

令和3年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

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

成果報告書

令和4年3月25日

トランスコスモス株式会社

目次

1. 全体概要	4
1.1 背景・目的	4
1.1.1 地域における課題	4
1.1.2 実証に至る経緯	10
1.2 実証の概要	11
2. 実証環境の構築	13
2.1 実施環境	15
2.2 ネットワーク・システム構成	16
2.2.1 ネットワーク・システム構成図	16
2.2.2 AI エンジン構成図	18
2.2.3 基地局配置図	19
2.2.4 基地局無線部特性及び性能	22
2.2.5 コアネットワークの概要	22
2.3 システム機能・性能・要件	22
2.4 免許及び各種許認可	28
2.5 その他要件	28
2.6 実証環境の運用	29
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）	30
3.1 実証概要	30
3.2 実証環境	31
3.3 実証内容	36
3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定	36
3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化	75
3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化	99
3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発	146
3.3.5 その他のテーマ	146
3.3.6 技術実証における追加提案	147
4. ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）	148
4.1 実証概要	148
4.1.1 新技術導入の背景について	148
4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標	149
4.2.1 簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有	150
4.2.2 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有	151
4.2.3 既存システムに依存しない遠隔CT画像共有	151
4.2.4 大容量X線動画データ転送	152

4.2.5 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定	152
4.3 実証環境	152
4.3.1 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利 用した主観的視覚情報共有	154
4.3.2 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有	158
4.3.3 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有	159
4.3.4 大容量 X 線動画データ転送	160
4.3.5 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定	161
4.4 実証内容	163
4.4.1 ローカル 5 G を用いたソリューションの有効性等に関する検証	163
4.4.2 ローカル 5 G を用いたソリューションの実装性に関する検証	222
4.4.3 ローカル 5 G の実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討	231
4.4.4 継続利用の見通し・実装計画	232
4.4.5 課題実証における追加提案	235
5. 普及啓発活動の実施	236
5.1 映像制作への協力	236
5.2 実証視察会の実施	236
5.3 その他普及啓発活動	238
6. 成果報告書の作成	240
6.1 実証地域の事業モデル及び実装計画検討成果取りまとめ	240
6.2 インフラ分野におけるローカル 5 G 等を活用した課題解決システムに係る仕様・ 設計書	240
6.3 医療分野におけるローカル 5 G 等の活用に向けた推進対応方策	240
7. 実施体制	241
7.1 体制図	241
8. スケジュール	242
9. リスクと対応策	243
10. 参考資料	244

1. 全体概要

1.1 背景・目的

本実証実験では、「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」の一環として、医療分野の中で特に負担の大きい人口増加を伴う大都市部における救命救急センターにおけるローカル5G等の電波伝搬特性の解明及び課題解決システムにおける具体的なアプリケーション（簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有、院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有、既存システムに依存しない遠隔CT画像共有、大容量X線動画データ転送、既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定）を想定したローカル5G等の通信の信頼性・遅延時間・伝送容量に関する性能評価を実施することを目的とした。

1.1.1 地域における課題

近年、急速に高まりつつある救急医療需要の増大に対応し、救急患者の適切な医療機関での受入体制の機能強化や救命救急センターの充実強化等が求められている。更に、集団災害に対する病院救急医療体制の強化は持続可能な地域医療構想の構築を進める上で喫緊の課題ともいえる。以下、川崎市における課題を示す。

(1) 川崎市の現状

1) 川崎市の将来人口

聖マリアンナ医科大学病院（以下、「聖マリ」という。）が位置する川崎市は、全国的に人口減少が続く中、人口の自然増は、政令指定都市で最も大きく（図 1.1.1-1）、20歳代を中心とした若い世代の流入も多い（図 1.1.1-2）。

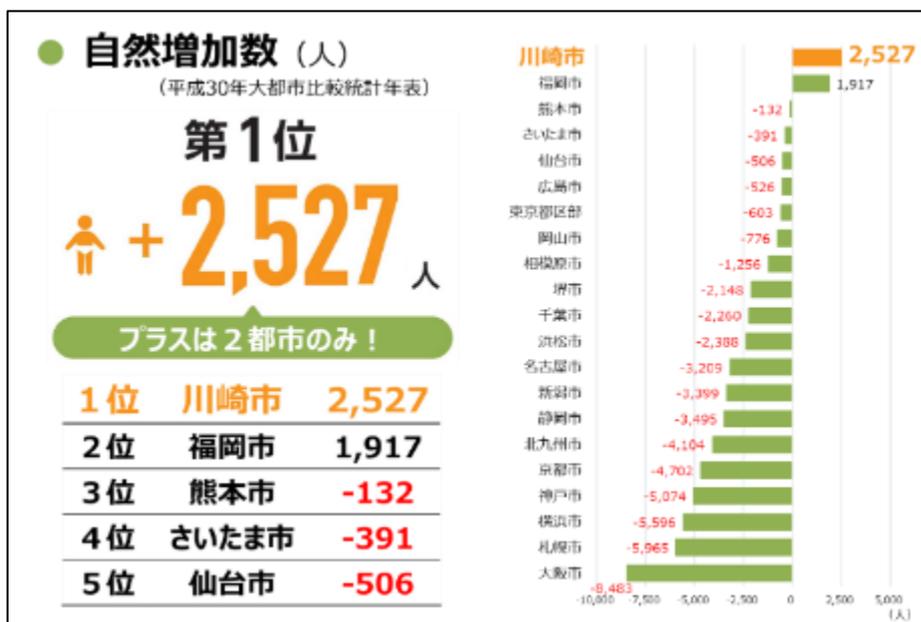


図 1.1.1-1 人口（大都市）の自然増加数の比較

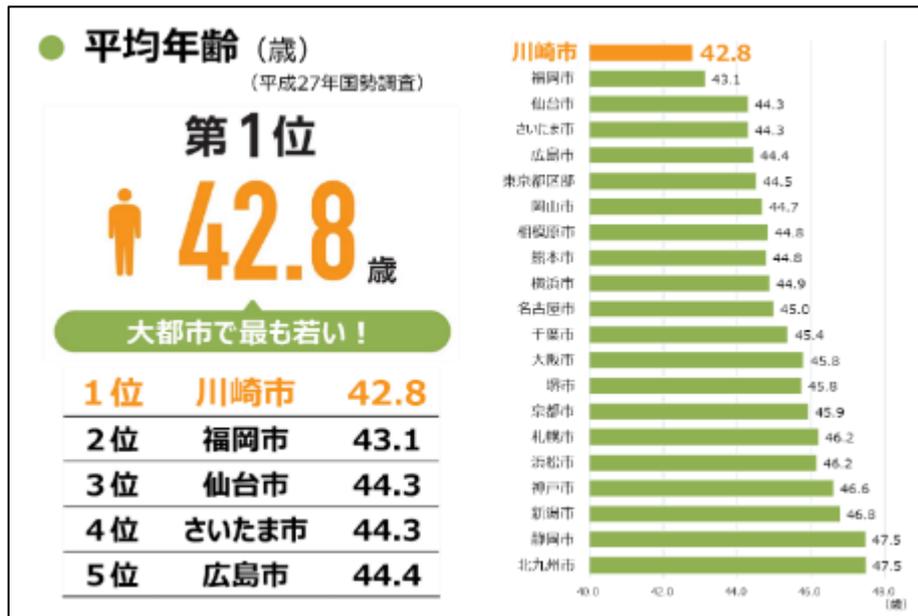


図 1. 1. 1-2 人口（大都市）の平均年齢の比較

川崎市が実施した将来人口推計では、駅周辺を中心とした拠点開発の進ちよくと周辺地域への波及効果により、引き続き、当面人口は増加傾向を示すことが想定され、令和 12(2030)年頃に約 160.3 万人となりピークを迎え、以降、自然減が社会増を上回るかたちで人口減少への転換が想定されている（図 1. 1. 1-3）。

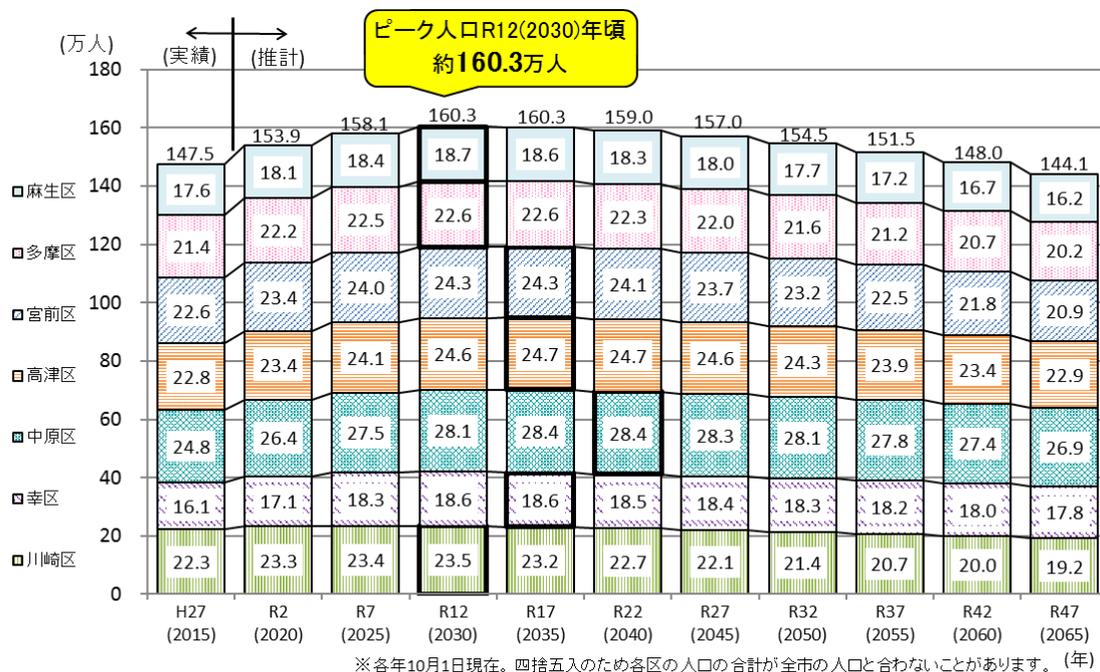


図 1. 1. 1-3 区別年齢別将来推計人口

出典：川崎市総合計画 第3期実施計画の策定に向けた将来人口推計（令和3年5月）

図 1. 1. 1-4 のとおり、年少人口は、令和 2 (2020) 年頃の約 18.9 万人をピークとして、今後減少過程に移行すると想定される。

生産年齢人口は、令和7(2025)年頃まで増加を続け、約105.8万人をピークとしてその後減少過程に移行すると想定される。

老年人口は、当面増加を続け、令和7(2025)年頃までの間に65歳以上の人口割合が21%を超え、超高齢社会が到来すると想定される。ピークは令和32(2050)年頃の約48.1万人と想定される。

	H27年 (2015年)	R2年 (2020年)	R7年 (2025年)	R12年 (2030年)	R17年 (2035年)
総数	1,475,200	1,539,100	1,580,500	1,603,000	1,602,800
0～14歳	187,700	188,900	183,300	177,900	177,300
(うち0～4歳)	66,200	64,600	63,700	64,500	65,000
15～64歳	1,000,100	1,035,400	1,057,700	1,053,400	1,013,200
65歳以上	287,300	314,800	339,600	371,700	412,300
(うち75歳以上)	132,100	161,600	200,100	216,600	223,500
割合					
0～14歳	12.7%	12.3%	11.6%	11.1%	11.1%
(うち0～4歳)	4.5%	4.2%	4.0%	4.0%	4.1%
15～64歳	67.8%	67.3%	66.9%	65.7%	63.2%
65歳以上	19.5%	20.5%	21.5%	23.2%	25.7%
(うち75歳以上)	9.0%	10.5%	12.7%	13.5%	13.9%
対2020年人口	--	0	41,400	63,900	63,700

	R22年 (2040年)	R27年 (2045年)	R32年 (2050年)	R37年 (2055年)	R42年 (2060年)	R47年 (2065年)
総数	1,590,100	1,569,700	1,544,900	1,515,100	1,480,300	1,440,500
0～14歳	176,000	172,700	167,300	161,300	155,700	151,600
15～64歳	63,000	61,100	59,100	56,600	55,000	54,600
65歳以上	959,700	921,400	897,100	882,700	860,900	835,000
(うち75歳以上)	454,300	475,600	480,600	471,100	463,700	453,800
対2020年人口	239,100	265,600	295,800	308,000	305,100	288,300
割合						
0～14歳	11.1%	11.0%	10.8%	10.6%	10.5%	10.5%
15～64歳	4.0%	3.9%	3.8%	3.7%	3.7%	3.8%
65歳以上	60.4%	58.7%	58.1%	58.3%	58.2%	58.0%
(うち75歳以上)	28.6%	30.3%	31.1%	31.1%	31.3%	31.5%
対2020年人口	15.0%	16.9%	19.1%	20.3%	20.6%	20.0%
対2020年人口	51,000	30,600	5,800	-24,000	-58,800	-98,600

図 1.1.1-4 年齢3区分別人口

出典：川崎市総合計画 第3期実施計画の策定に向けた将来人口推計（令和3年5月）

図 1.1.1-5 のとおり、自然動態については、令和12(2030)年から令和17(2035)年の間に自然減に移行すると想定される。

社会動態については、一貫して社会増で推移するが、増加幅は一旦縮小し、その後拡大すると想定される。

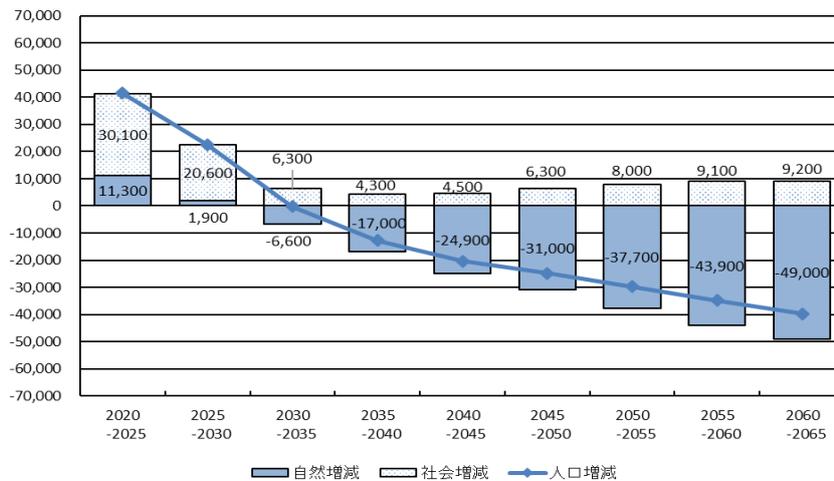


図 1.1.1-5 動態内訳

出典：川崎市総合計画第3期実施計画の策定に向けた将来人口推計(令和3(2021)年5月)

2) 将来人口からみた課題

市民の高齢化の進展や疾病構造の変化等に伴い、今後ますます保健・医療ニーズの増大が見込まれている。

川崎市が実施する「市民アンケート」においても、救急医療は非常に関心が高く、毎年度、「救急医療体制の整備」は市民の切実な願いである（図 1.1.1-6）。

	令和2年度 (n=1,653)	平成27年度 (n=1,300)	平成22年度 (n=1,580)
防犯対策	48.3	56.3	42.7
病院、診療所の整備や救急医療体制の整備	46.3	44.6	42.9
道路・歩道の整備	41.0	37.3	28.5
道路、公園、広場の美化・維持管理や自然・緑の保全	40.6	37.7	29.3
子どものための施策	40.5	45.3	33.4
高齢者のための施策	39.9	52.3	40.6
大気汚染や騒音・振動などの公害防止対策	39.2	43.5	32.6
交通安全対策	38.8	45.9	32.2
地域の問題が解決できるような区役所機能の強化	37.1	43.2	28.4
河川の整備	34.2	23.0	17.0
行財政改革	33.9	40.1	28.9
障害者のための施策	30.6	34.2	26.8
中小企業などで働く人々の生活と権利を守る施策	30.0	37.7	23.9
小・中・高校の施設整備や教育内容の充実のための施策	29.2	34.1	24.7
女性の活躍推進のための施策	28.2	32.2	17.5
主要な駅周辺の再開発	28.2	26.6	20.9
観光推進、都市イメージの向上(シティプロモーション)	27.5	27.3	18.4
市や区の仕事などについての情報提供	25.3	30.1	20.9
放置自転車、駐輪場の整備などの自転車対策	25.3	32.2	30.9
市民が学習・運動する機会や施設の整備	25.0	25.9	19.1
健康診断、がん検診、健康相談など、健康づくりのための施策	24.9	37.2	31.6
下水道の整備	23.8	17.0	12.7
バスなどの交通網の整備	21.7	23.3	19.4
文化的な催しや文化施設の整備	21.7	22.2	12.4
市政への市民参加の促進のための施策	21.3	24.4	16.7
市民が親しむことのできる港湾の整備	20.6	20.1	12.7
日営のごみ収集やリサイクル	20.3	24.8	18.9
市営住宅の建設・整備	19.5	23.5	16.3
消防力の強化や防災体制の整備	18.5	20.4	13.7
海外姉妹都市との国際交流事業	17.1	19.8	11.6
水道水の安定供給	14.6	13.8	12.3
わからない	1.1	0.5	4.4
特になし	0.4	0.4	2.9
無回答	5.1	3.1	7.0

図 1.1.1-6 市政の仕事で今後特に力を入れてほしいこと（複数回答）

出典：令和 2 (2020) 年度かわさき市民アンケート報告書（令和 3 (2021) 年 3 月）

令和 12(2030)年以降、超高齢社会の進行とともに死亡数が増加し人口減少が加速する状況では、「救急搬送件数」の大幅な増加（図 1.1.1-7）とともに「多死社会」と呼ばれる状況に川崎市も突入する。

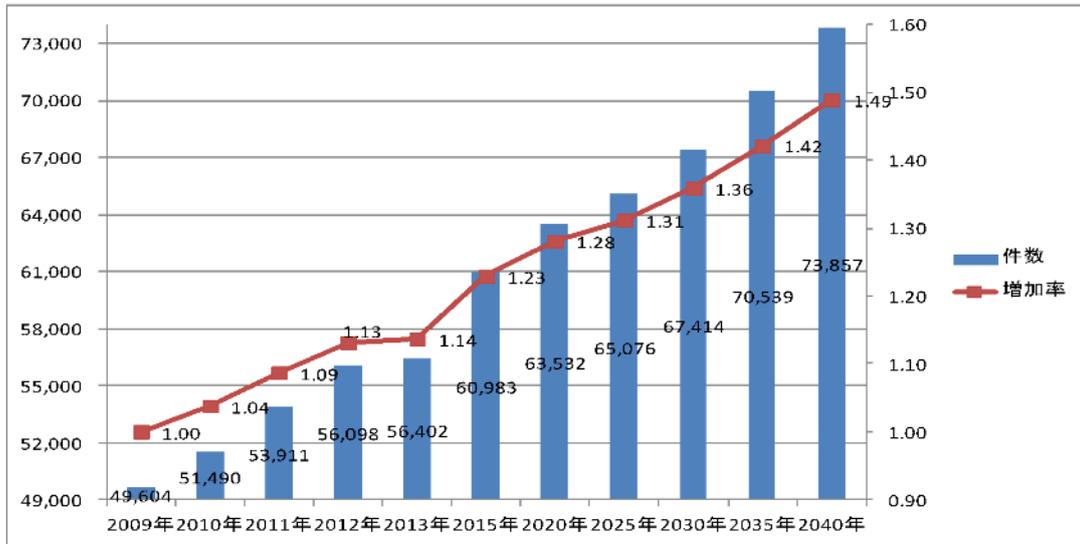


図 1.1.1-7 川崎市の救急搬送件数（年間）の推移
出典：別冊・神奈川県地域医療構想に係るデータ集（その2）

現状で多くの方が病院で最期を迎えられている中において、こうした状況下では特に救急医療の対応力低下が懸念される。

人口構造が変容するなかで、こうした課題に対応するため、国では、これまでの病院診療を中心とする医療のあり方を変え、在宅医療など、高齢の方が住み慣れた地域で最後まで自分らしい生活を続けられるよう“地域包括ケアシステム”の構築を推進している。

川崎市においても、子どもから高齢者まで、市民一人ひとりが住み慣れた地域で安心して暮らし続けるための地域包括ケアシステムの構築とともに、専門的な治療が必要となった場合には、適切な医療を受けることができるよう、併せて、入院医療から在宅医療・介護まで、一連のサービスを切れ目なく円滑に提供できる体制を構築するといった、「地域包括ケアシステム」と「効率的で質の高い保健医療提供体制」の構築を施策の両輪として、『市民とともに支える誰もが住み慣れた地域で安心して保健医療サービスを受けることができる社会の実現』を目指している。

(2) 聖マリの現状・医療体制改革への取り組み状況

1) 医師の長時間労働の要因・背景

「医師の働き方改革に関する検討会 中間的な論点整理」（平成 30（2018）年 2 月 27 日）「2 医師の勤務実態の分析状況と今後の検討に関する論点」によると、緊急対応、手術や外来対応等の延長をもたらしているのは、

- ・ 救急搬送を含め診療時間外に診療が必要な患者や、所定の勤務時間内に対応しきれない長時間の手術、外来の患者数の多さ
- ・ 医師はそれらに対応しなければならないとする応召義務の存在
- ・ タスク・シフティング（業務の移管）が十分に進んでいない現場の勤務環境
- ・ 求めに応じ質の高い医療を提供したいという個々の医師の職業意識の高さ

等であると考えられる。こうした患者対応に伴う事務作業が多いことも要因の一つとして指摘されているほか、患者の状況によっては診療時間外での説明に対応せざるをえなかったり、診療時間外の看取り時でも主治医がいることが求められる等によっても時間外勤務が発生している。

また、「第18回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会」（令和元（2019）年11月20日）によると、聖マリのように救急搬送を年間2,000件以上受け入れている医療機関において、医師の労働時間が長時間になる傾向がある旨指摘されている。

令和元年12月18日開催 中医協総会資料（抜粋）（その2）

まとめ（全体）

中医協 報-3
 元. 12. 4
 第18回救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会
 令和元年11月20日
 資料 2

- 救急搬送の受け入れ体制においては、救急搬送を年間1,000件以上受け入れている医療機関において、地域の救急搬送受け入れの大半を担っている。
- 救急搬送を年間1,000件以上受け入れている医療機関において、地域の脳卒中や急性心筋梗塞等の心疾患の大部分の緊急治療対応を行っている。また、これらの医療機関においては、より救急搬送の受け入れ件数が少ない医療機関と比較した際に、脳卒中や急性心筋梗塞の対応数が救急搬送受け入れ件数に比して高い傾向にある。（夜間入院500件以上を同様に位置づけ）
- さらに、救急搬送を年間2,000件以上受け入れている医療機関において、地域の脳卒中や急性心筋梗塞等の心疾患の緊急治療対応を行っている割合はさらに高い。また、これらの医療機関においては、より救急搬送の受け入れ件数が少ない医療機関と比較した際に、脳卒中や急性心筋梗塞の対応数が救急搬送受け入れ件数に比してさらに高い傾向にある。また、急性心筋梗塞等の心疾患における大動脈バルーンパンピングや経皮的体外循環等や脳卒中における血栓溶解療法への対応についても、これらの医療機関において大部分の対応を行っている。また、これらの医療機関について、医師の労働時間も長時間となる傾向がある。
- 産科救急・小児救急・精神科救急医療においては、救急搬送の受け入れ件数が少なくても地域医療確保のために必要な医療機関の役割を担っている医療機関が存在する。
- 年間1,000件以上救急搬送を受け入れている医療機関を有しない二次医療圏については、医療圏全体として救急搬送受入件数が少ない、単独で救急医療の大部分を担っている医療機関が存在しない、患者流出が多い、地理的な条件（島しょ）を有する等、様々な実情がある。

◆ **現在、中医協では、令和2年度診療報酬改定に向けて、救急病院における勤務医の働き方改革への特例的な対応として、救急医療の実績が一定水準以上の医療機関について、地域医療の確保を図る観点から評価を行うことを検討している。**

図 1.1.1-8 令和元年12月18日開催 中医協総会資料（抜粋）（その2）

出典：令和2（2020）年2月3日_救急医療問題調査会統計報告（神奈川県提供資料）

2) 聖マリ救命救急センター（以下、「救命救急センター」という。）の体制整備

救命救急センターは、昭和55（1980）年7月、厚生労働省、神奈川県及び川崎市からの要望に応え、県下初の救命救急センターとして開設され、昭和58（1983）年には大学病院としては初の熱傷センターを併設し、救命救急・熱傷センターとなり、以来、地域の中核的な救命救急センターとして現在に至っている。川崎市北部医療圏85万人における唯一の救命救急センターであり、夜間急患センターを併設することによって、1次救急から3次救急まで、多彩な重症度の病態に対応している。救急医学講座の救急専任医師を中心に、看護師とコメディカルを含め130人以上のスタッフ、そして院内各科との強い連携・協力体制の下に、24時間体制で救急患者を受け入れている。教育病院ということもあり、若手医師を多く起用しているが、コロナ禍も相まって多忙を極め、教育体制を維持することは容易ではない。

因みに救命救急センターにおける応需率は令和2（2020）年1～12月までの間、平均で99.26%となっており、常に限界に近い状態で稼働している状況にある。

3) 画像診断による新型コロナウイルス肺炎検査体制の充実

現在、新型コロナウイルス肺炎の診断においては、画像診断の活用と、臨床症状、PCR検査をはじめとした検査データとの組み合わせにより診断制度の向上に努めている。また、従前より救急診療における画像診断活用に注力してきた聖マリは、全国の医療機関を対象に新型コロナウイルス肺炎疑い症例への遠隔による画像診断支援サービスが無償で提供してきた。その数は、令和3（2021）年3月末までの間で約1,000件にのぼる。

なお、当該支援サービスは、令和3（2021）年3月末までの予定であったが、全国各地から継続して支援を求める声が多数届いたため、同年7月より有償によるサービスを再開している。

ちなみに、神奈川県における令和2（2020）年12月31日時点における新型コロナウイルス感染症感染者数21,300人（神奈川県：新型コロナウイルスに感染した患者の発生状況一覧による）となっており、聖マリでの患者受入れ数は1,183人に及んでいる。



図 1.1.1-9 聖マリの新型コロナウイルス肺炎診療体制（TBS ドキュメンタリー「解放区」 『#2「コロナ患者タブレット越しで“最期の別れ”』』 令和3（2021）年4月19日 0A. 00:58～01:58）

1.1.2 実証に至る経緯

聖マリでは近年の救急応需ひっ迫状況に加え、令和元（2019）年5月28日に発生した「川崎市登戸通り魔事件」により多数傷病者発生事案を経験し（登戸駅付近の路上でスクールバス待ちの児童・保護者が男に切りつけられ2名死亡18名負傷、当時、聖マリでは最重症の5人を受入れ）、多数傷病者発生に対応した救命救急システムの構築が求められていた。

また、今般の新型コロナウイルス肺炎患者の受入れを感染拡大当初からはじめ、感染症のパンデミックに対応した医療体制の構築が課題となっていた。あわせて令和5（2023）年には最先端医療の実現を目指し新棟の完成が予定されており、この実現のためローカル5Gの活用方策を検討していた。

これらは新型コロナウイルス肺炎だけではなく、今後発生するあらゆる感染症などにも対応しうる高度な医療体制の実現を目指している。

このような経緯を踏まえ、聖マリをはじめとした大都市病院の課題解決を行うためには、医療従事者の稼働確保が急務である。そのために、多数傷病者発生やパンデミック等、あらゆる状況においても対応しうる、医療従事者が実際の移動を伴わず、居場所によらない視覚情報共有による遠隔からの医療指示等の新たな医療体制実現が求められる。

これらにより、医師の働き方改革や看護師の負担軽減等をはじめとした大都市病院における各種課題の解決が見込まれるため、1.2にて提案するローカル5Gを活用したソリューションの実証を行った。

1.2 実証の概要

大都市病院における最先端技術を活用したオペレーションの効率化並びに人為的及び自然災害への対応を強化するため、1) 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有、2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有、3) 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有、4) 大容量 X 線動画データ転送、5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定を実施した。

①簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

(現状)

多発外傷などの重症患者受入れ時、災害などによる多数傷病者発生時には、各診療科の医師や看護師、その他の協力部門スタッフが、病状把握、治療方針決定のために救急外来へ招集される。しかし、患者の周りを複数のスタッフが取り囲んで処置することで、招集される多くの医師はすぐには患者を診ることができない。

(実証)

重症外傷患者の救急外来での処置の遠隔からの観察と多数傷病者発生時の複数の患者の診察状況を遠隔から観察・把握の 2 場面を設定し、治療に当たる医師の手技だけでなく患部の様子やバイタルモニターや主訴や受傷機転、これまでの経過等々の様々な患者情報を記載したホワイトボードもしくはモニター、対応に当たるスタッフが誰であるかなどを口頭だけでなく視覚でも情報共有する。

(効果)

遠隔にいる医師・看護師は、現場にいなくても患者の様子がわかり、必要なタイミングで現場へ出向けるようになり、現場滞在時間の減少、現場参集医師・看護師数の削減、場合によっては、現場の情報を共有できる各科の医師、医療スタッフの増加が見込めるようになった。また、患者によって必要とされる処置、重症度も異なるため、それぞれの症例における治療法、治療優先順位、治療・検査に行けるタイミングなどを、現場と指令室と搬送先（手術室、検査室）でリアルタイムに情報共有を行うことができるようになった。

②院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

(現状)

救急患者は各診療科医局での横断的な治療、ICU 等からの移動が必要な症例が多く、ストレッチャーや車いすでの院内移動が多く発生する。院内移動の際、容態の急変に備えて、医師、看護師、スタッフがそれぞれ複数名付いている。

(実証)

重症患者に多くある ICU から血管撮影室への移動中、もしくは血管撮影室内のような治療を目的として医師が集中的にいるエリアの外に移動している時を想定し、従来難しかった移動中患者の遠隔からの状況把握を客観的かつ確実にリアルタイムで行えるようにする。

(効果)

移動時の安全性が維持され、必ずしも医師・看護師などではなく医療行為を行えないスタッフを移動担当者を選定することによる稼働削減、移動担当者の人数削減・精神的負担軽減を実現した。搬送は看護師が担当しており、看護師の負担軽減につながることを期待される。

③既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有

(現状)

救急外来に搬送され、CT が行われる患者では、容態に応じて、例えば新型コロナウイルス肺炎の有無や外傷性変化の判定などをすぐに判定しなければならない場面がある。現状は、撮影終了後に検査装置で計算し生成された画像を専用の画像読影システムに転送しているが、この過程に 15 分程度から時には 30 分以上かかることもある。

(実証)

CT撮影後モニターに表示されるCT画像を4Kカメラで映像共有し、画像診断医がタブレットを介してリアルタイムにその画像を確認、診断できる構成とすることで、5Gによる高精細なリアルタイム映像共有により、画像生成と画像閲覧システムへの配信を待たずに画像評価を行うこととなる。

(効果)

映像共有によってベンダフリーで、検査画像判断の迅速化、医師の移動、待ち時間軽減、読影業務の時間短縮による負担削減が見込める上、時には複数の医師の同時関与による診断の質の向上を実現した。

④大容量X線動画データ転送

(現状)

ICUでX線動画を撮影し、ICU外にある画像生成サーバ専用端末まで赴きデータ転送作業を実施するため、撮影から画像診断まで1時間以上評価できない。

(実証)

ローカル5Gの特性を活かし、これまでネックとなっていた大容量データの無線伝送ができることを検証する。

(効果)

将来的に医療機器のモビリティ化が進み場所を問わず高度な画像情報(X線動態画像)解析が行え、患者の移動を必要とせず、リアルタイムの画像診断及び医師・スタッフ等の業務負担の軽減につながることを目指した。

⑤既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定

(現状)

重症患者では呼吸維持のため、そして全身状態維持のため気管内チューブをはじめとする様々な生命維持のための器具が装着されている。気管内チューブ等が体内の適正な位置にあることを確認できるのはX線画像が撮影されたときだけである。しかし、X線画像はほとんどの場合、肺や心臓の様子を観察するなどの別の目的で撮影されており、医師が、都度、器具の位置を確認することは難しい。一方、これらの器具の位置異常が見過ごされれば、重大な結果をもたらすことになる。

(実証)

モニターに映し出されたX線画像を4Kカメラで撮影、大容量映像情報を5Gでクラウド上にアップロードし、AIによる判定を行い、タブレットなどのブラウザ上で画像の解析結果をリアルタイムに出力する。

(効果)

ローカル5Gを活用することによって、従来できなかった高精細なリアルタイム映像を、読影機器の機種を問わず画面に表示されたX線画像を解析でき、可搬性があり容易に設置できることから院内に既導入されている読影システムに縛られない柔軟なシステムの実現につながった。

なお、技術実証においては、1)ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定、2)電波伝搬モデルの精緻化、3)電波反射板によるエリア構築の柔軟化を実施する。

2. 実証環境の構築

今回、実証フィールドとなる聖マリでは、現在、新棟の建築を進めており、令和5（2023）年に竣工予定の新棟にて、救命救急医療のオペレーション向上を目的とした院内のローカル5G構築を予定している。救命救急の現場である、救命救急センターにおいても、新棟への移転が予定されており、その際にローカル5Gを活用したソリューション実装を遅滞なく実施するため、本実証において、ローカル5G環境での利用を想定した検証を行った。



本実証では、現在の救命救急センターを、新棟移転後の環境と見立て、実際の利用場所や場面、ソリューション利用方法を想定した形で実証を行うこととする。具体的には、本実証における課題解決を検証するために必要な設備を有する、「夜間急患センター」（救命救急センター内に位置する）を、救急医療における各環境（救急外来処置室や緊急指令室等）と見立てて、各課題解決の検証を行った。

上記より、本実証にて活用するエリアについては、聖マリにて恒久的に使用する施設でないことから、ローカル5G構築は行わず、通信キャリアの5G基地局を一時的に設置することで、5Gエリアの構築を行った。キャリア5Gを代用した検証となることから、ローカル5G環境での実証と同等の成果を得るために、ローカル5Gの周波数（4.6GHz～4.9GHz帯、28.2GHz～29.1GHz帯）と近い周波数帯の構築免許を受けている、株式会社NTTドコモ（以下、「ドコモ」という。）の基地局（周波数帯：4.5GHz帯、28GHz帯）を活用。

救命救急センターは、図2-2で示す病院別館の1階に位置している。



図2-2 病院別館（救命救急センター）の配置

夜間急患センターは、救命救急センター（病院別館1階）の図2-3に示す場所に位置している。

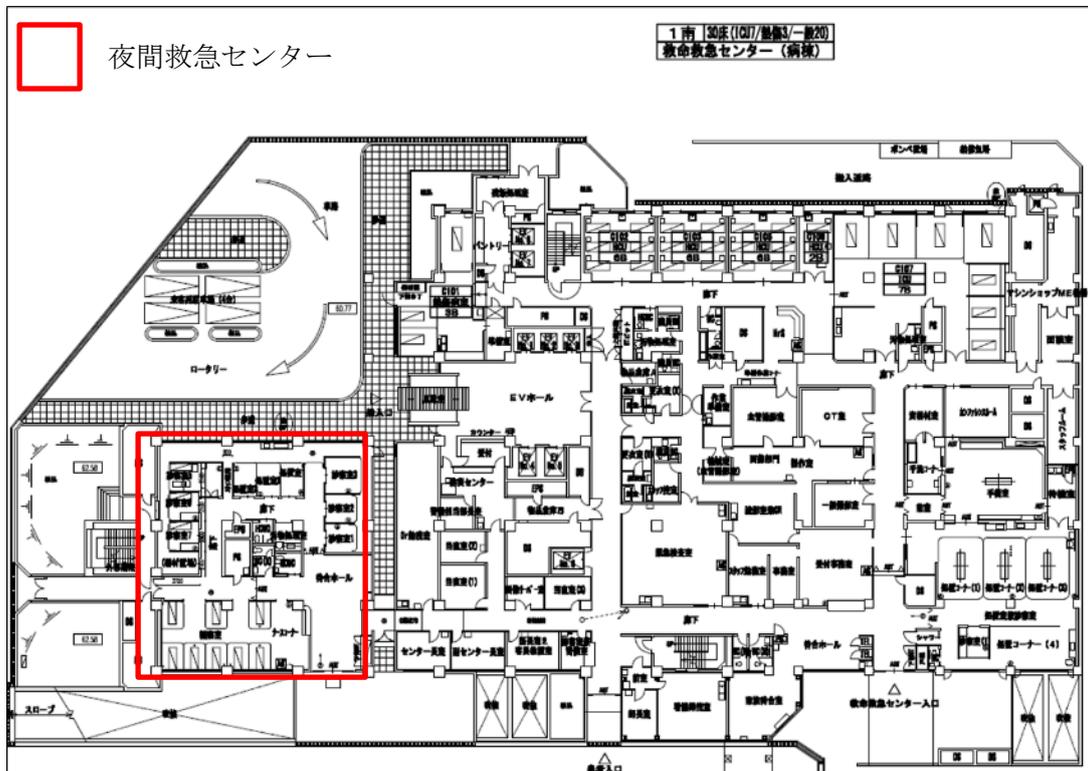


図2-3 救命救急センターにおける夜間急患センターの配置

2.1 実施環境

図2.1-1 に示すように、キャリア 5G の基地局合計 5 局（屋内局）を設置し、夜間急患センター全体が 5G カバーエリアとなるようエリア構築を行った。

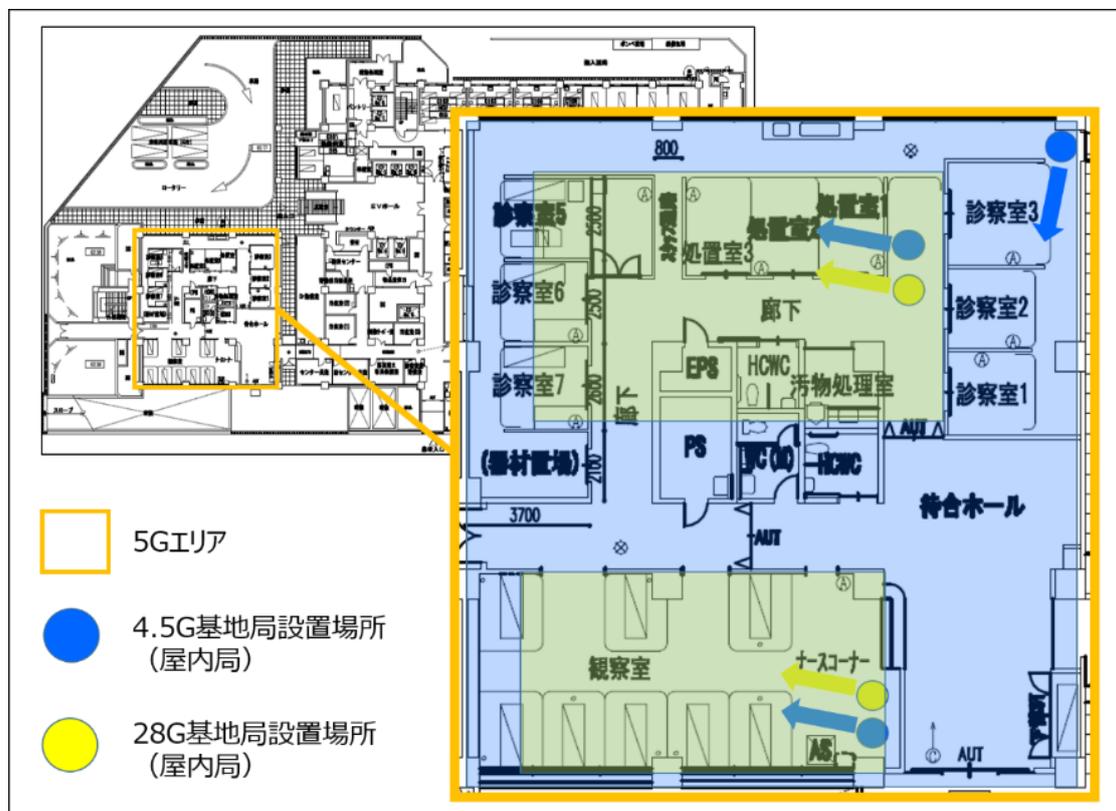


図2.1-1 5G構築エリア

今回、課題実証において想定する課題解決シナリオや実際の場面設定として、複数の機器（4Kカメラ等）からのデータ伝送及び受信を必要とし、範囲において大容量なデータ送受信が必要となることから、これらを実際の医療現場で活用することを想定した形での基地局設置を実施。

28GHz帯の基地局は、最重症患者治療室や中央指令室等を想定し多数の機器（4Kカメラ等）を設置するエリアに設置することで、最適な映像伝送を行うための環境構築を行った。また、詳細は後述となるが、ストレッチャー等を活用した院内移動中患者の映像伝送等の移動を伴う機器（4Kカメラ等）の利用にも対応するため、4.5GHz帯の基地局を設置し、柔軟なソリューション活用のための環境構築を行った。

基地局を設置する建屋に関しては、聖マリと調整の上、実証実験の実施に適切な場所及び施設を選定しているが、キャリア5G網は現在のところ、NSA方式での通信となるため、今回対象とする範囲において、一部、LTE弱電界となる箇所については、LTE電波のアンカーバンドを追加設置することで改善を図り、施設内の最適なエリア設計・構築を行った。

2.2 ネットワーク・システム構成

2.2.1 ネットワーク・システム構成図

図 2.2.1-1 に示すようにネットワーク・システムの構成を実施。

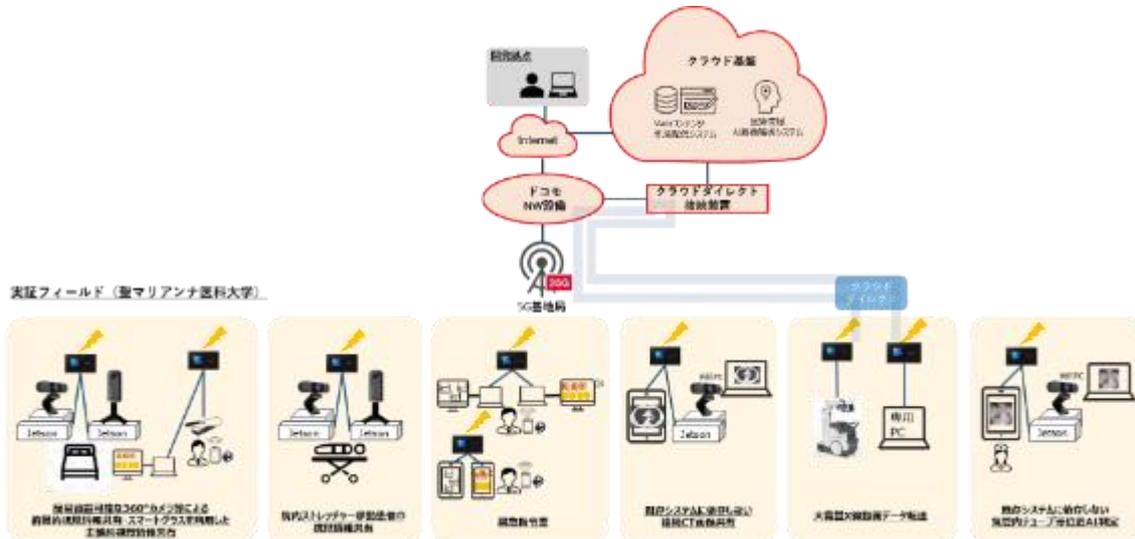


図 2.2.1-1 ネットワーク・システム構成図

図 2.2.1-2 に示すように、上記の実証環境に基地局（「4.5G 無線装置 (RU) 4 TX」を 3 台及び「28G 無線装置 (RU) 2 TX」を 2 台) を設置し、基地局制御装置・コア NW 装置と接続する。

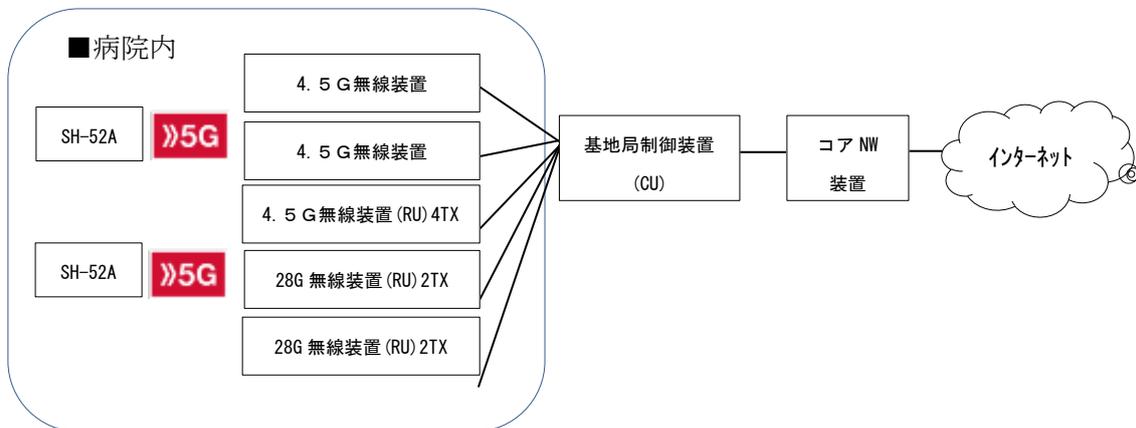


図 2.2.1-2 キャリア 5G ネットワーク構成図

課題実証において構築したシステム構成を、図 2.2.1-3 に示す。

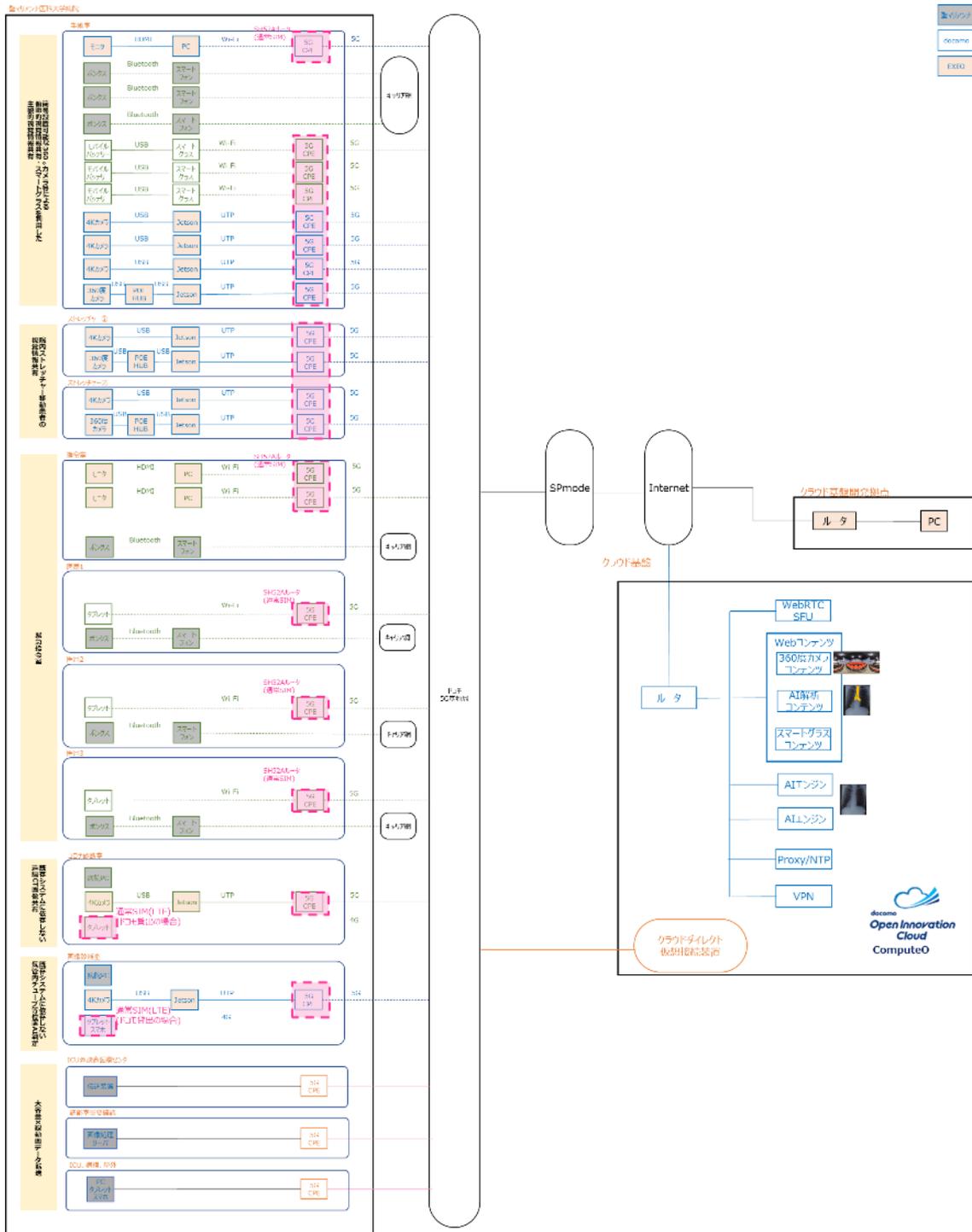


図 2.2.1-3 課題実証で構築するシステム構成図

2.2.2 AI エンジン構成図

今回構築したAIエンジンは、大きく「Web Client」「Front API」「Back API」の3つの要素を組み合わせて構成されている。

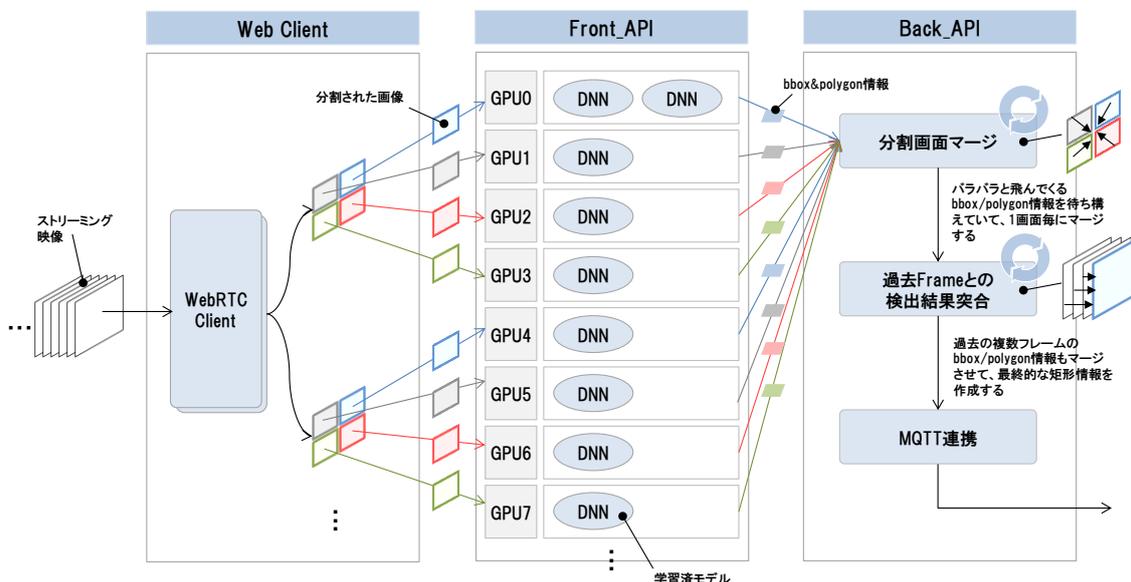


図 2.2.2-1 エンジンの全体概要図

- Web Client : 映像を受け取り、画像データ(行列データ)をFront APIへ送るAPI。
- Front API : AIモデルが搭載されているAPI。処理した結果を後続のAPIへと渡す。
- Back API : 一定間隔で処理結果を集約・ロジック適合・MQTTへと送信するAPI。
(「Web Client」はJava scriptによって記述、「Front API」「Back API」はPythonで記述している。)

エンジンの各要素には、以下のような設定値が存在し、サーバリソースを鑑みながら設計する必要がある。

表 2.2.2-1 エンジン内のパラメータの概要

no	区分	パラメータ名	影響を与える項目	補足
1	Web Client	画像分割数	検出能力	1枚の画像を何分割するかの設定値。細かくするほど検出能力は高くなる傾向にある。
2	Web Client	パラレル数	FPS	1サーバで、画像を処理するAPIをいくつ立てるかの設定値。GPU数依存的に決まる。
3	Front API	モデルの大きさ	検出能力・レイテンシ	モデルの大きさにより、検出性能・処理時間が変わる。
4	Back API	待ち時間	レイテンシ	MQTTに送信するAPIの待ち時間。モデルの処理時間を見て調整する。

「画像分割数」や「パラレル数」は、用意しているサーバのGPU数に大きく依存するため、活用できるサーバリソースを鑑みて、各種設定値を設ける必要がある。今回、5FPSを出すために、各サーバのパラレル数を4に設定した際の概要図を以下に示した。

webclient				front_api					back_api			
テナント	port	開始時間 (msec)	間隔 (msec)	テナント	port	gpu	model	model2	テナント	port	待ち時間 (msec)	間隔 (msec)
1	8011	0	400	1	18011	1	X線画像切り取り	-				
						2	-	X線画像全体予測				
						3	-	X線画像上部予測				
						4	-	X線画像下部予測				
						5	X線画像切り取り	-				
2	8021	200	400	2	18012	6	-	X線画像全体予測				
						7	-	X線画像上部予測				
						8	-	X線画像下部予測				
						9	-	-				
						0	X線画像切り取り	-				
2	8021	200	400	2	18021	1	X線画像切り取り	-				
						2	-	X線画像全体予測				
						3	-	X線画像上部予測				
						4	-	X線画像下部予測				
						5	X線画像切り取り	-				
2	8021	200	400	2	18022	6	-	X線画像全体予測				
						7	-	X線画像上部予測				
						8	-	X線画像下部予測				
						9	-	-				
						0	X線画像切り取り	-				

図 2.2.2-2 AI エンジン内の各種設定値

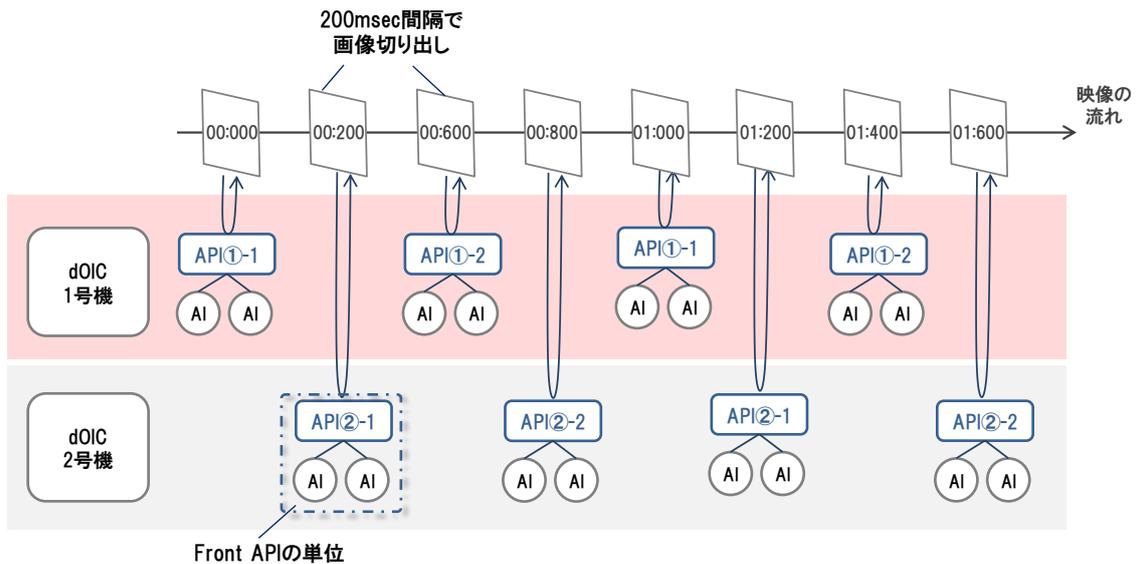


図 2.2.2-3 画像分割数とパラレル数の概念図

2.2.3 基地局配置図

図2.2.3-1 に示すように、キャリア 5G の基地局合計 5 局（屋内局）を設置し、夜間急患センター全体が 5G カバーエリアとなるようエリア構築を実施。また、28GHz 基地局は主に端末機器が集積する箇所をエリア化することで各ソリューションに耐えうる無線容量を確保。

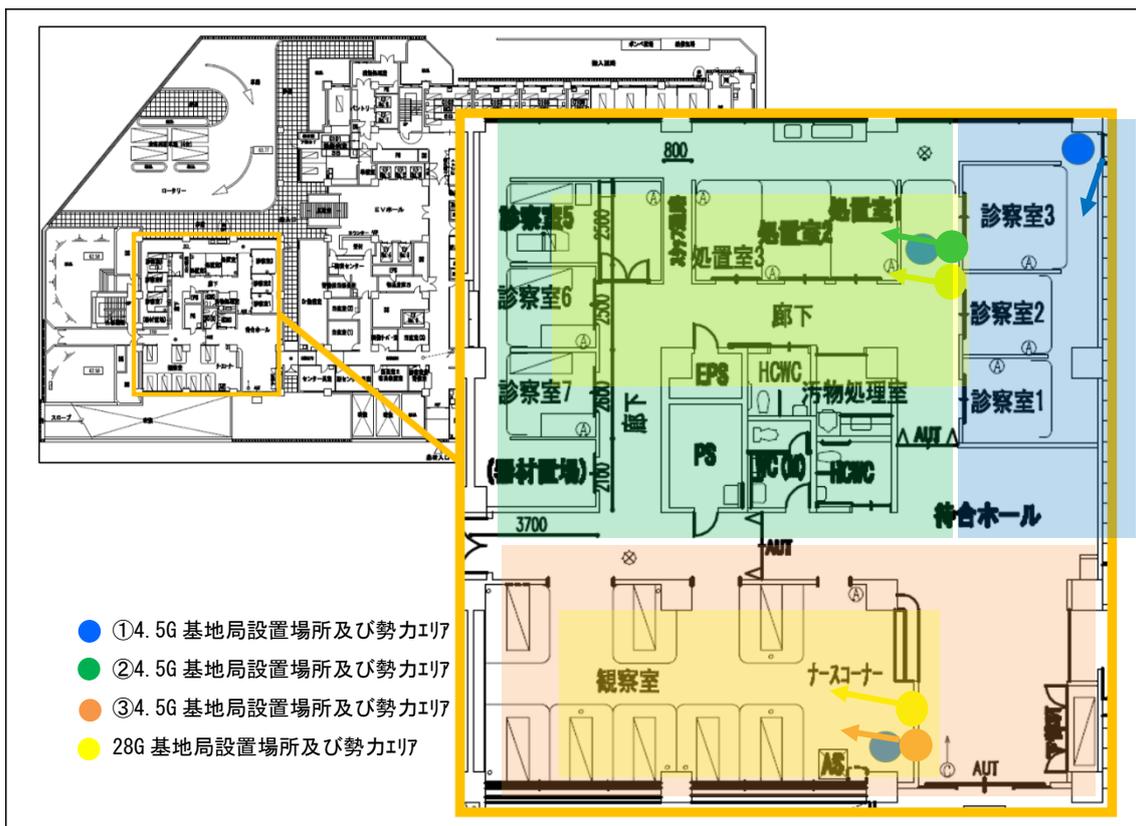


図 2.2.3-1 5G構築エリア

本実証環境に設置する装置のイメージを図 2.2.3-2 に示す。

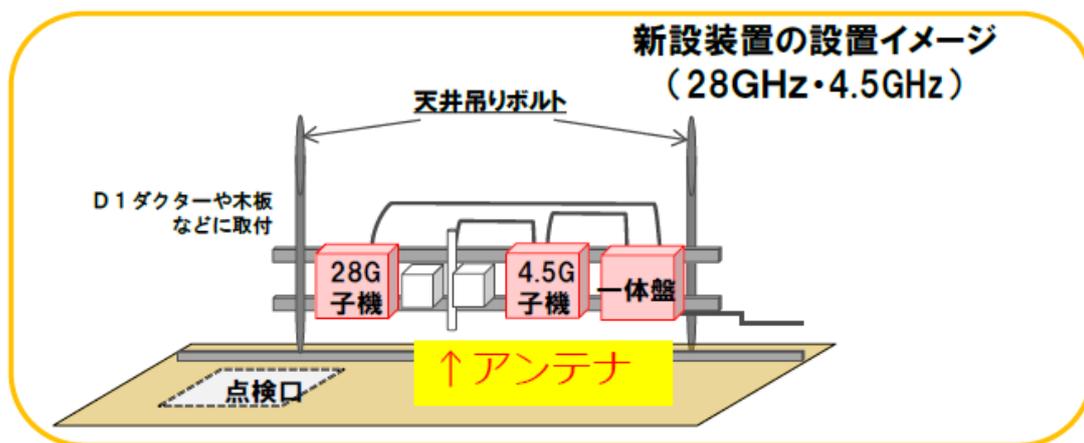


図 2.2.3-2 基地局装置の設置イメージ



図 2. 2. 3-3 屋内アンテナイメージ (4.5GHz)



図 2. 2. 3-4 屋内アンテナイメージ (28GHz)

2.2.4 基地局無線部特性及び性能

- ・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：5局
- ・周波数帯：4.5GHz 帯3局、28GHz 帯2局
- ・帯域幅：100MHz(4.5GHz)、400Hz(28GHz)
- ・キャリア間隔：30kHz(4.5GHz)、120kHz(28GHz)
- ・変調方式：DL(4.5GHz:QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM、28GHz:QPSK, 16QAM, 64QAM)
UL(4.5GHz/28GHz: QPSK, 16QAM, 64QAM)
- ・同時接続数：1500UE/セル(無線局)
- ・装置ベンダ：富士通(28GHz)、NEC(4.5GHz)

2.2.5 コアネットワークの概要

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。

2.3 システム機能・性能・要件

本実証において以下の 5 つのソリューション(以下 sol 1)～5)) を実施する。

- 1) 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有
- 2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有
- 3) 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有
- 4) 大容量 X 線動画データ転送
- 5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

上記 sol 1)～5) には、図 2.2.1-1 に示したネットワーク・システム構成図にあるように、スマートグラス映像・4K カメラ映像をキャリア 5G 経由でクラウド基盤(映像受配信システム、映像コンテンツ生成システム、AI 解析システム)に送信し、生成結果をキャリア 5G 基地局等経由で指令室・各医局と想定する試験室のモニター及び医師が保持すると想定するタブレット端末に送信して表示をするというシステムを構成する。

2.3.1.1 システム構築に必要な機器等

システムを構成するにあたり、必要な機器等名、それらの役割を表 2.3.1.1-1 に示している。また、本実証で使用する機器は、sol 1)～5) において同等の機器を使用するケースが多いことから、各ソリューションで使用する機器の項目に○を記入している。

表 2.3.1.1-1 各ソリューションにおける機器等名、それらの役割

No	機器(数量)	役割	sol1	sol2	sol3	sol4	sol5
1	360 度カメラ (3)	・ 外来処置室内、院内移動中の患者周囲の 360 度動画を撮影する	○	○			
2	高精細カメラ (6)	・ 外来処置室内、院内移動中の患者周囲の高精細映像を撮影する ・ CT 画像、X 線動画を高精細に撮影する	○	○	○		○
3	スマートグラス (5)	・ 医療従事者の術野を含む視野の動画を撮影する	○				
4	映像伝送装置 (9)	・ 360 度カメラ、高精細カメラの映像を適切な映像フォーマットにエンコードし、映像受配信システムに伝送する	○	○	○		○
5	5 G 端末(20)	・ キャリア 5 G を利用し、映像受配信システムへ広帯域なアップロード通信する ・ キャリア 5 G を利用し、映像コンテンツ生成結果を映像コンテンツ閲覧用 PC やタブレットへ広帯域なダウンロード通信する	○	○	○	○	○
6	クラウド基盤	・ 各システムを構成する IaaS クラウド基盤とする	○	○	○	○	○
7	映像受配信システム	・ 360 度カメラ、高精細カメラ、スマートグラスの映像を受信し、映像コンテンツ生成システムへ配信する ・ 生成された映像コンテンツを映像コンテンツ閲覧用 PC・タブレットへ配信する	○	○	○		○
8	AI 解析エンジン	・ X 線動画から、気管挿管、静脈カテーテル、胃管チューブが正しく行われているかを判定する。					○
9	映像コンテンツ生成システム	・ 映像受配信システムから得られた複数の映像を、web ブラウザ上で表示させるコンテンツとして生成する ・ AI 解析結果の画面を web ブラウザ上で表示させるコンテンツとして生成する	○	○	○		○

No	機器(数量)	役割	sol1	sol2	sol3	sol4	sol5
10	クラウドダイレクト接続装置(3)	・X線動画像の送受信を、クラウドサーバを介さず端末間通信で行う				○	
11	映像コンテンツ閲覧用PC(3)	・キャリア5Gを利用し、生成された映像コンテンツをリアルタイム表示、確認する	○	○	○		○
12	映像コンテンツ閲覧用タブレット(5)	・キャリア5Gを利用し、生成された映像コンテンツをリアルタイム表示、確認する	○	○	○		○
13	5G無線局	・キャリア5Gを利用し、ローカル5G隣接周波数での5Gで電波発射する	○	○	○	○	○

2.3.1.2 機器等の仕様

表 2.3.1.1-1 に示した課題解決システム構築に必要な機器等の仕様は以下のとおりである。

- ① 360度カメラ
 - ・外来処置室内、院内移動中の患者周辺の動画データとして、360度映像が4K(3840*1920、30フレーム相当)で撮影可能なこと。
 - ・HDMI または USB でリアルタイム出力が可能なこと
- ② 高精細カメラ
 - ・外来処置室内、院内移動中の患者周辺の動画データとして、高精細映像(4K:3840*2160相当)が30フレーム相当で撮影可能なこと。
 - ・HDMI または USB でリアルタイム出力が可能なこと
- ③ スマートグラス
 - ・外来処置室内の患者周囲の動画データとして、高精細映像(FullHD:1920*1080相当)が30フレーム相当で撮影可能なこと。
- ④ 映像伝送装置
 - ・360度カメラ、高精細カメラで撮影された映像をリアルタイムでHDMI または USB 経由で受信し、適切な映像フォーマット(H.264、VP8、VP9を想定)へリアルタイムに近い高速度でのコーデック変換可能なGPUを実装していること
 - ・映像受配信システムへ映像配信するアプリケーションを実装可能なこと(WebRTC利用を想定)
- ⑤ 5G端末
 - ・5Gを利用して、映像伝送装置からのデータを最大15Mbps/台で映像受配信システムへアップロード通信可能なこと。映像伝送装置とはLAN または USB で接続可能なこと
 - ・映像コンテンツ生成結果を映像コンテンツ閲覧用PC やタブレットに対して広帯域なダウンロード通信が可能なこと。映像コンテンツ閲覧用PC やタブレットとはLAN やUSB、または無線LANで接続可能なこと
- ⑥ クラウド基盤
 - ・クラウド基盤上で各システムを柔軟に構成可能なこと。実証利用に必要なリソース(CPU、MEM、DISK、GPU)が準備可能なこと。特にAI解析にはGPUリソースを利用するため、AI解析エンジン・映像コンテンツ生成システムが利用可能なGPUを多数準備可能なこと

- ⑦ 映像受配信システム
 - ・360度カメラ、高精細カメラ、スマートグラスで撮影した映像を映像伝送装置/スマートグラスから受信し、映像コンテンツ生成システムへ送信可能なこと
 - ・生成された映像コンテンツをコンテンツ閲覧用PC・タブレットからの要求に対して映像配信可能なこと
 - ・多地点からの要求に対して配信可能なシステム構想であること。
- ⑧ AI解析エンジン
 - ・診断映像が表示されるPCまたはモニターの撮影映像をAI解析し、AIの基準で判定できること
- ⑨ 映像コンテンツ生成システム
 - ・360度カメラ、高精細カメラ、スマートグラスから受信した映像をwebブラウザに表示させるコンテンツとして生成する。
 - ・映像コンテンツ閲覧用PC、タブレットのログイン情報を取得・表示できること。
- ⑩ クラウドダイレクト接続装置
 - ・クラウドダイレクト接続サービスを利用して、クラウドサーバを介さず端末間通信（端末間P2P接続）を行うことが可能なこと。
- ⑪ 映像コンテンツ閲覧用PC
 - ・クラウド設備上の映像受配信システムに対して接続配信要求し、映像コンテンツ生成結果を表示可能なUIを具備すること。
 - ・想定する映像コーデック（H.264、VP8、VP9）が再生可能なこと。
 - ・5G端末とはUSBや、無線LANで接続可能なこと。
 - ・出力映像を複数人で共有できるモニターを別途用意すること。
- ⑫ 映像コンテンツ閲覧用タブレット
 - ・クラウド設備上の映像受配信システムに対して接続配信要求し、映像コンテンツ生成結果を表示可能なUIを具備すること。
 - ・想定する映像コーデック（H.264、VP8、VP9）が再生可能なこと。
 - ・5G端末とはUSBや、無線LANで接続可能なこと。
- ⑬ 5G無線局
 - ・キャリア5Gを利用可能なこと、かつローカル5G周波数帯域での干渉検討を行うため、同システムに近い周波数帯域での無線装置であること。（4.5GHz、28GHzを想定）

また課題実証では、上り回線において、高精細カメラ等からの映像を伝送することを前提としているため、ローカル5G性能としては、上り回線の伝送スループットが重要となる。上り回線を占有する①360度カメラ②高精細カメラ③スマートグラスに関しては、⑤5G端末と接続することで、1台当たり15Mbpsで映像データを送信可能なものとする。

2.3.1.3 選定機器・選定理由

2.3.1.2の機器仕様をもとに選定した機器等は表2.3.1.3-1のとおりである。

表 2.3.1.3-1 選定機器一覧

No	機器	選定機器
1	360度カメラ	theta Z1
2	高精細カメラ	BRIO ULTRA HD PRO ビジネスウェブカメラ
3	スマートグラス	M400 スマートグラス
4	映像伝送装置	Predator PH315-53
5	5Gルータ	SH52A/SH52B/SC53A

No	機器	選定機器
6	クラウド基盤	ドコモ ドコモオープンイノベーションクラウド
7	映像受配信システム	時雨堂 WebRTC SFU Sora
8	AI 解析エンジン	・高精度映像 異常検出エンジン ・NVIDIA Quadro P5000*8
9	映像コンテンツ生成システム	web サーバインスタンス
10	クラウドダイレクト接続装置	ドコモ ドコモオープンイノベーションクラウド
11	映像コンテンツ閲覧用 PC	Zephyrus G15 GA503QR
12	映像コンテンツ閲覧用タブレット	iPadPro
13	5 G 無線局	ドコモ 5 G 4.5GHz, 28GHz 基地局

以下に、表 2.3.1.3-1 で選定した機器等の選定理由を示す。

① 360 度カメラ

- ・ 外来処置室内、院内移動中の患者周辺の動画データとして 360 度映像が 4 K(3840*1920、30 フレーム相当)で撮影可能である
- ・ USB(3.0)によるリアルタイム出力が可能である
- ・ 映像の品質に関しても聖マリの医師にて FullHD 相当/4K 相当で映像を比較し、現場の俯瞰映像を確認する際は 4K 相当の品質が必要と判断し機材選定している

② 高精細カメラ

- ・ 4K/30fps 相当 (最大 4096 x 2160 ピクセル相当) での映像撮影が可能である
- ・ HDMI マイクロ端子、マイクロ USB 端子(USB2.0、USB3.0)でリアルタイム出力が可能である
- ・ 調節可能なクリップを使って、最適に動作する場所 (ノート PC、ディスプレイまたは卓上)に取り付け可能、またクリップを取り外して、統合された取り付け口を使って三脚に固定することも可能である
- ・ 映像の品質に関しても聖マリの医師にて FullHD 相当/4K 相当で映像を比較し、現場の俯瞰映像を確認する際は 4K 相当の品質が必要と判断し機材選定している

③ スマートグラス

- ・ 医療従事者の術野を含む視野の動画データとして、高精細映像 (FullHD:1920*1080 相当) が 30 フレーム相当で撮影可能である
- ・ 聖マリの数名の医師にて使用感や映像の映り方を確認し、医師の視野に近い箇所を撮影できるスマートグラスとして選定している

④ 映像伝送装置

- ・ USB 端子(USB3.1)で映像をリアルタイムに受信が可能である
- ・ H.264、VP9 のエンコードに対応しており、NVIDIA Volta GPU を実装している
- ・ 株式会社時雨堂が提供する Apache License 2.0 のオープンソースソフトウェアとして登録されている「WebRTC Natibe Client Momo」を実装予定であり、動作確認機種として本製品が公開されている

⑤ 5 G 端末

- ・ アップロード時最大 480Mbps の機能を有している
- ・ ダウンロード時最大 4.1Gbps の機能を有している
- ・ 無線 LAN 規格、IEEE802.11a, b, g, n, ac, ax に対応している

⑥ クラウド基盤

- ・ 本実証で構築するシステムに充当するリソースの割り当てが十分可能なクラウドサービスである
- ・ GPU サーバは多数準備可能である

- ⑦ 映像受配信システム
 - ・エンコード用 PC へ搭載予定の webRTC Client Momo と互換性のあるソフトウェアでありコンテンツ生成システムへ送信可能である。
 - ・映像を webRTC SFU サーバ経由で配信元に代わって配信が可能である
 - ・多地点からの要求に対し、webRTC SFU サーバ経由で配信元に代わって配信が可能なシステム構成である
 - ・一般的な配信において高ビットレートが必要な 4K 映像の配信時、再送制御の影響により 4K から解像度が引き下げられてしまう場合があるが、株式会社時雨堂が提供する webRTC SFU sora は、クライアントに対し上限値を引き上げるように通知することで最大 15Mbps のビットレート映像配信が可能である
- ⑧ AI 解析エンジン
 - ・診断映像が表示される PC またはモニターの撮影映像を AI 解析し AI の基準で判定を可能とする
- ⑨ 映像コンテンツ生成システム
 - ・映像受配信システムから得られた複数の映像を web ブラウザに表示させるコンテンツとして生成を可能とする
- ⑩ クラウドダイレクト接続装置
 - ・クラウドダイレクト接続サービスを利用して、クラウドサーバを介さず端末間通信（端末間 P2P 接続）を行うことが可能である
- ⑪ 映像コンテンツ閲覧用 PC
 - ・GPU 処理速度が高いゲーミング PC であり、複数映像の表示が可能である
- ⑫ 映像コンテンツ閲覧用タブレット
 - ・想定する映像コーデック（H. 264、VP8、VP9）が再生可能である
 - ・5 G 端末とは USB タイプ C ケーブルや、無線 LAN で接続可能である
 - ・5 G、無線 LAN 6 の通信が可能である
 - ・Apple M1 チップ、4 つの高性能コアと 4 つの高効率コアを搭載した 8 コア CPU、8 コア GPU が搭載されていることから、高速処理によるシームレスな画面操作が可能である
- ⑬ 5 G 無線局
 - ・ローカル 5 G の周波数帯 4.6~4.9GHz、28.2~29.1GHz に近い 4.5GHz、28GHz の周波数帯域で通信するキャリア基地局である

2.3.1.4 システム機能・性能

クラウド基盤に構築するシステム(映像受配信システム・AI 解析エンジン・映像コンテンツ生成システム・クラウドダイレクト装置)に関して、機能概要・性能評価項目をまとめている。性能評価項目を測定する上で必要なパラメータや試験方法は 4 章の機能検証で記載する。

表 2.3.1.4-1

No	対象	機能概要	性能評価
1	映像受配信システム	<ul style="list-style-type: none"> ・360 度カメラ、高精細カメラ、スマートグラスで撮影している映像を受信する ・AI 解析エンジン・映像コンテンツ生成システムによる生成結果を 	実証システムの基本性能評価
2			コーデックごとの基本性能評価 (コーデック選定)
3			End2End 遅延

No	対象	機能概要	性能評価
		閲覧用デバイスへ伝送する	
4	AI 解析エンジン	高精細カメラで撮影している映像をもとに AI 解析を行う	医師による正誤判定をもとにした混同行列による評価
5	映像コンテンツ生成システム	生成された web ページを閲覧用デバイスに表示する	web サイトへの接続性
6			コンテンツ正常性確認
7			医師のアンケートによる定性評価
8	クラウドダイレクト接続装置	X 線動画像伝送装置からクラウドダイレクト接続装置を介して X 線動画像表示用 PC に表示される	実証システムの基本性能評価
9			システムオペレーションの時間短縮確認

2.4 免許及び各種許認可

本実証においては、ドコモが免許人としてキャリア 5G 商用免許の申請を実施。免許取得にあたっては、採択後速やかに衛星放送事業者などと周波数調整を開始し、合意がとれた上で、総務省総合通信局に無線局免許申請を行い、実証開始までに無線局免許を取得。また、4.5GHz 帯申請時の確認事項となっているヘリポートとの離隔については、本基地局の申請位置から半径 50m の範囲にヘリポートが存在しないことを確認済みである。

2.5 その他要件

本実証実験においては、以下の特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2（2020）年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた製品を利用。

1. 認定の日付：令和 2（2020）年 12 月 21 日
2. 認定番号：2020 導 1 総第 0001 号-1
3. 認定開発供給事業者の名称：株式会社 NTT ドコモ
4. 情報管理体制

情報セキュリティに関して、システムの環境提供主体であるドコモは、情報管理の徹底を図っており、厳格な責任体制を敷いている。（図 2.5-1 参照）

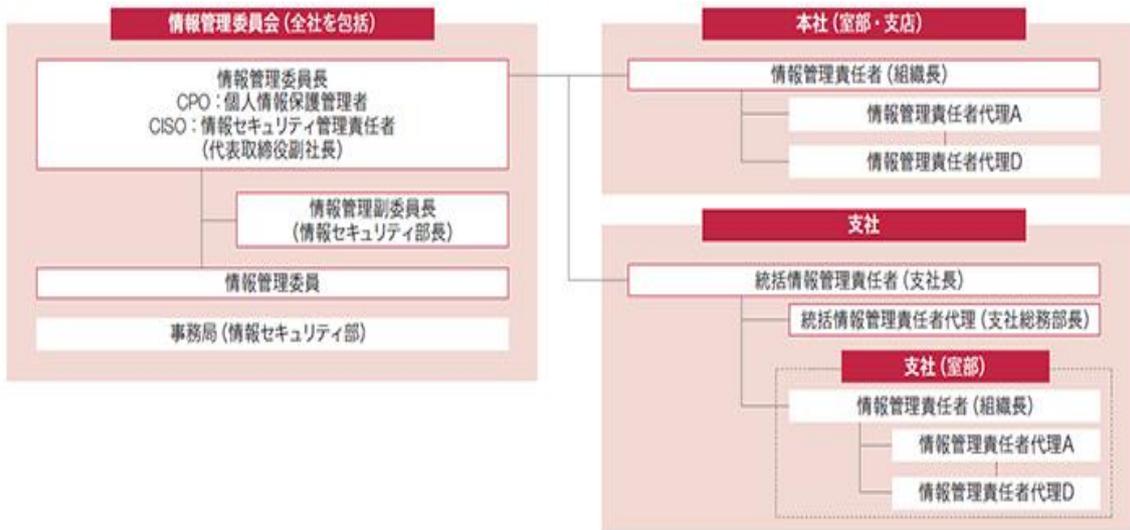


図 2.5-1 情報管理体制（ドコモ）

また本実証における実証環境構築では、ドコモのキャリア 5G システムで既に商用導入済みの 5G 装置一式を利用する。使用する 5G 装置はベンダの品質保証試験評価データの確認及びラボ環境での動作・性能試験を実施し品質確認した上で導入している。

図 2.2.1-3 で示した課題実証にて構築するシステムに関する機器については、開発を伴わない機器を利用することから、事前にラボ環境で検証を行い、機器及び構築するシステムの動作・性能(品質)の妥当性を事前に検証。

2.6 実証環境の運用

本実証ではキャリア 5G の商用免許運用となることから、実証時以外においても停波などは行わず常時運用とする。また 5G 機器の警報監視についてドコモオペレーションセンターにて 24 時間実施し、機器異常時はオペレータによる遠隔制御を行い、システムの正常性維持を図っている。

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

大都市病院における最先端技術を活用したオペレーションの効率化並びに人為的及び自然災害への対応を強化するため、技術実証においても、このユースケースを前提とし、仕様書で規定されている“a. ローカル 5 G の電波伝搬特性等の測定”“b. I. 電波伝搬モデルの精緻化”“b. II. 電波反射板によるエリア構築の柔軟化”について検討を行う。その際、今回得られた知見が、他の似たような環境（全国各地の救命救急センター）においても適用できるよう、“遮へい、反射環境における電波伝搬特性”及び“屋内環境におけるエリア展開の在り方”を意識しながら検討を進めていくこととする。

なお、令和 2（2020）年度に実施した医療分野におけるローカル 5 G 開発実証¹で、4.5GHz 帯による類似の実証実験を実施済みであり、本技術実証においては、28GHz 帯を用いることによる電波の直進性が救命救急センター内の屈曲した壁面構造にどのような影響を与えるかについて確認する。

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

表 3.1-1 技術実証の概要

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

¹ へき地診療所における中核病院による遠隔診療・リハビリ指導等の実現（令和 2（2020）年度）

3.2 実証環境

川崎市の聖マリ内の夜間急患センターに置局されるキャリア5G基地局2局（28GHz帯（27.4~27.8GHz））を用いて実証実験を行う。なお、ドコモが運用するキャリア5G周波数帯は28GHz帯（27.4~27.8GHz）であり、ローカル5G周波数帯28GHz帯（28.2~28.3GHz）の隣接CHであることから、電波伝搬特性も同様の結果が得られると考えている（図3.2-1参照²）。



図 3.2-1 28GHz 帯における周波数配置

図 3.2-2(a)に聖マリ内の夜間急患センター内における技術実証実験フィールド及び基地局設置状況を示す。

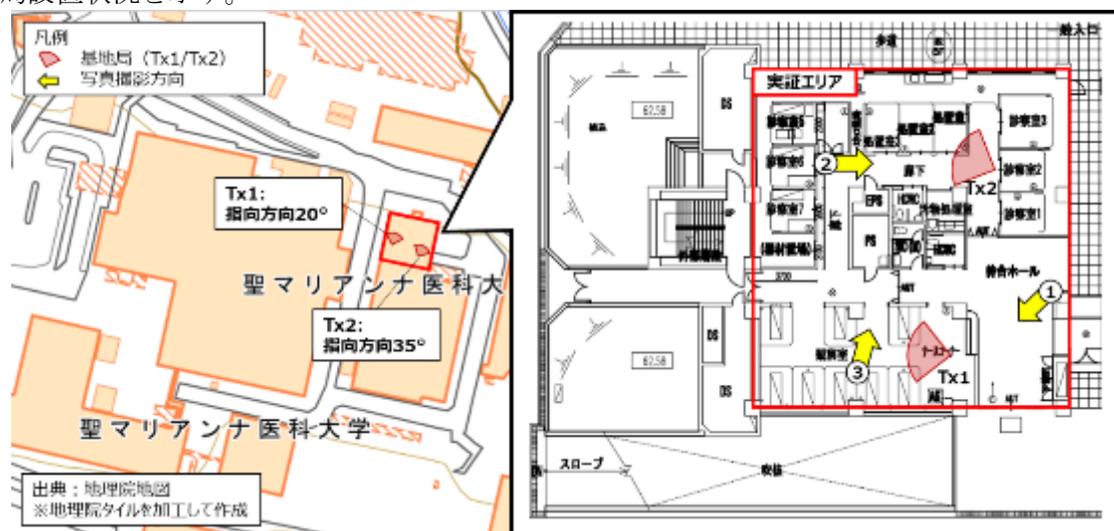


図 3.2-2(a) 夜間急患センター内における技術実証実験フィールド及び基地局設置状況

技術実証を行う夜間急患センター内は、図 3.2-2(b)～(d)の様な待合室、複数の診察室や救急患者を一次的に保護するベッドルーム、患者を搬送する通路等、建物内が複雑な壁面で構成されており、特にカメラによる高精細画像伝送等において、壁面遮へいに対する電波伝搬特性への影響が考えられるため留意が必要である。

² https://www.soumu.go.jp/main_content/000644668.pdf



図 3.2-2(b) 遮へい物・反射物の状況① (待合室)



図 3.2-2(c) 遮へい物・反射物の状況② (診察室・処置室)



図 3.2-2(d) 遮へい物・反射物の状況③（救急患者保護室）

各種データの実測に使用する予定の測定機器を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 実測に使用する予定の測定機器

測定機器名	測定項目	備考
Anritsu エリアテスタ ML8780A ³	SS-RSRP SS-RSRQ	図 3.2-3 設定値：表 3.2-2
Sigma-ML ⁴	移動局送信電力 パケロス	図 3.2-4
Garmin eTrex30xJ ⁵	GPS 座標	図 3.2-5

³ <https://dl.cdn-anritsu.com/ja-jp/test-measurement/files/Product-Introductions/Product-Introduction/ml8780a-81a-jl11400.pdf>

⁴ <http://meritech-solutions.com/meritech-jp/products.php>

⁵ <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/518048/pn/010-01508-10#specs>



図 3.2-3 Anritsu エリアテストの外観



図 3.2-4 Sigma-ML の外観



図 3.2-5 Garmin eTrex30xJ の外観

本実証を通して、エリアテストの主な設定値は表 3.2-2 を用いることとする。

表 3.2-2 エリアテスト設定値

項目	設定値
中心周波数	27600 MHz
帯域幅	400 MHz
測定項目	SS-RSRP SS-RSRQ SS-SINR
測定周期	0.4[s]

測定においては、多数の測定点における測定を効率的に実施するため、図 3.2-6 に示すような測定補助用の治具を作成して測定を実施する。

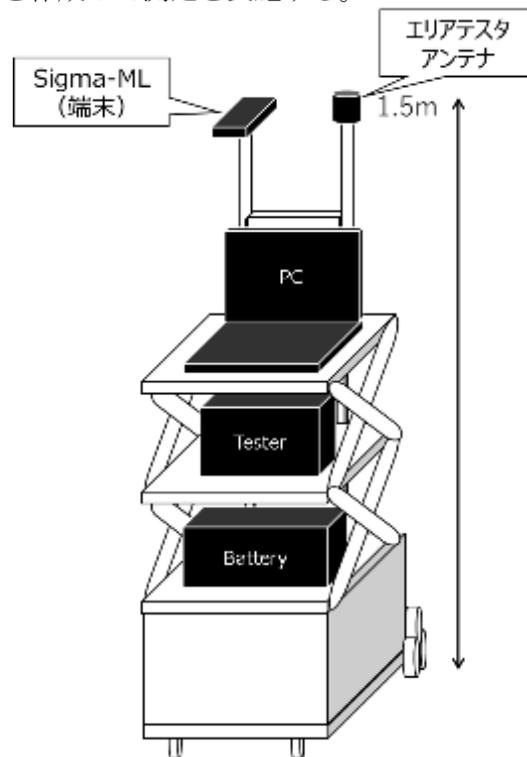


図 3.2-6 実測に用いる測定補助用治具

3.3 実証内容

3.3.1 ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

大都市病院における最先端技術を活用したオペレーションの効率化並びに人為的及び自然災害への対応を強化するため、課題実証において提案するユースケースで要求される性能を表3.3.1に示す。

課題実証では、上り回線において、高精細カメラ等からの映像を伝送することを前提としているため、ローカル5G性能としては、上り回線の伝送スループットが重要となる。従って、技術実証においても、上り回線のスループットが表3.3.1に示す195Mbpsを満たすことを実証目標とする。なお、本実証においては下り回線のスループット要件は定められていないが、医療分野においてはスマートグラスを活用した、医療従事者のリアルタイムでの遠隔指導等のソリューションが考えられる。そのため、下り回線のスループットについても表3.3.1に示す50Mbpsを満たすことを実証目標とする。その際、エリア形成の観点とユーザへのサービス提供の観点から評価を行う。

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

本項で取得する測定データについては、後述する技術実証項目において評価を行う際に活用することを想定している。詳細は3.3.2章及び3.3.3章を参照されたい。

表 3.3.1 課題実証で要求される所要性能（下りは技術実証で定めた目標値）

項目	下り (DL)	上り (UL)
通信速度	50Mbps	195Mbps（最大同時接続時）
遅延時間	500msec 以下	500msec 以下
利用条件	同時接続 5 台	同時接続 3～13 台

3.3.1.1 実証目標

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

まず、エリア形成の検証は、「電波法関係審査基準（平成13(2001)年総務省訓令第67号）が規定するエリア算出法」（以下、「エリア算出法」という。）に基づく、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値を基準に、実証環境において実測した下り受信電力値及びそこから導く伝搬ロス特性により行う。

次に、ユーザへのサービス提供品質は、カバーエリア端における伝送スループット、遅延時間が、表3.3.1にて示している課題実証側での所要性能を達成できているか評価する。これらの評価・検証を通じて、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策等についても考察を行う。

表3.3.1.1に、評価項目と測定項目との関係を示す。

表 3.3.1.1 技術実証試験における評価項目と測定項目との関係

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

3.3.1.2 評価・検証項目

(1) 測定方法

測定については、仕様書の規定に従い、エリア算出法に基づく基地局ごとのカバーエリア及び調整対象区域（図 3.3.1.2-1(a)(b)）において行うこととし、以下の考え方で実施する。

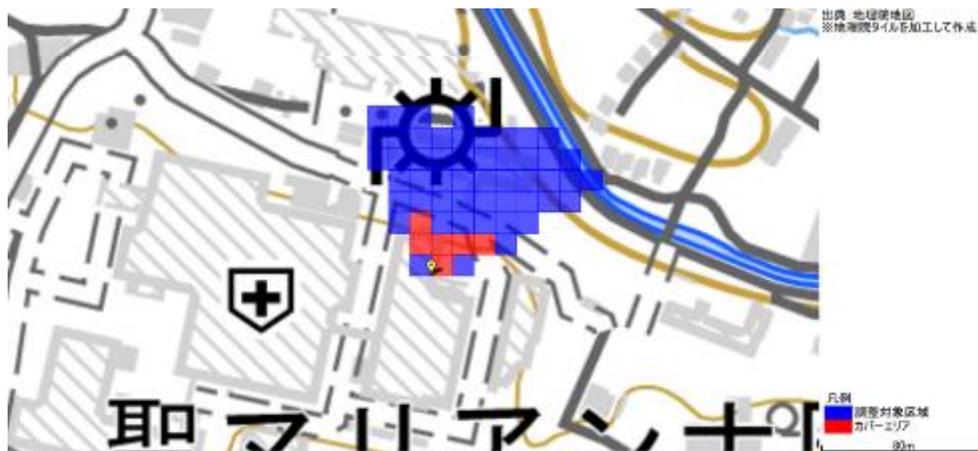


図 3.3.1.2-1(a) エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域図(Tx1)



図 3.3.1.2-1(b) エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域図(Tx2)

1) 測定地点の考え方

屋内、屋外の測定地点に置いて下記考え方に基づき測定地点を選定する。

まず、エリア算出法で算出されたエリア図を基に、測定点選定のため、エリアテストによる簡易測定を行った結果、エリア算出法で算出されたカバーエリア、調整対象区域より狭いことが明らかになったため、特に課題実証の対象となる夜間急患センターの屋内、及び屋外近傍で測定点を抽出した。

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

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

●測定地点

夜間急患センター内においては、待合室、複数の診察室や救急患者を一次的に保護するベッドルーム、患者を搬送する通路等を踏まえ、計 45 測定点を、屋外においては、夜間急患センターを含む建屋外壁周辺の他、測定に必要と考えられる地点として、12 測定点を、計 57 測定点を選定する(図 3. 3. 1. 2-2)。



図 3. 3. 1. 2-2 測定地点

2) 測定項目

・下り受信電力及び受信品質

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

SS-RSRP は、1 リソースエレメント当たりの SSS (Secondary Synchronization Signal) の受信電力であり、基地局からの電波の受信レベルを評価する基本的なパラメータである。SS-RSRQ は、受信品質を評価するパラメータであり、近隣基地局の干渉が増大すれば RSRQ が小さくなる。SS-SINR も RSRQ 同様に受信品質を評価するパラメータであり、RSRQ は分母に RSSI、つまり全体帯域の電力を用いるが、SINR では RS と同じリソースブロックの帯域内に存在する干渉電力を分母とする。干渉電力は、同じ帯域内の隣接セルからの信号に加えて雑音成分や、CP (Cyclic Prefic) 時間を超えて遅延したマルチパスとなり、その干渉電力が増大すれば SINR が小さくなる。

・伝送スループット及び遅延時間

伝送スループット (アップリンク (以下、UL) / ダウンリンク (以下、DL))、及び遅延時間について計測する。

3) 測定手法と実測模様

各種データの実測については、上記の考え方にに基づき選定した測定地点に測定員が赴き、表 3. 2-1 に示す測定器及び表 3. 2-2 に示す設定値を用いて実測する。また、実証環境における電波伝搬環境をより詳細に分析するため、各測定地点においては測定員の目視により見通し環境もしくは見通し外環境であるかを併せて記録する。ただし、建物等立ち入りが難しい場所については測定地点をずらすなどで対応する。

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

なお、受信電力の測定においては、定在波の影響を避けるため、1つの測定点において、 10λ (λ は波長) の範囲で測定位置を動かしながら測定を実施する。伝送スループットは、表 3. 3. 1. 2-1 に示す「ドコモスピードテストアプリ」を用いて、各測定地点において UL/DL それぞれ 3 回程度の測定を実施する。遅延時間についても、同様に、サーバと端末間の Round Trip Time を計測する。理由として、今回の実証はローカル 5 G 基地局ではなく、ドコモが商用運用する基地局を利用しているため、純粋な無線区間における伝送スループットや RTT は計測することができない。そのため、伝送スループットについては、総務省がガイドライン、計測手法を定め、各携帯電話事業者が実測、公表している実効伝送スループットと同じ手法 (サーバと端末の間の伝送スループット) で計測する。遅延時間についても、同様に、サーバと端末間の Round Trip Time を計測する。また、ドコモの商用環境を利用しているため、計測値は、5 G に加え、NSA 構成の LTE も含めたデータであることに留意されたい。

表 3.3.1.2-1 伝送スループット及び遅延時間測定ツール

測定機器名	測定項目	備考
ドコモスピードテストアプリ ⁶ 調査員用特別仕様	伝送スループット RTT	図 3.3.1.2-3

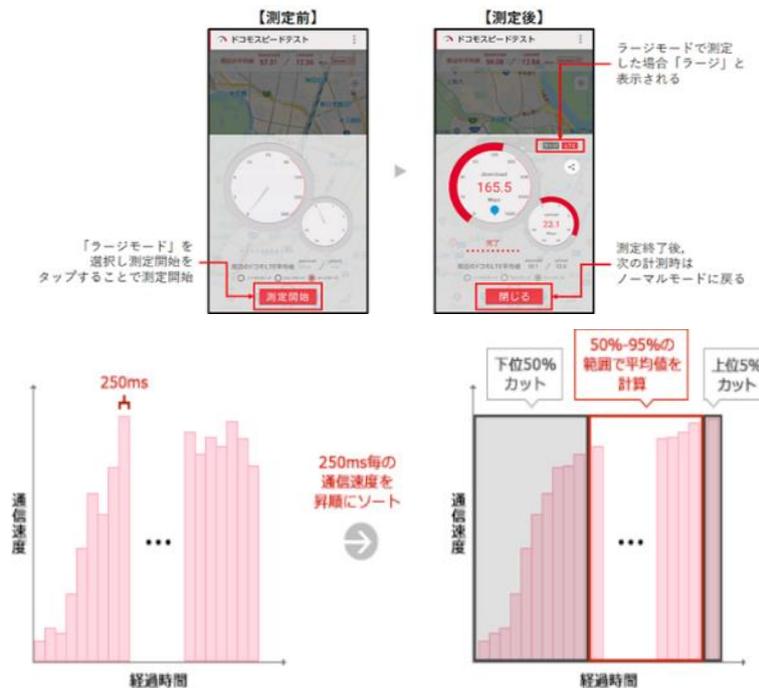


図 3.3.1.2-3 測定ドコモスピードテスト概要

3.3.1.3 評価・検証方法

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

(1) 実証環境におけるエリア形成の検証

エリア形成の検証としては、エリア算出法に基づく、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値を基準に、実証環境において実測した下り受信電力値及びそこから導く伝搬ロス特性により行うが、3.3.1.2章でも述べたとおり、実際の伝搬状況は、エリア算出法で算出されたエリア図より狭いことが事前の下り受信電力値の簡易測定で明らかなることから、図3.3.1.2-2の測定点において実測した下り受信電力値及びそこから導く伝搬ロス特性により行う。

具体的には、実証環境である夜間急患センター内、及びその周辺で実測を行い、各測定点の下り受信電力値とエリア端閾値が異なっている場合は、カバーエリア及び調整対象区域のエリア端閾値が実測される地点と基地局との距離の確認を行うことにより実測値による推定エリア図を作成する。最後に、エリア算出法によるエリア図と実測値による推定エリア図の差分を評価する。

加えて、各測定地点において実測した下り受信電力値と測定地点～基地局間距離から算出した伝搬ロス特性を、携帯電話システムの設計等に用いられている電波伝搬モ

⁶ https://www.nttdocomo.co.jp/area/speed_test/

※調査用特別仕様のソフトウェアであり、RTT測定が可能

デルと比較することで、実証環境における 28GHz 帯の電波伝搬特性の評価を行う。

(2) 実証環境におけるユーザへのサービス提供品質の評価

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

表 3.3.1.3-1 <表 3.3.1 の再掲> 課題実証で要求される所要性能
(下りは技術実証で定めた目標値)

項目	下り (DL)	上り (UL)
通信速度	50Mbps	195Mbps (最大同時接続時)
遅延時間	500msec 以下	500msec 以下
利用条件	同時接続 5 台	同時接続 3~13 台

3.3.1.4 実証結果及び考察

(1) 下り受信電力、受信品質測定結果

実証環境における下り受信電力及び受信品質の測定地点は、3.3.1.2 章にて示しており、計 57 地点で測定を実施した。

実測結果を図 3.3.1.4-1 及び表 3.3.1.4-1 に示す。

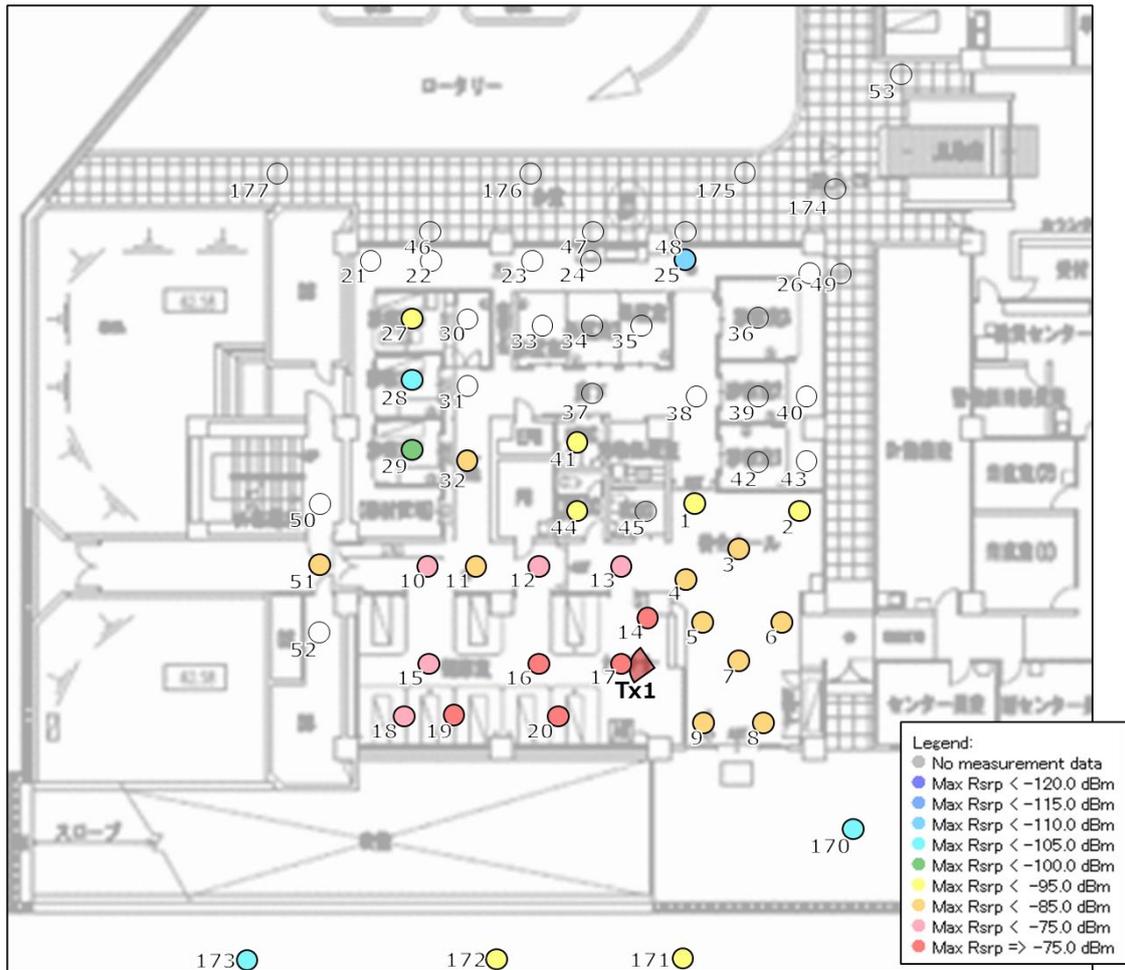


図 3. 3. 1. 4-1(a) SS-RSRP 測定結果(Tx1)

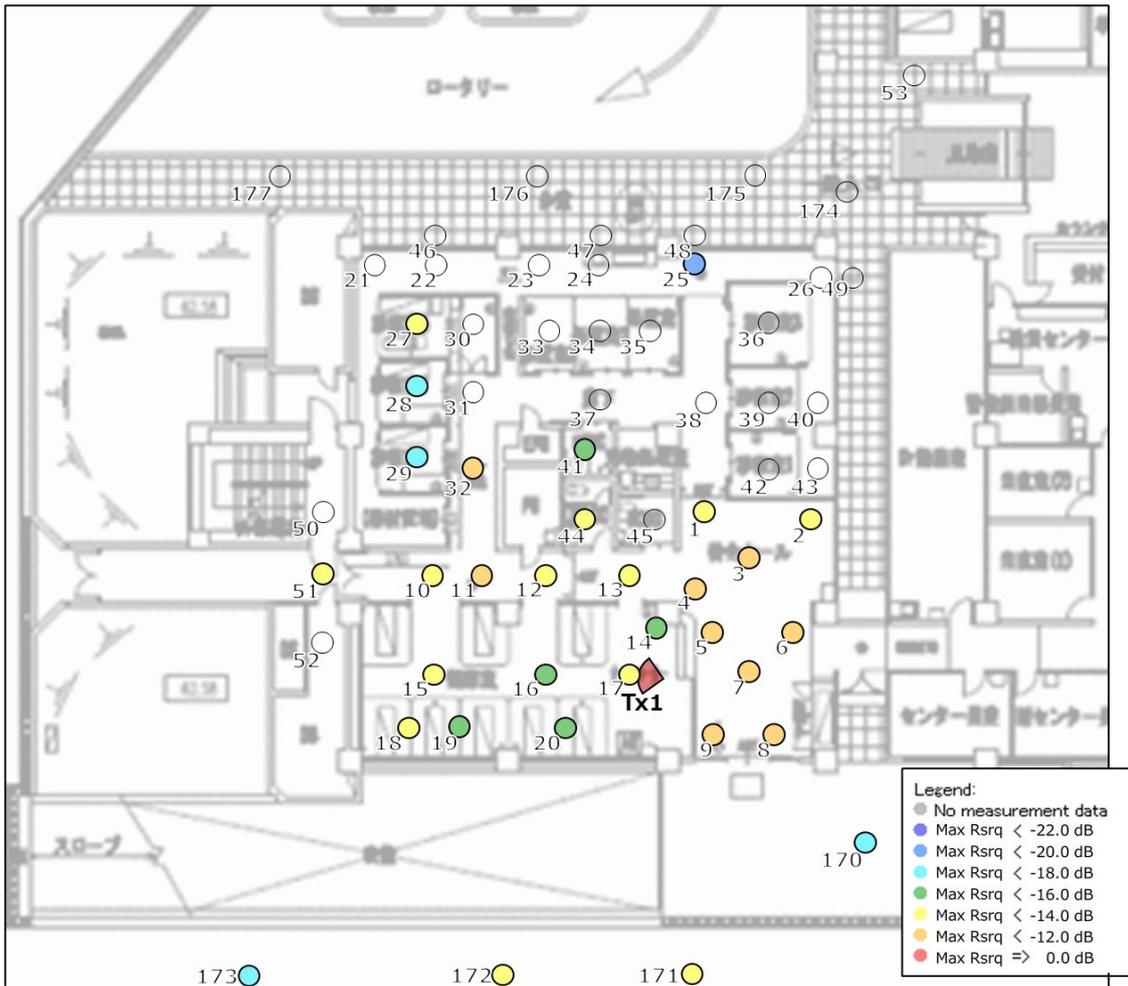


図 3. 3. 1. 4-1 (b) SS-RSRQ 測定結果(Tx1)

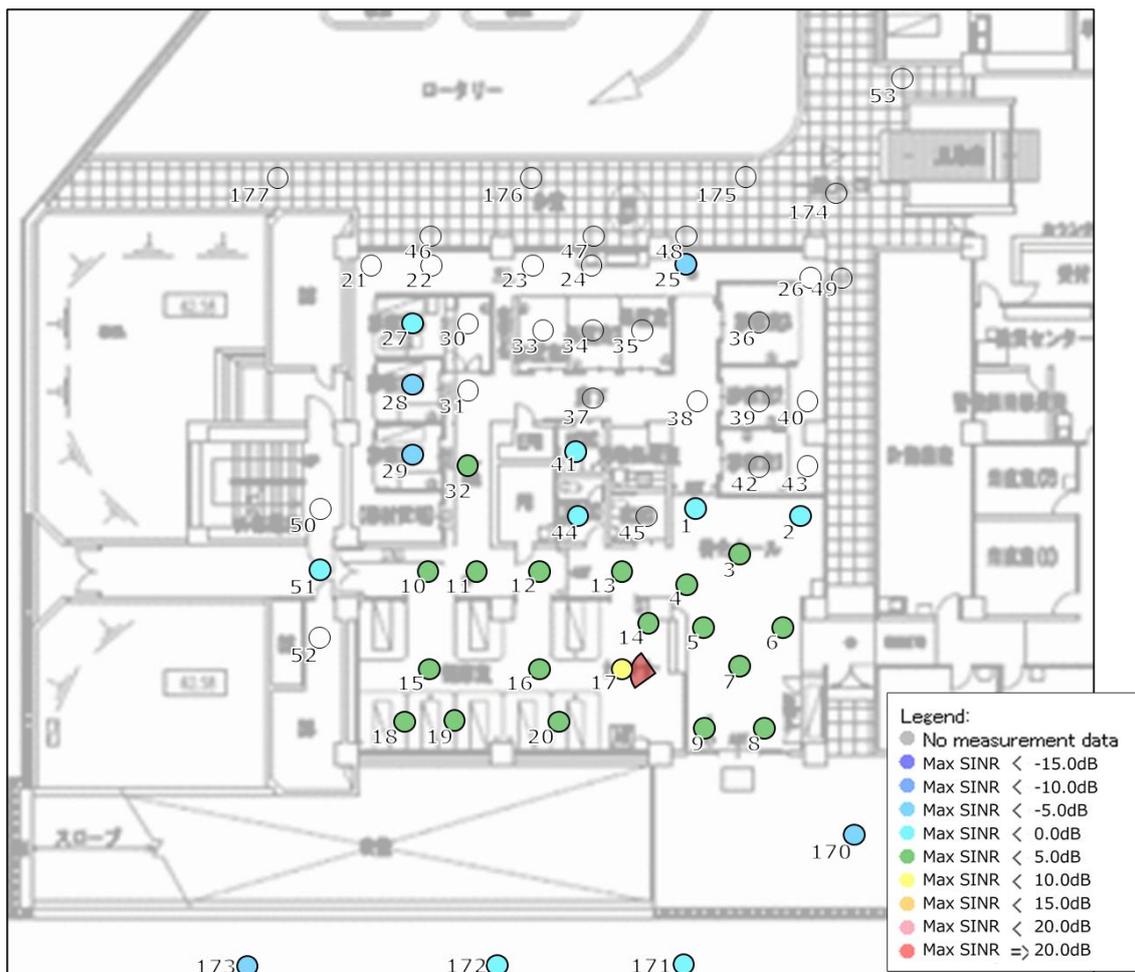


図 3. 3. 1. 4-1(c) SS-SINR 測定結果(Tx1)

表 3. 3. 1. 4-1(a) SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果(Tx1)

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
1	7.29	-97.33	-15.22	-2.36
2	9.16	-95.01	-14.05	-0.15
3	6.68	-92.87	-13.28	1.60
4	4.75	-89.27	-12.96	3.05
5	3.40	-87.76	-13.03	3.44
6	5.82	-91.47	-13.09	2.24
7	3.83	-88.74	-12.89	3.40
8	5.22	-89.23	-12.90	3.31
9	3.19	-90.04	-12.76	3.32
10	9.28	-82.04	-14.49	3.29

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
11	7.91	-86.23	-13.29	3.73
12	6.31	-79.45	-15.70	2.89
13	4.87	-80.67	-14.70	3.84
14	3.50	-73.29	-16.67	3.36
15	8.53	-76.74	-15.50	3.84
16	4.87	-68.59	-16.41	4.10
17	1.90	-69.91	-15.83	5.18
18	9.41	-76.05	-15.51	4.17
19	7.54	-71.17	-16.39	3.42
20	4.52	-71.65	-16.31	4.43
21	18.78			
22	18.02			
23	16.62			
24	15.73			
25	16.11	-111.78	-20.43	-8.58
26	16.75			
27	16.11	-97.81		
28	14.21	-105.56	-19.47	-7.65
29	12.94	-103.64	-18.04	-5.94
30	14.84			
31	12.94			
32	11.04	-94.14	-13.86	0.35
33	14.21			
34	13.95			
35	13.32			
36	14.21			
37	11.04			
38	11.68			
39	11.93			
40	12.69			
41	9.41	-95.56	-16.03	-3.49
42	9.79			
43	10.16			

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
44	7.29	-95.55	-15.82	-3.20
45	6.68			
46	18.91			
47	17.00			
48	17.26			
49	17.00			
50	13.95			
51	12.69	-94.43	-14.30	-0.45
52	11.93			
53	25.67			
170	8.32	-107.57	-18.25	-6.67
171	16.61	-97.22	-15.48	-2.61
172	18.10	-96.00	-14.69	-1.40
173	23.48	-107.07	-18.30	-6.54
174				
175				
176				
177				

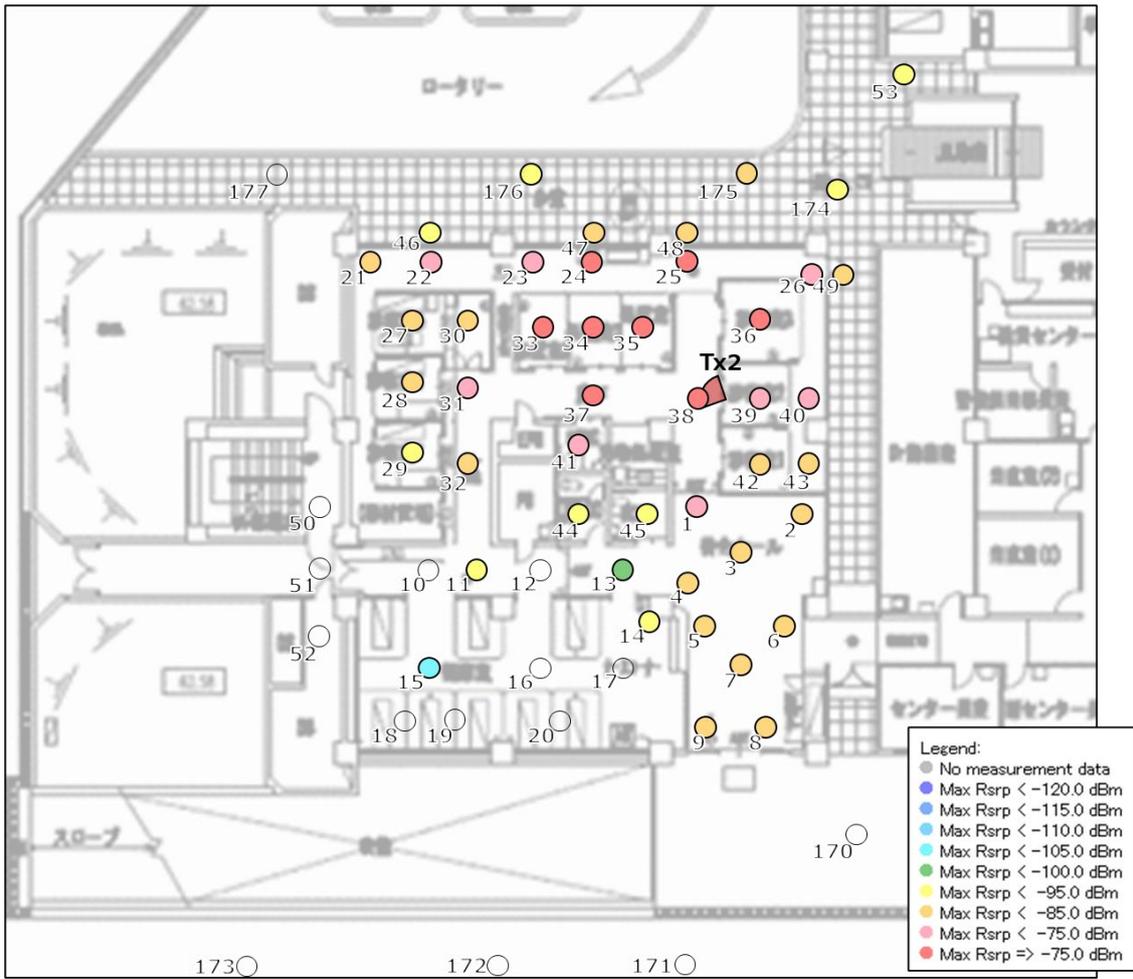


図 3.3.1.4-1(d) SS-RSRP 測定結果(Tx2)



図 3. 3. 1. 4-1(e) SS-RSRQ 測定結果(Tx2)

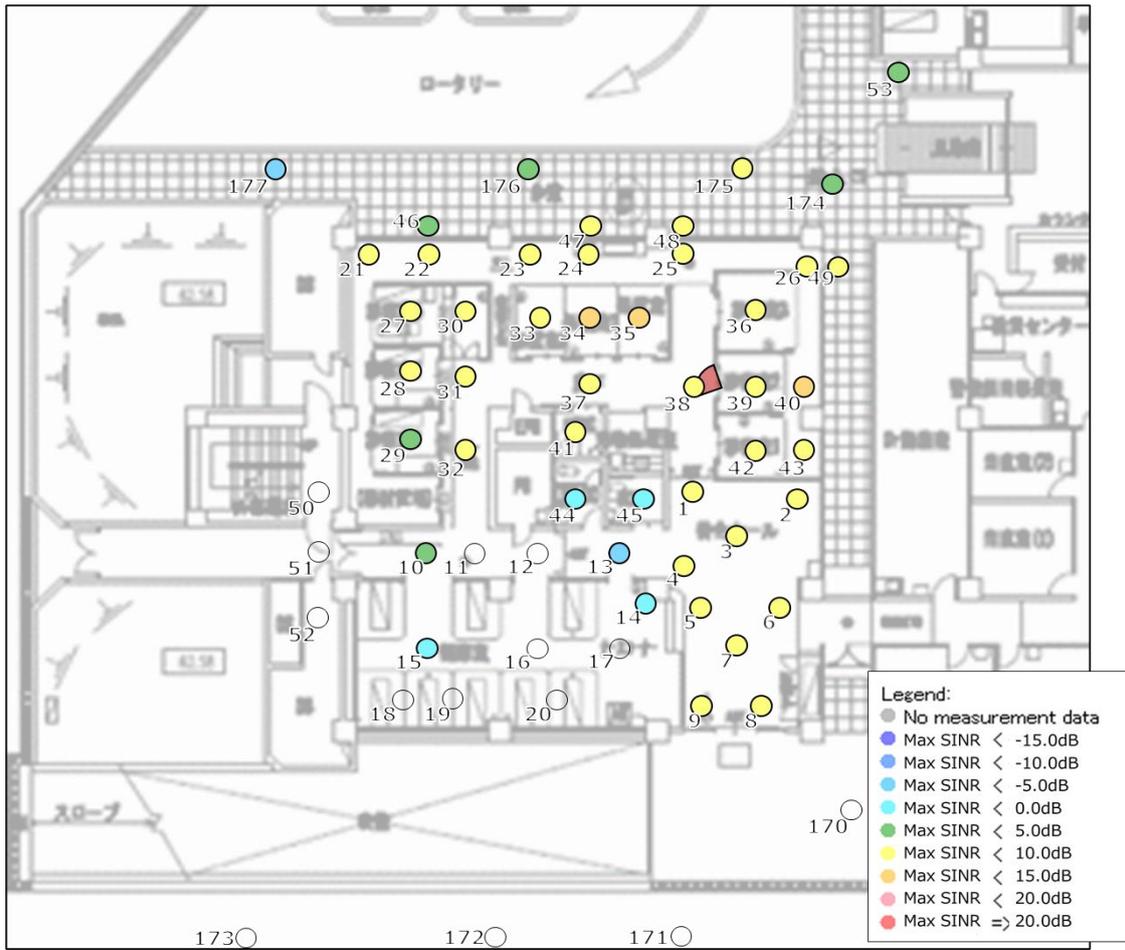


図 3.3.1.4-1(f) SS-SINR 測定結果(Tx2)

表 3.3.1.4-1(b) SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果(Tx2)

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
1	4.28	-79.93	-15.47	3.20
2	6.07	-91.06	-12.71	3.23
3	6.31	-90.55	-12.78	3.15
4	7.29	-86.28	-13.46	3.31
5	8.78	-89.98	-12.82	3.24
6	9.41	-92.54	-13.10	2.07
7	10.92	-93.19	-13.25	1.64
8	12.94	-94.53	-13.67	0.59
9	12.31	-92.02	-13.03	2.26
10	12.18			
11	10.41	-99.24	-16.78	-4.41
12	9.16			

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
13	7.29	-103.99	-38.72	-10.21
14	8.28	-95.15	-21.53	-9.51
15	14.21	-109.95	-19.03	-7.17
16	11.80			
17	10.29			
18	16.11			
19	14.84			
20	13.45			
21	13.45	-85.51	-13.34	3.52
22	11.04	-84.30	-13.95	3.14
23	8.66	-80.74	-14.97	3.02
24	6.07	-69.59	-16.65	3.41
25	5.70	-69.28	-16.63	3.75
26	6.80	-76.33	-16.64	2.73
27	10.79	-87.92	-13.18	2.93
28	10.54	-86.66	-13.16	3.81
29	10.86	-95.81	-14.54	-1.10
30	8.66	-87.32	-13.36	2.46
31	8.28	-79.75	-15.64	2.03
32	8.66	-90.26	-12.92	2.92
33	6.43	-72.24	-16.36	3.96
34	4.87	-67.96	-15.92	5.36
35	3.50	-69.15	-15.78	5.57
36	4.06	-70.74	-16.79	3.61
37	4.28	-74.03	-15.85	4.73
38	1.90	-70.05	-16.87	3.64
39	2.79	-75.67	-16.51	3.16
40	4.52	-76.91	-15.09	5.82
41	4.75	-78.96	-13.25	3.10
42	3.72	-86.21	-13.63	2.80
43	4.98	-86.54	-13.32	3.18
44	6.68	-98.03	-17.74	-5.66
45	5.22	-97.54	-17.48	-5.39

測定点 ID	基地局との 3D 距離[m]	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
46	11.55	-99.29	-17.04	-4.73
47	7.17	-90.83	-13.09	2.43
48	6.55	-88.22	-12.95	3.57
49	7.17	-85.93	-13.54	3.25
50	13.70			
51	14.97			
52	15.86			
53	16.75	-97.02	-15.50	-2.65
170				
171				
172				
173				
174	8.32	-96.10	-14.46	-0.93
175	7.74	-88.50	-13.33	2.63
176	11.26	-95.83	-14.50	-1.02
177	19.00	-112.03	-22.70	-10.31

(2) 実証環境における電波伝搬特性の評価

今回の実証環境である夜間急患センター内は、3.2章で示すとおり建物内が複雑な壁面で構成されており、内部に置局された基地局からの電波漏洩は、28GHz帯の伝搬特性を踏まえると、壁面遮へいに対する影響は大きいと考えられる(図 3.3.1.4-2(a))。また、基地局が設置される場所が天井内であること、チルト角が35度と大きいことから、局所的なエリアであることも想定される(図 3.3.1.4-2(b))。

よって、一般的な壁面構造や基地局設置環境と異なることから、ローカル5G基地局から想定するサービスエリア外への電波漏洩について更に精査する必要があり、ローカル5Gを運用するには、隣接する他事業者への電波干渉を最低限に抑えつつ、自己土地内で必要十分なサービスエリアを確保するサイトエンジニアリングが求められる。そのため、まずは、実証環境における28GHz帯の電波伝搬特性の評価を行う。

3.3.1.4章(1)にて示した下り受信電力の実測データ(SS-RSRP)を用いて、夜間急患センター内等の環境における28GHz帯の電波伝搬特性を考察する。

具体的には、実測した下り受信電力値から伝搬ロスを算出し、それらの距離特性を求める。さらに、携帯電話システムの設計等に用いられている、いくつかの電波伝搬モデルから求められる伝搬ロスとの比較を行うことで、夜間急患センター等の環境における28GHz帯の電波伝搬特性の評価を行う。

ここで、実測値との比較に用いる伝搬式を表 3.3.1.4-3 に示す。



図 3. 3. 1. 4-2(a) 夜間急患センター内壁面状況

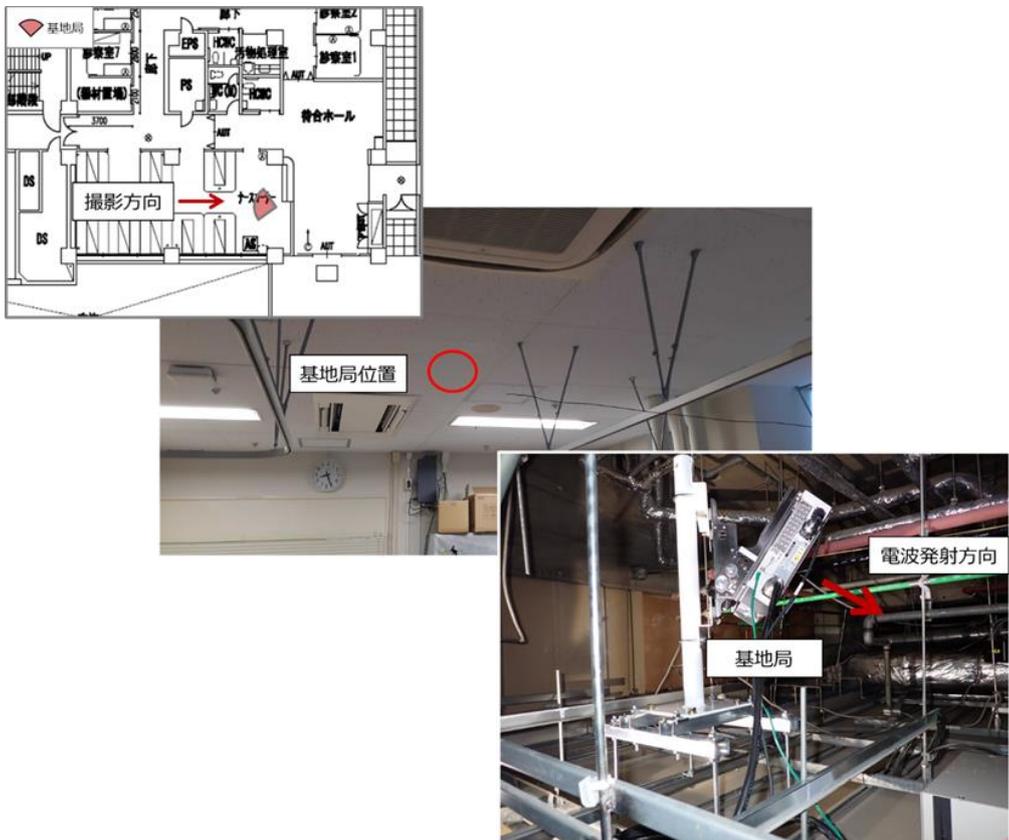


図 3. 3. 1. 4-2(b) 基地局設置状況(Tx1)

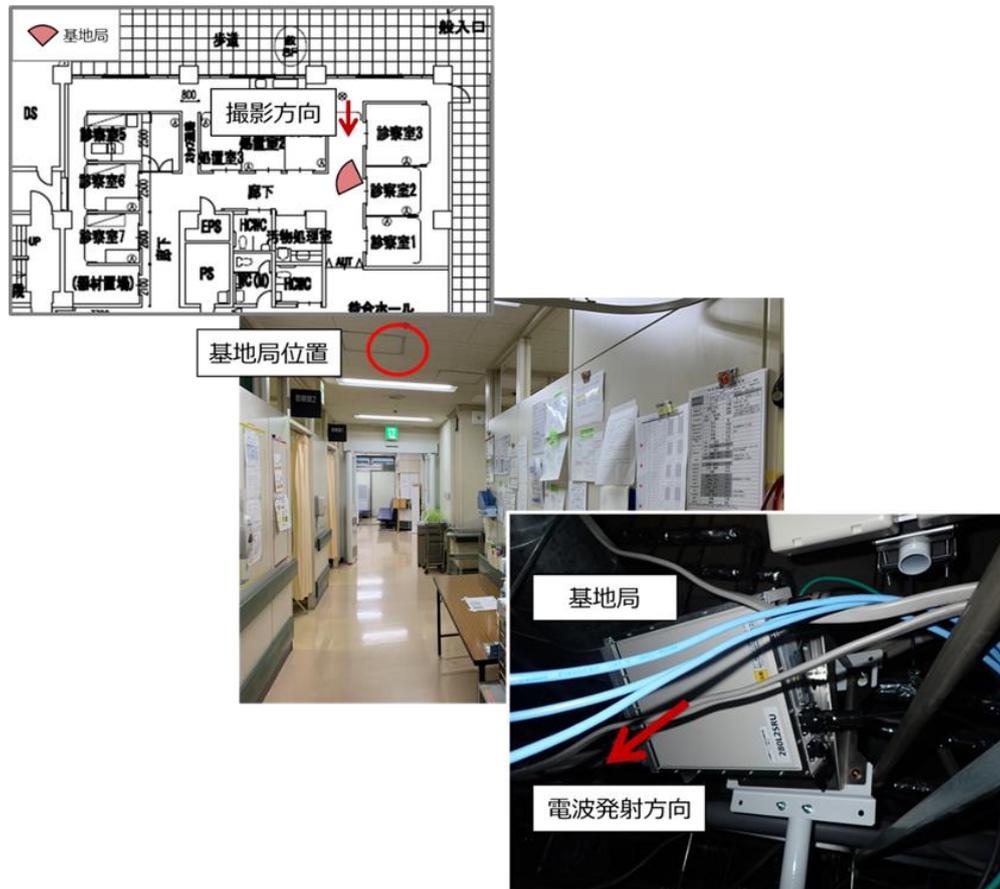


図 3.3.1.4-2(c) 基地局設置状況(Tx2)

表 3.3.1.4-3 実測値との比較に用いた電波伝搬式

電波伝搬式	概要
自由空間伝搬	<p>開放地に適用。周波数範囲、伝搬距離、送受信機の高さなどの適用制限はない。</p> $L = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \log \left(\frac{4\pi f d}{c} \right) = 20 \log f + 20 \log d + 20 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right)$ $= 20 \log f + 20 \log d + 32.4 \text{ [dB]}$ <p>f: 周波数[MHz]、d: 距離[km]、c: 3.0×10^8[m/s]</p>
ローカル 5 G 審査基準	電波法関係審査基準（平成 13（2001）年総務省訓令第 67 号）令和 2（2020）年 12 月 18 日制定
3GPP モデル	<p>ITU-R P. 1411 ベースの伝搬式。環境により基地局、移動局高が規定されている。</p> <p>RuralMacro: 基地局 10~150m、移動局 1~10m</p> <p>UrbanMacro: 基地局 25m、移動局 1.5~22.5m</p> <p>UrbanMicro: 基地局 10m、移動局 1.5~22.5m</p> <p>InH Office(LOS): 直線距離 1~100m</p> <p>InH Office(NLOS): 直線距離 1~86m</p> <p>InH ShoppingMall: 直線距離 1~150m</p>

夜間急患センター内に設置した基地局について、実測した下り受信電力データから算出した電波伝搬特性を図 3.3.1.4-3 に示す。図中、●は NLOS データを示している。

LOS か NLOS は、測定地点から基地局アンテナが目視できるかで判断している。本実証環境は、図 3.3.1.4-2(b)(c) のとおり、アンテナが天井内に設置されていることから、全てのデータを NLOS とした。

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

- Tx1、Tx2 とも、数 m～十数 m の短い基地局間距離で低い電界となり、測定結果において大きなバラつきは無く、基地局間距離にて電界が下がる傾向である。
- 一方、電界の下がり方は、急激に落ちることを踏まえると、ミリ波帯特有の直進性や複雑な壁面による遮へいが影響するものと考ええる。

この結果から、夜間急患センター内の環境について、距離特性とは一致しないが、様々な壁面による遮へい、減衰の影響を受けたものと捉えると、奥村・秦式（中小都市、市街地）モデルで概ね推定できると考える。

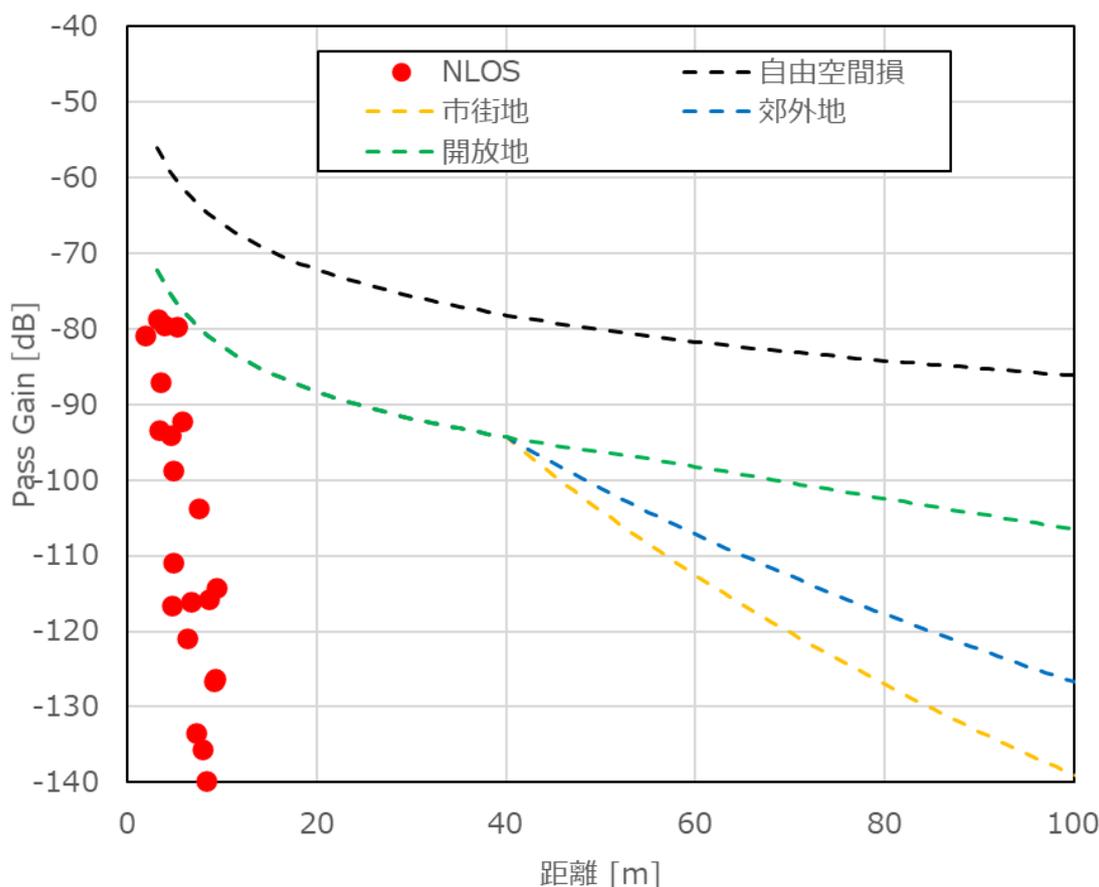


図 3.3.1.4-3(a) 基地局からの伝搬ロスの距離特性(Tx1)

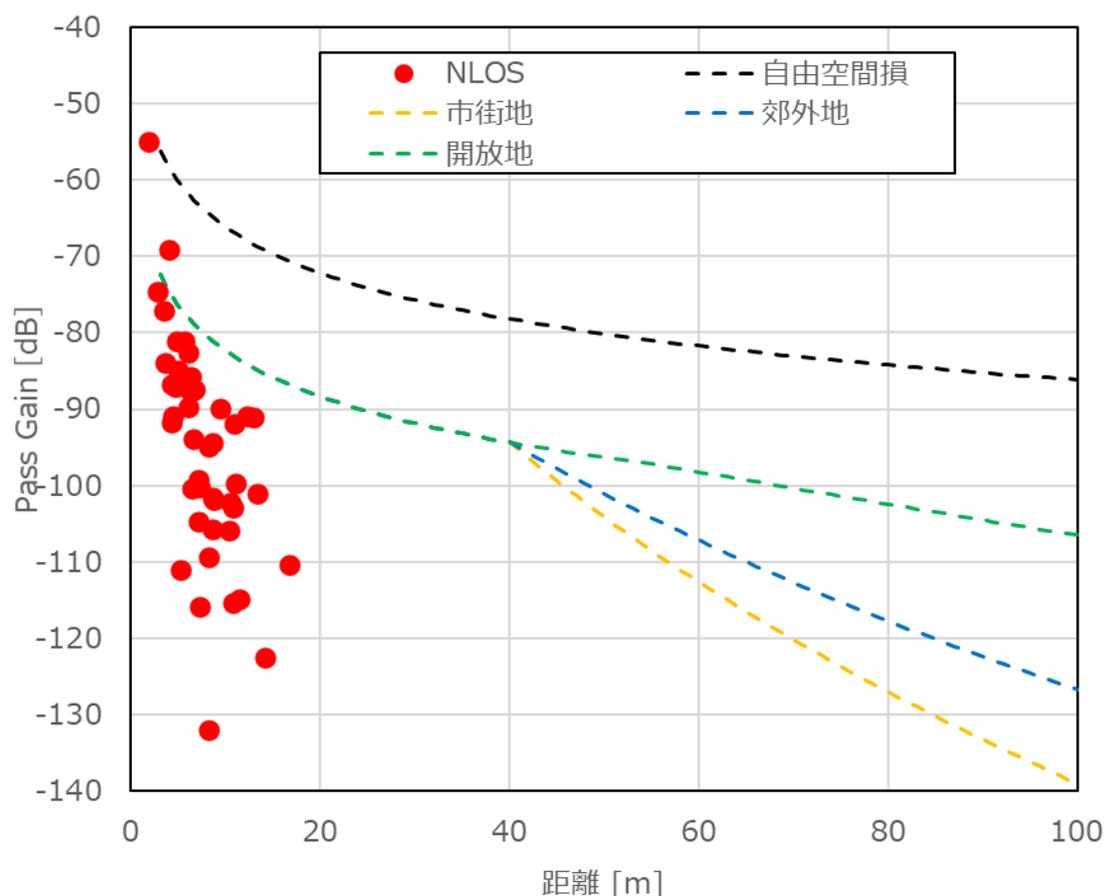


図 3.3.1.4-3(b) 基地局からの伝搬ロスの距離特性(Tx2)

(3) 実証環境におけるローカル 5 G 性能評価

実際の夜間急患センターの環境において、ローカル 5 G の性能が想定通りに実現できているかを、実測した SS-RSRP、SS-RSRQ、伝送スループット、ラウンドトリップタイムにより評価する。また SS-SINR については、参考情報として考察を追記する。

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

1) 実証環境におけるローカル5Gエリア形成について

ローカル5G性能評価の前提となる、実証環境のターゲットエリア（サービスを提供したいエリア）を図3.3.1.4-4に示す。実証環境においては、夜間急患センター内に設置される基地局毎に、廊下、処置室(Tx1)、観察室(Tx2)をターゲットエリアとするため、図3.3.1.4-2(b)(c)に示す位置に基地局を設置している。

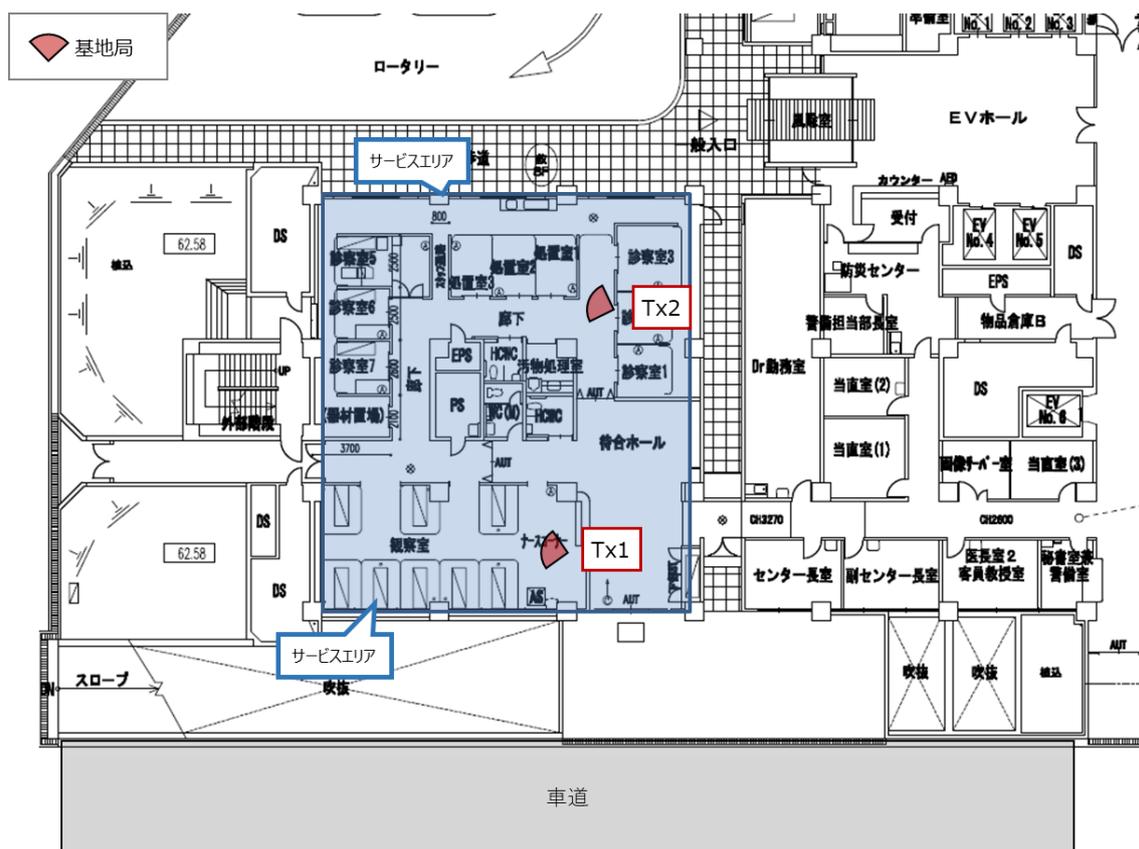


図 3.3.1.4-4 夜間急患センター内のターゲットエリア

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

図3.3.1.4-5に基地局によるエリア形成状況を示す。図中、赤線は28GHz帯におけるローカル5G審査基準で定められている“カバーエリア端レベル（400MHz幅の場合：-75.2dBm）”を前提に実測値から評価した想定カバーエリア端である。一方、青線は、同様に審査基準で定められている“調整区域端レベル（400MHz幅の場合：-84.0dBm）”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。

なお、本実証に用いる基地局装置の下り受信レベル（SS-RSRP）の測定帯域は240kHzであるため、上述したエリア端閾値を400MHzから、240kHzへ帯域換算した以下の値を用いている。

カバーエリア端レベル（SS-RSRP 帯域換算）	： -107.4dBm
調整区域端レベル（SS-RSRP 帯域換算）	： -116.2dBm

結果からは、以下のことがわかる。

Tx1 のターゲットエリアである観察室及びその近傍においては、エリア算出法上では全てカバーエリア内となり、良好な受信電力及び受信品質が得られている。また、指向方向以外の見通し外における電界については、複雑な壁面構造による反射波と推定される。

Tx2 のターゲットエリアである処置室及びその近傍についても、エリア算出法上では全てカバーエリア内となり、良好な受信電力及び受信品質が得られている。Tx1 と同じく、指向方向以外の見通し外における電界については、複雑な壁面構造による反射波と推定される。

一方、Tx1 から見た Tx2 付近の電界については、指向方向的にサイドローブであり、壁面等で遮へいされているものと推測する。また Tx2 から見た Tx1 付近の電界も Tx1 と同様と考えられる。

屋外については、Tx1/Tx2 の側面とも、近傍の壁面がガラスのため、屋外へ漏洩していることが分かる。更に Tx1 については、指向方向の先にある金属製の扉付近(測定点 51)においてカバーエリアの受信電力を得ていることから、外部に漏洩しているものと考えられる。また、それ以外の屋外については、事前のエリアテストによる電界測定の結果、外壁がコンクリートにより遮へいとなり、カバーエリア、調整対象区域の電界を得ることはできなかった。

エリア算出法の差分値として、屋内のカバーエリアはミリ波の直進性、夜間急患センター内の複雑な壁面構造、チルト角等の影響で、カバーエリアが非常に狭いことが明らかになった。

エリア算出法の差分値として調整対象区域は、屋内での急激な受信電力の低下により、調整対象区域端を得ることができなかった。また、屋外についても、測定点近傍は病院の建物(鉄筋コンクリート造)で囲われていることから、遮へいされるものと考えられる(図 3.2-2(a)参照)。

これらの結果から、夜間急患センター内をサービスエリアとする環境では、置局状況により十分な伝搬環境を得ることができる。一方、屋外においては、ガラス窓による電波漏洩が確認できることから、壁面方向に対する指向性、チルト角、出力等により、より遠方まで電界が存在する可能性があることから、隣接する遮へいとなる建物の有無によるカバーエリア、及び調整対象区域の調整を行うことが望ましいと考える。

また、参考情報として、SS-SINR の測定結果の考察を行う。今回の検証では、Tx1 測定時は Tx2 を停波、Tx2 測定時は Tx1 を停波とし、単局毎の評価を実施している。SINR における“IN”は、環境雑音または CP (Cyclic Prefix) 時間を超えて遅延したマルチパスが支配的と考えられるが、基地局と各測定地点の距離は最大でも 25m 以内と短く CP 時間を超えて遅延波が観測されることは考えにくく、“IN”に影響を与える要因は環境雑音が支配的と想定する。加えて、RSRP 同様に減衰傾向が見えることから、SINR が低い地点に置いては“S”となる主波及び CP 時間内の遅延波のレベルが減衰しているためと考えられる。

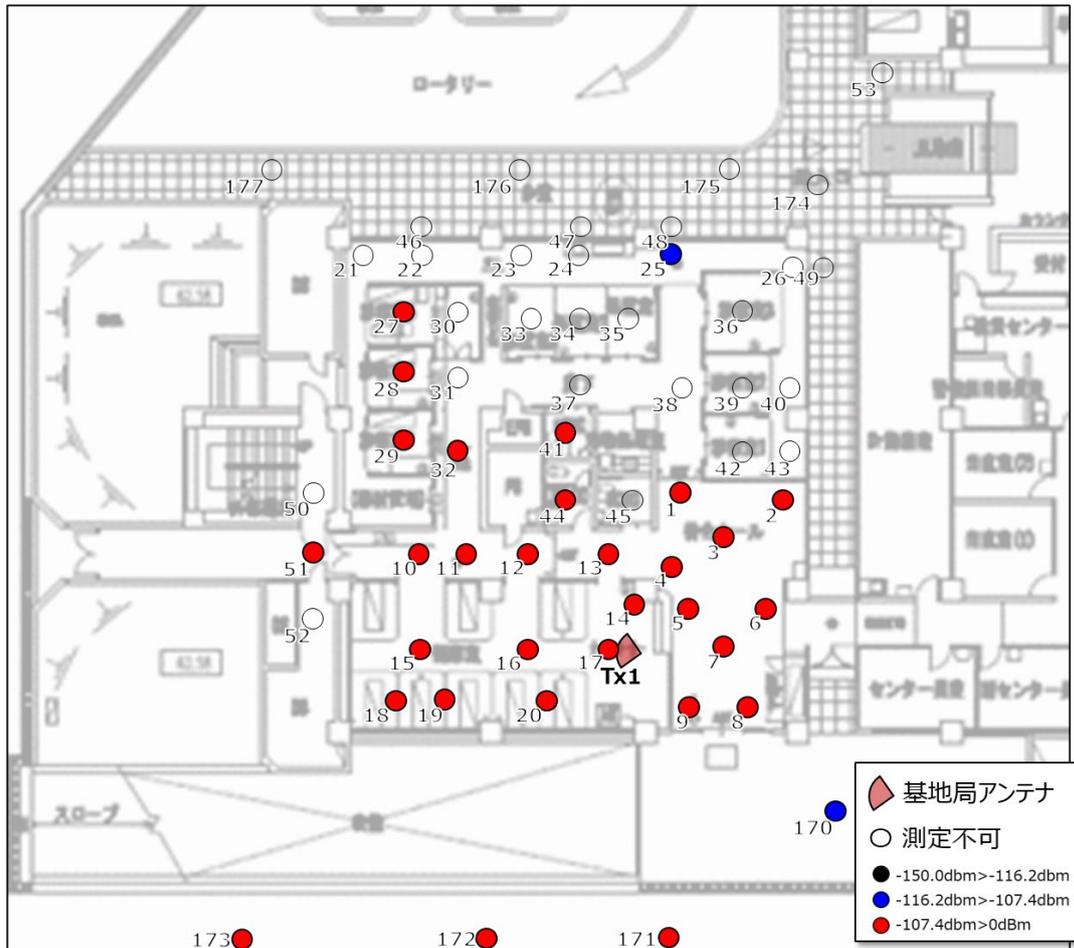


図 3.3.1.4-5(a) 基地局における受信レベル SS-RSRP から評価した
 想定カバーエリア (Tx1)

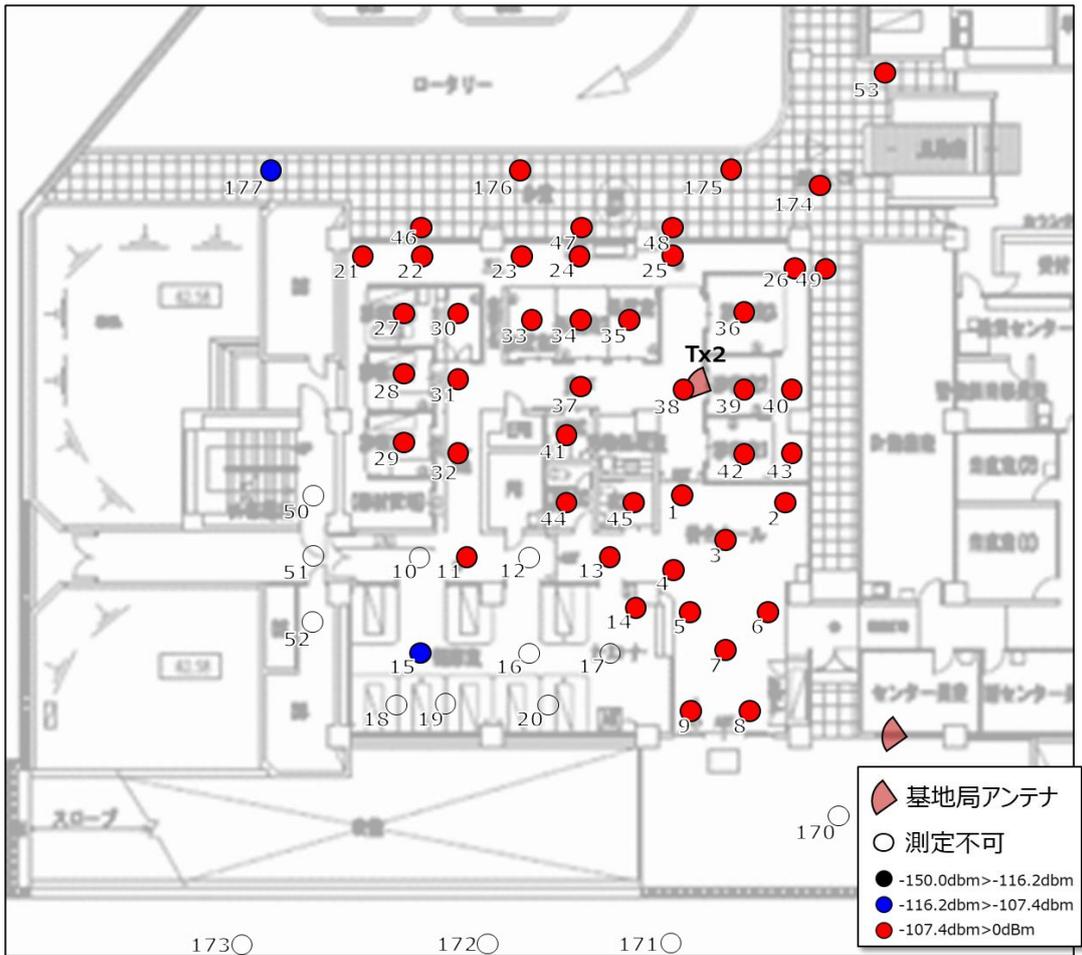


図 3.3.1.4-5(b) 基地局における受信レベル SS-RSRP から評価した
想定カバーエリア (Tx2)

2) 実証環境におけるローカル5Gサービス提供品質

ここでは、伝送スループット、ラウンドトリップタイムの測定結果から、ユーザへのサービス提供品質の観点での評価を行う。

図 3.3.1.4-6、表 3.3.1.4-4 は、図 3.3.1.4-4 の夜間急患センター内ターゲットエリア内において実測した伝送スループット(DL/UL)とラウンドトリップタイムを地図上に記載したものである。また、図 3.3.1.4.9 は夜間急患センター内ターゲットエリア内における下り受信電力(SS-RSRP)と伝送スループット、ラウンドトリップタイムとの関係をグラフ化したものである。

結果からは、以下のことがわかる。

UL 伝送スループットについては、サービスエリア内において下り受信電力の値に比例して低下することが確認できる。一方、目標値としている 195[Mbps]は達成していない。これは、一般商用網であるキャリア 5G を利用しているため、他のトラフィックに影響されていると考えられる。一方、課題実証での目標値については、NSA 方式による LTE、キャリア 5G (Sub6) も合わせた目標帯域であり、置局されたミリ波の UL 伝送スループットのみを捉えれば、サービスエリアにてある程度のスループットを確保しているものとする。

DL 伝送スループットにおいては、サービスエリア内において、下り受信電力に比例していることが分かる。

伝送遅延(RTT)については、サービスエリア内において、下り受信電力に関わらずバラつきがあり、一般商用網であるキャリア 5G による伝送区間の影響によるものとする。これらの結果から、サービスエリアで規定されているミリ波単体での目標値を得られることはできなかったが、前述したとおり NSA 方式による LTE、キャリア 5G (Sub6) も合わせた目標帯域であることを考慮いただきたい。

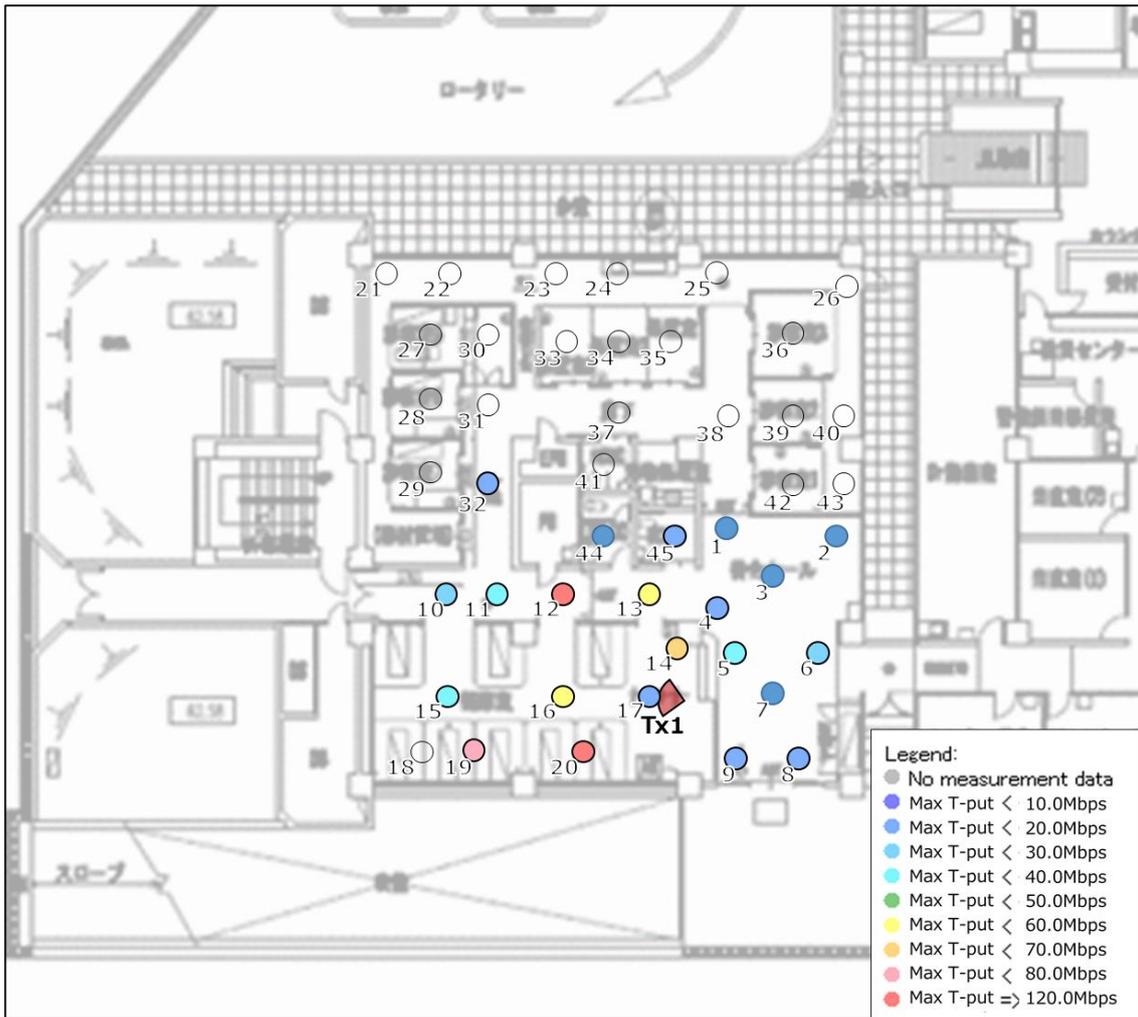


図 3. 3. 1. 4-6(a) 伝送スループット (UL) 測定結果(Tx1)

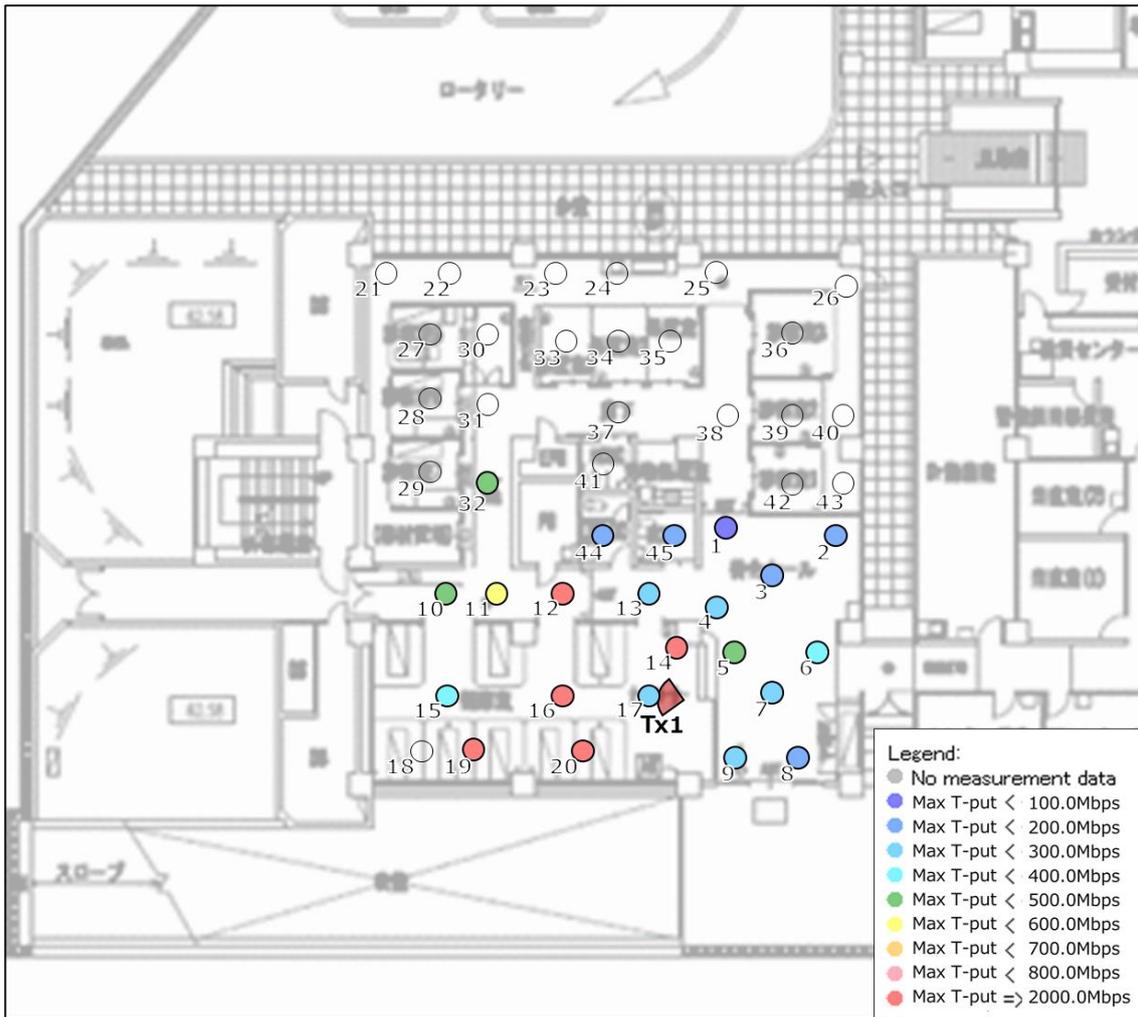


図 3. 3. 1. 4-6 (b) 伝送スループット (DL) 測定結果 (Tx1)

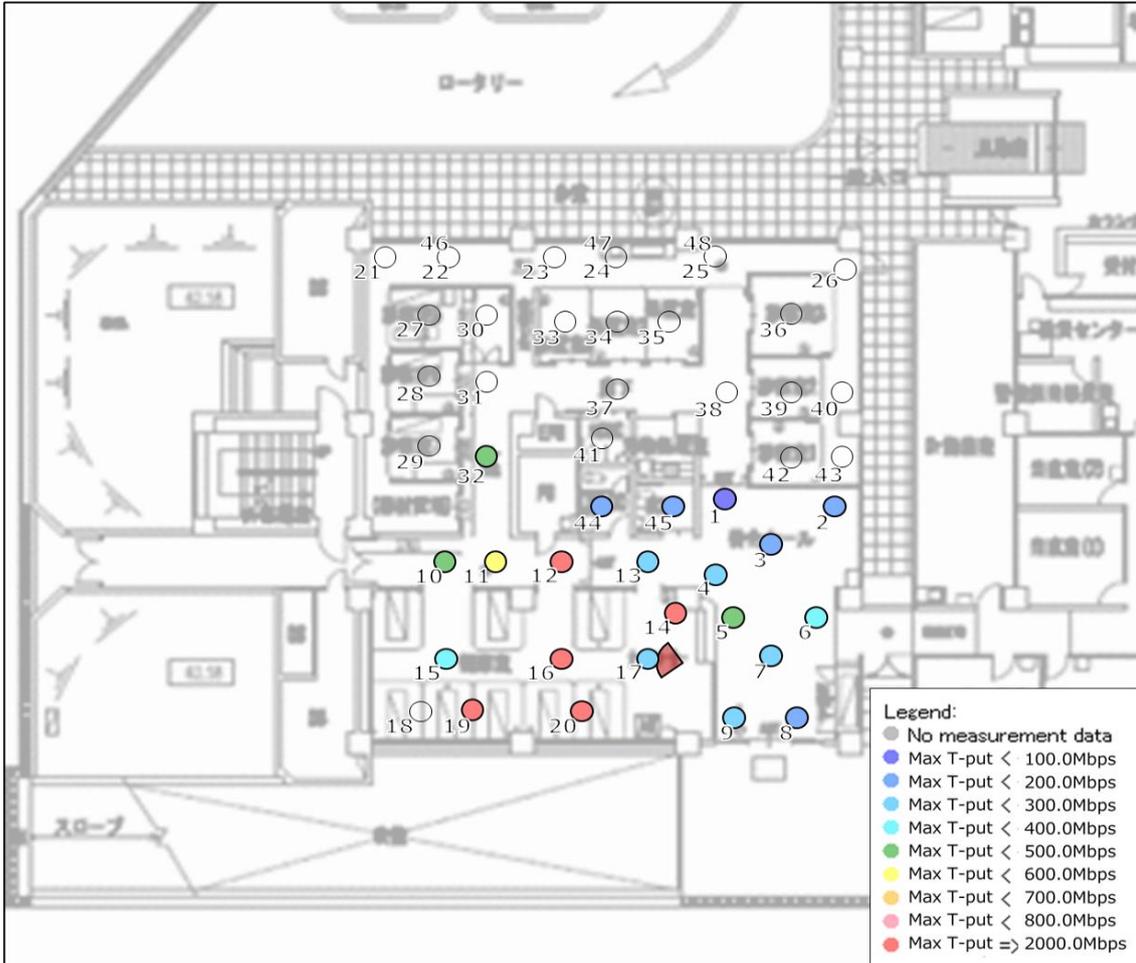


図 3.3.1.4-6(c) RTT 測定結果(Tx1)

表 3.3.1.4-4(a) 伝送スループット、RTT 測定結果(Tx1)

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
1	76.93	2.61	441.28
2	170.90	6.49	816.87
3	131.30	7.33	659.81
4	208.48	13.62	473.33
5	477.47	30.17	502.04
6	321.27	21.26	647.15
7	202.00	8.60	707.03
8	193.12	13.50	707.03
9	231.57	18.93	422.85
10	463.84	29.37	465.97
11	565.12	36.91	700.70
12	885.57	85.22	716.49

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
13	280.79	53.52	459.25
14	930.17	63.80	263.44
15	384.63	30.54	384.12
16	870.11	59.40	186.69
17	220.47	11.35	335.73
18			
19	930.49	79.28	429.29
20	860.79	99.56	254.52
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32	457.62	18.61	1492.34
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44	121.61	9.03	597.74
45	199.21	12.61	752.11

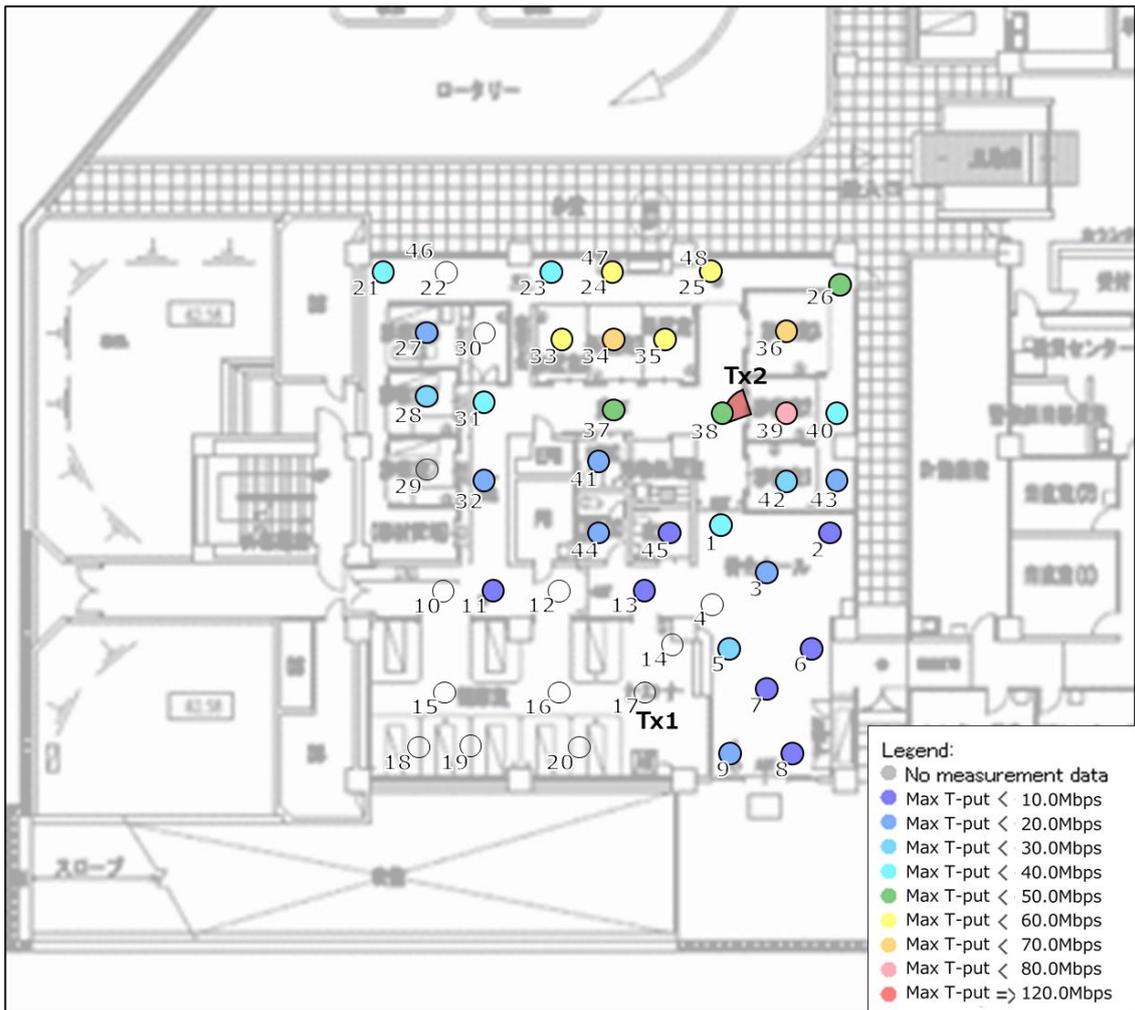


図 3.3.1.4-6(d) 伝送スループット (UL) 測定結果(Tx2)

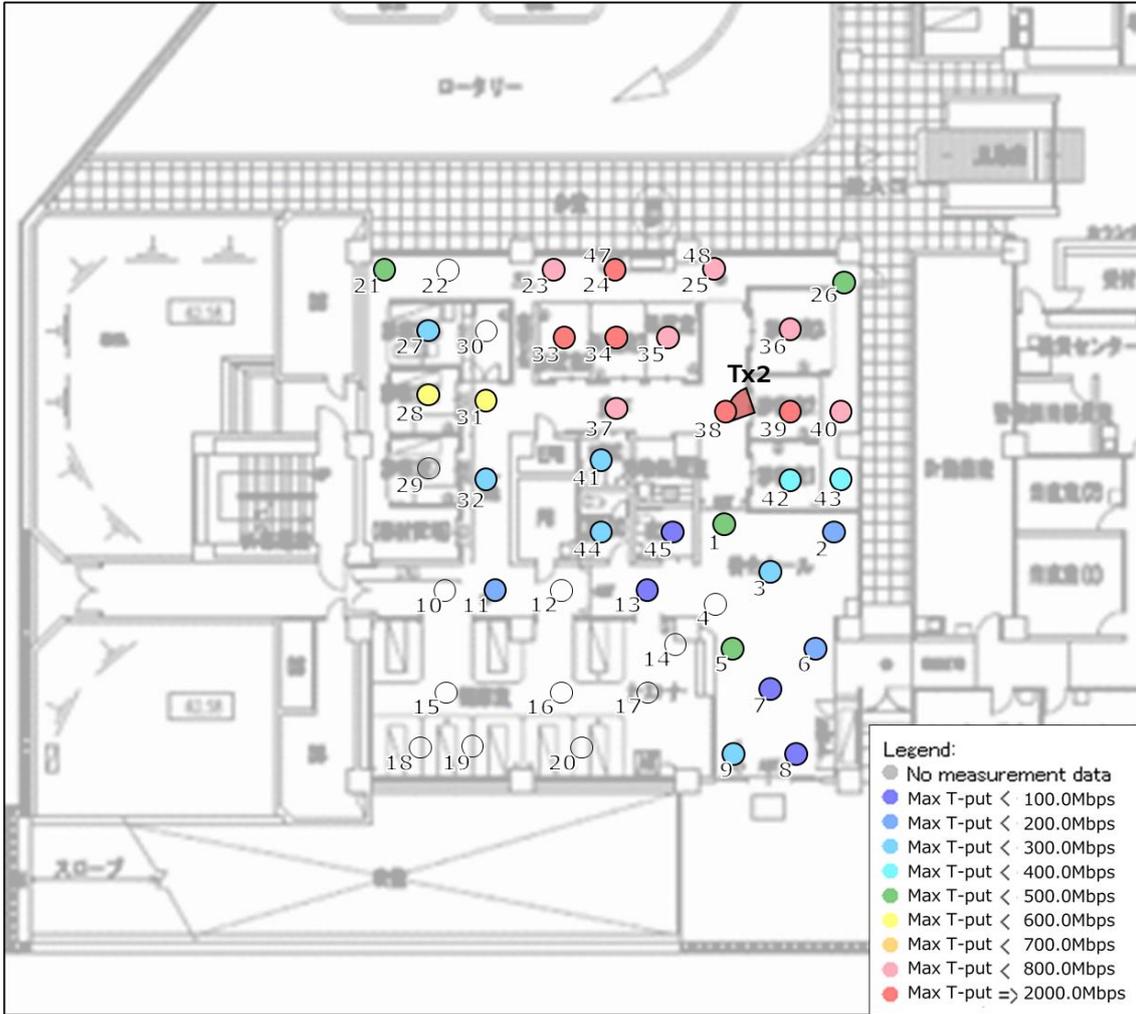


図 3. 3. 1. 4-6(e) 伝送スループット (DL) 測定結果(Tx2)

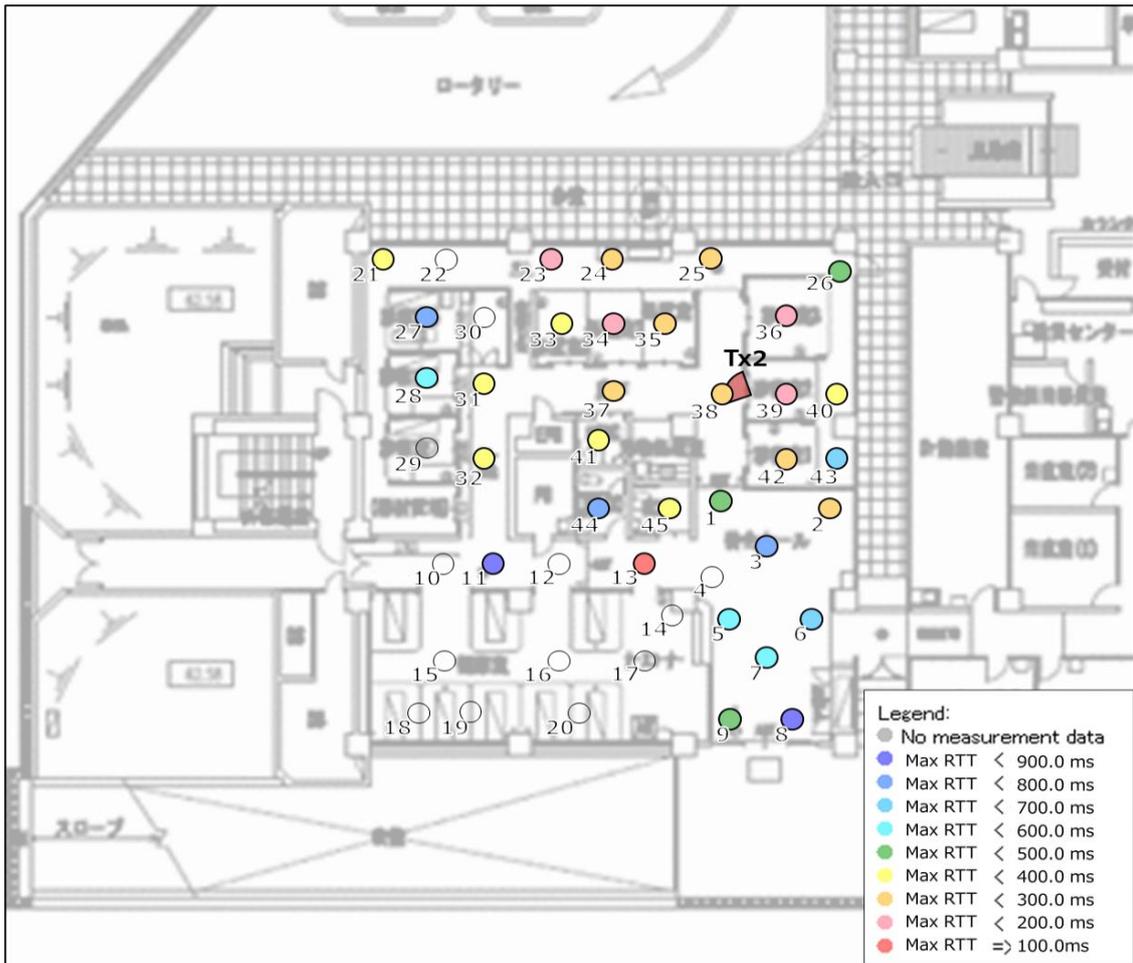


図 3. 3. 1. 4-6 (f) RTT 測定結果(Tx2)

表 3. 3. 1. 4-4 (b) 伝送スループット、RTT 測定結果(Tx1)

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
1	480.93	39.15	540.88
2	120.55	4.80	345.66
3	237.82	13.89	800.85
4			
5	467.43	28.52	666.92
6	133.42	4.53	786.57
7	58.24	6.26	691.45
8	44.68	3.30	1379.65
9	230.10	17.97	520.32
10			
11	112.30	5.49	937.26
12			

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
13	13.55	0.24	152.07
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	484.66	30.96	406.84
22			
23	714.48	30.74	282.82
24	946.75	56.16	390.09
25	779.07	57.20	378.04
26	464.99	40.74	509.40
27	264.55	18.15	824.12
28	509.40	28.51	658.60
29			
30			
31	525.17	34.33	494.19
32	241.92	17.19	493.66
33	950.08	50.97	434.07
34	928.50	62.53	225.04
35	770.31	51.10	393.62
36	765.24	63.03	262.08
37	772.25	44.02	331.38
38	846.54	49.98	301.69
39	1098.41	75.95	257.97
40	714.37	37.36	478.96
41	289.83	19.91	436.45
42	380.99	26.11	391.70
43	326.96	16.38	769.83
44	217.30	12.61	850.03
45	97.50	5.96	448.54

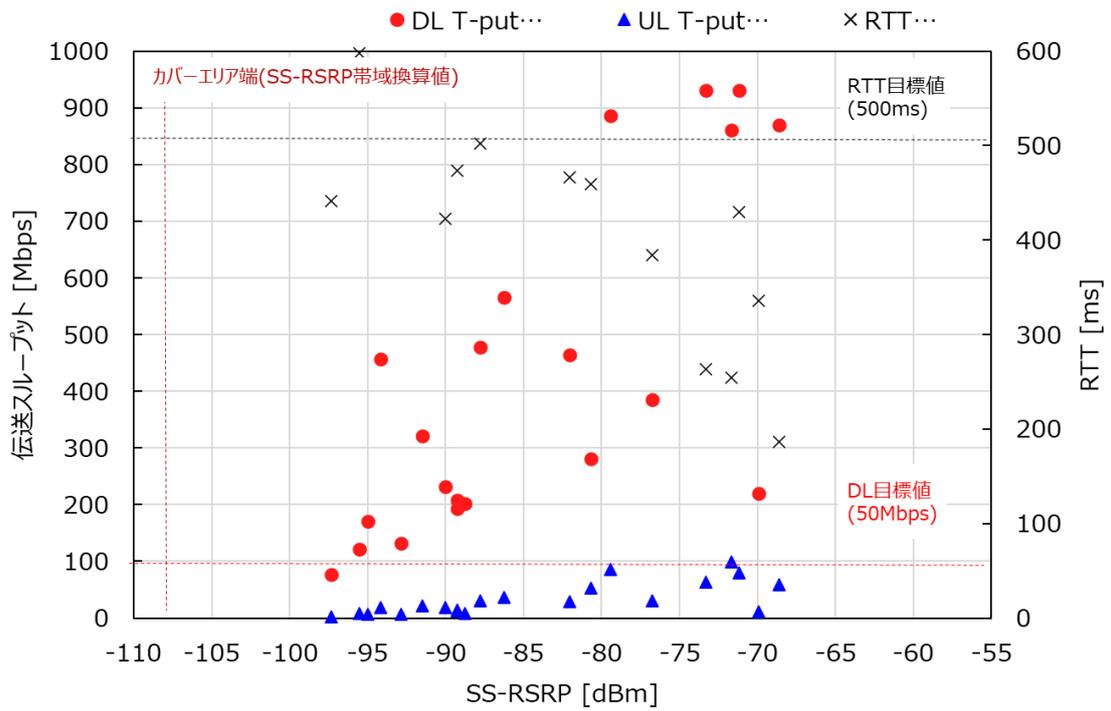


図 3.3.1.4-7(a) 伝送スループットと SS-RSRP の関係(Tx1)

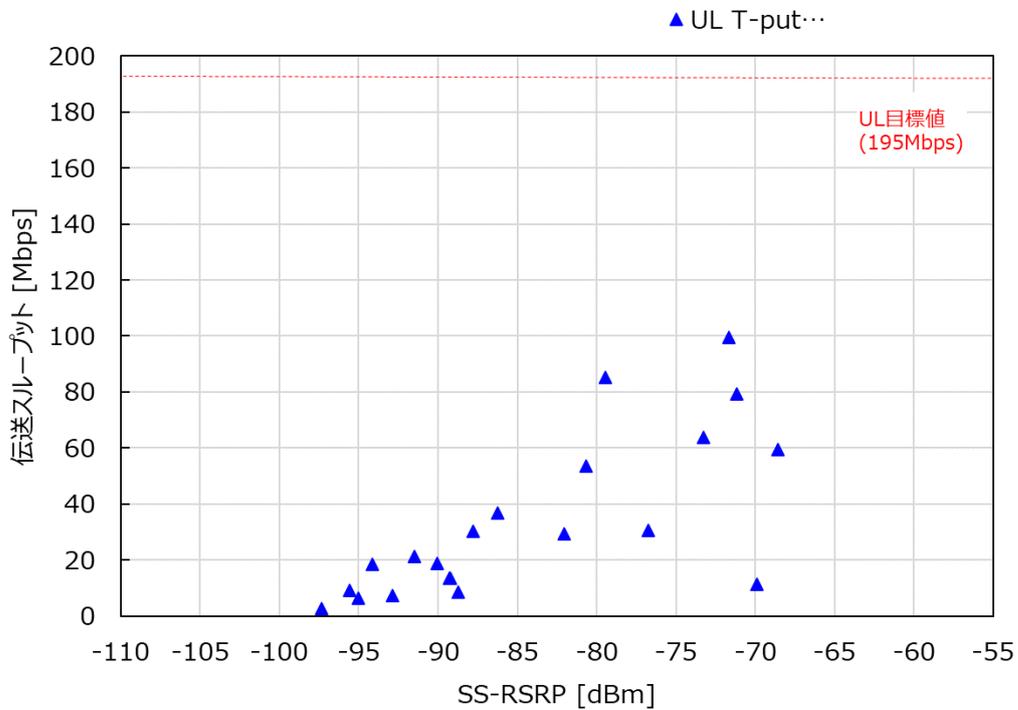


図 3.3.1.4-7(b) 伝送スループットと SS-RSRP の関係(Tx1 : UL のみ)

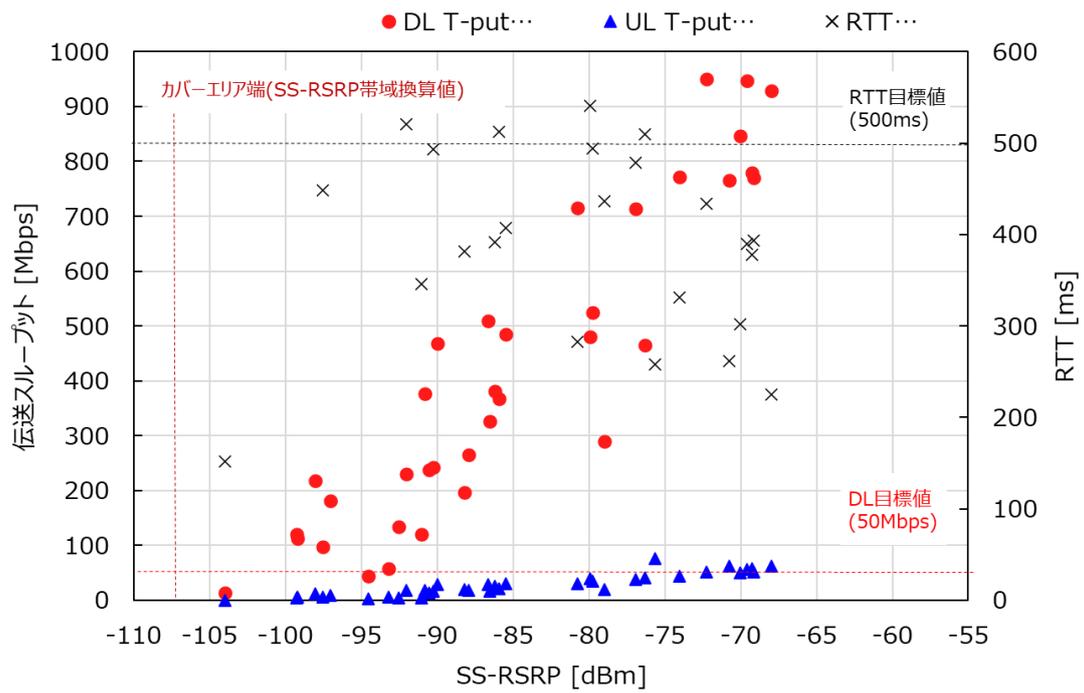


図 3. 3. 1. 4-7(c) 伝送スループットと SS-RSRP の関係 (Tx2)

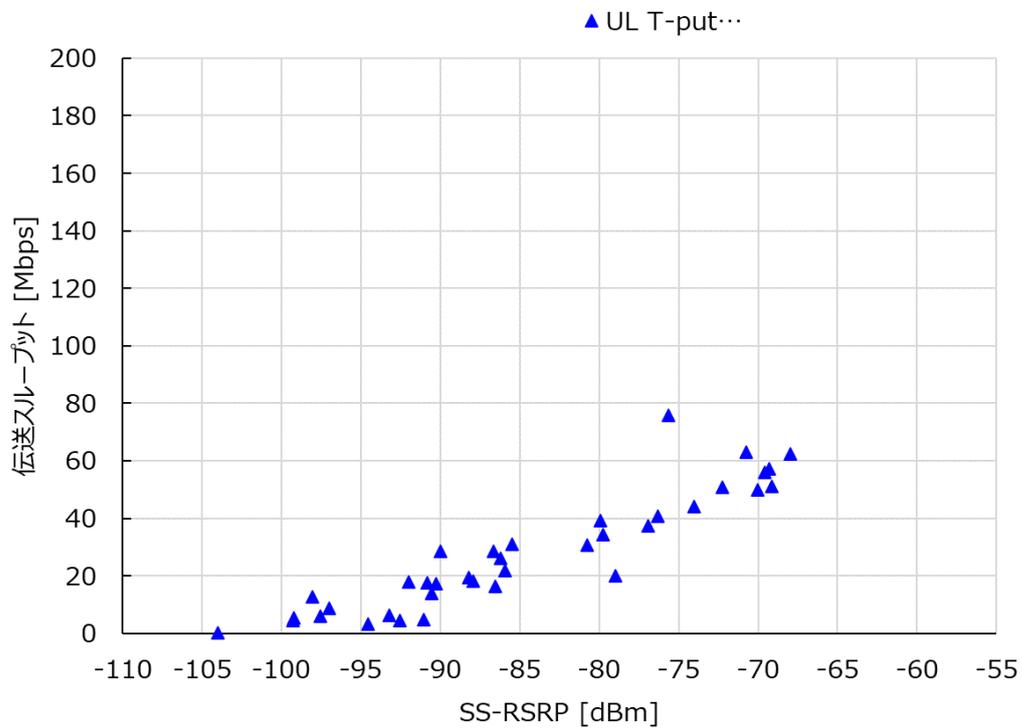


図 3. 3. 1. 4-7(d) 伝送スループットと SS-RSRP の関係 (Tx2 : UL のみ)

図 3.3.1.4-8 は、夜間急患センター内ターゲットエリア内における伝送スループット、RTT の測定結果を累積確率分布としてグラフ化したものである。

結果からは、以下のことがわかる。

伝送スループットについては課題実証の目標値である、UL=195Mbps は達成できていない。これは今回の測定対象区間は一般商用網であるキャリア 5 G を用いているため、背景呼によるトラフィックの増減に依存しているためと考えられる。本累積分布図は参考情報として捉えていただきたい。

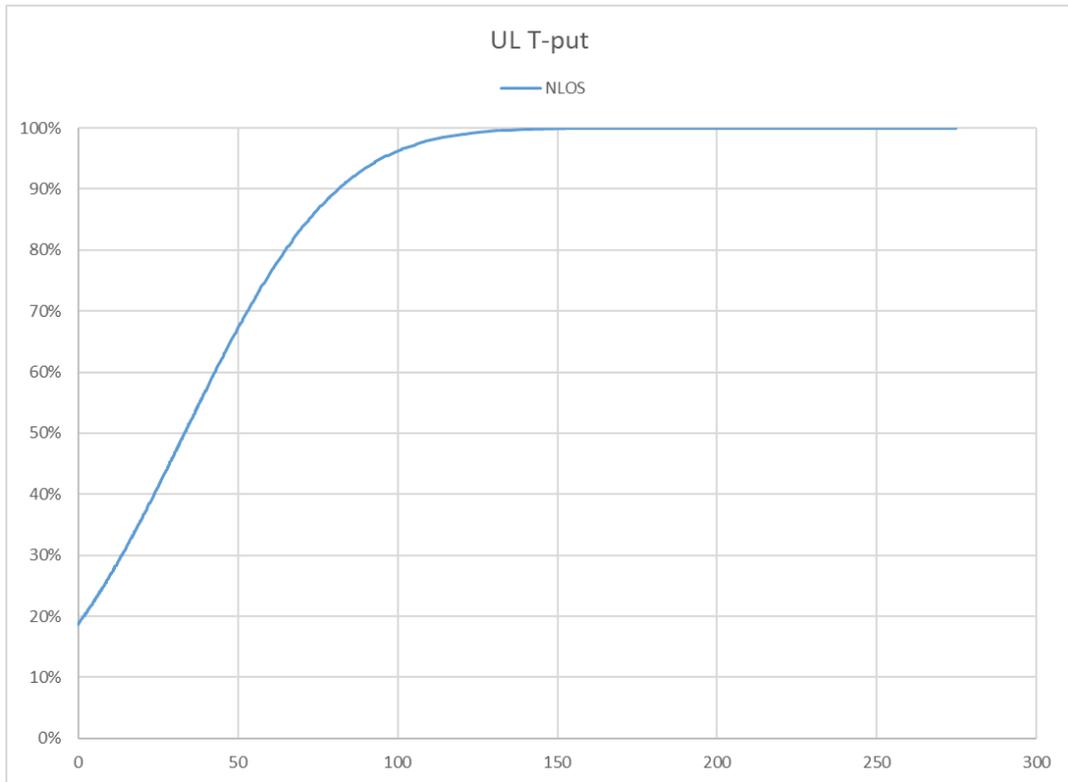


図 3.3.1.4-8(a) ターゲットエリア内における UL 伝送スループット累積分布 (Tx1)

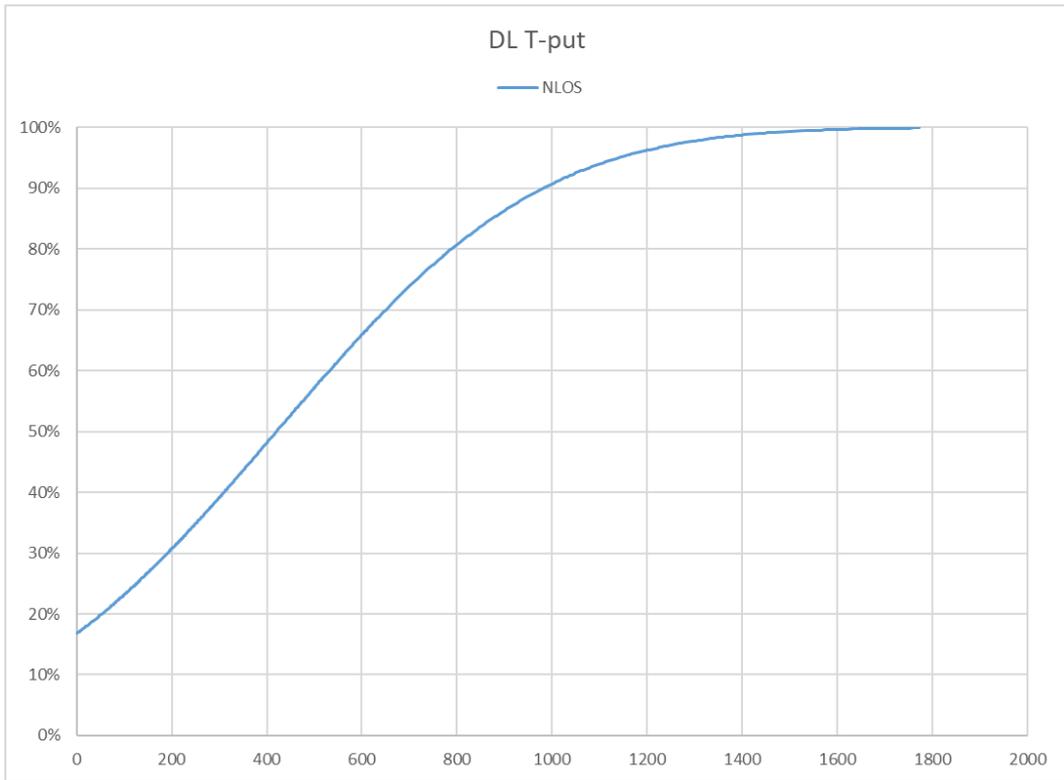


図 3.3.1.4-8(b) ターゲットエリア内における DL 伝送スループット累積分布 (Tx1)

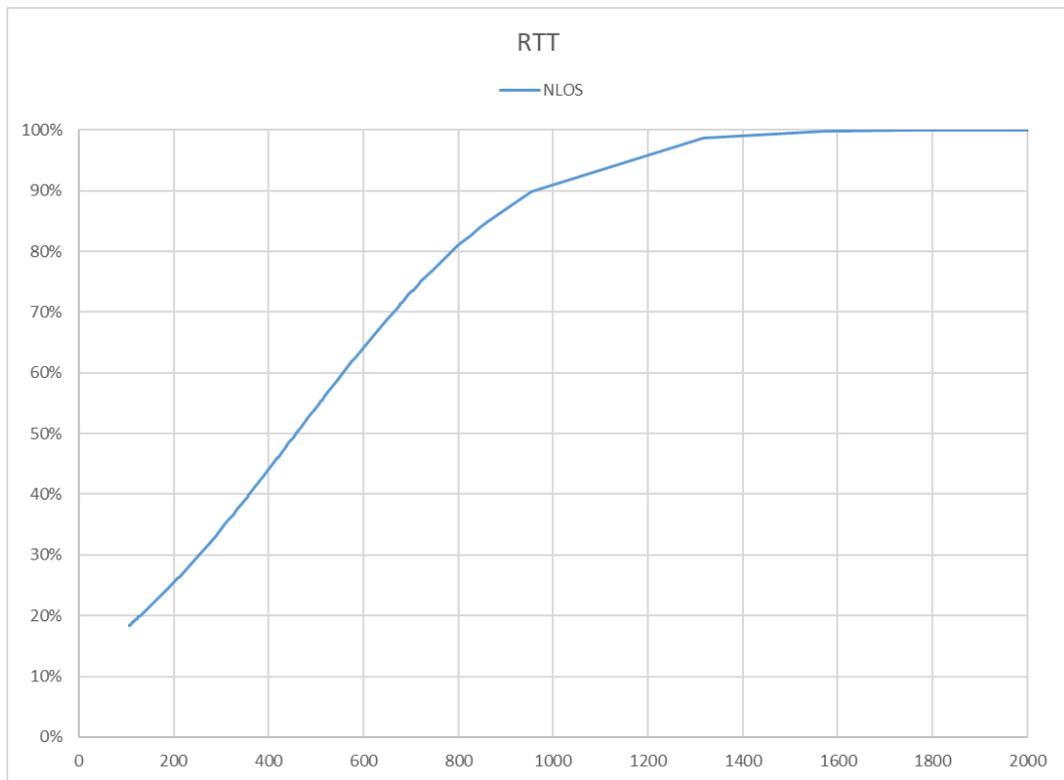


図 3.3.1.4-8(c) ターゲットエリア内における RTT 累積分布 (Tx1)

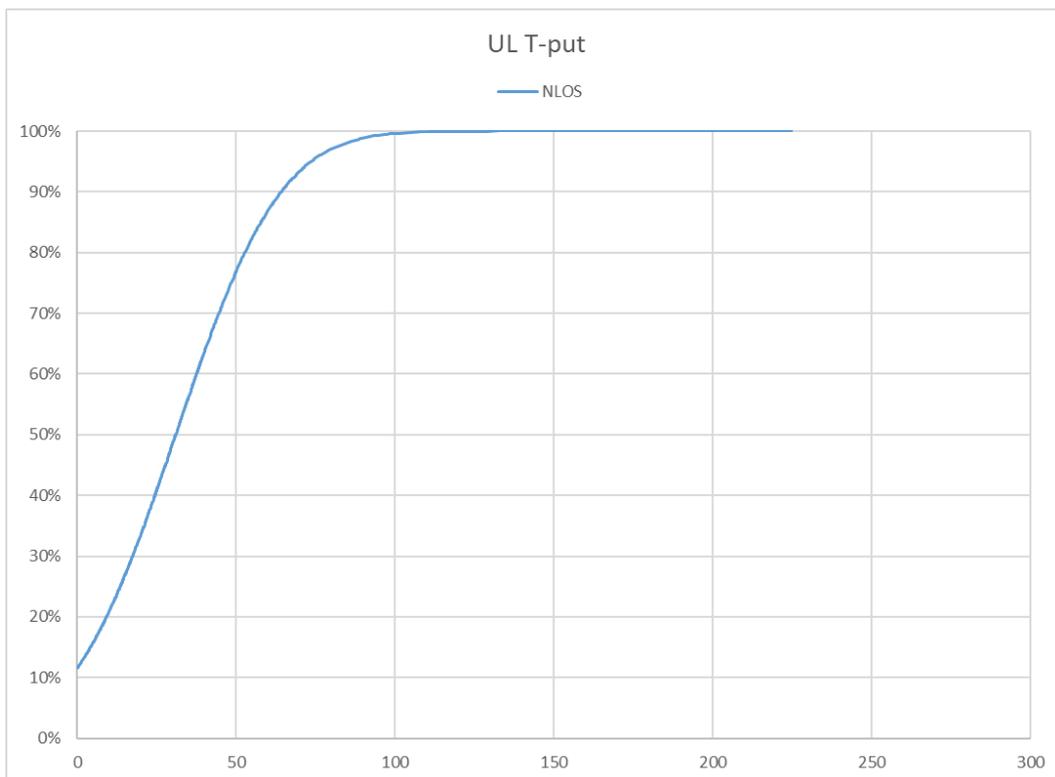


図 3.3.1.4-8(d) ターゲットエリア内における UL 伝送スループット累積分布 (Tx2)

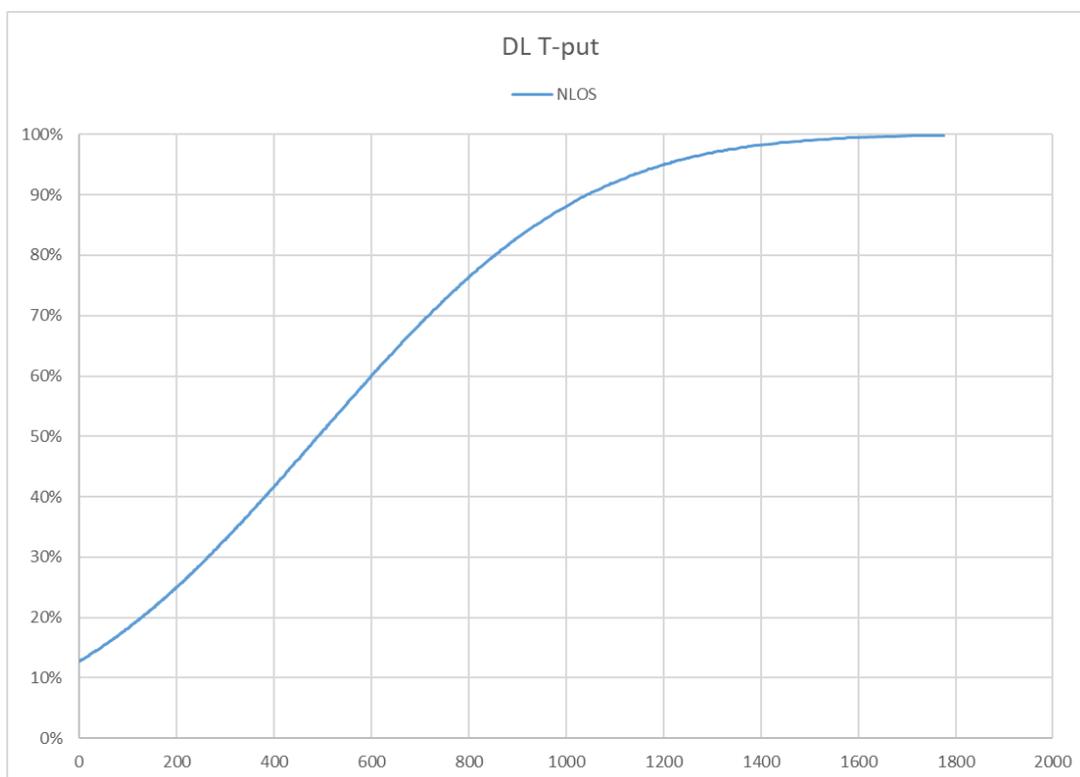


図 3.3.1.4-8(e) ターゲットエリア内における DL 伝送スループット累積分布 (Tx2)

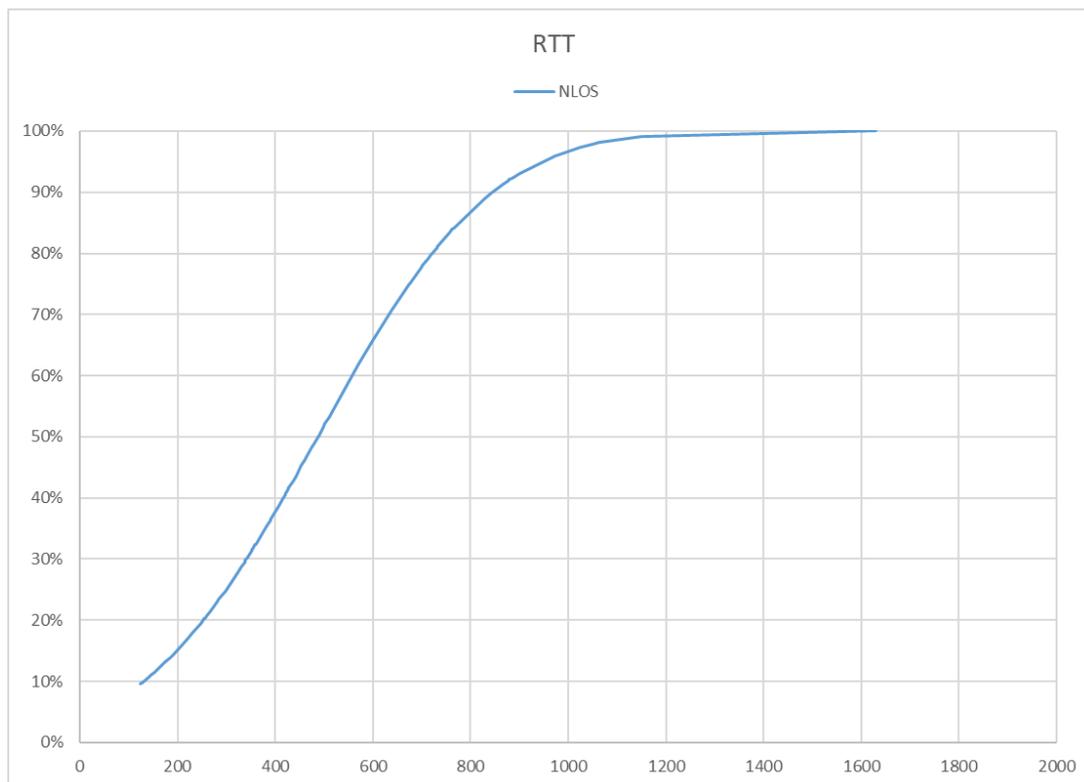


図 3.3.1.4-8(f) ターゲットエリア内における RTT 累積分布 (Tx2)

(4) 夜間急患センター内において考えられる電波伝搬特性及び伝送性能への影響評価

今回の実証では、夜間急患センター内において指向性アンテナ 2 局を活用し 28GHz 帯キャリア 5 G の構築を行った。その結果、実測値から得られた伝搬特性は屋内、屋外ともに奥村・秦式（中小都市、市街地）に近いことが分かった。これは、夜間急患センター内の複雑な壁面構造が、市街地のビル群と近似な状況と捉えることができ、またミリ波帯特有の電波伝搬、減衰性が影響し、短距離で電界が下がったものとする。

一方、今回のユースケースにおいては、ターゲットエリアである診察室、処置室をエリアとしてカバーする各アンテナの指向方向やチルト角によって、課題実証エリアを構築できたことが明確となった。これは、類似のユースケースにおいても同様の壁面構造において活用できるものとする。ただし、ミリ波特有の直進性、減衰性を改めて考慮する必要があると考える。

3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化

3.3.2.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

今回、課題実証では、大都市病院における最先端技術を活用したオペレーションの効率化並びに人為的及び自然災害への対応を目的としており、図 3.3.2.1-1 に示す夜間急患センター内の待合ホール、通路、診察室等のエリアをカバーし、キャリア 5G 基地局 2 局 (28GHz 帯 (27.4~27.8GHz)) を活用して実証を行っている。

本実証環境においては、図 3.3.2.1-2 のように、夜間急患センター内は複雑な壁面構造となっており、見通し、見通し外と様々な環境となる。

そのため、夜間急患センターにおけるユースケースを前提とした場合、屋内に基地局を設置する上では、診察室等の壁面、医療機器や什器等による遮へい損失や反射波による影響、または建物外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築が課題となる。

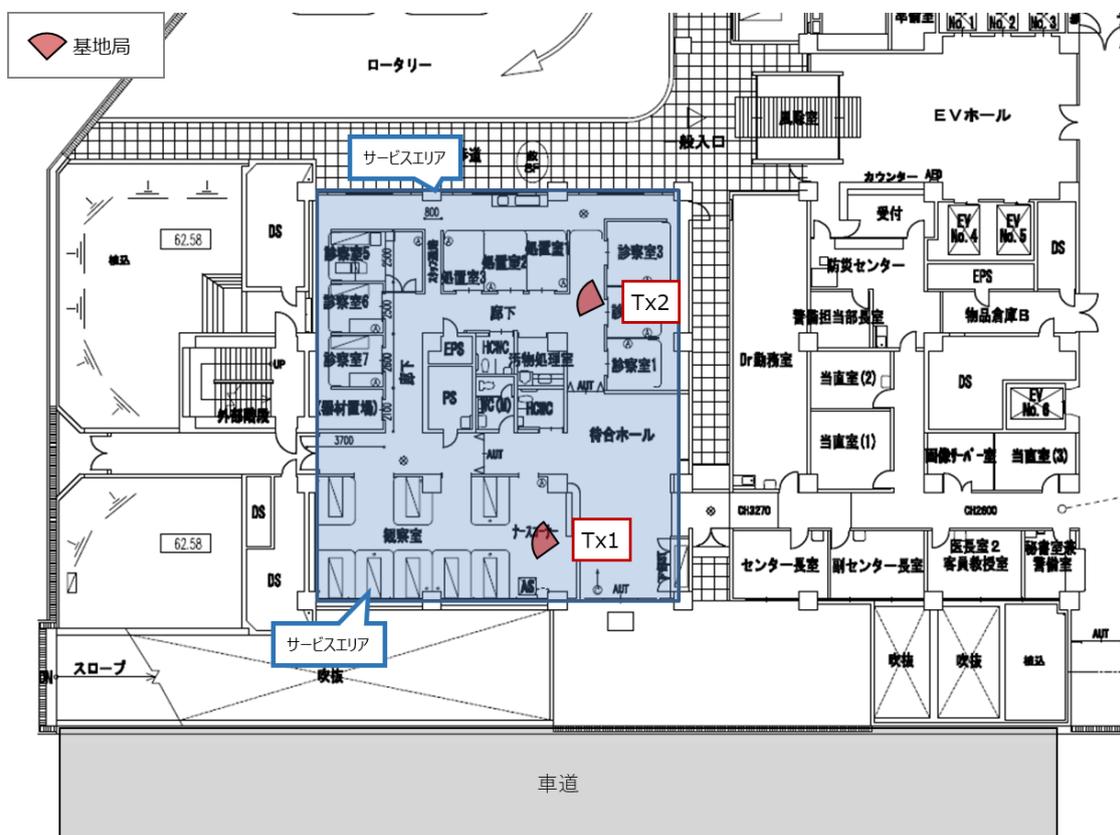


図 3.3.2.1-1 課題実証エリア



図 3.3.2.1-2 課題実証環境

(2) 実証目標

3.3.2章においては柔軟なローカル5Gシステムの設計・構築に資する検討として、仕様書要件で規定されているエリア算出法に含まれるいくつかのパラメータ(表3.3.2.1-1)を対象とし、その値を精緻化することが求められる。

本検討において得られる精緻化したパラメータ値により、ローカル5G運用エリアに合わせてエリア算出法を適正化する等の制度改正につながることを目標としている。また、得られた知見については、総務省が策定しているローカル5Gガイドラインにおいて、モデルケースとして記載することで、ローカル5Gの利活用に生かされることを想定している。

今回の実証環境においては、28GHz帯の屋内局を想定しているため精緻化の対象パラメータは表3.3.2.1-1から“R”を選択する。なお、“R”は建物内に基地局を配置する際に建物侵入損失の値に応じて修正するパラメータであり、本実証環境の様に一般的な壁を有する環境においてのモデルケースを示すにあたって適切なパラメータであると考えられる。

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

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

3.3.2.2 実証仮説

今回精緻化の対象とするパラメータ“R”については、28GHz帯のローカル5G技術的条件等を検討した情報通信審議会報告書において、詳しく記載されている（表3.3.2.2-1参照）。建物侵入損は、建物の外壁の材質によって想定される値が変化することが示されており、一般的な建物外壁（Traditional）では、50%の期待値においてR=20.1dBとなっている。また、28GHz帯のローカル5G審査基準においては、R=20.1dBが規定値として定められてもいる。今回、技術実証を行う場所の壁面材質は一般的なRC構造の建物内であるため、建物壁面は一般的な建物の外壁と想定される。

表3.3.2.2-1におけるTraditionalの値は、Thermally-efficient以外の建物における建物侵入損の期待値であり、建物種別による適用範囲が広いため、“R”値は、Traditionalにおける期待値5%(=4.8dB)～期待値50%(=20.1dB)の間にあるものと仮定する。

表 3.3.2.2-1 28GHz帯における建物侵入損

建物の種別*	建物侵入損の期待値			
	5%	10%	20%	50%
Traditional	4.8dB	6.9dB	10.6dB	20.1dB
Thermally-efficient	15.0dB	19.4dB	26.2dB	41.5dB

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

Traditional：上記以外の建物

なお、エリア算出法では、表3.3.2.2-2に示すように、置局位置が屋内の場合には、計算対象地域の環境に応じて、建物侵入損に対して考慮する補正值“R”の選択が必要である。本実証環境においては、壁面材質がRC構造であることと、建物が複数の壁面構造であることを考慮し、補正值“R”は表3.3.2.2-2に示すTraditionalにおける期待値5%～50%において、最も大きい損失値である期待値50%（=20.1dB）とする。

表 3.3.2.2-2 電波関係審査基準の電波伝搬式における補正項選択肢

補正項	定義	選択肢
R	建物侵入損に対して考慮する補正項	20.1[dB]
		実際の建物侵入損が明確な場合は明示の上、建物に応じた値を適用する。 本実証環境においては20.1[dB]とする。

上記仮説に基づき、パラメータ“R”の値を修正したカバーエリア及び調整対象区域を図3.3.2.2-1(a)(b)に示す。

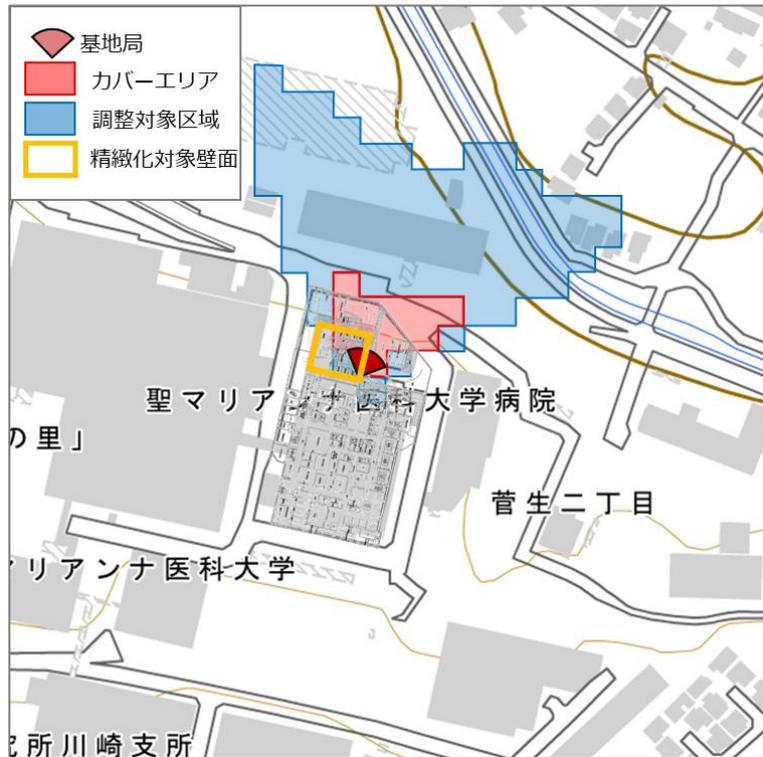


図 3. 3. 2. 2-1(a) 仮説パラメータ R (=20.1dB) を用いて算出した
カバーエリア及び調整対象区域(Tx1)

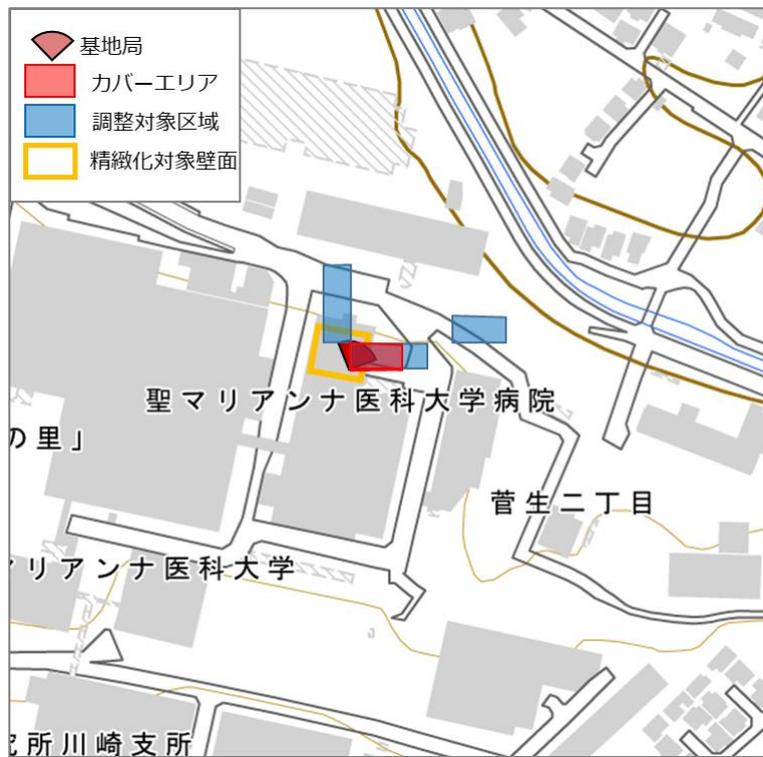


図 3. 3. 2. 2-1(b) 仮説パラメータ R (=20.1dB) を用いて算出した
カバーエリア及び調整対象区域(Tx2)

3.3.2.3 評価・検証項目

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

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

3.3.2.4 評価・検証方法

(1) 測定方法

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

1) 測定エリアの考え方

エリア算出法と比較を行うための下り受信電力値の実測は、仮説に基づくカバーエリア及び調整対象区域において実施する。一方、3.3.1.2章でも述べたとおり、実際の伝搬状況は、エリア算出法で算出されたエリア図より狭いことが事前の下り受信電力値の簡易測定で明らかなることから、屋外については、図3.3.2.4-1の測定点において測定を実施する。

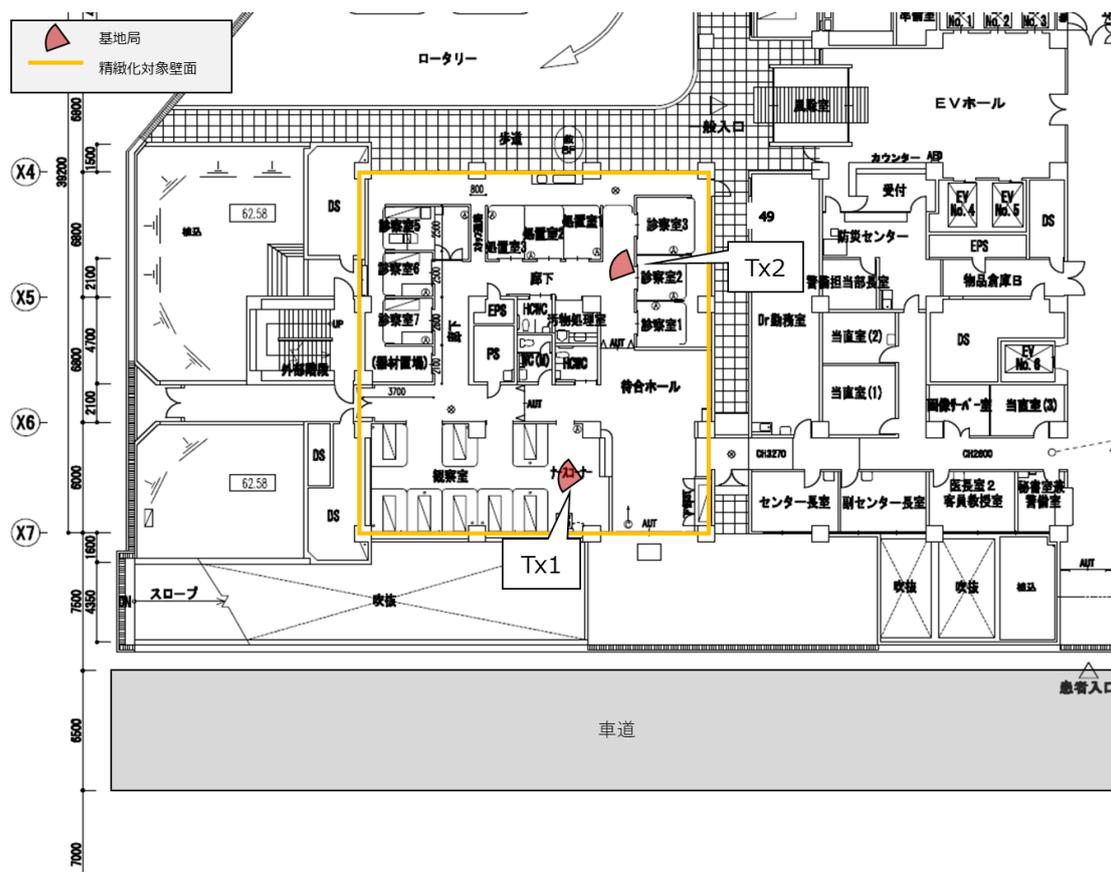


図 3.3.2.4-1 エリア算出法に基づく測定地点

また、エリア算出法によるエリア図との比較がしやすいよう、実証環境を面的に測定し、そのデータを活用する。測定範囲は図 3.3.2.4-2 に示すように、現地立入りが可能な範囲において実施することとする。

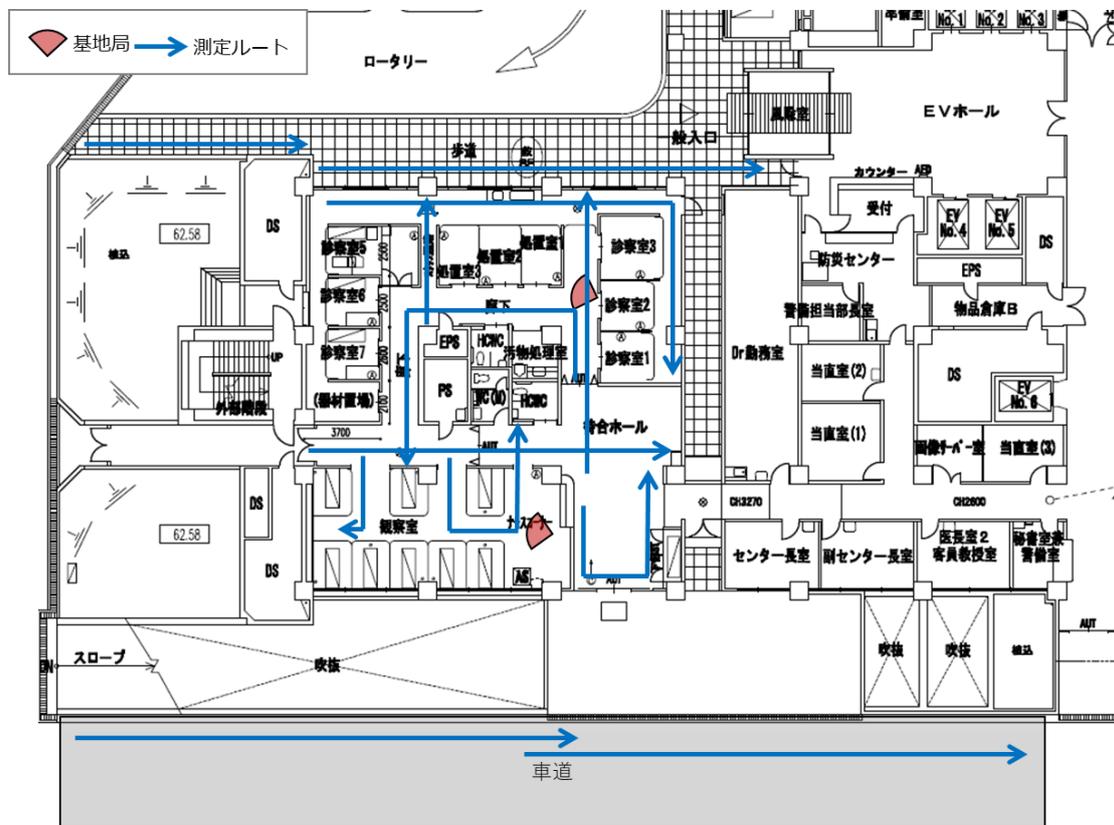


図 3.3.2.4-2 実証環境周辺における面的な測定ルート

2) 測定項目

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

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

- ・壁面の材質/厚さ/面積率
- ・対象の壁面と送信/受信点の位置関係

3) 測定手法と実測模様

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

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

なお、受信電力の測定においては、定在波の影響を避けるため、1つの測定点にお

いて、 10λ (λ は波長)の範囲で測定位置を動かしながら測定を実施する。

測定においては、測定点間の移動を効率的に実施するため、図 3.2-6 に示すような測定補助用の治具を作成して測定を実施する。

(2) 評価・検証方法

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

1) 仮説 R 値に基づくカバーエリア及び調整対象区域図の作成

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

2) 実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図の作成

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

3) 仮説に基づくエリア算出法と、実測値から推定されるエリア図との比較

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

4) 実測値から建物侵入損失を算出

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

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

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

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

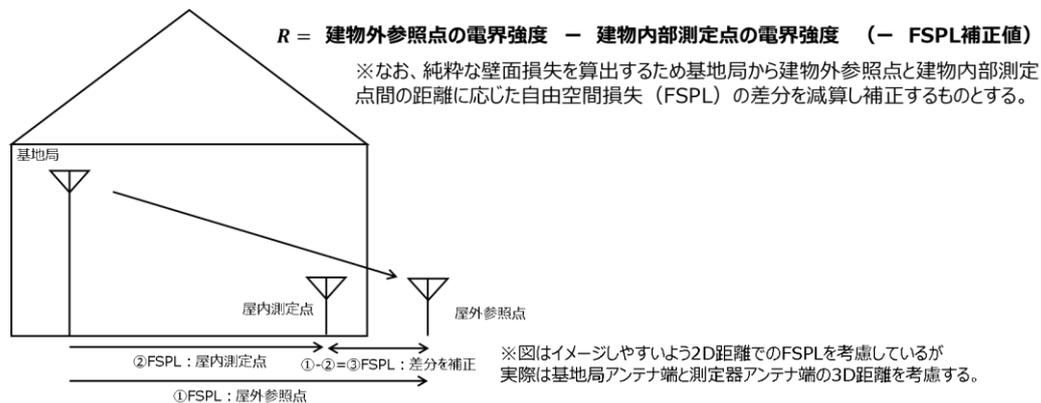


図 3.3.2.4-3 実測値からの R 値算出手法

3.3.2.5 実証結果及び考察

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

(1) 仮説 R 値に基づくカバーエリア及び調整対象区域図

図 3.3.2.5-1 に、実証環境内に設置するそれぞれの基地局について、仮説 R 値に基づくカバーエリア及び調整対象区域の図を示す。詳細は 3.3.2.2 章実証仮説を参照されたい。

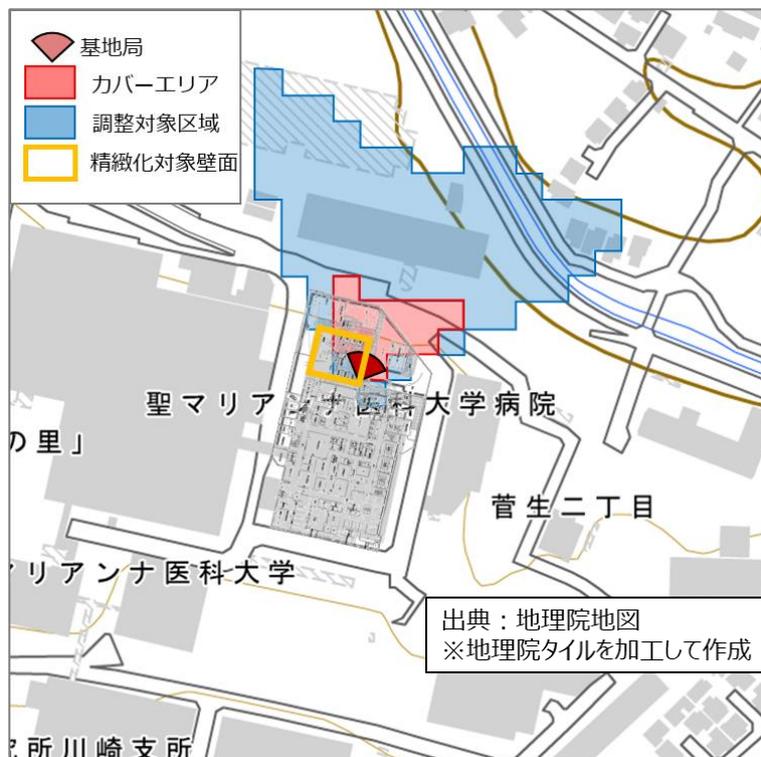


図 3.3.2.5-1(a) 仮説パラメータ R (=20.1dB) を用いて算出したカバーエリア及び調整対象区域(Tx1)



図 3.3.2.5-1(b) 仮説パラメータ R (=20.1dB) を用いて算出した
カバーエリア及び調整対象区域(Tx2)

(2) 実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図

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

図中、赤線は 28GHz 帯におけるローカル 5 G 審査基準で定められている“カバーエリア端レベル (400MHz 幅の場合：-75.2dBm)”を前提に実測値から評価した想定カバーエリア端である。一方、青線は、同様に審査基準で定められている“調整区域端レベル (400MHz 幅の場合：-84.0dBm)”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。なお、本実証に用いる基地局装置の下り受信レベル (SS-RSRP) の測定帯域は 240kHz であるため、実測値におけるエリア閾値は上述したエリア端閾値を 400MHz から、240kHz へ帯域換算した以下の値を用いている。

カバーエリア端レベル (SS-RSRP 帯域換算)	: -107.4dBm
調整区域端レベル (SS-RSRP 帯域換算)	: -116.2dBm

結果についての考察は、3.3.1.4 章(3)でも行っており、一部抜粋して下記に再掲する。

【3.3.1.4(3)抜粋】

Tx1 のターゲットエリアである観察室及びその近傍においては、エリア算出法上では全てカバーエリア内となり、良好な受信電力及び受信品質が得られている。また、指向方向以外の見通し外における電界については、複雑な壁面構造による反射波と推定される。

Tx2 のターゲットエリアである処置室及びその近傍についても、エリア算出法上では全てカバーエリア内となり、良好な受信電力及び受信品質が得られている。Tx1 と同じく、指向方向以外の見通し外における電界については、複雑な壁面構造による反射波と推定される。

一方、Tx1 から見た Tx2 付近の電界については、指向方向的にサイドローブであり、壁面等で遮へいされているものと推測する。また Tx2 から見た Tx1 付近の電界も Tx1 と同様と考えられる。

屋外については、Tx1/Tx2 の側面とも、近傍の壁面がガラスのため、屋外へ漏洩していることが分かる。更に Tx1 については、指向方向の先にある金属製の扉付近(測定点 51)においてカバーエリアの受信電力を得ていることから、外部に漏洩しているものとする。また、それ以外の屋外については、事前のエリアテストによる電界測定の結果、外壁がコンクリートにより遮へいとなり、カバーエリア、調整対象区域の電界を得ることはできなかった。

エリア算出法の差分値として、屋内のカバーエリアはミリ波の直進性、夜間急患センター内の複雑な壁面構造、チルト角等の影響で、カバーエリアが非常に狭いことが明らかになった。

エリア算出法の差分値として調整対象区域は、屋内での急激な受信電力の低下により、調整対象区域端を得ることができなかった。また、屋外についても、測定点近傍は病院の建物（鉄筋コンクリート造）で囲われていることから、遮へいされるものとする（図 3.2-2(a) 参照）。

上記の考察の結果、カバーエリア端、調整対象区域端は非常に狭いものと考え、図 3.3.2.5-2(d) (e) の範囲であると考察する。

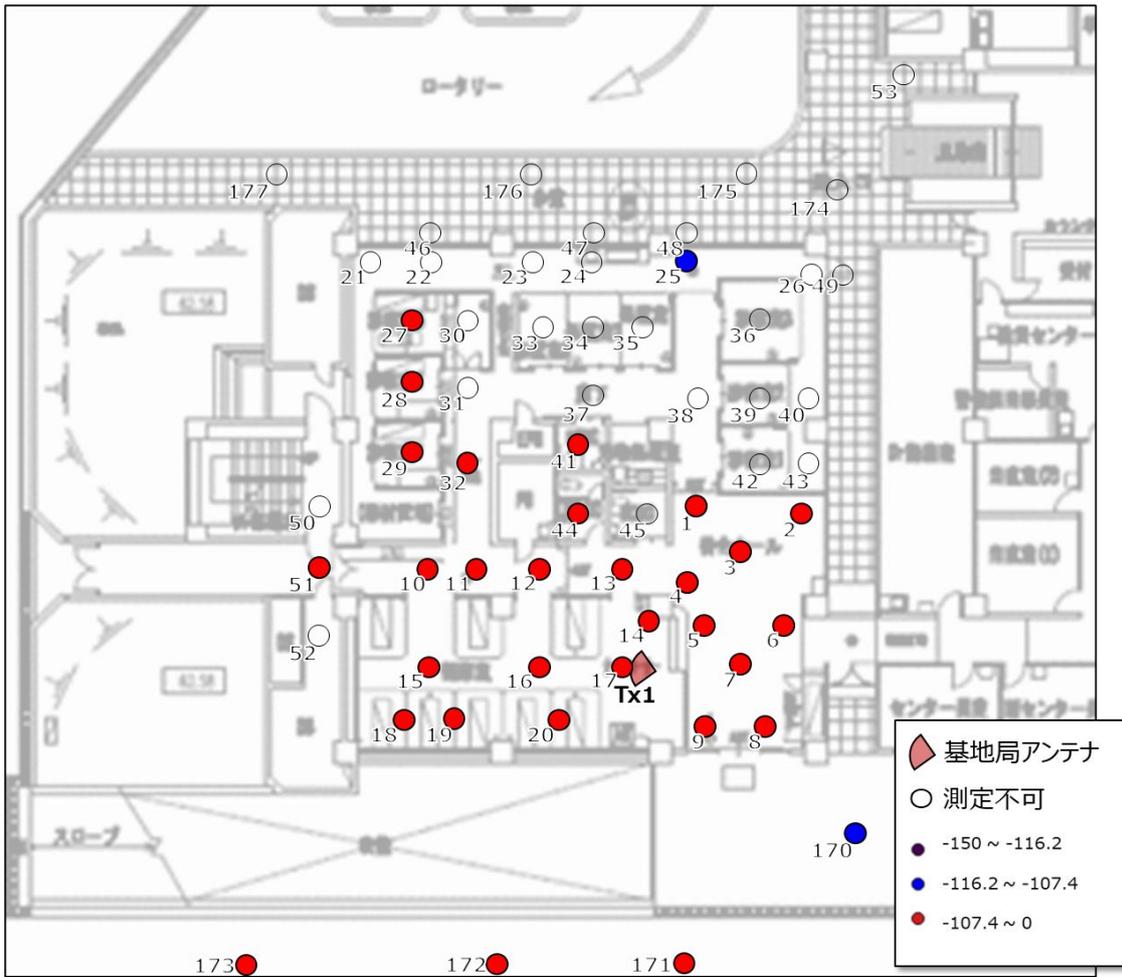


図 3.3.2.5-2(a) 基地局における受信レベル(SS-RSRP) (Tx1)

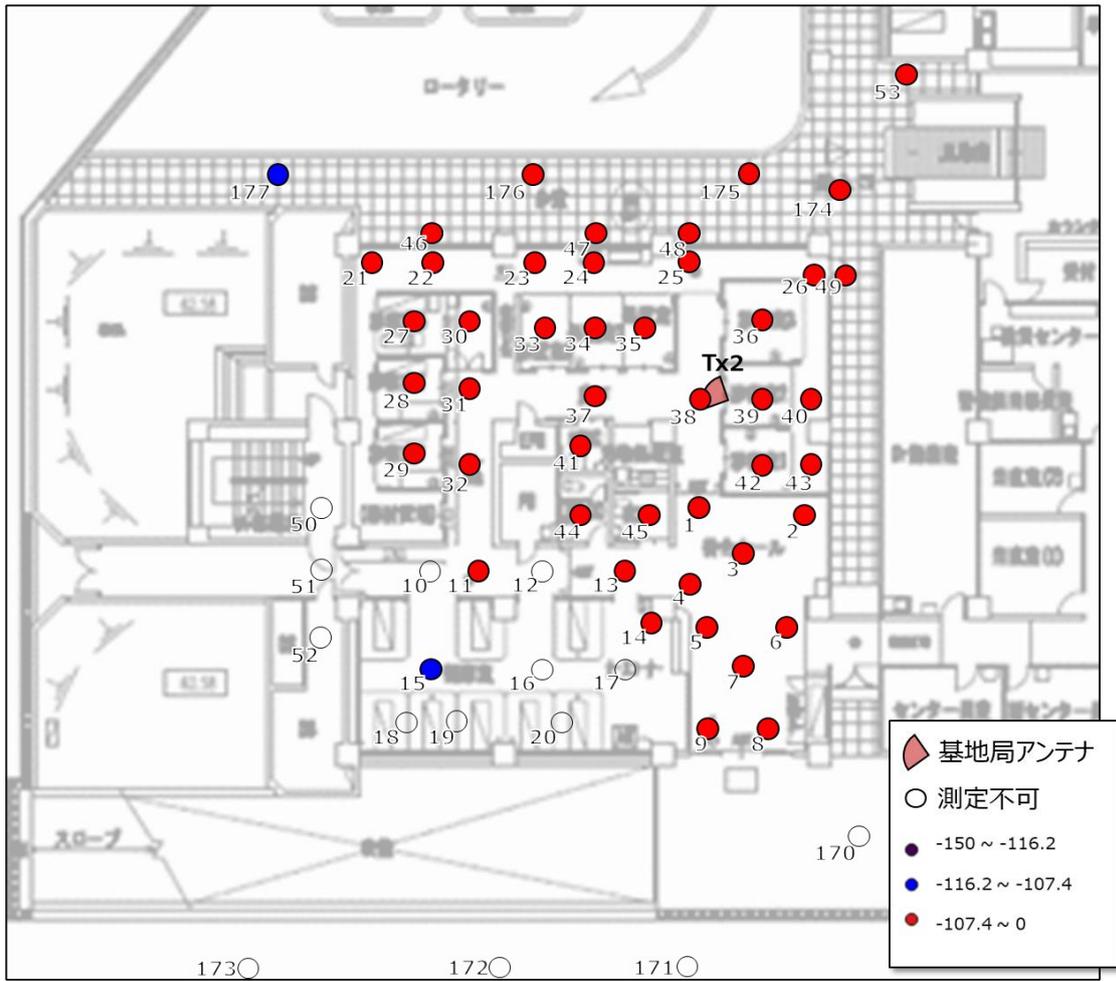


図 3.3.2.5-2(b) 基地局における受信レベル(SS-RSRP) (Tx2)

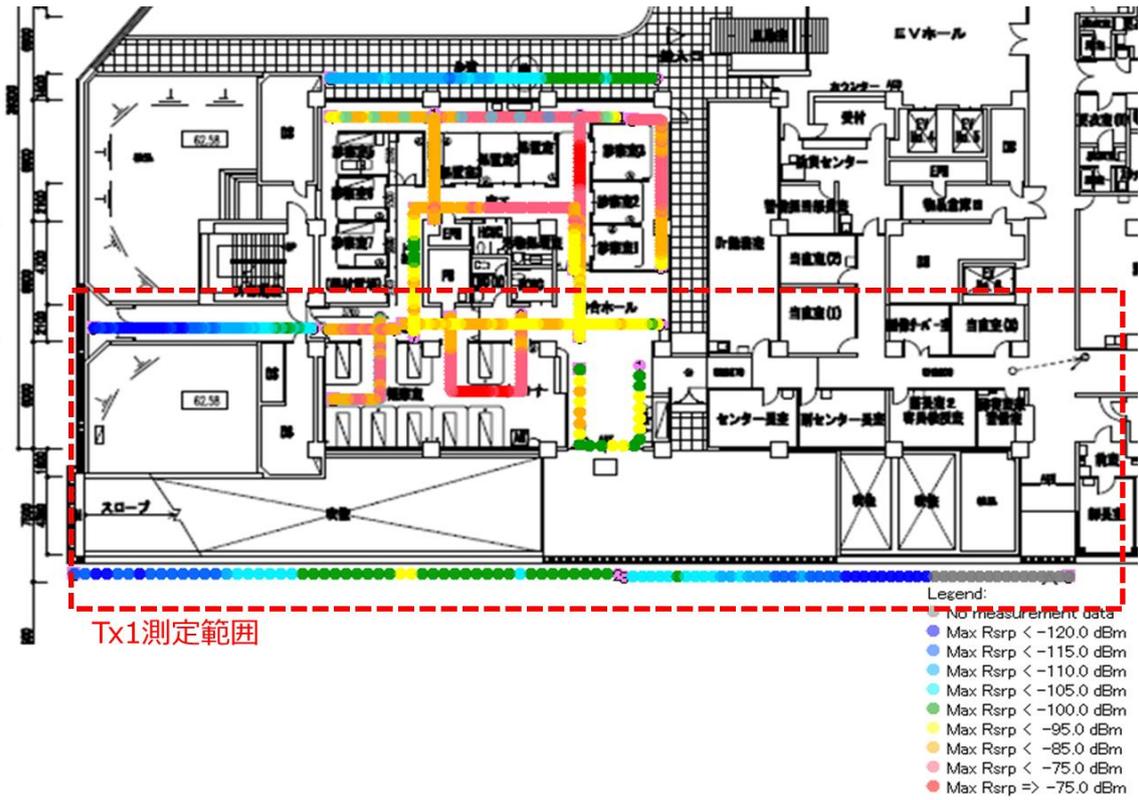


図 3.3.2.5-2(c) 面測定における受信レベル(SS-RSRP) (Tx1)



図 3.3.2.5-2(d) 実測値から推定したカバーエリア及び調整対象区域(Tx1)

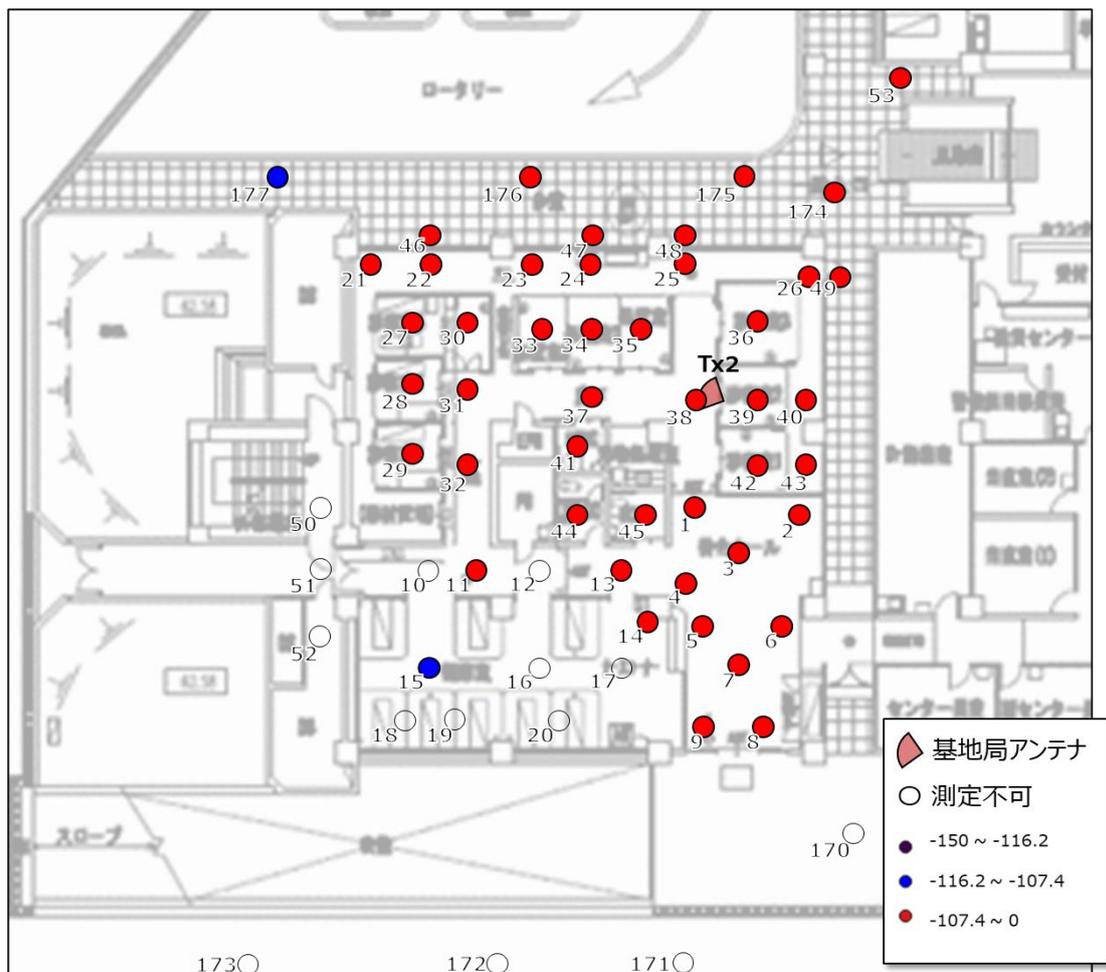


図 3.3.2.5-2(e) 基地局における受信レベル(SS-RSRP) (Tx2)

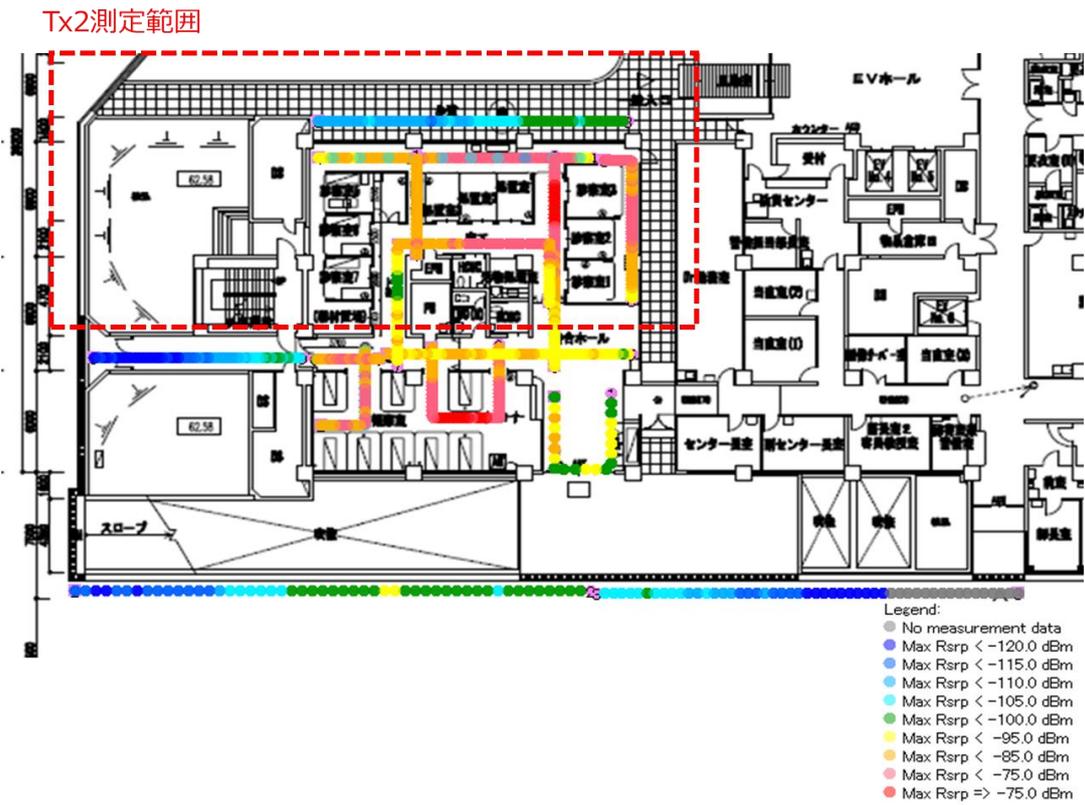


図 3. 3. 2. 5-2(f) 面測定における受信レベル(SS-RSRP) (Tx2)



図 3. 3. 2. 5-2(g) 実測値から推定したカバーエリア及び調整対象区域(Tx2)

(3) 仮説に基づくエリア図と実測値から推定されるエリア図との比較

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

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

結果から、カバーエリア、調整対象区域において、仮説値より非常に狭い結果となった。これは、ミリ波帯による壁面等による電波減衰が非常に大きく影響したものと考えられる。



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



図 3. 3. 2. 5-3 (b) 仮説値エリア図と実測値推定エリア図との比較(Tx2)

(4) 実測値を用いた建物侵入損失の算出

R 値の精緻化のもう 1 つのアプローチとして、建物内/外で実測した下り受信電力値から建物侵入損失を算出する。なお、建物侵入損失とは、厳密には、建物近傍路上における受信レベルと建物中央部における受信レベルとの差を意味するが、今回はエリア設計上建物外への漏洩電力を対象としているため、それぞれの基地局アンテナから、直線上となる建物内壁と建物外壁の電界強度差分を建物侵入損として検証する（図 3. 3. 2. 4-3）。

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

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

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

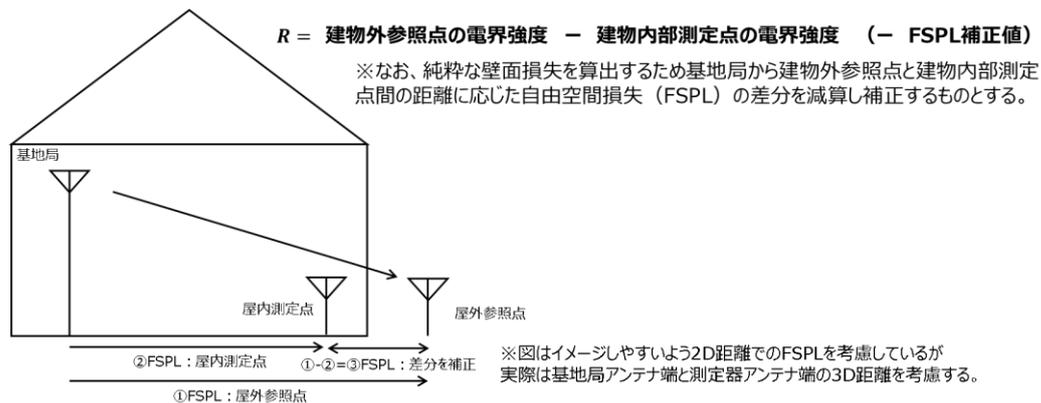


図 3. 3. 2. 5-3 (c) < 図 3. 3. 2. 4-3 の再掲 > 実測値からの R 値算出手法

図 3. 3. 2. 5-4 及び表 3. 3. 2. 5-1 に、実証環境における壁面損失算出対象の測定地点及び算出結果を示す。(屋内測定点については、3. 3. 1. 3 章で記載した測定地点を引用するが、屋外測定点については、3. 3. 1. 3 章で測定した地点の他、精緻化に必要と考える測定地点を追加したため、図 3. 3. 2. 5-4 に記載の測定地点は、図 3. 3. 2. 5-4 の番号とはならないことに留意いただきたい。)

精緻化対象壁面に対し、屋内測定点と屋外参照点において、壁面損失の導出を行った。なお、屋内測定点と屋外参照点の比較においては前述した手法により自由空間損失を補正しているが、その他損失は周辺環境要因にて異なり、建物外壁から遠方の屋外参照点はその他損失の影響が支配的になる。そのため、自由空間損失以外が含まれると判断した屋外参照点は精緻化対象から外している。また、R 値は壁面の材質・構造ごとに異なる為、それぞれの壁面ごとに精緻化を行う。

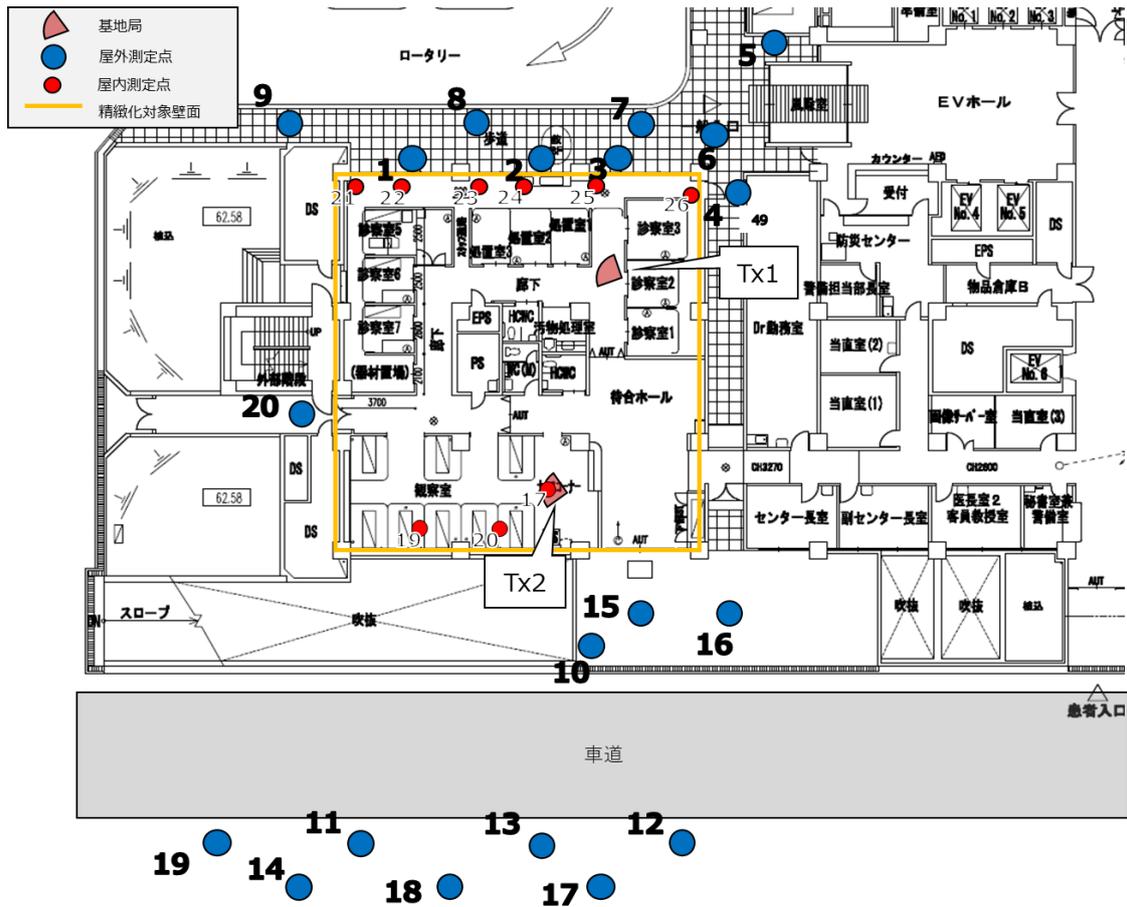


図 3.3.2.5-4 精緻化対象測定地点

表 3.3.2.5-1 壁面精緻化結果

比較対象		実測平均値 SS-RSRP (dBm)		自由空間 損失差分 (dB)	電界強度差分 (dB)	R 値 (dB)
屋内 ID	屋外 ID	屋内測定点	屋外参照点			
21	1	-85.63	-99.36	1.32	13.73	12.41
22	1	-84.37	-99.36	0.39	14.98	14.60
23	1	-80.81	-99.36	2.50	18.55	16.05
24	2	-69.73	-90.88	1.45	21.15	19.70
25	3	-69.38	-88.30	1.21	18.92	17.71
26	4	-76.43	-86.02	0.46	9.59	9.13
23	8	-80.81	-95.87	2.28	15.06	12.77
25	7	-69.38	-88.54	2.65	19.16	16.50
26	6	-76.43	-96.16	1.75	19.73	17.98
17	10	-70.03	-93.23	12.55	23.21	10.66
17	15	-70.03	-99.52	11.72	29.49	17.77
17	16	-70.03	-107.86	12.83	37.83	25.00

比較対象		実測平均値 SS-RSRP (dBm)		自由空間 損失差分 (dB)	電界強度差分 (dB)	R 値 (dB)
屋内 ID	屋外 ID	屋内測定点	屋外参照点			
20	19	-71.76	-101.51	13.75	29.75	16.01
20	14	-71.76	-105.10	12.63	33.34	20.71
20	19	-71.76	-107.16	14.32	35.40	21.08
19	11	-71.24	-101.51	9.29	30.27	20.98
19	14	-71.24	-105.10	8.17	33.85	25.68
19	19	-71.24	-107.16	9.87	35.92	26.05
17	11	-70.03	-101.51	21.26	31.49	10.22
17	14	-70.03	-105.10	20.15	35.07	14.92

表 3.3.2.5-2 に表 3.3.2.5-1 にて算出した R の精緻化値と対象壁面の材質/厚さ/面積率を示す。なお、精緻化値については壁面ごとに算出した R 値の平均値を記載している。図 3.3.2.5-5 に壁面の測定状況を示す。

結果から、仮説値 20.1dB に対し、精緻化値として、17.2dB となる。

表 3.3.2.5-2 28GHz 帯における実証環境 R 値

周波数	建物	材質	厚さ	面積率	仮説値 R (dB)	精緻化値 R [dB]
28GHz	代表値					17.2
	窓などの開口部が多い壁面方向	コンクリート	200mm	70%	20.1	17.2
		ガラス	20m	30%		

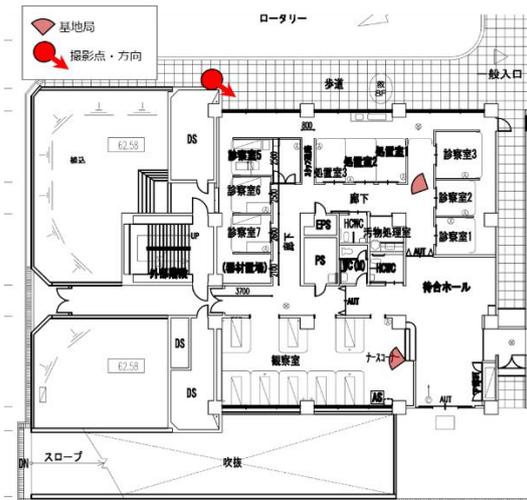


図 3.3.2.5-5 壁面屋外参照点の状況

(5) 精緻化パラメータの妥当性評価

3.3.2.5章(4)及び、3.3.2.5章(5)にて精緻化を行った対象パラメータ“R”を用いて、再度カバーエリア及び調整対象区域図を作成し、実測値から推定されるエリア図との比較を行うことでその妥当性を評価する。

図3.3.2.5-6に精緻化後のパラメータを用いて算出したカバーエリア及び調整対象区域図を示す。図中破線は3.3.2.2章で示す仮説値R(20.1dB)におけるエリア図であり、実線は壁面ごとに表3.3.2.5-2に示す精緻化値Rを考慮したエリア図である。

結果からは、以下のことがわかる。

本実証環境における壁面、特に受信電界が得られる場所においてはガラス窓があり、屋内から電波漏洩が確認できる。一方、Tx1/Tx2の指向方向先は鉄筋コンクリート壁面であり、一部を除き、電界を得ることができなかった。

結果として、鉄筋コンクリート壁面の考慮が精緻化の算出方法では考慮できないことから、仮説値(20.1dB)より低い値(17.2dB)で算出されたものとする。

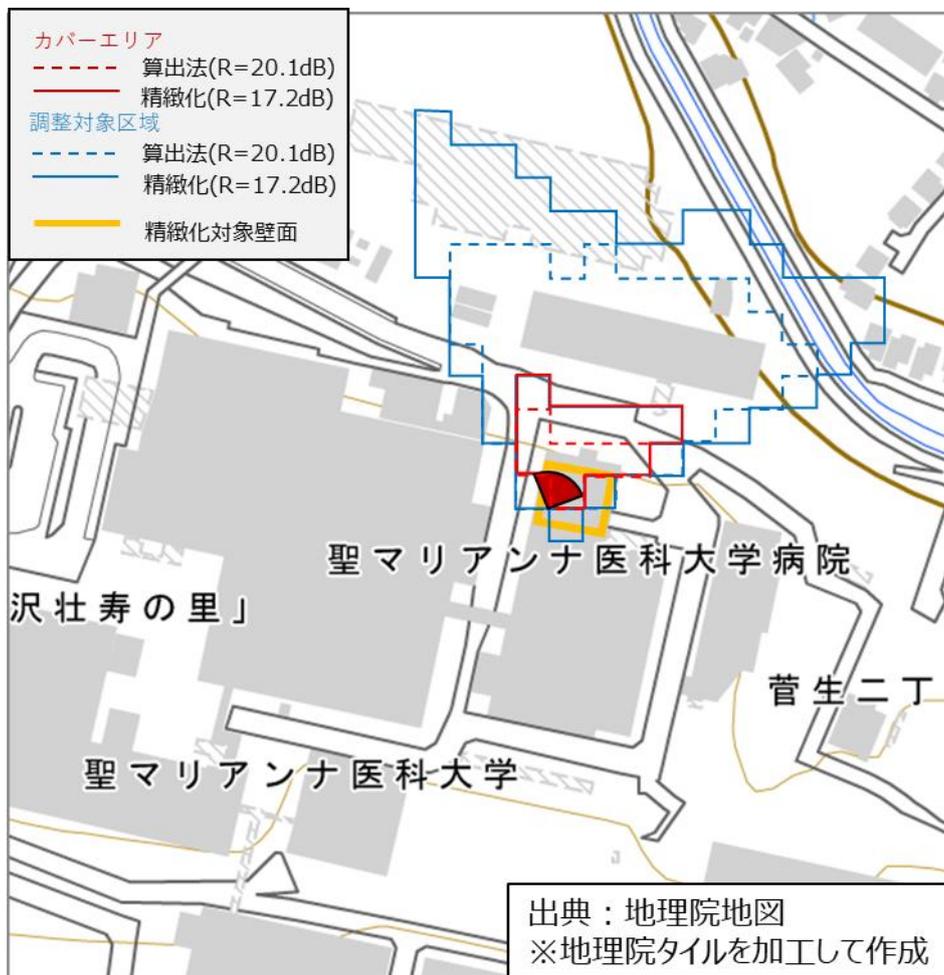


図3.3.2.5-6(a) 精緻化エリア図と仮説値エリア図との比較(Tx1)

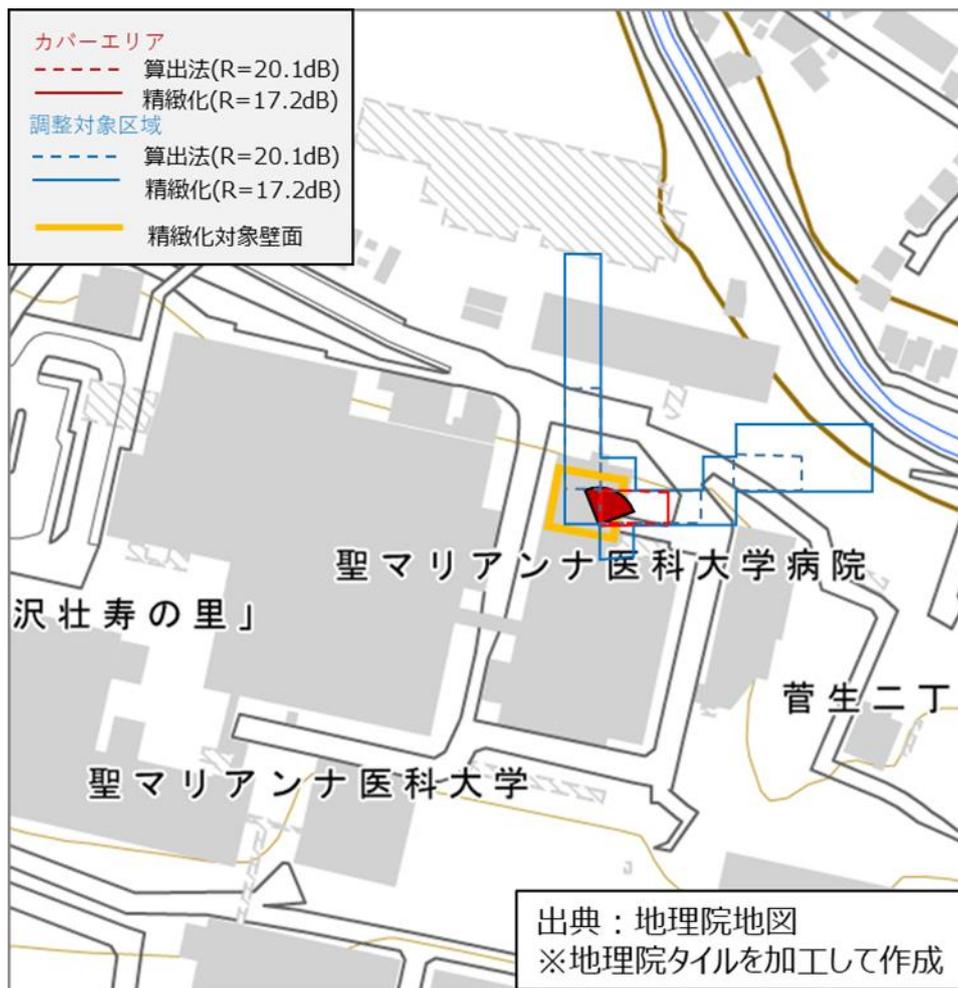


図 3. 3. 2. 5-6(b) 精緻化エリア図と仮説値エリア図との比較(Tx2)

図 3. 3. 2. 5-7 に精緻化後のパラメータを用いて算出したカバーエリア及び調整対象区域図と実測値から推定したカバーエリア及び調整対象区域図との比較結果を示す。

精緻化の結果、仮説値(20.1dB)より低い仮説値(17.2dB)となり、実測値で考察したカバーエリア端、調整対象区域端とも大幅な乖離が発生した。

結果として、鉄筋コンクリート壁や病院外周辺環境で電波伝搬状況が大きく変化することから、電波の指向方向、輻射幅、チルト角等の無線諸元に対し、置局された建物の壁面構造、材質等を考慮した精緻化が必要であることが判明したと考える。

具体的には、精緻化対象壁面に対し、環境や材質によって壁面単位で精緻化を行う必要があると考える。壁面単位に精緻化を行うことで、より現実に近い伝搬状況が可視化できるものとする。



図 3. 3. 2. 5-7(a) 実測値推定及び精緻化パラメータを用いた
カバーエリア及び調整対象区域図(Tx1)



図 3.3.2.5-7(b) 実測値推定及び精緻化パラメータを用いた
カバーエリア及び調整対象区域図(Tx2)

(6) 技術的課題の解決方策

今回の実証では、夜間急患センター内において指向性のアンテナ2局（キャリア 5 G 28GHz 帯）を活用し、夜間急患センター内におけるエリア算出法パラメータ R 値の精緻化を実施した。

その結果 R 値においては一般的な壁面より低い値となった。一方、実測値についてはミリ波帯の特徴である直進性、減衰性が如実に表れた結果、壁面の材質によって大きく影響を及ぼす結果となった。

これらの結果から、自己土地外への電波漏洩の観点では、建物内へ置局対象となる壁面の材質、環境を踏まえ面毎に精緻化することで、より精密なカバーエリア、調整対象区域を算出することが可能と考える。他の実証で得られた精緻化の結果を基に、コンクリート造の壁面 (XXdB) ガラス窓の壁面 (YYdB) のように、壁面毎にカバーエリア、調整対象区域を算出し、それぞれの面の最も長い距離を結合しエリア図を作成する等の工夫が必要と考える。

3.3.3 電波反射板によるエリア構築の柔軟化

3.3.3.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

救命救急センターにおけるユースケースを前提とした場合、屋内に基地局を設置する上では、診察室等の壁面、医療機器や什器等による遮へい損失や反射波による影響、または建物外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築が課題となる。今回、課題実証では、大都市病院における最先端技術を活用したオペレーションの効率化並びに人為的及び自然災害への対応を強化するため、夜間急患センター内の待合ホール、通路、診察室等のエリアをカバーし、キャリア5G基地局2局を活用して実証を行っている。一方、本実証においてはミリ波帯のキャリア5G（28GHz帯（27.4～27.8GHz））基地局を利用する。ミリ波は電波伝搬特性上直進性が高く、壁面を隔てた端末設置位置によっては、電波が到達しないエリアが想定される（図3.3.3.1-1）。

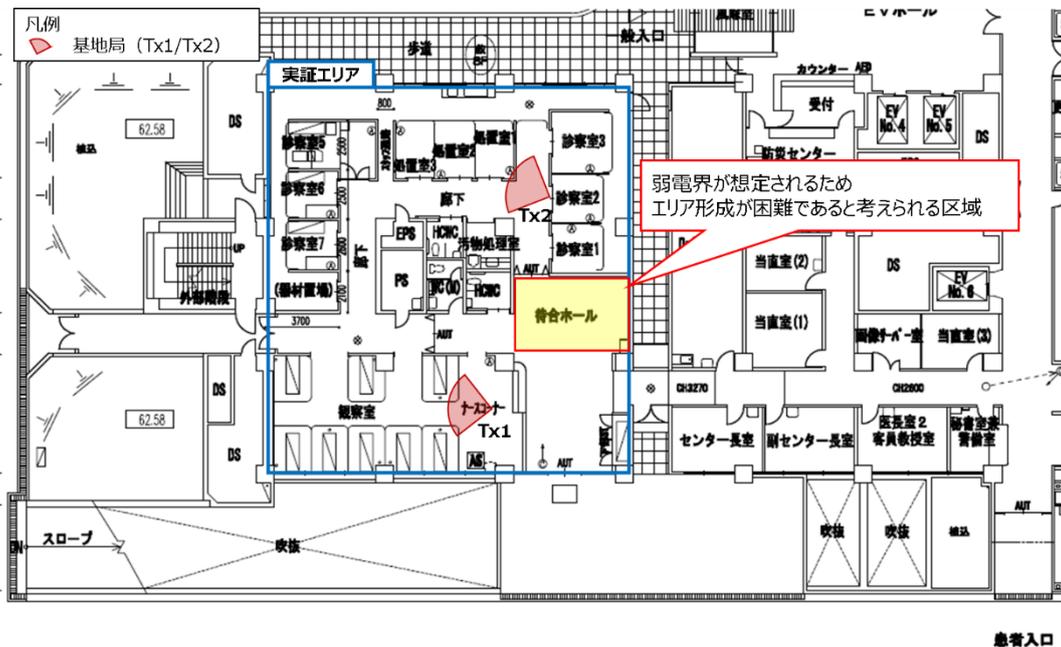


図 3.3.3.1-1 エリア形成に課題があると考えられるエリア

(2) 実証目標

本実証においては、電波反射板による特性活用した、弱電界エリアの課題解決を実施する。弱電界エリアの課題解決においては、技術的課題で述べた、図3.3.3.1-1に示すエリア形成が困難と考えられるエリアにおいて、図3.3.3.1-2の通り対象エリアを狙う形で電波反射板を設置することで、基地局背面のエリアカバーを行うと同時に、直進性の高いミリ波帯の電波においても曲折したエリア構築が可能か検証を行う。

本実証を通して、屋内において複数の壁面構造となる環境、もしくは医療環境における医療機器等の遮へい物が配置される環境においてのエリア構築課題の解決方策として、反射板を活用するエリア設計の柔軟化について示すことを目標とする。

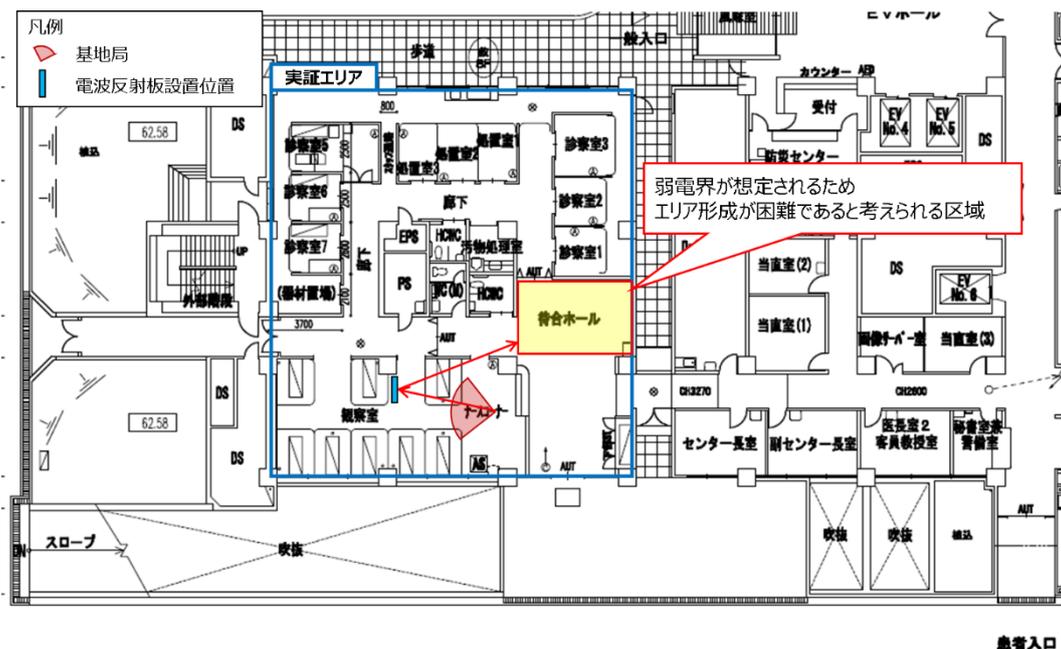


図 3.3.3.1-2 電波反射板によるエリア改善

当該方策による課題解決の可能性を検証するために達成すべき評価指標は、エリア形成の観点と、エリア品質の観点から定めることとする。

まず、エリア形成の評価指標は、電波法関係審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号）が規定する 28GHz 帯の 400MHz システムにおける、カバーエリアの閾値-75.2[dBm]及び調整対象区域の閾値-84[dBm]とする。

次に、エリア品質の評価指標は、課題実証において提案するローカル 5 G を用いたユースケースで要求される性能（表 3.3-11）とする。また、要求されるスループット値を達成するために必要な受信電力等についても、3.3.1 章で得られるスループット値と受信電力等の相関関係から目標値を設定する。

なお、電波発射板設置前において、評価指標を満たしている場合は、その上昇値を割合で評価する。

それらの評価結果から、電波反射板によるエリア構築の柔軟化に資する知見を取り纏めることを実証目標とする。

表 3.3.3.1-1 <表 3.3.1.1-1 の再掲> 課題実証で要求される所要性能
(下りは技術実証で定めた目標値)

項目	下り (DL)	上り (UL)
通信速度	50Mbps	195Mbps (最大同時接続時)
遅延時間	500msec 以下	500msec 以下
利用条件	同時接続 5 台	同時接続 3 ~ 13 台

3.3.3.2 実証仮説

3.3.3.1 章にて示したエリア構築における課題に対し、下記手法で検討を進める。なお、本検討においては、電波反射板を用いたエリア設計手法確立の観点から、他の実証環境においても適用可能となる汎用的なものが望ましいと考えられる。そのため、本検討を通して反射波、透過波、回折波等のエリア設計上複雑となるパラメータは考慮せず、直接波のみで机上検討及びシミュレーションを実施することとし、実測から得られる結果を基にその妥当性の確認及び、考慮すべきパラメータについて提言を行う。

(1) 実証環境におけるエリア構築課題の定量的評価

まずは、3.3.1 章で示した電波法関係審査基準（平成 13(2001)年総務省訓令第 67 号）が規定する、エリア算出法に基づく基地局単体でのカバーエリア及び調整対象区域図から、基地局単体においてエリア構築に課題がある区域においてカバレッジを評価する（図 3.3-19）。図中、赤線はエリア算出法に基づくカバーエリア端である。一方、青線は、同様にエリア算出法に基づく調整区域端である。なお、カバレッジの評価においては図中黄線で示すターゲットエリア内において等間隔でメッシュを描き、そのうち何%がカバーエリア閾値以上の受信電力値を満たすことが出来るかで判断する。

結果として、赤線で示すカバーエリア端が黄線で示すエリア構築上課題となる弱電界エリア内に達しておらず、机上検討上は基地局からのターゲットエリアへのカバレッジは 0% となることが分かる。

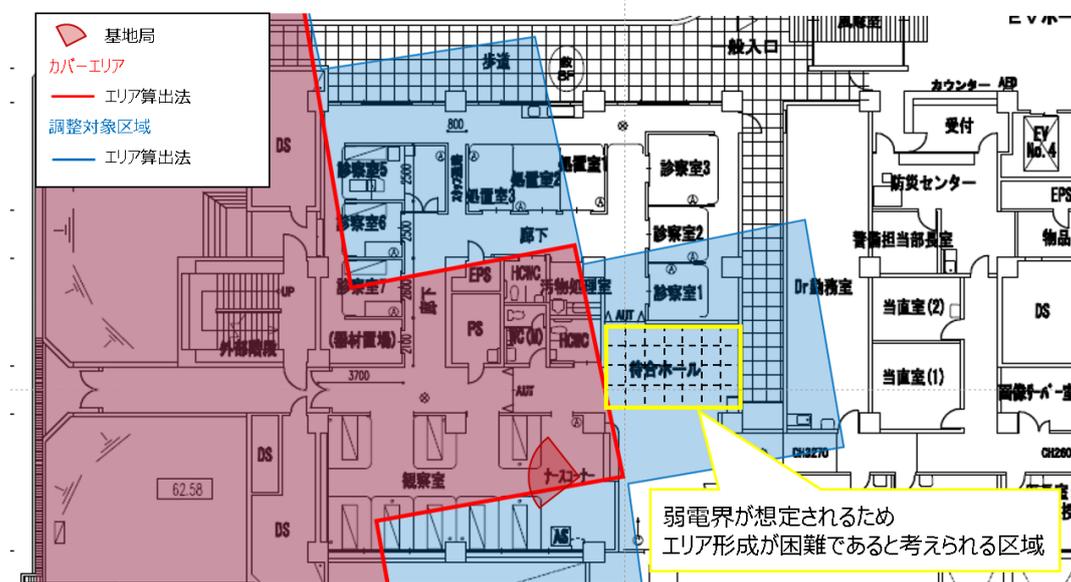


図 3.3.3.2-1 基地局単体によるターゲットエリア内のカバレッジ

(2) 実証環境における電波反射板の設計手法

3.3.3.2章(1)で示すターゲットエリアを狙うように電波反射板の設置条件について検討を行う。本実証で使用する28GHz帯のエリア算出法においては、基地局から見通し環境となる場合に考慮する伝搬損失は自由空間損失のみであることから、電波反射板活用時においても伝搬損失は次のように考えられる。

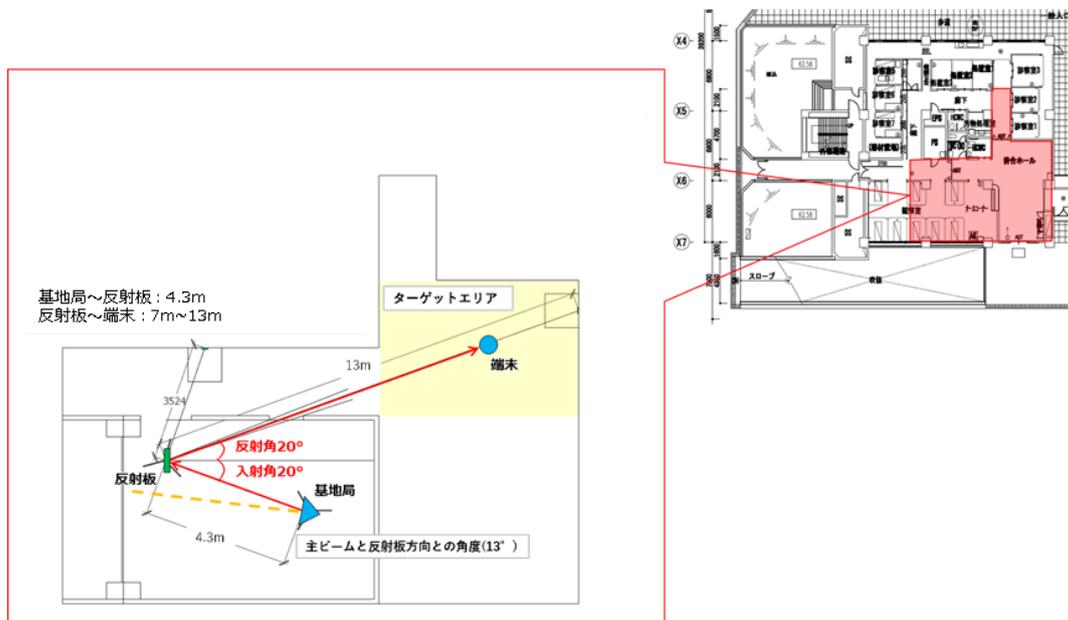
伝搬損失=基地局～反射板間自由空間損失+反射板～移動局間自由空間損失+反射板利得

そのため、本実証環境の様な基地局後方のエリアをカバーするためには反射板～移動局間の自由空間損失を小さく見込めるように、電波反射板は基地局近傍に置くことが望ましいと考えられる。また、その際、電波反射板後方への遮へい効果により本来の基地局カバーエリアに影響が発生しないよう電波反射板の大きさにも留意が必要と考えられる。

電波反射板の入射/反射角度についての検討においては前述した通り直接波のみを考慮するため、ターゲットエリア方向において電波反射板から見通し環境で確保できる方位角を算出した(図3.3.3.2-2)。

図から、電波反射板の設置位置に基づく反射波で狙う角度は基地局からの入射波の角度を考慮すると40度となる。

すなわち電波反射板の入射/反射角度については $40\text{度} \div 2 = 20\text{度}$ となり、入射特性20度、反射特性20度として反射板の設計を行う(図3.3.3.2-2中の赤実線)。



これらの検討結果を基に電波反射板の提供元との協議を踏まえ、表3.3.3.2-1に示す電波反射板を対象として実証を行うこととする。なお、電波反射板においては材質によりその特性が異なる。そのため、本実証においては表に赤字で示す通りガラスエポキシ+銅メッキで構成されるメタマテリアル反射板と、アルミニウムで構成される金属反射板の2種類を用意しターゲットエリアにおけるカバレッジにおいてどちらが望ましいか比較検討を行う。

表 3.3.3.2-1 本実証で対象とする電波反射板特性

電波反射板種別	材質	大きさ	入射角/反射角 (※1)	利得(Gain) (※2)	ビーム幅	リンク バジェット
メタマテリアル	ガラスエポキシ + 銅メッキ	400mm× 400mm	AZ 入射角 20° 反射角 20° EL 入射角 0° 反射角 0°	Gr=59.5dB d1=3(m) d2=6(m)	入射波 HPBW(AZ) 18° 反射波 HPBW(AZ) 4° 入射波 HPBW(EL) 18° 反射波 HPBW(EL) 18°	20dB 以上
金属板	アルミニウム	455mm× 455mm	AZ 入射角 20° 反射角 20° EL 入射角 0° 反射角 0°	Gr=63.3dB d1=3(m) d2=6(m)	NA	20dB 以上

※1 AZ=アジマス(azimuth)：水平面角度 EL=エレベーション(elevation)：垂直面角度

※2 右記条件における利得：d1=基地局～反射板の距離(m) d2=反射板～移動局の距離(m)

(3) エリア算出法に基づく電波反射板を用いたエリア図の作成

電波反射板設置時におけるエリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域の作図を行うことで、電波反射板の設置時におけるエリアカバレッジについて評価を行う。エリア算出上の伝搬損失は3.3.3.2章(2)の考え方にに基づき自由空間損失にて算出することとする。

図3.3.3.2-3に表3.3.3.2-1に示すメタマテリアル設置時におけるエリア図を示す。

結果からは、ターゲットエリアにおいて約40%のカバレッジを得ることが確認できる。

また、図3.3.3.2-3の結果は反射ビーム幅内のみににおいて一律で反射板利得を考慮した結果であり、実環境においては電波反射板からの反射ビーム幅以外の角度においても反射波が観測されることが考えられ、エリアカバレッジは広がることが想定される。



図 3.3.3.2-3 メタマテリアル設置時におけるエリア図

(4) レイトレーシング法に基づく電波反射板を用いたエリア図の作成

3.3.3.2 章(3)においては、エリア算出法に基づくエリア図について検討を実施したが、机上検討では角度ごとの利得を考慮することが困難であるため、電波反射板ビーム内においては一律で利得を設定し、それ以外の角度においては反射板利得を考慮していない。

上記課題を解決するため、レイトレーシング法を用いたエリアシミュレーションを実施し、より実環境に近いカバレッジを導出する。エリアシミュレータについては構造計画研究所が提供する「Wireless InSite」⁷を活用する。なお、本シミュレータはメタマテリアル等の電波反射特性を変化させるような構造物には対応していない。そのため、今回は反射板利得をアンテナの絶対利得、反射ビーム幅をアンテナのビーム半値角 (HPBW) と置き換え、ダイポールアンテナを基準として相対的にアンテナパターンを作成した、疑似反射板アンテナを電波反射板設置位置に配置し、その地点に置ける基地局からの到達電力を、送信電力として、シミュレーションを行う。

図 3.3.3.2-4 に本実証環境である聖マリアンナ医科大学病院内の夜間急患センターにおける 3DCAD 計算モデルを示す。

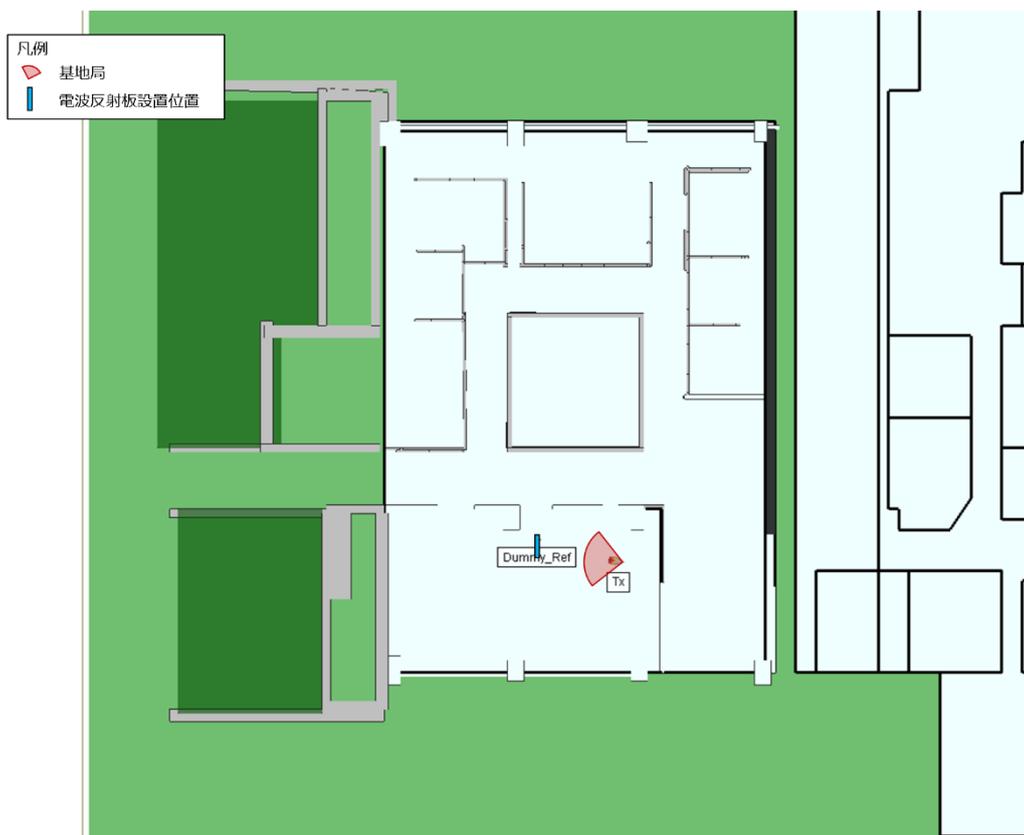


図 3.3.3.2-4 (a) 実証環境モデル (2D)

⁷ <http://network.kke.co.jp/products/wi/>



図 3.3.3.2-4 (b) 実証環境モデル (3D)

図 3.3.3.2-5 にレイトレース法に基づく基地局単体におけるシミュレーション結果を示す。なお、図中の赤塗はエリア算出法で定められているカバーエリアの閾値-75.2[dBm]以上の受信電力値が得られている地点であり、青塗は調整対象区域の閾値-84[dBm]以上の受信電力値が得られている地点となる。

結果から、基地局単体におけるターゲットエリアのカバレッジは0%となる。

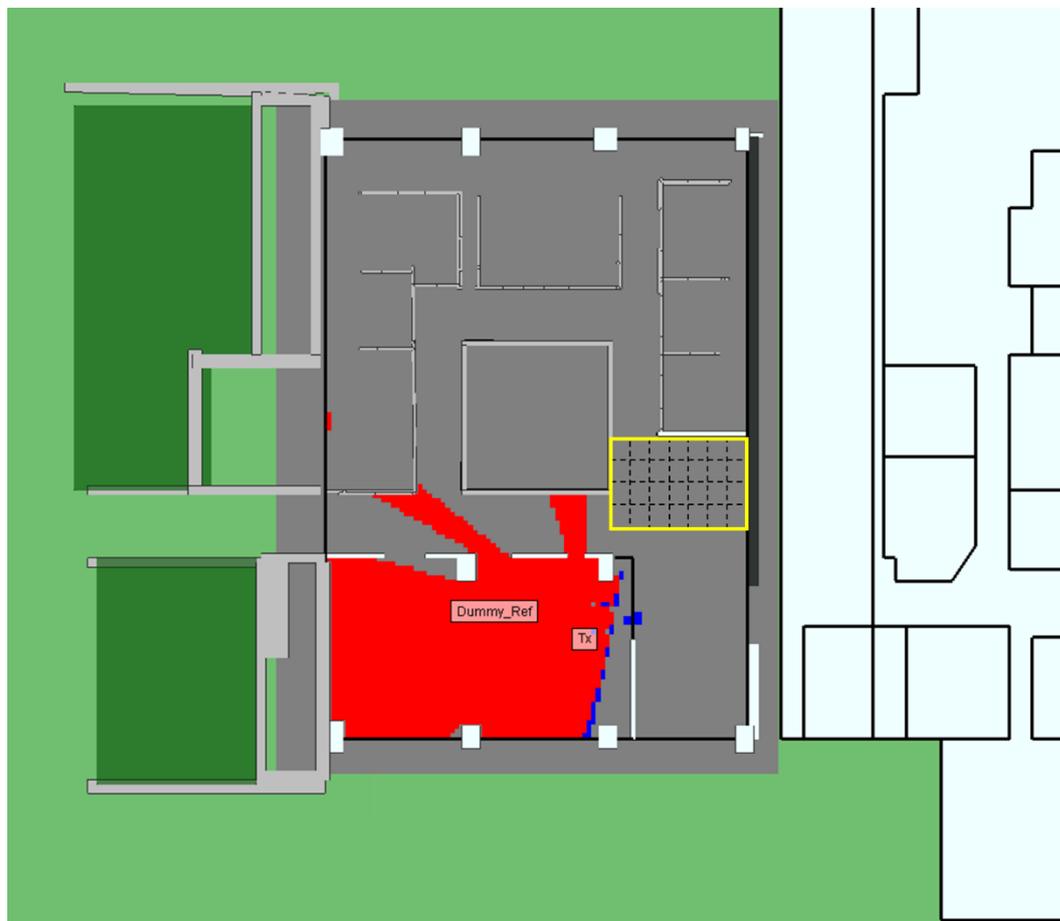


図 3.3.3.2-5 基地局単体におけるレイトレースシミュレーション結果

図 3.3.3.2-6 にレイトレース法に基づく電波反射板単体におけるシミュレーション結果を示す。なお、図中の赤塗はエリア算出法で定められているカバーエリアの閾値 $-75.2[\text{dBm}]$ 以上の受信電力値が得られている地点であり、青塗は調整対象区域の閾値 $-84[\text{dBm}]$ 以上の受信電力値が得られている地点となる。

結果から、電波反射板設置時におけるターゲットエリアのカバレッジは14%となる。

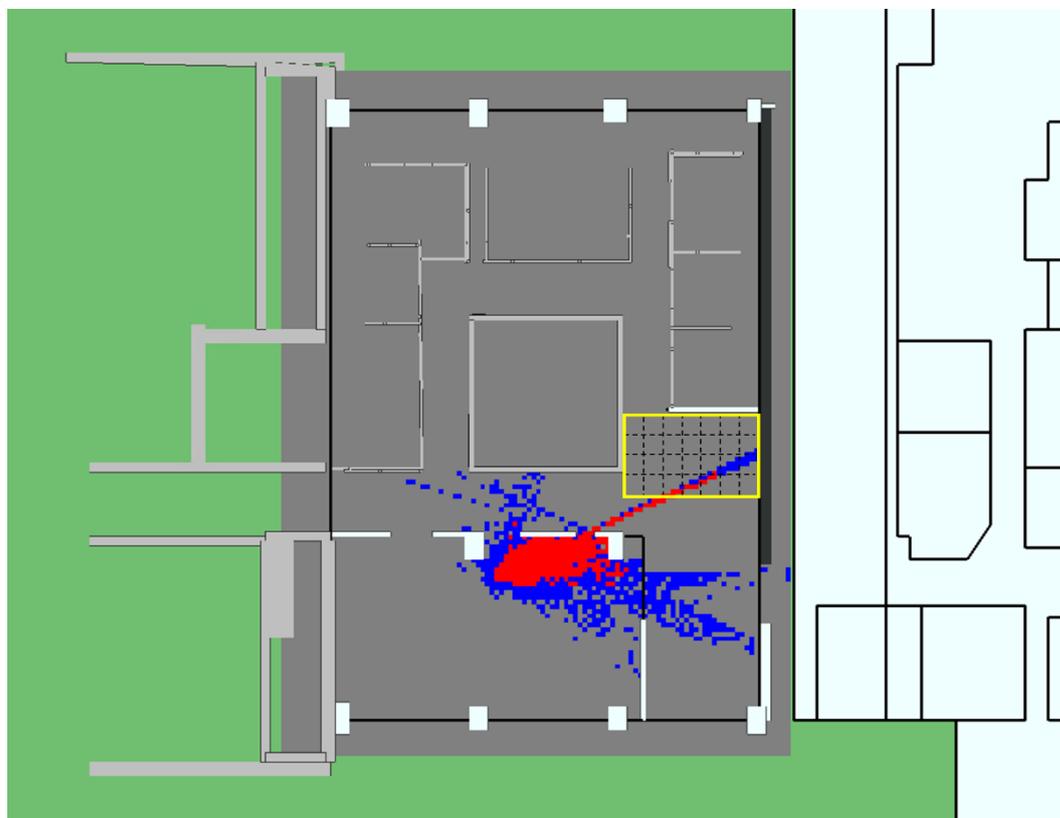


図 3.3.3.2-6 電波反射板単体におけるレイトレースシミュレーション結果 (2D)

3.3.3.3 評価・検証項目

実証環境における電波反射板を用いたローカル5Gの性能評価として、エリア形成の検証と、ユーザへのサービス提供品質の評価を行う。

まず、エリア形成の観点として、事前に設計した電波反射板を用いた電波伝搬シミュレーションもしくは机上検討結果から導出したカバーエリア及び調整対象区域の閾値について、実測した下り受信電力を基に評価・検証を行う。

次に、ユーザへのサービス提供品質の観点として、電波反射板にてエリア形成を行う区域内におけるの伝送スループット、遅延時間のデータについて、表 3.3.1.1-1 にて示している課題実証側での所要性能を達成できているか評価する。

これらの評価・検証を通じて、電波反射板を用いたローカル5Gエリア設計・構築に関する技術的課題を整理するとともに、それら課題の解決方策等についても考察を行うことで、電波反射板の活用による基地局の設置数や設置形態の変更を不要とするエリア構築手法を検討する。

表 3.3.3.3-1 に、評価項目と測定項目との関係を示す。

表 3.3.3.3-1 電波反射板によるエリア構築の柔軟化における評価項目と測定項目との関係

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

3.3.3.4 評価・検証方法

(1) 測定方法

測定については、仕様書で規定されているエリア算出法で作図したカバーエリア及び調整対象区域内における、電波反射板“未設置時”の基地局からの距離が異なる 20 以上の地点での測定（定点での測定）に関して、3.3.1 章、3.3.2 章にて実施している。それに伴い、電波反射板“設置時”における測定に関しても同様の測定を実施する。なお、観測された下り受信電力値が、エリア算出法により導出されるカバーエリア端、調整対象区域端の閾値と異なる場合はそれぞれの閾値が観測される範囲まで測定エリアを広げることとする。

測定項目については、仕様書上で要求されている、受信電力(ss-RSRP 値)、通信品質(ss-SINR)及び伝送性能(UL/DL 別のスループット、伝送遅延)とし、電波反射板“設置時”における受信電力、通信品質及び伝送性能の比較対象としては、電波反射板“未設置時”の各測定地点に置ける値を基準とすることとする。

また、電波反射板を設置する際のエリア設計手法をモデル化するため、3.3.3.2 章実証仮説にて設計した表 3.3.3.2-1 に示す電波反射板において実測を行う。

表 3.3.3.2-1 本実証で対象とする電波反射板特性（再掲）

電波反射板種別	材質	大きさ	入射角/反射角 (※1)	利得 (Gain) (※2)	ビーム幅	リンク バジェット
メタマテリアル	ガラスエポキシ + 銅メッキ	400mm× 400mm	AZ 入射角 20° 反射角 20° EL 入射角 0° 反射角 0°	Gr=59.5dB d1=3(m) d2=6(m)	入射波 HPBW(AZ) 18° 反射波 HPBW(AZ) 4° 入射波 HPBW(EL) 18° 反射波 HPBW(EL) 18°	20dB 以上
金属板	アルミニウム	455mm× 455mm	AZ 入射角 20° 反射角 20° EL 入射角 0° 反射角 0°	Gr=63.3dB d1=3(m) d2=6(m)	NA	20dB 以上

※1 AZ=アジマス(azimuth)：水平面角度 EL=エレベーション(elevation)：垂直面角度

※2 右記条件における利得：d1=基地局～反射板の距離(m) d2=反射板～移動局の距離(m)

(2) 評価・検証方法

電波反射板によるエリア構築の柔軟化については3.3.1章、3.3.2章、3.3.3章で実測した各種データを用いて下記に記載する流れで評価・検証を進めていくこととする。また、過去に実施された類似の調査検討結果との比較を行う事も想定している。

① 電波電波反射板設置時のカバーエリア及び調整対象区域図の作成

電波反射板設置前後での実証環境における電波伝搬特性への影響を確認するため、実証仮説にて実施する、電波伝搬シミュレーションもしくは机上検討により導き出される計算結果に対し、電波法審査基準（平成13（2001）年総務省訓令第67号）が規定するカバーエリア及び調整対象区域の閾値を適用したエリア設計図面を作成する。

② 電波反射板設置後の実測値から推定されるカバーエリア及び調整対象区域図の作成

電波反射板を用いて設計したエリア図と実測値の比較を行う為、実測した電波反射板設置後の各種データを図面上にプロットし、カバーエリア及び、調整対象区域の閾値エリア推定を行う。なお、観測された下り受信電力値が、エリア算出法により導出されるカバーエリア端、調整対象区域端の閾値と異なる場合はそれぞれの閾値が観測される基地局相当の無線局からの距離を確認する。

③ 電波反射板設置後の各種データの比較

電波反射板設置後のエリア設計の妥当性を評価するため、①、②で作図したエリア図の比較を行う。また、カバーエリア及び調整対象区域の閾値が異なる箇所においてはその差分値を取り纏める。

更に、電波反射板を用いたエリア設計手法確立に資する検討として、電波反射板設置前後の実測値についても比較を行い、その差分値を取り纏める。詳細は3.3.3.5章(1)を参照されたい。

④ 通信性能比較

電波反射板を利用した結果、エリア形成が困難と考えられる対象区域のカバーエリア端においてユースケースの所要性能が達成可能かどうか、エリア品質の観点からの評価を行うため各測定地点における反射板設置前後の伝送スループット及び遅延時間の比較を実施する。加えて、課題実証側での所要性能を達成できているかについても評価する。詳細は3.3.3.5章(2)を参考されたい。

3.3.3.5 実証結果及び考察

(1) 電波反射板の設置条件及び諸元

図3.3.3.5-1～2に本実証環境における電波反射板の設置条件及び設置の様子を示す。

電波反射板は基地局と正対させるように、地標高1.5mの高さで配置している。また、電波反射板のチルト角は基地局からのチルト角を加味し、移動局高さで最大利得を受けられるように現地でチューニングしている。

チューニング手法としては以下の通りである。

- 電波反射板未設置時の状態において電波反射板から10m地点（図3.3.3.5-1中の青●）において基地局からの下り受信電力を測定する。

- 電波反射板設置時において、上記測定地点で同様に基地局からの下り受信電力を測定する。
- 電波反射板設置時において、基地局からの下り受信電力が改善されない場合は、電波反射板チルト角を±1度刻みで調整し、最も下り受信電力が強く観測された角度にて電波反射板を設置する。

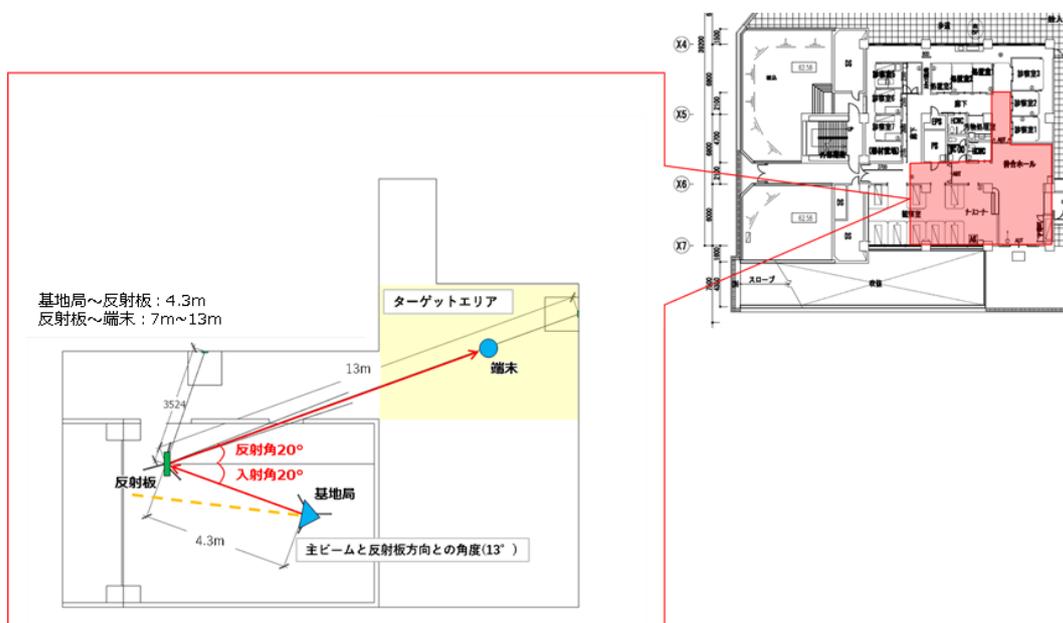


図 3. 3. 3. 5-1 (a) 実証環境における反射板設置条件（水平図）

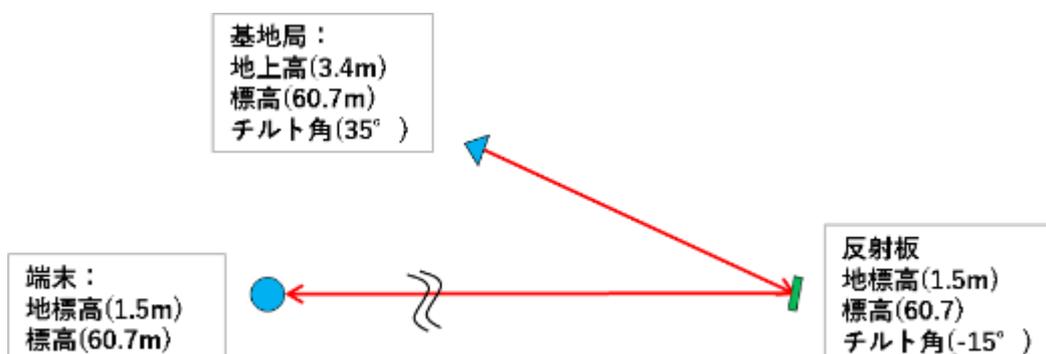


図 3. 3. 3. 5-1 (b) 実証環境における反射板設置条件（垂直図）



図 3. 3. 3. 5-2(a) 実証に用いた電波反射板

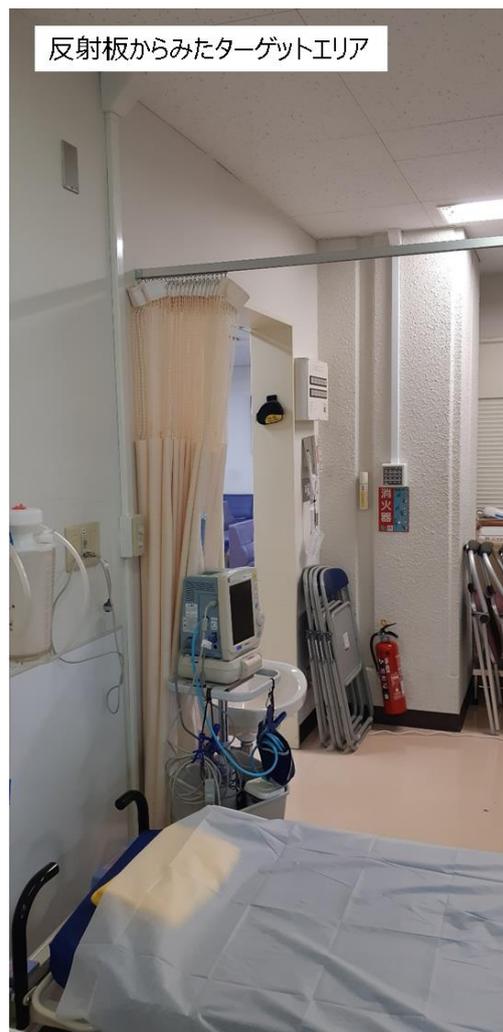


図 3. 3. 3. 5-2 (b) 電波反射板設置の様子

(2) 下り受信電力、受信品質測定結果

実証環境における下り受信電力及び受信品質の測定地点は、3.3.3.4 章にて示しており、屋内における実測結果を図 3.3.3.5-3~4 及び表 3.3.3.5-1 に、屋外における実測結果を図 3.3.3.5-5~6 及び表 3.3.3.5-2 に示す。



図 3.3.3.5-3(a) 電波反射板設置前の SS-RSRP 測定結果 (屋内)



図 3.3.3.5-3(b) メタマテリアル反射板設置後の SS-RSRP 測定結果 (屋内)



図 3.3.3.5-3(c) 金属反射板設置後の SS-RSRP 測定結果 (屋内)

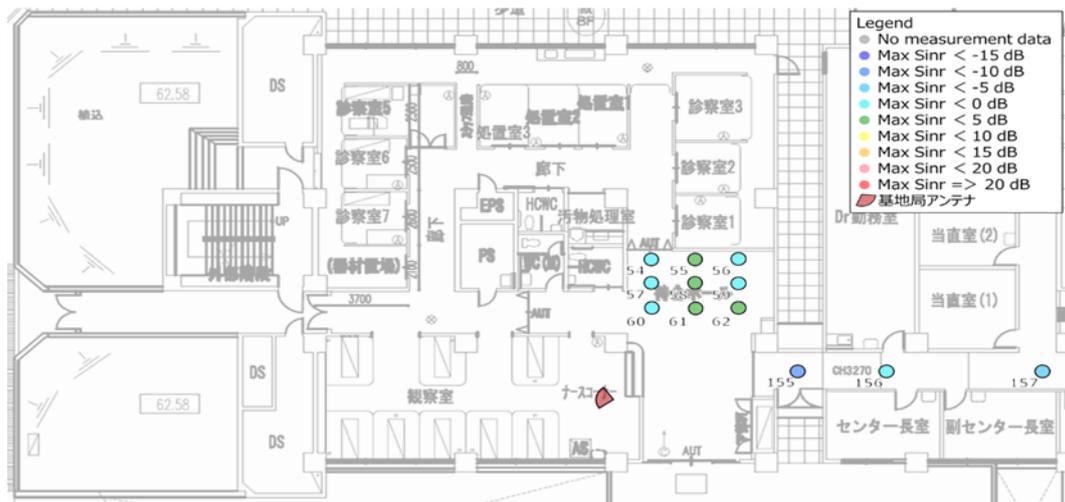


図 3.3.3.5-4(a) 電波反射板設置前の SS-SINR 測定結果 (屋内)



図 3.3.3.5-4(b) メタマテリアル反射板設置後の SS-SINR 測定結果 (屋内)



図 3. 3. 3. 5-4(c) 金属反射板設置後の SS-SINR 測定結果 (屋内)

表 3. 3. 3. 5-1(a) 電波反射板設置前の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋内)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
54	-95.37	-14.30	-0.63
55	-94.58	-13.97	0.03
56	-98.05	-15.95	-3.21
57	-95.17	-14.18	-0.41
58	-93.90	-13.67	0.70
59	-90.95	-15.48	-1.86
60	-95.74	-14.46	-0.99
61	-94.45	-13.87	0.23
62	-92.53	-13.25	1.75
155	-96.40	-14.93	-14.93
156	-99.05	-16.14	-3.55
157	-106.23	-18.50	-6.82

表 3. 3. 3. 5-1(b) メタマテリアル反射板設置後の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋内)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
92	-98.12	-15.37	-2.47
93	-92.56	-13.78	0.68
94	-92.44	-13.84	0.57
95	-90.53	-13.07	2.58

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
96	-88.56	-13.51	1.84
97	-94.68	-14.07	-0.10
99	-93.28	-13.46	1.17
100	-95.93	-14.78	-1.43
101	-88.02	-13.14	3.04
102	-74.39	-16.18	3.58
103	-70.61	-16.73	3.42
104	-65.63	-16.59	3.91
105	-61.30	-16.77	3.62
106	-89.56	-13.42	2.26
107	-100.62	-21.40	-9.08
108	-96.16	-22.51	
110	-95.07	-14.54	-0.96
111	-96.84	-15.89	-3.03
112	-107.50	-18.83	-6.91
113	-81.26	-14.11	3.97

表 3.3.3.5-1(c) 金属反射板設置後の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋内)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
125	-96.62	-15.19	-2.12
126	-90.32	-13.79	0.84
127	-90.89	-13.92	0.62
129	-87.34	-13.22	2.86
130	-90.00	-13.12	2.57
131	-93.49	-13.51	1.09
132	-95.22	-14.81	-1.42
133	-89.33	-13.04	2.74
134	-74.47	-16.44	3.39
135	-71.10	-16.50	3.59
136	-65.32	-16.64	3.78
137	-65.26	-16.60	3.60
138	-95.63	-14.53	-1.04
139	-99.12	-16.54	-4.00

140	-104.56	-18.03	-6.10
145	-72.13	-16.35	3.31
146	-74.49	-15.56	-2.72
148	-83.39	-14.02	3.73
149	-106.14	-21.76	-9.20
150	-105.47	-21.70	-8.94

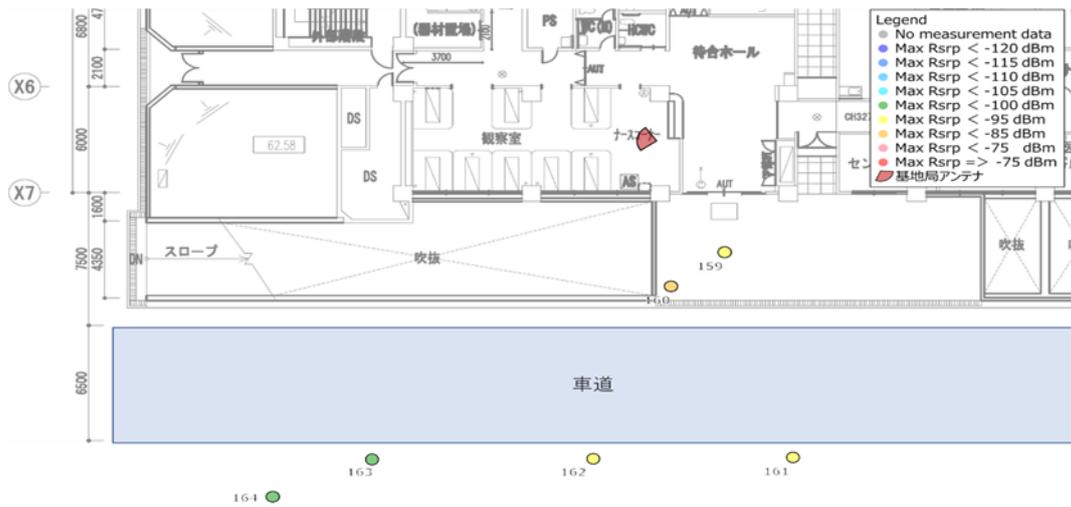


図 3. 3. 3. 5-5(a) 電波反射板設置前の SS-RSRP 測定結果 (屋外)

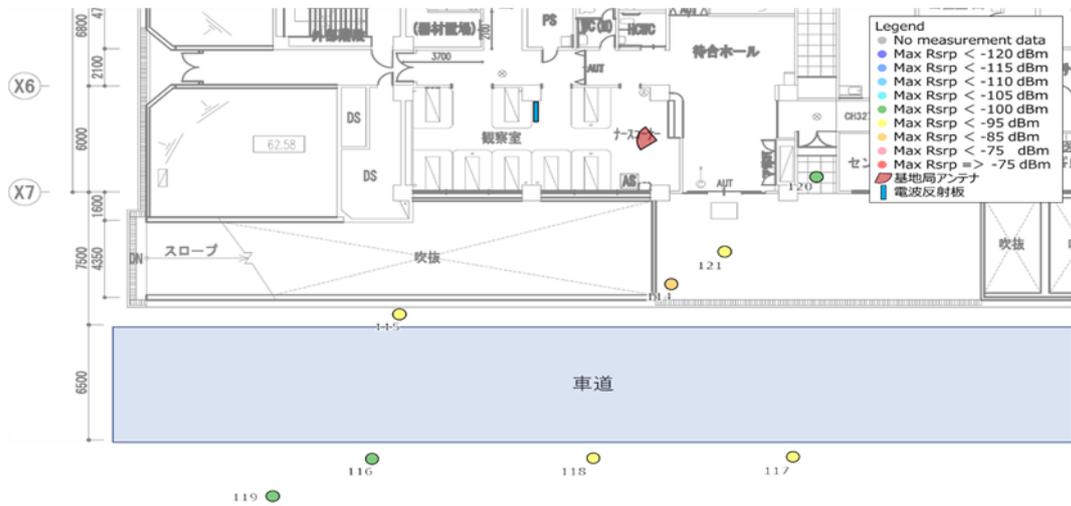


図 3. 3. 3. 5-5(b) メタマテリアル反射板設置後の SS-RSRP 測定結果 (屋外)

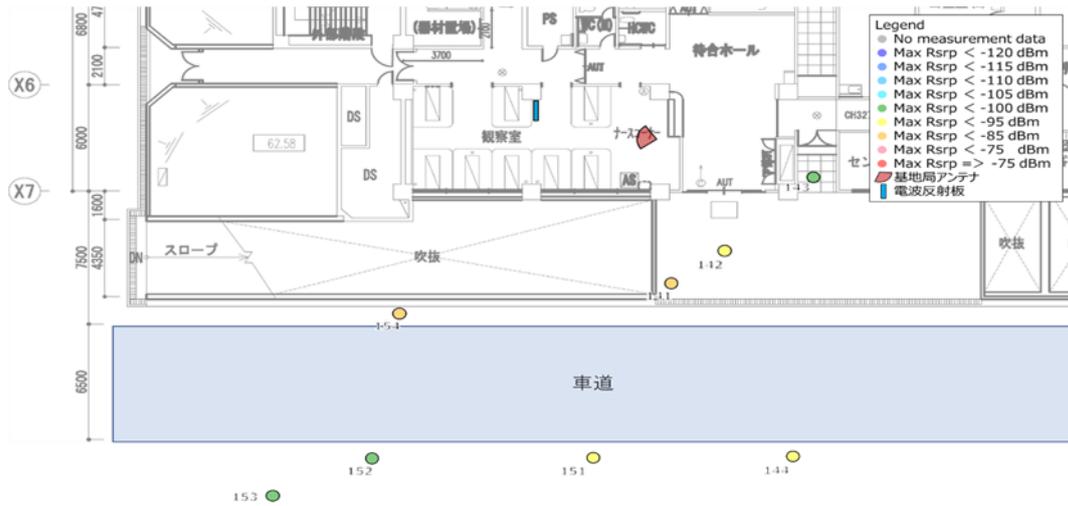


図 3.3.3.5-5(c) 金属反射板設置後の SS-RSRP 測定結果 (屋外)

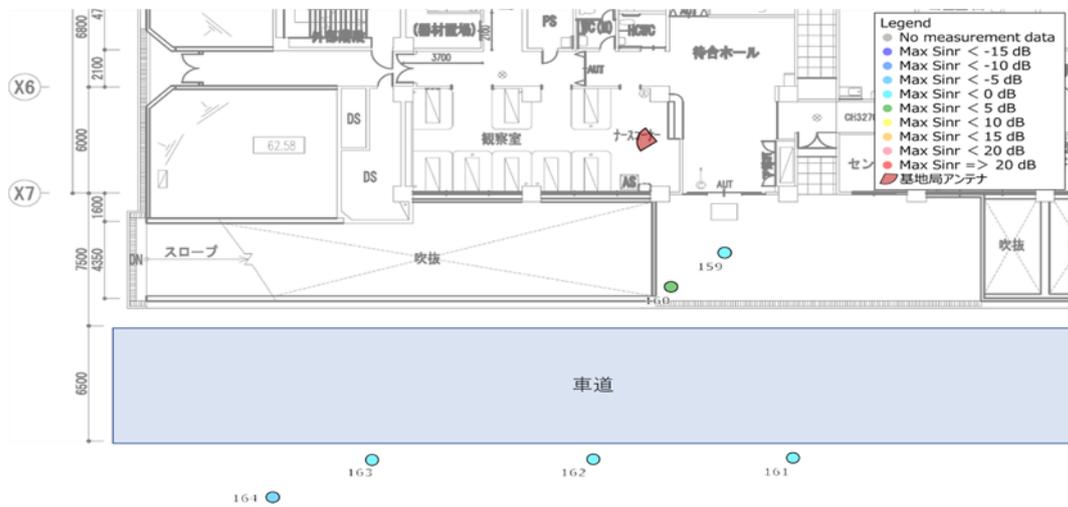


図 3.3.3.5-6(a) 電波反射板設置前の SS-SINR 測定結果 (屋外)

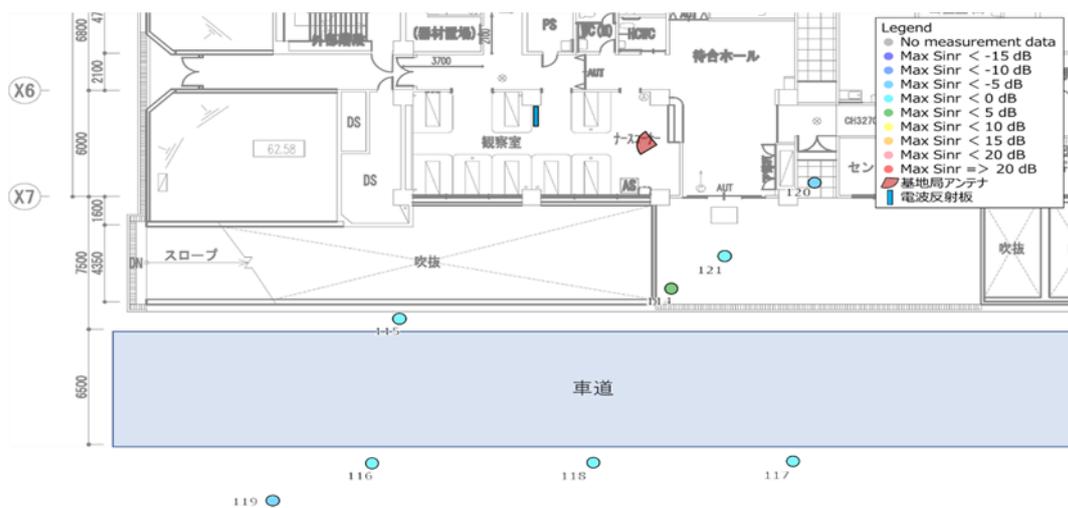


図 3.3.3.5-6(b) メタマテリアル反射板設置後の SS-SINR 測定結果 (屋外)

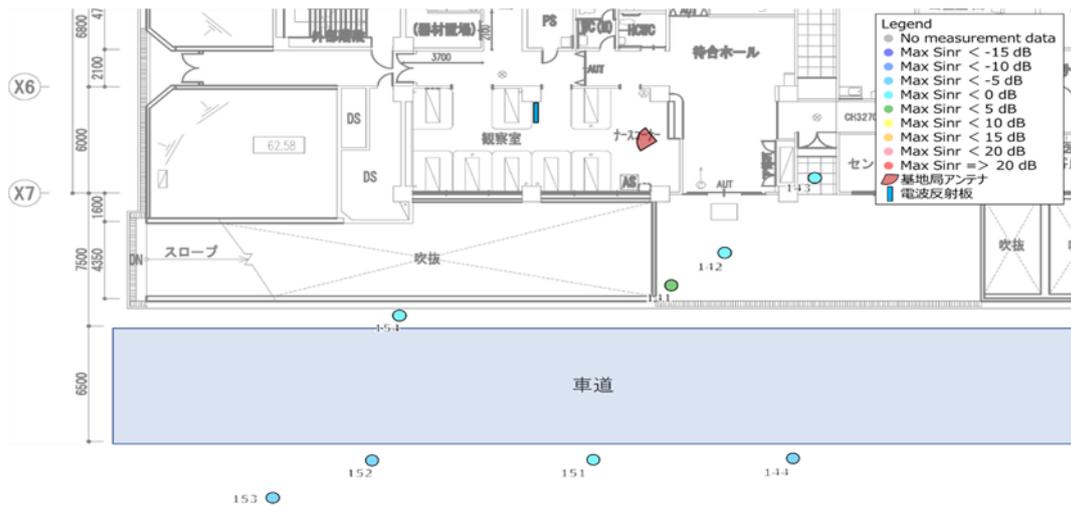


図 3. 3. 3. 5-6(c) 金属反射板設置後の SS-SINR 測定結果 (屋外)

表 3. 3. 3. 5-2 (a) 電波反射板設置前の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋外)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
159	-99.50	-15.46	-4.62
160	-93.21	-13.60	0.94
161	-98.75	-15.61	-2.90
162	-96.97	-15.32	-2.37
163	-101.50	-16.60	-4.41
164	-104.80	-19.87	-7.95

表 3. 3. 3. 5-2 (b) メタマテリアル反射板設置後の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋外)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
114	-94.13	-13.69	0.64
115	-95.31	-14.08	-0.24
116	-101.24	-17.10	-4.92
117	-99.43	-16.52	-4.07
118	-96.25	-14.51	-1.04
119	-103.16	-18.96	-7.06
120	-104.59	-22.43	-9.76
121	-98.98	-16.11	-3.64
114	-94.13	-13.69	0.64
115	-95.31	-14.08	-0.24
116	-101.24	-17.10	-4.92

117	-99.43	-16.52	-4.07
118	-96.25	-14.51	-1.04
119	-103.16	-18.96	-7.06
120	-104.59	-22.43	-9.76
121	-98.98	-16.11	-3.64

表 3. 3. 3. 5-2(c) 金属反射板設置後の SS-RSRP、RSRQ、SINR 測定結果 (屋外)

測定点 ID	SS-RSRP (dBm)	SS-RSRQ (dB)	SS-SINR (dB)
141	-93.78	-13.70	0.75
142	-97.96	-15.99	-3.37
143	-104.24	-23.38	-4.53
144	-99.78	-13.59	-7.47
151	-97.07	-15.23	-2.25
152	-103.38	-17.60	-5.70
153	-104.61	-19.87	-7.84
154	-94.80	-14.09	-0.20

(3) 伝送スループット、RTT 測定結果

実証環境における伝送スループット、RTT の測定地点は、3. 3. 3. 4 章にて示しており、実測結果を図 3. 3. 3. 5-7~9 及び表 3. 3. 3. 5-3 に示す。

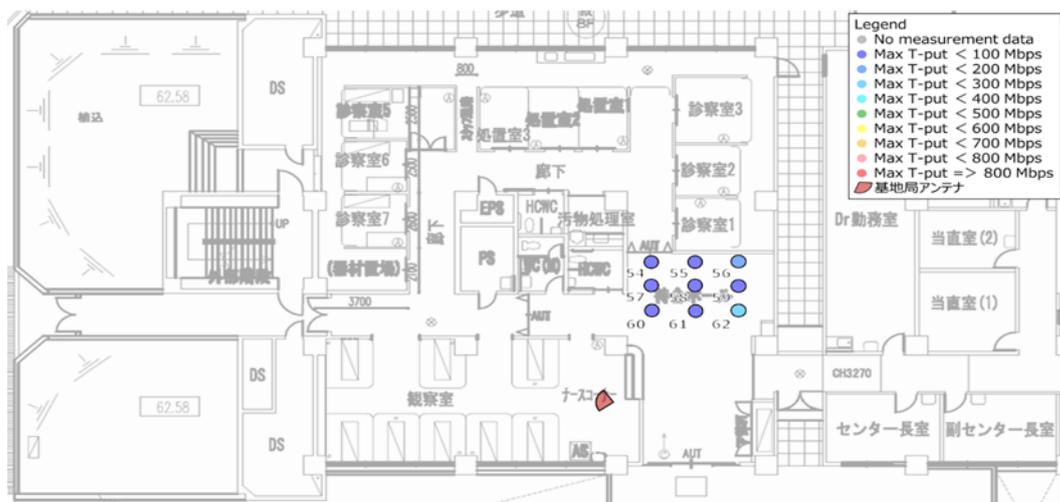


図 3.3.3.5-7(a) 電波反射板設置前の伝送スループット (DL) 測定結果



図 3.3.3.5-7(b) 電波反射板設置前の伝送スループット (UL) 測定結果



図 3.3.3.5-7(c) 電波反射板設置前の伝送スループット RTT 測定結果



図 3. 3. 3. 5-8(a) メタマテリアル反射板設置後の伝送スループット (DL) 測定結果



図 3. 3. 3. 5-8(b) メタマテリアル反射板設置後の伝送スループット (UL) 測定結果



図 3. 3. 3. 5-8(c) メタマテリアル反射板設置後の伝送スループット RTT 測定結



図 3.3.3.5-9(a) 金属反射板設置後の伝送スループット (DL) 測定結果



図 3.3.3.5-9(b) 金属反射板設置後設置後の伝送スループット (UL) 測定結果



図 3.3.3.5-9(c) 金属反射板設置後の伝送スループット RTT 測定結果

表 3. 3. 3. 5-3(a) 電波反射板設置前の伝送スループット、RTT 測定結果

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
54	1. 59	0. 13	153. 33
55	14. 26	0. 50	374. 32
56	101. 07	6. 12	342. 37
57	24. 06	1. 83	348. 03
58	5. 57	0. 45	744. 75
59	96. 85	13. 29	1334. 57
60	22. 72	0. 39	396. 96
61	36. 05	1. 84	1454. 43
62	213. 30	20. 44	1378. 55

表 3. 3. 3. 5-3(b) メタマテリアル反射板設置後の伝送スループット、RTT 測定結果

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
92	147. 00	13. 93	867. 04
93	398. 67	28. 32	1007. 33
94	258. 83	19. 67	722. 53
95			
96			
97			
99	94. 91	13. 74	619. 63
100	102. 46	8. 87	915. 41
101	147. 94	17. 12	621. 87
102	574. 87	45. 58	711. 88
104	790. 26	102. 97	187. 72
105	782. 93	65. 71	490. 16
113	108. 79	14. 10	898. 79

表 3.3.3.5-3(c) 金属反射板設置後の伝送スループット、RTT 測定結果

測定点 ID	DL T-put (Mbps)	UL T-put (Mbps)	RTT (ms)
125	113.10	8.36	3016.81
126	443.82	34.89	961.15
127	224.65	19.71	1436.43
129			
130	322.45	22.10	1687.61
131	96.16	11.92	759.34
132	75.21	6.17	886.88
134	482.10	48.06	502.44
137	799.12	105.04	267.87

(4) 電波反射板を活用したローカル 5 G 性能評価

電波反射板を活用したターゲットエリアにおいて、ローカル 5 G の性能が想定通りに実現できているかを、実測した SS-RSRP、SS-RSRQ、伝送スループット、ラウンドトリップタイムにより評価する。

ローカル 5 G の性能評価は、3.3.3.3 章に示す評価方法に基づきエリア形成の観点と、ユーザへのサービス提供品質の観点から実施した。前者については、電波反射板設置前後における基地局からの受信レベルを用いて、設計通りのエリアが構築できているか否か、できていない場合はどのような原因で想定され、対策としてどのような方策が取りえるのかを考察する。後者については、電波反射板設置前後において、ローカル 5 G ネットワーク上に構築されるアプリケーションやシステムのパフォーマンスに直接的な影響を与えると考えられる伝送スループットとラウンドトリップタイムの実測結果を用いて考察する。

1) 電波反射板設置前後におけるローカル 5 G エリア形成について

電波反射板を活用したローカル 5 G 性能評価の前提となる、実証環境のターゲットエリアを図 3.3.3.5-10 に示す。

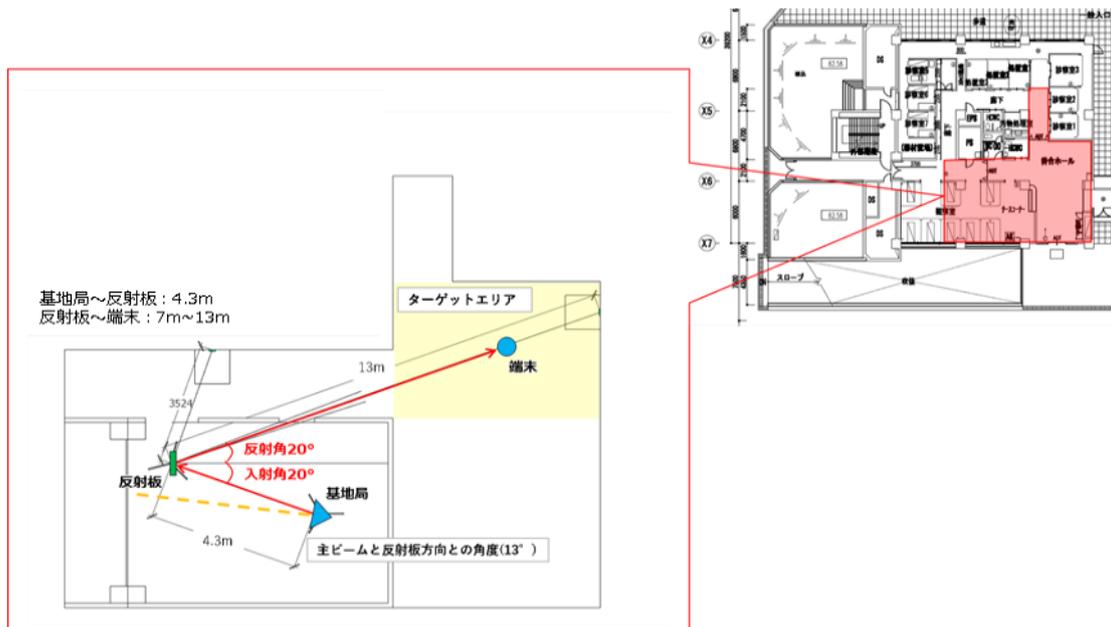


図 3. 3. 3. 5-10 電波反射板設置後のターゲットエリア

ここでは、下り受信レベル（SS-RSRP）の測定結果からエリア形成の観点で電波反射板設置前後における実測値同士の比較と、実測値と 3. 3. 3. 2 章実証仮説で示した仮説に基づくエリア図との比較を行う。

まずは、電波反射板設置前後の実測値での受信電力、受信品質の改善量について比較を行う。図 3. 3. 3. 5-11 に電波反射板設置前後における下り受信電力の比較結果を、図 3. 3. 3. 5-12 に電波反射板設置前後における下り受信品質の比較結果を示す。

なお、図中において各測定データを平均的に評価するため、近似曲線を線形表記で併せて示している。

結果から、下り受信電力においてはメタマテリアル反射板では 2 dB 程度の改善、金属反射板において 5dB 程度の改善値が見られる。これは、今回実証に用いたメタマテリアル反射板よりも金属反射板の方が電波反射効率が高いためと考えられる。一方で、表 3. 3. 3. 2-1 に示す電波反射板の設計値利得（メタマテリアル：59. 2dBi、金属：63. 3dBi）と比較すると図 3. 3. 3. 5-11 に示す電力改善量は設計値に比べて実測値の方がかなり低い値となっている。また、電波反射板前方 1m 地点において電波反射板に対する入射波（電波反射板未設置時における受信電力）と電波反射板からの反射波（電波反射板設置時における受信電力）の差分を利得とした実測値から算出される電波反射板利得はメタマテリアルで 12. 98dBi、金属板で 8. 96dBi となり、こちらも表 3. 3. 3. 2-1 の設計値利得に比べて低い値となる。これらの差分要因としては、電波反射板では基地局からの到来波をいかに電波反射板側で受けられるかによって、反射効率が変化すると考えており、本実証環境においては基地局が天井裏に隠蔽設置されている環境であり、基地局と正確に正対させることが困難である事や、天井裏内での乱反射影響により自由空間で基地局からの入射波を受けることが出来ないため、理論値との差分が発生していると考えている。そのため、電波反射板の設計値と同程度の利得を得るためには、基地局から電波反射板への十分な見通し及び、基地局指向性ビームを出来る限り電波反射板で受けられるような電波反射板設置位置及びサイズの検討に留意が必要で

ある。

下り受信品質においても、本実証環境周辺においては、干渉影響となる他の無線機器は無く、SINRにおける“IN”は、環境雑音またはCP (Cyclic Prefix) 時間を超えて遅延したマルチパスが支配的と考えられるが基地局と各測定地点の距離からもCP時間を超えて遅延波が観測されることは考えにくく、“IN”に影響を与える要因は環境雑音が支配的と想定する。すなわち、電波反射板によるSINRの変動においては遅延波による影響は支配的ではなくCP時間内に観測された反射波が主波と合成され“S”として考慮されることでRSRPと同様にSINRについても改善が見込まれていると考えられる。

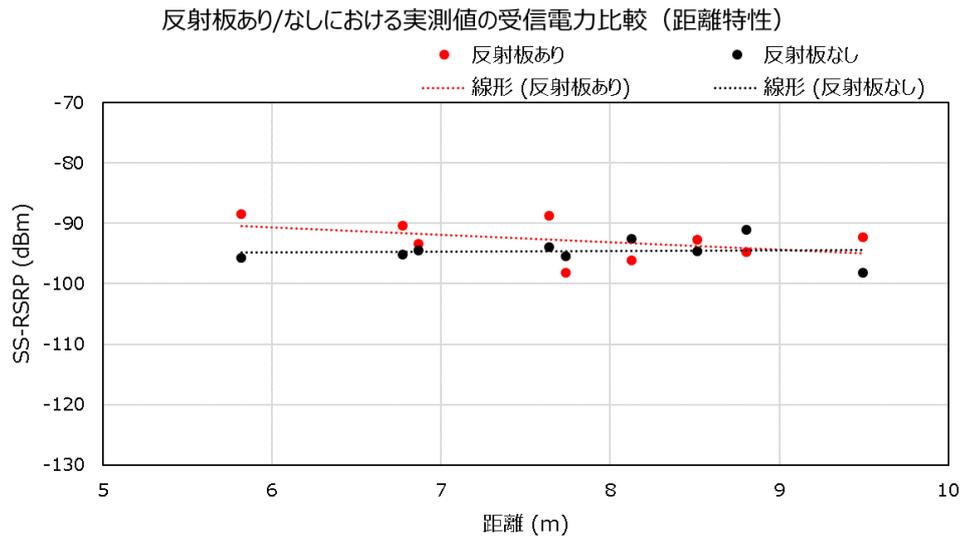


図 3. 3. 3. 5-11 (a) 電波反射板設置前後における下り受信電力 (SS-RSRP) 比較：メタマテリアル

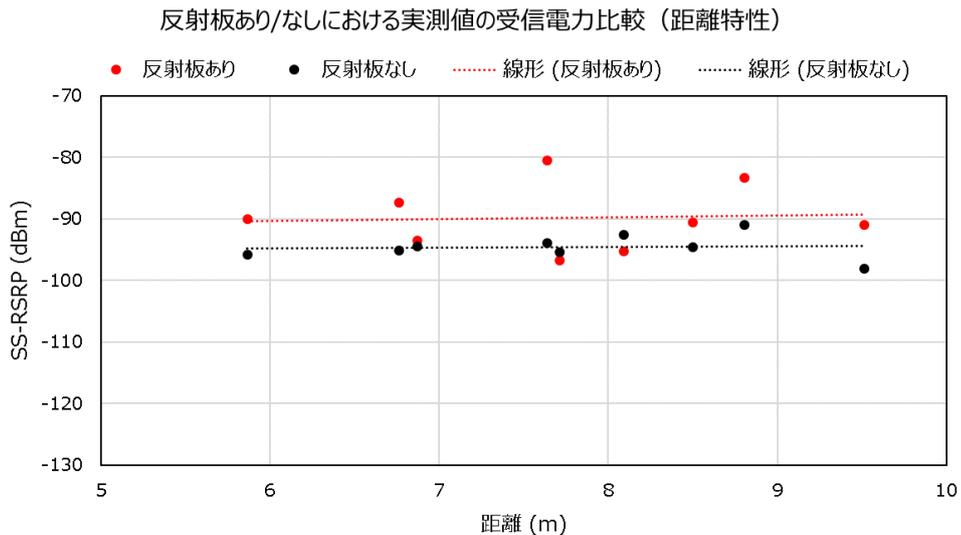


図 3. 3. 3. 5-11 (b) 電波反射板設置前後における下り受信電力 (SS-RSRP) 比較：金属板

反射板あり/なしにおける実測値の通信品質比較（距離特性）

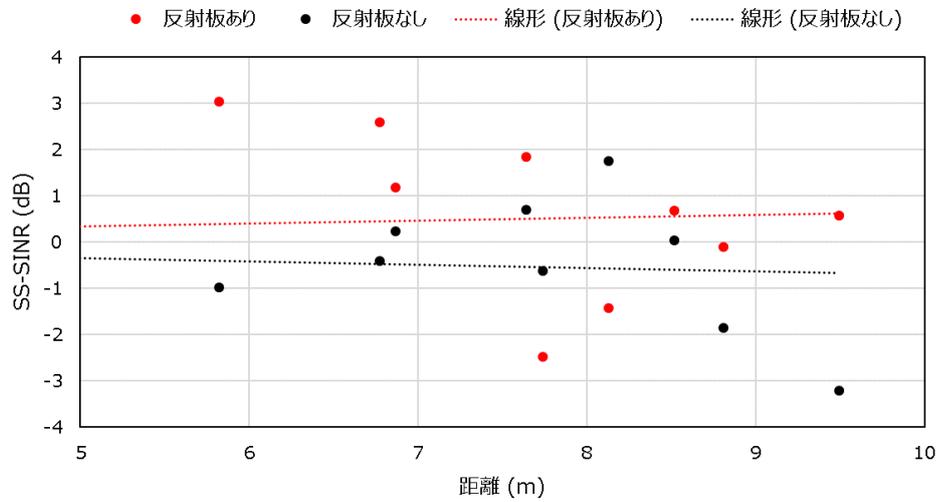


図 3.3.3.5-12(a) 電波反射板設置前後における下り受信品質（SS-SINR）
比較：メタマテリアル

反射板あり/なしにおける実測値の通信品質比較（距離特性）

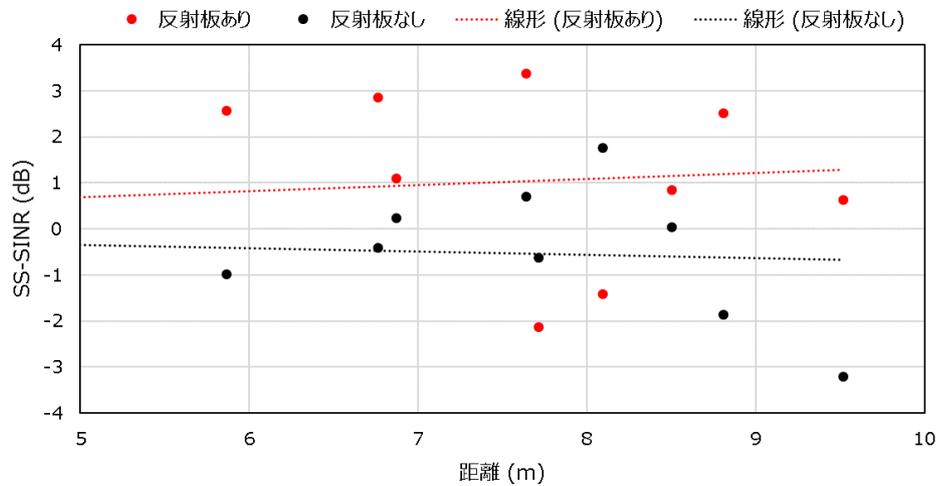


図 3.3.3.5-12(b) 電波反射板設置前後における下り受信品質（SS-SINR）
比較：金属板

表 3.3.3.5-4(a) 実証環境における電波反射板設置前後の下り受信電力 (SS-RSRP)

測定点 ID	下り受信電力 (SS-RSRP) [dBm]		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
54	-95.37	-98.12	-96.62
55	-94.58	-92.56	-90.32
56	-98.05	-92.44	-90.89
57	-95.17	-90.53	-87.34
58	-93.90	-88.56	
59	-90.95	-94.68	
60	-95.74	-88.02	-90.00
61	-94.45	-93.28	-93.49
62	-92.53	-95.93	-95.22

表 3.3.3.5-4(b) 実証環境における電波反射板設置前後の下り受信電力 (SS-SINR)

測定点 ID	下り受信電力 (SS-SINR) [dB]		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
54	-0.63	-2.47	-2.12
55	0.03	0.68	0.84
56	-3.21	0.57	0.62
57	-0.41	2.58	2.86
58	0.70	1.84	
59	-1.86	-0.10	
60	-0.99	3.04	2.57
61	0.23	1.17	1.09
62	1.75	-1.43	-1.42

次に、電波反射板における遮へい効果を確認するため図 3.3.3.5-13 に示す電波反射板裏での測定結果を表 3.3.3.5-5 に示す。なお、測定においては電波反射板後方におけるマルチパス影響を確認するため、測定器のアンテナをオムニアンテナに加えてより指向性の鋭いホーンアンテナを電波反射板の背面に向けるように設置して実測した。

結果から、電波反射板設置時における下り受信電力はオムニアンテナにおいて最大 0.4dB 程度の劣化となる。また、ホーンアンテナを用いた場合、最大 8dB 程度の劣化が見られていることから、電波反射板背面においては屋内環境における周辺環境からの乱反射等によりサイズ 40×40cm と小型な電波反射板では、遮へい効果は限定的であった。

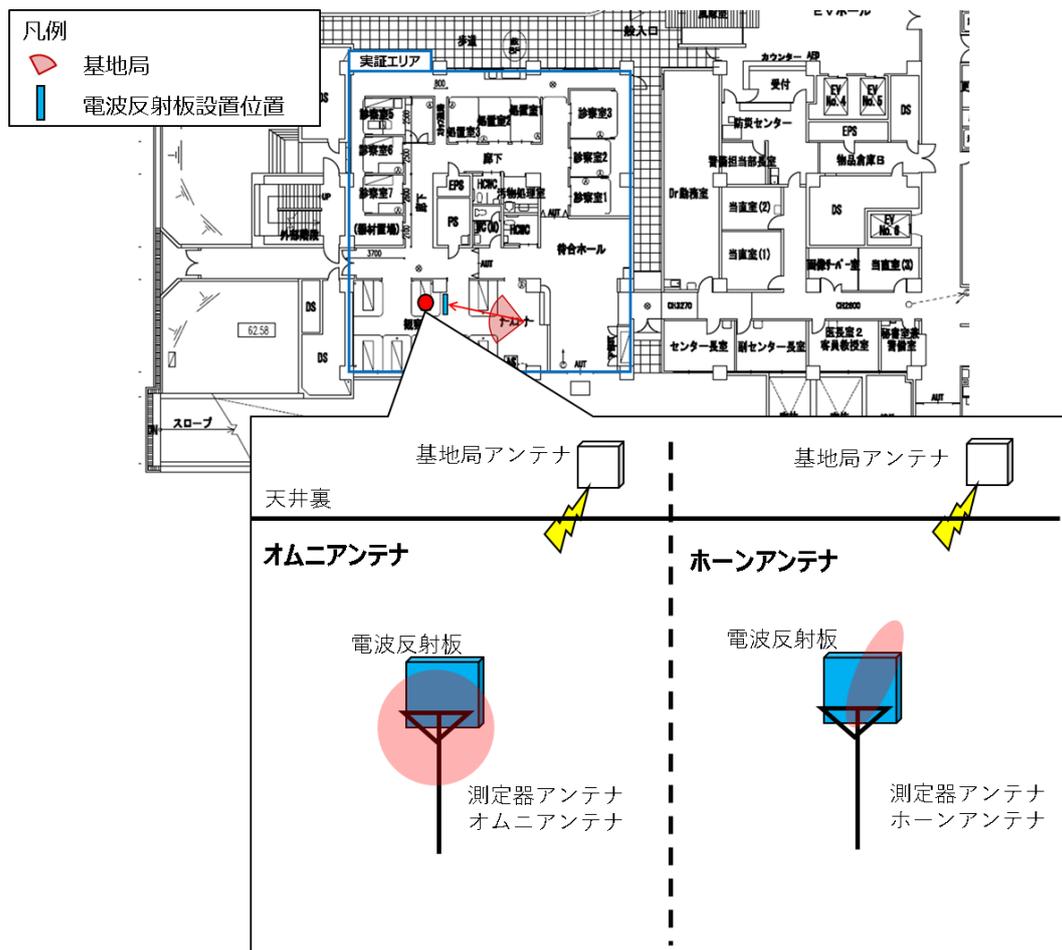


図 3.3.3.5-13 電波反射板後方における測定状況

表 3.3.3.5-5 電波反射板後方における測定結果

測定器アンテナ種別	SS-RSRP [dBm]		
	電波反射板未設置	メタマテリアル電波反射板設置	アルミ電波反射板設置
オムニアンテナ	-76.75	-77.17	-76.82
ホーンアンテナ	-75.81	-81.58	-84.17

次に、電波反射板設置前後の実測値でのエリア形成について評価を行う。図 3.3.3.5-14 に電波反射板設置前後によるエリア形成状況を示す。図中、赤線は 28.2～29.1GHz 帯におけるローカル 5G 審査基準で定められている“カバーエリア端レベル（400MHz 幅の場合：-75.2dBm）”を前提に実測値から評価した想定カバーエリア端である。一方、青線は、同様に審査基準で定められている“調整区域端レベル（100MHz 幅の場合：-84.0dBm）”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。なお、本実証に用いる基地局装置の下り受信レベル（SS-RSRP）の測定帯域は 120kHz であるため、実測値におけるエリア閾値は上述したエリア端閾値を 100MHz から、120kHz へ帯域換算した以下の値を用いている。

カバーエリア端レベル（SS-RSRP 帯域換算）	：-107.4dBm
調整区域端レベル（SS-RSRP 帯域換算）	：-116.2dBm

結果からは、本実証環境においては 3.3.1 章で示した通り、天井裏に基地局が隠蔽設置されている状況かつ内壁及び医療機器等からの反射波の影響で、電波反射板設置前後においても、カバーエリア閾値以上の電力値が観測されている。また、本実証においてはサイズ 40×40cm と小型な電波反射板を用いている都合上、電波反射板後方においては、前述した影響が支配的であり、電波反射板による遮へい効果での図面上左側（電波反射板後方）におけるエリア図の変化は考えにくい。また、ターゲットエリア（図中黄色枠）方向においては、壁面後方において測定不可エリアとなる為、エリア図の変化は顕在化していないが、前述した図 3.3.3.5-11 の結果から、電力改善量は 5dB 程度であり、図 3.3.3.5-14 中に示す壁面 2 層による遮へい効果が支配的であることから、エリア図の差分については軽微であると考えられる。

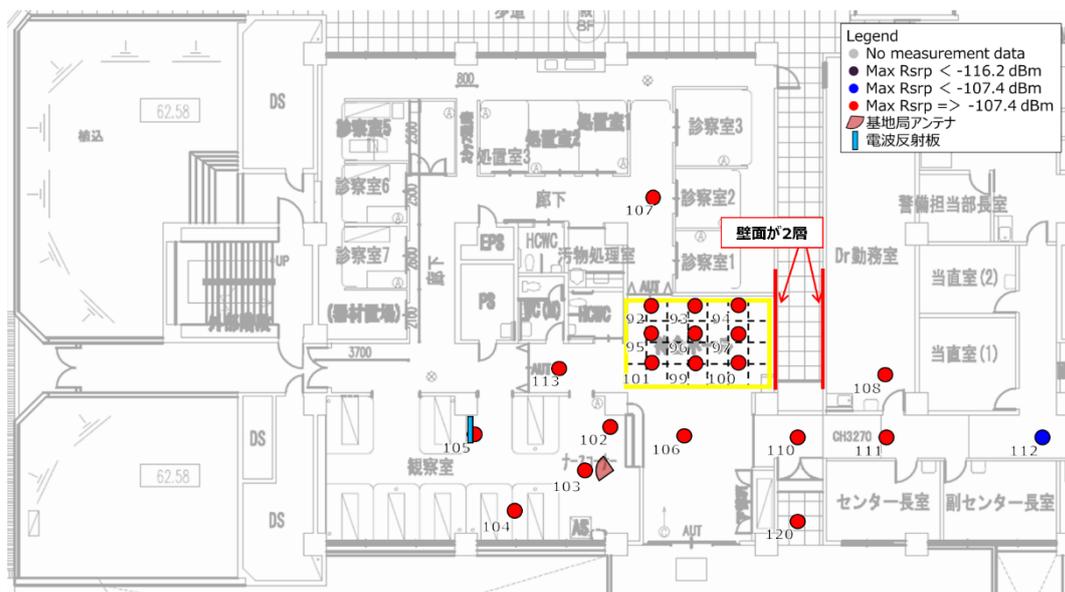


図 3. 3. 3. 5-14(a) 電波反射板設置後における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア比較：メタマテリアル

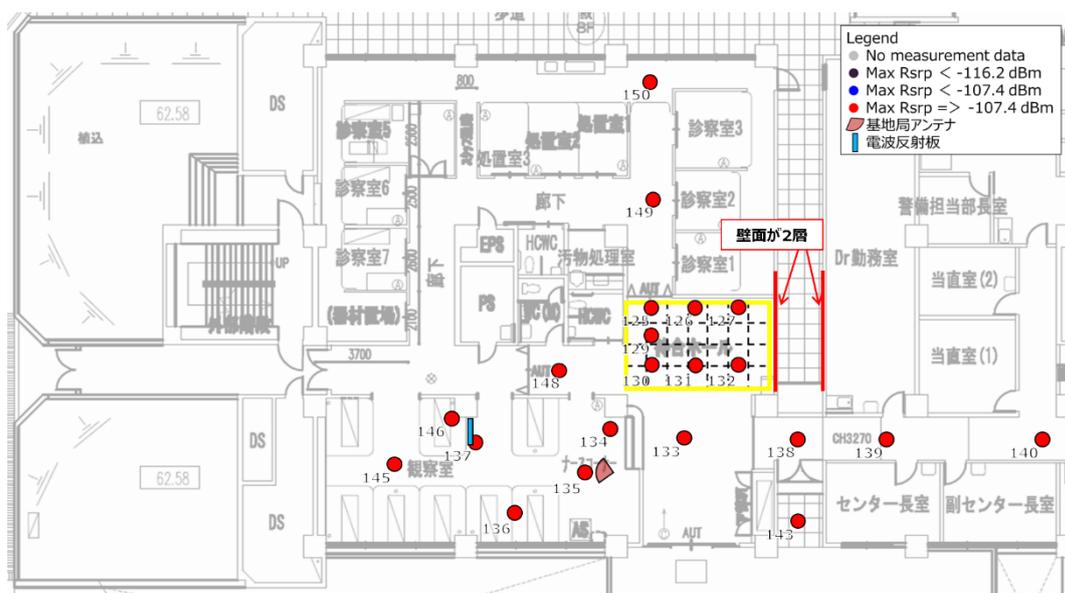


図 3. 3. 3. 5-14(b) 電波反射板設置後における SS-RSRP から評価した想定カバーエリア比較：金属板

最後に、電波反射板設置後の実測値と仮説に基づくエリア図との比較を行う。図 3.3.3.5-15～17 に電波反射板設置後における実測値とエリア図の比較結果を示す。

結果から、エリア算出法に基づくエリア図と比較して実測値におけるカバーエリアは屋内全体に広がっていることが確認できる。しかし、これは電波反射板設置前においても同様の傾向であり、本実証環境においては前述したように、天井裏に基地局が隠蔽設置されている状況かつ内壁及び医療機器等からの反射波の影響で、電波反射板設置前後においても、カバーエリア閾値以上の電力値が観測されているためと考えられる。また、レイトレース法においては、電波反射板からの反射波のみを考慮しているため、本実証環境の様なターゲットエリアにおいて基地局からの直接波も観測される環境においては、推定することが困難であると考えられる。そのため、今後は基地局及び電波反射板を模擬した疑似 RU の双方から放射される電力値を合成したマルチパスによるエリア図において評価が必要であると考えられる。

これらの結果から、電波反射板を用いたエリア図においては、本実証環境の様なマルチパス環境では、基地局からの受信電力値が支配的であり、本実証に用いた電波反射板サイズではエリア図に影響はほぼないと考えられる。そのため、上記環境に電波反射板を設置する場合はターゲットエリア内のエリア閾値の変化ではなく、図 3.3.3.5-11 に示すようなターゲットエリア内における電力改善量で評価することが望ましいと考える。



図 3.3.3.5-15(a) メタマテリアル反射板設置後における仮説エリア図との比較 (屋内)
(エリア算出法)

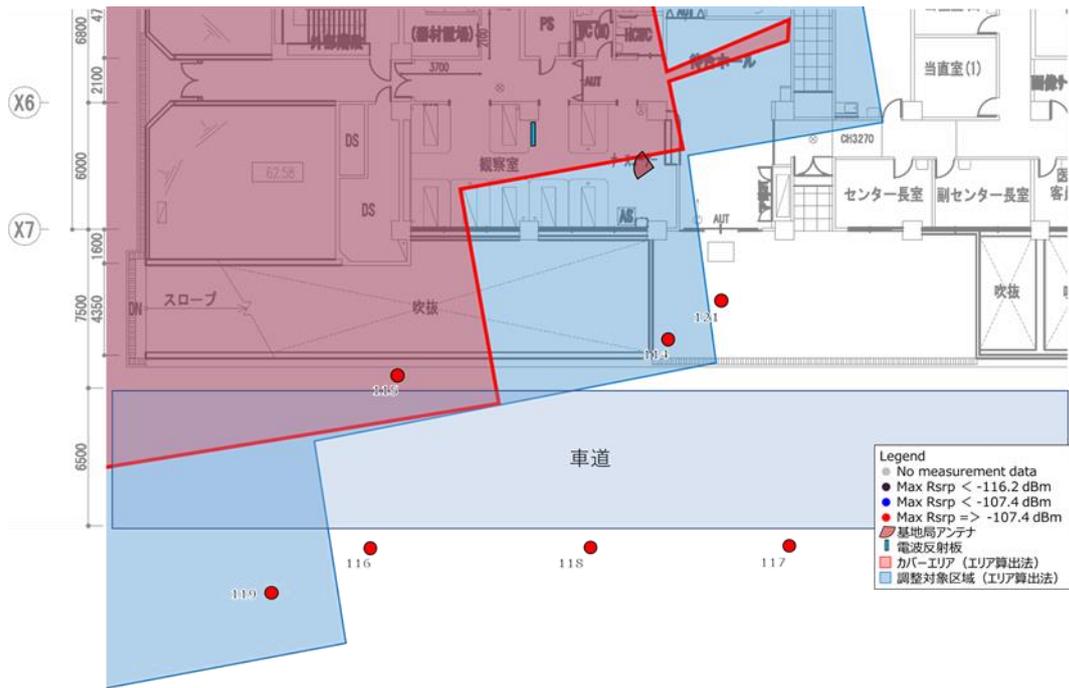


図 3. 3. 3. 5-15 (b) メタマテリアル反射板設置後における仮説エリア図との比較 (屋外)
(エリア算出法)

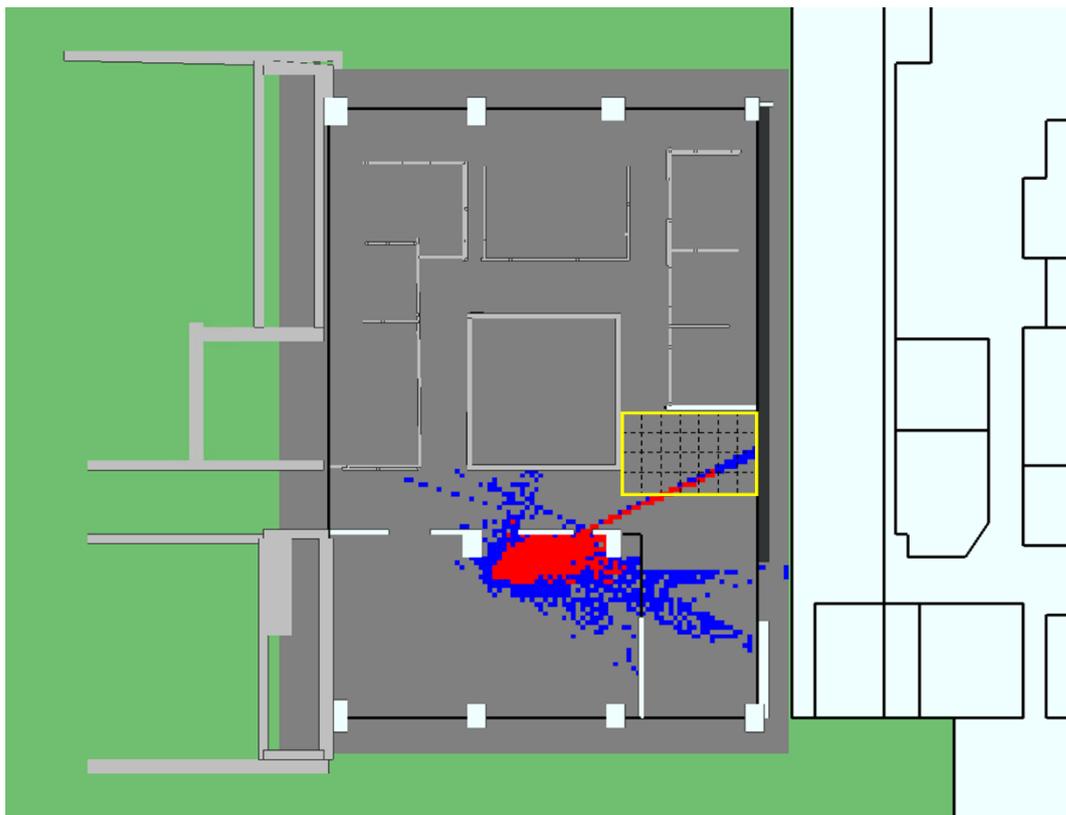


図 3. 3. 3. 5-16 メタマテリアル反射板設置後における仮説エリア図との比較
(レイトレース法)



図 3. 3. 3. 5-17(a) 金属反射板設置後における仮説エリア図との比較（屋内）
（エリア算出法）

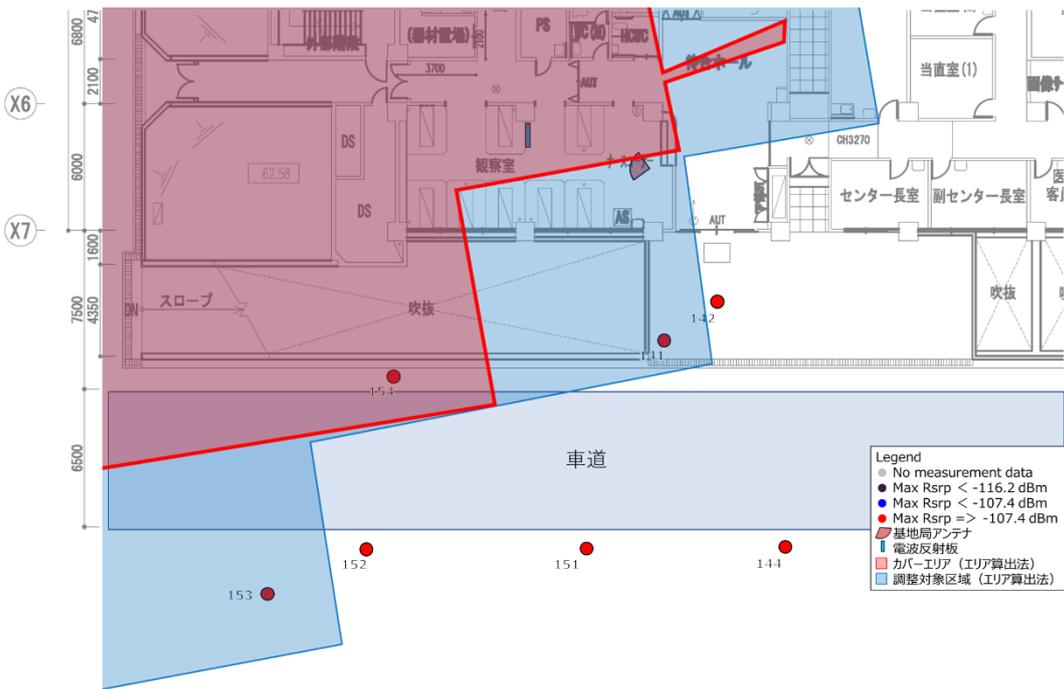


図 3. 3. 3. 5-17(b) 金属反射板設置後における仮説エリア図との比較（屋外）
（エリア算出法）

2) 電波反射板設置前後におけるサービス提供品質について

ここでは、伝送スループット、ラウドトリップタイムの測定結果から、ユーザへのサービス提供品質の観点での評価を行う。

図 3.3.3.5-18～20 は、ターゲットエリア内における伝送スループット、RTT の測定結果を電波反射板設置前後で比較した結果である。

表 3.3.3.5-6 は、電波反射板設置前後における伝送スループット及び、RTT の比較結果を示したものである。

結果からは、以下のことがわかる。

結果から、UL 伝送スループットにおいてはメタマテリアル反射板、金属反射板ともに 17Mbps 程度の改善値が見られる。また、DL 伝送スループットにおいてはメタマテリアル反射板、金属反射板ともに 150Mbps 程度の改善が見られる、これは、電波反射板を基地局近傍に配置していることにより、下り送信電力における反射効率が良いためと考えられる。また、伝送遅延 RTT においては、メタマテリアル反射板において 40ms、金属反射板において 700ms の劣化が見られる。これは、本実証においては商用回線を用いている関係上、試験端末以外のトラフィックによる時間帯的な影響が支配的であると考えられ、背景呼の特定は実証環境以外においても及ぶため今回の実証結果からは定量的な評価は困難である

しかしながら、どちらも電波反射板を用いた場合劣化傾向にあり、電波反射板による伝搬経路長による影響と考えられる。

また、電波反射板においては基地局からの入射波をどれだけ受けられるかにより、その反射効率は上昇すると考えられる。そのため、移動局のアンテナパターンは一般的にはオムニ指向性となる為、電波反射板で上り送信電力を受けることは基地局と比べ、より厳しくなる。

これらの結果から、電波反射板を基地局近傍に配置した際、移動局からのオムニ指向性となる上り送信電力を電波反射板で基地局側に經由することは困難であり、UL 伝送スループットの改善量が DL 伝送スループットの改善量に比べて少ないこととなる。すなわち、本実証の様な UL 伝送スループットが重要となるユースケースにおいては、移動局においても指向性アンテナを用いる、もしくは、より反射面のサイズを大きくした電波反射板を用いることが望ましいと考えられる。

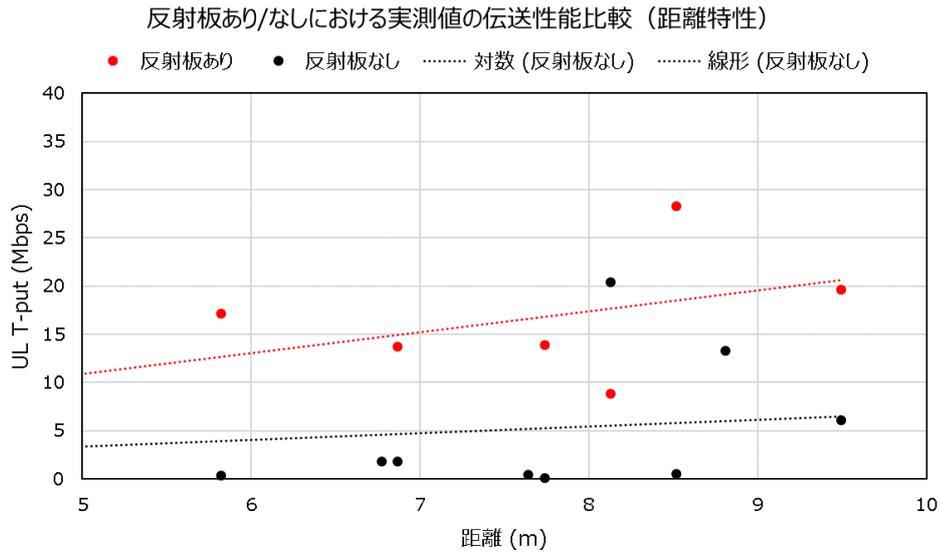


図 3.3.3.5-18(a) 電波反射板設置前後における UL 伝送スループット比較
メタマテリアル

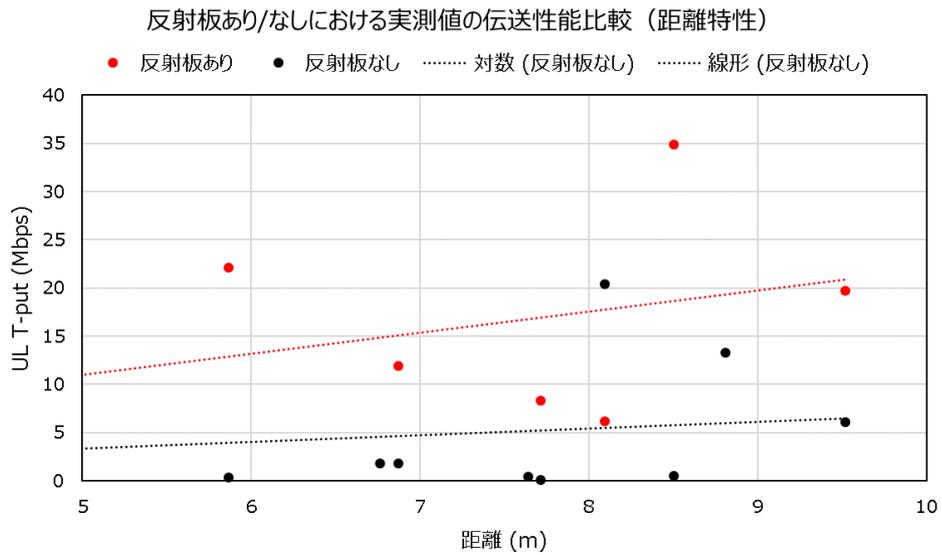


図 3.3.3.5-18(b) 電波反射板設置前後における UL 伝送スループット比較
金属板

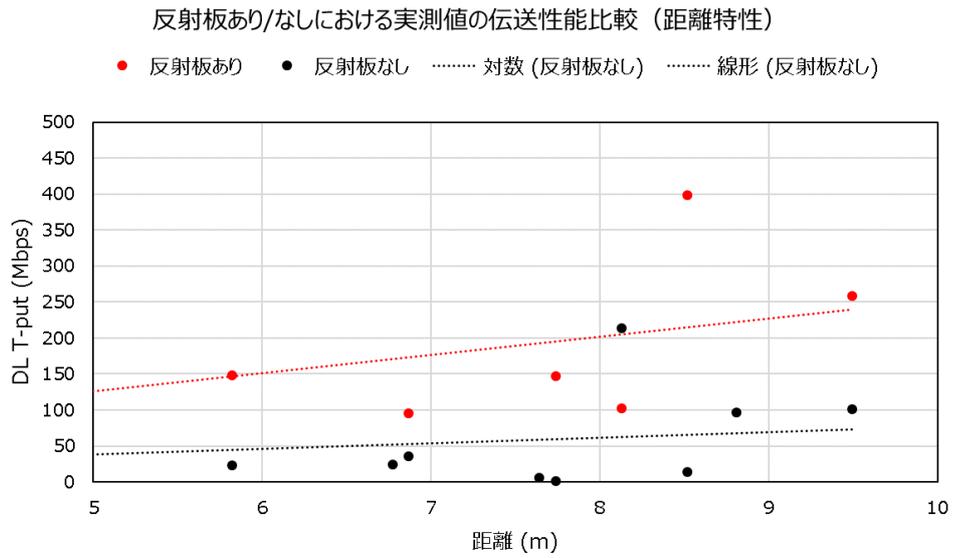


図 3.3.3.5-19(a) 電波反射板設置前後における DL 伝送スループット比較
メタマテリアル

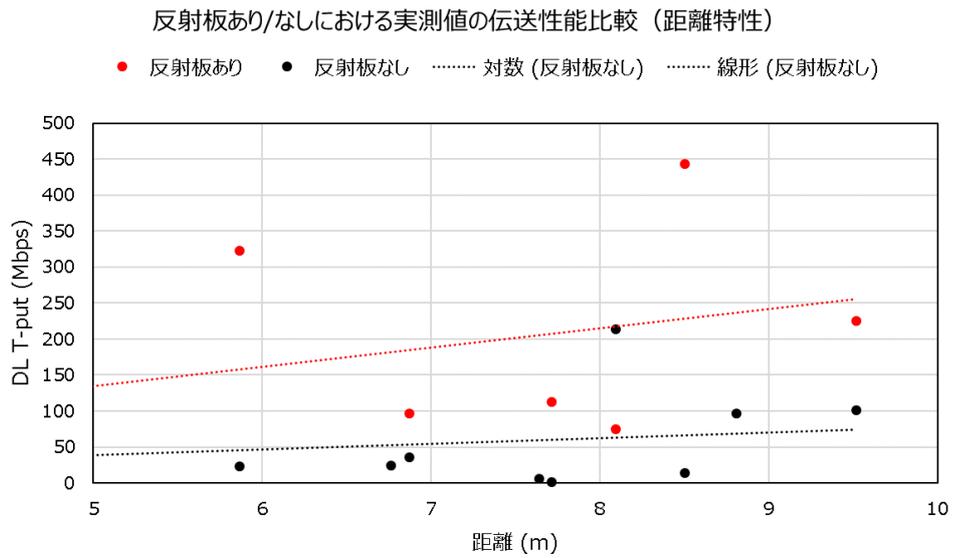


図 3.3.3.5-19(b) 電波反射板設置前後における DL 伝送スループット比較
金属板

反射板あり/なしにおける実測値の伝送性能比較（距離特性）

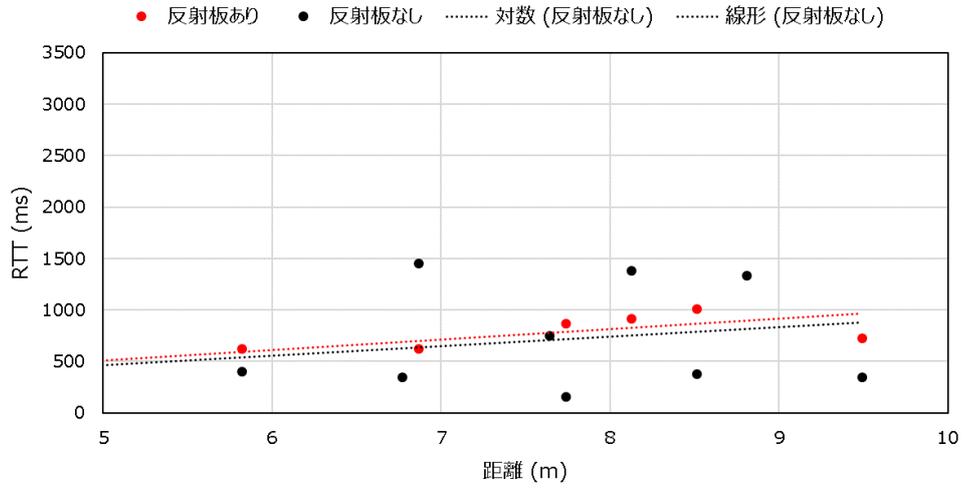


図 3.3.3.5-20 (a) 電波反射板設置前後における RTT 比較
メタマテリアル

反射板あり/なしにおける実測値の伝送性能比較（距離特性）

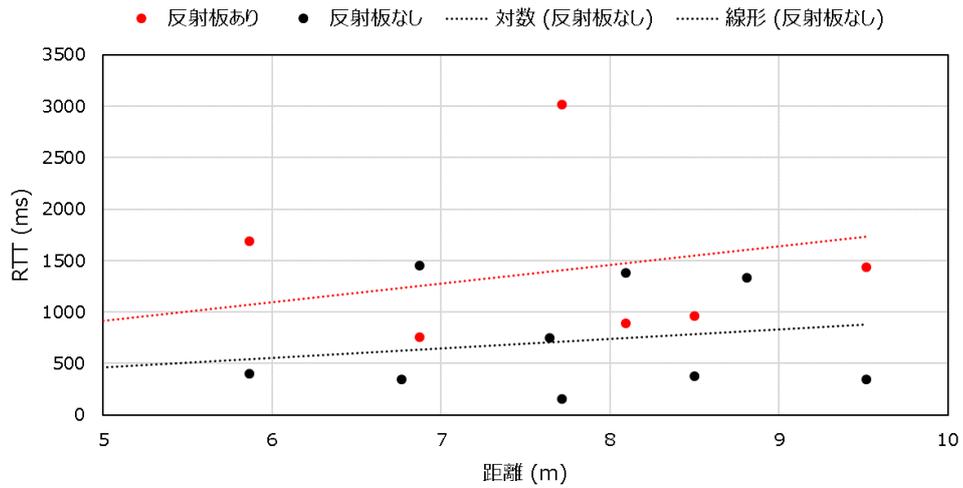


図 3.3.3.5-20 (b) 電波反射板設置前後における RTT 比較
金属板

表 3. 3. 3. 5-6(a) 実証環境における電波反射板設置前後の UL 伝送スループット測定結果

測定点 ID	UL 伝送スループット (Mbps)		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
54	0.13	13.93	8.36
55	0.50	28.32	34.89
56	6.12	19.67	19.71
57	1.83		
58	0.45		
59	13.29		
60	0.39	17.12	22.10
61	1.84	13.74	11.92
62	20.44	8.87	6.17

表 3. 3. 3. 5-6(b) 実証環境における電波反射板設置前後の DL 伝送スループット測定結果

測定点 ID	DL 伝送スループット (Mbps)		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
54	1.59	147.00	113.10
55	14.26	398.67	443.82
56	101.07	258.83	224.65
57	24.06		
58	5.57		
59	96.85		
60	22.72	147.94	322.45
61	36.05	94.91	96.16
62	213.30	102.46	75.21

表 3. 3. 3. 5-6(c) 実証環境における電波反射板設置前後の RTT 測定結果

測定点 ID	RTT (ms)		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
54	153.33	867.04	3016.81
55	374.32	1007.33	961.15
56	342.37	722.53	1436.43
57	348.03		

測定点 ID	RTT (ms)		
	電波反射板設置前	メタマテリアル反射板	金属反射板
58	744.75		
59	1334.57		
60	396.96	621.87	1687.61
61	1454.43	619.63	759.34
62	1378.55	915.41	886.88

(5) まとめ

ここでは 3.3.3.5 章(1)～(4)の実証結果及び考察を基に電波反射板を活用した柔軟なエリア設計について評価を行い、電波反射板活用に適したユースケースの提案を行う。また、電波反射板以外のエリア改善策との経済性比較を行い、電波反射板を活用したエリア構築の優位性について考察を行う。

1) 電波反射板活用に適したユースケースの提案

電波反射板を用いたエリア構築において、下り受信電力、受信品質共に電波反射板設置後において改善が見られた。また、伝送性能に関しては UL 伝送スループットより DL 伝送スループットの改善量が大きい結果となった。なお、伝送遅延については電波反射板を用いた場合、劣化傾向が見られた。

これらの結果から、伝送性能観点では上り性能よりも下り性能の方がその改善量は大きく、DL 伝送スループットの要求が多いユースケースにおいては有効であると考えられる。しかしながら、ローカル 5 G におけるユースケースでは UL 伝送スループットの要求性能が高いものが多いため、その場合は、移動局側を固定局として指向性アンテナを電波反射板方向に向ける等の置局設計が有効であると考えられる。また、移動局の指向性においてもより狭域なものを用いる方が電波反射板での入射波を受けられる効率が良いため、ビーム指向性を絞ったものを用いることが望ましいと考えられる。

また、電波反射板における遮へい効果を利用した特定方向へのエリア抑制については、本実証環境においては、基地局が天井裏に隠蔽設置されている観点から屋内の電波伝搬特性として乱反射環境であり、電波反射板後方への遮へい効果は顕在化していない。加えて、今回実証に用いた電波反射板サイズは 40cm 四方と小型であり、基地局のビーム幅 90 度と電波反射板設置位置を考慮すると全ての入射波を受けられるサイズではなく、後方への電波遮へい効果としては軽微であると考えられる。そのため、特定方向へのエリア抑制を行う場合は基地局との位置関係を考慮して、入射波のビーム幅に応じた電波反射板サイズの設計が望ましいと考えられる。すなわち、特定方向への電波漏洩を電波反射板の遮へい効果で抑制する場合は、基地局より距離が離れていくにつれ電波反射板サイズは大きくなるものと考えられる。しかしながら、電波反射板を基地局遠方に設置する際は、入射波の電力レベルも小さくなりターゲットエリアに対する電力改善量も同等に小さくなるため、どちらに重点を置くかのトレードオフが重要である。なお、エリア改善用の電波反射板は基地局近傍に配置し、エリア抑制用の電波反射板は基地局遠方に配置する等の設計手法も有効であると

考えられる。

2) 他のエリア改善策との経済性比較

表 3.3.3.5-5~6 に電波反射板以外のエリア改善策について設置の容易性及びコストの観点から比較した結果を示す。

まず、設置の容易性観点では電波反射板においては、既に構築されたエリアにおいて、追加でエリア構築を行う場合、光伝送路や電源が敷設できない建物奥のエリアなど(時にホップ運用することで)においては、無給電で動作する電波反射板を用いることでエリア化が容易になると考えられる。また導入リードタイムも短いことから、既存エリアを活用したエリア拡張が容易であるといえる。また、電波反射板においてはその設置位置・角度において本来の性能を発揮するものであり、アルミ製の金属反射板においては反射特性が鏡面反射となることから、設置条件に制約がある(通路となる場所や景観観点から設置角度に制限がある等)環境においては、設置が困難であると考えられる。しかし、メタマテリアル反射板は反射特性を任意に設計できるため、前述した設置条件に制約がある場合は、その対応策としても有効であると考えられる。

次に、設置のコスト観点では、他のエリア改善策と比べ費用は半分程度となる。また、本実証においてはメタマテリアルを対象としていたが、アルミ材質を使用した金属電波反射板においてはそのコストはより安価となり、市販のものでも代用できることから、複数台の設置を行う事が可能である。加えて、ランニング費用も他のエリア改善策と比べてかからないことから、コスト面においても追加のエリア構築において有効であると考えられる。

表 3.3.3.5-7 設置の容易性におけるエリア改善策比較結果

評価項目	電波反射板 メタマテリアル・アルミ	簡易基地局	中継器	アンテナ張出
設置位置 (アクセス容易、面積)	設置面積が少なく、電源、伝送路も不要	設置面積は電源、伝送路設備も必要のため電波反射板より大きくなる(別親局拠点から暫定で光張出局構築する場合と想定)	設置面積は電源設備も必要のため電波反射板より大きくなる(今後制度化)	屋内(ビル内)のためアクセスは容易、面積はビル、工場のフロア面積
電源の必要性	不要	必要	必要	必要
伝送路の必要性	不要	必要	不要	不要
施工の容易性	容易	中程度	中程度	中程度
導入リードタイム	3か月程度	6か月程度	6か月程度	6か月程度
移設の容易性	容易(電源、伝送路が無く簡易)	困難(電源、伝送路含み移設が必要)	困難(電源、伝送路含み移設が必要)	中程度(同軸/光ケーブルの移設が必要)
免許	不要	個別免許	今後制度化	個別免許
備考		パブリック5Gを想定した記載	パブリック5Gを想定した記載	パブリック5Gを想定した記載
総合評価	◎	△	○	△
電波反射板が有効となる条件や使い方	<ul style="list-style-type: none"> ・光伝送路や電源が敷設できない建物奥のエリアなど(時にホップ運用することで)反射板を利用することで設置が容易になる(エリア化が容易になる) ・また導入リードタイムも短いことから、既存エリアを活用したエリア拡張が容易である 			

表 3.3.3.5-8 設置のコストにおけるエリア改善策比較結果

評価項目	電波反射板 メタマテリア ル・アルミ	簡易基地局	中継器	アンテナ張出
設備費用	メタマテリア ル：10～150万 円 アルミ板：数千 円～1万円	100～300万円	100～300万円	50～200万円
設備施工費用(試 験含む)	50～100万円	100～200万円	200～300万円	100～300万円
付帯設備費用 (電源、取付架 台等)	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む
付帯設備施工費 用 (電源、取付架 台等)	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む	設備施工費用に 含む
伝送設備費用 (光、無線)	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む
伝送設備施工費 用 (光、無線)	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む	運用保守費用に 含む
ランニング費用 (電源、光)	不要	50万円程度/年	30万円程度/年	50万円程度/年
備考		パブリック5G を想定した記載	パブリック5G を想定した記載	パブリック5G を想定した記載
総合評価	◎	△	○	△

3.3.4 準同期 TDD の追加パターンの開発

該当なし。

3.3.4.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

該当なし。

(2) 実証目標

該当なし。

3.3.4.2 実証仮説

該当なし。

3.3.4.3 評価・検証項目

該当なし。

3.3.4.4 評価・検証方法

該当なし。

3.3.4.5 実証結果及び考察

該当なし。

3.3.5 その他のテーマ

該当なし。

3.3.5.1 実証の目的・目標

(1) 背景となる技術的課題と実証目的

該当なし。

(2) 実証目標

該当なし。

3.3.5.2 実証仮説

該当なし。

3.3.5.3 評価・検証項目

該当なし。

3.3.5.4 評価・検証方法

該当なし。

3.3.5.5 実証結果及び考察

該当なし。

3.3.6 技術実証における追加提案

該当なし。

3.3.6.1 協力内容

該当なし。

3.3.6.2 評価・検証項目

該当なし。

3.3.6.3 評価・検証方法

該当なし。

3.3.6.4 実証結果及び考察

該当なし。

4. ローカル 5 G 活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証）

4.1 実証概要

大学病院におけるローカル 5 G をインフラとした救急診療の効率化と高度化による新型コロナウイルス肺炎診療を含む救急・災害医療体制の強化、遠隔医療、並びに医療スタッフの働き方改革の実践について検討を行ってきた。

4.1.1 新技術導入の背景について

これまでに発生した災害（自然・人為）だけでなく、通常の救急患者も含め、医療スタッフの強い使命感に基づいたいわば人海戦術で対応を行ってきた。

周辺人口の増加に伴い、病院を取り巻く環境は変化を続けており、令和 6（2024）年 4 月に適用を迎える医師の時間外労働規制などを踏まえ、抜本的な対応が不可欠である。

これまで救急搬送から院内での処置といった一連の流れは、口頭伝達によるものがほとんどで、映像等の情報を集約し、連絡調整を行うシステムがなく、決して効率的とは言えない状況であった。

令和 5（2023）年 1 月には新棟が竣工予定であるため、スマートホスピタルとしての取り組みを進める必要性を強く感じており、とりわけ PHS などに代表される口頭伝達から画像共有への切り替えが進めば、あらゆる面で効率化が図れる可能性がある。

また、聖マリは、ドコモが令和 2（2020）年 10 月より、遠隔医療支援のための 5 G を活用した高精細映像伝送システム（LiveU）を無償で貸し出すプログラムに参画し、救急医療・救急画像診断への活用を行っており、救急医療現場スタッフからの新技術導入への評価は高い。

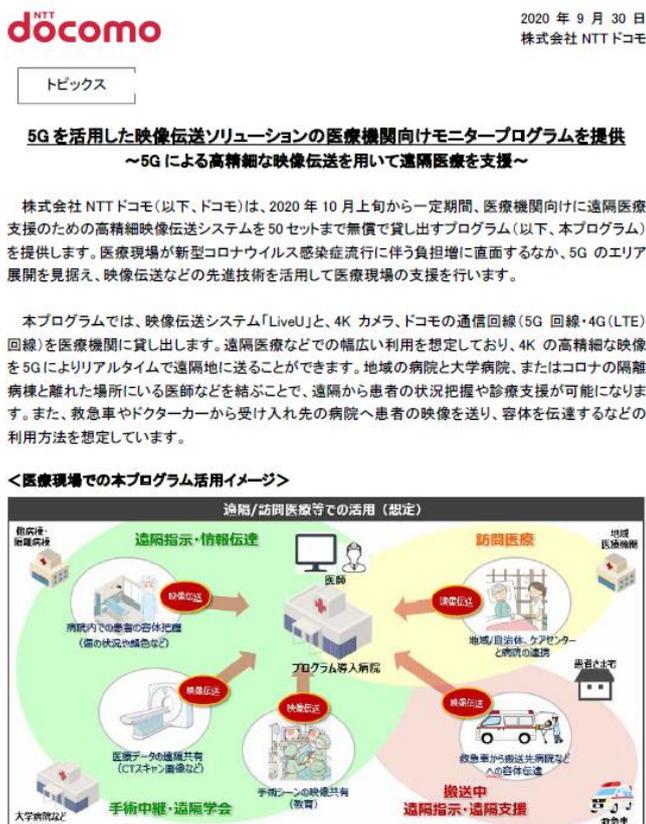


図 4.1.1-1 5 G を活用した映像伝達ソリューション（ドコモプレスリリース）

4.2 背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

次の1)～5)を主なテーマとして、ローカル5G環境での視覚情報共有、AI、大容量データ転送を検証する。ここで得た知見は、その縮小版、応用版も含め、広く医療現場に活用できることが期待される。本実証実験中に抽出された課題をもとに実装モデルを考案し、関連施設や実臨床の現場での実装に向けた検証も行う予定で、今回はこれに向けた課題抽出とその解決策の考案を目標と設定した。

考案された実装モデルの検証を、聖マリにて令和4(2022)年度に実施、ここでの検証を経て、その改良型を、令和5(2023)年度に完成する聖マリ(1000床以上規模)の新しい救命センターへの実装を目指すとともに、令和5(2023)年度以降には、導入を希望する他の部署などへの横展開を目指す。こうした背景を踏まえ、パッケージを考案した。

先に述べたように、本実証の目標は、1)～5)の5つのシステムによるローカル5G環境での視覚情報共有、AI、大容量データ転送による診療現場でのオペレーション改善のための実装モデル考案に向けた課題抽出と改善策の考案である。各システムの機能面では、4Kカメラ等の映像を安定的に伝送するため必要な速度として、1台あたり15Mbps以上での通信を基準として設定した。

また、これまでのドコモと聖マリにおける取組では、UL/DLが1対1の高精細映像伝送による病院の課題解決となっていた。今実証においては、災害等多数傷病社発生や日々の様々な同時多数発生する患者対応等に対応するため、多対多の高精細映像伝送を含むコミュニケーションシステムを構築し、場所によらずリアルタイムな視覚情報共有による、柔軟なコミュニケーションが可能な体制構築を目指した検証を行った。同時に多数の映像伝送が必要となることから、今回は、4Kカメラ等、最大13台の同時機器接続を想定して、最大195Mbps(13台×15Mbps)での通信の実現を目指した。

- 1) 簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有
- 2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有
- 3) 既存システムに依存しない遠隔CT画像共有
- 4) 大容量X線動画データ転送
- 5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定

以下に本課題実証に関する 이슈ーツリーを示す。

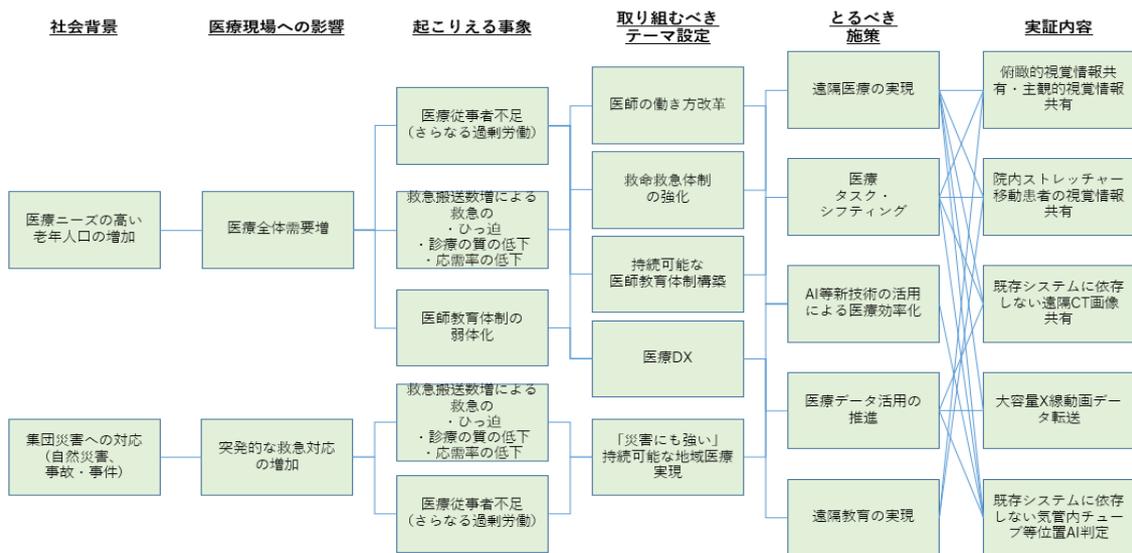


図 4.2-1：本課題実証に関する 이슈ーツリー

4.2.1 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

現状・課題

多発外傷などの重症患者受入れ時、災害などによる多数傷病者発生時には、各診療科の医師や看護師、その他の協力部門スタッフが、病状把握、治療方針決定のために救急外来へ招集される。しかし、患者の周りを複数のスタッフが取り囲んで処置することで、招集される多くの医師や看護師はすぐには患者を診ることができない。このため、招集された各科専門家の判断（例えば、専門的観点での治療の必要性：自分がそもそも必要とされるべき症例か否かの判断や、手術の必要性の判断）を行うにあたり待ち時間が発生している（しばらく現場を離れられないまま立って様子を見ている）。



図 4.2.1-1：救急外来における重症患者の診療風景。

多くのスタッフが患者の周りで処置に当たっている (a)。点滴ルートの確保や採血といった処置が優先されるため、参集した専門各科の医師がすぐに患者を診ることは難しく、専門家視点での患者の状態把握や治療方針決定のためには現場で患者の周りに立って待つ必要がある (b)。また、参集した医師が若手である場合、その場にいない上級医には、PHS で情報を伝える必要がある。患者の傍で処置を行う医師を支援するためには患者の傍らに一緒に立つ必要があるが、実際にはスペースは限られており、背後やすき間から覗き込んで支援する必要がある場面は多い。さらにコロナ禍においては、患者の傍らで診察に関わるスタッフの数を制限しており (c)、他の多くのスタッフは、部屋の外から声がけをして情報交換をしている。

4.2.2 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

現状・課題

救急患者は各診療科医局での横断的な治療、ICU 等からの移動が必要な症例が多く、ストレッチャーや車いすでの院内移動が多く発生する。院内移動の際、容態の急変に備えて、医師、看護師、スタッフがそれぞれ複数名付いているが、実際に患者が急変することは少なく、医師、看護師、スタッフの稼働を圧迫する一因となっている。また、重症患者においては、移動直前であっても状態の不安定化や追加処置が発生することはあり得、しばしば出発までに時間を要すことも多いが、移動先では現在の患者の状況を共有できないため、看護師をはじめとするスタッフはただ待つしかなく、検査室も使用できないまま空けておくこととなり、他の患者の処置を含めた全体のスケジュールの遅れや、スタッフ・検査室の無駄な待機を発生させている。

4.2.3 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有

現状・課題

救急外来に搬送され、CT 撮影が行われる患者では、容態に応じて、例えば新型コロナウイルス肺炎の有無や外傷性変化の判定などをすぐに判定しなければならない場面がある。現状は、撮影終了後に検査装置で計算し精製された画像を専用の画像読影システムに転送しているが、この過程に 15 分程度から時には 30 分以上かかることもある。

一方、検査室では精製前の画像データを確認することはでき、ここで判定できれば、より早く治療方針を立てることができる。しかし、実際に症例が来るたびに画像診断の専門医レベルの医師を検査室へ派遣することは極めて非効率的であり、現状難しい（画像診断専門医の数は欧米諸国と比較しても極端に少ないのが日本の現状であり、その数は米国の 1/4 であるのに対し、CT の保有台数は対人口比で世界一であり、放射線科医 1 人当たりの読影件数は世界一、この 15 年間で CT 検査数は 5 倍に伸びている：JCR 日本放射線科専門医会・医会ホームページ資料）。

検査室からの画像情報を視覚情報として捉え、撮影スタッフと画像読影室の画像診断医とで共有することで、医師の移動なく、短時間での画像評価が可能となる。また、より多くの人数で同時に画像を見ることも可能で、判断の精度も高まる。緊急の画像閲覧システムは、通常画像配信を行っている使用しているシステムを使うのであれば、別に専用の画像配信、閲覧システムを構築・導入しなければならず、メンテナンスも含め多大なコストを要する。こうしたシステムを介さない視覚情報共有としての簡便迅速遠隔画像コンサルテーションシステムは、ベンダフリーでもあり、既存のシステムと独立して安価に導入できる。

4.2.4 大容量 X 線動画データ転送

現状・課題

呼吸している状態を動画で撮影ができる X 線撮影装置は、大容量で高精細な映像情報を提供可能であり、新型コロナウイルス感染症患者など重症な呼吸器疾患を有する患者の容態をより正確に評価することを可能とする。

撮影から画像診断までのオペレーションとしては ICU で X 線動画を撮影し、ICU 外にある画像生成サーバ専用端末まで赴きデータ転送作業を実施することで、はじめて画像診断が可能となる。そのため、ICU 患者をまとめて撮影する際、1 患者撮影ごとに ICU から離れた場所にある画像生成サーバ専用端末に向かい作業を行うことは現実的ではない。よって、現状最も効率的なオペレーションは撮影自体をまとめて行い、すべての患者の撮影終了後に画像生成サーバ専用端末まで行きデータ転送、画像診断を行うことであるため、現在は撮影から画像診断まで 1 時間以上評価できない状況である。

4.2.5 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

現状・課題

救急外来、救急病棟問わず、重症患者では呼吸維持のため、そして全身状態維持のため様々な生命維持のための器具が装着されている。最も高頻度に装着されるものが、気管内チューブと中心静脈カテーテル、胃管である。これらの管類は時に患者の動きや検査等によるベッド移動、様々な看護的処置により動いたり抜けてしまうが、それらが適正な位置にあることを確認できるのは X 線画像が撮影されたときだけである。しかし、X 線画像はほとんどの場合、肺や心臓の様子を観察するなどの別の目的で撮影されており、全身管理のために様々な情報を評価する医師にとって、都度、器具の位置を確認することは難しい。一方、これらの器具の位置異常が見過ごされれば、重大な結果をもたらすことになり、なんらかの監視システムが必要である。X 線画像に写る器具類の位置を判定する AI エンジンがあれば、医療安全性の向上に大きく寄与し、担当医、看護師の精神的負担を軽減すると思われるが、こうした AI エンジンは撮影装置や画像閲覧システムと連動して機能するものが多く、利用するためには、特定のメーカーで統一した撮影システム一式で導入するか、既存の画像配信システムに新たな機能として追加導入しなければならないものが多く、コストがかかり導入を妨げる要素となっている。

4.3 実証環境

聖マリの夜間急患センターに、図 4.3-1 に示すように、4.5GHz～4.6GHz (以下、「4.5GHz 帯」) 及び 28.2G～29.1GHz (以下、「28GHz 帯」) キャリア 5 G の基地局を合計 5 局設置し、次項以降で記す実際の病院現場を模した環境においてローカル 5 G の活用により課題が解決されることを検証した。

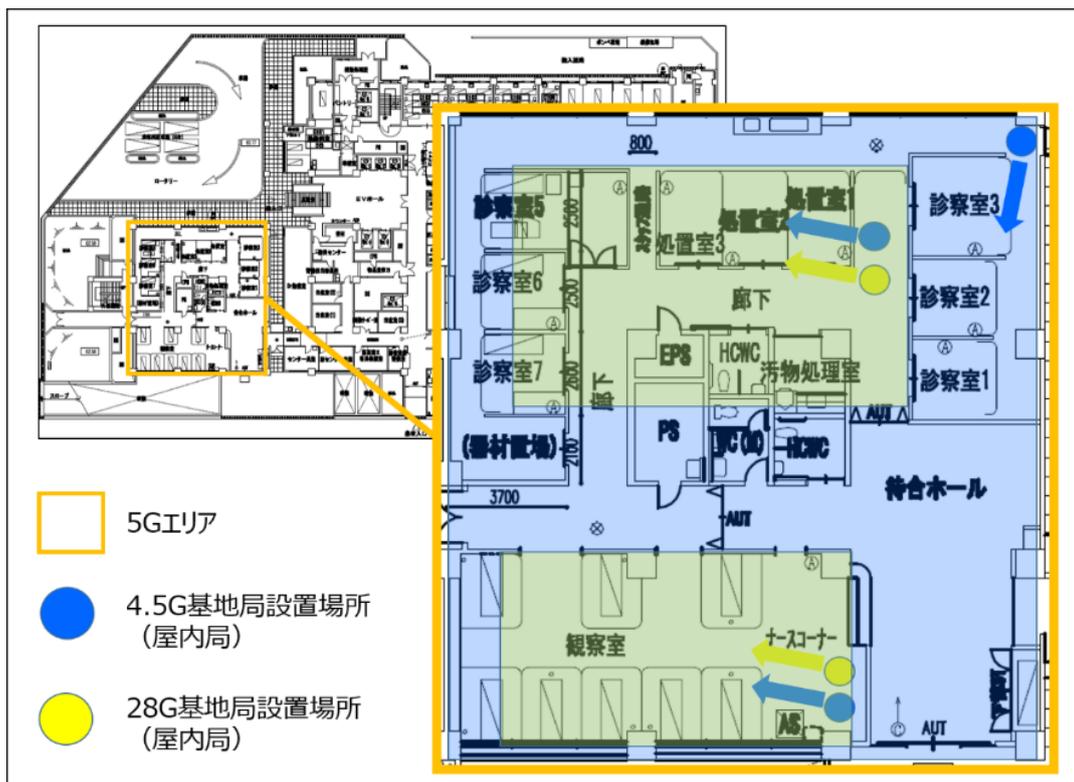


図 4.3-1 基地局設置場所

<ローカル5Gの必要性について>

3つの理由から、病院におけるローカル5Gの導入・活用意義があった。

1つ目は、災害時のBCP（業務継続計画）対策としての理由である。災害時における重症・重体患者の対応等の役割を担う災害拠点病院へは、ドコモとして基地局（エリア）構築を5年ほど前から行ってきた。公衆網だが病院内に独立した系を構築することで、受入れ患者の通信を確保するため周辺エリアの輻輳等に影響されないエリア構築を目的としていた。一方、病院のオペレーションに活用することを考慮すると上記の災害拠点病院施策エリアでは公衆トラフィックの影響を受けるため不十分である。公衆網から独立した専用通信網としてローカル5Gを構築することで、災害時にも継続運用可能な強じんなオペレーション構築が可能であると仮説を持っている。聖マリも災害拠点病院の指定病院として、診療機能を維持できるBCP策定が成されている。

2つ目は、病院で取り扱う個人情報の機密性の担保の必要がある。今後社会実装を展望した際には、公衆網とは分離された病院独自のプライベートネットワークの構築が必要不可欠となる。

3つ目は、柔軟な5Gエリア構築である。多くの病院が重厚な壁、扉でできており場所によってはキャリア5Gを活用したソリューション利用が困難である。そこでローカル5Gで病院毎の特性に応じたエリア設計を実現し、例えば本実証においては反射板を利用した構築を行うなど今後のローカル5G展開に資する実証を行った。

<ソリューション毎の実証環境及び5Gの必要性について>

4.3.1 簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

図4.3.1-1中、現場での電波伝搬状況を踏まえ、院内で画像情報を集約する救急指令室及び各医局など遠隔にいる医師がいるエリア、及び患者を治療する救急外来処置室と設定し、実証を行った。救急外来処置室では、ベッドに横たわる患者周囲に360度カメラと4Kカメラを配備した。360度カメラは周囲の様子を確認する用途。4Kカメラは定点でバイタルモニターを映す用途として利用した。また、患者の治療に当たる医師、スタッフがつけたスマートグラスを介して治療の手技映像を共有した。これらのカメラとスマートグラスで共有した映像は、救急指令室のモニターや各医局にいる医師、スタッフが手元のタブレットやスマートフォンでリアルタイムに確認し、トランシーバーデバイスを活用し音声でのやり取りも可能にした。

ローカル5Gの特性を活かし、モビリティに優れたデバイスであるスマートグラス及び俯瞰映像カメラを利用するが、特に俯瞰映像カメラにおいては、設置が容易であり状況に応じて最適な配置をスタッフが柔軟かつ簡便に実施することができる可搬性に優れたデバイスを利用した。また、高精細映像共有ツールを複数組み合わせた本システム構成によって従来難しかった客観的かつ確実性の高いリアルタイムな情報共有を目指した。

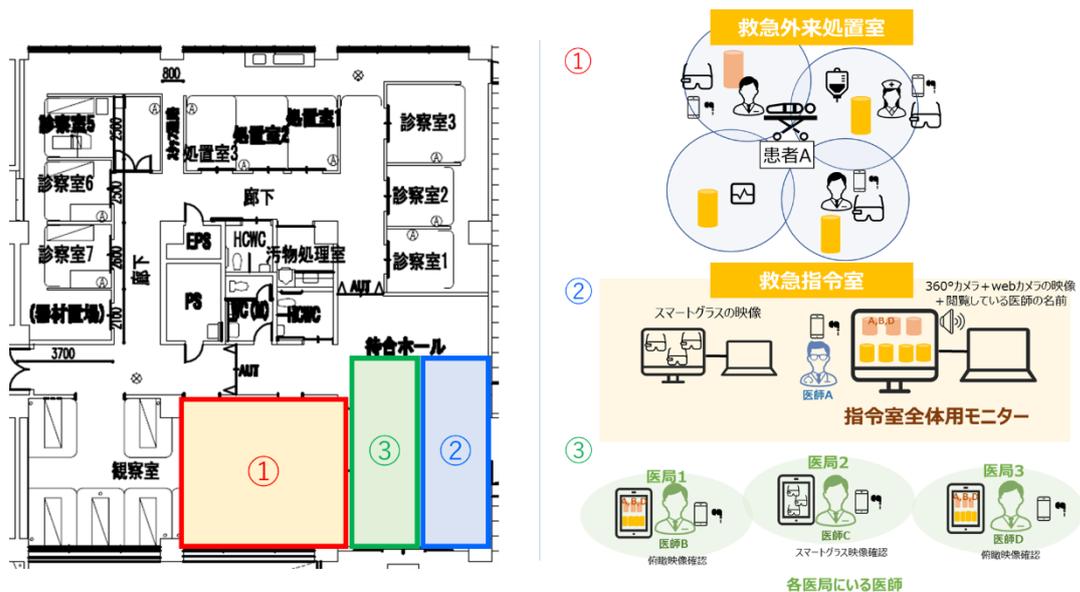


図 4.3.1-1 エリア毎の場面設定並びにシステム概要図



図 4. 3. 1-2 指令室モニターのイメージ (a) (写真は、現在の「コロナ病棟」での運用風景) と実験時の画像共有の様子 (b)

実証における場面設定

a：重症外傷患者の救急外来での処置の遠隔からの観察

重症外傷患者が搬送されてきた際、その診察場面を、参集可能性のある医師、技師、看護師、診療放射線技師、臨床工学士などのスタッフが、遠隔より映像として確認できた。主観的視覚情報共有により、治療に当たる医師の手技だけでなく患部の様子も共有可能となった。俯瞰的映像共有により、バイタルモニターや対応に当たるスタッフが誰であるかも確認できた。俯瞰映像は、遠隔にいるスタッフ各個人が自身の手元で画面の拡大率や角度を調整可能で、見たいところを見たい大ききさで見ることが可能であった。一方、現場からは、誰が現在の外来の様子を見ているかを大画面モニターで知ることができ、必要に応じて話したい相手と音声でのやり取りが行えた。

遠隔にいる医師・看護師は、現場にいなくても患者の様子がわかり、必要なタイミングで現場へ出向けた。現場滞在時間の減少、現場参集医師・看護師数の削減、場合によっては現場の情報を共有できる各科の医師、医療スタッフの増加が見込めた。現場のスタッフは、上級医や複数科にまたがる専門家に意見を聞くことができ、ひいては、実体験に基づく学習機会となった。また、その様子は皆現場と遠隔にいる複数のスタッフ同士で共有できた。

b：多数傷病者発生時の複数の患者の診察状況を遠隔から観察・把握

多数傷病者が搬送されてきた際(実証においては3名で検証)、救急外来の複数の患者の診察場面を中央指令室で把握、医師、診療放射線技師、臨床工学士、看護師、事務など様々なスタッフと視覚情報共有し、必要に応じて必要なスタッフと音声でのやり取りが行えることが分かった。

3名の患者においては、それぞれ損傷部位が異なり、必要とされる処置、重症度も異なるため、それぞれの症例における治療法、治療優先順位、治療・検査に行けるタイミングなどを、現場と指令室と搬送先(手術室、検査室)でリアルタイムに情報共有を行うことが分かった。



図 4.3.1-3 患者周りで処置を行うスタッフとそれを周りから見ている医師達（よく見えてはいない）：(a)：これを 360 度カメラ等（白矢印）を用い、遠隔から見たい視点で見えるようにした (b)。

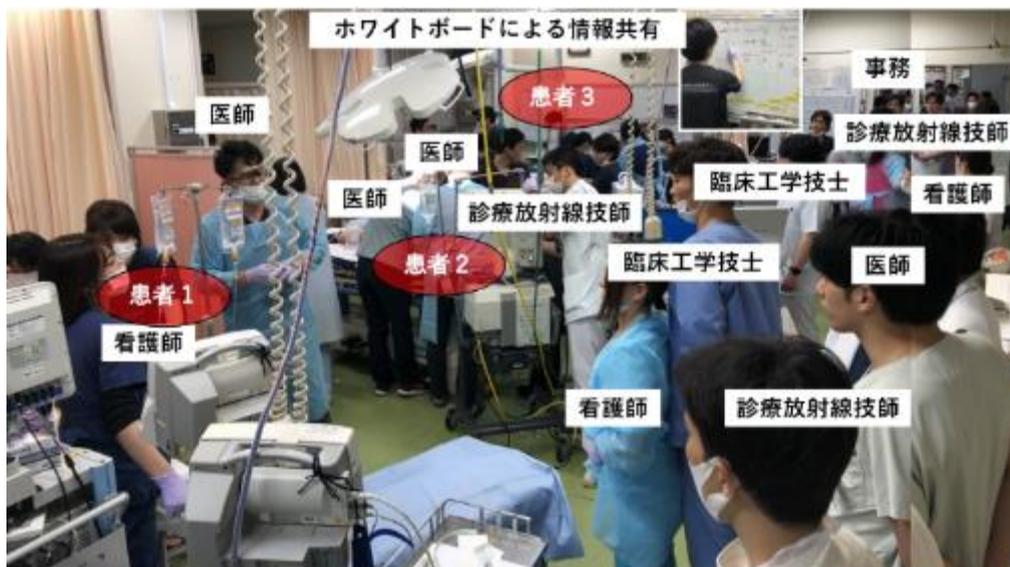


図 4.3.1-4 3人の重症外傷患者の診察風景（参考）。こうした場面に360度カメラ、4Kカメラ、スマートグラスを設置して、視覚情報共有によりスタッフの参集を減らし、遠隔からの質の高い情報共有を目指した。

4.3.2 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

図 4.3.2-1 中、①院内をストレッチャー移動する患者のいるエリア、②～③を救急指令室及び各医局など遠隔にいる医師がいるエリアと設定し、実証を行った。①院内をストレッチャー移動する患者のいるエリアは例えば、重症患者に多くある ICU から血管撮影室への移動中、もしくは血管撮影室内のような治療を目的として医師が集中的にいるエリアの外に移動している時を想定している。

①では、ストレッチャー移動する患者周囲に 360 度カメラと 4K カメラを配備した。360 度カメラは周囲の様子、患者の様子を確認する用途。4K カメラは定点でバイタルモニターを映す用途として利用した。これらのカメラで共有した映像は、②の救急指令室のモニターや③の各医局にいる医師・看護師をはじめとするスタッフが手元のタブレットやスマートフォンでリアルタイムに確認することを可能にした。

ローカル 5 G を活かした高精細映像共有ツールを複数組み合わせた本システム構成によって、従来難しかった移動中患者の遠隔からの状況把握を客観的かつ確実性の高いリアルタイムに行うことを目指した。これにより移動時の安全性が維持され、必ずしも医師・看護師などではなく医療行為を行えないスタッフを移動担当者に選定することによる稼働削減、移動担当者の人数削減・精神的負担軽減が期待できた。重症患者においては、状態の不安定化や追加処置が発生することも多く、しばしば出発までに時間を要することが多いが、移動先でも現場の状況を共有しながら待つことができるため、待ち時間不要な人員待機や部屋の確保を回避できることが分かった。

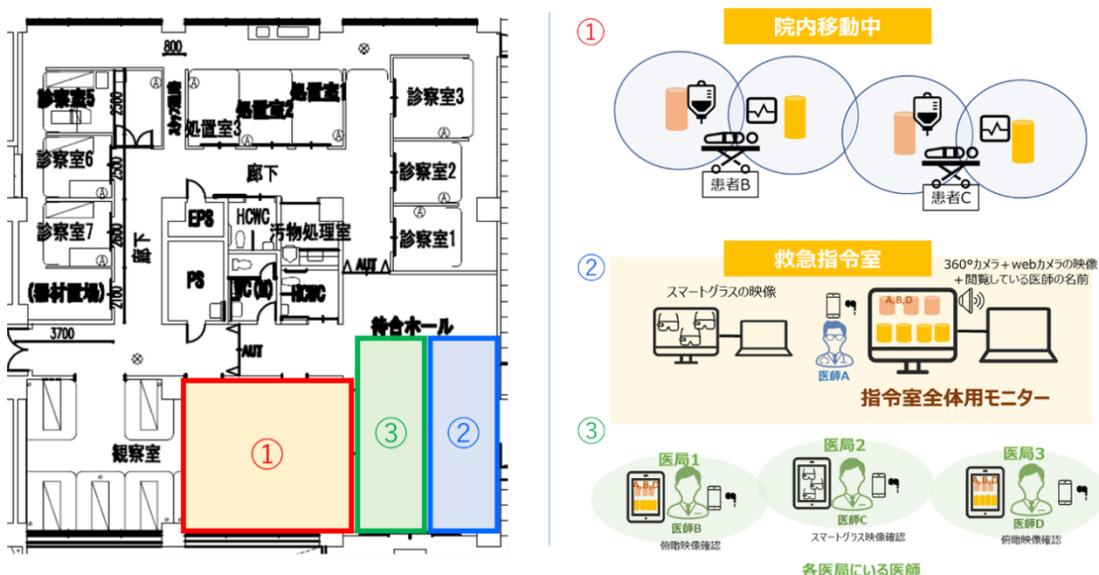


図 4.3.2-1 エリア毎の場面設定並びにシステム概要図

実証における場面設定

- ・重症患者の血管撮影目的の移動時の遠隔モニタリング(ICU から血管撮影室への移動)

急変リスクのある患者における移動モニタリングを移動元、移動先双方から行き、上級スタッフとの遠隔コミュニケーション環境を整備した。

移動時の安全性の向上、移動担当者の精神的負担軽減、移動担当者選定の変化（より若手や非看護師による担当）、移動担当者の人数削減、が期待できる。重症患者においては、状態の不安定化や追加処置が発生することも多く、しばしば出発までに時間を要することが多いが、そのようなシナリオも設定し、その状況を現場と移動先とで共有するようにした。



図 4.3.2-2 ストレッチャーで移動中の患者（a：実際の臨床、b：実証実験時）：点滴棒などに 360 度カメラを付けるなどして、移動中の様子や、現在地などを遠隔からも把握。

4.3.3 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有

図 4.3.3-1 中、①CT 検査室、②CT 検査室から離れた院内の遠隔にいる画像診断医がいるエリアと設定し実証を行った。

①の CT 検査室で CT 撮影後モニターに表示されるレントゲン画像を 4K カメラで映像共有し、②位置にいる画像診断医がタブレットを介してリアルタイムにその画像を確認、診断できる構成を準備した。

ローカル 5G による高精細なリアルタイム映像共有により、画像生成と画像閲覧システムへの配信を待たずに画像評価を行うこととなるため、検査画像判断の迅速化、医師の移動、待ち時間軽減、読影業務の時間短縮による負担削減が見込める上、時には複数の医師の同時関与による診断の質の向上も望めた。また、導入済みの CT 検査機器の映像をカメラで伝送すること、併せて可搬性があり容易に設置できることからあらゆる機器の映像伝送への活用が期待されるベンダフリーなデバイスとなる。

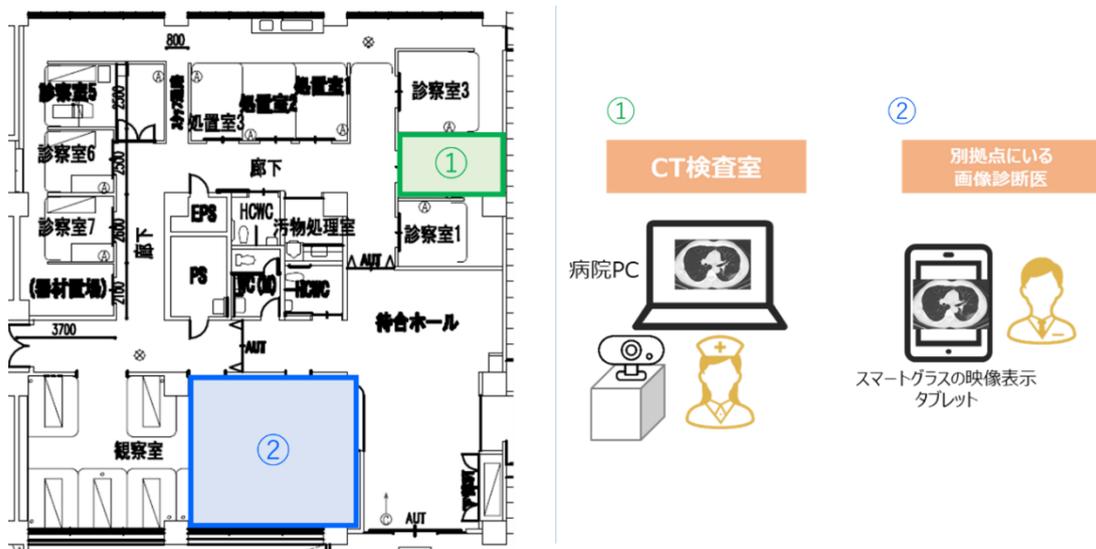


図 4.3.3-1 エリア毎の場面設定並びにシステム概要図

実証における場面設定

- ・ コロナ肺炎の有無、外傷性変化の判定

CT 撮影後にすぐに検査室で確認できるモニター上の画像データを 4K カメラで撮影し、リアルタイムに遠隔にいる画像診断医と画像を共有、画像診断医は直ぐに判定を行い、現場撮影室スタッフに結果を伝える、という場面を想定し、画像転送から判定までのプロセスを再現した。

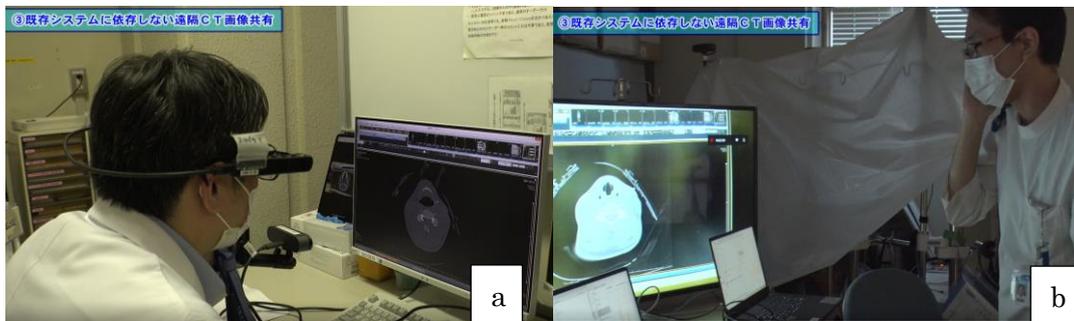


図 4.3.3-2 検査室のモニター映像を共有し、別の場所にいる画像診断医が判定する（実証実験時の映像から。a：発信側、b：受診側）

4.3.4 大容量 X 線動画データ転送

図 4.3.4-1 中、①ICU、②撮影したデータから X 線動画を生成するサーバが置かれたエリアと設定し実証を行った。

①の ICU にて X 線動画撮影装置で X 線撮影したデータを、ローカル 5 G を利用して②の位置にある画像生成サーバ(専用 PC)に伝送を行った。今後 X 線動画撮影装置などの医療機器がモバイル化されることが予想されるため、それを実現可能とするべくこれまでネックとなっていた大容量データの無線伝送ができることを検証した。これにより将来的に場所を問わず高度な画像情報 (X 線動態画像) 解析が行え患者の移動を必要とせず、医師・スタッフ等の業務負担の軽減につながることを見込めた。

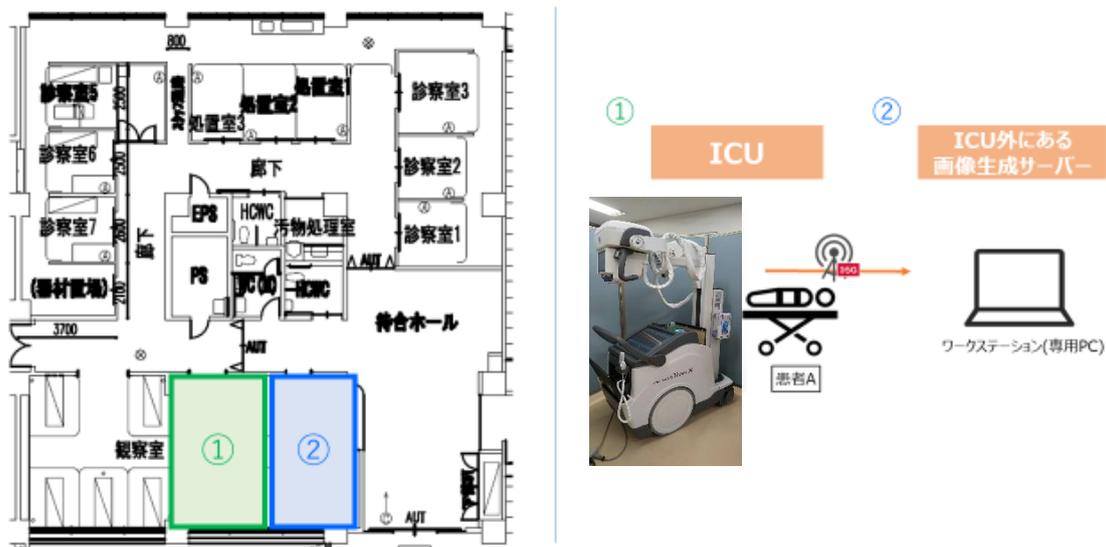


図 4.3.4-1 エリア毎の場面設定並びにシステム概要図（参考：図中写真は動態 X レントゲンを撮影し大容量データを発生、送信する実際の移動型撮影装置）

実証における場面設定

- ICU 患者の大容量 X 線撮影データをワークステーションに伝送。
 複数（7名を想定）の ICU 患者の撮影場面を想定し、撮影とワークステーション（画像サーバー）へのデータ転送を同時に行いながら、ワークステーションでの画像精製が終わり次第、順次画像評価も行っていく、という場面を設定した。

4.3.5 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

図 4.3.5-1 中、①を読影室と設定し実証を行った。①の読影室にてモニターに映し出された X 線画像を 4K カメラで撮影、大容量映像情報をローカル 5G でクラウド上にアップロードし、AI による判定を行い、タブレットなどのブラウザ上で画像の解析結果をリアルタイムに出力する。従来の映像伝送では精細さに欠け AI 解析に十分な画質をリアルタイムに伝送することができなかったが、ローカル 5G を活用することで、高精細な映像を解析することができるようになった。また、読影機器の機種問わず画面に表示された X 線画像を解析でき、可搬性があり容易に設置できることから導入している機器に縛られない柔軟なシステムとなった。

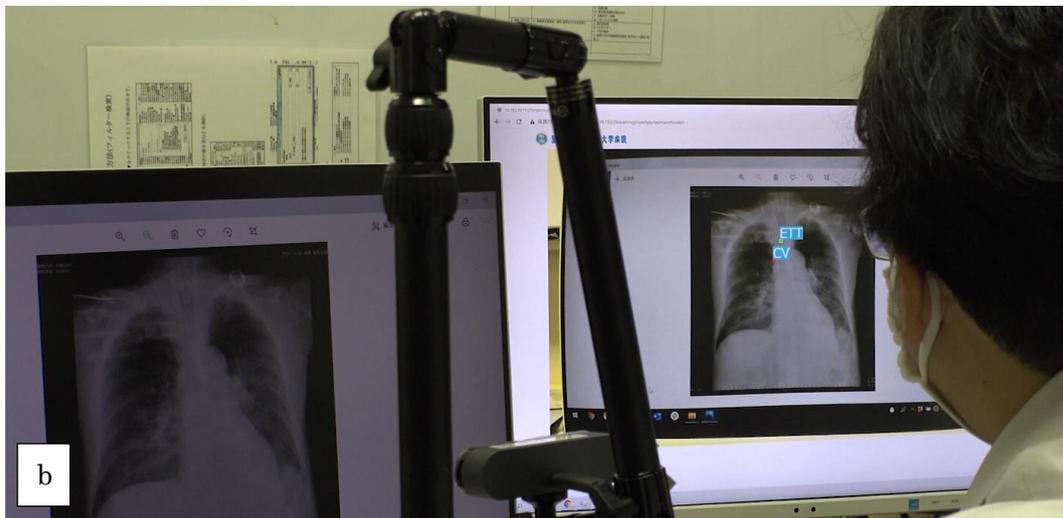
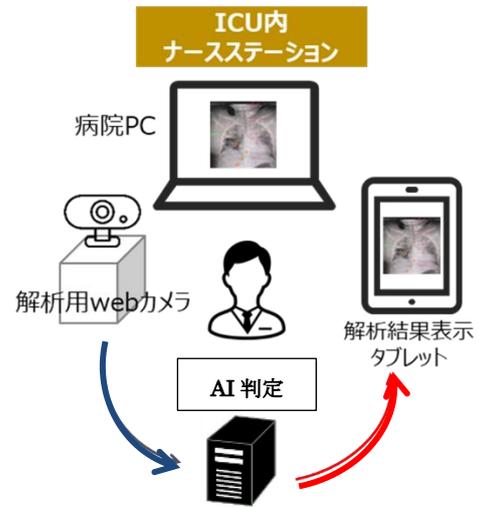
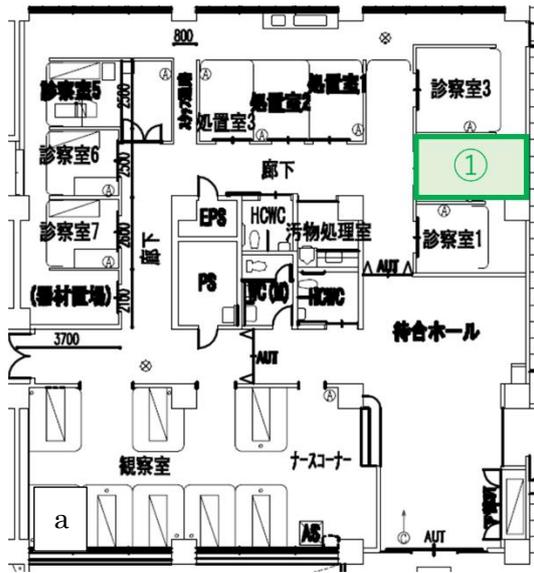


図 4.3.5-1 エリア毎の場面設定並びにシステム概要図 (a) と実証での様子 (b) (「病院 PC」とは、電子カルテ端末や画像読影端末を指す。画像 b では、向かって左が電子カルテ端末、向かって右が AI 結果が表示される端末)

実証における場面設定

- X 線画像から挿管位置をリアルタイムに判定。

ICU 患者の X 線画像を電子カルテ等で評価する際にリアルタイムで AI 結果が返ってくる場面を想定した。電子カルテで、X 線画像をはじめ、様々な情報を評価しながら患者の状態を把握していくが、画像を閲覧する際に AI 解析が同時に行われ、結果も手元に配信されてくるといった場面を想定した。

4.4 実証内容

上記の 4.3.1～5 の場面設定、すなわち、ローカル 5 G 環境での視覚情報共有、AI、大容量データ転送を様々な項目において評価、検証。ここで得た知見は、その縮小版、応用版も含め、広く病院内外の医療現場、病院やこれを取り巻く施設との連携にも活用可能と考える。本実証実験中に抽出された課題をもとに実装モデルを考案し、関連施設や実臨床の現場での実装を想定した検証も行った。効果検証においては、これに向けた課題抽出とその解決策のための元データの収集が目標となった。

4.4.1 ローカル 5 G を用いたソリューションの有効性等に関する検証

4.4.1.1 効果検証

課題解決効果を表す適切な定量値や検証方法の具体例について下記のように提案した。

また、実施にあたり、導入・維持費用及び裨益効果の検証を行うとともに、削減効果の見込まれるのべ時間数など調査研究請負事業者より設定された測定指標等を用いて、費用対効果を導出する定量的な分析を行った。各テーマにおける実証実験・アンケートへの参加者は、通常救命センター業務に関わる救急科等医師、看護師、放射線科医師、診療放射線技師を中心に選定。アンケートを含めた参加者数については、数名から数十名を想定。アンケートについては、通常 1 回、実証実験参加者については、実証前後での調査も検討した。すべて個人を同定できない形での無記名での実施とし、結果については、今回の実証実験結果における公開のみを前提とした。なお、効果検証にあたっては、ローカル 5 G を活用した各ソリューションの導入効果、費用対効果の観点から、定量的な算出を前提に検討を行うものとした。

(1) 評価・検証項目

1) 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

a：重症外傷患者の救急外来での処置の遠隔からの観察

救急外来での重症患者診察において、各科医師・スタッフ参集型診療（従来型）と遠隔視覚情報共有型診療（視覚共有型）を比較する。比較項目は表 4.4.1.1-1 に示す通りである。また、模擬患者を用いた実証に参加したスタッフ並びに通常診療に参加するスタッフを対象として、視覚情報共有ソリューションの使用感、効果、期待感につき、表 4.4.1.1-2 に示す項目を調査した。

表 4.4.1.1-1 視覚情報共有型診療における効果検証の測定・算出評価項目

	参集型(従来型)	視覚共有型
現場参集スタッフ数(最小～最大)		
救急医	～ 人	～ 人
腹部外科医	～ 人	～ 人
整形外科医	～ 人	～ 人
脳外科医	～ 人	～ 人
放射線科医	～ 人	～ 人
看護師	～ 人	～ 人
診療放射線技師	～ 人	～ 人
臨床工学技士	～ 人	～ 人

	参集型(従来型)	視覚共有型
現場までの往復の移動時間 (最小～最大)		
救急医	～ 分	～ 分
腹部外科医	～ 分	～ 分
整形外科医	～ 分	～ 分
脳外科医	～ 分	～ 分
放射線科医	～ 分	～ 分
看護師	～ 分	～ 分
診療放射線技師	～ 分	～ 分
臨床工学技士	～ 分	～ 分
現場スタッフ滞在時間		
救急医	～ 分	～ 分
腹部外科医	～ 分	～ 分
整形外科医	～ 分	～ 分
脳外科医	～ 分	～ 分
放射線科医	～ 分	～ 分
看護師	～ 分	～ 分
診療放射線技師	～ 分	～ 分
臨床工学技士	～ 分	～ 分
遠隔参画スタッフ数 (最小～最大)	PHS での関与	
救急医	～ 人	～ 人
腹部外科医	～ 人	～ 人
整形外科医	～ 人	～ 人
脳外科医	～ 人	～ 人
放射線科医	～ 人	～ 人
看護師	～ 人	～ 人
診療放射線技師	～ 人	～ 人
臨床工学技士	～ 人	～ 人
遠隔参画スタッフ関与時間 (最小～最大)	PHS での関与	
救急医	～ 分	～ 分
腹部外科医	～ 分	～ 分
整形外科医	～ 分	～ 分
脳外科医	～ 分	～ 分
放射線科医	～ 分	～ 分
看護師	～ 分	～ 分
診療放射線技師	～ 分	～ 分
臨床工学技士	～ 分	～ 分

表 4. 4. 1. 1-2 スタッフを対象とした視覚情報共有システム及びこれを用いた診療に対する
意見調査項目

評価項目	対象
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	実証実験参加者
情報共有システムとして妥当性・有用性（臨床上の使用に適しているか）	
診療効率化への寄与（業務時間短縮に資するか、人員削減に資するか）	
心理的・肉体的負担軽減への寄与	
当該システムの課題	
視覚情報共有への期待	実験非参加者も含む救急診療参加スタッフ
視覚情報共有に期待すること：診療の質の向上、業務効率化、負担軽減等	

b：多数傷病者発生時の複数の患者の診察状況を遠隔から観察・把握

視覚情報共有により、指令室と各患者担当チームの間での情報共有の質が向上し、患者の状態、治療方針・治療優先順位、手術室や検査室への移動のタイミングなどが、時間差なく、正確に、共有できた。また、現場以外も含めた多くのスタッフとも情報共有が可能となったことから、院内における円滑な応援要請が可能となった。

個々の患者の診療における視覚情報共有の有用性については上記 a の項で検証することとなっており、ここでは、指令室と各患者診療担当チームと情報連携につき、過去の事例（川崎市登戸通り魔事件）と比較した。具体的には、視覚情報共有ソリューション導入による情報共有の早さ、正確さ、負担軽減、を過去の事例での経験を基準として比較評価した（表 4. 4. 1. 1-3）。

表 4. 4. 1. 1-3 視覚情報共有下での災害診療、評価項目

評価項目
患者状態・治療方針・優先順位等の情報共有：実験参加者を対象 早さ 正確さ 負担軽減
視覚情報共有は災害診療を改善させるか：実験非参加者を含む救命救急スタッフを対象 より迅速なマネジメントを可能とするか より適切なマネジメントを可能とするか より少ない人員での診察を可能とするか 視覚情報共有下での災害診療の課題

2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

・重症患者の血管撮影目的の移動時の遠隔モニタリング。

実証実験参加の搬送関連スタッフを対象に、搬送担当者、搬送元・搬送先担当者に分けて、視覚情報共有システムの使用感、効果について表 4. 4. 1. 1-4 に示す項目の調査を行った。また、実証実験非参加者を含む搬送関連スタッフを対象に、搬送時視覚情報共有への期待について、副次的効果も含めて調査。

合わせて、視覚情報がないことによる問題の経験の有無、実装に向けた改善点を調査。

表 4. 4. 1. 1-4 スタッフを対象とした視覚情報共有システム及びこれを用いた診療に対する意見調査項目

評価項目	対象
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	実証実験参加者：搬送担当、搬送元、搬送先スタッフ
情報共有システムとして妥当性・有用性（搬送上の使用に適しているか）	
搬送効率化への寄与（人員削減に資するか、若手や非資格者の起用：タスク・シフティングに資するか）	
心理的負担軽減への寄与	
当該システムの課題	
搬送時視覚情報共有への期待	実験非参加者も含む搬送関連スタッフ
視覚情報共有がないことによる問題の経験	
視覚情報共有に期待すること：搬送の質の向上、業務効率化、負担軽減等	
視覚情報共有による副次的効果	
実装に向けた課題	

3) 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有

通常の画像転送(電子カルテへ)のパターン、画像診断医の CT 室出向パターン、視覚情報共有パターンの 3 パターンでの、検査開始から判定までの時間と、画像診断医の関わった時間を計測、より短時間でより少ない関与時間で同様の成果が出せるか否かを調査した(表 4. 4. 1. 1-5: より多人数で確認できる場面もあり、診断精度が上がるか否かも調査)。

表 4. 4. 1. 1-5 画像を視覚情報として共有する遠隔画像診断コンサルテーション

	画像配信待機型 (通常型 1)	CT 室出向型 (通常型 2)	視覚共有型
検査開始一評価完了：診断までの時間	分	分	分
呼び出し一業務再開：画像診断医の関与時間	分	分	分
現場関与画像診断医数	～ 人	～ 人	～ 人
遠隔関与画像診断医数	～ 人	～ 人	～ 人
診断精度の向上			

4) 大容量 X 線動画データ転送

ICU で複数の患者 (7 名を想定) の動態 X 線写真 (1 患者当たりのデータ容量：約 700MB) を撮影する場面において、直接データ移行方式 (すべての患者撮影後に約 20m 離れた場所にある画像精製ワークステーションまで出向いてデータ転送をかける：7 人分で約 5 GB) でデータ転送を行った場合 (従来型) と、ローカル 5 G 環境下に一人一人撮影するごとにベッドサイドからワークステーションにデータ転送を行った場合 (ローカル 5 G 転送型) とで、最初の患者撮影開始から最後の 7 人目の患者の画像評価が完了するまでの時間を比較した。

撮影からデータ転送のプロセスにおける運用上の問題点、課題につき、撮影・画像配信担当の診療放射線技師を対象に調査を行うとともに、画像診断医を対象に大容量画像データの迅速転送を活用した患者容態評価における臨床上の有用性についても調査。

5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

AI の導入により、各種器具類の位置に関する医師の見過ごし経験や精神的負担が減ることを検証。器具類の位置異常を後になって気づいた経験の有無とそのタイミング（おおよその時間として表現）、及びそれによって器具の位置補正や治療が必要となった経験の有無（何割の医師が見逃しを経験しているか）を調査、AI などの自動判定の必要性（何割の医師が必要と思っているか）、負担軽減の度合いも調査した。

AI の性能とともに、運用面での信頼性、医師の見過ごし経験が減る可能性について評価・検証する。撮影を担当する技師にも調査対象を広げて、より早期の異常発見（撮影時の画像確認の段階での AI 判定）の可能性も評価・検証した。

(2) 評価・検証方法

上記 1)～5) の場面設定における評価項目につき、以下の如く評価、検証した。できるだけ定量的に計測できるものは計測し、定量的内容であってもスコア化するなどして、ソリューション導入による変化を定量的に提示することを目指した。

1) 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

設定 a については、表 4.4.1.1-1 に挙げた項目につき、典型的な重症多発外傷症例における診察を想定して従来型と視覚共有型を比較した。従来型のデータについては、実際の診療の映像記録（*）とカルテ上の時間経過記録からのデータを算出、収集した。視覚共有型については、まず、視覚情報共有ソリューションを用いずに模擬患者で上記（*）と同様の診察を行ったのち、続いて視覚情報共有ソリューションを用いた診察も行って、データを算出、収集した。この模擬患者における視覚共有型診察に参加したスタッフと参加していない救命センタースタッフを対象に、表 4.4.1.1-2 に挙げた項目につきアンケート調査を行った。アンケート調査では、各項目をスコア化した回答とともに、具体的なコメントも得た。表 4.4.1.1-6 にアンケートの内容を提示する。

表 4.4.1.1-6 アンケート調査項目と回答方式

評価項目	回答方式
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	
情報共有システムとして妥当性・有用性 （临床上の使用に適しているか）	5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
診療効率化への寄与 業務時間短縮に資するか 人員削減に資するか	5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
心理的・肉体的負担軽減への寄与	5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
当該システムの課題	具体的意見をコメントとして記載
視覚情報共有への期待	
視覚情報共有に期待すること:診療の質の向上、業務効率化、負担軽減等	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可） このうち最も期待するものを一つ選択

設定 b については、表 4.4.1.1-3 に挙げた評価項目につき、過去の実例での診療経験を対象として、比較した（表 4.4.1.1-7）。また、過去の経験がない者や実証経験に参加していない者も含めて視覚情報共有下での災害診療に対する考え方も調査した（表 4.4.1.1-8）。経験の有無や実証実験への参加の有無による回答の差を予測。

表 4.4.1.1-7 災害診療における視覚情報共有、実証参加者へのアンケート調査

実験参加者を対象としたアンケート調査	過去の経験	回答方式
評価項目	診療担当チーム→指令室（*）間	指令室→CT 検査室（*）間
患者状態・治療方針・優先順位等の情報共有	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
早さ	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
正確さ	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
負担軽減	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）

（*）の側が各項目を評価する。

表 4.4.1.1-8 災害診療における視覚情報共有、実証参加者・非参加者全員へのアンケート調査

救命救急スタッフを対象としたアンケート調査	回答方式
視覚情報共有は災害診療を改善させるか	5 段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より迅速なマネジメントを可能とするか	5 段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より適切なマネジメントを可能とするか	5 段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より少ない人員での診察を可能とするか	5 段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
視覚情報共有下での災害診療の課題	具体的意見をコメントとして記載

2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

表 4.4.1.1-4 に挙げた評価項目につき、アンケート調査を行った。タスク・シフティングに関しては、搬送スタッフに求められる経験年数や搬送に関わるスタッフ必要人数について現状との比較する形で提示する。

表 4. 4. 1. 1-9 搬送関連スタッフを対象とした視覚情報共有システム及びこれを用いた搬送に対する意見調査項目

評価項目	回答方式
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	
情報共有システムとして妥当性・有用性（搬送上の使用に適しているか）	5段階（1:悪い、3:どちらともいえない、5:良い）
搬送効率化への寄与（人員削減に資するか、タスク・シフティングに資するか）	5段階（1:悪い、3:どちらともいえない、5:良い）
搬送担当者数の削減は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
搬送担当者の経験年数の低下は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
搬送担当者の非資格保持者への移行は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
心理的負担軽減への寄与	5段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
当該システムの課題	具体的意見をコメントで記載
搬送時視覚情報共有への期待	
視覚情報共有がないことによる問題の経験	ある、ない
視覚情報共有に期待すること：搬送の質の向上、業務効率化、負担軽減等	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可） このうち最も期待するものを一つ選択
視覚情報共有による副次的効果:スタッフの有効活用、部屋の有効活用	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可）
実装に向けた課題	具体的意見をコメントで記載

3) 既存システムに依存しない遠隔CT画像共有

表 4. 4. 1. 1-5 に挙げた評価項目につき、2つの現状パターン（配信待機型とCT室出向型）と、視覚共有型の合計3パターンで比較した。各項目の測定と共に、視覚情報共有システム導入による診断精度の向上や、本システムへの期待と課題につき、画像評価担当画像診断医と撮影・視覚情報配信担当診療放射線技師にアンケート調査を行った。

表 4. 4. 1. 1-10 画像を視覚情報として共有する遠隔画像診断コンサルテーション評価項目

	配信待機型 (通常型1)	CT室出向型 (通常型2)	視覚共有型
検査開始—評価完了：診断までの時間	分	分	分
呼び出し—業務再開：画像診断医の関与時間	分	分	分
現場関与画像診断医数	～人	～人	～人
遠隔関与画像診断医数	～人	～人	～人
通常型1と比較した診断精度の向上度合い	基準	5段階評価 (1:悪い、3:不変、5:良い)	5段階評価（1:悪い、3:不変、5:良い）
視覚共有型への期待（遠隔診断への応用等）	—	—	具体的なコメントとして記載
視覚共有型の課題	—	—	具体的なコメントとして記載

4) 大容量 X 線動画データ転送

ICU で複数の患者（7名を想定）の動態 X 線写真（1 患者当たりのデータ容量：約 700MB）を撮影する場面において、直接データ移行方式（すべての患者撮影後に約 20m 離れた場所にある画像精製ワークステーションまで出向いてデータ転送をかける：7 人分で約 5 GB）でデータ転送を行った場合（従来型）と、ローカル 5 G 環境下に一人一人撮影することにベッドサイドからワークステーションにデータ転送を行った場合（ローカル 5 G 転送型）とで、最初の患者撮影開始から最後の 7 人目の患者の画像評価が完了するまでの時間（分）を比較した。

撮影からデータ転送のプロセスにおける運用上の問題点、課題につき、撮影・画像配信担当の診療放射線技師を対象にアンケート調査を行うとともに、画像診断医を対象に大容量画像データの迅速転送を活用した患者容態評価における臨床上的有用性についてもアンケート調査を行った（表 4. 4. 1. 1-11）。

表 4. 4. 1. 1-11 撮影装置からの大容量データ転送におけるアンケート調査

質問項目	回答方法
撮影からデータ転送プロセスにおける課題：診療放射線技師を対象 運用上の信頼性 課題	5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 具体的にコメントとして記載
大容量データ転送を活用した患者容態把握のインパクト：画像診断医を対象 臨床的有用性 運用上の信頼性 課題	5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 5 段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 具体的にコメントとして記載

5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

器具類の位置異常を後になって気づいた経験の有無とそのタイミング（おおよその時間として表現）、及びそれによって器具の位置補正や治療が必要となった経験の有無（何割の医師が経験しているか）を調査、AI などの自動判定の必要性（何割の医師が必要と思っているか）、負担軽減の度合いも調査した。運用面での信頼性、医師の見過ごし経験が減る可能性について評価・検証した。撮影を担当する技師にも調査対象を広げ、撮影段階でのより早期の異常発見（撮影時の画像確認の段階での AI 判定）の可能性も評価・検証した。

表 4. 4. 1. 1-12 AI 導入による X 線上での器具類見逃しに関する評価項目、方法

対象 質問内容	回答方法
診療担当医、画像診断医、診療放射線技師	
器具類位置異常の経験	ある、ない
器具類位置異常認識のタイミング (撮影から最も遅い場合)	～30分、30分～、1時間～、3時間～、12時間～、 1日～
器具類位置異常見逃しの経験	ある、ない
器具類位置異常に対する処置（位置変更その 他）の経験：診療担当医のみ	ある、ない
AI の信頼性	5段階評価（1:低い、3:どちらでもない、5:高い）
AI による精神的負担軽減効果	5段階評価（1:低い、3:どちらでもない、5:高い）
AI 導入効果（見逃しは減少に寄与するか）	5段階評価（1:低い、3:どちらでもない、5:高い）
AI の必要性	5段階評価（1:低い、3:どちらでもない、5:高い）

(3) 実証結果及び考察

今回の実証実験において、以下に示す効果測定がローカル 5G の医療領域への利用において市場展開につながる有用な効果測定と考えた。展開先については、まずは聖マリの系列病院についてはオペレーションが類似していると考えられるため、実証実験の内容を実際の業務にあてはめやすいと考えられる。また、聖マリと同程度の規模・診療科を持っている病院への展開が有意義と考えられる。

1) 簡易設置可能な 360 度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有

a: 重症外傷患者の救急外来での処置の遠隔からの観察

救急外来での重症患者診察において、各科医師・スタッフ参集型診療（従来型）と遠隔視覚情報共有型診療（視覚共有型）を比較した。比較項目は表 4. 4. 1. 1-1 に示す通りである。また、模擬患者を用いた実証に参加したスタッフ並びに通常診療に参加するスタッフを対象として、視覚情報共有ソリューションの使用感、効果、期待感につき、表 4. 4. 1. 1-2 に示す項目を調査した。

表 4. 4. 1. 1-13 視覚情報共有型診療における効果検証の測定・算出評価項目

	参集型（従来型）	視覚共有型
現場参集スタッフ数（最小～最大）		
救急医	2～4 人	1～3 人
腹部外科医	1～3 人	0～1 人
整形外科医	1～2 人	0～1 人
脳外科医	1～2 人	0～1 人
放射線科医	1～2 人	0～1 人
看護師	2～3 人	2～3 人
診療放射線技師	3～4 人	3～4 人
臨床工学技士	1～2 人	0～2 人
現場までの往復の移動時間（最小～最大）		
救急医	0～5 分	0～5 分

	参集型 (従来型)	視覚共有型
腹部外科医	5~15 分	0~15 分
整形外科医	5~15 分	0~15 分
脳外科医	5~15 分	0~15 分
放射線科医	5~15 分	0~15 分
看護師	0~5 分	0~5 分
診療放射線技師	0~5 分	0~5 分
臨床工学技士	0~5 分	0~5 分
現場スタッフ滞在時間		
救急医	60~180 分	0~180 分
腹部外科医	30~90 分	0~90 分
整形外科医	30~90 分	0~90 分
脳外科医	30~90 分	0~90 分
放射線科医	30~90 分	0~90 分
看護師	60~180 分	0~180 分
診療放射線技師	30~60 分	0~60 分
臨床工学技士	30~60 分	0~60 分
遠隔参画スタッフ数 (最小~最大)	PHS での関与	
救急医	0~x 人	1~3 人
腹部外科医	0~1 人	1~3 人
整形外科医	0~1 人	1~3 人
脳外科医	0~1 人	1~3 人
放射線科医	0~1 人	1~3 人
看護師	0~x 人	0~2 人
診療放射線技師	0~1 人	0~2 人
臨床工学技士	0~1 人	0~2 人
遠隔参画スタッフ関与時間 (最小~最大)	PHS での関与	
救急医	0~x 分	0~60 分
腹部外科医	0~20 分	0~60 分
整形外科医	0~20 分	0~60 分
脳外科医	0~20 分	0~60 分
放射線科医	0~20 分	0~60 分
看護師	0~20 分	0~60 分
診療放射線技師	0~20 分	0~60 分
臨床工学技士	0~20 分	0~60 分

視覚情報共有ソリューションの利用により、重症患者診察において、以下のようなメリットが得られると考えられる。

- 1) 現場での診療参加医師・スタッフ数の削減：最大で 72.3% (22 人→6 人) があり得る。
- 2) 遠隔関与により移動・不要な現場滞在の必要な医師・スタッフ数が減る：移動については最大で 15 分、現場滞在については最大で 60 分の短縮が見込める。
- 3) 遠隔関与できる上級医、専門家の数、関与時間が増える：労働負担軽減の観点からはマイナスともとれるが、関与時間は最小で済み、効率的に高度化を達成していると言える。

表 4.4.1.1-14 スタッフを対象とした視覚情報共有システム及びこれを用いた診療に対する意見調査項目

評価項目	回答方式
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	
情報共有システムとして妥当性・有用性（臨床上の使用に適しているか）	5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
診療効率化への寄与 業務時間短縮に資するか 人員削減に資するか	5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
心理的・肉体的負担軽減への寄与	5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い）
当該システムの課題	具体的意見をコメントとして記載
視覚情報共有への期待	
視覚情報共有に期待すること：診療の質の向上、業務効率化、負担軽減等	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可） このうち最も期待するものを一つ選択

アンケート結果：医師8名、看護師2名、救命救急士2名、診療放射線技師1名、ソーシャルワーカー2名、計15名

救急診療における使用感、効果：

- 1) 妥当性・有用性：「5」：11人、「4」：3人、「3」：1人
- 2) 業務短縮に寄与するか：「5」：11人、「4」：3人、「3」：1人
- 3) 人員削減に寄与するか：「5」：2人、「4」：7人、「3」：5人、「2」：1人
- 4) 負担軽減に寄与するか：「5」：7人、「4」：3人、「3」：3人、「2」：2人

課題：

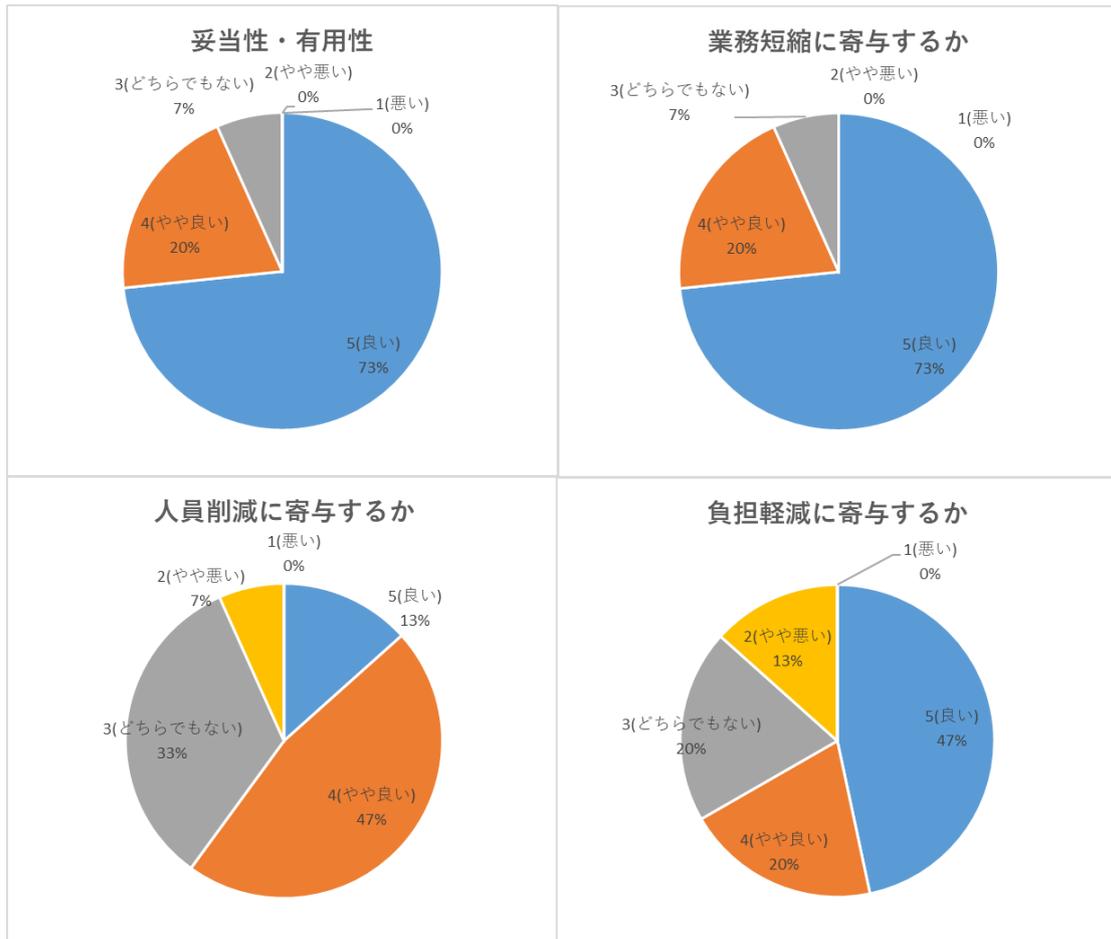
- ・電波・システムの安定性に不安あり：4人
- ・違うシステムも試してみたい：2人
- ・大変有用と感じた

情報共有への期待：

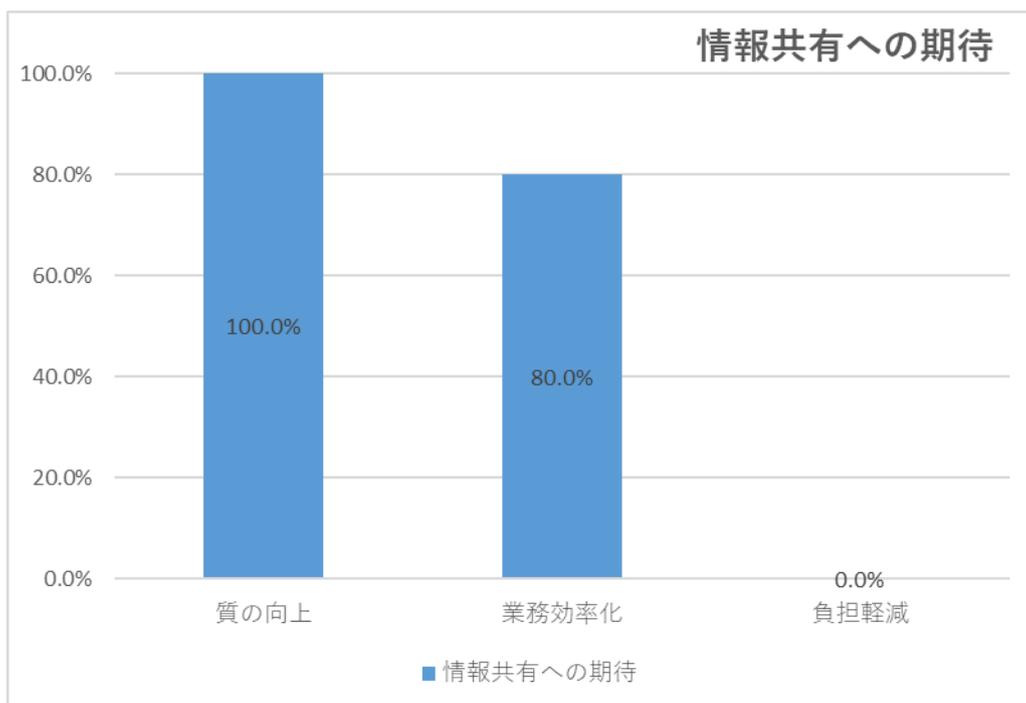
質の向上 100%（15人）、業務効率化 80%（12人）、負担軽減 60%（0人）

最も期待するもの：

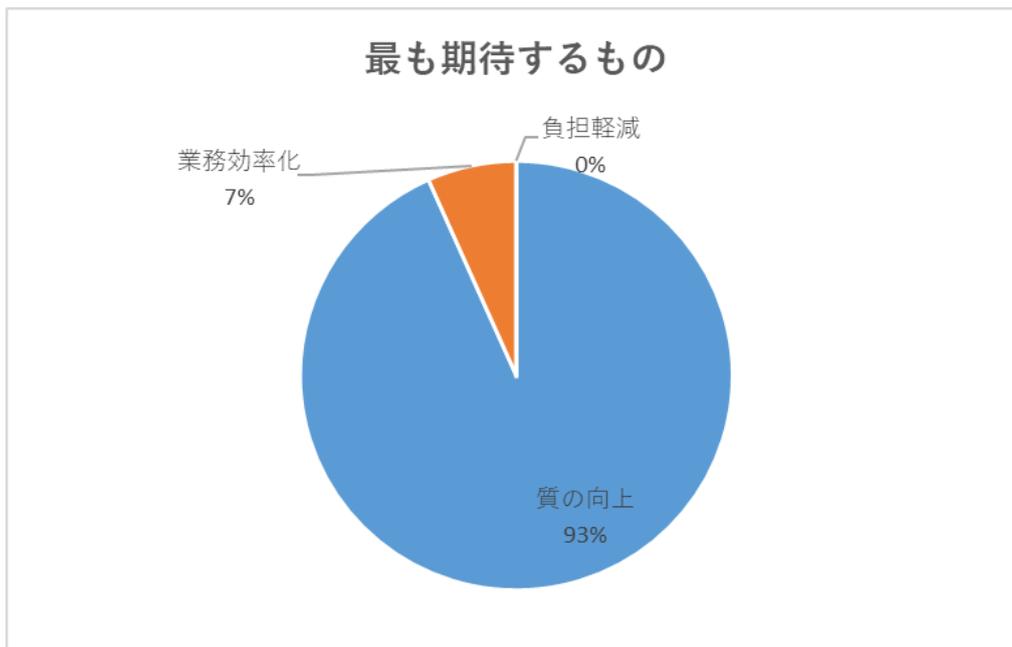
質の向上 93.3%（14人）、業務効率化 0.67%（1人）、負担軽減 0%（0人）



図：4.4.1.1-1 それぞれのアンケート結果が示す割合



図：4.4.1.1-2 情報共有への期待に対する割合グラフ



図：4.4.1.1-3 最も期待するものについての割合

システムとしては93.3%（11+3/15人）のスタッフが妥当・有効と判断しているものの、電波やシステムの安定性に不安を感じるという意見もあり、実装に向けては、より多くの回数を重ねて検証する必要がある。視覚情報共有は、業務効率改善への寄与が高いとする意見は93.3%（11+3/15人）と多く、負担軽減や人数削減への寄与が高いとする意見は60%～66.7%であった。しかし、期待する効果として最も高かった意見は診療の質の向上で、遠隔化により、より多くの上級医師や専門家の関与が可能となる点、そしてその関与時間が最短で済む点も評価されたものと考えられる。視覚情報共有システムの導入により、効率的に高度化が図れることへの期待がうかがえる。

b: 多数傷病者発生時の複数の患者の診察状況を遠隔から観察・把握

視覚情報共有により、指令室と各患者担当チームの間での情報共有の質が向上し、患者の状態、治療方針・治療優先順位、手術室や検査室への移動のタイミングなどが、時間差なく、正確に、共有できる。また、現場以外も含めた多くのスタッフとも情報共有が可能となることから、院内における円滑な応援要請が可能となる。

個々の患者の診療における視覚情報共有の有用性については上記 a の項で検証することとなり、ここでは、指令室と各患者診療担当チームと情報連携につき、過去の事例（川崎市登戸通り魔事件）と比較した。具体的には、視覚情報共有ソリューション導入による情報共有の早さ、正確さ、負担軽減、を過去の事例での経験を基準として比較評価した。

表 4.4.1.1-15 災害診療における視覚情報共有、実証参加者へのアンケート調査

実験参加者を対象としたアンケート調査	過去の経験との比較	
評価項目	診療担当チーム→指令室（*）間	指令室→CT 検査室（*）間
患者状態・治療方針・優先順位等の情報共有	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
早さ	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
正確さ	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
負担軽減	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）	5 段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）

（*）の側が各項目を評価する。現場や患者状況の情報は、通常、診療担当者→指令室→検査室（等）という流れで伝わる。

アンケート結果：

指令室担当（4名）

情報共有の早さ：「5」：4/4人

情報共有の正確さ：「5」：4/4人

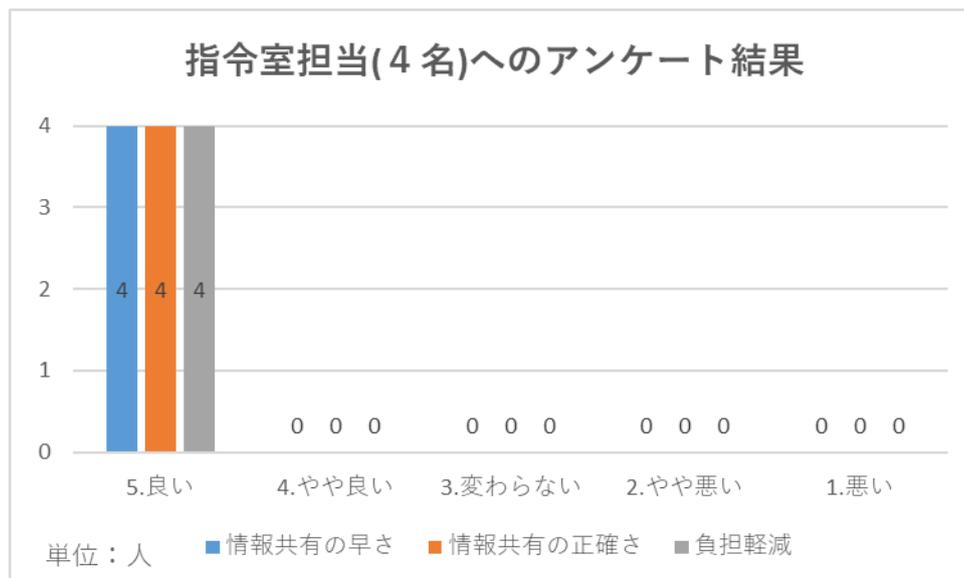
負担軽減：「5」：4/4人

検査室担当（2名）

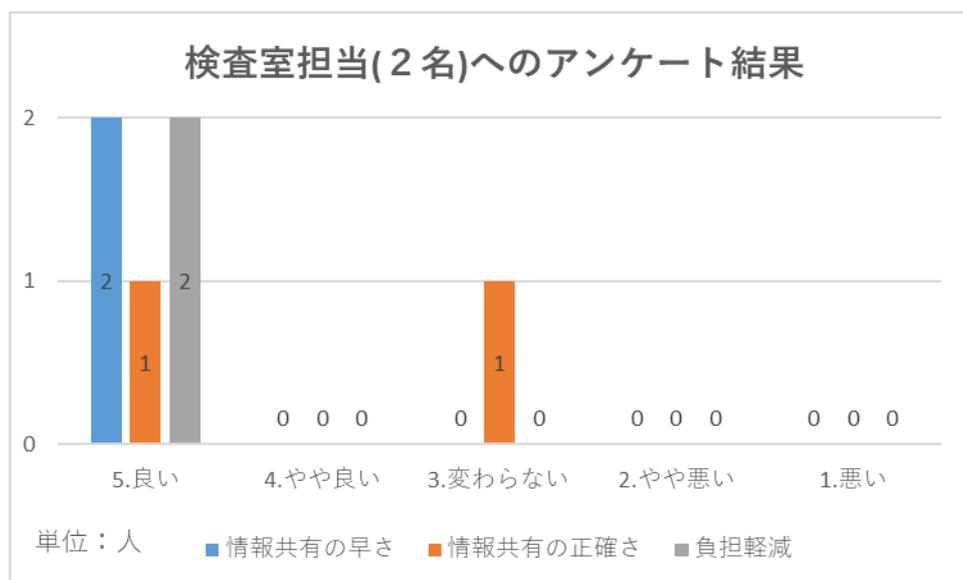
情報共有の早さ：「5」 2/2人

情報共有の正確さ：「5」 1/2人、「3」 1/2

負担軽減：「5」 2/2人



図：4.4.1.1-4 情報共有、正確さ、負担軽減についてのアンケート結果



図：4.4.1.1-5 情報共有、正確さ、負担軽減についてのアンケート結果

早さ、正確さ、負担軽減について、指令室担当者では改善を得られると評価が高かったが、検査室担当者では正確性についての評価が分かれていた。また、現場関与人員削減効果に言及する者もあり、同意する者も多かった（今までは現場に人を送って状況を確認する必要があった）。期待の高さがうかがえる結果であった。一方、単独で用いるシステムとしては物足りず、他システムや現場スタッフとの通常通りのコミュニケーション（PHSによる通話）との併用が必要、との意見や、システムを実際の現場で使用してみないと本当に信頼できるものであるか評価するのは困難、との意見もあった。

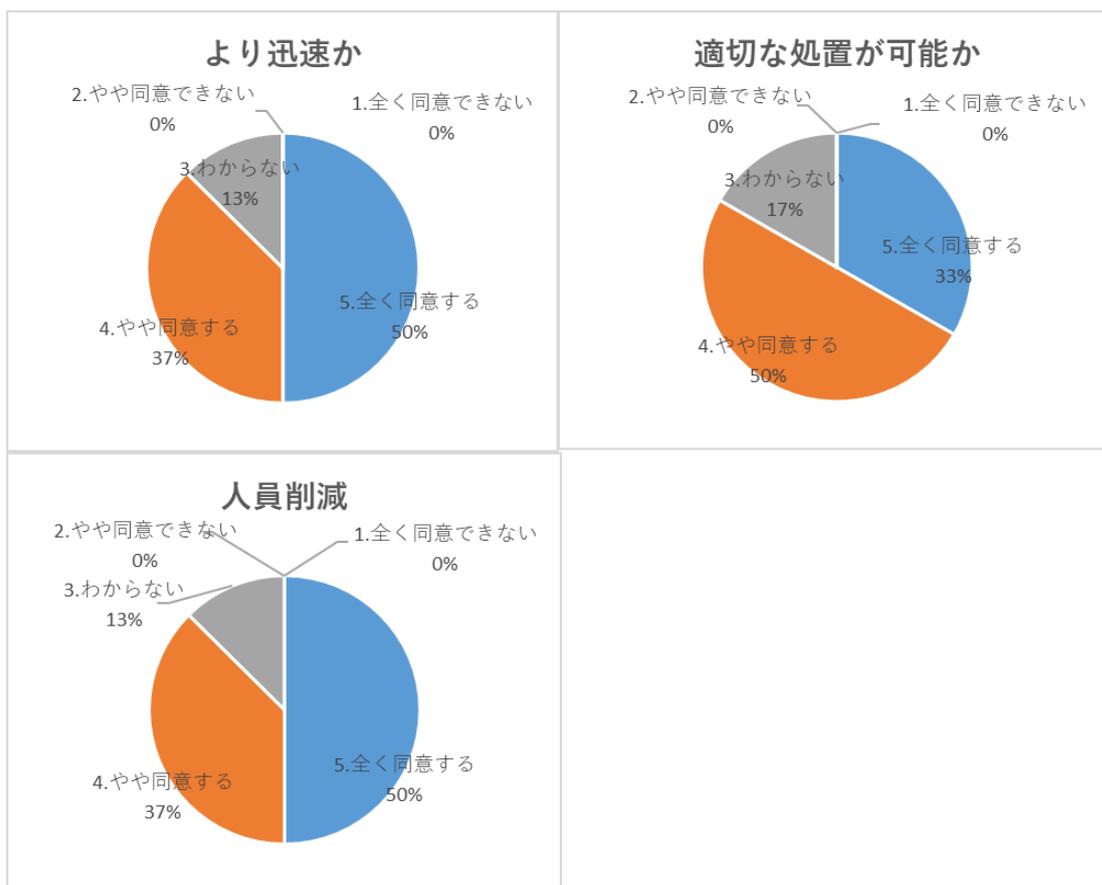
表 4.4.1.1-16 災害診療における視覚情報共有、実証参加者・非参加者全員へのアンケート調査

救命救急スタッフを対象としたアンケート調査	回答方式
視覚情報共有は災害診療を改善させるか	5段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より迅速なマネジメントを可能とするか	5段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より適切なマネジメントを可能とするか	5段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
より少ない人員での診察を可能とするか	5段階（1:全く同意できない、3:わからない、5:全く同意する）
視覚情報共有下での災害診療の課題	具体的意見をコメントとして記載

アンケート結果：医師8名、看護師7名、技師5名、救命救急士2名、ソーシャルワーカー2名、計24名

災害医療における視覚情報共有システムの効果：

- 1) より迅速か：「5」：12人、「4」：9人、「3」：3人
- 2) 適切な処置が可能か：「5」：8人、「4」：12人、「3」：4人
- 3) 人員削減：「5」：12人、「4」：9人、「3」：3人



図：4.4.1.1-6 災害医療における視覚情報共有システムのアンケートの割合

視覚情報共有システムは、災害医療において、迅速性（87.5%：12+9/24人）、質の向上（83.3%：8+4/24人）、人員削減（87.5%：12+9/24人）の面で寄与すると回答されていた。しかし、実証実験参加者、非参加者共に、「どちらともいえない」と回答した者もあり、その理由として、災害医療の現場では、情報の混乱が必発であり、現場での密なコミュニケーションによる生の情報のやり取りが行われる方が、混乱を解消する上で迅速性が高いのではないかと、との意見や、複数の場面で複数の人員が突発的に必要となる場面も多く、遠隔支援が主体では間に合わない場面も多いことが予想される、といった意見、電波・システムの安定性に不安との意見もあった。災害医療においては、効率的な高度化を求めつつも、人員削減をせずに、現場に多く人員を置く必要がある可能性が示唆され、今後の検証が必要と思われた。

2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有

- ・重症患者の血管撮影目的の移動時の遠隔モニタリング。

実証実験参加の搬送関連スタッフを対象に、搬送担当者、搬送元・搬送先担当者としての、視覚情報共有システムの使用感、効果について表4.4.1.1-4に示す項目の調査を行った。また、実証実験非参加者を含む搬送関連スタッフを対象に、搬送時視覚情報共有への期待について、副次的効果も含めて調査した。合わせて、視覚情報がないことによる問題の経験の有無、実装に向けた改善点も調査した。

表 4.4.1.1-17 スタッフを対象とした視覚情報共有システム及びこれを用いた診療に対する意見調査項目

評価項目	回答方式
視覚情報共有ソリューションの使用感、効果	
情報共有システムとして妥当性・有用性（搬送上の使用に適しているか）	5段階（1:悪い、3:どちらともいえない、5:良い）
搬送効率化への寄与（人員削減に資するか、タスク・シフティングに資するか）	5段階（1:悪い、3:どちらともいえない、5:良い）
搬送担当者数の削減は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
搬送担当者の経験年数の低下は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
搬送担当者の非資格保持者への移行は可能か	5段階（1:全く可能と思わない、3:わからない、5:全く可能と思う）
心理的負担軽減への寄与	5段階（1:悪い、3:変わらない、5:良い）
当該システムの課題	具体的意見をコメントで記載
搬送時視覚情報共有への期待	
視覚情報共有がないことによる問題の経験	ある、ない
視覚情報共有に期待すること：搬送の質の向上、業務効率化、負担軽減等	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可） このうち最も期待するものを一つ選択
視覚情報共有による副次的効果：スタッフの有効活用、部屋の有効活用	先項目で該当するものを選択（複数可、不選択可）
実装に向けた課題	具体的意見をコメントで記載

アンケート結果：医師8名、看護師7名、技師5名、救命救急士2名、ソーシャルワーカー2名、計24名（うち実証実験参加者13名）

搬送時の視覚情報共有システムについての使用感、効果：

- 1) 妥当性・有用性：「5」：8人、「4」：5人、「3」：5人、「2」：6人
- 2) 人員削減に寄与するか：「5」：6人、「4」：9人、「3」：5人、「2」：4人
- 3) 経験年数低下に寄与するか：「5」：6人、「4」：9人、「3」：3人、「2」：6人
- 4) 非資格保有者への移行に寄与するか：「5」：6人、「4」：6人、「3」：9人、「2」：3人
- 5) 心理的負担軽減への寄与：「5」：9人、「4」：6人、「3」：9人

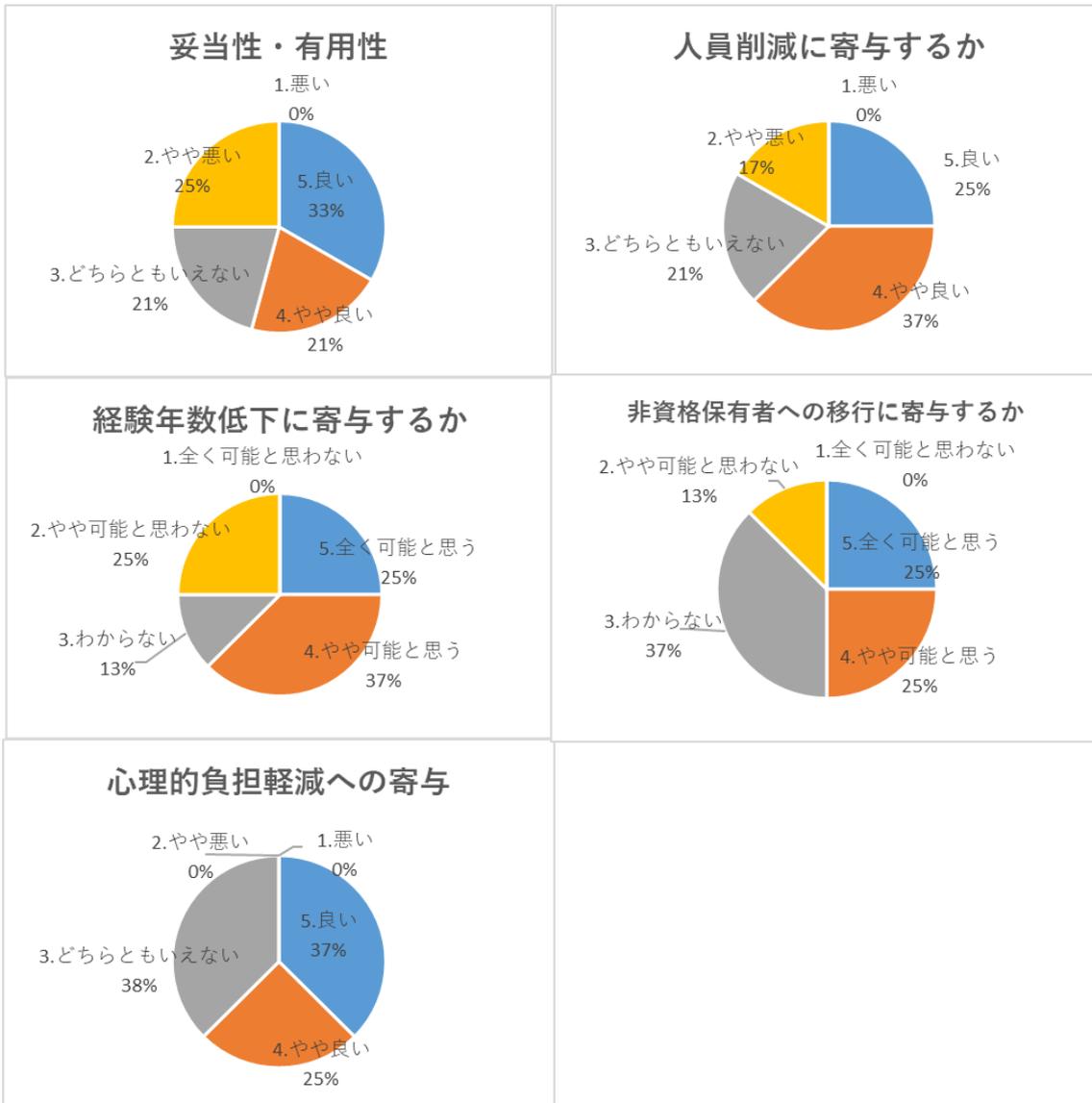
情報共有への期待について：

問題の経験の有無：「あり」：6人、「なし」：18人

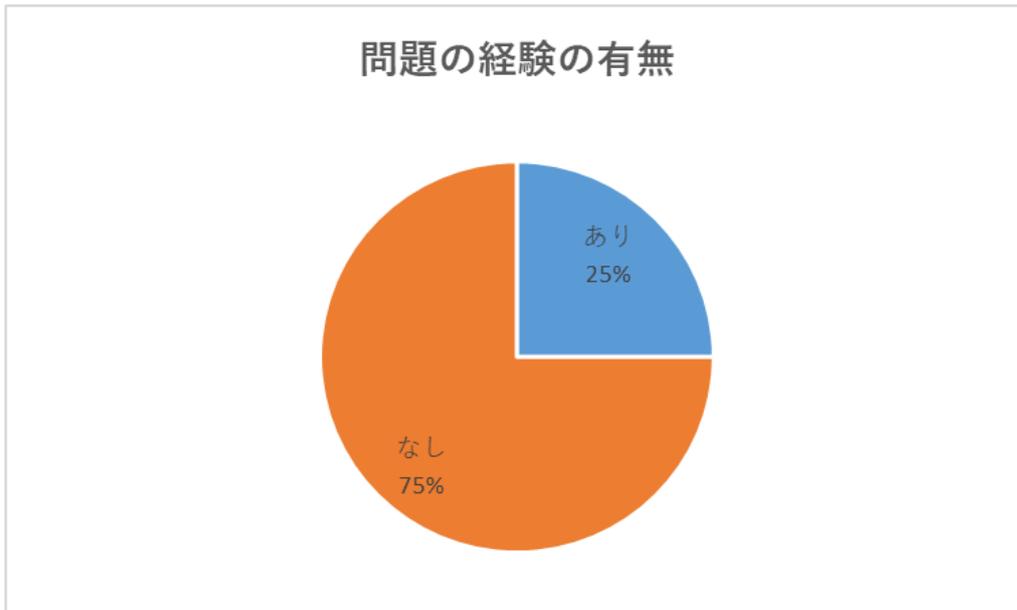
期待すること：「質の向上」83.3%（20/24人）、「業務効率化」91.6%（22/24人）、「負担軽減」25%（6/24人）

最も期待するもの：「質の向上」91.6%（22/24人）、「業務効率化」8.4%（2/24人）

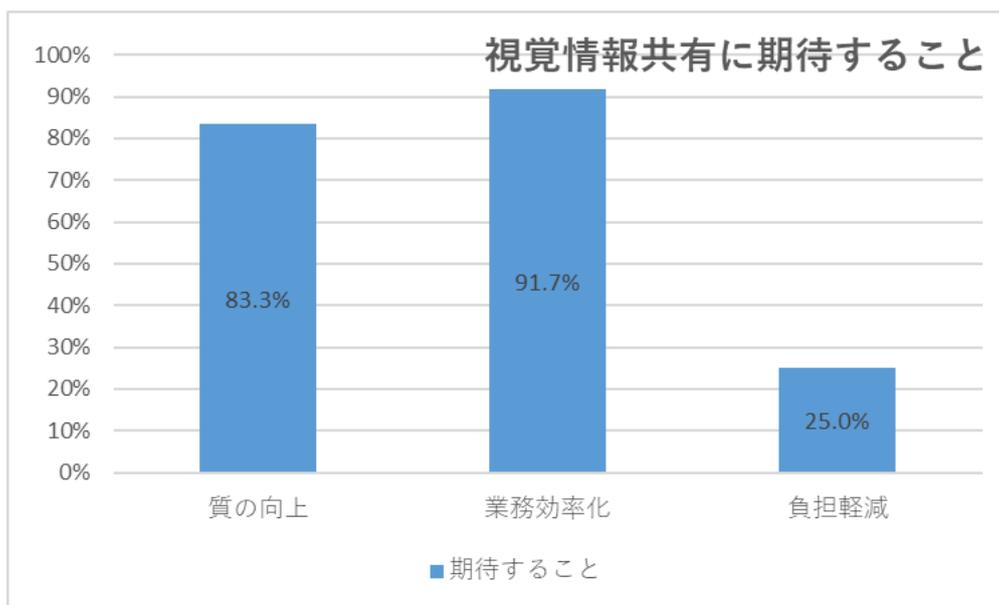
副次的効果：「スタッフ有効活用」45.8%（11/24人）、「部屋の有効活用」33.3%（8/24人）



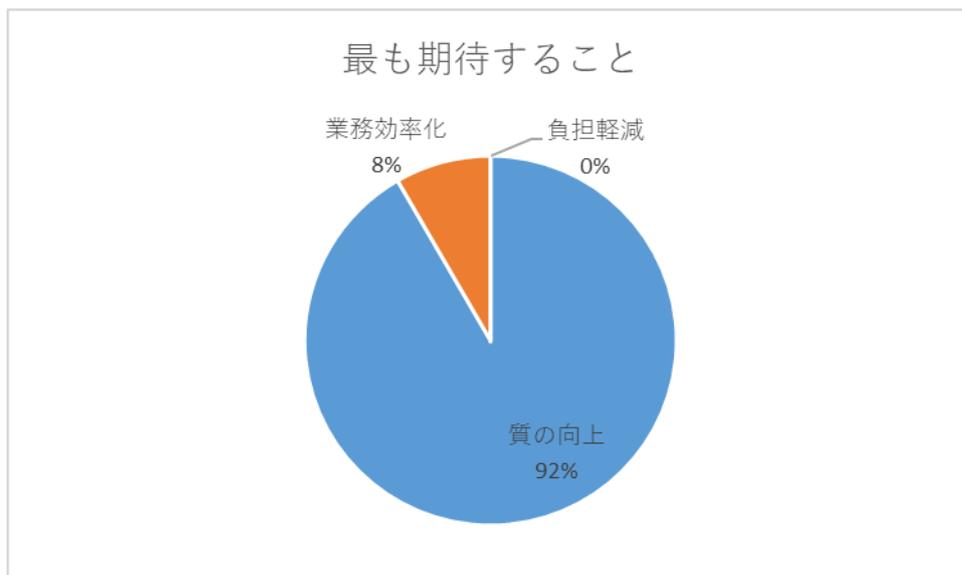
図：4.4.1.1-7 搬送時の視覚情報共有システムについての使用感、効果についてのアンケート結果割合



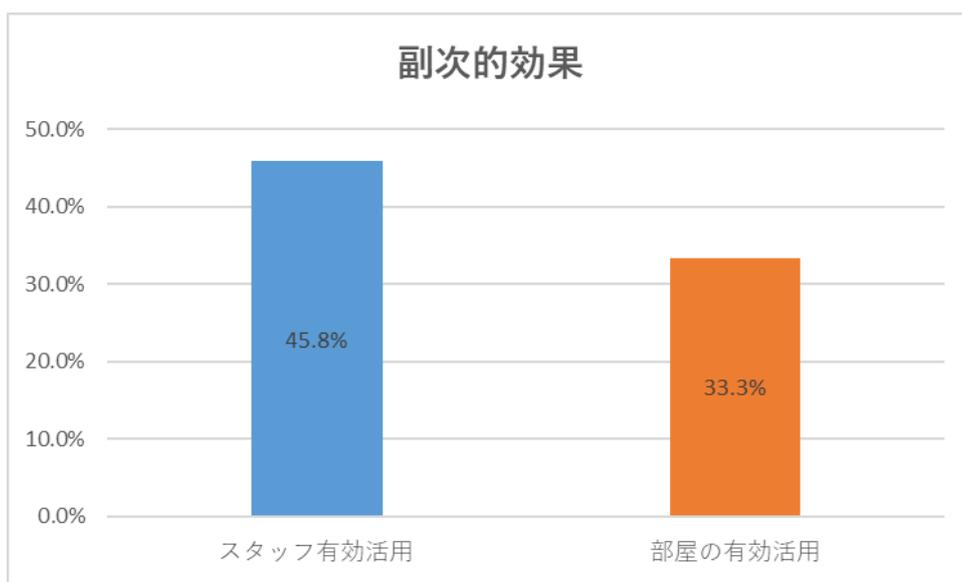
図：4.4.1.1-8 視覚情報共有がないことによる問題の経験の割合



図：4.4.1.1-9 視覚情報共有に期待についての割合



図：4.4.1.1-10 最も期待することについての割合



図：4.4.1.1-11 副次的効果の割合

搬送時の視覚情報共有については、既にギリギリの人数、スタッフでの運用を行っているためこれ以上の人員削減は無理、との意見があり、視覚情報共有システム導入による効果は、質（安全性）の向上にあると捉えられている様である。ただ、搬送患者を観察できる・観察してもらえているといった安心感の向上や、患者の現在のいる場所やその周辺状況がわかることにより、スタッフの働き方がスムーズになるといった業務効率改善への期待も聞かれた。搬送時に何かあった際には場合により緊急処置が必要となることもあるため、人員削減や非資格者への業務移行は難しいのでは、といった意見や、効率化を図る際には患者の選定基準を設ける必要がある、などの意見も聞かれた。

副次効果については、33.3%～45.8%で、スタッフや部屋の有効活用に寄与すると回答している。

3) 既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有

通常の画像転送(電子カルテへ)のパターン、画像診断医のCT室出向パターン、視覚情報共有パターンの3パターンでの、検査開始から判定までの時間と、画像診断医の関わった時間を計測、より短時間でより少ない関与時間で同様の成果が出せるか否かを調査した(表4.4.1.1-5より多人数で確認できる場面もあり、診断精度が上がるか否かも調査)。

表 4.4.1.1-18 画像を視覚情報として共有する遠隔画像診断コンサルテーション
(検査時間を15分、画像配信時間を15分、画像閲覧装置での閲覧開始までの時間を3分、医師移動時間を往復10分、医師現場待ち時間を5分として算出)

	配信待機型 (通常型1)	CT室出向型 (通常型2)	視覚共有型
検査開始—評価完了:診断までの時間	33~48分	16~30分	16~30分
呼び出し—業務再開:画像診断医の関与時間	7~21分	16~30分	7~21分
現場関与画像診断医数	0人	1~2人	0~1人
遠隔関与画像診断医数	0人	1~3人	1~3人
通常型1と比較した診断精度の向上度合い	基準	5段階評価(1:悪い、3:不変、5:良い)	5段階評価(1:悪い、3:不変、5:良い)
視覚共有型への期待(遠隔診断への応用等)	—	—	具体的なコメントとして記載
視覚共有型の課題	—	—	具体的なコメントとして記載

アンケート結果：画像診断医6名を対象(非参加者1名)

1) 診断精度の向上：CT室出向型で全員が「3：不変」と回答した。一方、視覚共有型では4名が「4」と回答した一方、「2」の回答も2名あった。より早く関与できる、業務中断時間が短い、より多くの医師の関与が望める反面、カメラの精度に依存した画質低下に関する懸念から診断精度につき、「3：不変」より低い、「2」の回答があったようである。

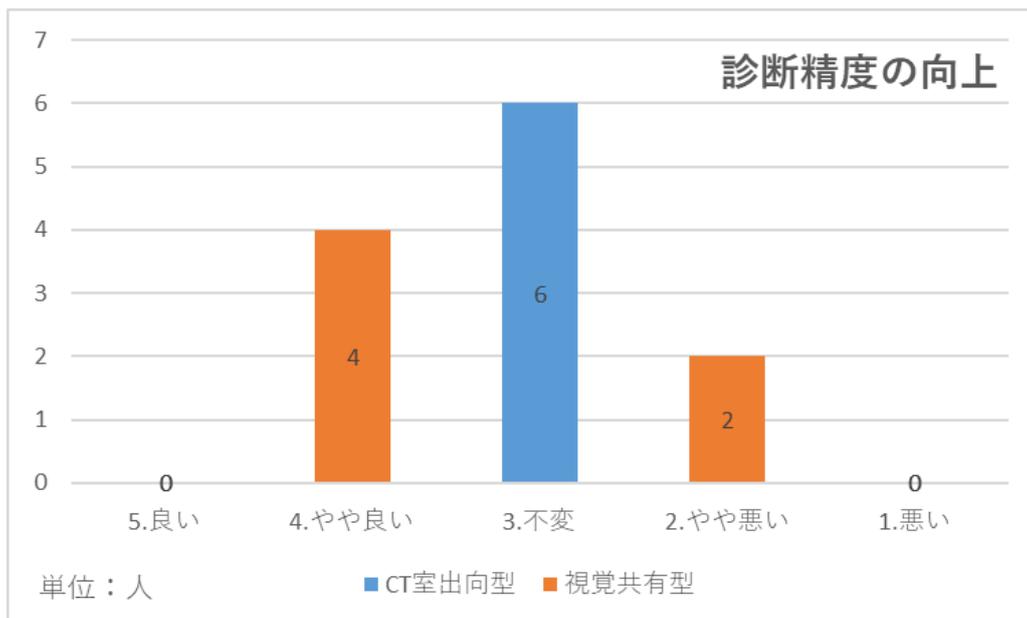
2) 視覚共有型への期待(聞き取り)：

- ・待機型と比較して、早期関与による臨床的意義の高さや、関与時間の短縮による画像診断医の負担軽減、に大きな期待があることが分かった。現場に画像診断医がいなくても遠隔画像診断が行える期待もあった。

3) 視覚共有型の課題(聞き取り)：

- ・カメラの精度に依存する
- ・発信側も受け手側も慣れが必要である
- ・現場スタッフの負担増の可能性(検査だけでなく画像共有に協力しなければならない)
- ・画質低下による診断精度への懸念

などが挙げられた。導入意義については、負担軽減とのバランスで通常型と組み合わせしていくのが現実的であると思われた。



図：4.4.1.1-12 診断精度向上についてのアンケート結果

4) 大容量 X 線動画データ転送

ICUで複数の患者（7名を想定）の動態 X 線写真（1患者当たりのデータ容量：約 700MB）を撮影する場面において、直接データ移行方式（すべての患者撮影後に約 20m 離れた場所にある画像精製ワークステーションまで出向いてデータ転送をかける：7 人分で約 5 GB）でデータ転送を行った場合（従来型）と、ローカル 5 G 環境下に一人一人撮影するごとにベッドサイドからワークステーションにデータ転送を行った場合（ローカル 5 G 転送型）とで、最初の患者撮影開始から最後の 7 人目の患者の画像評価が完了するまでの時間を比較した。

患者一人の撮影に 5 分、ワークステーションまでの移動に 5 分、画像評価に 10 分かかると仮定した場合、従来型とローカル 5 G 転送型との間で、1 人目の患者の読影開始までに約 40 分（42 分 37 秒 vs 2 分 37 秒）、最後の七人目の患者読影完了までに 37 分 23 秒（110 分 vs 72 分 37 秒）の差があり、重篤な急性病態をいち早く評価しなければならない環境において、この差は非常に大きい。ローカル 5 G の導入により、集中治療室での大容量データを有する画像評価において患者に大きなメリットがあると考えられた。また、画像検査結果を待つ集中治療室のスタッフにとっても、少しでも早く画像結果評価を行えることで、より早く必要な処置を開始することもでき、精神的負担軽減につながると考えられた。

撮影からデータ転送のプロセスにおける運用上の問題点、課題につき、撮影・画像配信担当の診療放射線技師を対象に調査を行うとともに、画像診断医を対象に大容量画像データの迅速転送を活用した患者容態評価における臨床上的有用性についても調査した。

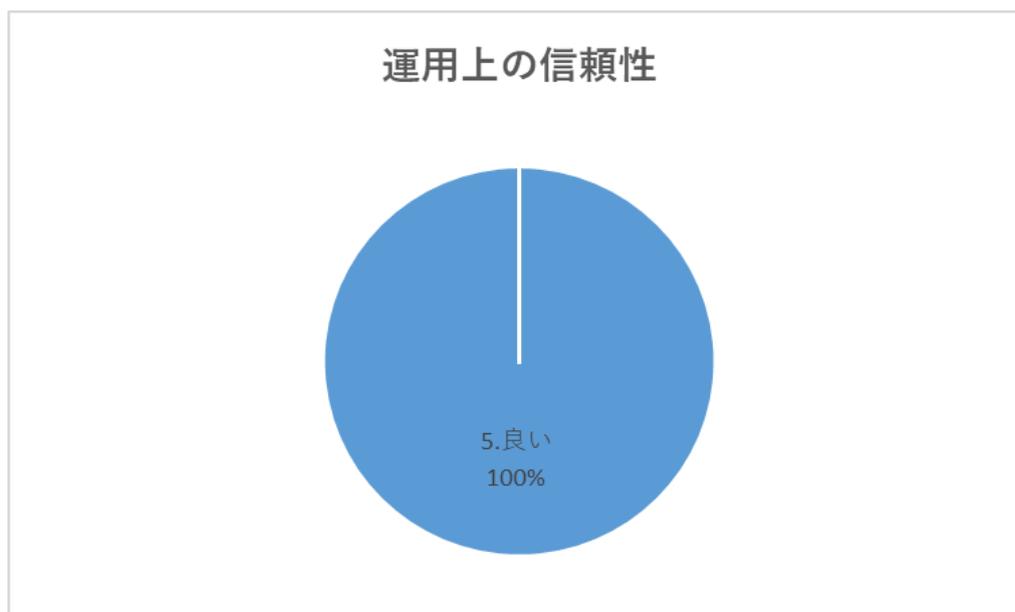
表 4. 4. 1. 1-19 撮影装置からの大容量データ転送におけるアンケート調査

質問項目	回答方法
撮影からデータ転送プロセスにおける課題：診療放射線技師を対象 運用上の信頼性 課題	5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 具体的にコメントとして記載
大容量データ転送を活用した患者容態把握のインパクト：画像診断医を対象 臨床的有用性 運用上の信頼性 課題	5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 5段階（1:悪い、3:どちらでもない、5:良い） 具体的にコメントとして記載

アンケート結果：

1) 撮影からデータ転送プロセスにおける課題：診療放射線技師（5名）を対象
運用上の信頼性：全員が「5：良い」と回答した。

課題（聞き取り）：データ転送に関する課題は特に上がらなかった。

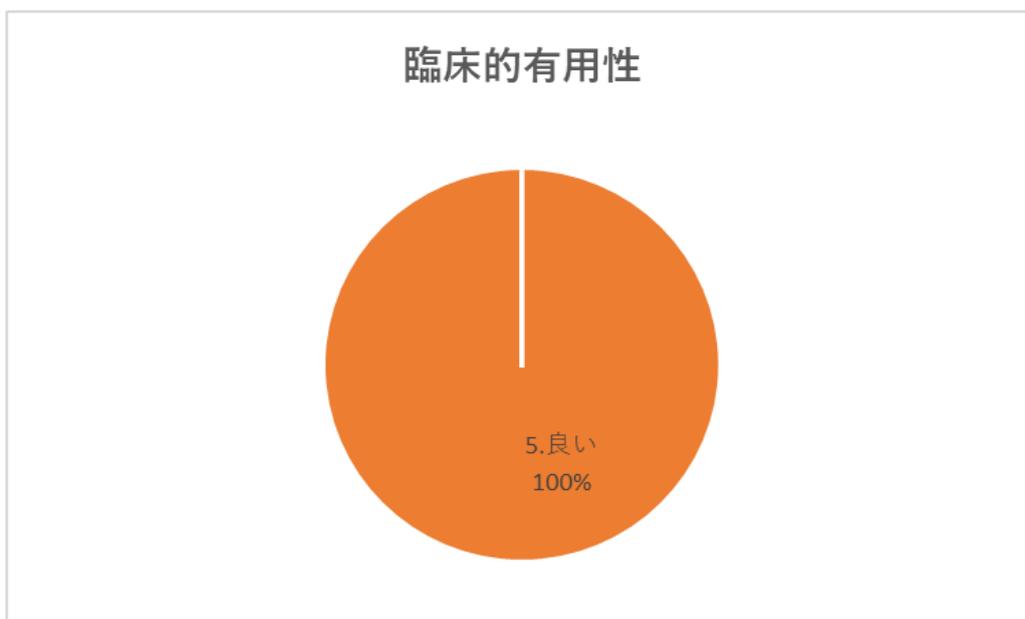


図：4. 4. 1. 1-13 運用上の信頼性についてのアンケート結果割合

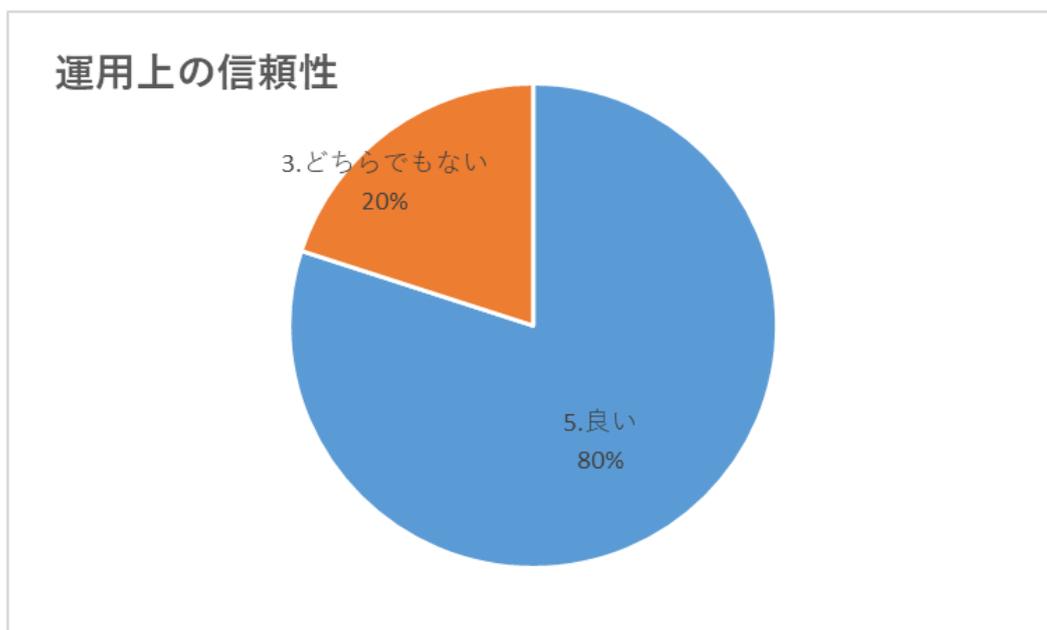
2) 大容量データ転送を活用した患者容態把握のインパクト：画像診断医（4名）を対象
臨床的有用性：全員が「5：良い」と回答した。

運用上の信頼性：8割が「5：良い」と回答、2割が「3：どちらでもない」と回答した。

課題（聞き取り）：大容量データの画像検査の臨床的有用性は高そうであり、期待している一方、その意義については依然継続した評価が必要、と評価されたが、データ転送に関する課題は上がらなかった。



図：4.4.1.1-14 臨床的有用性についてのアンケート結果割合



図：4.4.1.1-15 運用上の信頼性の割合

5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定

AI の導入により、各種器具類の位置に関する医師の見過ごし経験や精神的負担が減ることを検証。器具類の位置異常を後になって気づいた経験の有無とそのタイミング（おおよその時間として表現）、及びそれによって器具の位置補正や治療が必要となった経験の有無（何割の医師が見逃しを経験しているか）を調査、AI などの自動判定の必要性（何割の医師が必要と思っているか）、負担軽減の度合いも調査した。

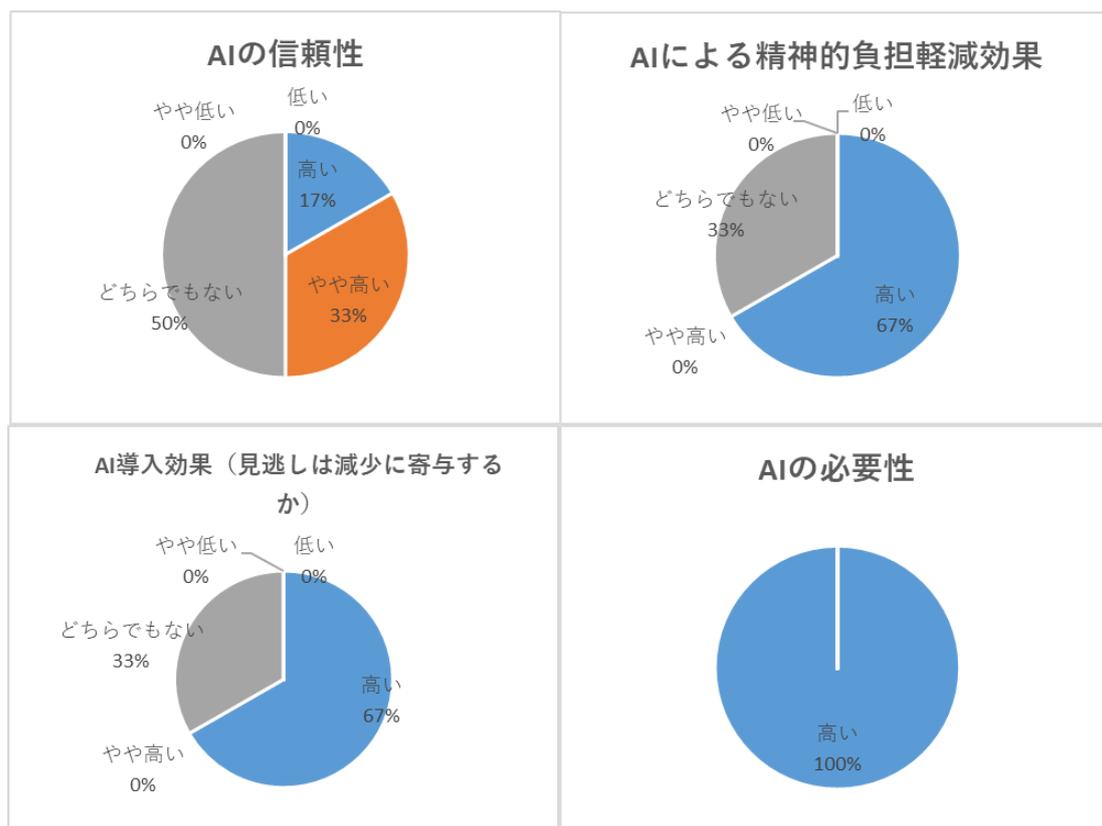
AI の性能とともに、運用面での信頼性、医師の見過ごし経験が減る可能性について評価・検証した。撮影を担当する技師にも調査対象を広げて、より早期の異常発見（撮影時の画像確認の段階での AI 判定）の可能性も評価・検証した。

表 4.4.1.1-20 AI 導入による X 線上での器具類見逃しに関する評価項目、方法

対象 質問内容	回答方法
診療担当医、画像診断医、診療放射線技師 器具類位置異常の経験 器具類位置異常認識のタイミング (撮影から最も遅い場合) 器具類位置異常見逃しの経験 器具類位置異常に対する処置 (位置変更その他) の経験 : 診療担当医のみ AI の信頼性 AI による精神的負担軽減効果 AI 導入効果 (見逃しは減少に寄与するか) AI の必要性	ある、ない ~30 分、30 分~、1 時間~、3 時間~、12 時間~、1 日~ ある、ない ある、ない 5 段階評価 (1:低い、3:どちらでもない、5:高い) 5 段階評価 (1:低い、3:どちらでもない、5:高い) 5 段階評価 (1:低い、3:どちらでもない、5:高い) 5 段階評価 (1:低い、3:どちらでもない、5:高い)

アンケート結果：診療担当医、画像診断医、診療放射線技師（6名）

- 1) 器具類位置異常の経験：全員が「ある」と回答した。
- 2) 器具類位置異常認識のタイミング：「30 分以内」が 2 名、「3 時間以上」が 1 名、「1 日以上」が 3 名であった。
- 3) 器具類位置異常見逃しの経験：全員が「ある」と回答した。
- 4) 器具類位置異常に対する処置 (位置変更その他) の経験 (診療担当医 2 名のみ)：全員が「ある」と回答した。
- 5) AI の信頼性：「5：高い」1 名、「4」2 名、「3：どちらでもない」3 名であった (3 名は AI の実験不参加：以下同様)
- 6) AI による精神的負担軽減効果：「5：高い」が 4 名、「3：どちらでもない」が 2 名であった。
- 7) AI 導入効果 (見逃しは減少に寄与するか)：「5：高い」が 4 名、「3：どちらでもない」が 2 名であった。
- 8) AI の必要性：全員が「5：高い」と回答した。



図：4.4.1.1-16 AI についてのアンケート結果割合

AI 判定の利用により、見逃し減少だけでなく、異常発見のタイミングが早くなり、臨床的意義は大きいと思われた。ただし、AI の性能、課題等については、実験参加医師より、

- ・ AI 判定そのものは、ある程度の精度が得られていると感じていたが、精度については、通信状況の影響も大きいと感じた。

- ・ 今回の実験では、使用した 4K カメラの映像品質が撮影環境に依存していて、安定した撮影環境を模索する必要性を感じた。

- ・ 使用したシステム全体や UI、活用デバイスを改善することで、結果を受ける側にとってより見やすくなると感じた。

- ・ チューブ位置の判定のロジックには改善余地があると感じた。

- ・ 是非とも、臨床現場に導入して欲しいと感じた。

上記等の意見が出た。

期待は大きく、精度が高ければ、臨床的意義は高い一方、撮影環境が制限される可能性があること、UI や運用にはまだ課題があること、が議論された。具体的には以下のような議論がなされた。AI エンジンそのものの検証では、カメラを介さずに、レントゲン写真そのものを映像情報として解析にかけていた。その段階においては今回用いた AI エンジンは、開発途中でチューニングアップがまだ必要とは言え、臨床現場に十分活用できる性能を示していた。4K カメラを用いる際には、モニターに映った映像を映像情報として捉えて AI の判定にかけるが、この時、2段階において、AI の性能低下が起きる可能性があることが想像された。一つ目は、モニターをカメラで写す段階 (A)、もう一つは、カメラが写した映像を AI 判定のために転送する段階 (B)、である。カメラを介してモニターに映った医用

画像を映像情報として捉える今回のやり方は、全国の病院がそれぞれ様々なシステムを組んでいる状況において、ベンダフリーな形で、外付けで容易に導入可能ではあるが、先のAの段階においては、カメラがモニターを撮影する環境（部屋の明るさやモニターの性能など）に影響され、一定（4M以上など）以上の高精細なモニターと表示輝度、さらに一定レベルの部屋の明るさ・暗さの設定が必要である。また、Bの段階においては、電波の安定性は別に考えたとしても、映像配信・AI結果送信/受信システムそのものの安定性や使い勝手により、臨床現場で使えるものと評価できるかどうか今回の検証では十分とは言えないと思われた。

4.4.1.2 機能検証

実証環境で構築した以下1)～5)のソリューションに関して機能検証を行った。

- 1) 簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有
- 2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有
- 3) 既存システムに依存しない遠隔CT画像共有
- 4) 大容量X線動画データ転送
- 5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定

(1) 評価・検証項目

表4.4.1.2-1に示す通り、映像受配信システムにおけるスループットやAI解析エンジンの検出精度、映像コンテンツ生成システムの結果等を表示する医師向けUI等について、評価・検証を行った。

なお、1)～5)のソリューションには、共通利用するシステムが複数存在する。各システムを用いるソリューションは、表4.4.1.2-1の「対象ソリューション」欄に示すこととする。

表4.4.1.2-1 課題検証システムにおける検証項目

No	対象	対象ソリューション	性能評価	パラメータ
1	映像受配信システム	1, 2, 3, 5	実証システムの基本性能評価	<ul style="list-style-type: none"> ・上りスループット ・下りスループット ・遅延量 ・ドロップ数/率
2			コーデックごとの基本性能評価(コーデック選定)	<ul style="list-style-type: none"> ・コーデック ・上りスループット ・下りスループット ・測定時間 ・解像度 ・フレーム数 ・各リソース量
3			End2End遅延	<ul style="list-style-type: none"> ・遅延量 (E2E) ・スループット ・測定間隔

No	対象	対象ソリューション	性能評価	パラメータ
				<ul style="list-style-type: none"> ・解像度 ・フレーム ・各リソース量
4	AI 解析エンジン	5	医師による正誤判定をもとにした混同行列による評価	<ul style="list-style-type: none"> ・正解率 ・適合率 ・再現率
5	映像コンテンツ生成システム	1, 2, 3, 5	web サイトへの接続性	<ul style="list-style-type: none"> ・正常性 ・リードタイム
6			コンテンツ正常性確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ストリーミング映像 ・ログイン表示機能 ・レイアウト ・映像品質
7			医師のアンケートによる定性評価	アンケート
8	クラウドダイレクト接続装置	4	実証システムの基本性能評価	<ul style="list-style-type: none"> ・上りスループット ・下りスループット ・遅延量 ・ドロップ数/率
9			システムオペレーションの時間短縮確認	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレーション開始完了時間

(2) 評価・検証方法

課題検証システムにおける検証項目の評価・検証方法を以下に記載する。

1-1. 実証システムの基本性能評価（対象ソリューション：1, 2, 3）

表 4.4.1.2-1 のNo.1～3に示す映像受配信システムの内、1)～3)のソリューションで利用するシステム概略図を図 4.4.1.2-1 に示す。

この内、以下に記載する①・②のポイント間のスループット、及び遅延時間をネットワーク測定ツール等で測定し、本実証実験で用いるシステムの基本性能を評価・検証する。

- ① エンコード用 PC ～ WebRTC インスタンス (上り方向)
- ② WebRTC インスタンス ～ 測定端末 (下り方向)

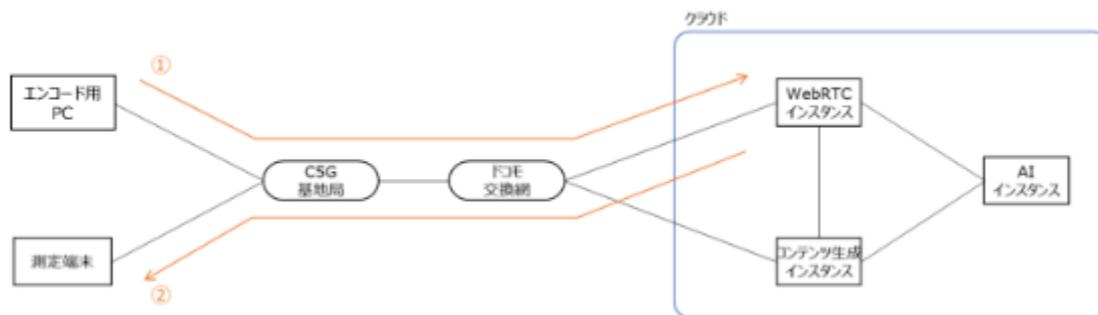


図 4.4.1.2-1 実証システムの基本性能評価（ソリューション 1, 2, 3）

1-2. 実証システムの基本性能評(ソリューション 5)

表 4.4.1.2-1 のNo.1～3 に示す「映像受配信システム」の内、5)のソリューションで利用するシステム概略図を図 4.4.1.2-2 に示す。

この内、以下に記載する①のスループット、及び遅延時間をネットワーク測定ツール等で測定し、本実証実験で用いるシステムの基本性能を評価・検証する。

① エンコード用 PC ～ AI インスタンス ～ 測定端末

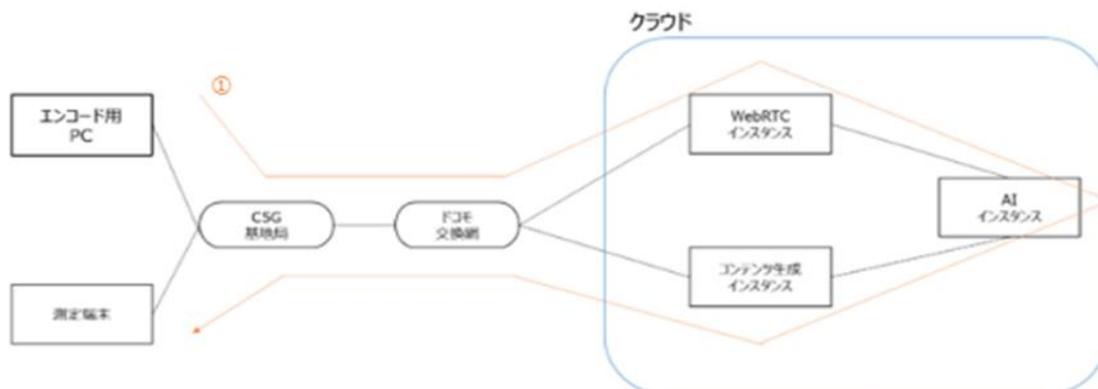


図 4.4.1.2-2 実証システムの基本性能評価(ソリューション 5)

2 コーデックごとの基本性能評価（コーデック選定）

表 4.4.1.2-1 のNo.1～3 に示す「映像受配信システム」の内、1)～3)、及び5)のソリューションで利用するシステム概略図を図 4.4.1.2-3 に示す。

この内、以下に記載する①において、エンコード用 PC 上の WebRTC クライアントで、映像配信スループットを変更することで、閲覧端末上における FullHD～4K30fps 配信の配信スループット上限値を確認・評価する。

閲覧端末では、Google Chrome デバッグモードを用い、コーデックはラボ環境での測定結果から、最も適切なプログラムを選定することで、配信側コンピュータ、受信側コンピュータの「CPU、MEM、GPU のリソース状況」を取得した。

詳細な測定条件を以下に記す。

表 4. 4. 1. 2-2 課題検証システムにおける検証項目

対象	測定条件	備考
コーデック	H. 264、VP8、VP9	
スループット	10Mbps、15Mbps、20Mbps	
時間（測定間隔）	5分後、10分後、30分後	
解像度	3840×2160	試験時間経過後も FullHD～4K 相当の解像度で伝送されているか
フレーム	30fps	試験時間経過後も 30 フレーム相当伝送されているか

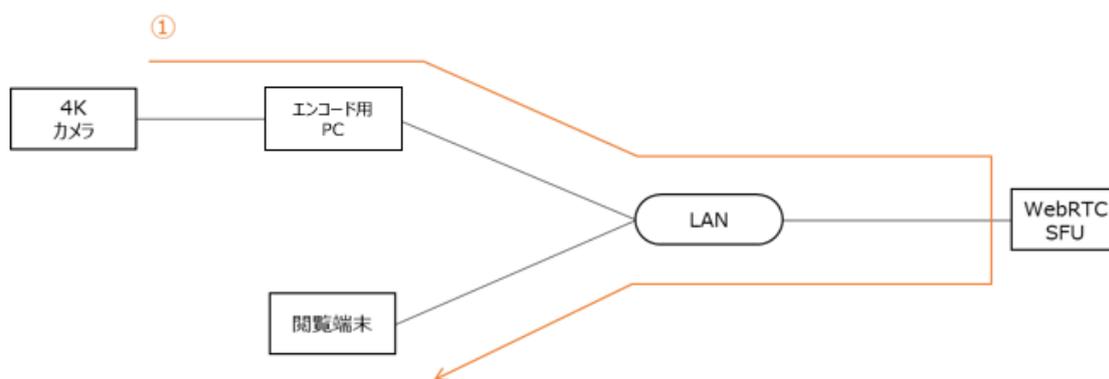


図 4. 4. 1. 2-3 コーデックごとの基本性能評価

3 End2End 遅延

表 4. 4. 1. 2-1 のNo. 1～3 に示す「映像受配信システム」を一定時間稼働し、以下に記載する①・②の時刻差分を取得することから、WebRTC 通信を用いた長期安定試験でのレイテンシを確認・評価する。

- ① エンコード用 PC に接続するカメラの前に設置する、ミリ秒単位で表示可能なデジタル時計
- ② コンテンツ結果表示 PC/タブレットの画面に表示するデジタル時計

詳細な測定条件を以下に記す。

表 4. 4. 1. 2-3 課題検証システムにおける検証項目

対象	測定条件	備考
コーデック	H. 264、VP8、VP9	
スループット	10Mbps、15Mbps、20Mbps	
時間（測定間隔）	5分後、10分後、30分後	
解像度	4K 相当	試験時間経過後も 4K 相当の解像度で伝送されているか
フレーム	30fps 相当	試験時間経過後も 30 フレーム相当伝送されているか

4. 医師による正誤判定をもとにした混同行列による評価

表 4.4.1.2-1 のNo.4 に示す「AI 解析エンジンの解析精度」は、医師による正誤判定の結果を正とし、レントゲン画像から ①気管挿管 (ETT)、②静脈カテーテル (CV)、③胃管チューブ (NG) の状態を判断した解析結果との差分を取ることから、確認・評価する。

また、評価に用いる「正解率」、「適合率」、「再現率」の定義は、以下に記載の通りとする。

- ・正解率：AI 解析エンジンの判定結果の内、医師の正誤判定と同判定した割合
- ・適合率：AI 解析エンジンが正と判定した結果の内、医師が正と判定した割合
- ・再現率：医師が正と判定した結果の内、AI 解析エンジンが正と判定した割合

5. web サイトへの接続性

表 4.4.1.2-1 のNo.5～7 に示す「映像コンテンツ生成システム」の内、web サイトへの接続性は、web サイトを閲覧する端末から、指定の閲覧サイトに仕様通り、アクセスすることができるかの正常性、及びアクセスまでに生じるリードタイムを確認するという観点から、評価する。

正常性、リードタイムの評価項目を以下に記す。

表 4.4.1.2-4 web サイトへの接続性における検証項目

対象	評価項目
正常性	web サイトを閲覧する端末でブラウザを起動し、指定する URL を入力する事で、閲覧サイトの UI が表示できるか。
	複数の端末から同時に閲覧サイトに接続した場合でも、全てのデバイスでアクセス可能か。
	閲覧サイトの UI から遷移する先が、適切なページに設定できているか。
	指定のブラウザアプリから、閲覧サイトの UI が表示できるか。
リードタイム	PC、タブレットのどちらからでも、閲覧サイトの UI が表示できるか。
	ブラウザから Web サイトにアクセスするまでのリードタイムは何秒か。
	web サイト内のリンク先へアクセスした際のリードタイムは何秒か。

6. コンテンツ正常性確認

表 4.4.1.2-1 のNo.5～7 に示す「映像コンテンツ生成システム」の内、コンテンツ正常性確認は、閲覧サイトの表示内容を以下の観点から、評価する。

表 4.4.1.2-5 コンテンツ正常性確認

観点	評価項目
ストリーミング映像	目的のストリーミング映像が表示できるか
	目的のストリーミング映像を表示するリンク先を選択した時の、映像投影までのリードタイム何秒か
ログイン表示機能	PC、タブレット上でログインしているユーザ情報が正しく表示できているか
レイアウト	指定の映像が正しい位置に表示できているか
映像品質	4K 相当(スマートグラスは FullHD 相当)の解像度で、映像が表示できているか

7. 医師のアンケートによる定性評価

表 4.4.1.2-1 のNo.5～7に示す「映像コンテンツ生成システム」の内、医師のアンケートによる定性評価は、Google フォームを活用して、以下の項目でアンケートを回収した。

表 4.4.1.2-6 医師のアンケートによる定性評価

アンケート内容
操作性、見やすさなど求められている UI となっているか
目的のリンク先へストレス無くスムーズに移動できたか
視覚的に目的のリンク先がどれかを特定できたか
表示される映像は高精細で綺麗な映像であったか
PC 並びにタブレットのどちらでも操作性に違いは無かったか
表示される映像はカクカクせずスムーズだったか

なお、映像がカクカクしたり、一瞬止まったりと動画像がスムーズに再生されないことを以下「カクツキ」と表現する。

8. 実証システムの基本性能評価

表 4.4.1.2-1 のNo.8～9に示す「クラウドダイレクト接続装置」の内、実証システムの基本性能評価は、X 線動画像伝送装置 ～ クラウドダイレクト ～ X 線動画像表示用 PC のスループットを測定し、本実証のシステム基本性能を評価する。

9. システムオペレーションの時間短縮確認

表 4.4.1.2-1 のNo.8～9に示す「クラウドダイレクト接続装置」の内、システムオペレーションの時間短縮確認は、X 線動画像伝送装置からクラウドダイレクト接続装置を介して、X 線動画像表示用 PC に X 線動画像が表示できるまでの時間から評価する。

(3) 実証結果・考察

課題検証システムにおける実証結果・考察を以下に記載する。

1-1. 実証システムの基本性能評価（対象ソリューション：1, 2, 3）

図 4.4.1.2-4 に示す①・②のポイント間のスループット、及び遅延時間をネットワーク測定ツール等で測定し、本実証実験で用いるシステムの基本性能を評価・検証した。

- ① エンコード用 PC ～ WebRTC インスタンス (上り方向)
- ② WebRTC インスタンス ～ 測定端末 (下り方向)

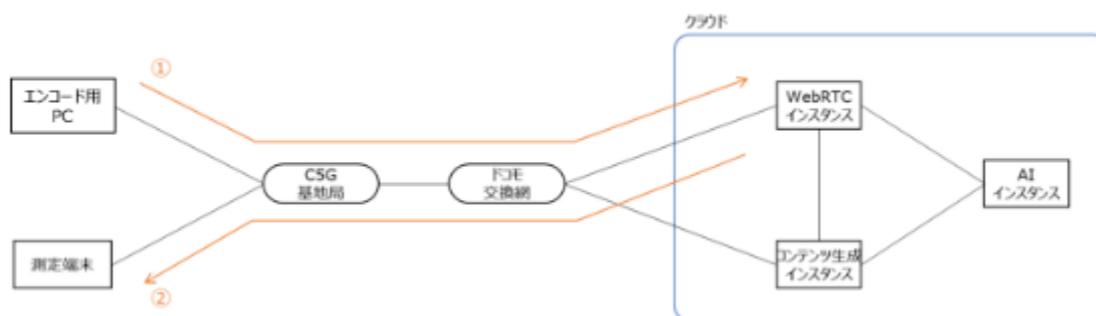


図 4.4.1.2-4<図 4.4.1.2-1 の再掲>
実証システムの基本性能評価 (ソリューション 1, 2, 3)

【性能要件】

- ・ 4K カメラ (3840×2160)、360 度カメラ (3840×1920)、スマートグラス (1920×1080) からの映像伝送は、コーデック「H. 264、VP8、または VP9」、30 フレーム (fps) と想定し、通信スループット 1 台あたり 5Mbps とする。
- ・ 4K カメラ、スマートグラスの時刻差異は、1 秒以内とする。但し、360 度カメラは、機器の仕様上、映像処理に時間を要するため、2 秒以内とする。

【データ取得方法】

- ・ 送信側のカメラ (4K カメラ、360 度カメラ、スマートグラス) ごとにデータ送信開始から、5 分後、10 分後、30 分後の情報を各 1 回、スナップショットから取得する。

また、各カメラと通信機器の接続は、4K カメラ、360 度カメラが 5 G 端末との有線接続に対し、有線接続のインターフェースがないデバイスを選定したスマートグラスは、5 G 端末との Wi-Fi 接続とした。(各カメラの選定理由は、「2.3.1.3 選定機器・選定理由」参照)。実証フィールドが病院内であることから、院内 Wi-Fi との干渉や混線が生じる可能性も考えられたが、5 GHz 帯の帯域幅を利用することで、ローカル 5 G の速度を阻害することのない環境下で検証を行った。

4K カメラ×3 台、360 度カメラ×1 台、スマートグラス×3 台、計 7 台のカメラからの送信パケットを 5 Mbps/台 (全体で 35Mbps) に設定して、データ送信を行った結果を表 4.4.1.2-7 に示す。

表 4.4.1.2-7 実証システムの基本性能評価結果 (対象ソリューション: 1, 2, 3)

送信時間 (min)	上りスループット (Mbps)					下りスループット (Mbps)			時刻差異 (sec)		
	4Kカメラ ①	4Kカメラ ②	4Kカメラ ③	360度カメラ	スマートグラス (①~③)	Soraサーバ	Soraサーバ	受信PC	4Kカメラ	360度カメラ	スマートグラス
5	4.7	0.6	2.9	3.7	21.2	33.02	32.87	26.3	0.88	1.14	0.27
10	5.0	5.0	1.7	4.2	15.4	31.30	30.98	28.7	0.85	1.39	0.30
30	4.4	3.3	5.1	4.2	14.2	31.17	30.82	32.0	0.89	5.10	0.30
ave	4.7	3.0	3.2	4.0	17.0	31.83	31.56	29.0	0.87	2.54	0.29

<スループット>

5 分後、10 分後、30 分後に取得したスナップショットから、計 7 台の合計で平均 31.8Mbps (1 台当たりの平均に換算すると 4.5Mbps) のスループット出力を確認した。スナップショットを用いたデータ取得となるため、取得タイミングによる値のバラつきを考慮す

る必要はあるが、瞬間の最大値で 5Mbps 程度が確認できていることから、本検証では妥当であると判断した。

また、上りスループットの合計値（＝上りスループットの Sora サーバ値）に対し、下りスループットの Sora サーバ値でも同程度の値が出力できていることから、下りの通信も正常に行えていると判断した。

〈時刻差異〉

4K カメラ、スマートグラスは、5 分後、10 分後、30 分後の全てで、性能要件に定めた 1 秒以内を満たすことができた。

一方、360 度カメラは、30 分後に限り、性能要件である 2 秒を超える値となった。10 分後までは、性能要件に定めた 2 秒以内を満たしていたことから、データ送信時間が一定時間を超えた場合、遅延時間が増加する可能性を見出すことができた。

1-2. 実証システムの基本性能評価（対象ソリューション：5）

図 4.4.1.2-5 に示す①のスループット、及び遅延時間をネットワーク測定ツール等で測定し、本実証実験で用いるシステムの基本性能を評価・検証した。

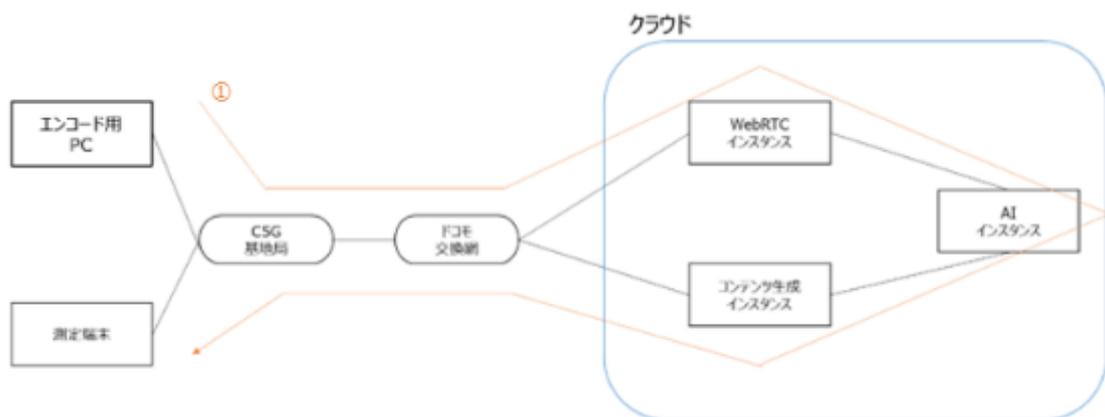


図 4.4.1.2-5<図 4.4.1.2-2 の再掲>
実証システムの基本性能評価(ソリューション 5)

【性能要件】

- ・ 4K カメラ (3840*2160)からの映像伝送は、コーデック「H.264、VP8、または VP9」、30 フレーム (fps) と想定し、通信スループット 1 台あたり 15Mbps とする。
- ・ 4K カメラの時刻差異は、ソリューション 5 (既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定) を行うことから、5 秒以内とする。

【データ取得方法】

- ・ 送信側カメラ (4K カメラ) のデータ送信開始から、5 分後、10 分後、30 分後の情報を各 1 回、スナップショットから取得する。

4K カメラ×1 台の送信パケットを 15Mbps に設定して、データ送信を行った結果を表 4.4.1.2-8 に示す。

表 4.4.1.2-8 実証システムの基本性能

送信時間 (min)	上りスループット (Mbps)			下りスループット (Mbps)				時刻差異 (sec)	
	4Kカメラ ①	Soraサーバ	Web	Soraサーバ	AI	Web	受信PC	4Kカメラ	
5	7.1	5.84	0.03	5.87	3.34	0.03	7.1	4.96	
10	10.6	14.61	0.06	14.66	3.18	0.06	11.0	3.63	
30	8.3	10.61	0.05	10.58	1.75	0.05	8.3	3.33	
ave	8.7	10.35	0.05	10.37	2.75	0.05	8.8	3.97	

評価結果(対象ソリューション：5)

<スループット>

5分後、10分後、30分後に取得したスナップショットから、平均8.7Mbpsのスループット出力を確認した。設定値(15Mbps)に比べ、低い出力値のようにも思われるが、ソリューション5(既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定)では、静止画を映像として送信していることから変化がない。従って、エンコードしたデータ量に反映されにくいことから、スループットも低い値が出ているのは妥当と判断した。また、上りスループットのSoraサーバ値に対し、下りスループットのSoraサーバ値でも同程度の値が出力できていることから、下りの通信も正常に行えていると判断した。

<時刻差異>

5分後、10分後、30分後の全てで、性能要件に定めた5秒以内を満たせたことから、十分な基本性能を有していることが確認できた。

2. コーデックごとの基本性能評価 (コーデック選定)

用意する機材・ソフトウェアによって選定するコーデックを決定する必要があるため、図4.4.1.2-6に示す①において、エンコード用PC上のWebRTCクライアントで、映像配信スループットを変更することで、閲覧端末上におけるFullHD~4K30fps配信の配信スループット上限値を確認・評価した。

また、閲覧端末では、Google Chrome デバッグモードを用い、コーデックはラボ環境での測定結果から、最も適切なプログラムを選定することで、配信側コンピュータ、受信側コンピュータの「CPU、MEM、GPUのリソース状況」を取得した。

詳細な測定条件を以下に記す。

表 4.4.1.2-9<表 4.4.1.2-2 の再掲> 課題検証システムにおける検証項目

対象	測定条件	備考
コーデック	H.264、VP8、VP9	
スループット	10Mbps、15Mbps、20Mbps	
時間(測定間隔)	5分後、10分後、30分後	
解像度	3840×2160	試験時間経過後もFullHD~4K相当の解像度で伝送されているか
フレーム	30fps	試験時間経過後も30フレーム相当伝送されているか

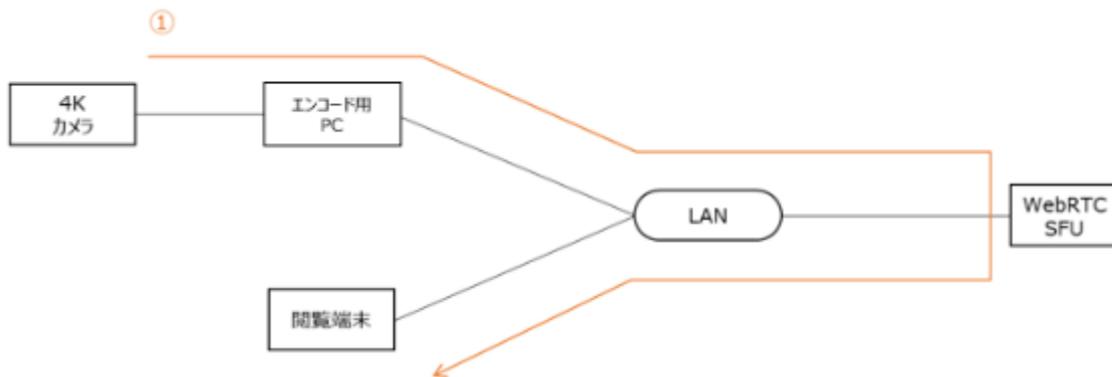


図 4. 4. 1. 2-6<図 4. 4. 1. 2-3 の再掲>
 実証システムの基本性能評価(ソリューション 5)

測定結果を表 4. 4. 1. 2-10 に示す。

表 4. 4. 1. 2-10 コーデックごとの基本性能評価結果

試験パターン	送信時間	スループット (Mbps)	測定タイミング	送信側(WindowsPC)			受信側(WebRTC)			受信側(PC)			解像度	再生中フレーム数	受信フレーム数	デコードフレーム数	ドロップフレーム数	時刻差異
				CPU%	MEM%	GPU%	CPU%	MEM%	GPU%	CPU%	MEM%	GPU%						
H.264	35分	10	5分後	9.0	30.0	60	7.3	0.6	4.00	41.0	10.0	3840*2160	25	8671	8671	0	0.31	
			10分後	9.0	31.0	60	7.6	0.6	4.00	42.0	11.0	3840*2160	27	15573	15572	0	0.31	
			30分後	8.0	31.0	60	9.3	0.6	4.00	42.0	11.0	3840*2160	26	43680	43680	0	0.33	
			5分後	8.0	32.0	58	6.7	0.6	4.00	43.0	11.0	3840*2160	24	7067	7067	0	0.3	
			10分後	8.0	32.0	63	10.7	0.6	4.00	42.0	11.0	3840*2160	26	14164	14164	0	0.3	
			30分後	9.0	32.0	62	11.0	0.6	4.00	43.0	11.0	3840*2160	27	9035	9034	0	0.35	
	35分	20	5分後	9.0	32.0	61	13.0	0.5	4.00	43.0	11.0	3840*2160	26	9886	9886	0	0.31	
			10分後	9.0	33.0	64	10.3	0.5	5.00	43.0	11.0	3840*2160	18	1376	1375	0	0.32	
			30分後	9.0	33.0	61	13.0	0.5	4.00	44.0	11.0	3840*2160	27	24293	24292	0	0.33	
		15	5分後	28.0	34.0	0	7.3	0.5	10.00	42.0	14.0	3840*2160	24	8535	6866	1669	0.27	
			10分後	28.0	33.0	0	8.0	0.5	10.00	42.0	14.0	3840*2160	26	16399	13842	2556	0.23	
			30分後	28.0	33.0	0	8.0	0.5	6.00	42.0	8.0	3840*2160	25	47735	40646	7040	0.23	
VP8	35分	15	5分後	28.0	34.0	0	12.3	0.5	11.00	42.0	15.0	3840*2160	25	65144	56527	8616	0.23	
			10分後	32.0	34.0	0	10.6	0.5	11.00	42.0	14.0	3840*2160	26	73013	64255	8756	0.72	
			30分後	32.0	33.0	0	11.3	0.5	11.00	42.0	14.0	3840*2160	26	104243	94615	9626	0.25	
	20	5分後	33.0	34.0	0	13.6	0.5	12.00	36.0	11.0	3840*2160	26	49149	47208	1939	0.28		
		10分後	29.0	34.0	0	11.0	0.5	11.00	35.0	11.0	3840*2160	27	56955	54542	2410	0.26		
		30分後	34.0	34.0	0	13.7	0.5	12.00	36.0	11.0	3840*2160	26	87734	83643	2494	0.28		
VP9	35分	10	5分後	19.0	37.0	0	5.3	0.5	4.00	37.0	11.0	3840*2160	3	1482	1294	188	0.32	
			10分後	19.0	35.0	0	6.0	0.5	4.00	37.0	12.0	3840*2160	3	2542	2303	239	0.37	
			30分後	28.0	35.0	0	7.3	0.5	4.00	37.0	12.0	3840*2160	3	7650	6705	945	1.46	
		15	5分後	26.0	38.0	0	19.9	0.7	4.00	38.0	12.0	3840*2160	2	135	120	5	0.42	
			10分後	21.0	37.0	0	8.3	0.7	4.00	38.0	11.0	3840*2160	4	363	348	15	1.69	
			30分後	23.0	35.0	0	7.3	0.7	4.00	38.0	11.0	3840*2160	4	4659	4572	87	0.4	
	20	5分後	23.0	38.0	0	9.0	0.6	4.00	38.0	12.0	3840*2160	1	468	256	211	3.11		
		10分後	24.0	35.0	0	10.0	0.6	4.00	38.0	11.0	3840*2160	1	709	398	311	20.48		
		30分後	24.0	35.0	0	9.0	0.6	4.00	38.0	12.0	3840*2160	0	1005	420	564	38.94		

今回使用したソフトウェアのエンコードの仕様上、VP8、VP9 では GPU 処理が利用できない (CPU 処理のみとなる)。このため、GPU 処理が利用可能な H. 264 と比較することで、処理効率に差が出るかを検証した。

結果、解像度は、H. 264、VP8、VP9 の全てで、4K (3840×2160) に達したが、ドロップフレーム数に関しては H.264 が 0 であるのに対し、VP8、VP9 では一定数生じたことを確認した。

以上より、安定した映像配信という観点から、GPU 処理を併用することで CPU の負荷を下げた効率的な処理が可能となる H. 264 を選定した。

3. End2End 遅延

表 4.4.1.2-1 のNo.1～3 に示す「映像受配信システム」を一定時間稼働し、以下に記載する①・②の時刻差分を取得することから、WebRTC 通信を用いた長期安定試験でのレイテンシを確認・評価した。

- ① エンコード用 PC に接続するカメラの前に設置する、ミリ秒単位で表示可能なデジタル時計
- ② コンテンツ結果表示 PC/タブレットの画面に表示するデジタル時計

詳細な測定条件を表 4.4.1.2-11 に示す。

表 4.4.1.2-11 課題検証システムにおける検証項目

対象	測定条件
コーデック	H.264
スループット	5Mbps、10Mbps、15Mbps、20Mbps
時間（測定間隔）	5 分後、10 分後、30 分後
解像度（4K カメラ）	3840×2160
解像度（360 度カメラ）	3840×1920
解像度（スマートグラス）	1920×1080
フレーム	30fps

【性能要件】

- ・ 4K カメラ（3840×2160）、360 度カメラ（3840×1920）、スマートグラス（1920×1080）からの映像伝送は、コーデック=H.264、30 フレーム（fps）とし、通信スループット 1 台あたり 5Mbps、10Mbps とする。
- ・ 4K カメラ、スマートグラスの時刻差異は、1 秒以内とする。但し、360 度カメラは、機器の仕様上、映像処理に時間を要するため、2 秒以内とする。

【データ取得方法】

- ・ 送信側のカメラ（4K カメラ、360 度カメラ、スマートグラス）ごとにデータ送信開始から、5 分後、10 分後、30 分後の情報を各 1 回、スナップショットから取得する。

測定結果を表 4.4.1.2-12 に示す。

表 4.4.1.2-12 End2End の遅延確認結果

台数	構成	送信時間	スループット (Mbps)	測定タイミング (分後)	送信側(WindowsPC) 4Kカメラ①				送信側(WindowsPC) 4Kカメラ②				送信側(WindowsPC) 4Kカメラ③				送信側(WindowsPC) 360度カメラ				受信側(WebRTC)				受信側(PC) ①												
					CPU (%)	MEM (%)	GPU (%)	送信 (Mbps)	CPU (%)	MEM (%)	GPU (%)	送信 (Mbps)	CPU (%)	MEM (%)	GPU (%)	送信 (Mbps)	CPU (%)	MEM (%)	GPU (%)	送信 (Mbps)	CPU (%)	MEM (%)	受信 (Mbps)	送信 (Mbps)	GPU (%)	CPU (%)	MEM (%)	GPU (%)									
					3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	5	5	16	37	41	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	37	46	5	1	5
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	10	5	16	38	43	10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	37	58	10	2	5	29	29	24	40	68	
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	15	5	18	37	42	14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	34	50	8	5	5	36	35	24	40	61	
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	20	5	18	37	42	16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	34	59	11	6	5	42	42	24	41	54	
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	5	5	20	37	42	5	17	37	64	1	26	38	59	3	12	37	48	4	4	6	33	33	32	42	71										
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	10	5	20	36	42	5	19	37	66	5	23	38	67	2	13	37	51	4	6	6	31	31	34	42	72										
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	30	5	19	36	42	4	16	37	61	3	23	38	61	5	12	37	55	4	2	6	31	31	33	43	71										

台数	構成	送信時間	スループット (Mbps)	測定タイミング (分後)	4Kカメラ①					360度カメラ					スマートグラス①							
					解像度	再生中	受信	デコード	ドロップ	時刻差異	解像度	再生中	受信	デコード	ドロップ	時刻差異	解像度	再生中	受信	デコード	ドロップ	時刻差異
					3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	5	5	3840	33	20,554	20,552	0	0.87	3840	32	18,680	18,679	0	1.02	1920
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	10	5	3840	16	27,752	27,752	0	0.80	3840	32	25,880	25,879	0	0.96	1920	32	25,880	25,879	0	0.31
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	30	5	3840	31	65,430	65,429	0	0.84	3840	31	63,545	63,543	0	1.01	1920	15	43,983	43,983	0	0.34
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	10	10	3840	32	105,589	105,589	0	0.80	3840	32	102,684	102,683	0	1.01	1920	32	11,261	11,261	0	0.34
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	15	10	3840	32	114,219	114,218	0	0.82	3840	15	111,250	111,247	2	1.57	1920	16	17,875	17,874	0	0.29
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	20	30	3840	16	149,438	149,438	0	0.81	1920	32	146,435	146,431	3	0.96	1080	32	43,706	43,702	4	0.37
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	5	5	3840	29	20,834	20,832	0	0.87	3840	29	22,588	22,574	12	1.06	1920	47	17,267	17,266	0	0.37
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	10	10	3840	30	26,266	26,264	0	0.89	3840	30	29,241	29,227	12	1.03	1920	29	22,193	22,192	0	0.33
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	15	30	2161	29	49,820	49,818	0	1.47	1921	29	54,009	53,775	231	1.07	1081	29	47,694	47,656	37	0.32
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	20	5	3840	30	5,303	5,302	0	0.83	3840	24	4,128	4,014	111	1.10	1920	16	3,519	3,519	0	0.59
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	10	10	3840	34	11,879	11,877	0	0.86	3840	30	9,638	9,518	115	1.34	1920	23	7,840	7,838	0	0.39
3	4Kカメラ*1 360度カメラ*1 スマートグラス*1	50	30	30	2162	30	44,374	44,372	0	0.89	1922	30	39,887	39,383	501	1.02	1082	16	26,408	26,407	0	0.33
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	5	5	3840	17	58,912	53,759	5,152	0.88	3840	30	57,688	52,590	5,096	1.14	1920	16	55,048	48,920	6,128	0.27
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	10	10	3840	38	69,497	64,343	5,152	0.86	3840	39	62,610	56,665	5,932	1.39	1920	25	65,302	59,173	6,128	0.30
7	4Kカメラ*3 360度カメラ*1 スマートグラス*3	50	30	30	2163	29	107,607	102,453	5,152	0.89	1923	16	87,890	77,853	10,037	5.10	1083	30	103,578	97,455	6,131	0.30

<スループット>

5分後、10分後、30分後に取得したスナップショットから、指定値と相当の値が送信側の各カメラから出力できていることを確認した。

<時刻差異>

4Kカメラ、スマートグラスは、5分後、10分後、30分後の全てで、性能要件に定めた1秒以内を満たすことができた。

一方、360度カメラは、30分後に限り、性能要件である2秒を超える値となった。10分後までは、性能要件に定めた2秒以内を満たしていたことから、データ送信時間が一定時間を超えた場合、遅延時間が増加する可能性を見出すことができた。

4. 医師による正誤判定をもとにした混同行列による評価

AI 解析エンジンを用いて、レントゲン画像から、気管挿管(ETT)、静脈カテーテル(CV)、胃管チューブ(NG)の状態が正常か異常かを判定した。

ETT、CV、NGは、重症患者が装着する生命維持器具の1つであるが、適正な位置にあるかどうかは、レントゲン画像を撮影した時という、限られた時にしか確認できない、という現状がある。

このため、本実証では、AI 解析エンジンを用いた、既存システムに依存しない気管内チューブ等位置の判定が実現できた場合、医師に対する注意喚起を促す仕組みになり得るのか、という可能性を探ることを目的とした。

気管内チューブ等位置の判定は、画像診断医の判定結果を正解とし、単純X線(レントゲン)画像を初見する医師に対し、「異常」を「異常」であると、正しく注意喚起できることを「正常」と定義し、「正解率」、「適合率」、「再現率」を算出した。

以下に、「正解率」、「適合率」、「再現率」の定義を示す。

- ・ 正解率：AI 解析エンジンの判定結果の内、医師の正誤判定と同判定した割合
- ・ 適合率：AI 解析エンジンが正と判定した結果の内、医師が正と判定した割合
- ・ 再現率：医師が正と判定した結果の内、AI 解析エンジンが正と判定した割合

また、本実証実験では、次の(A)(B)の結果を比較することで、様々な医療機関で既に保有する機器を活用(バンダフリー)した、本システムの導入効果を検証した。

(A)：既に保有する機器に表示する単純X線(レントゲン)画像

(B)：(A)を4Kカメラで撮影した画像

(A)：既に保有する機器に表示する単純X線(レントゲン)画像

検証用画像=30枚に対し、AI 解析エンジンを用いて、気管挿管(ETT)、静脈カテーテル(CV)、胃管チューブ(NG)の状態予測、及び評価を行った。

結果を表 4.4.1.2-13 に示す。

表 4.4.1.2-13 検証用画像の予測・評価

人の判定結果		異常		正常		AIシステム性能		
		AIの判定結果 異常	正常or未検出	異常or未検出	正常	正解率	適合率	再現率
1	ETT	9	0	1	20	96.7	90.0	100
2	CV	12	0	1	21	97.1	92.3	100
3	NG	1	0	0	29	100	100	100

ETTとCVで、各1件の擬陽性(人の判定結果=正常、AIの判定結果=異常or未検出)が生じているが、AI 解析エンジンに期待する再現率(人の判定結果=異常、AIの判定結果=異常)は、ETT、CV、NGの全てで、再現率=100%を達成することができた。

ETT 及び CV で生じた擬陽性に関しては、以下の通り、発生原因の特定ができています。このため、今後の課題として対策が検討できるので、検出精度の更なる向上がめざせる可能性が高い。

ETT の擬陽性： 図 4.4.1.2-8 に示す通り、鎖骨の角度が通常に比べ急であることから、鎖骨下縁が ETT の先端より下に位置したことが原因であると考えられる。しかし、各検出位置自体に問題がある訳ではないため、ETT の先端を検出するロジックをブラッシュアップすることで、鎖骨の角度が急な場合にも上手く対応ができるものと考えられる。

CV の擬陽性： 図 4.4.1.2-10 に示す通り、AI 解析エンジンでは、CV 自体が検出不可となる事象を確認した。対象の検証用画像を画像診断医に照会した結果、「心臓や肺の状態を見る画像であるため、チューブに焦点を合わせていない画像である。」との見解を得た。つまり、チューブに焦点が合っていない画像のまま、4K カメラの焦点を合わせたことが原因であると考えられる。このため、より学習データを拡張することで、AI の認識精度を向上させることができるものと考えられる。

(参考) 気管挿管 (ETT) の検出結果例

以下の図 4.4.1.2-7(a)～図 4.4.1.2-8 に、気管挿管 (ETT) の検出結果例を示す。画像は、左から、検証用画像 (Original)、AI 解析エンジンの処理画像 (predict)、検証用画像に画像診断医の診断結果をアノテーションした画像 (ground truth)、判定結果は、ETT のテキストバックがグリーン=正常、レッド=異常を意味する。

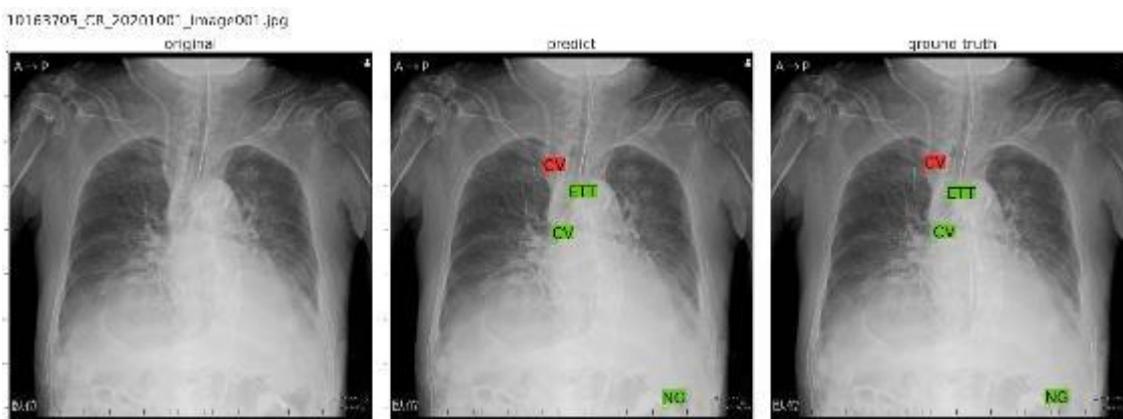


図 4.4.1.2-7(a) ETT の検出結果 (True 事例①)

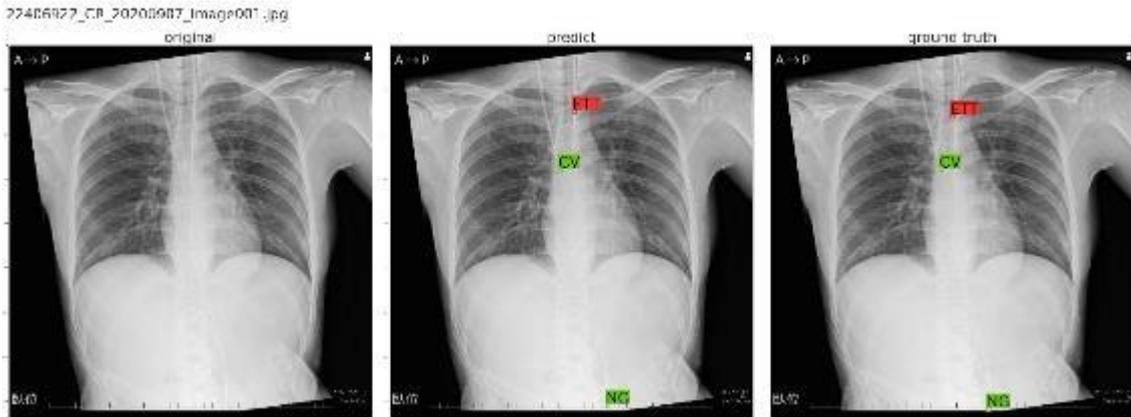


図 4. 4. 1. 2-7(b) ETT の検出結果 (True 事例②)

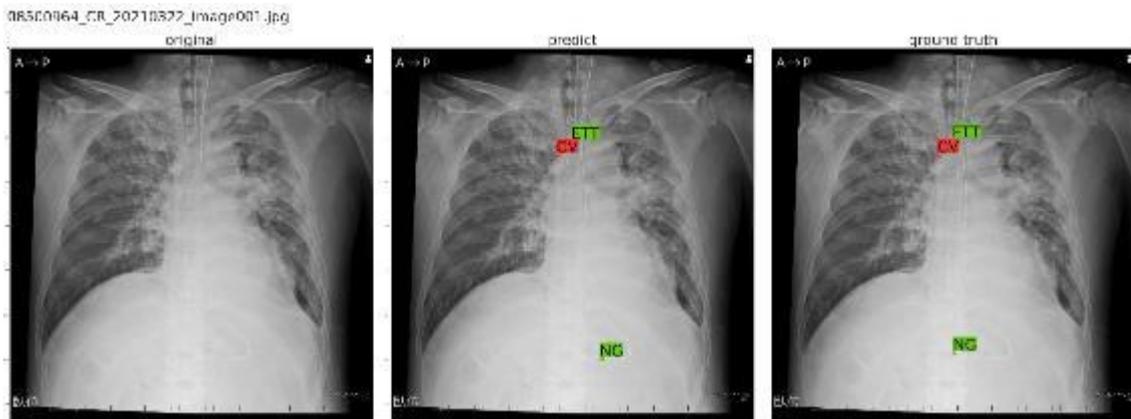


図 4. 4. 1. 2-7(c) ETT の検出結果 (True 事例③)

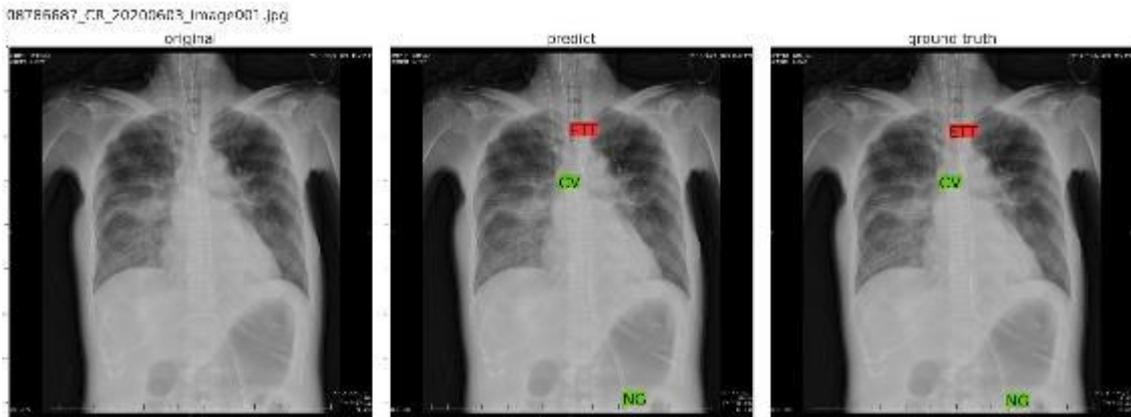


図 4. 4. 1. 2-7(d) ETT の検出結果 (True 事例④)

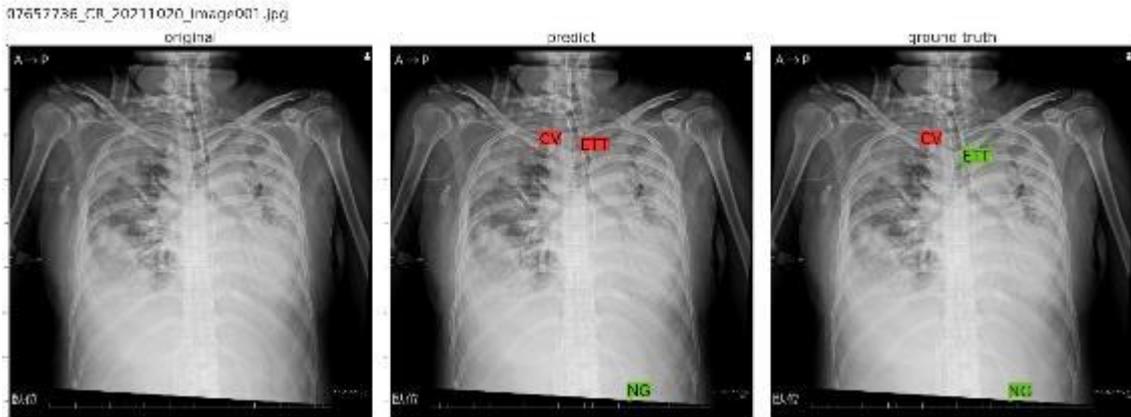


図 4.4.1.2-8 ETT の検出結果一覧 (False 事例)

(参考) 静脈カテーテル(CV)の検出結果例

以下の図 4.4.1.2-9(a)～図 4.4.1.2-10 に、静脈カテーテル(CV)の検出結果例を示す。画像は、左から、検証用画像 (Original)、AI 解析エンジンの処理画像 (predict)、検証用画像に画像診断医の診断結果をアノテーションした画像 (ground truth)、判定結果は、CV のテキストバックがグリーン=正常、レッド=異常を意味する。



図 4.4.1.2-9(a) CV の検出結果 (True 事例①)

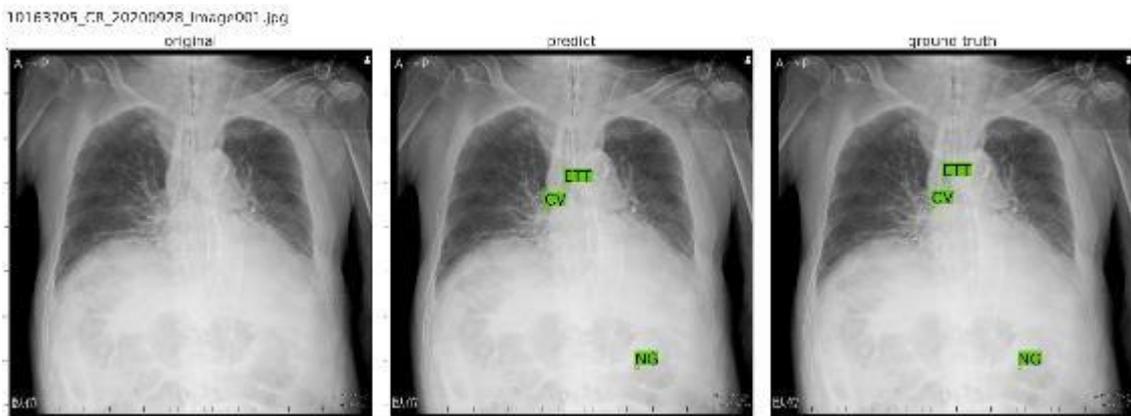


図 4.4.1.2-9(b) CV の検出結果 (True 事例②)

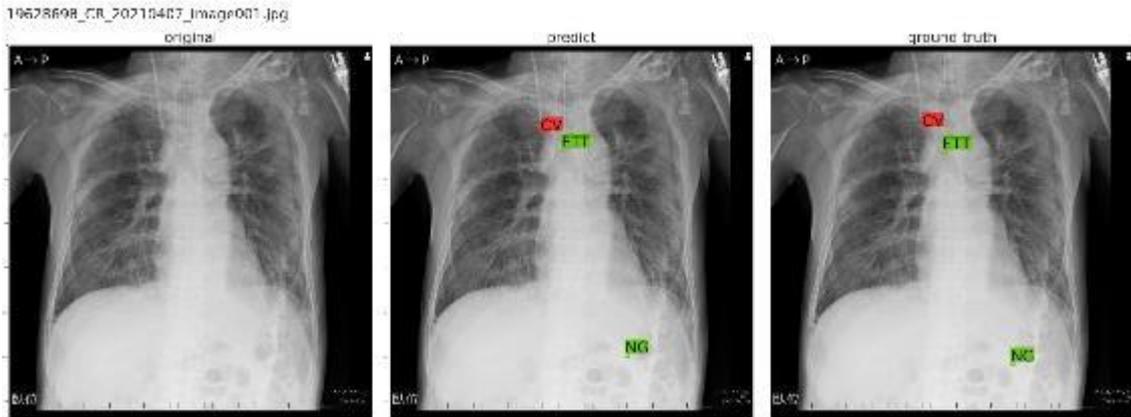


図 4.4.1.2-9(c) CV の検出結果 (True 事例③)

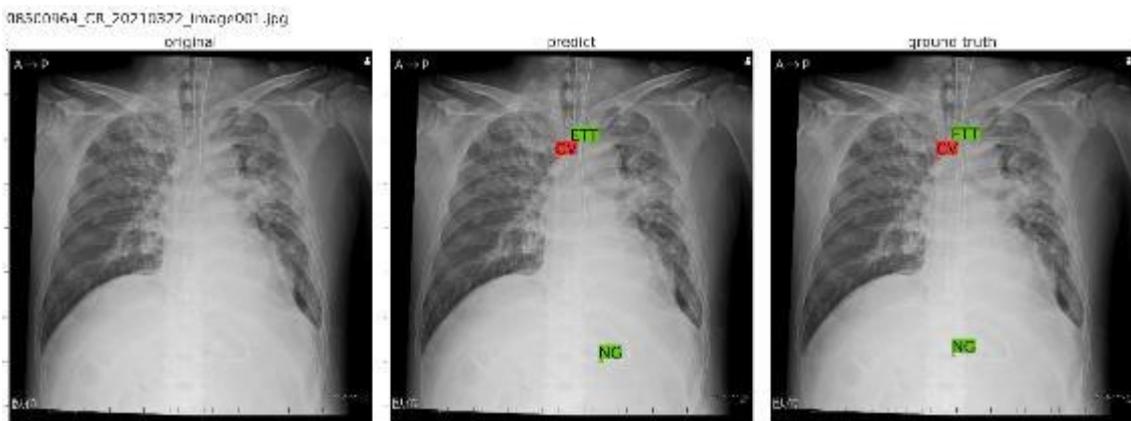


図 4.4.1.2-9(d) CV の検出結果 (True 事例④)

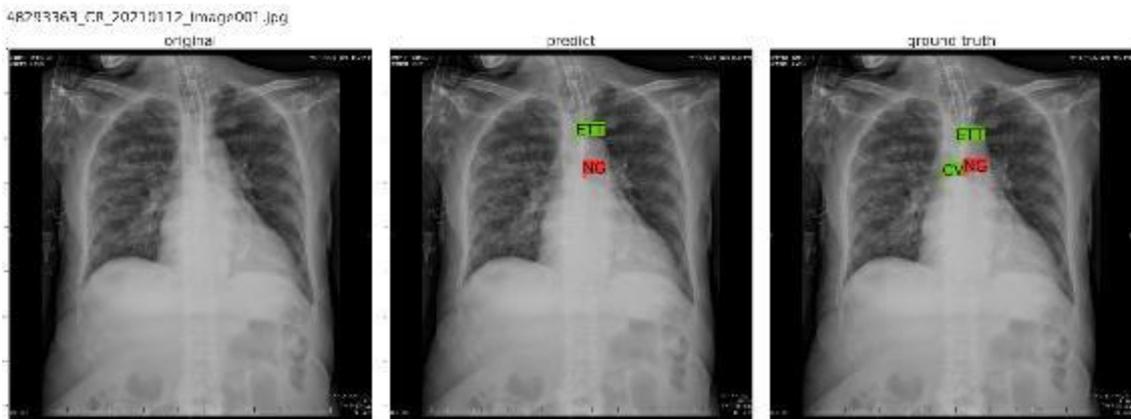


図 4.4.1.2-10 CV の検出結果 (False 事例)

(参考) 胃管チューブ(NG)の検出結果例

以下の図 4.4.1.2-11(a)～図 4.4.1.2-11(e)に、胃管チューブ(NG)の検出結果例を示す。画像は、左から、検証用画像 (Original)、AI 解析エンジンの処理画像 (predict)、検証用画像に画像診断医の診断結果をアノテーションした画像 (ground truth)、判定結果は、NG のテキストバックがグリーン＝正常、レッド＝異常を意味する。

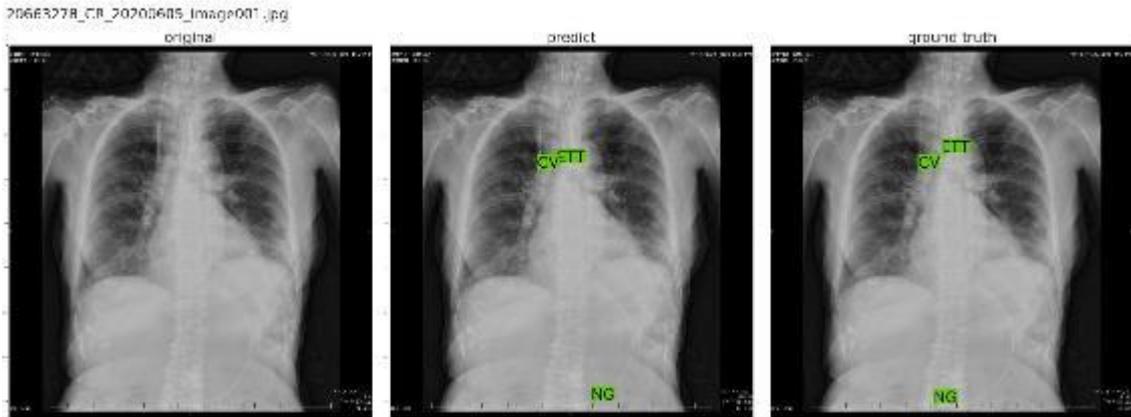


図 4.4.1.2-11(a) NG の検出結果 (True 事例①)

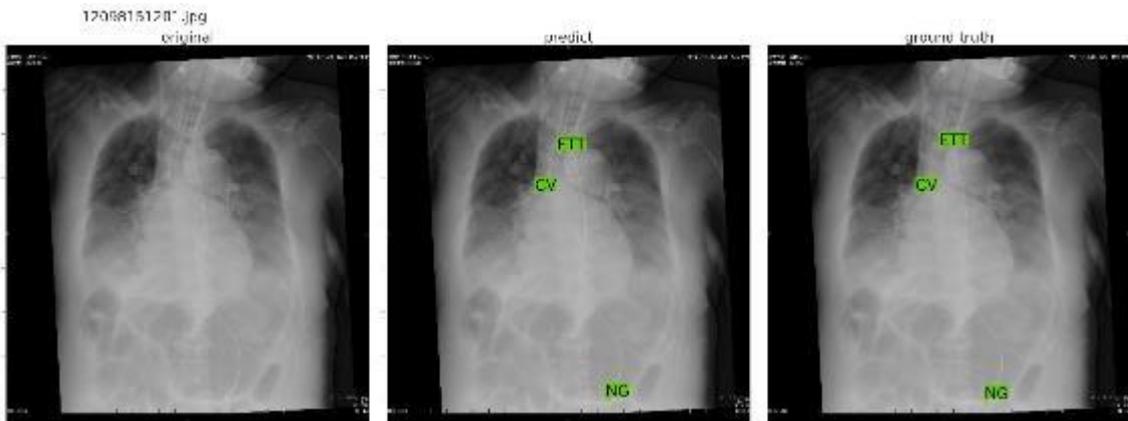


図 4.4.1.2-11(b) NG の検出結果 (True 事例②)

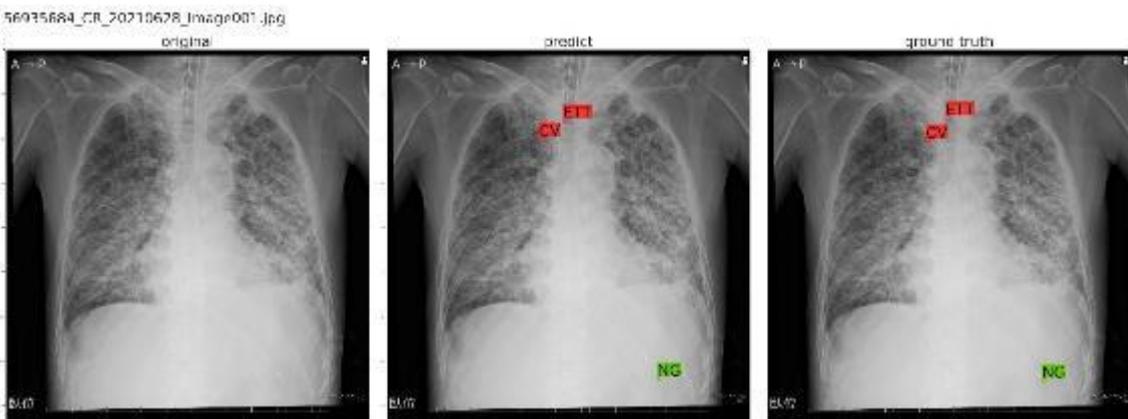


図 4.4.1.2-11(c) NG の検出結果 (True 事例③)

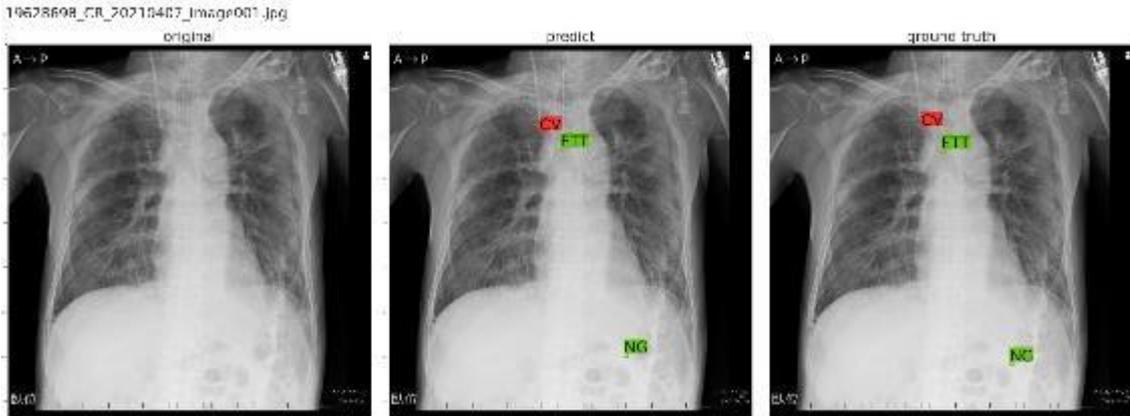


図 4.4.1.2-11(d) NG の検出結果 (True 事例④)

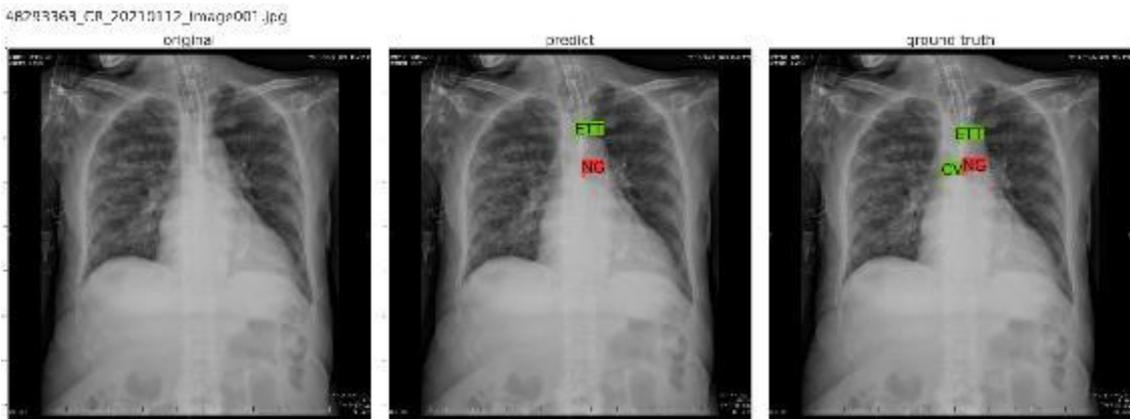


図 4.4.1.2-11(e) NG の検出結果 (True 事例⑤)

(B) : (A) を 4K カメラで撮影した画像

既に保有する機器にレントゲン画像 (検証用画像=30 枚) を 4K カメラで 1 枚毎に撮影した画像に対し、AI 解析エンジンを用いて、気管挿管(ETT)、静脈カテーテル(CV)、胃管チューブ(NG)の状態予測、及び評価を行った。

結果を表 4.4.1.2-14 に示す。

表 4.4.1.2-14 検証用画像の予測・評価

人の判定結果	異常		正常		AIシステム性能		
	AIの判定結果 異常	正常or未検出	異常or未検出	正常	正解率	適合率	再現率
1 ETT	7	2	1	20	90.0	87.5	77.8
2 CV	9	3	7	15	70.6	56.3	75.0
3 NG	0	1	0	29	96.7	0.0	0.0

ETT、CV、NG の全てで、性能が大きく低下する結果を確認した。以下に検出結果に変化を確認した画像サンプル (図 4.4.1.2-12(a)~図 4.4.1.2-12(c)) を示す。



図 4. 4. 1. 2-12(a) 検出結果に変化を確認した画像サンプル①

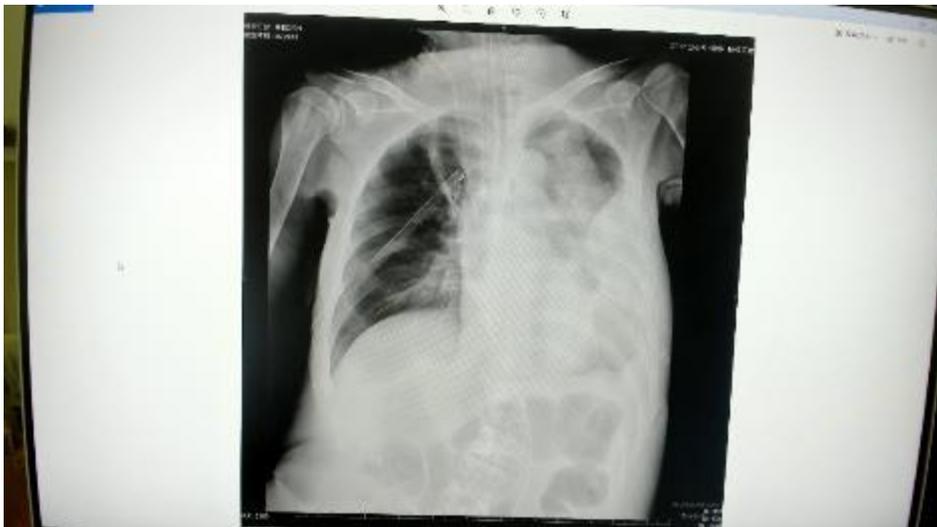


図 4. 4. 1. 2-12(b) 検出結果に変化を確認した画像サンプル②

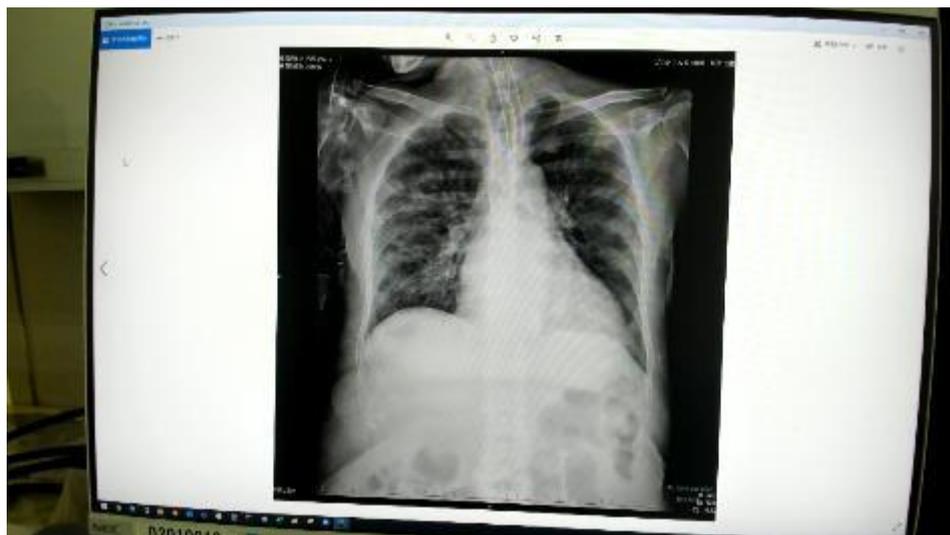


図 4. 4. 1. 2-12(c) 検出結果に変化を確認した画像サンプル③

図 4. 4. 1. 2-12(a)～図 4. 4. 1. 2-12(c)に限らず、検出結果に変化を確認した画像には、モアレ現象が確認できた。「モアレ」とは、網点などの規則正しい模様が重なった時に、並び間隔の差によって発生する縞模様のことであり、映像を投影する画像の解像度と撮影するカメラ側の解像度が合わないことに起因して、縞模様が生じる事象である。このため、撮影するカメラ側のピントを調節することで、解消できる事象となる。

しかし、本実証実験では、物品調達において半導体不足の影響により 4K の PTZ カメラの調達が間に合わなかったことから、ピント調節を実施することができなかった。

このため、都度、4K カメラの位置を手動で調節することによるピント調整を試みたが、完全にピントを合わせることは容易でないことから、画像の一部に干渉縞が生じたため、ETT、CV、NG の全てで、性能が大きく低下する結果となった。

但し、図 4. 4. 1. 2-13 に示す通り、画像のアスペクト比に着目すると、「配信用生データ」と「X 部分の切り取り後画像」では、同等の品質の情報が渡しているため、モアレ現象を回避（ピント調節機能を有する 4K の PTZ カメラを調達）することによって、AI 解析エンジンの検出結果は(A)と同等になる可能性が高いと推察できる。

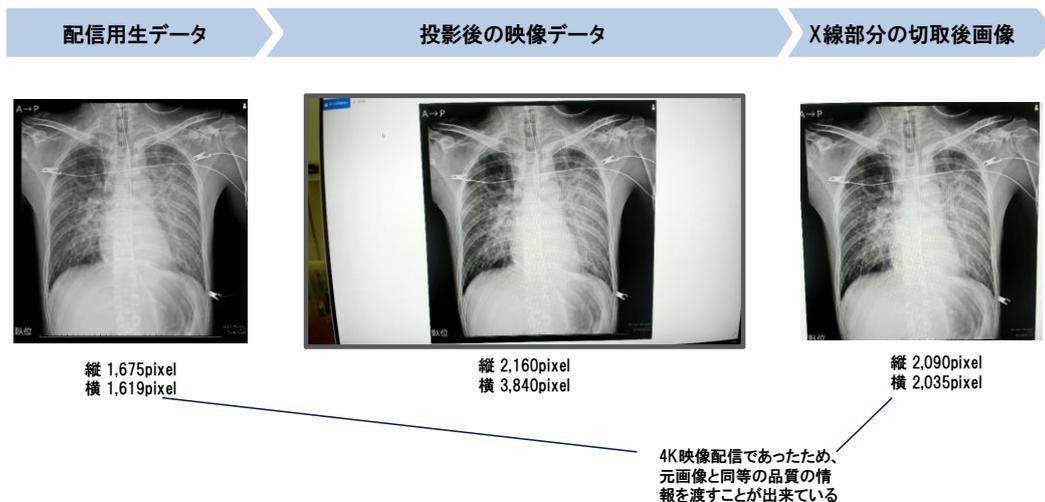


図 4.4.1.2-13 配信画像と配信後画像の解像度比較

5. web サイトへの接続性

「映像コンテンツ生成システム」による web サイトへの接続性では、web サイトを閲覧する端末から、指定の閲覧サイトに仕様通り、アクセスすることができるかの正常性、及びアクセスまでに生じるリードタイムを確認・評価した。

【性能要件】

- ・ 閲覧サイトから指定のページにアクセスするまでのリードタイムは、医療現場での利用を想定することから、医療従事者が定めた 1 秒以内とする。

〈正常性〉

結果を表 4.4.1.2-15 に示す。

画面遷移図を基に作成した確認項目表を用いて、閲覧する端末種別 (PC、タブレット (横)、タブレット (縦)) ごとに以下 3 点を評価した。

- ・ UI 上のリンク先が適切なページへリンクしているか
- ・ 指定されたブラウザアプリにより UI が閲覧可能であるか
- ・ PC 並びにタブレットのどちらでも適切な UI が閲覧できるか

結果、web サイトを閲覧する端末から、指定する「映像コンテンツ生成システム」に存在する全ての画面に、仕様通り、アクセスできることを確認した。

表 4.4.1.2-15 Web コンテンツの接続性正常性確認結果

機能面 評価項目	確認機器	対象web画面	画面遷移先	良否	
UI上のリンク先が適切なページへリンクしている 指定されたブラウザアプリによりUIが閲覧可能である PC並びにタブレットのどちらでも適切なUIが閲覧できる	PC	選択画面	X線画像解析	○	
			ログイン画面	○	
		X線画像解析	選択画面	○	
		ログイン画面	緊急外来・処置室画面	○	
		緊急外来・処置室画面	患者移動①画面	○	
			患者移動②画面	○	
			CT画面	○	
			選択画面	○	
		患者移動①画面	緊急外来・処置室画面	○	
			患者移動②画面	○	
			CT画面	○	
			選択画面	○	
		患者移動②画面	緊急外来・処置室画面	○	
			患者移動①画面	○	
			CT画面	○	
			選択画面	○	
		CT画面	緊急外来・処置室画面	○	
			患者移動①画面	○	
			患者移動②画面	○	
			選択画面	○	
		タブレット（横）	選択画面	X線画像解析	○
				ログイン画面	○
		X線画像解析	選択画面	○	
		ログイン画面	緊急外来・処置室画面	○	
	緊急外来・処置室画面	患者移動①画面	○		
		患者移動②画面	○		
		CT画面	○		
		選択画面	○		
	患者移動①画面	緊急外来・処置室画面	○		
		患者移動②画面	○		
		CT画面	○		
		選択画面	○		
	患者移動②画面	緊急外来・処置室画面	○		
		患者移動①画面	○		
		CT画面	○		
		選択画面	○		
	CT画面	緊急外来・処置室画面	○		
		患者移動①画面	○		
		患者移動②画面	○		
		選択画面	○		
	タブレット（縦）	選択画面	X線画像解析	○	
			ログイン画面	○	
	X線画像解析	選択画面	○		
	ログイン画面	緊急外来・処置室画面	○		
	緊急外来・処置室画面	患者移動①画面	○		
		患者移動②画面	○		
		CT画面	○		
		選択画面	○		
患者移動①画面	緊急外来・処置室画面	○			
	患者移動②画面	○			
	CT画面	○			
	選択画面	○			
患者移動②画面	緊急外来・処置室画面	○			
	患者移動①画面	○			
	CT画面	○			
	選択画面	○			
CT画面	緊急外来・処置室画面	○			
	患者移動①画面	○			
	患者移動②画面	○			
	選択画面	○			

<リードタイム>

リードタイムは、Chrome ブラウザの開発者機能を使用して、HTTP リクエスト送信～レスポンス応答の時間を測定した。

結果を表 4.4.1.2-16 に示す。

表 4.4.1.2-16 リードタイム測定結果

性能面 評価項目	試験回数	リクエスト送信時間ms	レスポンス応答時間ms	表示完了時刻ms	総レスポンスms	ブラウザ内処理時間ms	
閲覧端末上のブラウザへ指定されたURLを入力する事によりUIが閲覧できる	選択画面 (動画の再生がない画面)	1	0.1	82.3	85.0	84.9	2.7
		2	0.0	95.7	99.2	99.2	3.5
		3	0.1	82.3	85.0	84.9	2.7
		※avg	0.1	86.8	89.7	89.7	3.0
	緊急外来・処置室画面 (動画の再生がある画面)	1	0.1	142.6	145.5	145.4	2.8
		2	0.1	34.9	36.9	36.9	2.1
		3	0.3	41.2	66.5	66.2	25.3
		※avg	0.1	72.9	82.9	82.8	10.1
	X線画像解析 (動画の再生がある画面)	1	0.1	145.9	148.8	148.8	2.9
		2	0.1	78.2	81.2	81.1	3.0
		3	0.0	38.3	149.9	149.8	111.6
		※avg	0.1	87.5	126.6	126.6	39.2

結果、「動画の再生がある」と「動画の再生がない画面」で大きな差はなく、またどの画面も総レスポンス=200ms 以下でアクセスできており、性能要件を大きく上回る結果を確認することができた。

6. コンテンツ正常性確認

閲覧サイトに表示する映像に対し、ストリーミング映像、ログイン表示機能、レイアウトの観点から、仕様通り動作するかを確認した。

各観点における評価項目一覧を表 4.4.1.2-17 に示す。

表 4.4.1.2-17 各観点における評価項目一覧

観点	評価項目
ストリーミング映像	(1) 目的のストリーミング映像を適切に表示できるか
	(2) 4K 相当（スマートグラスは FullHD 相当）の解像度の映像が、表示できているか
	(3) 音声適切に再生できるか
	(4) 映像と音声の差異（遅延）が小さいか
ログイン表示機能	(5) PC、タブレット上でログインしているユーザ情報が正しく表示されているか
	(6) 部屋移動時に適切にユーザ情報が更新されるか
	(7) ログアウト時に適切にユーザ情報が更新されるか
レイアウト	(8) 正しい位置に指定の映像が表示されているか
	(9) ブラウザの表示サイズの変更時に適切なレイアウトで表示されるか

ストリーミング映像、ログイン表示機能、レイアウトの観点で、上記の9項目を評価した結果、「映像と音声の差異（遅延）が小さいか」を除く全ての項目で、仕様通り動作することを確認した。

結果を表 4. 4. 1. 2-18 に示す。

表 4. 4. 1. 2-18 コンテンツ正常性確認結果

評価分類	評価項目	対象webカメラ	分類	カメラ映像	届否	映像品質	フレームレート
ストリーミング映像	-目的のストリーミング映像を適切に表示できるか -4K相当(スマートグラスはFullHD相当)の解像度の映像が表示されているか	視野共有	汎用室	360度カメラ1	○	3840-1920	30
				固定カメラ1	○	3840-2160	28
				固定カメラ2	○	3840-2160	28
				固定カメラ3	○	3840-2160	27
				スマートグラス1	○	1920-1080	30
				スマートグラス2	○	1920-1080	29
				スマートグラス3	○	1920-1080	28
			患者移動1	360度カメラ2	○	3840-1920	30
				固定カメラ4	○	3840-2160	30
			患者移動2	360度カメラ3	○	3840-1920	28
				固定カメラ5	○	3840-2160	28
			CT	固定カメラ6	○	3840-2160	30
固定カメラ7	○	3840-2160		28			
X線画像	音声は適切に再生できるか	視野共有	汎用室	○			
			患者移動1	○			
			患者移動2	○			
			CT	○			
			患者移動1	○			
			患者移動2	○			
視野共有	映像と音声の差異(遅延)が小さいか	汎用室	360度カメラ	○		音が映像より早い	
		患者移動1	360度カメラ2	○		音が映像より早い	
		患者移動2	360度カメラ3	○		音が映像より早い	
		CT		○			
		患者移動1		○			
		患者移動2		○			
ログイン表示機能	PC/タブレット上でログインしているユーザ情報が適切に表示されているか	視野共有	汎用室		○		
			患者移動1		○		
			患者移動2		○		
	部屋移動時に適切にユーザ情報が更新されるか	視野共有	汎用室		○		
			患者移動1		○		
			患者移動2		○		
	ログアウト時に適切にユーザ情報が更新されるか	視野共有	汎用室		○		
			患者移動1		○		
			患者移動2		○		
レイアウト	正しい位置に指定の映像が表示されているか	視野共有	汎用室	360度カメラ1	○		
				固定カメラ1	○		
				固定カメラ2	○		
				固定カメラ3	○		
				スマートグラス1	○		
				スマートグラス2	○		
				スマートグラス3	○		
			患者移動1	360度カメラ2	○		
				固定カメラ4	○		
			患者移動2	360度カメラ3	○		
				固定カメラ5	○		
			CT	固定カメラ6	○		
	固定カメラ7	○					
	X線画像	視野共有	汎用室		○		
			患者移動1		○		
患者移動2				○			
ブラウザの表示サイズの変更時に適切にレイアウトが表示されるか	視野共有	汎用室		○			
		患者移動1		○			
		患者移動2		○			

但し、「映像と音声の差異(遅延)が小さいか」に関しては、使用機器である360度カメラが、音声と映像を個別に送信するという機器仕様であることに因り、パケット量の小さい音声に比べ、パケット量の大きい映像の方が、到達までに1秒程度、余分に時間を要する(遅延する)という結果となった。

一般的なリアルタイム映像伝送であれば、許容範囲内に十分収まる結果である。しかし、例えば、本実証実験で想定した「医師の施術に遠隔から指示を出す」というような、非常に緻密で繊細な指示が必要になるような場合には、「映像と音声を同速で伝える」リアルタイム性が実現できる技術や機器の選択を念頭に入れたシステムを設計する必要がある。

7. 医師のアンケートによる定性評価

映像コンテンツ生成システムの閲覧サイトUIを評価する方法として、当初は、本実証実験に参加した計8名、全ての医師から、Google フォームのアンケートを活用して回答いただいた結果を集計する予定をしていたが、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の感染拡

大の影響を受け、継続的な医師の稼働ひっ迫状態を鑑み、特に主体的に参加いただいた6名の医師に限定して、ヒアリング調査に変更した。

ヒアリング項目と回答結果を表 4.4.1.2-19 に示す。

表 4.4.1.2-19 ヒアリング項目・回答結果

No.	アンケート内容	回答結果
1	UIの操作性や見やすさは、希望を満 たす内容になっていたか	なっていた : 6
		なっていない : 0
		使ってない/わからない : 0
2	目的のリンク先へは、ストレス無くス ムーズに移動することができたか	できた : 6
		できなかった : 0
		使ってない/わからない : 0
3	視覚的に目的のリンク先がどれかを特 定することができたか	できた : 6
		できなかった : 0
		使ってない/わからない : 0
4	画面に表示される映像は、希望を満 たす画質になっていたか	なっていた : 6
		なっていない : 0
		使ってない/わからない : 0
5	PC/タブレットのどちらからでも同じ ように操作できたか	できた : 2
		できなかった : 0
		使ってない/わからない : 4
6	臨床で使うことができると感じたか	感じた : 6
		感じない : 0

(n=6)

ヒアリングは、サンプル数が n=6 と限られることから、率直な感想が言いにくかった等、バイアスが生じないように、以下の通り、2段階で実施することとした。

- (ア) 代表医師1名に対して、ドコモから表 4.4.1.2-19の項目をヒアリングする。
- (イ) 主体的に参加いただいた5名の医師に対して、代表医師1名から表 4.4.1.2-19の項目を通常の会話の中でヒアリングする。

結果、ドコモが畏まってヒアリングする形式ではなく、医師同士のコミュニケーションの中でヒアリングする形式にしたことは、例えば、「No.5：PC／タブレットのどちらからでも同じように操作できたか」という問いで、「業務上、タブレット版を使う必要がなかったため、わからない」という声もあり、バイアスの発生抑止に一定の効果があったのではないかと推察できる。

また、その上で、全体を通して否定的な回答はなく、6名中6名が臨床で使うことができると感じた点から、本実証実験を行う前にイメージした映像コンテンツ生成システムから乖離のないユーザビリティが実現できたことを確認した。

更に、ヒアリング項目に留まらず、より一層の性能向上、例えば、配信映像の画質（解像度）や安定性（滑らかさ）の向上を期待する声は、多数の医師から確認することができたため、今後に向けた更なる改善項目として認識していくことで、より実用性に高いシステムの構築に寄与できると推察できる。

【クラウドダイレクト接続装置】

8 実証システムの基本性能評価

図 4.4.1.2-14 に示す①の X 線動画像伝送装置～クラウドダイレクト（「2.3.1.1」項参照）～X 線動画像表示用 PC のスループットを測定し、本実証のシステム基本性能を評価した。

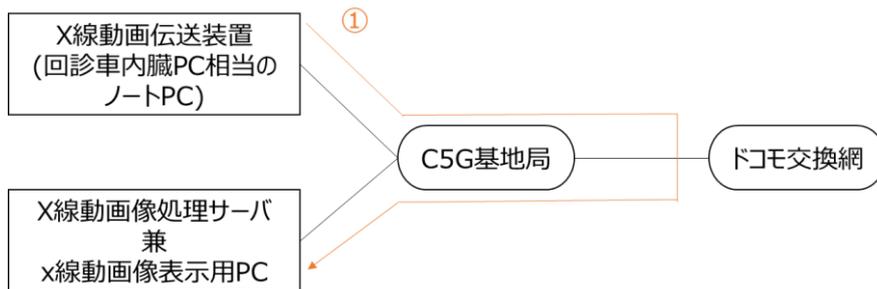


図 4.4.1.2-14 クラウドダイレクト接続装置の性能評価

今回は、X 線動画伝送装置用に回診車内蔵 PC 相当のノート PC、X 線動画像表示用に X 線動画像処理サーバ相当のノート PC を各 1 台利用して、645MB の X 線動画データを伝送した。また、X 線動画解析には、X 線動画解析ワークステーション KINOSIS（キノシス）*を利用した。

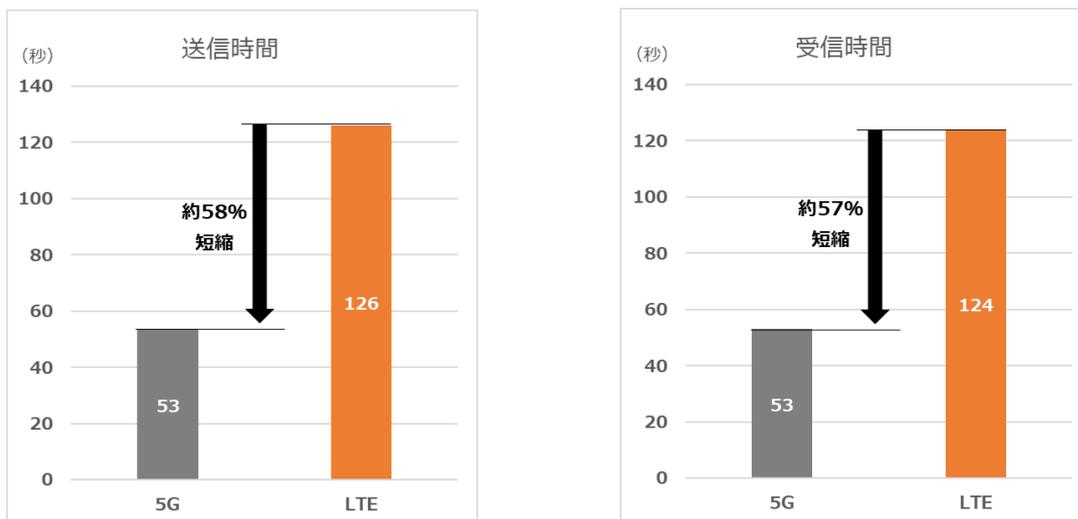
X 線動画伝送装置から送信した動画の読影が開始するまでには、図 4.4.1.2-15 示す処理が発生する。但し、①③は、KINOSIS 内での処理となるため、基本性能評価では、通信が発生する②のみを対象とし、評価した。



図 4.4.1.2-15 X 線動画伝送装置における処理の流れ

X線動画データの伝送部分に関する測定結果を表 4.4.1.2-20 に示す。5Gの伝送に関しては3回測定し、平均値を算出している。

表 4.4.1.2-20 X線動画伝送における性能評価結果



今回LTEで伝送した場合と5Gで伝送した場合で送受信の時間を比較すると、LTEでは送信126秒、受信124秒で配信したのに対し、5Gでは送信で平均約53秒、受信で平均約53秒という結果となり、送信時間で約58%、受信時間で約57%、5G通信の方が伝送時間を短縮できた。詳細の数値データに関しては表 4.4.1.2-21 に示す。

表 4.4.1.2-21 X線動画伝送における性能評価結果(詳細)

(単位: MB)					(単位: MB)				
送信	5G			LTE	受信	5G			LTE
	1回目	2回目	3回目	参考		1回目	2回目	3回目	参考
時間 (sec)	51	64	49	129	時間 (sec)	51	64	48	127
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0.0	0.0	1.5	0.1
2	4.5	8.7	5.0	0.1	2	3.1	8.2	14.9	0.2
3	12.2	16.4	16.7	0.2	3	11.1	16.5	16.8	0.3
4	15.1	16.3	16.0	0.4	4	15.8	16.6	16.6	0.5
5	16.1	16.5	16.5	0.5	5	16.1	17.0	16.9	0.6
6	16.6	16.3	16.3	0.6	6	16.8	16.8	16.7	0.8
7	16.5	16.3	16.3	0.8	7	16.7	16.7	16.9	1.0
8	16.4	16.5	16.4	1.3	8	16.8	17.1	16.7	1.7
9	16.4	16.1	16.4	1.7	9	16.9	16.8	16.9	2.3
10	16.2	16.3	15.8	2.7	10	16.8	16.7	16.9	3.4
11	16.1	16.4	16.7	3.8	11	16.8	16.9	16.7	5.0
12	16.2	16.2	16.3	5.5	12	16.8	17.0	16.7	6.2
13	16.3	16.2	16.3	6.1	13	16.8	16.8	16.8	6.2
14	16.7	17.1	16.4	6.2	14	16.9	16.9	16.9	6.3
15	16.5	16.4	16.4	6.2	15	16.8	16.7	16.8	6.3
16	16.3	16.4	16.1	6.1	16	16.8	17.0	16.7	6.3
17	16.2	16.3	16.6	6.3	17	16.8	16.8	16.8	5.9
18	14.6	16.4	16.1	5.5	18	15.7	16.9	15.9	6.2
19	14.1	16.4	16.3	6.0	19	15.7	16.9	17.7	6.3
20	15.7	16.3	16.3	6.1	20	15.7	16.8	16.7	6.3
21	15.6	16.4	16.2	6.1	21	16.2	17.0	16.8	6.3
22	16.2	16.4	16.2	6.2	22	16.8	16.8	16.8	6.1
23	16.3	16.2	16.3	5.5	23	16.7	17.0	16.9	6.3
24	16.3	15.2	16.3	6.1	24	16.9	16.8	16.8	6.2
25	13.7	13.1	16.3	6.0	25	15.9	13.8	16.9	6.2
26	15.8	15.3	16.3	6.1	26	15.0	16.1	16.6	6.1
27	14.7	12.0	16.3	5.8	27	15.4	12.7	16.9	6.1
28	15.9	11.2	15.5	6.0	28	16.5	11.3	16.0	6.2
29	16.3	11.1	15.2	6.0	29	16.7	11.4	16.6	6.2
30	14.9	8.7	16.3	6.0	30	15.5	9.2	16.7	6.2
31	16.4	8.4	16.3	6.1	31	16.6	8.7	16.9	6.2
32	16.3	8.4	16.2	5.9	32	16.9	8.7	16.7	6.2
33	16.3	8.3	16.3	6.1	33	16.9	8.2	16.9	6.2
34	16.1	5.2	16.5	6.1	34	16.9	5.8	16.7	6.2
35	16.2	8.4	16.5	6.0	35	16.8	8.6	16.8	6.2
36	15.7	8.3	16.1	6.1	36	16.7	8.3	16.8	6.2
37	12.9	7.9	16.4	6.1	37	13.2	8.6	16.8	6.3
38	13.6	8.2	16.1	6.1	38	14.3	8.5	16.8	6.2
39	14.0	8.5	16.3	6.1	39	14.1	8.4	15.9	6.2
40	14.3	8.2	16.5	6.1	40	14.7	8.6	17.7	6.0
41	14.5	8.9	16.2	5.5	41	15.1	9.2	16.9	6.2
42	15.1	8.5	16.3	6.0	42	15.5	8.8	16.8	6.3
43	15.1	6.1	16.3	6.1	43	15.7	6.1	15.7	6.2
44	15.4	4.3	7.4	6.0	44	15.8	4.5	0.0	6.2
45	15.0	6.3	0.0	6.1	45	15.7	6.6	0.0	6.1
46	8.3	6.9	0.0	6.0	46	11.7	7.1	0.0	6.2
47	0.0	7.3	0.0	6.0	47	0.0	7.8		6.2
48	0.0	7.3		6.1	48	0.0	7.4		6.2
49		7.5		6.0	49		7.6		5.7
50		7.3		5.2	50		7.9		6.2
51		7.6		5.9	51		7.8		6.2
52		8.5		6.1	52		8.8		6.2
53		9.1		6.1	53		9.3		6.1
54		9.6		6.0	54		10.3		6.2
55		10.7		5.9	55		11.0		6.2
56		11.3		6.2	56		11.7		6.2
57		11.7		5.9	57		11.8		6.2
58		10.2		6.0	58		10.6		6.2
59		10.9		6.0	59		11.5		6.2
60		1.2		6.0	60		1.6		6.3
61		0.0		6.0	61		0.0		6.2
62		0.0		5.9	62		0.0		6.2
63				6.0	63				6.2
64				6.1	64				6.3
65				6.1	65				6.3

(単位: MB)

Sent	5G			LTE
	1回目	2回目	3回目	参考
66				6.2
67				5.7
68				5.9
69				6.1
70				6.1
71				6.1
72				6.1
73				6.0
74				6.1
75				6.1
76				5.4
77				6.0
78				6.1
79				6.2
80				6.1
81				6.1
82				6.1
83				6.0
84				6.0
85				6.0
86				6.1
87				6.0
88				6.0
89				6.2
90				6.1
91				6.1
92				6.1
93				6.1
94				5.2
95				6.1
96				6.0
97				6.1
98				6.0
99				6.0
100				6.0
101				6.1
102				6.1
103				6.0
104				5.0
105				6.2
106				6.1
107				6.0
108				6.1
109				6.0
110				5.9
111				6.1
112				6.1
113				6.1
114				6.1
115				6.0
116				6.1
117				6.1
118				5.8
119				6.3
120				6.0
121				6.0
122				5.3
123				2.5
124				0.0
125				0.0
126				
127				
128				
129				
130				

(単位: MB)

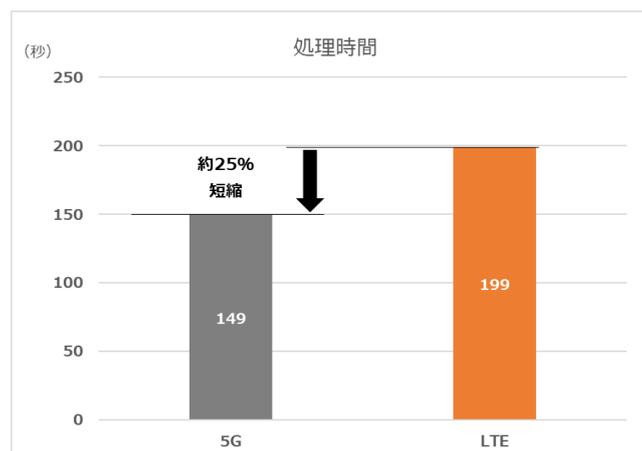
Received	5G			LTE
	1回目	2回目	3回目	参考
66				6.2
67				5.9
68				6.3
69				6.3
70				6.2
71				6.3
72				6.2
73				6.3
74				6.2
75				6.0
76				6.3
77				6.2
78				6.3
79				6.3
80				6.2
81				6.3
82				6.2
83				6.2
84				6.3
85				6.3
86				6.2
87				6.1
88				6.3
89				6.2
90				6.3
91				6.3
92				6.2
93				5.8
94				6.2
95				6.1
96				6.2
97				6.2
98				6.2
99				6.2
100				6.2
101				6.2
102				6.2
103				6.2
104				5.7
105				6.3
106				6.2
107				6.2
108				6.2
109				6.3
110				6.2
111				6.3
112				6.2
113				6.3
114				6.2
115				6.3
116				6.2
117				6.2
118				6.2
119				6.2
120				6.2
121				6.2
122				4.9
123				0.0
124				
125				
126				
127				
128				
129				
130				

*X 線動画解析ワークステーション KINOSIS とは、デジタル X 線動画撮影システムにおいて撮影された 15fps の連続画像を受信し、各種解析処理を実施するワークステーション端末。
 (X 線動画解析ワークステーション KINOSIS、及び KINOSIS は、『画像診断ワークステーション コニカミノルタ DI-X1』(製造販売認証番号: 230ABBZX00092000) の呼称。)

9 システムオペレーションの時間短縮確認

X線動画像が、X線動画像伝送装置からクラウドダイレクト接続装置を介してX線動画像表示用PCに表示されるまでの時間(図4.4.1.2-22の①②③の処理時間の合計)を測定した。8で行ったX線動画像伝送における基本性能評価の検証時と合わせて5Gの伝送に関しては3回測定し、平均値を算出している。測定結果を表4.4.1.2-22に示す。

表 4.4.1.2-22 X線動画伝送の処理時間結果



今回LTEで伝送した場合と5Gで伝送した場合において、X線動画像が送信されてから、X線動画像表示用PCへ表示されるまでに要した時間を比較すると、LTEでは199秒の結果に対し、5Gでは約149秒(測定3回分の平均値)という結果となり、5G通信では約25%の短縮に成功している。この結果から、大容量の検査データの取扱いが必要とされる実運用上においては、伝送に要する時間は短縮されるため、医師に検査結果画像をより早く提供することが可能となるが、救命救急センターの特性上、一刻も早い画像提供が求められることもあり、現在のLTE環境下の性能では満足を得ず、有線LANを用いた通信を行っていることから、さらなる性能向上が必要と推察できる。また5G環境においては同時に伝送可能なデータ容量が向上することが期待されるが、本装置の利用想定環境である救命救急センターのような複数の無線通信を行う端末が存在する現場では、電子カルテ端末からの画像参照や今回のような回診車からの画像伝送など、マルチアクセスに対する適応力も向上するため、比較的容量の大きい画像データの取扱い全般に寄与すると想定される。

(3) 機能検証におけるまとめ・考察

本実証では以下1)~5)のソリューション実現に向け、スマートグラス映像・4Kカメラ映像をキャリア5G経由でクラウド基盤(映像受配信システム、映像コンテンツ生成システム、AI解析システム)に送信し、生成結果をキャリア5G基地局等経由で指令室・各医局と想定する試験室のモニター及び医師が保持すると想定する端末に送信して表示をするというシステムを構築した。

- 1) 簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有
- 2) 院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有
- 3) 既存システムに依存しない遠隔CT画像共有
- 4) 大容量X線動画データ転送
- 5) 既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定

1)～5)のソリューションを運用する上で想定の動きとなるシステムを構築することができた。ただその中で、各ソリューションに対する課題が浮かびあがってきたため、考察とともに下記に記す。

<1), 2), 3)のソリューションにおける課題・考察>

映像配信における1)～3)のソリューションにおいて、以下2つの課題が挙げられる。

- ①長時間運用・カメラ台数の増加に伴うカクツキ・遅延時間の発生
 - ②360度カメラにおける遅延時間の増加
- 2点の課題に対し、以下考察を述べる。

①長時間運用・カメラ台数の増加に伴うカクツキ・遅延時間の発生

長時間映像配信を行う場合やカメラの台数を増やす際に、映像のカクツキの発生や遅延が増加する傾向にある。

運用上、長時間カメラで配信を行う場合は、配信機器であるルータの発熱によりルータ本来の処理能力が発揮されず通信に影響がでることが推察される。またカメラの台数を増やす際には、カメラの台数分の通信帯域の確保が必要となってくる。それらに耐えうる機器のスペックや通信環境を整えたり、またスループットの設定値を下げたり、フレームレートを変更するなどチューニングをしていくことで、映像の品質を確保した上で安定した映像を配信する工夫をしていくことが必要となる。

②360度カメラにおける遅延時間の増加

360度カメラに関しては、データ送信時間が一定時間を超えた場合、遅延時間が増加するという課題が挙げられる。

原因の切り分けとして、カメラ性能/映像処理、配信面でのシステム性能といった多角的な視点で検討する必要があると推察される。機種異なるカメラでの遅延確認や配信時のエンコードの設定やシステム設定値をチューニングしながら、遅延時間を短縮できる最適値を探る必要がある。

<4)のソリューションにおける考察>

4)のソリューションに関しては、実際の回診車を模した環境で5G・LTEの状況下でX線動画伝送を検証した。検証上、伝送に要する時間は短縮され、大容量の検査データの取扱いが必要とされる実運用上において、医師に検査結果画像をより早く提供することが可能となり、作業効率につながる事が分かった。今後は実際の回診車を用いて、移動時における通信上の課題や、オペレーションを踏まえた作業効率化を検討していく必要がある。

<5)のソリューションにおける課題・考察>

5)のソリューションに関しては、カメラを通して撮影した映像での解析結果が元画像の解析結果と比較して精度が落ちた点が課題として挙げられる。カメラの設置位置やディスプレイの設定を調整することで、モアレ現象を回避させ、解析する上で最適となる映像品質に近づける工夫が必要となってくる。またカメラを使わず分配器等を活用し、表示された映像をスクリーンショットで撮影しその画像を解析にかけるなど、仕組みを別途検討することにより精緻な映像をもとに解析することも考えられる。。

4.4.1.3 運用検証

本検証で課題解決のために用いられたシステムは、大きく、視覚情報共有、大容量データ転送、AI 活用、の3つに分けられる。それぞれのシステムにおける運用効果については、その大部分は効果検証の項で既に記載済みであるが、システムそのものの運用については、以下の如く設定し、検証を行った。

映像情報共有その他の今回のテーマそれぞれのシステムにおける運用は、これまで存在しなかったシステムであるため、それぞれのシステムに関わるスタッフ（医師、看護師、看護助手、診療放射線技師、事務等）を対象に新たな運用マニュアルの策定と共有が必要である。

また、映像情報共有の設定では、画像コンサルテーションも含め、救命救急センター所属のソーシャルワーカー、救命救急士、診療看護師を、視覚情報共有の中心となる指令センターにオペレータとして配置。指令を発する医師・看護師の補助を行う。具体的には、状況把握や各現場の視覚情報発信者との連絡、システムエラー発生時の外部との調整も行う。システム提供社はトラブル発生時の対処にあたる。

簡易リアルタイム画像コンサルテーション、AI、大容量データ転送については、画像診断センター管轄の運用とし、診療放射線技師、放射線科医師の救命救急センター担当が、診断並びにシステムトラブル発生時の問い合わせ窓口となる。システム提供社はトラブル発生時の対処に当たる。これら、指令センター内視覚情報共有部門、並びに画像診断センター内コンサルテーション、AI 判定、データ転送システム管轄部門の運用につき検証を行った。

(1) 評価・検証項目

それぞれのシステムの運用につき、フローの整理、必要であればマニュアルの作成も視野に、上記の担当スタッフから意見を聴取し、上記システムの運用面における検証を行った。

(2) 評価・検証方法

- 1) 指令センタースタッフ、視覚情報発信側スタッフ、視覚情報閲覧側スタッフ等に対する意見調査を行った。
- 2) 1) に基づき、実証実験参加メンバーで検討会を開催、運用面での課題と解決策を整理した。
- 3) 1)、2) を踏まえ、アウトソース化等、運用面、経済面での効率化も視野に入れ、実装という観点での提案を行った。

(3) 実証結果及び考察

上記の結果を以下に示す。

1) 映像情報共有

聖マリでは、ローカル 5 G 環境下の運用ではないものの、救急外来及び病棟患者の観察、ドクターカーによる院外患者診察・搬送、に際し既に映像情報共有を行ってきた経緯がある。今回は、これまでなかったシステムとして外来患者診察、院内患者搬送において、設置・展

開が容易な可搬型カメラを複数用いた映像共有を行ったが、運用に際しては、聖マリで既存の他の映像共有システムと同様の運用で利用可能なことが分かった。

すなわち、救命センター受付内に存在する既存の視覚情報共有統合センターを指令センターとして、ここに今回の映像共有システムも併設させ、救急医以外の、救命救急センター所属のソーシャルワーカー、救命救急士、診療看護師にオペレータを担当することが可能であった。このシステムにおいては、新たな負担増なく運用が可能と考えられるが、トラブルに対応するため、システム管理部門やベンダとの連携の仕組みを構築しておく必要がある。

横展開を想定した場合、救命救急センターを有する病院であれば、既存の患者状況遠隔管理システム（バイタルサインの遠隔モニタリングシステム等）があることが想定され、ここへ併設することが望ましいと考える。既存のシステムがない施設では、新たに設ける必要があり、システム導入で業務効率化・高度化を目指す一方、このために業務負担増、人員増となることが予想される。

一部のスタッフからは、映像情報共有システムがあることで、通常は現場の看護師が行っている診察状況の記録を遠隔で行える、あるいは院外へアウトソースできる可能性も示され、診察に用いた薬剤、器具類の管理や診療・処置行為も含めて、診療費請求に際し、映像情報の検証を行うことで隈なく漏れなく管理が行えるのではないかとの意見も挙がった。この部分の作業は、診察終了後にも現場看護師が時間をかけて行わなければならない業務でもあり、今後検証が必要であると思われた。

2) 大容量データ転送

今回の実証では、移動型撮影装置から発生する容量の大きな、動態 X 線画像データ転送を対象とした。本装置は、現在聖マリでは実臨床において活用されている装置であり、診療放射線技師の管理下でデータ転送運用が行われている。現状はローカル 5 G 環境下ではないものの、導入に当たっては救急集中治療で用いられる様々な医療機器との干渉を事前に調査し、IT 管理部門とも調整を行った。ローカル 5 G で運用する場合と同様のオペレーションで対応に当たっているが、ローカル 5 G 下となっても業務負担増、新たなマニュアルの策定は必要ない。撮影から画像評価、そしてその結果の診療への反映における全体のオペレーションが確実に向上することは、効果検証、機能検証において実証済みである。

3) AI 活用

今回の実証では、画像診断医と診療放射線技師が担当となり運用を検証した。開発中の AI を用いての検証であり、そのシステムの有用性は確認でき、実際期待できるものであった一方、実装時の運用を検証する段階には至っていないとの判断であった。

*本システムにおける課題解決効果については、効果・機能検証の項も参照

4.4.2 ローカル 5 G を用いたソリューションの実装性に関する検証

聖マリにおいて本開発実証で用いたソリューションをベースに改善を図り、本事業の終了後も今回提案を行うローカル 5 G を用いたソリューションを継続的に活用、あるいは他のユーザ企業等や他分野での課題解決等を図っていくため、実装性に関する検証を行った。

また、これらのソリューションについては、令和5（2023）年1月に竣工予定の新棟へローカル5Gとともに実装を想定している。さらに、令和5（2023）年度以降、今回の実証開発により得られた知見や課題について、さらなる検証を進め、それらの成果の横展開を図るとともに、引き続き聖マリ関連病院や他の医療機関、本コンソーシアムが実施した実証視察会に参加した地方自治体などへの横展開に向けた提案もあわせて検討していきたい。

4.4.2.1 ローカル5G活用モデルの構築・検証

ローカル5Gを活用したソリューションを持続的に導入・利用するためのローカル5G活用モデルの構築と検証を行った。

実装モデルは、臨床現場の課題解決に則したものであるだけでなく、各医療機関の実情に合わせた弾力性のある導入と運用が可能で経済的なものであるべきである。

今回は、実証の中で検証したシステムにつき、実装を前提としたパッケージ化の検討を行った。具体的な検討内容は以下のとおりである。

- 1) 「簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有」、「院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有」による患者のいる現場とそれを遠隔から観察・支援する視覚情報共有システム
- 2) 「既存システムに依存しない遠隔CT画像共有」による画像を対象としたベンダフリーな簡易画像診断コンサルテーションシステム
- 3) 「既存システムに依存しない気管内チューブ等位置AI判定」によるベンダフリーな画像判定AIシステム

上記全てのシステムにおいて、少なくとも視覚情報発信側には、複数の映像情報発信源があり、これらの映像を高精細かつリアルタイムに配信することが求められるため、ローカル5G環境が整備されているべきである。一方、患者や画像等、視覚情報を受ける側の人物等がいる場所は、病院内の不特定の場所や病院外もあり得、広範囲となる可能性が高い。また、救命救急においては、ドクターカーや救急車といったプレホスピタルと病院側のリアルタイムな視覚情報の共有も検討する必要がある。そのため、ローカル5G導入・運用コストが大きい場合には、より安価な高速Wi-Fiシステムやキャリア5G等と組み合わせて運用する必要があると思われる。現段階で実装を見据えた場合には、ローカル5Gと他の通信システムを組み合わせることを前提としたシステム・パッケージ化が現実的であると考えられる。こうした条件を前提に、以下、上記1)～3)につき、記載する。

- 1) 「簡易設置可能な360度カメラ等による俯瞰的視覚情報共有・スマートグラスを利用した主観的視覚情報共有」及び「院内ストレッチャー移動患者の視覚情報共有」

診察中、以下の状況を観察することを目的に「360度カメラ」、「4Kカメラ」を患者の寝るストレッチャー周りに設置する。

- ・ 移動中の患者の様子
- ・ その周りのスタッフの様子
- ・ バイタルモニター
- ・ 機材や物品の整備状況

設置する場所は、点滴棒やカーテンレール、その他現場状況に合わせて様々なところに設置し、また簡単に場所を移動させられるよう、柔軟に設置可能な固定器具が必要となる。また、映像配信にはシングルボードコンピュータが必要となる。

例として、患者が寝ているストレッチャーからの映像共有を行う際、バイタルモニターを映す4Kカメラ、俯瞰的に映像共有を行う360度カメラ、これら2台から送信される映像配

信に1台の小さなコンピュータが必要となる。

また、スマートグラスを用いて診察や搬送に参加するスタッフの視点で捉えられる様々な視覚情報を共有する。それぞれのカメラ映像は集約され、一つのプラットフォームに載せられて配信される。この配信システムの画面は、受け手が自由に配置を変えられるようになっているのが望ましく、これにより、一つのカメラの映像や複数のカメラの映像を自由に選んで表示できるようにしておく。

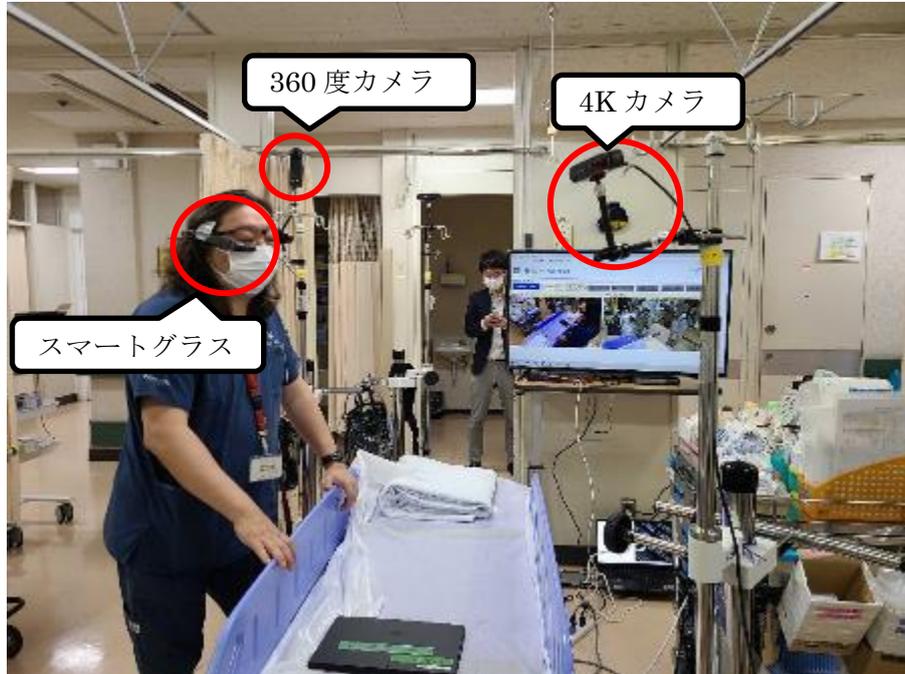


図 4. 4. 2. 1-1 1)システム構成物

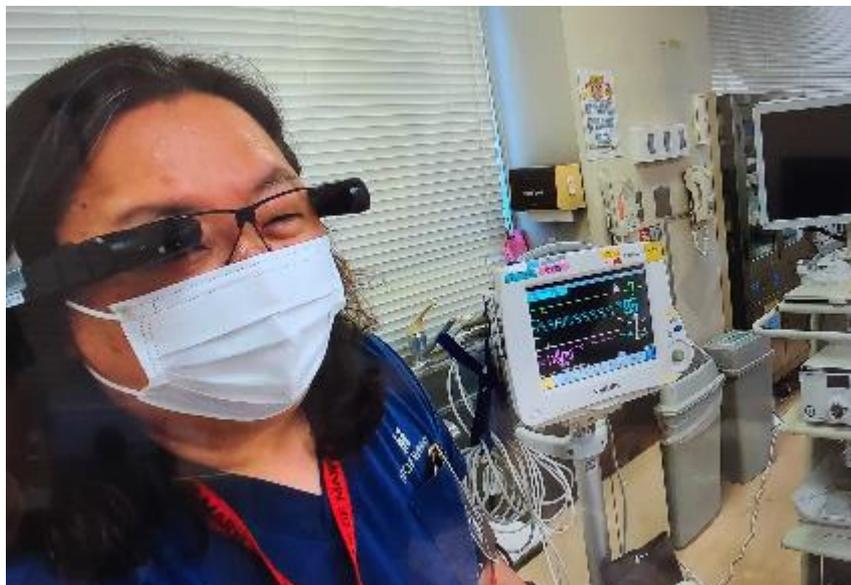


図 4. 4. 2. 1-2 スマートグラスを装着した医師

それぞれのカメラに求められる要件は以下の通り。

①360度カメラ（今回はリコー社製 theta Z1 を使用）

俯瞰的に視覚情報を共有する上で重要なシステムとなる。魚眼レンズを組み合わせたよ

うな形で 360 度死角が少ないようにカメラ周囲の映像を配信可能で、配信システムとして、視覚情報の受け手それぞれが、見たいところをみられるようにする。遅延なくライブにこれが可能であり、かつ可能な限り高精細であるべきである。

②高精細カメラ（今回はロジクール社製 BRIO ULTRA HD PRO ビジネスウェブカメラ）

上記システムを補って局所を固定で高精細に映し出すシステムであり、バイタルモニターを含めた周囲の映像を配信することを目的とする。

③スマートグラス（今回は Vuzix 社製 M400 スマートグラスを使用）

装着者の視点を共有するためのカメラは、できる限り装着者の視点を正確に共有するため、装着者の目線と合わせやすいカメラ位置の調節機能、高精細（最低でも FHD 相当）の映像が配信可能なことが必須である。ただし、FHD でも損傷部の大まかな評価等はできたが、4K 配信出来れば、より詳細な情報のやり取りが可能となる。現状、スマートグラスの多くは連続稼働可能時間が数時間であり、1 日フルで利用する場合には、予備バッテリーが多く必要となる。今後ソフト・デバイスの開発を待って常時 4K 配信が可能なカメラの登場を期待する。

映像集約配信システムについては、複数のベンダからリリースされている。カメラデバイス供給会社がサービスとして提供している場合もあり、事前にシステムを利用することとなる医師などの医療従事者とシステム提供のベンダと相談し、最適なシステムを選びたい。途中で診療に参加した者や教育目的でさかのぼって映像が見られる方がよいことは多々あり、配信と同時に記録も行って、タイムシフト機能を実運用時には実装すべきである。

簡易に自由にカメラを配置・設置・展開できるシステム並びに受け手が自由に視点を選べる画像配信システムは複数あり、施設の事情に合わせた利用の仕方が可能であるが、医療現場での利用に特化したものはなく、今後の課題である。また、患者をカメラで写したり、記録できたりすることは必ずしも利点だけでなく、患者のプライバシー保護の観点についても検討を重ねる必要がある。

今後、医療現場での実装に向け、法整備の観点でも調査、協議を重ねていく必要がある。

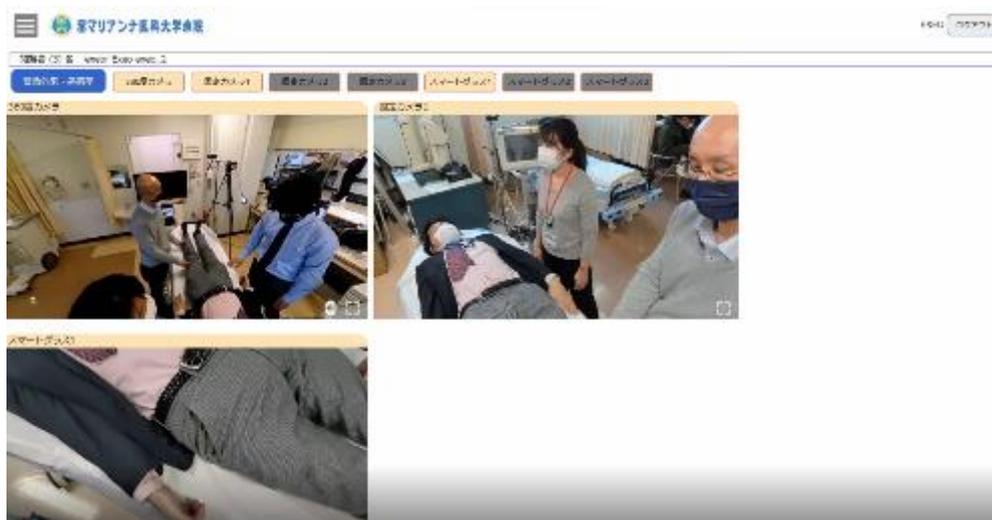


図 4.4.2.1-3 実証で利用した映像配信システム受け手側 UI①



図 4. 4. 2. 1-4 実証で利用した映像配信システム受け手側 UI②

音声共有は今回、主に既存のトランシーバーアプリケーション（BONX）や院内 PHS、カメラの音声機能を利用したが、こちらについてはまだ検討の余地があり、音声共有のシステムを立ち上げてすぐに音声共有ができないなど音声周りの不具合によるストレスも経験した。今回のシステムでは、改善策も含め提案をできるほどの検証は音声に関してはできておらず、今後映像だけでなく、音声システムについても検討が必要である。

2) 「既存システムに依存しない遠隔 CT 画像共有」

高精細カメラやスマートグラスを使って、CT など診断撮影装置から送られてきたモニター映像を離れた場所にいる上級医や画像の専門家と共有する。専用の装置を用いるわけではなく、安価な導入が可能な点が特徴である。キャリア 5G など院外での通信網との連携も今後は必須であり、院外と映像情報共有できればより広い範囲で画像診断の相談が可能となり、働き方改革への寄与も期待できる。

今回固定の高精細カメラ以外にもスマートグラスを用いたが、カメラや配信システムに関して求められる条件は基本的に、1) と同等である。



図 4. 4. 2. 1-5 2) システム構成物

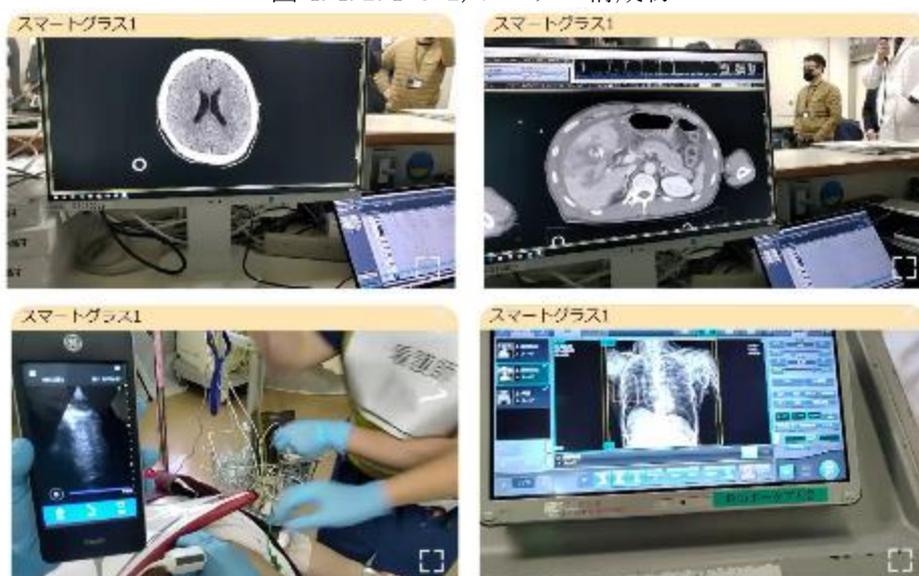


図 4. 4. 2. 1-6 実証で利用した遠隔 CT 画像共有システム受け手側 UI

3) 「既存システムに依存しない気管内チューブ等位置 AI 判定」

4K カメラやスマートグラスを使って、モニターに映った映像について AI 判定を行うシステムである。今回は、検査画像をモニターに映った単一の映像として認識させ、AI 判定させるシステムであったため、撮影装置や院内検査画像配信システムに依存しないベンダフリーな AI 判定システムを試すことができた。カメラの性能については、できるだけ高精細の画像情報を配信できることが大切であり、今回用いたカメラは条件として問題なかった。



図 4. 4. 2. 1-7 3) システム構成物

気管挿管(ETT)、静脈カテーテル(CV)、胃管チューブ(NG)は、重症患者が装着する生命維持器具の 1 つであるが、適正な位置にあるかどうかは、レントゲン画像を撮影した時という、限られた時にしか確認できない、という現状がある。

このため、本実証では、AI 解析エンジンを用いた、既存システムに依存しない気管内チューブ等位置の判定が実現できた場合、医師に対する注意喚起を促す仕組みになり得るのか、という可能性を探ることを目的とした。

今回の実証実験では、映像情報共有が、効率化と高度化の両方において、必須のシステムであると言えるだけの経験をすることができた。各システムにおいて、今後、様々なデバイスを試し、より安価で安定した医療現場でのニーズに合ったシステムを模索、開発していく必要がある。また、カメラ、映像集約、配信を総合的にマネージするシステムあるいはサービスも求められている。4K カメラなどの IoT 機器がモバイルルーターなどを介することなく直接ローカル 5 G を用いて通信可能なデバイスの検討も必要となる。今回使用したシステムだけでは、安定性も含めて検証しきれていない点も多い。デバイスだけでなく、各施設の事情に合わせて安価に導入・運用可能な総合的なシステムの検討は、デバイスの進歩もにらみながら、まだまだ継続していくべきであると考ええる。本実証を通して表 4. 4. 2. 1-1 に示す視覚情報共有システムパッケージを考案した。令和 4 年度からは、このシステムもしくはその一部を使って、医療現場に則したパッケージへと昇華させるべく、更なる実証を続ける。

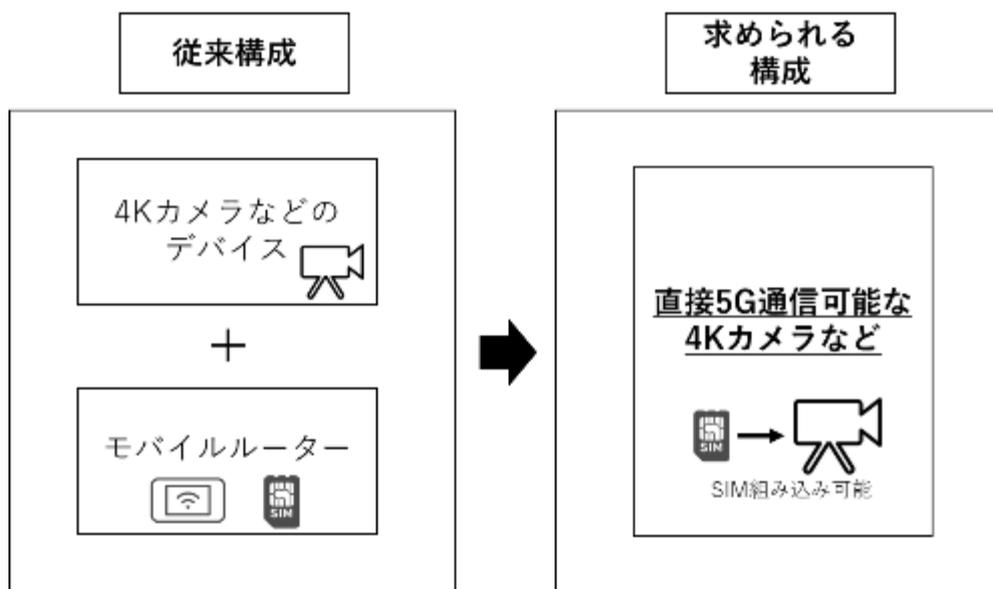


図 4. 4. 2. 1-8 5 G直接通信(SIM) 可能なデバイスのイメージ

なお、今回のシステム導入に係る費用は以下のとおり。

表 4. 4. 2. 1-1 医療現場における視覚情報共有システムパッケージとその価格

デバイス・システム	製品名 (ベンダー)	導入コスト	ランニングコスト
映像共有アプリケーション	LiveOn(ジャパンメディアシステム株式会社)	1,100,000 円 + 78,000 円×ID 数	月額 5,000 円×ID 数
360 度カメラ	Theta Z1 (株式会社リコー)	100,000 円	----
スマートグラス	Vuzix M400 (Vuzix コーポレーション)	250,000 円	----
映像発信エッジ PC (360 度カメラ用)	Jetson nano (NVIDIA)	100,000 円	----
モバイルルータ (360 度カメラ用)	Wi-Fi Station SH-52B (株式会社 NTT ドコモ)	40,000 円	月額 5,000 円

上記より、パッケージとしての導入コストは、5か所をつなぐと想定した場合、およそ 2,000,000 円で、ランニングコストは月額 30,000 円となる。閲覧者側の端末及び通信にかかるコストは別途見積もり必要。

上記のうち、LiveOn、VuzixM400、並びに院内の既存 Wi-Fi 通信網を使った仮実装による検証は既に始まっている。

4.4.2.2 普及展開に関する検討

4.3.2.1 で記述した 4 項目をベースに、他の医療機関においても実装可能かつ効果的なものとなるよう、ステークホルダー、汎用性、経済性等の観点を検討し、実証を行った。また、普及展開にあたって留意すべき点について検討を行い、以下のとおりとりまとめた。

1. 普及展開の方針

当実証事業が、ローカル5G活用モデルの普及展開の加速を目指し行われるものであることから、同様の課題を抱える他の医療機関において、本開発実証で得た知見ができる限り円滑に活用されるよう、汎用性が高く、コストを抑える仕様で実証を行うこととした。

また、令和4(2022)年1月には、川崎市内の救命救急センター関係者や川崎市消防局職員、県内他自治体の関係者等を対象とした実証視察会を実施し、実証内容の共有を図るとともに、実装の場면을想定した意見交換を行った。

実装については、あくまでも他の医療機関が判断することとなるが、積極的に実証の成果を共有することにより、ローカル5G活用モデルの普及展開に向けた一助となるよう進めることとした。

令和5(2023)年度以降、今回の実証開発により得られた知見や課題について、さらなる検証を進め、それらの成果の横展開を図るとともに、引き続き聖マリ関連病院や他の医療機関、本コンソーシアムが実施した実証視察会に参加した地方自治体などへの横展開もあわせて検討する。

なお、令和4(2022)年2月には、実証視察会に参加した自治体からの依頼により、中山間地域における視覚情報共有の活用による、診療所と民家を結ぶ在宅医療への応用等持続可能な医療提供体制の可能性について意見交換を行った。当該実証開発において検証した救命救急センターへの実装とは違うものの、パッケージの発展的活用について議論が進む結果となった。

2. 5Gソリューション提供センター(5GSC)との連携

本事業で検証した視覚情報共有システムについては、前述した中山間地域における診療所と民家を結ぶ在宅医療や介護分野などへの応用も可能で、少子高齢化や労働人口の減少等構造的な課題への対応が期待される。

なお、本実証開発は、実際の医療現場でなく、ソリューションの使用に際して国等の承認を必要としない模擬実証として行った。結果として、各ソリューションの有用性は確認でき、将来性を感じさせるものであったが、詳細なコストの検証などには至っていない。また、ソリューションは、各社のノウハウ、技術の組み合わせにより構成されたものであり、今後、必要とされるユーザ企業への提供にあたっては、個別での協議を必要とする。

本実証でのソフトウェア活用方式、設計/設定内容、ネットワーク構成等の得られた情報について纏めた各種ドキュメント類を5GSCへ提供する。

また、本実証に用いたソフトウェアについて、5GSCで検討されている「ソリューション提供の方式」の詳細を確認して方式可能な場合は、提供内容・ビジネスモデル等について検討を促進していく。

上述により、同業種/業態・または類似する構成を検討している業種に対し、先行事案として得られたナレッジを提供可能なものとして、ローカル5G/5GSCを用いたソリューションの早期普及に向けた取り組みを行う。

多くの医療機関は、医療の高度化やオペレーションの改善等に関する課題を把握しているものの、課題解決につながるソリューションはどのようなものがあるのか、また、導入・運用にあたって発生する費用負担を軽減するためにはどうすればよいのかといった知見が不足している。また、医療機関においてローカル5G等を用いた新しいソリューションを活用するためには、機器やシステムの運用・保守に精通したスタッフの育成・確保が必要である。このことから、5GSCには、課題解決に有効なソリューションのノウハウ等の提供のみならず、デジタルトランスフォーメーション推進につながる人材の研修機会や活用可能な各種助成制度などについてのアナウンス等を検討いただきたい。

5GSC設置を通じ、各医療機関で共通した課題の解決に向けた取り組みが進むことで、将来的に国等において、先端技術を活用した医療の高度化やオペレーション改善等に取り組む医療機関に対してのインセンティブ付与などの検討につながることを期待する。

3. 普及展開において想定される課題

本開発実証で用いたパッケージを他の医療機関へ実装を図るためには、各医療機関等における類似システムの活用状況及び他の医療機関と聖マリとの各オペレーション違いを正確に把握する必要がある。

また、各医療機関において実装を検討するにあたっては、運用の具体的な方法や、それを踏まえたコスト、得られる効果がどのようなものかを整理した上で、費用対効果の視点から判断されることが必要となる。

4.4.3 ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

先に記載した4.3.1（ローカル5Gの有効性について効果・機能・運用面から検証）及び4.3.2（実装性について活用モデルの構築・検証と普及展開方策の検討）では、ローカル5Gの利活用により、遠隔視覚情報共有による現場滞在時間・移動時間の短縮や現場での密状態の回避、そしてより多くの専門家・上級医の関与、迅速な画像診断も達成され、医療現場における高度化・効率化が実現できることが確認できた。それを受け、ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策を以下にまとめる。

【ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策】

1. 方針

本実証開発などを通じ、医療現場での有用性が確認され、ローカル5G導入の機運が高まることが期待される中、実装にあたっては、まず、多額となるイニシャル及びランニングコストが懸念される。また、新しいソリューションの導入により、類似システムとのすみ分けやオペレーションへの影響等運用面の見直しが必要となる。このため、導入効果、機能、運用に関する課題、制度的課題などをまとめたモデルケースをとりまとめることが効果的である。

2. コスト面の課題と解決策

医療現場における高度化・効率化が実現できることやソリューションのパッケージ化やベンダフリーのシステム構成により単独や医療機器専門業者からの導入に比べて費用負担は軽減されることは確認できているが、導入するパッケージがコストに見合うものであるか、定量的・定性的に検討を行う必要がある。とりわけ、新しいソリューションの導入によって医師から看護師、看護師から医療事務のようにタスクシフト/シェアが発生することも期待され、負担軽減効果とともにコスト削減効果を合わせて検討を進める必要がある。また、全国への普及展開に向けては、各医療機関が自主的に導入するのでは財政的な負担が大きく、困難が予想されるため、まずは無駄なく横展開可能な標準的なソリューションパッケージの開発を進め、財政支援や民間企業からの技術的な投資を受けることが有効であると考えられる。

先端技術の導入は、新型コロナウイルス感染症感染拡大等に伴う医療逼迫やスタッフの心理的・肉体的負担軽減につながるが、診療報酬を財源とし、常に最小人員で昼夜を問わず稼働している状況において、労働人員の削減による収入増は期待しにくい。そのため、医療においては、導入にあたって当該実証事業のような制度を活用、あるいは、電波事業者や

IT 企業を含む導入のためのコンソーシアムを組成して費用を分担し合い、維持管理は自己負担で進めるという形が馴染むと考える。

3. 運用面の課題と解決策

新しいソリューションの導入にあたっては、類似システムとのすみ分けやオペレーションの見直し、あるいは、これを機に、直接の診察や治療に伴って必要となる医事業務をアウトソーシングすることなどを検討することが考えられる。そのため、パッケージの導入から安定した運用にわたる伴走型支援を行うことで運用面の課題を解決する。各現場、場面におけるニーズを、ヒアリング等により事前に良く把握した上で、無駄のないソリューション導入が求められる。

4. ソリューションの発展的活用

前述した自治体との意見交換において判明した中山間地域における在宅医療体制確保等につながるパッケージの発展的活用を推進するため、規模・運営の異なる施設での実証などを通じ、ローカル5G活用に係る知見を高め、医療現場における高度化・効率化を積極的に推進する。一方で、山間部などにおいて、安定した通信環境が構築できているかといったインフラ面の調査や場合によっては、通信環境の改善が必要なケースが想定されるため、一つの事例に丁寧に対応していく必要がある。

また、高まり続ける医療需要の増大に対応するため、視覚情報共有等により、単一の自治体はもとより、複数の自治体を跨ぐ広域連携への対応などが求められる。広域連携においては、キャリア5Gなどの大衆向け通信網との連携に対応する必要がある。

救命救急センターへのローカル5Gの活用にあたっては、通信キャリア5Gとのシームレスな連携ができるようになれば、救急搬送前から搬送後の各種検査、診察、医療スタッフ間の治療方針決定、治療、入院まで切れ目のない円滑かつ効率的な高度医療体制の構築につながるなど、より発展的な活用が期待される。

4.4.4 継続利用の見通し・実装計画

コンソーシアムによる実証期間の終了後に、現時点で想定している内容は下記のとおり。なお、公的支援については、現時点で具体的に該当するものがあるわけではなく、あくまでも実装に向けて必要な事項の整理を行ったもの。

本事業で実証した課題解決システムについては、ローカル5G実装までの間、通信速度や精細さは劣るものの、Wi-Fi等既存通信システムを活用し、聖マリ救命救急センターにおいて、主に医師、看護師、技師等医療スタッフ間における視覚情報共有による意思疎通の円滑化や大容量通信による業務効率化を図るなど、引き続き継続利用を想定しており、その一部はすでに実装済みである。AI判定に関しては、今回の開発実証において、モニターを撮影する4Kカメラの位置の設定が室内照明等によって左右される可能性が高いことが判明したため、新たなシステム構成としてモニター画面を直接AIで解析する方法を今後検討する。

一方で、ローカル5Gの実装に関しては、現在建設中の聖マリ新棟への導入を検討しているところである。なお、実装にあたっては、ローカル5Gの整備に国等からの公的支援等を活用し、今年度の事業で開発したソリューションのツールの最適（最新）化などはトランスコスモスやドコモ、聖マリが自主財源で行い、官民双方が投資を進めることで、聖マリ単体への財政負担軽減を図ることを検討する。後述するとおり、医療機関への導入にあたっては、公的支援等や民間企業による技術実証の場として先行投資を呼び込む、あるいはその両方を活用することが有効である。特に医療現場へ導入されるソリューションの開発実証については、それが少ない財源と常態的な労働不足といった背景で行われることを鑑みる必要

があり、様々な拠点で同時多発的に開発するよりは、早期の開発完了から導入を目指す上でも、先進的に取り組んでいる施設、コンソーシアムにおいて、可能な限り経済的で効率的な開発実証を行うべきであると考え。なお、今後、視覚情報共有だけでなく、情報センシング技術など様々なシステムの利活用も併せ、看護師をはじめとする医療スタッフの負担軽減の方策を検討していく必要があると考えている。

また、医療分野においては、先端技術を活用したソリューション導入は、医療の高度化及び効率化には寄与するものの、診療報酬点数が健康保険法（大正 11 年法律第 70 号）等によって定められているため、それによって医療機関の収入増加にはつながりにくい。そのため、4.4.2.2 にも記載のとおり各医療機関で共通した課題の解決に向けた取り組みが進むことで、将来的に国等において、先端技術を活用した医療の高度化やオペレーション改善等に取り組む医療機関に対してのインセンティブ付与などの検討につながることを期待する。ここでは、当該取り組みを学会や論文において公表し、また、各関連学会とも連携して、診療報酬改定に向けた活動を積極的に行っていく必要がある。既に第 58 回日本腹部救急医学会総会においてもその一部については発表しており、関心を集めていた。

ただし、一般的に公的支援を受ける際に、特定の個人や個別企業に対する給付経費及びそれに類するものや、施設の整備、備品購入自体を主目的とするものに関しては、原則として対象外経費と整理される可能性が高いので、関連する公的支援策を所管する関係省庁等とも協議を重ねる必要がある。

仮に、ローカル 5 G の実装にあたって、国等からの公的支援を活用する場合は、持続可能な医療体制の構築と災害医療体制の強化などを KPI として、以下のような実施計画を想定する。

また、当該交付金を活用し、相当の収益が生ずると認められる場合は、補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律（昭和 30（1955）年法律第 179 号）等の規定に基づき適正に対応する。

なお、救命救急センター以外へ実装する場合は、エリア拡大だけでなく、その部署特有の課題を解決するための追加の実証事業が必要である。

以下に、4.4.3（ローカル 5 G の実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討）で示した課題と解決策に基づき実装計画をまとめる。ローカル 5 G を活用したパッケージ導入のサービス in・事業化が始まる令和 6（2024）年度までは可能な限り公的支援を受けることを想定しているが、令和 7（2027）年以降は、行政に頼らない自立した取り組みとする。

【実装に関する課題（コスト面及び運用面）と解決策】

推進体制として、トランスコスモスはローカル 5 G を活用したパッケージ導入機関における業務効率化や運用の見直し、聖マリは、医療の高度化等の知見及び実証フィールドの提供、ドコモはローカル 5 G 等インフラ、ソリューション等の技術支援を担う。

コスト面の課題として、多額のイニシャル・ランニング費用が挙げられる。そのため、令和 4（2022）年度の新棟建設にあわせ、ローカル 5 G 実装に向けた公的資金等の活用や本コンソーシアム等が技術実証の場として、聖マリを活用することを通じてローカル 5 G 実装を目指す。

各ソリューションについては、ローカル 5 G 実装までの間、Wi-Fi 等既存システムで継続利用を図るが、令和 5（2023）年度に使用しているツールの最適（最新）化を行い、利便性を向上させる。この部分の活動は非常に重要であり、本実証で使われたシステムを、仮実装下に、現場のニーズに合ったシステムへと洗練させることで、横展開にも資する標準的となり

得る比較的安価なシステムの開発、ビジネス化に適したパッケージの考案が可能となると思われる。このプロセスを経て開発されたシステムはその後、ローカル5G環境下で検証され、利便性の向上と更なる最適化を行う。具体的にはスマートグラス稼働時間の拡大、搭載カメラの4K対応など理想とするデバイスの開発が行われ次第、システムへの反映、必要に応じた構成変更による最適化等を予定している。

また、運用面での課題として、類似システムとのすみ分けやオペレーションの見直しが挙げられるため、令和6（2024）年度に他の医療機関等へのテスト導入や運用面の見直しサポート等を通じた実績を積み、令和7（2025）年度に聖マリのような3次救急を担う医療機関2ヶ所へのローカル5Gを活用したパッケージ導入の事業化、令和8（2026）年度以降、全国の医療機関への積極的な展開を図る。

表 4.4.4-1 ローカル5G実装・拡大等に関する計画

令和4（2022）年度	令和5（2023）年度	令和6（2024）年度	令和7（2025）年度	令和8（2026）年度
聖マリ新棟へのローカル5G実装に向けた調整。財源確保等。	各ソリューションにおけるツールの最適（最新）化検討。	他の医療機関等へのテスト導入。運用面見直し等サポート。	ローカル5Gを活用したパッケージのサービスin・事業化。	全国の医療機関への積極的な展開。

仮に、上記スケジュールでローカル5Gの実装・拡大を進めるとした場合の収支は以下のとおり。

表 4.4.4-2 ローカル5G実装・拡大等に関する収支積算（単位：万円、税込み）

	令和4（2022）年度	令和5（2023）年度	令和6（2024）年度	令和7（2025）年度	令和8（2026）年度
収入	5,500	2,000	5,500	5,000	125,000
支出	5,500	2,000	5,500	4,000	100,000
備考	ローカル5Gの実装。	ツールの最適（最新）化。	他の医療機関等へテスト導入。	サービスin・事業化。	全国の医療機関への積極的な展開。

※今回実証の通信キャリア5Gでの構成、費用・及び実証期間をベースとして試算を行っているため、実際とは異なる場合もあり。

※令和7（2025）年度においては、救命救急センターを有する医療機関（2ヶ所）への展開を想定する。なお、支出については、ローカル5G等を含めたシステム実装を行うために必要な環境構築やクラウド等のサービス利用に伴い発生する料金を主に想定している。また収入に関しては、これら発生する費用に加えて、人件費や間接費等のサービス提供者に係る費用を加味して、医療機関に対して請求を行うことを主に想定している。

※令和8（2026）年度においては、全国の救命救急センターを有する医療機関のうち約2割（50ヶ所）への展開を想定する。なお、収入及び支出の考え方としては、令和7（2025）年度に想定する収入と支出を基準として、これを50の医療機関へ導入することを仮定した形としている。

ローカル5Gの実装にあたっては、多額の費用が必要で、また、ローカル5G環境下での新たなソリューションの活用にあたっては、導入に際してICT部門からDX人材の提供、オペレーション見直しへの協力、導入後の保守管理等の引き取りといった目に見えにくいコストも多くなることが想定される。

そのような中でも、先端技術を用いた医療の高度化、オペレーション改善等の営みを止めることのないように、本実証開発で用いた視覚情報共有等に関するソリューションを、当院ですでに導入している「LiveOn」という遠隔会議・遠隔作業支援用アプリケーションを使って、Wi-Fi環境下で臨床現場での仮実装を開始した。

既存のネットワークを活用して有用性が示すことができるなら、他部署への横展開を図る上で一助となることが期待できる。今回のような模擬実証を重ねることで、少しずつ実症例に近い場面で試していくという、段階的な進め方を、救命救急センターが中心となって進めていく。例えば、「夜間急患センターにおける研修医・診療看護師による初期患者診察の遠隔監視、指導」、などから始め、ICT利活用に関するアイデアを持っている部署へ広げていくことが考えられる。

聖マリとして、ローカル5G実装に向けた具体的な取り組みをできることから着実に進めていくが、本実証実験のような模擬実証から臨床現場、実際の医療現場での実証という必要なステップを踏んでいく取り組みに対しては、自治体、企業等からの支援があることで、その取り組みは推進され、さらに、実臨床の現場から得られた医学的見地による検証が重ねられていくことで、広く医療界での実装につながると確信している。

4.4.5 課題実証における追加提案

該当なし。

(1) 評価・検証項目

該当なし。

(2) 評価・検証方法

該当なし。

(3) 実証結果及び考察

該当なし。

5. 普及啓発活動の実施

実証コンソーシアムは、調査研究請負事業者がローカル5Gの普及の観点から行う取組に協力するとともに、取組状況を実証成果報告書に記載する。

5.1 映像制作への協力

調査研究請負事業者による本コンソーシアムの取組成果に係る動画を作成するにあたり、実証映像の素材提供や関係者へのインタビューの撮影等の協力を行った（図 5.1-1）。



図 5.1-1 令和4（2022）年1月13日に行った映像制作の様子

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企業や、地方公共団体、関係省庁等に対する周知啓発の一環として、本コンソーシアムは、調査研究請負事業者の支援を得て、下記により合計3回実証視察会を実施した。

実施日	令和4（2022）年1月11日（火） 13:30～15:30※現場での実証視察会は14:10まで
実施形態	現地参加（政府機関及び調査研究請負事業者、企業）
場所	〒216-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生2-16-1 聖マリアンナ医科大学病院 （夜間急患センター及び東館3階カンファレンスルーム）
参加者	【総務省（本省及び関東総合通信局）】、【厚生労働省】、 【調査研究請負事業者】、【NEC】、【富士通ネットワークソリューションズ】 【日本無線】、【日清紡ホールディングス】、【日本電気通信システム】
資料	① 現地視察及び実証視察会案内 ② 課題実証概要版資料

プログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 視覚情報共有シミュレーション（シナリオ①） 2. 画像診断系シミュレーション（シナリオ②） 3. AI 判定シミュレーション（シナリオ③） 4. 講評（政府機関及び調査研究請負事業者のみ）
主な意見	ローカル5Gのユースケースを採択された場所で導入、それを横展開することを目指しているの、積極的に活用いただきたい。視察を通じて、医療現場の実際の問題が解決できるようにみえた。特にベンダフリーで実現できることは素晴らしいと感じており、横展開を期待したい。昨今、新型コロナウイルス感染症感染拡大による医療ひっ迫が課題となっているが、このようなソリューションが広がれば、有効な手立てになるのではないと思う。

実施日	令和4（2022）年1月20日（木）14:00～16:15
実施形態	現地参加（川崎市長、日本医科大学武蔵小杉病院、マスコミ）
場所	〒216-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生 2-16-1 聖マリアンナ医科大学病院（夜間急患センター）
参加者	【日本医科大学武蔵小杉病院】、【読売新聞】、【朝日新聞】、【東京新聞】 【神奈川新聞社】、【タウンニュース】、【時事通信社】、【TBS】、【NHK】
資料	③ 現地視察及び実証視察会案内 ④ 課題実証概要版資料
プログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 川崎市消防局救急課職員を中心とした実証体験 2. 聖マリアンナ医科大学病院職員等による実証デモンストレーション 3. 質疑応答/意見交換
主な意見	最先端技術を活用した視覚情報共有等によって救命率の向上などチーム医療の飛躍的な進歩につながると感じた。今後は、広域に情報を共有できるとさらによい。医療への期待、ニーズは高まっていく。一方で、患者の事前承諾なしに映像共有が可能なのかといった点は整理が必要かもしれない。

実施日	令和4（2022）年1月21日（金）13:30～15:00
実施形態	現地参加（神奈川県立病院機構、神奈川県、横浜市、相模原市）
場所	〒216-8511 神奈川県川崎市宮前区菅生 2-16-1 聖マリアンナ医科大学病院（夜間急患センター）
参加者	【神奈川県立病院機構】、【神奈川県】、【横浜市】、【相模原市】
資料	課題実証概要版資料
プログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実証現場の視察 2. 実証デモンストレーション動画視聴 3. 質疑応答/意見交換
主な意見	自治体を跨いだ病院間で視覚情報共有を行うことができれば広域連携が可能となると感じた。一方で、実際の導入にあたっては、多額の費用を要するので、予算措置や補助制度の検討などが必要であると考えます。

5.3 その他普及啓発活動

トランスコスモスは、本実証開発に係る普及啓発動画を作成した（図 5.3-1）。事業終了後においても、様々な場面で本動画を活用した普及啓発活動を展開していく予定である。また、コンソーシアムの代表機関として、令和 4（2022）年 3 月 1 日に「医療機関における安心・安全な電波利用に関するシンポジウム（主催：総務省及び電波環境協議会）」において、「5 G 高精細画像による遠隔医療をスマートグラスとタブレットで実現、ハンズフリーを救急救命現場で実証、ベンダフリーを汎用機で実証」をテーマに講演を行った（図 5.3-2）。

聖マリは、普及啓発活動として、「医師専門サイト「MedPeer」内「MEDICAL NEWS LINE」の取材を受け、その様子が令和 4（2022）年 1 月 25 日に放映された。

ドコモは、自社 HP、各種イベント、全国に広がる営業ネットワークを活用し、今回の実証成果を積極的に発信していく。ドコモの HP 上では従来よりローカル 5 G を活用した取り組み、ソリューションの導入事例を紹介しており（図 5.3-3）、今回の実証成果についても掲載を予定している。また、ドコモが主催する各種イベントにおいてローカル 5 G などの最新技術・最新ソリューション、それらの活用事例の紹介を行っている。イベント開催形式は従来のリアルな会場実施に加えて、コロナの感染拡大に配慮しリアル・オンラインの併用、またオンライン専用イベントの実施もしており、万人が参加しやすい工夫を行っているこうしたイベントで今回の実証成果の発表を積極的に行っていく。また、ドコモの営業ネットワークを活かして全国病院への提案の際に今回の実証成果の紹介を行い、ローカル 5 G の活用促進を狙う。

令和 4（2022）年 1 月 17～19 日には、ドコモが主催するイベント「docomo Open House' 22」のオンライン展示において、今回の実証取組の発信を行った（図 5.3-4）。



図 5.3-1 普及啓発動画の一場面



図 5.3-2 シンポジウム時、放映した動画の一場面

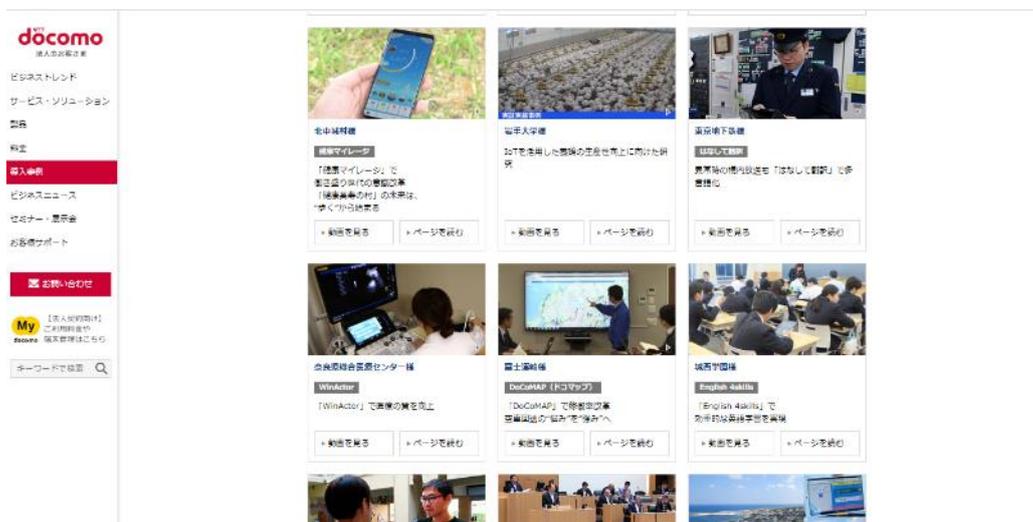


図 5.3-3 ドコモ HP 上、活用事例紹介ページ



図 5.3-4 ドコモが催した 5G 等を活用した新技術紹介イベント HP の一例

6. 成果報告書の作成

医療分野における課題解決システムの実証において、課題解決システムの効果検証観点、機能検証観点、運用検証観点での実証目標の達成状況、実証・検証結果、技術的課題や実装を想定した場合の運用に係る課題等を取りまとめる。

同様に、医療分野におけるローカル5G等の性能評価等の技術実証において、ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価、ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証、その他ローカル5Gに関する技術実証等の結果、技術的課題や実装を想定した場合の運用に係る課題等を取りまとめた。

6.1 実証地域の事業モデル及び実装計画検討成果取りまとめ

コンソーシアム、他医療機関、有識者、専門家等から構成される協議会で検討した実証地域の事業モデル、実装及び横展開の検討結果を取りまとめた。

6.2 インフラ分野におけるローカル5G等を活用した課題解決システムに係る仕様・設計書

課題解決実証成果を踏まえ、医療分野におけるローカル5G等を活用した課題解決システムに係る仕様・設計書を作成した。

6.3 医療分野におけるローカル5G等の活用に向けた推進対応方策

技術実証成果を踏まえ、医療分野におけるローカル5G等を活用した課題解決パッケージに係る仕様・設計書を作成した。

7. 実施体制

7.1 体制図

本事業に関与する者すべてを含む体制図を以下の通り示す。

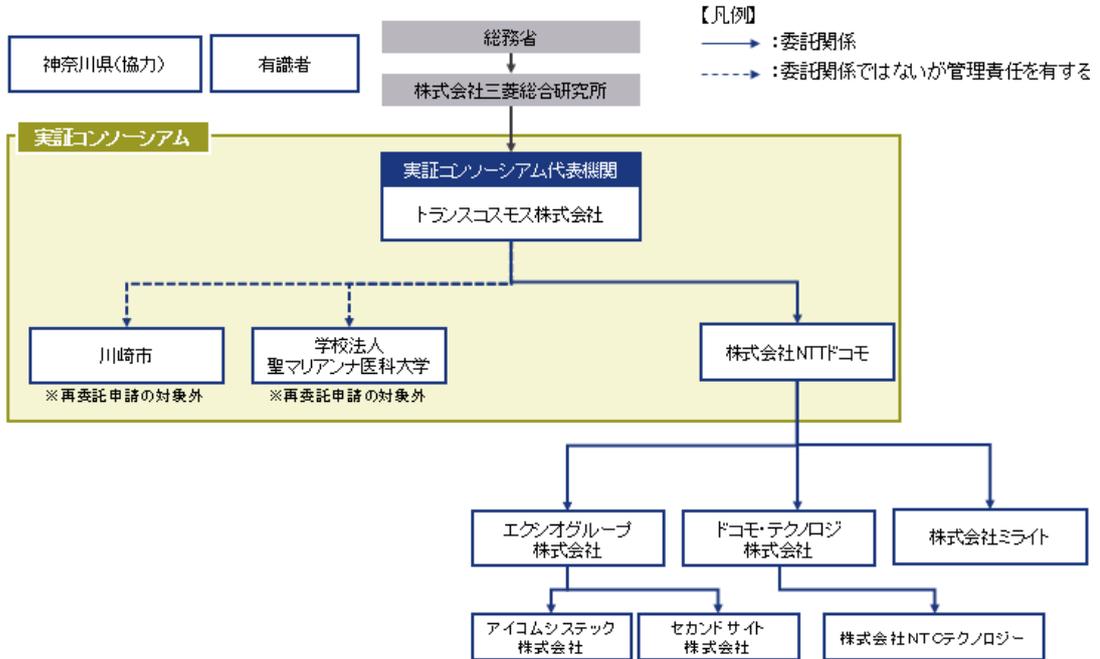


図 7. 1-1 本事業に関与する者すべてを含む体制図

8. スケジュール

詳細のスケジュールに関しては、別途提出する WBS を参照のこと。
 本調査検討事業の実施スケジュールは以下の通りである（図 7-1 参照）。

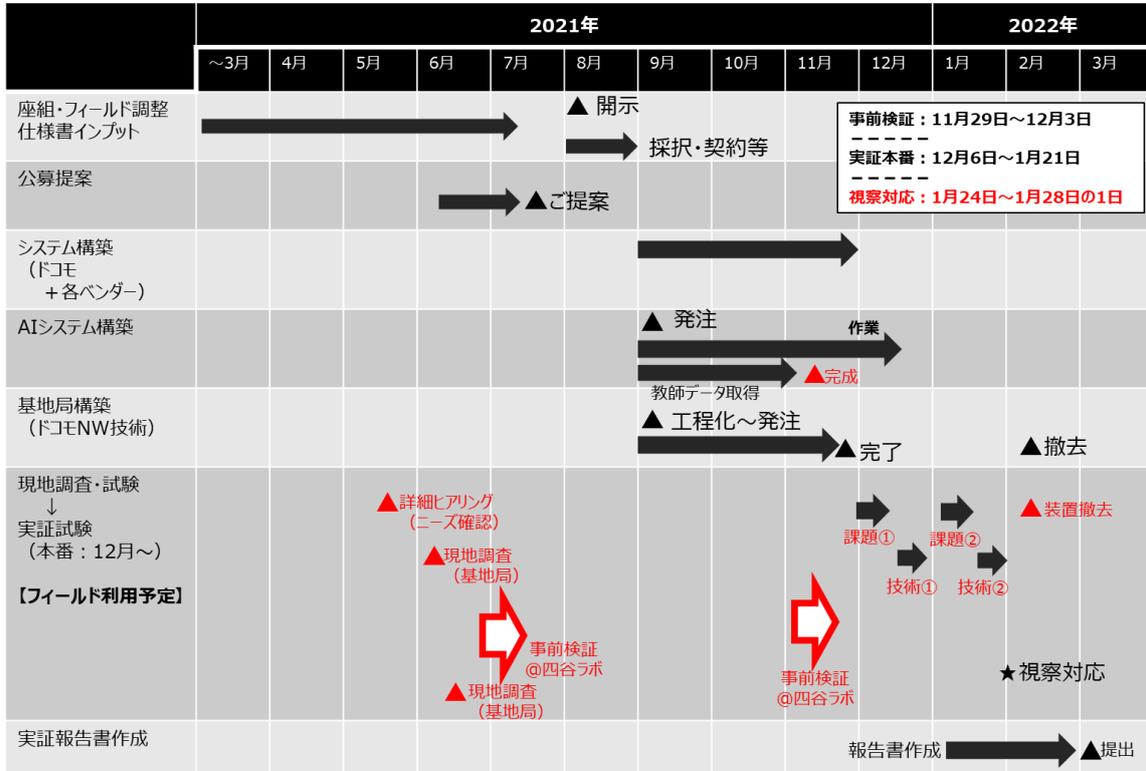


図 8-1 実施スケジュール線表

9. リスクと対応策

実証を進めるにあたり想定されるリスクとそれに対する検討方針を、「実証環境の構築」、「技術実証」、「課題実証」のジャンル毎に分類し記載する。

大分類	小分類	リスク	検討方針
実証環境の構築	ネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> 資材調達が間に合わない。 免許取得が予定より遅れる。 基地局設置・撤去に伴う事故の発生。 	<ul style="list-style-type: none"> 設置実績が豊富な業者に依頼し、安全に施工を行う。 事前にリスク検討を行い、作業基準に則り作業を行うよう関連会社へ指示する。
	システム構築	<ul style="list-style-type: none"> 半導体不足により映像伝送機器等の調達が間に合わない。 開発が遅れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 調達実績が豊富な業者に依頼し、確実な物品調達に努める。 事前に業者と十分な打ち合わせを行い、納期等の認識を合わせる。
	実証フィールド	<ul style="list-style-type: none"> COVID-19 感染拡大により、実証フィールドが使用できなくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> スケジュール調整等を行う。
技術実証	実証時	測定における、救急センター内での、医療機器との接触による測定者の転倒や、患者との接触による感染症への懸念が挙げられる。	測定にあたっては、複数人での測定ポイントの周囲確認による安全性の確認、患者がいる際の測定中断や患者との接触を避ける測定計画を検討する。
	実装時	COVID-19 感染拡大の影響で、実証環境の構築に遅れが出る可能性がある。	コンソーシアム全体と適宜進ちょくについて協議を行い、細かなスケジュール調整による技術実証時間の確保を行う。
課題実証	実証時	<ul style="list-style-type: none"> COVID-19 感染拡大により、実証フィールドへの立ち入り人数が制限される。 長時間の機器使用による、機器の発熱・故障が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> スケジュール調整を行い、期間の延長などで対応する。 フィールド外から取得できるデータについては、フィールドに立ち入らないで取得することで立ち入り人数を削減する。 予備機を複数台用意することで、実証が止まってしまうことを避ける運用を行う。
	実装時	<ul style="list-style-type: none"> 実証の結果、想定していたニーズと構築したシステムにずれがあることが判明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 有効性評価で十分に医師、看護師等スタッフへヒアリングを行い、パッケージ化に向けた検討を行う。

10. 参考資料

報道発表の日付、件名、内容、掲載箇所を下記に示す。

トランスコスモス報道資料

報道資料	トランスコスモスホームページ
日付	令和3（2021）年9月16日
件名	トランスコスモス、総務省「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」事業に採択
内容	総務省「令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」事業に採択された旨掲載。
掲載箇所	https://www.trans-cosmos.co.jp/company/news/210916_0002.html

各社報道資料

報道資料	各団体ホームページ
日付	令和3（2022）年12月2日
件名	聖マリアンナ医科大学病院での5Gを活用した救急医療の実証実験を実施
内容	トランスコスモス、聖マリアンナ医科大学、NTTドコモ、川崎市で構成されるコンソーシアムが、5Gを活用した救急医療の実証実験を開始。
掲載箇所	https://www.trans-cosmos.co.jp/company/news/211202.html https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_211202_00.pdf https://www.city.kawasaki.jp/templates/press/350/0000134983.html

NTTドコモ

イベント	docomoOpenHouse2021
日付	令和4（2022）年1月18日～19日
内容	本実証開発の取り組みについて紹介

NHK

報道番組名	NHK
放映日	令和4（2022）年1月20日
件名	首都圏ネットワーク（ニュース）
内容	実証視察会の様子について放映
参考	https://www3.nhk.or.jp/shutoken-news/20220120/1000075436.html

東京新聞

新聞名	東京新聞
日付	令和4（2022）年1月21日
件名	聖マリで5G活用 実証実験
内容	実証視察会の様子について記載
掲載箇所	https://www.tokyo-np.co.jp/article/155436

読売新聞

新聞名	読売新聞
日付	令和4（2022）年1月21日
件名	救急医療に5G実証実験
内容	実証視察会の様子について記載
掲載箇所	地方欄（神奈川県）

医師専門サイト「MedPeer」

報道番組名	医師専門サイト「MedPeer」内「MEDICAL NEWS LINE」
放映日	令和4（2022）年1月25日
件名	5Gを活用した救急医療の実証実験
内容	本コンソーシアムの取り組みについて放送

神奈川新聞

新聞名	神奈川新聞
日付	令和4（2022）年1月31日
件名	ローカル5Gで遠隔医療 川崎・聖マリ医大病院で実証実験
内容	実証実験視察会の様子について記載
掲載箇所	https://www.kanaloco.jp/news/government/article-818970.html