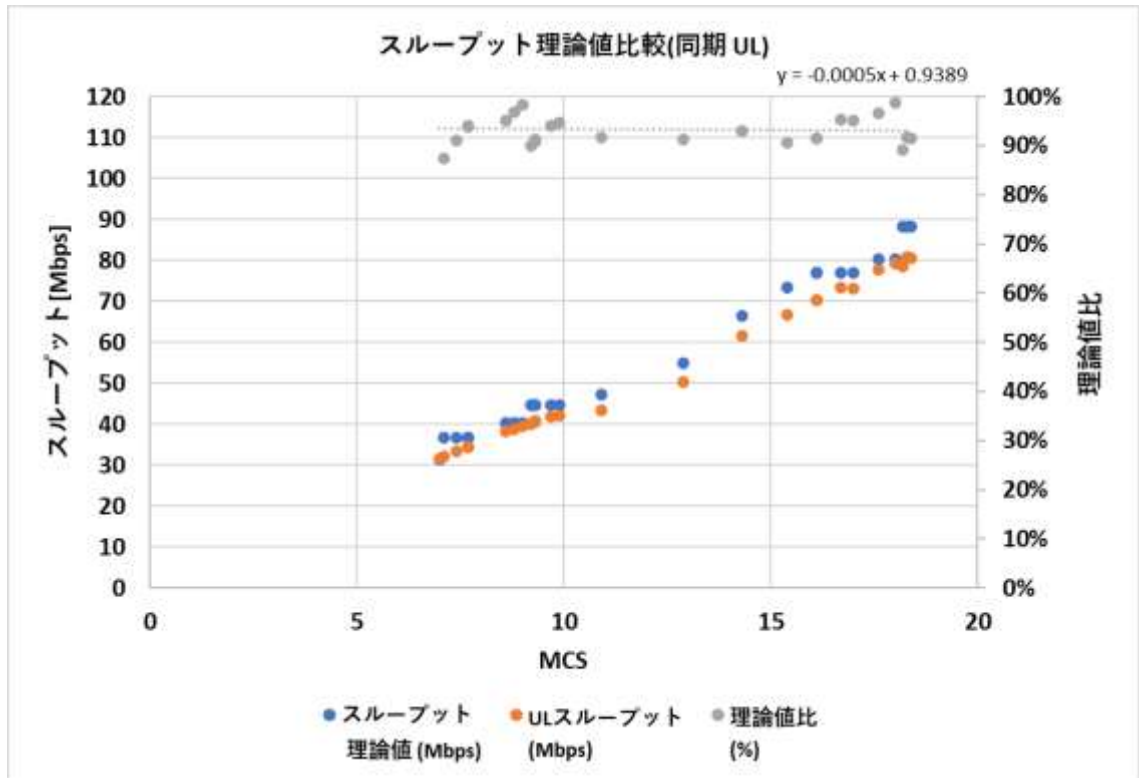


図 3.3.2-27 スループット理論値比較 UL (FG900CS - 基地局 2)

理論スループットと実スループットの相関を考慮したスループット推定値を以下に示す。

表 3.3.2-11 MCS vs 実スループット相関表(DL MCS Table2)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q_m	Bit Rate DL /slot [bit per slot]	理論スループット				実測換算 (基地局1)				実測換算 (基地局2)			
					SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]
-119	-1.4	0	2	17,472	26.0	18.0	14.5	11.0	16.1	11.2	9.0	6.8	22.4	15.5	12.5	9.5
-118	-0.2	1	2	28,392	42.2	29.2	23.5	17.8	26.2	18.1	14.6	11.1	36.1	25.0	20.1	15.3
-117	1.0	2	2	45,864	68.1	47.2	38.0	28.8	42.3	29.3	23.6	17.9	57.8	40.0	32.3	24.5
-116	2.2	3	2	69,888	103.8	71.9	57.9	43.9	64.4	44.6	35.9	27.2	87.4	60.5	48.7	37.0
-114	3.4	4	2	91,728	136.3	94.3	76.0	57.7	84.4	58.4	47.1	35.7	113.7	78.7	63.4	48.1
-113	4.6	5	4	117,936	175.2	121.3	97.7	74.1	108.5	75.1	60.5	45.9	145.0	100.4	80.8	61.3
-112	5.8	6	4	137,592	204.4	141.5	114.0	86.5	126.5	87.6	70.5	53.5	167.6	116.1	93.5	70.9
-111	7.0	7	4	150,696	223.9	155.0	124.9	94.7	138.4	95.8	77.2	58.6	182.0	126.0	101.5	77.0
-110	8.2	8	4	174,720	259.6	179.7	144.8	109.8	160.4	111.0	89.5	67.9	209.1	144.8	116.6	88.5
-108	9.4	9	4	192,192	285.5	197.7	159.2	120.8	176.3	122.1	98.3	74.6	228.0	157.9	127.2	96.5
-107	10.6	10	4	200,928	298.5	206.7	166.5	126.3	184.2	127.5	102.7	77.9	236.2	163.5	131.7	99.9
-106	11.8	11	6	220,584	327.7	226.9	182.8	138.7	202.1	139.9	112.7	85.5	257.0	177.9	143.3	108.7
-105	13.0	12	6	242,424	360.2	249.4	200.9	152.4	222.0	153.7	123.8	93.9	279.8	193.7	156.1	118.4
-104	14.2	13	6	268,632	399.1	276.3	222.6	168.9	245.8	170.2	137.1	104.0	307.2	212.7	171.3	130.0
-102	15.4	14	6	281,736	418.6	289.8	233.4	177.1	257.6	178.4	143.7	109.0	319.2	221.0	178.0	135.0
-101	16.6	15	6	307,944	457.5	316.7	255.2	193.6	281.4	194.8	156.9	119.1	345.6	239.2	192.7	146.2
-100	17.8	16	6	334,152	496.5	343.7	276.9	210.0	305.2	211.3	170.2	129.1	371.4	257.1	207.1	157.1
-99	19.0	17	6	360,360	535.4	370.7	298.6	226.5	328.9	227.7	183.4	139.1	396.7	274.6	221.2	167.8
-98	20.2	18	6	386,568	574.3	397.6	320.3	243.0	352.6	244.1	196.6	149.2	421.4	291.7	235.0	178.3
-96	21.4	19	6	404,040	600.3	415.6	334.8	254.0	368.3	255.0	205.4	155.8	436.1	301.9	243.2	184.5
-95	22.6	20	8	421,512	626.2	433.6	349.3	265.0	384.0	265.8	214.1	162.4	450.5	311.9	251.2	190.6
-94	23.8	21	8	438,984	652.2	451.5	363.7	275.9	399.6	276.7	222.9	169.1	464.4	321.5	259.0	196.5
-93	25.0	22	8	473,928	704.1	487.5	392.7	297.9	431.1	298.5	240.4	182.4	496.3	343.6	276.8	210.0
-92	26.2	23	8	491,400	730.1	505.4	407.2	308.9	446.7	309.3	249.1	189.0	509.4	352.6	284.1	215.5
-90	27.4	24	8	526,344	782.0	541.4	436.1	330.8	478.2	331.1	266.7	202.3	540.0	373.8	301.1	228.4
-89	28.6	25	8	552,552	820.9	568.3	457.8	347.3	501.7	347.3	279.8	212.2	560.9	388.3	312.8	237.3
-88	29.8	26	8	570,024	846.9	586.3	472.3	358.3	517.2	358.1	288.4	218.8	572.6	396.4	319.3	242.2
-87	31.0	27	8	587,496	872.9	604.3	486.8	369.3	532.7	368.8	297.1	225.4	583.9	404.2	325.6	247.0

表 3.3.2-12 MCS vs 実スループット相関表(UL MCS Table1)

必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I _{MCS}	Modulation Order Q _m	Bit Rate UL /slot [bit per slot]	理論スループット				実測換算 (基地局1)			
					SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]
-119	-1.4	0	2	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5	2.2	4.4	5.5	6.6
-118	-0.2	1	2	10,920	4.4	8.7	10.9	13.1	2.7	5.5	6.9	8.2
-117	1.0	2	2	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3	3.9	7.7	9.6	11.6
-116	2.2	3	2	19,656	7.9	15.7	19.7	23.6	5.0	9.9	12.4	14.9
-114	3.4	4	2	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8	6.1	12.2	15.2	18.2
-113	4.6	5	2	30,576	12.2	24.5	30.6	36.7	7.8	15.5	19.4	23.3
-112	5.8	6	2	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9	8.9	17.8	22.2	26.6
-111	7.0	7	2	41,496	16.6	33.2	41.5	49.8	10.6	21.1	26.4	31.7
-110	8.2	8	2	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7	12.3	24.5	30.7	36.8
-108	9.4	9	2	56,784	22.7	45.4	56.8	68.1	14.5	29.0	36.3	43.6
-107	10.6	10	4	56,784	22.7	45.4	56.8	68.1	14.6	29.1	36.4	43.7
-106	11.8	11	4	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4	15.7	31.4	39.3	47.1
-105	13.0	12	4	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9	18.0	36.0	45.0	54.0
-104	14.2	13	4	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3	20.3	40.5	50.7	60.8
-102	15.4	14	4	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1	23.7	47.4	59.2	71.1
-101	16.6	15	4	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6	26.0	52.0	65.0	78.0
-100	17.8	16	4	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7	28.9	57.8	72.2	86.7
-99	19.0	17	6	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7	29.0	57.9	72.4	86.9
-98	20.2	18	6	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5	30.7	61.4	76.8	92.1
-96	21.4	19	6	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2	34.2	68.4	85.5	102.6
-95	22.6	20	6	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1	36.0	72.0	89.9	107.9
-94	23.8	21	6	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8	39.5	79.0	98.7	118.4
-93	25.0	22	6	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2	43.6	87.1	108.9	130.7
-92	26.2	23	6	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1	48.3	96.5	120.6	144.8
-90	27.4	24	6	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6	50.7	101.3	126.6	152.0
-89	28.6	25	6	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1	53.1	106.1	132.7	159.2
-88	29.8	26	6	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7	58.4	116.7	145.9	175.1
-87	31.0	27	6	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	61.4	122.8	153.4	184.1
-86	32.2	28	6	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	61.5	123.0	153.7	184.5
		29	2									
		30	4									
		31	6									

表 3.3.2-13 MCS vs 実スループット相関表(UL MCS Table2)

PRB=273					理論スループット				実測換算 (基地局2)			
必要RSRP [dB]	SINR [dB]	MCS Index I_{MCS}	Modulation Order Q_m	Bit Rate UL /slot [bit per slot]	SCS=30kHz 同期7:2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 UL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 UL [Mbps]	SCS=30kHz 同期7:2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD1 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD2 DL [Mbps]	SCS=30kHz TDD3 DL [Mbps]
-119	-1.4	0	2	8,736	3.5	7.0	8.7	10.5	3.3	6.6	8.2	9.8
-118	-0.2	1	2	15,288	6.1	12.2	15.3	18.3	5.7	11.5	14.3	17.2
-117	1.0	2	2	24,024	9.6	19.2	24.0	28.8	9.0	18.0	22.5	27.0
-116	2.2	3	2	34,944	14.0	28.0	34.9	41.9	13.1	26.2	32.8	39.3
-114	3.4	4	2	48,048	19.2	38.4	48.0	57.7	18.0	36.0	45.0	54.0
-113	4.6	5	4	61,152	24.5	48.9	61.2	73.4	22.9	45.8	57.3	68.7
-112	5.8	6	4	69,888	28.0	55.9	69.9	83.9	26.2	52.3	65.4	78.5
-111	7.0	7	4	78,624	31.4	62.9	78.6	94.3	29.4	58.8	73.5	88.3
-110	8.2	8	4	91,728	36.7	73.4	91.7	110.1	34.3	68.6	85.8	102.9
-108	9.4	9	4	100,464	40.2	80.4	100.5	120.6	37.5	75.1	93.9	112.6
-107	10.6	10	4	111,384	44.6	89.1	111.4	133.7	41.6	83.2	104.0	124.8
-106	11.8	11	6	117,936	47.2	94.3	117.9	141.5	44.0	88.1	110.1	132.1
-105	13.0	12	6	131,040	52.4	104.8	131.0	157.2	48.9	97.8	122.2	146.7
-104	14.2	13	6	137,592	55.0	110.1	137.6	165.1	51.3	102.6	128.3	153.9
-102	15.4	14	6	150,696	60.3	120.6	150.7	180.8	56.2	112.3	140.4	168.5
-101	16.6	15	6	165,984	66.4	132.8	166.0	199.2	61.8	123.7	154.6	185.5
-100	17.8	16	6	183,456	73.4	146.8	183.5	220.1	68.3	136.6	170.8	204.9
-99	19.0	17	6	192,192	76.9	153.8	192.2	230.6	71.5	143.1	178.8	214.6
-98	20.2	18	6	200,928	80.4	160.7	200.9	241.1	74.7	149.5	186.8	224.2
-96	21.4	19	6	220,584	88.2	176.5	220.6	264.7	82.0	164.0	205.0	246.0
-95	22.6	20	8	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	86.0	172.0	215.0	258.1
-94	23.8	21	8	231,504	92.6	185.2	231.5	277.8	86.0	171.9	214.9	257.9
-93	25.0	22	8	253,344	101.3	202.7	253.3	304.0	94.0	188.1	235.1	282.1
-92	26.2	23	8	268,632	107.5	214.9	268.6	322.4	99.7	199.3	249.1	299.0
-90	27.4	24	8	281,736	112.7	225.4	281.7	338.1	104.5	208.9	261.1	313.4
-89	28.6	25	8	290,472	116.2	232.4	290.5	348.6	107.6	215.3	269.1	322.9
-88	29.8	26	8	307,944	123.2	246.4	307.9	369.5	114.1	228.1	285.1	342.2
-87	31.0	27	8	316,680	126.7	253.3	316.7	380.0	117.2	234.4	293.1	351.7

d. 伝送特性シミュレーション結果 (事前)

ア) 技術実証②

本技術実証の対象エリアは H 型の形状になっており、1 台の基地局では見通しが取れないエリアが発生してしまう環境。本環境において光 DAS による分散アンテナ方式の有効性を確認する。

本実証の課題実証①で必要とされるスループットはアップリンク方向で最大約 42Mbps であるが、ここでは他のユースケースの場合も考慮し、伝送スループットの目標値を使用機器の理論最大スループットの 50%となる DL:330Mbps UL:30Mbps (同期システム) を目標値とした。

1台の基地局でカバーする場合

下図は1台の基地局を配置した場合の基地局からの送信波によるエリア環境とスループットをシミュレーションしたものである。基地局を中央部の端に設置した場合および、実際には吹き抜け構造であり設置できない場所であるが参考に基地局を中央部に設置した場合のいずれにおいてもエリア端においてRSRPが十分に確保できないエリアが発生していることがわかる。RSRPが不足し、-100dBm以下が推定される場所においてはSINRも十分なレベルを確保できずスループットも目標値を下回ることがわかる。

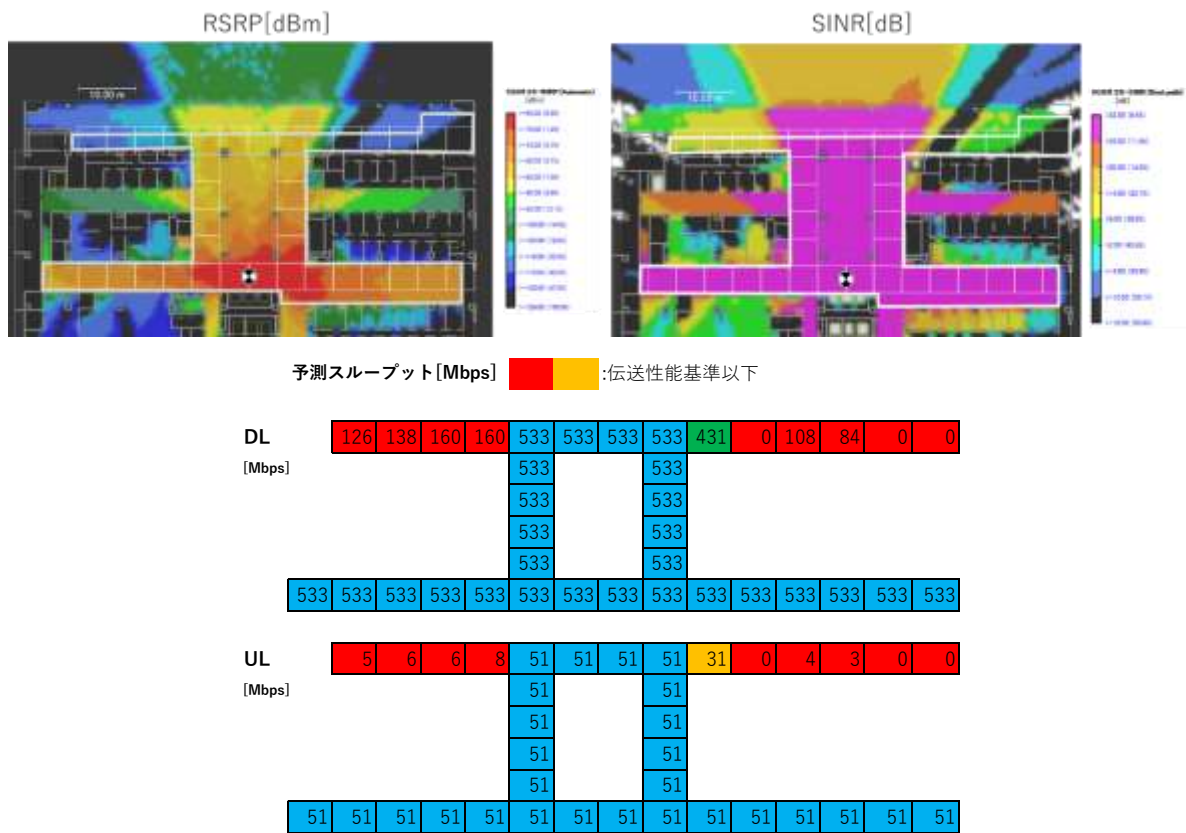
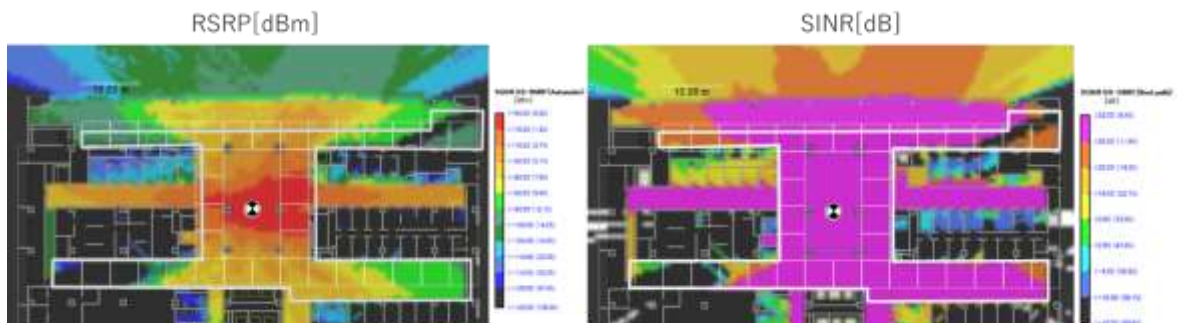


図 3.3.2-28 1台の基地局を中央部の端に設置した場合



予測スループット[Mbps]  :伝送性能基準以下

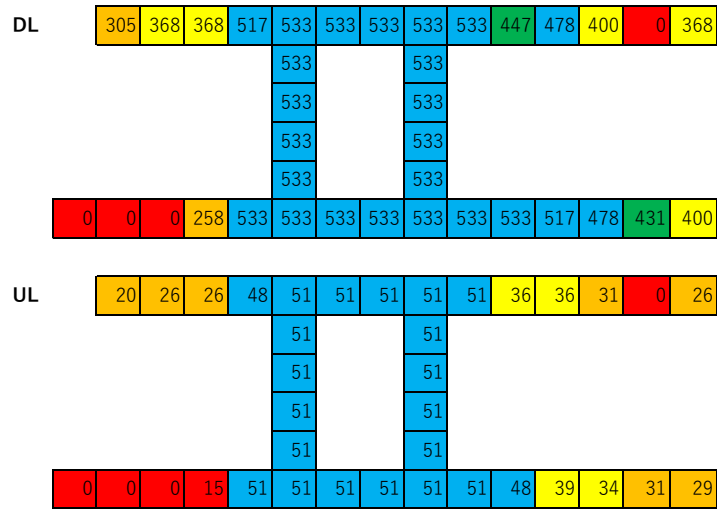
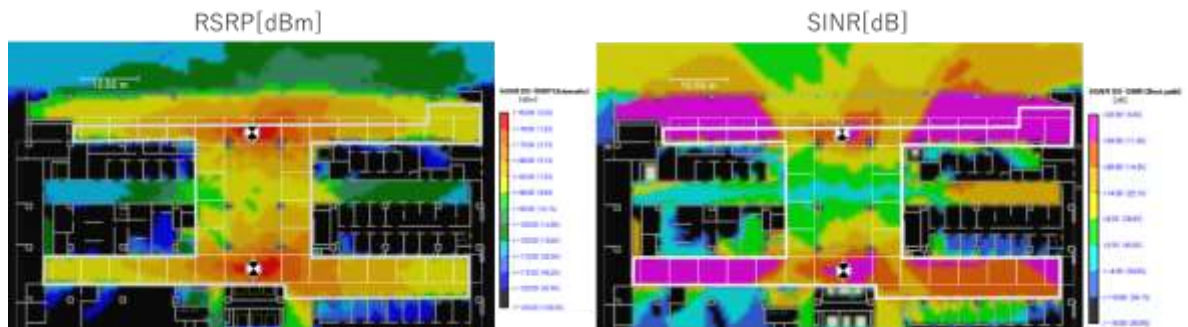


図 3.3.2-29 1 台の基地局を中央部に設置した場合（参考）

2台の基地局でカバーする場合

下図は2台の基地局を配置した場合のシミュレーション結果である。このケースにおいては RSRP が良好であるが、相互の基地局の中間エリアにおいて基地局→端末 方向の干渉が発生し、SINR が悪化することが推定される。



予測スループット [Mbps] ■ ■ :伝送性能基準以下

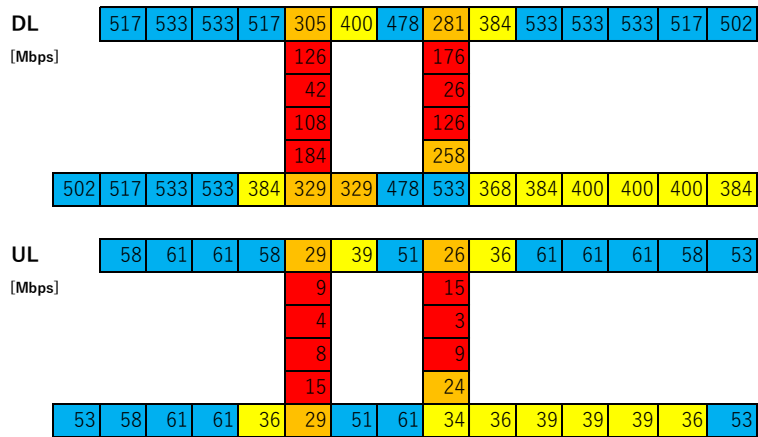
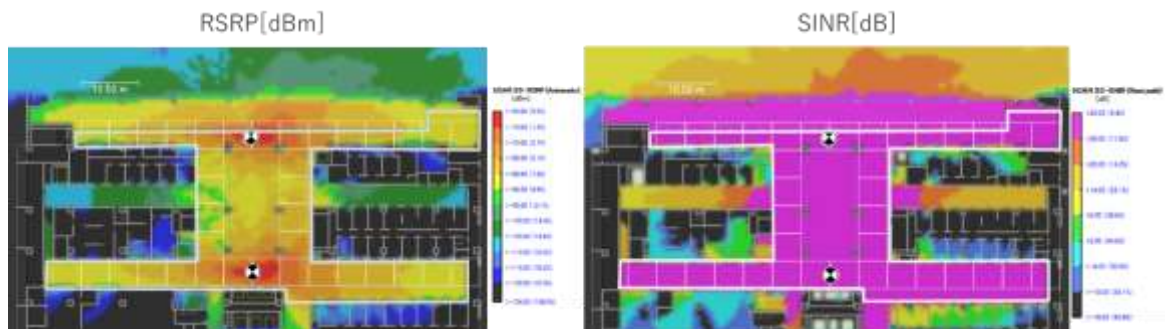


図 3.3.2-30 2 台の基地局でカバーする場合

光 DAS を使用した場合

下図は 1 台の基地局の送信出力を光 DAS により分岐し前項の場合と同じ場所に同じアンテナで送信器を設置した場合。SINR が格段に改善することが期待できる。



予測スループット [Mbps] ■ ■ :伝送性能基準以下

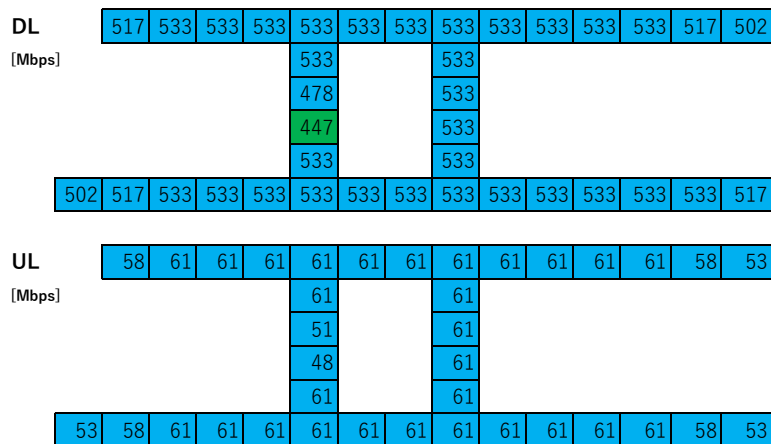


図 3.3.2-31 光 DAS を使用した場合

(5) 実証結果

測定結果を以下に示す。

なお、本報告内で使用する測定データについては以下のとおりとする。

A 電波強度 (RSRP) / 信号品質 (SIR)

複数セル構成と単一セル構成でそれぞれ RSRP を確保した状態で SIR を測定し複数セル構成の方が単一セル構成よりも SIR 値が劣化する状態を測定値で確認する。

また、単一セル構成では全体の RSRP を増加させても SIR を劣化させないことも示す。

B スループット (UL/DL) / 往復遅延 (Ping)

単一セル構成に比べて複数セル構成で干渉が発生している状態ではスループットが劣化することを示す。

光 DAS を用いた単一セル構成においてはカバレッジ構築の目安として理論スループット(機器仕様の DL660Mbps, UL60Mbps) の 50% (DL330Mbps, UL30Mbps) 以上を確保できることを確認する。

これは本実証のユースケースにおいて使用される 4K カメラ(平均スループットを 25Mbps とする) の収容に十分な値となる。一方、2 台以上の 4K カメラが同時に稼働するケースも想定され、その場合は UL スループットが不足するが、その解決は制度化済み準同期の採用が必要となる、さらに増加する場合には将来的に追加開発される準同期パターンや、UL MIMO 方式の適用による解決が必要になるため、その場合に予想される実現スループット値についても報告する。

併せて干渉が往復遅延に与える影響も確認する。各ポイントにおける往復遅延については 5G コア装置の 3GPP のインターフェース参照点 DN 点に接続した測定用サーバと端末との間で測定する。また 5G コア自体の遅延と 5G コアと基地局間の伝送路による遅延を分離するため基地局の NG インターフェースにおける U-Plane のパケットキャプチャを取得しタイムスタンプによる遅延時間の分離を実施する。

C スキャナーによる RSRP/SIR 連続測定 (エリア品質測定)

前項②のエリア品質測定で取得したデータを RSRP/SIR 相関図として作成し、単一セル構成と複数セル構成で一定レベルの受信電界を確保したうえでの全体の干渉度合いの差異を数値化して比較する。

D 端末ログの取得によるセル移行プロセスの確認

2つの送信機間を跨ぐように端末をゆっくりと移動させ、単一セル構成では何も発生せず複数セル構成でのみ端末が再接続動作をすることを端末のメッセージログで確認する予定であったが、5G 接続構成の制限からセル間の再接続動作の確認ができないため、代わりに2つのセルの RSRP の差を確認しベストセルを判定する。

共通項目としては以下となる。

本実証での電界強度測定は RSRP を測定するが、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 を変換する。RSRP と RSSI の変換式は下式を利用する。

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

N;リソースブロック数 本実証においては 273 となる

各ポイントで RSRP を測定する際のサンプル数：1000 サンプル以上とする

標準偏差：標本自体の標準偏差 sd を求めるため下記式にて算出する

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

n = サンプル数

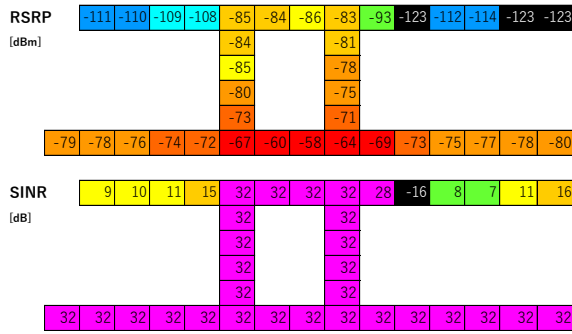
X_i = 測定値

1) 測定結果（基地局 1 台の場合）

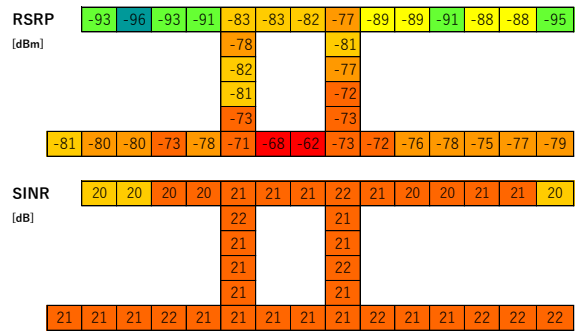
比較のため基地局 1 台の場合の測定結果を以下に示す。

表 3.3.2-14 測定結果（基地局 1 台の場合）

測定移動機位置 (メッシュ番号)	シミュレーション				スループット 測定回数(回)	測定結果					
	RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)		RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復遅延(ms)	標準偏差
1	-79.25	32.00	533	51	3	-81.2	21.4	630.8	57.3	22.6	3.895
2	-77.86	32.00	533	51	3	-79.6	21.3	631.1	56.6	22.0	3.972
3	-76.49	32.00	533	51	3	-80.0	20.9	670.1	57.4	25.5	3.167
4	-74.25	32.00	533	51	3	-73.2	21.6	649.0	57.7	23.0	4.147
5	-71.73	32.00	533	51	3	-77.6	21.3	663.3	60.0	21.9	4.565
6	-66.59	32.00	533	51	3	-70.7	21.4	634.3	53.4	22.6	4.647
7	-59.93	32.00	533	51	3	-68.3	21.0	661.4	58.4	21.8	4.225
8	-57.83	32.00	533	51	3	-62.0	21.4	634.2	54.7	24.7	4.974
9	-64.39	32.00	533	51	3	-73.2	21.4	666.1	56.5	27.0	4.033
10	-69.35	32.00	533	51	3	-71.8	21.5	665.6	59.0	25.0	3.692
11	-72.60	32.00	533	51	3	-75.8	21.3	594.9	56.2	25.8	4.050
12	-75.03	32.00	533	51	3	-78.1	21.3	666.1	57.1	25.8	3.262
13	-76.77	32.00	533	51	3	-75.3	21.6	668.9	51.0	22.7	2.332
14	-78.44	32.00	533	51	3	-77.0	21.6	594.1	56.5	26.3	4.197
15	-79.56	32.00	533	51	3	-78.5	21.6	580.5	52.9	21.2	3.982
16	-111.46	8.75	126	5	3	-92.7	19.8	365.8	35.5	23.4	3.483
17	-110.25	9.96	138	6	3	-95.9	19.5	307.8	34.4	22.2	3.857
18	-109.31	10.90	160	6	3	-92.7	20.0	363.3	41.6	22.1	4.032
19	-108.33	14.89	160	8	3	-91.4	20.1	453.0	52.7	21.4	3.696
20	-84.83	32.00	533	51	3	-83.0	20.9	594.6	55.9	22.3	3.157
21	-84.29	32.00	533	51	3	-83.2	20.9	656.9	58.9	24.0	5.028
22	-86.07	32.00	533	51	3	-81.5	21.2	661.5	54.4	26.0	3.408
23	-82.59	32.00	533	51	3	-77.4	21.7	650.9	58.4	21.3	4.293
24	-92.69	27.52	431	31	3	-88.6	20.8	497.2	53.5	21.8	5.094
25	-123.22	-16.00	0	0	3	-89.0	20.4	443.3	53.4	25.6	3.989
26	-112.22	7.99	108	4	3	-90.7	20.2	418.1	55.2	21.2	3.968
27	-113.59	6.62	84	3	3	-88.1	20.5	502.5	53.6	24.5	3.982
28	-123.22	10.60	0	0	3	-87.9	21.1	513.3	52.8	25.8	3.574
29	-123.22	16.00	0	0	3	-94.9	19.7	405.2	45.1	22.6	3.262
30	-84.26	32.00	533	51	3	-78.3	21.5	664.1	58.6	21.5	3.533
31	-85.35	32.00	533	51	3	-81.6	20.6	624.5	55.2	22.6	3.765
32	-79.98	32.00	533	51	3	-81.4	21.0	664.7	50.7	23.3	4.468
33	-73.37	32.00	533	51	3	-73.3	21.2	672.1	49.5	21.6	4.546
34	-80.92	32.00	533	51	3	-80.9	21.3	666.8	64.2	25.6	5.107
35	-78.33	32.00	533	51	3	-77.2	21.4	658.4	63.9	21.8	4.426
36	-75.13	32.00	533	51	3	-71.5	21.8	669.5	54.7	25.8	2.424
37	-71.39	32.00	533	51	3	-73.1	21.2	661.3	53.7	21.0	4.625

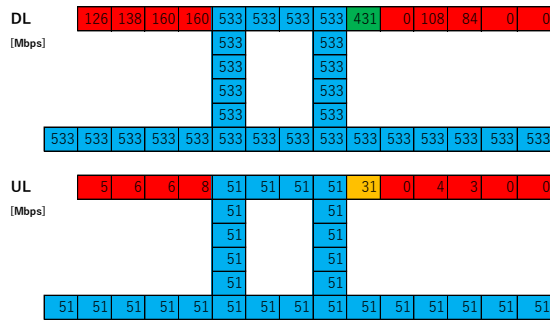


シミュレーション

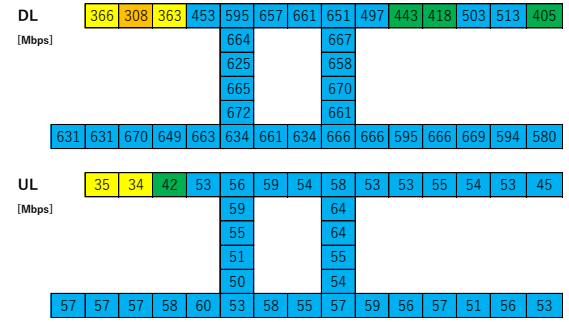


実測

図 3.3.2-32 RSRP/SINR 分布図 (基地局 1 台の場合)



シミュレーション



実測

図 3.3.2-33 スループット分布図 (基地局 1 台の場合)

2) 測定結果（基地局 2 台の場合）

基地局 2 台の場合の測定結果を以下に示す。2 台の基地局のうち各メッシュにおいて RSRP が高い方（Serving として表示）に接続した移動機でデータを取得した。

また、今回の実証においては、基地局 1 と基地局 2 で異なるベンダの基地局を使用しているが、RSRP/SINR 測定の対象である SSB(Synchronization Signal Block)の周波数方向及び時間軸方向の配置は 5G 基地局の場合には 4G のように固定されておらず、ベンダによって設定が異なっている場合があり、本実証の使用機器同士の場合には時間軸方向での配置に差異があることを確認した。スキャナーでの SINR の測定においては、SSB の配置設定が完全に一致しない状態の他局からの干渉は SINR 値に反映されないため、ここでは、与干渉局の RSRP 値で被干渉局の SINR 値を補正換算した値を使用している。

また、特に 2 台の基地局が双方見通しになるエリアにおいては Serving 基地局が場所によって入れ替わっていることがわかる。これは運用環境においては、メッシュを移動するたびにハンドオーバー動作を示しており、安定したスループットを確保する観点では、望ましくない状態と言える。

表 3.3.2-15 測定結果 (基地局 2 台の場合)

測定移動機 位置 (メッシュ番号)	シミュレーション				測定結果(Serving)							
	RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	スループット 測定回数 (回)	Serving (基地局1/ 基地局2)	RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復遅延 (ms)	RSRP 標準偏差
1	-88.7	32.0	501.7	53.1	3	1	-92.9	12.0	311.4	24.9	29.2	4.678
2	-87.4	32.0	517.2	58.4	3	1	-95.2	11.7	291.4	22.9	25.4	3.905
3	-85.8	32.0	532.7	61.4	3	1	-89.8	13.3	305.6	24.1	23.3	4.322
4	-83.6	32.0	532.7	61.4	3	1	-88.0	12.1	286.7	26.0	24.3	4.570
5	-80.7	23.0	384.0	36.0	3	1	-87.8	8.2	247.0	23.4	27.1	4.364
6	-76.7	20.1	328.9	29.0	3	1	-87.5	4.8	287.7	23.2	22.2	4.433
7	-68.9	27.6	478.2	50.7	3	1	-77.3	5.8	309.9	14.2	22.0	4.567
8	-66.5	31.2	532.7	61.4	3	1	-77.3	10.4	319.5	23.9	21.8	4.829
9	-73.6	21.5	368.3	34.2	3	1	-86.5	0.3	227.4	18.4	23.1	4.409
10	-78.2	23.2	384.0	36.0	3	1	-87.6	11.9	272.3	24.5	22.9	4.172
11	-82.1	24.6	399.6	39.5	3	1	-89.3	12.3	300.2	23.8	23.4	4.531
12	-83.8	24.7	399.6	39.5	3	1	-87.7	13.8	380.5	25.2	26.2	3.787
13	-85.8	24.2	399.6	39.5	3	1	-93.3	7.1	338.5	23.3	22.6	3.802
14	-87.4	23.4	384.0	36.0	3	1	-90.4	10.3	296.2	22.6	23.5	3.484
15	-88.6	31.7	501.7	53.1	3	1	-92.9	11.7	302.3	24.8	22.8	4.202
16	-86.8	30.6	517.2	58.4	3	2	-97.3	12.1	376.0	33.1	36.6	3.899
17	-85.2	31.5	532.7	61.4	3	2	-92.3	10.0	315.0	43.2	33.2	4.449
18	-82.7	32.0	532.7	61.4	3	2	-91.4	12.5	361.0	33.1	36.4	4.172
19	-79.7	31.0	517.2	58.4	3	2	-88.5	11.1	332.0	62.4	32.6	3.876
20	-75.5	18.4	305.2	28.9	3	2	-83.6	10.6	415.0	36.5	36.6	4.397
21	-69.0	24.5	399.6	39.5	3	2	-77.2	14.5	448.0	81.3	35.6	4.888
22	-67.4	27.4	478.2	50.7	3	2	-73.3	14.8	414.0	66.5	36.3	4.943
23	-74.2	17.4	281.4	26.0	3	2	-79.5	7.3	388.0	66.7	36.9	4.437
24	-78.5	23.2	384.0	36.0	3	2	-88.0	10.8	334.0	51.5	30.7	4.359
25	-81.6	32.0	532.7	61.4	3	2	-87.2	12.8	419.0	32.8	36.5	4.013
26	-83.7	32.0	532.7	61.4	3	2	-91.5	13.8	426.0	54.8	35.4	3.598
27	-85.7	32.0	532.7	61.4	3	2	-92.8	13.4	386.0	38.0	33.4	3.925
28	-86.8	32.0	517.2	58.4	3	2	-96.4	14.9	365.0	35.2	36.8	4.245
29	-88.1	32.0	501.7	53.1	3	2	-96.9	14.9	330.0	33.0	31.7	3.738
30	-86.3	6.9	126.5	8.9	3	2	-76.1	12.0	360.0	49.9	36.5	3.638
31	-90.5	1.2	42.3	3.9	3	2	-86.4	5.0	261.0	59.9	36.4	4.072
32	-89.0	4.7	108.5	7.8	3	1	-88.3	1.2	60.3	16.4	22.9	3.629
33	-83.0	11.7	184.2	14.6	3	1	-85.8	7.8	197.4	21.6	21.7	4.521
34	-79.8	10.1	176.3	14.5	3	2	-85.5	4.2	284.0	51.9	32.3	4.538
35	-86.9	0.4	26.2	2.7	3	1	-83.8	2.1	83.4	23.7	21.5	3.719
36	-84.1	6.1	126.5	8.9	3	2	-85.3	3.8	274.0	43.2	30.7	4.591
37	-77.8	15.5	257.6	23.7	3	1	-84.5	3.1	218.5	29.4	22.5	4.693

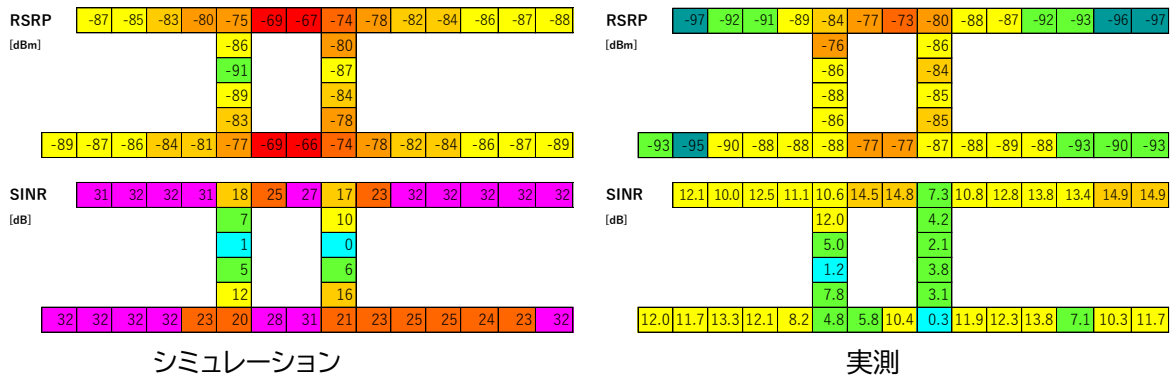


図 3.3.2-34 RSRP/SINR 分布図(基地局 2 台の場合)

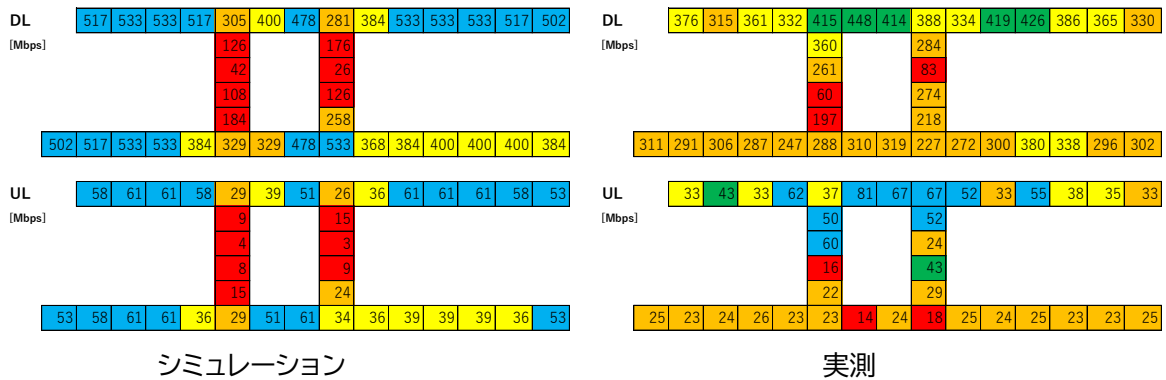


図 3.3.2-35 スループット分布図 (基地局 2 台の場合)

3) 測定結果（光 DAS により基地局 1 台に送信機 2 台を接続した場合）

基地局 1 台に送信機 2 台を接続した場合の測定結果を以下に示す。

表 3.3.2-16 測定結果（光 DAS により基地局 1 台に送信機 2 台を接続した場合）

測定移動機位置 (メッシュ番号)	シミュレーション				測定結果(Serving)						
	RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	スループット 測定回数(回)	RSRP (dBm)	SINR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復遅延 (ms)	RSRP 標準偏差
1	-88.25	31.96	502	53	3	-97.4	19.9	408.4	56.0	26.8	3.912
2	-87.36	32.00	517	58	3	-94.9	20.5	427.5	59.2	25.8	4.109
3	-85.49	32.00	533	61	3	-94.4	20.6	458.7	57.2	25.8	4.510
4	-83.55	32.00	533	61	3	-90.6	21.0	576.3	57.6	26.0	4.305
5	-81.17	32.00	533	61	3	-88.0	21.3	527.7	55.4	25.9	4.388
6	-76.70	32.00	533	61	3	-84.3	21.3	647.9	48.9	25.6	3.804
7	-68.92	32.00	533	61	3	-78.8	21.1	468.5	55.3	25.5	4.553
8	-66.82	32.00	533	61	3	-75.6	21.3	590.0	54.7	25.9	4.928
9	-73.36	32.00	533	61	3	-85.1	21.5	452.8	50.4	26.0	4.014
10	-78.31	32.00	533	61	3	-90.0	21.0	604.6	57.1	25.4	4.720
11	-82.10	32.00	533	61	3	-88.2	21.1	528.3	56.1	26.2	4.316
12	-84.01	32.00	533	61	3	-88.0	21.3	533.1	59.6	26.5	3.399
13	-85.75	32.00	533	61	3	-93.2	20.7	471.6	56.8	25.9	4.106
14	-87.75	32.00	517	58	3	-92.1	20.9	421.6	55.9	26.8	4.999
15	-88.64	31.57	502	53	3	-93.6	20.9	404.1	56.5	25.9	4.627
16	-86.76	32.00	517	58	3	-93.3	20.4	413.3	54.1	25.9	4.528
17	-85.54	32.00	533	61	3	-89.0	21.3	435.6	55.0	26.2	3.109
18	-82.66	32.00	533	61	3	-90.7	20.8	437.2	55.8	26.2	4.690
19	-80.22	32.00	533	61	3	-89.1	20.8	460.2	53.1	26.5	3.778
20	-75.40	32.00	533	61	3	-84.1	21.0	464.9	54.9	25.7	4.363
21	-68.93	32.00	533	61	3	-76.3	21.5	491.7	54.6	25.7	3.907
22	-67.24	32.00	533	61	3	-74.7	21.4	512.3	61.0	26.1	4.786
23	-74.87	32.00	533	61	3	-80.4	21.4	623.6	57.0	26.2	4.122
24	-78.94	32.00	533	61	3	-84.8	21.1	500.8	55.4	26.1	4.048
25	-81.25	32.00	533	61	3	-83.4	21.4	503.9	57.0	25.7	3.395
26	-83.50	32.00	533	61	3	-84.5	21.5	462.4	62.4	30.7	3.017
27	-85.69	32.00	533	61	3	-88.6	21.1	447.2	60.2	26.4	3.573
28	-86.78	32.00	517	58	3	-86.2	21.4	412.5	55.9	26.3	3.522
29	-88.06	32.00	502	53	3	-94.1	20.2	389.4	55.1	26.4	3.523
30	-85.53	32.00	533	61	3	-79.8	21.5	615.5	57.2	25.5	3.934
31	-90.30	32.00	478	51	3	-86.3	20.7	469.4	53.9	26.0	3.898
32	-90.72	32.00	447	48	3	-82.0	21.4	531.0	58.8	25.8	4.523
33	-82.67	32.00	533	61	3	-81.9	21.2	564.7	52.7	25.7	4.232
34	-79.42	32.00	533	61	3	-87.1	20.9	587.1	55.1	26.1	3.817
35	-84.09	32.00	533	61	3	-86.1	21.1	484.7	57.3	25.7	4.255
36	-83.23	32.00	533	61	3	-85.9	21.0	469.3	60.6	25.8	3.701
37	-78.58	32.00	533	61	3	-83.0	21.1	543.2	52.9	25.4	4.215

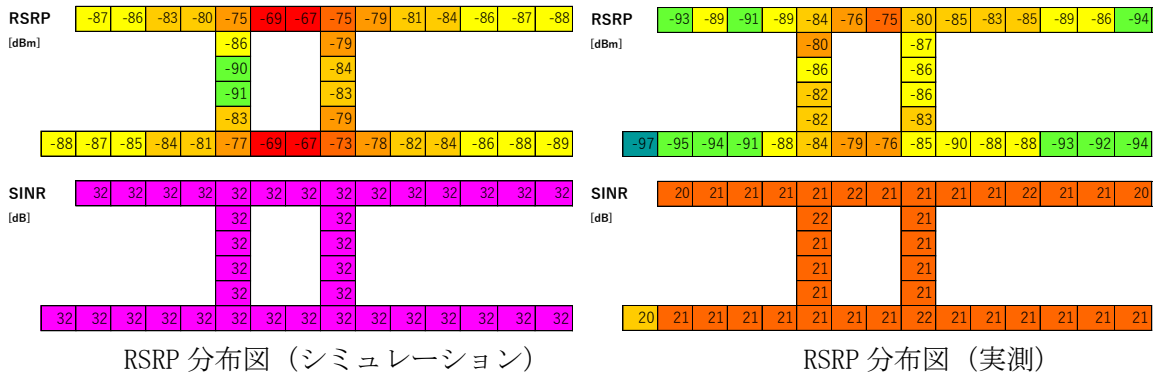


図 3.3.2-36 RSRP 分布図 (光 DAS で基地局 1 台に送信機 2 台を接続した場合)

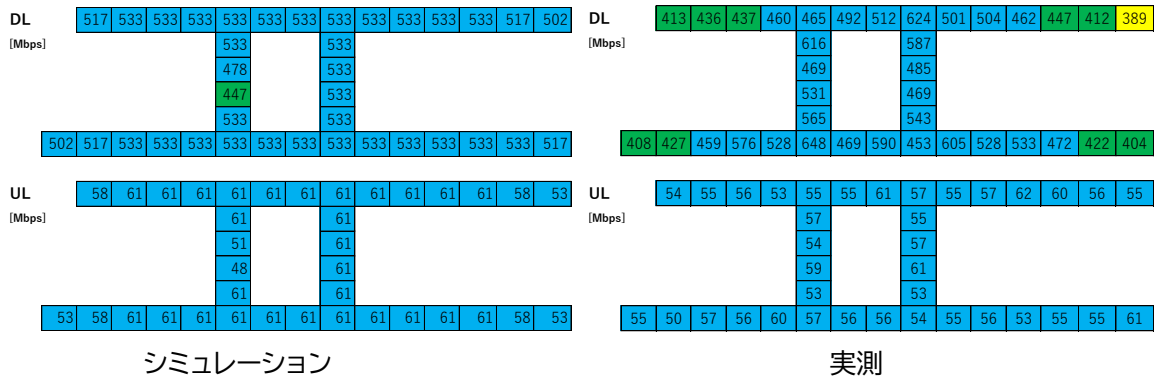


図 3.3.2-37 スループット分布図 (光 DAS で基地局 1 台に送信機 2 台を接続した場合)

以下に、SIR、スループットについて複数セル構成と単一セル構成（DAS）とを比較した結果をグラフで示す。

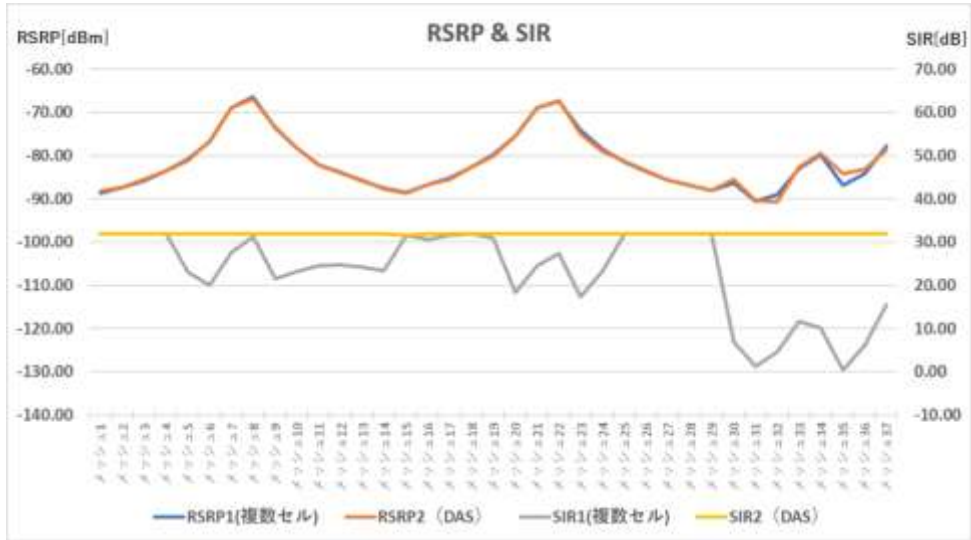


図 3.3.2-38 DAS と複数セル構成の RSRP および SIR の比較（シミュレーション）

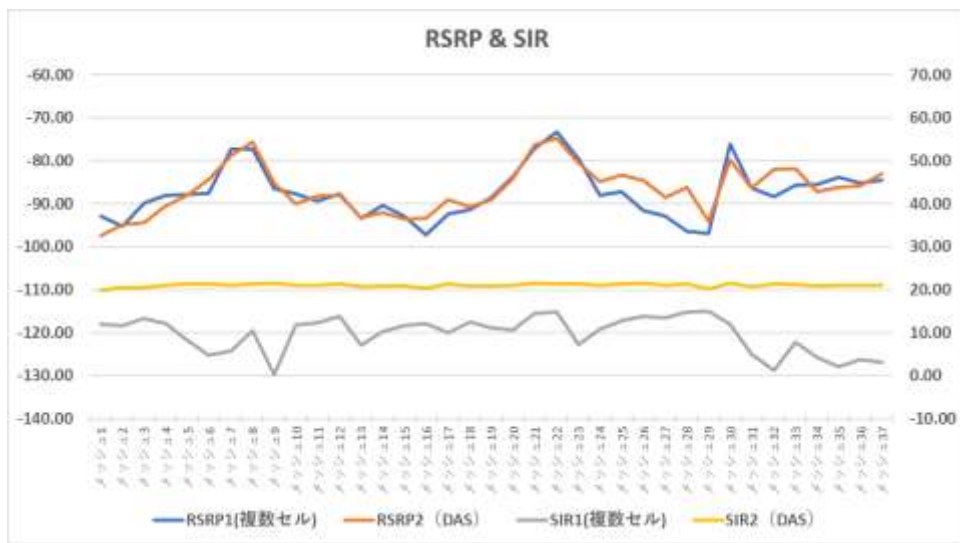


図 3.3.2-39 DAS と複数セル構成の RSRP および SIR の比較（実測）

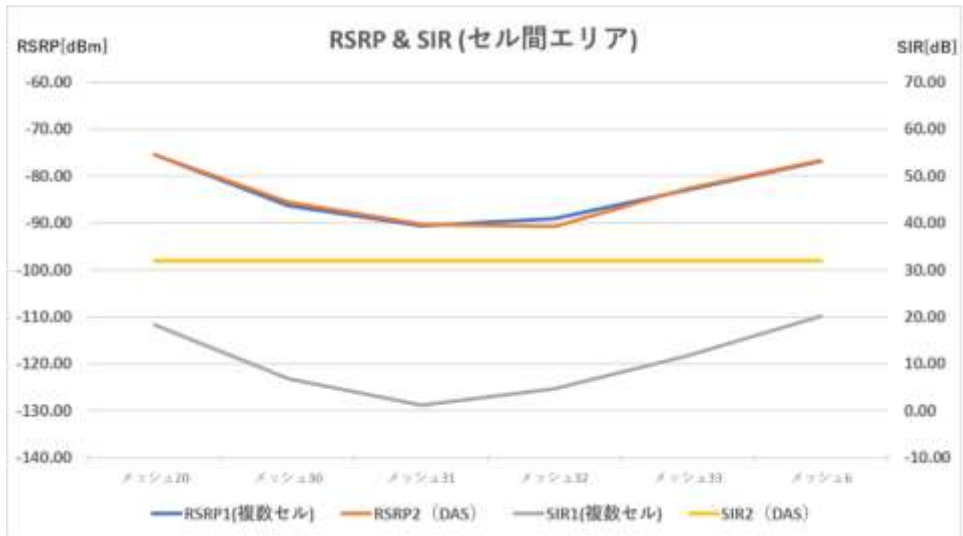


図 3.3.2-40 DAS と複数セル構成の RSRP および SIR の比較 (セル間、シミュレーション)

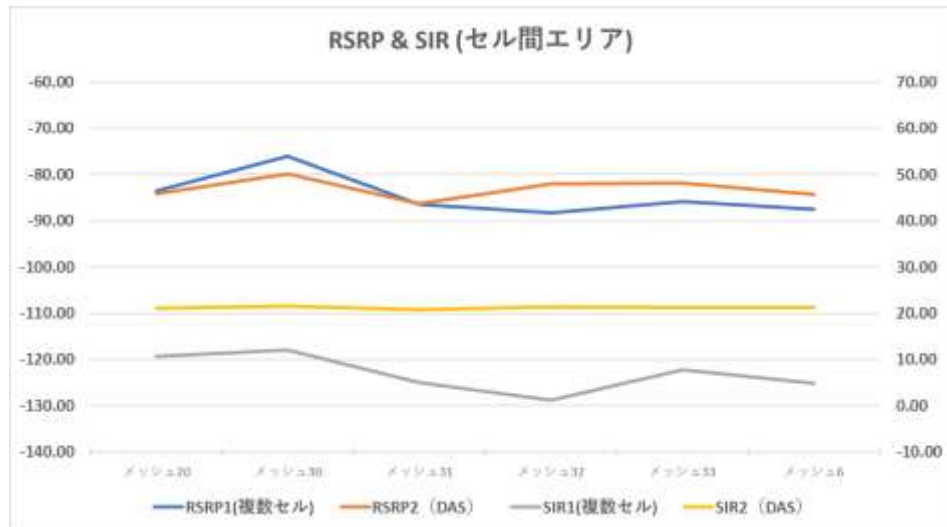


図 3.3.2-41 DAS と複数セル構成の RSRP および SIR の比較 (セル間、実測)

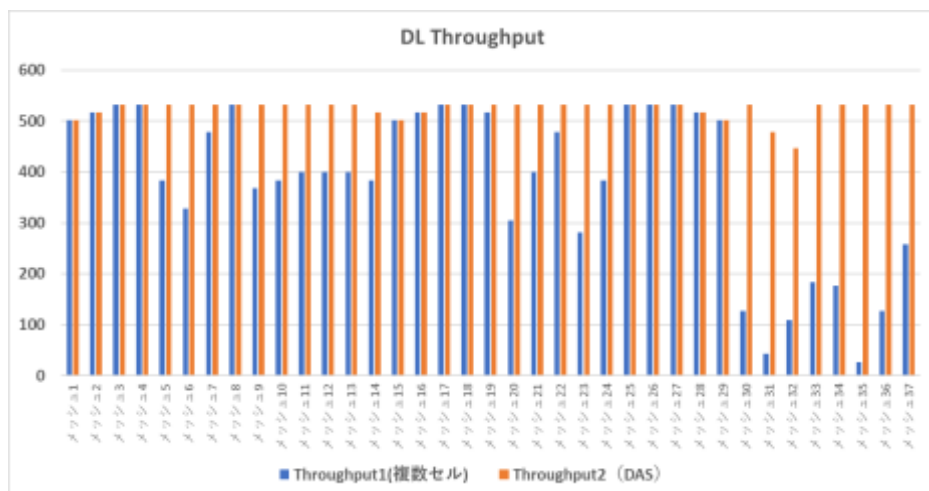


図 3.3.2-42 DAS と複数セル構成の DL スループットの比較 (シミュレーション)

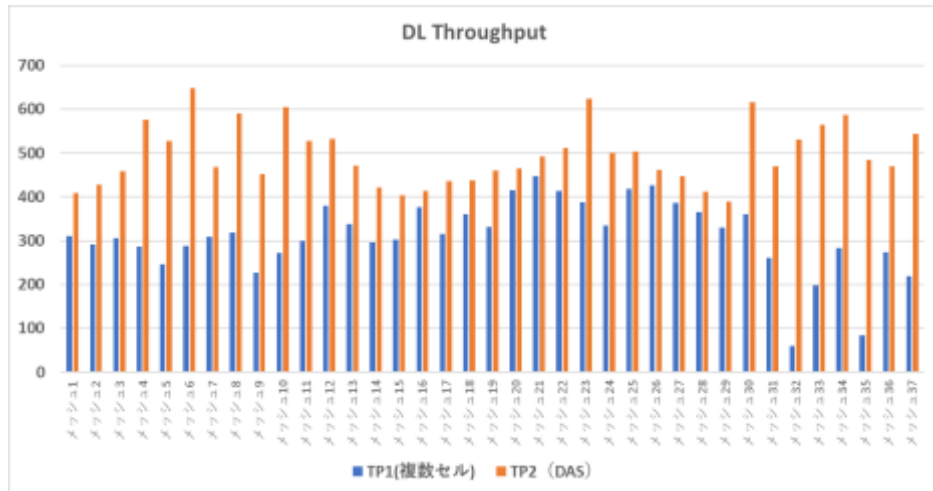


図 3.3.2-43 DAS と複数セル構成の DL スループットの比較 (実測)

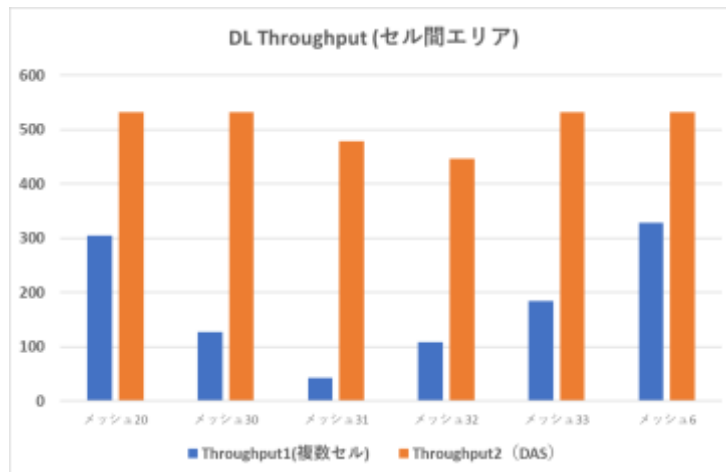


図 3.3.2-44 DAS と複数セル構成の DL スループットの比較 (セル間、シミュレーション)

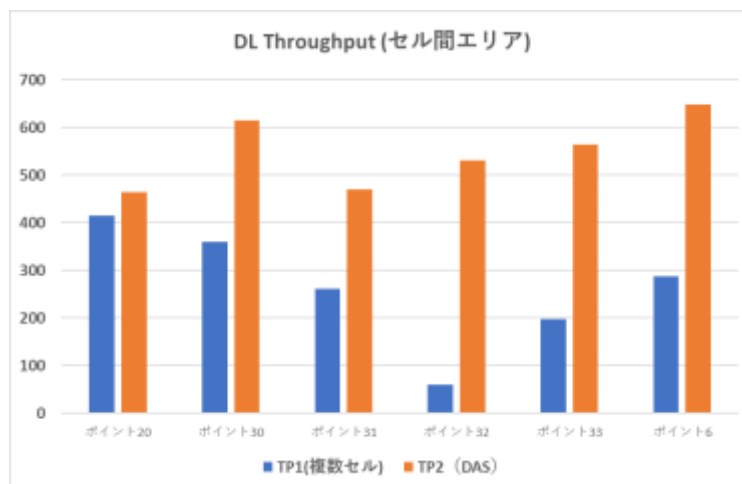


図 3.3.2-45 DAS と複数セル構成の DL スループットの比較 (セル間、実測)

実際のネットワーク構築時には環境に応じて基地局 2 台でカバーするケースと光 DAS を使用するケースとの選択が必要となると想定される。

本実証環境での事前のシミュレーションにおいては RSRP によるカバレッジ確認はいずれも問題なく、基地局 2 台構成の方で基地局間のエリア (Mesh30 以降) の一部で SINR が 0dB 程度まで悪化し、想定スループットも劣化することが推定された。実際の測定結果についても、RSRP は事前シミュレーションとほぼ同様な結果になり、SINR 値は、実証結果の部分で述べた通りスキャナーによる測定値からの換算値を用いているが、シミュレーションよりも全体的に劣化し、特に 2 台の基地局の中間エリアでは顕著な劣化が確認できた。

これはシミュレーション時に設定した壁等の透過率が実際に使用されている建材の透過率よりも高くなっていることが原因と考えられ、これによりシミュレーションよりも大きな干渉として計測されているものと推測される。

結論として光 DAS の活用によって、業務区域であるメッシュ 1 から 37 の全てにおいて目標値である DL:330Mbps UL:30Mbps を大きく上回り達成することができた。一方で基地局 2 台構成の場合にはすべてのメッシュにおいて光 DAS 構成を下回っており、目標値を下回るメッシュも多く特に 2 台の基地局の中間エリアにおいては大きなスループット劣化が発生することも確認できた。このことから、実装におけるネットワーク設計においては以下の条件により光 DAS の適用の可否を判断することになる。

4) エリア品質測定

前項②のエリア品質測定で収集した C の測定結果については移動した経路を図で示したうえで、以下のような分布グラフを作成した。本グラフは横軸に電界強度を示す RSRP、縦軸に干渉度合いを示す SIR として測定データを全てプロットする。実証エリア全体のエリア品質としては、一定以上の RSRP 値でかつ一定以上の SIR を確保できるエリアが多いほど品質が良いと評価できるので、RSRP と SIR の基準値を設定し、両方とも閾値を上回ったデータの分布比率を集計して数値化し、単一セル構成と複数セル構成の 2 つの構成において比較した。基準値の設定については、前項①のメッシュ測定の結果を参考にして目標として定めた以下の観点で決定した。

- 理論スループットの 50%を得られる SIR 基準値 : 17.8dB
- 安定した接続が確保できる RSRP 基準値 : -100dBm

この結果によって送信機 1 台による構成と比較して、分散アンテナシステムを活用することにより、分布比率が改善しかつ目標の 90%以上を実現できることを確認した。

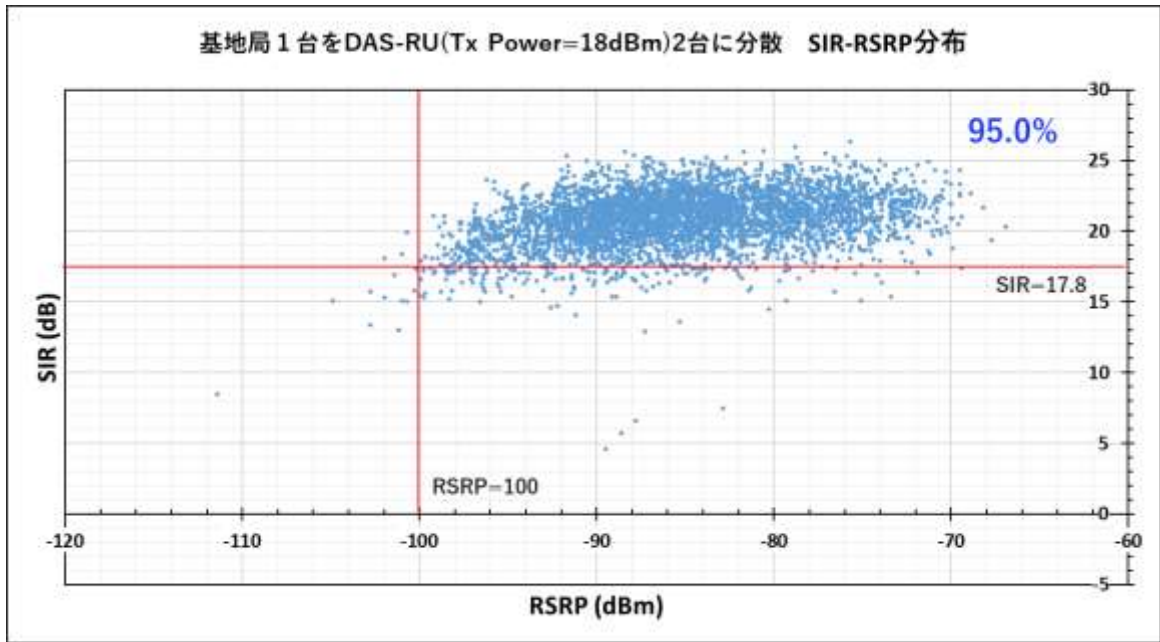


図 3.3.2-46 SIR-RSRP 分布

5) 測定結果（エリア境界測定）

本実証の構成は以下のとおりである。

- ◇ 評価構成 0：基地局（送信電力+27dBm 2 Tx） 1 台
- ◇ 評価構成 1：基地局（送信電力+18dBm 2 Tx） 2 台
- ◇ 評価構成 2：光 DAS で基地局 1 台を送信機（送信電力+18dBm 2 Tx） 2 台に分散

うち評価構成 1 と評価構成 2 については、無線機が同じ送信電力かつ同じ配置で 2 台設置されることから、カバーエリアや干渉調整区域を確認する観点では同じ構成であるため、評価構成 0 と評価構成 2 の 2 種類について、カバーエリアと干渉調整区域を確認した。

評価構成 0 では、設計上業務区域内に不感エリアが発生することから、これを少しでも小さくするため送信機の最大電力である+27dBm での送信としている。

一方、光 DAS 構成の場合には送信機である DAS-RU 相互の干渉影響を考慮する必要がないことから、業務区域をカバーするために適切な場所に柔軟に設置することができるため、送信電力も最適化が可能になり、業務区域内の不感エリアを解消したうえで+18dBm での送信とした。

電波法関係審査基準（令和 2 年総務省訓令第 47 号）に準拠したツールである KCAMP により、市街地、屋内設置の侵入損失を 16.2dB とした際の受信電力分布をシミュレーションすると下図のようになる。



図 3.3.2-47 基地局 (+27dBm) 1 台 (評価構成 0) 図 3.3.2-48 光 DAS (+18dBm) 2 台 (評価構成 2)

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

今回の実証エリアは屋内であり、コンクリート壁のビル内であるため外部への電波漏洩は少ないが、建物北側が全面ガラスの構造になっており、かつ Low-E タイプのガラスではなく一般ガラスであることからこの方向だけカバーエリアが広がっていることが想定された。



図 3.3.2-49 県立中央病院外観

さらに建物北側は広い駐車場となっており、北側の無線状況を推定するため前述のシミュレーションツール KCAMP により、条件を開放地の屋内設置で、侵入損失としてはガラス壁の伝送損失を 6dB と想定した際の受信電力分布をシミュレーションすると下図のようになる。(病院建物の北面以外はコンクリート壁であるため、北側以外のカバレッジはこの図の通りの推定ではないことに注意)



図 3.3.2-50 評価構成 0 基地局 (+27dBm) 1 台構成 (開放地 屋内設置 損失 6dB)
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)



図 3.3.2-51 評価構成 2 光 DAS (+18dBm) 2 台構成 (開放地 屋内設置 損失 6dB)
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

このシミュレーションに基づき実際の測定ポイントを計画から変更し以下のように測定点を定めた。カバーエリアが自己土地外に出るため、測定可能な場所が制限される状況となり、主に一般公道上での測定とした。



図 3.3.2-52 評価構成0 測定地点



図 3.3.2-53 評価構成2 測定地点

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

表 3.3.2-17 評価構成0 測定結果

測定 ポイント	評価構成0 測定結果		
	RSRP (dBm)	SIR (dB)	RSRP 標準偏差
38	-110.4	12.5	2.484
39	-113.7	10.3	3.426
40	-119.8	4.8	2.731
41	-122.7	1.9	2.011
42	-109.8	13.4	2.844
43	-119.5	4.9	3.477
44	-126.5	-1.9	3.429

表 3.3.2-18 評価構成2 測定結果

測定 ポイント	評価構成2 測定結果		
	RSRP (dBm)	SIR (dB)	RSRP 標準偏差
38	-112.2	11.7	2.443
39	-117.4	6.9	2.279
40	-122.9	-0.4	3.492
41	測定不能		
42	-118.6	5.7	3.374
43	-126.0	-1.3	2.574
44	測定不能		

測定値から、カバーエリア境界と干渉調整区域の境界とを特定し、病院建物の北側中央を起点としてそれぞれの境界までの直線距離を国土地理院の地図上で測定した結果を以下の図内に記載した。

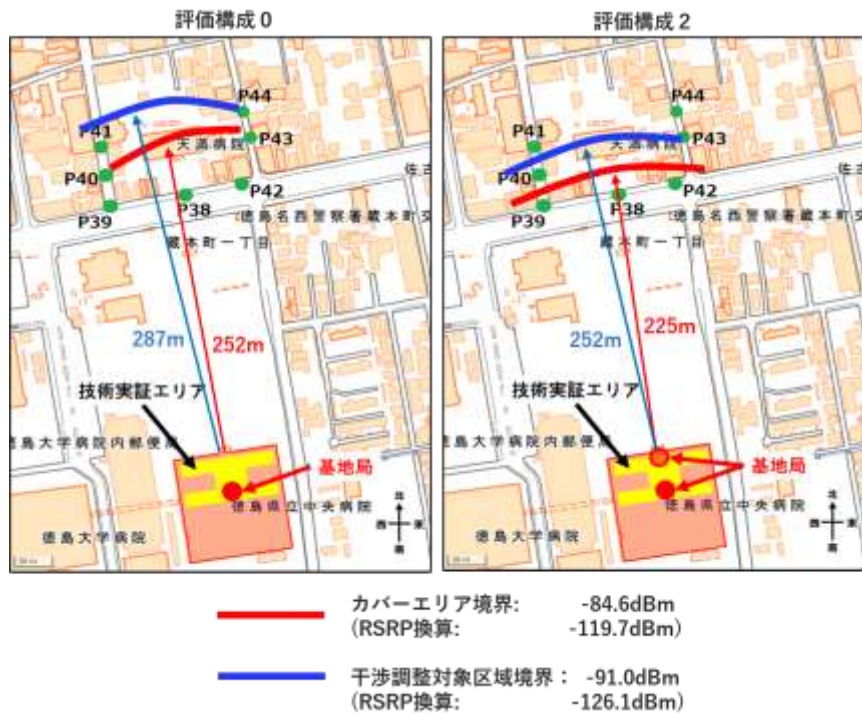


図 3.3.2-54 カバーエリア・干渉調整区域 境界比較
(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

表 3.3.2-19 エリア境界測定

方位角*	カバーエリアの閾値を実測した距離		調整対象区域の閾値を実測した距離	
	提案手法実施前	提案手法実施後	提案手法実施前	提案手法実施後
4°	260m	234m	272m	260m
338°	252m	225m	287m	252m
90°	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下
180°	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下
270°	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下	測定レベル以下

*病院建物内の基地局位置から真北方向を0度とする

測定の結果からエリア境界については、評価構成0の場合には病院建物の北側端からカバーエリア境界まで 252m、干渉調整区域境界までは 287m、光 DAS を適用した評価構成2の場合にはカバーエリア境界まで 225m、干渉調整区域境界までは 252m となった。

光 DAS の適用により無線機の送信電力を+27dBm 1 台から +18dBm 2 台まで抑制できたことから、送信電力の低減（総合で 6dB の低下）分だけ屋外への漏れも低減できていることが確認できた。

6) 考察

本章では建物の屋内カバレッジ設計の柔軟性向上手法として光 DAS 方式の実施容易性やコスト、効果を、中継器設置を含む複数基地局を設置する方法を用いた場合と比較し、光 DAS 方式の優位性を実証した。

事前のシミュレーションにおいては同一周波数の複数の基地局で無線カバレッジを形成する場合においては、セルが重なる部分において干渉が発生することが確認でき、SINR の劣化に伴うスループットの低下が発生すると予想され、このようなケースでは 1 台の基地局によるセルを複数の送信機に分散させて送信しカバレッジを形成する光 DAS による分散アンテナシステムの活用が有効であることも確認できた。

測定結果から、不感エリアを回避するために複数の基地局を配置する場合には、特に複数の基地局を同時に見通せる場所では強い干渉が発生し伝送性能を著しく劣化させることが確認できた。一方で、1 台の基地局による 1 つのセルから光 DAS を用いて複数の DAS-RU（無線機）に分散させて、同様な無線機配置にした場合には干渉が発生せず、良好な伝送性能を得ることを確認でき光 DAS の有用性を確認した。

当初の実証目標として対象エリアの 90%以上で機器仕様（DL660Mbps/UL60Mbps）の 50%以上を確保することとしたが、光 DAS を適用した構成においては、DL については対象エリアの 70%で DL460Mbps（機器仕様の 70%）以上、その他のエリアでも 380Mbps（機器仕様の 59%）以上を確保し、UL については全対象エリアで 55Mbps（機器仕様の 90%）以上のスループットを確認できたため目標値は達成できた。

7) エリア設計柔軟化手法のモデル化

光 DAS 方式によるカバレッジ設計の柔軟化の手法は、他の方式との比較においては、表 3.3.2-1 エリア構築の柔軟性向上手法の比較に整理したとおりである。主に屋内を対象としたビル内の複数フロアのカバレッジや複数の部屋をカバーする場合、および複雑な形状のフロア等のエリアに対して広く適用が可能であるが、システム容量に注意して設計することが必要である。

無線カバレッジ設計の観点では、光 DAS を活用することで無線機間相互の干渉に配慮することなく柔軟に複数の無線機を配置でき、また各々の送信電力を適切に調整することができることから、送信電力を必要十分な値に設定することで、過大電力での非効率な設計を回避すると同時に外部との干渉リスクを低減できる。

光 DAS による送信機分散は、無線設計において複数の送信機を配置することが適当となるような環境において、カバレッジ設計の柔軟性の確保の観点では無線設計上の主要な選択肢となるが、半面、光 DAS による送信機分散は基地局（セル）の数は増加しないため、無線リソースとしては基地局 1 台分のままである。一方複数基地局を設置する場合には干渉が発生しない状態で実装できれば基地局の台数分だけシステム容量（総スループット）が増加する。

今回の実証では建物のフロア共有部で複雑な形状のエリアに適用したが、複数の部屋に業務区域がまたがる場合も想定され、その場合部屋間の離隔距離や仕切り壁の減衰を期待できることから、部屋間の干渉を回避できるため複数基地局の配置で対応できる場合がある。この場合も壁を透過した電波による相互干渉が発生する場合には伝送特性を劣化させるため、それを回避するためには光 DAS の適用を検討すべきといえる。

このように、光 DAS の適用を検討・実施する際のエリア設計手法としては、複数基地局による構築と光 DAS による構築を比較検討し、設置される環境やシステム容量の要件によって最適な手法を選択する必要がある。

まず、光 DAS や複数基地局による実装の適用を検討すべき対象は、カバー対象となる業務エリアの形状が複雑、または分散しており、1 台の基地局に接続したアンテナの選択や調整では不感地帯が発生してしまう場合である。その場合において、両者を選択する際の基準は以下となる。

光 DAS を適用するケース

- ① 業務エリアが複雑、または分散していて複数の基地局を配置した場合には相互の干渉が避けられない場合。
- ② 接続される移動機の同時接続数や発生するトラフィックの総量が 1 セルの容量内に収まる場合

基地局を複数台配置するケース

- ① 業務エリアが複雑、または分散していて、仕切り壁等の遮蔽効果により基地局間の干渉抑制が期待できる場合
- ② 接続される移動機の同時接続数や発生するトラフィックの総量が 1 セルの容量内に収まらない場合でかつ①の条件が同時に満足できる場合。(①の条件が満足できない場合には、隣接周波数の使用による複数バンドによる運用を検討すべき)

これらの条件を確認したうえで、必要に応じて事前にスループットを推定するシミュレーションを実施したうえで最終的に光 DAS または複数基地局による実装を判断することになる。

光 DAS を選択した場合のカバレッジ設計は、複数の DAS-RU 間の干渉を考慮する必要が無いため、カバレッジの必要に応じて配置と送信電力を柔軟に決定することができる。

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

現在 TDD 方式のみが制度化されているローカル 5G 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に特化した全国キャリアの 5G ネットワークとの干渉を回避するため、その TDD 同期パターンは、ダウンロード方向の通信速度を重視するためダウンリンクの無線リソースを多く、アップリンクの無線リソースを少なくした TDD 同期パターンに設定されている。

一方で実運用における 5G のユースケースにおいては、高解像度カメラ映像の伝送や、複数の端末からデータを収集する場合などアップロード側に高スループットが求められる場合が多い。

このことからローカル 5G の制度では全国キャリアとの干渉を最低限に抑制しながらアップリンク側の無線リソースを増加させた準同期パターンでの運用が認められている。しかしながら、4K 映像や将来的には 8K 映像の伝送にも期待が高まる中で、現在制度化されている準同期の TDD パターンでは、必要なアップロードのスループットを得ることができない場合も想定されるため、さらにアップリンク側の無線リソースを増加させた新たな準同期方式の開発が必要である。

また実運用の場面においては、高解像度カメラ映像の収集等のアップロード側のスループットが必要なアプリケーションと、逆に映像の配信などダウンロード側のスループットが必要なアプリケーションが併用される場合もあり、5G システム内で同期局と準同期局を使い分けまたは併用することも必要になる、そのため場合によっては異なる同期方式の基地局が隣接する運用も想定しなくてはならない。

本実証では新たな準同期パターンを開発・検証するとともに、隣接または重ねて配置された 2 つのセルで同期と準同期（新たに開発する準同期パターンを含む）が併用される場合における相互の干渉の影響を確認し、無線設計に必要な条件を明らかにすることを目的とする。

2) 実証目標

課題実証で構築した病室内に 4 台の 4K カメラ（平均スループットを各々 25Mbps とする）を配置した場合を想定し、周辺に同期パターンで運用する基地局が存在する状態で、少なくとも上りスループット 100Mbps を確保するために追加準同期パターンの構築条件（必要なスループットを確保するために必要な基地局間隔離距離および同期と準同期の移動機間隔離距離）を確認することを目標とし、追加準同期パターンによりどの程度まで上りスループットを増加させることができるのかを確認する。

なお、追加準同期パターンについては、試験で使用する可搬型基地局装置に実装済みの実施要領記載の TDD3 を使用する。TDD3 での共用が可能であることが確認できた場合には TDD2 の共用も可能であるといえることから TDD3 で実証を実施する。また、スペシャルサブフレームの構成については制度化済準同期パターンと同じものを使用する。

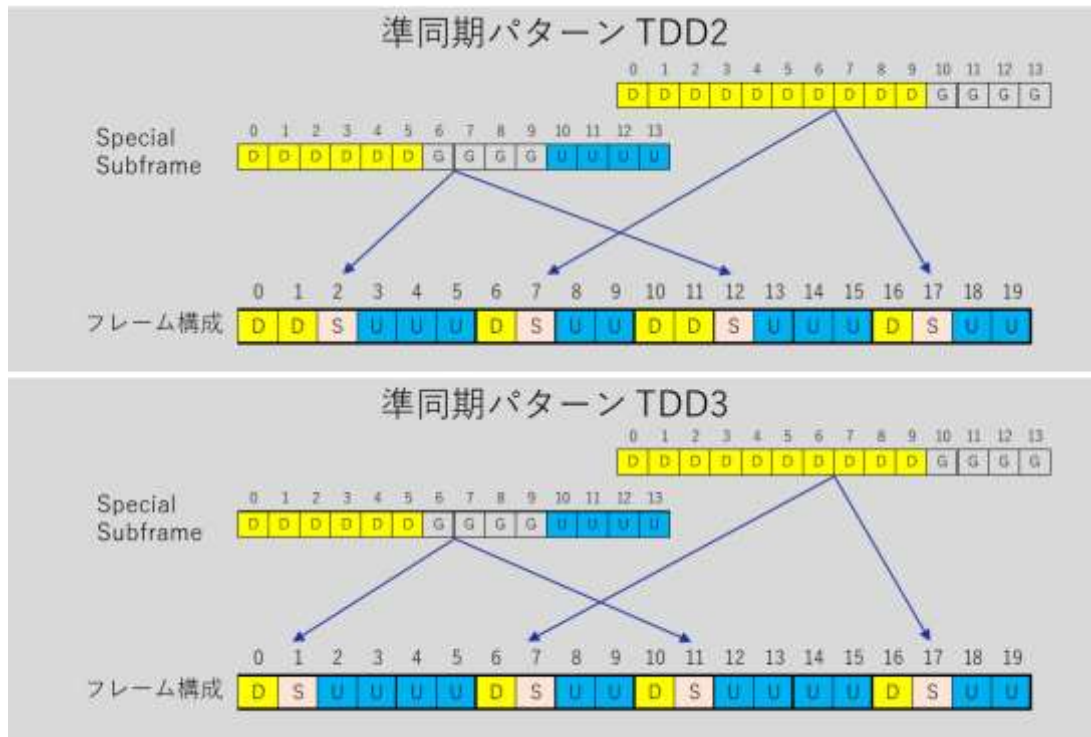


図 3.3.3-1 追加準同期パターン

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

準同期に関する実証は令和 3 年度から開始されている。令和 3 年度の準同期パターンの開発は実機によるものが少なく、新たな準同期パターンと同期パターン相互干渉の影響度を評価することに重点が置かれた基礎的な評価が主体であった。

本実証では準同期 TDD システムの共用について、実際に準同期 TDD が実装された機器を用いてシミュレーションと実機による実測の両面で評価し、その影響を確認した。

また、干渉回避の手法について離隔距離を確保する方法だけではなく移動機の送信電力を基地局の設定により抑制する手法についても同様に確認した。

(2) 実証仮説

異なる同期パターンの基地局が隣接する場合は、使用される周波数も考慮する必要がある。ローカル 5G の制度においては、屋内で使用可能な周波数帯が複数あり、100MHz 帯域で使用する場合には、4.65GHz、4.75GHz、4.85GHz が中心周波数となる 3 帯域が選択可能である。

実際の運用設計においては、周辺での周波数の使用状況や、機器の制限によって、同一周波数帯のみ 1 帯域でカバレッジを形成する場合と、複数の周波数帯域を使用して形成する場合が考えられる。

また、同一周波数の複数の基地局のカバレッジが完全に重なる場合には同期局同士であっても大きな干渉が発生するため運用は困難であることがわかっているが、複数の周波数が使用可能な場合には、カバレッジを重ねたうえで、周波数によって異なる同期パターンを使い分けることで同一地点の無線キャパシティを拡張し、かつトラフィックの特性に応じた柔軟な設計が可能になる。

本実証では、以下の 3 つのパターンについて運用が可能であることを実証した。

- ① 同一周波数・隣接セル： 同一周波数の同期と準同期のセルを隣接して配置
- ② 隣接周波数・隣接セル： 隣接周波数の同期と準同期のセルを隣接して配置
- ③ 隣接周波数・重畳セル： 隣接周波数の同期と準同期のセルを重ねて配置

1) 同一周波数・隣接セル

同一周波数・隣接セルの配置においては、隣接する双方のセルでトラフィックが発生している場合には同一の無線リソースを双方が使用することになり大きな干渉が発生する。このため、免許制度上も優先度の高い同期システムに影響を与えることなく準同期システムを併設して運用するためには離隔を十分にとる必要があるが、今回実証の対象となる屋内の環境での併設の場合には現実的な設置が難しいことが予想される。そのため本実証においては同一免許人が同期システムと準同期システムを併設する場合を想定して、同期システム同士を併設した場合に発生する干渉は許容し、それに対して劣化せずに運用できる配置を実証する。事前シミュレーションによると同期システム同士を併設した場合に発生する干渉を除いて最も影響が高い干渉は、同期システムのダウンリンク方向の通信時に発生する準同期システムの移動機からの移動機間干渉(約 2.6km の離隔が必要)であるため、これを抑制するために準同期基地局の報知パラメータを変更して移動機の最大送信電力を低い値に制限する手法を離隔距離の確保と併せて実証した。事前のシミュレーションからは基地局間離隔距離が 50m の場合でも準同期システムの移動機の最大送信電力を制限することで、同期システムの単独設置の場合と比較すると劣化するものの、同期システム同士を併設した場合との比較では劣化しない併設環境になると推定されており、この実証を試みた。

干渉の影響を確認する手段としてはスループット値を最も重要な指標として評価した。これは、SINR などから計算される数値上の干渉量よりも実用上の影響度や使用可否を判定するためにはスループット値の方が適切と判断したためである。

2) 隣接周波数・隣接セル / 隣接周波数・重畳セル

隣接周波数・隣接セルおよび隣接周波数・重畳セルの配置については基地局間離隔距離が無い場合を重畳セルと考えることで同一の測定系の中で実施した。

このパターンの場合には、いずれも与干渉局と被干渉局が使用する周波数帯が隣り合う帯域ではあるが異なる周波数であるため、事前シミュレーションからも、干渉の影響は軽微であり同期システムと準同期システムとの併設であっても基地局間を 10~15m 離隔することで実用上の影響なく運用できることが推定される。

前項と同様に干渉の影響を確認する手段としてはスループット値を最も重要な指標として評価した。



図 3.3.3-2 共用条件 (同期/準同期エリアの併設)

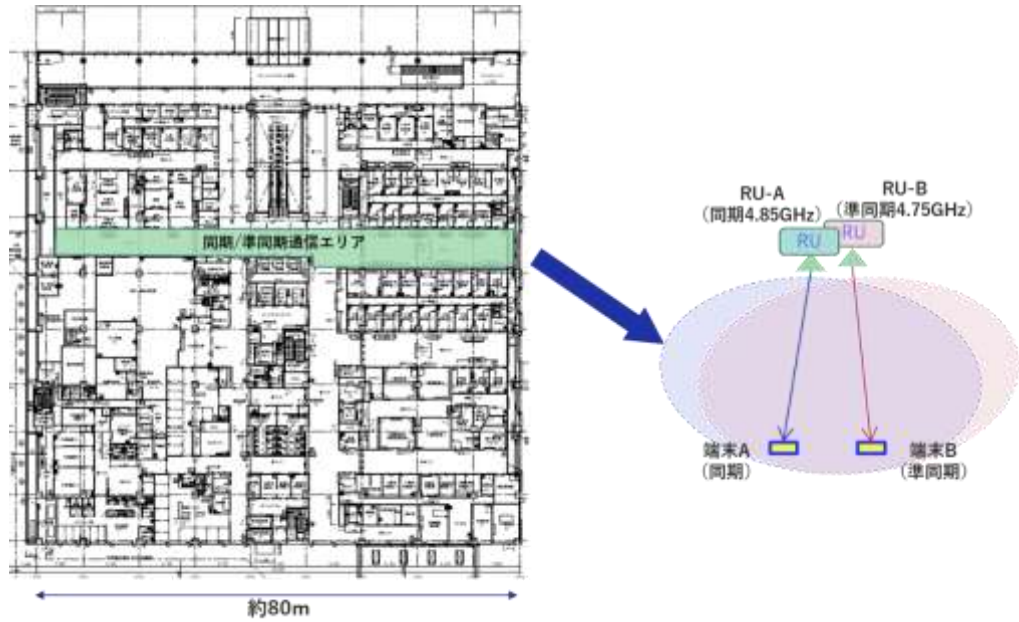


図 3.3.3-3 共用条件（同期/準同期エリアの重畳）

(3) 評価・検証項目

本検証においては、以下のシミュレーションを実施する。

- ① 共用検討シミュレーション（実機測定前、実機測定後）
- ② 伝送性能シミュレーション（実機測定前、実機測定後）

また、5Gの基準信号の計測により、

- ③ 電波強度（RSRP）
- ④ 信号品質（SIR）

を確認する。

また、干渉発生の影響を確認するため、

- ⑤ 被干渉側アンテナ位置における与干渉量
- ⑥ スループット（UL/DL）
- ⑦ 往復遅延（Ping）

を測定し③、④の測定結果と併せて評価する。

(4) 評価・検証方法

本実証では2台の基地局を使用して以下のパターンで検証する。

表 3.3.3-1 実証構成パターン

#	構成パターン	基地局 A (同期) 周波数	基地局 B (準同期) 周波数	アンテナ
①	同一周波数・隣接セル	4.85GHz	4.85GHz	隣接する別アンテナ
②	隣接周波数・隣接セル		4.75GHz	隣接する別アンテナ
③	隣接周波数・重畳セル		4.75GHz	同位置のアンテナ

① 同一周波数・隣接セル：同一周波数の同期と準同期のセルが隣接して配置される場合

同一周波数の2つのセルが隣接する場合には同期セル同士であってもセルが重なる部分において干渉が発生する。そのため、同期セルと同期セル、同期セルと準同期セルがそれぞれ隣接する場合における干渉度合いを比較し、2つのセルの重なりを調整するための基地局のアンテナ配置設計手法を確立する。

② 隣接周波数・隣接セル：隣接周波数の同期と準同期のセルが隣接して配置される場合

隣接周波数の2つのセルが隣接する場合には同期セル同士の干渉は基地局の隣接チャンネル漏洩電力による干渉が影響するが、同期セルと準同期セルであった場合には、これに加えてタイムスロットの差分による干渉が影響する。そのためローカル5Gで利用可能な異なる周波数で構成された同期セルと同期セル、および同期セルと準同期セルがそれぞれ隣接する場合における干渉度合いを比較し、前項と同様に2つのセルの重なりを調整するための基地局のアンテナ配置設計手法を確立する。

③ 隣接周波数・重畳セル：隣接周波数の同期と準同期のセルが重なって配置される場合

隣接周波数の2つのセルを配置する場合、同一の場所で無線リソースを拡大するために2つのセルを完全に重ねて配置するケースがあり得る。干渉の構造は②項と同様であるが、セル同士が完全に重なるため、干渉の度合いは大きくなると考えられる。ここでは、ローカル5Gで利用可能な隣接周波数で構成された同期セルと同期セル、および同期セルと準同期セルが、完全に重なる場合における干渉度合いを比較し、この構成でセル配置することの可否と可能な場合の条件について明らかにする。

1) 共用検討シミュレーション

a. 概要

本実証では準同期パターンの追加を検討するため、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告(令和2年7月)と同様な方法で準同期の追加パターンについて、準同期局に接続する移動機から同期局に接続する移動機への移動機間干渉と、同期局から準同期局への基地局間干渉の事前シミュレーションを実施する。この際の各パラメータは実際に実証で使用する機器の諸元を使用する。また、基地局のアンテナについても実証の構成に従い光 DAS で使用するアンテナのパターンデータをアンテナ利得としてシミュレーションにインプットする。本シミュレーションの結果を理論値として、実機を用いた測定結果と照らしてその妥当性を確認する。

b. シミュレーション条件

ア) 基地局諸元

表 3.3.3-2 基地局諸元

【送信側】	DAS-RU	実力値(実証構築時の設定)	備考
中心周波数	4.749.99GHz, 4.849.98GHz		
最大送信電力(DAS-RU)	17~27dBm(0.20048~2.0048W)	+18dBm/100MHz	設置設計による
給電線損失	2.94dB (5m, 58.8dB/100m)		
空中線利得	4.5dBi(DAS用アンテナ)		
機械チルト	0°		
空中線高	2.7m		
占有帯域幅	100MHz		
MIMOレイヤ数	ダウンリンク 2x2 MIMO		
隣接チャネル漏洩電力	下記または-32dBm/MHz の高い値 -45dBc (100MHz 離調) -45dBc (2 × 100MHz 離調)	-46dBc = -28dBm/100MHz (DAS-RU無線特性より)	3GPP TS38.104 (Local Area BS)
スプリアス領域における 不要発射の強度	-36dBm/1kHz (9kHz-150kHz) -36dBm/10kHz (150kHz-30MHz) -36dBm/100kHz (30MHz-1GHz) -30dBm/MHz (1GHz 以上)	-99dBm/1kHz (9kHz-150kHz) -96dBm/10kHz (150kHz-30MHz) -99dBm/100kHz (30MHz-1GHz) -60dBm/MHz (1GHz 以上)	3GPP TS38.104

【受信側】	DAS-RU	
中心周波数	4.749.99GHz, 4.849.98GHz	
給電線損失	2.94dB (5m, 58.8dB/100m)	
空中線利得	4.5dBi(DAS用アンテナ)	
占有帯域幅	100MHz	
許容干渉電力 (帯域内干渉)	-110dBm/MHz (I/N=-6dB, NF=10dB)	ITU-Rにおける共用検討に基づく (ITU-R TG5/1 Contribution 36, 2017-02-28)
許容干渉電力 (帯域外干渉)	-47dBm (隣接20MHz 幅) -38dBm (上記以外)	3GPP

イ) アンテナ諸元

使用するアンテナの Gain パターンは以下の通り。グラフは最大 Gain を 0dB として、確度別の相対 Gain 値を示す。

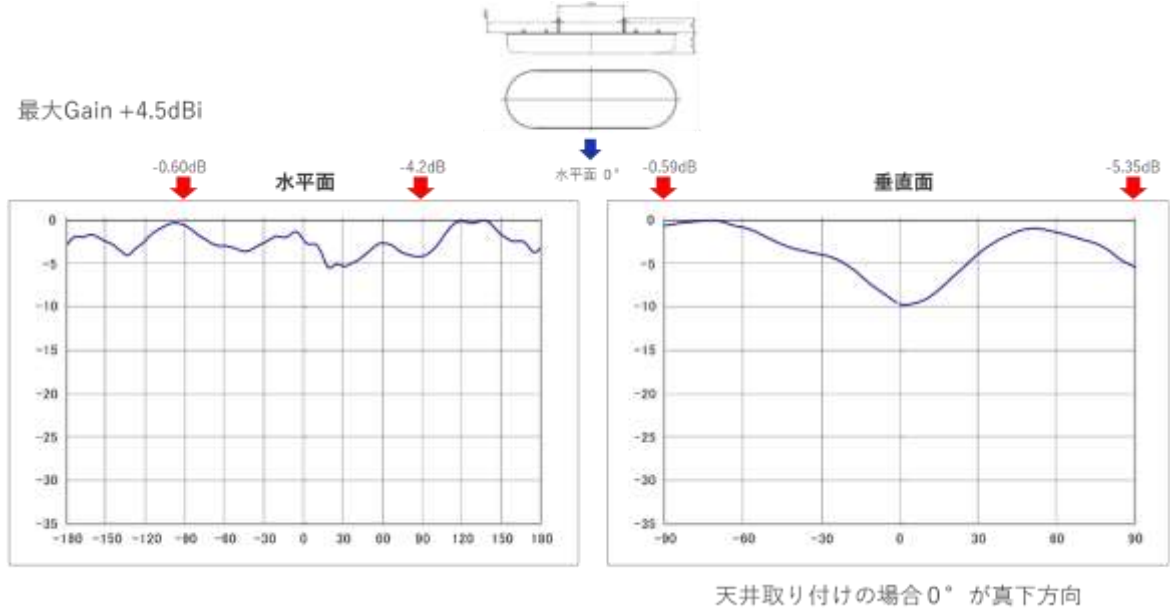


図 3.3.3-4 アンテナ諸元

ウ) 移動機諸元

表 3.3.3-3 移動機諸元

【送信側】	FG900CS	実力(データシート)	備考
中心周波数	4550.01~4849.98MHz		
最大送信電力	+23dBm(200mW)	+23dBm	3GPP TS38.101 Class3
給電線損失	0 dB		
空中線利得	0 dBi		
アンテナ構成	無指向性アンテナ		
占有帯域幅	100MHz		
空中線高	1.5m		
隣接チャネル漏洩電力	-30dBc/100MHz	-39.37dBc = -16.37dBm (FG900CS ベンダー内部データより)	3GPP TS38.101
スプリアス領域における 不要発射の強度	-36dBm/1kHz (9kHz-150kHz) -36dBm/10kHz (150kHz-30MHz) -36dBm/100kHz (30MHz-1GHz) -30dBm/MHz (1GHz 以上)	-44.7dBm/1kHz (9kHz-150kHz) -56.5dBm/10kHz (150kHz-30MHz) -55.5dBm/100kHz (30MHz-1GHz) -34.9dBm/MHz (1GHz 以上)	3GPP TS38.101
その他損失	人体吸収損は考慮しない*		

【受信側】	FG900CS	備考
中心周波数	4550.01~4849.98MHz(30kHz interval)	
給電線損失	0 dB	
空中線利得	0 dBi	
アンテナ構成	無指向性アンテナ	
占有帯域幅	100MHz	
空中線高	1.5m	
許容干渉電力 (帯域内干渉)	-111dBm/MHz (I/N=-6dB, NF=9dB)	ITU-Rにおける共用検討に基づく (Document 5-1/36-E)
許容干渉電力 (帯域外干渉)	-40dBm/100MHz	3GPP
その他損失	人体吸収損は考慮しない*	

*ローカル 5G では据置型の CPE を使用するケースが多いと想定し、人体吸収損は適用しない。

c. シミュレーションのシナリオ

同期局と準同期局が併設されるケースとして以下のパターンが考えられる。

他者が運用するシステムが同期システムである場合には、同期システムが優先されるため、準同期システムは他社の同期システムの運用に影響を与えないように設置される必要がある。

一方で同一免許人が両システムを併設する場合には準同期システムが同期システムに影響を与える場合であっても、運用に必要な許容条件を満足する場合には許容できる。

1. キャリア vs ローカル（免許人相違、異周波数）

- ① 移動機間干渉 準同期/移動機 => 同期/移動機（キャリア（同期）の運用に影響がないこと）
- ② 基地局間干渉 同期/基地局 => 準同期/基地局（許容条件）

2. ローカル vs ローカル（免許人相違、同/異周波数）

- ① 移動機間干渉 準同期/移動機 => 同期/移動機（同期運用局に影響がないこと）
- ② 基地局間干渉 同期/基地局 => 準同期/基地局（許容条件）

3. ローカル vs ローカル（同一免許人、同/異周波数）

- ① 移動機間干渉 準同期/移動機 => 同期/移動機（許容条件）
- ② 基地局間干渉 同期/基地局 => 準同期/基地局（許容条件）

d. 干渉モデル

本シミュレーションでは与干渉システム（同期システム）と被干渉システム（準同期システム）との間で、同期システムと準同期システムの TDD フレーム構成の DL と UL が相違する場合について以下の干渉状況を確認する。（3.3.2 章でも述べたが再掲する）

- ⑤ 同期システムと準同期システム間の基地局間干渉（準同期システムの UL に影響）
- ⑥ 同期システムと準同期システム間の移動機間干渉（同期システムの DL に影響）

また、比較のため同期システムと準同期システムの TDD フレーム構成の DL と UL が合致する場合についても以下の干渉状況を確認する。

- ⑦ 基地局から移動機への基地局移動機間干渉（両システムの DL に影響）
- ⑧ 移動機から基地局への移動機基地局間干渉（両システムの UL に影響）

干渉レベルの抑制は基地局の設定変更による移動機の最大送信電力の制限、および基地局間および移動機間の離隔距離を確保することによって実施するものと想定する。

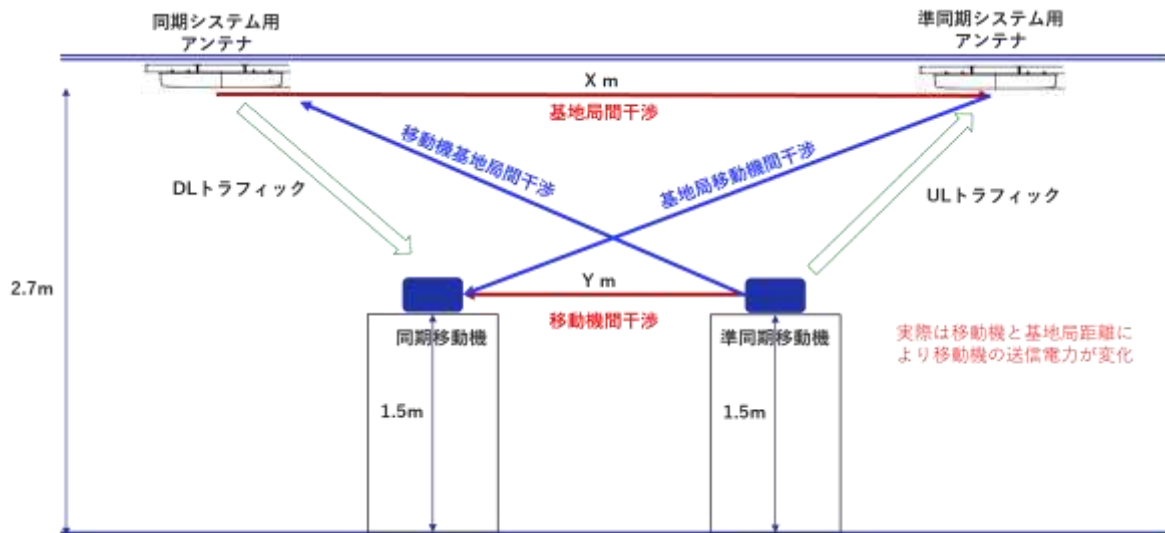


図 3.3.3-5 干渉モデル

ア) 移動機の送信電力

移動機の送信電力は基地局と移動機がその設定により与えられた情報に基づいて相互間の伝送路損失を各々の送信電力及び受信電力から推定し、最適な送信電力になるよう調整される仕組み (Power Control) が備えられているため、電界環境によって変化するが、本シミュレーションにおいては最悪値である移動機の最大送信電力値を採用する。

イ) アンテナ Gain

使用する基地局側のアンテナはオムニタイプである。最悪値条件のシミュレーションの際にはアンテナ Gain の最大値を採用する。

また干渉の状況の距離による変化を評価する際にはその指向方向によって一定量 Gain が変化するため、アンテナベンダーから提供されたアンテナパターンデータによりアンテナ位置と移動機位置の相対関係から該当する Gain 値 [dBi] を選択してシミュレーションに採用する。

e. シミュレーション結果 (最悪値条件)

以上の条件から算出した最悪値条件のシミュレーション結果を以下に示す。

本シミュレーションは同期システムと準同期システムを共用する際に優先される同期システム側に影響を与えないために必要な“所要離隔距離”を算出するものである。

“所要改善量”は最低離隔距離を 3m としたときの影響を回避するために必要な干渉波レベルの改善量 [dB] を示す。本数値がマイナスの場合には 3m の離隔で設置しても影響を受けないことを示す。

ア) 帯域内干渉 (同一周波数)

表 3.3.3-4 帯域内干渉 (同一周波数)

送信側(帯域内)	機器送信電力 [dBm/100MHz]	送信機数	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	与干渉局送信電力 (EIRP)[dBm]
同期基地局用DAS-RU	18	2	2.94	4.5	22.6
準同期基地局用DAS-RU	18	2	2.94	4.5	22.6
同期/準同期移動機	23	1	0	0	23.0

受信側(帯域内)	機器許容干渉電力 [dBm/MHz]	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	被干渉局許容受信電力 [dBm/100MHz]
同期基地局用DAS-RU	-110	2.94	4.5	-91.6
準同期基地局用DAS-RU	-110	2.94	4.5	-91.6
同期/準同期移動機	-111	0	0	-91.0

離隔距離(帯域内)	自由空間損失(3m) [dB]	所要改善量 [dB]	周波数[MHz]	所要離隔距離 [m]
基地局間干渉	55.7	58.4	4,850.0	2,504.3
基地局移動機間干渉	55.7	57.9	4,850.0	2,347.9
移動機基地局間干渉	55.7	58.9	4,850.0	2,631.3
移動機間干渉	55.7	58.3	4,850.0	2,467.0

所要離隔距離が 2.6km となり、屋内環境への設置においては非現実的な離隔距離が必要となる。

イ) 帯域外干渉 (同一周波数)

表 3.3.3-5 帯域外干渉 (同一周波数)

送信側(帯域外)	機器送信電力 [dBm/100MHz]	送信機数	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	与干渉局送信電力 (EIRP)[dBm]
同期基地局用DAS-RU	-29	2	2.94	4.5	-24.4
準同期基地局用DAS-RU	-29	2	2.94	4.5	-24.4
同期/準同期移動機	-16.3	1	0	0	-16.3

受信側(帯域外)	機器許容干渉電力 [dBm/MHz]	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	被干渉局許容受信電力 [dBm/100MHz]
同期基地局用DAS-RU	-47	2.94	4.5	-28.6
同期/準同期移動機	-40	0	0	-20.0

離隔距離(帯域外)	自由空間損失(3m) [dB]	所要改善量 [dB]	周波数[MHz]	所要離隔距離 [m]
基地局間干渉	55.5	-51.4	4,750.0	0.0
基地局移動機間干渉	55.5	-59.9	4,750.0	0.0
移動機基地局間干渉	55.5	-43.3	4,750.0	0.0
移動機間干渉	55.5	-51.8	4,750.0	0.0

所要改善量が全てマイナスであり、本条件からは離隔距離は必要ない。

f. 帯域内干渉（隣接周波数）

表 3.3.3-6 帯域内干渉（隣接周波数）

送信側(帯域内)	機器送信電力 [dBm/100MHz]	送信機数	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	与干渉局送信電力 (EIRP)[dBm]
同期基地局用DAS-RU	-28	2	2.94	4.5	-23.4
準同期基地局用DAS-RU	-36	2	2.94	4.5	-31.4
同期/準同期移動機	-29.3	1	0	0	-29.3

受信側(帯域内)	機器許容干渉電力 [dBm/MHz]	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	被干渉局許容受信電力 [dBm/100MHz]
同期基地局用DAS-RU	-110	2.94	4.5	-91.6
準同期基地局用DAS-RU	-110	2.94	4.5	-91.6
同期/準同期移動機	-111	0	0	-91.0

離隔距離(帯域内)	自由空間損失(3m) [dB]	所要改善量 [dB]	周波数 [MHz]	所要離隔距離 [m]
基地局間干渉	55.5	12.6	4,750.0	12.8
基地局移動機間干渉	55.5	4.1	4,750.0	4.8
移動機基地局間干渉	55.7	6.6	4,850.0	6.4
移動機間干渉	55.7	6.0	4,850.0	6.0

TDD スロットの UL/DL パターンが異なる場合の基地局間干渉が最も大きな離隔距離（12.6m）を必要とするため準同期システムが併設される場合には 12.6m の離隔距離を取ることにより共用が可能である。

g. 帯域外干渉（隣接周波数）

表 3.3.3-7 帯域外干渉（隣接周波数）

送信側(帯域外)	機器送信電力 [dBm/100MHz]	送信機数	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	与干渉局送信電力 (EIRP)[dBm]
同期基地局用DAS-RU	18	2	2.94	4.5	22.6
準同期基地局用DAS-RU	18	2	2.94	4.5	22.6
同期/準同期移動機	10	1	0	0	10.0

受信側(帯域外)	機器許容干渉電力 [dBm/MHz]	給電線損失 [dB]	空中線利得最大[dBi]	被干渉局許容受信電力 [dBm/100MHz]
同期基地局用DAS-RU	-47	2.94	4.5	-25.4
準同期基地局用DAS-RU	-47	2.94	4.5	-25.4
同期/準同期移動機	-40	0	0	-20.0

離隔距離(帯域外)	自由空間損失(3m) [dB]	所要改善量 [dB]	周波数 [MHz]	所要離隔距離 [m]
基地局間干渉	55.7	-7.7	4,850.0	1.2
基地局移動機間干渉	55.7	-13.1	4,850.0	0.7
移動機基地局間干渉	55.7	-20.3	4,850.0	0.3
移動機間干渉	55.5	-25.5	4,750.0	0.0

所要改善量が全てマイナスであり、本条件からは離隔距離は必要ない。

h. シミュレーション結果（同一免許人による設置の場合）

同一免許人が同期システムと準同期システムを同一周波数かつ同一空間の中で併用する場合の設置条件についてのシミュレーションを実施する。

同一免許人が複数の基地局を運用する場合には複数のシステム（セル）間で一定量の干渉が発生することを許容しつつ運用することになる。ここでは準同期システムを併用することによる同期システムへの影響を回避しつつ準同期システムをどこまで近接することができるのかを検討する。また、ここでは同期システムへの準同期移動機からの移動機間干渉を抑制するために、準同期基地局のパラメータ設定により準同期移動機の最大送信電力を制限する手法の効果を推定する。

干渉抑制効果を確認するため、与干渉移動機側の最大送信電力の制限値は移動機の最大送信電力仕様値（+23dBm）から 3dB ステップで変更してその効果を確認するが、この際、最大送信電力の制限値が+17dBm より大きい場合にはその効果が見えないこと、また最大送信電力の制限値が+8dBm 未満においては実機による動作確認で移動機の送信電力が不足し接続が不安定になることを確認したことから最大送信電力の制限値の変更範囲は+17dBm～+8dBm とした。

表 3.3.3-8 と表 3.3.3-9 に屋内設置を想定しセル半径 15m の 2つのシステムを 50m から 2,000m までの基地局間離隔を取った場合の相互の干渉状況と、その際のスループットの予測を準同期移動機の最大送信電力が+17dBm の場合と+8dBm の場合の 2通りについて示す。表中の“準同期移動機 最大送信電力（制限値）”は、前述の準同期基地局のパラメータ設定により準同期移動機の最大送信電力を制限する手法により抑制された準同期移動機の最大送信電力を示す。

また、この2つの場合における同期移動機の DL スループットと準同期移動機の UL スループットの変化を図 3.3.3-4 に示す。

この際、スループットの予測は 3.3.2 (4) 1) b.イ) で示した準同期の干渉状態における伝送特性シミュレーションの手法により異なる同期パターンシステムによる同期スロットと非同期スロットの RSRP と SIR をそれぞれ推定し算出している。ただし理論上の相関を確認するため、ここでのスループットは理論最大値であり、実スループット推定のための換算は実施していない。

なお、実機検証との比較のために、基地局のアンテナ利得については実際に使用したアンテナの水平垂直の利得差分の項を加えて計算した。

表 3.3.3-8 移動機送信電力の抑制効果（準同期移動機最大送信電力：+17dBm）

基地局間距離（セル半径15m）	50m	60m	70m	80m	100m	200m	300m	400m	500m	1000m	1500m	2000m
同期/準同期基地局 最大送信電力 [dBm]	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
準同期移動機 最大送信電力 (Default)[dBm]	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
準同期移動機 最大送信電力 (制限値) [dBm]	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
(同期slot) 準同期移動機 DL RSRP[dBm]	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3
(同期slot) 準同期移動機 DL SINR[dB]	15.6	17.7	19.4	20.8	23.1	28.9	31.4	32.7	33.4	34.6	34.8	34.9
(非同期slot) 準同期移動機 UL RSRP[dBm]	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4	-84.4
(非同期slot) 準同期移動機 UL SINR[dB]	14.5	16.1	17.4	18.5	20.4	25.9	28.6	30.2	31.2	33.1	33.5	33.7
同期 推定DL スループット無干渉[Mbps]	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730
同期 推定UL スループット無干渉[Mbps]	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
同期-同期 併設												
同期-同期 同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	42	68	136	175	224	360	458	535	600	652	704	730
同期-同期 準同期位置移動機 移動機最大:23dBm	17	23	23	28	31	52	66	77	88	93	93	93
同期-TDD3 併設												
同期-TDD3 同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	34	86	156	200	255	409	516	581	626	691	717	730
同期-TDD3 同期移動機 推定UL スループット[Mbps]	28	37	40	45	47	73	88	93	93	93	93	93
同期-TDD3 準同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	177	194	227	243	265	347	369	369	369	369	369	369
同期-TDD3 準同期移動機 推定UL スループット[Mbps]	51	64	73	86	94	148	180	203	222	257	278	278

表 3.3.3-9 移動機送信電力の抑制効果（準同期移動機最大送信電力：+8dBm）

基地局間距離（セル半径15m）	50m	60m	70m	80m	100m	200m	300m	400m	500m	1000m	1500m	2000m
同期/準同期基地局 最大送信電力 [dBm]	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
準同期移動機 最大送信電力 (Default)[dBm]	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
準同期移動機 最大送信電力 (制限値) [dBm]	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
(同期slot) 準同期移動機 DL RSRP[dBm]	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3	-83.3
(同期slot) 準同期移動機 DL SINR[dB]	15.6	17.7	19.4	20.8	23.1	28.9	31.4	32.7	33.4	34.6	34.8	34.9
(非同期slot) 準同期移動機 UL RSRP[dBm]	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4	-93.4
(非同期slot) 準同期移動機 UL SINR[dB]	5.5	7.1	8.4	9.5	11.4	16.9	19.6	21.2	22.2	24.1	24.5	24.7
同期 推定DL スループット無干渉[Mbps]	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730
同期 推定UL スループット無干渉[Mbps]	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
同期-同期 併設												
同期-同期 同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	42	68	136	175	224	360	458	535	600	652	704	730
同期-同期 準同期位置移動機 移動機最大:23dBm	17	23	23	28	31	52	66	77	88	93	93	93
同期-TDD3 併設												
同期-TDD3 同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	133	183	248	297	360	506	581	633	665	691	717	730
同期-TDD3 同期移動機 推定UL スループット[Mbps]	52	60	66	73	80	93	93	93	93	93	93	93
同期-TDD3 準同期移動機 推定DL スループット[Mbps]	177	194	227	243	265	347	369	369	369	369	369	369
同期-TDD3 準同期移動機 推定UL スループット[Mbps]	16	21	25	29	37	80	96	109	121	154	167	172

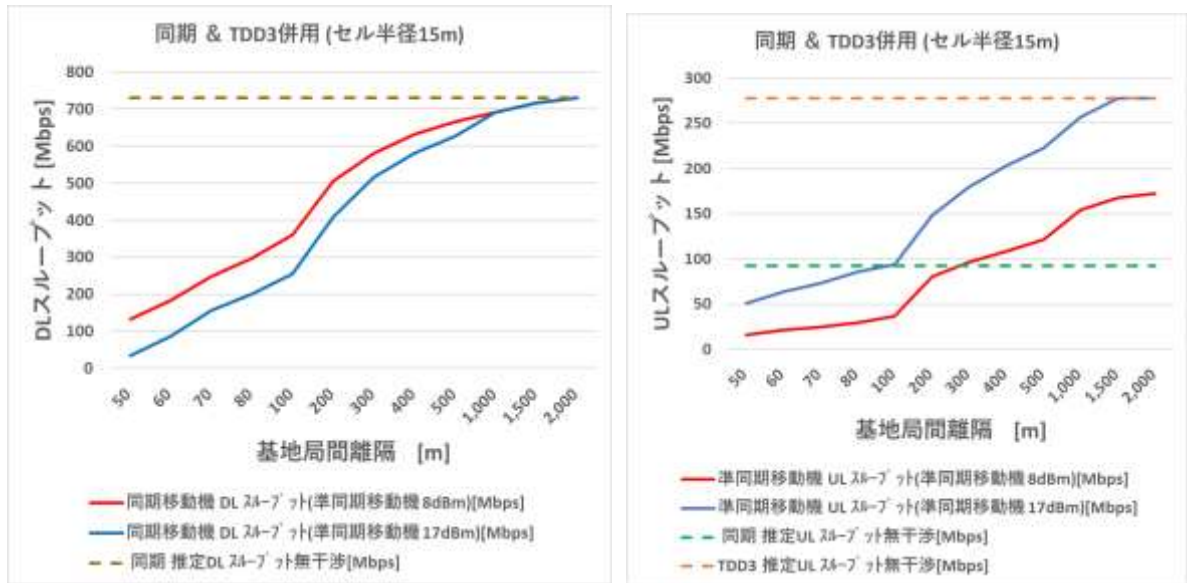


図 3.3.3-4 準同期移動機最大送信電力によるスループット変化

準同期移動機の最大送信電力を制限することによって移動機間干渉の影響を抑制することが可能である。表 3.3.3-8、表 3.3.3-9 から、準同期移動機最大送信電力を+17dBm から+8dBm に変化させたことで、同期移動機の DL スループットは増加し、一方で準同期移動機の UL スループットは低下することがわかる。これは同期移動機に対する準同期移動機からの移動機間干渉の減少と、準同期移動機の送信電力の減少による準同期基地局側での受信電力低下によるものと考えることができ、準同期移動機の最大送信電力を制限することによって移動機間干渉の影響を抑制する場合においては同期移動機の DL スループットと準同期移動機の UL スループットはトレードオフの関係にあると言える。

i. 考察

最悪値条件によるシミュレーション結果をまとめると以下の表ようになる。

表 3.3.3-10 最悪値条件共用検討サマリ

		帯域内		帯域外	
		所要改善量[dB]	所要距離距離[m]	所要改善量[dB]	所要距離距離[m]
同一周波数	基地局間干渉	58.4	2,504.3	-51.4	0.0
	基地局移動機間干渉	57.9	2,347.9	-59.9	0.0
	移動機基地局間干渉	58.9	2,631.3	-43.3	0.0
	移動機間干渉	58.3	2,467.0	-51.8	0.0
隣接周波数	基地局間干渉	12.6	12.8	-7.7	1.2
	基地局移動機間干渉	4.1	4.8	-13.1	0.7
	移動機基地局間干渉	6.6	6.4	-20.3	0.3
	移動機間干渉	6.0	6.0	-25.5	0.0

最小距離 (3m) で共用可能とするために必要な改善量

同一周波数の場合には、同期/準同期ともに強い干渉を受けるため、局間の離隔で干渉を回避する場合には約 2.5km 以上の離隔距離を確保する必要があるが、特に屋内における運用としては非現実的であり、その場合空間を分離して壁等による十分な減衰量を確保できる構成を検討する必要がある。準同期システムとの共用の観点においては、TDD スロットの UL/DL パターンが同じ場合に発生する移動機基地局間干渉が最も強くなると推定されるため、準同期の採用による劣化(必要離隔距離の増加)は無いと推定される。

隣接周波数の場合には発生する干渉は軽微と考えられ、同期システム同士の共用では 6.4m 程度、同期システムと準同期システムを共用する場合には、倍の 12.8m 程度の離隔距離を確保すれば、共用可能と推定される。

また、同一免許人である場合など相互に調整可能な関係者間による設置の場合のシミュレーション結果からは、最悪値条件では前述の通り約 2.5km 以上の離隔を必要とするため非現実的であるが、干渉による一定の影響を許容することで同一空間での同期システムと準同期システムとの共用を検討可能であることが推定される。特に同期システムへの移動機間干渉の影響は、準同期システム側の基地局の設定で準同期移動機の最大送信電力を制限することで低減することが可能である。このことから同一周波数で同期/準同期を併設する場合であっても相互の干渉による劣化を許容できる関係であれば、屋内の近距離でも移動局送信電力抑制により同期局 DL と準同期局 UL のバランスをとることでそれぞれのユースケースに応じた設計が可能であると推定できる。

2) 伝送特性シミュレーション

a. 伝送特性シミュレーション結果(事前)

3.3.2 (4) 1) 伝送特性シミュレーションと同様の手法で実証構成のスループットを推定する。

ア) 技術実証③

技術実証②を実施するエリアの一部である直線部分を使用して、同期システムと準同期システムが併設される場合についての実証を実施する。

複数の同一周波数で運用されるローカル 5G システムが同期または制度化準同期で構築されている状況において相互の干渉による影響を回避するためには、3.3.3 (4) 1) の共用シミュレーション結果からも約 2.5km の離隔が必要である。

この構成において一方のシステムが制度化されていない準同期(特に TDD3)構成で構築される場合の設置条件を検討することが本実証の目的であるが、設置条件を検討するうえで無線の干渉の状況を確認するとともに、期待されるスループットが得られるかどうかも共用を検討するための重要な要素となるため、その検討に必要な伝送特性シミュレーションを実施する。

同期と準同期の併設には以下の2つのケースが考えられる。

①異なる免許人が同一周波数で併設する場合

互いのサービスエリアが重ならないように設計される。同期システムが優先され準同期システムは同期システムに対して影響を与えてはいけない。

②同一の免許人がユースケースに合わせて適切な異なる TDD 構成で構築する場合

互いのサービスエリアの調整が可能で、相互に影響が出ても互いに許容できる範囲内であれば運用が可能。

本実証では、同期システムに影響を与えない条件での準同期システム共用条件の検討、および相互に影響を受けながらも運用可能な併設条件（主に屋内における併設を想定）を検討する。

また共用検討の結果から同一周波数での屋内同一空間における共用の場合には、十分な離隔距離が取れないため、準同期の採用に関わらず、同期システム同士で TDD パターンが一致している場合においても相互に干渉することを避けられない。

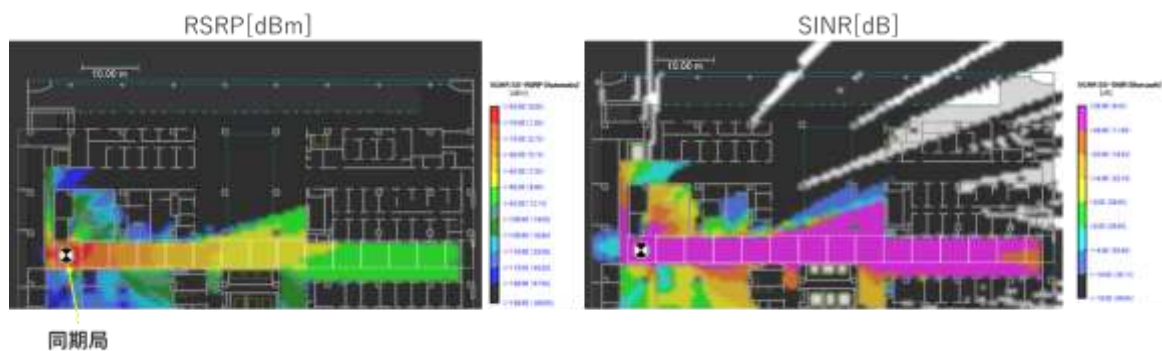
このため、同期システムが単独で設置される場合に対して、特に UL スループット容量が不足する際に準同期システムを追加して2システム併設によるトータルの収容能力（伝送容量）の増加を図ろうとする場合、前述の通りシステム間の干渉により一部の伝送性能の劣化が想定されるため、①同期システム単独時、②2システムとも同期システム時、③同期システムと準同期システム併設時、のそれぞれで伝送性能を評価し定量化することで、最適なシステム設計が可能になる。後述のシミュレーション結果により具体的な実施例の推定結果を得たので、実機による検証を試みた

なお、本シミュレーションのスループットの算出方法と目標は課題実証②と同じである。

スループットを推定するために必要な iBwave による無線カバレッジのシミュレーション結果と、そこから読み取った RSRP および SINR 値から算出したスループットの結果を以下に示す。

スループットについては各メッシュに移動機が設置された際に得られるスループットを算出して記載する。また異なる TDD パターンの干渉状態におけるスループット推定においては 3.3.2(4) 1) b. イ) で示したとおり、同期スロットと非同期スロットについてそれぞれシミュレーションし、非同期スロットにおいて基地局間干渉：同期基地局送信⇒準同期基地局受信の干渉と移動機間干渉：準同期移動機送信⇒同期移動機受信の干渉、また同期スロットにおいて基地局移動機間干渉：準同期基地局⇔同期移動機、同期基地局⇔準同期移動機の干渉をそれぞれ考慮してスロット単位のスループットを算出している。

同期基地局単独の場合



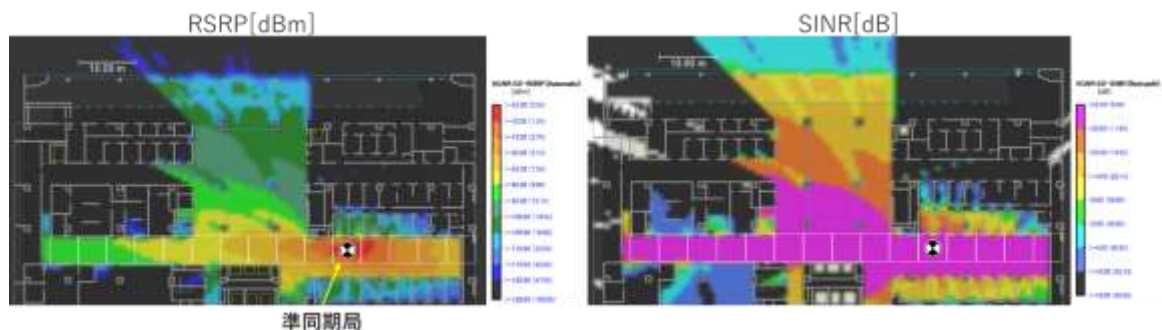
同期局

予測スループット [Mbps]	:伝送性能基準以下		同期局												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DL	533	533	533	533	533	533	533	502	478	478	431	431	400	384	384
UL	61	61	61	61	61	61	61	53	51	51	44	44	39	36	36

●同期基地局

図 3.3.3-5 同期基地局単独スループット推定

準同期基地局を単独で 50m 離隔位置に設置した場合



準同期局

予測スループット [Mbps]	:伝送性能基準以下		準同期局												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DL	210	210	216	228	237	247	247	247	247	247	247	247	247	247	247
UL	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246

●準同期基地局

図 3.3.3-6 準同期局単独 (50m 離隔位置) スループット推定

同一周波数で同期基地局と準同期基地局(TDD3)を 50m 離隔で設置した場合

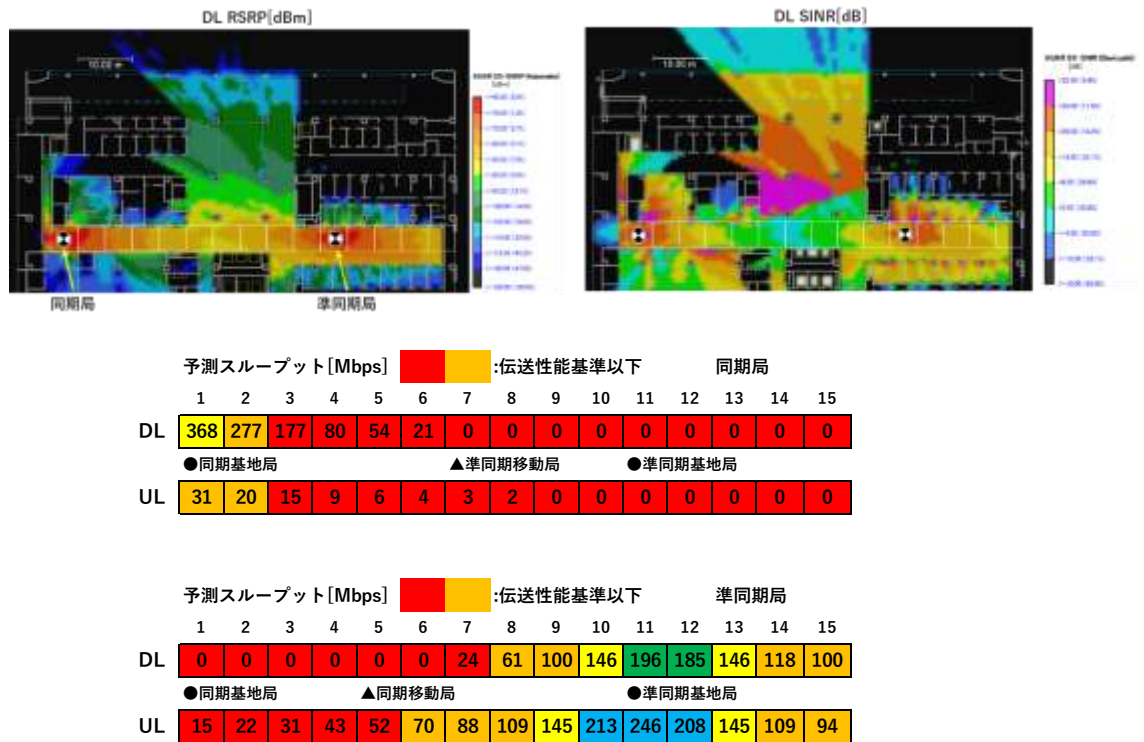


図 3.3.3-7 同一周波数 同期-準同期 TDD3 50m 離隔 スループット推定

同期局については、DL は基準以上のスループットを得られるのは基地局直下のみで UL については基地局直下でも不足。準同期局は 5~10m 程度の範囲でのみ基準以上のスループットを得られている。

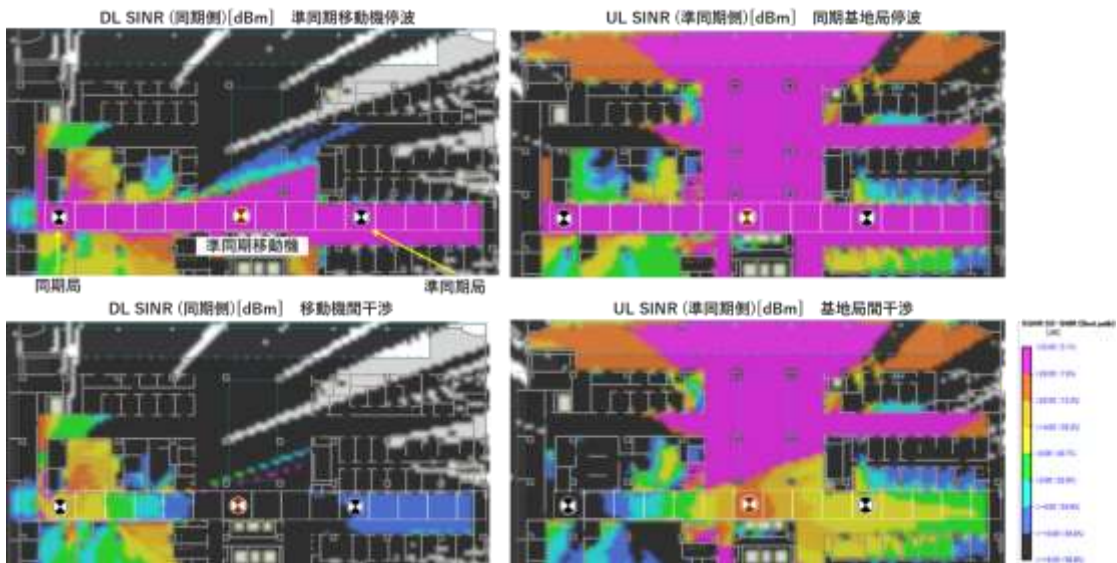


図 3.3.3-8 非同期スロットのシミュレーション

イ) 同一周波数で 2 局の同期基地局を 50m 離隔で設置した場合 (参考)

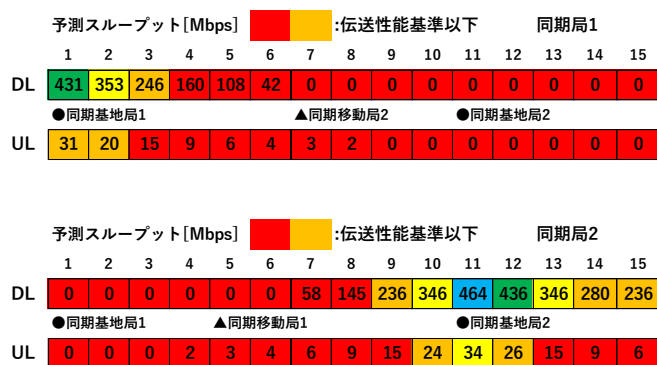


図 3.3.3-9 同一周波数 同期一同期 50m 離隔 スループット推定

ウ) 事前シミュレーションに関する考察

事前のシミュレーションの結果として、同一周波数における同期局と準同期局の共用は、単独設置の場合と比較して相互の干渉の影響が大きく、屋内の同一空間における共用では十分なスループットを得ることが難しいことが推測できる。

3) 実証構成

本実証は前述の3つのパターンで測定するため以下の構成で実施する。

構成1 同期局/準同期局の隣接セル間干渉測定 (同一周波数/隣接周波数)

同一の周波数で動作する2台の光DAS送信機を実証エリア内に一定間隔を置いて配置し、一方(基地局Aに接続)は常に同期局として、もう一方(基地局Bに接続)を同期局または準同期局に変更できる構成とする。

実証対象エリアは幅約75mである。

同期パターンで動作する基地局Aに接続する端末Aでの測定時には、基地局Bが同期局の場合にはDLの通信時に隣接局である基地局Bからの干渉を受けるが、基地局Bが準同期局の場合には、それに加えて基地局Bに接続して準同期パターンで通信する端末Bからの移動機間干渉も受ける。

同様に、基地局Bに接続する端末Bでの測定時には基地局Bが同期局の場合にはULの通信時に隣接局である基地局Aに接続する端末Aからの干渉を受けるが、基地局Bが準同期局の場合には、それに加えて基地局Bが基地局Aからの基地局間干渉も受ける。

以下の表にその関係を示す。

* 基地局 A は常に同期パターン

表 3.3.3-11 隣接セル間干渉パターン (同一周波数/隣接周波数)

測定端末		基地局 B : 準同期	基地局 B : 同期
基地局/端 末 A (同期)	DL	基地局 B からの干渉 端末 B からの干渉	基地局 B からの干渉
	UL	端末 B からの干渉	端末 B からの干渉
基地局/端 末 B (干渉局)	DL	基地局 A からの干渉	基地局 A からの干渉
	UL	端末 A からの干渉 基地局 A からの基地局間干渉	端末 A からの干渉

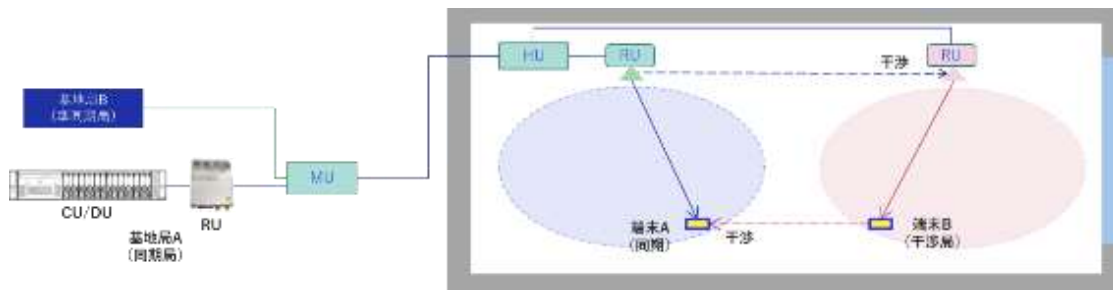


図 3.3.3-10 隣接セル間干渉パターン (同一周波数/隣接周波数)

構成 2 同期局/準同期局の重畳セル間干渉測定 (隣接周波数)

異なる周波数で動作する 2 台の光 DAS 送信機を実証エリア内の同一の場所に配置し、一方 (基地局 A に接続) は常に同期局として、もう一方 (基地局 B に接続) を同期局または準同期局に変更できる構成とする。

構成 1 と同様に、同期パターンで動作する基地局 A に接続する端末 A での測定時には、基地局 B が同期局の場合には DL の通信時に隣接局である基地局 B からの干渉を受けるが、基地局 B が準同期局の場合には、それに加えて基地局 B に接続して準同期パターンで通信する端末 B からの移動機間干渉も受ける。

同様に、基地局 B に接続する端末 B での測定時には基地局 B が同期局の場合には UL の通信時に隣接局である基地局 A に接続する端末 A からの干渉を受けるが、基地局 B が準同期局の場合には、それに加えて基地局 B が基地局 A からの基地局間干渉も受ける。

以下の表にその関係を示す。

表 3.3.3-12 重畳セル間干渉パターン (隣接周波数)

測定端末		基地局 B : 準同期	基地局 B : 同期
基地局/端 末 A (同期)	DL	基地局 B からの干渉 端末 B からの干渉	基地局 B からの干渉
	UL	端末 B からの干渉	端末 B からの干渉
基地局/端 末 B (干渉局)	DL	基地局 A からの干渉	基地局 A からの干渉
	UL	端末 A からの干渉 基地局 A からの基地局間干渉	端末 A からの干渉

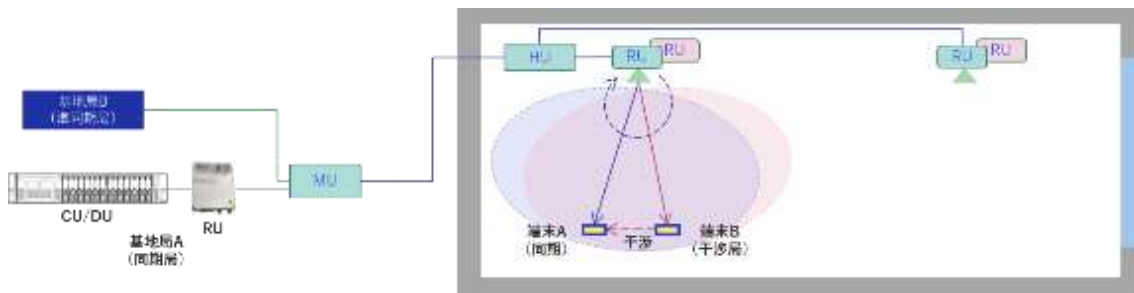


図 3.3.3-11 重畳セル間干渉パターン (隣接周波数)

それぞれの構成において、対象カバレッジ範囲内で送信機間距離方向の変化がわかるように下図のようにメッシュを設定し、RF スキャナーと 5G 端末を使用して、電波強度 (RSRP)、信号品質 (SIR)、基地局 A に接続する端末のスループット (UL/DL) と往復遅延 (Ping)、基地局 B に接続する端末のスループット (UL/DL) と往復遅延 (Ping) を測定し干渉の発生度合いを比較し評価する。測定位置は実証エリア内の距離を測定することで各メッシュの中央を測定位置として決定する。

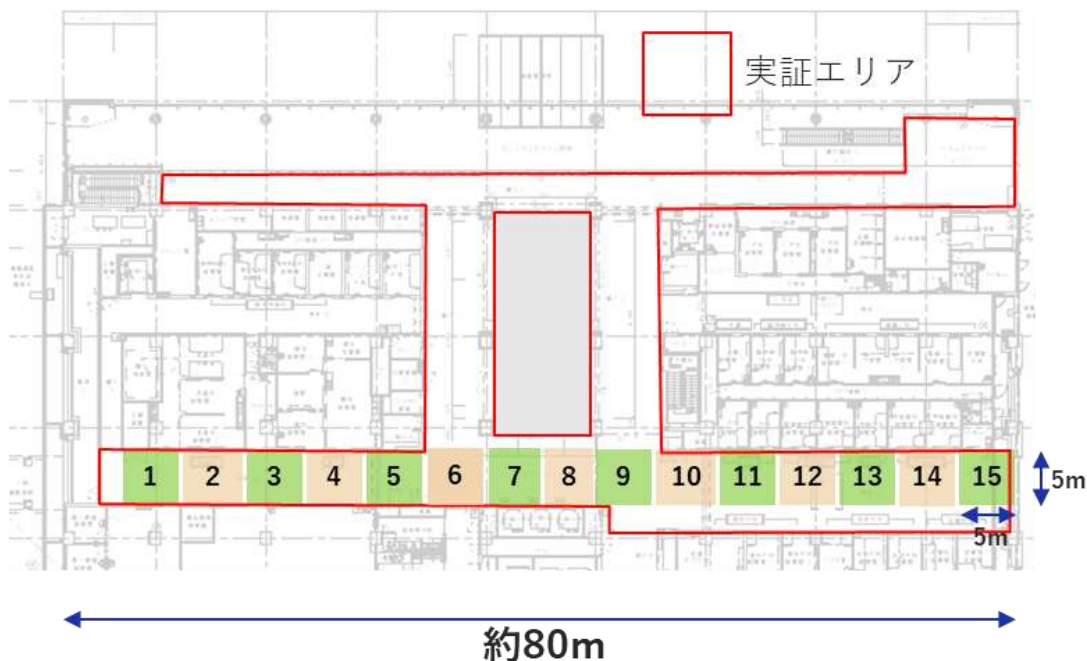


図 3.3.3-12 測定メッシュ

前述の通り、同期局と準同期局が併設される場合には、複数の同期局が併設される場合の干渉に加えて TDD パターンの差異が出る部分で、同期局においては準同期移動機から同期移動機への移動機間干渉が発生し、準同期局においては同期局基地局から準同期基地局への基地局間干渉が発生するため、この2つに着目して干渉状態を測定する。

(基地局間干渉の測定)

準同期局の UL スループットの測定により基地局間干渉の影響を確認する。この測定前に同期側の基地局 (与干渉側) に接続している移動機により DL 方向のトラフィックを発生させ与干渉基地局の送信時に DL 無線リソースブロックが最大限に利用されている状態にする。この際、与干渉となる基地局の送信電力が変化しないようにするため基地局と移動機との距離が一定になるよう配置する。この状態で、被干渉準同期基地局用のアンテナへの給電線をスペクトラムアナライザに接続してサブキャリア使用状態を確認するとともに与干渉量として受信電力 (帯域内および帯域外) を測定し記録しておく。

(移動機間干渉の測定)

同期局の DL スループットの測定により移動機間干渉の影響を確認する。この測定前に、準同期の基地局（与干渉側）に接続している与干渉側移動機により UL 方向のトラフィックを発生させ与干渉移動機の UL 無線リソースブロックが最大限に利用されている状態にする。実際の運用を考慮し与干渉側サービルエリア内に複数の移動機を配置する。またその際に発生させた各与干渉移動機の UL トラフィック量（スループット）についても参考値として記録する。

与干渉側移動機からの与干渉量を確認するため、同期局の DL スループットの測定前にスループット測定時と同じく各与干渉移動機の UL 方向のトラフィックを発生させた条件で被干渉側同期移動機の位置でスペクトラムアナライザを使用してサブキャリア使用状態を確認するとともに、与干渉準同期移動機からの受信電力（帯域内および帯域外）を測定し記録しておく。

前述の複数の与干渉側移動機の配置については以下の方法により決定する。

同時に送信する与干渉移動局の台数については、情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（2018年7月）での条件を参考に3台とする。なお、本実証が想定する環境は、屋内において比較的小電力の同期局と準同期局が隣接するケースであり、複数の与干渉システムから同時に干渉を受ける可能性は非常に少ないと考えられ、その場合の与干渉移動機は全て同一システム内の移動機であり、その総送信電力は1台の移動機が送信できる最大電力と等しいものになると考えられる。この際の個々の移動局の送信電力は基地局によるリソースブロックの割り当て数により変化し、本条件をシミュレーションに反映することは難しく実際の干渉量よりも大きな干渉としての差異が発生する可能性があるが、結果の評価時点において差異要因として考慮する。

シミュレーションの結果から、所要改善量が大きい場合には、基地局の報知パラメータの修正により与干渉側移動機の最大送信電力を抑制する手法を離隔距離の確保による手法に優先して検討する。また、移動機の送信電力制御機能の効果により与干渉側移動機と与干渉側基地局間の距離が移動機の送信電力に影響することから、前述の通り実測においてはこの影響によるブレを回避するため与干渉側移動機と与干渉側基地局間の距離関係を固定するように配置する必要がある。本実証ではシミュレーションと同様に3台の移動機を与干渉移動機として配置するが、与干渉基地局からの距離がそれぞれメッシュ間隔の2倍（10m）、3倍（15m）、4倍（20m）となるように各与干渉移動機の配置場所を選定する。ただし、実証エリアの環境により実施可能な配置とするために必要に応じて配置を調整する。また、測定結果によって、移動機1台による与干渉量が移動機3台の場合と同等と判断できる場合には、測定の簡素化のため、メッシュ間隔の4倍の位置の移動機のみで実施することも検討する。

また、比較のためそれぞれの構成で基地局 B を準同期から同期に変更して TDD 同期モードを一致させた場合についても同様に測定する。

基地局の送信電力は、共用検討シミュレーション（測定前）実施の際にあらかじめ発生する干渉量を予測しておき、実証エリアの基地局間距離の範囲内で試験実施可能であり、かつ免許の範囲内で適切な値を設定する。

測定結果において、準同期の採用による基地局間干渉が確認できた場合には被干渉局と与干渉局との間の距離を同一周波数の場合には初期値の 50m から 10m ステップで最大 70m まで、また隣接周波数の場合には 10m から 20m ステップで最大 70m まで増加させ、両送信機間の距離方向に配置されるメッシュについて同様の測定を実施し、離隔の効果を確認する。ただし、事前シミュレーションの結果や実測時の干渉量の程度により被干渉局と与干渉局との間の距離と測定位置は適切に調整する。

また離隔距離の確保により得られた減衰によって干渉の抑制を確認できた場合には、アンテナ利得の調整や方向の調整によっても同様の効果を得られるため、離隔距離によって得られる減衰量を指標として活用できるように整理する。

同様に移動機間干渉が確認された場合には、基地局の報知パラメータの変更により与干渉側移動機の最大送信電力を低減して干渉の影響を各メッシュで確認、比較し、影響範囲を特定する。



図 3.3.3-13 送信機間の離隔距離の調整

本実証は屋内において異なる同期パターンの基地局が隣接する場合の共用条件を確認することを目的としている。このように屋内で同期と準同期を併用する場合、両局の管理者は同一であることが多く、管理者は相互が干渉する可能性についての認識を持ったうえで運用するため準同期側の移動機の配置は管理可能であり、事前に適切な情報があれば設計時点で移動機の設置範囲を制限するなどして移動機間干渉の抑制を図ることができる。また、通常、移動機の送信電力は、基地局との距離により自動的に制御されるが、前述のとおり基地局の報知パラメータの変更により移動機の最大送信電力を設定することができる。そのため、本実証においては、与干渉側移動機の最大送信電力を抑制することで移動機間干渉の劣化をどの程度抑制することができるか同期局の移動機の DL 方向の SINR 及びスループットの比較により確認する。またこの結果を同期局同士が隣接した場合と比較することで準同期の採用による劣化分を推定する。

また、与干渉側移動機の最大送信電力を抑制する手法による干渉抑制の効果だけでは十分な改善量が得られない場合には、移動機間の離隔距離による抑制手法も併せて評価する。

(5) 実証結果

制度化準同期を含め、準同期網を同期網と併用するためには、低減されているとはいえ UL と DL のパターンがずれている TDD フレーム部分での干渉の発生を考慮しなくてはならない。

本実証で開発する準同期追加パターン (TDD3) においては、そのずれが制度化準同期よりもさらに大きい場合、その影響を確認し、これらを使用するための条件を明らかにすることが期待される。

ここでは、以下のアウトプットを提示することで、異なる各同期パターンの併用を実現するため、周波数とセル配置の組み合わせによる以下の 3 つの構築パターンによって異なる影響の度合いを比較、確認し、準同期追加パターンの実用可能な構築実装パターンとその条件を示す。

構築パターン① 同一周波数・隣接セル

構築パターン② 隣接周波数・隣接セル

構築パターン③ 隣接周波数・重畳セル

前項で測定した各数値結果については、各構築パターンについて対象セル毎に作成し、さらに同期パターンを同期と開発する準同期 (TDD3) にそれぞれ変更し、合計 6 パターンについて実施した。

なお、干渉のモードによって与干渉側と被干渉側は異なるが、本章の記載においては常に同期で動作するシステムを被干渉局、準同期で使用されるシステムを与干渉局と記載した。

また、各ポイントで RSRP を測定する際のサンプル数は 1,000 サンプル以上とし、標準偏差は標本自体の標準偏差 sd を求めるため下記式にて算出する

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

n = サンプル数

X_i = 測定値

1) 測定結果（同期局単独、準同期 TDD3 局単独）

測定の基準として干渉無しの場合のスループットを測定した。

表 3.3.3-13 被干渉局 NEC 基地局（同期単独） 測定シート

同期モード		基地局位置			与干渉用移動機位置		基地局間距離	
同期		1			なし		-	
移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DLスループット (Mbps)	ULスループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	標準 偏差
1	0	3	-69.3	21.6	435.9	66.1	22.9	4.405
3	10	3	-83.1	21.2	422.0	59.2	22.6	4.805
5	20	3	-90.6	21.1	485.2	57.4	22.1	4.989
7	30	3	-89.5	21.1	412.5	63.5	22.2	4.381
9	40	3	-89.3	21.3	442.7	59.8	21.0	4.954
11	50	3	-99.3	19.6	338.1	57.7	21.8	4.091
13	60	3	-87.9	21.4	322.2	59.9	22.9	3.398
15	70	3	-96.1	20.2	360.4	56.9	21.1	5.302

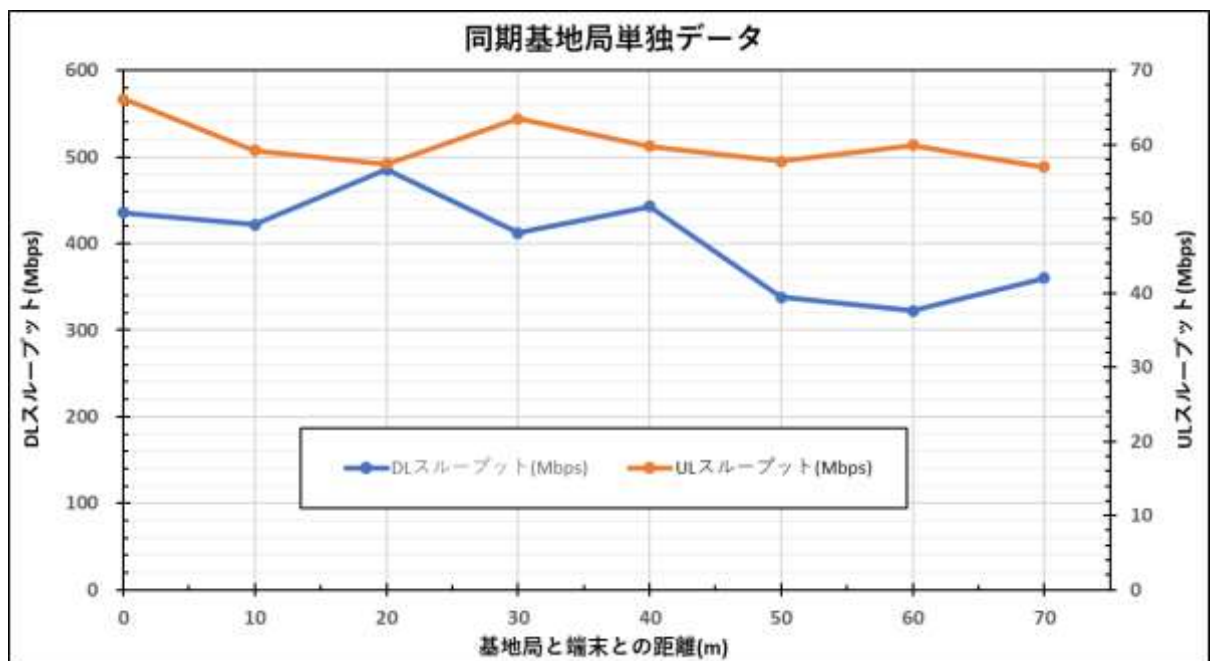


図 3.3.3-14 同期基地局単独スループット

表 3.3.3-14 与干渉局 F S 基地局（準同期単独） 測定シート

同期モード		基地局位置		与干渉用移動機位置		基地局間距離		
準同期TDD3		15		なし		-		
移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	DLスループット (Mbps)	ULスループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	標準 偏差
15	0	3	-67.2	21.6	255.0	228.0	32.4	4.509
13	10	3	-79.8	21.4	251.0	229.0	34.1	4.628
11	20	3	-81.6	21.6	244.0	198.0	31.9	3.929
9	30	3	-84.3	21.5	243.0	211.0	24.4	3.883
7	40	3	-85.9	21.7	207.0	159.0	29.5	3.406
5	50	3	-88.8	21.4	193.0	104.0	28.6	3.131
3	60	3	-87.7	21.6	193.0	117.0	25.6	4.424
1	70	3	-90.3	21.3	195.0	113.0	28.6	4.687

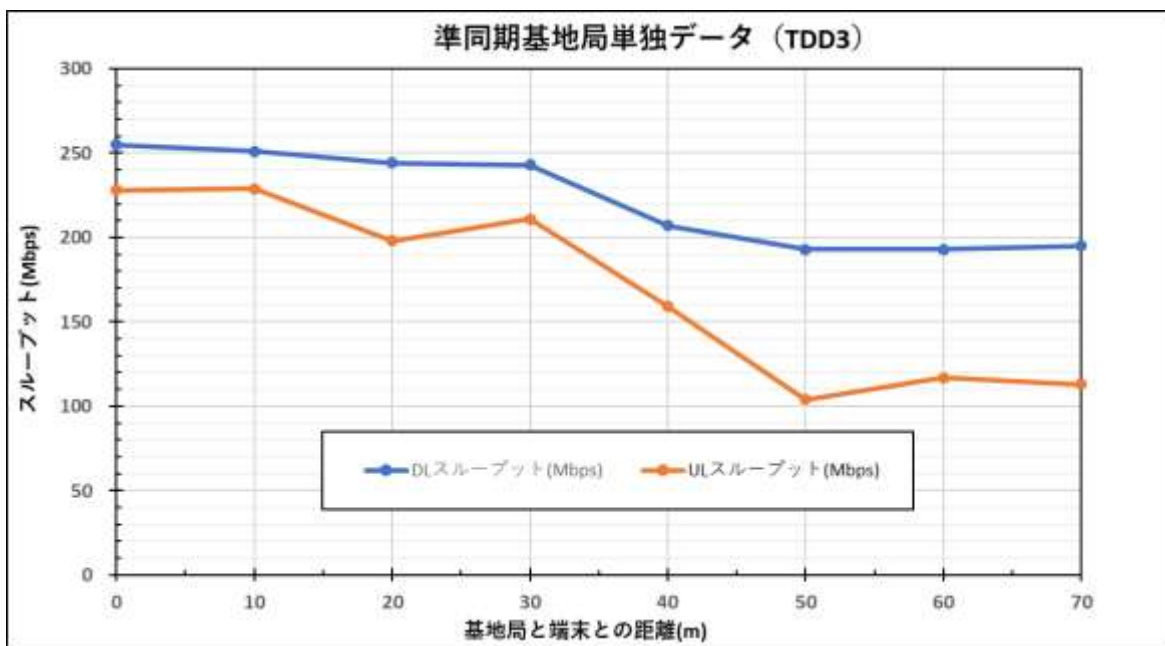


図 3.3.3-15 準同期基地局単独スループット

2) 測定結果（同一周波数の隣接セル・移動機間干渉）

移動機間干渉の測定においては、報知パラメータの設定による与干渉移動機側の最大送信電力の抑制による干渉抑制効果を確認するため、与干渉移動機側の最大送信電力の制限値を移動機の最大送信電力仕様値（+23dBm）から 3dB ステップで変更してその効果を確認した。この際、最大送信電力の制限値が+17dBm より大きい場合にはその効果が見えないこと、また最大送信電力の制限値が+8dBm 未満においては移動機の送信電力が不足し接続が不安定になることを確認したことから最大送信電力の制限値の変更範囲は+17dBm～+8dBm とした。

また実施計画においては与干渉移動機を 3 台設置して UL 方向の通信を発生させて測定する計画であったが、事前の予備測定で、与干渉基地局からの距離がそれぞれメッシュ間隔の 2 倍（10m）、3 倍（15m）、4 倍（20m）のメッシュに与干渉移動機 3 台を配置した場合の被干渉移動機位置での干渉波レベルと与干渉基地局からの距離がメッシュ間隔の 4 倍（20m）の位置の移動機 1 台のみ配置し 3 倍のスループットで通信させた場合の被干渉移動機位置での干渉波レベルには差がないことを確認した。また、今回の実証のように同一周波数で基地局間が近接する場合には、被干渉システムのスループットへの影響は、TDD フレームの UL/DL が相違する部分だけではなく一致する部分での影響も大きく、両者を併せて評価する必要があると判断されたため、3 台の移動機のうち与干渉基地局からの距離がメッシュ間隔の 3 倍（15m）の移動機 1 台については DL 方向の通信を発生させて移動機間干渉だけではなく与干渉基地局から被干渉移動機への基地局移動機間干渉も同時に発生させた状態での被干渉移動機でのスループット測定を実施した。

測定は以下の手順で実施した。

- ① 同期基地局（被干渉システム）をメッシュ 1、準同期基地局（与干渉システム）をメッシュ 15 に配置する。
- ② 移動機の最大送信電力を抑制することで、与干渉側システムのサービスエリアが狭くなる場合があるため、測定可能な与干渉側と被干渉側のサービス範囲を必要に応じて確認する。この場合のサービスエリアは受信電界ではなく、実際に移動機が通信可能かどうかで判定する。
- ③ 与干渉基地局からの距離がそれぞれメッシュ間隔の 2 倍（10m）、3 倍（15m）、4 倍（20m）のメッシュに与干渉移動機を配置し、UL トラフィックを発生させることにより UL 無線リソースブロックが最大限に利用されている状態にして、スペクトラムアナライザで確認した。



図 3.3.3-16 リソースブロックの最大限利用の確認 (Max Holdで全帯域に送信していることを確認)

- ④ 与干渉移動機の位置から被干渉基地局方向の隣のメッシュおよびそのメッシュから2メッシュ間隔で被干渉基地局の隣のメッシュまでの各メッシュにおいて与干渉システムが同期の場合およびTDD3の場合について、測定を実施し記録する。
- ⑤ 与干渉移動機側の最大送信電力の制限値を3dBステップで与干渉移動機が接続できなくなるまで減少させ、TDD3の場合の測定を繰り返す。
- ⑥ 与干渉、被干渉システムの双方の移動機が接続可能な範囲で与干渉基地局の位置を被干渉基地局に近づく方向に2メッシュ移動して測定を繰り返す。

表 3.3.3-15 構築パターン① 同一周波数の隣接セル間における移動機間干渉

基地局間距離	メッシュ毎の機器配置 (番号はメッシュの左端からの順番号)														
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
50m	RU(同)						UE(準)1	UE(準)2	UE(準)3		RU(準)				
60m	RU(同)								UE(準)1	UE(準)2	UE(準)3		RU(準)		
70m	RU(同)										UE(準)1	UE(準)2	UE(準)3		RU(準)

RU(同): 同期基地局の位置

RU(準): 準同期基地局の位置

UE(準): 準同期移動機の配置場所例(与干渉ULトラフィックを発生、カバーエリアによって調整)

■: 同期移動機 DL測定対象位置例 (カバーエリアによって調整)

メッシュサイズは約5m x 約5m

表 3.3.3-16 同一周波数移動機間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離				
TDD3		(被干渉) 1	同期時は			(UL) 12	70m				
						(DL) 11, 13					
		(与干渉) 15	準同期時は			(UL) 11, 13					
						(DL) 12					
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=17dBm)							与干渉システム				
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	45	3	-75.4	21.2	173.3	9.7	56.7	4.765	23.8	97.2	
4	35	3	-83.4	21.0	137.9	8.2	56.3	4.606	20.1	95.6	
6	25	3	-81.6	21.5	126.1	6.4	56.7	3.934	20.9	95.3	
8	15	3	-88.6	20.2	80.8	7.8	56.1	4.694	16.7	73.5	
10	5	3	-92.9	16.4	41.9	5.7	53.3	3.672	9.5	36.8	
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=17dBm)							与干渉システム				
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	45	3	-75.4	21.2	191.5	10.7	56.0	4.765	23.0	118.3	
4	35	3	-83.4	21.0	108.9	7.3	50.3	4.606	21.2	116.2	
6	25	3	-81.6	21.5	110.2	12.1	56.2	3.934	21.5	105.6	
8	15	3	-88.6	20.2	63.8	10.3	30.5	4.694	21.0	94.6	
10	5	3	-92.9	16.4	13.4	8.2	31.4	3.672	20.0	66.0	

表 3.3.3-17 同一周波数移動機間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離				
TDD3		(被干渉) 1	同期時は			(UL) 12	70m				
						(DL) 11, 13					
		(与干渉) 15	準同期時は			(UL) 11, 13					
						(DL) 12					
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=14dBm)							与干渉システム				
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	45	3	-75.4	21.2	367.8	22.2	24.9	4.765	24.2	47.4	
4	35	3	-83.4	21.0	208.9	17.7	26.9	4.606	22.8	47.1	
6	25	3	-81.6	21.5	215.6	20.9	28.9	3.934	23.0	47.4	
8	15	3	-88.6	20.2	128.8	13.5	27.3	4.694	22.3	38.5	
10	5	3	-92.9	16.4	119.6	16.8	28.4	3.672	13.5	19.8	
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=14dBm)							与干渉システム				
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	45	3	-75.4	21.2	383.6	17.0	26.4	4.765	20.0	109.8	
4	35	3	-83.4	21.0	284.3	17.6	26.8	4.606	21.2	104.2	
6	25	3	-81.6	21.5	261.1	19.0	24.7	3.934	20.7	105.7	
8	15	3	-88.6	20.2	136.5	18.5	28.0	4.694	20.8	92.0	
10	5	3	-92.9	16.4	25.5	16.0	28.5	3.672	19.6	68.6	

表 3.3.3-18 同一周波数移動機間干渉 測定シート

準同期パターン			基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離		
TDD3			(被干渉) 1		同期時は (UL) 12 (DL) 11, 13			70m		
			(与干渉) 15		準同期時は (UL) 11, 13 (DL) 12					
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=11dBm)								与干渉システム		
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)
2	45	3	-75.4	21.2	364.9	21.2	21.9	4.765	22.2	47.2
4	35	3	-83.4	21.0	266.5	24.9	23.8	4.606	16.9	44.8
6	25	3	-81.6	21.5	159.7	24.9	23.7	3.934	17.6	46.4
8	15	3	-88.6	20.2	148.3	27.1	24.6	4.694	15.6	33.8
10	5	3	-92.9	16.4	101.6	19.8	22.2	3.672	5.8	12.9
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=11dBm)								与干渉システム		
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)
2	45	3	-75.4	21.2	390.7	24.1	22.1	4.765	19.2	99.9
4	35	3	-83.4	21.0	342.7	31.4	21.4	4.606	20.1	100.6
6	25	3	-81.6	21.5	222.4	25.0	21.3	3.934	19.3	98.0
8	15	3	-88.6	20.2	163.6	21.5	22.6	4.694	22.1	90.5
10	5	3	-92.9	16.4	51.7	25.2	23.8	3.672	22.7	65.3

表 3.3.3-19 同一周波数移動機間干渉 測定シート

TDD3			(被干渉) 1		同期時は (UL) 12 (DL) 11, 13			70m		
			(与干渉) 15		準同期時は (UL) 11, 13 (DL) 12					
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)								与干渉システム		
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)
2	45	3	-75.4	21.2	381.4	27.6	23.1	4.765	19.2	41.7
4	35	3	-83.4	21.0	306.1	27.8	24.9	4.606	15.9	30.7
6	25	3	-81.6	21.5	185.9	32.5	25.2	3.934	15.2	35.7
8	15	3	-88.6	20.2	113.6	31.3	24.5	4.694	9.5	18.0
10	5	3	-92.9	16.4	95.9	35.0	22.1	3.672	3.7	7.4
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)								与干渉システム		
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)
2	45	3	-75.4	21.2	431.3	36.1	21.7	4.765	20.1	63.3
4	35	3	-83.4	21.0	342.2	38.6	23.0	4.606	20.2	64.0
6	25	3	-81.6	21.5	298.1	39.2	21.4	3.934	19.5	53.9
8	15	3	-88.6	20.2	197.8	36.9	23.2	4.694	18.4	52.6
10	5	3	-92.9	16.4	65.5	31.5	22.8	3.672	21.2	52.4

表 3.3.3-20 同一周波数移動機間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離				
TDD3		(被干渉) 1		同期時は (UL) 10 (DL) 9, 11			60m				
		(与干渉) 13		準同期時は (UL) 9, 11 (DL) 10							
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)										与干渉システム	
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	35	3	-74.4	21.5	440.3	23.0	26.2	4.951	18.7	76.8	
4	25	3	-86.2	20.7	255.5	25.0	26.6	4.771	14.4	41.7	
6	15	3	-84.6	21.1	226.3	23.4	26.8	3.526	13.7	43.4	
8	5	3	-87.1	20.5	142.7	26.8	29.9	3.149	7.8	25.5	
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)										与干渉システム	
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	35	3	-74.4	21.5	405.4	15.1	26.2	4.951	18.5	37.5	
4	25	3	-86.2	20.7	305.1	11.4	26.2	4.771	14.3	28.9	
6	15	3	-84.6	21.1	199.5	10.9	26.9	3.526	13.9	20.2	
8	5	3	-87.1	20.5	105.1	20.1	26.8	3.149	15.9	21.1	

表 3.3.3-21 同一周波数移動機間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離				
TDD3		(被干渉) 1		同期時は (UL) 8 (DL) 7, 9			50m				
		(与干渉) 11		準同期時は (UL) 7, 9 (DL) 8							
被干渉 (同期) システム (与干渉が同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)										与干渉システム	
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	25	3	-75.2	21.5	222.9	15.6	46.3	4.785	13.8	31.6	
4	15	3	-82.0	21.4	212.6	14.5	56.3	4.117	6.7	13.8	
6	5	3	-84.8	20.9	164.6	16.5	45.1	3.852	4.2	8.7	
被干渉 (同期) システム (与干渉が準同期、与干渉移動機の最大送信電力の制限値=8dBm)										与干渉システム	
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)	UL スループット (Mbps)	
2	25	3	-75.2	21.5	223.5	16.9	49.0	4.785	14.2	13.9	
4	15	3	-82.0	21.4	192.9	16.8	56.1	4.117	12.2	12.3	
6	5	3	-84.8	20.9	127.2	22.7	43.6	3.852	12.8	11.0	

各数値データの傾向を把握するため以下のように移動局最大送信電力別、基地局間距離隔別のグラフを作成し、それぞれ相対関係を確認した。

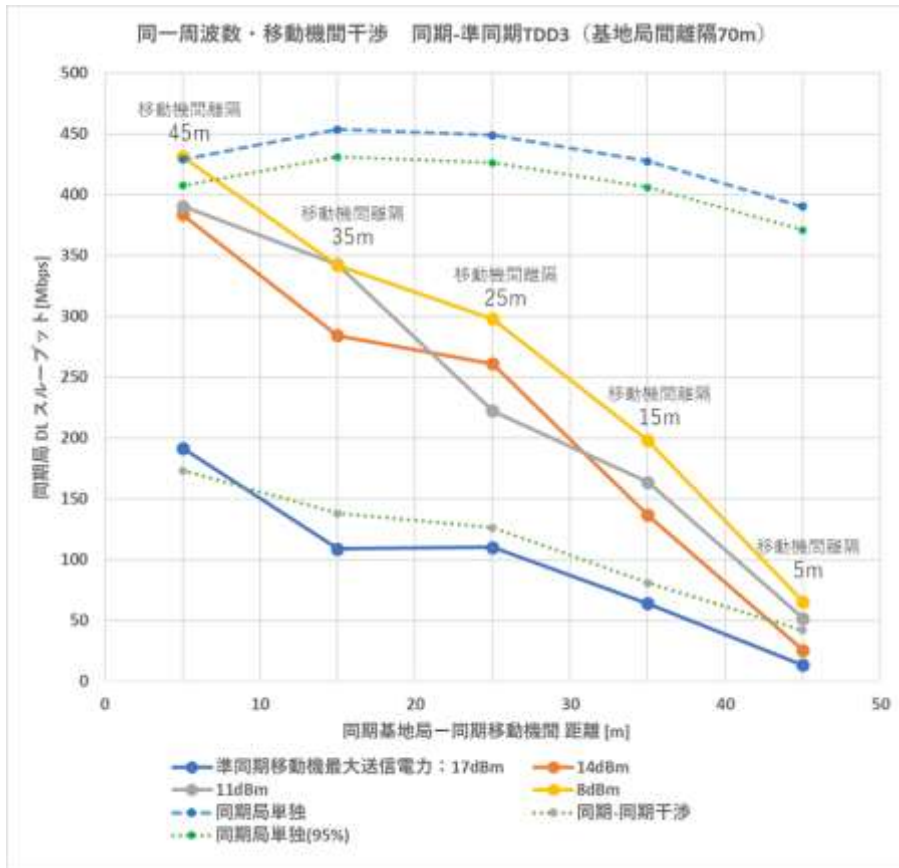


図 3.3.3-17 移動局最大送信電力別 同期局 DL スループット

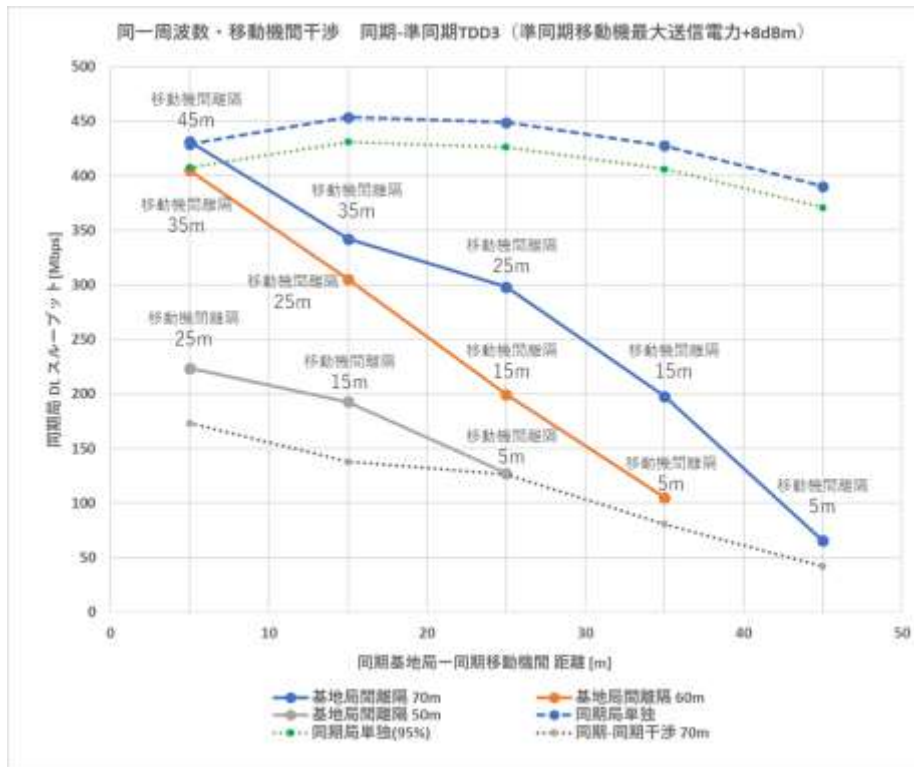


図 3.3.3-18 基地局間離隔別 同期局 DL スループット

同一周波数で、同期システムと準同期システムを併設した場合、非同期スロットの移動機間干渉により同期システムの DL スループットが影響を受ける。

双方の基地局を本実証エリアで最大離隔となる 70m 離隔で設置した場合、同期移動機が同期基地局直近の 5m 位置（移動機間離隔は 45m）に配置した場合においても DL スループットは同期基地局を単独で配置した際の DL スループット値（約 430Mbps）と比較して約半分の 200Mbps 弱まで低下した。

移動機間干渉を抑制するため準同期移動局の最大送信電力の制限値を+17dBm から+8dBm まで変化させたと、同期移動機での DL スループットは約 200Mbps から 400Mbps 以上に戻り、改善することが確認できた。一方で、準同期移動機の UL スループットは 120Mbps から 63Mbps とほぼ半減した。

また、準同期移動局の最大送信電力を準同期基地局への接続が可能な最低値である+8dBm まで制限しても、同期基地局から 15m の場所では移動機間干渉の影響で同期移動機の DL スループットが影響を受けることが確認できた。（同期スロットでの準同期基地局から同期移動機への干渉の影響も含まれる）なお、同期基地局から 5m の場所であれば、同期基地局を単独で設置した場合と同等の DL スループットを得ることができたが、実用的には同期システムの業務区域（セル半径）5m では不十分な場合が多いと想定され、多くの場合で 70m よりもさらに大きな基地局間離隔が必要になる。

これらの結果から、屋内における同一周波数で同期システムと準同期システムとを併設した場合には、相互の干渉によるスループットの劣化は避けられないが、移動機間干渉を準同期移動機の最大送信電力を制限することで抑制することが可能である。この手法による移動機間干渉の抑制により同期移動機での DL スループットは増加するが、一方で準同期移動機は送信電力の低下により UL スループットが低下する。このトレードオフ関係は 3.3.3 (4) 2) のシミュレーション結果とも合致しており、同期システムと準同期システムの相互の干渉による劣化を一定量まで許容できる関係であれば、屋内の近距離（100m 以下の離隔）でも移動局送信電力抑制により同期局 DL と準同期局 UL スループットのバランスをとることでそれぞれのユースケースに応じた設計が可能であることが確認できた。

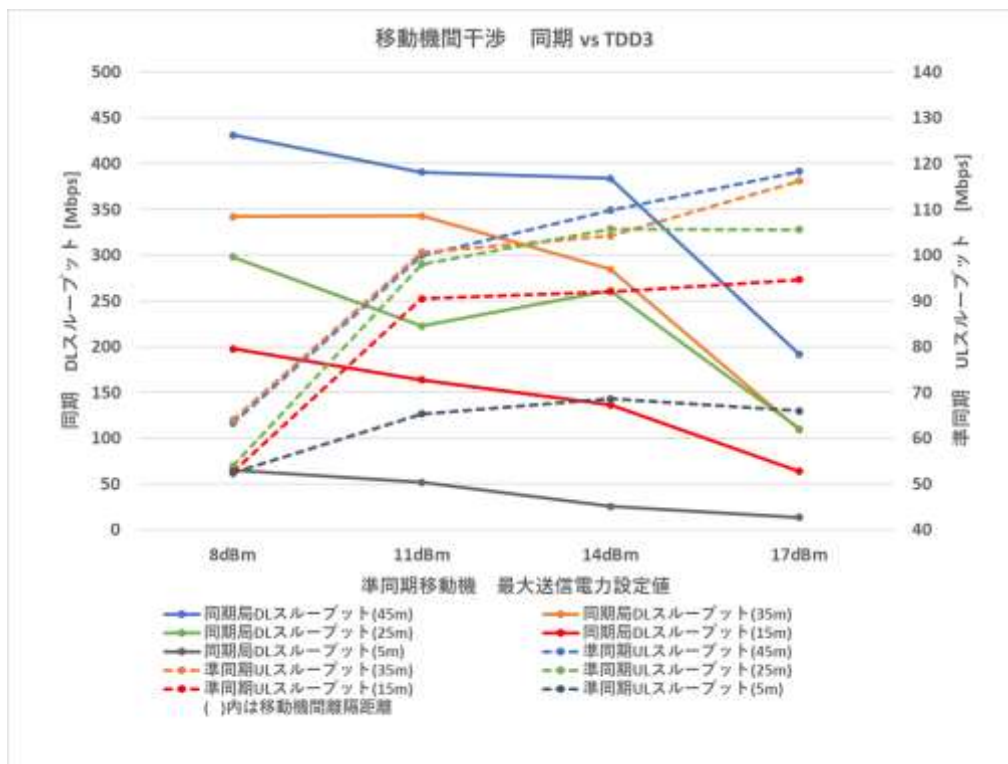


図 3.3.3-19 準同期移動機の最大送信電力値の制限によるスループット変化

また、測定値とシミュレーション結果を比較するため、以下の表に整理した。

表 3.3.3-22 実測値とシミュレーション値 (TDD3 移動機間干渉 基地局間離隔調整)

基地局間離隔	準同期移動機 最大送信電力 =8dBm	メッシュ毎の機器配置 (番号はメッシュの左端からの順番)															
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
同期DL RSRP [dBm]	シミュレーション	-66.9	-70.8	-76.2	-80.4	-83.0	-84.4	-86.0	-88.2	-88.7	-90.3	-91.6	-92.5	-93.3	-94.0	-94.4	
	実測		-75.4		-83.4		-81.6		-88.6		-92.9						
同期DL SINR [dB]	50m	シミュレーション	25.2	21.0	14.6	9.1	5.3	1.8	-1.7	-6.2	-10.3	-16.0	-16.0	-16.0	-16.0	-13.7	-11.7
		実測		21.5		21.4		20.9									
	60m	シミュレーション	26.8	22.7	15.8	11.8	7.7	4.4	1.3	-1.7	-4.8	-8.1	-13.2	-16.0	-16.0	-16.0	-16.0
		実測		21.5		20.7		21.1		20.5							
	70m	シミュレーション	28.1	24.0	17.8	12.9	9.5	6.6	3.8	0.8	-1.3	-4.3	-7.6	-10.9	-15.1	-16.0	-16.0
		実測		21.2		21.0		21.5		20.2		16.4					
同期 DL スループット [Mbps]	50m	シミュレーション	474.2	376.1	263.6	168.4	96.5	21.1									
		実測		223.5		192.9		127.2									
	60m	シミュレーション	510.5	401.3	240.8	169.2	69.2	42.2	21.1								
		実測		405.4		305.1		199.5		105.1							
	70m	シミュレーション	505.4	458.4	344.6	253.6	199.1	155.3	111.4	45.3	16.1						
		実測		431.3		342.2		298.1		197.8		65.5					

表 3.3.3-23 実測値とシミュレーション値 (TDD3 移動機間干渉 移動機最大送信電力調整)

	基地局間距離 (準同期移動機 最大送信電力)	メッシュ毎の機器配置 (番号はメッシュの左端からの順番号)															
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
RSRP [dBm]	70m	シミュレーション	-66.9	-70.8	-76.2	-80.4	-83.0	-84.4	-86.0	-88.2	-88.7	-90.3	-91.6	-92.5	-93.3	-94.0	-94.4
		実測		-75.4		-83.4		-81.6		-88.6		-92.9					
SINR [dB]	70m	シミュレーション	25.2	21.0	14.6	9.1	5.3	1.8	-1.7	-6.2	-10.3	-16.0	-16.0	-16.0	-16.0	-13.7	-11.7
		実測		21.2		21.0		21.5		20.2		16.4					
同期 DL スルー プット [Mbps]	70m (17dBm)	シミュレーション	380.0	299.2	203.1	112.4	62.3	21.1									
		実測		191.5		108.9		110.2		63.8		13.4					
	70m (14dBm)	シミュレーション	454.7	376.1	263.6	181.3	123.5	75.4	21.1								
		実測		383.6		284.3		261.1		136.5		25.5					
	70m (11dBm)	シミュレーション	481.9	399.7	299.2	203.1	146.3	90.3	54.2	8.1							
		実測		390.7		342.7		222.4		163.6		51.7					
	70m (8dBm)	シミュレーション	505.4	458.4	344.6	253.6	199.1	155.3	111.4	45.3	16.1						
		実測		431.3		342.2		298.1		197.8		65.5					

シミュレーションの精度を確認するため実測値との関係を以下の通りグラフにした。

概ね傾向は合致しているが、特定地点のスループットを推定するために使用する場合にはまだ精度が不足している。今回のシミュレーションでは、レイトレーシングによるシミュレーションのために建物のモデル化を実施しているが、その際の建材の減衰率等はツールのデフォルト値を使用しており厳密に現物の材料とその特性を確認することは困難であること。また、移動機や基地局の MCS 判定の仕組みがベンダの実装に委ねられていることから、これを実験室での実測により推定していることなどが差分の要因と考えられる。これらを考慮した精度向上は今後の課題である。

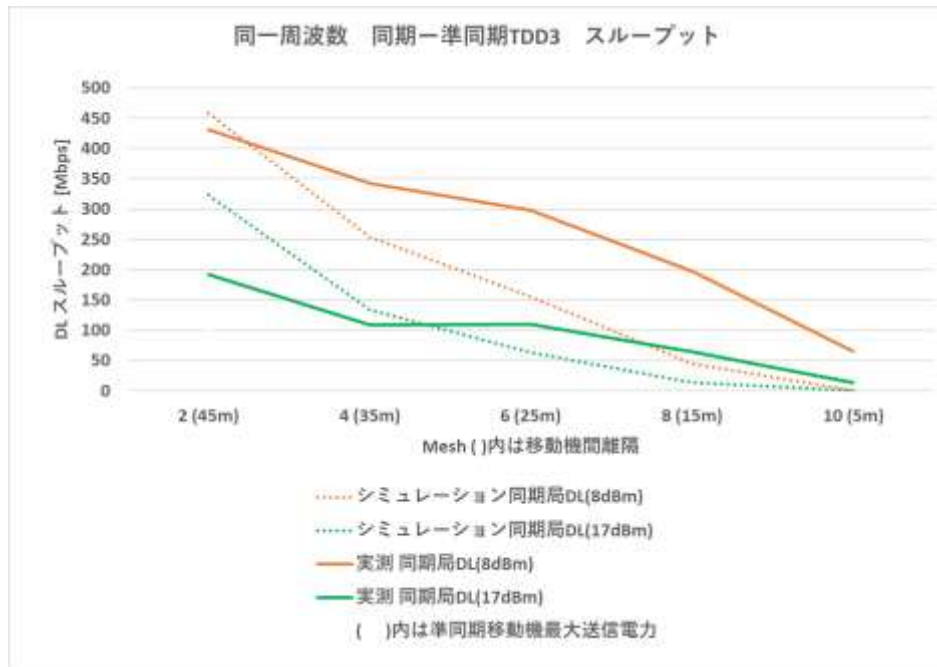


図 3.3.3-20 シミュレーションと実測値の比較

参考のため、被干渉局である同期局の RSRP と SINR の測定値についてシミュレーションとの比較をグラフにした。SINR のシミュレーション値については、同期フレームと非同期フレーム、また準同期移動機の最大送信電力値の差分も示している。

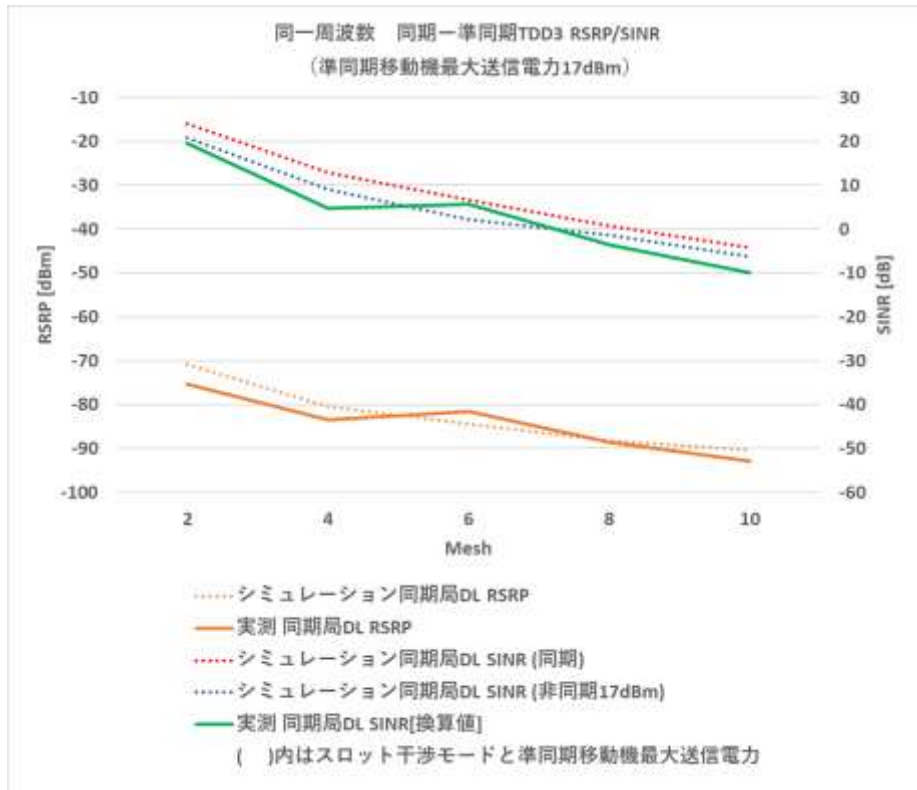


図 3.3.3-21 同一周波数 同期-準同期 TDD 干渉 同期局 RSRP/SINR-1

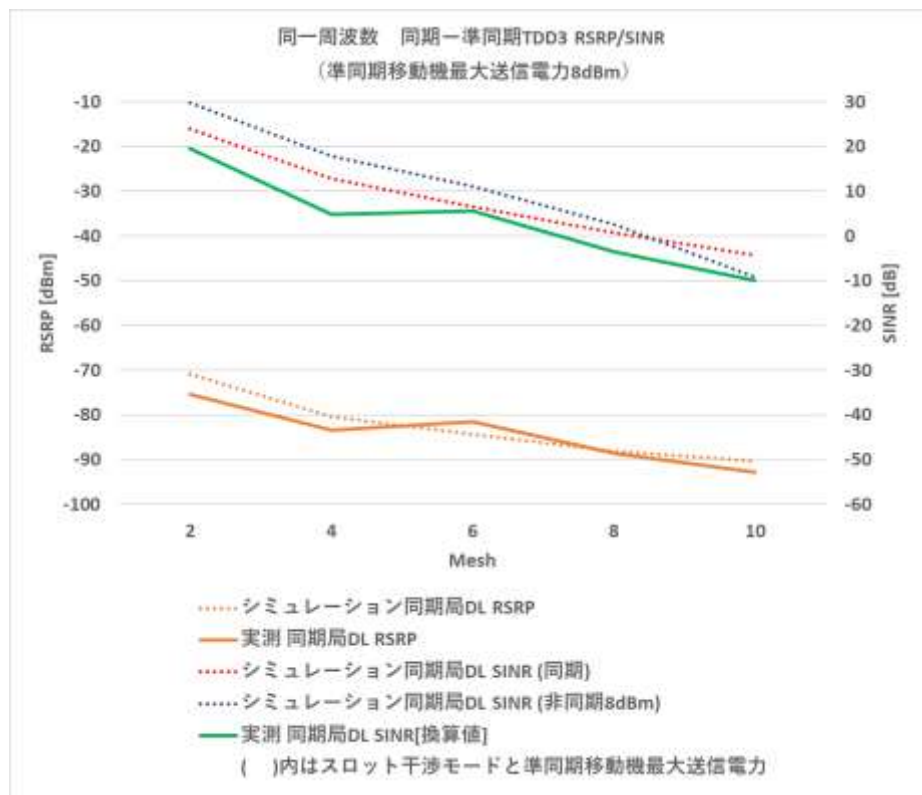


図 3.3.3-22 同一周波数 同期-準同期 TDD 干渉 同期局 RSRP/SINR-2

RSRPについてはシミュレーション値から大きな乖離は無いが、SINRでは最大で5~10dB程度の差異があった。3.3.2(5)2)でも述べた通り、今回の実証においては、与干渉局と被干渉局で異なるベンダの基地局を使用しているが、RSRP/SINR測定の対象であるSSB(Synchronization Signal Block)の周波数方向及び時間軸方向の配置は5G基地局の場合には4Gのように固定されておらず、ベンダによって設定が異なっている場合がある。本実証の使用機器同士の場合には時間軸方向での配置に差異があることを確認した。スキャナーでのSINRの測定においては、SSBの配置設定が完全に一致しない状態の他局からの干渉はSINR値に反映されないため、ここでは、与干渉局のRSRP値で被干渉局のSINR値を補正換算した値を使用している。

今回の結果から、同一周波数における同期局と準同期局との共用においては、屋内の短い離隔で配置される場合には移動機間干渉による同期局のDLスループットの劣化は回避できないが、準同期移動機の最大送信電力値を制限することで、この干渉を抑制できることが確認できた。

以下の図では、無干渉の場合と準同期移動機の最大送信電力値を8dBmに抑制した場合について移動機間離隔による同期局のDLスループットの変化を示している。移動機間離隔が45mの場合(この際の基地局間離隔は70m)、準同期移動機の最大送信電力値が17dBmの場合のDLスループットが192Mbpsであったのに対して準同期移動機の最大送信電力値を8dBmに下げること無干渉の場合と同等の431Mbpsまで改善したが、その状態で移動機間離隔25mまで近づくとDLスループットは224Mbpsまで劣化した。

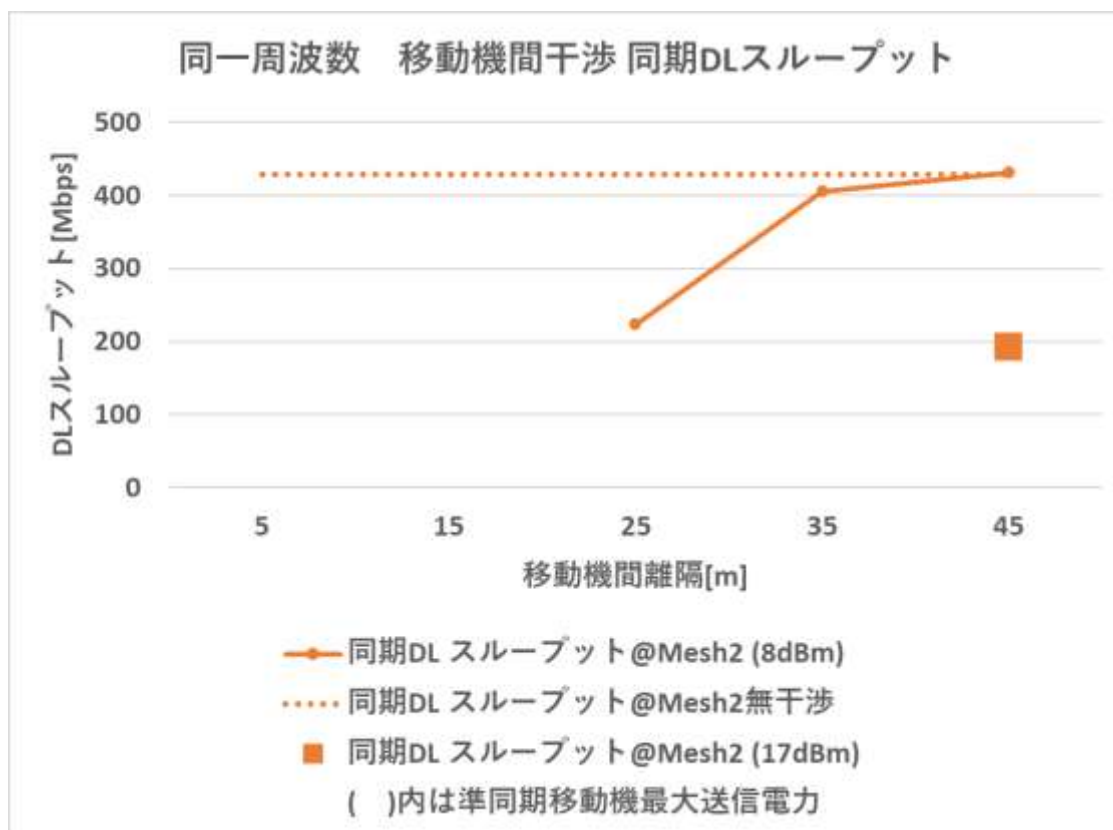


図 3.3.3-23 移動機間干渉 移動機間間隔 vs 同期 DL スループット

3) 測定結果（同一周波数の隣接セル・基地局間干渉）

以下の配置の組み合わせにおいて与干渉側のシステムが同期の場合と TDD3 の場合について、測定を実施し記録する。その際、与干渉システムのカバレッジ範囲内で測定した。

与干渉側同期移動機の位置はカバーエリアによって調整し固定した。

表 3.3.3-24 構築パターン① 準同期局の隣接セル間干渉測定（同一周波数）

基地局間離隔	メッシュ毎の機器配置（番号はメッシュの左端からの順番号）														
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
50m	RU(同)			UE(同)							RU(準)				
60m	RU(同)			UE(同)									RU(準)		
70m	RU(同)			UE(同)											RU(準)

RU(同): 同期基地局の位置

RU(準): 準同期基地局の位置

UE(同): 同期移動機の配置場所(与干渉DLトラフィックを発生、カバーエリアによって調整)

: 準同期移動機 UL測定対象位置（カバーエリアによって調整）

基地局間隔をパラメータとして準同期基地局のカバーエリア内を測定

メッシュサイズは約5m x 約5m

表 3.3.3-25 同一周波数基地局間干渉 基地局間離隔 70m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離			
TDD3		(被干渉) 15		同期/準同期	(UL) 4	70m			
		(与干渉) 1			(DL) 4				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	0	3	-72.6	21.6	221.0	82.9	30.4	5.084	25.0
13	10	3	-74.8	22.0	454.0	54.2	31.4	4.477	22.9
11	20	3	-81.9	20.4	427.0	33.5	35.2	3.429	17.2
9	30	3	-81.9	21.6	363.0	33.7	30.9	3.446	15.4
7	40	3	-94.2	17.9	245.0	33.1	35.7	3.460	16.9
5	50	3	-90.1	19.9	113.0	32.8	29.4	3.793	18.6
3	60	3	測定不能	測定不能	30.5	16.9	31.6	測定不能	9.6
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	0	3	-72.6	21.6	261.0	185.0	35.3	5.084	24.8
13	10	3	-74.8	22.0	257.0	183.0	35.5	4.477	21.8
11	20	3	-81.9	20.4	195.0	127.0	35.2	3.429	16.0
9	30	3	-81.9	21.6	188.0	93.0	34.6	3.446	15.1
7	40	3	-94.2	17.9	120.0	98.7	34.9	3.460	14.1
5	50	3	-90.1	19.9	56.6	40.3	34.4	3.793	11.3
3	60	3	測定不能	測定不能	18.3	76.1	35.8	測定不能	14.8

表 3.3.3-26 同一周波数基地局間干渉 基地局間離隔 60m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離			
TDD3		(被干渉) 13		同期/準同期	(UL) 4	60m			
		(与干渉) 1			(DL) 4				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	10	3	-76.0	21.3	505.0	69.6	33.2	4.521	24.7
13	0	3	-65.1	21.8	511.0	61.1	35.7	4.181	23.2
11	10	3	-78.3	21.7	487.0	38.1	34.4	4.414	24.6
9	20	3	-85.8	20.7	335.0	53.8	36.0	3.369	18.7
7	30	3	-85.0	20.6	255.0	34.1	35.3	3.630	17.2
5	40	3	-85.9	21.1	測定不能	測定不能	測定不能	2.390	
3	50	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	10	3	-76.0	21.3	225.0	107.0	35.3	4.521	24.8
13	0	3	-65.1	21.8	261.0	111.0	36.0	4.181	24.3
11	10	3	-78.3	21.7	246.0	113.0	35.5	4.414	26.3
9	20	3	-85.8	20.7	126.0	65.5	35.2	3.369	22.3
7	30	3	-85.0	20.6	83.6	33.4	35.2	3.630	15.6
5	40	3	-85.9	21.1	測定不能	測定不能	測定不能	2.390	
3	50	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	

表 3.3.3-27 同一周波数基地局間干渉 基地局間離隔 50m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離		
TDD3		(被干渉) 11		同期/準同期	(UL) 4		50m		
		(与干渉) 1			(DL) 4				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	20	3	-80.6	20.7	434.0	36.6	31.8	4.496	14.0
13	10	3	-78.9	21.9	480.0	64.2	34.8	4.801	20.7
11	0	3	-72.1	21.7	513.0	71.0	32.9	3.915	23.6
9	10	3	-79.9	19.9	322.0	34.3	27.0	3.351	18.9
7	20	3	-85.6	20.3	192.0	21.6	33.0	3.388	11.3
5	30	3	-82.7	21.2	測定不能	測定不能	測定不能	5.539	
3	40	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	20	3	-80.6	20.7	184.0	75.1	33.4	4.496	15.9
13	10	3	-78.9	21.9	250.0	117.0	34.5	4.801	19.7
11	0	3	-72.1	21.7	266.0	155.0	29.0	3.915	21.3
9	10	3	-79.9	19.9	191.0	74.5	35.6	3.351	17.1
7	20	3	-85.6	20.3	87.7	58.9	29.5	3.388	15.8
5	30	3	-82.7	21.2	測定不能	測定不能	測定不能	5.539	
3	40	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	

表 3.3.3-28 同一周波数基地局間干渉 基地局間離隔 40m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離		
TDD3		(被干渉) 9		同期/準同期	(UL) 4		40m		
		(与干渉) 1			(DL) 4				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	30	3	-78.8	21.6	377.0	45.9	34.9	4.785	19.0
13	20	3	-83.4	21.2	417.0	45.1	32.8	4.182	18.5
11	10	3	-78.3	21.4	442.0	70.3	35.9	3.740	23.0
9	0	3	-66.2	21.8	515.0	81.2	35.6	4.368	25.3
7	10	3	-79.5	21.0	360.0	42.3	31.0	3.815	22.4
5	20	3	-83.7	20.8	測定不能	測定不能	測定不能	4.241	
3	30	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	UL SIR (dB)
15	30	3	-78.8	21.6	167.0	66.7	35.9	4.785	18.1
13	20	3	-83.4	21.2	195.0	66.7	33.1	4.182	18.1
11	10	3	-78.3	21.4	216.0	118.0	34.2	3.740	18.6
9	0	3	-66.2	21.8	263.0	129.0	34.5	4.368	17.4
7	10	3	-79.5	21.0	160.0	72.4	35.3	3.815	18.7
5	20	3	-83.7	20.8	測定不能	測定不能	測定不能	4.241	
3	30	3	-	-	測定不能	測定不能	測定不能	-	

各数値データの傾向を把握するため以下のように基地局間離隔別 UL/DL スループットのグラフを作成し、それぞれ相対関係を確認した。

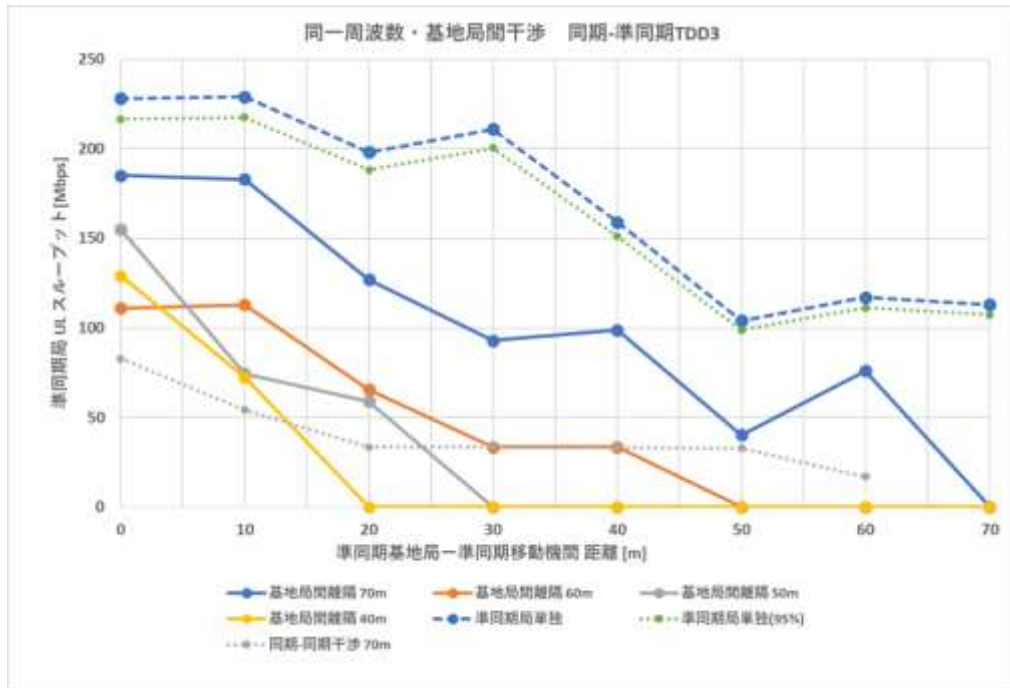


図 3.3.3-24 基地局間離隔別 準同期局 UL スループット

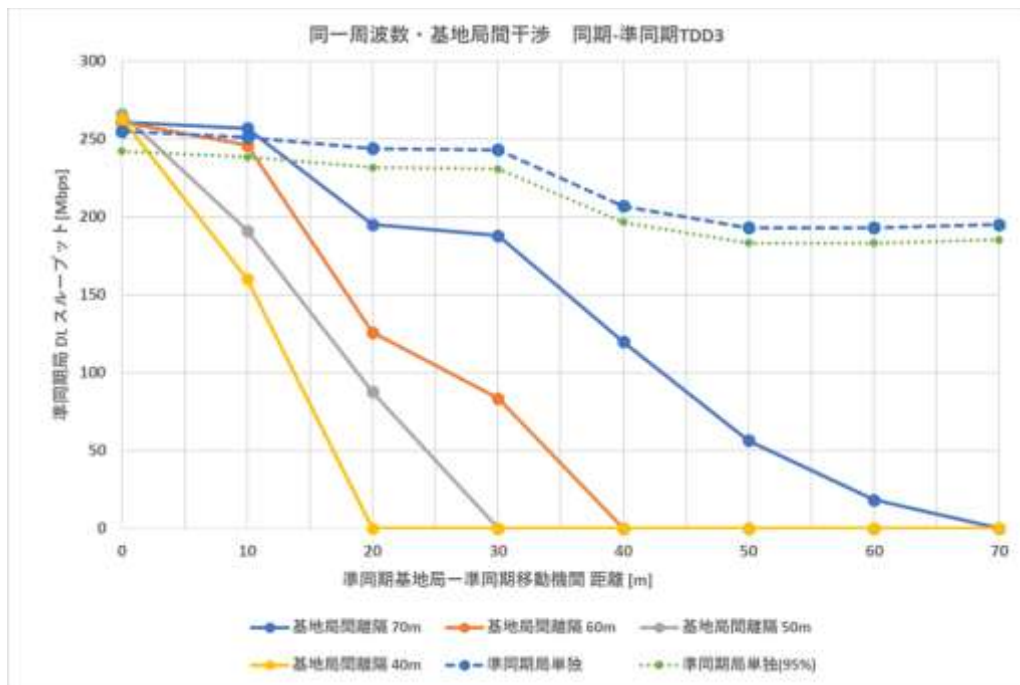


図 3.3.3-25 基地局間離隔別 準同期局 DL スループット (参考)

同一周波数で、同期システムと準同期システムを併設した場合、非同期スロットの基地局間干渉により準同期システムのULスループットが影響を受ける。

測定の結果、基地局間の離隔が40mの場合には、中間点である準同期基地局から20mの場所では準同期移動機が基地局に接続できなかったが、基地局間の離隔を50m以上取ることで、同期システム同士が70m離隔で併設される場合（同期スロットの同期移動機から準同期基地局への干渉）よりも良好なULスループットを得るまで改善することができた。さらに基地局間の離隔を70mまで確保すると、準同期基地局を単独で設置した場合のULスループットの60%程度まで改善した。

基地局間の干渉は基地局のアンテナの設定や設置方法によっても改善が可能である。本実証では天井設置型のオムニアンテナを使用した。十分な基地局間離隔が確保できない場合には指向性を持つ平面アンテナ等を採用して準同期基地局における同期基地局からの受信電界を下げられるような無線設計をすることも可能である。

また、測定値とシミュレーション結果を比較するため、以下の表に整理した。

表 3.3.3-29 実測値とシミュレーション値 (TDD3 基地局間干渉)

基地局間 離隔	RSRP/SINRシミュレーションは非同期スロットの値	メッシュ毎の機器配置 (番号はメッシュの左端からの順番号)															
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
準同期UL RSRP [dBm]	40m	シミュレーション					-87.5		-80.7		-69.9		-81.6		-87.6		90.9
		実測					-83.7		-79.5		-66.2		-78.3		-83.4		-78.8
	50m	シミュレーション					-91.2		-87.7		-80.8		-69.5		-81.4		-87.1
		実測					-82.7		-85.6		-79.9		-72.1		-78.9		-80.6
	60m	シミュレーション					-93.7		-90.9		-87.4		-81.3		-70.5		-81.1
		実測					-85.9		-85.0		-85.8		-78.3		-65.1		-76.0
	70m	シミュレーション					-95.3		-92.9		-90.7		-86.9		-80.3		-69.0
		実測					-90.1		-94.2		-81.9		-81.9		-74.8		-72.6
準同期UL SINR [dB]	40m	シミュレーション					1.9		8.7		19.1		7.9		1.9		1.9
		実測					17.6		17.6		17.1		18.1		17.9		17.7
	50m	シミュレーション					0.6		4.1		11.0		22.3		10.4		4.7
		実測					12.9		16.6		16.6		20.6		19.5		14.6
	60m	シミュレーション					-0.3		2.5		6.0		12.1		22.2		11.3
		実測					14.6		19.9		25.1		25.1		23.5		24.5
	70m	シミュレーション					-1.4		1.6		3.8		7.6		14.2		25.0
		実測					9.6		14.0		14.5		15.8		21.6		23.8
準同期 UL スループット [Mbps]	40m	シミュレーション					10.5		43.1		112.3		38.6		10.5		10.5
		実測					72.4		72.4		129.0		118.0		66.7		66.7
	50m	シミュレーション					7.5		21.0		54.7		141.5		51.3		25.5
		実測					58.9		58.9		74.5		155.0		117.0		75.1
	60m	シミュレーション					7.5		16.5		46.8		111.2		96.2		42.3
		実測					33.4		33.4		65.5		113.0		111.0		107.0
	70m	シミュレーション					6.0		10.5		21.0		38.6		78.6		174.5
		実測					40.3		98.7		93.0		127.0		183.0		185.0

また、傾向を把握するため、シミュレーションと実測値の差分を以下の通りグラフにした。準同期局のUL SINR値については、スキャナーでの測定ができないため基地局の内部Logからの抽出値を使用している。

スループットについては、特に準同期局のDLでシミュレーション値よりも大きな値が確認された。シミュレーション時においては与干渉局である同期基地局の送信電力は、最大送信電力として設定した+18dBmで算出しているが、実際の通信時においては移動機との距離が15mであることからデータ通信時の電力制御によりダイナミックに最大送信電力以下に制御されていた可能性があり、このことが基地局間干渉を抑制したと考える。

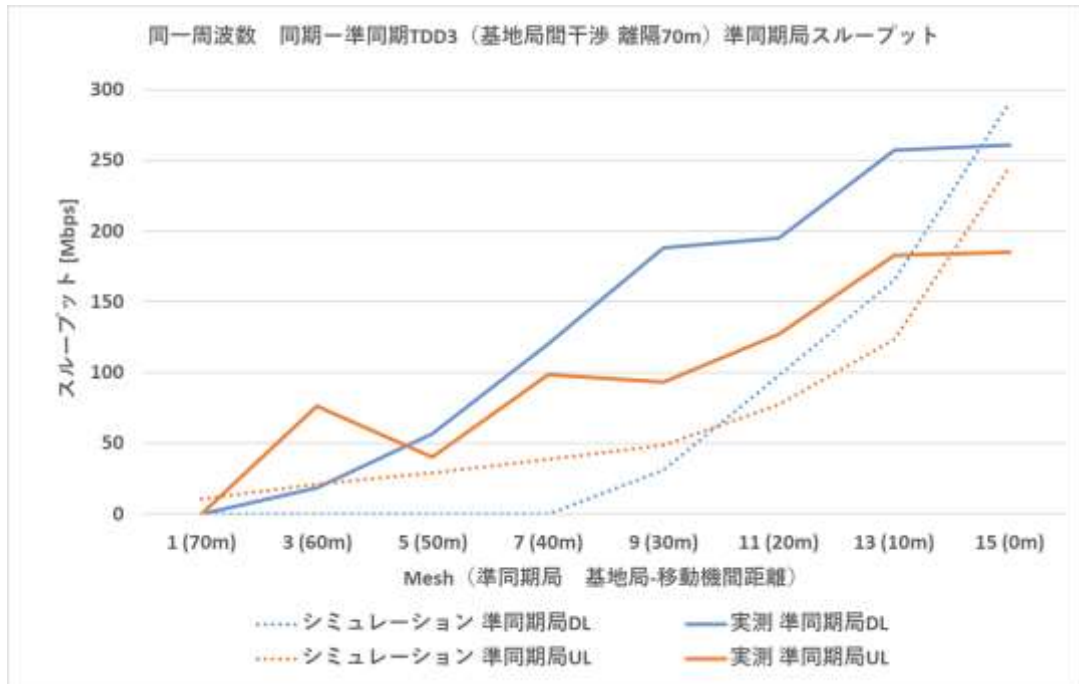


図 3.3.3-26 シミュレーションと実測値の比較 (基地局間干渉 スループット)

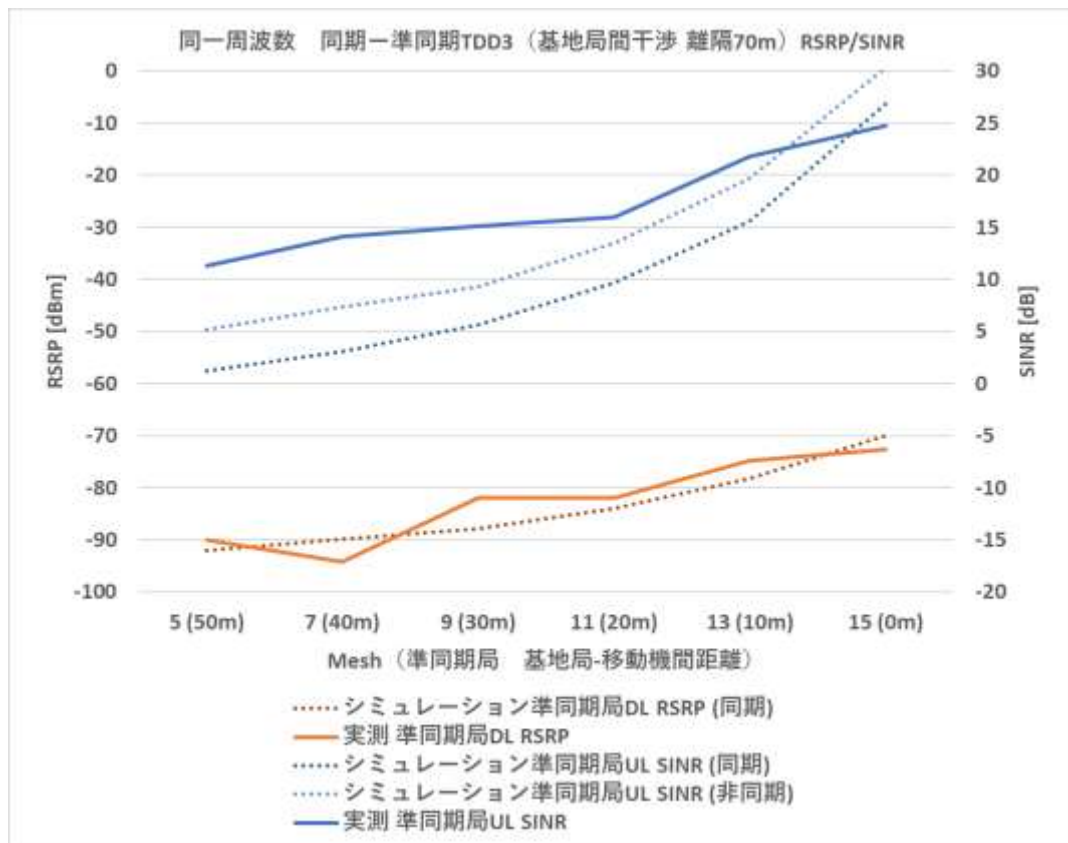


図 3.3.3-27 シミュレーションと実測値の比較 (基地局間干渉 RSRP/SINR)

4) 測定結果（隣接周波数の隣接セル・移動機間干渉）

同一周波数の場合と異なり、移動機間干渉の影響はほとんど確認できなかったため、報知パラメータの設定による与干渉移動機側の最大送信電力の抑制は実施しなかった。

以下の手順で測定を実施した。

- ① 同期基地局（被干渉システム）をメッシュ 1、準同期基地局（与干渉システム）をメッシュ 3 に配置する。
- ② 測定可能な与干渉側と被干渉側のサービス範囲をメッシュの 1 から 15 の範囲で確認する。
この場合のサービスエリアは受信電界ではなく、実際に移動機が通信可能かどうかで判定する。
- ③ 与干渉基地局からの距離がメッシュ間隔の 4 倍(20m)のメッシュに与干渉移動機を配置し、UL トラフィックを発生させることにより UL 無線リソースブロックが最大限に利用されている状態にして、スペクトラムアナライザで確認する。
- ④ 表 3.3.3-30 構築パターン②③ 隣接周波数の隣接セル間における移動機間干渉測定に示す被干渉システムの各メッシュにおいて与干渉システムが同期の場合および TDD3 の場合について、測定を実施し記録する。
- ⑤ 与干渉基地局の位置をメッシュ 7, 11, 15 に変更して測定を繰り返す。

表 3.3.3-30 構築パターン②③ 隣接周波数の隣接セル間における移動機間干渉測定

基地局間距離	メッシュ毎の機器配置 (番号はメッシュの左端からの順番号) 数値は同期基地局からの基地局間距離[m]														
	① 0	②	③ 10	④	⑤ 20	⑥	⑦ 30	⑧	⑨ 40	⑩	⑪ 50	⑫	⑬ 60	⑭	⑮ 70
10m	RU(同)	UE(準)3	RU(準)												
	UE(準)1,2														
30m	RU(同)		UE(準)1		UE(準)2	UE(準)3	RU(準)								
50m	RU(同)						UE(準)1		UE(準)2	UE(準)3	RU(準)				
70m	RU(同)										UE(準)1		UE(準)2	UE(準)3	RU(準)

RU(同): 同期基地局の位置

RU(準): 準同期基地局の位置

UE(準): 準同期移動機の配置場所例(与干渉ULトラフィックを発生、カバーエリアによって調整)

: 同期移動機 DL測定対象位置

メッシュサイズは約5m x 約5m

表 3.3.3-31 隣接周波数移動機間干渉 基地局間距離 70m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離		
TDD3		(被干渉) 1 (与干渉) 15		同期時 (DL) 11		70m		
				準同期時 (UL) 11				
与干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	標準 偏差
1	50	3	-73.4	21.4	455.9	60.0	26.2	4.926
3	40	3	-81.3	21.4	651.3	53.5	26.8	4.942
5	30	3	-86.6	21.0	511.7	58.7	26.4	4.681
7	20	3	-84.4	21.8	520.5	62.0	26.3	4.423
9	10	3	-87.0	21.6	412.5	62.2	28.5	3.323
11	0	3	-91.6	19.3	337.0	59.8	25.8	3.435
13	10	3	-95.3	19.7	268.8	54.1	26.8	3.622
15	20	3	-92.6	18.1	236.2	55.7	26.1	4.641
与干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	標準 偏差
1	50	3	-73.4	21.4	440.0	63.0	26.2	4.926
3	40	3	-81.3	21.4	531.9	64.5	26.6	4.942
5	30	3	-86.6	21.0	525.5	64.3	26.0	4.681
7	20	3	-84.4	21.8	414.6	51.2	26.0	4.423
9	10	3	-87.0	21.6	451.2	57.8	26.3	3.323
11	0	3	-91.6	19.3	150.4	61.5	26.8	3.435
13	10	3	-95.3	19.7	294.1	56.3	28.0	3.622
15	20	3	-92.6	18.1	296.9	56.4	26.9	4.641

表 3.3.3-32 隣接周波数移動機間干渉 基地局間離隔 50m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離	
TDD3		(被干渉) 1		同期時 (DL) 7			50m	
		(与干渉) 11		準同期時 (UL) 7				
与干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	30	3	-70.8	21.2	387.0	64.2	27.0	5.600
3	20	3	-78.8	21.8	532.4	59.2	26.3	4.519
5	10	3	-87.1	21.3	521.6	57.8	26.9	4.202
7	0	3	-86.5	21.0	526.3	60.9	26.2	3.928
9	10	3	-88.7	21.2	400.0	60.7	27.1	2.440
11	20	3	-93.8	19.2	266.6	59.4	27.3	3.435
13	30	3	-93.2	20.3	304.4	57.9	27.6	3.012
15	40	3	-97.1	19.6	301.5	56.3	27.4	4.118
与干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	30	3	-70.8	21.2	471.0	59.1	26.6	5.600
3	20	3	-78.8	21.8	448.3	54.1	26.2	4.519
5	10	3	-87.1	21.3	512.0	61.2	27.4	4.202
7	0	3	-86.5	21.0	344.3	65.7	27.0	3.928
9	10	3	-88.7	21.2	467.1	67.0	27.0	2.440
11	20	3	-93.8	19.2	325.8	55.2	27.1	3.435
13	30	3	-93.2	20.3	296.3	56.5	26.5	3.012
15	40	3	-97.1	19.6	296.3	57.2	26.2	4.118

表 3.3.3-33 隣接周波数移動機間干渉 基地局間離隔 30m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離	
TDD3		(被干渉) 1 (与干渉) 7		同期時 (DL) 3			30m	
				準同期時 (UL) 3				
与干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	10	3	-73.0	21.4	455.3	54.5	26.8	5.067
3	0	3	-81.0	21.3	623.7	57.9	26.4	4.235
5	10	3	-87.4	21.2	526.5	63.3	26.7	4.273
7	20	3	-82.0	21.1	336.9	66.1	27.3	1.843
9	30	3	-93.6	20.7	426.3	63.1	26.2	3.674
11	40	3	-95.5	20.3	302.6	55.5	26.5	4.100
13	50	3	-96.0	20.4	249.2	57.8	26.2	3.875
15	60	3	-97.8	19.8	286.7	55.5	27.1	3.672
与干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	10	3	-73.0	21.4	658.2	66.2	27.7	5.067
3	0	3	-81.0	21.3	550.0	59.6	27.0	4.235
5	10	3	-87.4	21.2	542.2	61.6	27.3	4.273
7	20	3	-82.0	21.1	495.4	64.6	27.1	1.843
9	30	3	-93.6	20.7	425.5	66.5	26.5	3.674
11	40	3	-95.5	20.3	340.8	51.2	27.4	4.100
13	50	3	-96.0	20.4	305.2	37.5	27.2	3.875
15	60	3	-97.8	19.8	295.2	49.4	27.6	3.672

表 3.3.3-34 隣接周波数移動機間干渉 基地局間離隔 10m

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離		
TDD3		(被干渉) 1 (与干渉) 3		同期時 (DL) 1		10m		
				準同期時 (UL) 1				
与干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	0	3	-67.5	21.6	655.8	64.7	25.8	3.811
3	10	3	-82.7	21.0	555.3	58.3	26.2	4.762
5	20	3	-88.8	20.8	527.1	63.2	26.1	4.453
7	30	3	-85.2	21.7	537.8	63.4	25.9	4.932
9	40	3	-89.4	21.3	295.6	58.4	26.2	3.544
11	50	3	-89.6	21.4	338.2	50.7	27.7	3.983
13	60	3	-95.1	20.5	289.1	48.4	26.4	3.765
15	70	3	-95.6	20.3	294.4	47.3	27.0	4.173
与干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
1	0	3	-67.5	21.6	667.3	59.4	28.0	3.811
3	10	3	-82.7	21.0	544.9	54.0	27.1	4.762
5	20	3	-88.8	20.8	507.5	41.6	26.7	4.453
7	30	3	-85.2	21.7	463.3	32.1	27.4	4.932
9	40	3	-89.4	21.3	368.6	31.7	26.9	3.544
11	50	3	-89.6	21.4	344.0	17.3	27.0	3.983
13	60	3	-95.1	20.5	286.5	9.7	25.9	3.765
15	70	3	-95.6	20.3	298.7	14.3	26.5	4.173

各数値データの傾向を把握するため以下のように基地局間離隔別に同期移動機における DL スループットのグラフを作成し、それぞれ相対関係を確認した。

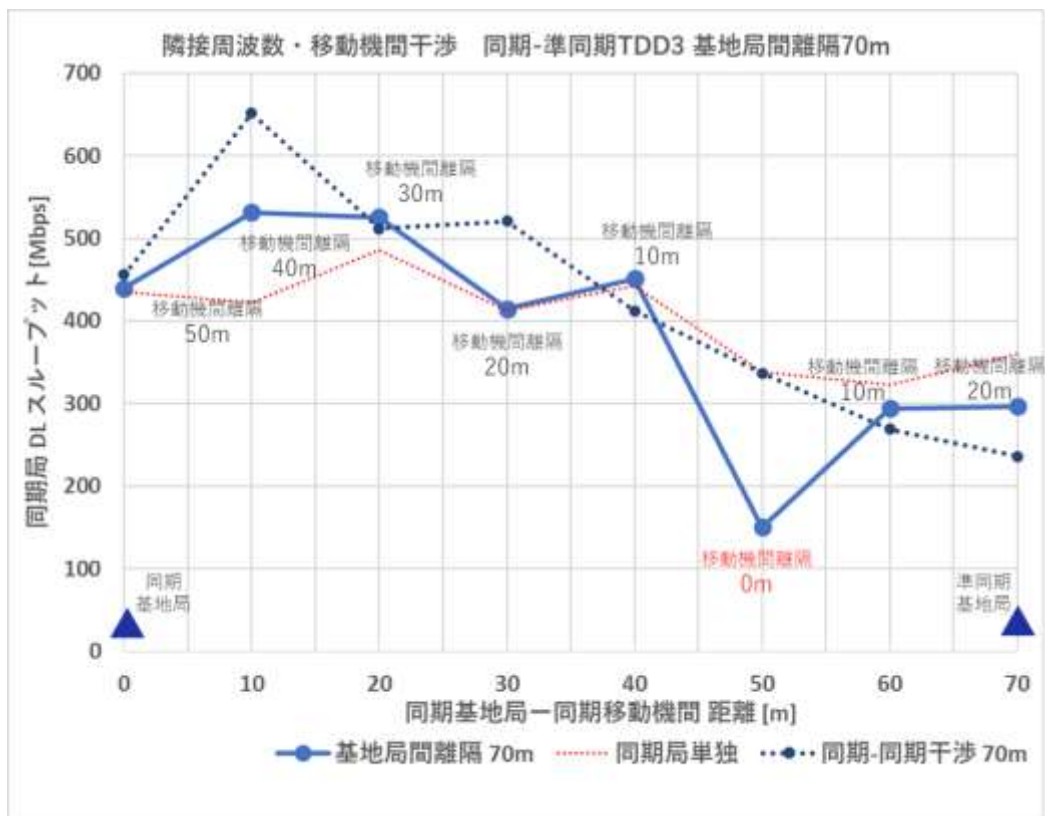


図 3.3.3-28 移動機間離隔別 同期局 DL スループット 基地局間離隔 70m

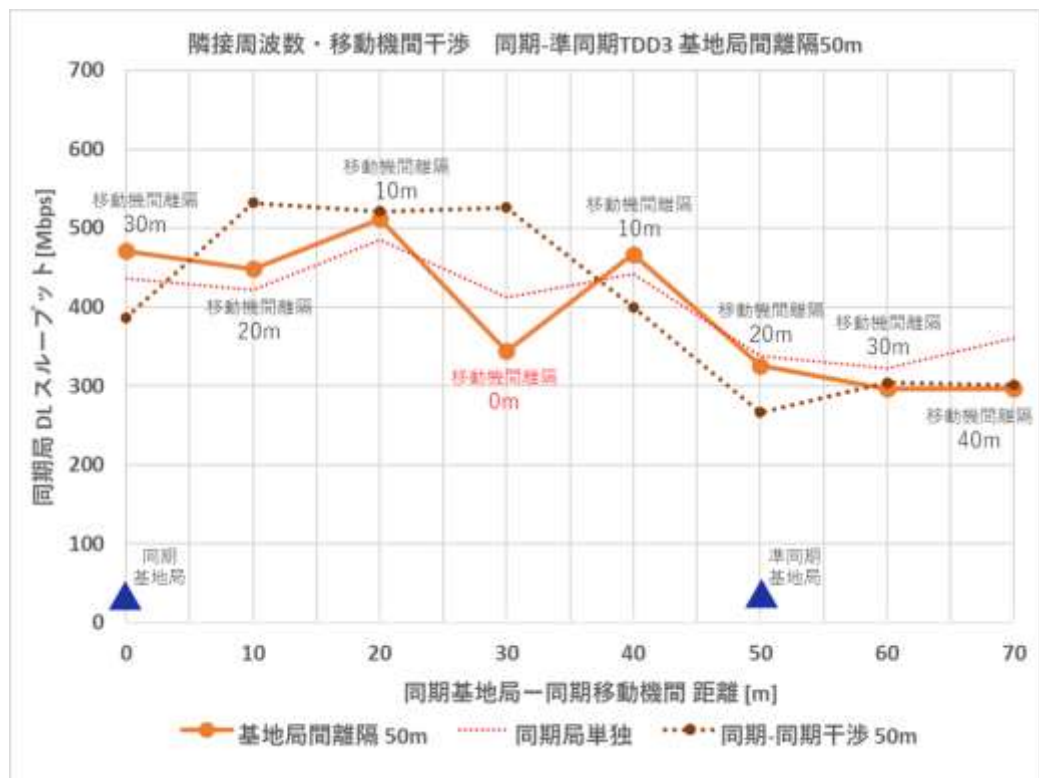


図 3.3.3-29 移動機間離隔別 同期局 DL スループット 基地局間離隔 50m

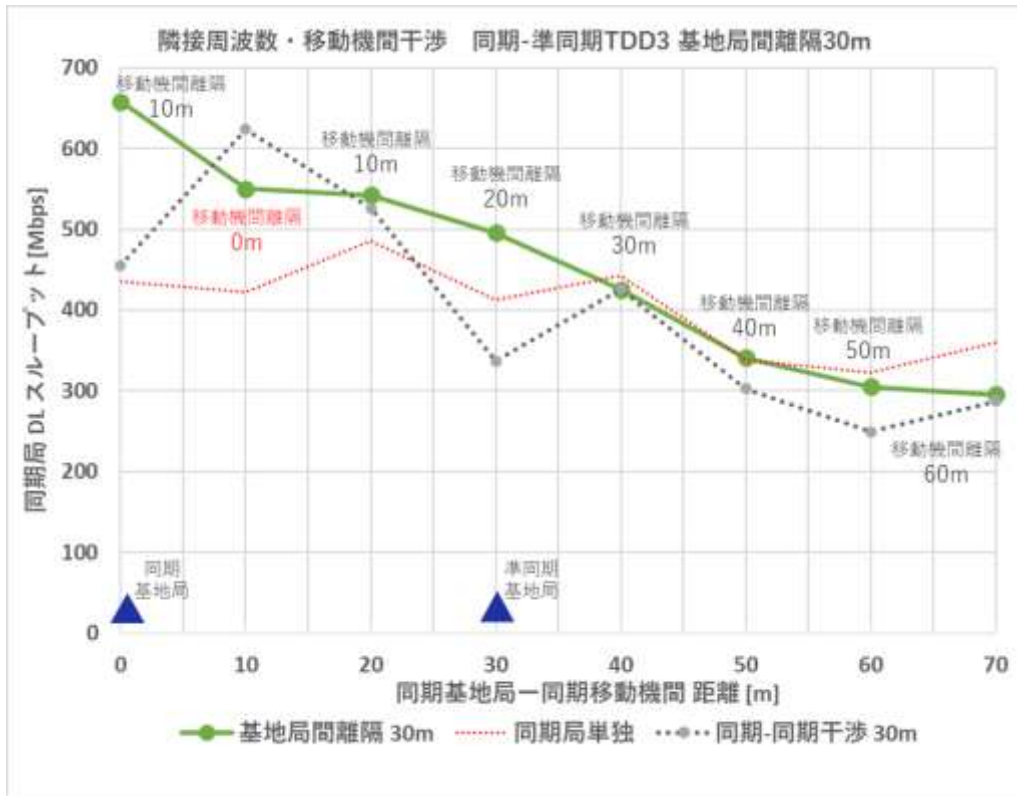


図 3.3.3-30 移動機間離隔別 同期局 DL スループット 基地局間離隔 30m

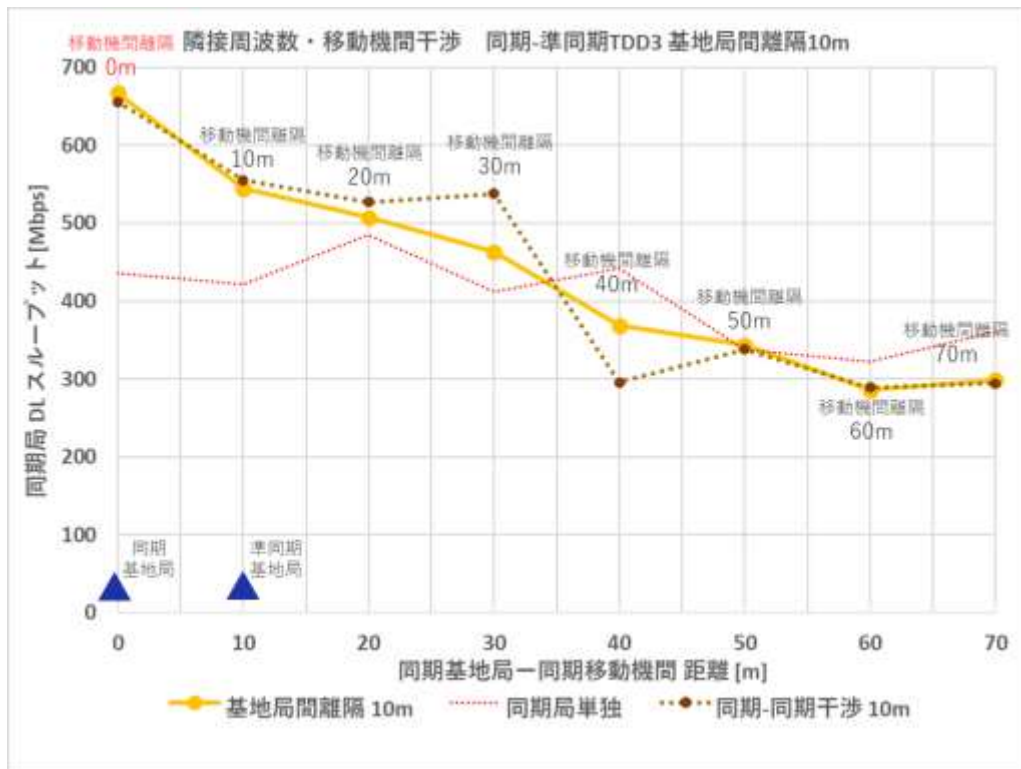


図 3.3.3-31 移動機間離隔別 同期局 DL スループット 基地局間離隔 10m

同一周波数での同期システムと準同期システムの併設の場合と同様に、隣接周波数の場合においても、非同期スロットの移動機間干渉による同期システムの DL スループットへの影響を考慮する必要があるが、隣接周波数の場合には最悪値での共用シミュレーションの結果からも、10～15m程度の離隔を確保することで相互に影響を受けることなく運用可能であることが推定されている。

基地局間を 10m～70m まで離隔して測定したところ、同期移動機が同期基地局から 20m 以上離れて受信電界が弱い場所において準同期移動機と 10m 以内の離隔で接近する場合を除いては併設による影響は確認できなかった。

5) 測定結果（隣接周波数の隣接セル・基地局間干渉）

以下の配置の組み合わせにおいて与干渉側のシステムが同期の場合と TDD3 の場合について、測定を実施した。

与干渉側同期移動機の位置と準同期移動機での測定位置はカバーエリアによって調整する。

準同期移動機の測定は基地局からの距離が最大 40m になるまで測定した。

表 3.3.3-35 構築パターン②③ 準同期局の隣接セル間干渉測定（隣接周波数）

基地局間離隔	メッシュ毎の機器配置（番号はメッシュの左端からの順番号）														
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	14	15
0m	RU(同)								UE(同)						
	RU(準)														
10m	RU(同)		RU(準)						UE(同)						
30m	RU(同)						RU(準)		UE(同)						
50m	RU(同)								UE(同)		RU(準)				
70m	RU(同)								UE(同)						RU(準)

RU(同): 同期基地局の位置

RU(準): 準同期基地局の位置

UE(同): 同期移動機の配置場所(与干渉DLトラフィックを発生、カバーエリアによって調整)

: 準同期移動機 UL測定対象位置

基地局間隔をパラメータとして準同期基地局から8メッシュ（40m）まで測定して比較

メッシュサイズは約5m x 約5m

表 3.3.3-36 隣接周波数基地局間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離	
TDD3		(被干渉) 1 (与干渉) 1		同期時は (UL) 9			0m	
				準同期時は (DL) 9				
被干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
3	10	3	-80.7	20.7	485.0	64.3	35.1	4.287
5	20	3	-84.8	20.8	545.0	43.8	31.8	5.076
7	30	3	-89.0	20.4	496.0	62.6	35.8	4.480
9	40	3	-88.8	21.3	456.0	62.6	35.6	3.693
被干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	標準 偏差
3	10	3	-80.7	20.7	273.0	202.0	36.0	4.287
5	20	3	-84.8	20.8	264.0	187.0	34.2	5.076
7	30	3	-89.0	20.4	256.0	179.0	35.2	4.480
9	40	3	-88.8	21.3	261.0	140.0	35.7	3.693

表 3.3.3-37 隣接周波数基地局間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離	
TDD3		(被干渉) 3 (与干渉) 1		同期時は (UL) 9			10m	
				準同期時は (DL) 9				
被干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
5	10	3	-79.6	20.9	205.0	74.7	36.1	4.393
7	20	3	-87.6	20.8	205.0	41.8	36.8	4.823
9	30	3	-85.9	20.9	207.0	46.2	36.5	4.655
11	40	3	-91.9	20.4	205.0	42.3	32.3	3.568
被干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
5	10	3	-79.6	20.9	269.0	230.0	36.0	4.393
7	20	3	-87.6	20.8	251.0	138.0	36.8	4.823
9	30	3	-85.9	20.9	245.0	132.0	29.8	4.655
11	40	3	-91.9	20.4	239.0	147.0	36.6	3.568

表 3.3.3-38 隣接周波数基地局間干渉 測定シート

準同期パターン		基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷			基地局間距離	
TDD3		(被干渉) 7 (与干渉) 1		同期時は (UL) 9			30m	
				準同期時は (DL) 9				
被干渉システムが同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
9	10	3	-82.6	20.5	450.0	50.2	36.3	3.929
11	20	3	-85.5	21.9	484.0	34.1	36.0	3.463
13	30	3	-88.4	21.2	417.0	58.4	36.5	4.118
15	40	3	-90.3	20.5	451.0	48.1	35.8	4.321
被干渉システムが準同期の場合								
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差
9	10	3	-82.6	20.5	260.0	157.0	36.6	3.929
11	20	3	-85.5	21.9	253.0	192.0	36.5	3.463
13	30	3	-88.4	21.2	242.0	127.0	30.2	4.118
15	40	3	-90.3	20.5	242.0	112.0	35.6	4.321

表 3.3.3-39 隣接周波数基地局間干渉 測定シート

準同期パターン			基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離		
TDD3			(被干渉) 11 (与干渉) 1		同期時は (UL) 9		50m		
					準同期時は (DL) 9				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	
9	10	3	-74.4	21.0	507.0	86.0	36.3	2.745	
7	20	3	-81.6	22.4	465.0	40.4	36.2	2.251	
5	30	3	-84.5	21.4	448.0	50.5	31.5	2.931	
3	40	3	-82.0	21.7	424.0	34.4	37.1	2.802	
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	
9	10	3	-74.4	21.0	265.0	238.0	36.5	2.745	
7	20	3	-81.6	22.4	249.0	183.0	36.6	2.251	
5	30	3	-84.5	21.4	234.0	108.0	36.3	2.931	
3	40	3	-82.0	21.7	221.0	120.0	29.8	2.802	

表 3.3.3-40 隣接周波数基地局間干渉 測定シート

準同期パターン			基地局位置		与干渉用移動機位置・負荷		基地局間距離		
TDD3			(被干渉) 15 (与干渉) 1		同期時は (UL) 9		70m		
					準同期時は (DL) 9				
被干渉システムが同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	
13	10	3	-73.0	21.5	475.0	46.0	35.8	4.491	
11	20	3	-78.4	21.0	491.0	60.6	35.5	4.554	
9	30	3	-83.1	21.8	504.0	61.1	35.5	3.837	
7	40	3	-80.7	21.6	503.0	65.5	35.3	2.051	
被干渉システムが準同期の場合									
被干渉側 移動機位置 (メッシュ番号)	基地局 移動機間距離 (m)	測定 回数 (回)	DL RSRP (dBm)	DL SIR (dB)	DL スループット (Mbps)	UL スループット (Mbps)	往復 遅延 (ms)	DL RSRP 標準偏差	
13	10	3	-73.0	21.5	258.0	208.0	34.6	4.491	
11	20	3	-78.4	21.0	263.0	211.0	34.3	4.554	
9	30	3	-83.1	21.8	267.0	198.0	35.0	3.837	
7	40	3	-80.7	21.6	234.0	217.0	21.8	2.051	

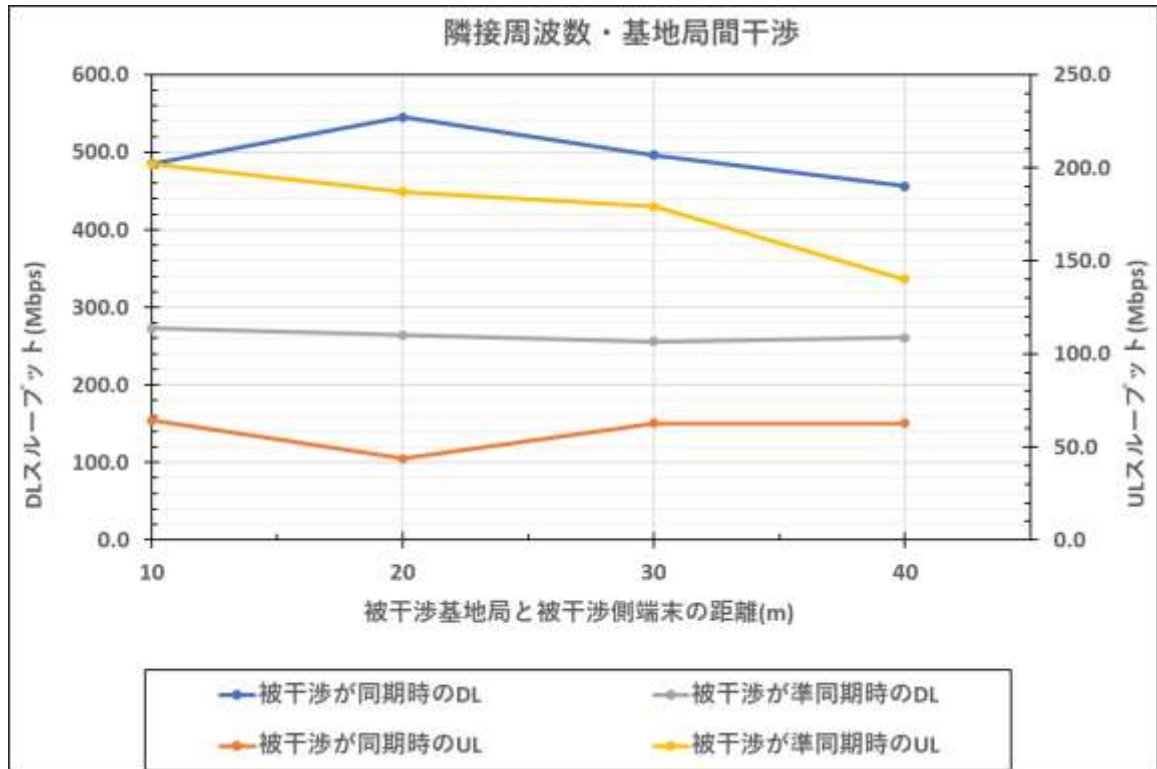


図 3.3.3-32 隣接周波数・基地局間干渉 (基地局間離隔 0m)

隣接周波数での併設の場合には基地局間離隔を 0m にした状態であっても伝送性能に影響を与えることは無く準同期局の TDD 3 構成による UL スループットの 2 倍以上の向上も確認することができたため、問題なく共用が可能である。

各構成の測定結果を比較、各構成パターンの違いによる干渉発生状況を以下の通り整理した。

① 与干渉量

測定時にスペクトラムアナライザで取得した帯域内/帯域外の受信電力値を与干渉量として単位を dBm/MHz に換算し記載。

② 所要改善量

機器仕様から許容干渉電力値を確認し、与干渉量との差を記載。

③ スループット劣化

各測定パターンの基地局と移動機の配置条件において準同期側を同期に変更した際のスループットを測定し、これを TDD パターンの差異に起因する干渉がない状態として基準値にする。この基準値に対して実測したスループットの比率を記載する。(95%以上であれば劣化なしと判定する)

表 3.3.3-41 与干渉測定シート

同一周波数										
基地局間距離 距離[m]	帯域内干渉			帯域外干渉			スループット劣化(20m地点)			その他
	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	同期-同期 [Mbps]	同期-TDD3 [Mbps]	ULスループット劣化[%]	
	Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]		Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]					
70	-67.22	-87.14	22.86	-69.66	-89.58	-42.58	33.5	117	116.4%	
60	-65.65	-85.57	24.43	-69.57	-89.49	-42.49	38.1	113	98.9%	
50	-67.44	-87.36	22.64	-69.27	-89.19	-42.19	71	155	72.8%	
40	-63.54	-83.46	26.54	-69.97	-89.89	-42.89	70.3	118	56.0%	

同一周波数										
準同期移動機 最大送信電力 +8dBm										
移動機間距離 距離[m]	帯域内干渉			帯域外干渉			スループット(15m地点)			その他 (同期単独比)
	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	同期-同期 [Mbps]	同期-TDD3 [Mbps]	DLスループット劣化[%]	
	Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]		Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]					
35	-57.953	-77.88	32.12	-60	-79.92	-32.92	306.08	342.15	111.8%	75.4%
25	-56.422	-76.35	33.65	-60	-79.92	-32.92	255.52	305.08	119.4%	67.3%
15	-57.431	-77.36	32.64	-60	-79.92	-32.92	212.64	192.88	90.7%	42.5%

隣接周波数										
基地局間距離 距離[m]	帯域内干渉			帯域外干渉			スループット劣化(20m地点)			その他
	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	同期-同期 [Mbps]	同期-TDD3 [Mbps]	ULスループット劣化[%]	
	Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]		Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]					
70	-69.66	-89.58	20.42	-67.22	-87.14	-40.14	60.6	211	116.1%	
60	-69.57	-89.49	20.51	-65.65	-85.57	-38.57				
50	-69.27	-89.19	20.81	-67.44	-87.36	-40.36	40.4	183	151.0%	
40	-69.97	-89.89	20.11	-63.54	-83.46	-36.46				
30	-70.24	-90.16	19.84	-59.8	-79.72	-32.72	34.1	192	187.7%	
20	-69.51	-89.43	20.57	-58.53	-78.45	-31.45				
10	-70.49	-90.41	19.59	-52.92	-72.84	-25.84	41.8	138	110.0%	
0	-69.19	-89.11	20.89	-42.62	-62.54	-15.54	43.8	187	142.3%	

隣接周波数										
準同期移動機 最大送信電力 +23dBm										
移動機間距離 距離[m]	帯域内干渉			帯域外干渉			スループット(20m地点)			その他
	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	与干渉量 (実測)		所要改善量 [dB]	同期-同期 [Mbps]	同期-TDD3 [Mbps]	DLスループット劣化[%]	
	Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]		Ch.Pwr[dBm]	[dBm/MHz]					
30	-70.24	-90.16	19.84	-59.80	-79.72	-32.72	511.16	525.53	102.8%	
20	-69.51	-89.43	20.57	-58.53	-78.45	-31.45	527.08	507.54	96.3%	
10	-70.49	-90.41	19.59	-52.92	-72.84	-25.84	521.6	511.95	98.1%	

今回の実証は屋内での併設であるため、同一周波数においては基地局間干渉、移動機間干渉とも所要改善量が残る結果となった。基地局間干渉については、60m以上の離隔を確保すれば同期システム同士が隣接する場合と同等以上の伝送性能は確保することができる。また移動機間干渉についても準同期システムの移動機の最大送信電力を+8dBm以下に制限した条件で移動機間離隔を25m以上確保すれば同様に同期システム同士が隣接する場合と同等以上の伝送性能は確保できるが、同期システム単独での設置と比較すると80%を下回る伝送性能となり、干渉による劣化が避けられない。

一方で、隣接周波数については干渉の影響による演奏性能の劣化は見られず、準同期システムでは同期システム同士を併用した場合の3倍以上のULスループットが確認できたため、TDD3構成によるULスループット向上の効果も期待できる。

今回の実証の結果から、同期局と準同期局を併設する場合の干渉による影響については、同期スロットにおける基地局-移動機間干渉及び移動機-基地局間干渉と準同期併設に特有の非同期スロットにおける基地局間、移動機間干渉の双方の考慮が必要であることが確認できた。そのためこれらを分けて検討することが必要になる。

前者は、今回の屋内における実証では検証が難しいため、最悪値条件による共用検討シミュレーションの結果を参照する。後者については、今回開発する新準同期パターン（TDD3）を同期局と併設する際の非同期スロットの干渉による影響を回避するための基地局間離隔距離と移動機間離隔距離について同期局同士が併設された場合と比較して同レベルの伝送性能を確保するための離隔距離を以下に示す。

表 3.3.3-42 準同期局配置指標

		スループット確保条件[95%]	
		必要基地局間離隔[m]	必要移動機間離隔[m]
同一周波数	TDD3	60m	25m *
隣接周波数	TDD3	0m	10m

* 準同期移動機の最大送信電力を+8dBmに制限した場合

6) 考察

同一周波数で同期局に影響を与えることなく準同期局を隣接して運用するためには最悪値共用検討シミュレーションの結果から概ね 2.5km 以上の離隔距離が必要になる。

同一周波数での準同期併用による干渉は、非同期スロットの基地局間、移動機間干渉だけではなく、同期スロットにおける基地局-移動機間干渉及び移動機-基地局間干渉の影響も大きい。

同一周波数での準同期併用の場合には、与干渉/被干渉間の距離が短い場合（本実証の環境においては 50m 程度）には最悪値条件としては同期と準同期の移動機間の距離が接近するため非同期スロットでの移動機間干渉が強くなりやすく、同期スロットにおける基地局-移動機間干渉及び移動機-基地局間干渉よりも強くなるが、一定以上の離隔の場合には同期スロットと非同期スロットの干渉量の差は少なくなり、それぞれのスロット数に応じた干渉となる。

非同期スロットの移動機間干渉は、与干渉側である準同期移動機の最大送信電力の制御により一定程度抑制することが可能であるが、同時に準同期側の実質的なカバーエリアの減少を伴う

非同期スロットの基地局間干渉は、基地局間の離隔を取ることで減少するが、本実証のようにオムニアンテナを使用する場合には屋内設置においては十分な離隔を確保することは非現実的であり、壁等による減衰を活用するか、または指向性を持ったセクターアンテナを活用するなど対向を避ける設置方法が望ましい。

ローカル 5G の制度においては、屋内であれば隣接周波数での複数帯域の使用が可能である。隣接周波数での同期局と準同期局の併用については、共用検討シミュレーションおよび本実証での測定の結果からも、与干渉/被干渉間の距離が 10m 以下になることを避けることができれば、互いに影響を受けることなく隣接（重畳）設置して併用することが可能である。

3.3.4 基本的な電波伝搬データの取得

(1) 実施方法

電波法関係審査基準に記載のローカル 5G Sub6 周波数帯のエリア算出法に基づき、基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域図を下記に貼付する。これらのカバーエリア端における実際の受信電力を測定することになるが、本実証で使用するすべての基地局は屋内設置であるため、建物の外壁等の構造により減衰量が大きく変動することが予想され、建物の構造を考慮しないエリア算出結果とは乖離が出る可能性がある。そのため、実測によるカバーエリアが算出したカバーエリアと異なる場合には実測によるカバーエリア及び調整対象区域について測定を実施する。

測定においてはレイトレーシング法を用いたシミュレーションツールを使用したシミュレーション結果も参考にしてカバーエリアをあらかじめ推定してから効率的に測定する。

なお、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 が閾値として規定されている。

測定にあたっては受信電力(RSRP)をカバーエリア端も含めて 30 地点以上にて測定し、記録する。

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 を変換する。RSRP と RSSI の変換式は下記の式を利用する。

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

N;リソースブロック数 本実証においては 273 となる

測定エリアは以下の通り。

- ① 徳島県立中央病院および徳島大学病院



図 3. 3. 4-1 徳島県立中央病院および徳島大学病院

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

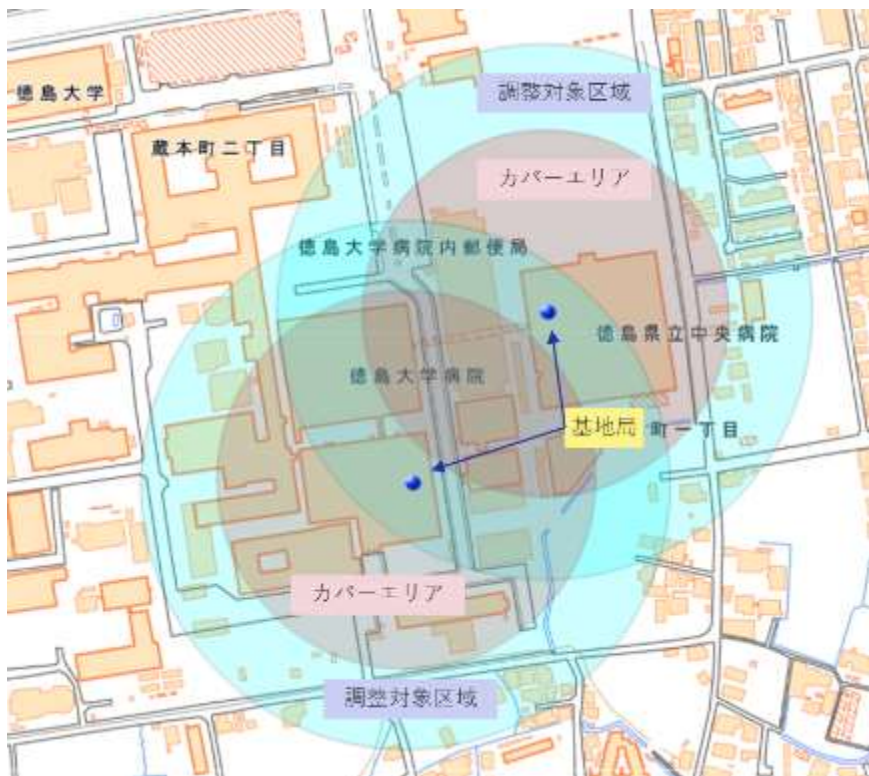


図 3. 3. 4-2 徳島県立中央病院および徳島大学病院(カバーエリアと調整対象区域)

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

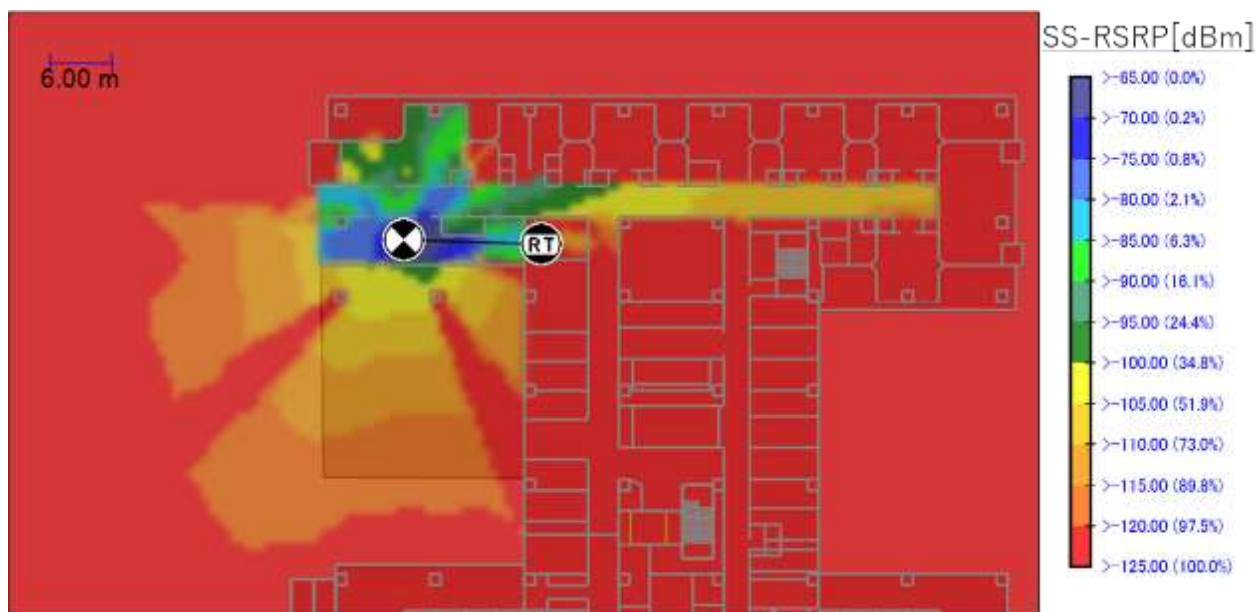


図 3. 3. 4-3 徳島県立中央病院 6階 シミュレーション

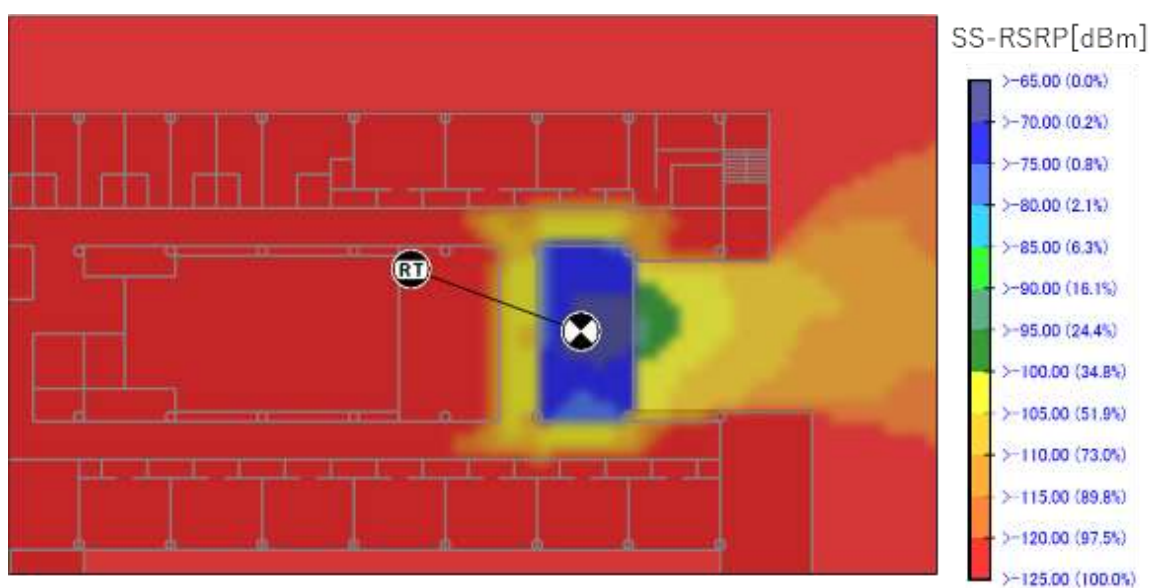


図 3. 3. 4-4 徳島大学病院 6階 シミュレーション

② 徳島県立海部病院



図 3. 3. 4-5 徳島県立海部病院

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

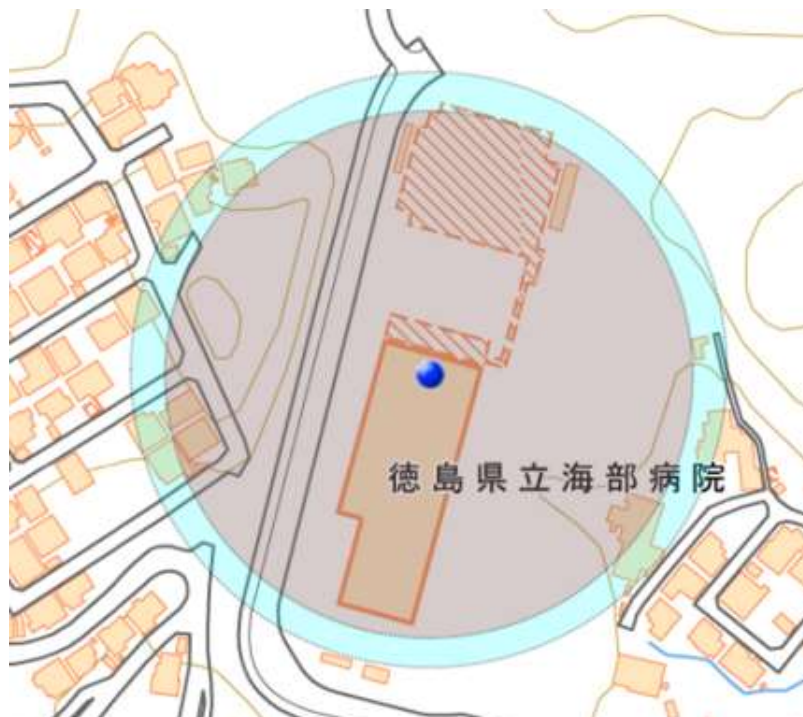


図 3. 3. 4-6 徳島県立海部病院(カバーエリアと調整対象区域)

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

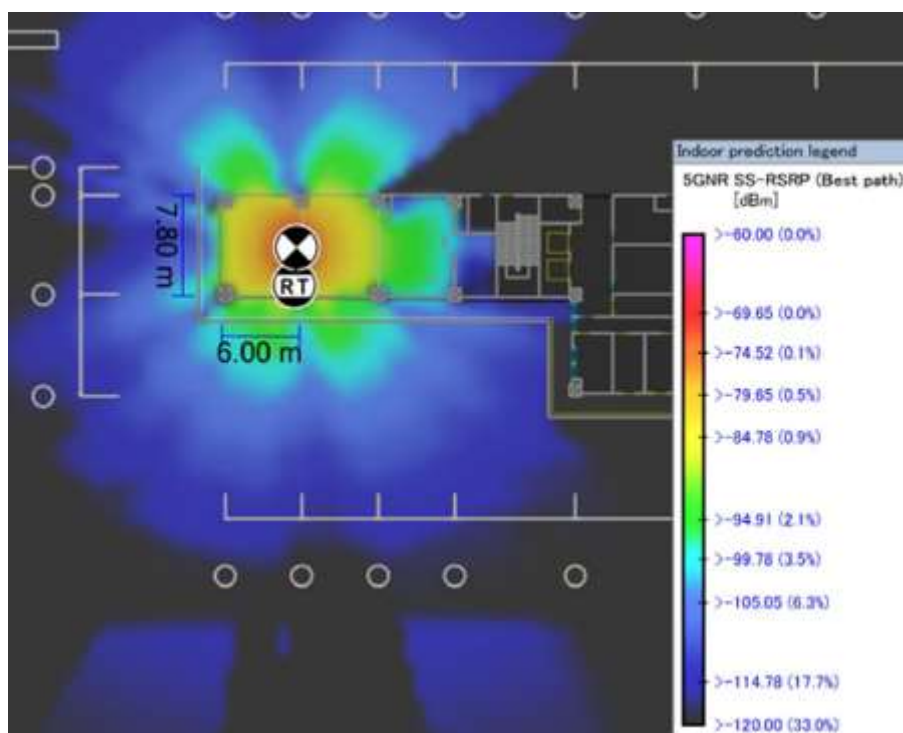


図 3. 3. 4-7 徳島県立海部病院 3階 シミュレーション

③ 徳島赤十字病院



図 3. 3. 4-8 徳島赤十字病院

(出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)



図 3.3.4-9 徳島赤十字病院(カバーエリアと調整対象区域)
 (出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

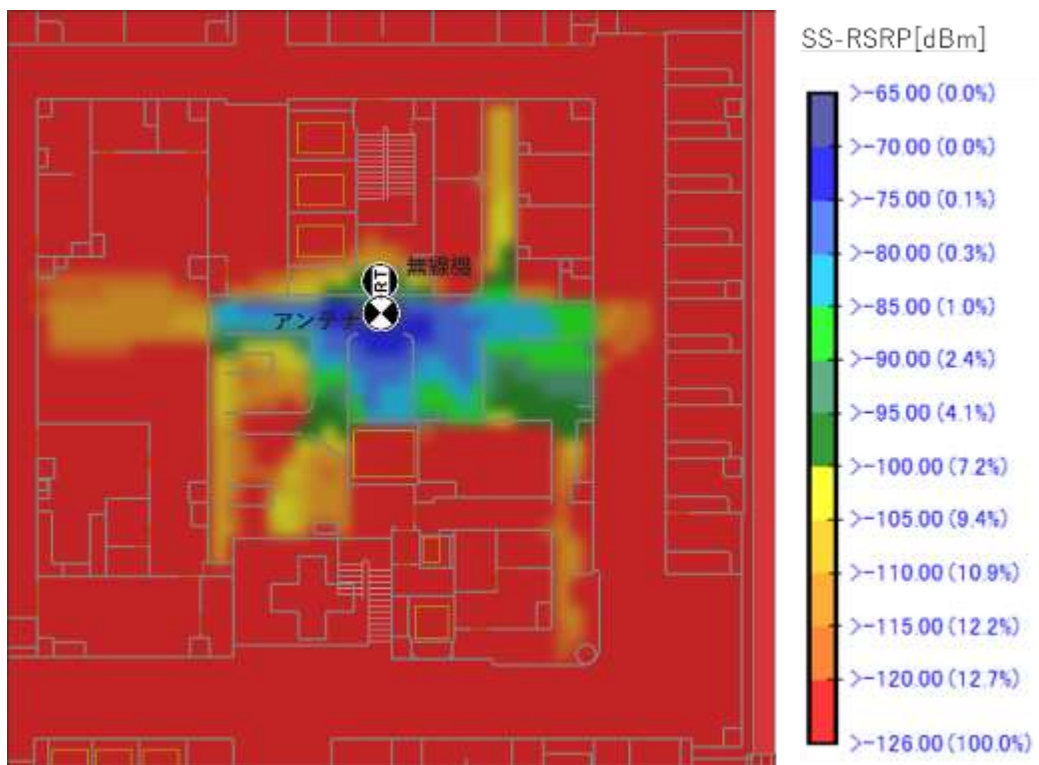


図 3.3.4-10 徳島赤十字病院 2階 シミュレーション

(2) 実証結果

測定の結果を以下に示す。測定の間通項目としては以下となる。

各ポイントでRSRPを測定する際のサンプル数：1000サンプル以上とする

標準偏差：標本自体の標準偏差sdを求めるため下記式にて算出する

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

n = サンプル数

x_i = 測定値

1) 徳島県立中央病院

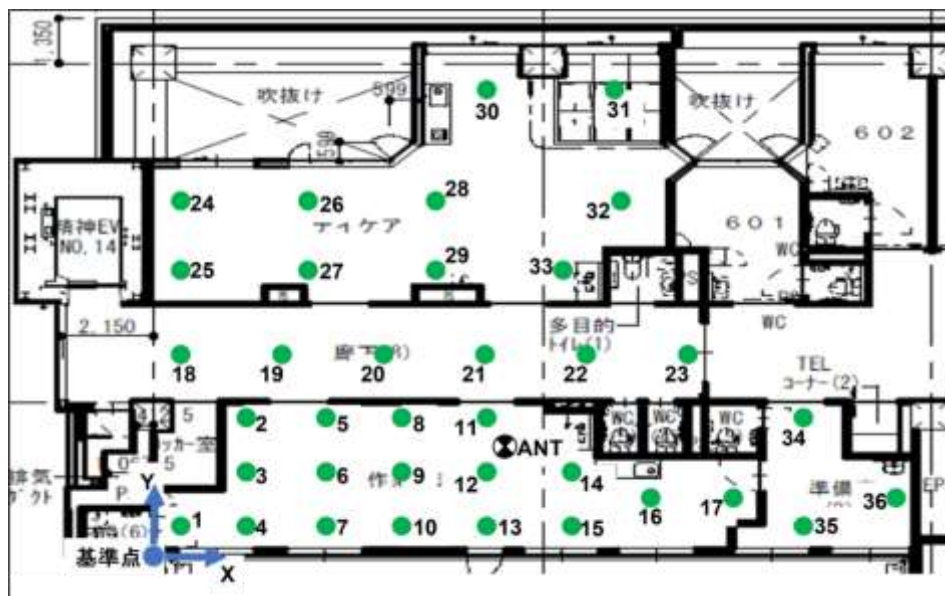


図 3.3.4-1 徳島県立中央病院 測定ポイント（屋内）



図 3.3.4-1 徳島県立中央病院 測定ポイント（屋外）
（出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成）

表 3.3.4-1 徳島県立中央病院 測定データ

測定ポイント 番号	X(m)	Y(m)	基地局からの 角度(deg)	基地局との 距離(m)	基地局から見た チルト角度	測定回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	0.5	0.5	71.8	9.0	84.3	1000	-67.3	21.8	3.949
2	2.5	4.3	98.7	6.6	82.2	1000	-70.6	21.5	4.872
3	2.5	2.4	82.1	6.6	82.2	1000	-68.5	21.5	4.411
4	2.5	0.5	66.7	7.1	82.8	1000	-68.4	21.6	4.913
5	4.5	4.3	102.5	4.7	79.0	1000	-66.0	21.7	5.087
6	4.5	2.4	78.7	4.7	78.9	1000	-65.3	21.6	3.108
7	4.5	0.5	58.1	5.4	80.4	1000	-67.7	21.3	5.189
8	6.5	4.3	111.8	2.8	71.5	1000	-65.9	21.0	5.726
9	6.5	2.4	70.2	2.8	71.3	1000	-65.3	21.4	6.026
10	6.5	0.5	41.8	3.9	76.5	1000	-65.3	21.4	4.676
11	8.5	4.3	153.4	1.4	51.2	1000	-58.8	21.6	5.208
12	8.5	2.4	29.1	1.4	48.8	1000	-58.7	21.7	4.899
13	8.5	0.5	10.1	3.0	72.4	1000	-59.0	21.9	3.977
14	10.5	2.4	121.0	2.0	62.8	1000	-61.4	21.7	4.732
15	10.5	0.5	151.8	3.3	74.2	1000	-63.3	21.4	5.759
16	12.5	1.5	117.2	4.0	77.1	1000	-70.8	21.1	5.079
17	14.5	1.5	108.1	5.9	81.2	1000	-71.8	21.5	4.567
18	0.5	6.0	107.6	9.0	84.2	1000	-86.2	21.0	4.560
19	3.0	6.0	114.2	6.6	82.2	1000	-82.4	21.2	4.662
20	6.0	6.0	132.0	4.1	77.4	1000	-79.2	21.3	4.038
21	8.5	6.0	169.5	2.9	71.9	1000	-74.4	21.5	5.317
22	11.0	6.0	36.5	3.5	75.0	1000	-71.8	21.6	4.447
23	13.5	6.0	59.0	5.3	80.3	1000	-77.5	21.6	5.417
24	0.5	11.0	132.2	11.5	85.5	1000	-91.9	20.4	4.841
25	0.5	8.0	118.9	9.8	84.7	1000	-88.7	20.8	4.651
26	4.0	11.0	147.0	9.2	84.4	1000	-89.4	21.0	4.821
27	4.0	8.0	133.2	6.9	82.5	1000	-89.3	21.0	4.543
28	7.5	11.0	169.0	7.9	83.5	1000	-89.4	21.0	4.519
29	7.5	8.0	162.3	5.0	79.7	1000	-86.1	21.2	4.974
30	8.5	15.0	177.6	11.7	85.6	1000	-91.7	20.9	4.658
31	12.0	15.0	14.4	12.1	85.7	1000	-86.6	21.2	4.752
32	12.0	11.0	21.3	8.3	83.8	1000	-86.4	21.3	4.886
33	10.5	8.0	17.7	5.0	79.7	1000	-82.6	21.4	5.771
34	16.5	4.3	82.4	7.6	83.2	1000	-80.3	21.5	4.555
35	16.5	0.5	110.5	8.1	83.6	1000	-83.6	21.3	4.707
36	18.5	1.5	100.7	9.7	84.7	1000	-82.2	21.1	3.744
37	-30.0	-5.0	78.0	47.1	57.9	1000	-124.7	-0.2	2.780
38	-45.0	-15.0	71.3	62.3	66.3	-	測定不能	測定不能	測定不能

2) 徳島大学病院

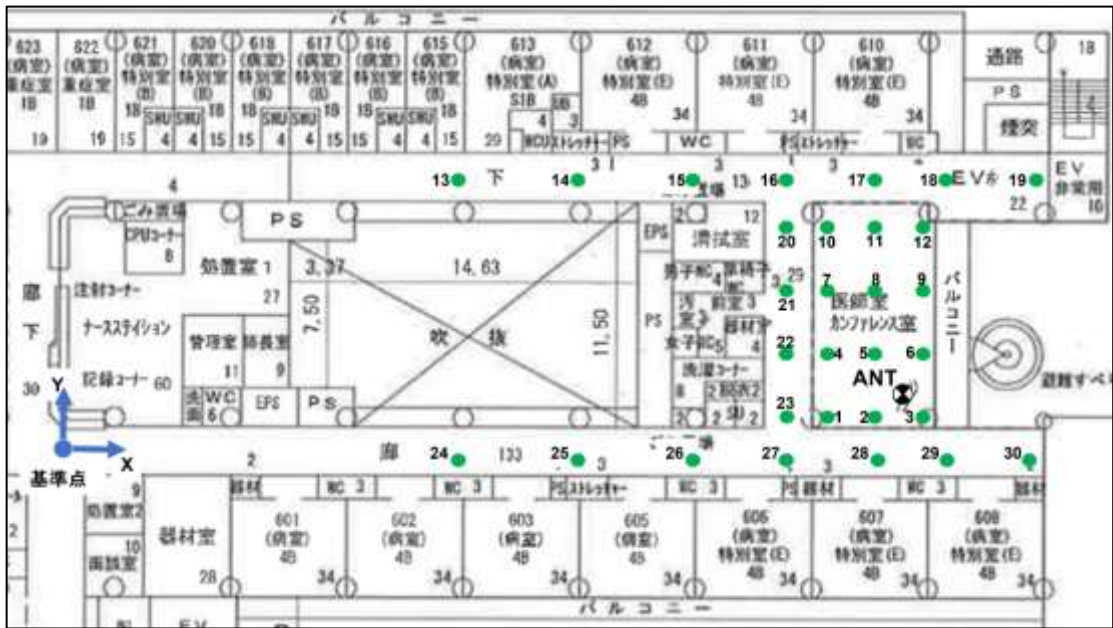


図 3.3.4-2 徳島大学病院 測定ポイント（屋内）



図 3.3.4-3 徳島大学病院 測定ポイント（屋外）
 (出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成)

表 3.3.4-2 徳島大学病院 測定データ

測定ポイント 番号	X(m)	Y(m)	基地局からの 角度(deg)	基地局との 距離(m)	基地局から見た チルト角度	測定回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	39.5	3.0	76.0	4.2	77.7	1000	-64.7	21.7	4.798
2	42.0	3.0	56.3	2.0	63.5	1000	-59.6	21.6	4.373
3	44.5	3.0	135.0	1.7	57.5	1000	-59.9	21.5	5.998
4	39.5	6.0	116.6	4.6	78.6	1000	-62.3	21.4	4.450
5	42.0	6.0	143.1	2.7	70.2	1000	-62.2	21.6	5.307
6	44.5	6.0	26.6	2.4	68.1	1000	-59.4	21.6	5.260
7	39.5	9.0	141.3	6.5	82.0	1000	-70.7	21.3	4.813
8	42.0	9.0	163.3	5.3	80.2	1000	-65.9	21.4	6.282
9	44.5	9.0	11.3	5.2	80.0	1000	-66.4	21.5	5.136
10	39.5	12.0	153.4	9.0	84.3	1000	-72.1	21.6	4.572
11	42.0	12.0	169.4	8.2	83.7	1000	-70.3	21.7	4.442
12	44.5	12.0	7.1	8.1	83.6	1000	-66.7	21.6	4.762
13	21.0	15.0	116.1	25.1	87.9	1000	-108.7	14.4	4.097
14	27.0	15.0	123.7	19.9	87.4	1000	-103.8	18.1	3.536
15	33.0	15.0	136.3	15.2	86.6	1000	-98.5	20.0	4.528
16	37.5	15.0	151.4	12.6	85.9	1000	-95.0	20.6	4.753
17	42.0	15.0	172.2	11.1	85.4	1000	-98.9	20.0	4.281
18	46.0	15.0	12.8	11.3	85.4	1000	-102.0	18.8	5.170
19	49.0	15.0	26.6	12.3	85.8	1000	-106.9	15.9	4.426
20	37.5	12.0	143.1	10.0	84.9	1000	-85.3	21.2	4.782
21	37.5	9.0	129.8	7.9	83.4	1000	-82.4	21.5	4.712
22	37.5	6.0	108.4	6.4	81.9	1000	-80.2	21.4	5.577
23	37.5	3.0	80.5	6.1	81.6	1000	-78.0	21.7	4.975
24	21.0	0.0	79.9	22.9	87.7	1000	-107.6	14.8	4.294
25	27.0	0.0	76.4	17.0	87.0	1000	-102.1	18.8	4.468
26	33.0	0.0	69.1	11.3	85.4	1000	-95.3	20.8	3.888
27	37.5	0.0	56.3	7.3	82.9	1000	-93.4	20.9	4.097
28	42.0	0.0	20.6	4.4	78.1	1000	-86.1	21.6	5.239
29	46.0	0.0	148.0	4.8	79.2	1000	-94.4	20.8	4.801
30	49.0	0.0	126.0	6.9	82.5	1000	-97.0	20.3	4.044
31	80.0	4.0	90.0	44.2	55.6	1000	-113.1	11.1	4.876
32	60.0	75.0	13.1	77.1	71.1	1000	-121.5	2.8	3.827
33	80.0	-41.0	141.0	63.1	66.7	1000	-128.7	-4.2	3.719
34	0.0	-45.0	41.6	70.1	69.1	1000	-131.4	-7.0	3.459

3) 徳島赤十字病院



図 3.3.4-4 徳島赤十字病院 測定ポイント (2F 救急外来エリア詳細)



図 3.3.4-5 徳島赤十字病院 測定ポイント (2F)



図 3.3.4-6 徳島赤十字病院 測定ポイント（屋外）
 （出典：地理院地図 ※地理院タイルを加工して作成）



図 3.3.4-7 徳島赤十字病院 測定ポイント（屋外詳細）

表 3.3.4-3 徳島赤十字病院 測定データ

測定ポイント 番号	X(m)	Y(m)	基地局からの 角度(deg)	基地局との 距離(m)	基地局から見た チルト角度	測定回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	3.5	27	133.2	25.0	26.0	1000	-84.5	21.3	5.604
2	11.5	20	0.0	22.5	1.3	1000	-77.3	21.0	5.257
3	11.5	14.9	0.0	23.0	11.6	1000	-78.4	21.3	4.589
4	21	14.9	115.8	24.9	25.1	1000	-81.1	21.1	5.885
5	18.7	29	37.2	25.5	27.9	1000	-83.6	21.3	5.994
6	17.7	23.5	57.2	23.7	18.2	1000	-83.5	21.5	4.719
7	18.5	19	94.1	23.6	17.3	1000	-87.9	21.0	4.661
8	14.5	31.5	14.0	25.7	28.8	1000	-76.2	21.4	4.798
9	11.5	35	0.0	27.3	34.6	1000	-77.4	21.3	6.311
10	6	35	160.5	27.9	36.2	1000	-95.8	20.1	4.933
11	1	35	145.9	29.3	39.8	1000	-99.2	19.4	5.291
12	1	28	129.0	26.2	31.0	1000	-99.2	19.4	4.760
13	1	21.5	100.8	24.9	25.4	1000	-101.5	18.5	4.504
14	1	15	66.8	25.2	26.9	1000	-108.5	14.1	4.039
15	1	3.5	33.3	29.5	40.4	1000	-115.4	7.9	4.728
16	7.5	15	41.6	23.3	15.0	1000	-95.4	20.4	4.200
17	9.5	3.5	7.1	27.7	35.6	1000	-100.0	19.1	4.904
18	17.7	3.5	158.8	28.3	37.3	1000	-96.8	20.1	4.216
19	30.5	3.5	130.1	33.5	47.8	1000	-116.2	7.4	5.180
20	30.5	16.5	99.0	29.6	40.5	1000	-102.1	18.2	4.690
21	30.5	34	52.7	32.8	46.7	1000	-103.5	17.5	4.479
22	43.5	16.5	95.4	39.2	55.0	1000	-115.8	7.6	4.046
23	17.7	-11.5	168.7	38.8	54.6	1000	-106.2	15.9	4.882
24	1	-11.5	18.7	39.7	55.5	1000	-122.6	0.9	4.625
25	68	16.5	93.0	60.9	68.3	1000	-114.5	8.9	3.942
26	80	16.5	92.5	72.2	71.8	1000	-117.6	5.8	5.127
27	1	-18.3	15.5	45.2	60.2	1000	-117.4	5.6	3.570
28	1	-25	13.3	51.0	63.8	1000	-123.8	-0.2	3.687
29	1	-36	10.7	60.8	68.3	1000	-126.4	-2.6	3.928
30	-22.6	15	82.5	41.1	56.8	1000	-117.9	5.5	5.465
31	60	38	69.1	52.3	83.3	1000	-108.5	14.3	4.626
32	60	50	57.8	57.6	83.9	1000	-114.5	9.0	5.100
33	62	65	48.0	68.2	84.9	1000	-115.5	8.2	4.530
34	120	65	67.2	117.8	87.0	1000	-126.6	-2.6	3.791
35	105	65	64.1	104.2	86.6	1000	-123.4	0.3	3.778
36	90	60	62.7	88.5	86.0	1000	-123.9	0.2	4.211
37	75	45	68.1	68.7	84.9	1000	-121.6	2.4	4.273
38	10	70	178.3	50.9	83.1	1000	-123.1	0.9	3.943
39	-15	70	152.3	57.4	83.9	1000	-123.3	0.9	4.048
40	-35	70	137.4	68.9	84.9	1000	-126.4	-2.5	4.001
41	30	35	50.0	24.9	75.8	-	測定不能	測定不能	測定不能
42	15	35	12.7	17.0	69.0	-	測定不能	測定不能	測定不能
43	0	35	143.4	20.2	72.5	-	測定不能	測定不能	測定不能

4) 県立海部病院



図 3.3.4-8 県立海部病院 測定ポイント

表 3.3.4-4 県立海部病院 測定データ

測定ポイント 番号	X(m)	Y(m)	基地局からの 角度(deg)	基地局との 距離(m)	基地局から見た チルト角度(deg)	測定回数 (回)	RSRP (dBm)	SIR (dB)	標準偏差
1	0.5	15.3	121.0	6.5	82.0	1000	-75.6	16.4	5.115
2	0.5	11.9	89.0	5.6	80.7	1000	-76.9	13.2	5.384
3	0.5	8.5	57.5	6.6	82.1	1000	-72.4	19.0	5.085
4	4.5	15.3	155.6	3.7	76.1	1000	-72.5	19.3	5.324
5	4.5	11.9	86.2	1.8	59.1	1000	-73.2	11.2	6.319
6	4.5	8.5	23.2	3.9	76.7	1000	-68.1	20.4	5.621
7	7.5	15.3	24.4	3.7	76.1	1000	-68.7	20.3	5.192
8	7.5	11.9	93.8	1.8	59.1	1000	-66.5	19.5	4.925
9	7.5	8.5	156.8	3.9	76.7	1000	-68.4	20.5	4.715
10	11.5	15.3	59.0	6.5	82.0	1000	-72.7	20.2	4.607
11	11.5	11.9	91.0	5.6	80.7	1000	-72.7	15.5	5.646
12	11.5	8.5	122.5	6.6	82.1	1000	-72.3	18.7	5.187
13	0.5	16.8	131.1	7.4	83.0	1000	-81.2	20.9	5.099
14	4.5	16.8	162.6	5.1	79.9	1000	-83.1	20.7	4.359
15	7.5	16.8	17.4	5.1	79.9	1000	-81.6	21.1	3.966
16	11.5	16.8	48.9	7.4	83.0	1000	-81.7	21.1	4.175
17	14.5	16.8	60.5	9.8	84.7	1000	-89.2	20.6	4.340
18	18.0	16.8	68.2	13.0	86.0	1000	-90.2	20.8	4.299
19	23.5	16.8	74.7	18.2	87.2	1000	-99.1	19.3	3.438
20	20.5	14.3	81.0	14.7	86.5	1000	-101.4	18.5	4.657
21	29.0	16.8	78.2	23.5	87.8	1000	-102.5	18.0	4.499
22	29.0	13.3	86.8	23.1	87.8	1000	-111.7	12.0	4.259
23	29.0	10.5	93.7	23.1	87.8	1000	-117.8	6.2	3.472
24	29.0	7.0	102.3	23.6	87.8	1000	-119.4	4.5	4.114
25	34.9	16.8	80.6	29.3	88.2	1000	-105.1	16.5	3.430
26	40.0	16.8	82.0	34.3	88.5	1000	-109.2	12.8	2.873
27	45.0	16.8	83.0	39.3	88.7	1000	-106.2	16.1	4.296
28	50.0	16.8	83.8	44.3	88.8	1000	-104.5	17.1	3.756
29	50.0	11.9	90.1	44.0	88.8	1000	-121.0	2.9	4.116
30	50.0	6.5	97.1	44.4	88.8	1000	-127.3	-3.4	3.279
31	50.0	0.5	104.6	45.5	88.9	1000	-125.6	-1.8	4.249
32	58.9	16.8	84.8	53.1	89.0	1000	-113.0	10.5	3.373
33	65.0	16.8	85.3	59.2	89.1	1000	-109.5	13.7	3.636
34	65.0	23.3	79.2	60.1	89.1	1000	-127.7	-3.7	5.159
35	73.0	16.8	85.9	67.2	89.2	1000	-111.9	11.6	4.537
36	82.5	16.8	86.4	76.7	89.3	1000	-114.4	9.3	3.392

4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

4.1.1 背景となる課題

(1) ユーザの抱える課題（課題実証①）

コロナ禍によって、ICU 等の隔離病棟への入退出の際に、感染管理として個人防護具等の着脱が必要となっており、隔離病棟患者に対する医療従事者の業務負荷が高まっている。このことから、隔離病棟の外部から、遠隔で入院患者のバイタルを確認する、高精細カメラ映像によって遠隔から患者の容態をモニタリングする、といった遠隔モニタリングへのニーズが高まっていると考えられる。

一方、病院において、医用テレメータを始め、多くの無線通信機器が導入されるようになってきている。その結果、無線通信機器を利用するにあたって、トラブルの事例も報告されるようになった。総務省が実施した 2019 年度の調査結果では、医用テレメータを導入する病院のうち 40.9%が電波に関してのトラブル経験ありと回答をしている。(図 4.1.1-1)

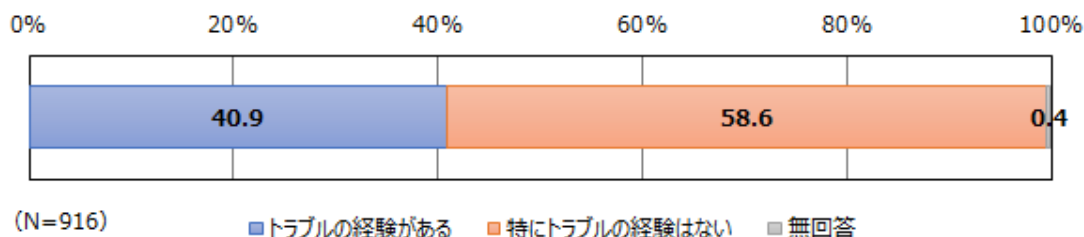


図 4.1.1-1 医用テレメータのトラブル経験

さらに、トラブルのうち 4.0%は「他施設からの電波が受信される」となっており、10.1%は「他の機器・設備から障害を受ける」という回答となっており、他の施設や他の電子機器による影響は安心して安全な医療を提供するにあたり、大きなリスクとなっていることが分かる。

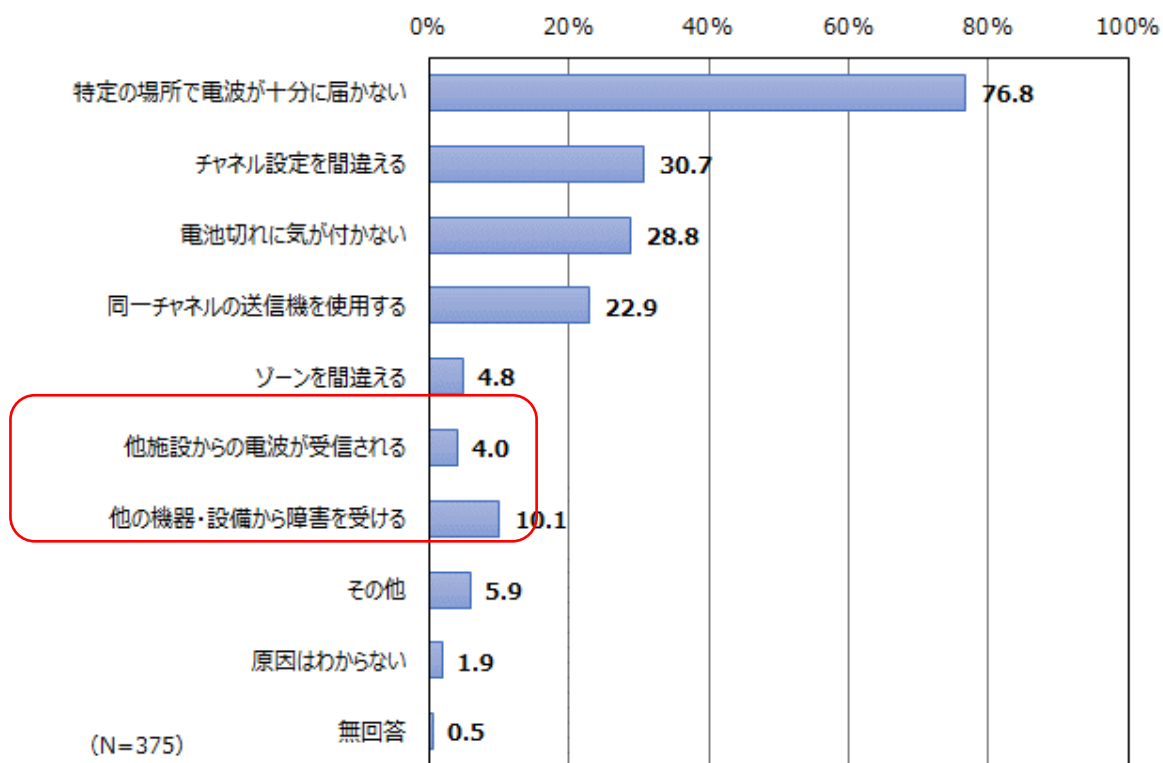


図 4. 1. 1-2 医用テレメータのトラブルの分類

これらの課題を解決するために、ローカル 5G を利用する。

コロナ禍を契機に、高精細映像伝送によって院内での非接触で隔離病棟等の患者をモニタリングする仕組みへの期待が高まっている。これについては、5G通信機能を備えたカメラ付きローカル 5G 端末を用いて高精細映像がローカル5Gネットワークを経由して伝送できることを実証する。

また、医用テレメータの電波トラブルに関しては、他の機器・設備からの障害や他施設からの電波による障害が低減されるかどうかを評価し、医用テレメータのローカル 5G の利用を促進していく必要がある。具体的には現在医用テレメータによって通信している病室の各ベッドに設置される生体モニタ用のベッドサイドモニタとそのデータを受信して表示するセントラルモニタとの間の通信をローカル5G に置き換える。ベッドサイドモニタは有線の Ethernet によるデータ送出手が可能なポートを備えるため、このポートと CPE 型ローカル 5G 端末の Ethernet ポートとの間を有線接続し CPE 型ローカル 5G 端末で 5G 無線に変換したうえでローカル5Gネットワークを経由してセントラルモニタと接続することを実証する。

本実証では、実証試験施設として徳島県立中央病院と徳島大学病院を想定する。徳島県立中央病院では、コロナ患者を受け入れる病院であり、遠隔モニタリングに対するニーズは高まっている。また、図 4. 1. 1-3 にある通り、これらの病院間は、近接している立地になっており、「他施設からの電波が受信される」という医用テレメータに関わるトラブルのリスクが高くなっており、ローカル 5G を用いた医用テレメータの混信リスクについてあらかじめ把握しておくことが重要となっている。



図 4. 1. 1-3 徳島県立中央病院と徳島大学病院の立地

(2) ユーザの抱える課題（課題実証②）

一刻を争う救命救急の現場では、正確な情報に基づき、迅速な意思決定が求められる。特に、救急の受け入れ可否判断は、救急隊からの音声による情報伝達 (Subjective 情報) だけではなく、バイタルデータと身体の見情報 (Objective 情報) などの情報をもとに判断することが望ましい。

これまでも 5G を活用し、救急車から Objective 情報を活用する実証事業は行われている。(図 4. 1. 1-4)



図 4. 1. 1-4 5G による救急車からの Objective 情報の伝送¹³

¹³ https://5gbiz.idc.nttdocomo.co.jp/contents/5g/verification/detail_11.html

同実証の中で、5Gによる4K映像の配信やバイタルデータの伝送の有効性について証明されている。

一方、2019年度の実証の中では、2次救急と3次救急との病院間のコミュニケーションに関しての実証は行われていないが、実際の医療現場では、病院間のコミュニケーションも必要とされている。例えば、脳卒中の患者が2次救急の病院に搬送された場合に、専門医がおらず、t-PAの投与などの判断が難しい場合がある。脳卒中の場合、即時の対応が求められるため、2次救急で応急処置を実施したうえで3次救急へと患者を転院搬送することが望ましい。しかし、2次救急と3次救急の病院間で情報をやり取りする方法は基本的には電話のみであり、口頭でのSubjective情報の伝達に留まっている。その結果、2次救急での受け入れ拒否に繋がるリスクを生んでしまっている可能性がある。そのため、2次救急と3次救急間で、心電波形等のSubjective情報に加えて、正確かつリアルタイムのObjective情報のやり取りができれば、2次救急において迅速かつ適切な処置がなされる患者数も増える可能性がある。

特に、徳島県では、3次救急への患者の搬送割合が全国に比べて2.2倍多く発生しており、3次救急の逼迫が問題となっている。そのため、2次救急で適切に処置を実施することが求められている。(図4.1.1-5)

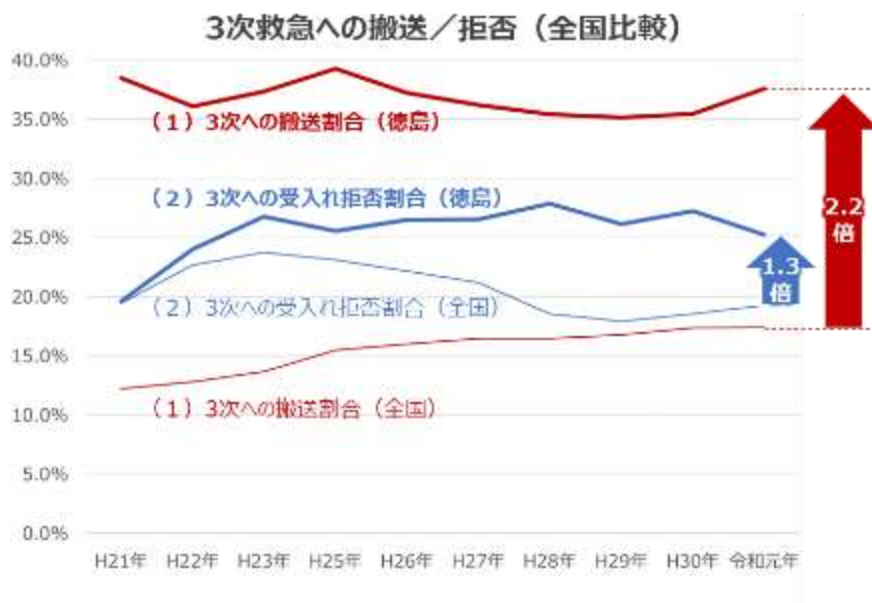


図 4. 1. 1-5 3次救急に関する徳島県と全国との比較

出典：救急搬送における医療機関の受け入れ状況等実態調査の結果（消防庁）を基に作成

4.1.2 本実証におけるローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション

1) 課題実証①

遠隔モニタリングに対しては、ローカル 5G を用いることで隔離病棟等の患者をモニタリングする仕組みを活用することによる医療の提供体制の高度化を実現する。

本実証では、病室を模擬した院内区画から、4K カメラによって撮影した動画像とベッドサイドモニタで取得する生体情報をナースステーションのセントラルモニタで確認するという実証を徳島県立中央病院にて実施する。高精細映像による遠隔モニタリングによって、コロナ禍においても、ICU や隔離病棟の患者の医療の提供体制を充実させ、医療従事者の業務効率化を実現できる。

また、医用テレメータに関しては、「他の機器・設備から障害を受ける」という課題と、「他施設からの電波が受信される」という課題に対して、ローカル 5G を用いた解決を実現する。

「他の機器・設備から障害を受ける」については、医用テレメータと同一の周波数帯を用いている院内の医療機器（例えば、無線ナースコール等）や重機のコントローラーの影響などが知られている。医用テレメータをローカル 5G に接続することによって、他の機器・設備と異なる周波数帯の電波を利用するため課題を解決することができる。

「他施設からの電波が受信される」については、ローカル 5G の多数同時接続の特徴を利用することで、自動的に周波数帯を割り当て、医用テレメータのチャンネル設定が不要になり、他施設の医用テレメータの信号受信を回避することができる。（図 4.1.2-1）

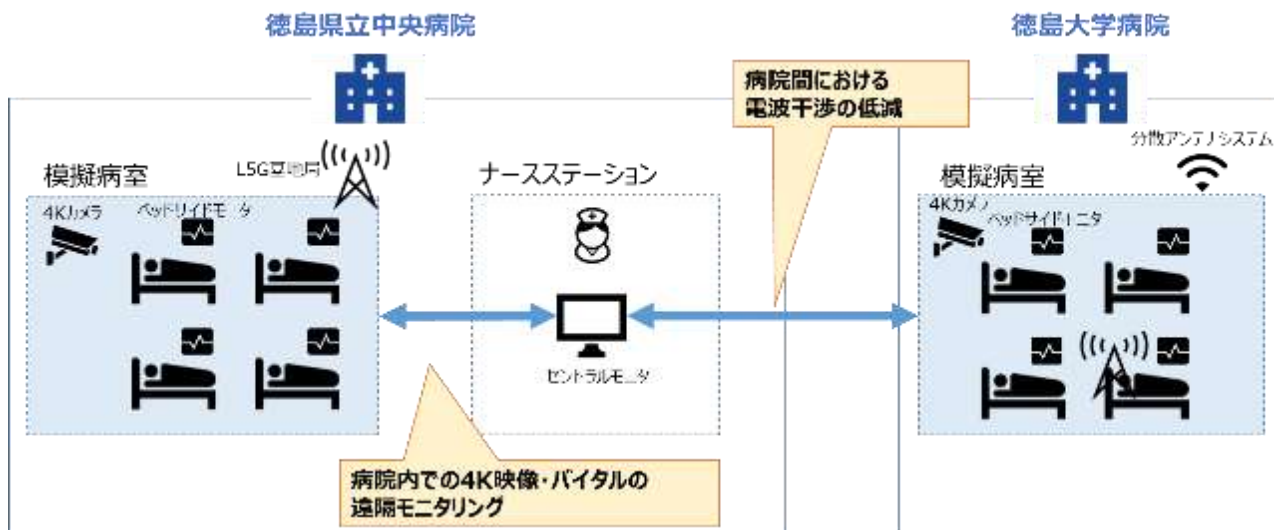


図 4.1.2-1 病室からナースステーションにローカル 5G で伝送する実証

2) 課題実証②

救急時の情報連携について、次の2つの実証を実施する。

- ① 救急隊と3次救急の病院間の情報連携
- ② 2次救急と3次救急の病院間の情報連携

1つ目の実証では、救急車から搬送受け入れ先病院（徳島赤十字病院）へ、患者の所見を得るための動画像情報と12誘導心電図によるバイタルデータ（Objective 情報）および救急隊と医師とのコミュニケーションによる情報（Subjective 情報）を、正確かつリアルタイムに5Gによって伝送できるかを実証する。（図4.1.2-2）この実証によって、救命救急現場において、5Gを利用した正確でリアルタイムの情報伝達手段が有効であり、救急の受け入れ体制構築の迅速化や救急の受け入れ可否の判断への影響を明らかにすることができる。なお、救急患者は、脳卒中および心筋梗塞の緊急度が高いケースに加え、高精細映像による判断が求められる高エネルギー外傷を負ったケースを想定し、模擬患者により効果検証を行う。

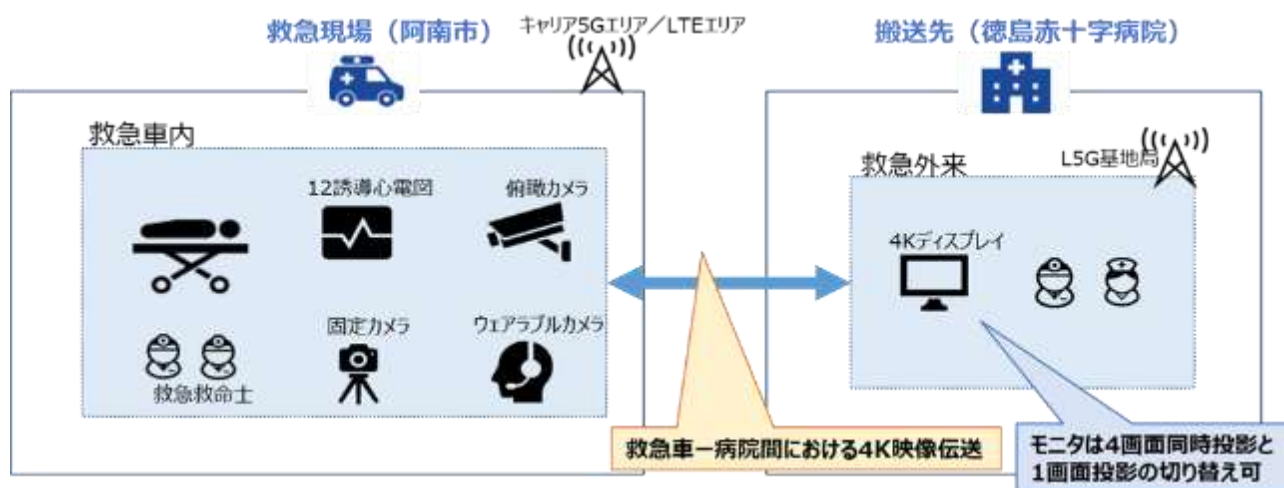


図 4.1.2-2 救急隊と3次救急の病院間の情報連携実証

2つ目の実証では、2次救急の病院（徳島県立海部病院）から3次救急の病院（徳島赤十字病院）へ、患者の所見を得るための動画像情報とバイタルデータ、CT画像やアンギオ動画などの大容量のDICOM画像（Objective情報）および医師同士のコミュニケーション（Doctor to Doctor）による情報（Subjective情報）の正確でリアルタイムの伝送を5Gによって実現できるかを実証する。（図4.1.2-3）この実証によって、救命救急現場において、5Gを利用した正確でリアルタイムの情報伝達手段が有効であり、2次救急の現場で3次救急のサポートを受けながら医療行為ができるかどうか、医療行為への好影響を評価する。このモデルの実装により、2次救急での患者の受け入れ範囲の拡大を実現し、3次救急の病床逼迫を緩和することにつながる。また、もし2次救急から3次救急への患者の転院搬送が必要となった場合にも、1つ目の救急車とのデータ連携に関するモデルと連携することで、3次救急の病院では、常に患者の病態を管理しながら受け入れ体制を構築することができ、広範囲にわたる高度な医療体制・医療の連続的な提供が可能となる。なお、救急患者は、脳卒中および心筋梗塞の緊急度が高いケースに加え、高精細映像による判断が求められる外傷を負ったケースを想定し、模擬患者により効果検証を行う。

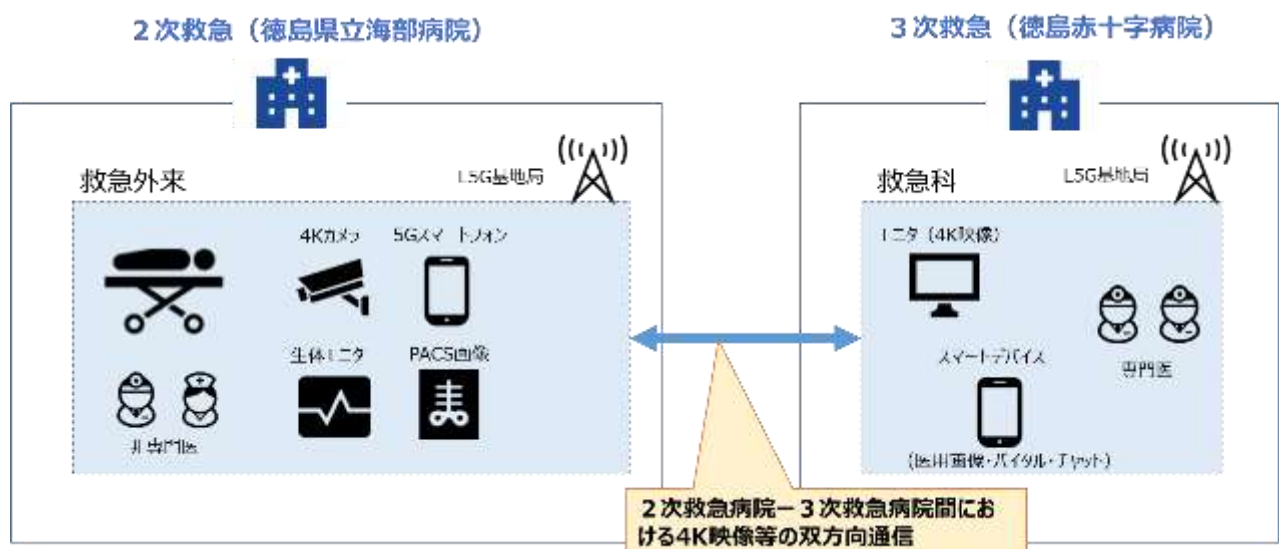


図 4. 1. 2-3 2次救急と3次救急の病院間の情報連携実証

(2) ローカル 5G 活用モデル（当初仮説）

1) 課題実証①

i) 導入効果

遠隔モニタリングおよび院内の無線化によって、下記の導入効果を見込む。

- 高精細映像による遠隔モニタリングによって、コロナ禍において、ICU や隔離病棟の患者との接触の際には感染防護具の着脱といった医療従事者の業務負荷が高まっているが、病棟患者の高精細映像をリアルタイムに伝送することで、患者と接触せずに容態の確認が可能となる。これによって、医療従事者の業務負荷を軽減する。
- また、将来的にベッドサイドモニタ以外にも院内の通信機器をローカル 5G により無線化することで、院内のコミュニケーション手段が PHS からスマートフォンやタブレットといったスマートデバイスへ移行した際に、このスマートデバイスを介してデータを共有することが可能となる。

ii) 想定するターゲット

電波干渉によるリスクを低減することは、入院患者や外来患者に対する医療事故等の防止につながるものである。したがって、最終的な受益者は患者である。一方、本モデルの直接のユーザは、コロナ病棟や隔離病棟で勤務する医療従事者を想定する。

iii) 実装スキーム

徳島県立中央病院にはすでにローカル 5G の基地局設備を整備済みであり、本事業では光 DAS による徳島大学病院へのエリア拡張に関して調達を行うことを想定している。構築したローカル 5G の運用・保守については、徳島県事業において本コンソーシアムメンバーであるケーブルテレビ徳島株式会社および NEC ネットエスアイ株式会社への委託を行うことを想定する。また、ローカル 5G に接続するベッドサイドモニタは、本事業費にてフクダ電子製のベッドサイドモニタを両院へ配備する。

4K 映像伝送の仕組みについては、実装後にも継続して利用可能である環境を維持するとともに、両院の他のエリアでも活用できるよう利用可能エリアの拡大を検討する。

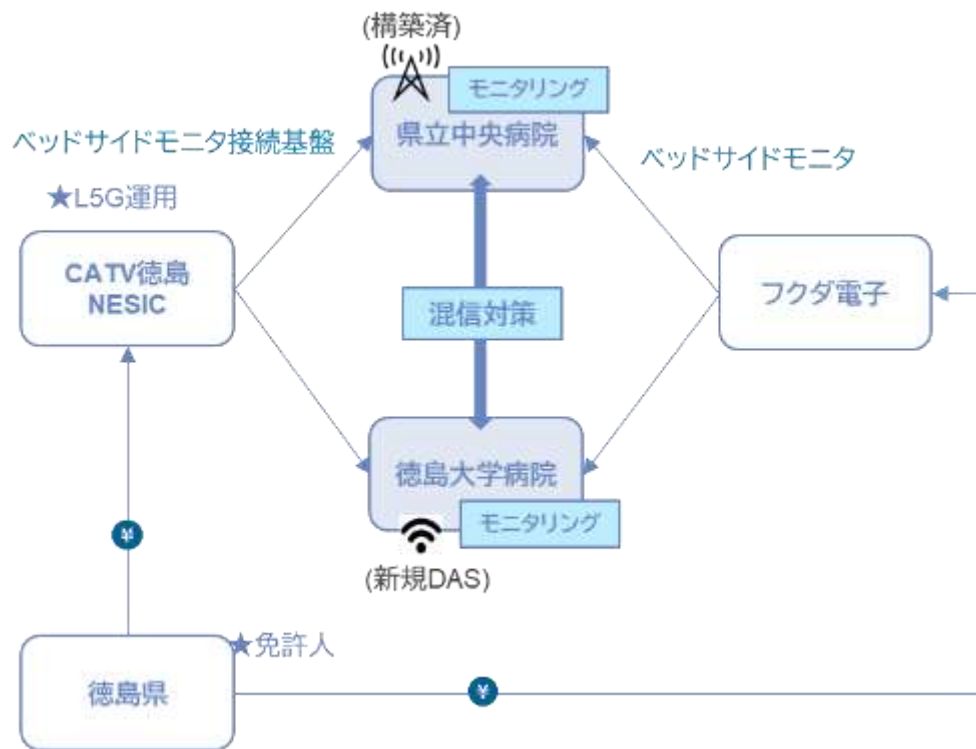


図 4. 1. 2-4 課題実証①に関する実装スキーム

2) 課題実証②

i) 導入効果

課題実証②-1 の救急隊との遠隔データ連携によって、下記の導入効果を見込む。

- 救急搬送中に患者の容態やバイタルを、キャリア 5G およびローカル 5G を介して搬送先病院へ事前に共有を行うことで、搬送先での処置準備の効率化および処置の質が向上する。これにより、中長期視点では、搬送先での救急救命率の向上が見込まれる。

課題実証②-2 の 2 次救急と 3 次救急との遠隔 DtoD によって、下記の導入効果を見込む。

- 専門医が不足する 2 次救急の病院では、救急患者の症状によっては非専門医が対応を行う必要がある。その場合、適切な処置を施すこと、あるいはより高次の病院にて処置が必要であるか否かの転院搬送判断の際に、3 次救急の専門医が遠隔 DtoD のコンサルテーションを行うことで、2 次救急における適切な処置や転院搬送の判断が可能になる。これにより、2 次救急での救命率の向上、転院搬送の迅速化による 3 次救急での救命率の向上を見込む。

ii) 想定するターゲット

救命率向上による最終的な受益者は救急患者自身である。一方、本モデルの直接のユーザは、救急救命士等の救急隊職員、2 次救急および 3 次救急の救急外来を担当する医療従事者である。

iii) 実装スキーム

• 課題実証②-1

徳島赤十字病院において、徳島県事業として今年度秋にローカル 5G 基地局を整備することが決定している。ローカル 5G の運用・保守については、徳島県事業としてケーブルテレビ徳島株式会社および NEC ネットエスアイ株式会社への委託を行うことを想定する。救急車が接続するキャリア 5G については、NTT ドコモのキャリア 5G エリアおよびキャリア 5G クラウドを利用する。また、救急車と搬送先をつなぐ遠隔映像伝送システムについては、徳島県事業として NTT コミュニケーションズ株式会社へ委託のもとシステムの運用・保守を行う。本事業では、遠隔映像伝送システムの整備および救急車内に設置するカメラや生体情報モニタ等の機器を調達することを想定する。

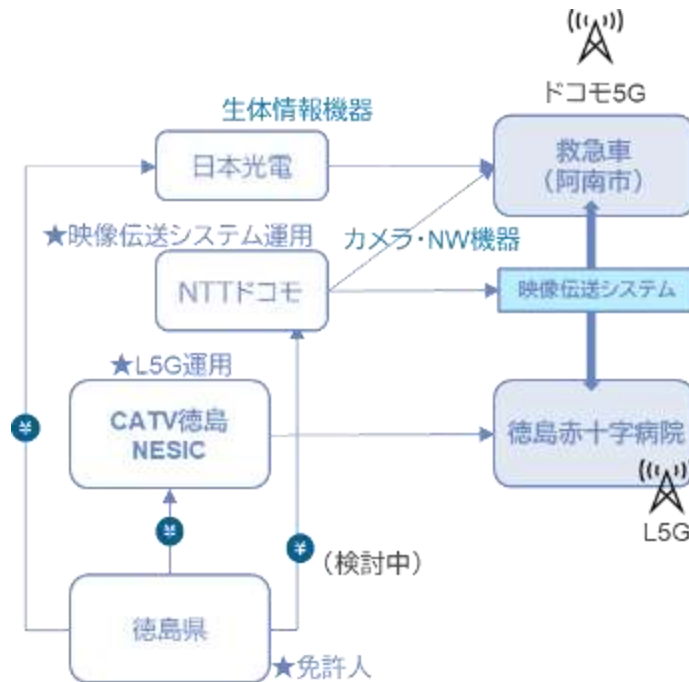


図 4. 1. 2-5 課題実証②-1 に関する実装スキーム

- 課題実証②-2

徳島県立海部病院には、徳島県事業としてすでにローカル 5G の基地局設備を整備済みであり、徳島赤十字病院においても前述のとおり今年度にローカル 5G 基地局を整備することが決定している。両院のローカル 5G の運用・保守については、徳島県事業においてケーブルテレビ徳島株式会社および NEC ネットエスアイ株式会社への委託を行うことを想定する。また、映像・バイタル・放射線画像を伝送するアプリケーション（株式会社アルム「Join」）の利用に係る費用は、本事業費にて調達する。ただし、同アプリはすでに両院で利用されているものであり、アプリに対する医師等ユーザのリテラシーは担保されている。本事業後の追加的な運用・保守費用については、引き続き病院からアルム社へ利用料を支払うスキームを想定する。本事業では株式会社アルムのコミュニケーションアプリの利用料や導入に係る作業費に加え、5G 対応スマートフォンや 5G 接続のための通信機器を調達することを想定する。

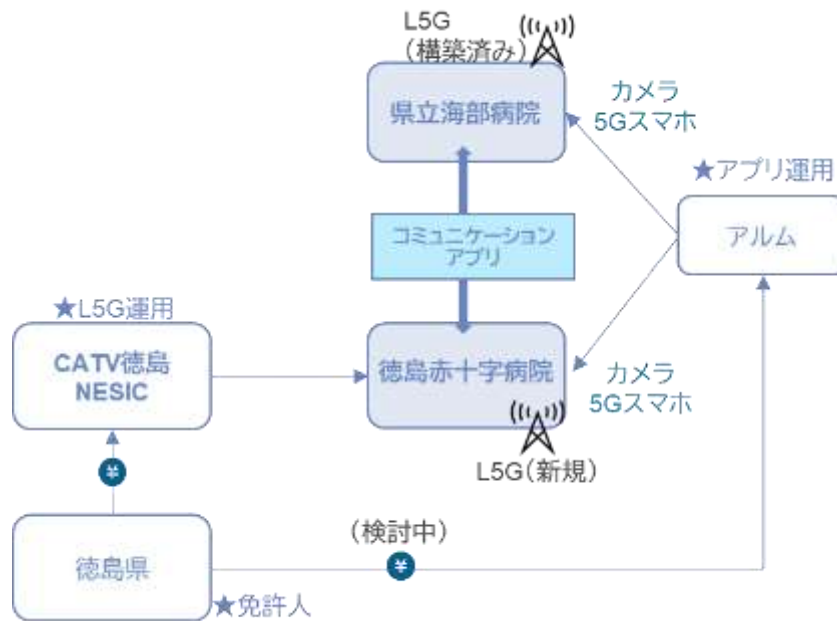


図 4. 1. 2-6 課題実証②-2 に関する実装スキーム

(3) ローカル 5G の必然性・必要性

1) 課題実証①

下記の観点を検討した結果、ローカル 5G を院内の無線化の課題解決手段として用いることとした。特に、ベッドサイドモニタ等で使用される医用テレメータについては、施設同士の干渉だけではなく、施設周辺の重機等からも電波影響も受けていることや、徳島県立中央病院と徳島大学病院の両院で多数の通信機器が接続しているためチャンネル数の点でも限界を迎えていることから、5G による早急な対応が必要となっている。

- コロナ禍により患者との接触機会が制限する傾向にあり、遠隔（別室）から患者の高精細映像と生体情報をリアルタイムにモニタリングできる仕組みが求められる。
- 医用テレメータの場合、病床規模の大きな病院ではそのチャンネル管理が煩雑となり、結果的にチャンネル重複といった問題が頻発している。また、Wi-Fi の場合、他の電子機器との干渉のリスクが高い。これらの結果、通信トラブルの影響を受けにくい 5G の利用が望まれる。
- 医療機関としてのセキュリティ対策および可用性の確保という点でローカル 5G の特徴である柔軟性が求められる。

2) 課題実証②

下記の観点を考慮した結果、ローカル 5G を救急医療のデータ連携の課題解決手段として用いることとした。

● 課題実証②-1

- 救急医療において、現状のコミュニケーション手段は音声電話のみであり、映像やバイタルといった情報を搬送先病院へ伝達することができていない。さらに、患者容態によっては、皮膚等の機微な状態を確認する必要があり、搬送先の医師が救急隊員に対して適正な指示を行うためには高精細な映像が求められる。
- 救急隊員と搬送先医師とがリアルタイムにコミュニケーションを行うためには、上記の大容量の映像データを遅延なく伝送することが必要である。また、都市部を中心に救急車走行エリアへのキャリア 5G 網の整備が進んでおり、キャリアの 5G クラウドを介して搬送先施設のローカル 5G 専用線へ接続することができ、大容量データを低遅延で伝送する仕組みが構築できる。

● 課題実証②-2

- 救急搬送先の 2 次救急病院において、患者の症状に対応可能な専門医が不在である場合に、適切な処置あるいは転院搬送の判断を行うことが困難となる。その際、専門医の常勤する 3 次救急の病院が、搬送患者の高精細映像、生体情報、DICOM 画像データを遠隔から確認することで、2 次救急の医師に対して遠隔での Doctor to Doctor のコンサルテーションを提供することが可能になる。

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

1) 課題実証①

将来的な院内の 5G による無線化を想定し、複数の入院患者について、高精細映像とベッドサイドモニタの生体データ伝送を行う遠隔モニタリングの実証事例は本邦初と考えられる。まとめると、課題実証①の新規性は以下の 2 点と考える。

- ローカル 5G を活用した ICU 等隔離病棟の複数患者の遠隔モニタリング
- ローカル 5G によるベッドサイドモニタの無線伝送（従来は Wi-Fi または医用テレメータ）

2) 課題実証②

走行中の救急車と搬送先病院をつなぐ先行実証事例はあるものの、実運用を想定してキャリア 5G（救急車走行エリア）とローカル 5G（院内）を接続するという実証は本邦初と考えられる。また、救急患者に対する遠隔 DtoD に当たる先行事例はあるが、商用のモバイルアプリを端末として使用する事例も本邦初と考えられる。まとめると、課題実証②の新規性は以下の 3 点と考える。

- 院外のキャリア 5G クラウドと院内のローカル 5G との接続
- 5G と LTE の通信切り替えが必要な通信環境下での救急搬送中の遠隔データ連携
- 商用の医療用アプリケーションをベースとした 5G による遠隔データ連携

(2) 過年度実証事業との関連性

本提案と関連すると考えられる過年度実証事業は以下の 2 つである。

- I. 令和 2 年度 No19 中核病院における 5G と先端技術を融合した遠隔診療等の実現
- II. 令和 3 年度 No26 大都市病院における視覚情報共有・AI 解析等を活用したオペレーション向上による医療提供体制の充実・強化の実現

上記 2 つの実証との共通点は、以下にある。

- I. 院内において、ローカル 5G を用いて患者の高精細映像を伝送する点
- II. 救急医療を主眼として、異なる病院間において、ローカル 5G を用いて高精細映像を共有する点

本提案では、上記の共通点に加えて、新たに以下の要素を加えて実証を行う。

- I. 高精細映像に加えて、複数のベッドサイドモニタの生体データを隣接する病院間で干渉することなく伝送する。

走行中の救急車と病院間を 5G で接続し、4K 映像および生体情報を伝送する。加えて商用でのスマートフォンおよびモバイルアプリを活用して、高精細映像・放射線画像を伝送する。

4.1.4 実証目標

(1) 実証目標（課題実証①）

課題及びその解決方法、実装シナリオを踏まえ、実証目標は、遠隔モニタリングにおいて、医療従事者の視点で患者の容態を判断するに十分な解像度と遅延時間であるかを評価するとともに、ソリューションの運用に係る課題の抽出を行う。医用テレメータに関しては、他機器からの干渉を受けないこと、また、他施設からの干渉波の影響については、影響度を評価したうえで影響があった場合には改善策を明確化することを目標とする。また、

(2) 実証目標（課題実証②）

本実証が将来的に目指す姿は、3次救急に搬送される比較的軽症な患者が2次救急で適切に処置が行われ、2次救急から3次救急への適切な転院搬送の判断がなされることにより、3次救急の医療逼迫を回避するとともに救命率の向上に貢献することである。ただし、本事業期間では、医療逼迫の解消や救命率の向上を観測することは時期尚早であることから、本モデルの医療者視点での有効性と実装に向けた課題を洗い出すことを実証目標とする。

本事業での実証目標は次の通りとなる。

- ① 身体所見情報について
救急車や2次救急病院から伝送される4K映像が3次救急病院において、受け入れ態勢の構築や受け入れ可否を判断するに足る解像度や精細さを有する情報となっているかどうか。
- ② バイタル情報について
3次救急の専門医が求めるバイタルが不足なく伝送されているか。また、救急車や2次救急病院から伝送されるバイタル情報について、受け入れ態勢の構築や受け入れ可否の判断するに足る情報となるかどうか。
- ③ DICOM画像情報について
2次救急病院から伝送されるDICOM画像情報は、3次救急病院で確認することでコンサルテーションできるかどうか。
- ④ コミュニケーション情報について
リアルタイムで明瞭な、音声と画像を用いたコミュニケーションによる情報交換ができ、受け入れ態勢の構築や人員の配置等のプロセスが従来に比べて迅速にできるようになったかどうか。
- ⑤ 運用課題について
現状の救急医療現場の業務に対して、本モデルを実装するうえで課題となる運用上の問題点は何か。

4.2 実証環境

4.2.1 実証環境（課題実証①）

課題実証①は 2.2.1 項にも記載した通り徳島県立中央病院と徳島大学病院のそれぞれ隣接する 2 つの病院で実施し、徳島県立中央病院 6 階の作業療法室と徳島大学病院 6 階のカンファレンス室を実証エリアとして使用する。



図 4.2.1-1 徳島県立中央病院と徳島大学病院

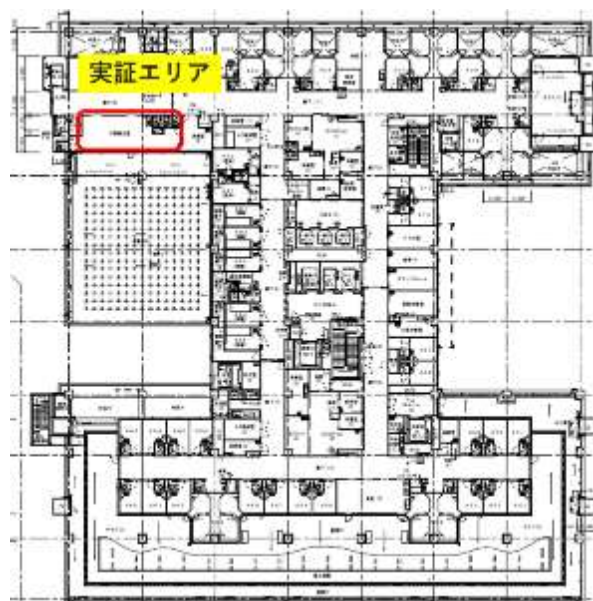


図 4.2.1-2 徳島県立中央病院 6階



図 4.2.1-3 徳島大学病院 6F

4.2.2 実証環境（課題実証②-1）

救急現場から受け入れ先病院の走行ルートは、5G エリアだけでなく、LTE エリアへの切り替わり及び LTE エリアから 5G エリアへ復帰するポイントを含む以下のような条件に基づき設定する。

- ・ 走行中の 5G エリアが 3 分以上継続するルート
- ・ 5G から LTE へ、及び、LTE から 5G へ、エリアが切り替わるルート

机上設計による有力な実証エリアは図 4.2.2-1 実証エリアと走行ルート（例）に示す通り。実証に際しては、これら机上設計を踏まえ事前に現地調査を行い、上記条件を満たすよう必要に応じて電波改善、調整を行い、実証エリアを設定する。



5G継続ルート（例）

- ①阿南～宝田～羽ノ浦古庄
- ②榑瀨～立江
- ③小松島～江田

LTE切替ポイント（例）

- ①羽ノ浦古庄⇄榑瀨
- ②立江⇄小松島
- ③小松島⇄（日赤）
- ④羽ノ浦古庄⇄立江

図 4.2.2-1 実証エリアと走行ルート（例）

<4K 高画質映像のリアルタイム伝送の必要性>

救急搬送時に受入病院から支援・指示を的確に行うためには、患者の容態、バイタル情報など救急車内の様子を複数視点から精細に把握できることが望まれる。また、受入病院では、複数の医師等による大画面でのモニタリングできることが有益であり、救急という緊迫した状況では、支援側と現場でより密接なコミュニケーションが求められるため、大型モニタへ俯瞰、主観映像やバイタル情報を同時表示することによって、対面と遜色がない臨場感（ビサイド感）が得られると期待される。

そのため、1つ1つの映像はFHD以上の精細さが必要であり、かつそれらを合成、大型モニタへ拡大した際にも劣化しないような4Kによる映像伝送が必要と考える。

<キャリア 5G の必要性>

救急搬送中は言うまでもなく公道を走行するため、事業者のローカル 5G だけでは網羅できずキャリアネットワークの活用が必要不可欠である。また、4K 映像の安定した伝送のためには 5G による高速大容量の通信品質が求められる。

しかし、現在のキャリア 5G のカバレッジ状況では、走行中常に 5G エリアで通信し続けることは現実的でなく、定位置・同一 5G エリアのみでの安定したキャリア 5G による通信を前提としたシステムは実用化には不十分と言える。

そのため、LTE 通信も兼用し、5G エリアでの移動中及び LTE エリアとの切り替わり時などにおいても安定した 4K 映像伝送ができる通信品質の実証が必要と考える。

受け入れ病院である徳島赤十字病院にてローカル 5G が設置される予定の病院棟 2F 救急外来(図 4.2.2-2) を実証エリアとし、図 4.2.2-3 に示すように事前のシミュレーションにより電界強度・品質を確認している。



図 4.2.2-2 徳島赤十字病院

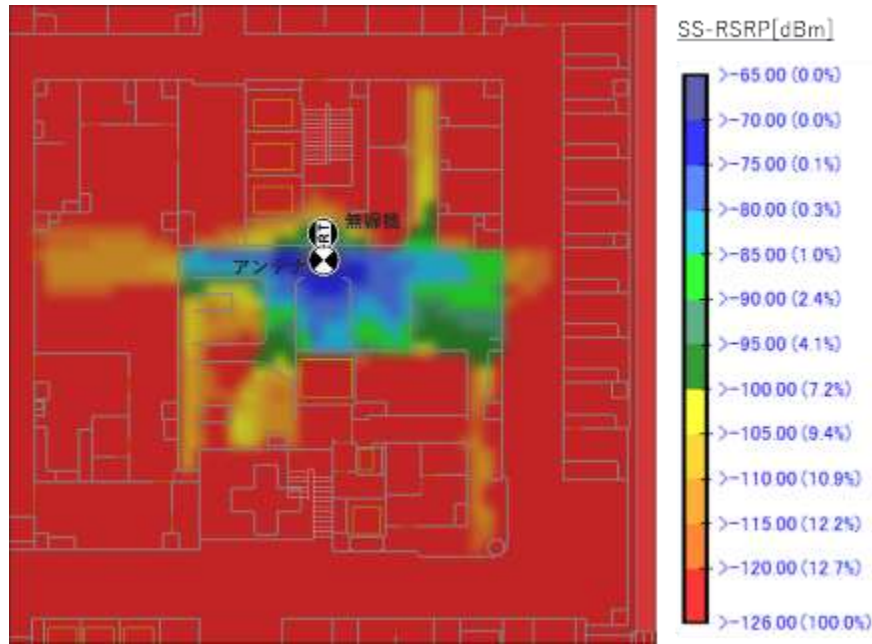


図 4.2.2-3 徳島赤十字病院 2階 救急外来 ローカル5Gシミュレーション

<ローカル5Gの必要性>

受け入れ病院側では、大規模、複雑で、重厚な壁・扉などからなる構造物を持つ病院内をキャリアネットワークで網羅することは困難である。そこでローカル5Gにより病院毎の特性に応じたエリア設計を行い、柔軟なエリア化が有用であることを実証する必要があると考える。

本実証は、現時点での救急搬送中のデータ連携においてキャリア5G、ローカル5Gの特性を活かし、実装性を最大限に考慮したシステムの実証であるとする。

4.2.3 実証環境（課題実証②-2）

徳島赤十字病院、徳島県立海部病院にローカル5G基地局下での、医療従事者間コミュニケーションアプリの使用環境を整え、両病院の医師同士での、チャットやPACS（医療画像管理システム）を用いたコミュニケーションを想定した。



図 4. 2. 3-1 実証環境

上記の環境と並行して病院間でケーブルテレビ徳島株式会社敷設の専用線を介し、徳島県立海部病院の手術室等のカメラ映像や、生体情報モニタなどの映像情報伝送の環境を構築。

具体的な実証シーンとしては、徳島県立海部病院に搬送された患者映像伝送や、医療画像などの情報を徳島赤十字病院の専門医を中心とした医師などに送信、共有することにより、それぞれの医療機能（2次救急、3次救急）に応じた、適切な患者の搬送体制につながる事が期待される。



図 4. 2. 3-2 課題システムの概要図



図 4. 2. 3-3 徳島赤十字病院

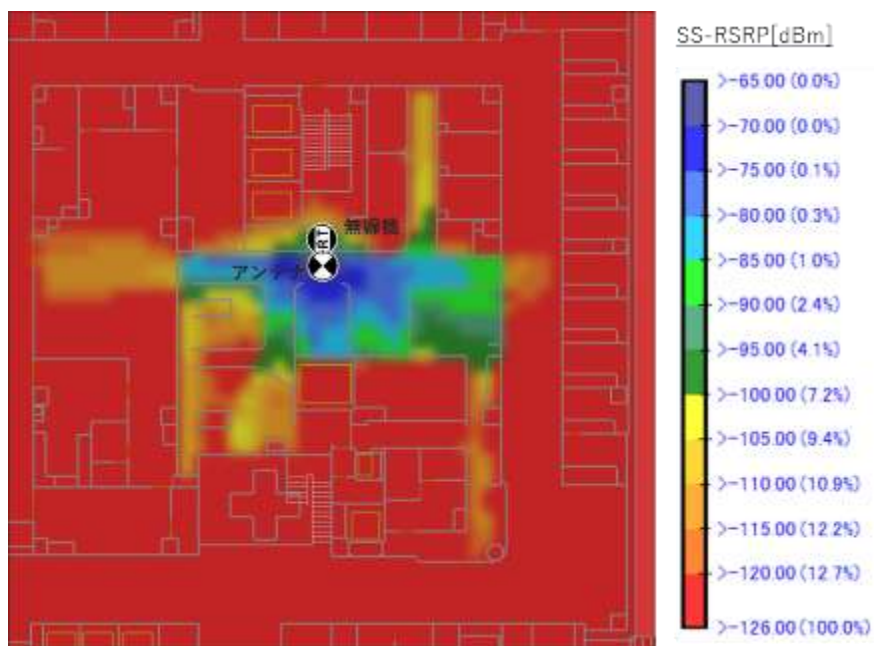


図 4. 2. 3-4 徳島赤十字病院 2階 救急外来 ローカル5Gシミュレーション



図 4. 2. 3-5 徳島県立海部病院

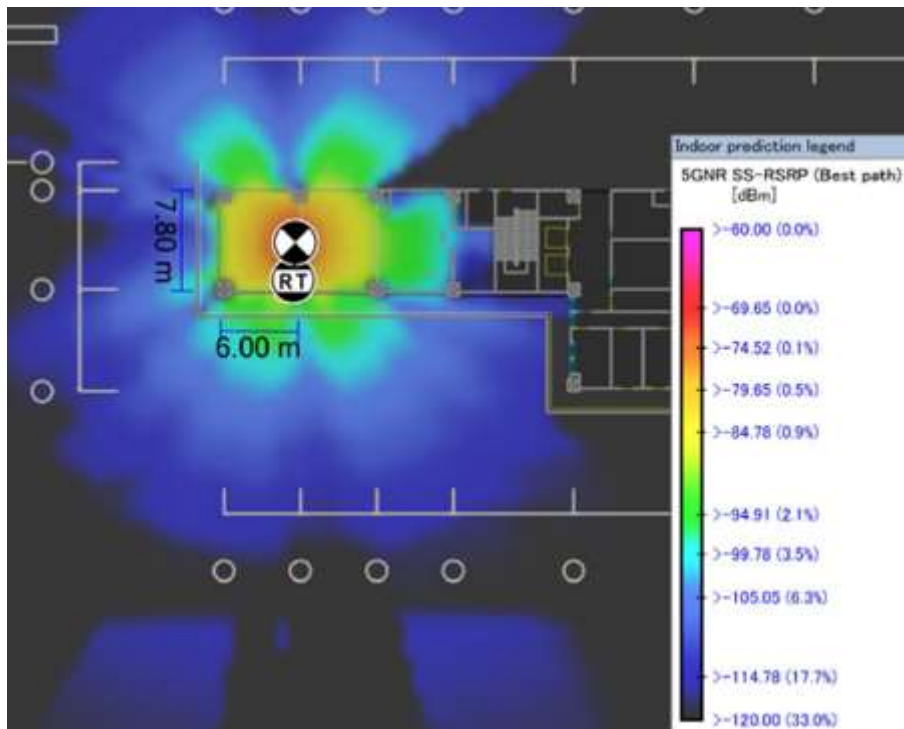


図 4. 2. 3-6 徳島県立海部病院 3F ローカル 5G シミュレーション

4.3 実施事項

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

(1) 課題実証①

課題実証①では、ローカル 5G を活用することによって、病院内における情報連携の高度化を目的として、次の 3 点の課題の解決を目指して実施した。

- ICU 等で急変リスクのある患者のモニタリング
- 医用テレメータが他院や他の電子機器の発する電波によって電波干渉が発生
- コロナ病棟と通常の病棟間の行き来によって発生する非効率

これら 3 つの課題を解決することによって、医療過誤・処置遅れの抑制や、医療の効率化を実現する。

そのため、有効性については、次の観点で検証を行った。

- 機能検証

ローカル 5G に接続した医用テレメータの電波干渉に関わる指標の計測によるローカル 5G の接続安定性等、医用テレメータの電波干渉に対するローカル 5G の有効性の定量的な評価を実施した。

- 運用検証

模擬患者を用いた遠隔モニタリングの模擬環境を使い、ローカル 5G を用いた 4K 映像のデータ転送の運用上の必要事項などを明らかにした。また、ローカル 5G によって、医用テレメータの電波干渉は発生しないことが想定され、医用テレメータの電波干渉の対策や電波干渉に関わる現在の運用をインタビューで明らかにし、効果とともに明らかにした。

- 効果検証

医用テレメータや 4K 映像をローカル 5G によって伝送し、セントラルモニタに表示することによるコロナ病棟への立ち入り回数削減や ICU 等の遠隔モニタリングの可能性について医師や看護師へのヒアリングを実施することで、ローカル 5G の更なる医療的な効果について明らかにした。また、電波干渉の予防や解決に関わるテレメータのチャンネル管理の煩雑さが解消されることによる効果についてヒアリング等によって明らかにした。

1) 機能検証

課題実証①では、

- ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避
- イ) 4K 映像を活用した病室遠隔モニタリングの無線化

を実現を目指し、実証を行った。

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

病室のベッドサイドモニタからナースステーションのセントラルモニタへの通信が外部干渉に影響されることなく安定的に継続できることが重要である。ローカル 5G は制度化されたライセンスバンドによる運用になるため使用する周波数帯は免許を取得しての運用となり、第 3 者からの干渉が発生する可能性は低いが、近隣に別のローカル 5G の免許人が存在する場合や、自ら複数の基地局を運用する場合には、ローカル 5G 相互間の干渉に注意する必要がある。

本実証の実施環境は、100m の距離に異なる病院が隣接する状態であるため、双方でローカル 5G を運用した場合を想定し、一方の病院からもう一方への干渉の発生状況を確認している。

イ) 4K 映像を活用した病室遠隔モニタリングの無線化

遠隔での精細映像による遠隔モニタリングのため、4K 映像を安定的に無線伝送できることが重要である。ローカル 5G で伝送する場合、カメラ映像の伝送はアップリンク方向の伝送になる。ローカル 5G で制度化された同期方式の場合、ダウンリンク方向に多くの無線リソースを配置するよう設定され、アップリンク方向のスループットはダウンリンク方向に比べて低くなることが想定される。

本実証においては、まず標準の同期方式で 4K 映像を伝送できることを確認した。

標準の同期方式では 4K 映像の伝送に不十分であるという結果が得られた場合には、技術実証用に準備される準同期をサポートする基地局装置を使用して準同期の効果も併せて確認することとした。

a. 検証項目

前項ア, イ両方に共通して、実証エリアの無線カバレッジと干渉の状況を確認するため、5G 基準信号の計測により

- ① 電波強度 (RSRP)
- ② 信号品質 (SIR)

を測定した。(既に技術検証にて記載済み)

また、遠隔モニタリングに重要な生体モニタ信号と 4K 映像の映像伝送品質の評価のため、③～⑧の項目を設定した。

- ③ ベッドサイドモニタ信号の状態 (途切れがないこと)
- ④ ベッドサイドモニタ信号と同等のデータ量での往復遅延 (Ping)
- ⑤ 4K 映像の目視による品質確認 (ブロックエラー等の発生状況)
- ⑥ 最大スループット (UL)
- ⑦ 4K 映像と同等のデータ量での往復遅延 (Ping)
- ⑧ 4K 映像と同等のデータ量でのジッタ値

なお、③と④の生体信号モニタ信号については、伝送データ量が極めて小さく、4K 映像の伝送評価 (⑤、⑦) によって、包含することとした。

b. 検証方法

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

徳島大学病院と徳島県立中央病院にベッドサイドモニタを設置し、ローカル 5G に接続することによって、セントラルモニタ上に干渉することなく生体データが表示されることを確認した。

イ) 4K 映像を活用した病室遠隔モニタリングの無線化

⑤4K 映像の目視による品質確認の結果と⑥最大スループット (UL)、⑦4K 映像と同等のデータ量での往復遅延 (Ping) 及び⑧4K 映像と同等のデータ量でのジッタの確認によりローカル 5G が遠隔モニタリング用の 4K 映像の伝送のインフラとして活用可能であるかどうかを判定し、Wi-Fi を用いた通信方法との比較によって、ローカル 5G の優位性を明らかにした。

c. 検証結果及び考察

前記の内容を検証するにあたり、徳島大学病院の 6 階のカンファレンス室と県立中央病院の 6 階の作業療法室に、4K カメラと医用テレメータを設置し、県立中央病院の 6 階の作業療法室に隣接する部屋にそれらの機器からの情報を表示するモニタを設置した。(図 4.3.1-1)



図 4.3.1-1 4Kカメラ、医用テレメータ、モニタの設置の様子

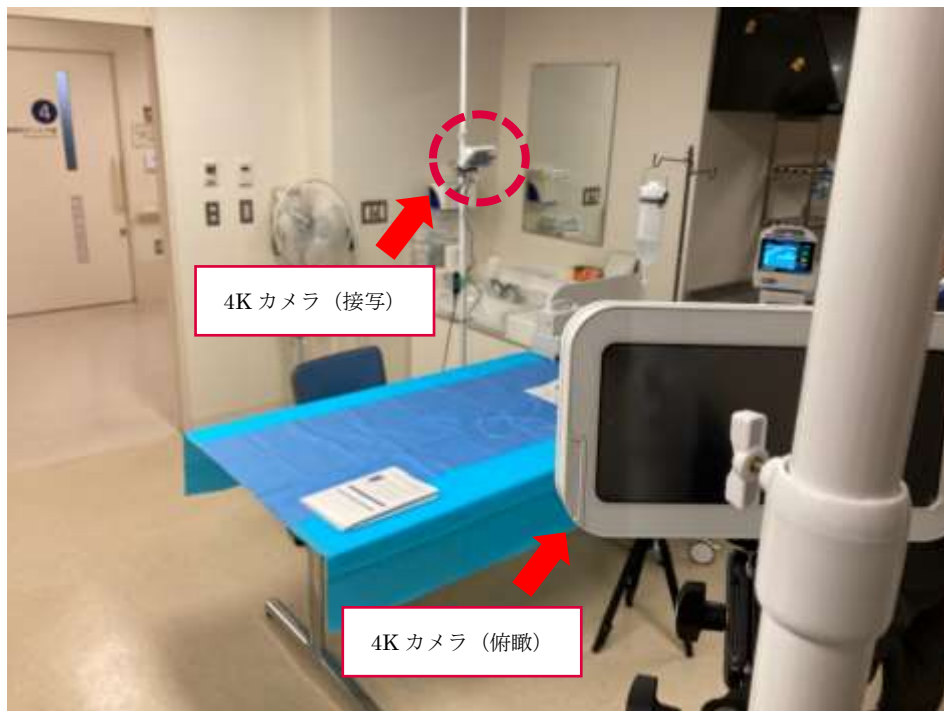


図 4.3.1-2 模擬病室の4Kカメラと医用テレメータの設置の様子

先述の通り設置した4Kカメラによって取得した映像を県立中央病院に設置した4Kモニターで表示できることを確認した。(図 4.3.1-3)



図 4.3.1-3 4Kカメラ映像を4Kモニターに表示した結果

同様に、医用テレメータによって取得した映像を県立中央病院に設置したセントラルモニターで表示できることを確認した。(図 4.3.1-4)



図 4.3.1-4 徳島県立中央病院と徳島大学病院の両院に設置したベッドサイドモニタを徳島県立中央病院のセントラルモニタに表示した結果

これらのセッティングに基づき、前項の①から⑧の項目を測定した。Wi-Fi とローカル 5G の比較を行い、表 4.3.1-1 のように整理された。

表 4.3.1-1 Wi-Fi とローカル 5G の比較のアウトプット

	ローカル 5G	Wi-Fi
①電波強度 (RSRP)	(技術検証参照)	-
②信号品質 (SIR)	(技術検証参照)	-
③ベッドサイドモニタ信号の状態	(⑤に代替)	(⑤に代替)
④ベッドサイドモニタ信号と同等のデータ量での往復遅延 (Ping)	(⑦に代替)	(⑦に代替)
⑤4K 映像の目視による品質確認	鮮明	ブロックノイズが発生
⑥最大スループット (UL)	56.84 Mbps	28.5 Mbps
⑦4K 映像と同等のデータ量での往復遅延 (Ping)	34 ms	24 ms
⑧4K 映像と同等のデータ量でのジッタ値	4.65 ms	2.86 ms

実証中、Wi-Fi は画像の乱れや映像の停止などが発生（図 4.3.1-5）したが、ローカル 5G では一度も発生せず、ローカル 5G の Wi-Fi に対する優位性を明らかにすることもできた。



図 4.3.1-5 Wi-Fi 利用時の映像の乱れ

さらに、End-To-End の映像の遅延時間も併せて計測した。（表 4.3.1-2）

表 4.3.1-2 映像の遅延時間

項目	遅延
① Wi-Fi	1.345 秒
② ローカル 5G	1.349 秒

本実証用に準備した Wi-Fi 環境（該当 WiFi の設定は 2.4GHz 帯域幅 20MHz）の測定の結果 UL 最大スループット 28.5Mbps、ジッタ 2.86ms となった。病院内でも多くの Wi-Fi アクセスポイントが稼働していることを確認しており、稼働中システムへの影響を最小限にするため Wi-Fi の帯域幅としては必要最低限の設定とした。

さらに、映像伝送に使用する Wi-Fi チャンネルに敢えて干渉波を発生させると、UL 最大スループットは 19.5Mbps、ジッタは 14.63ms まで劣化し、映像のブロックノイズの発生状況は悪化した。この点で Wi-Fi 同士の干渉はアンライセンスのシステムであるため避けることが難しく特に映像伝送のような伝送容量を必要とする用途については Wi-Fi を適用する際の懸念事項となる。

Ping の遅延については、Wi-Fi の方が小さい結果であった。本実証の環境におけるローカル 5G のデータ経路は端末(カメラ)⇒ローカル 5G 基地局⇒コア装置 (UPF)⇒ローカル 5G 基地局⇒端末(モニタ)となっている。コア装置はケーブルテレビ徳島のサーバ室に設置してあるため中央病院のローカル 5G 基地局から物理的な距離がある（直線距離で約 3.5km）、かつ経路上に複数のネットワーク装置が存在する。

対して Wi-Fi の場合は、端末(カメラ)⇒アクセスポイント（実証場所に設置）⇒端末(モニタ)であり、構成がシンプルである分 Ping での往復遅延が小さいものと推定される。

一方で映像の遅延時間には有意な差が生まれなかったが、これは通信による遅延よりもカメラとモニタが持つバッファの効果および映像データのエンコード/デコード処理における遅延が支配的であるためと考えられる。

本実証では、ローカル5GはWi-Fi以上の性能を発揮しており、特に、医療安全上、ネットワークの瞬断の許されない医療現場においては、Wi-Fiに対するローカル5Gのネットワークの安定性を示す結果を得られた。

2) 運用検証

a. 検証項目

ローカル5Gによる生体モニタの無線干渉回避と遠隔モニタリングの運用検証は次の通り実施した。

ア) ローカル5Gによる生体モニタの無線干渉回避

生体モニタの電波干渉については、次の点で運用上の作業面や費用面の負担について確認した。

- ① 医用テレメータ導入/移設時などに発生するチャンネル設定
- ② 電波干渉を予防するためのチャンネル管理を含む管理業務
- ③ 電波障害など発生時の原因究明と対策に伴う業務

イ) 遠隔モニタリング

遠隔モニタリングの運用方法に関わる検証を次の観点で実施した。

- ① 遠隔モニタリング対象となる業務
- ② 遠隔モニタリングを実施する場面
- ③ 遠隔からモニタリングして確認したい項目
- ④ 遠隔モニタリングシステムに求める機能

b. 検証方法

それぞれの項目について、インタビュー調査によって、運用評価を実施した。

ア) ローカル5Gによる生体モニタの無線干渉回避

ローカル5Gによって、医用テレメータの無線干渉は理論上発生しなくなる。そのため、現在の運用の観点でどのような課題を抱えているのかを明らかにし、運用の改善効果を続く効果検証で明らかにした。

イ) 遠隔モニタリング

遠隔モニタリングの想定される運用方法を明らかにし、効果検証のための実験環境構築に活用し、遠隔モニタリングの効果を効果検証によって明らかにした。

c. 検証結果及び考察

運用検証にあたり、前述の項目に沿って、8名（医師1名、看護師7名）に対し、アンケート調査を実施した。

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

ヒアリング調査によって、表 4.3.1-3 3 の通り現状の運用を明らかにすることができた。

表 4.3.1-3 医用テレメータの電波干渉に対する現状の取組

項目	現状運用
① 医用テレメータ導入/移設時などに発生するチャンネル設定	システムベンダーに委託して管理
② 電波干渉を予防するためのチャンネル管理を含む管理業務	システムベンダーに委託して管理
③ 電波障害など発生時の原因究明と対策に伴う業務	システムベンダーへの調査依頼によって真因を追究

病院においては、ネットワークの専門家を配置することが難しく、医用テレメータのネットワーク管理や電波障害時の原因特定業務などはシステムベンダーに委託しなければならない現状が、インタビューによって明らかになった。ネットワーク保守管理に関わるこれらの業務をローカル 5G によって、削減することが可能であることが改めて明らかになった。

イ) 遠隔モニタリング

ヒアリング調査によって、表 4.3.1-44 の通り遠隔モニタリングの必要な運用を明らかにすることができた。

表 4.3.1-4 遠隔モニタリングの運用方法

項目	回答
① 遠隔モニタリング対象となる業務	<ul style="list-style-type: none"> ● 感染者などの隔離病棟 ● 重症患者がいる病棟 ● 手術室
② 遠隔モニタリングを実施する場面	<ul style="list-style-type: none"> ● 隔離病棟では、看護師が病棟の中において、医師や記録係が病棟の外にいることがあり、外から中の様子を直接モニタリングして見ることができると良い ● 重症でICUなどに入っている患者を内科などの主治医が、詰所で遠隔から確認できるとよい ● 医師の指示通りに薬の注入量を調整したかを再確認したいことがあり、遠隔から各種機器を確認できると良い ● 夜間の緊急手術などで、指導医を呼び出していることがあるが、遠隔から確認して指示ができると良い ● 他の病院の若い医師への指導を遠隔から行えると良い ● 患者の転倒などの確認を遠隔からできると良い
③ 遠隔からモニタリングして確認したい項目	<ul style="list-style-type: none"> ● グラフィックやスワングアンツなどのモニタの情報や遠隔接続していない各種機器の表示（注射薬の注入力や点滴バッグの目盛り、体温計など） ● 点滴のラインが脱落やドレーンの排液の色など、ベッドサイドの機器や管などの様子 ● 生存確認をするために胸郭の動き ● 精神病棟などで不穏行動の確認 ● 産婦人科では、分娩台の患者の容態
④ 遠隔モニタリングシステムに求める機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 手元でズームや首振りなどができ、自在に部屋を見渡せることは必須の機能である ● 患者無断離院などを後から確認したいことがあるため、録画機能があると良い ● 夜間にきれいに見られると良い

インタビューによって、遠隔モニタリングの活用場面や遠隔モニタリングの機材に求める要件などを明らかにすることができた。

感染病棟や重症患者の病棟では、多くの看護師が確認作業に手を割かれており、遠隔から簡単に確認作業が行いたいというニーズを改めて明らかにすることができた。

一方で、カメラに対して画像取得の同意に関する運用方法の整備や、タブレット端末などは便利である一方で紛失リスクに対する懸念の声も聞かれた。

3) 効果検証

効果検証では、電波干渉が発生しなくなることによる効果を明らかにした。また、ローカル 5G を用いた 4K 映像の伝送による遠隔モニタリングの医学的な効果を明らかにした。そのために、フル HD に対する 4K 映像の優位性を明らかにした。

a. 検証項目

ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避と遠隔モニタリングの効果検証は次の通り実施した。

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

通信トラブルの予防や解決に関わる取組がなくなることによる、効果をヒアリング調査によって明らかにした。

イ) 遠隔モニタリング

遠隔モニタリングの運用場面にに基づき、次の 2 つのシーンを模擬的に再現し、医師と看護師の評価を得た。また、ローカル 5G×4K 映像と Wi-Fi×フル HD 映像の 2 通りの内容を実施することで、高精細映像をローカル 5G で伝送することの効果を確認した。

① 輸液残量と自己抜去の確認

点滴スタンドを設置し、模擬患者の腕に針を貼り付け、輸液残量と自己抜去の確認ができるようセッティングした。

② 吐瀉物/吐血の確認

吐瀉物や吐血を模したものをベッドサイドに置き、吐瀉物や吐血が鮮明に確認できるようにセッティングした。

b. 検証方法

医師と看護師、臨床工学技士、医療情報担当など、遠隔モニタリングと電波干渉それぞれに関係のある医療従事者へのアンケート及びヒアリング調査を実施した。

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

次の表 4.3.1-5 5 の通りアンケート項目を設定した。

表 4.3.1-5 無線干渉回避の効果のアンケート項目

No.	評価・検証項目	定性評価
1	ベッドサイドモニタの通信トラブル予防に関わる取組が必要なくなることは業務効率化に繋がると感じますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)
2	トラブル予防に関わる取組のどのような点が特に業務効率化に繋がると感じますか	具体的な意見をコメント
3	ベッドサイドモニタの通信トラブルの解決に関わる取組が必要なくなることは業務効率化に繋がると感じますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)
4	電波干渉などが発生せず、ベッドサイドモニタが連続して表示されることによって、医療過誤の予防等、医療的な観点で効果はあると感じますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)
5	ベッドサイドモニタに電波干渉が発生しないことによって、特にどのような点にメリットを感じますか	具体的な意見をコメント

イ) 遠隔モニタリング

次の表 4.3.1-6 6 の通りアンケート項目を設定した。

表 4.3.1-6 効果の評価・検証方法

No.	評価・検証項目	定性評価	定量評価
1	遠隔モニタリングを実施することで、コロナ病棟への立ち入り回数を削減できると思いますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)	—
2	コロナ病棟への立ち入り回数を1日に何回ほど削減できると感じますか	—	回数
3	遠隔モニタリングを実施することで、どのような場合に、コロナ病棟への立ち入り回数を削減できと思いますか	具体的意見をコメント	—
4	遠隔モニタリングを実施することで、ICUなどの急変患者の管理体制の強化に繋がると感じますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)	—
5	ICUなどの患者のモニタリングを実施する場合に、どのような場面でこのシステムを活用できると感じますか	具体的意見をコメント	—
6	HDに対して、4K映像は遠隔モニタリングの精度を高めると感じますか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)	—
7	4Kの高精細映像を確認することで、HDに比べ点滴の残量チェックや患者の容態確認を一層効率化できるかと想定しているが、HDに比べると病棟への立ち入り回数を1日何回程度削減できると思いますか	—	回数
8	その他にどのような場合に、4K映像が求められていますか	具体的意見をコメント	—
9	本システム導入によって、その他にどのような効果があると感じますか	具体的意見をコメント	—

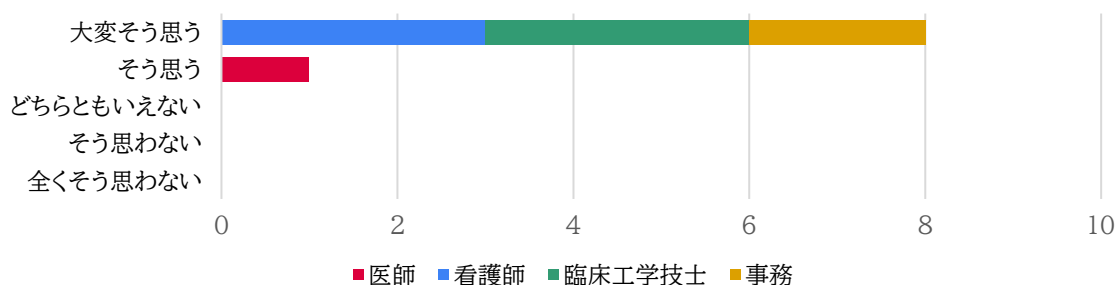
c. 検証結果及び考察

ア) ローカル 5G による生体モニタの無線干渉回避

アンケートは、前述の項目に沿って、9 名 (医師 1 名、看護師 3 名、臨床工学技士 3 名、ネットワーク事務 2 名) に対し、実施した。

アンケートの結果は次のようになった。

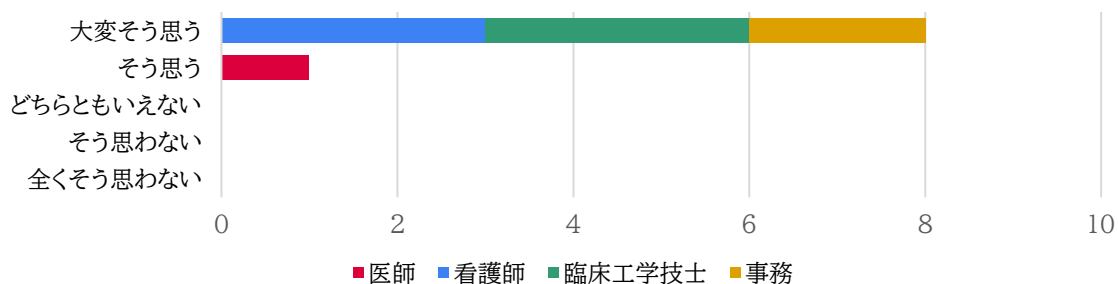
問. ベッドサイドモニタの通信トラブル予防に関わる取組が必要なくなることは業務効率化に繋がると思えますか



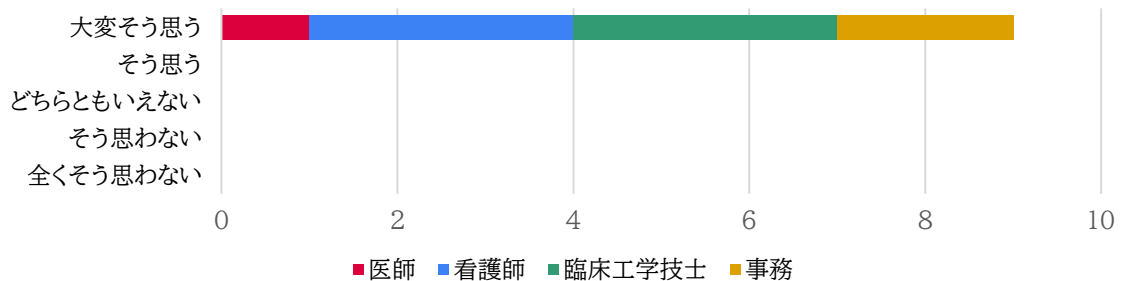
問. トラブル予防に関わる取組のどのような点が特に業務効率化に繋がると感じますか

- 電波干渉や混信の恐れがないことは、心理的な負担解消につながる (医師)
- 生体情報モニタの信号は生命に関わることであり、干渉や混信がないことは重要である (看護師)
- 電波干渉などが発生したときのデータの修正などの工数削減につながる (看護師)
- 新規医療機器の導入の際に周辺機器との調整が必要なくなり業務効率化につながる (ネットワーク担当)

問. ベッドサイドモニタの通信トラブルの解決に関わる取組が必要なくなることは業務効率化に繋がると思えますか



問. 電波干渉などが発生せず、ベッドサイドモニタが連続して表示されることによって、医療過誤の予防等、医療的な観点で効果はあると思いますか



問. ベッドサイドモニタに電波干渉が発生しないことによって、特にどのような点にメリットを感じますか

- 医療事故などのリスクを予防できる（看護師）
- ベッドサイドモニタのデータが正しく伝送されることで、患者の異常をいち早く気づくことができ、治療などの対応を迅速にできる
- 医療安全上の懸念点がなくなることは大きなメリット（ネットワーク担当）
- 不具合対応などが必要なくなることは業務負荷軽減になる（ネットワーク担当）

これらのアンケートの結果、医用テレメータの通信トラブルがローカル5Gによって解決されることは、今回アンケート調査を実施したすべての医療従事者がその有用性を実感していることが明らかになった。医用テレメータの通信が安定することで、医療事故などのリスクを回避でき、医療従事者の心理的負担感の軽減につながるということが明らかになった。また、治療の質の向上のためにも、医用テレメータの通信が途切れないことが医療現場においては重要であるということも改めて示す結果となった。

イ) 遠隔モニタリング

遠隔モニタリングでは、図 4.3.1-6 に示す通り、カメラ①とカメラ②をそれぞれ枕元とベッド全体を映すように設置した。



図 4.3.1-6 カメラ①とカメラ②の配置

このような配置を取ることによって、カメラ①では、枕元に設置した吐瀉物や吐血の映像を模擬ナースセンターに配信できるようにした。(図 4.3.1-7) また、カメラ②では、点滴残量の確認や自己抜去の有無などを確認することができる。(図 4.3.1-8)



図 4.3.1-7 カメラ①で枕元の吐瀉物や吐血の様子を映す



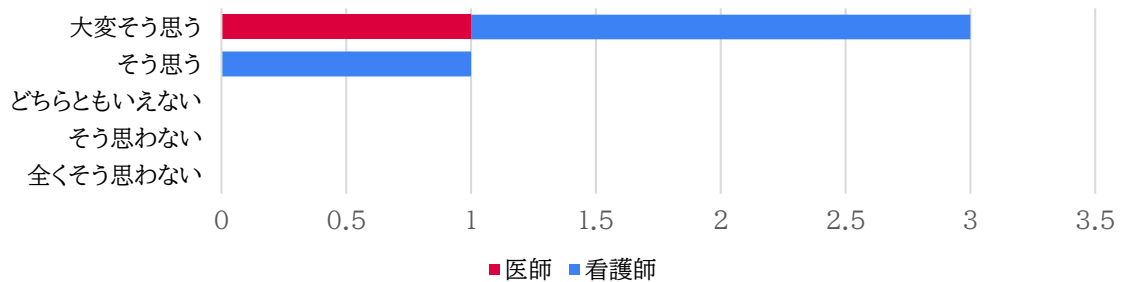
図 4.3.1-8 カメラ②で点滴と自己抜去の有無を映す

これらのセッティングをもとに、効果検証を実施した。夜間を模して室内の照明を落として検証を行ったところ、ローカル5Gを用いた4K映像は暗い室内も鮮明に映すことができた一方で、Wi-Fiを用いたフルHD映像は、暗い室内は画像の鮮明さが劣り、画像の配信が停止してしまうという事象も発生した。

効果検証にあたり、前述の項目に沿って、医療従事者4名（医師1名、看護師3名）に対し、アンケート調査を実施した。

アンケートの結果は次のようになった。

問. 遠隔モニタリングを実施することで、コロナ病棟への立ち入り回数を削減できると思いますか



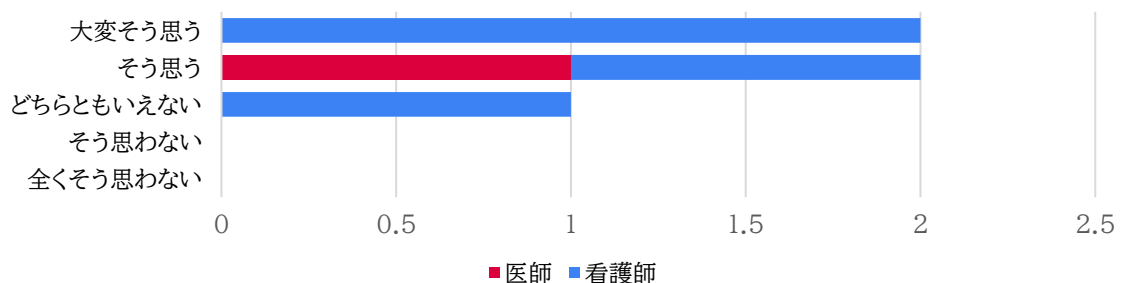
問. コロナ病棟への立ち入り回数を1日に何回ほど削減できると感じますか

- 5~10 回程度 (看護師)
- 現在の入室回数を3回に1回程度は遠隔に置き換えることができる (看護師)

問. 遠隔モニタリングを実施することで、どのような場合に、コロナ病棟への立ち入り回数を削減できると思いますか

- 点滴の投与速度や残量、呼吸(胸郭の上下動)だけを観察に行くような業務は遠隔に置き換えられる (看護師)
- 先に遠隔から確認できることで必要備品をあらかじめもれなく準備することができ、コロナ病棟との行き来を減らすことができる (看護師)

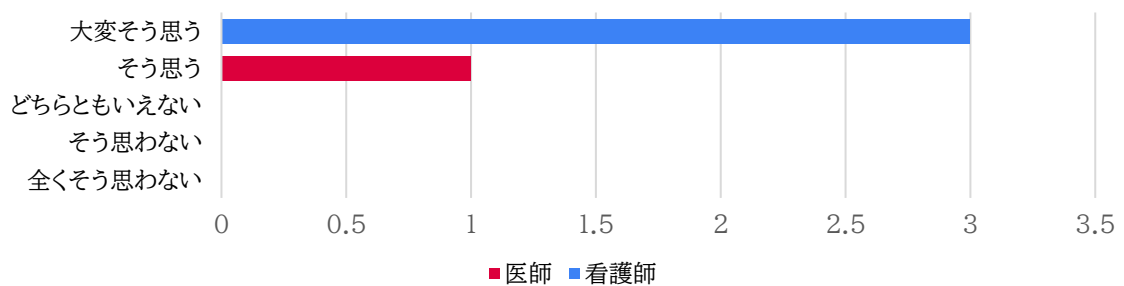
問. 遠隔モニタリングを実施することで、ICUなどの急変患者の管理体制の強化に繋がると思いますか



問. ICUなどの患者のモニタリングを実施する場合に、どのような場面でこのシステムを活用できると感じますか

- 看護はベッドサイドで常駐して行われており、直接的に業務削減できるということはないが、管理者が全体を把握したい場合には活用できる（看護師）
- ICUに入室中の患者の状態を医局などで主治医が確認する体制ができると有意義（看護師）
- 遠隔で観察できることは有用である（医師）

問. HDに対して、4K映像は遠隔モニタリングの精度を高めると感じますか



問. 4K の高精細映像を確認することで、HD に比べ点滴の残量チェックや患者の容態確認を一層効率化することができるかと想定しているが、HD に比べると病棟への立ち入り回数を1日何回程度削減できると思いますか

- 4K 映像は HD 映像に比べ、特に夜間の訪室回数削減につながれると感じた（看護師）

問. その他にどのような場合に、4K 映像が求められていますか

- 医療機械の動作確認（医師）
- 呼吸状態の確認（看護師）
- ドレーン排液の状態（量や性状）（看護師）
- 各種輸液ポンプの作動状況（看護師）

問. 本システム導入によって、その他にどのような効果があると感じますか

- 手術室映像は既に遠隔配信されているが、現在のものに比べ4K 映像は画質が良いため、遠隔で指示を出すなど、各手術室で活用できると感じる（医師）
- 夜間に指導医が自宅から経験の浅い医師に対して指示を出すことに活用できると感じる（医師）
- 医療安全の向上の効果を感じる（看護師）
- せん妄や不穏行動のある患者の見守りに活用できると感じる（看護師）

これらのアンケートの結果、ローカル5Gによる4Kの高精細映像の伝送は、遠隔モニタリングを実施するにあたり、今回アンケート調査を実施したすべての医療従事者がその有用性を実感していることが明らかになった。

特に感染病棟への立ち入り回数を複数回削減できる可能性を示唆するアンケート結果を得られ、4K 映像を用いた遠隔モニタリングによる業務効率化が実現できることを示す結果となった。防護具の着脱自体が身体的にも精神的にもストレスになる業務であり、負担軽減にもつながるといふ意見も得ることができた。

ICUなどの重症度の高い病棟では、看護師が常駐して対応しているため、現場の看護師の遠隔モニタリングのニーズは高くないものの、離れたところにいる主治医や管理者などが映像を通して患者の容態を一覧できることに対して4K映像の活用可能性を示唆する結果を得ることができた。

ローカル5Gを用いることで、4K高精細映像を通信が途切れず伝送できることは、医療従事者の業務負担軽減と医療の質向上に寄与できるという効果をアンケート調査によって明らかにした。

(2) 課題実証②—1

課題実証②—1では、救急隊と受け入れ先施設との現状のコミュニケーション手段は電話であり、患者の容態や生体情報について詳細な情報連携が困難であるという課題に対し、救急車内の患者の4K映像およびバイタル状況をキャリア5G網およびローカル5Gを介して搬送先病院へ共有しつつ、双方向の映像を伝送することでコミュニケーションの高度化を目指し、患者容態の事前把握による搬送拒否件数の低下と搬送後の処置の迅速化を図る。

なお、搬送開始前の受け入れ先選定のプロセスでは、複数の病院へ受け入れ先要請のための情報共有を行うことが有効である。本実証で利用する映像配信システムには、複数箇所へ映像を配信、受信できる機能や、送信する救急車、受信する複数の病院間でWeb会議のように多対多の映像・音声コミュニケーションの機能をすでに具備している。また、送信側はキャリア5G、受信側はローカル5Gと縛られることもなく、ある受信病院はローカル5Gで、一方ローカル5Gが未整備の受信病院ではキャリア5Gで受信するといった柔軟なNW構成を取ることも可能である。また、受け入れ先病院選定の効率化のために、本実証とは別に徳島県事業において「救急搬送支援システム」の導入が検討されている。そのため、「救急搬送支援システム」導入後の徳島県下や、すでに複数病院での情報共有に需要がある他県へスムーズな展開が可能である。

本実証では、受け入れ先病院の選定後のプロセスを対象として上述の有効性検証を行い、受け入れ先選定を含めた救急医療全体の効率化については、4.3.2.(2).3)において検討を行った。

有効性については、次の観点で検証を行う。

● 機能検証

走行中の救急車内から4K映像をキャリア5G網およびローカル5Gを介して搬送先病院へ送信するに際し、安定した品質が得られるか明らかにするため、電界強度、スループットの測定及び映像品質、コミュニケーション品質の評価を行い、走行エリアのドコモ5Gネットワーク及びローカル5Gネットワークの品質、及び5GとLTEとのバルク伝送による品質を検証した。

● 運用検証

現状の救急医療現場の業務に対して、本モデルを実装する上で課題となる運用上の問題点を明らかにするため、本システムを利用するため追加となるオペレーションや必要なリテラシー、故障等のトラブルに必要な備えなどを調査、検討した。

● 効果検証

救急救命士と受け入れ先施設の医師が、リアルタイムで明瞭な音声と画像を用いたコミュニケーションによる情報交換を行うことで、救急搬送のプロセスが改善されることを明らかにするため、患者容態の把握、特定医療行為の補助、受入体制構築の精度向上やプロセスの短縮につながるか、救急救命士や医師へヒアリングを実施し、その効果や期待について検証した。

1) 機能検証

5G エリアの走行中だけでなく、LTE エリアとの切り替わりにおける品質を検証する。また、走行中のドコモ 5G ネットワークからローカル 5G ネットワークへの通信の品質を検証した。

a. 検証項目

検証は表 4.3.1-7 に示す観点で測定、評価を行う。#1～4 についてはネットワークの基本的な性能に焦点を当てた定量的な測定、評価を行う。#4～5 については、遠隔映像伝送システムの品質に焦点を当てた定性的な評価を行う。また、測定値の変動に対する要因分析と、対策案の提言を行う。

表 4.3.1-7 遠隔映像伝送システムの機能に関する評価・検証項目

#	評価・検証項目	評価対象		定量評価	定性評価
		4K 映像	コミュニケーション		
1	走行中の電界強度変化	対象	—	○	—
2	走行中のスループット特性	対象	—	○	—
3	ドコモ 5G ⇄ ローカル 5G 間のスループット特性	対象	—	○	—
4	バルク伝送による 4K 映像品質評価	対象	—	○	○
5	コミュニケーション品質評価		対象	—	○

b. 検証方法

< 定量評価 >

図 4.3.1-9 に示す通り、ドコモ 5G エリアの走行中及びローカル 5G 間におけるネットワークの基本的な性能を測定するため、A: 送信機と映像受信サーバ間、B: 映像配信サーバと受信機（ローカル 5G 経由）間、C: 映像配信サーバと受信機（ドコモ 5G）間においてそれぞれ測定を行う。また、送信機から受信機のエンド間の性能を測定するため、受信機側がローカル 5G となる AB 及びドコモ 5G となる AC においても測定を行う。

送信側は、5G エリア走行中、5G と LTE エリアの切り替わり箇所を走行中、5G エリアで静止中の 4 パターンの測定を行う。

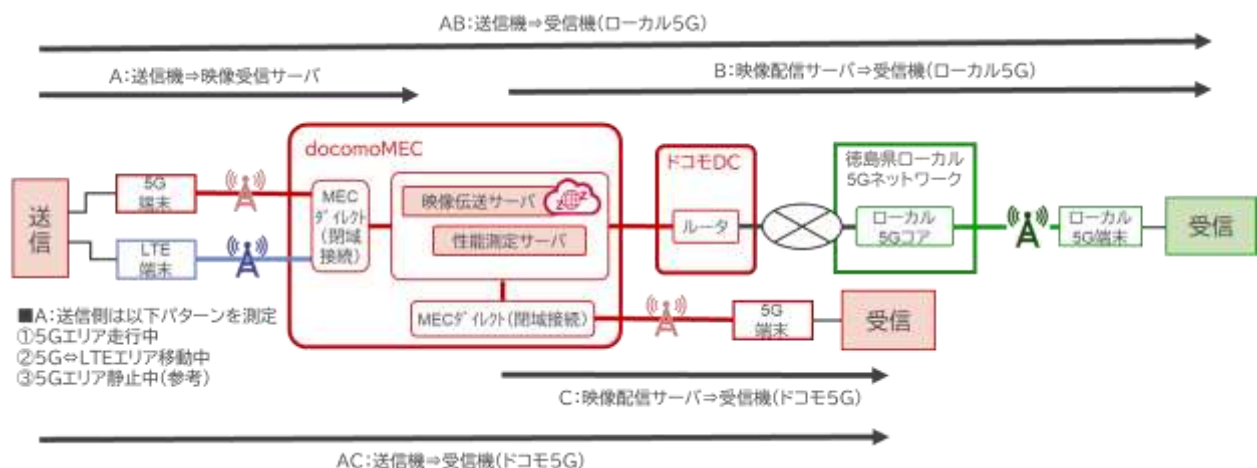


図 4.3.1-9 性能測定箇所 (A、B、C)

これら測定箇所及び測定パターンをまとめたものを以下表 4.3.1-8 に示す。

表 4.3.1-8 遠隔映像伝送システムの機能に関する評価・検証方法 (定量)

#	評価・検証項目	端末	測定ツール	送信側パターン	測定箇所
1	走行中の電界強度	5G 端末& LTE 端末	Sigma-ML	①	—
		5G 端末	電波測定アプリ	②	—
2	走行中のドコモ 5G スループット特性	5G 端末	iPerf・Ping 遠隔映像伝送システム	① ②	A
3	ドコモ 5G ⇄ ローカル 5G 間のスループット特性	5G 端末	iPerf・Ping 遠隔映像伝送システム	①②③	B、AB C、AC
4	バルク伝送による 4K 映像品質評価	5G 端末& LTE 端末	iPerf・Ping 遠隔映像伝送システム	①②	A、AB

走行中の電界強度変化については、測定区間の概念はなく走行中のドコモ 5G 及び LTE の電界強度変化の状況を測定し、スループット特性等と比較する。

走行中のドコモ 5G スループット特性は、受信側のネットワーク環境の影響を排除するため、区間 A でのみ測定する。それぞれ走行中、切り替わり、静止中で測定し、その特性を考察する。

ドコモ 5G⇄ローカル 5G 間のスループット特性は、受信側をローカル 5G とした区間 B とドコモ 5G とした区間 C で測定する。このことにより、ローカル 5G と接続した場合の特性を考察する。そして、走行中のドコモ 5G とローカル 5G のスループット特性を考察するため、区間 AB、AC においても測定を行う。

バルク伝送による 4K 映像品質評価としては、5G 端末と LTE 端末で伝送することにより、特に 5G と LTE の切り替わりのポイントで安定したスループットや映像品質が得られるかに主眼を置いた測定を行う。これら測定のためのツール、及びそれによる測定方法、使用するデバイス、測定内容について以下の表 4.3.1-9 に示す。

表 4.3.1-9 測定ツール

測定ツール	測定方法	測定デバイス	測定内容
Sigma-LA	無線ネットワーク測定アプリケーション Sigma-LA を用いて、一定間隔で無線品質を測定する	・モバイルネットワークスキャナー (R&S®TSM)	・RSRP ・RSRQ
電波測定アプリ	5G ルータの電波測定アプリを用いて、一定間隔で無線品質を測定する。	・5G ルータ (K5G-C-100A)	・RSRP
iPerf・Ping	ネットワーク測定ツール iPerf 及び Ping を用いて、擬似的なパケットを送出しネットワーク性能を測定する (ネットワークそのものの性能測定)	・iPerf・Ping 測定用 PC	・スループット ・双方向遅延 ・パケット損失率
遠隔映像伝送システム	遠隔映像伝送システムを構成するデバイスで、実際の 4K 映像データ転送における送受信性能及び品質を測定する (システム全体の性能及び品質測定)	・Zao-X 性能測定ツール ・ZaoCloudView 性能測定ツール	・スループット ・双方向遅延 ・パケット損失率
		・受信 PC モニタ	・映像劣化の回数、平均時間、割合

遠隔映像伝送システムによる測定では、「映像劣化」の基準を以下のように定義した。

- ・映像の確認が困難なほどの乱れ（ノイズ）、もしくは映像の停止状態が1秒以上続くもの
※1秒以下であっても、それが繰り返し1秒を超えて発生し続けた場合も含める

「映像劣化（ノイズ）」の一例を以下に示す。



< 定性評価 >

定性的な評価を行うため、模擬救急搬送のシナリオを作成し、実際に遠隔映像伝送システムを設置した救急車から、受入病院（徳島赤十字病院 救急外来）への実証走行ルートにおいて、4K映像の伝送ならびにWeb会議を行いながら、救急車を走行させ、4K映像品質及びコミュニケーション品質を5段階評価のアンケート形式による評価を行った。

評価、検証のための模擬救急搬送シナリオ概要について図 4.3.1-10 に示す。

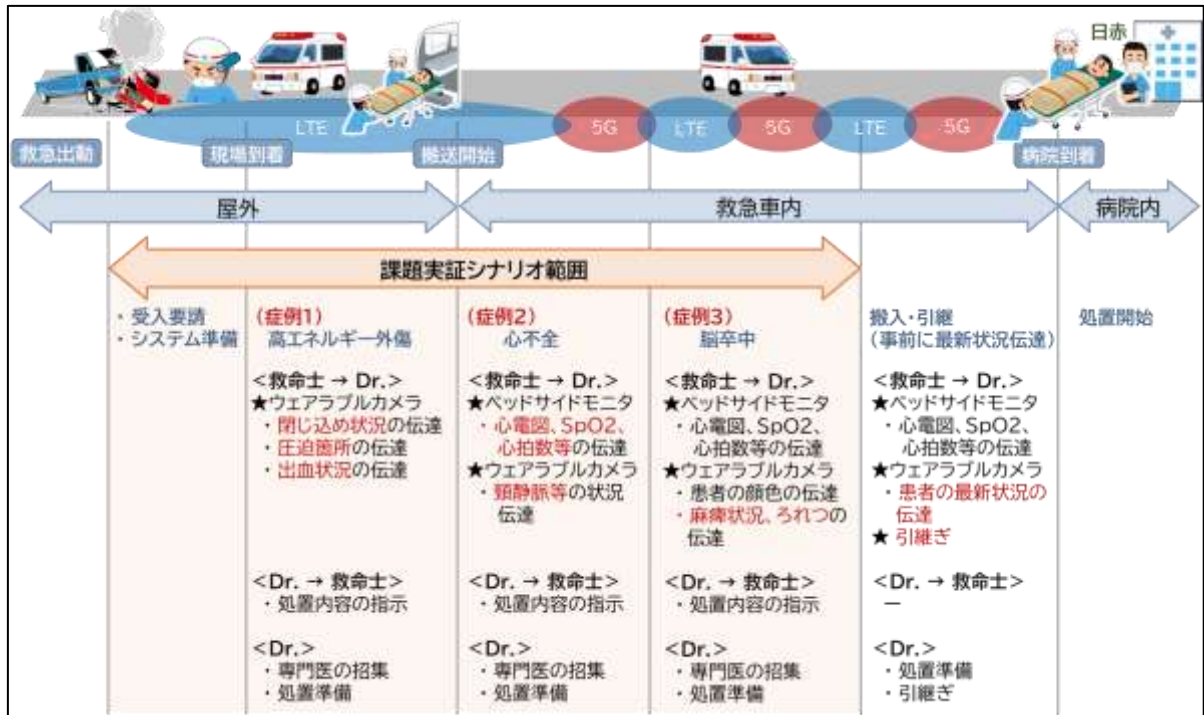


図 4.3.1-10 模擬救急搬送シナリオ概要

評価、検証方法について表 4.3.1-10 に示す。

表 4.3.1-10 遠隔映像伝送システムの機能に関する評価・検証方法（定量）

#	評価・検証項目		回答方式 (アンケート)
4	バルク伝送による 4K映像品質評価	患者映像／バイタルデータを確認するために 必要な映像の精細さ（解像度・品質）であるか	5段階評価 (1:全く思わない、 3:どちらでもない、 5:大変そう思う)
		患者映像／バイタルデータの映像遅延時間に 違和感がないか	
5	コミュニケーション 品質評価	映像コミュニケーションを行うために必要な 精細さ（解像度）であるか	
		映像コミュニケーションの映像／音声の遅延 時間に違和感がないか	
		映像コミュニケーションの音声の明瞭度は十分 であるか	

c. 検証結果及び考察

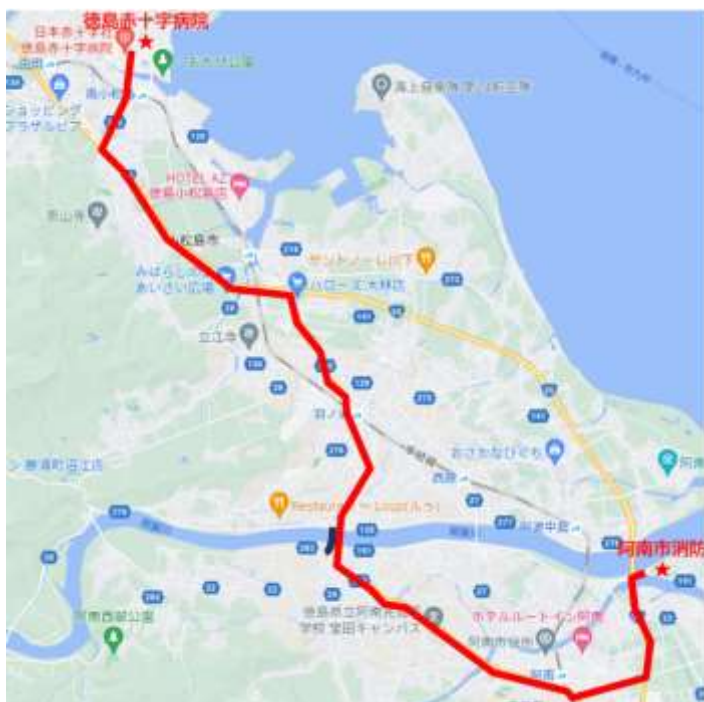
走行中の電界強度変化とスループット特性について統計を取り、分析を行った。電界強度の測定による、LTE の電界強度について良好な走行ルートを抽出したものを統計データとして採用した。これは、5G カバレッジ状況の補完として LTE 通信を利用するため、LTE の電波状況が悪い状態では正しい 5G の評価、切り分けができないためである。

5G 端末のみの場合と 5G 端末と LTE 端末でのバルク伝送の場合や、受信側をドコモ MEC により最短な経路で通信が可能なドコモ 5G とした場合と、ローカル 5G とした場合の比較を行った。

1. 走行中の電界強度・品質変化（実証走行ルートへの設計と評価）

ドコモ 5G の基地局配置状況より、阿南市消防本部から徳島赤十字病院への走行ルートを以下の通り机上で設計した。

■実証走行ルート（阿南市消防本部⇒徳島赤十字病院）

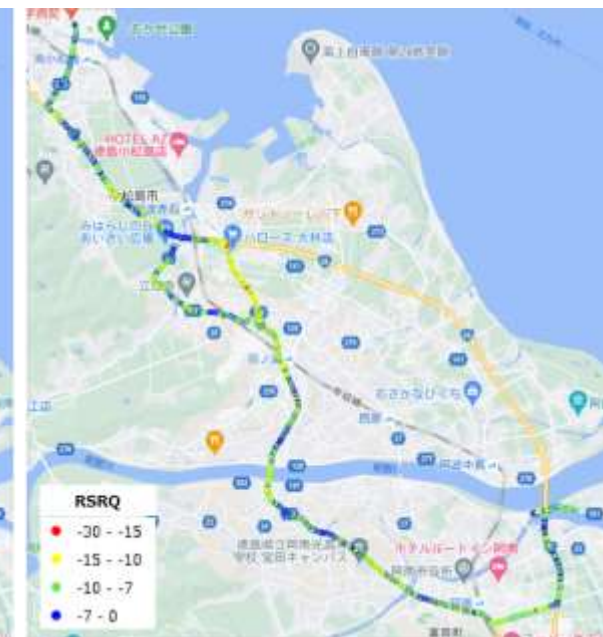
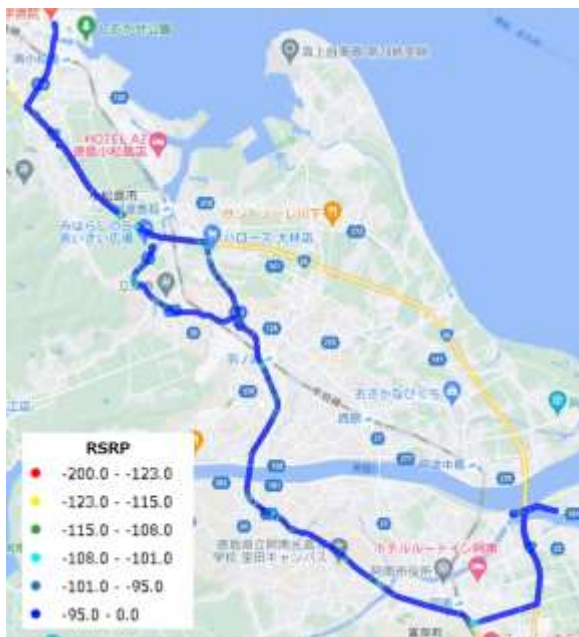


設計したルートを実際に走行し、5G 及び LTE の電波測定を行い、実証走行ルートの電波測定を実施した。電波測定結果より、RSRQ が -95dBm ～ -108dB かつ RSRQ が -14dB 以上のエリアが 4 か所あり、走行中の 5G 通信の実証が可能であると判断した。また、バルクを評価する際に LTE の品質が十分であることが条件のため、LTE の電波測定も合わせて実施し、同ルートにおいて LTE の RSRP・RSRQ とともにそれぞれ -95dBm 以上、 -10dB 以上のエリアが 90%を超えており、十分であると判断し、本実証走行ルートで検証を行った。

■ 5G の電界強度・品質



■ (参考) LTE の電界強度・品質



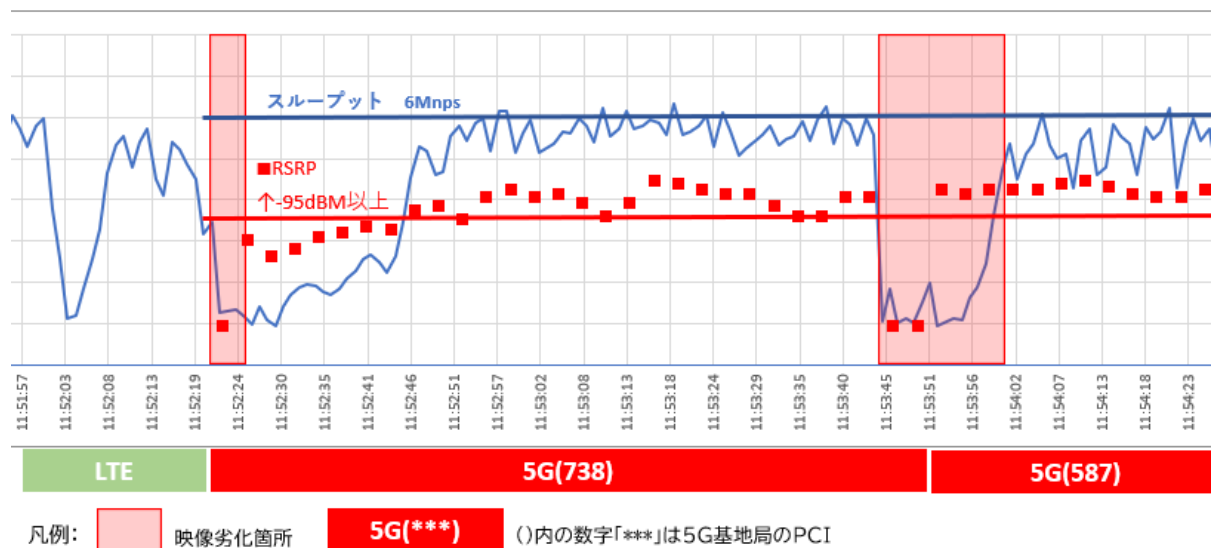
2. 走行中のドコモ 5G の NW 性能

実証走行ルートを走行しながら 5G のみで 4K 映像伝送を行い、品質を評価した。

以下は、受信側はドコモ 5G エリア（静止状態）で、実証走行ルートを走行した際に、映像が劣化（ノイズ、停止）した回数、1 回あたりの平均劣化時間、走行時間（40 分）における劣化時間の割合である。

	1回目			2回目			平均		
	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合
5G単独	25	31	32.6%	20	48	39.6%	22.5	39	36.1%

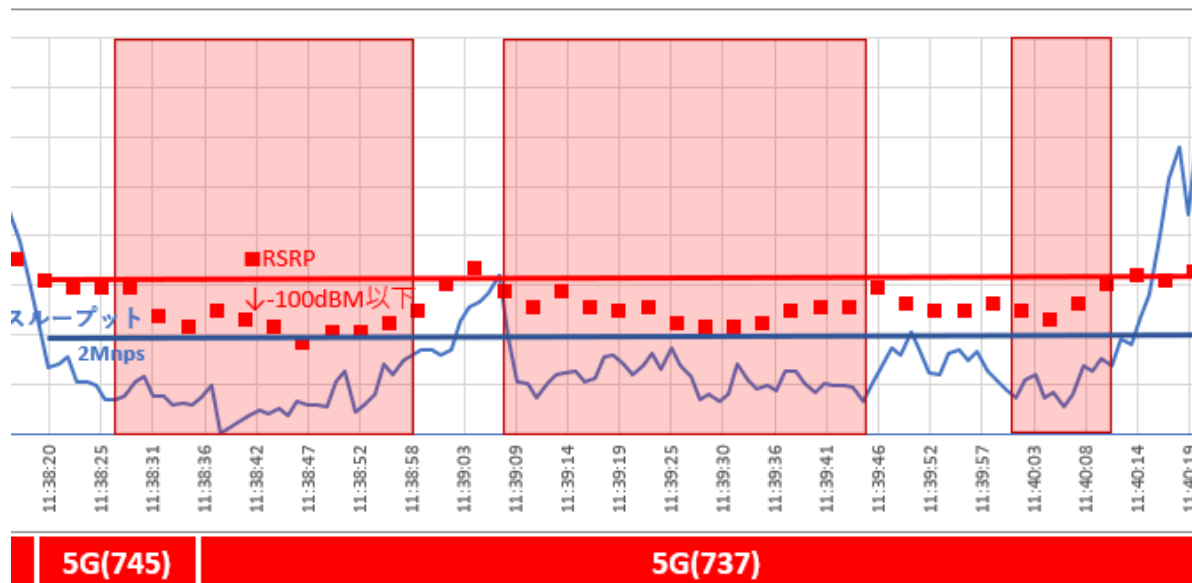
この中で、5G 電波強度（RSRP）が良好なエリアでの走行中のスループットと映像劣化箇所を示したグラフの一例が以下である。



5G 電波強度（RSRP）が良好な場所を走行している場合は、スループットも安定し映像劣化は見られない。

ただし、LTE エリアから 5G エリアへの切り替わり時においてはスループット低下により映像劣化が見られ、さらに、5G 基地局の切り替わり（PCI 738⇒587）においても同様な傾向が見られた。

また、以下は 5G エリアであっても電波強度が悪く、映像の劣化が顕著にみられたグラフの一例である。



凡例: 映像劣化箇所 5G(***) ()内の数字「***」は5G基地局のPCI

5G エリアであっても、電波強度 (RSRP) が-100dBm を下回るとスループットが著しく低下し、映像劣化が頻発・継続した。

これら 5G エリアの電波強度 (RSRP) が良好な箇所と劣悪な箇所において、改めて走行中の映像品質を確認した。以下の通り、5G 良好エリアでは、5G 単体であっても安定した品質が認められたが、劣悪なエリアだと、LTE より映像の品質が劣化し安定しない箇所もあった。

5G 良好エリア

	走行時間	劣化回数	平均	割合
1回目	1:16	1回	1.00秒	1.32%
2回目	1:20	1回	1.00秒	1.25%
3回目	1:10	0回	0.00秒	0.00%
4回目	1:22	0回	0.00秒	0.00%
5回目	1:13	0回	0.00秒	0.00%
6回目	1:22	0回	0.00秒	0.00%
平均	1:17	0回	0.33秒	0.43%

5G 劣悪エリア

	走行時間	劣化回数	平均	割合
1回目	2:02	5回	8.00秒	32.79%
2回目	1:59	6回	6.33秒	31.93%
3回目	2:04	8回	6.00秒	38.71%
4回目	2:00	5回	9.20秒	38.33%
5回目	2:26	7回	7.14秒	34.25%
6回目	2:09	6回	8.67秒	40.31%
平均	2:07	6回	7.56秒	36.05%

また、同様のエリアでネットワーク品質の測定を行った。以下は、それぞれ1分走行時の平均値であり、スループットに大きな差が見られたが、RTT・ジッタ・パケットロスには大きな乖離は見られなかった。

5G 良好エリア

	スループット (Mbps/s)	RTT (ms)	ジッタ (ms)	パケットロス (%)
1回目	41.27	47.049	1.197	0.00
2回目	42.18	46.975	1.643	0.00
3回目	42.78	46.982	1.142	0.00
平均	42.08	47.00	1.33	0.00

5G 劣悪エリア

	スループット (Mbps/s)	RTT (ms)	ジッタ (ms)	パケットロス (%)
1回目	8.3	80.163	1.097	13.70%
2回目	11.8	52.825	2.113	10.42%
3回目	7.9	51.709	2.499	10.61%
平均	9.35	61.57	1.90	11.58%

3. ドコモ 5G ⇄ ローカル 5G 間の NW 性能

次に、受信側をローカル 5G 環境とし、2. と同様な実証走行ルートを行き映像品質を確認した。以下は、映像が劣化（ノイズ、カクツキ・停止）した回数、1 回あたりの平均劣化時間、走行時間（40 分）における劣化時間の割合を受信側ドコモ 5G とローカル 5G で比較した表である。

受信側	1回目			2回目			平均		
	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合
ドコモ5G	27	25	28.6%	18	44	32.8%	22.5	35	30.7%
ローカル5G	25	31	32.6%	20	48	39.6%	22.5	39	36.1%

表に示されるように、受信側環境により大きな違いは見られない。

また、ローカル 5G とドコモ 5G でネットワーク性能を測定した結果が以下である。

ローカル 5G

	スループット (Mbps/s)	RTT (ms)	ジッタ (ms)	パケットロス (%)
1回目	9.37	43.468	2.009	0.00
2回目	9.37	43.679	1.790	0.00
3回目	9.38	43.671	1.926	0.00
平均	9.37	43.61	1.91	0.00

ドコモ 5G

	スループット (Mbps/s)	RTT (ms)	ジッタ (ms)	パケットロス (%)
1回目	78.30	49.144	1.748	0.000%
2回目	53.60	48.557	1.825	0.010%
3回目	49.20	48.670	1.965	0.064%
平均	60.37	48.79	1.85	0.024%

スループットについては、ローカル 5G はドコモ 5G (docomoMEC※クラウド基盤) と 10Mbps の広域イーサネットに接続しているため、理論上 10Mbps を超える値は出ない。

その他、RTT、ジッタ、パケロスについて顕著な差はない。

4-1. バルク伝送による4K映像品質評価（定量）

2. 3. と同様に、受け側がドコモ5G及びローカル5Gに対して、実証走行ルートを走行しながら5G<Eによるバルク通信で4K映像伝送を行い、品質を評価した。

以下は、その際に映像が劣化（ノイズ、停止）した回数、1回あたりの平均劣化時間、走行時間（40分）における劣化時間の割合である。

受信側	1回目			2回目			平均		
	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合
ドコモ5G	3	5	0.6%	7	5	1.3%	5	5	1.0%
ローカル5G	10	4	1.5%	10	3	1.4%	10	4	1.5%

上記の通り、5G単独での通信と比較し、劣化度合いは格段に改善されている。

また、バルク通信においても、受信側がドコモ5G、ローカル5Gで大きな差は見られない。

（参考：再掲）5G単独通信における劣化度合い

受信側	1回目			2回目			平均		
	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合	回数	平均(秒)	割合
ドコモ5G	27	25	28.6%	18	44	32.8%	22.5	35	30.7%
ローカル5G	25	31	32.6%	20	48	39.6%	22.5	39	36.1%

2. で実施した、5Gの良好エリアと劣悪エリアにおいて、同様にそれぞれバルク通信による品質評価を行った。

5G良好エリア（バルク）

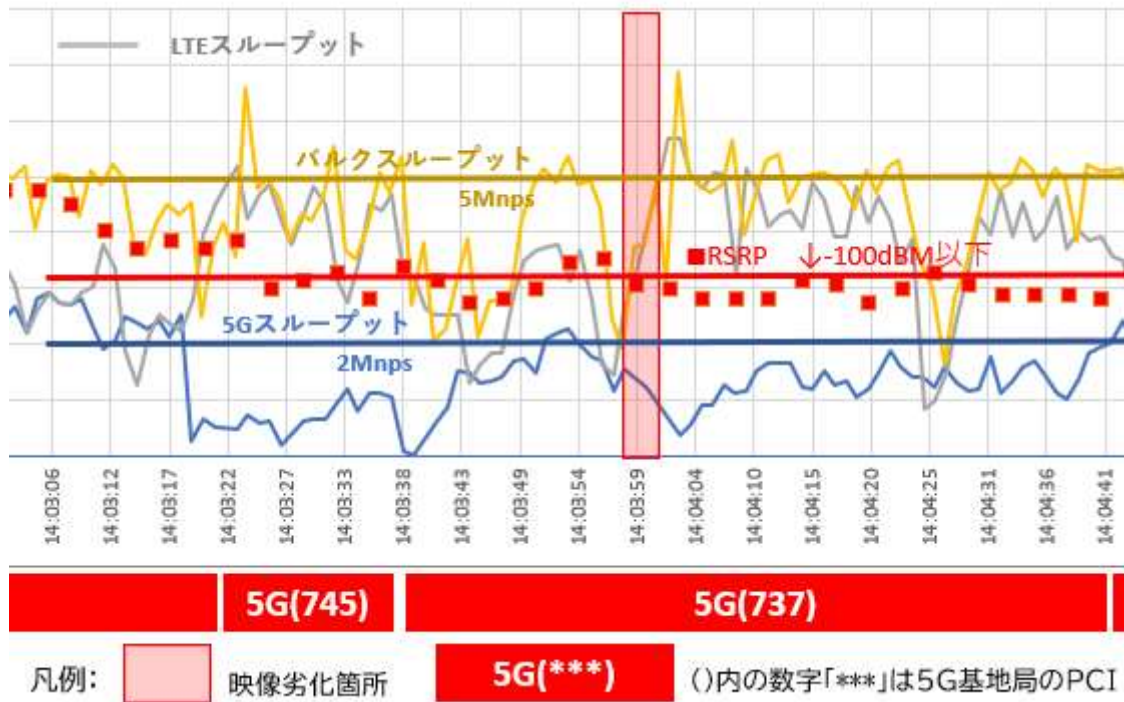
	走行時間	劣化回数	平均	割合
1回目	1:28	0回	0.00秒	0.00%
2回目	1:14	0回	0.00秒	0.00%
3回目	1:18	0回	0.00秒	0.00%
4回目	1:22	0回	0.00秒	0.00%
5回目	1:19	0回	0.00秒	0.00%
6回目	1:16	0回	0.00秒	0.00%
平均	1:20	0回	0.00秒	0.00%

5G劣悪エリア（バルク）

	走行時間	劣化回数	平均	割合
1回目	1:58	1回	1.00秒	0.85%
2回目	2:03	1回	4.00秒	3.25%
3回目	2:20	1回	1.00秒	0.71%
4回目	1:56	2回	3.00秒	5.17%
5回目	1:59	0回	0.00秒	0.00%
6回目	2:08	0回	0.00秒	0.00%
平均	2:04	1回	1.50秒	1.61%

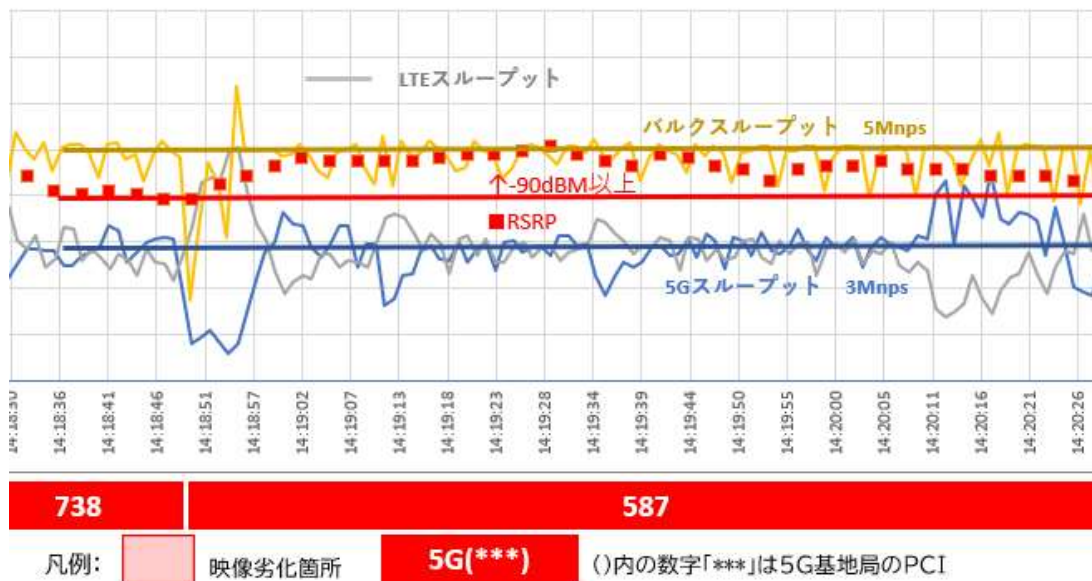
5G良好エリアにおいては劣化はなし、劣悪エリアにおいても劇的な改善が見られた。

以下は、5G 劣悪エリアでの走行中のスループットと 5G 電界強度の遷移グラフである。



5G スループットが十分でない箇所でも、LTE によりトータルして安定したスループットが得られており、映像劣化はほとんど発生してない。

また以下は、5G 良好エリアでの走行中のスループットと 5G 電界強度の遷移グラフである。



5G 基地局の切り替わり箇所においても全体スループットは低下せず、また LTE スループットが落ちている箇所では 5G スループットが上昇し、全体として非常に安定している。

5G 単独の通信では、現在のエリアカバレッジ状況だと、安定した映像伝送は難しいと言わざるを得ない。5G 電波環境が良好な箇所では、走行中であっても安定した映像伝送が可能であったため、将来的にエリアカバレッジが進めば 5G の特性を活かした高速・大容量の通信を走行しながら実現できるものと思われる。5G の電波環境が良くない箇所 (-100dBm 以下付近) では LTE よりスループットが低下し安定したリアルタイム映像伝送は困難であった。

走行中のような刻々と電波環境が変化するような状況では、静止中の電波捕捉基準とは違った基準値を設け、端末のジャイロ機能などを利用し電波強度・品質が悪化する前に LTE へ遷移するような端末側での工夫が必要だと思われる。

4-2. バルク伝送による 4K 映像品質評価 (定性)

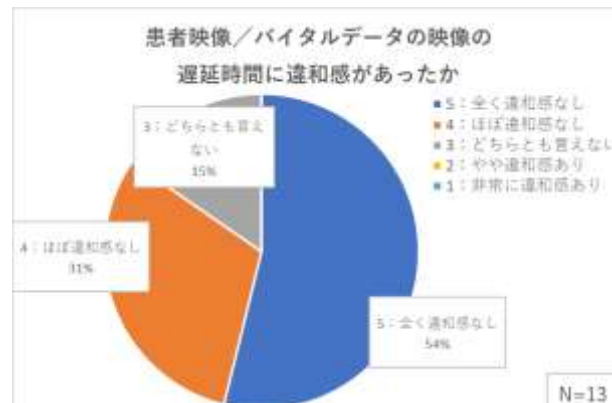
定性的な評価を行うため、病院関係者、消防関係者に対して、アンケート調査を行った。
4K 映像に関するアンケート結果を以下の通り示す。



回答者:

病院勤務: 医師 6名、救命士 1名、看護師 5名、スタッフ 1名

図 4.3.1-11 4K 映像品質評価



回答者:

病院勤務: 医師 6名、救命士 1名、看護師 5名、スタッフ 1名

図 4.3.1-12 4K 映像遅延時間評価

4K 映像の精細さに関しては、92%が「非常に良い」、8%が「やや良い」と回答しており、走行中でありながらも、患者の状況を把握するために十分精細な映像を提供できていると評価できる。

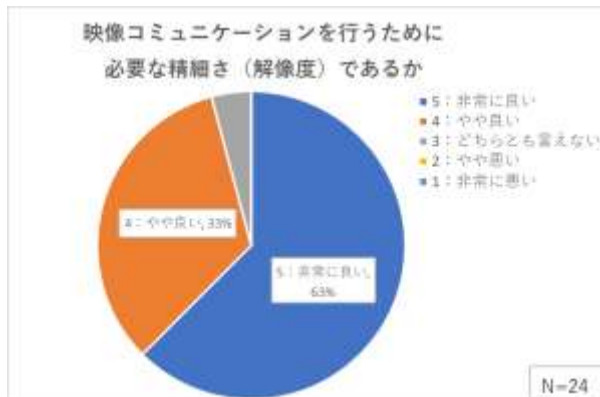
また、映像の遅延時間については、54%が「まったく違和感なし」、31%が「ほぼ違和感なし」と回答しており、映像遅延についても、高評価を得ている。

フリーコメントでは、「少し画面がフリーズすることがあった。」、「走行中に一部遅延を生じている。」という一時的な画像の乱れを指摘する声も聞かれたが、「映像がとてもきれい。」、「違和感はない。」といった肯定的な意見がほとんどであった。

現時点では LTE と比べて限定的なキャリア 5G エリアを補完し、安定した映像送信を実現するため、バルク伝送の効果があったと考えられる。

5. コミュニケーション品質評価（定性）

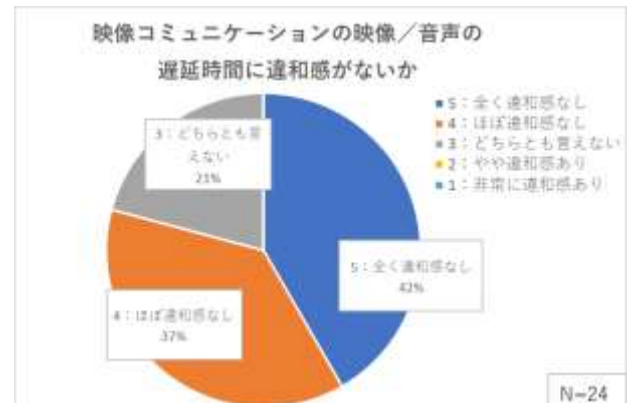
Web 会議機能に関するアンケート結果を以下の通り示す。



回答者：

病院勤務：医師 6名、救命士 1名、看護師 5名、スタッフ 1名

消防勤務：救命士 10名、隊員 1名



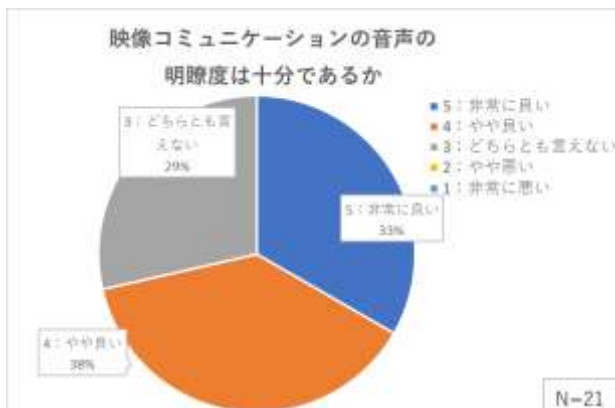
回答者：

病院勤務：医師 6名、救命士 1名、看護師 5名、スタッフ 1名

消防勤務：救命士 10名、隊員 1名

図 4.3.1-14 コミュニケーション映像・音声品質評価

図 4.3.1-13 コミュニケーション映像品質評価



回答者：

病院勤務：医師 5名、救命士 1名、看護師 5名、スタッフ 1名

消防勤務：救命士 8名、隊員 1名

図 4.3.1-15 コミュニケーション音声明瞭度評価

Web 会議機能を用いたコミュニケーションについて、映像の精細さに関しては、63%が「非常に良い」、33%が「やや良い」と回答しており、救命士と医師との間でコミュニケーションを図るのに十分な精細さが提供できていると評価できる。

また、映像の遅延時間について、79%が違和感はなかったと評価している。

音声の明瞭度についても、「非常に良い」と「やや良い」を合わせて 71%の評価となっており、意思疎通を図るに十分な明瞭度であると考えられる。

一方で、「違和感を感じる程ではないが、時々映像が固まった。」「音声が途切れるときがあった。」という声が聞かれた。モバイル回線を複数束ねたバルク伝送（5G 通信+LTE 通信）を行う 4K 映像伝送とは異なり、Web 会議コミュニケーション（救急車側）は、単一のモバイル回線を使用した iPad であり、必要とされる NW 要件は緩い（4K 映像伝送：5Mbps 以上、Web 会議コミュニケーション：1Mbps 以上）ものの、映像品質としては、バルク伝送よりも無線品質の影響を受けやすいと想定される。

2) 運用検証

本実証において検証する遠隔映像伝送システムの運用は、既存の救急搬送に加え以下のオペレーションが追加になる。

- ・電源供給を持たない主観視点カメラ等の充電
- ・主観視点カメラの装着
- ・端末の電源 ON
- ・4K エンコーダの映像送信開始
- ・システムへのログイン、Web 会議接続

また、実際の運用においては、1 対 1 に限らず、複数の救急搬送において同時に受け入れ先病院が対応するケースも想定される。そのような場合、複数の救急搬送からの連絡を並列で対応する必要のある受け入れ先病院において、最適な機器配備、構成について検討が必要である。

不意のトラブル等により遠隔映像伝送システムの利用ができないケースについては、現状のコミュニケーション手段（電話）を排除し置き換えるものではなく、トラブル時は現状の手段（電話）によるバックアップが可能と考えられる。そのため、バックアップ手段の代替を踏まえた保守要件を検討する。

a. 検証項目

表 4.3.1-11 遠隔映像伝送システムの運用に関する評価・検証項目

#	評価・検証項目	フェーズ	対象
1	電源供給を持たない主観視点カメラ等の充電	事前準備	救命士
2	主観視点カメラの装着	接続開始	救命士
3	端末の電源 ON	接続開始	救命士
4	4K エンコーダの映像送信開始	接続開始	救命士
5	4K 映像伝送システムへのログイン、Web 会議接続	接続開始	救命士・医師
6	複数救急搬送の同時受け入れ	事前準備	医師
7	不意のトラブル時のバックアップ、保守	事前準備	救命士・医師

#1～5 の追加オペレーションについては、マニュアルの要否（装置へのテプラ等でのガイドなど含む）を調査、検討する。

#6 の複数救急搬送の同時受け入れについては、同時に複数の救急搬送における遠隔映像データ受信・コミュニケーションを行うことに最適な機器の設置、準備方法を検討する。

#7 の不意のトラブル時のバックアップ、保守については、トラブル時の対応マニュアルや保守要件（代替機の必要性、故障対応フロー等）を検討する。

b. 検証方法

#1～5 については、救急隊員、医師に対して実証を通じ追加されたオペレーション作業が簡単に誰でも行えるものか、これまでに比べ大きな手間が増えることがないか、などについてのアンケート調査を行う。

#6, 7 については、実装を想定した受け入れ病院における設備、運用状況を鑑み、実証実験参加メンバーによる検討会を開催、最適案を整理する。

c. 検証結果及び考察

- ① 追加オペレーションに対するアンケート結果
- ② 複数救急搬送における同時オペレーションの最適検討案（コメント）
- ③ 実装における効果的な運用の提案

これら調査、検討結果を踏まえ、遠隔映像伝送システムのカスタマイズ、運用見直しも踏まえた実装という観点での提案を行う。

① 追加オペレーションに対するアンケート結果

アンケート結果を以下に示す。

#	評価・検証項目	具体的コメント	対象
1	電源供給を持たない主観視点カメラ等の充電	<ul style="list-style-type: none"> ・充電は車内で行うことができるため、運用上の課題はない ・車両のバッテリー容量で賄えるか消費電流の確認・検討が必要 	救命士
2	主観視点カメラの装着	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴーグルの装着も必要であり、頭部へのバンド装着ではなく、ヘルメットへの固定装着が望ましい 	救命士
3	端末の電源 ON	<ul style="list-style-type: none"> ・電源操作が必要な機材が多数（4K エンコーダ、固定カメラ、主観カメラ、HDMI エクステンダ、ベッドサイドモニター、iPad、骨伝導イヤホン）あり、運用前の操作習熟が必要 	救命士
4	4K エンコーダの映像送信開始	<ul style="list-style-type: none"> ・送信開始は、ボタン一つでできるため、簡単である 	救命士
5	4K 映像伝送システムへのログイン、Web 会議接続	<ul style="list-style-type: none"> ・ログイン操作が必要であり、習熟は必要 ・誰でも簡単にログインできれば良い 	救命士・医師

② 複数救急搬送における同時オペレーションの最適検討案

実証では、1 台の救急車と、1 つの受け入れ病院のみを接続した 1 対 1 のモデルで検証を行ったが、受入病院では複数の救急車を同時に受け入れるケースがある。どのようなオペレーションが最適か、実証参加医師からヒアリングを行った結果、次のような意見を収集した。

【医師のコメント】

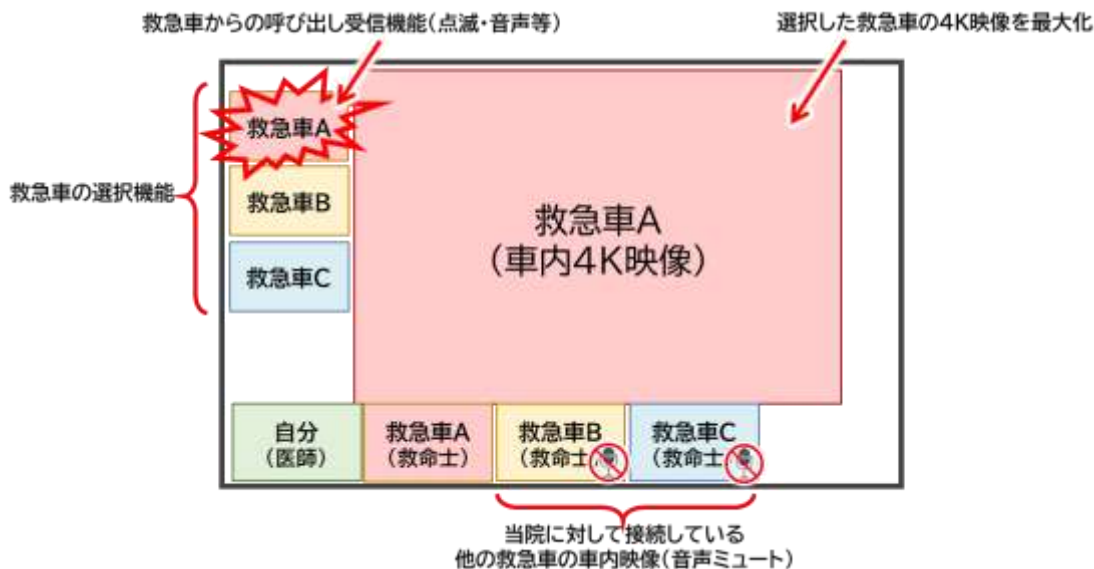
- ・ 実証システムのユーザインターフェース（以下、UI）は、1 対 1 のモデルには最適な UI であるが、複数の救急車受け入れを考慮したシステムにはなっていない。同時に受け入れる救急車の台数も一定ではないため、救急車の台数に合わせて、システムやディスプレイを増設するのは現実的でない。
- ・ ディスプレイは 1 台で、複数の救急車を切り替えて表示させるための簡便な UI が必要。
- ・ 複数の受け入れについては、より優先度の高い症例で本システムを利用し、他の搬送は従来どおり電話でコミュニケーションを取ることが可能であるが、医療の高度化を図る上では、映像情報の効果は高いため、1 対 N に対応したシステムが望まれる。

上記の意見を踏まえ、1対Nのコミュニケーションを実現するための必要要件を検討した。

【1対Nシステムの必要となる機能要件】

システム利用 サイド	必要となる機能要件	備考
受け入れ先 病院側	救急車の選択機能 (救急車からの呼び出し応答機能)	複数の救急車の中から、選択した救急車の4K映像を最大化して表示し、Web会議を有効とする機能。(選択されていない救急車の映像は最小化表示とし、音声はミュートとする)
	救急車からの呼び出し受信機能	どの救急車から呼び出されているか点滅表示などにより視覚的に確認できる機能。また、救命士からの呼びかけや、ブザー音等によって、聴覚的に判別できる機能。
救急車側	受け入れ先病院の選択機能	受け入れを承諾した病院に対してのみ、4K映像伝送とWeb会議接続を行う機能。 ※本システムは、受け入れ先病院が決定した後に利用するものとし、受け入れ先の選定は、従来の電話によるホットラインの利用や、受け入れ先病院の照会機能を提供する既存システム等の活用を前提とする
	受け入れ病院側との接続状況確認機能	受け入れ先病院にて、自車の4K映像表示とWeb会議機能が有効になっているか確認できる機能。
	受け入れ病院側への呼び出し機能	受け入れ先病院が、自車とのWeb会議が有効になっていない場合に、受け入れ病院側を呼び出す機能(点滅表示や、音声での呼び出し等)

(参考) 病院側画面レイアウトのイメージ



実装における効果的な運用の提案

今回の実証を経て明らかになった、実装のために必要な機能要件や、考慮すべき事項について示す。

a) サイレン音への対応と、患者や他の救急隊員とのコミュニケーション

今回の実証を行うにあたり、走行中の救急車のサイレン音が、救命士と医師の間のコミュニケーションを阻害する懸念があった。そのため、消防署敷地内においてサイレン音の影響を事前検証した。結果、骨伝導マイクスピーカ（ヘッドセット）と、会議用マイクスピーカとでサイレン音の收音度合い（病院側にて、どの程度サイレン音が聞こえるか）を比較したところ、違いは歴然としており、会議用マイクスピーカは病院側でもその場にいる程度の大きさで伝達される一方、骨伝導イヤホンはサイレンが鳴っていることは分かるものの、コミュニケーション上、全く気にならない程度であった。

そのため、今回の実証では、骨伝導イヤホンを採用することで、救命士と医師との間で、周辺音が気にならず、クリアでスムーズなコミュニケーションを行うことができた。

半面、骨伝導イヤホンは、装着している本人（救命士）以外には音声伝わらないため、同乗している他の救急隊員が医師との会話内容を確認できない、收音空間が狭いため、医師側の発話を聞くことができず、他の救急隊員や患者の発話を医師が直接確認することができないという、コミュニケーション上の制限が発生することとなる。

症例や状況によっては、救急車内の複数人とのコミュニケーションが望まれるシーンがあるため、救急隊は骨伝導イヤホンを装着し、医師と患者の間ではマイクスピーカを利用できるよう、1台の親機（本実証では iPad）で、複数の Bluetooth オーディオデバイスと同時に利用可能となるデュアル Bluetooth 対応機種の設定が望ましい。

b) 映像ソースの任意切り替え（選択・最大化）表示

本実証では、4K マルチビューワを用いて4つの映像ソースを合成し、1つの4K映像として伝送を行った。症例や状況によって、患者の容態把握に有効な映像ソースは異なる（※）ため、病院側から指定した映像ソースを最大化し、高精細な映像をより大きく確認したいという要望がある。この要望に対応するためには、遠隔（病院）側から、4K マルチビューワの制御を行う必要があるため、4K マルチビューワと病院側PCの間で通信経路を確立して制御する仕組みの検討・実装が必要である。

（※）外傷の場合は患部の接写映像、心不全の場合は心電図や頸静脈の接写、脳卒中の場合は麻痺状況の観察等

c) 救急車内の限られたスペースへのシステム搭載

今回の実証においては、HDMI 経由でリアルタイム映像を出力できる小型の救急車搭載心電図が市場にないため、病棟などで利用するベッドサイドモニタを採用している。また、4つの映像ソース（3つのカメラと心電図）を合成するための4K マルチビューワを選定し、救急車内に搭載した。

しかしながら、救急車内には、救命措置のために使用する各種資機材が多数搭載されている状況であり、本システムの実装にあたっては、設置スペースを確保した上で、より小型な製品選定や、機能の統合（4K エンコーダと5G ルータ機能の一体化）、映像ソースを1つに絞り込む（例えば、ウェアラブルカメラのみにする、ハンディカメラのみにする等）等の検討が必要と考えられる。

d) 不意のトラブル時のバックアップ、保守

構成する機器や、ネットワーク（クラウドサーバ含む）の保守要件についてヒアリングしたところ、「翌日復旧が良い」「即時復旧が必須」と意見が二分された。実装・運用される消防・病院がまだ少ない試行運用段階では従来の電話でのコミュニケーションがバックアップとして機能するため比較的保守要件は緩いが、本システムの活用は救急医療の質向上に大きく寄与するため、幅広く実装・運用され活用されると、早期の復旧体制が求められると考えられる。本格的な実装、運用に向けては、24時間対応のトラブル問い合わせ窓口、故障に対する即時復旧対応など、保守体制の構築は必要不可欠である。

【参考】実証の実施模様



図 4.3.1-16 救急車内の様子



図 4.3.1-17 病院内の様子



図 4.3.1-18 4K エンコーダ、5G/LTE 端末



図 4.3.1-19 俯瞰カメラ

3) 効果検証

効果検証では、4.2.2項の実証環境において実際に救急車による患者の搬送をシミュレートし、患者容態の把握、特定医療行為の補助、受入体制構築の精度向上やプロセスの短縮につながるか、救急救命士や医師へヒアリングを実施し、その効果や期待について検証する。併せて、当初想定していない副次的な効果の有無についても確認を行う。

a. 検証項目

ア) 容態把握から搬送開始（受け入れ病院確定）までにおける効果

多くのケースでは、救急現場において救急救命士による容態の観察及び受け入れ病院医師への伝達は現場もしくは静止中の救急車内において行われる。その際、より正確、迅速に情報が伝達でき、搬送開始までの時間短縮につながるか評価する。

また、例えば徳島県南部の海部地域では、海部消防がまず搬送先とする徳島県立海部病院にて専門医不在や逼迫により受け入れができない状況であれば、北方の阿南市方面に向かいながら他の2次救急病院を当たり、最終的にはほぼ徳島赤十字病院に受け入れ要請を行う。このような受入病院が未確定のまま搬送が開始されるケースにおいて、電話だけでなく映像による容態観察・伝達により、これまで不確かな情報で受け入れ不可能と判断していた2次救急病院が受け入れ可能と判断できるようになるか、ヒアリングを実施し評価する。

表 4.3.1-12 検証項目（ア）

#	評価・検証項目	評価者
1	搬送開始までの時間短縮につながるか	医師・救命士
2	軽症者の判断の精度向上につながるか	医師

イ) 救急搬送中における効果

搬送中の特定医療行為の実行には救急救命士の判断で実施できるものもあるが、電話というコミュニケーションのみでの医師の意思疎通、症状認知しかない状態での医療行為の行使は救命士にとって大変な心的負担がかかる。このような状況に対し、高精細映像により患者の詳細な容態、細かな所作等まで遠隔の医師がその目で見てくれているという安心感が、救命士にとっての医療行為行使における心的負担軽減に寄与することができるか評価する。またひいては、医師によるより正確な判断・医療行為の指示が可能となるか評価する。

表 4.3.1-13 検証項目（イ）

#	評価・検証項目	評価者
1	心理的負担軽減につながるか	救命士
2	医療行為指示の精度向上につながるか	医師

ウ) 受け入れ病院到着から処置開始までにおける効果

搬送中の刻一刻と変化する容態やバイタル情報についてリアルタイムに情報共有できることで、受け入れ病院側医師が事前に詳細な情報を把握できるようになる。それにより、到着後の処置に必要なとなる機材の準備や専門医の確保などのプロセスが事前にスムーズに行えることで、受け入れ態勢の構築の精度が向上されるか評価する。また、それら到着、搬入後から処置開始までのプロセスが短縮できるか評価する。プロセスの短縮は、相対的に処置開始までの時間短縮につながる事が期待される。

表 4.3.1-14 検証項目 (ウ)

#	評価・検証項目	評価者
1	処置準備の精度向上につながるか	医師・看護師
2	到着後から処置開始までに短縮可能なプロセス	医師

エ) その他波及効果、副次的効果

遠隔映像伝送を行った映像データを蓄積できれば、救急処置が適切であったかといった事後検証（メディカルコントロール）や、その処置状況を教材として活用する、副次的な効果が見込める。

また、重体患者に対し医師を派遣するドクターカーとのランデブーポイントまで走行中同士の救急車とで映像を共有、コミュニケーションを行うことで、派遣された医師がリアルタイムに患者の容態を把握、場合によっては医療行為の指示を行えることで、救命率の向上などが期待できる。このような、さまざまな救急医療現場への波及、期待される効果や、反対に懸念される課題などについてもヒアリングを行い、より効果的な実装に向けた検討を行う

表 4.3.1-15 検証項目 (エ)

#	評価・検証項目	評価者
1	実装に向けた課題は何か	医師・救命士
2	本システム導入による、その他の効果はあるか	医師・救命士

b. 検証方法

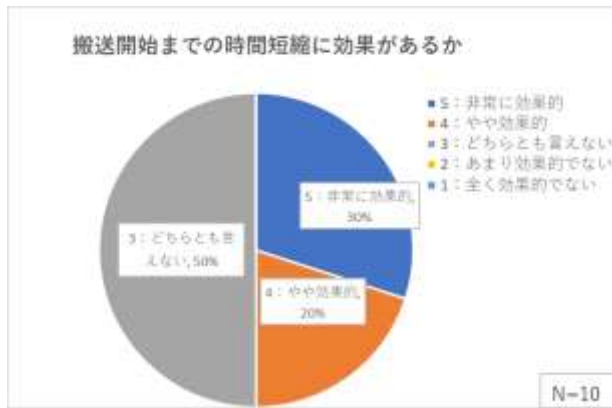
救急搬送シナリオ（※）を元に、模擬患者による救急搬送を実施し、5段階評価のアンケート結果および具体的意見を集計し、ソリューション導入によって期待される効果の程度を明らかにする。また、短縮可能なプロセスや当初想定していなかった効果の有無についても明らかにする。

（※）医師・救命士を交え、本システムを利用した救急搬送のシナリオを事前に作成する。

#	評価・検証項目	回答方式 (アンケート・ヒアリング)
ア	1 受け入れ病院確定までの時間短縮につながるか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)
	2 軽症者の判断の精度向上につながるか	
イ	1 心理的負担軽減につながるか	
	2 医療行為指示の精度向上につながるか	
ウ	1 処置準備の精度向上につながるか	
	2 到着後から処置開始までに短縮可能なプロセス	

c. 検証結果及び考察

(ア)#1, 2、(イ)#1, 2、(ウ)#1 の5段階評価によって得られるアンケート結果を図4.3.1-20から図4.3.1-24に示す。



回答者:

消防勤務: 救命士 9名、隊員 1名

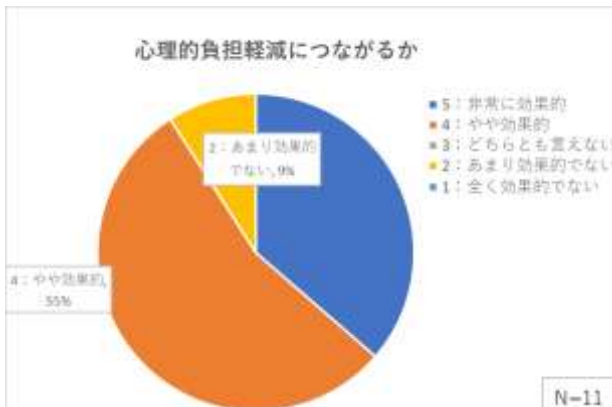
図 4.3.1-20 搬送開始までの時間短縮効果



回答者:

病院勤務: 医師 5名、救命士 1名、看護師 4名

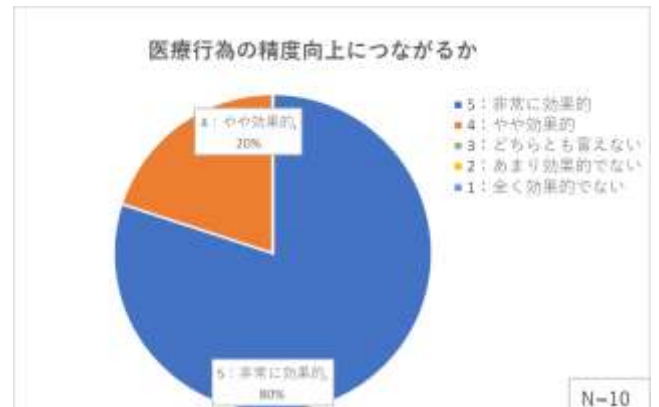
図 4.3.1-21 重軽傷の判断効果



回答者:

病院勤務: 救命士 9名、隊員 1名

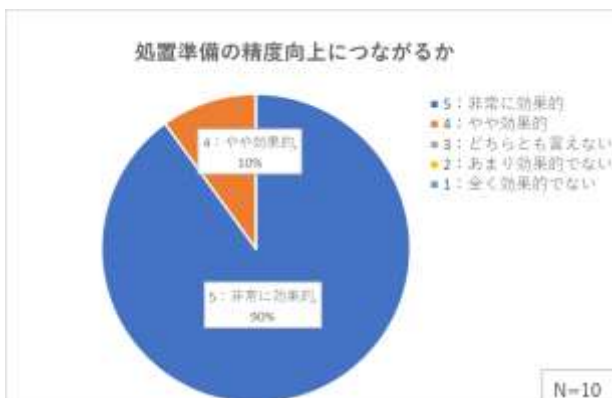
図 4.3.1-22 救命士の心理的負担軽減効果



回答者:

病院勤務: 医師 5名、救命士 1名、看護師 4名

図 4.3.1-23 医療行為の精度向上効果



回答者:

病院勤務: 医師 5名、救命士 1名、看護師 4名

図 4.3.1-24 処置準備の精度向上効果

(ウ)#2の短縮可能な具体的なプロセスについてヒアリング及び評価結果を表4.3.1-20に示す。プロセスについては、事前に映像で確認できた症状・重篤度により必要な医療器具、装置の準備や専門医の確保、心電図等の受領といった救急隊からの引継ぎなどについて、プロセス毎に短縮可能と期待されるかを、アンケートによって評価した。

アンケート対象は、25名（内訳：消防勤務者（救急救命士11名、隊員1名）、病院勤務者（医師6名、看護師5名、救命士1名、スタッフ1名）で、5段階評価（※）を行い、その平均値を表4.3.1-16に示す。

表 4.3.1-16 プロセス毎に短縮可能と期待できる度合い

#	プロセス		短縮できると期待できる度合い		
			外傷	心不全	脳卒中
1	患者の容態把握	容態の記録／容体の把握	4.8	4.3	4.4
2	受入準備	医療器具、医療装置・薬剤の準備	4.6	4.5	4.4
3		専門医の確保・招集	4.4	4.4	4.3
4		病院到着後、最初の処置内容の確定	4.5	4.5	4.3
5	救急隊から医師への引継ぎ（申し送り）	バイタルデータの引継ぎ	4.7	4.6	4.6
6		救急隊が実施した処置内容の引継ぎ	4.6	4.4	4.4

上記のとおり、評価を行ったすべてのプロセスにおいて、時間短縮が期待できる、という結果となった。

中でも、外傷患者における容態の把握、外傷・心不全における医療器具などの準備、症例に関わらず救急隊から医師への申し送りにおいて、平均4.6～4.8と、時間短縮が大きく期待できる結果となった。

これらの評価結果より、病院前医療の質向上に資するかを分析・考察した。

以下に、現状の緊急搬送フローと、実証システムを運用する場合の追加オペレーション及び他のオペレーションとの関係を示す。

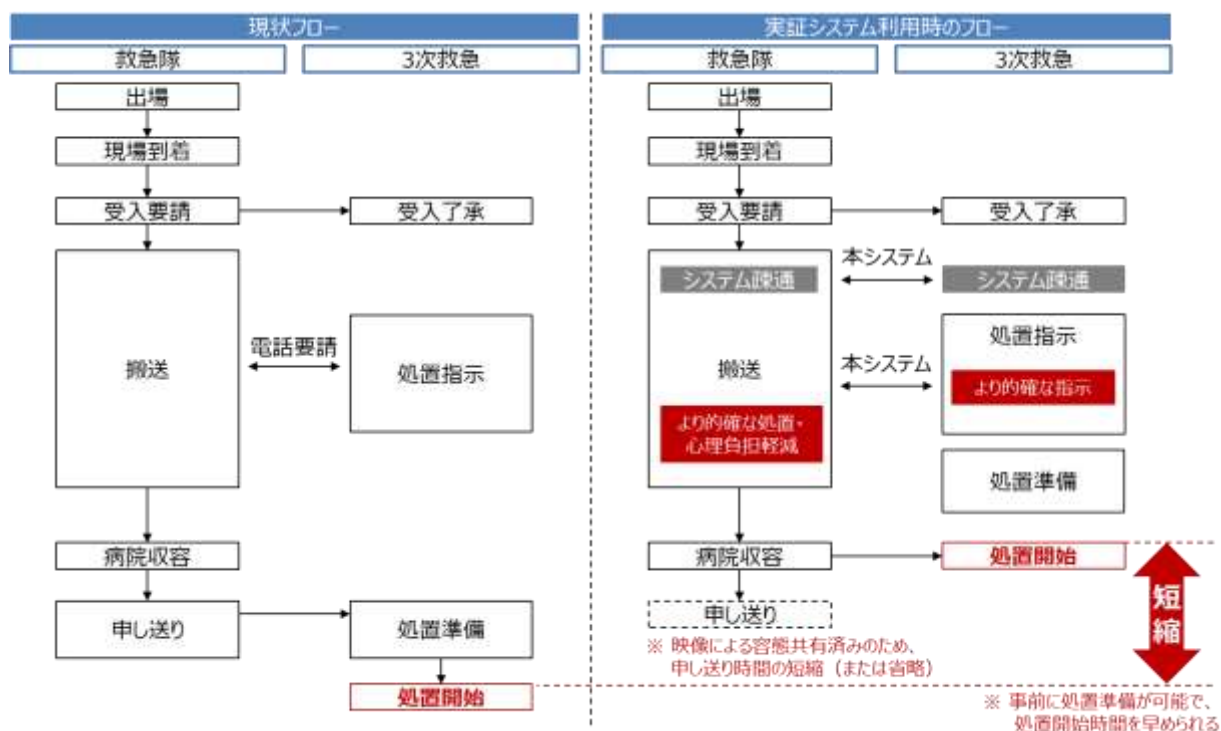


図 4.3.1-25 救急搬送フローの比較

本システムは、従来通りの携帯電話にて、受入要請を行う前提としており、受け入れ病院決定後の利用開始を想定している。

上図のとおり、本実証システムを利用する場合の、追加となるオペレーションは、「実証システムの疎通確認」である。受け入れ先決定後、救急車と受け入れ先病院との間で、本システムを通じたコミュニケーションの開始作業（＝システム疎通）が必要となるが、この作業は、受け入れ先病院が決定し、搬送を開始して以降実施することとなり、利用開始作業もシンプルなログイン作業のみであり、現状の救急搬送フローへの影響は軽微なものである。

本システムを利用した実証では、消防関係者、病院関係者へのアンケート・ヒアリングを通して、得られる効果を検証した。その結果、救急搬送の場面における高精細な 4K 映像とコミュニケーションによって、「搬送中患者に対する、よりの確な処置」、「医師のサポートによる救急隊の心理的負担軽減」、「受け入れ病院での処置開始時間の短縮」の効果があることが明らかになった。

今後、本実証を通して明らかになった課題に対する改善を行い、実装に向けた検討を進めていく必要がある。

(3) 課題実証②－2

課題実証②－2では、2次救急と3次救急間での4K映像およびバイタル等の伝送手段として、株式会社アルムの医療従事者間コミュニケーションアプリである「Join」及び拡張機能である「Join Liveview」を活用した。

「Join」はチャット・画像共有・音声/ビデオ通話など多様な手段によって、円滑な情報共有が可能な医療用アプリケーションである。PACSなどの院内システムと連携することで、クラウドサーバ内にあるDICOM画像の共有等が迅速かつ簡易に可能となる。急性期疾患に特化したアプリケーションであり、脳神経外科、循環器科、救急科にて全国的に使用されているアプリである。本実証の検証フィールドの一つである海部病院においても2019年から利用をしており、JoinIDを付与されている医師の先生方の私用スマートフォンに「Join」アプリをインストールいただき、日当直の診療補助ツールとして利用している。

「JoinLiveview」は「Join」の拡張機能であり、病棟、ICU及び手術室などに設置されたカメラを接続することによってリアルタイムに配信された映像を「Join」上で病院内・外で閲覧できるシステムである。

本実証の成果は、ローカル5Gおよび汎用的な商用アプリを用いて、救急医療での遠隔DtoD支援が可能であること示すことである。

1) 機能検証

a. 検証項目

機能検証は、本モバイルアプリを、ローカル 5G による通信を行った場合の性能評価と伝送映像の画質、バイタルデータの視認性、CT 等医用画像の画質について、定量・定性の両面で評価・検証を行った。特に、一分一秒を争う急性期疾患において、診療映像がリアルタイムに伝送されることは非常に重要であることならびに、映像を用いて診療補助を行うことから映像の滑らかさが重要視されることから、一定のフレームレートを保ちながら映像伝送の遅延がどの程度発生するかを定量評価項目として設定し、検証を行った。

また、海部病院及び徳島赤十字病院にて構築したネットワークは以下の通りとなる。

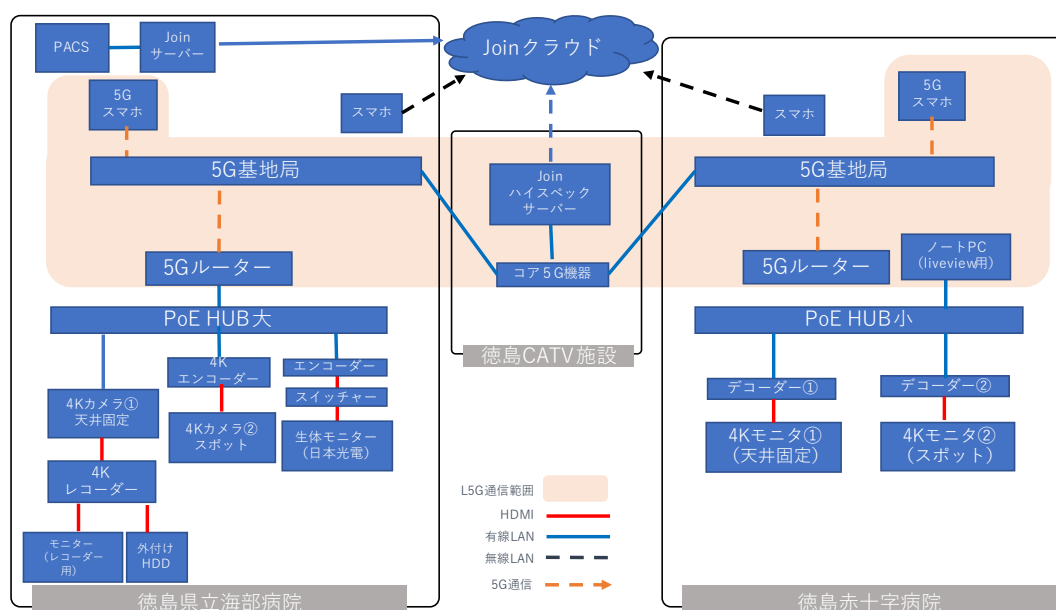


図 4.3.1-26 ネットワーク構成

表 4.3.1-17 本ソリューションの機能に関する評価・検証項目

No.	評価・検証項目	評価対象システム	定量評価	定性評価
1	接続チャンネル数（生体情報モニタ、4Kカメラ）による画質変化	コミュニケーションアプリ	・フレームレート ・EtoEの遅延時間	・目視での精細さや滑らかさ
2	Wi-Fiと比較した4Kカメラの画質変化	コミュニケーションアプリ	・フレームレート ・EtoEの遅延時間	・目視での精細さや滑らかさ
3	生体情報モニタのデータの完全性（欠損の有無）	コミュニケーションアプリ	・データの完全性 ・EtoEの遅延時間	・目視での精細さや滑らかさ
4	医用画像の画質およびロード時間	コミュニケーションアプリ	・医用画像の画質 ・受信側でのロードに要する時間	・目視での解像度や色合い（濃淡）の確認
5	実証部屋内の3地点における、アプリケーションの性能評価	コミュニケーションアプリ	—	・アプリのレスポンス ・アプリの挙動の正しさ
6	コミュニケーション品質評価	コミュニケーションアプリ	—	評価対象（※1、2、3）
7	サービスに対するユーザビリティ	コミュニケーションアプリ	—	評価対象（※4、5）

- (※1) 映像コミュニケーションを行うために必要な精細さ（解像度）であるか
- (※2) 映像コミュニケーションの映像／音声の遅延時間に違和感がないか
- (※3) 映像コミュニケーションの音声の明瞭度は十分であるか
- (※4) 操作は簡便か
- (※5) 運用は効率的か

b. 検証方法

表 4.3.1-18 本ソリューションの機能に関する評価・検証方法（定量）

No.	評価・検証項目	測定方法
1	接続チャンネル数（生体情報モニタ、4K カメラ）による画質変化	接続するチャンネル数を変更した際の通信状況、映像の評価 ①チャンネル数1：生体情報モニタ ②チャンネル数1：4K カメラ ③チャンネル数2：生体情報モニタおよび4K カメラ
2	Wi-Fi と比較した 4K カメラの画質変化	通信を5G/Wi-Fiのそれぞれに切り替えた際の映像の評価
3	生体情報モニタのデータの視認性	送信時データに対して受信側データの一致を目視にて確認
4	医用画像の画質およびロード時間	受信側において、ロードした画像の画質を目視で確認、ロード開始から完了までの時間を計測
5	実証屋内の 3 地点における、アプリケーションの性能評価	5G エリアにおける代表地点 3 か所における通信状況（画質、遅延）を測定

表 4.3.1-19 本ソリューションの機能に関する検証・評価方法（定性）

No.	評価・検証項目	アンケート項目	評価方法
1	接続チャンネル数（生体情報モニタ、4K カメラ）による画質変化	患者映像を確認するために必要な精細さ（解像度・品質）であるか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
2	Wi-Fi と比較した 4K カメラの画質変化	患者映像を確認するために必要な精細さ（解像度・品質）であるか。	5G/WI-Fi のそれぞれに対して、5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	5G/WI-Fi のそれぞれに対して、5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
3	医用画像の画質およびロード時間	CT 等の医用画像から症状を確認するために必要な解像度・濃淡があるか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		画像のロード時間に違和感はないか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
4	実証部屋内の 3 地点における、アプリケーションの性能評価	患者映像を確認するために必要な精細さ（解像度・品質）であるか。	3 地点それぞれについて、5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	3 地点それぞれについて、5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
5	コミュニケーション品質評価	映像／音声の遅延時間に違和感はないか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		音声の明瞭度は十分であるか。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
6	サービスに対するユーザビリティ	操作は簡便か。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）
		運用は効率的か。	5段階評価（1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う）

a. 検証結果及び考察

表 4.3.1-18 の定量評価項目については、それぞれ下記表 4.3.1-20～表 4.3.1-23 のようにフレームレートや遅延時間の数値、送信側と受信側でのバイタル情報の視認性を表に記録した。遅延時間は 4K カメラでデジタル時計映像を撮影・伝送し、実際の時刻との比較によって記録した。(画像 4.3.1-1～4.3.1-5)。

表 4.3.1-19 の定性評価項目については、下記表 4.3.1-24 にまとめた。回答内容が全て同じであったため、グラフではなく表に回答結果及びコメントをまとめた。画質変化については Join Liveview 画像及び DICOM 画像の画質を目視にて比較・確認した(参考画像 4.3.1-6～4.3.1-9)

- No.1: 接続チャンネル数による画質変化について、接続するチャンネル数を変更した際の通信状況、映像の評価を行い、表 4.3.1-20 にまとめた。(ローカル 5G スマートフォン JoinLiveview 映像) 結果として、チャンネル数による遅延時間の差はみられなかった。

表 4.3.1-20 チャンネル数による通信状況

評価対象	測定項目		確認項目
① チャンネル数 1 生体情報モニタ	生体情報モニタ⇒ 赤十字病院 5G 端末	遅延	2201msec
② チャンネル数1 4K カメラ	海部病院 4K カメラ⇒ 赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	1095msec
③ -1 チャンネル数 2 生体情報モニタ	生体情報モニタ⇒ 赤十字病院 5G 端末	遅延	1920msec
④ -2 チャンネル数2 4K カメラ	海部病院 4K カメラ⇒ 赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	1059msec

ローカル 5G 通信
(ローカル 5G 対応スマートフォン)

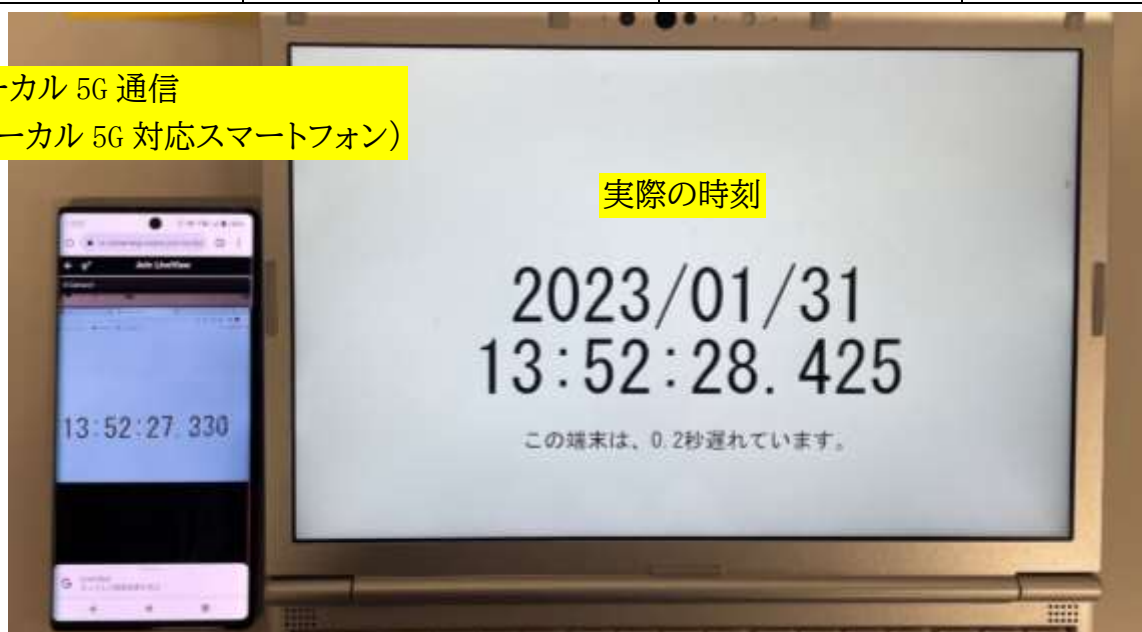


図 4.3.1-27 ①チャンネル数 1 4K カメラ映像の遅延確認

- No.2 : Wi-Fi と比較した4K カメラの画質変化について、通信を 5G/Wi-Fi のそれぞれの端末における映像評価を行い、表 4.3.1-21 にまとめた。(ローカル5G スマートフォン JoinLiveview 映像及び Wi-Fi 通信の通常スマートフォン JoinLiveview 映像の比較)

結果として、ローカル 5G 及び Wi-Fi 通信を比較して、遅延時間に差はみられなかった。

表 4.3.1-21 Wi-Fi と比較した4K カメラの画質変化

評価対象	測定項目		確認項目
ローカル 5G 通信	海部病院 4K カメラ ⇒赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	939msec
Wi-Fi 通信	海部病院 4K カメラ ⇒赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	989msec 以下

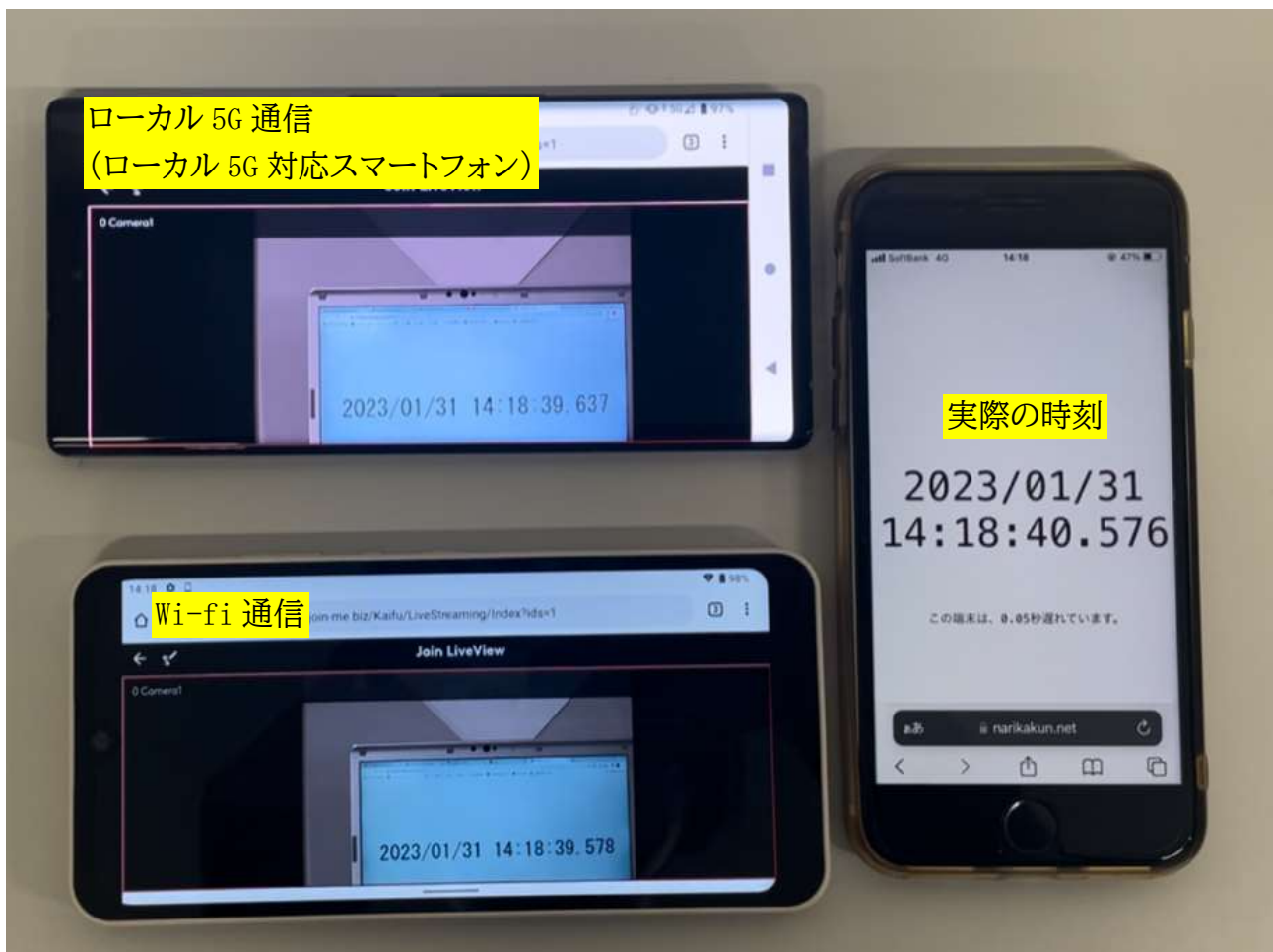


図 4.3.1-28 5G 及び Wi-Fi 接続時の 4K カメラ映像の遅延確認
(上 : ローカル 5G 通信 JoinLiveview 画面 下 : Wi-Fi 通信 JoinLiveview 画面 右 : 実際の時刻)

- No. 3 : 生体情報モニタのデータの視認性について送信時データに対して受信側のデータの映像評価を行った。(ローカル 5G スマートフォン JoinLiveview 映像)
結果として、生体モニタの映像伝送において、欠損はみられなかった。



図 4. 3. 1-29 生体情報モニタ伝送による視認性確認
(左：送信元の生体モニタ画面 右：JoinLiveview 画面)

- No. 4 : 医用画像の画質及びアップロード時間について、受信側における画像ロードに要する時間の評価を行い、表 4. 3. 1-22 にまとめた。(ローカル 5G スマートフォン Join 画面)

表 4. 3. 1-22 DICOM 画像のアップロード時間

評価対象	測定項目		確認項目
DICOM 画像	海部病院端末 ⇒赤十字病院 5G 端末	画像ロード時間	11. 58sec

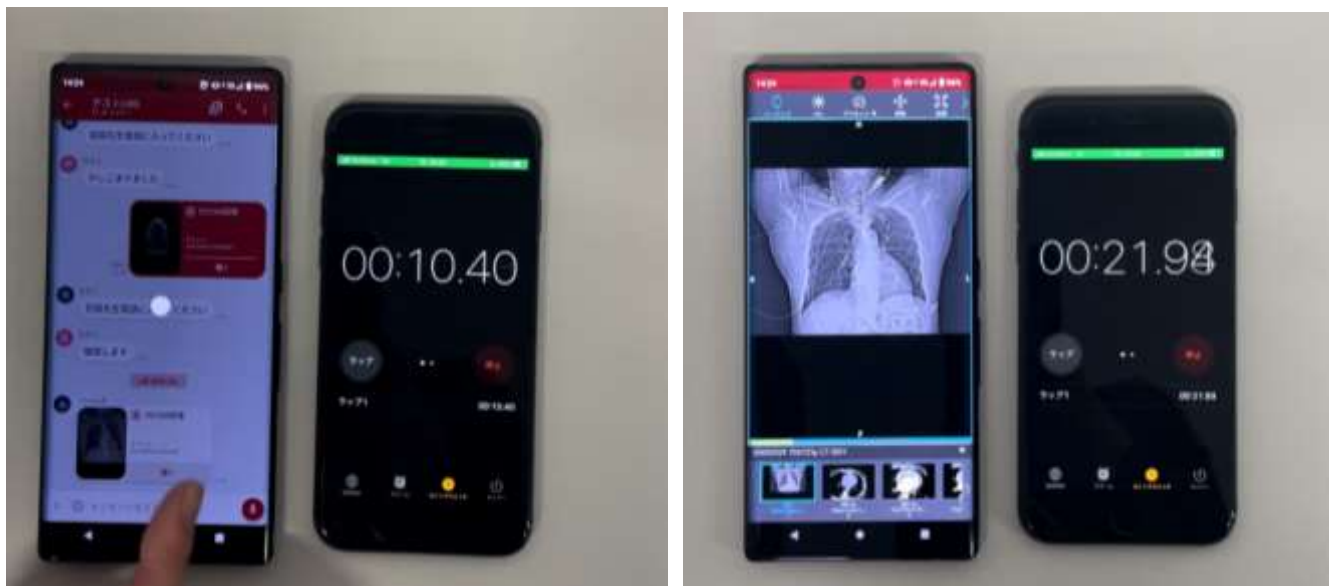


図 4. 3. 1-30 画像ロード時間の確認 (左 : ロード開始時刻 右 : ロード完了時刻)

- No. 5 : 5G エリアにおける代表 3 か所に置いての通信状況 (画質・遅延) の評価を行、表 4. 3. 1-23 にまとめた。(ローカル 5G スマートフォン JoinLiveview 映像)

結果として、代表 3 地点における遅延時間の差はみられなかった。

表 4. 3. 1-23 地点による通信状況

評価対象	測定項目		確認項目
地点①	海部病院 4K カメラ ⇒赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	980msec
地点②	海部病院 4K カメラ ⇒赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	988msec
地点③	海部病院 4K カメラ ⇒赤十字病院 5G 端末	フレームレート	30 fps
		遅延	1066msec

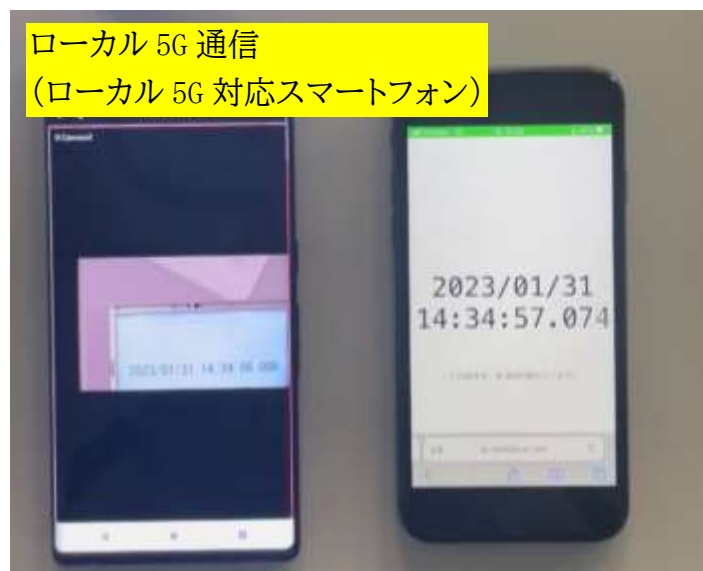
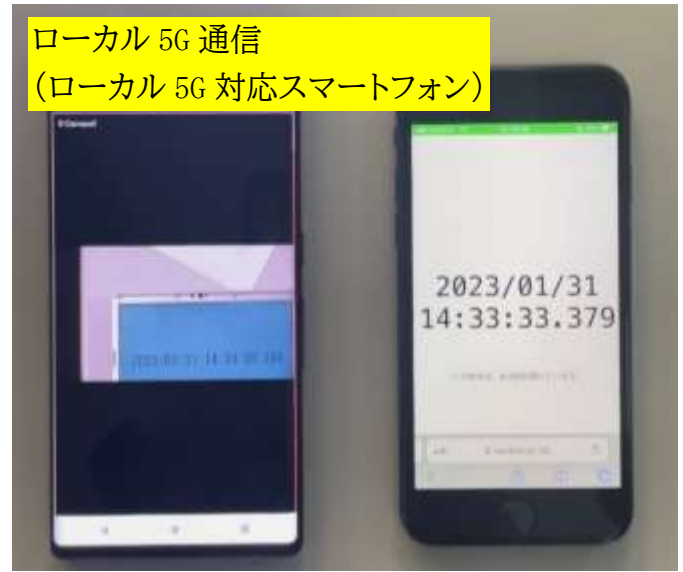
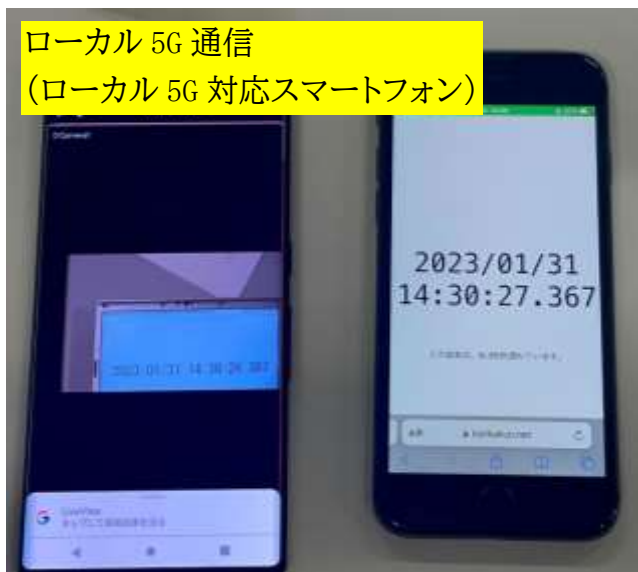


図 4.3.1-31 代表 3 か所における 4K カメラ映像の遅延確認
(左上：地点①、右上：地点②、下：地点③)

- 定性評価項目について、2022年12月27日 株式会社アルム社員3名により定性評価を行い、表4.3.1-24にまとめた。

表 4.3.1-24 定性評価結果

No.	評価・検証項目	アンケート項目	定性評価結果
1	接続チャンネル数 (生体情報モニタ、4K カメラ)による画質変化	患者映像を確認するために必要な 精細さ(解像度・品質)であるか。	大変そう思う
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	大変そう思う
2	Wi-Fiと比較した4K カメラの画質変化	患者映像を確認するために必要な 精細さ(解像度・品質)であるか。	5G 大変そう思う Wi-Fi と大きな違い無し
			Wi-Fi 5:大変そう思う 5G と大きな違い無し
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	5G 全く思わない
			Wi-Fi 全く思わない
3	医用画像の画質および ロード時間	CT等の医用画像から症状を確認 するために必要な解像度・濃淡があるか。	大変そう思う
		画像のロード時間に違和感はないか。	全く思わない
4	実証屋内の3地点 における、アプリケーションの 性能評価	患者映像を確認するために必要な 精細さ(解像度・品質)であるか。	大変そう思う 3地点での差異は感じられない
		患者映像の遅延時間に違和感はないか。	全く思わない
5	コミュニケーション 品質評価	映像/音声の遅延時間に違和感はないか。	あまりそう思わない 音声の遅延時間に違和感はないが、 コールがかかるまでの時間が 少し長く感じる
		音声の明瞭度は十分であるか。	大変そう思う
6	サービスに対する ユーザビリティ	操作は簡便か。	大変そう思う
		運用は効率的か。	大変そう思う



図 4.3.1-32 接続チャンネル数による画質変化

(左上：接続チャンネル数1 生体モニタ 右上：接続チャンネル数1 4Kカメラ

左下：接続チャンネル数2 生体モニタ 右上：接続チャンネル数2 4Kカメラ)



図 4.3.1-33 5G 及び Wi-Fi 接続時の 4K カメラ映像の画質変化



図 4.3.1-34 医用画像の画質（濃淡）

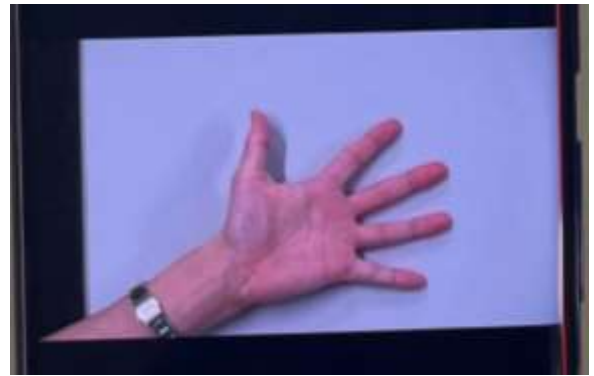




図 4.3.1-35 5G エリアにおける代表 3 か所に置いての画質変化
(左上：地点①、右上：地点②、下：地点③)

■ 考察

機能検証結果より、ローカル 5G 環境下において、医療従事者間コミュニケーションアプリ「Join」及び「Join Liveview」を用いた 4K カメラ映像及び生体情報モニタの伝送・共有が可能であることが示された。

現在、「Join」は院内 Wi-Fi やキャリア 4G 回線を用いて臨床運用されているが、本検証にてローカル 5G 環境下と Wi-Fi 環境下を比較し、通信状態、画質及び遅延時間に差は認められなかったことから、今後、ローカル 5G 環境下でも Wi-Fi 環境下と同品質で臨床運用が可能であることが示された。(定量検証結果 表 4.3.1-26 及び定性検証結果 画像 4.3.1-7) Wi-Fi を用いた通信は電波干渉によって通信が不安定になる場合や、同時接続台数に通信状況が左右される場合がある。ローカル 5G 回線は電波干渉がなく、専用端末でしか接続ができないため、医療専用回線としてローカル 5G 通信を用いることが可能となり、従って他の通信や同時接続台数に左右されず、安定した通信が可能となると考えられる。

4K カメラ映像の遅延時間は概ね 1sec 以下であることならびに、Join Liveview を用いた画質は滑らかかつ鮮明であることから、「Join」を用いた 4K 映像伝送は臨床に耐えうる機能であると考えられる。また、4K カメラ映像だけでなく、ローカル 5G 環境下にて医用画像の共有も可能であることが示されたことから、医用画像共有機能も同様に臨床に耐えうる機能だと考えられる。

「Join」アプリもローカル 5G 環境下にて安定して動作性を損なわないことが示されたことから(定量検証結果表 4.3.1-28 及び定性検証結果 No. 6, No. 7)、コミュニケーションツールとして有用だと考えられる。

なお、本検証では 4K カメラ 2 台及び生体モニタの 3 チャンネルで実証を実施した。接続数が 3 チャンネル以内であれば、接続チャンネル数による画質変化や遅延は認められないことが示されたが(定量検証結果 表 4.3.1-25 及び定性検証結果 画像 4.3.1-6)、4 チャンネル以上の接続に関して実証を行っていないため、今後の機能課題となる。

2) 運用検証

医療従事者間コミュニケーションアプリ「Join」は、実証フィールドである徳島県立海部病院および徳島赤十字病院にてすでに利用されているソリューションであり、本実証による 5G 対応によってパッケージのグレードアップにより即時利用が可能である。一方で、救急医療における遠隔 DtoD としての運用については両院での検討が必要であり、現状の運用を鑑みた運用フローチャートや運用体制の検討が必要となる。そこで、本実証の運用検証では、両院間での運用のフローチャートと体制について、両院の救急医療現場の医師への聞き取り調査を行い整理した。

a. 検証項目

表 4.3.1-25 評価・検証項目

No.	評価・検証項目	対象
1	2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用フロー	2次救急医師 3次救急医師
2	2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用体制	2次救急医師 3次救急医師
3	2次救急病院に設置する4Kカメラの性能要件および設置位置に関する要件	2次救急医師 3次救急医師
4	医療現場におけるスマートフォン活用促進への貢献	2次救急医師 3次救急医師

b. 検証方法

表 4.3.1-26 評価・検証方法

No.	評価・検証項目	評価・検証方法
1	2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用フロー	<p>下記について2次救急医師および3次救急医師へのヒアリングにより具体的な運用方法を調査する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本システムを利用する前提条件 ・医療画像のクラウドへのアップロードのタイミング ・搬送後の患者映像の伝送タイミング ・転院搬送の判断に関するコミュニケーション方法
2	2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用体制	<p>下記について2次救急医師および3次救急医師へのヒアリングにより具体的な運用体制を調査する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本システムが利用可能な体制面の前提条件 ・2次救急および3次救急のシステム操作者 ・3次救急における専門医支援体制（対応困難な場合の運用を含む）
3	2次救急病院に設置する4Kカメラの性能要件および設置位置に関する要件	<p>下記について2次救急医師および3次救急医師へのヒアリングにより4Kカメラに関する具体的な要件を調査する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理想的なカメラ台数 ・理想的なカメラの配置（画角、患者との距離、ヘッドマウントの可否） ・ズーム機能の可否
4	医療現場におけるスマートフォン活用促進への示唆	<p>下記について2次救急医師および3次救急医師へのヒアリングによりスマートフォンの利活用に向けた具体的な利点や課題点を調査する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・医師が携帯する端末数が増えることへの懸念 ・スマートフォン画面での視認性 ・スマートフォンにより操作を行うことの利点と課題点

c. 検証結果及び考察

表 4.3.1-26 アンケート結果を図 4.3.1-36～に記載した。また、考察では現状の救急医療における運用フローと本実証から得られたスキル要件や人員数を整理することによって理想的な運用体制を検討した。なお、アンケートは 2023 年 2 月 1 日、徳島赤十字病院及び徳島県立海部病院にて各々医療従事者 10 名に実施した。回答者の属性を下記に記載する。(図 4.3.1-36～図 4.3.1-39)

■ 回答者の属性：徳島赤十字病院（3次救急病院）

図 4.3.1-36 職種

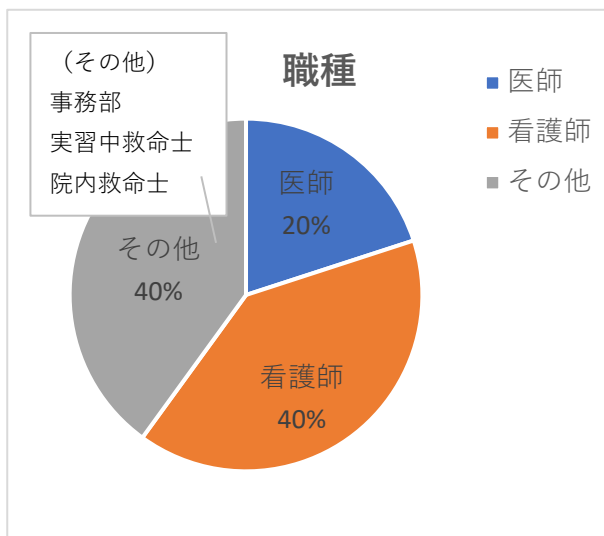


図 4.3.1-37 専門

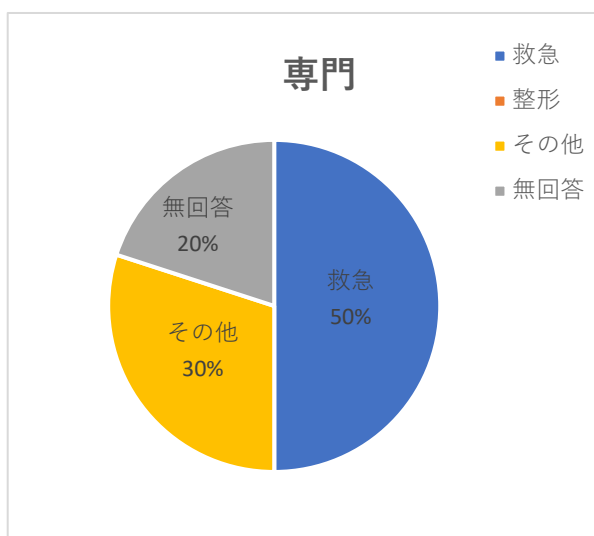


図 4.3.1-38 勤務形態

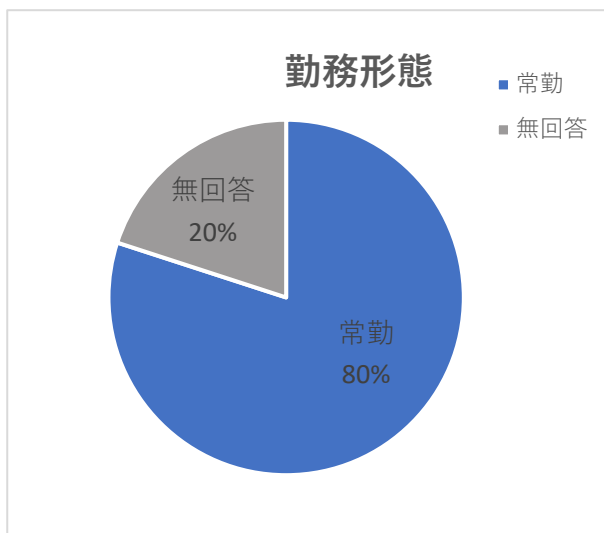
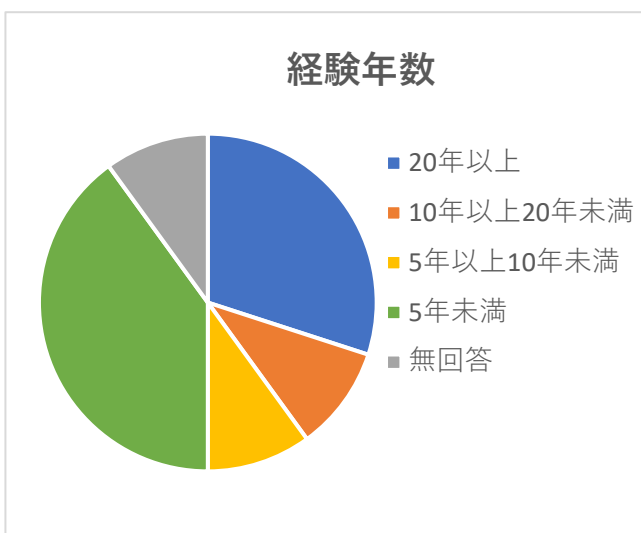


図 4.3.1-39 経験年数



徳島県立海部病院（2次救急病院）

図 4.3.1-40 職種

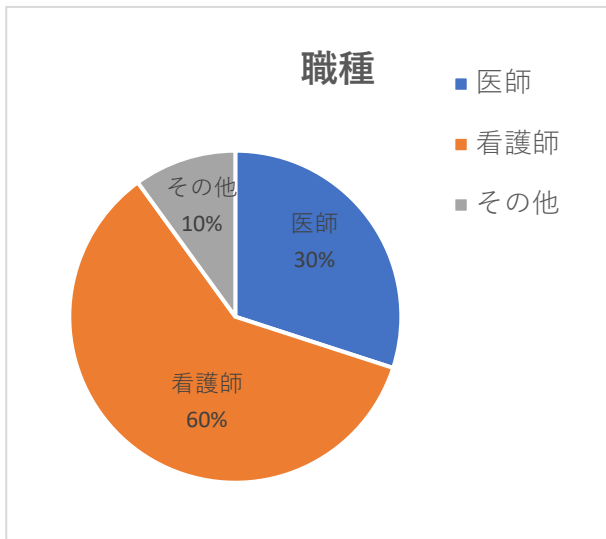


図 4.3.1-41 専門

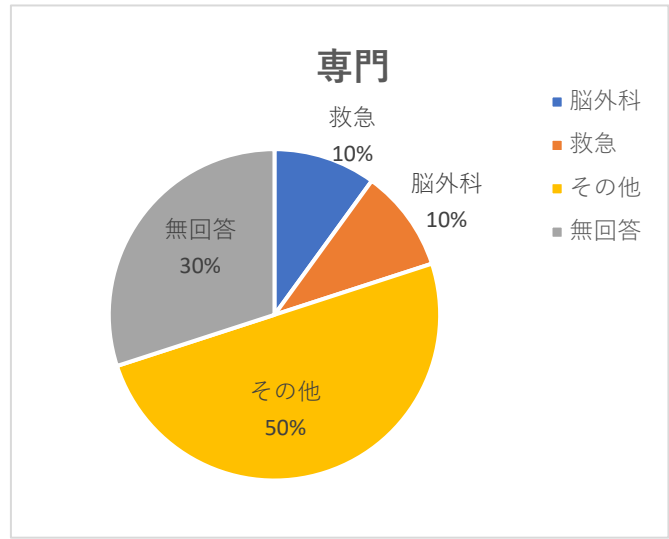


図 4.3.1-42 勤務形態

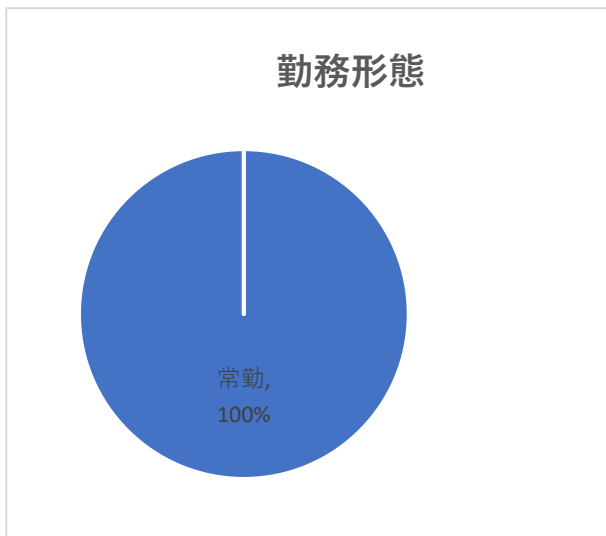
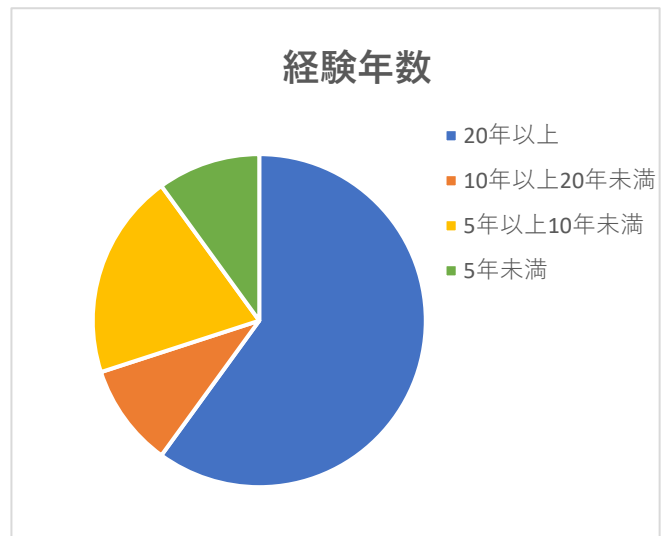


図 4.3.1-43 経験年数



■No.1 2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用フローについてのアンケート結果を下記図 4.3.1-44～図 4.3.1-46 にまとめた。アンケートは複数回答可とした。

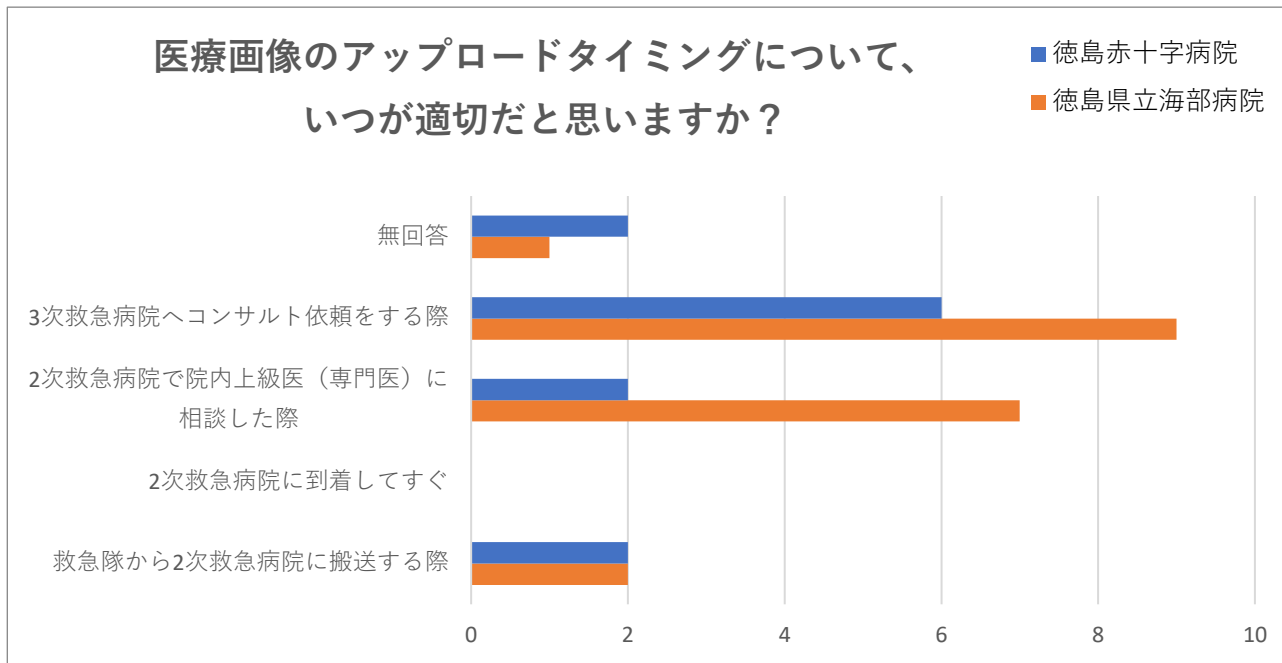


図 4.3.1-44 運用フローアンケート①

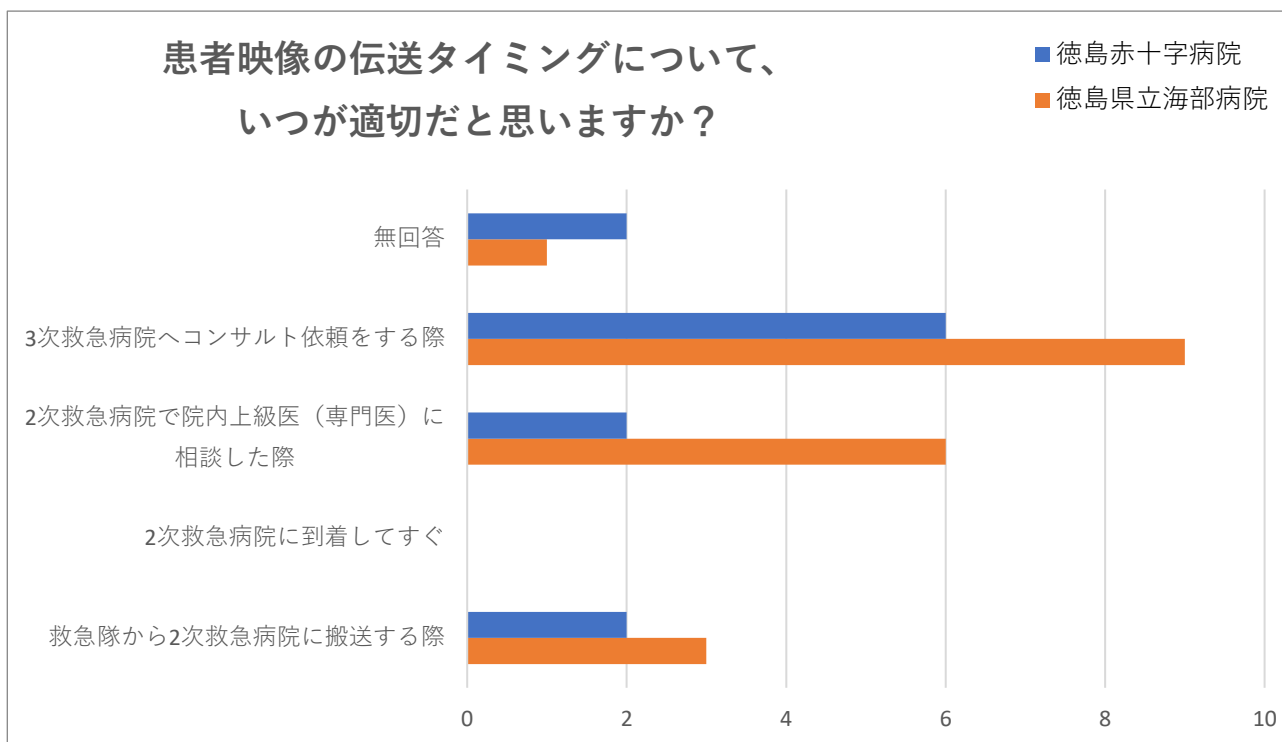


図 4.3.1-45 運用フローアンケート②

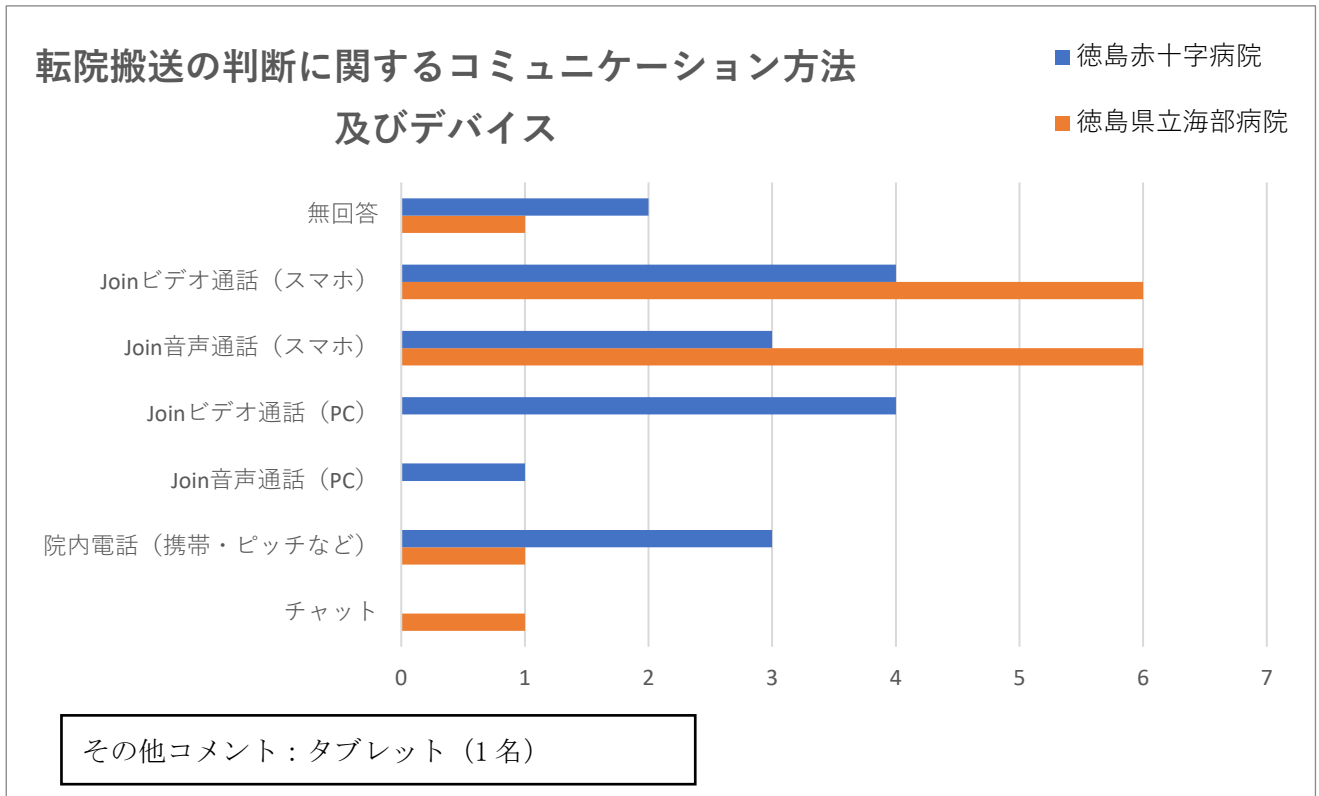


図 4.3.1-46 運用フローアンケート③

■No.2 2次救急病院での救急患者の搬送受入から、3次救急病院へのコンサルテーションまでの運用体制についてのアンケート結果を下記図 4.3.1-47、図 4.3.1-48 にまとめた。アンケートは複数回答可とした。

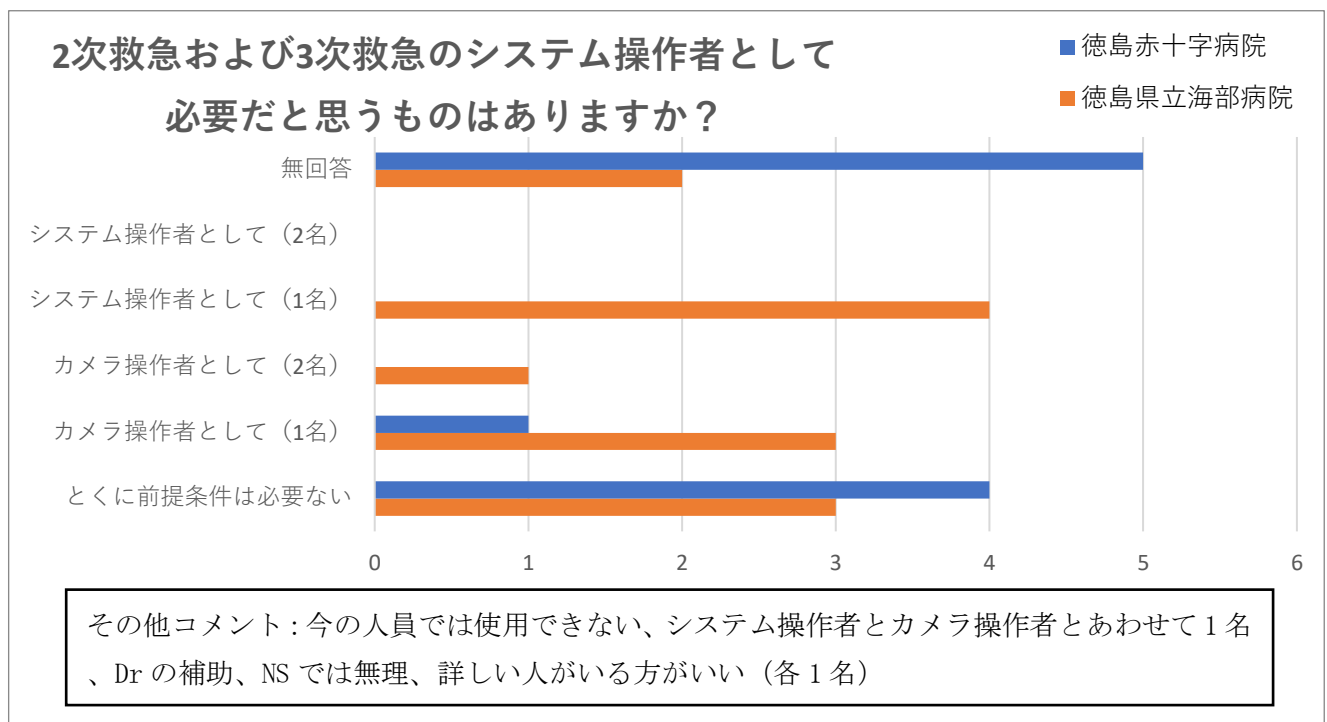


図 4.3.1-47 運用フローアンケート④

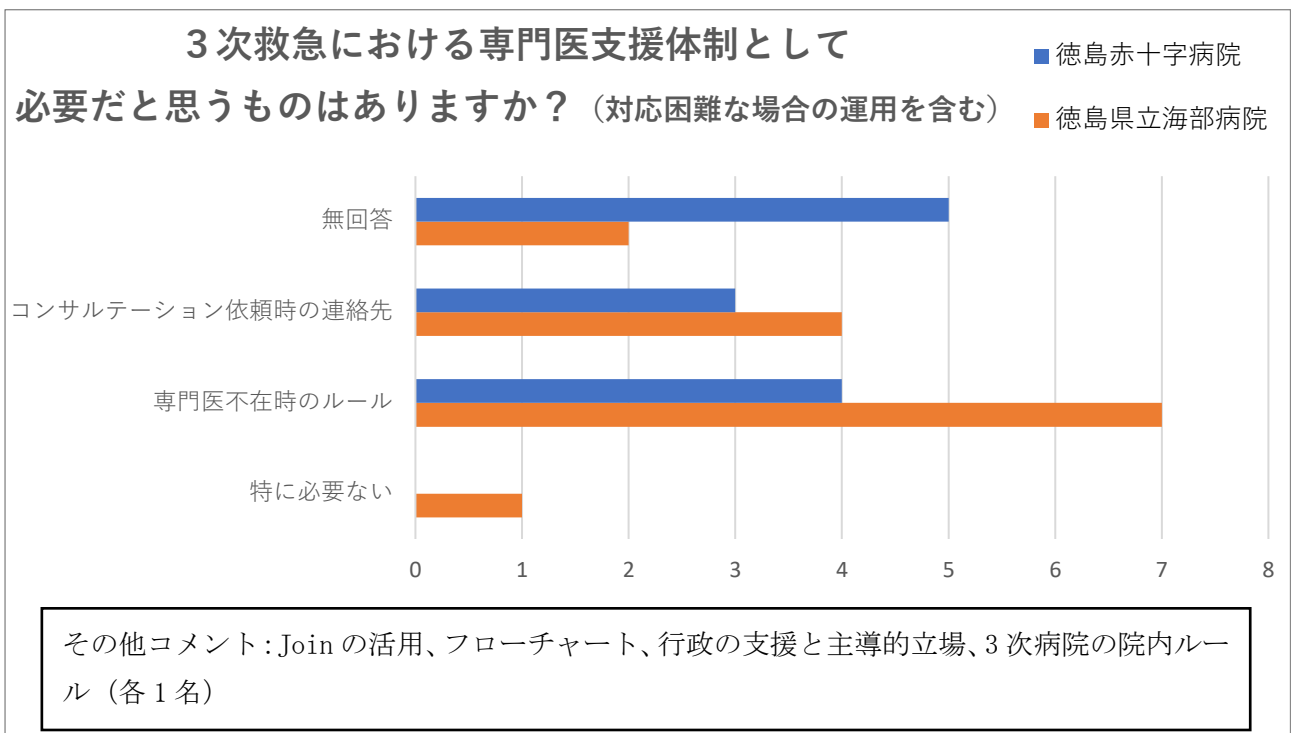


図 4.3.1-48 運用フローアンケート⑤

■No.3 2次救急病院に設置する4Kカメラの性能要件および設置位置に関する要件についてのアンケート結果を下記図4.3.1-49、図4.3.1-50にまとめた。アンケートは複数回答可とした。

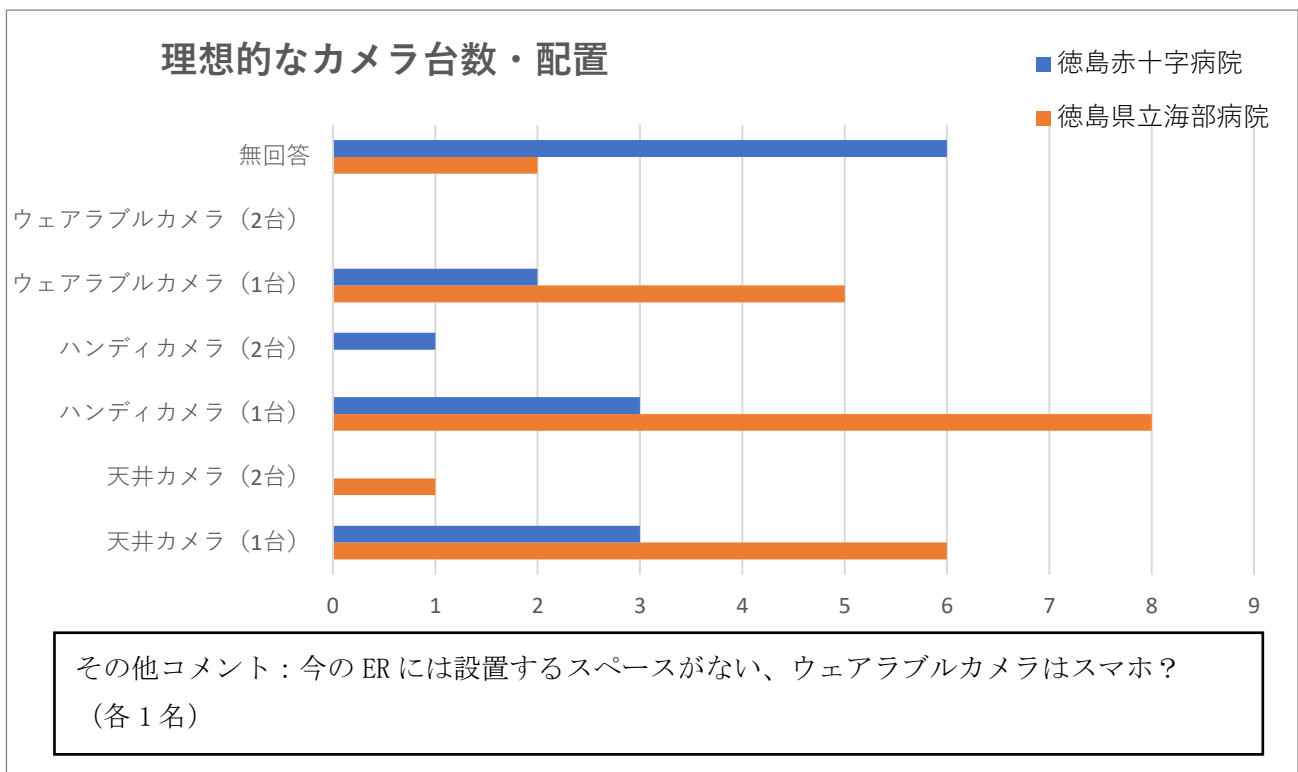


図 4.3.1-49 運用フローアンケート⑥

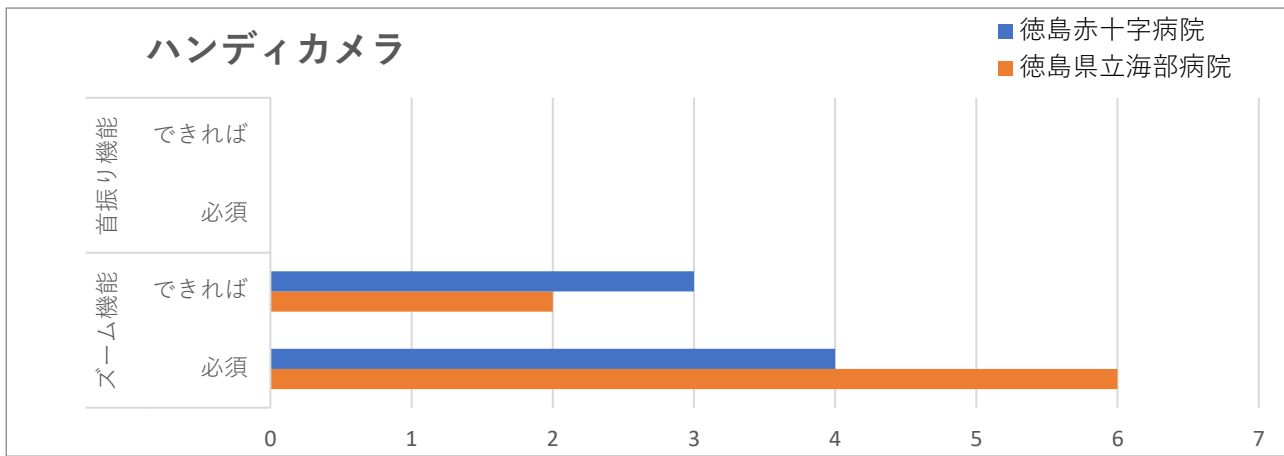
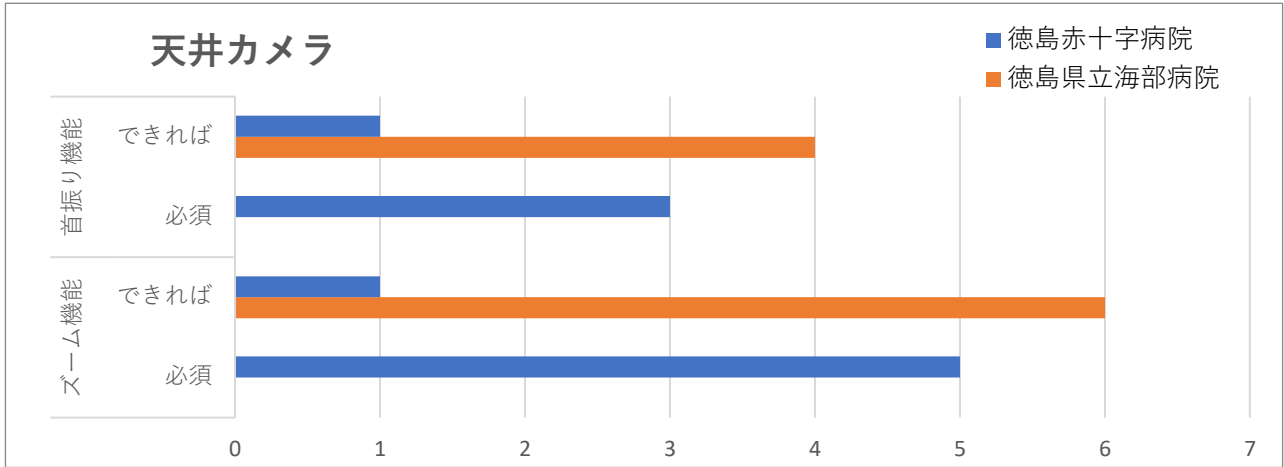
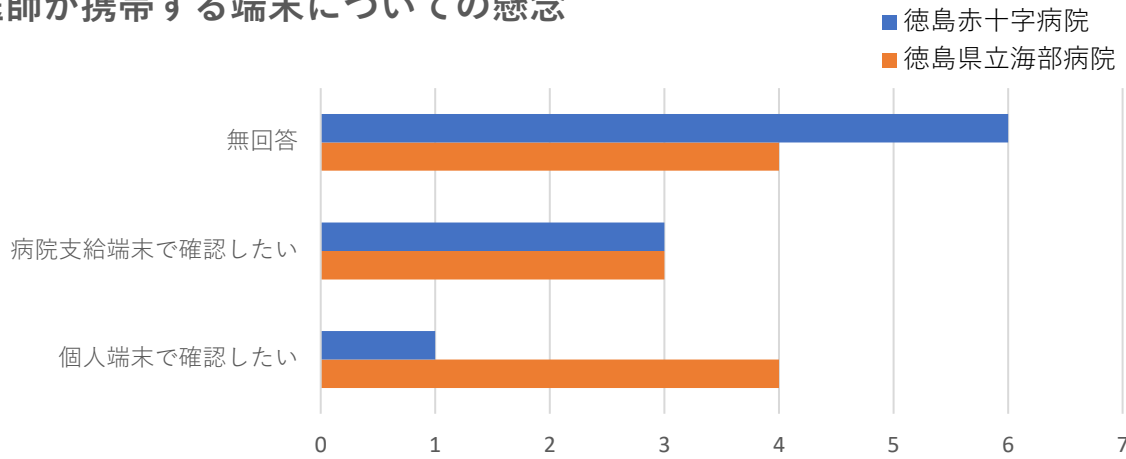


図 4.3.1-50 運用フローアンケート⑦

■No.4 医療現場におけるスマートフォン活用促進への示唆についてのアンケート結果を下記図4.3.1-51～図4.3.1-54にまとめた。アンケートは複数回答可とした。

医師が携帯する端末についての懸念



病院支給端末希望の理由：

情報漏洩リスク懸念（3名）、通信料が心配（2名）、非番時に連絡が来るのが嫌（2名）、職種に関係なく活用出来る（1名）

個人端末希望の理由：

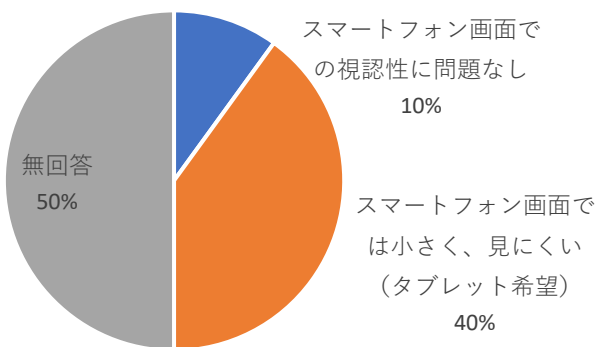
持ち運びが簡単（3名）、常に携帯しているのでいつでも確認可能（3名）

図 4.3.1-51 運用フローアンケート⑧

スマートフォン画面での視認性

- スマートフォン画面での視認性に問題なし
- スマートフォン画面では小さく、見にくい（タブレット希望）
- 無回答

徳島赤十字病院



徳島県立海部病院

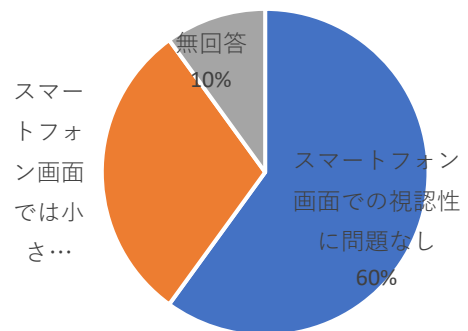


図 4.3.1-52 運用フローアンケート⑨

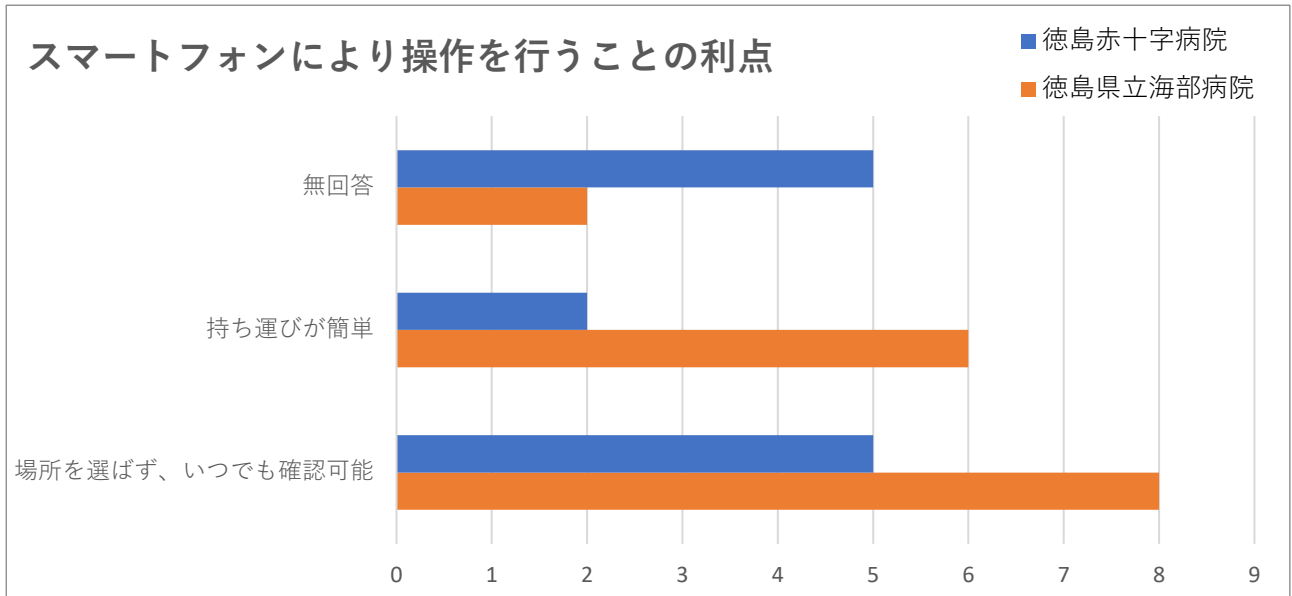


図 4.3.1-53 運用フローアンケート⑩

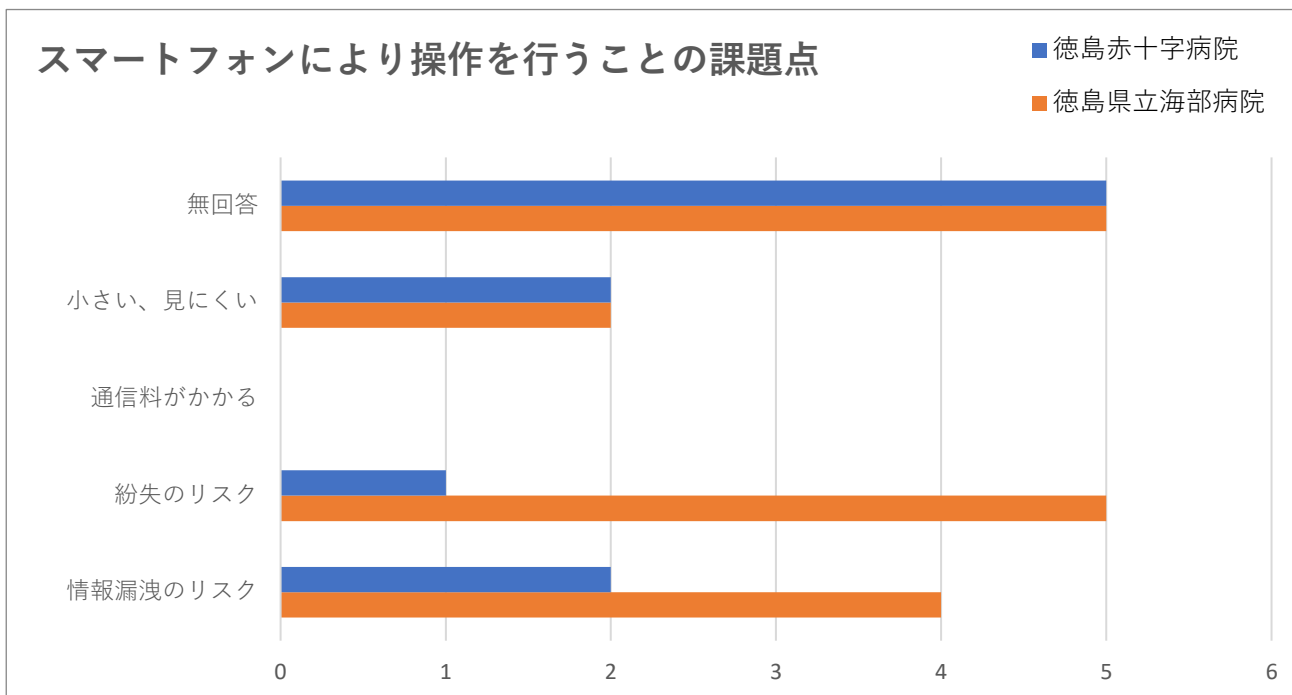


図 4.3.1-54 運用フローアンケート⑪

■ 考察

現状フロー（図 4.3.1-55）と得られた回答結果を基にソリューション導入後に想定されるフロー（図 4.3.1-56）を作成し、比較した。

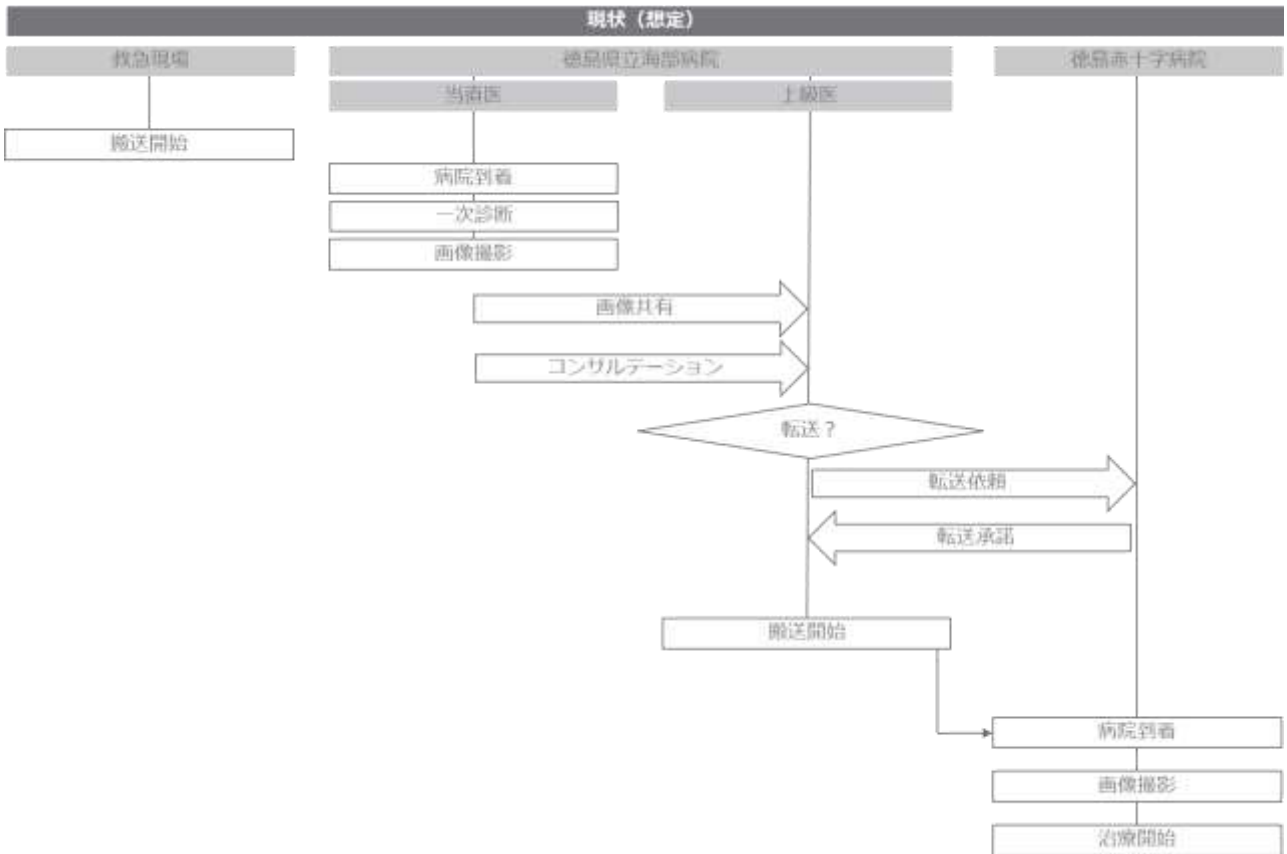


図 4.3.1-55 現状フロー

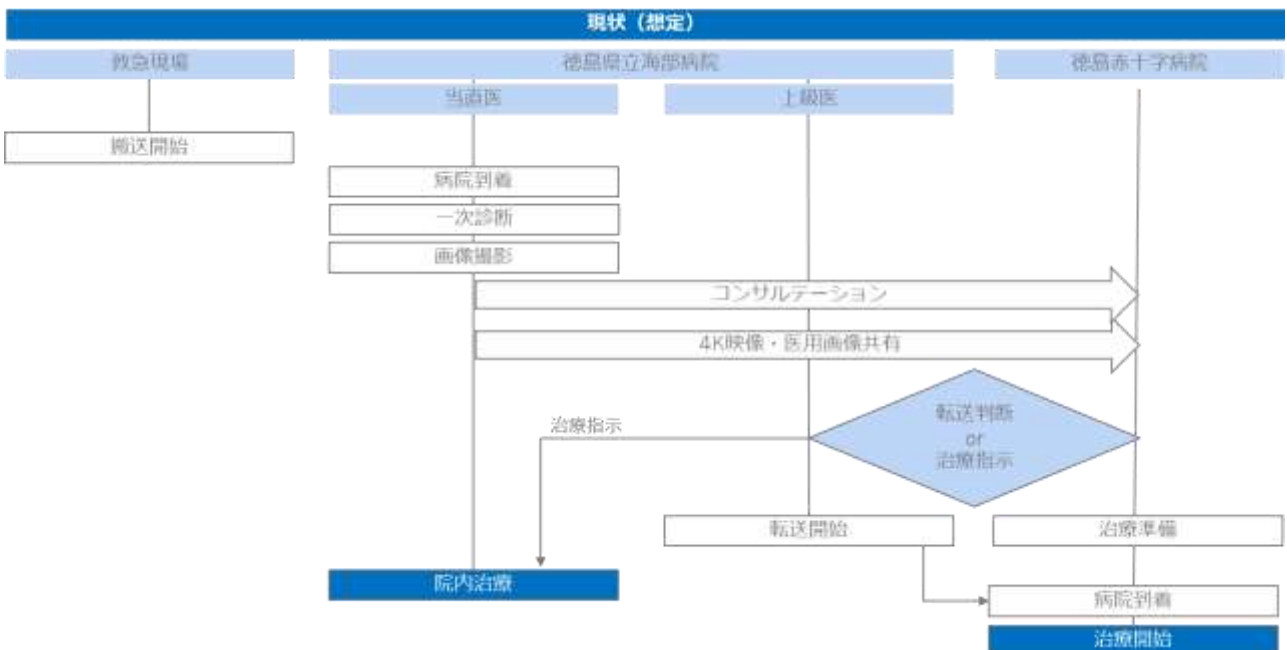


図 4.3.1-56 ソリューション導入後に想定される運用フロー

現状フローでは転送依頼し、病院到着後、3次救急病院にて再度画像撮影をしてから治療開始となる。4K映像・医用画像共有ソリューションが導入後は、当直医が3次救急病院への搬送を迷い、コンサルトを依頼する際に4K映像・医用画像共有が可能となる。音声コミュニケーションの他に4K映像や医用画像といった視覚的情報が加わることによって、転送判断や治療指示を速やかにかつ適切に実施可能であると考えられる。4K映像や医用画像を基に搬送不要だと判断された患者に関しては2次救急病院にて早期に治療開始が可能となる。搬送が必要だと考えられる患者に関しては、搬送中に3次救急病院にてオペ室やスタッフの準備ができ、患者病院到着後すぐに治療開始可能である。

3次救急病院へコンサルト依頼をする際、もしくは院内の上級医に相談した際に4K映像及び医用画像の共有をすることが望ましいことがアンケートより示された。院内・院外問わず、相談時に視覚的情報を用いることで、より正確な情報を伝えることができ、医療従事者の安心感向上につながるためだと考えられる。システム利用方法に関しては、スマートフォンもしくはPCを用いたビデオ通話が望ましく、モニタ等に通話している先生の顔が見えた状態でコミュニケーションをとることが理想的である。

運用体制については2次救急病院側において、システム操作者やカメラ操作者が複数名必要との意見が多く、治療対応する医師の他にスタッフが複数名いる時間帯に実施する必要があることが明らかとなった。コンサルトの必要性が高まる夜間休日の診療体制では医師数が十分に確保できない場合が多いため、少数人で操作ができるようシステムの簡素化が今後の課題となる。また、医師だけでなく、看護師や放射線技師などの院内スタッフにも操作方法をレクチャーしておく必要があると考えられる。また、3次救急病院側の支援体制を定める必要があり、円滑な運用のためにフローチャートなどを両病院で合意しておく必要があると考えられる。

設置カメラについては、本実証では4Kカメラ2台（天井カメラ、ハンディカメラ）を用いたが、台数や距離は適切だったと考えられる。ただし、4Kカメラの設置場所がない等の意見もあったので、天井据え付けカメラやウェアラブルカメラの活用など、病院によってフレキシブルにカスタマイズしていく必要がある。

医療現場でのスマートフォン活用促進については、利点と課題があり、3次救急病院側での映像確認についてはPCやモニタなど大画面で確認し、自宅や外出先などの緊急対応時にはスマートフォンで確認するなど、場面に合わせて使用デバイスを変えることが重要であると考えられる。

運用全体における前提条件としては、「Join」への理解はもちろんのこと、3次救急病院と2次救急病院の信用及び関係性であると考えられる。システム導入や参画医療機関の合意取得を各病院単独で実施することは難しく、行政の支援によって成り立つものであると考えられる。例えば、県が主導的立場となって県内の3次救急病院及び2次救急病院への呼びかけ、県としてシステムの導入意義を説明したうえで参画医療機関の合意取得、導入への金銭的補助、運用フローチャートの作成支援を実施すれば、より実用的なシステムとして活用されると考える。

3) 効果検証

救急患者や専門的な治療の判断が必要な患者の受入時などに、従来では電話による口頭伝達を中心に病院間連携を行ってきたが、本実証ではローカル 5G の通信下において、4K 映像などの高精細映像や生体モニタ等の映像の伝送を行う。これにより、従来の口頭伝達による非専門医による転院搬送の判断についての迷いの解消や、搬送先での検査の重複の回避、搬送後の処置開始までの準備業務の効率化といった効果が見込まれる。従来の口頭伝達と比較し、診断・治療に関する理解度や有用性を中心に評価を行った。

a. 検証項目

表 4.3.1-27 ソリューション導入による効果の評価・検証項目

No.	評価・検証項目	定量／定性	定性評価者
1	搬送先病院の映像・バイタル・音声から、遠隔での処置支援のためのコンサルテーションに必要な情報取得が可能か。	定量・定性	3次救急医師
2	搬送先病院の映像・バイタル・音声から、転院搬送の是非判断が可能か。	定性	3次救急医師
3	従来の電話等による方法と比較して、より正確なコミュニケーションが可能か。	定性	2次救急医師 3次救急医師
4	転院搬送病院での再検査などの対応の減少につながるか	定性	3次救急医師
5	転院搬送後の処置のための準備業務の一部が省略または簡略化されうるか。	定性	3次救急医師
6	実装に向けた運用面の課題は何か	定性	2次救急医師 3次救急医師
7	本システム導入による、派生的効果はあるか。	定性	2次救急医師 3次救急医師

b. 検証方法

<定量効果>

脳卒中・高エネルギー外傷の救急患者で、各専門医による判断や処置が求められるケースを想定する。なお、被験者はコンソーシアム内から模擬患者として準備し、専門医の立場から、映像やバイタル等の判断や処置に必要な情報が正確かつ迅速に伝達されるかについて評価を得た。音声は「Join」の基本機能であるビデオ通話機能を用いて徳島赤十字病院及び徳島県立海部病院を繋いだ。なお、本実証では医療行為に該当する行為は行わなかった。

<定性効果>

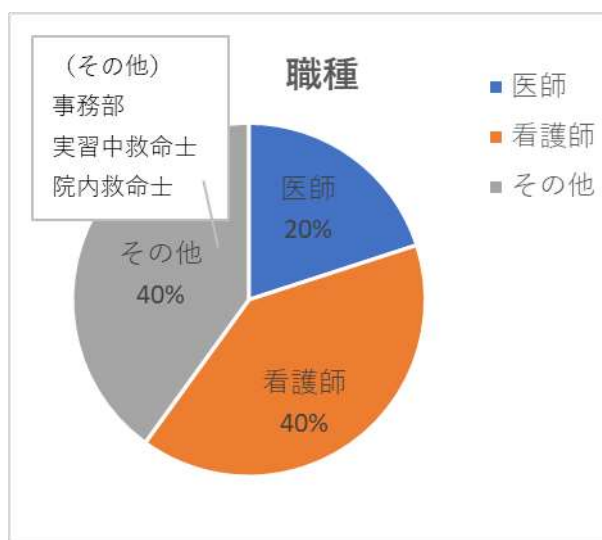
5段階評価のアンケート結果および具体的意見を集計し、ソリューション導入によって期待される効果の程度を明らかにした。また、当初想定していなかった効果の有無についても明らかにした。

表 4.3.1-28 ソリューション導入による効果の評価・検証方法

No.	評価・検証項目	定量評価	定性評価
1	搬送先病院の映像・バイタル・音声から、遠隔での処置支援のためのコンサルテーションに必要となる情報取得が可能か。	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)	具体的コメントを収集
2	搬送先病院の映像・バイタル・音声から、転院搬送の是非判断が可能か。	同上	同上
3	従来の電話等による方法と比較して、より正確なコミュニケーションが可能か。	同上	同上
4	転院搬送病院での再検査などの対応の減少につながるか。	同上	同上
5	転院搬送後の処置のための準備業務の一部が省略または簡略化されるか。	同上	同上
6	実装に向けた運用面の課題は何か	—	同上
7	本システム導入による、派生的効果はあるか。	—	同上

c. 検証結果及び考察

検証項目 No1 の定量評価については、3次救急の各専門医にて、処置や転院搬送の判断に必要と考えられる映像やデータの取得可否を評価した。十分に判断が可能である場合は“○”、十分ではないが判断は可能と思われる場合は“△”、判断が不可能である場合は“×”と評価する（表 4.3.1-28）。当初のアウトプットイメージと異なり、円グラフにて集計したのは、アンケートを回答いただいた医療従事者の人数が多く、表では結果が読み取りづらいと判断したためである。また、No.1～7の定性評価（5段階評価およびコメント）については、表 4.3.1-29のように集計を行った。なお、アンケートは2023年2月1日、徳島赤十字病院及び徳島県立海部病院にて各々医療従事者10名に実施した。回答者の属性は先述の運用検証と同様である。（図 4.3.1-9～図 4.3.1-15）。



■No.1（定量評価）：4Kカメラ映像、生体モニタ、医用画像について遠隔での処置支援のためのコンサルテーションを実施する際の判断材料として十分であるか否かについて下記図 4.3.1-57 から図 4.3.1-64 にまとめた。（アンケート対象：3次救急病院 医療従事者）

結果として、高エネルギー外傷及び脳卒中のいずれも、4Kカメラ映像、生体モニタ、医用画像の全てにおいて、処置支援及びコンサルテーションにおける判断は可能、十分ではないが判断が可能な回答であり、判断が不可であったとの回答はなかった。

<高エネルギー外傷 症例について>

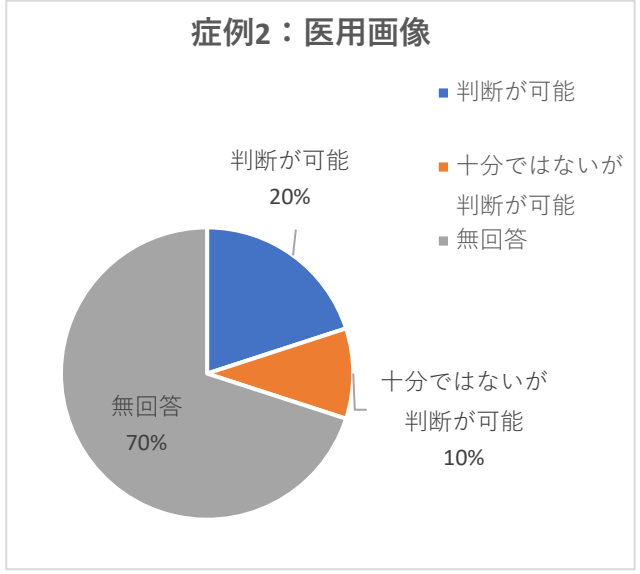
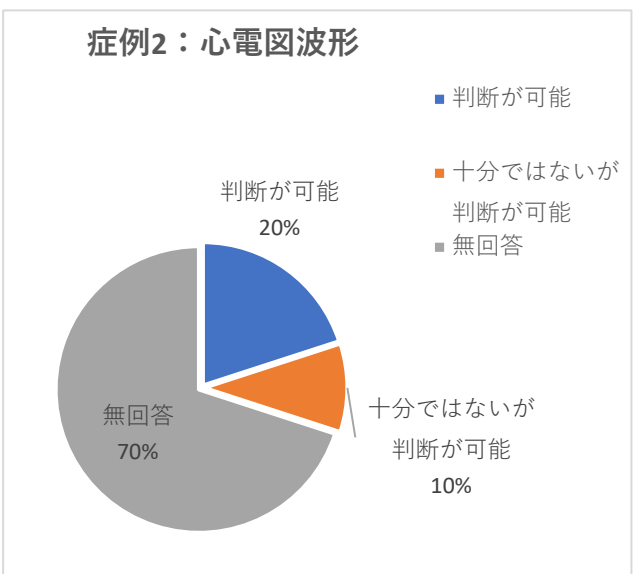
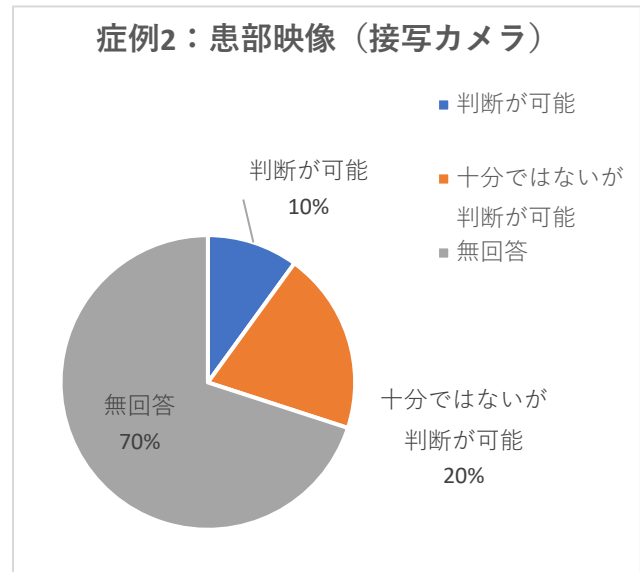
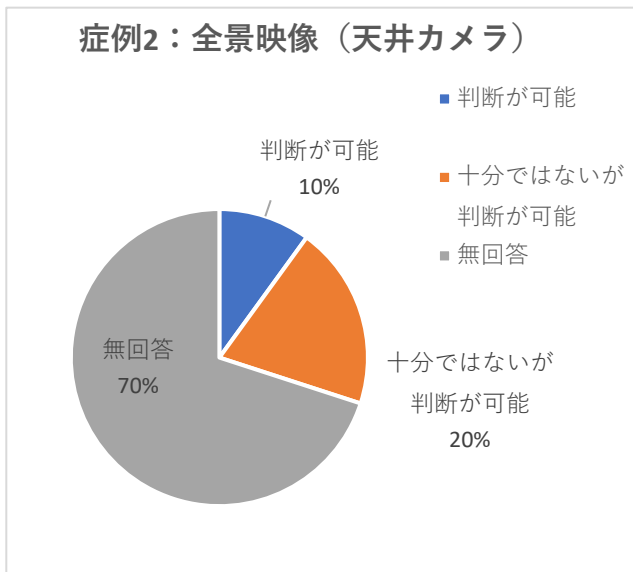


図 4. 3. 1-57 天井カメラの判断可否

図 4. 3. 1-58 接写カメラの判断可否

図 4. 3. 1-59 心電図波形の判断可否

図 4. 3. 1-60 医用画像の判断可否

<脳卒中 症例について>

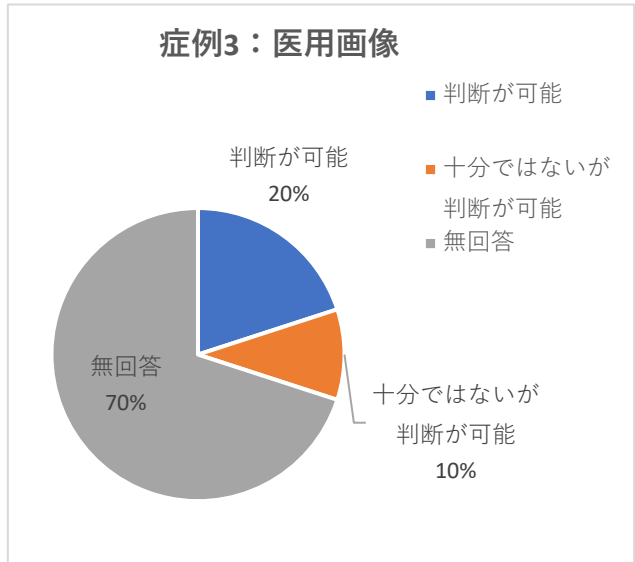
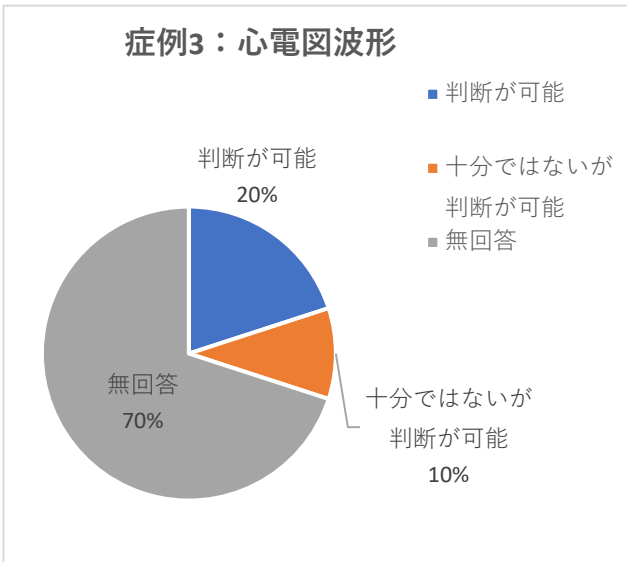
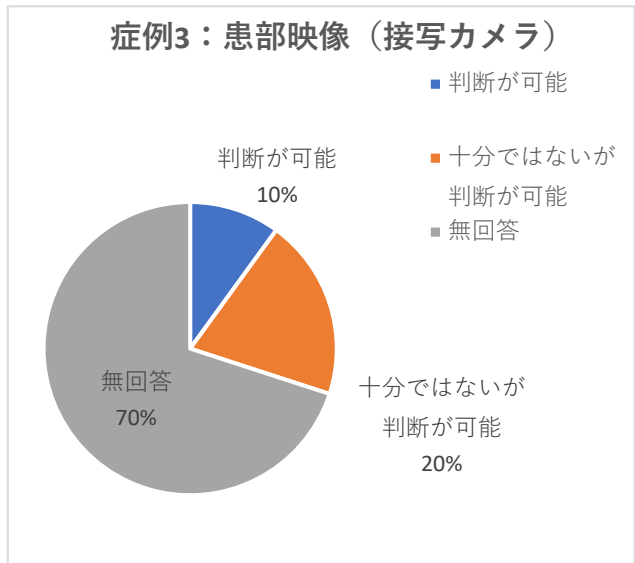
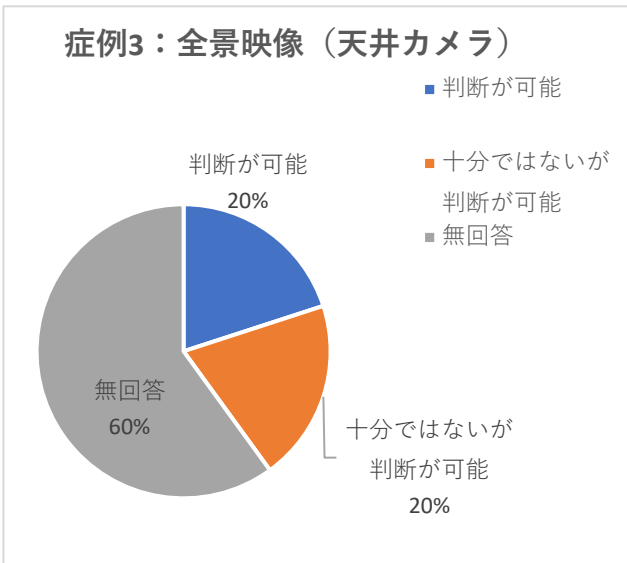


図 4. 3. 1-61 天井カメラの判断可否

図 4. 3. 1-62 接写カメラの判断可否

図 4. 3. 1-63 心電図波形の判断可否

図 4. 3. 1-64 医用画像の判断可否

■No. 1～No. 7 (定性評価) : 各アンケート結果から得られた回答を下記図 4. 3. 1-65～図 4. 3. 1-69 及びコメントを下記表 4. 3. 1-29 にまとめた。

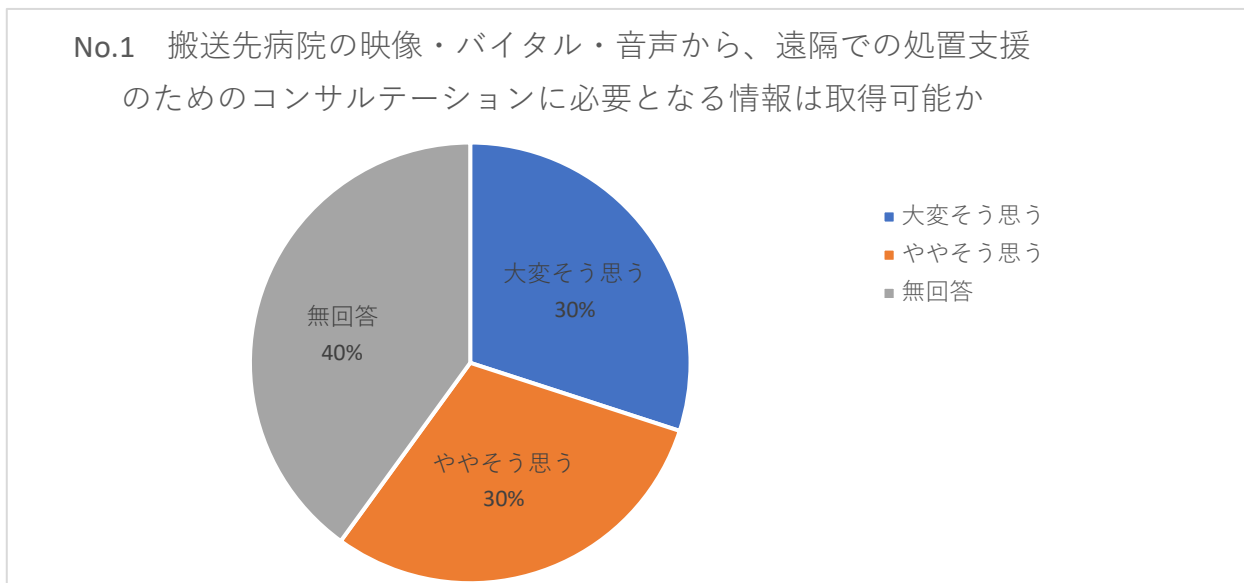


図 4. 3. 1-65 遠隔コンサルテーションに必要な情報の取得可否 (アンケート対象 : 3 次救急病院)

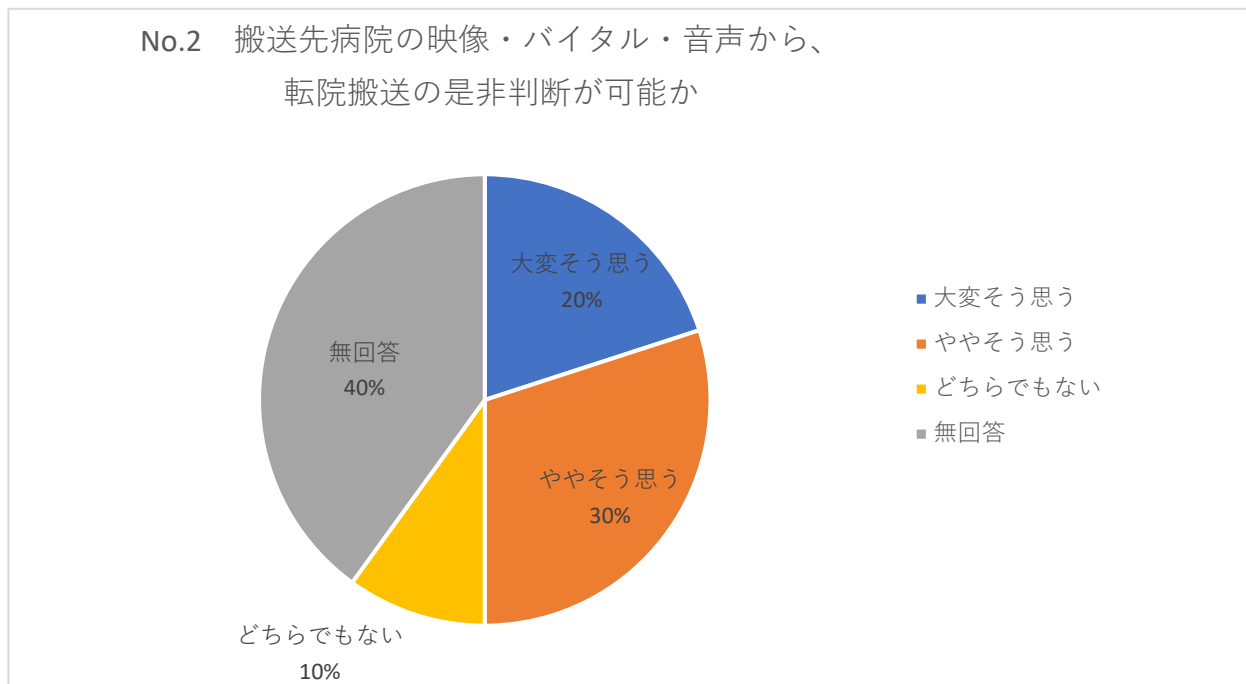


図 4. 3. 1-66 遠隔コンサルテーションに必要な情報の取得可否 (アンケート対象 : 3 次救急病院)

No.3 従来の電話等による方法と比較して、より正確なコミュニケーションが可能か

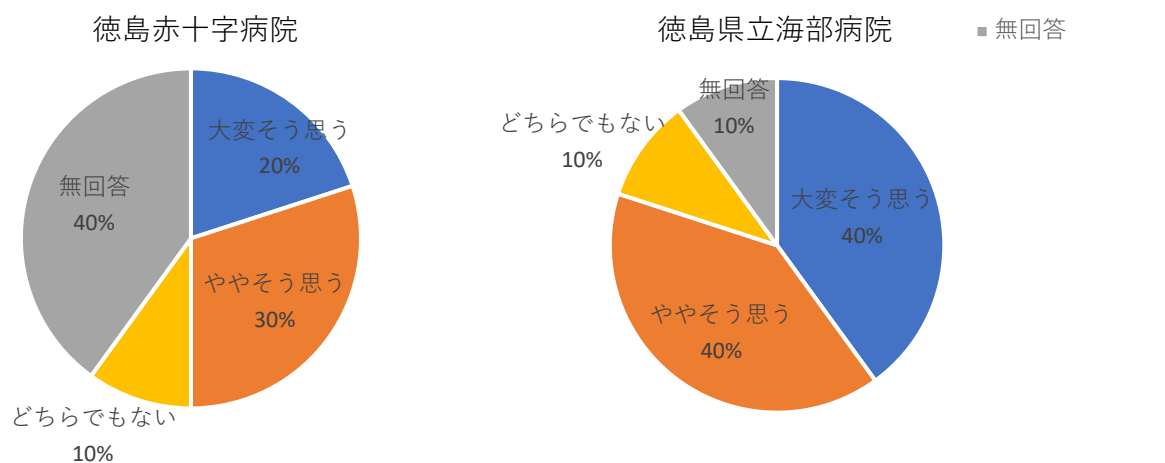


図 4. 3. 1-67 従来のコミュニケーション方法との比較（アンケート対象：3次救急病院及び2次救急病院）

No.4 転院搬送病院での再検査などの対応の減少につながるか

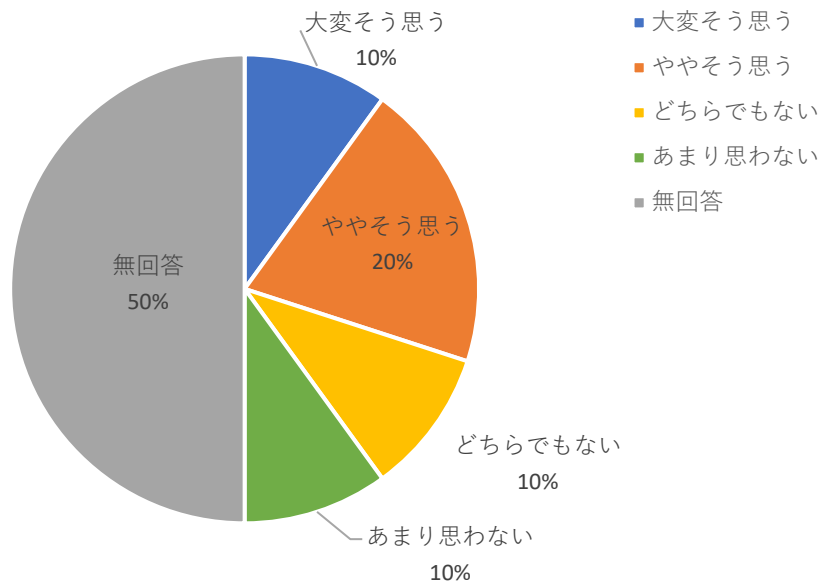


図 4. 3. 1-68 搬送先病院での影響①（アンケート対象：3次救急病院）

No.5 転院搬送後の処置のための準備業務の一部が省略または簡略化されるか

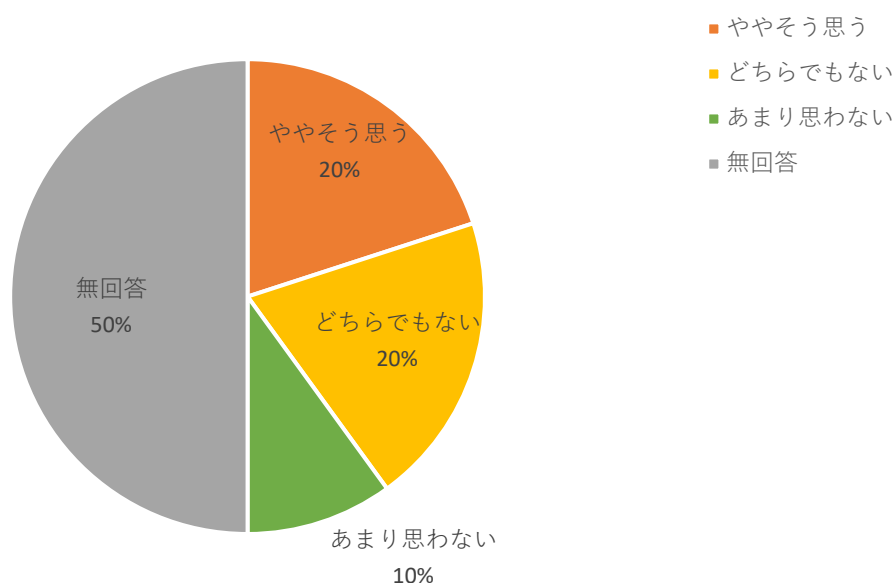


図 4. 3. 1-69 搬送先病院での影響② (アンケート対象：3次救急病院)

表 4. 3. 1-29 定性評価 (コメント) の集計

No. 6 実装に向けた運用面の課題は何か	3次救急病院回答	<ul style="list-style-type: none"> ・画像をどう共有するか ・モニタをどこに置くか ・他の画像の共有方法など ・3次救急側のメリットが少ない
	2次救急病院回答	<ul style="list-style-type: none"> ・ビデオ通話がよかったです ・誰でも使えるように ・声が聞き取りにくい ・人員不足、スペースがない ・行政の協力
No. 7 本システムの導入による、派生的効果はあるか	3次救急病院回答	<ul style="list-style-type: none"> ・コンサルタントしやすくなる ・夜間はうちも若手 ・治療して比較のために結局当院でも検査は必要なのでは？ ・システムのおかげで正しい転院搬送の判断ができたり初療ができたりということはほとんどないと思う。結局これまでと同様に action がとられることに変わらない
	2次救急病院回答	<ul style="list-style-type: none"> ・医療者の安心に繋がる ・安心感があると思います

■考察

効果検証結果より、4Kカメラ映像、生体モニタ、医用画像は搬送先病院にてコンサルテーションに必要となる情報として十分であったことが示された。(定量検証結果 図 4.3.1-16～図 4.3.1-23) 各アンケートで無回答が多い理由としては、実証の見学者によって回答されたものが多く、判断不可だったことか原因だと考える。

従来 of 電話を用いた音声コミュニケーションだけでなく、映像・画像を用いた視覚的な情報が加わることによって、より現場の状況や患者容態を伝えることができ、適切な治療支援のためのコンサルテーションシステムとして効果的であると考えられる。(定性検証結果 図 4.3.1-26)

2次救急病院では事前に3次救急病院からコンサルテーションや治療指示を受けることが可能となり、医療従事者の心理的負担軽減効果があると考えられる。(定性検証結果 表 4.3.1-29 No.7) また、いつでも、速やかに専門医からのアドバイスを受けることができる体制づくりによって、より心理的負担軽減につながると考えられる。3次救急病院ではアンケート結果より、約半数(無回答を除く)から搬送先病院での対応減少、業務一部簡略化が可能との回答が得られたことから(定性検証結果 図 4.3.1-27、図 4.3.1-28)、適切に状況や患者容態を伝えることができれば、搬送先病院の業務負担軽減に繋がると考えられる。また、遠隔で治療指示や搬送是非を判断することによって、不要な2次搬送を防ぎ、病院の機能分化及び働き方改革への貢献、空き病床の確保に繋がると考えられる。

ただし、3次救急病院側の業務負担軽減効果は一部あるものの、メリット比としては2次救急病院側が大きいため、3次救急病院側に効果実感してもらえよう、適切な状況伝達手段の検討を重ねることが今後の課題である。

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

(1)～(3)の各モデルのいずれにおいても、医療従事者の視点で 4K 映像およびバイタル情報の伝送が有効であることが示された。また、遠隔から高精細映像等が伝送できることで、救急搬送中のメディカルコントロールの質向上、2 次救急における適切な処置と転院搬送判断につながり、結果として、救急医療体制の逼迫を軽減するとともに、救命率の向上に貢献する可能性があることが示唆された。

本事業の実証目標に対する成果と課題を以下にまとめる。

① 身体所見情報について

救急車や 2 次救急病院から伝送される 4K 映像が 3 次救急病院において、受け入れ態勢の構築や受け入れ可否を判断するに足る解像度や精細さを有する情報となっているかどうか。

[成果]

- 4K 映像の伝送によって、搬送先病院で事前に重症軽症の把握が可能となること、気管挿管等の特定医療行為の精度向上、事前の症状把握による専門医の迅速な配置によって、処置準備の効率化に貢献することが示唆された。(課題実証②-1, ②-2)

[課題]

- 複数台のカメラ映像を搬送先病院側で切り替えるといった操作性や、複数台の救急車が同時搬送されるケースでの運用方法については今後改善や検討が必要である。(課題実証②-1)
- ナースステーション等の映像受信側でカメラのズームやパンの操作が可能であることが望ましい。(共通)

② バイタル情報について

3次救急の専門医が求めるバイタルが不足なく伝送されているか。また、救急車や2次救急病院から伝送されるバイタル情報について、受け入れ態勢の構築や受け入れ可否の判断するに足る情報となるかどうか。

[成果]

- ベッドサイドモニタや12誘導心電図の情報を本実証で構築した映像伝送システムにより過不足なく伝送可能であることを立証した。特に、救急車内の12誘導心電図の情報を伝送することで、データによる重症度の把握が可能になり、メディカルコントロールの質向上につながることを示唆された。(課題実証②-1, ②-2)

[課題]

- 国内の消防本部における救急車への12誘導心電図の搭載率は未だ低く、消防本部の救急車全車両のうち、12誘導心電図を搭載する車両は50%未満である割合が28%となっている¹⁴。したがって、現状では12誘導心電図を搭載する車両はそれほど多くはないため、本モデルを実装する際は、各消防本部の保有車両の一部の車両に限定される可能性がある。(課題実証②-1)
- スワングアンツや分娩装置といったベッドサイドモニタ以外の医療機器の情報も伝送できることが望ましい。(課題実証①)
-

③ DICOM画像情報について

2次救急病院から伝送されるDICOM画像情報は、3次救急病院で確認することでコンサルテーションできるかどうか。

- 医療関係者間コミュニケーションアプリ「Join」によって、ローカル5G環境下でスマホによりDICOM画像の共有が可能であることを確認した。(課題実証②-2)

¹⁴ 月刊心臓 vol. 51, no. 8, 2019 「地域メディカルコントロール協議会における救急隊の12誘導心電図記録と伝送の実態調査」 https://www.jstage.jst.go.jp/article/shinzo/51/8/51_800/_pdf

④ コミュニケーション情報について

リアルタイムで明瞭な、音声と画像を用いたコミュニケーションによる情報交換ができ、受け入れ態勢の構築や人員の配置等のプロセスが従来に比べて迅速にできるようになったかどうか。

[成果]

- 4K映像の伝送によって、搬送先病院で事前に患者容態の詳細な把握が可能となることで、救急車が搬送先病院に到着後に行う救急隊員と医師との引継ぎ業務が簡略化あるいは省略され、処置開始までの時間短縮につながることを示唆された。(課題実証②-1, ②-2)
- 救急隊員と医師との音声コミュニケーションについては課題が残る。本実証では、サイレン音等のノイズをフィルタリングするために、救急隊員1名にヘッドセットを着用し音声の伝達を行ったが、その場合、搬送患者への問診時に音声聞き取りにくいという問題があった。ノイズキャンセルを行いつつ、複数の音声源とのコミュニケーションが可能な機材や音声伝送の仕組みの検討が必要である。(課題実証②-1)
- 患者への注意喚起などのために、ナースステーションと病棟間での双方向の音声コミュニケーション機能があることが望ましい(課題実証①)

⑤ 運用課題について

現状の救急医療現場の業務に対して、本モデルを実装するうえで課題となる運用上の問題点は何か。

- 各実証での運用における課題を次のとおり抽出することができた。
 - 課題実証①
 - カメラに対して画像取得の同意に関する運用方法の整備が必要
 - ICU等の重症者病棟、分娩室、手術室においても同モデルの実装可能性があるが、個別に運用方法の検討が必要
 - 課題実証②-1
 - 救急車複数台が同時に1つの病院に搬送されるケースがあり、1対Nの運用シナリオの定義と検証が必要である。
 - 消防隊と病院との相互理解と連携が重要であるため、本実証で行った3症例以外での運用シナリオについても検証が必要である。
 - 課題実証②-2
- 2次救急と3次救急の双方の人員体制と運用フローについて改めて検証が必要である。

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

1) 課題実証①

a. 検証項目

感染症の急激な拡大により、感染症病床をはじめ隔離病棟の逼迫をしている。また、感染症病床の患者を回診するために、感染防護服を着脱等が医療従事者の業務負担の漸増している。また、病床数が多い大規模病院または隣接する病院がある場合、医用テレメータの混信も報告がされている。本ローカル 5G 活用モデルを活用することで、病院内及び隣接病院との安定的な電波管理のもと、隔離病棟の患者の遠隔モニタリングを実施することで、医療過誤、処置遅れの抑制、看護師による回診効率化を実現することが期待される。本提案では、本ローカル 5G 活用モデルの全国的な普及展開を見据え、導入・運用に必要なコストの算出と、利用価値が高いと考えられるユーザ候補の病院群を抽出するとともに、導入によって効率化される医療に係る業務とその前提条件を分析することで、利用ニーズについての検証を実施する。

(i) 活用モデルの導入・運用に必要な費目のリストアップ

本活用モデルを導入にあたり、必要と考えられる費用項目の目安は以下のとおり。なお、本実証環境における費目のため、あくまで目安であり、各医療機関における実装環境により費目、費用等変動する可能性がある。

【ローカル 5G 環境構築の項目】

- ・ 基地局の新設費
- ・ DAS 設置費

【ローカル 5G 運用保守の項目】

- ・ 基地局年間運用費
- ・ DAS 年間運用費

【院内映像伝送システム導入の項目】

- ・ ZaoCloudView 基盤構築費
- ・ ZaoCloudView 基盤運用費
- ・ ZaoCloudView ユーザ施設追加費

【補足】

課題実証①について、R4 年度は検証のため NESIC の環境にて実証を行うが、R5 以降は本格導入として、商用製品である「ZaoCloudView」へのリプレースを行う。

(ii) ユーザ候補のリストアップ

ターゲットとなるユーザは、院内の遠隔モニタリングが特に有効になる隔離病棟を有する医療機関である。なかでも、診療密度が高い医療を提供する隔離病床を多く持ち、コロナ禍に感染症病床の逼迫が問題となった地域において潜在ニーズがあると考えられる。

また、病院の電波管理に係る経済的な利点より、電波混信による医療事故を防止することや、医療事故に伴う病院経営上のレピュテーションリスクを避けることが本モデルの提供価値である。ただし、病院または自治体がコスト負担者となる際には、本モデルの導入・維持コストの評価は不可欠である。そこで、他の病院での本ローカル 5G 活用モデルの横展開可能性を導入・維持のコスト面から評価する。本ローカル 5G モデルの導入・維持に必要な各種コストから、導入に必要な病院予算規模を概算し、導入可能性のある病院の規模を特定する。

b. 検証方法

(i) 経済性の検証

- 実装、横展開を目的に、検証項目で挙げた活用モデルを 1 拠点に試験導入した場合の初期投資、ランニングコストを算出する。
- 本ローカル 5G 活用モデルの実証フィールドとなる病院へのヒアリングにより、導入する設備、サービスにより、必要十分な機能を提供できているか検証する。
- 課題実証の効果検証により、業務が効率化される前提となる運用上の前提条件を抽出する。

(ii) 市場性の検証

隔離病床の規模や感染症病床の利用率から横展開の可能性がある自治体を抽出する。次に、該当する自治体において、本実証活用モデルの潜在ニーズが高い病院群を抽出する。本ローカル 5G モデルの導入・維持に必要な各種コストを概算のうえ、導入に必要な予算規模から、導入可能性のある病院規模を特定する。

- 効果検証において医療従事者の評価をもとに、利用価値を生む前提条件を明らかにし、ターゲットを定義する。
- 上記の前提条件を満たす自治体をユーザ候補としてリストアップする。
- ユーザ候補となる病院群のプロファイリングを行い、搬送件数、搬送時間等の基礎情報から、ユーザ候補ごとの潜在ニーズの高さを評価する。

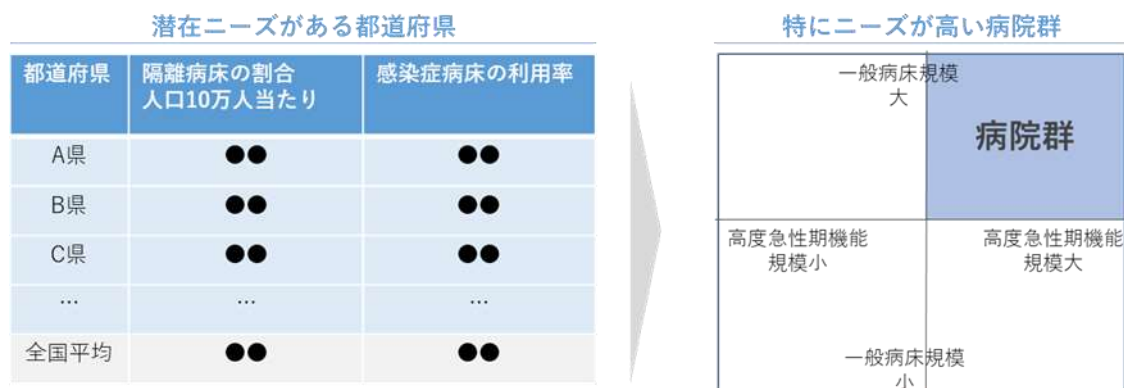


図 4.3.2-1 公立病院におけるローカル5G活用モデルの導入可能性についての分析イメージ

c. 検証結果及び考察

(i) 経済性の検証

本活用モデルのローカル5G環境の導入・維持費用として、年間約8.2百万円/基地局を見込む。また、映像伝送サービスの導入・維持費用は、サービス基盤環境が無い場所では、2病院セットで年間約11百万円/施設、サービス基盤華僑が整っている場所では、年間約8百万円/施設を見込む。これらの費用負担を行う財政的余地のある病院群を特定することで普及展開の可能性を評価する。

各費目の詳細な内訳は以下になる。

【ローカル5G環境構築の項目】

- ・ 基地局の新設費：7百万円/基地局
- ・ DAS設置費：20百万円/エリア新設
- ・ DAS増設費：10百万円/エリア増設

【ローカル5G運用保守の項目】

- ・ 基地局年間運用費：1.2百万円
- ・ DAS年間運用費：2.4百万円

【院内映像伝送システム導入の項目】

- ・ ZaoCloudView基盤構築費：2.3百万円
- ・ ZaoCloudView基盤運用費：3.2百万円（施設数等により変動）
- ・ ZaoCloudViewユーザ施設追加費：4.03百万円/施設

【補足】

ZaoCloudView基盤は共通のため、ユーザ施設追加であれば基盤構築費は不要。

4.3.1.(1)より、医療関係者へのヒアリング調査から活用モデルの有用性の示唆が得られた。感染症病棟への立ち入り回数を複数回削減できる可能性を示唆する結果を得られ、4K映像を用いた遠隔モニタリングによる業務効率化が実現できることを示す結果となった。防護具の着脱自体が身体的にも精神的にもストレスになる業務であり、負担軽減にも繋がるという意見も得ることができた。本実証環境においては、必要な機能を提供できたと考えられる。

(ii) 市場性の検証

人口当たりの診療密度が高い医療を提供する隔離病床を多く持ち、コロナ禍に感染症病床の逼迫が問題となった以下の7地域において本コンソーシアム活用モデルの潜在ニーズがあると考えられる。

都道府県	隔離病床の割合 人口10万人当たり	感染症病床の利用率
茨城	104.0	189.3
群馬	94.1	183
東京	70.0	295.9
石川	72.8	214.6
福井	86.7	225.9
福岡	131.0	189.5
沖縄	156.5	295.2
全国平均	67.7	156.7

図 4.3.2-2 課題実証①の潜在ニーズがある都道府県

次に、上記の7都道府県の中でも特に確度が高いと考えられる病院群を抽出する。多くの患者を受け入れる大規模病院では、病院面積も広く、看護師の回診に多大な工数を要する。また、実証地の徳島県の病院では、一般病床が400床以上の病院において、医用テレメータのチャンネル管理の運用が複雑になり、かつチャンネル数も不足する、また、隣接病院があると医用テレメータの混信リスクが増加することも報告をされている。さらに、感染症患者を収容する隔離病棟では、医療従事者の入退出の際に感染防護服の着脱が必要となり、医療業務が増大している。そこで、医療従事者の業務負荷増大が懸念される400床以上の大規模病院、かつ高度急性期機能の病床機能が100床以上を持つ60の病院で特にニーズが高いと見込む。

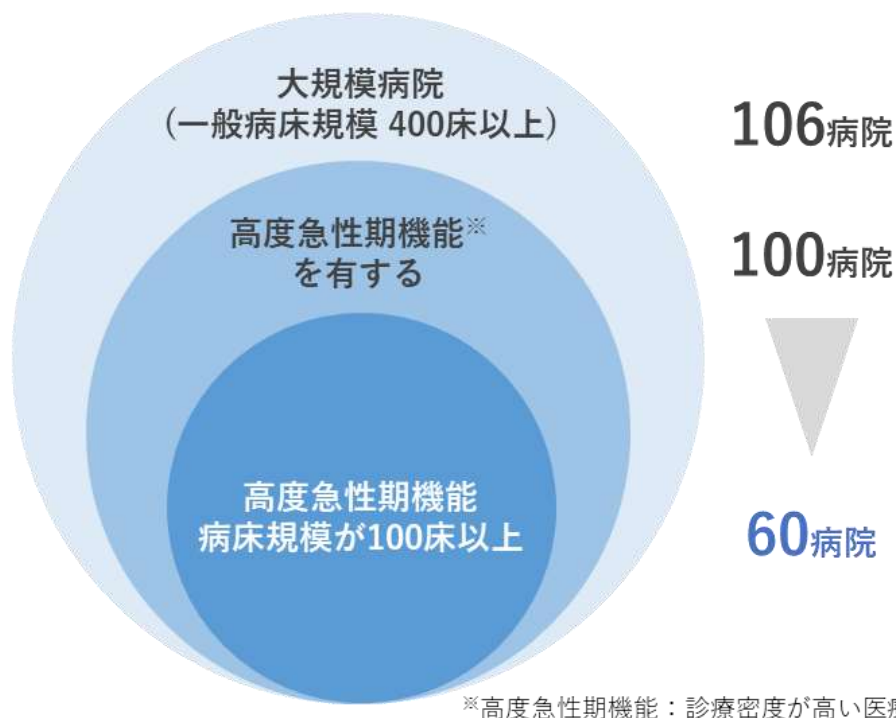


図 4.3.2-3 課題実証①の特にニーズが高い病院群

上記の病院群が属する自治体の一部に聞き取り調査を行ったところ、医療のDX化の観点で予算を投入し、医療のデジタル化を推進していくことを検討している自治体がほとんどであることが分かった。ただし、現時点ではローカル5Gによる高精細映像を活用した隔離病棟等の院内モニタリングについての導入検討をしている自治体は見られなかった。

聞き取り調査を行った自治体では、以下のような条件において予算の方針を取っている傾向にあった。

- ・ 国庫補助金を財源として活用し、医療機関に補助を行う
- ・ 病院からのニーズによって、医療機関の設備投資等の予算を設定する

つまり、現時点でローカル5Gによる高精細映像を活用した隔離病棟等の院内モニタリングの検討が行われていない理由は、国の補助金制度が設定されていないことや医療関係者へローカル5Gのユースケースに関する有用性が周知できていないためと考えられる。

実証に参加いただいた病院関係者からは、本活用モデルの有用性に関する示唆が得られ、導入可能性についても前向きな検討を行っていただいた。そのため、本実証のように医療におけるユースケースを広く医療関係者に普及啓発することで、病院側のニーズとして顕現される可能性がある。

2) 課題実証②

a. 検証項目

日本の救急医療においては、公的な救急搬送が無料であることに加え、患者を受け入れる病院側も救急が不採算部門であることが多く、2次救急と3次救急のいずれも医業収益は赤字となっている¹⁵。そのため、救急医療におけるデジタル化を促進しただけでは直接的な経済的効果は生まれにくいという根本的な問題を持っている。一方で、本ローカル5G活用モデルを利用することで、救命率の向上や救急医療に携わる医療従事者の働き方改革につながることを期待される。そこで、本提案では、本ローカル5G活用モデルの全国的な普及展開を見据え、利用価値が高いと考えられるユーザ候補の自治体を抽出する。

(i) 活用モデルの導入・運用に必要な費目のリストアップ

本活用モデルを導入にあたり、必要と考えられる費用項目の目安は以下のとおり。なお、本実証環境における費目のため、あくまで目安であり、各消防隊・医療機関における実装環境により費目、費用等変動する可能性がある。

【ローカル5G環境構築】

- ・ 基地局の新設費

【ローカル5G運用保守の項目】

- ・ 基地局年間運用費

【院内映像伝送システム導入の項目】

- ・ ZaoCloudView 基盤構築費
- ・ ZaoCloudView 基盤運用費
- ・ ZaoCloudView ユーザ施設追加費

【補足】

ユーザ施設追加費は、管轄消防隊と搬送先病院のセットを1単位とする。

【コミュニケーションアプリ導入・維持】

- ・ 改良版 Join パッケージ導入費
- ・ Join 年間利用費

(ii) ユーザ候補のリストアップ

救急搬送の集中する3次救急の救命救急センターでは、受け入れ拒否事案が頻発するなど救急外来の医療リソースが慢性的に逼迫している状況にあると考えられる。そこで、本ローカル5G活

¹⁵ 厚生労働省 「5. 救急医療等に着眼した経営状況」

https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/isei/igyoku/igyokeiei/dl/anteika2001_06.pdf

用モデルを利用することで、3次救急へ転院搬送前に、遠隔地にいる専門医に患者の容態を相談し、軽症患者の転院搬送を削減する、または、患者の到着前に患者の容態に応じた処置の準備が可能となり、救急外来の医療リソースを効率的に配置することができる。このことから、転院搬送が多く、患者の医師引き渡しまでの搬送時間が長い自治体においては、本ローカル5G活用モデルの利用価値が高いと考えられる。

救急隊や公的な救命救急センターなど、救急医療の多くは自治体予算により運営されており、他の自治体においても、本ローカル5G活用モデルの導入・維持の費用負担元となることが現実的である。そこで、他の自治体での本ローカル5G活用モデルの横展開可能性を導入・維持のコスト面とデジタル化へ予算措置を講じているか定性的に評価する。本ローカル5Gモデルの導入・維持に必要な各種コストから、導入可能性のある自治体を特定する。

b. 検証項目

(i) 経済性の検証

- 実装、横展開を目的に、検証項目で挙げた活用モデルを管轄消防隊と搬送先施設の1セットに試験導入した場合の初期投資、ランニングコストを算出する。
- 本ローカル5G活用モデルの実証フィールドとなる消防隊と病院へのヒアリングにより、導入する設備、サービスにより、必要十分な機能を提供できているか検証する。
- 課題実証の効果検証により、業務が効率化される前提となる運用上の前提条件を抽出する。

(ii) 市場性の検証

3次救急の搬送件数、転院搬送件数や搬送にかかる時間等から横展開の可能性のある自治体を抽出する。また、本ローカル5G活用モデルの導入・維持に必要な各種コストを概算のうえ、自治体の予算規模とデジタル推進の取組等から、導入可能性のある自治体を特定する。

- 効果検証において医療従事者の評価をもとに、利用価値を生む前提条件を明らかにし、ターゲットを定義する。
- 上記の前提条件を満たす自治体をユーザ候補としてリストアップする。
- ユーザ候補の自治体のプロファイリングを行い、3次救急の搬送件数、転院搬送件数、搬送時間等の基礎情報から、ユーザ候補ごとの潜在ニーズの高さを評価する。

潜在ニーズの高い都道府県を抽出

ユーザ候補	① 人口に対して3次救急の搬送件数が多い（1万人当たり）	② 人口に対して転院搬送が多い（1万人当たり）	③ 平均搬送時間（入電から医師引渡し）が長い	潜在ニーズ
A県	●●人	●●人	●●分	高
B県	●●人	●●人	●●分	低
C県	●●人	●●人	●●分	中
...
全国平均	●●人	●●人	●●分	...

図 4.3.2-4 利用ニーズ検証のアウトプットイメージ

c. 検証結果及び考察

(i) 経済性の検証

本活用モデルの管轄消防隊と搬送先施設の1セットに導入・維持費用として、年間約8百万円/基地局を見込む。また、映像伝送サービスの導入・維持費用は、課題実証②-1において年間約6百万円を見込む。施設間でのコミュニケーションアプリの導入・維持費用（課題実証②-2）は、年間約14百万円/施設を見込む。これらの費用負担を行う財政的余地のある自治体を特定することで普及展開の可能性を評価する。

各費目の詳細な内訳は以下になる。

【ローカル 5G 環境構築の項目】

- ・ 基地局の新設費：7百万円/基地局

【ローカル 5G 運用保守の項目】

- ・ 基地局年間運用費：1.2百万円/基地局

【院内映像伝送システム導入の項目】

- ・ ZaoCloudView 基盤構築費：2.3百万円
- ・ ZaoCloudView 基盤運用費：3.2百万円（施設数等により変動）
- ・ ユーザ施設追加費（課題実証②-1向け）：3.7百万円/消防-病院のセット

【コミュニケーションアプリ導入・維持】

- ・ 改良版 Join パッケージ導入費：11.5百万円/施設
- ・ Join 年間利用費：2.8百万円/施設（施設規模等により変動）

4.3.1.(2)より、消防隊と医療関係者へのヒアリング調査から活用モデルの有用性の示唆が得られた。従来の電話を用いた音声コミュニケーションだけでなく、映像・画像を用いた視覚的な情報が加わることによって、患者容態を正確に伝えることができ、搬送先病院の医療行為準備の工数削減に繋がると考えられる。また、遠隔で治療指示や搬送是非を判断することによって、不要な転院搬送を防ぐことに繋がる。

運用課題としては、本実証では救急車1台と病院の1対1で実証を行ったが、実際は複数の救急車と病院が対応することになる。複数台の救急車を同時に受け入れる際の運用等の検証が必要になる。

(ii) 市場性の検証

救急医療の連携強化と遠隔地における専門医の医療支援のニーズが高い医療機関を有する自治体をターゲットとする。医療機関でなく、自治体をターゲットとした理由は、単独の医療機関では、救急医療や医療の質向上に取り組む予算はなく、自治体等の公費により賄われるサービスであるため、自治体を抽出している。

ターゲットとなるユーザは、救急医療の搬送効率化と、専門医が不在で遠隔地から医療支援を受けるべき地域をもつ自治体である。なかでも、人口当たりの3次救急の搬送件数と転院搬送が多く、入電してから医師に引き継ぐまでの搬送時間が長い、以下の7都道府県で潜在ニーズがあると見込む。

潜在ニーズの高い都道府県を抽出

都道府県	① 人口に対して3次救急の搬送件数が多い(1万人当たり)	② 人口に対して転院搬送が多い(1万人当たり)	③ 平均搬送時間(入電から医師引渡し)が長い	潜在ニーズ
宮城	126.4人	21.6人	43.0分	高
茨城	109.1人	16.3人	44.1分	高
千葉	77.5人	14.5人	46.5分	高
新潟	117.6人	20.1人	44.8分	高
山口	111.2人	22.4人	41.1分	高
高知	215.8人	36.0人	42.1分	高
宮崎	75.4人	18.5人	41.3分	高
全国平均	75.0人	11.0人	40.6分	—

図 4.3.2-5 課題実証②の潜在ニーズがある都道府県

次に、上記の7都道府県の中でも特に確度が高いと考えられる自治体を抽出する。実際に導入するには、徳島県のようにローカル5G活用に対する予算規模が大きい自治体ほど導入可能性が高いと考えられる。徳島県では、ローカル5G予算項目を含むのは総務費であるため、各自治体の総務費を定量的に比較し、また各自治体が積極的にデジタル化へ予算措置をしているか定性的に把握し、本実証モデルの導入可能性を評価する。下図に各自治体が公表している令和3年度の予算と、デジタル化への予算措置や取組を抽出し、そこからローカル5G活用モデルの導入可能性を示す。

千葉県は徳島県よりも総務費の予算規模が大きく、デジタル技術の効果的な活用にも積極的に予算を投入しているため、本事業活用モデルの導入可能性が高いと考える。追って、宮城県、茨城県、山口県があり、総務費は徳島県よりも規模が少ないが、デジタル化強化に予算措置を講じている。山口県では、5G環境での遠隔医療のモデル事業を実施しており、宮城県、茨城県、山口県の3県は、導入検討の余地があると考ええる。宮崎県、新潟県、高知県は、総務費の規模感やデジタル化への注力の観点から導入にはハードルが高いと考える。

導入可能性のある都道府県を特定

都道府県	総務費の予算規模 (R3年度)※	デジタル推進に積極的に 予算導入しているか	ローカル5G活用モデルの 導入可能性
千葉	950億円	「千葉県ICT利活用戦略」を策定し、予算の主要事業にデジタル技術の効果的な活用を掲げている。	○：導入可能性あり
徳島	699億円	DX関連に82億円を計上し、「デジタル徳島推進プラン」を策定し、力を入れる。	R4年度 実証
宮城	496億円	政策財政運営の基本方針でDXを推進の記載がある。力を入れ始めている。	△：検討の余地あり
茨城	469億円	「DXイノベーション推進プロジェクト」を始動し、デジタル技術の活用による地域課題の解決を進める。	
山口	357億円	「施策重点化方針」の4つの視点の1つにデジタルがある。5G環境での遠隔医療のモデル事業を実施。	
宮崎	317億円	「重点施策」にデジタル変革の記載あり。他自治体と比較すると、多くの予算をつけてはいない。	×：デジタル化への予算規模を鑑みて導入困難
新潟	277億円	デジタル改革の実行方針を策定し、産業、暮らし、行政のDXを推進。	
高知	144億円	デジタル化に30億円の予算措置を講じ、「高知県デジタル化推進計画」を策定し、在宅医療補助金を確保。	

※各自治体に於いてローカル5Gの予算規模は公表されておらず、徳島県では「総務費」にローカル5G予算項目を含むため、各自治体の総務費の予算規模を比較検討した。

図 4.3.2-6 課題実証②ローカル5G活用モデル導入可能性のある都道府県の特定

上図の自治体へ聞き取り調査を行ったところ、各自治体ともに医療のDX推進や中山間地域やへき地病院等への遠隔診療へ予算を投じていることが分かった。医療のデジタル化という観点ではニーズがあるが、ローカル5Gの利点や医療分野における活用イメージが明確となっていないということが分かった。例えば、一部の自治体ではキャリア5Gを活用した高画質な映像伝送による遠隔診療の実証を行っているが、免許取得等の手続き等のハードルを感じることからローカル5Gの利用をしていなかった。

本活用モデルは公益に繋がるため、自治体の協力が不可欠となる。そのため、他自治体への横展開に向けて、まずはローカル5Gを活用した医療分野のユースケース、特にどのような場面でのような症状の患者に対して効果があるかを広く普及啓発していくアクションが必要である。

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 課題実証①

実証後に想定する運用スキームを図4.3.2-97に示す。徳島県事業として、徳島県立中央病院と徳島大学病院に構築したローカル5Gと光DASの運用・保守を行う。運用・保守事業者はケーブルテレビ徳島株式会社およびNEC ネットズエスアイ株式会社への委託を行うことを想定する。隔離病棟とナースステーションを接続する映像伝送システムは、NTT コミュニケーションズ株式会社の映像配信クラウドサービス「Zao Cloud View」を使用し、徳島県からの委託のもと運用を継続することを想定する。ベッドサイドモニタはフクダ電子四国販売株式会社より両病院へ納入する。

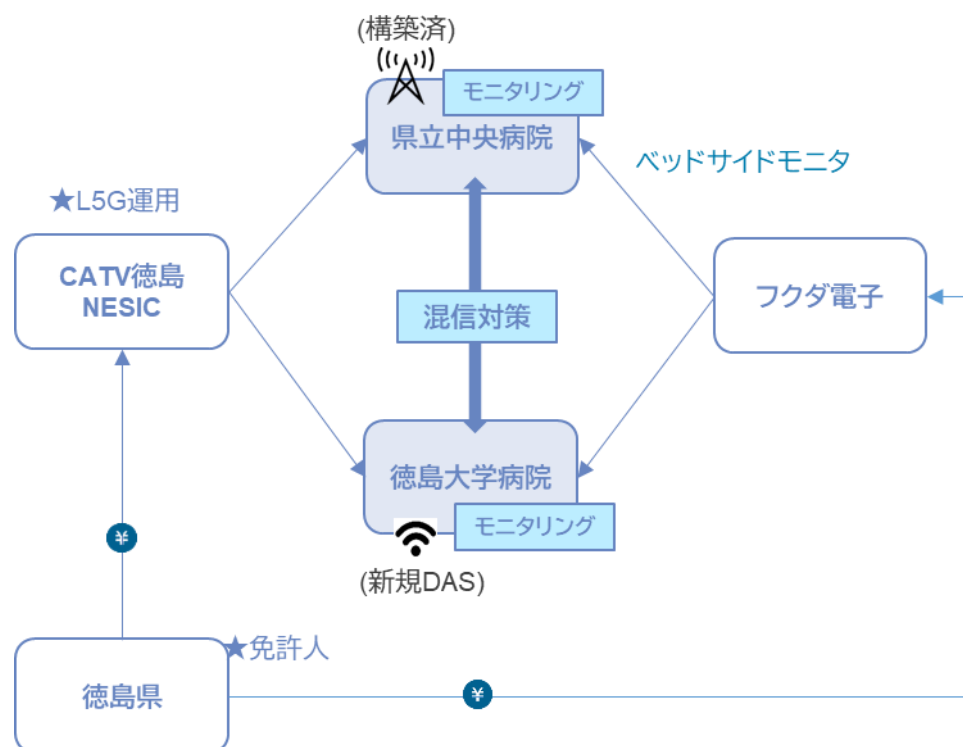


図 4.3.2-7 課題実証①の実装後に想定する運用スキーム

a. 検証項目

コロナ隔離病棟との行き来による非効率の解消のために、遠隔モニタリングに需要があることは既にわかっている。一方で、モニタリングシステムを導入することによって、既存の運用フローに対してどのように変化が発生するのかということは明らかになっていない。

本実証の中で、遠隔モニタリングによって想定される運用フローの変化を明らかにし、医療業界における受容性の向上を実現する。

b. 検証方法

表 4.3.1-6 で、本実証で使用した 4K 映像を用いた遠隔モニタリングの有効性や利用場面について、アンケートの結果を得る。それらをまとめることによって、遠隔モニタリングのユースケースとそのユースケースに関して、運用フローのシステム導入前後の変化を明らかにする。

c. 検証結果及び考察

図 4.3.2-8 にまとめた内容をもとにフロー図を作成すると、運用フローのシステム導入前後の変化は図 4.3.2-8 運用フローのシステム導入前後の変化にまとめられる。アンケートやヒアリングの結果から、看護師は多くの時間を確認業務に充てており、確認が遠隔からできることによって 1 日に数回から数十回の入室削減効果を見込むことができるということが明らかになった。

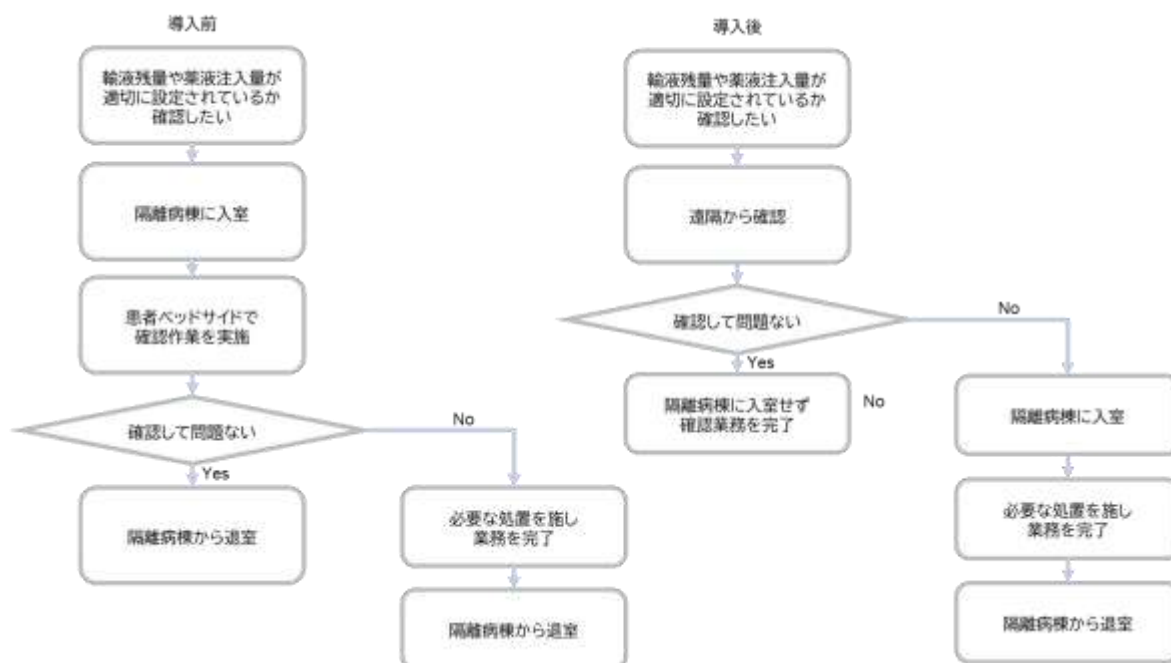


図 4.3.2-8 運用フローのシステム導入前後の変化

2) 課題実証②

実証後に想定する運用スキームを図 4.3.2-9 および図 4.3.2-10 に示す。徳島県事業として、徳島赤十字病院に構築したローカル 5G の運用・保守を行う。運用・保守事業者はケーブルテレビ徳島株式会社および NEC ネットエスアイ株式会社への委託を行うことを想定する。救急車と搬送先病院を接続する映像伝送システムは、NTT コミュニケーションズ株式会社の映像配信クラウドサービス「Zao Cloud View」を使用し、徳島県からの委託のもと運用を継続することを想定する。救急車内に搭載する 12 誘導心電図（生体情報機器）は日本光電工業株式会社より阿南市消防へ納入する。2 次救急と 3 次救急の病院間を接続するアプリケーションは、株式会社アルムの「Join」を使用し、現在、導入および利用料を計上している徳島県立海部病院のもと、徳島赤十字病院においてもアプリケーションの運用を継続することを想定する。

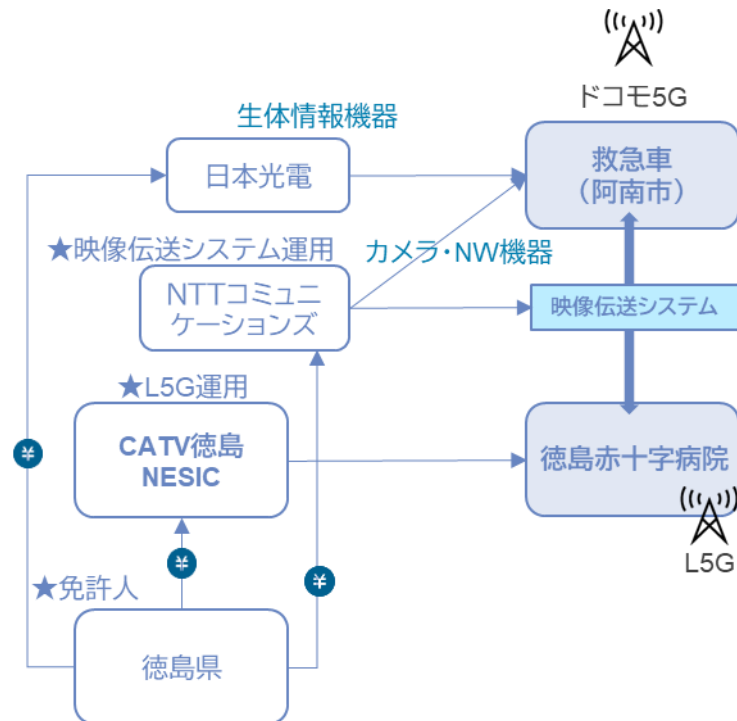


図 4.3.2-9 課題実証②-1 の実装後に想定する運用スキーム

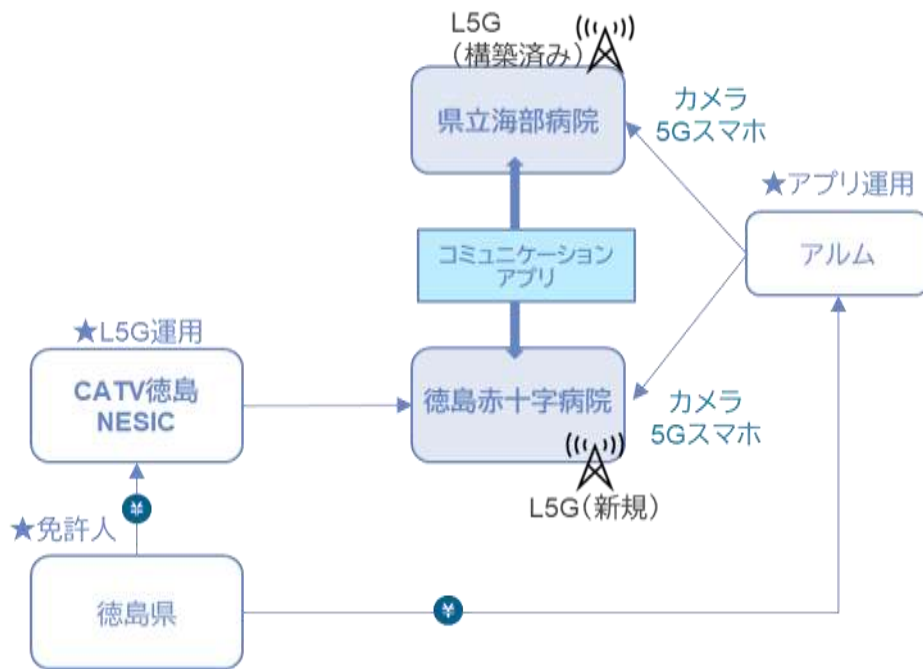


図 4.3.2-10 課題実証②-2 の実装後に想定する運用スキーム

a. 検証項目

本ローカル 5G 活用モデルを本格的に運用した場合に想定される各ステークホルダーの課題を抽出する。徳島県立海部病院、徳島赤十字病院、阿南市消防へのヒアリングを行い、明らかになっている運用課題は以下のとおりである。

- i) 医師が常に救急車から伝送される映像・バイタルをリアルタイムにモニタすることはできないため、別途その人員が必要となる。
- ii) 複数の救急車が同時に搬送されるケースがあり、その場合には1（医師）対N（救急車）に対応できる運用とシステムの機能が求められる。

b. 検証方法

課題実証②-1 および②-2 に参加する徳島県立海部病院と徳島赤十字病院の両院医師、ならびに救急隊として協力する阿南市消防に対して、運用上想定される課題についてのヒアリングを実施する。ヒアリング結果に基づき、運用課題とその対応案についての整理を行う。さらに、取りまとめた運用課題とその対応案については、徳島医療コンソーシアム推進協議会の各病院へ共有するとともに、コンソーシアム協議会および消防本部のメディカルコントロール協議会を通じて、各病院の運用面を考慮した具体的な解決方法を検討する。

c. 検証結果及び考察

実証より遠隔地にいる患者の映像・バイタルをリアルタイムで確認できることの有用性の示唆を得ることができた。目標としていた患者の身体所見情報、バイタル情報、DICOM 画像情報は、明瞭に確認することができ、受け入れ態勢の構築や受け入れ可否の判断にたる情報を低遅延で伝送することができた。救急車の音声伝達方法は、複数の救急隊員がコミュニケーションを取れるようにシステムの改良が必要になる。

運用課題として、救急科の医師は、常に救急患者の受け入れをし、医療行為を施しているため、救急車や遠隔地にある病院から伝送される映像・バイタルを常にリアルタイムでモニタすることは難しい。また、複数台の救急車に対応することも困難である。

そのために、対応する人員が必要になる。例えば、第三者機関としてネットワークを介し、救急患者の病態を確認、判断するサービスのセンター化といった組織の設置や、画面分割により同時に複数の救急車の映像を確認できるシステム機能も考えられる。

また、医師がドクターカーに乗り、現場へ向かうケースもある。ナースステーション等の固定式モニタで確認するだけでなく、タブレット端末等で移動中も確認できるとよい。

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

ア) 課題実証①のターゲット

4.3.2(1)で示した以下の病院群が、本実証活用モデルのターゲットとなる。

都道府県	隔離病床の割合 人口10万人当たり	感染症病床の利用率
茨城	104.0	189.3
群馬	94.1	183
東京	70.0	295.9
石川	72.8	214.6
福井	86.7	225.9
福岡	131.0	189.5
沖縄	156.5	295.2
全国平均	67.7	156.7

図 4.3.2-11 課題実証①の潜在ニーズがある都道府県

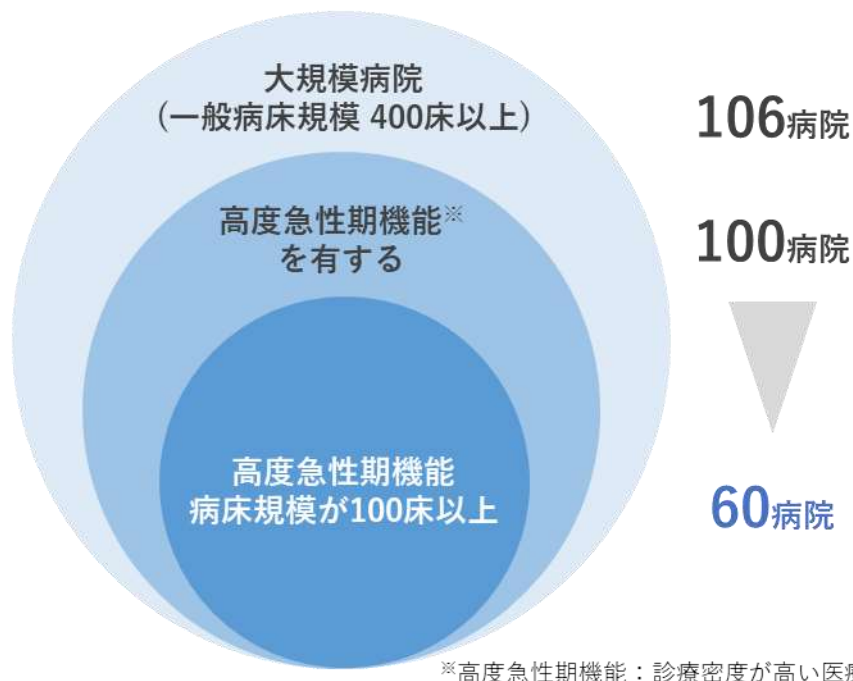


図 4.3.2-12 課題実証①の特にニーズが高い病院群

イ) 課題実証②のターゲット

4.3.2(1) で示した以下の自治体が、本実証活用モデルのターゲットとなる。

都道府県	① 人口に対して3次救急の搬送件数が多い (1万人当たり)	② 人口に対して転院搬送が多い (1万人当たり)	③ 平均搬送時間(入電から医師引渡し)が長い	潜在ニーズ
宮城	126.4人	21.6人	43.0分	高
茨城	109.1人	16.3人	44.1分	高
千葉	77.5人	14.5人	46.5分	高
新潟	117.6人	20.1人	44.8分	高
山口	111.2人	22.4人	41.1分	高
高知	215.8人	36.0人	42.1分	高
宮崎	75.4人	18.5人	41.3分	高
全国平均	75.0人	11.0人	40.6分	—

図 4.3.2-13 課題実証②の潜在ニーズがある都道府県

導入可能性のある都道府県を特定

都道府県	総務費の予算規模 (R3年度)※	デジタル推進に積極的に 予算導入しているか	ローカル5G活用モデルの 導入可能性
千葉	950億円	「千葉県ICT利活用戦略」を策定し、予算の主要事業にデジタル技術の効果的な活用を掲げている。	○：導入可能性あり
徳島	699億円	DX関連に82億円を計上し、「デジタル徳島推進プラン」を策定し、力を入れる。	R4年度 実証
宮城	496億円	政策財政運営の基本方針でDXを推進の記載がある。力を入れ始めている。	△：検討の余地あり
茨城	469億円	「DXイノベーション推進プロジェクト」を始動し、デジタル技術の活用による地域課題の解決を進める。	
山口	357億円	「施策重点化方針」の4つの視点の1つにデジタルがある。5G環境での遠隔医療のモデル事業を実施。	
宮崎	317億円	「重点施策」にデジタル変革の記載あり。他自治体と比較すると、多くの予算をつけてはいない。	×：デジタル化への予算規模を鑑みて導入困難
新潟	277億円	デジタル改革の実行方針を策定し、産業、暮らし、行政のDXを推進。	
高知	144億円	デジタル化に30億円の予算措置を講じ、「高知県デジタル化推進計画」を策定し、在宅医療補助金を確保。	

※各自治体に於いてローカル5Gの予算規模は公表されておらず、徳島県では「総務費」にローカル5G予算項目を含むため、各自治体の総務費の予算規模を比較検討した。

図 4.3.2-14 課題実証②ローカル5G活用モデル導入可能性のある都道府県の特定

b. 対象となるシステム

ア) 課題実証①のシステム

本実証では遠隔モニタリングおよび医用テレメータに対するソリューションを実証するため以下のシステムを構築した。

遠隔モニタリングに関しては徳島県立中央病院において、病室を模擬した院内区画から、4Kカメラによって撮影した動画像とベッドサイドモニタで取得する生体情報をローカル5G網に接続して模擬ナースステーションのカメラモニタとセントラルモニタで確認した。

また、医用テレメータに関しては、隣接する徳島大学病院内でもローカル5Gを運用状態にしたうえで信号の受信状態を確認し、他施設からの電波の影響を評価した。

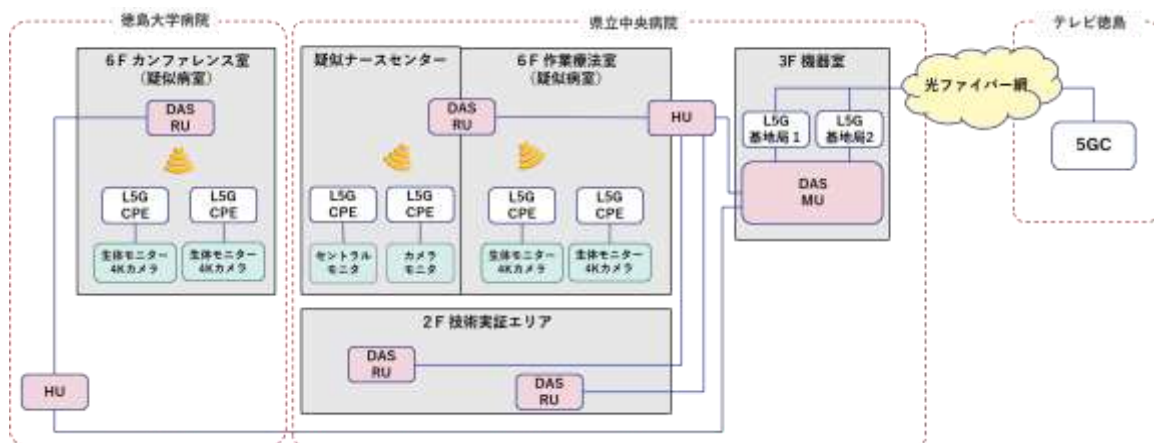


図 4.3.2-15 課題実証①システム構成図

無線システムとしては徳島県立中央病院の3階サーバ室に設置されたローカル5G基地局装置と光DASの親装置であるMUとを相互に接続し、徳島県立中央病院6階と徳島大学病院6階それぞれに設置された光DASの無線機（DAS-RU）で無線を送受信することでローカル5Gのカバレッジを構成した。

本実証ではベッドサイドモニタ計8台および4Kカメラ計2台（4K映像での同時接続数は1台）を最大構成としてローカル5Gに接続し運用することが可能であることを実証した。

想定される性能要件は以下の通り。

表 4.3.2-1 課題実証①システム性能要件

データ種類	数量	ネットワークに求められる機能・仕様
ベッドサイドモニタ	8	UL スループット： 0.5Mbps 以下 x 8
4K カメラ	2	UL スループット： 30Mbps + 8Mbps
セントラルモニタ	1	DL スループット： 4Mbps 以下
カメラモニタ (PC)	1	DL スループット： 38Mbps
合計		スループット UL: 42Mbps, DL: 42Mbps

イ) 課題実証②—1のシステム

本実証では、救急車での救命活動の様子を 4K 高精細映像で搬入先の受入病院で閲覧ができるソリューションを実証するため、以下の遠隔映像伝送システム「ZaoCloudView」を構築した。

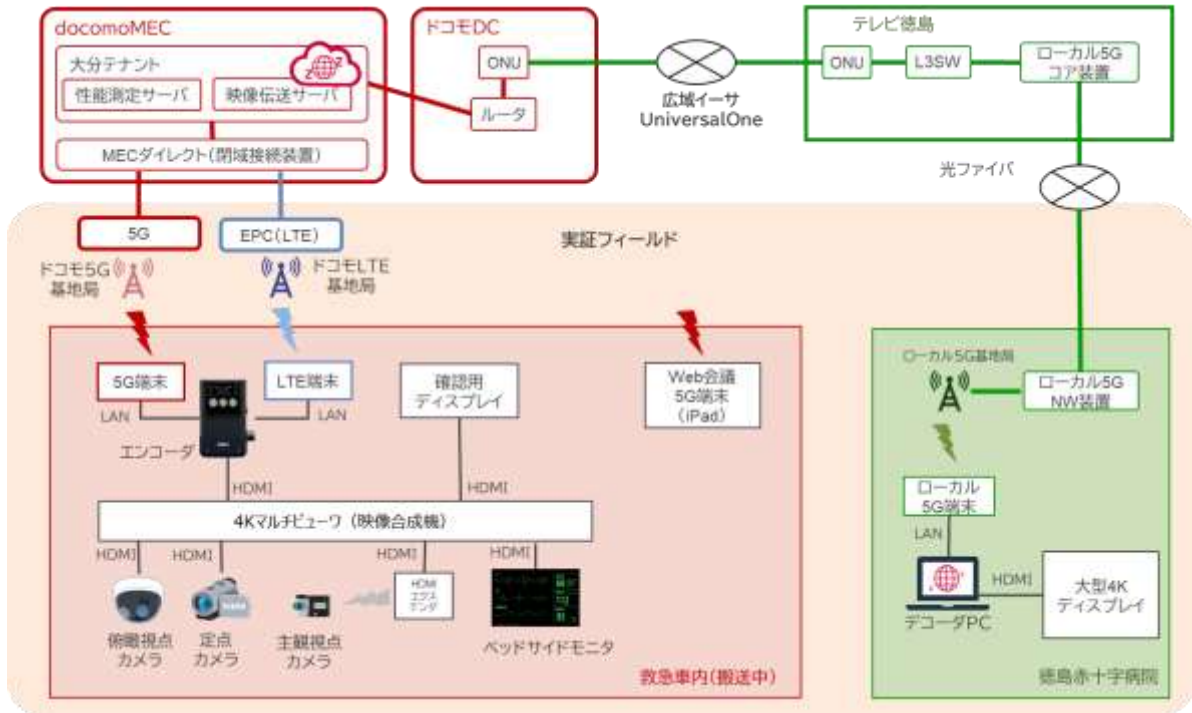


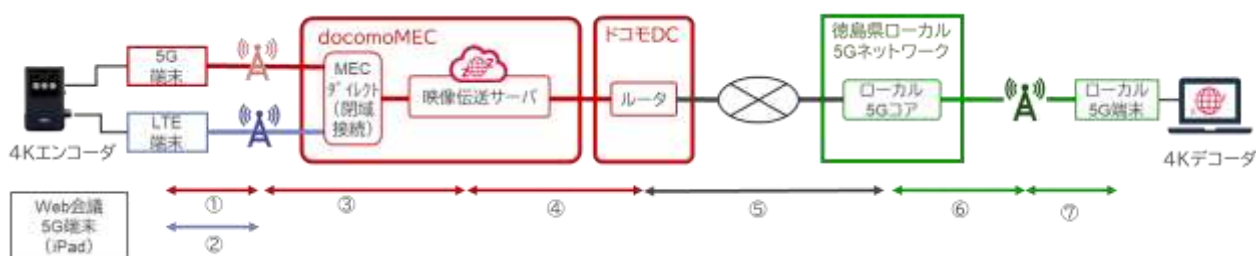
図 4.3.2-16 課題実証②-1 システム構成図

本システムでは、搬送中の救急車はローカル 5G エリアではない屋外を走行するため、ドコモの 5G 網を経由して、救急車内に設置した俯瞰視点・定点・主観視点カメラ及び患者のバイタル（心電図、SpO₂、血圧）の画像データを送信する。一方、受入病院では、徳島県により整備されているローカル 5G を経由してこれら映像データを受信する。ドコモ 5G とローカル 5G で映像データの連携を行うため、ドコモのクラウドシステムである docomoMEC 上の映像伝送サーバが映像データを中継する。また、docomoMEC とローカル 5G ネットワークを接続するため、ドコモデータセンターと専用線を経由しローカル 5G と接続する。

本システムは、救急車（ドコモ 5G）から受入病院（ローカル 5G）への映像伝送だけでなく、両者間で救急処置におけるコミュニケーションを行うための Web 会議機能についても一元的に提供することができる。また、搬送中の救急患者の映像データという個人情報を取り扱うため、実際の運用を考慮しインターネットを経由しない閉域システムで構築している。

無線について、救急車の走行ルートである屋外エリアにおいては設置済みのドコモ 5G 基地局を活用する。受入病院側のローカル 5G ネットワーク・システムは、徳島赤十字病院 2F 救急外来に設置されたローカル 5G 回線を利用する。

遠隔映像伝送システムが経由する伝送区間を以下に示す。



#	伝送区間
⑧	ドコモ 5G 無線区間
⑨	ドコモ LTE 無線区間
⑩	ドコモ MEC
⑪	ドコモ MEC 外部接続装置
⑫	広域イーサネット区間
⑬	ローカル 5G 有線区間
⑭	ローカル 5G 無線区間

図 4.3.2-17 遠隔映像伝送システムが経由する伝送区間

遠隔映像伝送システムに求められる性能は、上記の伝送区間を経由し最終的なエンド間通信において以下に示すスループット、遅延の要件を満たすものとする。

表 4.3.2-2 課題実証②-1 システム性能要件

通信種別	4K 映像伝送	Web 会議コミュニケーション
スループット	5Mbps 以上	1Mbps 以上
遅延	0.8sec 以下	0.6sec 以下
通信方向	片方向 4K エンコーダ ⇒ 4K デコーダ	双方向 Web 会議 5G 端末 (iPad) ⇔ 4K デコーダ

走行中の救急車内から 4K 映像をキャリア 5G 網およびローカル 5G を介して搬送先病院へ送信するに際し、安定した品質が得られるか明らかにするため、電界強度、スループットの測定及び映像品質、コミュニケーション品質の評価を行い、走行エリアのドコモ 5G ネットワーク及びローカル 5G ネットワークの品質、及び 5G と LTE とのバルク伝送による品質を評価した。

また、実際に救急車で模擬患者の搬送を行い、救急救命士と受け入れ先病院の医師にて本システムを利用した映像伝送コミュニケーションを実施し、追加となるオペレーションや必要なリテラシー、故障等のトラブルに必要な備えなどの運用上の課題、及び、患者容態の把握、特定医療行為の補助、受入体制構築の精度向上やプロセスの短縮につながるかといった有効性について検証、評価を行った。

ウ) 課題実証②—2のシステム

搬送先の2次救急病院と転院搬送先の3次救急病院とをローカル5Gにより接続し、2次救急の患者の4Kカメラ映像、バイタル、放射線画像を3次救急の専門医に共有する。

【機能要件】

徳島県立海部病院と徳島赤十字病院において、医療従事者間コミュニケーションアプリである「Join Liveview」の環境を構築した。

表 4.3.2-3 Join Liveview 映像通信性能

上り下り	スループット	遅延
UL	40Mbps	0.5秒以下
DL	40Mbps	0.5秒以下

【ネットワーク・システム要件】

下記システムにより、実証に必要なカバーエリアを設計。課題実証に必要な十分な伝送速度を有する。

表 4.3.2-4 ネットワーク・システム構成機器

カテゴリ	項目名	使用機器等名
送信側 (院内設備)	Join GW サーバ	PowerEdgeR450 / DELL
送信側 (院内設備)	VPN ルータ	Fortigate 40F / Fortinet
送信側	映像エンコーダ	UHVS-8500 / STRASSE
送信側	4K カメラ	VC-A61P / STRASSE
送信側	L2 スイッチ	BS-GS2008P / BUFFALO
受信側	閲覧用 PC	Vostro5620 / DELL
受信側	L5G スマートフォン	SMDE01001 / FCNT

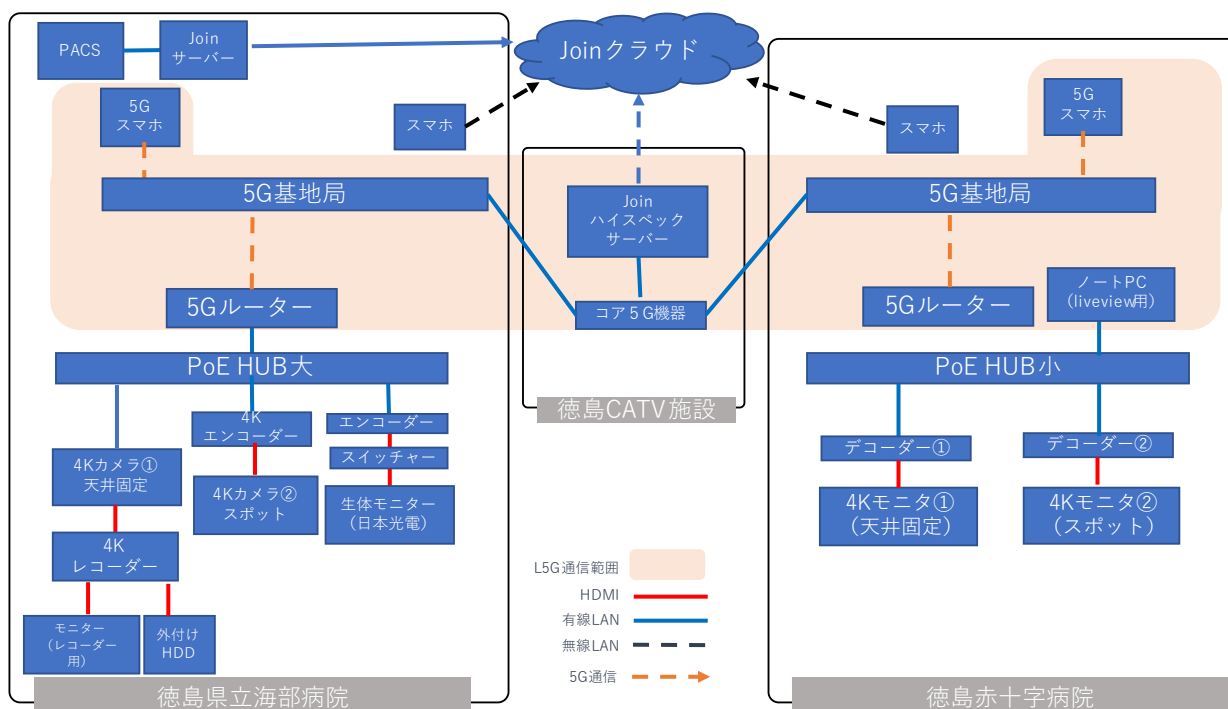


図 4.3.2-18 課題実証②-2 ネットワーク概略図

【業務・処理フロー】

海部病院から配信され、閲覧される情報のうち、配信端末・各閲覧端末によりシステムフローが異なるため、下記に分別しその処理フローを記す。

配信元端末

① 4K カメラ

海部病院に配置する2台の4Kカメラは、徳島赤十字病院に設置した2台の4Kモニタにそれぞれ映像が表示される。海部病院側で4Kカメラにて撮影した映像はPoE Hubにて集約ののち、5GルータへLAN接続する。5GルータにはSIMカードを挿入しており、以降海部病院内に設置した基地局を通じて4Kカメラ映像は徳島テレビ内に設置したコア5G機器へ5G通信下で配信される。

なお映像は同徳島テレビ内にあるJoinハイスペックサーバを介し、クラウドへアップロードされ、Join Liveview 閲覧権限のある者が視聴可能となる

② 日本光電心電図モニタ

海部病院に配置する心電図モニタは、Join Liveview を通じて徳島赤十字病院に設置したPC端末に映像が表示される。

海部病院側で実施した心電図モニタの映像はスイッチャーにて出力形式を整えたのち、エンコーダを介してPoE Hubにて集約される。そののち5GルータへLAN接続し、以降海部病院内に設置した基地局を通じて心電図エンコーダ徳島テレビ内に設置したコア5G機器へ5G通信下で配信される。同徳島テレビ内にあるJoinハイスペックサーバを介し、映像はクラウドへアップロードされ、Join Liveview 閲覧権限のある者が視聴可能となる。

③ 海部病院内 Join サーバ

院内 PACS と接続しており、Join サーバを介して匿名化ののちクラウド上へDICOM画像をアップロードできる。またJoinクラウド上の画像、動画を各権限のある端末から確認できる。

閲覧端末

① 4K モニタ

徳島赤十字病院に配置する4Kモニタには海部病院に設置した2台の4Kカメラ映像がそれぞれ表示される。海部病院から徳島テレビ内に設置したコア5G機器に到達した映像を徳島赤十字病院内へ配信する。徳島テレビ内5G機器から赤十字病院内設置の5G基地局へ映像を配信、そののち徳島赤十字病院内の5Gルータ(SIMカード入)を通じてPoE Hubへ接続、各デコーダを通じてモニタにそれぞれ表示される。

② ノート PC

徳島赤十字病院にて配置のノートPC上でJoin Liveview 閲覧権限を持つIDでログインする。5G通信を通じ、クラウドへアクセス可能となり、クラウドでアップロードされている映像(4Kモニタ映像、心電図)がJoin Liveview 上で視聴可能となる。

③ 5G スマートフォン

5G通信を通じ、Joinクラウドへアクセスすることで配信されている4K映像及び心電図モニタ、PACS画像の閲覧、Join基本操作が可能となる。

④ スマートフォン

Joinクラウドへアクセスすることで配信されている4K映像及び心電図モニタ、PACS画像の閲覧、チャット、通話などJoin基本操作が可能となる。

c. ビジネスモデル

ア) 課題実証①のビジネスモデル

課題実証①のエンドユーザは、隔離病棟を持つ大規模病院である。提供するサービスは、隔離病棟とナースステーションの遠隔モニタリングとし、生体情報機器のデータと並行して 4K 映像を伝送し、直接回診をしなくても患者の容態を把握することができる。

自治体はユーザかつ基地局の免許人となる。当社は、活用モデルの導入に伴う実装支援を行い、ローカル 5G 基地局の導入・運用を行うネットワークベンダーと映像伝送システムを提供するシステムベンダー、生体情報機器を扱う医用機器メーカーが病院にローカル 5G 活用モデルの各サービスを提供する。

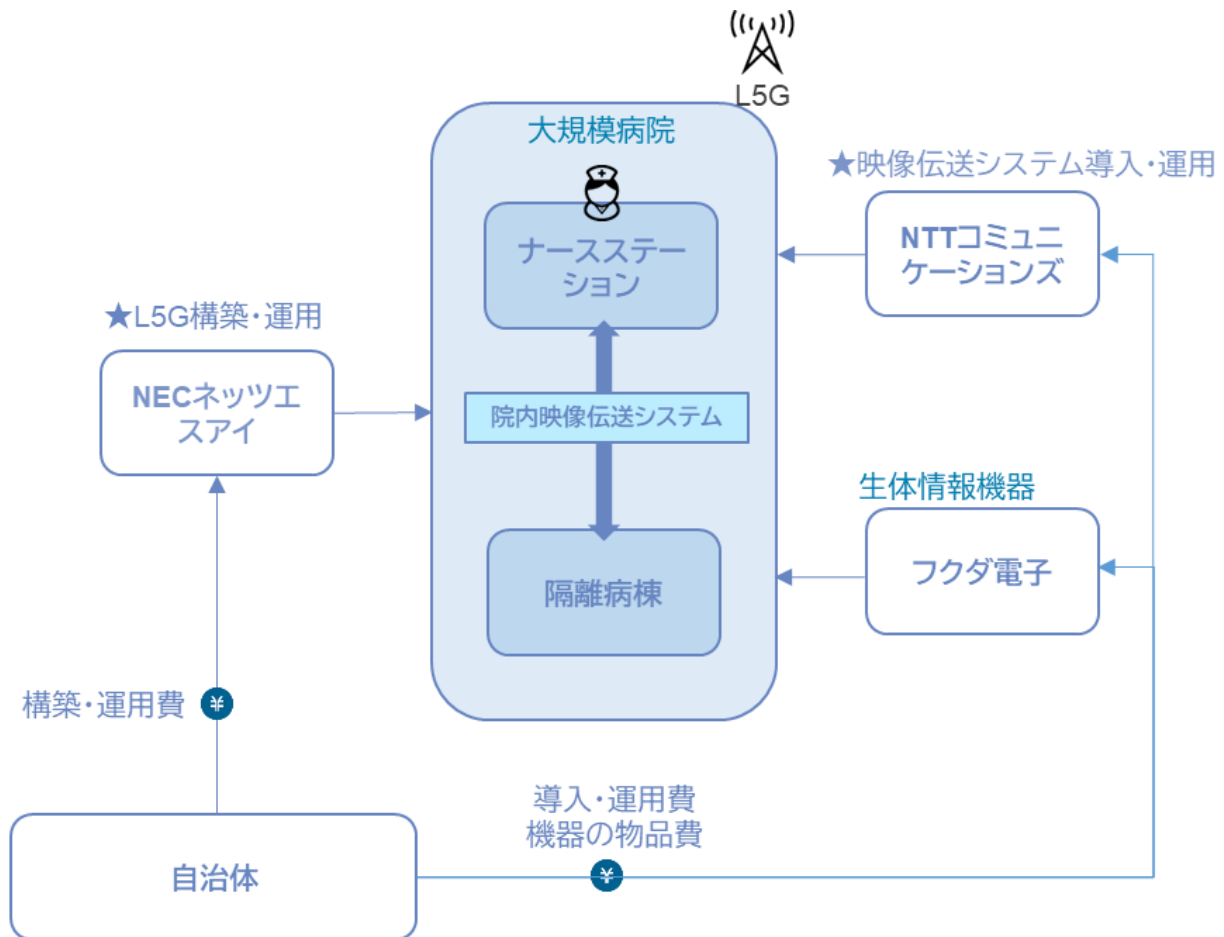


図 4.3.2-19 課題実証①の実装モデル

イ) 課題実証②のビジネスモデル

課題実証②-1のエンドユーザは、救急患者を搬送する救急隊をもつ消防署と搬送先の病院である。提供するサービスは、救急搬送時の患者の容態を的確に把握できる伝送システムとし、生体情報機器のデータと併せて 4K 映像を伝送し、従来の電話による主観情報のみでなく、客観情報を伝送することができる。

自治体はユーザかつ基地局の免許人となる。当社は、活用モデルの導入に伴う実装支援を行い、病院側にローカル 5G 基地局の導入・運用を行うネットワークベンダーと、救急車の走行ルートに 5G 網を整備し、映像伝送システムを提供するシステムベンダー、生体情報機器を扱う医用機器メーカーが救急車にローカル 5G 活用モデルの各サービスを提供する。

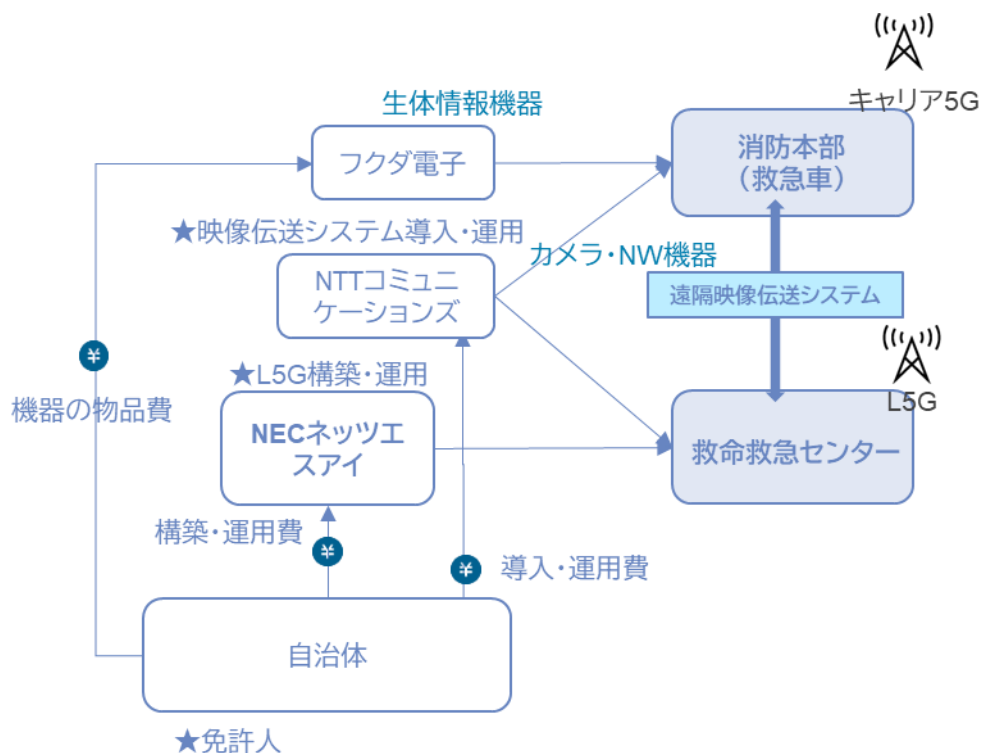


図 4.3.2-20 課題実証②-1 の実装モデル

課題実証②-2のユーザは、患者の転院搬送を行う専門医のいる病院と専門医不在の病院である。提供するサービスは、専門医が遠隔地の病院にいる医師と迅速に的確に患者の容態を把握できるコミュニケーションサービスとし、患者の転院搬送等の判断を改善する。

自治体はユーザかつ基地局の免許人となる。当社は、活用モデルの導入に伴う実装支援を行い、ローカル 5G 基地局の導入・運用を行うネットワークベンダーと、コミュニケーションアプリをもつソフトウェアベンダーが病院にローカル 5G 活用モデルの各サービスを提供する。

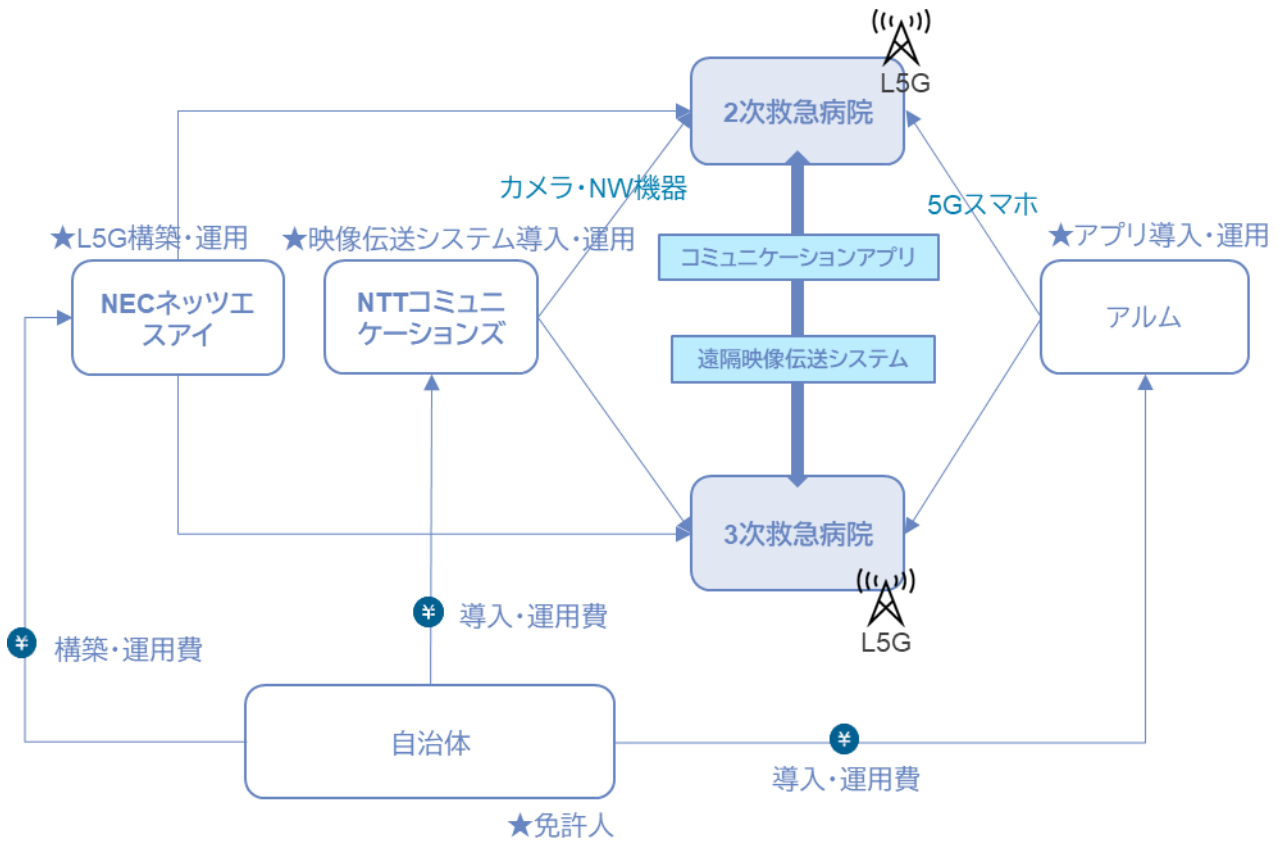
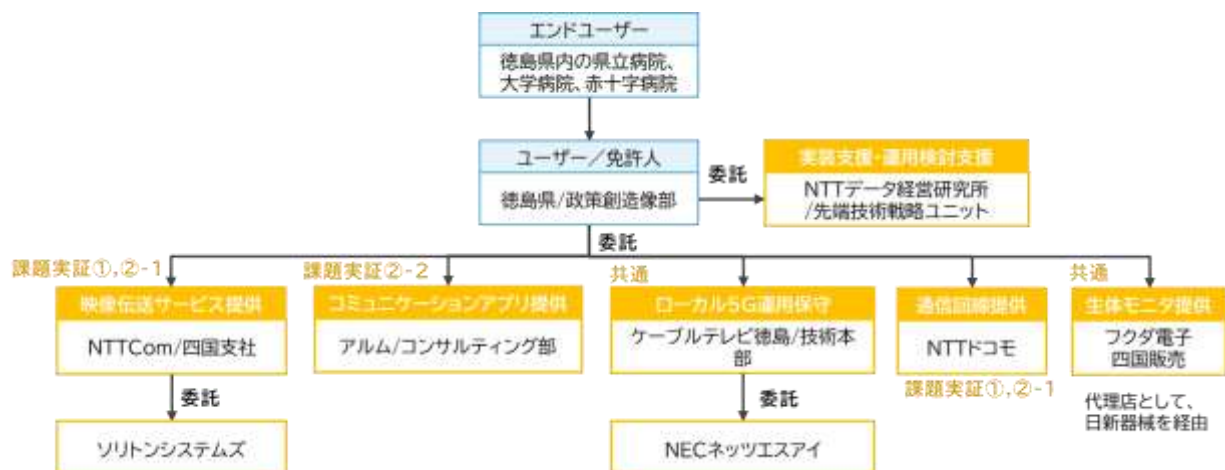


図 4.3.2-21 課題実証②-2 の実装モデル

2) 体制・役割分担

実装主体は、徳島県政策創造部地域創生局デジタルとくしま推進課が担い、県事業費または国補助金を原資として、ソリューション提供事業者やローカル 5G 構築・運用事業者等への委託を行う。詳細な役割は以下のとおり。

- 徳島県 政策創造部：実装主体であり、ソリューションおよびローカル 5G 環境の発注者を担う。また、県立病院を中心として、ソリューション提供を行うことから、県事業費を主な原資とするとともに、ローカル 5G 無線局の免許人となる。
- NTT コミュニケーションズ株式会社 四国支社：院内遠隔モニタリングおよび救急車と搬送先病院のデータ連携の両事業で活用する、4K 映像伝送のための遠隔映像伝送システム「ZaoCloudView」の導入および運用・保守を担う。また、遠隔映像伝送に用いる 4K カメラや通信機器（ベッドサイドモニタは含まない）についても併せて提供する。「ZaoCloudView」の開発は、株式会社ソリトンシステムズにて担う。
- 株式会社アルム コンサルティング部：2 次救急-3 次救急間のデータ連携に事業において活用する、医療関係者コミュニケーションアプリ「Join」の導入および運用・保守を担う。また、映像伝送に用いる 4K カメラ等通信機材については、NTT コミュニケーションズより提供し、通信サービスについては NTT ドコモより提供する。
- ケーブルテレビ徳島株式会社 技術本部：ローカル 5G の基地局構築、DAS 拡張、基地局、DAS の運用・保守を担う。構築や運用・保守における役務や物品については、NEC ネットズエスアイ株式会社へ委託を行う。
- 株式会社 NTT ドコモ：救急車と搬送先病院のデータ連携の事業で活用する、キャリア 5G ネットワーク回線、モバイル閉域網、クラウドサーバの提供を行う。
- フクダ電子四国販売株式会社：院内遠隔モニタリングの事業で活用するベッドサイドモニタおよびセントラルモニタの提供および保守を担う。加えて、救急車と搬送先病院のデータ連携、2 次救急-3 次救急間のデータ連携の両事業で活用するベッドサイドモニタの提供および保守を担う。
- 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 先端技術戦略ユニット：実装主体である徳島県に対して、事業企画支援や実装・運用検討に係る一連のプロジェクトマネジメント支援を担う。



3) 導入効果

本実証で行った遠隔モニタリングおよび救急医療のデータ連携では、ユーザである医療従事者とそのエンドユーザとなる患者に対して、以下の提供価値を生むことを想定する。

ア) 課題実証①の提供価値

- 看護師の隔離病棟への入退出機会の多くは、ベッドサイドモニタ等の機材に関する確認業務に充てており、これらを遠隔化することによって1日に数回から数十回の入室削減効果が見込まれる。
- 隔離病棟の入退出時に行う感染防護具の着脱という作業を行う回数が減り、身体的にも精神的にもストレス軽減につながる。
- 入退出をせずに、せん妄や不穏行動のある患者の容態を確認できることから、医療安全の向上につながる。

イ) 課題実証②の提供価値

- 救急搬送の業務うち、外傷患者における容態の把握、外傷・心不全における医療器具などの準備、救急隊から医師への申し送りの各プロセスが効率化され、処置開始までの時間短縮が期待される。
- 救急搬送において高精細な 4K 映像によるコミュニケーションを行うことで、救急隊員による搬送中の的確な処置が可能になることに加え、医師のサポートによる救急隊員の心理的負担を軽減する。
- 2次救急病院において、高精細な患者映像を共有しながら、3次救急の専門医からコンサルテーションや治療指示を受けることが可能となり、2次救急の医療従事者の心理的負担軽減につながる。
- 映像やバイタルの共有によって、従来よりも詳細な患者容態を伝えることができるため、2次救急から3次救急へ転院搬送される際に、受け入れ後の業務負担軽減に繋がる。

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行


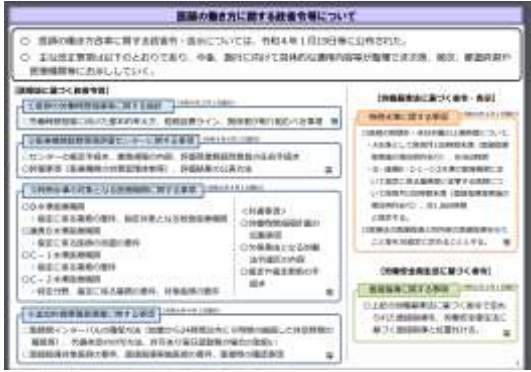
1) 課題実証①

本実証で実施する医用テレメータに関わる混信対策の事例は、医療業界における課題解決に資するものであるため、特に医療系を扱うメディアを中心としたメディア露出やセミナーの開催などが、普及展開の方策としては妥当であると考えられる。

また、医療従事者の働き方改革推進の必要性も高まっていることから、厚生労働省や各自治体と連携しながら先進テクノロジーを利用した医療業界の DX を推進していくことも重要である。

(表 4.3.2-5)

表 4.3.2-5 普及展開方策

医療機関	働き方改革への取組
<p>セミナーやメディアを活用した普及展開を想定する。</p> 	<p>厚生労働省とも歩調を合わせながら取組を進めていくことを想定する。</p>  <p>https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/000900463.pdf</p>

a. 検証項目

本システムが、遠隔モニタリングだけではなく、遠隔 ICU 等の取組へと発展していくことが、実装性を高めることに繋がっていく。遠隔 ICU へと検討を進めるための本システムの課題や改善点を明らかにする。

b. 検証方法

医師へのアンケート調査によって、遠隔 ICU の可能性を検証する。(表 4.3.2-6)

表 4.3.2-6 遠隔 ICU に向けたアンケート項目

No.	評価・検証項目	定性評価
1	遠隔 ICU で検討されているように、他院へのコンサルテーションを実施する場合、本システムの4K映像は有用であるか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)
2	映像や医用テレメータのデータ以外に遠隔 ICU で必要となるデータは何か	具体的意見をコメント
3	本システム導入によって、遠隔 ICU の検討は進むと考えるか	5段階評価 (1:全く思わない、3:どちらでもない、5:大変そう思う)

c. 検証結果及び考察

表 4.3.2-6 で示したアンケートの結果を表示する。(表 4.3.2-7) この結果は、遠隔 ICU 委員会で検討されていることにフィードバックなども行うことができ、実装性が前進することが期待される。

表 4.3.2-7 遠隔 ICU のアンケート結果

No.	評価・検証項目 (定性効果)	評価者
1	遠隔 ICU で検討されているように、他院へのコンサルテーションを実施する場合、本システムの 4K 映像は有用であるか	図示
2	映像や医用テレメータのデータ以外に遠隔 ICU で必要となるデータは何か	一覧表
3	本システム導入によって、遠隔 ICU の検討は進むと考えるか	図示

2) 課題実証②

a. 検証項目

本ローカル 5G 活用モデルは、救急隊の受け入れ先となる病院が決定した後の映像・バイタルを受け入れ先病院へ共有することがコンセプトである。これは、受け入れ確定以前から、多数の救急搬送要請に対して、その都度、病院側が対応することはリソース上困難なためである。一方で、救急搬送の一極集中を防ぐことも重要な課題であり、徳島県では「救急搬送支援システム」という救急隊と病院との情報共有のためのシステムの導入を推進している。本事業で構築する「遠隔映像伝送システム」との連携によって、受け入れ前後でのメディカルコントロールが向上することが見込まれる。そこで、この「救急搬送支援システム」と「遠隔映像伝送システム」との連携した運用スキームの検討を行い、救急医療全体の質向上につながるモデルとして実装の訴求力向上を図る。

b. 検証方法

徳島県においては、病院の救急応需情報を救急隊へリアルタイムに共有する「救急搬送支援システム」の導入を進めており、このシステムと連携した実装を想定する。今後は、徳島医療コンソーシアム推進協議会の 15 病院にも本接続環境を展開するとともに、メディカルコントロール協議会とも連携し、救急患者受け入れの一極集中を防ぐ、全県内にまたがる機能向上として、運用課題（ネットワークを介した救急患者の病態を確認・判断するサービスのセンター化等）に向けた、検討を本事業後の令和 5 年度より開始する。加えて、この「救急搬送支援システム」との連携に向けた要件整理についても合わせて検討を開始する。

c. 検証結果及び考察

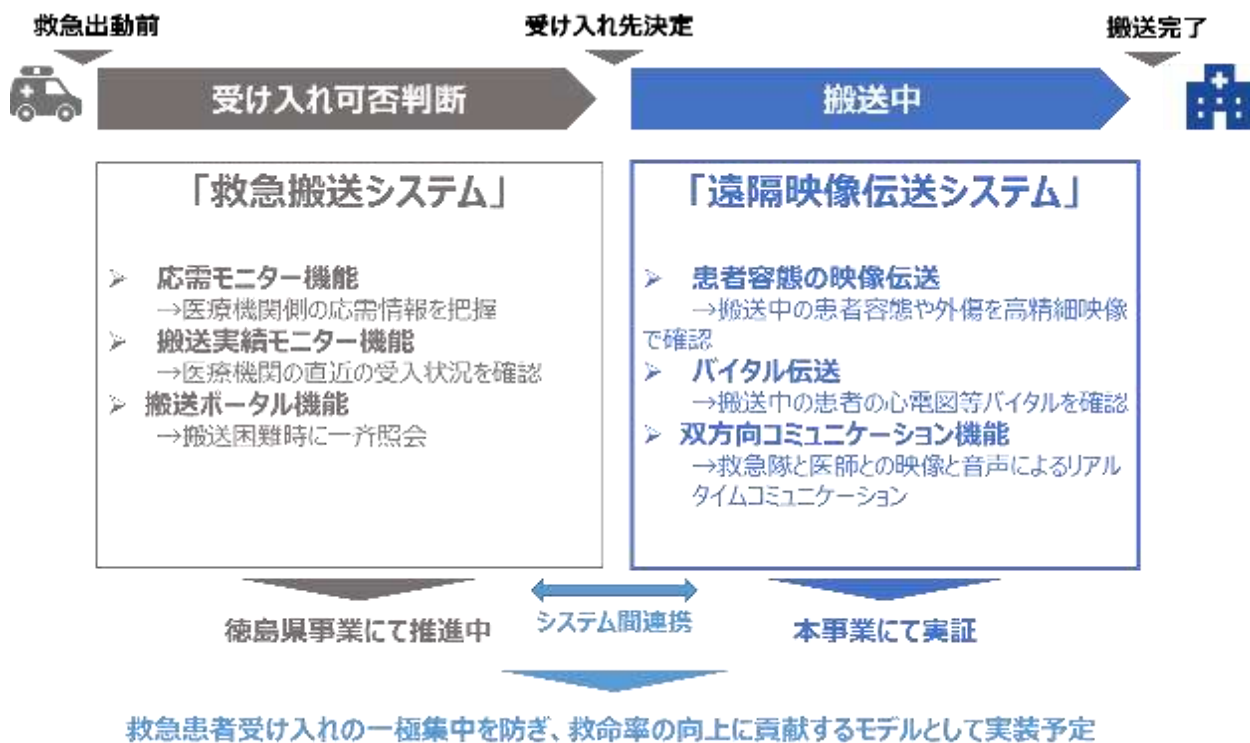


図 4.3.2-22 徳島県「救急搬送支援システム」との連携方針に関するアウトプットイメージ

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

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

1) 課題実証①

医療機関でローカル 5G を活用する際や遠隔モニタリングを実現するためには以下の課題があると認識している。

- 1) 病院の屋内で区切りの多い建物内で十分な無線カバレッジを確保し、運用体制を整備すること。
- 2) 遠隔モニタリングの運用方法を院内で浸透させ、有効活用すること。

なお、実証過程で新たに判明した課題に対しても、随時、解決策の検討と対応を行う。

2) 課題実証②

実装に向けて、医療機関や救急隊での運用方法、搬送患者の個人情報や医療データへの情報セキュリティ対策、搬送先病院における5Gのカバーエリアの確保が主な課題と考えられる。運用方法については、医療機関や救急隊における既存の業務プロセスとの差異や、リアルタイムに患者の容態を確認する第三者機関の必要性、ステークホルダーとなる医療機関同士での役割分担の明確化といった課題が存在する。セキュリティ対策の面では、救急搬送中の患者の映像の取り扱いといった個人情報保護への対応が求められる。ソリューションの機能面では、ユーザである医療従事者のニーズに則して、利便性を考慮した機能改善が必要である。

● 実装に向けた課題

➤ 運用面の課題

- 従来の医療機関における体制では、救急車から伝送される情報を常時モニタリングするリソースはない。

➤ セキュリティ面の課題

- 救急搬送中の患者情報に対しては、プライバシー保護のための対策が求められる。しかしながら、救急患者に対して、その場で同意取得を得ることは困難であるため、別の方法を検討する必要がある。

➤ 機能面の課題

- 搬送先医師が任意のカメラ映像や生体情報を拡大して見ることができるよう、モニタ画面構成の柔軟性や受け手側からのズーム等の操作性が求められる。
- 救急車側の音声は、救急隊員だけでなく、呼吸状態等の確認のために、患者の音声も伝送する必要がある。一方で、救急車のサイレン音といったノイズとなる音についてはフィルタリングされなければならない。

4.4.2.2.(1)および4.4.2.2.(2)に記載した事業スキームと普及展開シナリオをベースに実証を進める。並行して、実装の主体である徳島県を中心に、実装に向けたソリューションの導入・維持コストのための予算化、および事業者の再検討を行う。さらに、事業スキームの横展開に向けて、県内の他の公的病院への情報共有を行いつつ、ソリューションの普及展開の種まきとなる活動を行う。

(2) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

1) 課題実証①

本実証においては、前項の各課題について以下のように対応方針を立案した。

課題 1) 光 DAS による院内無線カバレッジの拡張

技術実証テーマ II の検証結果から、光 DAS によって干渉なく無線カバレッジの拡張が可能であることを確認しており、徳島県立中央病院に既設のローカル 5G 基地局をベースに、徳島県立中央病院内および新設予定の ER 棟へのエリア拡張を進める方針である。また、隣接する徳島大学病院内においても、手術室や隔離病棟でのエリア化を検討中である。

令和 5 年度の徳島県事業において、徳島県立中央病院に新設される ER 棟へ、光 DAS によるエリア拡張を行うことを予定している。

課題 2) 遠隔モニタリングの適用対象と場面の選定

4.3.1(1)において、医療従事者へのヒアリング結果から、遠隔モニタリングが有効か簡用可能と考えられる業務および場面を抽出した。対象となる業務や場面によって、求められるソリューションの機能や運用の要件が異なることがわかっており、業務および場面に応じた運用シナリオの検討が必要である。個別の病院にカスタマイズすることは汎用性やコスト面で現実的ではないことから、徳島県内の基幹病院で共通のソリューション要件を整理する必要がある。令和 5 年度に、徳島県主導のもと、「徳島医療コンソーシアム推進協議会」において、共通の要件や運用シナリオを合議する。

2) 課題実証②

本実証においては、前項の各課題について以下のように対応方針を立案した。

課題 1) 関連協議会を通じた関係者間での運用検討

消防隊については、徳島県メディカルコントロール協議会において、救急搬送におけるソリューションの運用方法を検討する。運用検討にあたっては、ソリューションを適用する患者症例の選定、適用症例におけるプロトコルの見直し、搬送先病院とのコミュニケーション方法の確立を主な検討論点として設定する。

一方、搬送先病院については、徳島医療コンソーシアム推進協議会を通じて、県内の 3 次救急を担う救命救急センター間で協議のうえ、受け入れ先施設側のソリューションの運用方法を検討する。

令和 5 年度に、徳島県主導のもと、徳島県メディカルコントロール協議会および徳島医療コンソーシアム推進協議会での合議を進める。

課題 2) 個人情報保護への配慮

救急搬送中の患者映像は個人情報に該当するため、個人情報保護法を順守したソリューションの運用を行うことが不可欠である。特に、患者映像の保管先、患者映像を受け取る搬送先施設側での情報取扱い方法について整備を行う必要がある。そこで、ソリューションのアーカイブに対する機能要件、搬送先施設での映像を表示するモニタの設置場所等の要件を検討する。検討にあたっては、令和5年度上期に、NTT データ経営研究所にて、関連省庁や団体への意見収集を行い、専門家の見解を踏まえて、個人情報保護法に則したソリューションの運用方法を設定する。

課題3) 機能改善要件への対応検討

4.3.1(2)の検証結果から、救急車走行中のサイレン音等のノイズについては、ノイズキャンセリング機能をもったヘッドセットを救急隊員が着用することで、搬送先施設との間で明瞭に音声コミュニケーションが可能であることが検証された。一方で、搬送先施設のモニタ画面の構成については搬送先施設側で柔軟に切り替えができる機能が必要であることがわかった。具体的には、計4つの映像（俯瞰カメラ、固定カメラ、ウェアラブルカメラ、生体モニタ）を同時に表示しつつ、場面に応じて特定の映像を拡大して見ることができるといった機能である。また、救急隊員が気管挿管を行う際に用いるビデオ喉頭鏡の小型モニタに投影される気管内の映像を、4Kカメラで投影できるようなカメラの配置または、ズーム機能の運用が望ましい。ビデオ喉頭鏡のモニタ映像伝送については、どの4Kカメラで伝送すべきか、救急隊員の運用性を鑑みて更なる検討が必要である。

令和5年度に、上記機能改善について、映像伝送システムおよびカメラ等機材を担当するNTTコミュニケーションズ株式会社にて改善策の検討を行う。加えて、消防隊での運用については、徳島県主導のもと、徳島県メディカルコントロール協議会での合議を進める。

4.3.4 ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開

(1) 実装・普及展開シナリオ

1) 目指すべき姿

ア) 課題実証①について

徳島県内の県立病院 4 施設を対象に、隔離病棟における院内の遠隔モニタリングの仕組みを提供し、医療従事者の業務負担軽減を行う。

イ) 課題実証②

徳島県内で救急搬送件数上位の県立病院 4 施設および赤十字病院を対象に、救急搬送中の映像伝送を行う仕組みと、2 次救急と 3 次救急間の映像伝送を行う仕組みを提供し、メディカルコントロールの質向上、救急搬送プロセスおよび転院搬送判断の適正化を行い、救命率の向上と救急に係る医療従事者の負担軽減を行う。

2) 現時点の課題（ミッシングピース）

a. 提供費用

県内県立病院へのローカル 5G の導入・維持に係る費用ならびにソリューションの導入・維持に係る費用については、徳島県にて予算化を進めているところである。また、徳島県の予算が不足する場合に備え、自治体への国助成金を活用する方向で提案の検討を行っている。参考として、想定する各種費用を以下に示す。

ア) 課題実証①

L5G 関連の導入・維持費用として、年間約 8 百万円/基地局を見込む。また、映像伝送サービスの導入・維持費用は、①において年間約 8 百万円/施設を見込む。L5G 関連の費用は、徳島県にてすでに予算化の目途が立っており、令和 5 年度の継続利用を行う。映像伝送サービスに係るアプリケーション費用については、令和 6 年度の実装に向けて、県による予算化を進める。

イ) 課題実証②

L5G 関連の導入・維持費用として、年間約 8 百万円/基地局を見込む。また、映像伝送サービスの導入・維持費用は、②-1 において年間約 6 百万円を見込む。施設間でのコミュニケーションアプリの導入・維持費用 (②-2) は、年間約 14 百万円/施設を見込む。L5G 関連の費用は、徳島県にてすでに予算化の目途が立っており、令和 5 年度の新規構築および既存環境の継続利用を行う。映像伝送サービスに係るアプリケーション費用については、国助成金を活用しつつ令和 5 年度の追加的実証 (4.3.4(2)参照) により運用課題への対策を行ったうえで、令和 6 年度以降の実装に向けて県による予算化を進める。

b. ソリューションの性能改善

本実証で用いたソリューションのうち、遠隔モニタリングおよび映像伝送システムについては、医療用のサービスではないことから、医療機関をユーザとした際に不足する機能が存在すると思われる。そこで、実証を進めるなかで、ユーザとなる医療従事者の視点でソリューションの利便性についてニーズのヒアリングを実施した。その結果、下記の機能改善要件を抽出した。

ア) 課題実証①

隔離病棟を担当する医療従事者の意見・要望を踏まえ、遠隔での操作性、ズーム機能の有無、可搬性等、カメラの性能要件や設置要件を抽出している。これらの要件を満たすカメラの再選定を行い、医療従事者のニーズに沿ったソリューションを提供する。

また、医療従事者の業務負担をより軽減するために、伝送された映像に対して、患者の表情や動作の認識をする AI 画像認識機能をアドオンする。

イ) 課題実証②

救急医療を担当する医療従事者の意見・要望を踏まえ、遠隔での操作性、ズーム機能の有無、可搬性、救急車内の環境への適合性を鑑みたカメラの性能要件や設置要件を抽出している。これらの要件を満たすカメラの再選定を行い、医療従事者のニーズに沿ったソリューションとするための機能改善を行う。

また、②-1 の救急車とのデータ連携を行うソリューションに対しては、1 つの病院に対して複数台の救急車が同時搬送されるケースが想定されることから、1 対多運用に適応した UI 設計や機能の追加開発を行う必要がある。

(2) 実装計画

1) 実装計画の作成方法

徳島県では、令和2年より「デジタルとくしま推進プラン」を策定し、ローカル5Gの基盤整備を推進しており、既に、徳島県立中央病院、徳島県立海部病院、徳島県立三好病院において、ローカル5Gシステムが整備されている。本プランのもと、徳島県を実装主体として、ローカル5Gの他の病院へのさらなる拡大と、課題実証①および課題実証②のソリューションを県下の基幹病院へ普及展開を行う。

2) 実装計画の要約

■実装計画要約シート

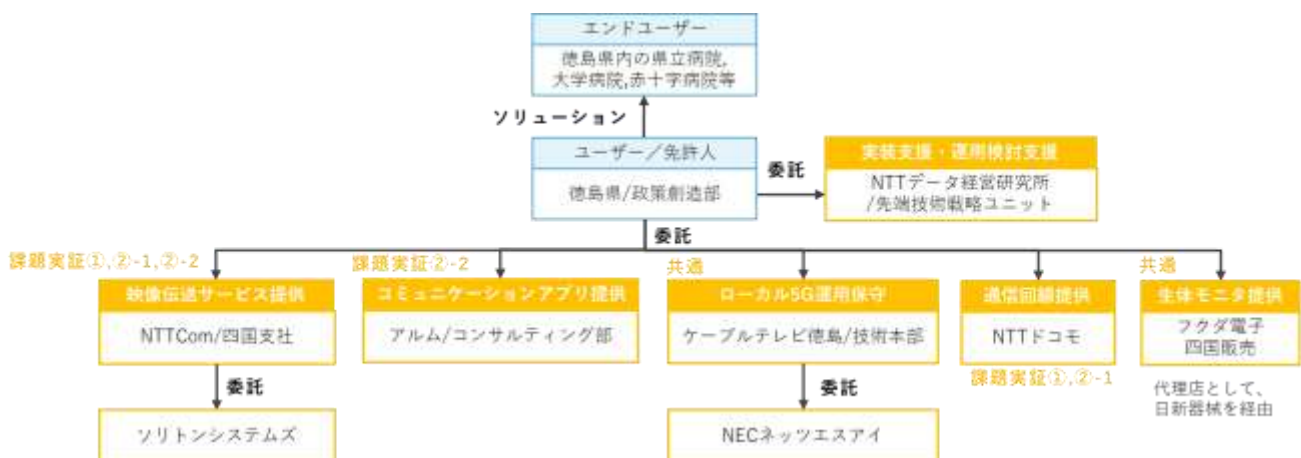
開 20 代表機関名	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所	分野	医療・ヘルスケア				
実証件名	高精細映像伝送による院内 ICU 等の遠隔モニタリング及び救急医療連携の高度化に関する実証						
実施体制							
	令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)	
実装計画	遠隔モニタリングシステム	開発実証	課題対応	コンソ内実装	他の県内県立病院への横展開		
	救急車-病院間の遠隔映像伝送システム	開発実証	課題対応	コンソ内実装	他の県内県立病院および管轄消防隊への横展開		
	2次救急-3次救急間の遠隔映像伝送システム	開発実証	運用体制構築	コンソ内実装	他の県内県立病院での環境構築		
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装				
収支計画(千円)	(1) ユーザから得る対価※1	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(2) 補助金・交付金※2	—	—	—	—	—	—
	(3) 収入((1)+(2))	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(4) ネットワーク設置費	—	21,000	10,000	0	0	0

	(5)ネットワーク運用費	—	8,400	12,000	13,200	13,200	13,200
	(6)ソリューション導入費 ※3	—	0	51,900	26,300	26,300	34,100
	(7)ソリューション運用費 ※4	—	3,000	16,900	16,700	19,700	25,700
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(9)収支((3)-(8))※5	—	0	0	0	0	0
収入、支出の算定根拠							
※1: ユーザは徳島県であり、県がネットワークおよびソリューションのコスト(支出)を負担するものとして記載する。なお、令和5年度については、県負担のもとでローカル 5G システムを継続利用する。 ※2: 国補助金を活用する想定であるが、未確定のため“0”と記載 ※3: 映像伝送システムおよびコミュニケーションアプリの施設当たりの導入費をもとに試算 ※4: 映像伝送システムおよびコミュニケーションアプリの施設当たりの年間運用費をもとに試算							
実装を確実にするための取組		どのようにして(手段、取組方法、アウトカム)		いつまでに			
	提供コスト低減	機器調達価格の低減、ボリュームディスカウント、5G 基盤統合による費用の按分負担		R5 年度中			
	ソリューション追加開発	医療従事者の現場ニーズに沿った UI 改良		R5 年度中			
	顧客開拓	他県での潜在ニーズを調査しターゲットとなる自治体や病院をあらかじめ選定		R6 年度中			
	運用面の改善	徳島医療コンソーシアム推進協議会を通じた医療機関同士での運用検討・合議		R5 年度中			
	ルールメイキングへの貢献	プライバシー保護の解釈に則した機能改善・運用検討		R5 年度中			
計画した収入を下回った場合の対応方法(資金調達など) ・ソリューションの評価基準は、地域医療における救命率向上および医療従事者の労務負担軽減による効果を設定している ・R5年度以降、国補助金を活用しながら、ソリューションの実装準備およびローカル 5G 導入を推進する。							

a. 実施体制

実装主体は、徳島県政策創造部地域創生局デジタルとくしま推進課が担い、県事業費または国補助金を原資として、ソリューション提供事業者やローカル 5G 構築・運用事業者等への委託を行う。詳細な役割は以下のとおり。

- 徳島県 政策創造部：実装主体であり、ソリューションおよびローカル 5G 環境の発注者を担う。また、県立病院を中心として、ソリューション提供を行うことから、県事業費を主な原資とするとともに、ローカル 5G 無線局の免許人となる。
- NTT コミュニケーションズ株式会社 四国支社：課題実証①で行った院内遠隔モニタリング、および課題実証②-1 で実施した救急車と搬送先病院のデータ連携の両事業で活用する、4K 映像伝送のための遠隔映像伝送システム「ZaoCloudView」の導入および運用・保守を担う。また、遠隔映像伝送に用いる 4K カメラや通信機器（ベッドサイドモニタは含まない）についても併せて提供する。「ZaoCloudView」の開発は、株式会社ソリトンシステムズにて担う。
- 株式会社アルム コンサルティング部：2 次救急-3 次救急間のデータ連携に事業において活用する、医療関係者コミュニケーションアプリ「Join」の導入および運用・保守を担う。また、映像伝送に用いる 4K カメラや通信サービスについては、NTT コミュニケーションズ株式会社の「ZaoCloudView」により提供する。
- ケーブルテレビ徳島株式会社 技術本部：ローカル 5G の基地局構築、DAS 拡張、基地局、DAS の運用・保守を担う。構築や運用・保守における役務や物品については、NEC ネットズエスアイ株式会社へ委託を行う。
- 株式会社 NTT ドコモ：救急車と搬送先病院のデータ連携の事業で活用する、キャリア 5G ネットワーク回線、モバイル閉域網、クラウドサーバの提供を行う。
- フクダ電子四国販売株式会社：院内遠隔モニタリングの事業で活用するベッドサイドモニタおよびセントラルモニタの提供および保守を担う。加えて、救急車と搬送先病院のデータ連携、2 次救急-3 次救急間のデータ連携の両事業で活用するベッドサイドモニタの提供および保守を担う。
- 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 先端技術戦略ユニット：実装主体である徳島県に対して、事業企画支援や実装・運用検討に係る一連のプロジェクトマネジメント支援を担う。



b. 実装計画（実施事項）

令和 5 年度は、関係者の合議のうえでソリューションの運用が行われるよう、「徳島医療コンソーシアム推進協議会」を通じて、ソリューションの運用方法を関係先病院間や消防本部と議論のうえ合意を得る期間とする。令和 6 年度以降、まず実証フィールドである徳島県立中央病院、徳島県立海部病院、徳島赤十字病院、徳島大学病院へのソリューションの実装を行い、効果について実績を蓄積したうえで、他の県内基幹病院への同モデルの横展開先を進める。

ア) 徳島医療コンソーシアム推進協議会の運営

徳島医療コンソーシアム推進協議会の運営について以下に示す。徳島県病院局では、令和 3 年度に策定した病院事業経営計画において、救急医療の機能強化および 5G を活用した遠隔医療の推進を掲げており¹⁶、県立病院を含む 15 病院により構成される徳島医療コンソーシアム推進協議会を通じて 5G 活用について協議を進めている。令和 5 年度の協議では、各ソリューションの意義、役割、運用方法について関係医療機関で共通認識を醸成することを目的とし、本実証での成果を踏まえ、各ソリューションを臨床現場に実装していく際の課題と対策について議論を行い、ソリューションの運用モデルを策定することを最終目標とする。

- 協議会主幹
徳島県病院局
- 協議会出席者
徳島県知事、病院事業管理者等、県内医療機関 15 病院
- 連携病院リスト
1.1.3 章を参照
- 徳島県病院事業経営計画（一部を抜粋）
 - 救命救急医療の充実強化
徳島県立中央病院に ER 棟を整備し、「救命救急センター」としての機能強化を行い、ICU の拡充により救命率の向上など救急医療の充実を図る。
 - 最新の情報通信機器を活用した遠隔医療の推進
「5G」の活用による遠隔診療，遠隔診断，遠隔救急医療の取組や、スマートフォン・タブレット端末を活用したシステムの検討により、へき地医療をはじめとする地域医療の課題解決に向けた遠隔医療を推進する。

¹⁶ 徳島県病院事業経営計画（第 2 期）

<https://tph.pref.tokushima.lg.jp/businessPlanetc/businessPlan/managementSoundnessPlan/>

- 令和5年度の協議案（検討中）
 - 各ソリューションの実装時における課題の整理
 - ✧ 実証結果を踏まえ、協議会メンバーでの討議のもと、実装時に想定される運用面の課題、機能面の課題。費用面の課題を抽出する。
 - 課題への対応策の検討
 - ✧ 上記課題に対して、課題への対策の要否、課題の優先度、具体的解決策を討議する。具体的解決策は、ハードウェア・ソフトウェアの機能改善に加え、ユーザである医療機関や消防隊の運用による解決方法についても議論する。
 - 各ソリューション運用モデルの策定

以下事項について検討のうえ協議会での合意を得る。

 - 各ソリューションの役割と目的の定義
 - 利活用される対象業務の明確化
 - システム構成
 - 導入手順
 - 運用方法

イ) 各ソリューションの実装計画

- 令和5年度
 - 各ソリューション共通
 - 各ソリューションの実装に向けて、徳島県メディカルコントロール協議会ならびに徳島医療コンソーシアム推進協議会を通じた運用検討を行う。
 - 遠隔モニタリング（課題実証①）
 - カメラの性能要件や設置要件を満たすよう機材の再選定を行う。
 - 患者の表情や動作の認識をする AI 画像認識機能について要求仕様を検討する。
 - 救急医療の遠隔データ連携（課題実証②-1, ②-2 共通）
 - ローカル 5G 環境について、2次救急病院である JA 徳島厚生連阿南医療センターと JA 徳島厚生連吉野川医療センターに基地局を整備するとともに、3次救急病院である徳島市民病院にも基地局を整備する。
 - 実装に向けた追加的実証として、本実証モデルを拡張し、複数の消防局と複数の搬送先とのローカル 5G システムによる遠隔データ連携、および複数の 2次救急病院と複数の 3次救急病院とのローカル 5G システムによる遠隔データ連携という N 対 N のユースケースにおける機能検証と効果検証を行う。想定する各実証フィールドは以下のとおり。
 - 消防局：阿南市消防、海部消防組合、鳴門市消防
 - 2次救急：阿南医療センター、徳島県立海部病院、徳島県鳴門病院
 - 3次救急：徳島県中央病院、徳島赤十字病院
 - 上記 N 対 N のユースケースに対応するため、遠隔映像伝送システムにおいて以下の機能改善を行う。

- 映像受信側となる病院において、特定の救急車内映像を選択して画面表示させるような UI 機能
- 救急車内の環境に適したカメラおよび生体情報機器の再選定
- 救急車において、救急隊員-医師間と患者-医師間でそれぞれの音声デバイスを切り替えるため、1台の親機で、数の Bluetooth オーディオデバイスを同時利用可能となるデュアル Bluetooth 対応機種を選定
- 複数台の救急車が同時搬送される 1 対多運用に適応した UI 設計や機能の追加開発
- 2 次救急病院の限られたリソースに対応した遠隔映像伝送システムに対する UI の簡素化
- 個別の病院における設置要件に対応できるよう、天井据え付けカメラやウェアラブルカメラなどの対応カメラ機種の拡大

● 令和 6 年度

➤ 遠隔モニタリング（課題実証①）

- 徳島県立中央病院 ER 棟への DAS 増設を行うとともに、遠隔映像伝送システムの導入を行う。
- 徳島大学病院内での DAS 増設を行うとともに、遠隔映像伝送システムの導入を行う。

➤ 救急車-搬送先との遠隔データ連携（課題実証②-1）

- 阿南市消防から徳島赤十字病院へ搬送されるケースを想定し、救急車 1 台と病院内 ER 区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
- 鳴門市消防から徳島県鳴門病院へ搬送されるケースを想定し、救急車 1 台と病院内 ER 区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
- 海部消防組合から徳島県立海部病院へ搬送されるケースを想定し、救急車 1 台と病院内 ER 区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。

➤ 2 次救急-3 次救急間の遠隔データ連携（課題実証②-2）

- 徳島県立海部病院の救急患者に対して、徳島赤十字病院から遠隔 DtoD を行うケースを想定し、両病院内 ER 区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。（海部病院については既にコミュニケーションアプリを導入済み）
- 徳島県立海部病院の救急患者に対して、徳島県立中央病院から遠隔 DtoD を行うケースを想定し、両病院内 ER 区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。（海部病院については既にコミュニケーションアプリを導入済み）

- 令和7年度
 - 遠隔モニタリング（課題実証①）
 - 令和6年度に構築した環境の運用を継続する。
 - 救急車-搬送先との遠隔データ連携（課題実証②-1）
 - みよし広域連合消防から徳島県立三好病院へ搬送されるケースを想定し、救急車1台と病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。（三好病院については、既にローカル5G基地局整備済み）
 - 徳島市消防から徳島県立中央病院へ搬送されるケースを想定し、救急車1台と病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
 - 2次救急-3次救急間の遠隔データ連携（課題実証②-2）
 - 徳島県立三好病院の救急患者に対して、徳島県立中央病院または徳島赤十字病院から遠隔DtoDを行うケースを想定し、三好病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。
- 令和8年度
 - 遠隔モニタリング（課題実証①）
 - 令和6年度に構築した環境の運用を継続する。
 - 救急車-搬送先との遠隔データ連携（課題実証②-1）
 - 阿南市消防から阿南医療センターへ搬送されるケースを想定し、救急車1台と病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
 - 徳島中央広域消防から吉野川医療センターへ搬送されるケースを想定し、救急車1台と病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
 - 2次救急-3次救急間の遠隔データ連携（課題実証②-2）
 - 徳島県鳴門病院の救急患者に対して、徳島県立中央病院または徳島赤十字病院から遠隔DtoDを行うケースを想定し、鳴門病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。
- 令和9年度
 - 遠隔モニタリング（課題実証①）
 - 令和6年度に構築した環境の運用を継続する。
 - 救急車-搬送先との遠隔データ連携（課題実証②-1）
 - 徳島市消防から徳島市民病院へ搬送されるケースを想定し、救急車1台と病院内ER区画へ遠隔映像伝送システムの導入を行う。
 - 2次救急-3次救急間の遠隔データ連携（課題実証②-2）
 - 阿南医療センターの救急患者に対して、徳島赤十字病院から遠隔DtoDを行うケースを想定し、阿南医療センター内ER区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。
 - 吉野川医療センターの救急患者に対して、徳島県立中央病院から遠隔DtoDを行うケースを想定し、吉野川医療センター内ER区画へ遠隔映像伝送システムおよび医療関係者間コミュニケーションアプリの導入を行う。

表 4.3.4-1 各ソリューションの実装計画

	R4(実証)	R5	R6	R7	R8	R9
ローカル5Gシステム導入先	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×1※ 大学病院×1(DAS) 日赤病院×1※ 海部病院×1※ 鳴門病院×1※ 三好病院×1※ 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×1 大学病院×1(DAS) 日赤病院×1 海部病院×1 鳴門病院×1 三好病院×1 阿南医療センター×1 吉野川医療センター×1 徳島市民病院×1 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×2 大学病院×2(DAS) 日赤病院×1 海部病院×1 鳴門病院×1 三好病院×1 阿南医療センター×1 吉野川医療センター×1 徳島市民病院×1 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×2 大学病院×2(DAS) 日赤病院×1 海部病院×1 鳴門病院×1 三好病院×1 阿南医療センター×1 吉野川医療センター×1 徳島市民病院×1 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×2 大学病院×2(DAS) 日赤病院×1 海部病院×1 鳴門病院×1 三好病院×1 阿南医療センター×1 吉野川医療センター×1 徳島市民病院×1 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院×2 大学病院×2(DAS) 日赤病院×1 海部病院×1 鳴門病院×1 三好病院×1 阿南医療センター×1 吉野川医療センター×1 徳島市民病院×1
課題実証①の導入先	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院 	<ul style="list-style-type: none"> 中央病院 大学病院
課題実証②-1の導入先	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 鳴門消防-鳴門病院 	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 鳴門消防-鳴門病院 海部消防-海部病院 	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 鳴門消防-鳴門病院 海部消防-海部病院 三好消防-三好病院 徳島消防-中央病院 	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 鳴門消防-鳴門病院 海部消防-海部病院 三好消防-三好病院 徳島消防-中央病院 阿南消防-阿南医療センター 徳島中央広域消防-吉野川医療センター 	<ul style="list-style-type: none"> 阿南消防-日赤病院 鳴門消防-鳴門病院 海部消防-海部病院 三好消防-三好病院 徳島消防-中央病院 阿南消防-阿南医療センター 徳島中央広域消防-吉野川医療センター 徳島消防-市民病院
課題実証②-2の導入先	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 海部病院-中央病院 	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 海部病院-中央病院 三好病院-日赤病院 三好病院-中央病院 	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 海部病院-中央病院 三好病院-日赤病院 三好病院-中央病院 鳴門病院-日赤病院 鳴門病院-中央病院 	<ul style="list-style-type: none"> 海部病院-日赤病院 海部病院-中央病院 三好病院-日赤病院 三好病院-中央病院 鳴門病院-日赤病院 鳴門病院-中央病院 阿南医療センター-日赤病院 吉野川医療センター-中央病院

×N:L5Gエリア数(同一施設内で課題実証①と課題実証②のL5Gエリアは重複しないものと仮定する。
 ただし、課題実証②-1と課題実証②-2のL5Gエリアは共用と仮定する。)
 ※:本事業費外(県予算)にてL5G整備済み

灰字:実証(実装・運用なし)
 黒字:実装かつ運用
 赤字:追加する施設・消防(実装かつ運用)

c. 収支計画

ア) 収支計画

実装に係る収支計画を表 4.3.4-2 のとおり試算している。

また、令和 5 年度以降の各支出計画における費用項目を以下に示す。なお、現時点ではあくまで目安の費用であり、実装段階で費用変動する可能性があることに留意されたい。

i) ネットワーク設置費の項目別費用

①基地局新設費：7 百万円/基地局

②DAS 増設費：3 百万円/基地局増設

R5 年度： $① \times 3 = 21$ 百万円

R6 年度： $① + ② = 10$ 百万円

ii) ネットワーク運用費の項目別費用

①基地局年間運用費：1.2 百万円/基地局

②DAS 年間運用費：2.4 百万円/エリア

R5 年度： $① \times 5 + ② = 8.4$ 百万円

R6 年度： $① \times 8 + ② = 12.0$ 百万円

R7 年度： $① \times 9 + ② = 13.2$ 百万円

R8 年度： $① \times 9 + ② = 13.2$ 百万円

R9 年度： $① \times 9 + ② = 13.2$ 百万円

【補足】

- 導入年度については運用保守費用不要。
- R6 年において大学病院の DAS 基地局 (DAS-RU) を追加するが、DAS のエリアを拡張するためのものであって、②の対象となる DAS エリア数自体は 1 エリア分の費用②を計上する。

iii) ソリューション導入費のうち、遠隔映像伝送システムに係る項目別費用

①ZaoCloudView 基盤構築費：2.3 百万円

②ユーザ施設追加費（課題実証②-1 および②-2 向け）：3.7 百万円/消防-施設のセット、2 次救急-3 次救急のセット

③ユーザ施設追加費（課題実証①向け）：4.03 百万円/施設

[遠隔映像伝送システム導入（課題実証①）]※小数点第2位以下切り上げ

R6 年度：③×2=8.1 百万円

【補足】

- 課題実証①について、R4 年度は検証のため NEC ネットエスアイの環境にて映像伝送の実証を行うが、R6 以降は本格導入として、商用製品である「ZaoCloudView」へのリプレースを行う。そのため、R6 年度で2病院分の費用③を計上する。
- R5 年度までは検証環境のため費用発生なし。
- 費用①は②-1 と共通のため不要。

[遠隔映像伝送システム導入（課題実証②-1）]

R5 年度：0

R6 年度：①+②×3=13.4 百万円

R7 年度：②×2=7.4 百万円

R8 年度：②×2=7.4 百万円

R9 年度：②=3.7 百万円

【補足】

- 課題実証②-1 について、R5 年度までを検証環境、R6 年度以降を本番環境としている。そのため、R6 年度に本格導入のための構築費用として費用①を計上する。
- R6 年度以降は、ZaoCloudView 基盤は共通のため、ユーザ施設追加費のみ発生。
- 費用②は管轄消防隊と搬送先施設のセットを1単位とする。

[遠隔映像伝送システム導入（課題実証②-2）]

R5 年度：0
R6 年度：②×2=7.4 百万円
R7 年度：②×2=7.4 百万円
R8 年度：②×2=7.4 百万円
R9 年度：②×2=7.4 百万円

【補足】

- 課題実証②-2 についても、②-1 と同様に R5 年度までを検証環境、R6 年度以降を本番環境としている。
- ZaoCloudView 基盤は②-1 と共通のため、ユーザ施設追加費のみ発生。
- 費用②は 2 次救急施設と 3 次救急施設のセットを 1 単位とする。

iv) ソリューション導入費のうち、医療関係者間コミュニケーションアプリに係る項目別費用

①改良版 Join パッケージ導入費：11.462 百万円/施設

R5 年度：0
R6 年度：①×2≒23.0 百万円（日赤病院、中央病院）
R7 年度：①≒11.5 百万円（三好病院）
R8 年度：①≒11.5 百万円（鳴門病院）
R9 年度：①×2≒23.0 百万円（阿南医療センター、吉野川医療センター）

【補足】

- 海部病院については R4 年度に実装済みのため費用発生なし。

v) ソリューション運用費のうち、遠隔映像伝送システムに係る項目別費用

①ZaoCloudView 基盤運用費（～R6）：3.2 百万円

②ZaoCloudView 基盤運用費（R7～）：4.7 百万円

③ユーザ施設運用費（課題実証②-1 向け）0.3 百万円/施設、消防-施設のセット、2 次救急-3 次救急のセット

[遠隔映像伝送システム運用（課題実証①）]

R5 年度：0
R6 年度：③×2=0.6 百万円
R7 年度：③×2=0.6 百万円
R8 年度：③×2=0.6 百万円
R9 年度：③×2=0.6 百万円

【補足】

- ZaoCloudView 基盤は②-1 と共通のため、ユーザ施設運用費のみ発生。

[遠隔映像伝送システム運用（課題実証②-1）]

R5 年度：0

R6 年度：①+③×3=4.1 百万円

R7 年度：②+③×5=6.2 百万円

R8 年度：②+③×7=6.8 百万円

R9 年度：②+③×8=7.1 百万円

【補足】

- 費用③は管轄消防隊と搬送先施設のセットを1単位とする。

[遠隔映像伝送システム運用（課題実証②-2）]

R5 年度：0

R6 年度：③×2=0.6 百万円

R7 年度：③×4=1.2 百万円

R8 年度：③×6=1.8 百万円

R9 年度：③×8=2.4 百万円

【補足】

- ZaoCloudView 基盤は②-1 と共通のため、ユーザ施設運用費のみ発生。
- 費用③は2次救急施設と3次救急施設のセットを1単位とする。

vi) ソリューション運用費のうち、医療関係者間コミュニケーションアプリに係る項目別費用

①Join年間利用費：2.772 百万円程度/施設（施設規模等により変動）

R5 年度：①×1≒3 百万円

R6 年度：①×3≒9 百万円

R7 年度：①×4≒12 百万円

R8 年度：①×5≒15 百万円

R9 年度：①×7≒21 百万円

【補足】

- 導入年度から費用①を計上する。
- 実装済みの海部病院のみ費用①を計上

表 4.3.4-2 各ソリューションおよびローカル 5G システムの実装に係る収支計画

		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
実装計画	遠隔モニタリングシステム	開発実証	課題対応	コンソ内 実装	他の県内県立病院への横展開		
	救急車-病院間の遠隔映像伝送システム	開発実証	課題対応	コンソ内 実装	他の県内県立病院および管轄消防隊への横展開		
	2次救急-3次救急間の遠隔映像伝送システム	開発実証	課題対応	コンソ内 実装	他の県内県立病院への横展開		
	ローカル 5G システム	開発実証	運用体制構築	コンソ内 実装	他の県内県立病院での環境構築		
収支計画 (千円)	(1)ユーザから得る対価※1	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(2)補助金・交付金※2	—	—	—	—	—	—
	(3)収入 ((1)+(2))	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(4)ネットワーク設置費	—	21,000	10,000	0	0	0
	(5)ネットワーク運用費	—	8,400	12,000	13,200	13,200	13,200
	(6)ソリューション導入費※3	—	0	51,900	26,300	26,300	34,100
	(7)ソリューション運用費※4	—	3,000	16,900	16,700	19,700	25,700
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	—	32,400	90,800	56,200	59,200	73,000
	(9)収支 ((3)-(8)) ※5	—	0	0	0	0	0
収入、支出の算定根拠	※1：ユーザーは徳島県を想定し、県がネットワークおよびソリューションのコスト（支出）を負担するものとして記載する ※2：国補助金を活用する想定であるが、未確定のため“0”と記載 ※3：映像伝送システムおよびコミュニケーションアプリの施設当りの導入費をもとに試算 ※4：映像伝送システムおよびコミュニケーションアプリの施設当りの年間運用費をもとに試算						

イ) ユーザにおける必要リソース (モデルケース)

ユーザとなる自治体の支出内訳を下表に記載する。なお、支出内訳は、①、②-1、②-2の各ソリューションを個別に導入・運用する場合を想定し、なおかつ、ソリューション間でエンドユーザである病院や消防隊の重複はなく、基盤の共有もないものと仮定する。

表 4.3.4-3 ユーザにおける必要リソース

項目		イニシャルコスト (初年度)	ランニングコスト (次年度以降、年間)
①遠隔モニタリングシステム		24,200 千円	7,400 千円
a.	ローカル 5G システム構築 (基地局+DAS)	10,000 千円	0 千円
b.	ローカル 5G システム運用 (基地局+DAS)	0 千円	3,600 千円
c.	遠隔映像伝送システム導入 (施設×2)	10,400 千円	0 千円
d.	遠隔映像伝送システム運用 (施設×2)	3,800 千円	3,800 千円
②-1 救急車-病院間の遠隔映像伝送システム		16,500 千円	4,700 千円
a.	ローカル 5G システム構築 (基地局×1)	7,000 千円	0 千円
b.	ローカル 5G システム運用 (基地局×1) ※	0 千円	1,200 千円
c.	遠隔映像伝送システム導入 (消防-施設セット)	6,000 千円	0 千円
d.	遠隔映像伝送システム運用 (消防-施設セット) ※	3,500 千円	3,500 千円
②-2 2次救急-3次救急間の遠隔映像伝送システム		52,500 千円	11,900 千円
a.	ローカル 5G システム構築 (基地局×2)	14,000 千円	0 千円
b.	ローカル 5G システム運用 (基地局×2)	0 千円	2,400 千円
c.	遠隔映像伝送システム導入 (2 施設セット)	6,000 千円	0 千円
d.	遠隔映像伝送システム運用 (2 施設セット) ※	3,500 千円	3,500 千円
e.	医療関係者間コミュニケーションアプリ導入 (施設×2)	23,000 千円	0 千円
f.	医療関係者間コミュニケーションアプリ運用 (施設×2)	6,000 千円	6,000 千円

※遠隔映像伝送システム運用 (ZaoCloudView 基盤運用) は R6 年度以前と仮定する。

d. 実装を確実にするための取組

4.3.3章で示した各課題に対して、下記の対策を行う。

ア) 提供コスト低減

【ローカル 5G システム】

- ・ 徳島県では、ローカル 5G コアを整備済みであり、ローカル 5G 導入コストは、基地局構築のみの費用負担で進めることができる。そのため、比較的 low コストでローカル 5G システムの普及展開が可能である。

【遠隔映像伝送システム】

- ・ 救急車側のカメラ映像のうちウェアラブルカメラ以外のカメラ・ビューワを最低限の性能要件にスケールダウンすることにより、調達価格低減
- ・ 救急車側の導入対象を拡大し一括調達することによるボリュームディスカウントの可能性はある
- ・ 現在運用中県 5G 遠隔診療支援システムと本実証のシステムでローカル 5G 接続基盤を統合することにより、データセンター・専用線の費用を両者で按分負担することにより低減できる可能性がある

【コミュニケーションアプリ】

- ・ 今回使用した PTZ4K カメラ及びハンディカメラをスケールダウンすることによって調達価格を削減可能。

映像チャンネル数によって追加費用が発生するため、必要映像ソース数を絞ることによって提供コストの削減可能。

イ) ソリューション追加開発

【遠隔映像伝送システム】

令和 5 年 10 月までに、遠隔映像伝送システム「ZaoCloudView」をドコモの閉域クラウド基盤 (docomoMEC) 上に再構築する。再構築にあたっては、4K デコーダで受信表示する映像の UI の改良を行う。改良は、実証の有効性検証において救急救命士・医師より意見・要望のあった以下について検討する。

- ・ 4K 映像、Web 会議映像の柔軟なレイアウト変更 (ピクチャーインピクチャーなど)
- ・ システム準備 (接続、ログイン、音声確認、レイアウト表示など) の簡略化
- ・ 複数搬送受入時のスムーズな映像切り替え、搬送側からの呼び出し応答機能の追加
- ・ 受入病院側からの映像切り替え (4 分割映像⇔ウェアラブルカメラ・俯瞰カメラ・定点カメラ・ベッドサイドモニタ個別映像)
- ・ サイレン音等ノイズキャンセル機能を持ちつつ、救急隊員と搬送患者の双方との明瞭な音声コミュニケーションが可能な音声システム

【コミュニケーションアプリ】

カメラおよび生体モニタが合計4チャンネル以上となる場合を想定し、画質変化や遅延についての検証を行う必要がある。また、課題実証②-2のモデルを実装する際は、4K映像伝送についてはNTTコミュニケーションズのZaoCloudViewを活用することを想定しているため、このZaoCloudViewとJoinとの併存環境における機能検証を実施する必要がある。

ウ) 顧客開拓

実証フィールドの病院や消防隊が顧客となる。そのため、実証において顧客ニーズ（機能面や運用面の課題）を抽出し、ユーザニーズを踏まえて実装を行う。また、既にローカル5Gシステム導入されている県内病院や、コミュニケーションアプリが導入されている病院について、ソリューションの導入ハードルが低いことから、優先すべきターゲットとなる。実装のターゲットをまとめると以下のとおり。

- 徳島県立中央病院：ローカル5G基地局を導入済み、コミュニケーションアプリ「Join」を利用中
- 徳島県立海部病院：ローカル5G基地局を導入済み、コミュニケーションアプリ「Join」を利用中
- 徳島県立三好病院：ローカル5G基地局を導入済み
- 徳島大学病院：ローカル5G環境（徳島県立中央病院基地局からのDAS拡張）を導入済み、コミュニケーションアプリ「Join」を利用中
- 徳島赤十字病院：ローカル5G基地局を導入済み
- 徳島県鳴門病院：R4年度内にローカル5G基地局を導入予定
- 阿南医療センター：R5年度にローカル5G基地局を導入予定
- 吉野川医療センター：R5年度にローカル5G基地局を導入予定
- 徳島市民病院：R5年度にローカル5G基地局を導入予定

一方、他県への横展開を想定し、ソリューションへの潜在ニーズや財政的余力のある自治体や病院を特定する。具体的には4.3.2(3)1aに記載のとおり。

エ) 運用面の改善

ソリューションの運用については、実証結果から以下の医療従事者からの意見・要望が得られている。

- 課題実証①
 - カメラに対して画像取得の同意に関する運用方法の整備
 - 感染症病棟に加え、同モデルの応用可能性がある ICU 等の重症者病棟、分娩室、手術室における運用方法の検討
- 課題実証②-1
 - 救急車複数台が同時に 1 つの病院に搬送されるケース (1 対 N) の運用シナリオの定義と検証
- 課題実証②-2
 - 2 次救急と 3 次救急の双方の人員体制の検証と運用フローの検証

上記の運用面の改善事項について、令和 5 年度に、「徳島医療コンソーシアム推進協議会」を通じて、関係病院と改善策を議論するとともに、決定した運用に則して、ソリューションの機能改善を行う。

オ) ルールメイキングへの貢献

救急搬送においては、搬送患者の映像を伝送するうえ、患者の同意取得というプライバシー保護への対応が必要になる可能性がある。一方で、患者の症状によっては、同意の意志表示ができない場合や同意取得を行っている時間的余裕がない場合があり、プライバシーへの対応が困難なケースが考えられる。したがって、救急搬送におけるプライバシー保護の解釈について正確に理解しておくことが重要となる。本件を管轄する関係省庁への問い合わせを行い、プライバシー保護についての解釈を得るとともに、確実にその解釈に対応できるソリューションの機能改善および運用方法を規定する必要がある。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

本ソリューションの評価基準は、地域医療における救命率向上および医療従事者の労務負担軽減効果を設定している。そのため、ソリューションの収入ではなく、これらの効果を計測することで、費用対効果をモニタリングする。

一方で、コスト負担については自治体予算以外にも、国補助金を活用しながら、ソリューションの実装およびローカル 5G システムの導入を推進する。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作

本事業では、医療現場におけるローカル 5G 等の普及促進のため、実証試験の様子や医師や看護師、救急隊へのインタビュー等を収録した 3 分程度の映像を制作する。実証試験日および予備日を考慮し、各実証フィールドにおいて、映像制作のための撮影時間、関係者のインタビュー時間等の確保を本コンソーシアム関係者含め予定を確保する。なお、今後の県事業等の普及啓発に映像が幅広く利用されることを想定し、本事業において実績のある映像制作会社への委託を行うことで質の高い映像を制作する。

5.2 実証視察会の実施

ローカル 5G 等の導入に関心のある病院や救急隊、地方公共団体、関係省庁等に対する普及啓発の一環として、現地での実証視察会を主催した。広く広報をするために、マスコミを呼び、本実証の成果を広報した。

実証視察会は、2023 年 2 月 15 日に徳島県立海部病院にて開催した。本コンソーシアムで実施をした 3 つの実証を同時開催はできないため、救急医療連携について視察会にて実演した。すべての実証終了後に視察会を実施したため、3 つの実証について結果を紹介した。

実施概要は次の表 5.2-1 視察会の実施概要の通りであった。

表 5.2-1 視察会の実施概要

実施日	2023/2/15 (水) 14:30-15:50
実施形態	現地開催
場所	徳島県立海部病院
参加者	総務省 四国総合通信局 三菱総合研究所 徳島県立海部病院 徳島県 NTT コミュニケーションズ(株) (株)ドコモビジネスソリューションズ (株)NTT ドコモ (株)アルム ケーブルテレビ徳島(株) (株)NTT データ経営研究所 NEC ネットエスアイ(株) (オンラインにて参加) 関係企業・団体等 報道関係者

<p>プログラム および実施 概要</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. オリエンテーション 課題実証①、課題実証②-1、課題実証②-2について、実証概要及び成果の取りまとめ状況についてご説明。 2. 視察シナリオ実施 課題実証②-2の救急車と病院とをつなぐ実証シナリオを実施。 「高エネルギー外傷」「心不全」「脳卒中」の3つのケースについて搬送先医師から救急車内の救急隊員に対して遠隔から特定医療行為等の指示を行うことを目的とした実証。 3. 質疑応答
-------------------------------	---

視察会で実施したシナリオの一部は



図 5. 2-1 に示す通りで、事故現場でハンディカメラを持つ救急隊員が現場の映像をリアルタイムに医師へと送信し、医師はPC モニタ越しに患者の容態を確認して指示を与えた。



図 5. 2-1 高エネルギー外傷の実証シナリオを実施している様子

5.3 その他普及啓発活動

実証事業の進捗や実証成果について、本コンソーシアムに属する各社にて、企業ホームページやメディアにてプレスリリースを行う。また、協力機関である徳島県においては、新聞、テレビ、ラジオ、メールマガジン、ホームページ、SNS等で広く社会に情報発信をする。また、地域医療の充実と医療の質の向上を目指し設立された徳島医療コンソーシアム推進協議会においても、実証成果を共有し、県内病院への横展開も推進をしていく。

ローカル 5G 等の活用に関する普及啓発活動においては、総務省「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けたローカル 5G の電波伝搬特性やローカル 5G 等の活用に関する技術的検討及び調査検討の請負」の一環としての取組・成果である旨を明示し、あらかじめ開発実証事務局を通じて総務省の承認を得たうえで行う。

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

実証コンソーシアム代表機関は、株式会社 NTT データ経営研究所が務め、委託関係があるコンソーシアム構成員は、NEC ネットエスアイ株式会社、NTT コミュニケーションズ株式会社、株式会社アルム、フクダ電子四国販売株式会社、ケーブルテレビ徳島株式会社がある。委託関係ではないがコンソーシアム構成員として、徳島県、徳島大学病院、徳島赤十字病院、徳島県立海部病院、徳島県立中央病院がある。また、コンソーシアム外の委託機関として、分散型アンテナシステムの拡張サービスの提供に株式会社 JTOWER、クラウドにおける映像伝送システムの構築に株式会社 ソリトンシステムズ、映像制作に株式会社 テクノネットがある。また、クラウドサービスの提供元として株式会社 NTT ドコモがいる。

当コンソーシアムへの加入にあたっては、情報管理の徹底を目的とした秘密保持契約の締結に同意した事業者、自治体、病院が加入するものとする。このとき、情報連携、情報セキュリティ遵守の対象は、本事業の遂行を目的として取得した情報、本事業の遂行時に取得した情報を指す。これらを通じて、円滑な情報連携とみだりな情報流出を避けるための統制を実施する。

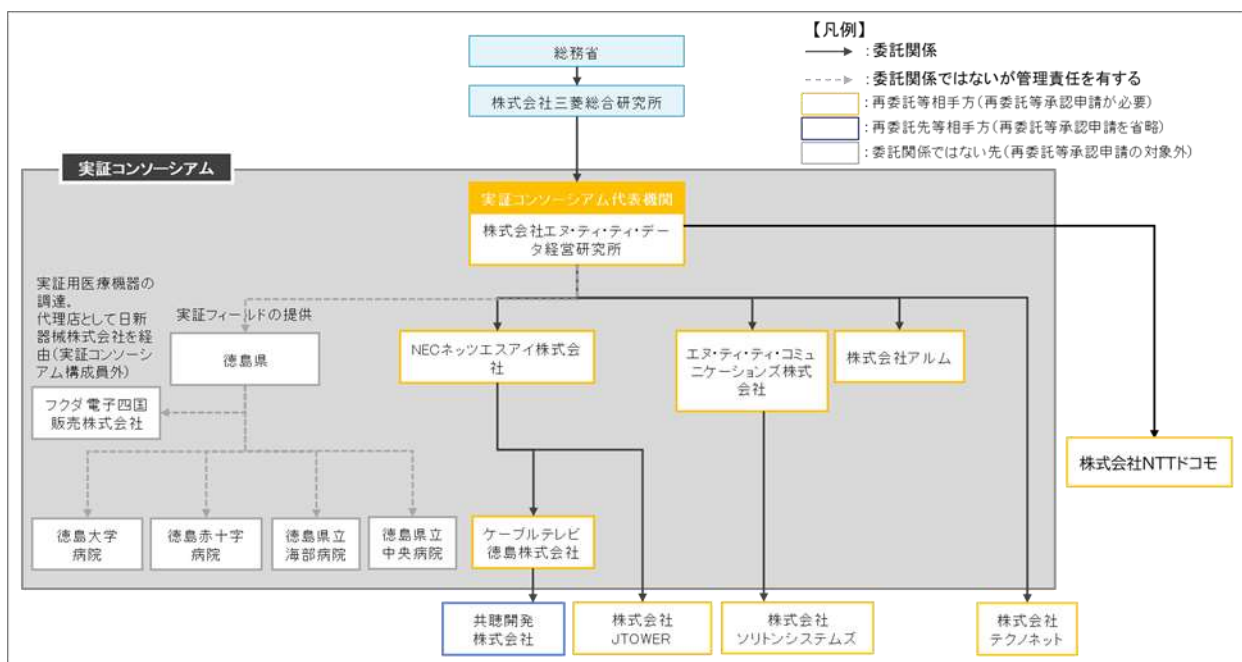


図 6.1-1 実施体制図 (コンソーシアム体制図)

6.2 実施体制内の役割

株式会社NTTデータ経営研究所にて実証全体の運営及び進捗管理を行う。ローカル5Gの電波伝搬特性等に関するローカル5Gの技術的検討を担当する技術実証担当は、NEC ネットエスアイ株式会社が遂行する。課題解決の実証については、病院内（隔離病棟とナースステーション）における情報連携の高度化をNEC ネットエスアイ株式会社、救急搬送のシナリオにおける救急車と病院間の情報伝送にNTT コミュニケーションズ株式会社、遠隔地における医療関係者間のコミュニケーションに株式会社アルムが主軸に推進する。実証に係る高度医療機器等に関しては、フクダ電子四国販売株式会社から提供を受ける。徳島県立中央病院や徳島大学病院、徳島県立海部病院、徳島赤十字病院、阿南市消防本部は実証環境の提供とローカル5Gの有効性を評価する。既設のローカル5Gシステムの関わる機器の接続や運用支援にケーブルテレビ徳島株式会社が実施する。

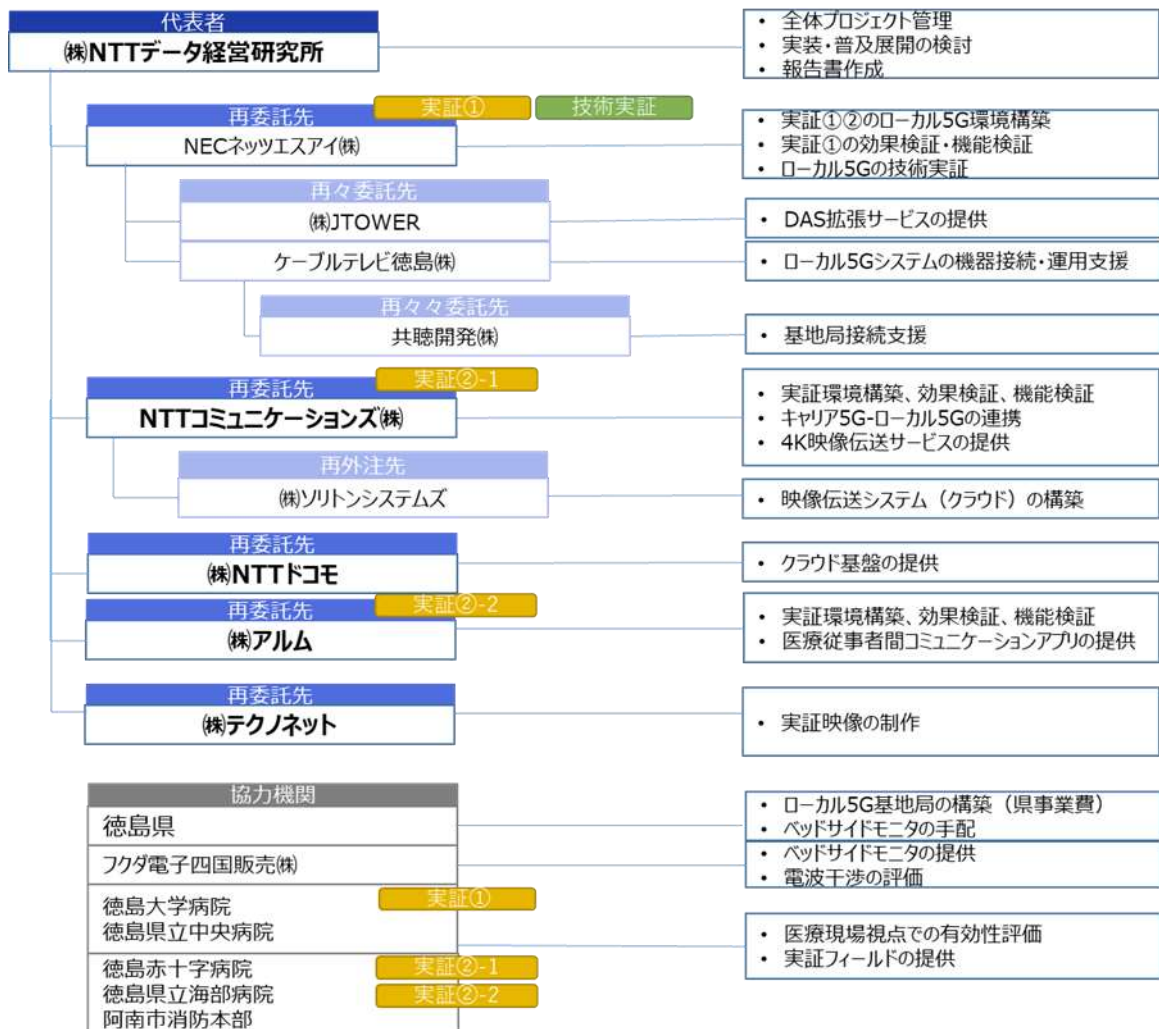


図 6.2-1 コンソーシアム内の役割

また、技術実証を遂行する NEC ネットエスアイ株式会社は R3 年度のローカル 5G 実証事業 3 件において技術実証を遂行しており、本実証において求められる技術的知見および遂行能力を十分に有している。

表 6.2-1 NEC ネットエスアイ株式会社の技術実証実績

実証事業名	主な役割	基地局概要	実施事項
大型複合国際会議施設におけるポストコロナを見据えた遠隔監視等による安心・安全なイベントの開催	技術実証	周波数：4.8-4.9GHz 帯 (100MHz) 構成：SA 方式 利用環境：屋外	電波伝搬モデルの精緻化 電波反射板によるカバーエリアの柔軟化 同期局と準同期局の共用検討
ローカル 5G を活用した山間部林業現場での生産性向上および安全性向上のための実用化モデル検証	技術実証	周波数：4.7-4.8GHz 帯、4.8-4.9GHz 帯 (各 100MHz) 構成：SA 方式 利用環境：屋内	電波伝搬モデルの精緻化 同期局と準同期局の実機を用いた共用検討
富士山地域 DX「安全・安心観光情報システム」の実現	技術実証	周波数：4.8-4.9GHz 帯 (100MHz) 構成：SA 方式 利用環境：屋外	電波伝搬モデルの精緻化 同期局と準同期局の共用検討

7. スケジュール

本事業全体の実施スケジュールを図7-1に示す。ローカル5G基地局については、徳島県の予算により、徳島県立中央病院および徳島県立海部病院に構築済みであり、徳島赤十字病院については12月頃に構築予定である。また、徳島県立中央病院と徳島大学病院間の光ケーブルの延伸と光DAS構築の工事期間が契約締結後3か月程度かかり12月頃に工事完了する予定である。

これらの工事スケジュールを加味して、技術実証を1月上旬から中旬、課題実証を1月中旬2月上旬にかけて実施する。実証と並行して成果報告書の作成に着手し、実証成果をまとめ1月下旬に開発実証事務局へ報告書一次案の提出を行う。

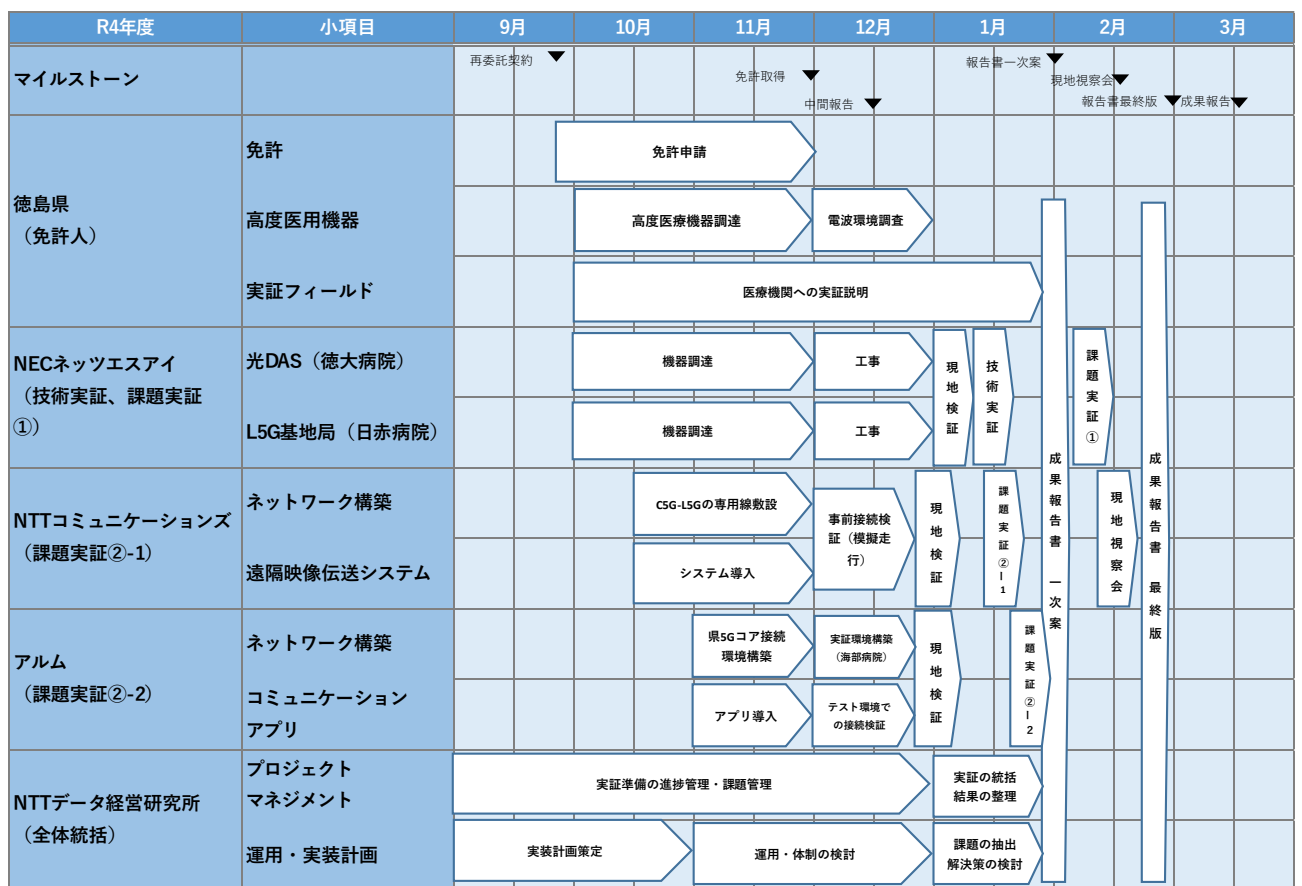


図7-1 マスタースケジュール

なお、課題実証については 3 日間の日程を確保しており、下記のとおりリスクを加味したタイムスケジュールを設定している。

課題実証①

水曜日：機材設置・試験。リハーサル

木曜日：本番・撮影。医療関係者へのヒアリング（17：00 頃までに終了予定）

金曜日：予備日（不測の事態への対応）

課題実証②-1、②-2

火曜日：機材設置・試験。リハーサル

水曜日：本番・撮影。医療関係者へのヒアリング（17：00 頃までに終了予定）

木曜日：予備日（不測の事態への対応）

課題実証のシナリオ概要

課題実証①のシナリオ概要図、想定症例、参加者、シナリオは以下の通りである。

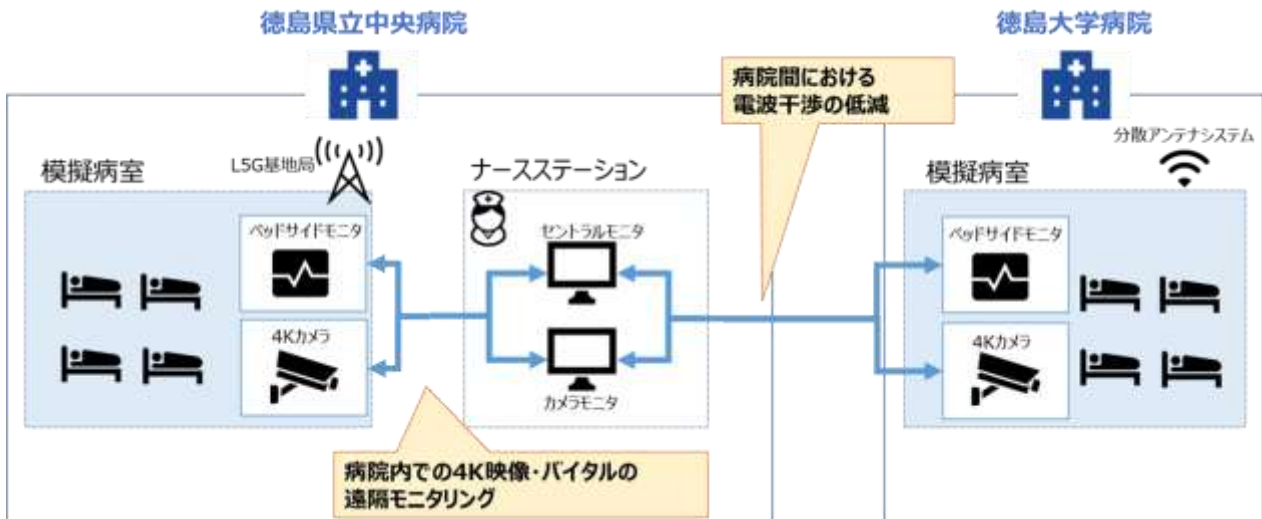


図1 課題実証①シナリオ概要図

<p>想定症例</p>	<ul style="list-style-type: none"> • コロナ病棟に肺炎で入院中の患者 <ul style="list-style-type: none"> ✓ シーン1：遠隔から輸液残量と自己抜去を確認する ✓ シーン2：遠隔から吐しゃ物を確認する
<p>参加者</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 医師：1名 • 看護師：3名 • 臨床工学技士：3名 • ネットワーク事務：2名

図2 課題実証①想定症例、参加者

表1 課題実証①シーン1のシナリオ詳細

#	シーン1/場面	シナリオ
0-1	事前準備	• ベッドサイドモニタから、模擬ナースステーションに設置したセントラルモニタに模擬波形を伝送する
0-2		• 模擬患者は、輸液の針を腕にテープで固定し、ベッドに横たわり、輸液スタンドに輸液を設置してベッドサイドに設置する
0-3		• カメラを適切な画角にセットし、模擬ナースステーションに映像を伝送できるようにセット 先生/看護師：輸液残量・自己抜去の確認ができる画角を指示
1-1	輸液残量の確認 (L5G×4K)	• 4K映像を介して輸液残量を確認 先生/看護師：輸液残量の確認
2-1	自己抜去の確認 (L5G×4K)	• 4K映像を介して自己抜去を確認 (刺した状態を確認) 先生/看護師：自己抜去 (刺した状態) の確認
2-2		• 模擬患者はテープを外す
2-3		• 4K映像を介して自己抜去を確認 (抜いた状態を確認) 先生/看護師：自己抜去 (抜いた状態) の確認
3-1	Wi-Fi×HD映像確認準備	• 映像を4KからHDに切り替え、ローカル5GをWi-Fiに切り替え
4-1	輸液残量の確認 (Wi-Fi×HD)	• HD映像を介して輸液残量を確認 先生/看護師：輸液残量の確認
5-1	自己抜去の確認 (Wi-Fi×HD)	• HD映像を介して自己抜去を確認 (刺した状態を確認) 先生/看護師：自己抜去 (刺した状態) の確認
5-2		• 模擬患者はテープを外す
5-3		• HD映像を介して自己抜去を確認 (抜いた状態を確認) 先生/看護師：自己抜去 (抜いた状態) の確認
6-1	終了	終了

表2 課題実証①シーン2のシナリオ詳細

#	シーン2/場面	シナリオ
0-1	事前準備	• ベッドサイドモニタから、模擬ナースステーションに設置したセントラルモニタに模擬波形を伝送する
0-2		• 模擬患者は、ベッド横向きに横たわり、吐瀉物または血液の画像を設置
0-3		• カメラを適切な画角にセットし、模擬ナースステーションに映像を伝送できるようにセットする 先生/看護師：吐瀉物の確認ができる画角を指示
1-1	吐瀉物の確認 (L5G×4K)	• 吐瀉物または血液の画像を確認する 先生/看護師：吐瀉物または血液の確認
2-1	Wi-Fi×HD映像確認準備	• 映像を4KからHDに切り替え、ローカル5GをWi-Fiに切り替え
3-1	吐瀉物の確認 (Wi-Fi×HD)	• 吐瀉物または血液の画像を確認する 先生/看護師の役割：吐瀉物または血液の確認
4-1	終了	終了

課題実証②-1 のシナリオ概要図、想定症例、参加者、シナリオは以下の通りである。

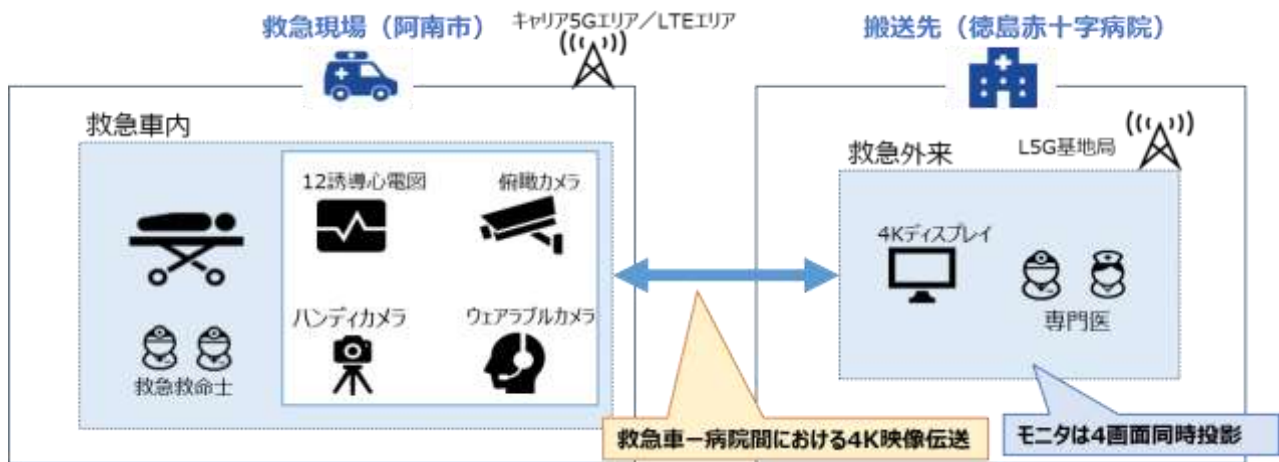


図3 課題実証②-1 シナリオ概要図

<p>想定症例</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高エネルギー外傷（車両の交通事故） ・ 心不全 ・ 脳卒中
<p>参加者</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 医師：2名 ・ 救急救命士：4名 ・ 看護師：6名 ・ 病院スタッフ：1名

図4 課題実証②-1 想定症例、参加者

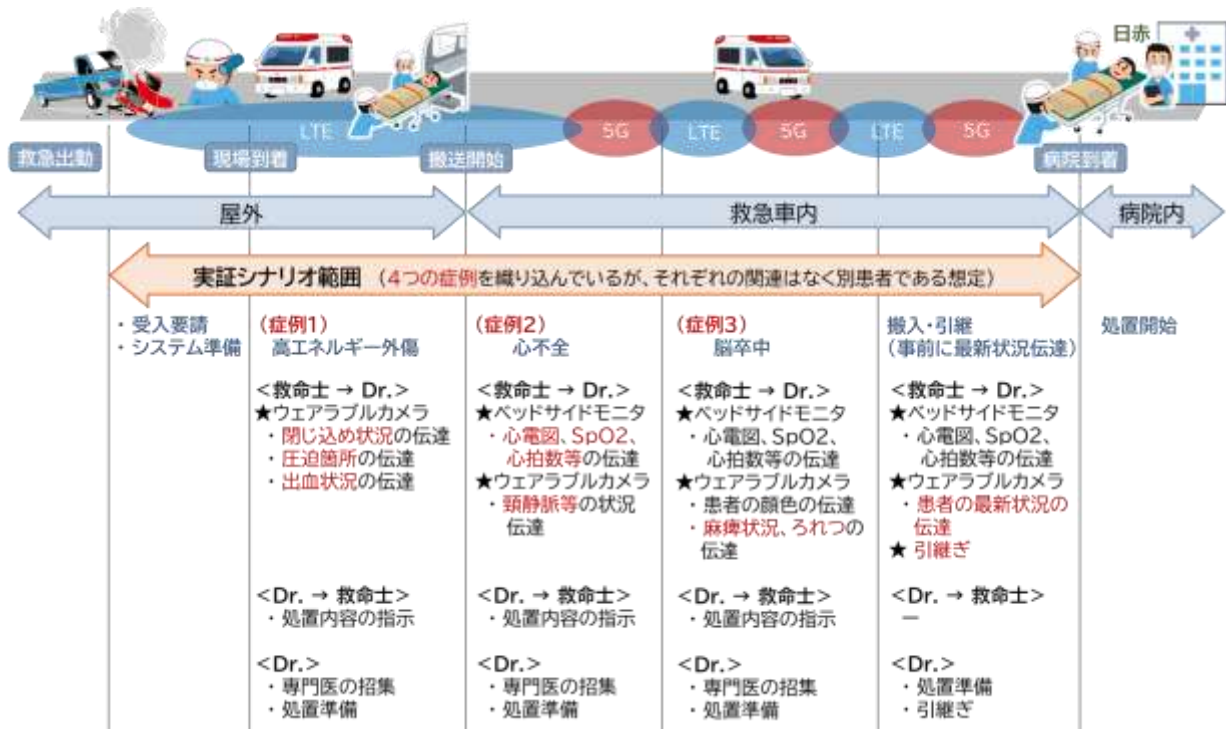


図5 課題実証②-1 シナリオのフロー

表3 課題実証②-1 シナリオ詳細

#	症例	場面	シナリオ	
			救急救命士	搬送先病院
0-1	高エネルギー外傷	受入要請	救急車サイレンON 携帯電話 架電	
0-2				携帯電話 応答
0-3			救急発生事案の連絡。映像伝送システムの準備依頼	
0-4		システム準備	iPad(CloudView)へログイン 4K送信機器類起動	PC(CloudView)にログイン
0-5			音声送信	音声確認
0-6			映像送信	映像確認
1-1		患者との接触・応急処置・救出	患者に接触、観察行動	
1-2			患者の状態を医師へ連絡。 ウェアラブルカメラでリアルタイム映像伝送	
1-3				映像等を確認 応急処置の指示
1-4			応急処置 救助活動	
1-5		社内搬入	社内搬入	
1-6	患者の観察・処置	生体情報の伝送		
1-7			映像確認	
1-8		4Kカメラによる患部の接写		
1-9			映像確認。追加処置の指示	
1-10		追加処置の実施		
1-11	搬送開始	搬送開始		
2-1	心不全	患者の観察・診断	搬送先医師へ症状の伝達 生体情報モニタの伝送	
2-2				生体情報モニタを確認 患者の状態を確認
2-3			4Kカメラによる映像伝送	
2-4			映像確認	
2-5		処置内容の指示		処置の指示（例：除細動パッド装着）
2-6			処置の実施	
2-7		特定行為の指示	患者の容態変化を伝達。CPAを想定。	
2-8				気管挿管、薬剤投与の指示
2-9			気管挿管、薬剤投与の実施	
2-10			呼吸再開、脈拍回復	
2-11				病院側受入れ準備開始
3-1	脳梗塞	患者の観察・診断	搬送先医師へ症状の伝達 生体情報モニタの伝送	
3-2				生体情報モニタを確認 患者の状態を確認
3-3			患者の診断。発語、身体麻痺を観察	
3-4				症状から患者の状態を把握 （例：脳血管障害）
3-5		搬入	最新のバイタルや状態を伝達	
3-6			処置準備	

課題実証②-2 のシナリオ概要図、想定症例、参加者、シナリオは以下の通りである。

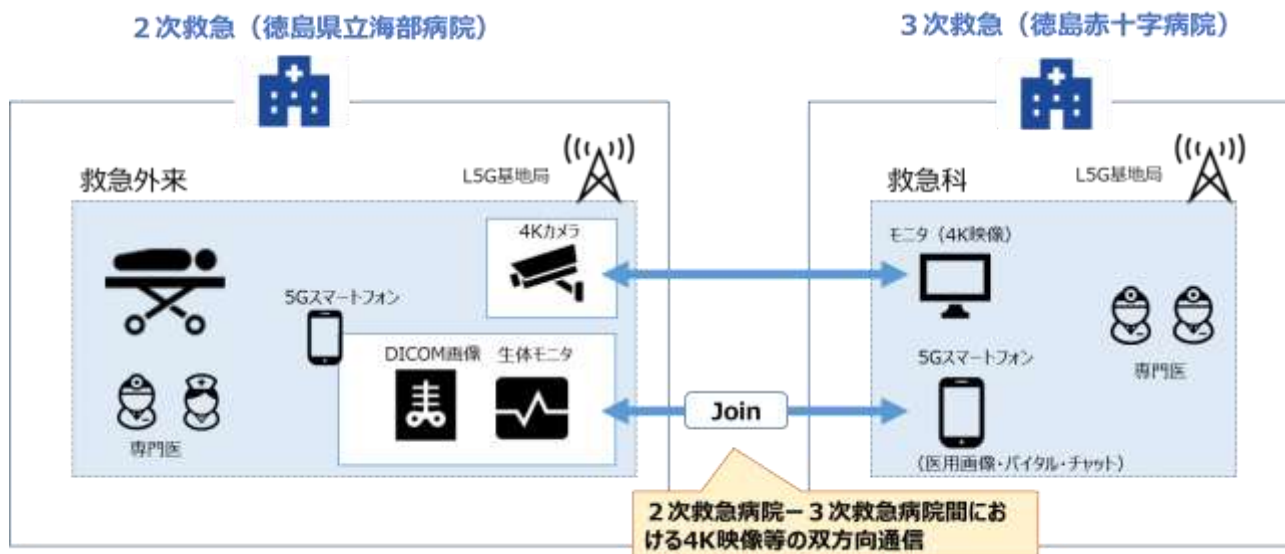


図6 課題実証②-2 シナリオ概要図

<p>想定症例</p>	<ul style="list-style-type: none"> 高エネルギー外傷 (車両の交通事故) 心不全 脳卒中
<p>参加者</p>	<ul style="list-style-type: none"> 医師：5名 看護師：10名 病院スタッフ：5名

図7 課題実証②-2 想定症例、参加者

表 4 課題実証②-2 高エネルギー外傷のシナリオ詳細

#	場面 (高エネルギー外傷)	シナリオ			
		2次救急病院		3次救急病院	
		使用ツール	行動	使用ツール	行動
1	救急搬送		患者到着		
2	Joinアプリ起動	5Gスマートフォン Join	Joinアプリ起動		
				5Gスマートフォン Join	Joinアプリ確認
3	動画共有開始	4Kカメラ・生体モ ニタ JoinLiveview	カメラ、モニタ、 JoinLiveview起動		
				4Kモニタ Join用PC	モニタ、PC起動
4	ライン確保・採血	Join (通話)	ライン確保、採血、バイ タルチェック		
5	診察		医師による診察		
6	エコー画像等共有	4Kカメラ	患部とエコー画像を4K カメラで共有		
				4Kモニタ	4K画像の確認
7	診察		触診を実施し、患者が痛 みを訴える。		
8	診断 (3次救急病院との ディスカッション)	Join (通話)	患者の様子を3次救急病 院の医師に共有	Join	
				Join (通話)	医師間でディスカッショ ンを実施
9	処置準備		点滴、輸血準備		
10	CT実施		患部の単純CT実施		
11	CT実施画像共有	Join	JoinでCT画像を送信		
				Join	Joinに通知がきて画像を 確認する
12	治療方針決定			Join	院内のチャットグループ にて、CT画像を専門医 に共有
				Join (通話)	専門医の確認により転院 搬送を決定
13	処置の指示	Join (通知)	患者の容態変化を説明		
				Join (通話)	患者の容態変化に伴い、 追加処置の指示をする
14	処置開始		追加処置を実施		
15	転院搬送決定		ドクターヘリの要請		
16	転院搬送				患者受入

表 5 課題実証②-2 急性脳梗塞のシナリオ詳細

#	場面 (急性脳梗塞)	シナリオ			
		2次救急病院		3次救急病院	
		使用ツール	行動	使用ツール	行動
1	救急搬送		患者到着		
2	Joinアプリ起動	5Gスマートフォン Join	Joinアプリ起動		
3	ライン確保・採血		ライン確保、採血、バイ タルチェック		
4	診察		医師による診察		
5	MRI実施・画像共有	Join (画像共有)	MRIを実施し、院内グ ループチャットにてMRI 画像を共有		
		Join (通話)	院内の医師に相談		
6	診断 (院内の医師と ディスカッション)	Join (通話)	院内の医師から、治療の 指示を受ける		
7	処置開始		rt-PA静脈注射療法開始		
8	MRI画像共有 (3次救急病院との ディスカッション)	Join (通話)	Joinで3次救急病院へ通 話。動画共有を通知	Join (通話)	Joinアプリ確認、通話
		4Kカメラ・生体モ ニタ JoinLiveview	カメラ、モニタ、 JoinLiveview起動	4Kモニタ Join用PC	モニタ、PC起動
		Join (画像共有)	MRI画像をチャットで送 信	Join	Joinに通知がきて画像を 確認する
		Join (通話)	患者についてディスカッ ション	Join (通話)	患者についてディスカッ ション
9	症状改善		rt-PA静脈注射療法によ り症状改善		
13	患者映像共有 (専門医と共有)	Join (通知)	患者の容態変化を説明		
				Join (通話) 4Kモニタ Join用PC	患者の容態変化や現状を 院内の専門医へ相談
				Join (通話)	症状安定しているため、 転院搬送は不要
15	転院搬送判断		転院搬送の必要は無いと 判断		
16	入院		入院		

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証【開発実証事業】

高精細映像伝送による院内ICU等の遠隔モニタリング及び救急医療連携の高度化に関する実証

2023年3月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
