

地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた  
開発実証に係る医療分野におけるローカル5G等の技術的  
条件等に関する調査検討の請負  
(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)

成果報告書

令和3年3月31日

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所



## 目次

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. 全体概要</b> .....                              | <b>1</b>  |
| 1.1 背景・目的 .....                                   | 1         |
| 1.2 実施事項及び実証目標.....                               | 1         |
| 1.3 実施体制 .....                                    | 2         |
| 1.4 実証のスケジュール .....                               | 2         |
| 1.5 免許申請の概要 .....                                 | 4         |
| <b>2. 実証地域</b> .....                              | <b>6</b>  |
| 2.1 実証地域の概要 .....                                 | 6         |
| 2.1.1 新都市の地理的特性.....                              | 6         |
| 2.1.2 新都市の人口推移、年齢構成等 .....                        | 6         |
| 2.1.3 新都市の産業構造 .....                              | 8         |
| 2.1.4 新都市の医療・福祉の状況.....                           | 10        |
| 2.1.5 実証拠点およびエリアの俯瞰図 .....                        | 17        |
| 2.2 実証環境 .....                                    | 18        |
| 2.2.1 中核病院の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等.....              | 18        |
| 2.2.2 診療所の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等 .....              | 18        |
| 2.2.3 集会所の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等 .....              | 19        |
| 2.3 地域課題等 .....                                   | 21        |
| 2.3.1 介護に係る課題（高齢者単独世帯の増加等） .....                  | 21        |
| 2.3.2 通院に係る課題（中核病院への医療アクセス、訪問看護ステーションの稼働状況） ..... | 22        |
| 2.3.3 医療資源に係る課題（専門医やリハビリ専門職の不足） .....             | 23        |
| 2.3.4 災害時の集落孤立に係る課題 .....                         | 25        |
| 2.3.5 リハビリテーションに係る課題（リハビリ専門職における稼働負荷の状況） .....    | 27        |
| 2.4 課題解決システムの提案 .....                             | 28        |
| <b>3. 実証環境</b> .....                              | <b>31</b> |
| 3.1 ネットワーク構成.....                                 | 31        |
| 3.1.1 5G ネットワーク概要 .....                           | 31        |
| 3.1.2 5G 基地局概要 .....                              | 33        |
| 3.1.3 本実証ネットワーク構成 .....                           | 45        |
| 3.2 システム機能・性能・要件 .....                            | 47        |
| 3.2.1 システム要件 .....                                | 47        |
| 3.2.2 機器構成.....                                   | 48        |
| 3.2.3 各機器の機能・性能.....                              | 50        |
| 3.2.4 機器等の選定理由 .....                              | 51        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 3.3 実証環境の運用 .....                  | 63         |
| 3.3.1 5G 基地局の運用・保守体制 .....         | 63         |
| 3.3.2 本実証ネットワーク・システムの運営 .....      | 63         |
| 3.3.3 ヘルプデスク障害管理 .....             | 65         |
| <b>4. 課題解決システムの実証 .....</b>        | <b>66</b>  |
| 4.1 前提条件 .....                     | 66         |
| 4.1.1 課題解決システムへのニーズ .....          | 66         |
| 4.1.2 課題解決システムが想定する受益者 .....       | 66         |
| 4.1.3 留意事項 .....                   | 66         |
| 4.2 実証目標 .....                     | 67         |
| 4.3 課題解決システムに関する検証及び評価・分析 .....    | 69         |
| 4.3.1 予防医療における課題解決システムの実証 .....    | 69         |
| 4.3.2 遠隔リハビリ指導の実証 .....            | 80         |
| 4.3.3 遠隔診療（腹部エコー） .....            | 104        |
| 4.3.4 遠隔健康指導 .....                 | 115        |
| 4.3.5 遠隔摂食嚥下療法 .....               | 133        |
| 4.3.6 災害時遠隔診療（下肢エコー） .....         | 146        |
| 4.3.7 課題解決システム全体としての評価と今後の課題 ..... | 155        |
| 4.4 課題解決システムに関する効果検証 .....         | 156        |
| 4.4.1 予防医療における課題解決システムの効果検証 .....  | 156        |
| 4.4.2 遠隔リハビリ指導の効果検証 .....          | 167        |
| 4.4.3 遠隔診療（腹部エコー） .....            | 171        |
| 4.4.4 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法 .....        | 172        |
| 4.4.5 災害時遠隔診療（下肢エコー） .....         | 176        |
| 4.5 課題解決システムに関する機能検証 .....         | 177        |
| 4.5.1 機能一覧機能説明 .....               | 177        |
| 4.5.2 検証項目 .....                   | 180        |
| 4.5.3 検証方法 .....                   | 186        |
| 4.5.4 検証結果 .....                   | 193        |
| 4.5.5 考察（今後の課題等） .....             | 268        |
| 4.6 課題解決システムに関する運用検証 .....         | 271        |
| 4.6.1 課題解決システムの機能要件の整理 .....       | 271        |
| 4.6.2 課題解決システムのコスト分析 .....         | 273        |
| 4.6.3 運用体制の検討 .....                | 279        |
| 4.7 関連するガイドラインへの適合状況 .....         | 281        |
| 4.8 まとめ .....                      | 289        |
| <b>5. ローカル5Gの性能評価等の技術実証 .....</b>  | <b>294</b> |
| 5.1 前提条件 .....                     | 294        |
| 5.1.1 対象とするユースケース .....            | 294        |
| 5.1.2 実証環境 .....                   | 294        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.1.3 基本的な諸元 .....                     | 296        |
| 5.2 実証目標 .....                         | 297        |
| 5.2.1 技術的課題 .....                      | 297        |
| 5.2.2 実証目標（技術実証として） .....              | 298        |
| 5.2.3 実施事項 .....                       | 298        |
| 5.3 ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等（課題ア） .....  | 302        |
| 5.3.1 ユースケースに基づく性能要件 .....             | 302        |
| 5.3.2 評価・検証項目 .....                    | 302        |
| 5.3.3 評価・検証方法 .....                    | 302        |
| 5.3.4 類似の調査 .....                      | 309        |
| 5.3.5 性能評価結果 .....                     | 309        |
| 5.3.6 技術的課題の解決策 .....                  | 333        |
| 5.3.7 更なる技術的課題等 .....                  | 359        |
| 5.4 ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等（課題イ） ..... | 360        |
| 5.4.1 評価・検証項目 .....                    | 360        |
| 5.4.2 評価・検証方法 .....                    | 360        |
| 5.4.3 検証結果 .....                       | 361        |
| 5.4.4 技術的課題の解決策 .....                  | 374        |
| 5.4.5 更なる技術的課題等 .....                  | 375        |
| 5.5 その他、ローカル5Gに関する技術実証（課題ウ） .....      | 377        |
| 5.5.1 評価・検証項目 .....                    | 377        |
| 5.5.2 評価・検証方法 .....                    | 377        |
| 5.5.3 検証結果 .....                       | 387        |
| 5.5.4 技術的課題の解決策 .....                  | 392        |
| 5.5.5 更なる技術的課題等 .....                  | 393        |
| 5.6 まとめ .....                          | 394        |
| <b>6. 実装及び横展開に関する検討 .....</b>          | <b>397</b> |
| 6.1 前提条件 .....                         | 397        |
| 6.2 持続可能な事業モデル等の構築・計画策定 .....          | 397        |
| 6.2.1 対象とする地域課題および社会ニーズ .....          | 397        |
| 6.2.2 課題解決システムの事業主体 .....              | 398        |
| 6.2.3 課題解決システムの導入・維持コストの分析 .....       | 398        |
| 6.2.4 経済性 .....                        | 400        |
| 6.2.5 実装計画の検討 .....                    | 409        |
| 6.3 横展開に資する普及モデルに関する検討 .....           | 419        |
| 6.3.1 横展開先として想定されるターゲット .....          | 419        |
| 6.3.2 将来的に想定されるターゲットとビジネスモデル .....     | 421        |
| 6.3.3 経済性 .....                        | 423        |
| 6.3.4 横展開におけるビジネスモデルの検討 .....          | 432        |
| 6.3.5 横展開における諸課題を踏まえた推進対応方策 .....      | 435        |
| 6.4 共同利用型プラットフォームに関する検討 .....          | 437        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.4.1 本実証の課題解決システムを他の地域等で実装するために 5G ソリューション提供センター（仮称）が具備すべき機能 .....   | 437        |
| 6.4.2 本実証の課題解決システムについて 5G ソリューション提供センター（仮称）を通じた横展開のあり方（機能検証編） .....   | 439        |
| 6.4.3 本実証の課題解決システムについて 5G ソリューション提供センター（仮称）を通じた横展開のあり方（実装・横展開編） ..... | 439        |
| 6.5 まとめ.....  | 441        |
| <b>7. まとめ .....</b>   | <b>443</b> |
| 7.1 実証目標に対する成果のまとめ .....  | 443        |
| 7.2 今後のアクションプラン .....   | 446        |
| <b>8. 参考資料.....</b>   | <b>447</b> |
| <b>9. 別添資料.....</b>   | <b>448</b> |

## 1. 全体概要

### 1.1 背景・目的

本調査検討では、総務省「地域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、特に、人口減少・過疎化・少子高齢化が進んだ山間部等のへき地における通院困難患者の増加、予防医療のニーズの高まり、医療資源の負担増大等の課題解決に向けて、ローカル5Gの導入を促進するため、医療施設等環境におけるローカル5G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（中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療）を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に基づくローカル5Gを模擬したキャリア5Gの性能評価を実施することを目的とする。

### 1.2 実施事項及び実証目標

本調査検討では、愛知県新城市における医療課題に着目し課題解決システムの実証を行う。新城市では、予防医療を担う医療従事者（総合診療医、リハビリ専門医、リハビリ専門職等）の不足、山間部等のへき地へ医療従事者を派遣する負担の増加等の課題を抱えており、これらの課題解決システムとして、5G、4K 等高精細カメラ、モバイル超音波画像診断装置、遠隔診療支援システムを用いた映像伝送・診療システムを構築した。実証目標は以下のとおり設定した。

1. 地域住民の健康異常を早期検知するためのプレゼンティーズム調査 WEB システムの有効性等の検証
2. 5G を用いた遠隔診療支援システムによる問診及びバイタルデータをリアルタイム伝送することの検証
3. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた超音波画像検査（腹部エコー）等の遠隔診療に関する有効性等の検証
4. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた遠隔リハビリ指導に関する有効性等の検証
5. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた遠隔健康指導および遠隔摂食嚥下療法に関する有効性等の検証
6. 災害時を想定した、5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた超音波画像検査（下肢エコー）に関する有効性等の検証
7. ローカル5G等の性能評価、電波伝搬特性評価及びエリア構築・システム構成の検証、ローカル5Gとキャリア5Gの準同期運用を含めた共用検討等

### 1.3 実施体制

請負者である株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所にて実証全体の運営及び進捗管理を行った。5Gの技術実証については株式会社NTTドコモを中心に遂行し、課題実証については新城市民病院及び名古屋大学を主軸に推進した。実証に係るモバイル機器や遠隔診療支援システム等に関しては、機器・システムベンダーであるニプロ株式会社、株式会社ソシオネクスト、理化学研究所から提供を受けた。

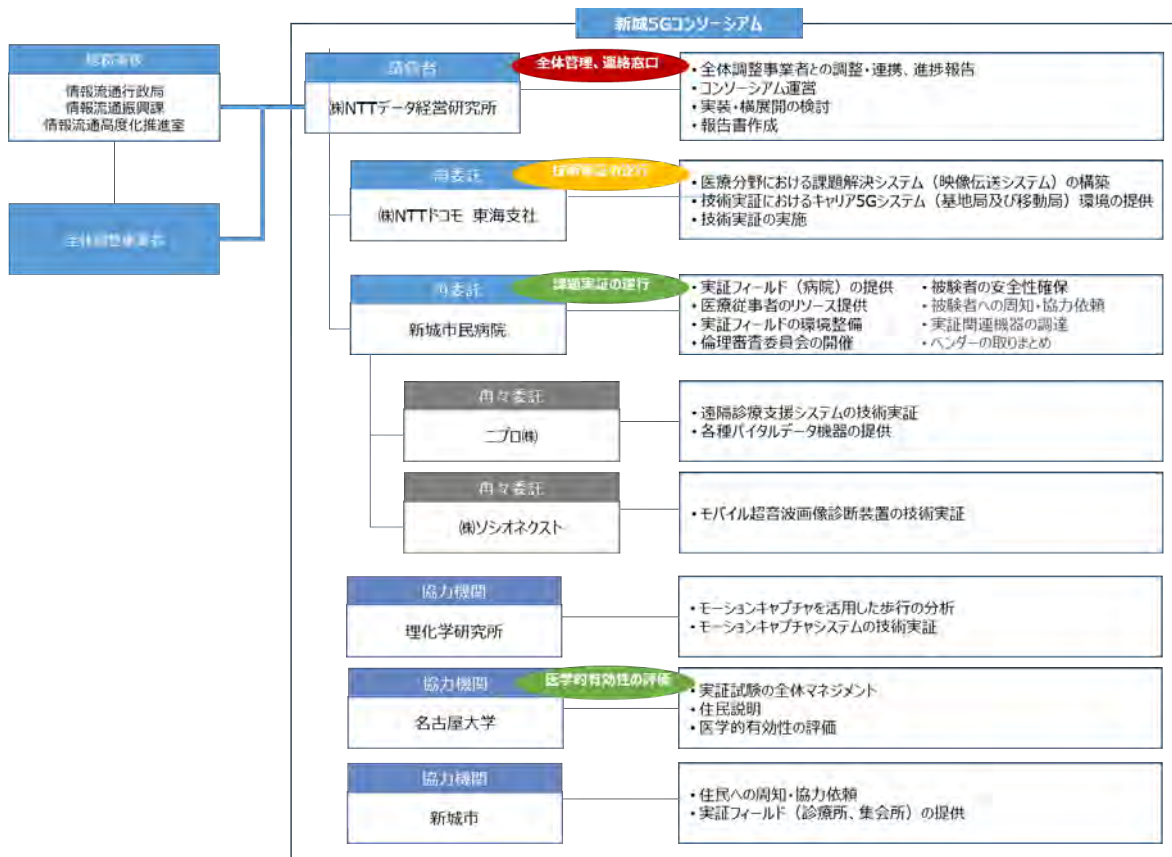


図 1.3 実施体制図

### 1.4 実証のスケジュール

本実証全体の実施スケジュールを図 1.4 に示す。5G 基地局については、11 月末に現地拠点に設置を完了した。また、5G 基地局設置までの期間を利用して、NTT ドコモのテスト環境下で映像伝送・診療システムの事前検証を進めた。実証試験は 1 月中旬から 2 月中旬にかけて各実証拠点でそれぞれ 2 回の実証試験を行った。実証試験時に、5G の技術実証として電波伝搬試験等を合わせて実施した。



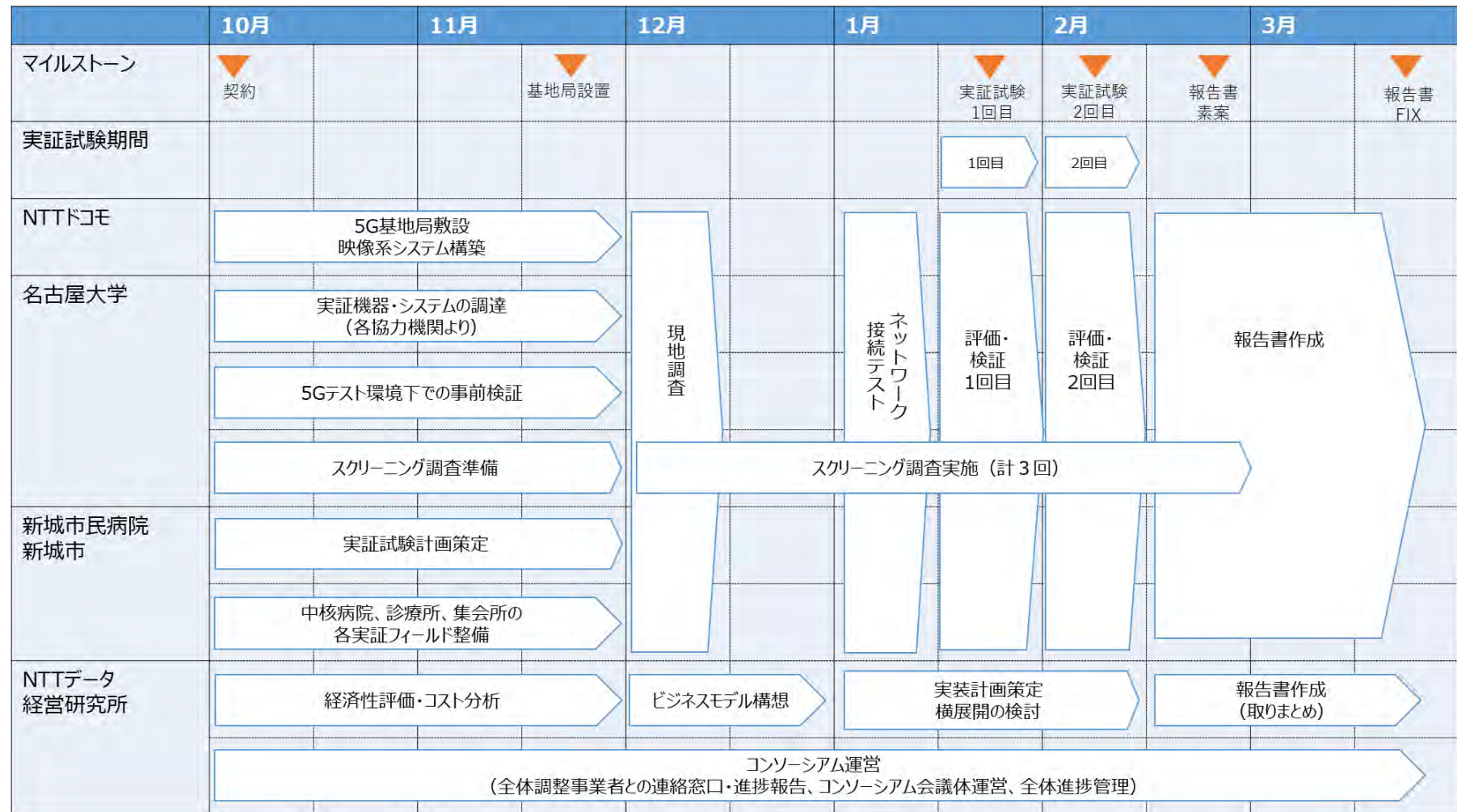


図 1.4 実施スケジュール

## 1.5 免許申請の概要

実証で用いた基地局には、診療所に設置した恒久局 1 局と集会所に設置した可搬局 2 局がある。各基地局の諸元情報を表 1.5-1 に示す。

表 2.1.1-1 5G 及び LTE 基地局諸元

| 局名                 |    | 簡自新城作手高里縄手 |            |            |  | 可搬作手診療所（屋外） |        | 可搬作手診療所2（屋内） |        |        |            |
|--------------------|----|------------|------------|------------|--|-------------|--------|--------------|--------|--------|------------|
| 緯度経度情報<br>（世界測地系）  | 緯度 | 時          | 34         |            |  |             | 34     |              | 34     |        |            |
|                    |    | 分          | 58         |            |  |             | 56     |              | 56     |        |            |
|                    |    | 秒          | 29.558     |            |  |             | 50.424 |              | 51.474 |        |            |
|                    | 経度 | 時          | 137        |            |  |             | 137    |              | 137    |        |            |
|                    |    | 分          | 25         |            |  |             | 27     |              | 27     |        |            |
|                    |    | 秒          | 14.966     |            |  |             | 17.419 |              | 18.019 |        |            |
| 高度(m)              |    | 544        |            |            |  | 310         |        | 311          |        |        |            |
| 方式                 |    | LTE        | 5G         |            |  | LTE         | 5G     | LTE          | 5G     |        |            |
| バンド                |    | 800MHz     | 3.7GHz     | 4.5GHz     | 28GHz  | 1.7GHz      | 3.5GHz | 4.5GHz       | 1.7GHz | 3.5GHz | 4.5GHz     |
| Tx                 |    | 2Tx        | 4Tx        | 4Tx        | 2Tx  | 2Tx         | 4Tx    | 4Tx          | 2Tx    | 4Tx    | 4Tx        |
| セクタ                |    | 1          | 1          | 1          | 1  | 1           | 1      | 1            | 1      | 1      | 1          |
| 指向方向               |    | 0°         | 330°       | 330°       | 330°   | 25          | 25     | 25           | 110    | 110    | 110        |
| ANT高               |    | 14.9       | 8          | 8          | 3  | 4           | 3.7    | 3.45         | 2.5    | 2.2    | 1.95       |
| 方式※5Gのみ記載          |    | -          | NSA        | NSA        | NSA  | -           | -      | NSA          | -      | -      | NSA        |
| 周波数<br>※5Gのみ記載     |    | -          | 3650.01MHz | 4550.01MHz | 27.45096GHz<br>27.55032GHz<br>27.64968GHz<br>27.74904GHz | -           | -      | 4550.01MHz   | -      | -      | 4550.01MHz |
| 占有周波数帯幅<br>※5Gのみ記載 |    | -          | 99M9       | 99M9       | 100M<br>100M<br>100M<br>100M                             | -           | -      | 99M9         | -      | -      | 99M9       |
| 電波の型式<br>※5Gのみ記載   |    | -          | X7W        | X7W        | X7W<br>X7W<br>X7W<br>X7W                                 | -           | -      | X7W          | -      | -      | X7W        |
| 空中線電力<br>※5Gのみ記載   |    | -          | 145.23W    | 191.45W    | 17mW<br>17mW<br>17mW<br>17mW                             | -           | -      | 3.909W       | -      | -      | 3.909W     |
| メーカー※5Gのみ記載        |    | -          | 富士通        | NEC        | 富士通  | -           | -      | -            | -      | -      | -          |

次に各 5G 基地局の申請及び免許状に関する基本情報を表 1.5-2 に示す。

表 2.1.1-2 5G 基地局の申請及び免許状に関する基本情報

| 局名      | 簡自新城作手高里縄手     |                |                | 可搬作手診療所（屋外）    | 可搬作手診療所2（屋内）   |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 方式      | 5G             |                |                | 5G             | 5G             |
| バンド     | 3.7GHz         | 4.5GHz         | 28GHz          | 4.5GHz         | 4.5GHz         |
| 免許人の名称  | 株式会社 N T T ドコモ | 株式会社 N T T ドコモ | 株式会社 N T T ドコモ | 株式会社 N T T ドコモ | 株式会社 N T T ドコモ |
| 免許の番号   | 海基第2291513号    | 海基第2291516号    | 海基第2291520号    | 海基第2291741号    | 海基第2291742号    |
| 免許の年月日  | 令和2年10月22日     | 令和2年10月22日     | 令和2年10月22日     | 令和2年11月18日     | 令和2年11月18日     |
| 免許の有効期間 | 令和4年9月30日      | 令和4年9月30日      | 令和4年9月30日      | 令和4年9月30日      | 令和4年9月30日      |
| 運用許容時間  | 常時             | 常時             | 常時             | 常時             | 常時             |

本実証で用いた 5G 端末は NTT ドコモが販売する 5G ルータ SH-52A である。SH-52A の端末諸元を表 1.5-3 に示す。

表 2.1.1-3 端末諸元

| 端末名称  | SH-52A   |                       |    |
|---|--|-----------------------|----|
| 通信速度  | 5G：受信時最大4.1Gbps/送信時最大480Mbps<br>LTE：受信時最大1.7Gbps/送信時最大131.3Mbps                |                       |    |
| 5G対応周波数   | n78 (3.7GHz)   | 対応                    |    |
|   | n79 (4.5GHz)   | 対応                    |    |
|   | n257 (28GHz)   | 対応                    |    |
| LTE対応周波数  | FD-LTE   | バンド1 (2.0GHz)         | 対応 |
|   |  | バンド3 (1.7GHz)         | 対応 |
|   |  | バンド19 (800MHz)        | 対応 |
|   |  | バンド21 (1.5GHz)        | 対応 |
|   |  | バンド28 (700MHz)        | 対応 |
|   | TD-LTE   | バンド42 (3.4GHz,3.5GHz) | 対応 |
| 技術基準適合証明番号  | 003-200042   |                       |    |
| 電波の型式<br>※5G-NR (3.7GHz帯、4.5GHz帯) 用陸上移動局のみ抜粋      | 100M D1A,D1B,D1C,D1D,D1F,<br>D1X,D7W,G1A,G1B,G1C,G1D,<br>G1F,G1X,G7W           |                       |    |
| 周波数及び空中線電力<br>※5G-NR (3.7GHz帯、4.5GHz帯) 用陸上移動局のみ抜粋 | 3650.01~4050.00M Hz(30kHz間隔13334波),<br>4550.01~4849.98M Hz(30kHz間隔10000波) 0.2W |                       |    |

## 2. 実証地域

### 2.1 実証地域の概要

#### 2.1.1 新城市の地理的特性

新城市は、平成 17 年 10 月 1 日に新城市、鳳来町、作手村の新設合併によって誕生した。

愛知県の東部、東三河の中央に位置し、東は静岡県に隣接する。東西約 29.5km、南北約 27.3km で、豊田市に次いで県内 2 番目の広さとなる 499.23 平方 km を有する。市域の 84 パーセントは、三河山間部を形成する豊かな緑に覆われ、東三河一帯の水源の役割を果たしている。



図 2.1.1 新城市の地理 (出所：新城市ホームページ)

#### 2.1.2 新城市の人口推移、年齢構成等

愛知県新城市は人口約 4.6 万人であり、過疎地域指定市町村である。人口減少率は、年々加速傾向にあり、2010 年から 2015 年にかけて人口の 5.5%が減少し、同時期の日本総人口の減少率であった 0.2%を大きく上回っている。(図 2.1.2-1) また、65 歳以上の老年人口も約 32%に達しており、高齢化も進んでいる。(図 2.1.2-2)

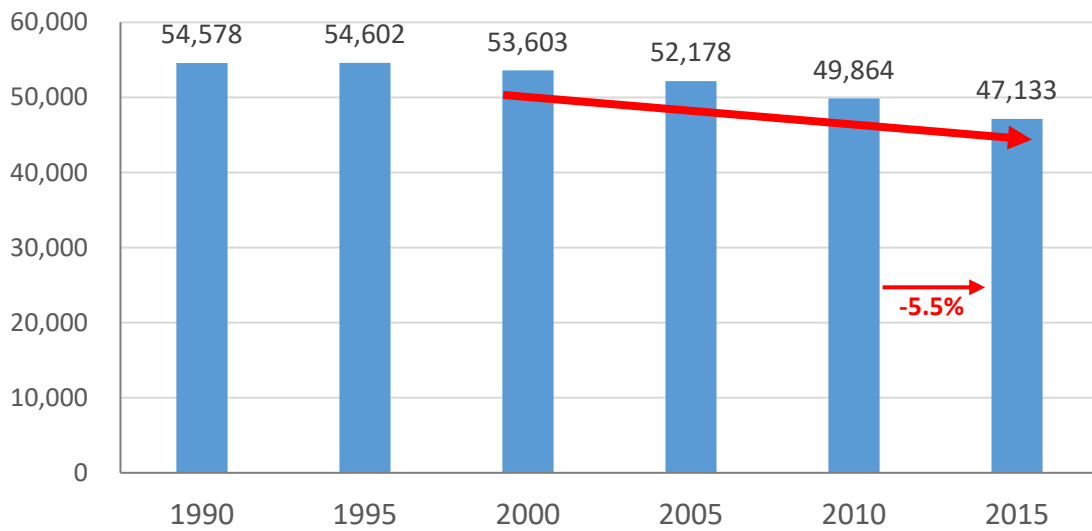


図 2.1.2-1 新城市総人口の推移  
(出所：国勢調査)

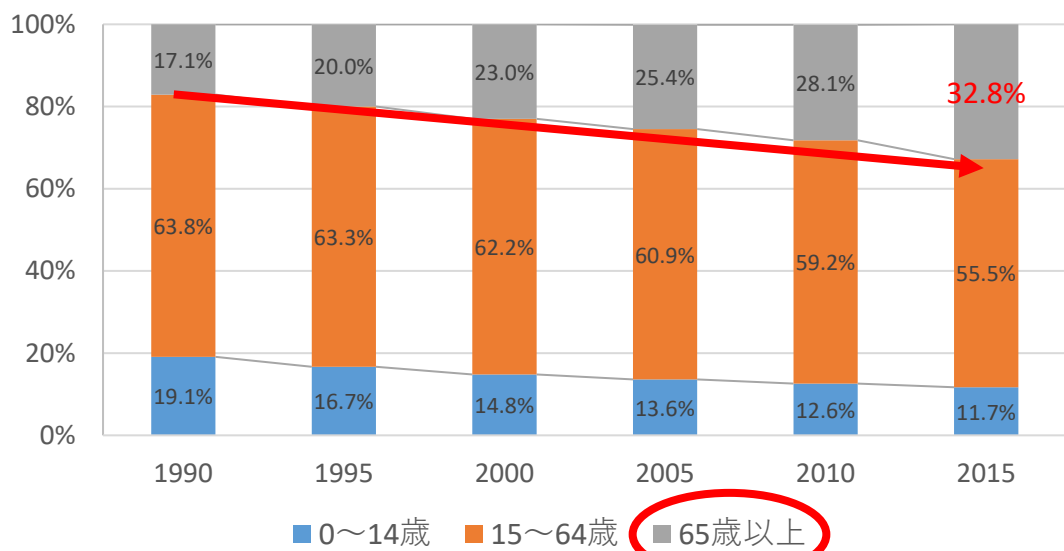


図 2.1.2-2 新城市年齢別の人口割合の推移  
(出所：国勢調査)

### 2.1.3 新城市の産業構造

新城市の主な産業は、農業、製造業、医療・福祉、観光業である。平成27年国勢調査によると、新城市では農業および製造業を中心として第1次産業及び第2次産業に就業する人口の割合が全国のそれに比べ比較的多くなっている。(図2.1.3-1、図2.1.3-2) さらに、第3次産業においては卸売・小売業に次いで、医療・福祉、宿泊業・飲食サービス業に就業人口が集中していることがわかる。

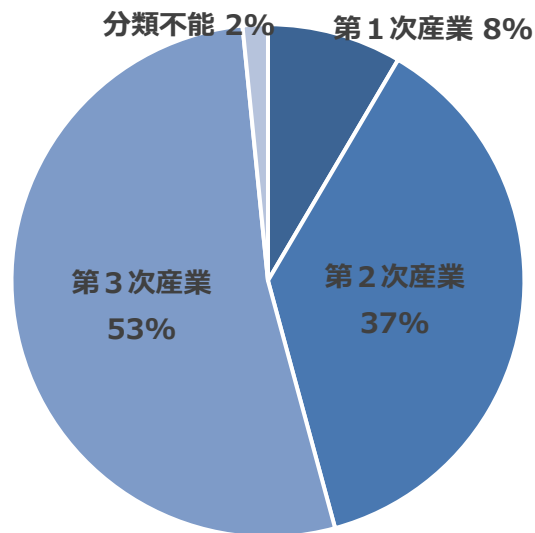


図 2.1.3-1 新城市の産業分類別就業者人数・割合 (平成27年度)  
(出所：平成27年国勢調査)

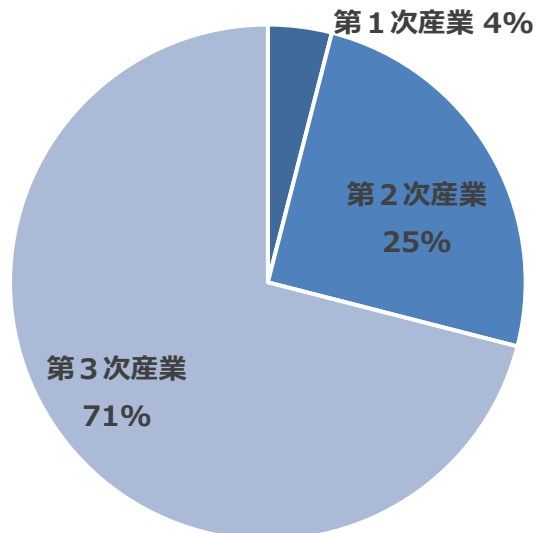


図 2.1.3-2 (参考) 全国の産業分類別就業者人数・割合 (平成27年度)  
(出所：平成27年国勢調査)

表 2.1.3 新城市の産業別(大分類)15歳以上就業者数(平成27年度)  
(出所:平成27年国勢調査)

| 産業分類  | 産業(大分類)           | 15歳以上就業者数 |
|-------|-------------------|-----------|
| 第1次産業 | 農業・林業             | 2,058     |
|       | 漁業                | 8         |
| 第2次産業 | 鉱業・採石業・砂利採取業      | 34        |
|       | 建設業               | 1,938     |
|       | 製造業               | 7,124     |
| 第3次産業 | 電気・ガス・熱供給・水道業     | 78        |
|       | 情報通信業             | 124       |
|       | 運輸業・郵便業           | 828       |
|       | 卸売業・小売業           | 2,852     |
|       | 金融業・保険業           | 279       |
|       | 不動産業・物品賃貸業        | 196       |
|       | 学術研究, 専門・技術サービス業  | 526       |
|       | 宿泊業・飲食サービス業       | 1,053     |
|       | 生活関連サービス業・娯楽業     | 908       |
|       | 教育・学習支援業          | 1,019     |
|       | 医療・福祉             | 2,583     |
|       | 複合サービス事業          | 391       |
|       | サービス業(他に分類されないもの) | 1,164     |
| 公務    | 830               |           |
| その他   | 分類不能              | 387       |
| 計     |                   | 24,380    |

## 2.1.4 新城市の医療・福祉の状況

### 2.1.4.1 医療・介護施設数、医師数、医療費・介護給付費

新城市は、設楽町、東栄町、豊根村とともに東三河北部医療圏として位置付けられる。東三河北部医療圏では、人口10万人当たり一般診療所数、医師数、病床数、介護施設数のいずれにおいても全国平均を下回る状況にあり、医療圏のニーズに対して施設や医療従事者のキャパシティが不足している可能性がある。特に、人口10万人当たりの医師数は全国平均の半数以下であり、さらに高齢者人口割合も高いことから、医師への過剰な労務負荷が課題となっていると推測される。

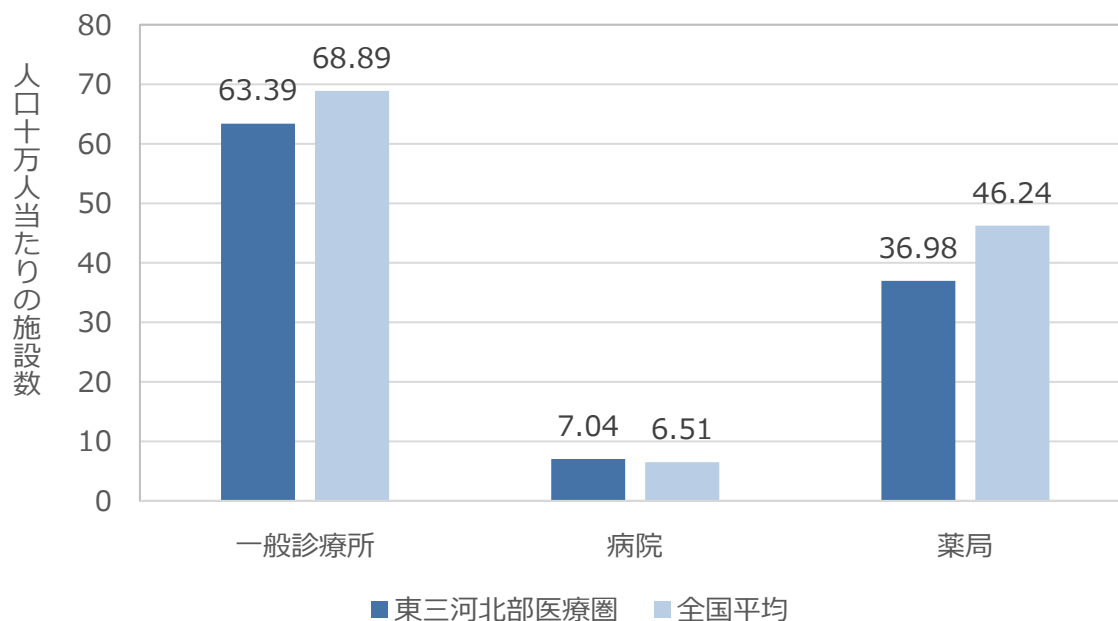


図 2.1.4-1 新城市における人口10万人当たりの医療施設数と全国平均との比較



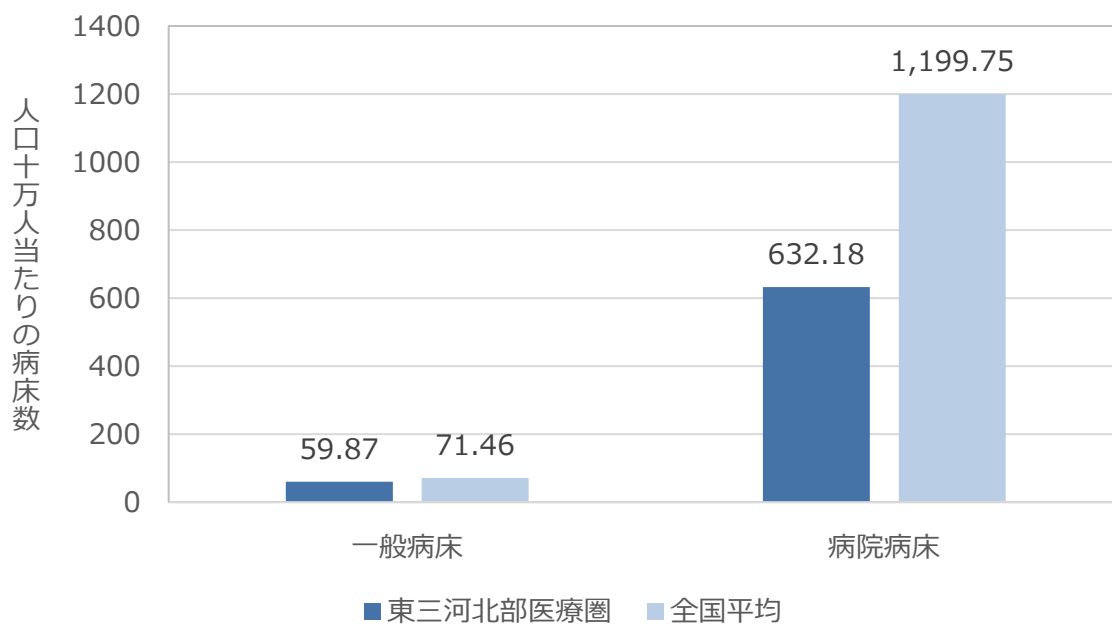


図 2.1.4-2 新都市における人口 10 万人当たりの病床数と全国平均との比較

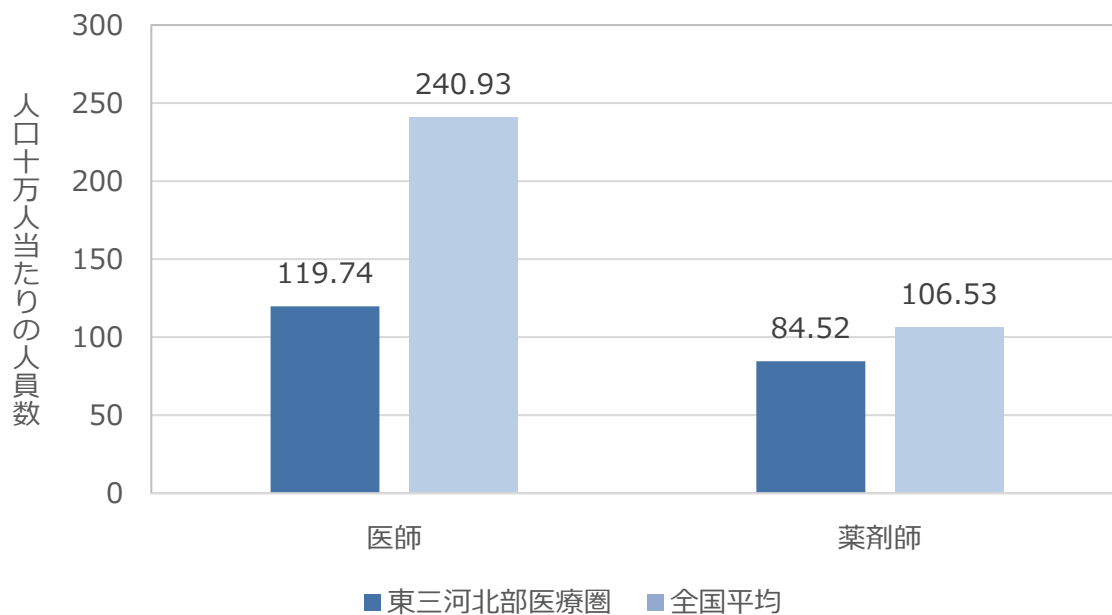


図 2.1.4-3 新都市における人口 10 万人当たりの医療人員数と全国平均との比較

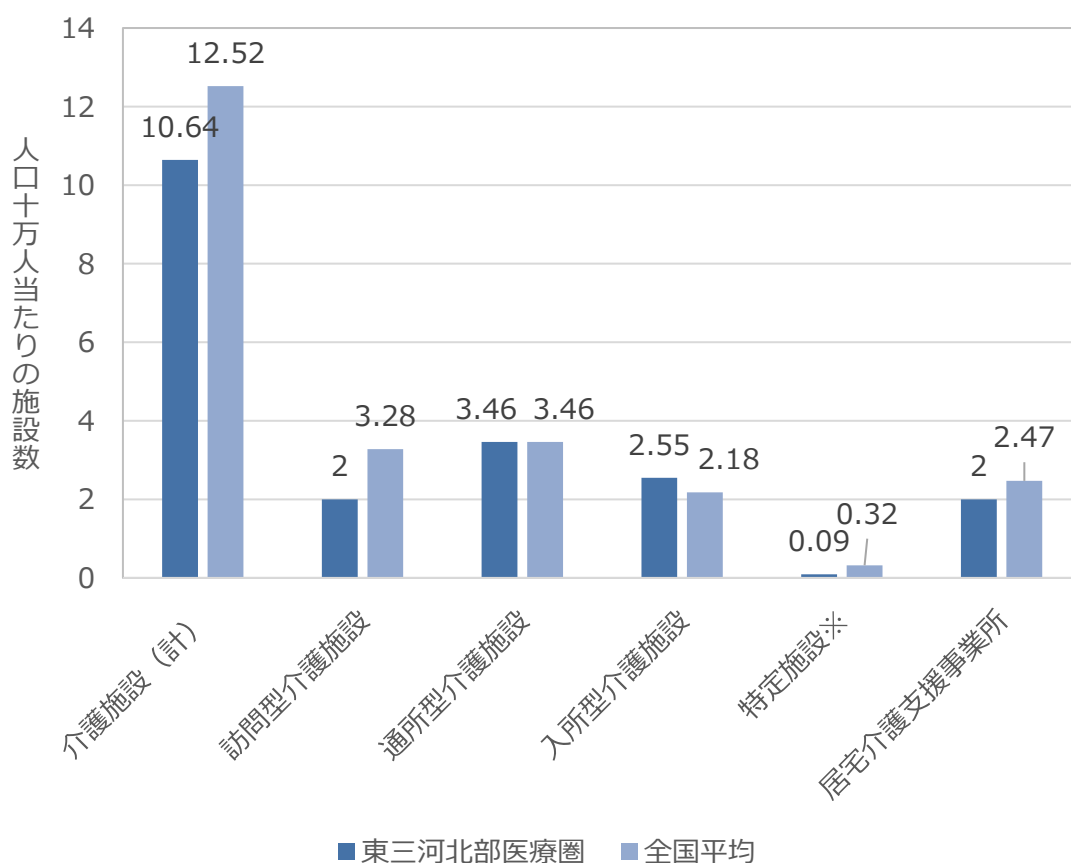


図 2.1.4-4 新城市における人口10万人当たりの介護施設数と全国平均との比較

※特定施設：有料老人ホーム、サービス付き高齢者向け住宅など

(出所：日本医師会 地域医療情報システム JMAP

[http://jmap.jp/cities/detail/medical\\_area/2311](http://jmap.jp/cities/detail/medical_area/2311))

一方、2013年時点では新城市の住民一人当たりの医療費は東京都23区平均に比べ高いものの、全国市町村区の平均よりも低い状況にある。新城市の受給者一人当たりの介護給付費については、2000年代前半には東京都23区平均や全国平均より大きく低い状況であったが、2013年時点ではほぼ同等の介護給付費となっている。

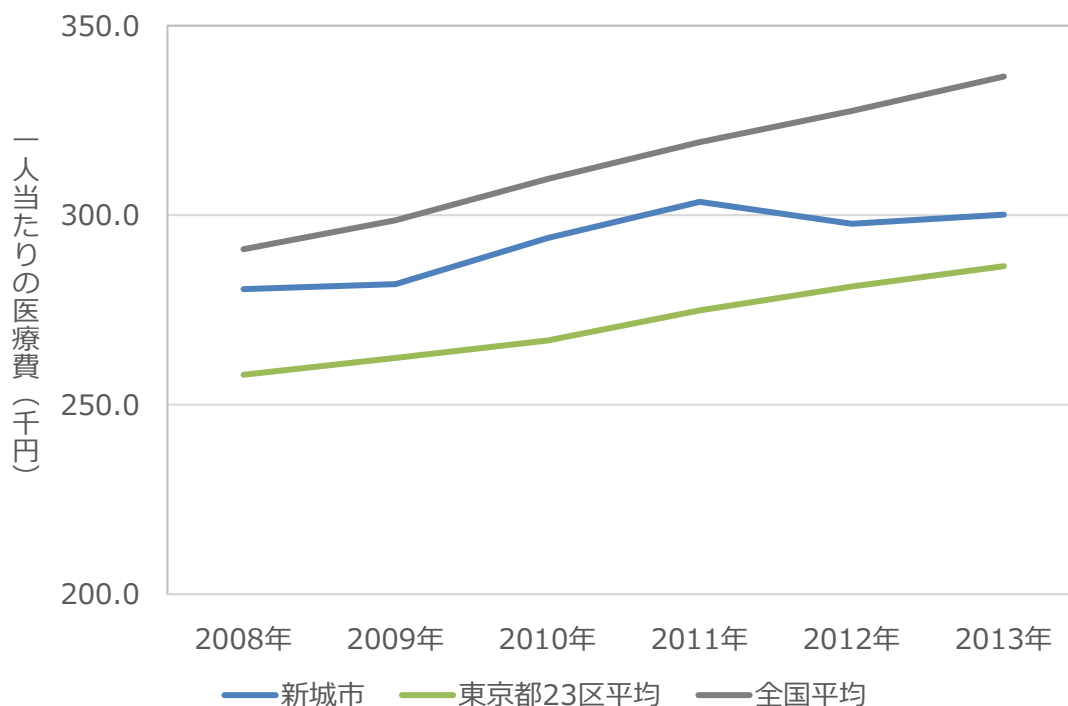


図 2.1.4-5 新城市における一人当たりの医療費（市町村区国保）の推移と東京都23区平均との比較  
 （出所：内閣府「経済・財政と暮らしの指標の「見える化」データ集」）

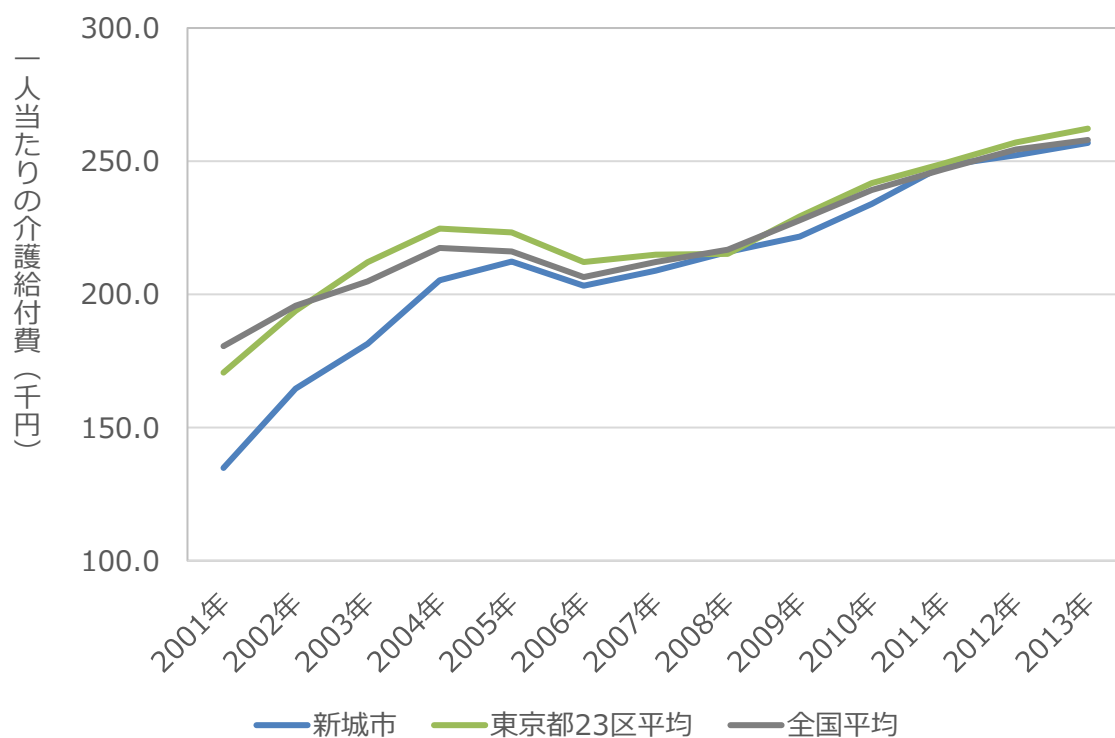


図 2.1.4-6 新城市における受給者一人当たりの介護給付費推移と東京都23区平均との比較

(出所：内閣府「経済・財政と暮らしの指標の「見える化」データ集」)

#### 2.1.4.2 地域包括ケアの状況

新城市では、平成26年度からの3年間、愛知県から委託を受けて、愛知県地域包括ケアモデル事業（訪問看護ステーションモデル）を実施しており、在宅における医療と介護の連携システムの構築に取り組んでいる。一方で、新城市は広大な市域に対し人口が少なく、在宅医療を進めて行く上で必要となる訪問看護師の確保を求められている。2008年度以降、訪問看護職員の増員を行ってきたものの、訪問看護の利用者および訪問件数の増加が顕著であり、訪問看護職員1人当たりの労務負荷が徐々に高まっている。

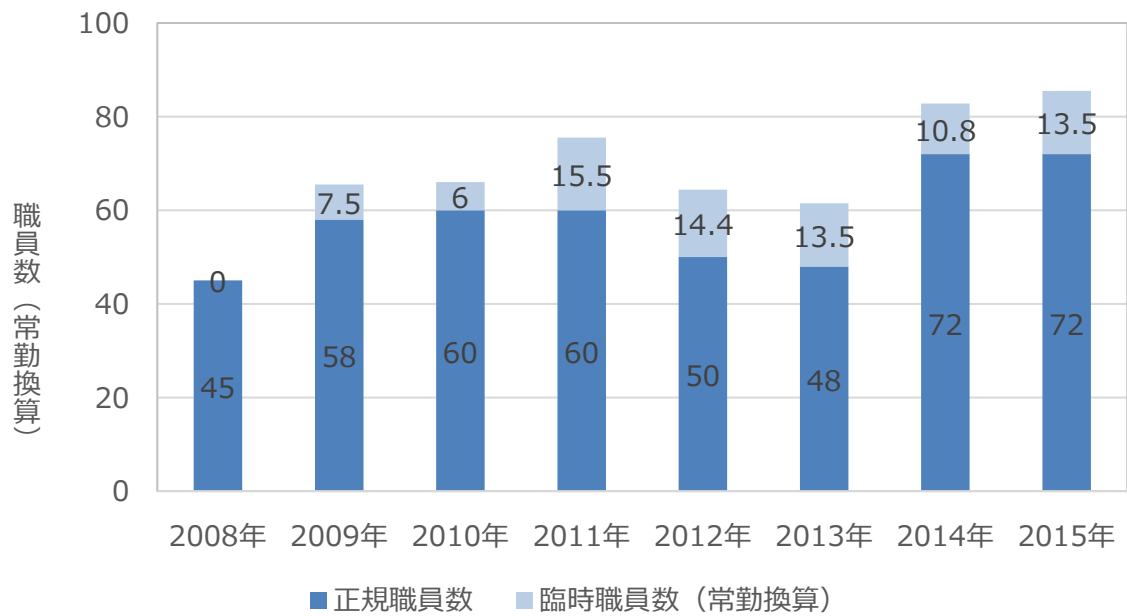


図 2.1.4.2-1 新城市訪問看護ステーションの職員数推移  
(出所：新城市訪問看護ステーション経営改善プラン)

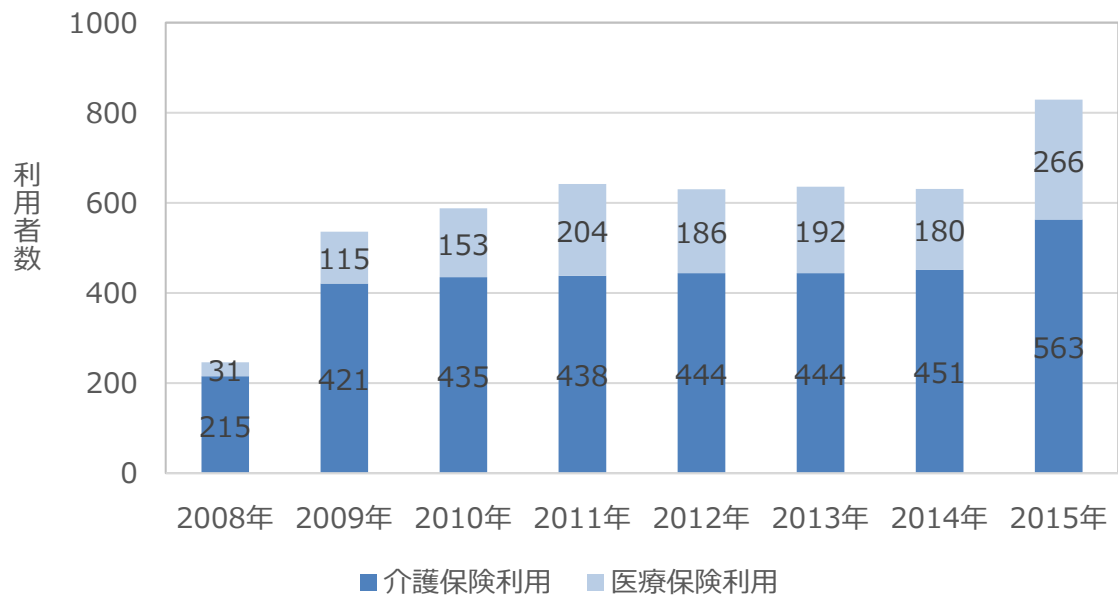


図 2.1.4.2-2 新城市訪問看護ステーションの利用者数推移  
(出所：新城市訪問看護ステーション経営改善プラン)

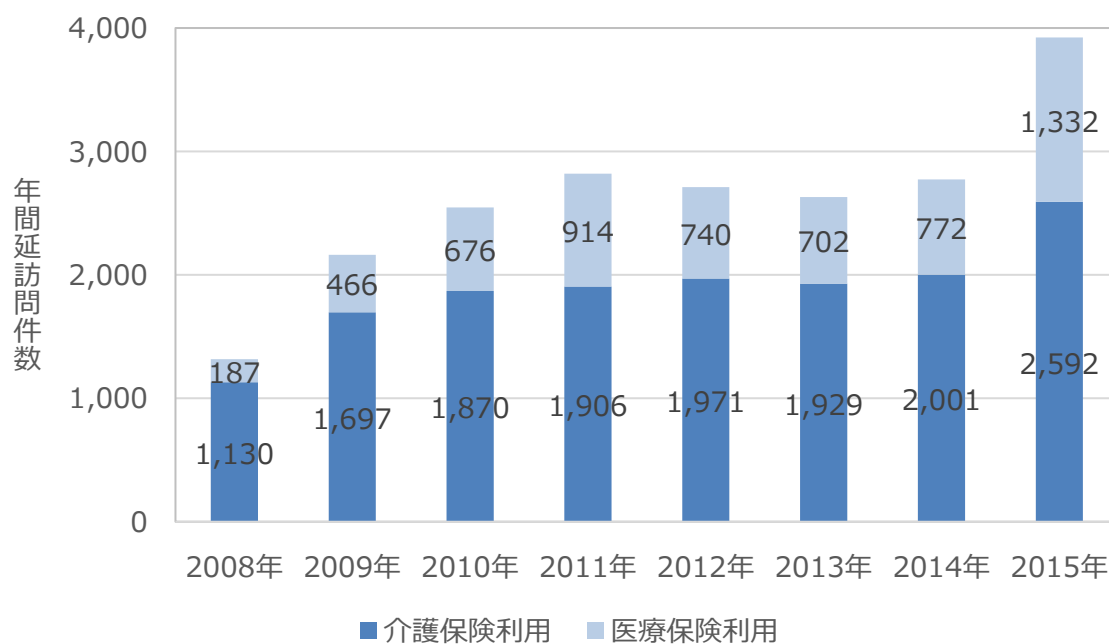


図 2.1.4.2-3 新城市訪問看護ステーションの年間延訪問件数推移  
(出所：新城市訪問看護ステーション経営改善プラン)

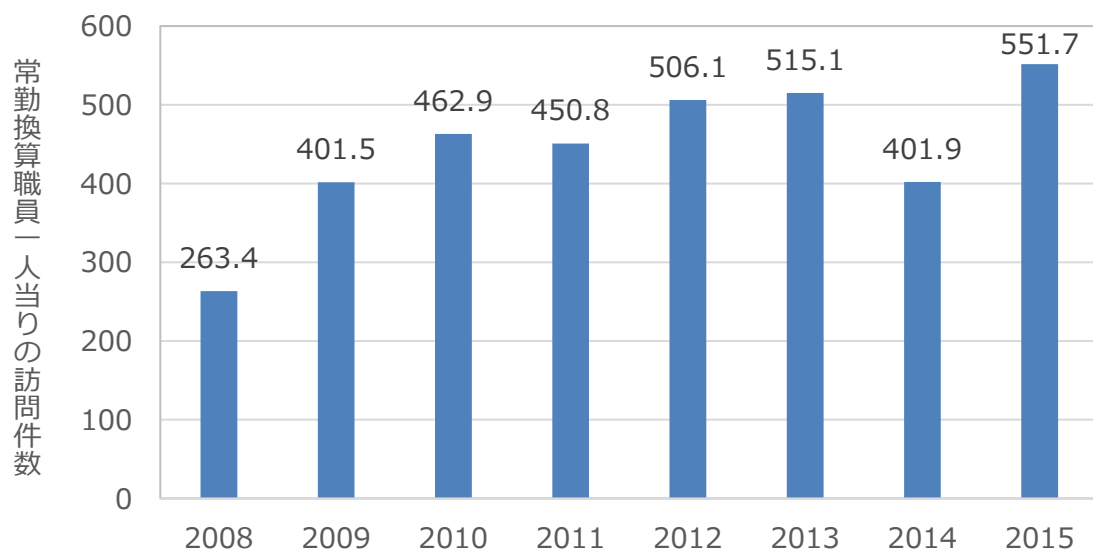


図 2.1.4.2-4 新城市訪問看護ステーションの常勤換算職員1人当りの訪問件数推移  
(出所：新城市訪問看護ステーション経営改善プラン)

### 2.1.5 実証拠点およびエリアの俯瞰図

本実証拠点については、新城市の中核病院である新城市民病院（以下、中核病院）と、各課題解決実証において現実的かつ理想的な遠隔拠点として2拠点を選定した。図2.1.5のとおり、第一実証会場の診療所としての「新城市作手保健センター」（以下、診療所）については、中核病院から車で約50分程度かかる距離にあり、現状も回復期・維持期のリハビリ指導を実施している拠点であり、実証後の一部システムの実装も見据えて選定している。また、第二実証会場の集会所としての「作手農村環境改善センター」（以下、集会所）については、「山間集落」近くであり、「中規模集落が点在」している条件をもとに、中核病院へも診療所へも高齢者が通うには困難な拠点を設定した。

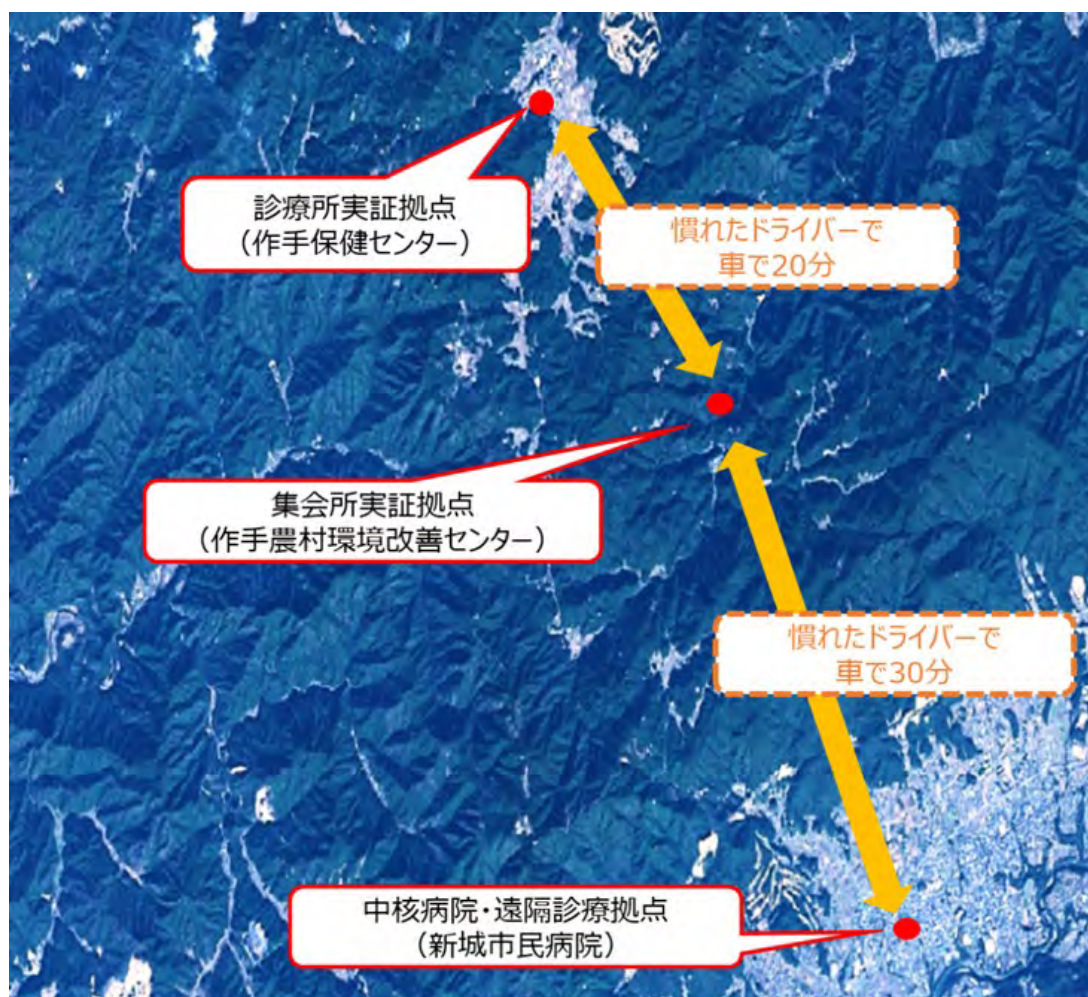


図 2.1.5 実証拠点の地理的相関関係  
航空写真出典元：国土地理院地図より

## 2.2 実証環境

### 2.2.1 中核病院の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等

県内 2 番目の広域な面積をもつ新城市では、唯一の中核病院である新城市民病院によってその広大な医療圏をカバーしている。特に、診療所や居宅への訪問看護に関しては、年々需要が増しており、高齢者医療にかかわる自治体の医療資源に対する負担が大きくなっている。



図 2.2.1 新城市民病院の外観  
(出所：新城市)

### 2.2.2 診療所の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等

新城市作手地区をはじめとしたへき地医療及び患者の回復期・維持期のリハビリ指導においては、診療所にて実施しているところである。ただ、医師、リハビリテーション専門職の慢性的な不足や、山間部へき地という立地も起因し、中核病院から医師、リハビリテーション専門職を派遣することが難しい環境にある。





図 2.2.2-1 新城市作手保健センターの航空写真



図 2.2.2-2 新城市作手保健センター内の実証スペース

### 2.2.3 集会所の各拠点の概要・既存の利用用途・俯瞰画像等

新城市作手地区をはじめとした過疎地域住民は、高齢化が著しく、新城市を上げて健康寿命増進の取組を検討している状況である。また、高齢者が圧倒的に多い山間地域の集落からの住民が一定以上集まる集会所において、健康体操及び健康診断（問診）を実施することが

自治体及び住民側からも期待が高い。ただ、残念ながら、立地・医師等リソース不足の関係もあり、中核病院から医療従事者を都度派遣することが難しい環境にある。



図 2.2.3-1 作手農村環境改善センターの航空写真



図 2.2.3-2 作手農村環境改善センター内の実証スペース

## 2.3 地域課題等

### 2.3.1 介護に係る課題（高齢者単独世帯の増加等）

新城市の単独世帯数は年々増加傾向にあり、単独世帯に占める高齢者単独世帯の割合は概ね半数を占めるまでに至っている。（図 2.3.1-1）そのため、高齢者の独居世帯や老老介護世帯が多く存在する。特に、そのような世帯においては、退院後の診療やリハビリ指導において、機能低下の発見が遅れ、結果として住民の ADL が低下することで再度入院でのリハビリ介入が必要となるケースが増えている。

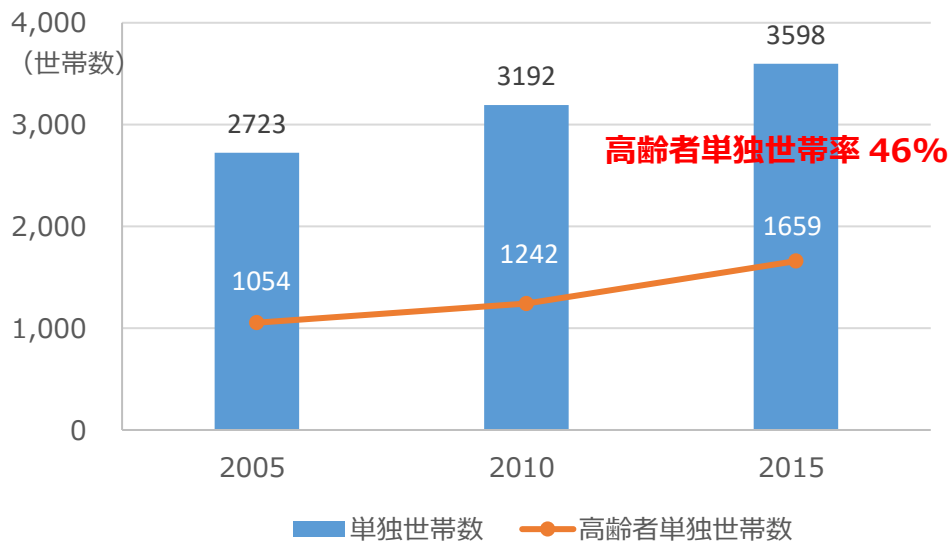


図 2.3.1-1 新城市高齢者単独世帯の割合の推移  
(出所：国勢調査)

### 2.3.2 通院に係る課題（中核病院への医療アクセス、訪問看護ステーションの稼働状況）

新城市は愛知県で2番目に面積が広い市であるものの、唯一の中核病院である新城市民病院でその広域をカバーしている。訪問看護に関しては、職員の1日の平均移動距離は約35kmとなっており、移動にかなりの時間を要している。（図2.3.2および表2.3.2）また、バスや電車の公共交通も充実しているとはいえ、自動車の運転ができない高齢者にとっては、通院の手段が不足している状況である。したがって、通院の困難さを理由に、一部の住民に対して満足いく診療やリハビリ指導を提供できていない状況である。

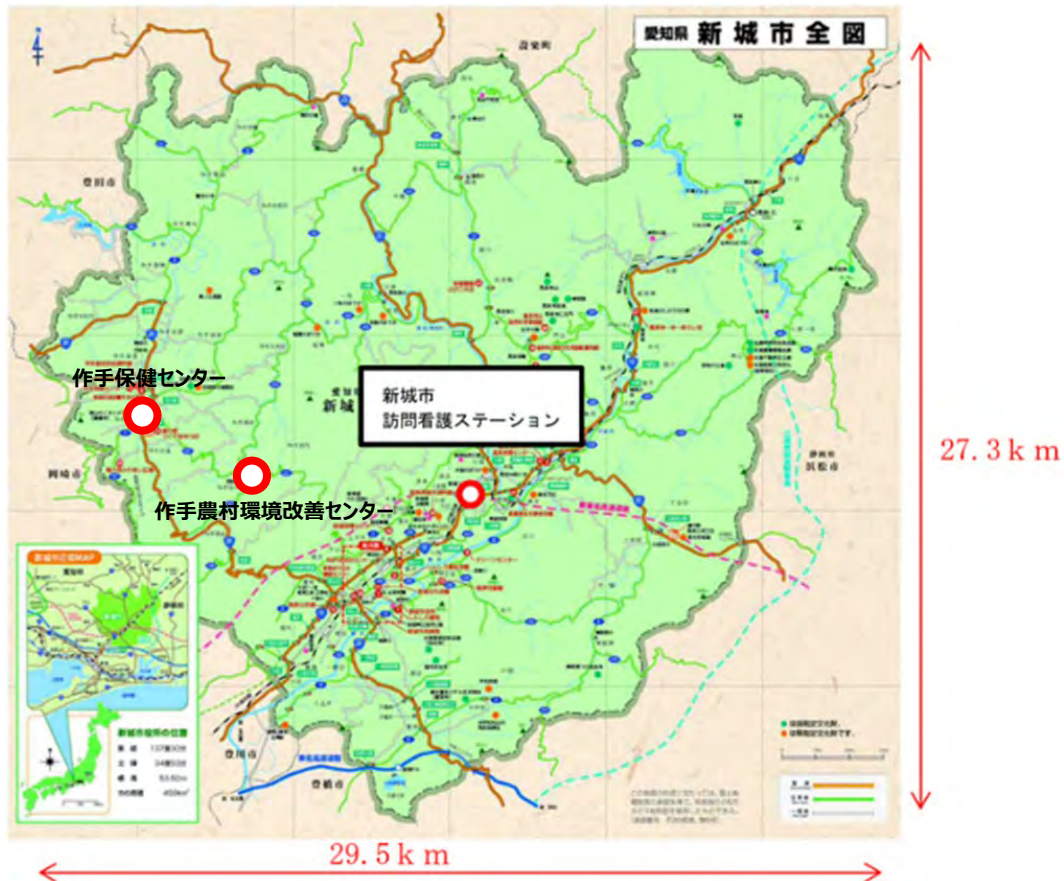


図 2.3.2-1 新城市全図（出所：愛知県地域包括ケアモデル事業報告書）

表 2.3.2 新城市訪問看護ステーションの概要

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| 訪問看護ステーション設置主体 | 新城市                       |
| 活動範囲           | 訪問距離最長片道 50 分             |
| 看護職員数          | 常勤 10 名、非常勤 1 名、非常勤事務 1 名 |
| 訪問件数           | 看護師 1 人あたり 37 件／月         |
| 訪問看護利用者数       | 96 名                      |

### 2.3.3 医療資源に係る課題（専門医やリハビリ専門職の不足）

我が国全体で訪問リハビリテーションに対する需要が増加している。（図 2.3.3-1）2007年から2016年の10年間で、訪問リハビリテーションの受給者数は2倍以上に増加し、高齢者世帯の増加に伴い今後はさらに需要が拡大することが見込まれる。一方で、理学療法士は全国的にも南高北低に偏在しており、地域によっては増加するリハビリ需要に対して、医療従事者の数が不足している状況にあるとみられる。（図 2.3.3-2）特に、高齢者は初期症状として上肢の機能低下を覚えることから、作業療法士による手の細かなリハビリ指導が不可欠であるが、人的資源の不足によって満遍なく医療提供ができていない状況である。さらに、高齢化の進行に伴い、新都市の医療資源に対する負担が増加している。

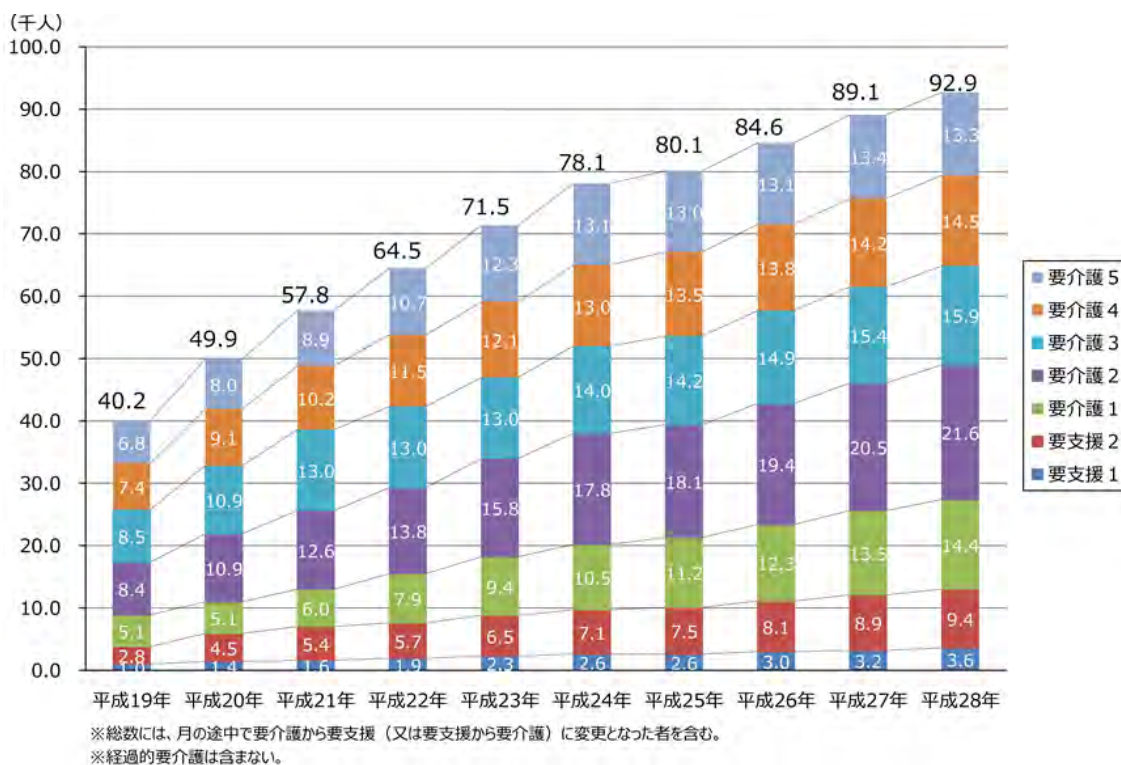


図 2.3.3-1 訪問リハビリテーション受給者数の推移

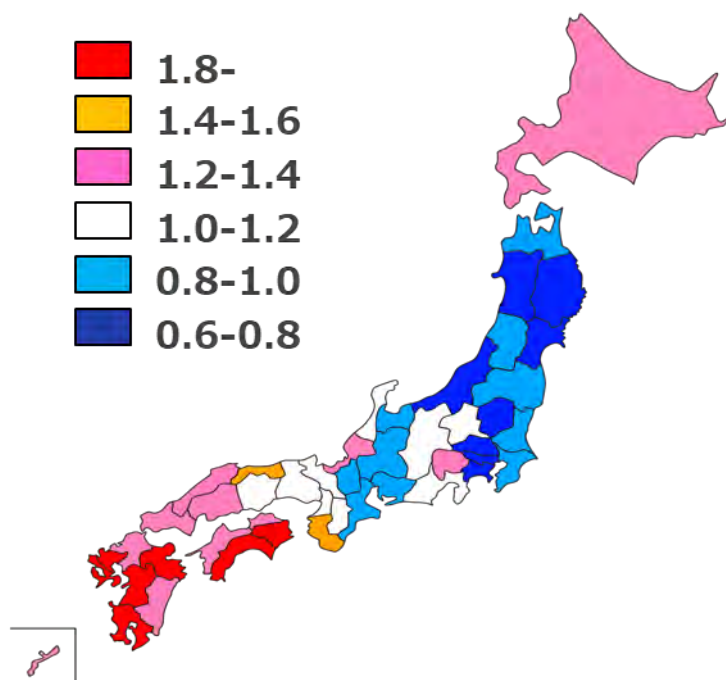


図 2.3.3-2 理学療法士の地域密度分布

(出所：江口 雅彦，理学療法密度の地域偏在の現状と要介護度の地域特性，第48回日本理学療法学術大会（2013）をもとにNTTデータ経営研究所にて作成)

なお、数値は全国平均を1とした各都道府県の理学療法士の地域密度

#### 2.3.4 災害時の集落孤立に係る課題

災害により孤立する可能性がある集落は多数存在している。孤立可能性のある集落は全国に1万7千ほど存在し、そのうち、人口100人以下の小規模集落が半数を占めている。

(図2.3.4-1) また、人口100人以下の集落では、住民の半数以上が高齢者となっており、孤立可能性のある集落では高齢化も伴っている。(図2.3.4-2)

新城市郊外では、山間部集落が多く、災害時や積雪時に交通網が閉鎖遮断され、集落が孤立する可能性がある。災害時においては、深部静脈血栓症等の二次被害が発生する可能性があるが、災害によって孤立した住民に対して即座に医療を提供することができなくなる恐れがある。

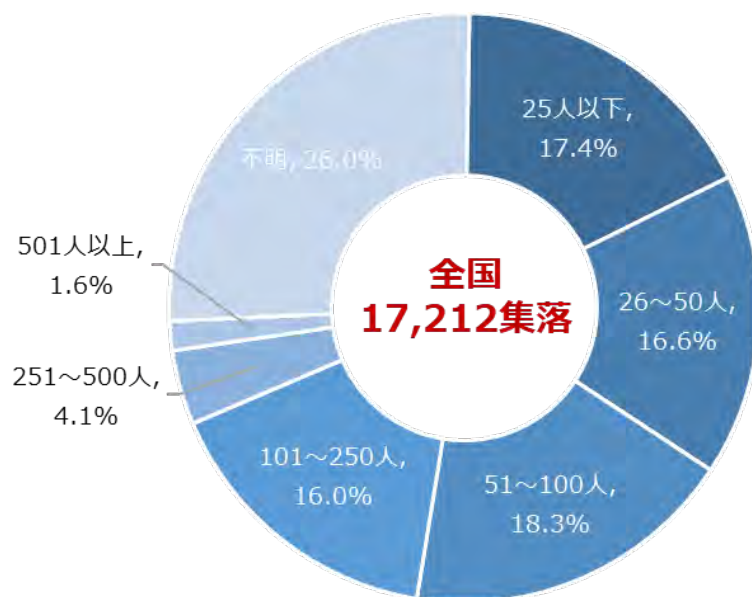


図 2.3.4-1 孤立可能性のある集落総数および人口構成割合（農業集落）  
(出所：内閣府 平成26年中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査)

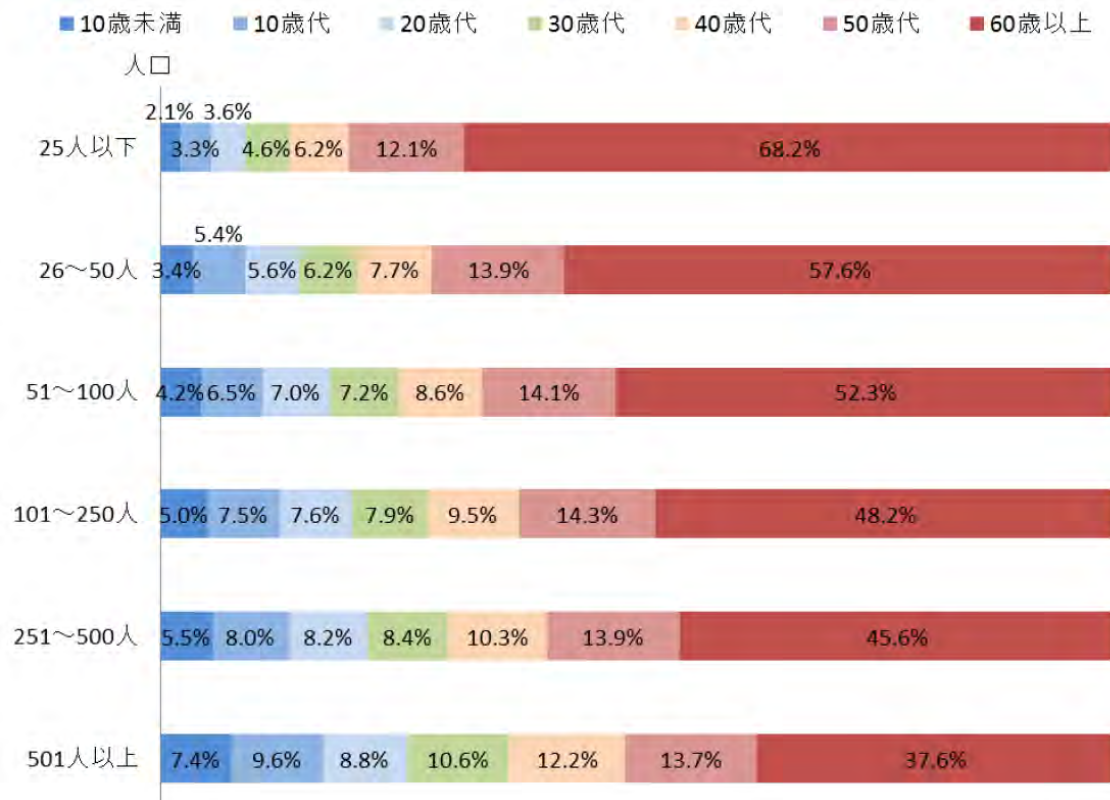


図 2.3.4-2 集落の人口規模別の年齢構成（農業集落）

（出所：内閣府 平成 26 年中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査）



### 2.3.5 リハビリテーションに係る課題（リハビリ専門職における稼働負荷の状況）

運動機能や嚥下に係るリハビリ指導では、患者の肢体の“微小な動き“に注目し評価をする必要がある。そのため、患者の通院やリハビリ専門職の訪問リハビリによる対面でのリハビリ指導を行うことが前提となっている。

一方で、へき地医療環境の下では、対面での訪問リハビリをカバーできる医療資源には限界がある。例えば、理学療法士等のリハビリに係る医療従事者は、訪問リハビリの患者1人に対して、月当たり6回の訪問を行い、1回の訪問での医療従事者の平均滞在時間は40分以上である。これに移動時間（仮定）として片道30分の時間を加味すると、訪問リハビリの患者1人に対して医療従事者のおよそ7時間分の稼働を費やしている。

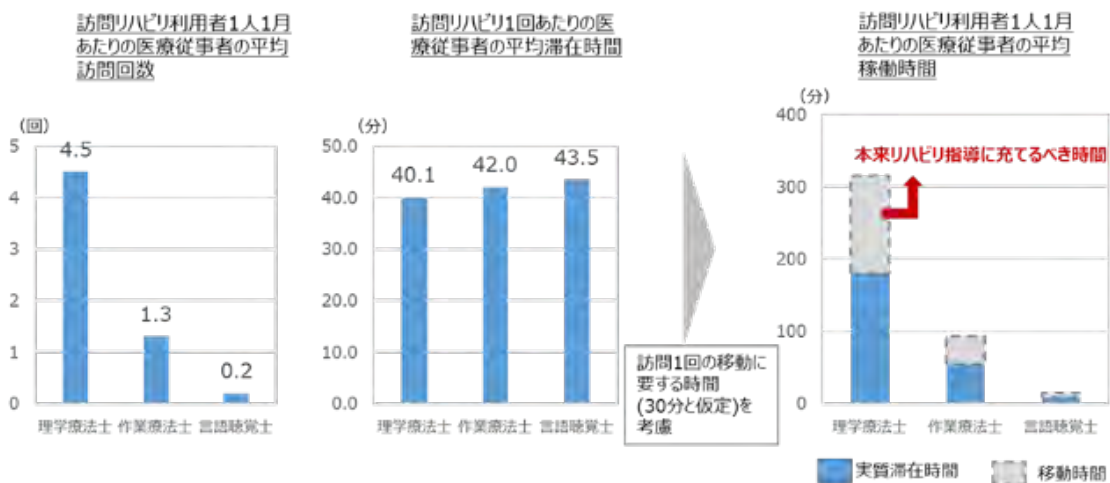


図 2.3.5 訪問リハビリにおける医療従事者の稼働量試算

(出所：「厚生労働省 平成27年度介護報酬改定の効果検証及び調査研究に係る調査」をもとにNTTデータ経営研究所にて作成)

## 2.4 課題解決システムの提案

本実証では2.3章で示した地域課題を解決するため、高齢者の健康異常を早期に検知・介入すること（早期検知・介入）、物理的距離に関わらず遠隔から医療を提供できること（遠隔医療）、遠隔においても医療の質を担保すること（質の担保）を課題解決システムに求められる要諦として設定した。（図2.4-1）このうち、「検知・介入」については、地域住民の健康状態を可視化するためのプレゼンティーズム調査システムを構築する。「遠隔から医療を提供」については、モバイル超音波画像診断装置による遠隔診療、高精細映像伝送および遠隔診療支援システムを介した遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法の仕組みを構築する。「質の担保」に向けては、5Gの高速大容量通信を生かした4Kカメラ映像を伝送することで、診療・リハビリ時に求められる映像品質を確保する。

早期検知、予防医療の提供、検査・治療の一連のプロセスを実証コンセプトとして提示する。（図2.4-2）早期検知の段階では、独自に開発する健康状態のスクリーニングを行うWEBシステムを活用して、実証地域の住民の健康異常を検知する。予防の段階では、健康異常が検知された住民に対して、異常の部位や程度に応じて、遠隔での予防医療の提供、もしくは遠隔診療や対面受診の勧奨を行う。予防医療は、理学療法士による遠隔での健康指導や遠隔でのリハビリ指導を提供し、在宅を想定した言語聴覚士による遠隔の摂食嚥下療法も含めて実証を行う。検査・治療の段階では、医師による遠隔での超音波検査を実証対象とする。

なお、実証の被験者に関しては、短い実証期間の中で実際に健康異常のある地域住民を抽出し、なおかつ実証への参加同意を取得することは現実的に困難であると考えられることから、遠隔リハビリ指導については中核病院の通院患者を被験者として選定、遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療については地域住民から被験者を選定、遠隔診療（超音波検査）の被験者は新城市職員を模擬被験者として配置する。被験者の選定にあたっては、中核病院での倫理審査委員会を実施することとする。

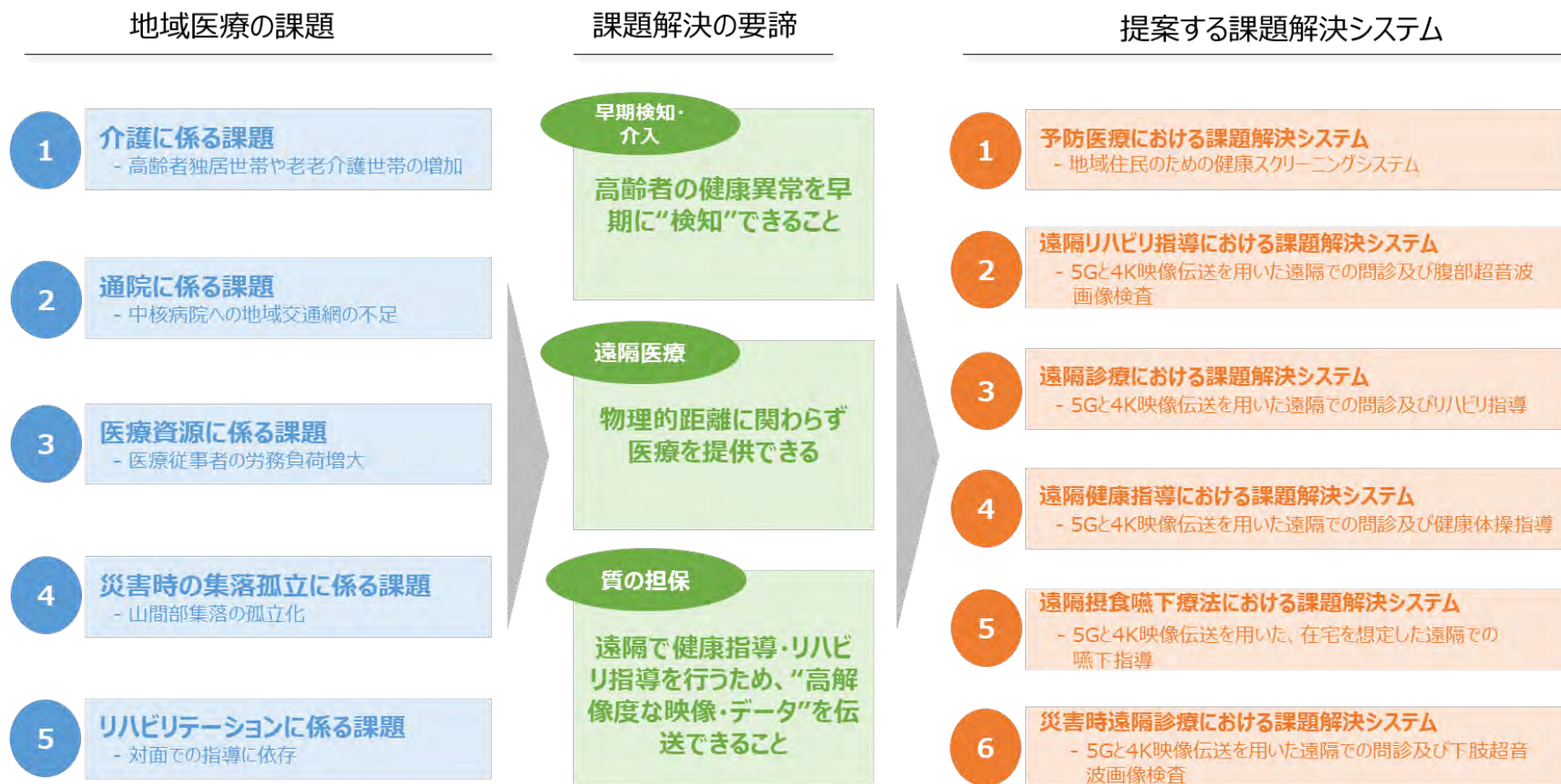


図 2.4-1 地域課題とその課題解決システム

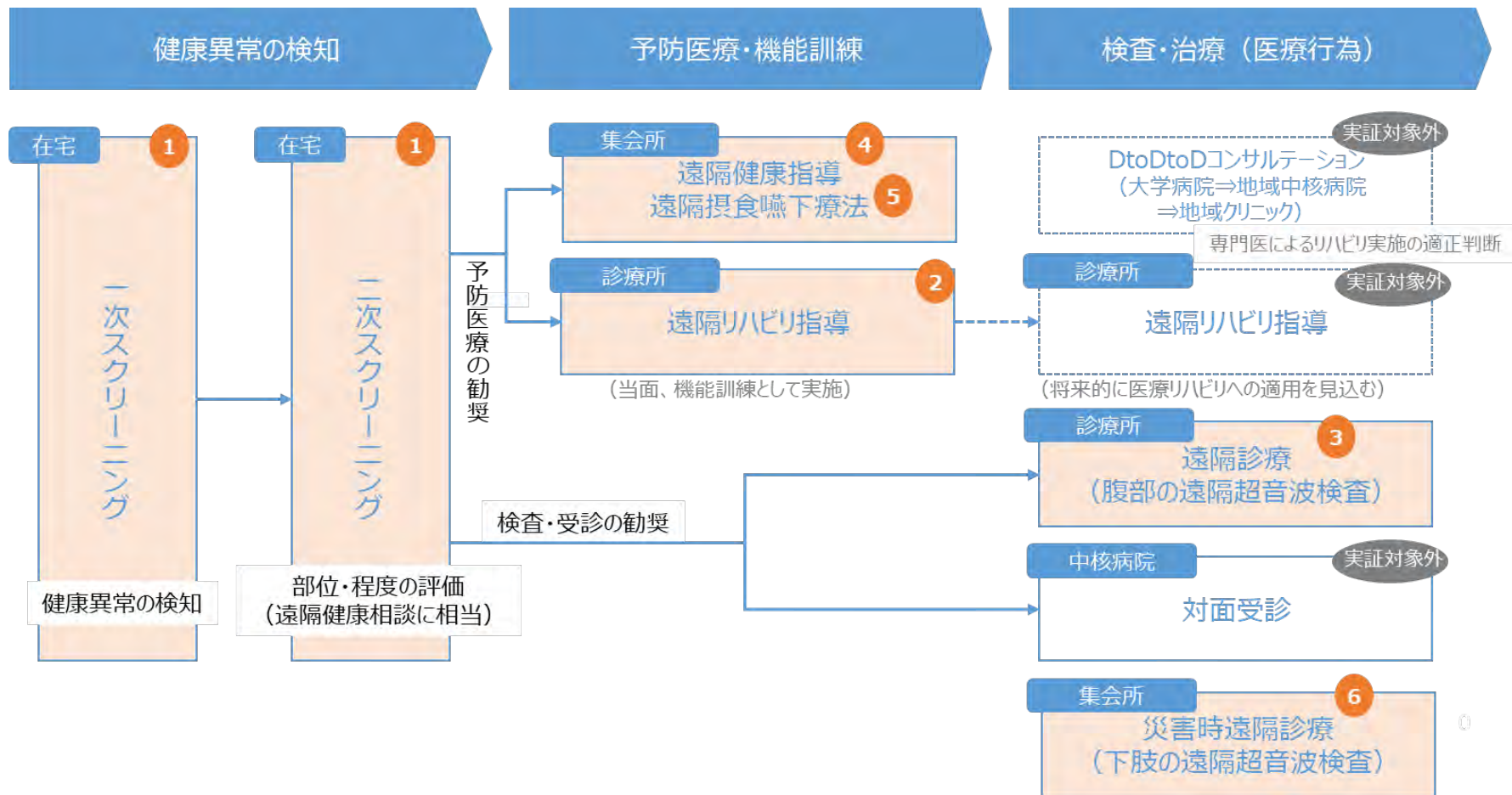


図 2.4-2 社会実装の全体コンセプトと実証スコープ (黄網掛け部分)

### 3. 実証環境

#### 3.1 ネットワーク構成

##### 3.1.1 5G ネットワーク概要

本実証のネットワーク構成を図 3.1.1 に示す。5G の特性を最大限発揮するため、クラウド基盤については NTT ドコモが提供するドコモオープンイノベーションクラウド (dOIC) を活用した。中核病院側は市街地設定となるため、光回線を利用し、dOIC と中核病院を接続した。

また、遠隔診療支援システムのサーバおよびドコモラボ（ドコモ東海支社ビル内の 5G 試験環境）も光回線により接続し、実証を行った。

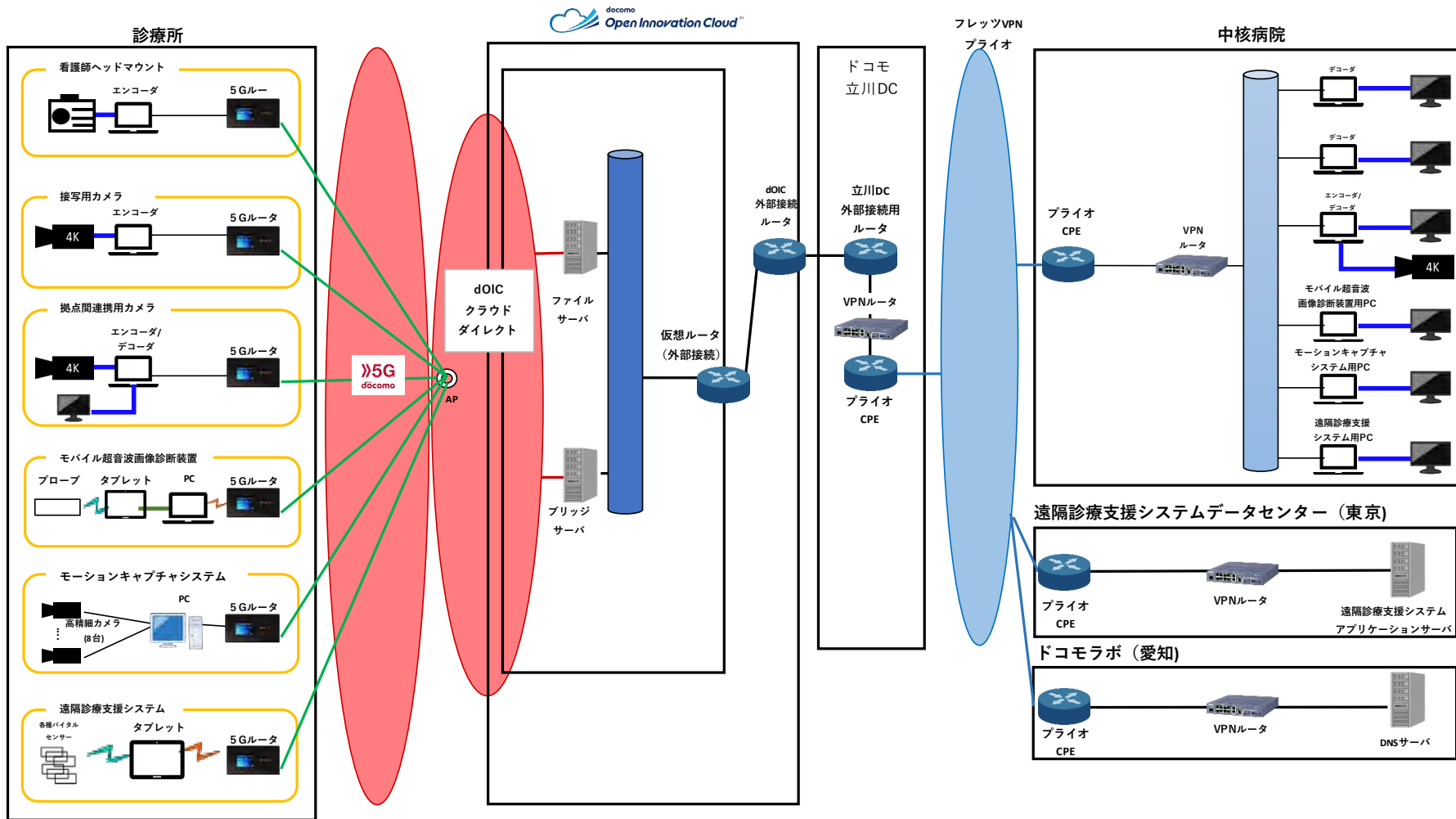


図 3.1.1 課題解決システムのシステム構成図

### 3.1.2 5G 基地局概要

#### ●診療所側

図 3.1.2-1 に示すように、4.5GHz～4.6GHz(以下、「4.5GHz 帯」)及び 3.7GHz 帯及び 28GHz 帯を有するキャリア 5G の屋外基地局を、周辺住民サービスを目的に診療所付近に 1 局を新たに設置し、診療所における遠隔診療・遠隔リハビリ指導の実証用に活用した。尚、本実証は、ローカル 5G による横展開検討も想定しているため、4.5GHz 帯のみを活用した。同時搭載する LTE 周波数についても、本実証においては 5G との性能比較対象として活用することとした。

尚、本基地局は、診療所における実装段階での「遠隔リハビリ指導」も想定しているため、ローカル 5G 基地局を新たに設置することなく、本基地局を活用できるメリットも有する。



図 3.1.2-1 作手保健センター及び周辺におけるキャリア 5G 構築エリア  
(航空写真の出典元：国土地理院地図より抜粋)

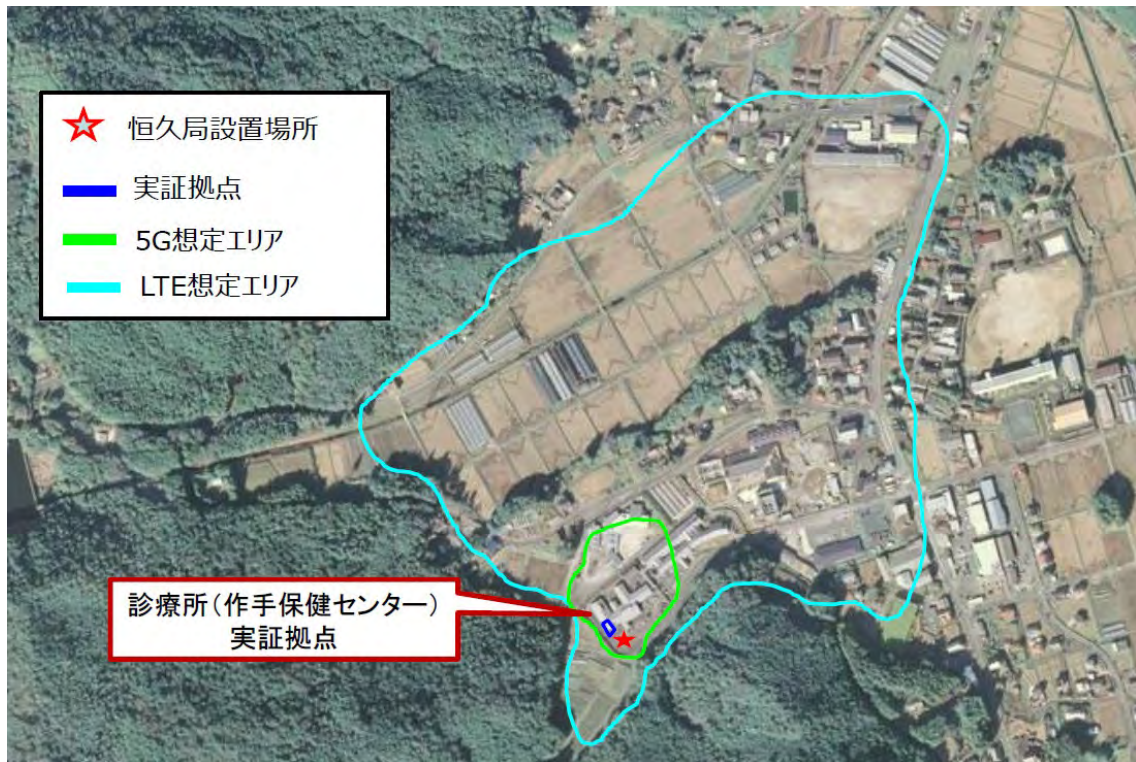


図 3.1.2-2 作手保健センター周辺の5G及びLTEエリア広域図  
 (航空写真の出典元：国土地理院地図より抜粋)





図 3.1.2-3 実証会場（建物）写真と基地局外観図



図 3.1.2-4 実証会場である作手保健センターのリハビリ会場

(1) 設置基地局の周波数帯概要

表 3.1.2-1 設置基地局の搭載周波数

| RAT | 搭載周波数               |
|-----|---------------------|
| 5G  | 3.7GHz/4.5GHz/28GHz |
| LTE | 800MHz              |

※但し、実証時の 5G 周波数については、4.5GHz のみ活用した。

(2) 設置基地局装置

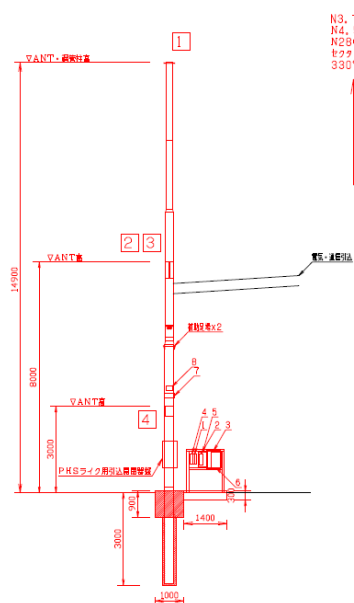


図 3.1.2-5 基地局装置概要 (同型機)

- ・ 診療所の設置環境

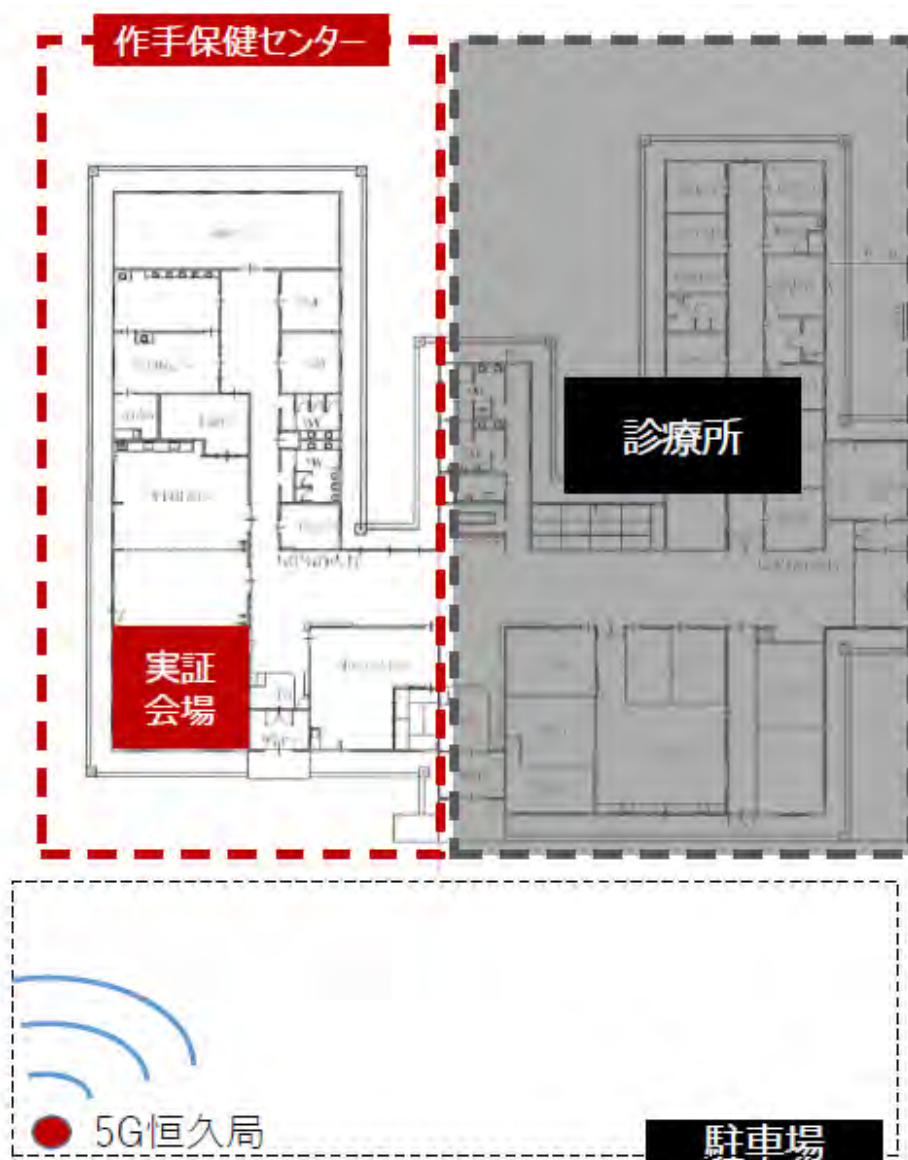


図 3.1.2-6 作手保健センターの建物平面図からみた  
実証会場の位置関係

●集会所側

【実証会場：休憩室、基地局：屋内】

図 3.1.2-7 が示すように、4.5GHz～4.6GHz（以下、「4.5GHz 帯」）キャリア 5G の基地局を、集会所（屋内）において、遠隔健康体操指導用及び後述される遠隔摂食嚥下療法用に屋内に 1 局構築した。同時搭載する LTE 周波数についても、本実証においては 5G との性能比較対象として活用することとした。

尚、本基地局は、山間部住民（主に高齢者）が集う集会所での遠隔体操指導、将来的な遠隔在宅リハビリ指導のローカル 5G 実証を目的とするため、一時利用の可搬局（キャリア 5G）を設置することとした。

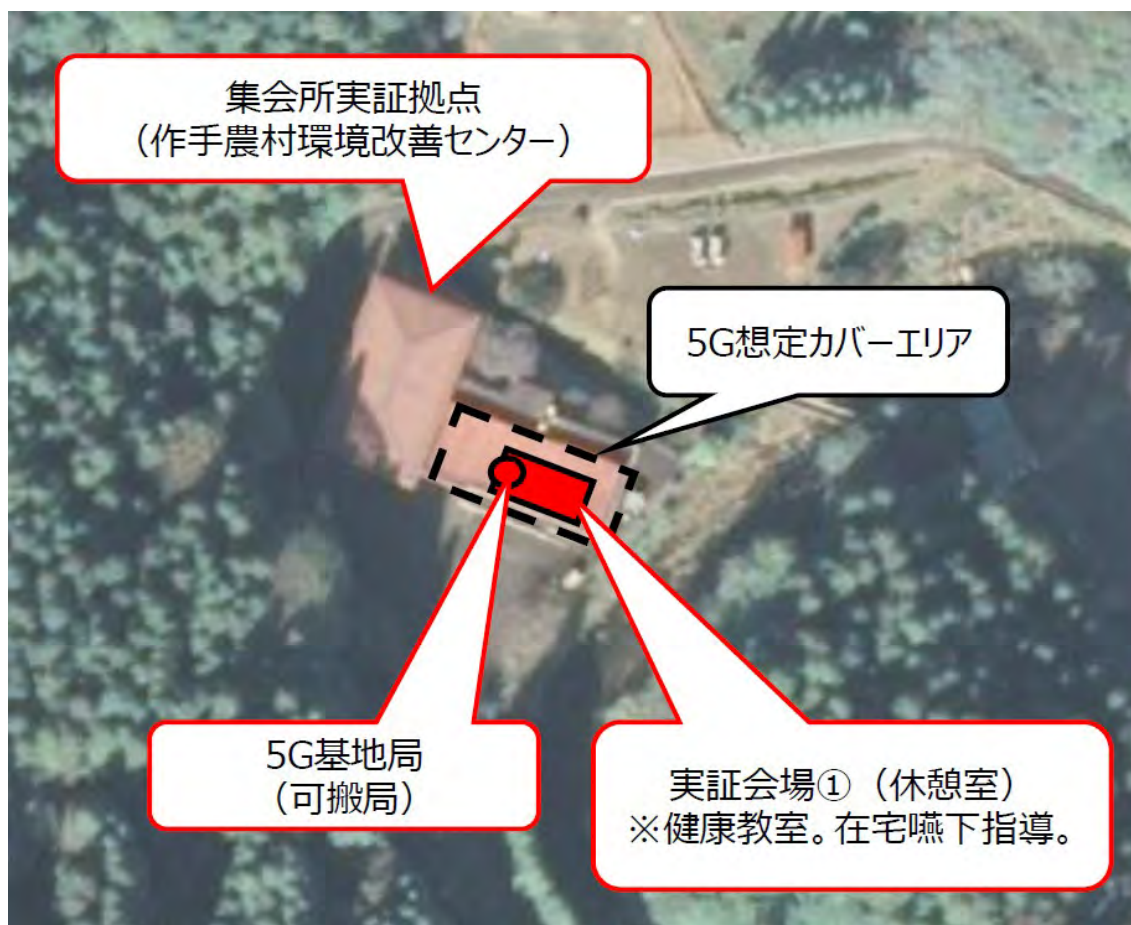


図 3.1.2-7 集会所におけるキャリア 5G 構築エリア  
(航空写真の出典元：国土地理院地図より抜粋)

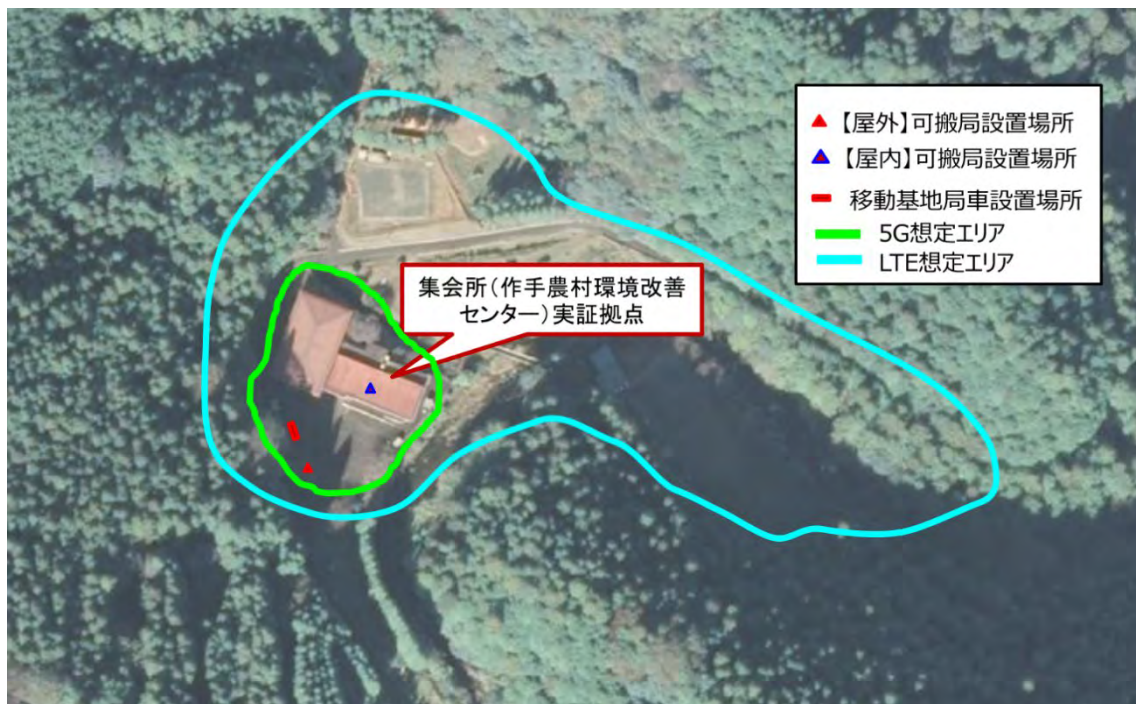


図 3.1.2-8 集会所周辺の 5G・LTE エリア  
 (航空写真の出典元：国土地理院地図より抜粋)



図 3.1.2-9 建物立面図からみた実証会場の位置

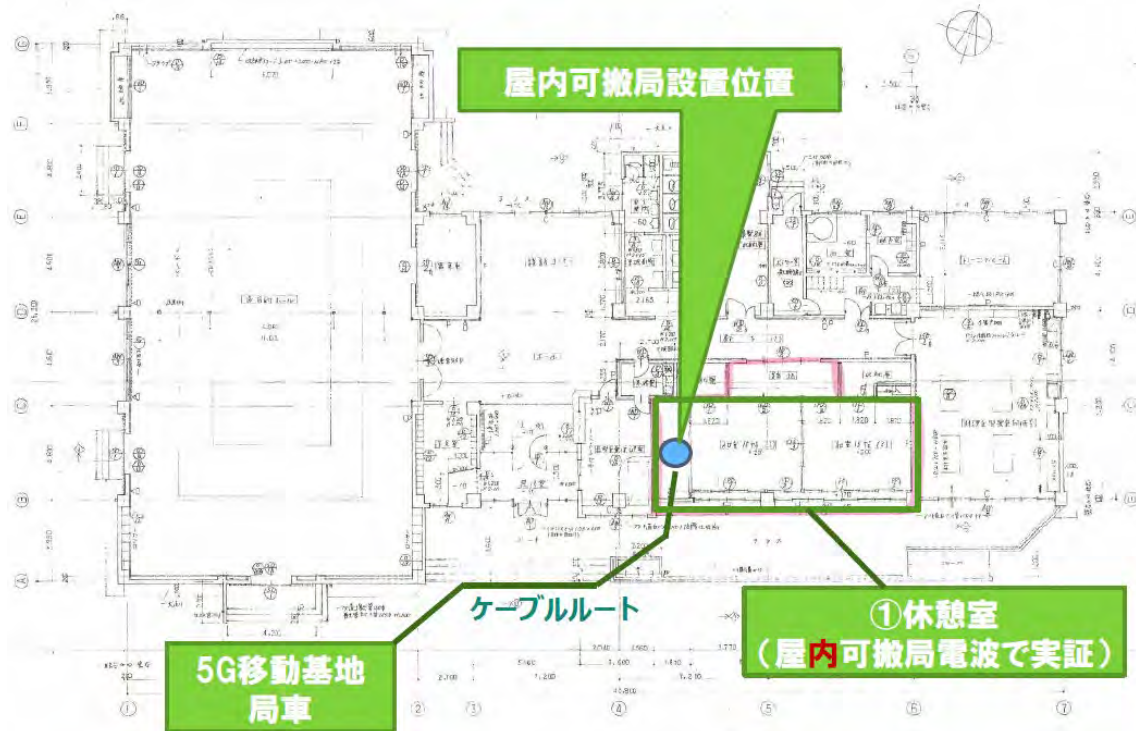


図 3.1.2-10 建物平面図からみた実証会場と屋内設置の可搬局の位置



図 3.1.2-21 5G 移動基地局車設置と集会所との位置関係



図 3.1.2-32 屋内実証会場に設置されたキャリア5G



図 3.1.2-43 休憩室（屋内実証会場）の設営風景

【実証会場：入口付近、基地局：屋外】

4.5GHz～4.6GHz（以下、「4.5GHz帯」）キャリア5Gの基地局を、集会所（入口付近）での災害時診療用に、屋外に1局構築することとする。同時搭載するLTE周波数についても、本実証においては5Gとの性能比較対象として活用することとする。

尚、本基地局は、災害時を想定したローカル5G実証を目的としているため、一時利用の可搬局（キャリア5G）を設置することとする。

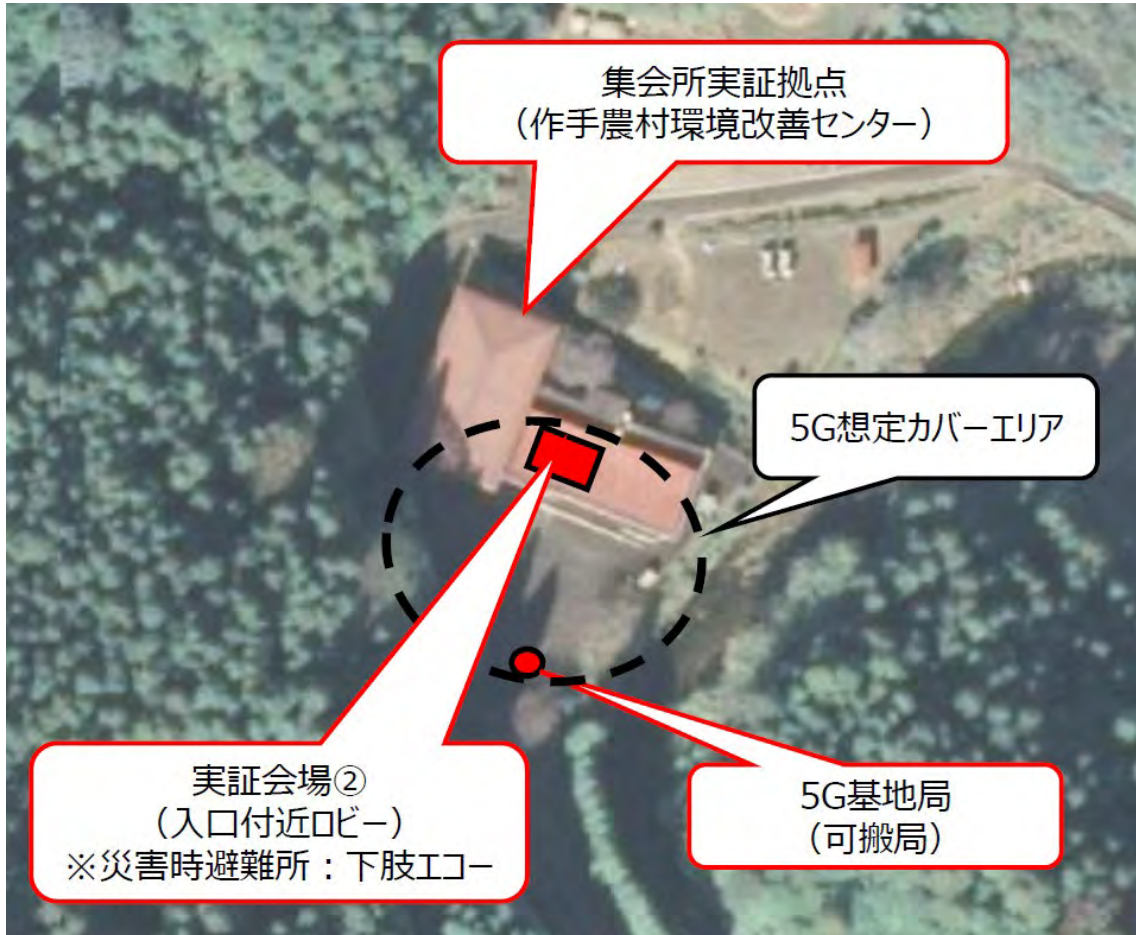


図 3.1.2-54 集会所及び周辺におけるキャリア5G構築エリア  
(航空写真の出典元：国土地理院地図より抜粋)

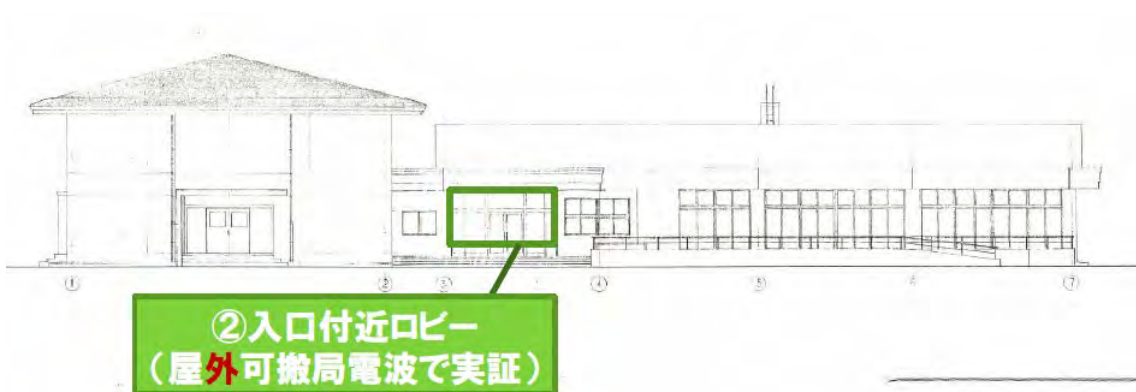


図 3.1.2-65 建物立面図からみた実証会場の位置







図 3.1.2-98 入口奥ロビーの災害想定実装会場（緊急避難住民を想定）

(1) 設置基地局周波数帯概要

表 3.1.2-2 設置基地局の搭載周波数

| 発射基地局     | RAT | 搭載周波数         |
|-----------|-----|---------------|
| キャリア 5G   | 5G  | 4.5GHz        |
|           | LTE | 1.7GHz/3.5GHz |
| 5G 移動基地局車 | LTE | 800MHz/2GHz   |

(2) 設置基地局装置

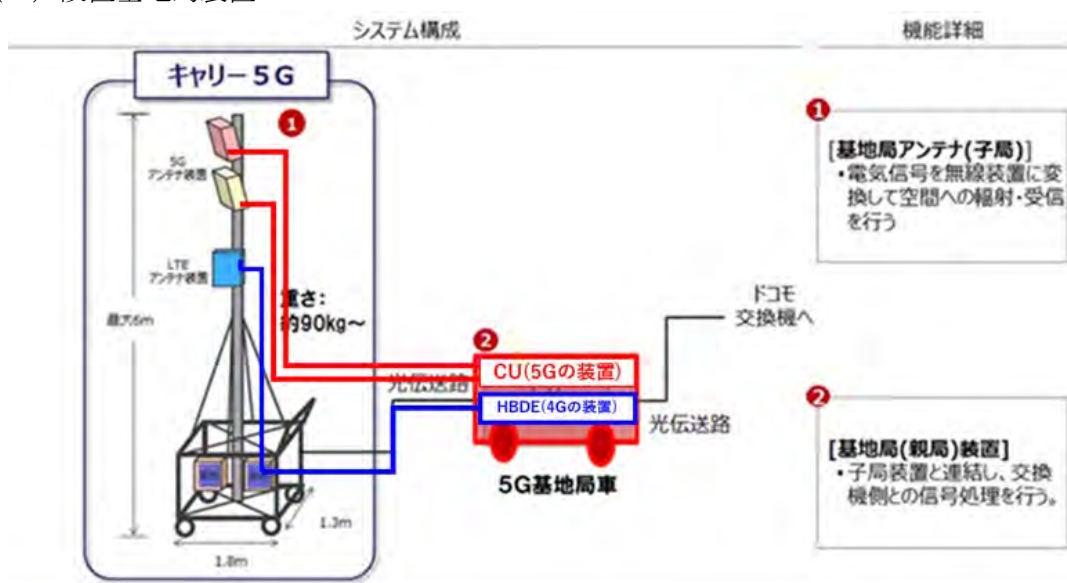


図 3.1.2-109 キャリア5G のシステム構成イメージ

表 3.1.2-3 基地局諸元表（再掲）

| 局名                 |    | 簡自新城作手高里縄手 |            |            |  | 可搬作手診療所（屋外） |        |            | 可搬作手診療所2（屋内） |        |            |
|--------------------|----|------------|------------|------------|--|-------------|--------|------------|--------------|--------|------------|
| 緯度経度情報<br>（世界測地系）  | 緯度 | 時          | 34         |            |  |             | 34     |            |              | 34     |            |
|                    |    | 分          | 58         |            |  |             | 56     |            |              | 56     |            |
|                    |    | 秒          | 29.558     |            |  |             | 50.424 |            |              | 51.474 |            |
|                    | 経度 | 時          | 137        |            |  |             | 137    |            |              | 137    |            |
|                    |    | 分          | 25         |            |  |             | 27     |            |              | 27     |            |
|                    |    | 秒          | 14.966     |            |  |             | 17.419 |            |              | 18.019 |            |
| 高度(m)              |    | 544        |            |            |  | 310         |        |            | 311          |        |            |
| 方式                 |    | LTE        | 5G         |            |  | LTE         |        | 5G         | LTE          |        | 5G         |
| バンド                |    | 800MHz     | 3.7GHz     | 4.5GHz     | 28GHz  | 1.7GHz      | 3.5GHz | 4.5GHz     | 1.7GHz       | 3.5GHz | 4.5GHz     |
| Tx                 |    | 2Tx        | 4Tx        | 4Tx        | 2Tx  | 2Tx         | 4Tx    | 4Tx        | 2Tx          | 4Tx    | 4Tx        |
| セクタ                |    | 1          | 1          | 1          | 1  | 1           | 1      | 1          | 1            | 1      | 1          |
| 指向方向               |    | 0°         | 330°       | 330°       | 330°   | 25          | 25     | 25         | 110          | 110    | 110        |
| ANT高               |    | 14.9       | 8          | 8          | 3  | 4           | 3.7    | 3.45       | 2.5          | 2.2    | 1.95       |
| 方式※5Gのみ記載          |    | -          | NSA        | NSA        | NSA  | -           | -      | NSA        | -            | -      | NSA        |
| 周波数<br>※5Gのみ記載     |    | -          | 3650.01MHz | 4550.01MHz | 27.45096GHz<br>27.55032GHz<br>27.64968GHz<br>27.74904GHz | -           | -      | 4550.01MHz | -            | -      | 4550.01MHz |
| 占有周波数帯幅<br>※5Gのみ記載 |    | -          | 99M9       | 99M9       | 100M<br>100M<br>100M<br>100M                             | -           | -      | 99M9       | -            | -      | 99M9       |
| 電波の型式<br>※5Gのみ記載   |    | -          | X7W        | X7W        | X7W<br>X7W<br>X7W<br>X7W                                 | -           | -      | X7W        | -            | -      | X7W        |
| 空中線電力<br>※5Gのみ記載   |    | -          | 145.23W    | 191.45W    | 17mW<br>17mW<br>17mW<br>17mW                             | -           | -      | 3.909W     | -            | -      | 3.909W     |
| メーカー※5Gのみ記載        |    | -          | 富士通        | NEC        | 富士通  | -           | -      |            | -            | -      |            |

### 3.1.3 本実証ネットワーク構成

新城市のへき地にある診療所及び集会所にて本案件諸課題を解決するシステムを構築した。以下3点が、本構築コンセプトとなっている。

- ・ 大容量映像伝送を活用した課題実証するため、5G の特性を最大限引き出せるネットワーク構成とすること。
- ・ 本コンソーシアム内の協力機関が提供するソリューション及び機器を最大限活用することにより実証コストを低減すること。
- ・ バイタルデータ等センシティブな情報を扱うため、クローズドなネットワークを検討すること。

本実証で用いたシステム機器接続図を図 3.1.3-1 に示す。

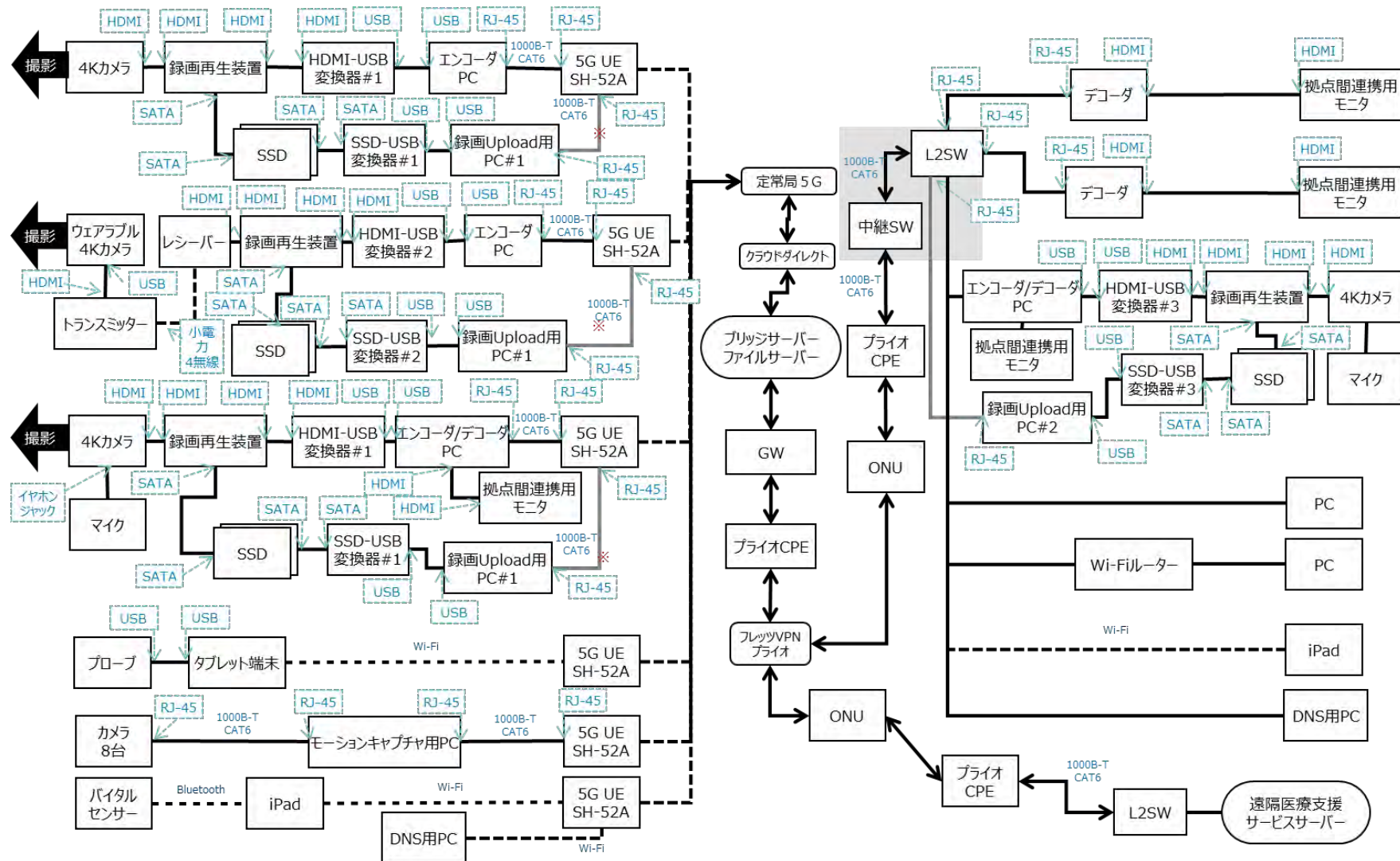


図 3.1.3-1 機器接続図

5G ネットワークと中核病院の接続にあたり、ドコモのクラウド基盤「ドコモオープンイノベーションクラウド(d0IC)」とオプションサービスの「クラウドダイレクト」を活用することにより、セキュアかつ、低遅延をコンセプトとしたネットワークを構築した。

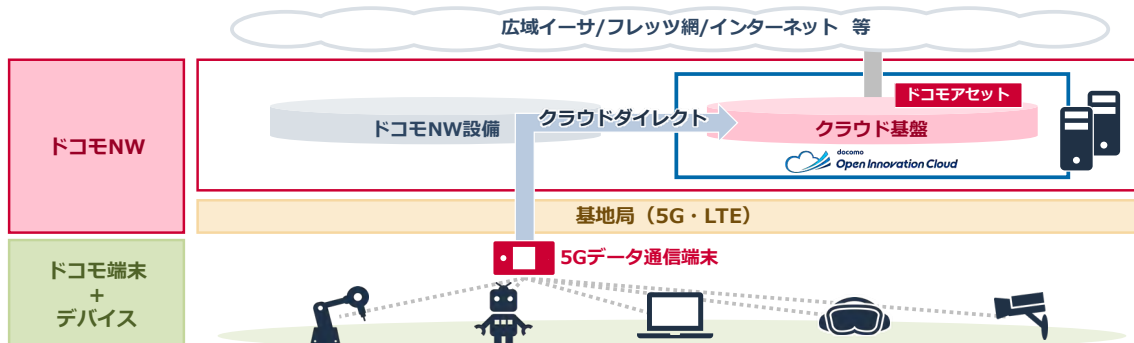


図 3.1.3-2 ドコモオープンイノベーションクラウド (d0IC) の概要

図 3.1.3-2 で示すように、ドコモの 5G や LTE のドコモネットワーク設備と d0IC が直接接続されており、d0IC から外部ネットワークへ接続することが可能である。

本実証で用いる 5G ルータはクラウドダイレクトにより、d0IC のみに接続できる契約形態となっており、インターネットへのアクセスは不可能である。また、d0IC が接続する外部ネットワークは図 3.1.3-2 に示した通り、フレッツ光回線であり、インターネットプロバイダ契約を行っていないため、インターネットへの接続は不可能である。

フレッツ光回線のメニューには、NTT 東日本、NTT 西日本が提供するフレッツ光ネクストプライオ VPN サービスを利用し、d0IC、中核病院、遠隔診療支援システムデータセンター、ドコモラボの 4 拠点が相互接続できる環境を構築した。

## 3.2 システム機能・性能・要件

### 3.2.1 システム要件

本実証で構築するシステムでは d0IC サーバ上でトランザクション処理は発生せず、ネットワーク機能のみを提供し、ネットワーク両端に設置された PC やサーバ等で処理を行っている。

このため、構築するシステム要件としてはネットワークのスループット及び遅延に関する通信性能となる。

システムに要求する通信性能について、表 3.2.1-1 に示す。

表 3.2.1-1 システムに要求する通信性能

| No | 対象区間                      | 規格上の通信速度                                 | 要求する通信性能  |
|----|---------------------------|--|---|
| 1  | 5G ネットワーク<br>(4.5GHz 帯のみ) | 下り:1.7Gbps<br>上り 107Mbps<br>ベストエフォートでの提供 | 診療所/集会所→病院方向：<br>60Mbps 以上<br>病院→診療所/集会所方向：<br>20Mbps 以上<br>往復平均遅延：<br>50msec 以内  |
| 2  | フレッツ光<br>プライオ             | 双方向：1Gbps ずつ<br>ベストエフォートでの提供             | 診療所/集会所→病院方向：<br>60Mbps 以上<br>病院→診療所/集会所方向：<br>20Mbps 以上<br>往復平均遅延：<br>50msec 以内  |
| 3  | システム全体<br>(エンドツーエン<br>ド)  | -  | 診療所/集会所→病院方向：<br>60Mbps 以上<br>病院→診療所/集会所方向：<br>20Mbps 以上<br>往復平均遅延：<br>100msec 以内 |

### 3.2.2 機器構成

各実証会場における課題実証が遠隔診療、遠隔指導となることから、対面での対応に近い高精細映像伝送を実現させるため、以下の機能（機器）構成とした。

表 3.2.2 機器構成

| No. | 機器等名称                     | 役割   |
|-----|---------------------------|--|
| ①   | エンコーダ用 PC (3 台)           | 各 4 Kカメラの映像をエンコード  |
| ②   | デコーダ用 PC (3 台)            | 各 4 Kカメラの映像をデコード   |
| ③   | 録画再生装置 (8 台)              | 各 4 Kカメラの送信側及び受信側映像データの録画用   |
| ④   | 録画用メモリ (SSD)<br>(16 個)    | 録画再生装置で使用する外部メモリ。録画とファイルサーバへの Upload を同時に行う場合があるため、録画再生装置 1 台に 2 個ずつ。      |
| ⑤   | 4 Kモニター (27inch)<br>(4 台) | 診療所側に 1 台設置し、遠隔指示映像確認にて使用。中核病院側に 3 台設置し、それぞれ、接写カメラ映像確認、視線用アクションカメラ映像確認、接写映 |

| No. | 機器等名称                            | 役割   |
|-----|----------------------------------|--|
|     |                                  | 像確認にて使用。   |
| ⑥   | 4 Kカメラ (3 台)                     | 診療所/集会所側に 2 台設置し、全体映像および接写映像の撮影。中核病院側に 1 台設置し、遠隔指示を実施。   |
| ⑦   | 視線用アクションカメラ (1 台)                | 看護師にヘッドマウント等を行い、看護師の視線で患者の局所部位の様子を撮影。  |
| ⑧   | カメラ用三脚 (3 台)                     | 4 Kカメラ設置用。   |
| ⑨   | トランスミッター・レシーバセット (1 式)           | 視線用アクションカメラからエンコーダ用 PC に映像伝送を行うため。   |
| ⑩   | モバイルバッテリー (3 台)                  | 看護師が視線用アクションカメラ用のトランスミッターをリュックに入れて移動する場合の外部バッテリー。  |
| ⑪   | マイク (2 台)                        | 拠点間連携における音声収録用。(構成変更により未使用)  |
| ⑫   | 録画映像アップロード用 PC (2 台)             | 録画した映像ファイル (MOV ファイル) を PC で扱いやすい動画形式 (MP4) に圧縮・変換し、ファイルサーバにアップロードするため。(運用変更により未使用)            |
| ⑬   | 5G 端末 (ルータ) (6 台)                | キャリア 5 G を利用し、診療所/集会所における各種データ (4 Kカメラ映像、バイタルデータ、モーションキャプチャ、モバイル超音波画像診断装置) をクラウド基盤へ広帯域なアップロード。 |
| ⑭   | クラウド基盤 (一式)                      | 各サーバを収容する IaaS クラウド基盤  |
| ⑮   | ブリッジサーバ (一式)                     | 診療所/集会所の各種データを中核病院に伝送するためのサーバ  |
| ⑯   | ファイルサーバ (一式)                     | 診療所/集会所および中核病院のカメラ映像を録画したものを保存するためのサーバ   |
| ⑰   | 遠隔診療支援システム (一式)                  | 診療所/集会所における診療の映像を中核病院側で確認する。<br>診療の際の各種バイタルデータをワイヤレスで取得、遠隔地にて共有するためのシステム。                      |
| ⑱   | 汎用超音波画像診断装置 (モバイル超音波画像診断装置) (一式) | 遠隔診療時の腹部エコーや遠隔リハビリ時の下肢エコー等で超音波画像を取得し、中核病院に送信するための機器  |
| ⑲   | モーションキャプチャシステム (一式)              | 患者を全方位から撮影し、リアルタイムでその画像を表示するとともに、その動きをキャプチャし運動の詳細解析を行うためのシステム                                  |
| ⑳   | マイクスピーカ                          | 診療所/集会所と病院の音声会話用の機器  |
| ㉑   | スマートフォン                          | 診療所/集会所と病院の音声回線接続  |
| ㉒   | VPN ルータ                          | d0IC、中核病院、遠隔診療支援システムデータセンター、ドコモラボ間の拠点接続用ルータ  |

### 3.2.3 各機器の機能・性能

各機器の仕様・性能を以下表 3.2.3-1 に示す。

表 3.2.3-1

| No | 機器等名称                      | 仕様・性能   |
|----|----------------------------|---|
| ①  | エンコーダ用 PC                  | ・エンコードの処理等の動作が行えること   |
| ②  | デコーダ用 PC                   | ・デコードの処理等の動作が行えること  |
| ③  | 録画再生装置                     | ・4 K (3840×2160) 映像を録画可能なこと。<br>・実装を見据えた際に医療従事者が操作することが容易なこと。<br>・汎用性が高いこと。                     |
| ④  | 録画用メモリ (SSD)               | ・大容量 4 K (3840×2160) 映像を高速で保存可能なこと。<br>・高速処理が可能なこと。   |
| ⑤  | 4 K モニタ                    | ・4 K 解像度 (3840×2160) のディスプレイであること。  |
| ⑥  | 4 K カメラ                    | ・4 K 映像 (3840×2160) を撮影可能なこと。<br>・シーンが多く移動を伴うため、可搬性が高いこと。<br>・実装を見据えた際、医療従事者でも扱いやすく操作性に優れていること。 |
| ⑦  | 視線用アクションカメラ                | ・4 K 映像 (3840×2160) 撮影、配信可能なこと。<br>・医療従事者が装着するため、軽量であること。                                       |
| ⑧  | カメラ用三脚                     | ・選定する 4 K カメラの固定が可能なこと。<br>・実証シーンが多く移動を伴うため、可搬性が高いこと。   |
| ⑨  | トランスミッター・レシーバセット           | ・非圧縮 4 K 映像 (3840×2160) を伝送可能であること。<br>・看護師が持ち運ぶ際、移動性に優れていること。                                  |
| ⑩  | モバイルバッテリー                  | ・選定するエンコーダ装置と接続可能であること。   |
| ⑪  | マイク (構成変更により未使用)           | ・選定するカメラと接続可能であること。   |
| ⑫  | 録画映像アップロード PC (運用変更により未使用) | ・実証シーンに合わせ、各機能のカスタマイズが可能なこと。<br>・実証シーンが多く、移動を伴うため可搬性が高いこと。                                      |
| ⑬  | 5G 端末 (ルータ)                | ・NTT ドコモの提供するネットワークにおける動作が可能なこと。<br>・大容量映像のアップロードが可能なこと。  |
| ⑭  | 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。<br>・実証利用に必要なリソース (CPU、MEM、DISK) が準備可能なこと。                            |
| ⑮  | ブリッジサーバ                    | ・クラウドダイレクトネットワークとバックネットワークおよび<br>マネジメントネットワークをブリッジ接続可能であること。                                    |



| No | 機器等名称             | 仕様・性能  |
|----|-------------------|--|
| ⑯  | ファイルサーバ           | ・診療所/集会所および中核病院のカメラ映像を録画保存することが可能であること。  |
| ⑰  | 遠隔診療支援システム        | ・診療と診療に必要な各種生体データの閲覧がシームレスに行えること。<br>・実証シーンや実証スペースが多く移動を要するため、可搬性が高いこと。<br>・生体データとして体温、脈拍、酸素飽和度(SpO2)、心電波形を計測できること。    |
| ⑱  | モバイル超音波画像診断装置システム | ・高画質・高品質でエコー画像を伝送できること。<br>・実証シーンや実証スペースが多く移動を要するため、可搬性が高いこと。<br>・エコー画像を投影するモニタが大きく、取得した画像が見えやすいこと。                    |
| ⑲  | モーションキャプチャシステム    | ・4Kの動作解析映像(3840×2160)を利用したシステムであること。<br>・患者を全方位から撮影した映像をリアルタイムで表示できること。<br>・高齢者が対象のため患者への負担が少ないこと。<br>・少数の稼働で撮影が可能なこと。 |
| ⑳  | マイクスピーカ           | ・マイクの集音性能が高いこと。<br>・スピーカの音量が大きいこと。   |
| ㉑  | スマートフォン           | ・マイクスピーカと接続可能であること   |
| ㉒  | VPN ルータ           | ・IPSecに対応していること。<br>・ギガビットインターフェースを搭載していること。   |

### 3.2.4 機器等の選定理由

前章の各機器に要求される機能・性能を踏まえ、さらに各実証会場に適した機器等の運用構成を検討した。その検討結果を基に選定した機器等の名称及び選定理由を以下に示す。

#### ① エンコーダ用 PC

機器等名称：DELL Precision 7550

選定理由

- ・使用するソフトウェア（エンコード処理等）の動作確認が完了している PC である。  
機器イメージを以下図 3.2.4-1 に示す。



図 3.2.4-1 エンコーダ用 PC 外観

出所) DELL 製品サイト、<https://www.dell.com/ja-jp/work/shop/>

② デコーダ用 PC

機器等名称 : DELL Precision 7550

選定理由 : 使用するソフトウェア (デコード処理等) の動作確認が完了している PC である。

機器イメージを以下図 3.2.4-2 に示す。



図 3.2.4-2 デコーダ用 PC 外観

出所) DELL 製品サイト、<https://www.dell.com/ja-jp/work/shop/>

③ 録画再生装置

機器等名称 : ATOMOS SHOGUN 7 (ATOMSHG701)

選定理由

- ・ HDMI の入力端子を持ち、4 K 映像 (3840 × 2160) を録画可能な録画再生装置である。
- ・ 操作が容易く、ワンタッチ設定が可能で、実装を見据えた際に医療従事者が現場で操作することが困難でない。
- ・ 小型で汎用性が高い。

機器イメージを以下図 3.2.4-3 に示す。



図 3.2.4-3 録画再生装置外観

出所) ATOMOS JAPAN 製品サイト、  
<https://www.atomos-japan.com/products/shogun-7>

④ 録画用メモリ (SSD)

機器等名称 : Samsung 860 PRO MZ-76P2T0B/IT

選定理由 :

- ・ 耐久性が高く、大容量 4 K 映像 (3840×2160) を高速で保存することが可能である。
- ・ 最大 530MB/秒の連続書き込み、最大 560MB/秒の連続読み出しの高速処理が可能である。
- ・ 世評が高く、供給が安定している。

機器イメージを以下図 3.2.4-4 に示す。

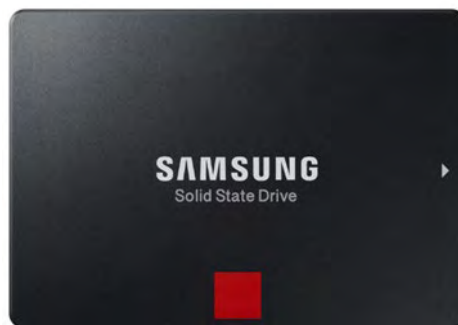


図 3.2.4-4 録画用メモリ (SSD) 外観

出所) サムスン電子製品サイト

<https://www.samsung.com/semiconductor/minisite/jp/ssd/consumer/860pro/>

⑤ 4 K モニタ

機器等名称 : BenQ 27.9 型 4 K HDR REL2870U

選定理由 :

- ・ 4 K 解像度 (3840×2160) のディスプレイである。
- ・ 供給が安定しており、汎用性が高い。
- ・ HDMI ケーブルで接続可能である。

機器イメージを以下図 3.2.4-5 に示す。



図 3.2.4-5 4 K モニタ外観

出所) BenQ 製品サイト、

<https://www.benq.com/ja-jp/monitor/gaming/e12870u.html>

⑥ 4 K カメラ

機器等名称 : HC-VX992MT

選定理由 :

- ・ 4 K 品質で 3840×2160/30p を実現している製品である。
- ・ 幅 65mm×高さ 73mm×奥行 139mm と小型で、約 355g と軽量であり可搬性に優れている。
- ・ 操作性に優れ、世評が高く、供給が安定している

機器イメージを以下図 3.2.4-6 に示す。



図 3.2.4-6 4 K カメラ外観

出所) パナソニック製品サイト、<https://panasonic.jp/dvc/products/vx992m.html>

⑦ 視線用アクションカメラ

機器等名称 : デジタル 4K ビデオカメラレコーダー アクションカム FDR-X3000

選定理由

- ・ 4 K 映像 (3840×2160) のストリーミング配信が可能である。
- ・ 本体質量 89g と軽量なため、看護師の頭部等にマウントすることが可能である。
- ・ ヘッドマウントカメラとして使用するため、ブレに強い機器選定をした。

機器イメージを以下図 3.2.4-7 に示す。



図 3.2.4-7 視線用アクションカメラ外観

出所) ソニー製品サイト、<https://www.sony.jp/actioncam/products/FDR-X3000/>

⑧ カメラ用三脚

機器等名称 : SLIK プロ 700 DX III N

選定理由 :

- ・選定した4Kカメラの固定が可能である。
- ・脚パイプにAMT(アルミ・マグネシウム・チタン合金)を採用し、3,670gと軽量のため可搬性が高い。
- ・画角の変更も容易で、世評が高く、信頼性の高い商品である。

機器イメージを以下図 3.2.4-8 に示す。



図 3.2.4-8 カメラ用三脚外観

出所) ケンコー・トキナー製品サイト、

<https://www.kenko-tokina.co.jp/slik/pro-series/amt/4906752105719.html>

⑨ トランスミッター・レシーバセット

機器等名称 : BOLT 4K 750 送受信機セット

選定理由

- ・非圧縮の4K映像(3840×2160)を伝送可能である。

・映像をワイヤレス伝送できるため、移動に適している。  
機器イメージを以下図 3.2.4-9 に示す。



図 3.2.4-9 トランスミッター・レシーバセット外觀

出所) キャムキャスト7 製品サイト、<https://www.camcast7.co.jp/products/bolt4k/>

⑩ モバイルバッテリー

機器等名称 : Anton Bauer Digital Battery (Titan 90)

選定理由

- ・選定したエンコーダ装置と接続可能である。
- ・バッテリー容量が大きく、信頼性の高い商品である。

機器イメージを以下図 3.2.4-10 に示す。



図 3.2.4-20 モバイルバッテリー

出所) Anton Bauer 社サイト

<https://www.antonbauer.com/en/products/product/?catalog=27&product=1819>

⑪ マイク (構成変更により未使用)

機器等名称 : パナソニックダイナミックマイクロホン WM-VD110

選定理由

- ・選定したカメラとの接続が可能である。
- ・ダイナミックマイクであるためハウリングに強い。

機器イメージを以下図 3.2.4-11 に示す。



図 3.2.4-31 マイク外観

出所) パナソニック製品サイト、

<https://biz.panasonic.com/jp-ja/products-services/micro-wireless-mic/lineup/wm-vd110>

⑫ 録画映像アップロードPC (運用変更により未使用)

機器等名称 : DELL Precision 7550

選定理由

- ・法人向けの PC で、セキュリティやメモリ等必要に合わせたカスタマイズが可能である。
- ・比較的軽量で、可搬性が高い。

機器イメージを以下図 3.2.4-12 に示す。



図 3.2.4-42 アップロードPC 外観

出所) DELL 製品サイト、<https://www.dell.com/ja-jp/work/shop/>

⑬ 5G 端末 (ルータ)

機器等名称 : SH-52A

選定理由

- ・現時点 (2021/08 時点) で販売されている唯一のドコモネットワークにおける動作確認が完了している 5G ルータである。

機器イメージを以下図 3.2.4-13 に示す。



図 3.2.4-53 5G 端末 (ルータ) 外観

出所) NTT ドコモ製品サイト、<https://www.nttdocomo.co.jp/product/sh52a/>

⑭ クラウド基盤

機器等名称： NTT ドコモ ドコモオープンイノベーションクラウド

選定理由

- ・割当て可能なリソースとして最大 CPU:31core, MEM:126GB, 9.3TB が搭載されたサーバを準備可能なクラウドサービスである。

- ・接続端末とクラウド基盤を直結して通信経路を最適化することで、5G による低遅延・高セキュリティ通信が可能な「クラウドダイレクト」サービスを提供している。

⑮ ブリッジサーバ

選定理由

- ・ブリッジ通信に・ブリッジ通信に必要なリソースを確保できるため。  
(2CPU / メモリ 8GB / ストレージ 20GB / OS Ubuntu Server 18.04)

⑯ ファイルサーバ

選定理由

- ・録画データの保存に必要なストレージ容量を確保できるため。  
(8CPU / メモリ 32GB / ストレージ 2.2TB / OS Ubuntu Server 18.04)

⑰ 遠隔診療支援システム

機器等名称： ニプロハートライン™

選定理由

- ・血圧、脈拍、体温、SpO2、心電波形の本実証における診療に必要な生体データを取得できる

- ・診療映像伝送機能と生体データ取得機能が一体化しており、診療と診療に利用する生体データ閲覧をシームレスに行うことができる。

- ・生体データ取得機器から Bluetooth にて iPad に自動転送されるため、可搬性・利便性が高い。

- ・システムに生体データの閾値を設定することで、閾値を超える数値を検知した際アラートを発出するなど、医師が間便に扱える機能を有している。

機器イメージを以下図 3.2.4-14 に示す。





図 3.2.4-64 遠隔診療支援システム外觀

出所) ニプロ製品説明サイト、[http://med.nipro.co.jp/patient\\_h1](http://med.nipro.co.jp/patient_h1)

さらに本実証では、遠隔診療支援システムに生体データ取得機能が要される。今回利用するニプロハートライン™では、テレビ電話による遠隔診療機能とバイタルデータ取得機器が一体化したサービスとなっており、各種機器で取得した生体データをタブレットに集約後伝送する。以下表 3.2.4-1 に今回の実証で利用する生体データ取得機器の内訳を示す。

表 3.2.4-1 生体データ取得機器

| No | 機器等名称                | 役割   | 機器名称                              | 機器イメージ  |
|----|----------------------|--|-----------------------------------|---|
| 1  | ニプロ電子血圧計             | 患者様の血圧を測定し、BLE でニプロハートラインにデータを自動送信する。<br>また、脈拍を測定しデータとして取得・蓄積する。 | ニプロ電子血圧計 NBP-IBLE                 |   |
| 2  | ニプロ電子体温計             | 患者様の体温を測定し、BLE でニプロハートラインにデータを自動送信する。                            | ニプロ電子体温計 NSM-IBLE                 |  |
| 3  | 酸素飽和度測定機器<br>マイティサット | 患者様の酸素飽和度を測定し、BLE でニプロハートラインにデータを自動送信する。                         | マシモ SET フィンガーパルス<br>オキシメータマイティサット |  |
| 4  | 心電図測定機器<br>ウェアラブル心電計 | 患者様の心拍を常時測定し、BLE でニプロハートラインにデータを自動送信する。必要に応じて、心電波形もデータ送信する。      | 心電送信機 Cocoron                     |  |

⑱ モバイル超音波画像診断装置システム

機器等名称：モバイル超音波画像診断装置「viewphii US シリーズ」

選定理由

- ・2種のプローブを用い、血管等の表在組織、腹部等深い領域を見ることができる。
  - ・高画質・高性能で長時間バッテリー駆動可能な超音波画像診断装置となっている。
  - ・モニタにタブレットを利用しているため小型・軽量で持ち運びしやすい。
  - ・プローブがケーブルレスで小型・軽量となっている。
  - ・タブレットの画面は10inchと大きなサイズを用いているため、取得画像を視認しやすい。
  - ・10inchタブレットとプローブ間のデータ通信方式について無線または有線で接続可能な機器は本機器のみとなっている。
- 機器イメージを以下図 3.2.4-15 に示す。



図 3.2.4-75 モバイル超音波画像診断装置システム外観  
出所) ソシオネクスト製品パンフレット

⑲ モーションキャプチャシステム

機器等名称：Simi Motion

選定理由

- ・4K (3840×2160) の動作解析映像を利用したモーションキャプチャシステムである
  - ・少ない人手で撮影が可能で、取り付けも簡易な光学系システムを採用している。
  - ・設置に時間がかからず、取り扱いに高度な専門性を求められない。
  - ・光学系システムの中でも患者への負担が一切なく、可視光での撮影によりキャプチャの撮影をリアルタイムに観察できるマーカーレスシステムである。
  - ・マーカーレスのモーションキャプチャにおいて最も実績がある。
- 機器イメージを以下図 3.2.4-16 に示す。



図 3.2.4-86 ※メーカー様サイト製品写真を掲載

⑳ マイクスピーカ

機器名称：R-TALK1500(診療所/集会所に設置)、R-TALK950(病院に設置)

#### 選定理由

- Web 会議システム等での利用実績が豊富である。
- 外部マイクの接続が可能である。
- 短期間で手配が可能である。(拠点間連携カメラの音声機能の代替として急遽用意)  
機器イメージを以下図 3. 2. 4-17 に示す。



図 3. 2. 4-97 マイクスピーカ外観

出所) NTT テクノクロス製品サイト、<http://www.v-series.jp/r-talk/>

#### ⑪ スマートフォン

機器名称 : Xperia Z5 S0-01H

#### 選定理由

- マイクスピーカと接続可能である。
- 短期間で手配が可能である。(拠点間連携カメラの音声機能の代替として急遽用意)  
機器イメージを以下図 3. 2. 4-18 に示す。



図 3. 2. 4-108 スマートフォン外観

出所) NTT ドコモ製品サイト、<https://www.nttdocomo.co.jp/support/product/so01h/>

#### ⑫ VPN ルータ

機器名称 : ヤマハ RTX1210

#### 選定理由

- IPSec で複数拠点間の接続が可能である。
- LAN ポート数が 8 つあり、スイッチングハブを用いなくても病院側の全機器を接続可能である。

機器イメージを以下図 3. 2. 4-19 に示す。



図 3. 2. 4-119 VPN ルータ外観

出所) ヤマハ製品サイト、

<https://network.yamaha.com/products/routers/rtx1210/index>

本実証で採用したサービスの主な仕様・特徴を表 3. 2. 4-2 に示す。

表 3. 2. 4-2 採用したサービスの主な仕様・特徴

| No | サービス名称等                  | 仕様・特徴  |
|----|--------------------------|--|
| 1  | ドコモ 5G サービス              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・5G 基地局、コアネットワーク設備等により 5G 通信を提供するサービス。</li> <li>・3. 7GHz (n78)、4. 5GHz (n79)、28GHz (n257) の周波数に対応。</li> <li>・下り最大 4. 2Gbps、上り最大 480Mbps で通信可能。</li> </ul>       |
| 2  | ドコモオープンイノベーションクラウド(d0IC) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドコモネットワーク網内でのクラウド基盤の提供。</li> <li>・プラットフォームとして OpenStack と VM Ware の 2 種類を選択可能。</li> <li>・パブリッククラウドとしての利用に加え、ドコモ 5G ネットワークと直接接続が可能 (クラウドダイレクトオプション)。</li> </ul> |
| 3  | フレッツ光ネクスト プライオ           | <p>最大約 1Gbps で通信可能な VPN サービス (インターネット接続サービスなし)。</p> <p>NTT 東日本、NTT 西日本の契約を跨いでグループ化が可能。</p>   |

本実証はクラウド上サーバで処理・加工を行う必要がないため、d0IC では通信するために必要となる最小限のネットワーク機器とサーバを構築した。

診療所/集会所と病院を接続するだけであればインターネット経由でも可能であるが、セキュリティを堅持するため、閉域のネットワークで構築する必要があったが、ドコモの 5G サービス提供開始時点において、d0IC 以外に閉域ネットワークを構築できる唯一の方法であったため、d0IC を用いたネットワーク構成とした。

d0IC と病院を接続する回線にはフレッツ光プライオを採用した。ベストエフォート型のサービスではあるが、最大 1Gbps の速度に対応しており、本実証で必要となる 60Mbps 程度の速度であれば帯域保証は不要であると判断した。また、安価に閉域ネットワークで各拠点を接続できることから採用した。

### 3.3 実証環境の運用

#### 3.3.1 5G 基地局の運用・保守体制

##### ① 診療所恒久局

- ・稼働期間：2020年11月19日～ ※恒久局として実証終了後も稼働
- ・故障時の保守体制：通常のNTTドコモ設営の基地局と同一の保守体制。
- ・保守対応結果：電波不具合は発生しなかったため、保守対応実績なし。

##### ② 集会所可搬局

- ・稼働期間：2021年1月15日～2021年2月8日まで
- ・故障時の保守体制：以下、図3.3.1-1の体制図の通り、万全な保守体制を取った。また、実証シーンに合わせて、基地局の電波切替も実施する必要があったため、図3.3.1-1にその体制も示している。

■ 可搬局（キャリア5G）設置は、通常の恒久局とは違い、2020年よりスタートした新しいサービスのため、以下の通り、実証開始～終了まで万全の保守体制を敷いた。

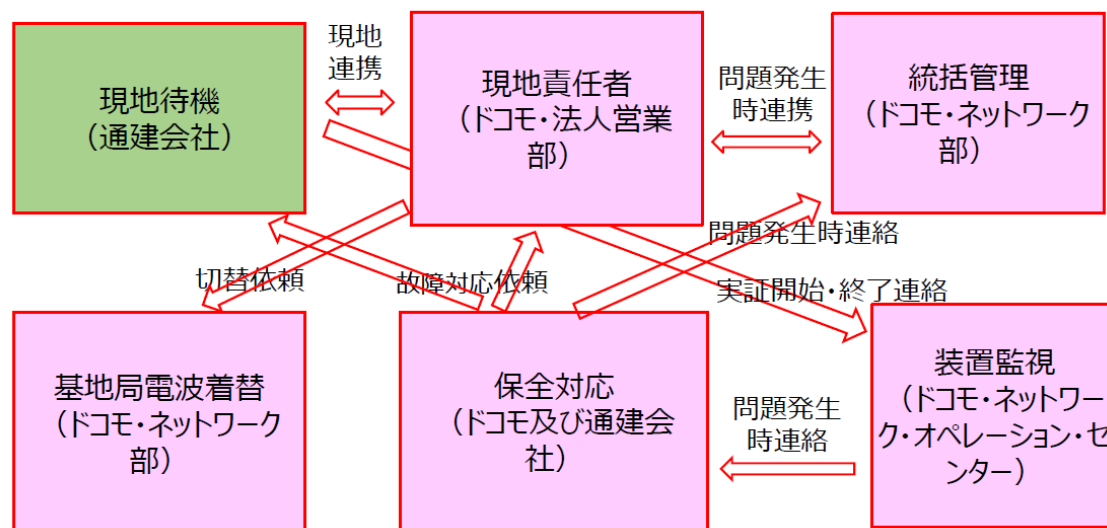


図 3.3.1-1 可搬局（キャリア5G）実証保守体制図

- ・保守対応結果：電波不具合は発生しなかったため、保守対応実績なし。

#### 3.3.2 本実証ネットワーク・システムの運営

本実証で用いたネットワークはすでに商用サービスが提供されている。本実証で採用しているサービスで提供されているスペック概要とSLAについて表3.3.2-1に示す。

表 3.3.2-1 ネットワークサービス概要と SLA

| No | サービス名称等                  | 本実証におけるスペック概要   | SLA                                |
|----|--------------------------|---|------------------------------------|
| 1  | ドコモ 5G サービス              | <ul style="list-style-type: none"> <li>ドコモ 5G ネットワークからインターネットへ接続する機能(sp モード)は提供されない。</li> <li>5G 電波は 4.5GHz 帯のみを提供。(上り:約 107Mbps、下り:約 1.7Gbps のベストエフォート通信)。</li> <li>帯域保証なし。</li> </ul> | 24 時間以上利用できない場合に日割分を減額             |
| 2  | ドコモオープンイノベーションクラウド(dOIC) | <ul style="list-style-type: none"> <li>クラウドダイレクトオプションにより、ドコモの 5G ネットワークと dOIC を直接接続。</li> </ul>   | 月間稼働率が 99.95%未満<br>99.8%以上で 10% 返金 |
| 3  | フレッツ光ネクスト プライオ           | <ul style="list-style-type: none"> <li>最大 1Gbps のベストエフォート型通信。</li> <li>dOIC と中核病院、遠隔診療支援システムデータセンター、ドコモラボの 4 拠点を相互接続。</li> </ul>  | 24 時間以上利用できない場合に日割分を減額             |

本実証で用いたネットワークサービスに関する問い合わせフローを図 3.3.2-1 に示す。

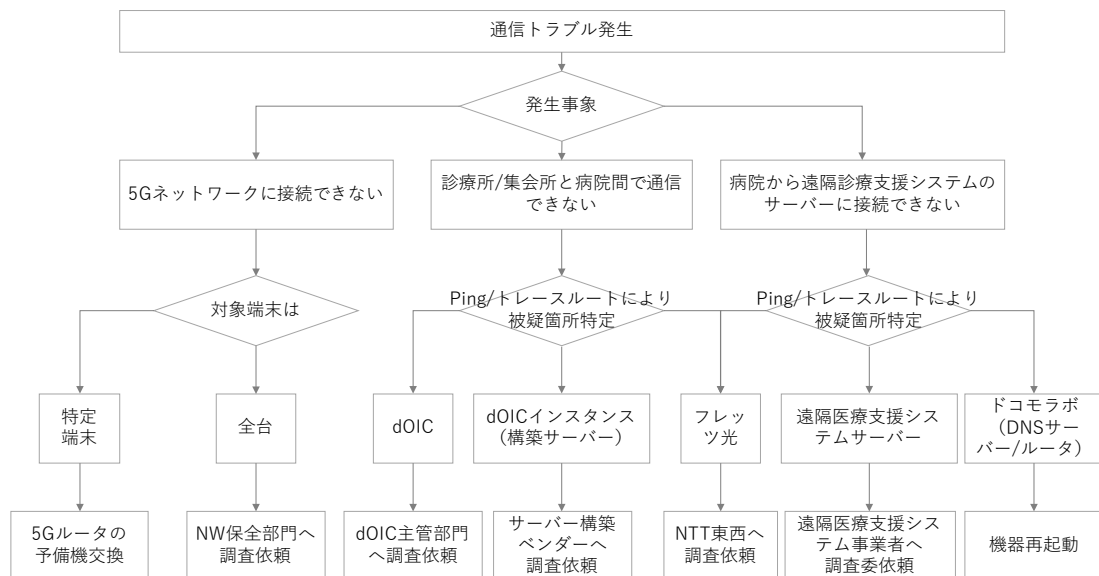


図 3.3.2-1 ネットワークサービス問い合わせフロー

### 3.3.3 ヘルプデスク障害管理

機器故障時の連絡体制・予備機配備状態について、表 3.3.3-1 に示す。

なお、実証中に機器故障は発生しなかったため、対応実績はない。

表 3.3.3-1 機器故障時連絡体制と予備機配備状態

| No | 対象機器類               | 連絡先                | 予備機配備状態                |
|----|---------------------|--------------------|------------------------|
| 1  | 4K 映像伝送装置一式         | NTT ドコモ<br>→開発ベンダー | エンコーダ/デコーダ<br>用 PC×2 台 |
| 2  | モバイル超音波画像診断装置一式     | ソシオネクスト<br>(現場常駐)  | 一式                     |
| 3  | 遠隔診療支援システム端末一式      | ニプロ<br>(現場常駐)      | 一式                     |
| 4  | モーションキャプチャシステム一式    | 理化学研究所(現場常駐)       | なし                     |
| 5  | 5G ルータ              | NTT ドコモ            | 6 台                    |
| 6  | VPN ルータ             | NTT ドコモ<br>→構築ベンダー | 1 台                    |
| 7  | LAN ケーブル/HDMI ケーブル類 | NTT ドコモ            | あり                     |

トラブルが発生した際のヘルプデスク体制として、NTT ドコモが一次窓口となり対応を行った。ヘルプデスク体制概要を表 3.3.3-2 に示す。

表 3.3.3-2 ヘルプデスク体制概要

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| ヘルプデスク設置期間 | 2021/1/5～2021/2/10              |
| 受付体制       | 実証リハーサル、実証本番日：現地受付<br>全日：メール、電話 |
| 受付件数       | 0 件                             |

## 4. 課題解決システムの実証

### 4.1 前提条件

#### 4.1.1 課題解決システムへのニーズ

2.1章に示したとおり、新城市では、人口減少と高齢化が年々進行している一方で、人口10万人当たりの医師数は全国平均の半数以下であり、高齢化にともなう医療従事者への労務負荷が増加していると考えられる。さらに、2.3章に示したとおり、高齢者の独居世帯や老老介護世帯の増加、医療アクセスの悪さ、災害時の集落孤立のリスクといった、深刻な地域医療の課題を抱えており、住民の健康増進・維持のための解決策が求められている。

#### 4.1.2 課題解決システムが想定する受益者

映像伝送・診療システムが対象とする受益者は、新城市の高齢者住民、高齢者医療に係る医療従事者、新城市のそれぞれを想定する。各受益者のニーズと映像伝送・診療システムが実現する価値を図4.1.2に示す。

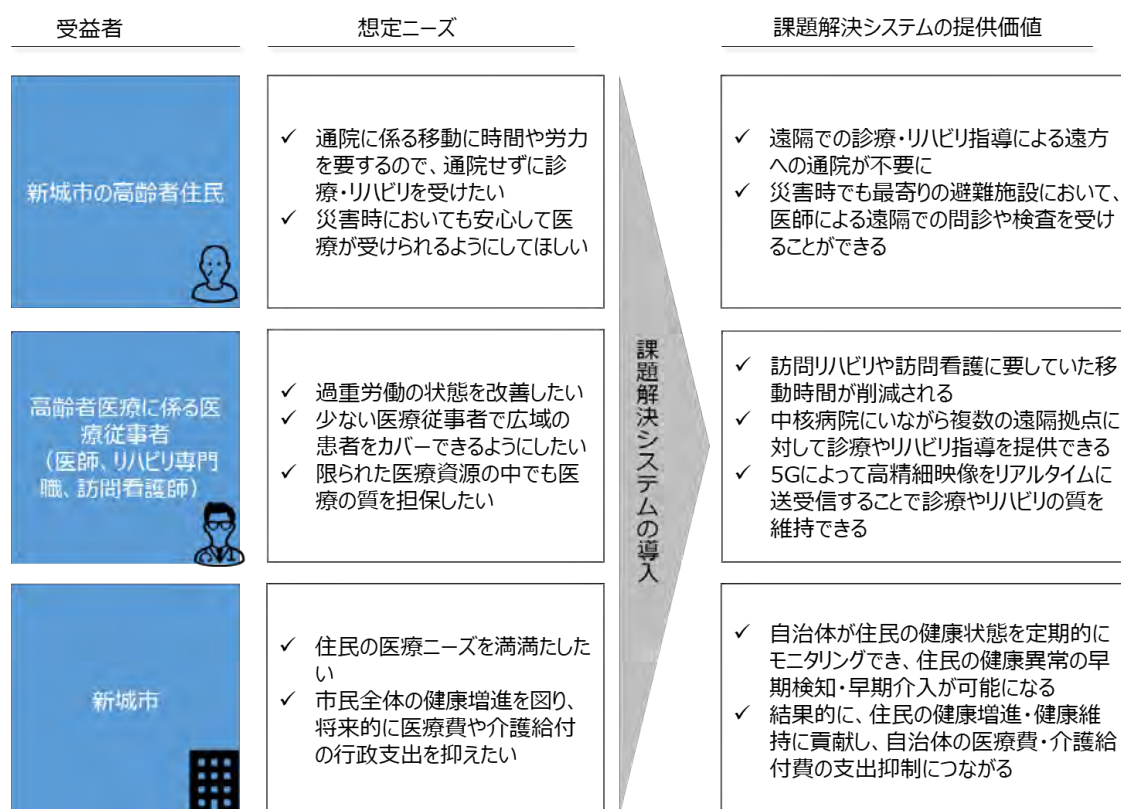


図 4.1.2 映像伝送・診療システムの受益者と提供価値

#### 4.1.3 留意事項

- 関連ガイドラインへの対応について

映像伝送・診療システムの実装に向けては、「オンライン診療の適切な実施に関する指針」



ならびに「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」の要求事項に配慮する必要があると考えられる。本実証では、実証試験ということで適合のための開発等は実施していないが、将来の実装を見据え、現時点での適合状況を4.7章に示した。なお、図3.1.1に示した映像伝送・診療システムを構成する各種アプリケーションは、中核病院の既存の医療情報システムへの接続は行わない。また、外部のインターネットを経由しないクローズドなネットワーク構成を採用している。

- 遠隔リハビリ指導における制限について

現行制度では、運動器リハビリテーションは対面で行われたものに限り保険医療の適応が認められている。そのため、本実証では、将来的に保険医療として遠隔リハビリ指導が認可される場合を想定したものであり、直近の実装時においては新都市の機能訓練事業として保険医療外で実施することを想定している。

- 被験者の安全配慮について

本実証では、被験者として一般住民が参加しているが、実証時の被験者の安全確保と新型コロナウイルス感染症対策を徹底した。被験者の安全確保として、具体的には以下の安全対策を施した。

- 遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導において、被験者は一定の運動機能と認知機能が保たれた中核病院の退院患者を選定し、なおかつ被験者の転倒等の防止のため傍に看護師を配置した。看護師はヘッドマウントカメラを装着し、看護師の視線映像についても中核病院へ伝送した。
- 遠隔摂食嚥下療法において、被験者は誤飲等のリスクの少ない比較的若年層の住民を選定した。また、被験者の傍に看護師を配置した。看護師はヘッドマウントカメラを装着し、看護師の視線映像についても中核病院へ伝送した。
- 新型コロナウイルス感染症対策として、次の対策を実施した。
  - ◇ 被験者およびスタッフを含む実証参加全員のマスク着用、消毒、前日当日の体温チェックを行う。
  - ◇ 実証会場である診療所および集会所において、次亜塩素酸水の空間噴霧を行う。
  - ◇ 被験者は高齢者であることから、被験者同士または被験者とスタッフは2m以内の接触はしない運用とする。但し、看護師等医療従事者は実証中に限り、接触を可とする。
  - ◇ 大声の禁止。

## 4.2 実証目標

実証テーマは、2.4章のコンセプトに沿って、プレゼンティーズム調査、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔摂食嚥下療法、遠隔診療（腹部エコー）、災害時遠隔診療（下肢エコー）の6つを設定した。プレゼンティーズム調査については、実証フィールドである新都市作手南部地区の高齢者住民を対象に調査を行い、データの分析可否や調査方法の利便性について検証を行うことを目的とした。遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔摂食嚥下療法については、実証に参加した医療従事者（理学療法士、作業療法士、言語聴覚士）の主観により、映像品質や遅延時間等の許容度について評価し、映像伝送・診療システムの有用性

を検証することを目的とした。遠隔診療（腹部エコー）、災害時遠隔診療（下肢エコー）についても、実証に参加した医療従事者（総合診療科医、放射線技師）の主観により、映像品質や遅延時間等の許容度について評価し、映像伝送・診療システムの有用性を検証することを目的とした。また、実装に向けた目標として、プレゼンティーズム調査を除く各実証テーマにおいて、機器の運用方法や実装計画についても議論を行った。

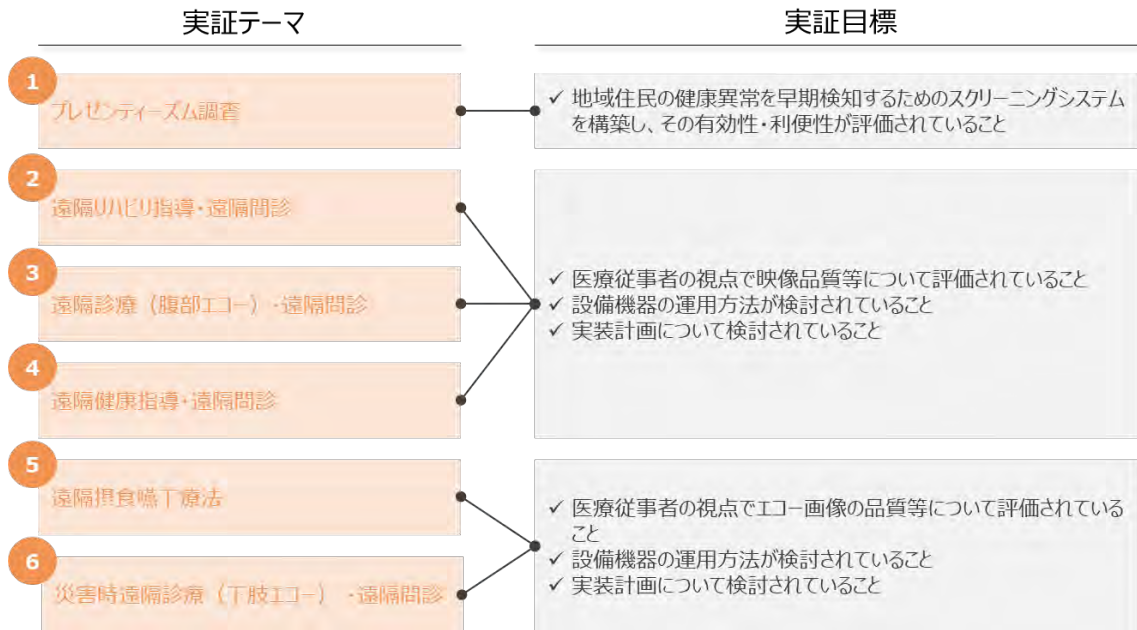


図 4.2 各実証テーマに対する実証目標

## 4.3 課題解決システムに関する検証及び評価・分析

### 4.3.1 予防医療における課題解決システムの実証

#### 4.3.1.1 実証概要

新城市内のうち、医療資源の少ない作手南部地区在住の高齢者住民を対象に、構築したWEB型のプレゼンティーズム調査システムを介して健康状態のモニタリングを行った。健康状態を測る指標として、労働生産性の定量化を行う指標として主に利用されているプレゼンティーズム評価指標（WHO-HPQ）、痛みを感じる部位・程度について回答者の主観的評価を用いた。（表 4.3.1.1）プレゼンティーズムとは、仕事以外の日常生活や学業での「主体的生産性」を計測する指標として用いられている。

本プレゼンティーズム調査では、地域住民の健康状態をスコア化し経時的な評価を行う指標として上記指標を用いる。プレゼンティーズム調査のスコアは、住民が対象地域の同年代の他の住民の平均スコアと比較して健康状態を把握できることや、自身の健康状態の推移を経時的にモニタリングすることができることから、地域住民の健康増進に貢献する調査として考えられる。

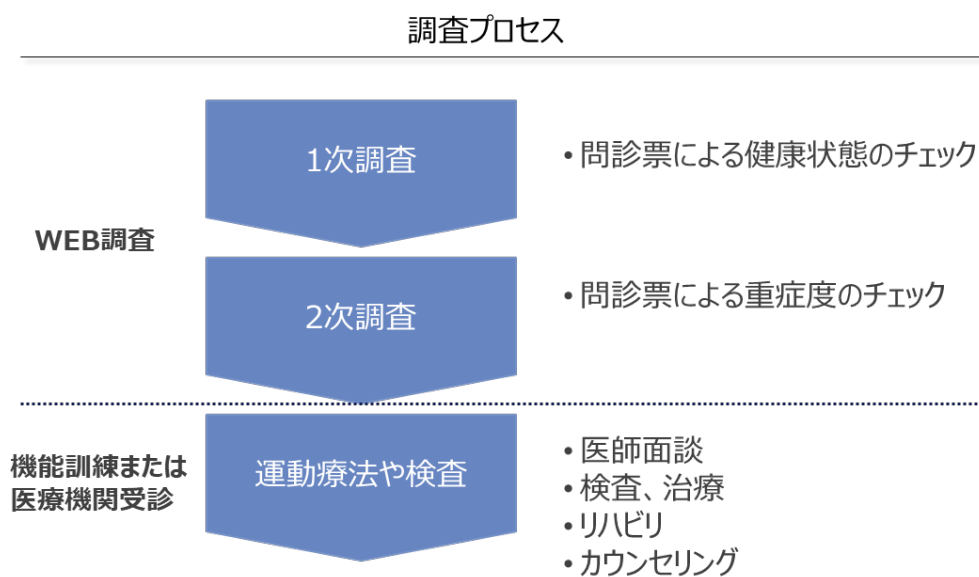
実証にあたって、事前に作手南部地区自治会および作手地区での活動団体への事前説明を実施した。さらに、作手南部地区住民に対して、実証の趣旨や方法を広く伝達するため、新城市のケーブルテレビ網を利用して、住民説明のためのビデオを放送した。また、住民によっては、プレゼンティーズム調査を行うためのインターネット環境や端末が無い場合が想定されるため、新城市保健師の協力のもと、集会所や居宅訪問による調査入力支援を行う。調査結果は、回答直後にプレゼンティーズム調査システム画面上にて、回答者にフィードバックされる。

表 4.3.1.1 プレゼンティーズム調査項目（概要）

| 調査項目               | 質問内容の概要              | 回答形式  |
|--------------------|----------------------|-------|
| ID                 | 年齢・性別                | 選択    |
| WHO-HPQ            | 仕事の出来について            | 程度で選択 |
| 幸福度調査              | 幸福感について              |       |
| ケスラー気分障害調査         | 精神的健康状態について          |       |
| 体の痛み（頭痛、腰痛、頸肩腕痛 等） | 痛みの部位について            |       |
|                    | 足腰の機能低下について          |       |
|                    | 発症時期、痛みの頻度、詳細部位等について |       |
|                    | 腰痛の状態や体調について         |       |
|                    | 痛みに対する考え方について        |       |
|                    | 腰痛の要因について            |       |
|                    | 首・肩の痛みや体調について        |       |
|                    | 首・肩の痛みの状態について        |       |
| 痛みに対する考え方について      |                      |       |
| 痛みの要因について          |                      |       |

#### 4.3.1.2 実証方法

中核病院と診療所の双方に対してアクセスの悪いエリアである作手南部地区在住の住民を対象とした。調査回収目標は100名程度（おおむね60歳から75歳）に設定した。調査は、健康状態をチェックするための「1次調査」と、「1次調査」によってさらなる調査が必要となった際に重症度を測るための「2次調査」を実施する。（図4.3.1.2）プレゼンティーズム調査は計3回にわたり行う。なお、調査間隔が数週間ほどであり対象者の健康状態の変化はさほどないと想定されることから、1次調査を3回行うこととし、2次調査は初回のみ実施する。また、シニア層が対象となることから、新城市保健師の協力のもと、居宅訪問を行って調査案内および入力支援を行い、調査回答の不備や漏れを防ぐ対策を行った。



注) 2次・3次スクリーニングは1次スクリーニングの結果を用いて対象者を判別

図 4.3.1.2 プレゼンティーズム調査のプロセス

#### 4.3.1.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 対象エリアの住民の健康状態を可視化でき、特定症状に関して程度や部位の評価が得られること。なお、いずれも、過去の評価や対象群における相対的な評価となる。
- 2) 対象エリアの住民の経時的な健康状態の変化を計測できること
- 3) 予防医療に対する住民の意識の変化を計測できること
- 4) 地域住民にとっての社会受容性が確認されていること

##### [検証方法]

- 1) プレゼンティーズム調査のためのWEBシステムを介して、対象エリアの住民100名程度を対象に、健康状態や特定部位の痛みの重症度等の評価する。調査は、一般的な健康状態を評価する1次調査と、さらに症状の程度や痛みの部位をチェックするための2次調査の2段階で行う。2次調査の結果に応じて、医療機関での受診・検査・治療の推奨、または予防医療としてのリハビリや運動指導を促す。調査結果は、先行研究で既に実施済みである新城市職員を対象とした調査データとの比較を行い、住民の健康状態を相対的に評価する。調査結果のイメージを図4.3.1.3に示す。

プレゼンティーズム調査の結果は、絶対的プレゼンティーズム値、相対的プレゼンティーズム値、幸福度、身体不調部位の4つの観点でフィードバックを行う。なお、絶対的プレゼンティーズム値は回答者自身のパフォーマンスを示すものであり、相対的プレゼンティーズム値は回答者と同じ属性をもつ他の回答者と比較したパフォーマンスを示すものである。今回の実証では、同一の対象地域に住む60歳～75歳の住民においての相対的プレゼンティーズム値とする。

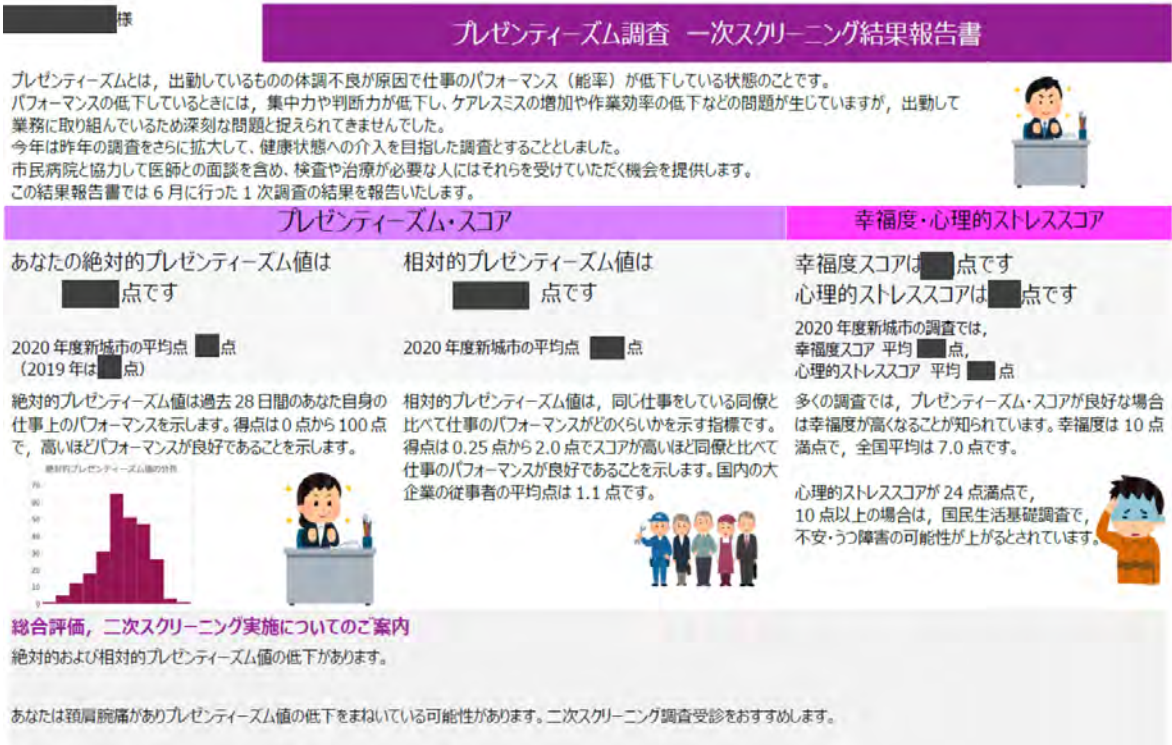


図 4.3.1.3-1 市職員を対象にしたプレゼンティーズム調査の結果見本

- 2) (1)を契約期間内に3回実施し、スコアの経時的な変化を測定する。ただし、調査間隔が短いことから、重症度を計測するための調査である2次調査については初回のみ計測する。
- 3) 調査対象者へのアンケートによって、被験者の健康意識に対する変化や気づき、行動変容への意識、今後の調査協力意向を調査する。
- 4) 調査対象者へのアンケートによって、今後の調査協力およびその理由（インターネット環境、PC所有の有無等）を調査し、地域の高齢者住民にとっての受容性を評価する。

#### 4.3.1.4 検証結果（収集データの分析結果、アンケート結果）

- プレゼンティーズム調査回答者

対象住民の97名中、56名が最低1回の調査へ回答し、3回の調査へすべて回答したのは20名であった。

- 回答者のプロフィール

回答者の平均年齢は 67.1 歳（50 代 3 名，60 代 37 名，70 代 16 名，80 代以上 0 名）であり、そのうち男性は 36 名、女性は 20 名であった。

- 調査票

別添資料 1 に第 1 回プレゼンティーズム調査の調査票と、第 2 回および第 3 回の調査票を示す。

- 調査結果

- (1) プレゼンティーズム値

回答結果のうち、回答の抜け漏れがない有効な回答について解析を行った。絶対的プレゼンティーズム値の回答者平均は 1 回目 62.2 点，2 回目 64.6 点，3 回目 66.3 点と 3 回測定が可能であった対象者においては，有意な変化を認めなかった。なお，相対的プレゼンティーズム値平均は 1 回目 1.04 点，2 回目 1.07 点，3 回目 1.04 点であった。なお，本調査の結果は，日本の大企業を対象に実施された WHO-HPQ の平均値<sup>1</sup>は絶対的プレゼンティーズム値 57.3 点および相対的プレゼンティーズム値 1.0 点と概ね同等であり，作手地区住民のパフォーマンスが特別に悪い状態ではないということが分かった。

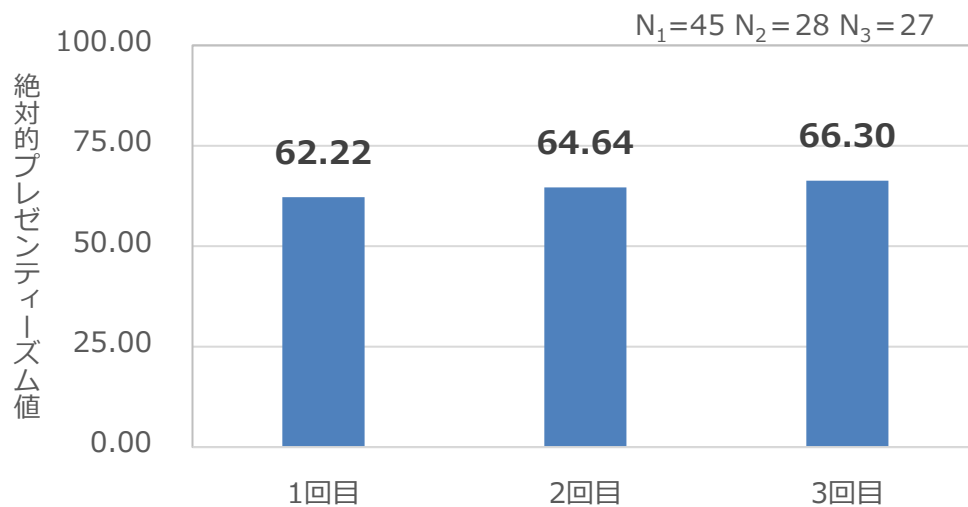


図 4.3.1.4-1 絶対的プレゼンティーズム値の調査結果

<sup>1</sup> Tomoki Suzuki, Koichi Miyaki “Optimal Cutoff Values of WHO-HPQ Presenteeism Scores by ROC Analysis for Preventing Mental Sickness Absence in Japanese Prospective Cohort”



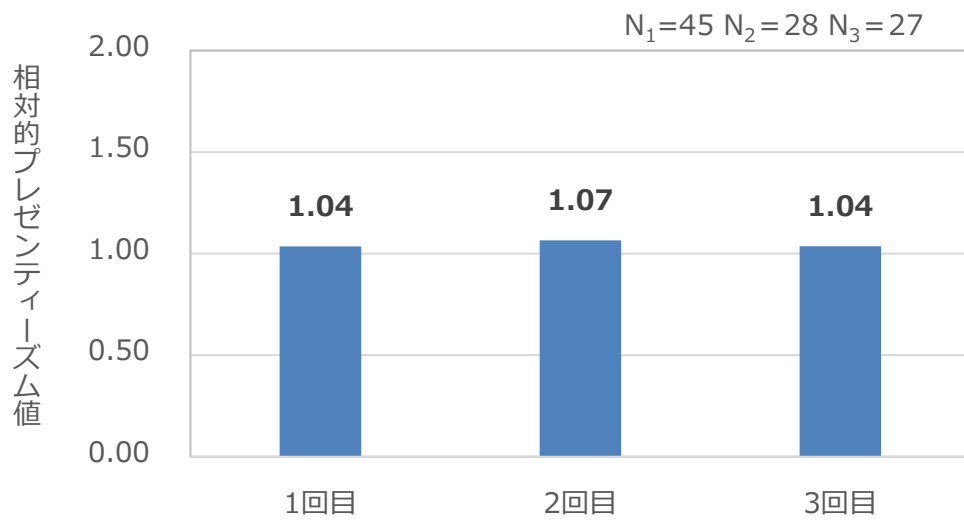


図 4.3.1.4-2 相対的プレゼンティーズム値の調査結果

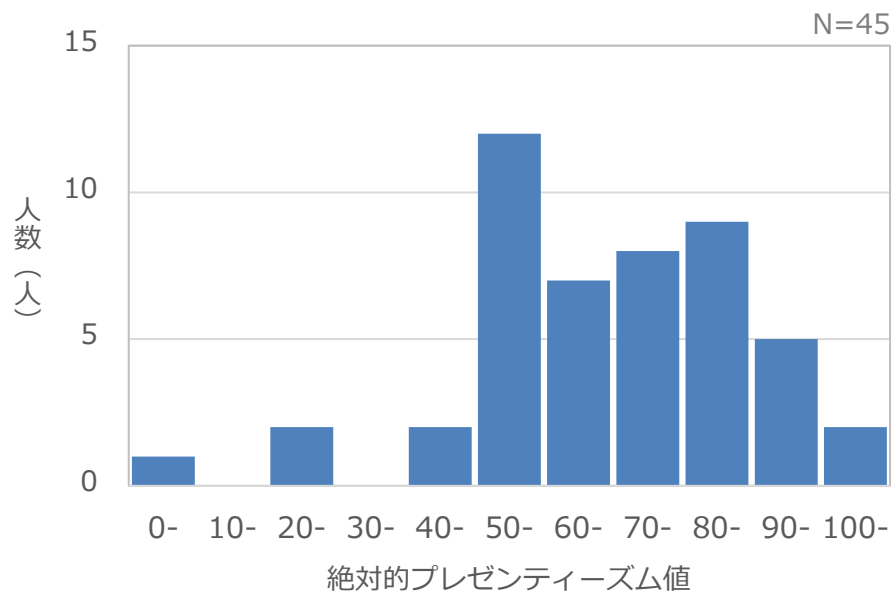


図 4.3.1.4-3 絶対的プレゼンティーズム値の分布 (第1回調査)

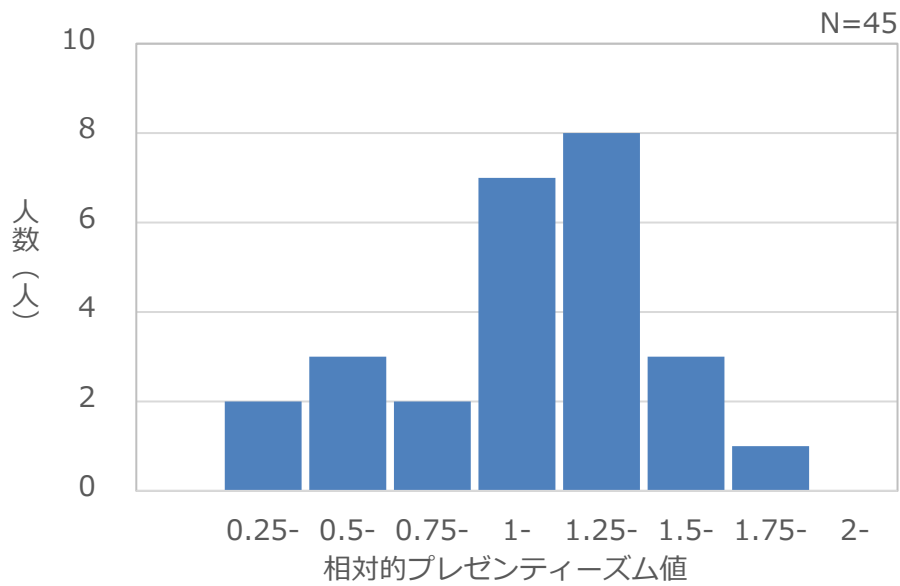


図 4.3.1.4-4 相対的プレゼンティーズム値の分布 (第1回調査)

(2) 幸福度

回答者における幸福度の平均値は1回目 7.2点、2回目 6.74、3回目 6.9点であった。3回測定が可能であった対象者においては、有意な変化を認めなかった。

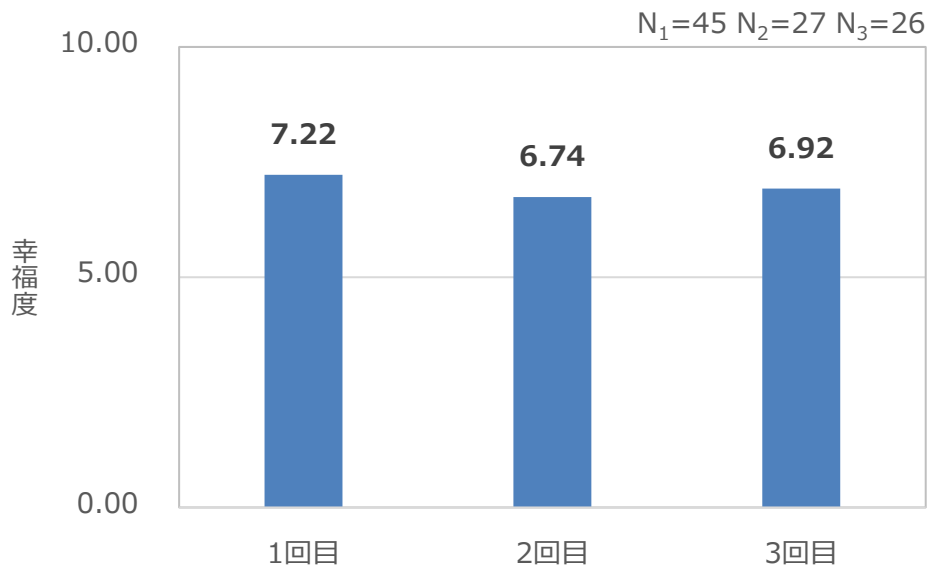


図 4.3.1.4-5 幸福度の調査結果

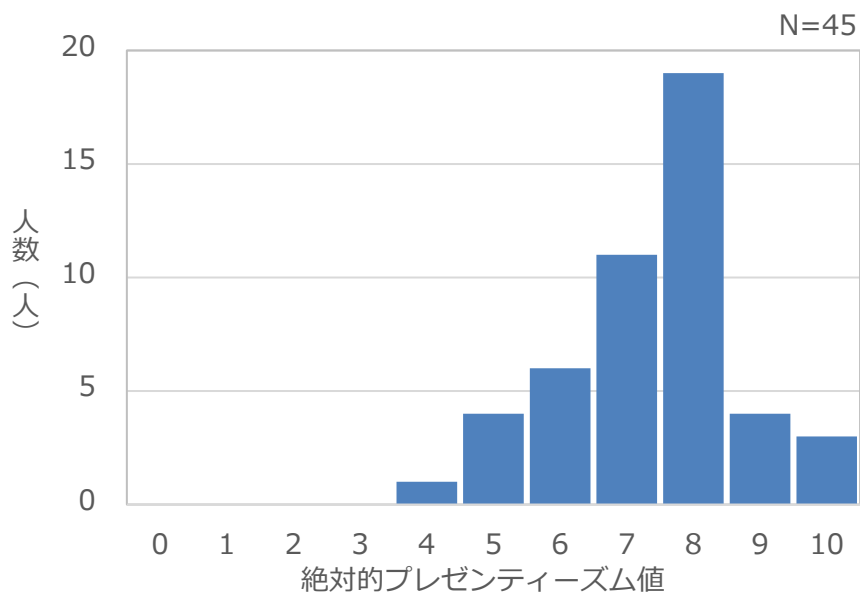


図 4.3.1.4-6 幸福度の分布 (第1回目調査)

(3) 身体不調部位の調査結果

回答者のうち、週の半分以上愁訴 (回答者による自覚的な訴え) がある症状で、高頻度であったのが頸肩腕痛 (19%), 腰痛 (19%), 高血圧 (17%) であった。

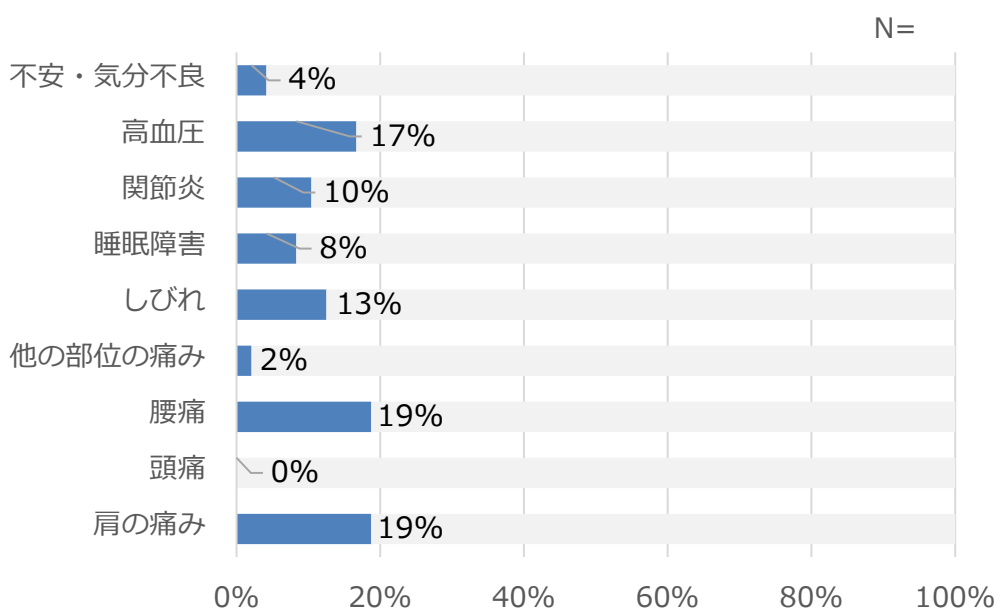


図 4.3.1.4-7 週の半分以上症状がある人の症状別割合 (第1回目調査)

(4) うつ、不安状態のスクリーニング

回答者のうち、軽度のうつ傾向・不安障害の疑いがあるのが 30%, 精査が必要なうつ傾向、不安障害の可能性を有する被験者が 5% であった。

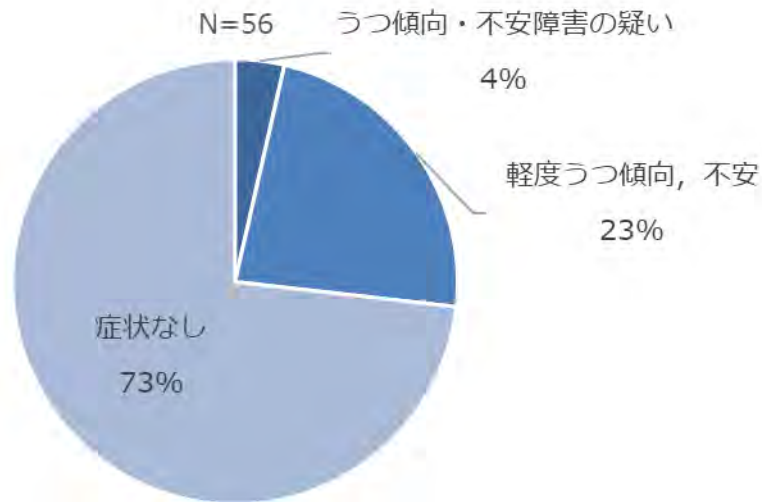


図 4.3.1.4-8 うつ・不安状態の症状別割合（第1回調査）

#### 4.3.1.5 検証項目の達成状況および残存課題

##### ● 検証項目の達成状況

- 1) 対象エリアの住民の健康状態を可視化でき、特定症状に関して程度や部位の評価が得られること。なお、いずれも、過去の評価や対象群における相対的な評価となる。  
→本実証の結果から、プレゼンティーズム評価指標を用いて対象エリアの住民の健康状態を可視化でき、特定症状に関しての程度や部位の評価が得られること確認した。
- 2) 対象エリアの住民の経時的な健康状態の変化を計測できること  
→2か月の調査期間において計3回の調査を行い、対象エリアの住民の経時的な健康状態の変化についても確認した。
- 3) 予防医療に対する住民の意識の変化を計測できること  
アンケート調査の結果から、プレゼンティーズム調査を実施することによっては予防医療に対する意識への変化は認められなかった。これは、短期間での調査であるために、回答者自身の健康状態への変化や気づきが得られにくかったことによるものと考えられる。
- 4) 地域住民にとっての社会受容性が確認されていること  
アンケート調査の結果から、回答者の約8割で今後も調査に協力する旨の回答が得られ、調査の趣旨や意義については理解を得られたものと考えられる。一方で、WEBサイトでの回答が可能であったにもかかわらず、回答者の約9割が紙面での回答を行っており、調査を行う自治体の負担がかかることが示唆された。WEBでの回答が少ない理由として、回答者の約半数が普段からインターネットを使わないということや、約4割でWEBよりも紙の方が回答しやすいと回答したことが挙げられる。

- 残存課題

今回の調査では、調査期間が2か月程度と短かったため、対象住民の健康状態の有意な変化を観察することはできなかった。今後、さらに対象エリアを拡大して中長期での検証を行うことで、よりプレゼンティーズム調査の有用性を検証することが可能となると考えられる。

また、調査が2回目、3回目と回数を重ねるたびに調査票の回収率が低下した。これは、短期間で同一の質問項目に幾度も回答するということに対するストレスや、初回と比較して予防医療への意識が低下したという可能性が考えられる。今後は、継続して回答を得るための工夫として、回答者に対するインセンティブを付与する、あるいはより簡易的に回答できる仕組みを考案するといった対応が求められる。

#### 4.3.2 遠隔リハビリ指導の実証

##### 4.3.2.1 実施概要

遠隔でリハビリテーション指導をする理学療法士にとって、患者の様子全体と手などの局所的な動きを評価するためには、多方向からの高解像度映像をもとに治療を行うことが有効と考えられる。そこで、従来から機能訓練事業の一環として行っている診療所での歩行訓練等のリハビリ指導について、理学療法士が遠隔から指導が可能であるか実証を行う。

##### 4.3.2.2 実証方法

実証参加者として、中核病院の担当する退院患者を 5 名選定する。選定基準は、下記とする。

- ・ 過去に中核病院への受診歴、入院歴がある
- ・ 現在、診療所で行われている機能訓練事業に参加している
- ・ 認知機能が維持されており、モニタを介したコミュニケーションが可能である

実証会場である診療所までの参加者輸送は、市のオンデマンドバスや福祉輸送サービス、送迎等の手段の中から参加者の状態に合わせたものを提供する。実証参加者への遠隔診療（問診）を行い、血圧・体温・脈拍・SpO<sub>2</sub>・心電波形の各種バイタルを収集する。リハビリ指導では、固定 4 Kカメラによる全体映像と、看護師のヘッドマウントカメラによる局所映像の双方を遠隔の理学療法士に向けてリアルタイム伝送を行う。また、リハビリ時において、モーションキャプチャシステムによって歩行時の速度や歩幅、その際の関節角度等を計測し、実証後の解析に活用する。リハビリ指導後、効果確認のため再度遠隔診療（問診）を実施し、アンケート回答をもって終了とする。アンケート票は別添資料 1 に示す。

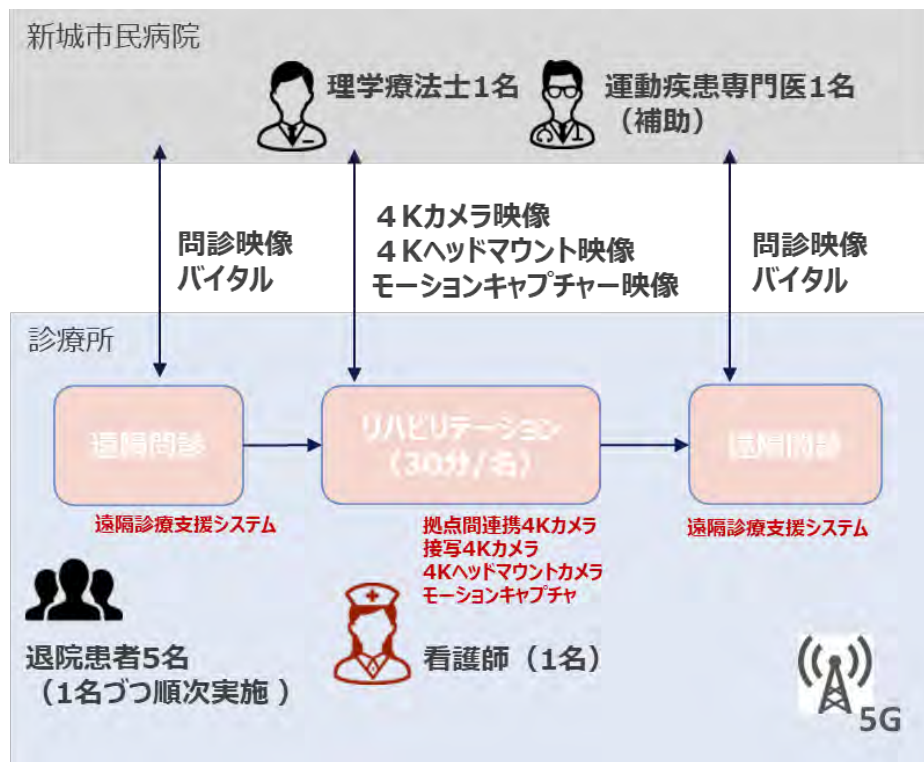


図 4.3.2.2-1 遠隔リハビリ指導の実証フロー



図 4.3.2.2-2 遠隔リハビリ指導の様子（中核病院）



図 4.3.2.2-3 遠隔リハビリ指導の様子（診療所）





図 4.3.2.2-4 モーションキャプチャの様子（中核病院）



図 4.3.2.2-5 モーションキャプチャの様子（診療所）

#### 4.3.2.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 被験者の全身、歩行状態、局所部位の各様子が、リハビリ指導に求められる十分な映像品質であるか確認できること
- 2) リハビリ前後での問診が遠隔で可能であること
- 3) 被験者の安全が確保されていること
- 4) 移動時間削減による医療従事者の稼働軽減効果が試算されていること
- 5) 対象地域の住民において社会受容性が確認されていること
- 6) リハビリメニューごとに遠隔での指導との適正が評価されていること

##### [検証方法]

- 1) 理学療法士および専門医の視点で、4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価する。なお、本実証では映像の圧縮率（ビットレート）を可変することにより医療従事者が映像品質を検証することとし、4K カメラは実証現地にて、医療従事者の意見を踏まえて有効なカメラアングルを検証する。なお、解像度、通信方式を可変した映像の比較検証も併せて実施する。
  - ・解像度：HD/2K/4K ⇒4K カメラを対象に可変
  - ・通信方式：5G/LTE ⇒4K カメラ、モーションキャプチャ、遠隔診療支援システムを対象に可変
  - ・ビットレート 5Mbps/15Mbps ⇒4K カメラを対象に可変
- 2) 5G 通信環境下において、問診に用いる遠隔診療支援システムが提供するテレビ電話の映像品質や遅延時間が医師の許容範囲内であるか確認する。
- 3) 理学療法士がリハビリ指導において安全確保のために“見る”ポイントを、アイトラッキングシステムによって分析する。分析結果は、遠隔地で指示を受ける看護師に対するリハビリ指導のスキル伝承のために将来的に利用を行う。（アイトラッキングシステムは、実証試験期間とは別に中核病院内にて検証を行う）
- 4) 従来、診療所でのリハビリ指導に要していた医療従事者の稼働時間（移動時間を含む）と、実証における医療従事者の稼働時間から、稼働削減時間を試算する。
- 5) 実証に参加する被験者に対して、実証後に紙面でのアンケートを実施する。アンケート内容は、対面でのリハビリと比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、移動等の削減によるメリットの有無、今後の利用意向の調査を含む。
- 6) 複数のリハビリメニュー（歩行、起立、スクワット、片脚立位、ストレッチ etc.）を実施し、リハビリメニューごとに遠隔での指導（映像伝送）との親和性を理学療法

士の視点で評価する。

表 4.3.2.3-1 遠隔リハビリメニュー

| メニュー | 被験者              |                  |  |                      |                      |
|------|------------------|------------------|--|----------------------|----------------------|
|      | 1                | 2                | 3  | 4                    | 5                    |
| 1    | 歩行評価(モーションキャプチャ) | 歩行評価(モーションキャプチャ) | 歩行評価(モーションキャプチャ)                         | 歩行評価(モーションキャプチャ)     | 歩行評価(モーションキャプチャ)     |
| 2    | 起立訓練(平行棒内)       | 起立訓練(平行棒内)       | 起立訓練(平行棒内)                               | 起立訓練(平行棒内)           | 起立訓練(平行棒内)           |
| 3    | バランス評価:片足立位(平行棒) | ストレッチ(立位:平行棒内)   | バランス評価:片足立位(平行棒)<br>※2回目は長座体前屈にて柔軟性の評価実施 | 柔軟性評価:長座体前屈(マット上)    | 柔軟性評価:長座体前屈(マット上)    |
| 4    | ストレッチ(座位:椅子)     | 筋力訓練(段差昇降:平行棒)   | ストレッチ(臥位:マット上)                           | ストレッチ(臥位:マット上)       | ストレッチ(臥位:マット上)       |
| 5    | 筋力訓練(立位:平行棒)     | 歩行評価(モーションキャプチャ) | 筋力訓練(立位:平行棒)                             | 筋力訓練(臥位:マット上、立位:平行棒) | 筋力訓練(臥位:マット上、立位:平行棒) |
| 6    | バランス評価:片足立位(平行棒) | -                | バランス評価:片足立位(平行棒)<br>※2回目は長座体前屈にて柔軟性の評価実施 | 柔軟性評価:長座体前屈(マット上)    | 柔軟性評価:長座体前屈(マット上)    |
| 7    | 歩行評価(モーションキャプチャ) | -                | 歩行評価(モーションキャプチャ)                         | 歩行評価(モーションキャプチャ)     | 歩行評価(モーションキャプチャ)     |

#### 4.3.2.4 検証結果（モーションキャプチャ解析結果、アンケート結果）

##### 1) 映像品質（4K映像の解像度、映像伝送の遅延時間）のアンケート結果

###### ① アンケート内容

表 4.3.2.4-1 映像品質アンケート

| 問 | 評価項目   | 評価条件                    |                      |                                   |
|---|--|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|
|   |  | 通信方式                    | 解像度                  | ビットレート                            |
| 1 | 映像品質（かくかくしていないか、解像度は十分か）<br>1. 品質は良かった、<br>2. どちらかといえば良かった<br>3. 品質は悪かった                     |                         |                      |                                   |
| 2 | 遅延時間（映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか）<br>1. 遅延は許容範囲だった<br>2. どちらかといえば許容範囲だった<br>3. 遅延は許容範囲ではなかった | 5G<br>LTE<br>LTE<br>LTE | 4K<br>HD<br>2K<br>4K | 15Mbps<br>5Mbps<br>5Mbps<br>5Mbps |
| 3 | カメラ視野（アングルとカメラ台数の適正度）<br>1. アングルとカメラ台数は適正だった<br>2. どちらかといえば適正だった<br>3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった   |                         |                      |                                   |

② アンケート結果

映像品質については、5G、4K、15Mでは7名中6名が「品質は良かった」と回答しており、残り1名は「どちらかといえば良かった」と回答している。LTEでは、解像度がHD、2K、4Kそれぞれにおいて、3名が「品質が良かった」と回答している。2Kにおいて1名が「品質は悪かった」と回答しているが、LTEでは、ほぼすべての条件において解像度は同程度の品質だったことが考えられる。

表 4.3.2.4-2 アンケート結果：映像品質

| 評価              | 回答者数          |               |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. 品質は良かった      | 6             | 3             | 3             | 3             |
| 2. どちらかといえば良かった | 1             | 4             | 3             | 4             |
| 3. 品質は悪かった      | 0             | 0             | 1             | 0             |

遅延時間については、5G、4K、15Mでは7名中5名が「遅延は許容範囲だった」と回答しており、3名が「どちらかといえば許容範囲だった」と回答している。LTEにおいては、「遅延は許容範囲だった」と回答した人数は、HDでは4名、2Kでは3名、4Kでは1名と、解像度が上がるにつれて減っていった。2Kにおいては1名が「遅延は許容範囲ではなかった」と回答している。

表 4.3.2.4-3 アンケート結果：遅延時間

| 評価                 | 回答者数          |               |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. 遅延は許容範囲だった      | 5             | 4             | 3             | 1             |
| 2. どちらかといえば許容範囲だった | 2             | 3             | 3             | 6             |
| 3. 遅延は許容範囲ではなかった   | 0             | 0             | 1             | 0             |

カメラ視野については、全ての条件でほぼ同様の回答が得られており、「どちらかといえ  
ば適正だった」が最多であった。

表 4.3.2.4-4 アンケート結果：カメラ視野

| 評価                         | 回答者数          |               |               |               |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                            | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. アングルとカメラ台数は適正だった        | 1             | 1             | 1             | 1             |
| 2. どちらかといえ<br>ば適正だった       | 5             | 5             | 6             | 5             |
| 3. アングルとカメラ台数は適正ではな<br>かった | 1             | 1             | 0             | 1             |

表 4.3.2.4-5 映像品質アンケート 回答者コメント

| 評価条件/評価項目     | ① 映像品質 (かくかくしていないか、解像度は十分か)  | ② 遅延時間 (映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか)  | ③ カメラ視野 (アングルとカメラ台数の適正度)   |
|---------------|--|---|--|
| [5G, 4K, 15M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・解像度が良く細かな手の指も良く見える。</li> <li>・歩行時の足の動作もよく見える。</li> <li>・姿勢などは十分評価可能。</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・カウントのズレもなく評価しやすい。</li> <li>・早い動きでも遅延は殆ど無い。</li> <li>・接写カメラに微妙なズレがあったが許容範囲。</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・矢状面は見やすいため、前額面評価のカメラがあれば左右差や体幹の傾斜の評価できる。</li> <li>・カメラ調整 (角度やズーム) が自己でできると良い。</li> </ul> |
| [LTE, HD, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手指の動き、踵の浮きも見える。</li> <li>・4Kと比べると品質は落ちるが粗大運動であれば問題なし</li> <li>・5G、4Kより各カメラで少しズレが見られた。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・特に早い動作の時に時々、映像と音声とのずれがある。</li> <li>・接写カメラで1-2秒の遅延あり。(歩行時)</li> </ul>  | [5G, 4K, 15M]と同様。  |
| [LTE, 2K, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手指の動きもわかるが、表情ややみにくい。</li> <li>・HDより解像度は良好。</li> <li>・粗さがあるが評価可能。</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手指の送り動作にズレあり。</li> <li>・HDよりも若干遅延とかくつきあり。</li> <li>・3つのカメラともにズレあり。(時々)</li> <li>・接写カメラで時々遅延あり。(2-3秒)</li> </ul> | [5G, 4K, 15M]と同様。  |
| [LTE, 4K, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・映像はキレイだが若干(0.5秒)くらいのかくつきあり。</li> <li>・2K・HDより解像度が良好で服のシワなども見える。</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・動作にズレがある。</li> <li>・時々2-3秒の遅延あり。(2Kと大きな変化はない)</li> <li>・0.5秒程度の遅延あり。(3台とも)</li> </ul>                           | [5G, 4K, 15M]と同様。  |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の映像品質の検証では理学療法士の視点で 4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間(許容範囲内か) を評価した。その結果、5G 環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では 5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生するが、粗大運動では問題無いことが確認できた。LTE 環境下で解像度を 2K、4K と上げるとともに、遅延やかくつきが増えることが確認されたため、LTE、5M、HD の組み合わせにおいて、バランスが取れていると考えられる。

一方で、音声の遅延が少し生じているため、コミュニケーション実施時に普通の会話と比べた場合のやりづらさを感じたとのコメントがあった。



2) 遠隔診療支援システムが提供するテレビ電話の映像品質や遅延時間のアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.2.4-6 遠隔診療システム テレビ電話アンケート内容

| 問 | 内容                            |
|---|-------------------------------|
| 1 | テレビ電話利用時に映像品質についていかがでしたでしょうか？ |
| 2 | バイタル情報がスムーズに反映されましたか？         |
| 3 | 心電波形について、十分な波形を確認できましたか？      |
| 4 | その他気づいた事がありましたらご記入お願い申し上げます。  |

② アンケート結果

表 4.3.2.4-7 遠隔診療システム テレビ電話アンケート結果

| 問 | 回答（理学療法士） |  |
|---|-----------|--|
|   | 1 回目      | 2 回目   |
| 1 | 映像品質に問題ない | 映像品質に問題ない  |
| 2 | 問題無く反映された | 問題無く反映された  |
| 3 | 問題無く確認できた | 問題無く確認できた  |
| 4 | -         | 心電図を見ながらの訓練はなかなか難しいため、不整脈等のアラームがあるとすぐに対応が可能かと思いました。<br>バイタルデータはとても見やすく、患者様への報告もスムーズに可能でした。 |

③ アンケート結果を受けての考察・課題

遠隔診療システムのテレビ電話に関しては、1 回目・2 回目ともに映像品質は問題なく、バイタル情報や心電波形についてスムーズに反映され診療所の被験者と中核病院の理学療法士間で適切なやり取りが可能であった。不整脈などのアラートがあるとより適切な対応が可能と考えられる。

5) 実証に参加する被験者に対する紙面でのアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.2.4-8 遠隔リハビリ 被験者アンケート

| 問 | 内容                             |   |
|---|--------------------------------|---|
| 1 | 性別                             |   |
| 2 | 年齢                             |   |
| 3 | 3-1                            | 遠隔でのリハビリは安心して受けられましたか？  |
|   | 3-2                            | (Q3で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                                  |
| 4 | 4-1                            | 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？  |
|   | 4-2                            | (Q4で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。         |
| 5 | 5-1                            | 対面でのリハビリと比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？  |
|   | 5-2                            | (Q5で「とてもメリットがあると思う」「どちらかという」とメリットがあると思う」と回答した方)<br>遠隔でのリハビリに対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。 |
| 6 | 6-1                            | 今後も遠隔でのリハビリを受けたいと思いますか？   |
|   | 6-2                            | (Q5で「場合によって対面と遠隔を併用したい」と回答した方)<br>どのような場合に遠隔でのリハビリを利用したいと思いますか？                         |
|   | 6-3                            | (Q5で「これまで通り対面でリハビリを受けたい」と回答した方)<br>対面でのリハビリが良いと考える理由を教えてください。                           |
| 7 | 今後、ご自宅でも遠隔でのリハビリを受けてみたいと思いますか？ |   |
| 8 | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。       |   |

② アンケート結果

遠隔リハビリの安心感については「とても安心してリハビリができた」と回答した方が1回目では3名、2回目では4名と最も多く、「概ね安心してリハビリができた」と回答した方を合わせて10割となり、「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方はいなかった。一方、「概ね安心してリハビリができた」と回答した1名の方がコメントとして「足がうまく動かない時に不安に思った。」と回答しており、不安感への対処が必要であることが考えられる。

表 4.3.2.4-9 遠隔でのリハビリは安心して受けられましたか？

| 評価              | 回答者数 |     |
|-----------------|------|-----|
|                 | 1回目  | 2回目 |
| とても安心してリハビリができた | 3    | 4   |
| 概ね安心してリハビリができた  | 2    | 1   |
| 多少不安であった        | 0    | 0   |
| とても不安であった       | 0    | 0   |

対面リハビリと比較したリハビリ専門職との意思疎通に関しては「いつも通り意思疎通ができた」と回答した方が1回目では3名、2回目では5名全員と最も多く、「概ね意思疎通ができた」と回答した方を合わせて10割となり、「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方はいなかった。一方、自由記載として、「言葉に少しタイムラグがあった」、「声が聞こえにくい」とのコメントがあり、一部通常の対面リハビリと比べて意思疎通がしづらい場面があったことが見受けられた。

表 4.3.2.4-10 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？

| 評価             | 回答者数 |     |
|----------------|------|-----|
|                | 1回目  | 2回目 |
| いつも通り意思疎通ができた  | 3    | 5   |
| 概ね意思疎通ができた     | 2    | 0   |
| 多少意思疎通がしにくかった  | 0    | 0   |
| とても意思疎通がしにくかった | 0    | 0   |

遠隔リハビリのメリットに関しては1回目、2回目ともに「とてもメリットがあると思う」と回答した方が1名、「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方が4名であった。自由記載のコメントとしては「先生の説明がわかりやすいの良かった。」、「特に作手地区では通院が大変な人もいたので良い。」、「楽しく出来ました」とポジティブなコメントが多かった。

表 4.3.2.4-11 対面でのリハビリと比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？

| 評価                  | 回答者数 |     |
|---------------------|------|-----|
|                     | 1回目  | 2回目 |
| とてもメリットがあると思う       | 1    | 1   |
| どちらかというともメリットがあると思う | 4    | 4   |
| メリットはないと思う          | 0    | 0   |

今後の遠隔リハビリの利用意向は「遠隔でリハビリを受けても構わない」と回答した方が1回目は4名、2回目は3名であり、「場合によって対面と遠隔を併用したい」と回答した方が2回目は2名であった。1回目には「これまで通り対面のみでリハビリを受けたい」という回答があったが、2回目には回答数が0となった。自由記載のコメントとしては「通院に時間が掛からないから仕事が捗る。」、「天候や道路等の影響で先生が会場に来られない時に良い。」などポジティブなコメントがある一方、「直接指導してもらおう方が安心してできる。(たまには遠隔でもよいが)」といった意見もあった。

表 4.3.2.4-12 今後も遠隔でのリハビリを受けたいと思いますか？

| 評価                   | 回答者数 |     |
|----------------------|------|-----|
|                      | 1回目  | 2回目 |
| 遠隔でリハビリを受けても構わない     | 4    | 3   |
| 場合によって対面と遠隔を併用したい    | 0    | 2   |
| これまで通り対面のみでリハビリを受けたい | 1    | 0   |

今後の自宅での遠隔リハビリの利用意向に関しては1回目、2回目ともに「施設（診療所や集会所）で受けたい」と回答した方が4名、「自宅う受けてみたい」と回答した方が1名であった。自由記載のコメントとしては「先生の説明がわかりやすいの良かった。」、「特に作手地区では通院が大変な人もいたので良い。」、「楽しく出来ました。」とポジティブなコメントが多かった。

表 4.3.2.4-13 今後、ご自宅でも遠隔でのリハビリを受けてみたいと思いますか？

| 評価               | 回答者数 |     |
|------------------|------|-----|
|                  | 1回目  | 2回目 |
| 自宅で受けたい          | 1    | 1   |
| 施設（診療所や集会所）で受けたい | 4    | 4   |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔リハビリ指導の被験者向けのアンケートでは、対面でのリハビリと比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、移動等の削減によるメリットの有無、今後の利用意向について確認した。その結果、全ての方が「概ね安心してリハビリができた」または、「とても安心してリハビリができた。」と回答しており、安心感が高いことが確認された。また、リハビリ専門職との意思疎通については、一部タイムラグや声が聞きづらい場面があったものの、2 回目の実証では全ての方が「いつも通り意思疎通ができた。」と回答していた。遠隔リハビリのメリットに関しては、「通院が大変な場合に良い。」、「通院に時間が掛からないため仕事が捗る」といったコメントもありメリットが大きいことが確認できた。今後の利用意向としては、対面と遠隔を併用したいと回答した方と遠隔リハビリを受けても構わないと回答した方が大多数であり、受容性も高いことが確認された。一方、遅延や音声の聞き取り辛さや直接指導してもらおう方が安心できるといった意見もあげられており、遠隔リハビリ実施時にはより留意し適応を判断必要があると考えられる。

6) リハビリメニューの遠隔での指導との親和性に関するアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.2.4-14 遠隔リハビリ 医療従事者向け アンケート

| 問 |     | 内容   |
|---|-----|--|
| 1 | 1-1 | 1. 対面でのリハビリと比較して、遠隔でのリハビリ指導における安全性の不安はありましたか？  |
|   | 1-2 | (1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>安全性に不安を感じた理由を教えてください。例) 対象者が急変する前兆を観察できなかった                              |
| 2 | 2-1 | 2. 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？   |
|   | 2-2 | (2. で「多少意思疎通、指導がしにくかった」、「とても意思疎通、指導がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。                         |
| 3 | 3-1 | 3. 対面でのリハビリと比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？  |
|   | 3-2 | (3. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのリハビリに対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。<br>例) 訪問する時間や手間がかからないため。 |
| 4 | 4-1 | 4. 実施したリハビリメニュー（歩行、起立、スクワット、片脚立位、ストレッチ etc.）のうち、遠隔での指導と親和性が高い（指導のしやすさや安全性）と感じたメニューを教えてください。                    |
|   | 4-2 | 4. 実施したリハビリメニュー（歩行、起立、スクワット、片脚立位、ストレッチ etc.）のうち、遠隔での指導と親和性が低い（指導のしやすさや安全性）と感じたメニューを教えてください。                    |
| 5 | 5-1 | 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思いますか？   |
|   | 5-2 | (5. で「どちらかというとも対面でリハビリを提供したい」「これまで通り対面でリハビリを提供したい」と回答した方)<br>対面でのリハビリが良いと考える理由を教えてください。                        |
| 6 |     | その他感想につきまして自由にご記載ください。   |

② アンケート結果

表 4.3.2.4-15 遠隔リハビリ 医療従事者向け アンケート結果

| 問   | 回答   |  |
|---|--|--|
|   | 理学療法士  | 看護師  |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔でのリハビリ指導における安全性の不安        | <p>多少安全性に不安があった</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日常生活動作が問題なく、痛みなど歩行に影響する要因が少ない方は安全に実施できた。</li> <li>・被験者の体調や疼痛の程度により、跛行が強くなるためより看護師に声掛けが必要であった。</li> <li>・表情の変化はある程度把握できるが、訓練負荷量は言葉でしか分からず、普段感じている息づかいや表情の微妙な変化までは気づく事が難しく、負荷量の調整に不安を少し感じた。</li> <li>・転倒リスクに対しては被検者と一対一では不安があるが、被検者を良く知っている看護師が近くにいたので安心して実施できた。</li> </ul>  | <p>多少安全性に不安があった</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実際にはふらつきは無かったが、歩行時の方向転換の際にふらつきがあった場合、支えるのは困難である。</li> <li>・正面に立つことが無いので顔色や表情の観察がし辛いため体調が分かりづらい。</li> </ul> |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行えたか | <p>概ね意思疎通、指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・慣れがあると思うが、画面越しでのコミュニケーションは初めは“壁”があるように感じ、普段通りまでの会話は難しかった。被験者の性格や性別による影響も大きいと感じた。</li> <li>・多く話される方の場合は、被験者と会話のタイミングを計る必要があった。普段であれば相手の言い出したことを聞き取る事が可能だが、遠隔では自身の声が主になってしまい聞き取りが難しいと感じた。</li> <li>・被験者により中核病院側からの音声聞き取りづらく、よって普段よりもゆっくり話さないと伝わらないことがあった。長文での会話が聞き取りが難しい状況があったが、訓練での一文程度の指示であれば問題なく実施ができた。</li> </ul> | <p>概ね意思疎通、指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・被検者が高齢であったり、難聴の方ではマイクを通した声が割れたり響いたりして聞こえづらいことがあった。</li> </ul>   |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔で行うことの                    | <p>とてもメリットがあると思う</p>   | <p>どちらかというともメリットがあると思う</p>   |

| 問                                     | 回答  |  |
|---------------------------------------|---|--|
|                                       | 理学療法士   | 看護師  |
| メリットを感じたか                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・リモートでも慣れによって被験者とのコミュニケーションは問題なく可能であり、遠距離の方にもリハビリの提供は可能と強く感じた。</li> <li>・遠方でなかなかリハビリが受けられない方にとっては訓練の頻度を増やす事ができ、運動の汎化に繋がる行動変容が可能と感じた。</li> <li>・頻度が増える事により評価頻度が増え、福祉用具の再選定を迅速に行う事ができるため転倒予防にも繋がると感じた。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・専門的な知識や技術は無いので高度なことはできないが、自宅で行ってもらえるような運動は遠隔でも行うことができる。</li> <li>・専門職の技師からの指導を遠隔で受けることができる。</li> </ul>   |
| 実施したリハビリメニューのうち、遠隔での指導と親和性が高いと感じたメニュー | <b>親和性の高いメニュー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スクワット、カーフレイズ、立位での股関節外転 ex、立位での体幹の回旋、側屈</li> <li>・臥位での筋力とストレッチでの訓練</li> </ul>  | <b>親和性の高いメニュー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・起立、スクワット、片脚立位</li> </ul>   |
|                                       | <b>親和性の低いメニュー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連続した2種類以上の動きの入る筋力訓練</li> <li>・片脚立位：被験者にもよるが、ふらつきが大きい方や膝周囲に痛みがある方は転倒リスクも高いため注意が必要と感じた。</li> <li>・セラバンドを使用した訓練：負荷量が調整しにくい。</li> </ul>   | <b>親和性の低いメニュー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・歩行</li> </ul>  |
| 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思うか                 | ぜひ遠隔でリハビリを提供したい <ul style="list-style-type: none"> <li>・被験者により対面が良いという方と遠隔リハビリが良いと感じる方がいる。遠隔リハビリが良いという方は近い場所で運動が出来ると感じると思うので積極的にリハビリを提供したいと思う。</li> <li>・対面の方が良い方に対しても対面と遠隔の両方を使用して実施していく事で、リハビリの機会が増え、予防としてのリハビリになると思う。</li> <li>・自宅環境下で行うことで、具体的な訓練場所や内容が伝える事ができ、運動の定着にもつながると思う。</li> <li>・外に出ることが少ない高齢者にとっても自宅での行うことができれば運動を行う機会が増えると感じる。</li> </ul> | どちらかという遠隔でリハビリを提供したい <ul style="list-style-type: none"> <li>・患者様は理学療法士からのリハビリを受けたいと思っており、遠隔では物足りないのではないかと思います。</li> <li>・対面で行う方が安全に行うことができる。</li> <li>・指示通りに行えているかが対面ではないと分かり辛い動作がある。</li> </ul> |



| 問   | 回答  |   |
|-----|---|---|
|     | 理学療法士   | 看護師   |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大きな画面を見て頂くように訓練を実施したが、音声は後ろから聞こえるため、音声の方を見てしまう傾向があった。病院側の音声聞こえないことに影響している可能性があると感じる。</li> <li>・被験者から“楽しかった”、“こんな機会はないから嬉しい”と言う声もあった。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・この実験を行うにあたり一番の協力者は参加して下さった市民方であり、この方々が参加してくれたおかげで遠隔リハビリを行うことができたと思う。</li> </ul> |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔リハビリ指導の医療従事者向けのアンケートでは、対面でのリハビリと比較した、安全感、被験者との意思疎通の度合い、メリット、遠隔リハビリと親和性の高いメニューについて確認した。安全性に関しては、理学療法士、看護師共に多少安全性に不安があったと回答しており、対面のリハビリと比較して、遠隔リハビリでは歩行時にフレームに対して患者が小さく映るため、観察が難しく息遣いや微妙な表情の変化の観察ができず、負荷量の調整の不安が挙げられている。意思疎通に関しては、画面越しでのコミュニケーションの難しさや、会話のタイミングについて挙げられている。遠隔リハビリのメリットとしては、遠距離の方にもリハビリの提供が可能であり、普段リハビリが受けづらい方にとって訓練の頻度を増やす事ができ、運動習慣の定着等の行動変容に一助を果たす可能性があるとの意見が挙げられている。今後の遠隔リハビリの提供に関しては、被験者によって、対面が良いという方と遠隔リハビリで良いと感じる方がいるため、両方を使用してリハビリを提供することで、機会が増え予防に繋がると期待される。

## 7) アイトラッキングシステムにより得られた遠隔リハビリ指導における安全管理の要点

### ① アイトラッキングシステムの活用目的

遠隔でのリハビリテーションでは、通常のリハビリテーションとはことなり、指導を行う理学療法士・作業療法士はリハビリ室に不在となる。そのため、通常のリハビリテーション実施時と比べてより厳密な安全管理が要求される。一般に、リハビリテーション中に生じうる事故として以下の例が挙げられる。

- 心停止・呼吸停止
- 自覚症状の出現やバイタルサインの異常変動
- 転倒・転落・打撲
- 治療機器による外傷
- 誤嚥
- 患者同士のトラブルによる身体的・心理的アクシデント
- 患者の取り違え

特に下線で示した 2 つの事故については、遠隔リハビリ指導において特に注意すべき例である。本実証では、遠隔リハビリ指導に患者の傍に看護師を補助者として配置して安全を確保する運用を想定しており、この看護師が安全管理上、重要な役割を担う。そこで、熟練の理学療法士が介助中にどこを観察しているか、アイトラッキングシステムにより分析を行い、データに基づいた介助時の観察点を明らかにした。

### ② アイトラッキングシステムによる分析方法

新城市民病院において、歩行訓練介助中の医療従事者の頭部にアイトラッカーを装着し、どこを観察しているかを測定した。検証時の患者は新城市民病院スタッフによる模擬患者とした。また、熟練度による観察点を比較するため、介助を行う医療従事者は学生 PT、看護師、PT（非熟練）、PT（熟練）の 4 名にて検証を行った。

### ③ アイトラッキングシステムによる分析結果

アイトラッキングシステムの分析映像から、介助者の主な観察点とその観察に占める時間的割合を評価した。結果、経験の浅い介助者と比較し、熟練の理学療法士では単に患者の状態のみではなく、患者の表情や目標地点といった周囲の状況を逐次把握することで、患者のバイタルサイン（顔色）や転倒リスクの低減に努めていることがわかった。



図 4.3.2.4-1 アイトラッキングシステムの分析映像1 (患者に対する観察点)



図 4.3.2.4-2 アイトラッキングシステムの分析映像2 (患者の表情に対する観察点)

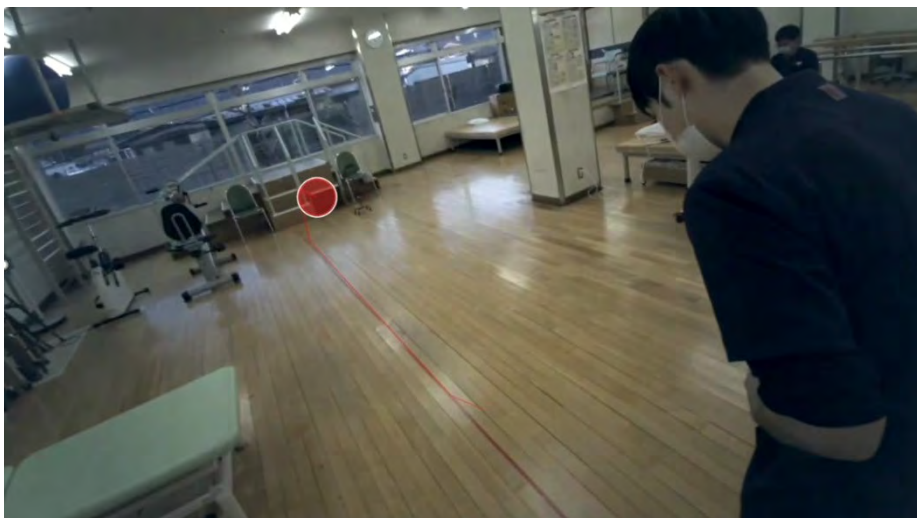


図 4.3.2.4-3 アイトラッキングシステムの分析映像2 (目標地点に対する観察点)

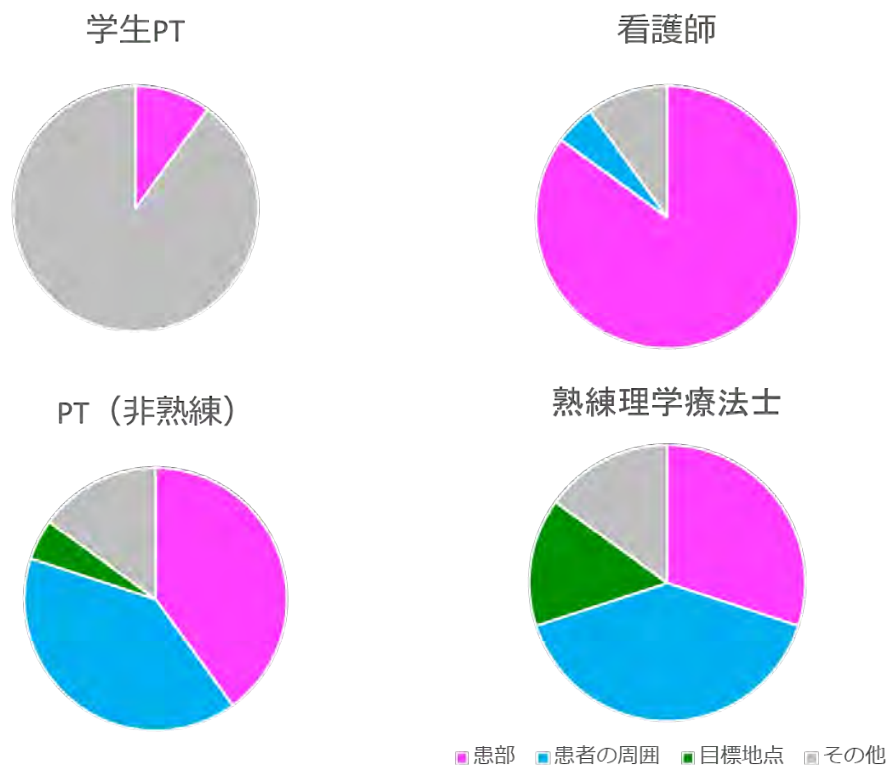


図 4.3.2.4-4 歩行訓練時の介助者別の観察点と観察割合

④ アイトラッキングシステムの分析結果から得られた示唆

遠隔リハビリ指導では、リハビリ専門職が対面での介助ができないため、看護師等の非熟練の介助者による安全確保が必要となる。アイトラッキングシステムによる分析から、熟練のリハビリ専門職は、患者の状態を観察しているだけではなく、患者のバイタルサイン（顔色）に配慮しながら、周囲（とくに前方）や目標の状態に注意を配っており、非熟練の医療従事者が介助を行う場合にも同様の視点で観察を行うことで、患者の転倒等の事故防止につながると考えられる。

#### 4.3.2.5 検証項目の達成状況および残存課題

遠隔リハビリ指導に関して、5G 環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。医療従事者視点では、安全性に関しては、理学療法士、看護師共に多少安全性に不安があったと回答しており、対面のリハビリと比較して、遠隔リハビリでは歩行時にフレームに対して患者が小さく映るため、観察が難しく息遣いや微妙な表情の変化の観察ができず、負荷量の調整の不安が挙げられている。意思疎通に関しては、画面越しでのコミュニケーションの難しさや、会話のタイミングについて挙げられている。遠隔リハビリのメリットとしては、遠距離の方にもリハビリの提供が可能であり、普段リハビリが受けづらい方にとって訓練の頻度を増やす事ができ、運動習慣の定着等の行動変容に一助を果たす可能性があるとの意見が挙げられている。今後の遠隔リハビリの提供に関しては、被検者によって、対面が良いという方と遠隔リハビリで良いと感じる方がいるため、両方を使用してリハビリを提供することで、機会が増え予防に繋がると期待される。

被検者視点では、全ての方が「概ね安心してリハビリができた」または、「とても安心してリハビリができた。」と回答しており、安心感が高いことが確認された。また、リハビリ専門職との意思疎通については、一部タイムラグや声が聞きづらい場面があったものの、2回目の実証では全ての方が「いつも通り意思疎通ができた。」と回答した。遠隔リハビリのメリットに関しては、「通院が大変な場合に良い。」、「通院に時間が掛からないため仕事が捗る」といったコメントもありメリットが大きいことが確認できた。今後の利用意向としては、対面と遠隔を併用したいと回答した方と遠隔リハビリを受けても構わないと回答した方が大多数であり、受容性も高いことが確認された。

課題としては、被験者の方が高齢や難聴の場合はマイクを通した声が聞きづらいと言った点が挙げられている。高齢者の方は機器を介した音声に対して聞きづらいと言った先入観もあり得るため、慣れや訓練で聞こえやすくなる可能性が考えられる。一方、今回の実証では、診療所のスピーカーは映像を投影する画面と逆側に配置されていた。医療従事者の声の出る方向が画面と逆だったため、画面に映る医療従事者の視覚情報と声の方向が一致していなかったため、聞きづらさが生じていた可能性が考えられる。今後実装を想定した場面では、リハビリを実施する部屋のノイズを減らすような工夫や、音声伝わりやすい構造の部屋の利用、画面とスピーカーを同一方向にするなど、環境設定で対応することも一案と考えられる。遠隔リハビリの評価に関しては、今回は映像による評価を実施したが、今後は被検者の動きをデータ化し、定量的に解析する方法も考えられる。

### 4.3.3 遠隔診療（腹部エコー）

#### 4.3.3.1 実施概要

モバイル超音波画像診断装置を用いることで血管や腹部の臓器の状態等多数の医療情報を遠隔から収集することができる。一方で、医師はエコー画像を見ながらプローブの当て方や角度の調整をするため、遠隔地でプローブの操作を行う看護師と指示を行う医師とが互いに連携し合いながらプローブ操作を行う必要がある。

#### 4.3.3.2 実証方法

遠隔診療の一環として腹部の超音波画像検査を実施する。被験者は新城市職員を想定する。事前の遠隔診療の後、モバイル超音波画像診断装置を用いた腹部の超音波画像検査を実施する。遠隔リハビリ指導と同様に、現地の看護師の装着するヘッドマウントカメラ映像を中核病院へリアルタイム伝送し、遠隔の医師のプローブ指示のもと検査を行う。検査は、腹部を対象に実施する。被験者は、新城市職員3名による模擬被験者とする。検査実施後、被験者および医師へのアンケート調査を行い終了とする。アンケート票は別添資料1に示す。

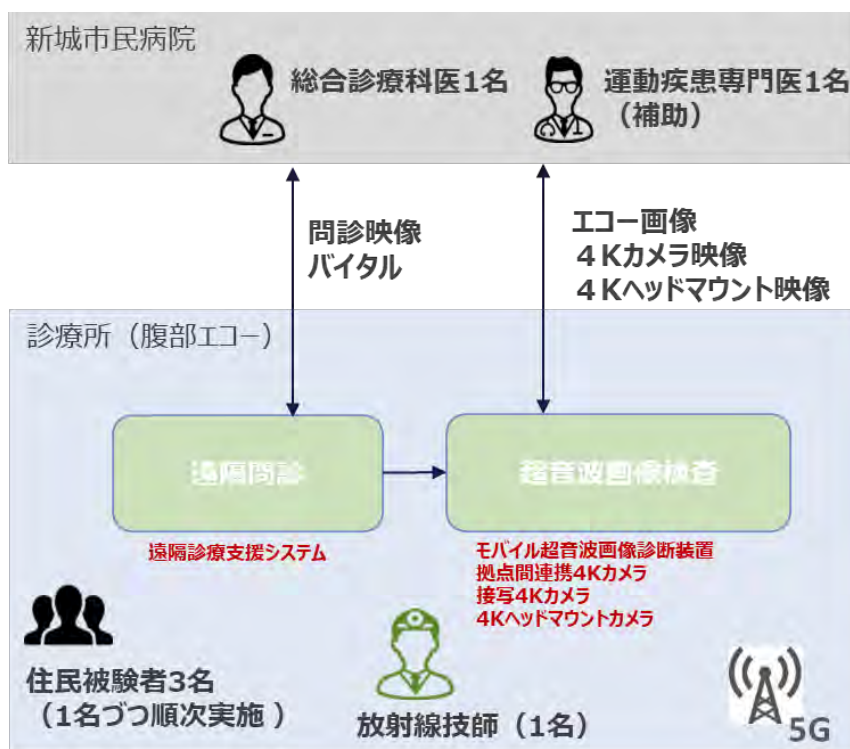


図 4.3.3.2-1 遠隔での腹部エコーの実証フロー



図 4.3.3.2-2 腹部エコーの様子（中核病院）

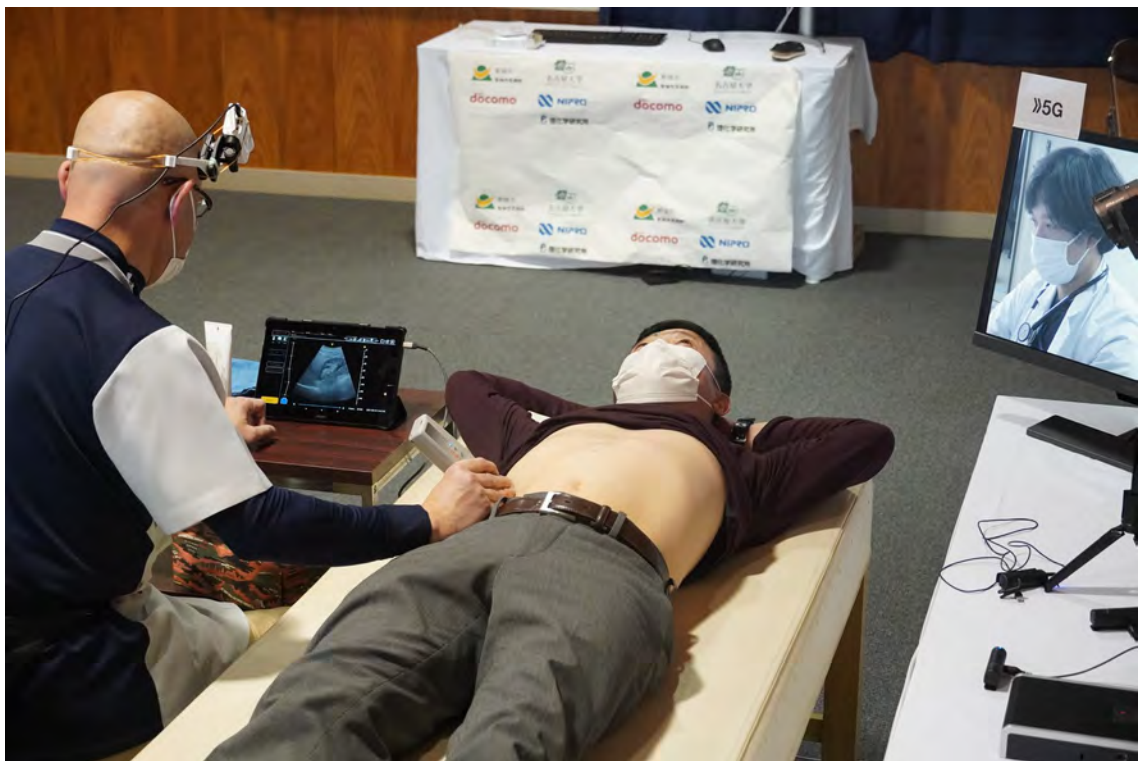


図 4.3.3.2-3 腹部エコーの様子（診療所）

#### 4.3.3.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 中核病院の医師と集会所の看護師が連携してプローブ操作が可能であること
- 2) 移動時間削減による医療従事者の稼働軽減効果が試算されていること
- 3) 対象地域の住民において社会受容性が確認されていること

##### [検証方法]

- 1) 医師の視点で、4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価する。医師は2名以上から評価を収集する。なお、モバイル超音波画像診断装置を対象に、LTE 通信下でのエコー映像の比較検証も併せて実施する。
- 2) 従来、診療所での診療（超音波画像検査）に要していた稼働時間（移動時間を含む）と、実証における医療従事者の稼働時間から、稼働削減時間を試算する。
- 3) 実証に参加する被験者に対して、実証後に紙面でのアンケートを実施する。アンケート内容は、対面でのエコー検査と比較した、不安感、今後の利用意向、高齢者住民への提供に対する懸念事項の調査を含む。（腹部エコーの被験者は市職員を予定している。）



#### 4.3.3.4 検証結果（アンケート結果）

##### 1) 腹部エコー 医療従事者向け映像許容度アンケート

###### ① アンケート内容

表 4.3.3.4-1 腹部エコー 医療従事者向け映像許容度アンケート

| 問 | 評価項目   | 評価条件      |          |                 |
|---|--|-----------|----------|-----------------|
|   |  | 通信方式      | 解像度      | ビットレート          |
| 1 | 映像品質（かくかくしていないか、解像度は十分か）<br>1. 品質は良かった、<br>2. どちらかといえば良かった<br>3. 品質は悪かった                     |           |          |                 |
| 2 | 遅延時間（映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか）<br>1. 遅延は許容範囲だった<br>2. どちらかといえば許容範囲だった<br>3. 遅延は許容範囲ではなかった | 5G<br>LTE | 4K<br>HD | 15Mbps<br>5Mbps |
| 3 | カメラ視野（アングルとカメラ台数の適正度）<br>1. アングルとカメラ台数は適正だった<br>2. どちらかといえば適正だった<br>3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった   |           |          |                 |

② アンケート結果

表 4.3.3.4-2 腹部エコー 医療従事者向け映像許容度アンケート結果

| 評価条件/評価項目     | 評価者  | ① 映像品質 (かくかくしていないか、解像度は十分か) | ② 遅延時間 (映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか) | ③ カメラ視野 (アングルとカメラ台数の適正度) |
|---------------|------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
|               |      | 評価                          | 評価                                   | 評価                       |
| [5G, 4K, 15M] | 医師 1 | 品質は悪かった                     | 遅延は許容範囲だった                           | どちらかといえば適正だった            |
|               | 医師 2 | 品質は悪かった                     | どちらかといえば許容範囲だった                      | どちらかといえば適正だった            |
| [LTE, HD, 5M] | 医師 1 | 品質は悪かった                     | 遅延は許容範囲ではなかった                        | どちらかといえば適正だった            |
|               | 医師 2 | 品質は悪かった                     | 遅延は許容範囲ではなかった                        | どちらかといえば適正だった            |

③ アンケート結果を受けての考察

腹部エコーの映像許容度に関して、医師の視点で 4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価した。その結果、映像遅延に関しては 5G に関しては「遅延は許容範囲であった」、「どちらかといえば許容範囲だった」と回答が得られており、エコー画像の確認に遅延が問題ないことが確認された。一方で映像品質については 5G、LTE とともに「品質は悪かった」との回答を得ているが、医師へのヒアリングの結果から、中核病院が所有しているエコー装置の画像と比べ、相対的に品質が悪いとのことであった。今回の実証では各種臓器などを問題無く確認することができ、診断を行う上では問題ないことが確認されている。LTE においては「遅延は許容範囲ではなかった」との回答が得られている。本実証では、エコーの画像を遠隔拠点に伝送するため、Android タブレット端末とデスクトップ共有用の PC 間を社外アプリケーションで共有した。画面共有ソフトウェアが有線、無線接続のどちらでも不安定な挙動を示していたため、

ソフトウェア、その時点の通信環境などで何らかの問題が生じ、データ伝送が不安定になった可能性が考えられる。

2) 腹部エコー 医療従事者向けアンケート

① アンケート内容

表 4.3.3.4-3 腹部エコー 医療従事者向けアンケート

| 問 | 内容  |
|---|---|
| 1 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔にいる看護師/医師との意思疎通を普段通りに行うことができましたか？  |
| 1 | (1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。              |
| 1 | (1. で「いつも通り意思疎通ができた」、「概ね意思疎通ができた」と回答した方)<br>対面でのエコー検査と比較して感じたことを自由にご記載ください。                   |
| 2 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？   |
| 2 | (2. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかという<br>とメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのエコー<br>検査に対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。 |
| 3 | 今後も遠隔でのエコー検査を提供したいと思いますか？   |
| 3 | (3. で「どちらかという<br>と対面でエコー検査を提供したい」「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と回答した方)<br>対面でのエコー検査が良いと考える理由を教えてください。 |
| 4 | その他感想につきまして自由にご記載ください。  |

② アンケート結果

表 4.3.3.4-4 腹部エコー 医療従事者向けアンケート結果

| 問 |  | 医師 1                    | 医師 2  | 医師 3                     |
|---|--|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔にいる技師との意思疎通を普段通りに行うことができたか                                      | 概ね意思疎通指ができた             | 多少意思疎通がしにくかった                               | 概ね意思疎通指ができた              |
|   | 「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方) どのような場面で意思疎通ができていなかったか                   | -                       | エコー画像のコマ抜けがあり連続した画像として評価がしにくかった             | 音声の遅延がなかった               |
|   | (1. で「いつも通り意思疎通ができた」、「概ね意思疎通ができた」と回答した方) 対面でのエコー検査と比較して感じたことを自由に記載               | 多少のタイムラグがあった。           | -   | -                        |
| 2 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔で行うことのメリットを感じたか   | どちらかというところとメリットがあると思う   | とてもメリットがあると思う                               | どちらかというところとメリットがあると思う    |
|   | (2. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというところとメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのエコー検査に対してどのような点にメリットを感じたか | 過疎地で検査を実施できる            | 直接立ち会うことができないケースにおいて画像による診療をリアルタイムに行うことができる | へき地でも専門の医師に検査所見を見てもらえるため |
| 3 | 今後も遠隔でのエコー検査を提供したいと思うか   | これまで通り対面でエコー検査を提供したい    | どちらかというところと対面でエコー検査を提供したい                   | これまで通り対面でエコー検査を提供したい     |
|   | (3. で「どちらかというところと対面でエコー検査を提供したい」「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と回答した方) 対面でのエコー検査が良いと考える理由 | 画質やフレームレートの問題があるため      | -   | 画像の質に差があるため              |
| 4 | その他感想  | 画質やフレームレートが改善すればとても有用です | -   | -                        |

### ③ アンケート結果を受けての考察

腹部エコーの医療従事者向けのアンケートでは、対面でのエコーと比較した、メリットについて確認した。対面のエコーと比べタイムラグの発生や、エコー画像のコマ抜けが挙げられている。遠隔でのエコー検査のメリットとしては、へき地でも専門の医師に所見を見てもらうことができる、直接立ち会えないケースでリアルタイムに画像診断が行うことができるとの意見が挙げられている。今後の遠隔でのエコー検査の提供に関しては、「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と2名の回答があり、「どちらかという対面でエコー検査を提供したい」と1名の回答があった。フレームレートや画質に関しての指摘がされているが、改善されれば有用であるとのコメントが挙げられている。

3) 腹部エコー 被検者向けアンケート

① アンケート内容

表 4.3.3.4-5 腹部エコー 被検者向けアンケート

| 問 |     | 内容   |
|---|-----|--|
| 1 |     | 性別   |
| 2 |     | 年齢   |
| 3 | 3-1 | 【被験者のご意見として伺います】<br>遠隔でのエコー検査に対する不安感はありましたか？   |
|   | 3-2 | (Q3で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                                 |
| 4 | 4-1 | 【被験者のご意見として伺います】<br>今後も遠隔でのエコー検査を受けたいと思いますか？   |
|   | 4-2 | (Q6で「どちらかというと対面でエコー検査を受けたい」「これまで通り対面でエコー検査を受けたい」と回答した方)<br>対面でのエコー検査が良いと考える理由を教えてください。 |
| 5 |     | 【行政のご意見として伺います】<br>今後、住民へ遠隔でのエコー検査を提供するとした場合、懸念される課題はありますか？                            |

② アンケート結果

腹部エコーの安心感については1回目では「とても不安だった」と回答した方が2名、「とても安心して検査を受けられた」と回答した方が1名であった。2回目では「概ね安心して検査を受けられた」と回答した方が2名であり、「とても安心して検査を受けられた」と回答した方が1名であった。1回目の1番目の被験者の方はエコー操作を行う技師と病院側の医師のやり取りが明確でなく、時間の経過ばかりが気になったと回答しており、実証に不慣れな点で不安を感じたことが考えられた。もう一人の方はエコー検査自体が初めてだったため不安と回答しており、実証に起因する回答ではないことが確認された。

表 4.3.3.4-6 【被験者のご意見として伺います】遠隔でのエコー検査に対する不安感がありましたか？

| 評価              | 回答者数 |     |
|-----------------|------|-----|
|                 | 1回目  | 2回目 |
| とても安心して検査を受けられた | 1    | 1   |
| 概ね安心して検査を受けられた  | 0    | 2   |
| 多少不安であった        | 0    | 0   |
| とても不安であった       | 2    | 0   |

今後の遠隔での腹部エコー検査の利用意向に関しては「どちらかという遠隔で検査を受けたい」と回答した方が1回目および2回目は1名であり、「どちらかという対面で検査を受けたい」と回答した方が1回目では2名、2回目は1名であった。2回目には「これまで通り対面で検査を受けたい」と回答した方が1名であった。「どちらかという対面で検査を受けたい」と回答した方は「現場の患者と遠隔の医師とのコミュニケーションがよく取れず、技術向上がもう少し進まない現実的な運用にはかなり困難があると強く感じたため。」「初めてだと少し不安であった。映像が止まっているように見えるとちゃんと伝わっているのだろうかと思えた。」と回答している。

表 4.3.3.4-7 【被験者のご意見として伺います】今後も遠隔でのエコー検査を受けたいと思いますか？

| 評価                | 回答者数 |     |
|-------------------|------|-----|
|                   | 1回目  | 2回目 |
| ぜひ遠隔で検査を受けたい      | 0    | 1   |
| どちらかという遠隔で検査を受けたい | 1    | 1   |
| どちらかという対面で検査を受けたい | 2    | 1   |
| これまで通り対面で検査を受けたい  | 0    | 0   |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の腹部エコーの被験者向けのアンケートでは、対面でのエコー検査と比較した、不安感、今後の利用意向について確認した。課題としては全体的に不安を感じる方が多く、エコー検査時に医師が隣にいないことやプローブ操作の具体的な指示や、意向に関する技師と医師との会話、医師からの患者への声掛けなどの不安感を取り除く対応をする必要があると考えられる。

#### 4.3.3.5 検証項目の達成状況および残存課題

遠隔腹部エコー検査に関して、5G 環境下では遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。一方で映像品質については5G、LTE ともに「品質は悪かった」との回答を得ているが、中核病院に備え付けてあるエコー装置の画像と比べ相対的に品質が悪いとのことであり、モバイル超音波画像診断装置としての品質は問題無いことを確認している。

遠隔でのエコー検査のメリットとしては、へき地でも専門の医師に所見を見てもらうことができる、直接立ち会えないケースでリアルタイムに画像診断が行うことができるなどの意見が挙げられている。

一方、課題としてはエコーのプローブの微妙な当て方で変わってくる点や、在宅・診療所でエコーを使用できる医療従事者が限定されているため、エコーの操作が可能な医療従事者が必要といった点が挙げられる。また、現在の画面越しにエコー操作を見る手法では、他人がエコーを動かしていることを評価している間接的感覚があるため、遠隔で指示する医師が、自らエコーを操作する直接的な感覚が得られるシステムが望まれる。また、被検者側の課題としては全体的に不安を感じる方が多く、エコー検査時に医師が隣にいないことや、プローブ操作の具体的な指示や、意向に関する技師と医師との会話、医師からの患者への声掛けなどの不安感を取り除く対応をする必要があると考えられる。



#### 4.3.4 遠隔健康指導

##### 4.3.4.1 実施概要

新城市では、奥三河メディカルバレー事業の一環として、未病対策としてプレゼンティーズムの主な原因となる疼痛症状に着目している。作手南部地区の住民を最寄りの集会所へ招聘し、中核病院のリハビリテーション専門職が遠隔で各種疼痛症状の緩和に有効な健康指導を行い、予防医療の意識向上と健康指導の普及に貢献する。特に、上肢機能訓練においては遠隔で実施する際の危険性が低く、かつ作業療法士の少なさから遠隔で行っていく蓋然性が高い。

##### 4.3.4.2 実証方法

実証参加者は新城市の募集により住民5名を被験者として選定していたが、緊急事態宣言発令により実証スタッフによる模擬被験者にて代替とした。事前の遠隔問診の後、5名同時に理学療法士による遠隔での運動指導を実施する。運動指導の様子は、固定4Kカメラ映像と、現地の看護師の装着する4Kヘッドマウントカメラ映像を中核病院へリアルタイム伝送し、遠隔のリハビリテーション専門職の指示のもと指導を行う。運動指導実施後、再度遠隔問診を実施し、アンケート回答を行い終了とする。アンケート票は別添資料1に示す。

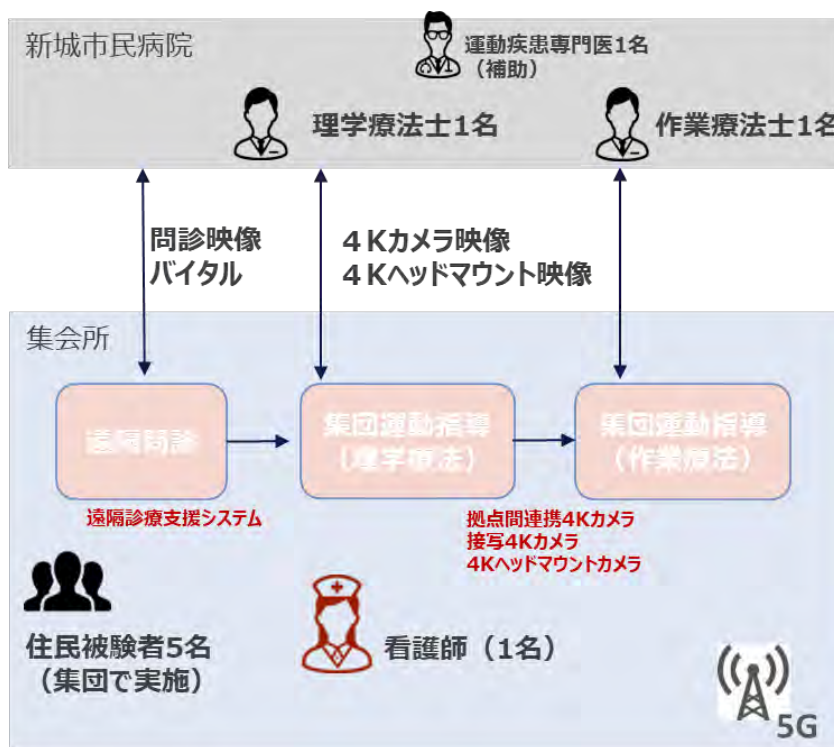


図 4.3.4.2-1 遠隔健康指導の実証フロー



図 4.3.4.2-2 遠隔健康指導の様子（中核病院）



図 4.3.4.2-3 遠隔健康指導の様子（集会場）

#### 4.3.4.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 遠隔の理学療法士と現地の看護師が連携して運動指導が可能であること
- 2) 被験者の安全が確保されていること
- 3) 移動時間削減による医療従事者の稼働軽減効果が試算されていること
- 4) 対象地域の住民における社会受容性が確認されていること

##### [検証方法]

- 1) 理学療法士および看護師の視点で、4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価する。なお、本実証では映像の圧縮率（ビットレート）を可変することにより医療従事者が映像品質を検証することとし、4K カメラは実証現地にて、医療従事者の意見を踏まえて有効なカメラアングルを検証する。なお、解像度、通信方式を可変した映像の比較検証も併せて実施する。
  - ・解像度：HD/2K/4K ⇒4K カメラを対象に可変
  - ・通信方式：5G/LTE ⇒4K カメラ、遠隔診療支援システムを対象に可変
  - ・ビットレート：5Mbps/15Mbps ⇒4K カメラを対象に可変
- 2) 医療従事者へのアンケート調査を行い、従来の対面での健康指導と比較した安全性を評価する
- 3) 従来、通所型の健康指導に関わる医療従事者の稼働時間（移動時間を含む）と、実証における医療従事者の稼働時間から、稼働削減時間を試算する。
- 4) 実証に参加する被験者に対して、実証後に紙面でのアンケートを実施する。アンケート内容は、対面での健康指導と比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、移動等の削減によるメリットの有無、今後の利用意向の調査を含む。

表 4.3.4.3-1 遠隔健康指導メニュー

| メニュー | 理学療法士             |                  | 作業療法士               |                      |
|------|-------------------|------------------|---------------------|----------------------|
|      | 1回目               | 2回目              | 1回目                 | 2回目                  |
| 1    | 身体機能評価（座位での柔軟性評価） | 身体機能評価（座位バランス評価） | 身体機能評価（肩・手指の可動域、握力） | 身体機能評価（肩・手指の可動域、肩筋力） |
| 2    | 股関節の筋力強化運動        | 下肢のストレッチ         | 上肢筋力強化運動（肩・肩甲帯・握力）  | 上肢筋力強化運動（肩・肩甲帯）      |
| 3    | 下肢・臀部のストレッチ       | 下肢の筋力強化運動        | ストレッチ（前腕・手指）        | ストレッチ（上腕）            |

|   |                        |                       |                       |                           |
|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 4 | 体幹運動の筋力強化運動            | 体幹のストレッチ              | 身体機能再評価<br>(肩・手指の可動域) | 身体機能再評価<br>(肩・手指の可動域・肩筋力) |
| 5 | 身体機能再評価<br>(座位での柔軟性評価) | 体幹の筋力強化運動             | -                     | -                         |
| 6 | -                      | 身体機能再評価<br>(座位バランス評価) | -                     | -                         |

#### 4.3.4.4 検証結果 (アンケート結果)

##### 1) 医療従事者向け映像許容度アンケート

##### ① アンケート内容

表 4.3.4.4-1 遠隔健康指導メニュー 医療従事者向け映像許容度アンケート

| 問 | 評価項目  | 評価条件      |          |                 |
|---|---|-----------|----------|-----------------|
|   |   | 通信方式      | 解像度      | ビットレート          |
| 1 | 映像品質 (かくかくしていないか、解像度は十分か)<br>1. 品質は良かった、<br>2. どちらかといえば良かった<br>3. 品質は悪かった                     |           |          |                 |
| 2 | 遅延時間 (映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか)<br>1. 遅延は許容範囲だった<br>2. どちらかといえば許容範囲だった<br>3. 遅延は許容範囲ではなかった | 5G<br>LTE | 4K<br>HD | 15Mbps<br>5Mbps |
| 3 | カメラ視野 (アングルとカメラ台数の適正度)<br>1. アングルとカメラ台数は適正だった<br>2. どちらかといえば適正だった<br>3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった   |           |          |                 |

④ アンケート結果

映像品質については、5G、4K、15M では7名全員が「品質は良かった」と回答している。LTE では、解像度がHD では1名が、2K では2名が、4K では3名が「品質が良かった」と回答している。LTE では、解像度を上げることにより、映像品質も上がることが確認された。

表 4.3.4.4-2 アンケート結果：映像品質

| 評価              | 回答者数          |               |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. 品質は良かった      | 7             | 2             | 2             | 3             |
| 2. どちらかといえば良かった | 0             | 5             | 5             | 4             |
| 3. 品質は悪かった      | 0             | 0             | 0             | 0             |

遅延時間については、5G、4K、15M では7名中6名が「遅延は許容範囲だった」と回答しており、1名が「どちらかといえば許容範囲だった」と回答している。LTE においては、「遅延は許容範囲だった」と回答した人数は、HD では4名、2K では5名、4K では4名と、解像度によらずある程度遅延が許容範囲だったことが確認された。

表 4.3.4.4-3 アンケート結果：遅延時間

| 評価                 | 回答者数          |               |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. 遅延は許容範囲だった      | 6             | 4             | 5             | 4             |
| 2. どちらかといえば許容範囲だった | 1             | 3             | 2             | 3             |
| 3. 遅延は許容範囲ではなかった   | 0             | 0             | 0             | 0             |

カメラ視野については、全ての条件でほぼ同様の回答が得られており、「アングルとカメラ台数は適正だった」が最多であった。

表 4.3.4.4-4 アンケート結果：カメラ視野

| 評価                     | 回答者数          |               |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. アングルとカメラ台数は適正だった    | 4             | 4             | 4             | 4             |
| 2. どちらかといえば適正だった       | 3             | 3             | 3             | 3             |
| 3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった | 0             | 0             | 0             | 0             |

表 4.3.4.4-5 映像品質アンケート 回答者コメント

| 評価条件/評価項目     | ① 映像品質 (かくかくしていないか、解像度は十分か)   | ② 遅延時間 (映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか)   | ③ カメラ視野 (アングルとカメラ台数の適正度)  |
|---------------|---|--|---|
| [5G, 4K, 15M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・足趾の細かい動きまで良く見れた。</li> <li>・胸隔や服のしわによる動きも評価しやすかった。</li> <li>・映像も滑らかであった。</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・音声の若干の遅延があるが、集団の健康指導であれば問題無い。</li> <li>・映像遅延はなくスムーズに体操が行える。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・正面は評価しやすい。</li> <li>・映りが不十分な部分をフォローするカメラとで2台あれば良い。</li> </ul> |
| [LTE, HD, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラから距離が遠い人の足部趾の動きがわかりづらい。</li> <li>・服や靴下が黒やの方の動きは分かり辛い。</li> <li>・若干の遅延がある。</li> </ul> | [5G, 4K, 15M]と同様。  | [5G, 4K, 15M]と同様。   |
| [LTE, 2K, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・HDより解像度は良好。</li> </ul>  | [5G, 4K, 15M]と同様。  | [5G, 4K, 15M]と同様。   |
| [LTE, 4K, 5M] | <ul style="list-style-type: none"> <li>・2Kより解像度は良好。</li> <li>・服が黒、光が暗くても動きの評価が可能。</li> </ul>                                    | [5G, 4K, 15M]と同様。  | [5G, 4K, 15M]と同様。   |

#### ⑤ アンケート結果を受けての考察

今回の映像品質の検証では理学療法士・作業療法士の視点で4K映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価した。その結果、5G環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HDでは遠隔リハビリ指導と同じく、5G、15M、4Kと比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生するが、粗大運動や反復運動では問題無いことが確認できた。今回の実証では5名の被験者の指導を行ったが、実際に集会場で健康体操を行う場合、10名程度で実施している。遠隔で健康体操指導を行う場合、5名程度が画面上限界に近い場合、指導人数が10-15名程度に増えた場合、カメラ台数を増やす必要も考えられる。健康体操では大まかに運動ができているか確認することが重要である。今後の方向性として1対多数拠点（2-3拠点）の運用も可能性として考えられる。

2) 遠隔健康指導 被検者向けアンケート

① アンケート内容

表 4.3.4.4-6 遠隔健康指導 被験者アンケート

| 問 |     | 内容  |
|---|-----|---|
| 1 |     | 性別  |
| 2 |     | 年齢  |
| 3 | 3-1 | 遠隔での健康体操は安心して受けられましたか？  |
|   | 3-2 | (Q3で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                          |
| 4 | 4-1 | 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？  |
|   | 4-2 | (Q4で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 |
| 5 | 5-1 | 今後も遠隔での健康体操を受けたいと思いますか？   |
|   | 5-2 | (Q5で「場合によって対面と遠隔を併用したい」と回答した方)<br>どのような場合に遠隔での健康体操を利用したいと思いますか？                 |
|   | 5-3 | (Q5で「これまで通り対面で健康体操を受けたい」と回答した方)<br>対面での健康体操が良いと考える理由を教えてください。                   |
| 6 |     | 今後、ご自宅でも遠隔での健康体操を受けてみたいと思いますか？  |
| 7 |     | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  |



① アンケート結果

遠隔健康指導の安心感については「とても安心して健康体操ができた」と回答した方が1回目では4名、2回目では2名であり、「概ね安心して健康体操ができた」と回答した方を合わせて全員となり、「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方はいなかった。

表 4.3.4.4-7 遠隔での健康体操は安心して受けられましたか？

| 評価              | 回答者数 |     |
|-----------------|------|-----|
|                 | 1回目  | 2回目 |
| とても安心して検査を受けられた | 4    | 2   |
| 概ね安心して検査を受けられた  | 1    | 3   |
| 多少不安であった        | 0    | 0   |
| とても不安であった       | 0    | 0   |

対面健康指導と比較した理学療法士との意思疎通に関しては「いつも通り意思疎通ができた」と回答した方が1回目では3名、2回目では2名であり、「概ね意思疎通ができた」と回答した方は1回目では1名、2回目では3名であり、過半数を占めていた。「多少意思疎通がしにくかった」と回答した方が1回目で1名であり、自由記載として、「タイムラグが気になる」とのコメントがあり、一部通常の対面健康指導と比べて意思疎通がしづらい場面があったことが見受けられた。

表 4.3.4.4-8 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？

| 評価             | 回答者数 |     |
|----------------|------|-----|
|                | 1回目  | 2回目 |
| いつも通り意思疎通ができた  | 3    | 2   |
| 概ね意思疎通ができた     | 1    | 3   |
| 多少意思疎通がしにくかった  | 1    | 0   |
| とても意思疎通がしにくかった | 0    | 0   |

今後の遠隔健康指導の利用意向は「遠隔で健康体操を受けても構わない」と回答した方が1回目、2回目ともに5名全員であった。

表 4.3.4.4-9 今後も遠隔での健康体操を受けたいと思いますか？

| 評価                 | 回答者数 |     |
|--------------------|------|-----|
|                    | 1回目  | 2回目 |
| 遠隔で健康体操を受けても構わない   | 5    | 5   |
| 場合によって対面と遠隔を併用したい  | 0    | 0   |
| これまで通り対面で健康体操を受けたい | 0    | 0   |

今後の自宅での遠隔リハビリの利用意向に関しては「自宅で受けてみたい」と回答した方が1回目は5名、2回目は3名であり、「施設（診療所や集会所）で受けてみたい」と回答した方が2回目では2名であった。

表 4.3.4.4-10 今後、ご自宅でも遠隔での健康体操を受けてみたいと思いますか？

| 評価                | 回答者数 |     |
|-------------------|------|-----|
|                   | 1回目  | 2回目 |
| 遠隔で健康体操を受けても構わない  | 5    | 3   |
| 場合によって対面と遠隔を併用したい | 0    | 2   |

## ② アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔健康指導の被験者向けのアンケートでは、対面での健康指導と比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、今後の利用意向について確認した。その結果、全ての方が「概ね安心して健康指導ができた」または、「とても安心して健康指導ができた。」と回答しており、安心感が高いことが確認された。また、リハビリ専門職との意思疎通については、一部タイムラグや声が聞きづらい場面があったものの、大多数の方が「いつも通り意思疎通ができた。」「概ね意思疎通ができた。」と回答していた。今後の利用意向としては、遠隔で健康体操を受けても構わないと全員が回答しており、受容性も高いことが確認された。被験者からは運動実施中、実施後に疲れに関するコメントが無かった。今回の実証では、低負荷運動かつ健常被験者で実施したため、実際に疲労感はなかったのかと考えられる。しかし、被験者が自ら疲労感を訴えることは稀であり、対面と比較し遠隔では患者・被験者からの発言・訴えが少なくなることが考えられる。そのため、運動指導者は被験者の疲労感等に配慮することは重要であり、疲れや負荷量に関して健康体操実施中に確認する必要があると考えられる。

3) 遠隔健康指導 医療従事者向けアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.4.4-11 遠隔健康指導 医療従事者向け アンケート

| 問 |     | 内容  |
|---|-----|---|
| 1 | 1-1 | 対面での健康体操と比較して、遠隔での健康体操指導における安全性の不安はありましたか？  |
|   | 1-2 | (1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>安全性に不安を感じた理由を教えてください。                               |
| 2 | 2-1 | 対面での健康体操と比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？   |
|   | 2-2 | (2. で「多少意思疎通、指導がしにくかった」、「とても意思疎通、指導がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通、指導ができていないと感じたか教えてください。 |
| 3 | 3-1 | 今後も遠隔での健康体操を提供したいと思いますか？  |
|   | 3-2 | (3. で「どちらかという対面で健康体操を提供したい」「これまで通り対面で健康体操を提供したい」と回答した方)<br>対面での健康体操が良いと考える理由を教えてください      |
| 4 |     | その他感想につきまして自由にご記載ください。  |

② アンケート結果

表 4.3.4.4-12 アンケート結果 (1 回目)

| 問   | 回答   |  |   |
|---|--|--|---|
|   | 理学療法士  | 作業療法士  | 看護師   |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔でのリハビリ指導における安全性の不安        | 多少安全性に不安があった   | 多少安全性に不安があった   | 多少安全性に不安があった  |
|   | 立ち上がりなど急な動作に対応が遅れてしまった。危険な動作は繰り返し声がけする事で事前に注意できると思います。現場の看護師がいる事で少し安心です。立位ではまだリスクが高くなると思います。財であれば比較的安心して指導出来ました。 | 遠隔で体調不良者が出てしまった場合、こちらの指示が的確に伝わるか不安であった。(例えば、AED がすぐに用意できるかや、横になるベッド(休めるベッド)があるか、またはすぐに用意できるかわからないため) | 負担の程度について指導者が期待しているものと合っているかを確認することが難しかった。(負担をかけすぎないように、声がけは会場で行う必要があると感じた) |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行えたか | 概ね意思疎通、指導ができた  | 概ね意思疎通、指導ができた  | 概ね意思疎通、指導ができた   |
|   | クローズドの質問であれば意思疎通が可能です。こちらの指導は伝わっていました。   | 今回の実証では、音声会話が出来なかった or やりにくかったので、対象者の本当の言葉・本年を聞くことがむずかしいなと思いました。一方的な指示であれば、そんなに問題ないのかと思いました。         | 集会場においては指導者の意向が対象者に伝わっているかを判断する必要と感じたため。                                    |
| 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思うか                     | 遠隔で健康体操を提供しても構わない  | 遠隔で健康体操を提供しても構わない  | どちらかという対面で健康体操を提供したい  |
|   | -  | 多くは遠隔での健康体操でも良いのかと思います。対面で体(筋肉)にふれないとわからない   | 直接住民への指導をするよりも、指導的立場(デイサービススタッフ、健康づくりリーダーなど)への指導を行う方法として考えてはどうかと感じた。        |
| その他                                       | -  | -  | -   |

表 4.3.4.4-13 アンケート結果 (2回目)

| 問   | 回答  |   |  |
|---|---|---|--|
|   | 理学療法士   | 作業療法士   | 看護師  |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔でのリハビリ指導における安全性の不安        | 安全性に懸念はない   | 多少安全性に不安があった  | とても安全性に不安があった  |
|   | 前回よりも集会所側の反応がはやくコミュニケーションはとりやすく感じた。画像の停止やかくつきが1つの画面だけであれば安全に可能。PTの時には問題なかったがOTの時に画像が停止していた。 | 対象者が急変や転倒してしまった場合の対応指示が的確にだせるかわからないから(指導者の問題)<br>痛みについて訴えがあっても直接触診ができないため、どの程度痛むのか対面時よりわかりにくいから       | 1回目に比較し、若い方、常に体を動かしている方の参加が多く、安心して観察することができた。  |
| 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行えたか | 概ね意思疎通、指導ができた   | 概ね意思疎通、指導ができた   | 概ね意思疎通、指導ができた  |
|   | クローズクエスチョンではうなずきなどで意思疎通できた。オープンでは名指しする事で運動の修正やコミュニケーションをとる事が出来た。                            | 音声の音割れ・ハウリング・映像(定点カメラのカクツキ、コミュニケーションカメラの静止)があり、一部指導がしにくかったと感じました。それらがなければ、ほとんどいつも通りに意思疎通・指導ができたと思います。 | 音声についてやや聞きとりづらい場面があった様。指導者が直接手を触れることが出来ないため、目だけでなく、耳からの情報は大切と感じた。                      |
| 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思うか                     | 遠隔で健康体操を提供しても構わない   | 遠隔で健康体操を提供しても構わない   | どちらかというに対面で健康体操を提供したい  |
|   | -   | 基本的には、遠隔での健康体操を提供しても構わないと思っています。しかし、直接体に触れないとわからない情報もあるため、時に対面での健康体操指導も必要ではないかと思っています。                | 本日は現場指導的立場の方もいたため、今後に生かしていただくことが期待できた。会場のスペースの問題もあったが、広いスペースがあれば提供できる内容も多くなり期待ができると思う。 |



| 問   | 回答   |  |     |
|-----|--|--|-----|
|     | 理学療法士  | 作業療法士  | 看護師 |
| その他 | <p>触診して指導する点では難しいが、健康指導では知識の共有や運動を知る事が重要になってくるため遠隔で十分可能だと思う。簡単なコミュニケーションや運動の確認・修正は可能。利用者側から質問が来た時に回答、対応が出来る事が確認できるとさらによかったと思う。</p> | <p>今回、遠隔での健康体操指導の機会をいただきありがとうございました。自分の至らない点、遠隔リハビリの可能性について勉強させていただくことができました。また機会がございましたら可能な限り協力しますのでよろしくお願いします。ありがとうございました。</p> | -   |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔健康指導の理学療法士向けのアンケートでは、対面での健康指導と比較した、不安感、被験者との意思疎通の度合いについて確認した。安全性に関しては、理学療法士、看護師共に多少安全性に不安があったと回答しており、対面の健康指導と比較して遠隔で体調不良者が出てしまった場合、対応指示が的確に出せるかについての不安が挙げられている。意思疎通に関しては、一方的な指示やクローズドの質問であれば意思疎通が可能であり、オープンな質問では名指しする事で運動の修正やコミュニケーションをとる事が出来たと回答があった。一方で、音声が聞きづらい場面もあったという課題も挙げられている。今後の遠隔健康体の提供に関しては、今回は実証のため会場のスペースの制約があったが、広いスペースがあれば提供できる内容が多くなるといったコメントがあった。今回の実証では安全に配慮し座位での体操を選択した。今後実装を見越して、運動のバリエーションを増やし、立位での運動等を提供する際には安全面への配慮も必要になると考えられる。

#### 4.3.4.5 検証項目の達成状況および残存課題

遠隔健康体操指導に関して、5G 環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。医療従事者視点では、安全性に関しては、理学療法士、作業療法士、看護師共に多少安全性に不安があったと回答しており、対面の健康指導と比較して遠隔で体調不良者が出てしまった場合、対応指示が的確に出せるかについての不安が挙げられている。運動修正の指示に関しては、対象者が複数みえるため誰かを伝える必要性があった。今後の課題としては、実際に集会場で健康体操を行う場合、10名程度で実施しているため、遠隔で健康体操指導を行う場合、5名程度が画面上限界になる。指導人数が10-15名程度に増えた場合、カメラ台数を増やす必要も考えられる。今後の方向性として1対多数拠点(2-3拠点)の運用も可能性として考えられる。また、今回は実証のため会場のスペースの制約があったが、広いスペースがあれば提供できる内容が多くなるといったコメントがあった。今回の実証では安全に配慮し座位での体操を選択した。今後実装を見越して、運動のバリエーションを増やし、立位での運動等を提供する際には安全面への配慮も必要になると考えられる。場面では、リハビリを実施する部屋のノイズを減らすような工夫や、音声が伝わりやすい構造の部屋の利用、画面とスピーカーを同一方向にするなど、環境設定で対応することも一案と考えられる。被験者の視点としては、今回の実証では、被験者からは運動実施中、実施後に疲れに関するコメントが無かった。被験者が自ら疲労感を訴えることは稀であるため、運動指導者は被験者の疲労感等に配慮することは重要であり、疲れや負荷量に関して健康体操実施中に確認する必要があると考えられる。遠隔リハビリの評価に関しては、今回は映像による評価を実施したが、今後は被験者の動きをデータ化し、定量的に解析する方法も考えられる。

#### 4.3.5 遠隔摂食嚥下療法

##### 4.3.5.1 実施概要

中核病院の言語聴覚士が、遠隔で嚥下の様子を確認し、咀嚼の様子や嚥下時の姿勢等を評価する。

##### 4.3.5.2 実証方法

前述の遠隔健康指導の実施後、遠隔健康指導の実証参加者5名（模擬被験者）のうち2名対して、在宅を想定した遠隔での摂食嚥下療法を行う。2名が食事を行い、その嚥下の様子を固定4Kカメラ映像と現地の看護師の装着するヘッドマウントカメラ映像によって中核病院へリアルタイム伝送し、遠隔の言語聴覚士の指示のもと嚥下指導および安全管理を行う。嚥下指導の実施後、アンケート回答を行い終了とする。アンケート票は別添資料1に示す。

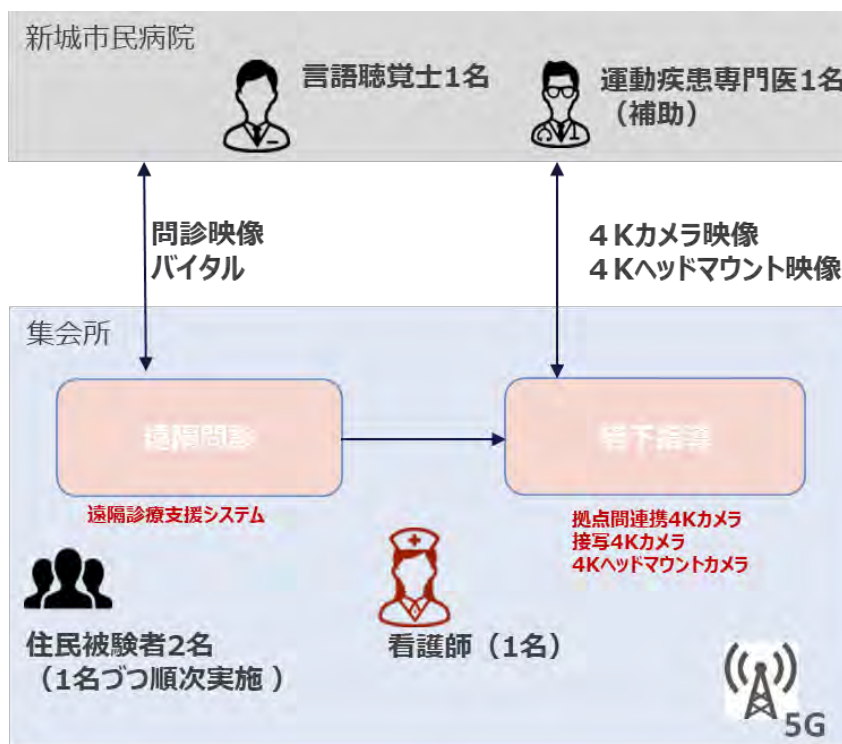


図 4.3.5.2-1 遠隔摂食嚥下療法の実証フロー



図 4.3.5.2-2 遠隔摂食嚥下療法の様子（中核病院）



図 4.3.5.2-3 遠隔摂食嚥下療法の様子（集会所）

#### 4.3.5.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 中核病院の言語聴覚士と現地の看護師が連携して嚥下指導が可能であること
- 2) 被験者の安全が確保されていること
- 3) 移動時間削減による医療従事者の稼働軽減効果が試算されていること
- 4) 対象地域の住民において社会受容性が確認されている

##### [検証方法]

- 1) 言語聴覚士および看護師の視点で、4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価する。なお、本実証では映像の圧縮率（ビットレート）を可変することにより医療従事者が映像品質を検証することとし、4K カメラは実証現地にて、医療従事者の意見を踏まえて有効なカメラアングルを検証する。なお、解像度、通信方式を可変した映像の比較検証も併せて実施する。
  - ・解像度：HD/2K/4K ⇒4K カメラを対象に可変
  - ・通信方式：5G/LTE ⇒4K カメラ、遠隔診療支援システムを対象に可変
  - ・ビットレート：5Mbps/15Mbps ⇒4K カメラを対象に可変
- 2) 医療従事者へのアンケート調査を行い、従来の対面での嚥下指導と比較した安全性を評価する
- 3) 従来、訪問型の嚥下指導に関わる医療従事者の稼働時間（移動時間を含む）と、実証における医療従事者の稼働時間から、稼働削減時間を試算する。
- 4) 実証に参加する被験者に対して、実証後に紙面でのアンケートを実施する。アンケート内容は、対面での嚥下指導と比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、移動等の削減によるメリットの有無、今後の利用意向の調査を含む。

表 4.3.5.3-1 遠隔摂食嚥下療法メニュー

| 番号 | メニュー                           |
|----|--------------------------------|
| 1  | 導入(主旨の説明など)                    |
| 2  | 摂食嚥下に関する問診                     |
| 3  | 舌の運動                           |
| 4  | 口腔内評価                          |
| 5  | 評価項目：歯牙欠損、義歯使用、口腔衛生(汚染・乾燥等の有無) |
| 6  | 摂食場面の評価                        |

#### 4.3.5.4 検証結果（アンケート結果）

##### 1) 遠隔摂食嚥下療法 医療従事者向け映像許容度アンケート

###### ① アンケート内容

表 4.3.5.4-1 遠隔摂食嚥下療法 医療従事者向け映像許容度アンケート

| 問 | 評価項目   | 評価条件      |          |                 |
|---|--|-----------|----------|-----------------|
|   |  | 通信方式      | 解像度      | ビットレート          |
| 1 | 映像品質（かくかくしていないか、解像度は十分か）<br>1. 品質は良かった、<br>2. どちらかといえば良かった<br>3. 品質は悪かった                     |           |          |                 |
| 2 | 遅延時間（映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか）<br>1. 遅延は許容範囲だった<br>2. どちらかといえば許容範囲だった<br>3. 遅延は許容範囲ではなかった | 5G<br>LTE | 4K<br>HD | 15Mbps<br>5Mbps |
| 3 | カメラ視野（アングルとカメラ台数の適正度）<br>1. アングルとカメラ台数は適正だった<br>2. どちらかといえば適正だった<br>3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった   |           |          |                 |

② アンケート結果

映像品質については、5G、4K、15M では全員が「品質は良かった」と回答している。LTE では、解像度がHD、2Kにおいて、3名が「どちらかといえば良かった」と回答しているが、4Kにおいて2名が「品質は悪かった」と回答している。

表 4.3.5.4-2 アンケート結果：映像品質

| 評価              | 回答者数           |                |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | [5G, 4K, 15M ] | [LTE, HD, 5M ] | [LTE, 2K, 5M ] | [LTE, 4K, 5M ] |
| 1. 品質は良かった      | 3              | 0              | 0              | 0              |
| 2. どちらかといえば良かった | 0              | 3              | 3              | 1              |
| 3. 品質は悪かった      | 0              | 0              | 0              | 2              |

遅延時間については、5G、4K、15M では全員が「遅延は許容範囲だった」と回答している。LTE においては、「遅延は許容範囲だった」と回答した人数は、HD では2名、2K では1名、4K では1名と、解像度が上がるにつれて回答者数が減っている。

表 4.3.5.4-3 アンケート結果：遅延時間

| 評価                 | 回答者数          |               |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. 遅延は許容範囲だった      | 3             | 2             | 1             | 1             |
| 2. どちらかといえば許容範囲だった | 0             | 1             | 2             | 2             |
| 3. 遅延は許容範囲ではなかった   | 0             | 0             | 0             | 0             |

カメラ視野（言語聴覚士）については、全ての条件でほぼ同様の回答が得られており、「アングルとカメラ台数は適正ではなかった」が最多であった。カメラの台数は問題無いが、元々のアングルがテーブル上の被験者の 2 名のを捉えており、喉元が見づらいとのことであった。カメラ位置を喉元のアップにしたことで見やすさは改善したとのコメントがあった。

表 4.3.5.4-4 アンケート結果：カメラ視野（言語聴覚士）

| 評価                     | 回答者数          |               |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                        | [5G, 4K, 15M] | [LTE, HD, 5M] | [LTE, 2K, 5M] | [LTE, 4K, 5M] |
| 1. アングルとカメラ台数は適正だった    | 1             | 0             | 0             | 0             |
| 2. どちらかといえば適正だった       | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 3. アングルとカメラ台数は適正ではなかった | 2             | 3             | 3             | 3             |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の映像品質の検証では言語聴覚士の視点で 4K 映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価した。その結果、5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では 5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生することが確認されている。また、カメラアングルについては 1 回目の実証で被験者 2 名が映るような画角に設定していたが、嚙下時の喉の動きが観察しづらいとコメントがされていた。2 回目の実証では、2 台のカメラのアングルをそれぞれの被験者の喉元を捉えるように画角変更およびズームをすることにより、喉頭挙上の動きが観察しやすく、嚙下状態の把握がしやすくなった。



2) 遠隔摂食嚥下療法 被験者向けアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.5.4-5 遠隔摂食嚥下療法 被験者アンケート

| 問 |     | 内容  |
|---|-----|---|
| 1 |     | 性別  |
| 2 |     | 年齢  |
| 3 | 3-1 | 遠隔での食事指導は安心して受けられましたか？  |
|   | 3-2 | (Q7で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方) 不安を感じた理由を教えてください。                             |
| 4 | 4-1 | 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？  |
|   | 4-2 | (Q8で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 |
| 5 | 5-1 | 今後も遠隔での食事指導を受けたいと思いますか？   |
|   | 5-2 | (Q9で「これまで通り対面で食事指導を受けたい」と回答した方)<br>対面での食事指導が良いと考える理由を教えてください。                   |
| 6 |     | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  |

## ② アンケート結果

遠隔摂食嚥下療法の安心感については1回目では「多少不安だった」と回答した方が2名、2回目では「とても安心して食事ができた」と回答した方が2名であった。1回目は「何、どこに注目されているのか？わからない事。」「カメラが気になり食事がのどを通りにくい様な気がした。」とのコメントがあった。モニタを通して常に言語聴覚士から見られていることが気になるのとこのことを受け、2回目の摂食嚥下療法実施時には被検者の食事中には中核病院側のカメラが映らないように変更したため、評価が変わったものと考えられる。

表 4.3.5.4-6 遠隔での食事指導は安心して受けられましたか？

| 評価            | 回答者数 |     |
|---------------|------|-----|
|               | 1回目  | 2回目 |
| とても安心して食事ができた | 0    | 2   |
| 概ね安心して食事ができた  | 0    | 0   |
| 多少不安であった      | 2    | 0   |
| とても不安であった     | 0    | 0   |

対面の摂食嚥下療法と比較した言語聴覚士との意思疎通に関しては、「概ね意思疎通ができた」、「多少意思疎通がしにくかった」と回答した方が1回目ではそれぞれ1名であり、2回目では「いつも通り意思疎通ができた」と回答した方が2名であった。1回目の被験者のコメントとして「通常時の食事とはちがうのかも」と回答されており、カメラを向けられることの不慣れな環境の影響があったと考えられる。実用場面では、嚥下障害のある方が食事に集中できる環境の構築や提供が重要であるため、カメラや画面の配置などを配慮する必要があると考えられる。

表 4.3.5.4-7 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？

| 評価             | 回答者数 |     |
|----------------|------|-----|
|                | 1回目  | 2回目 |
| いつも通り意思疎通ができた  | 0    | 2   |
| 概ね意思疎通ができた     | 1    | 0   |
| 多少意思疎通がしにくかった  | 1    | 0   |
| とても意思疎通がしにくかった | 0    | 0   |

今後の遠隔での摂食嚥下療法の利用意向は「遠隔で食事指導を受けても構わない」と回答した方が1回目、2回目ともに2名であった。

表 4.3.5.4-8 今後も遠隔での食事指導を受けたいと思いますか？

| 評価                 | 回答者数 |     |
|--------------------|------|-----|
|                    | 1回目  | 2回目 |
| 遠隔で食事指導を受けても構わない   | 2    | 2   |
| これまで通り対面で食事指導を受けたい | 0    | 0   |

今後の自宅での遠隔摂食嚥下療法の利用意向に関しては「自宅で受けてみたい」と回答した方が1回目は2名、2回目は1名であり、「施設（診療所や集会所）で受けてみたい」と回答した方が2回目では1名であった。

表 4.3.5.4-9 今後、ご自宅でも遠隔での食事指導を受けてみたいと思いますか？

| 評価                 | 回答者数 |     |
|--------------------|------|-----|
|                    | 1回目  | 2回目 |
| 自宅で受けてみたい          | 2    | 1   |
| 施設（診療所や集会所）で受けてみたい | 0    | 1   |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔摂食嚥下療法の被験者向けのアンケートでは、対面での摂食嚥下療法と比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、今後の利用意向について確認した。その結果、1回目は「多少不安だった」の回答のみであったが、2回目は「とても安心して食事ができた」と回答しており、食事時の中核病院の映像を消すなど食事に集中できる環境への配慮の重要性が確認された。また、リハビリ専門職との意思疎通については、見られながらの食事に慣れない点はあるものの、「いつも通り意思疎通ができた。」、「概ね意思疎通ができた。」との回答が多くを占めていた。今後の利用意向としては、遠隔で摂食嚥下療法を受けても構わないと全員が回答しており、受容性も高いことが確認された。

遠隔摂食嚥下療法 医療従事者向けアンケート結果

① アンケート内容

表 4.3.5.4-10 遠隔摂食嚥下療法 医療従事者向けアンケート結果

| 問 |     | 内容  |
|---|-----|---|
| 1 | 1-1 | 対面での食事指導と比較して、遠隔での食事指導に対する不安感はありましたか？   |
|   | 1-2 | (1.で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                                |
| 2 | 2-1 | 対面での食事指導と比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？                                     |
|   | 2-2 | (Q4で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。       |
| 3 | 3-1 | 今後も遠隔での食事指導を提供したいと思いますか？  |
|   | 3-2 | (Q6で「どちらかというに対面で食事指導を提供したい」「これまで通り対面で食事指導を提供したい」と回答した方)<br>対面での食事指導が良いと考える理由を教えてください。 |
| 4 |     | その他感想につきまして自由にご記載ください。  |

② アンケート結果

表 4.3.5.4-11 遠隔摂食嚥下療法 医療従事者向けアンケート結果

| 問   | 回答  |   |
|---|---|---|
|   | 1回目   | 2回目   |
| 対面での食事指導と比較して、遠隔での食事指導に対する不安              | <p>概ね安心して食事指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・先に問診を行ったことで、普段の嚥下の状態を確認でき、ほとんど問題がないことを事前に知られたのは良かった。</li> <li>・もしもムセや窒息が見られた時には、対応できるか不安であった。そういったリスクを考えると、対象者は嚥下障害があったとしても、機械誤嚥の方や液体誤嚥でとろみ付けの指導だけで良い方までとした方が良いと思った。</li> </ul> | <p>概ね安心して食事指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・映像は鮮明であり、喉頭挙上の動きがしっかりと確認できた。</li> <li>カメラアングルも前回より喉頭をしっかりと覗ける位置になっていたため、好きなタイミングで喉頭挙上などを評価することができて良かった。</li> <li>・ヘッドマウントカメラで口腔内を確認した際、以前よりも映像が明るく感じ、口蓋垂や咽頭後壁をはっきりと見ることはできなかったものの、口腔内の比較的奥の方まで観察しやすくなっていた。</li> </ul> |
| 対面での食事指導と比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行えたか | <p>概ね意思疎通、指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・音声の遅延があり、質問してから反応までに少し間があると伝わったか不安になった。ただ、毎回頷きや挙手などしっかりと反応がみられたため、今回のような反応の良い方であればこちらも安心して実施できると思った。</li> <li>・こちらの音声はしっかりと届いている様子で、被験者も指示通りに行っていた。集会所の音声もクリアに聞こえた。</li> </ul>   | <p>概ね意思疎通、指導ができた</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・こちらからの声掛けに対して、被験者の頷きなどの反応が少し遅いと伝わっているか不安になることがあった。しかし、その遅延も以前より少なかったため、その分前回よりも不安は軽減された。</li> <li>・オンラインということで被験者が敢えて相槌や感嘆の声を出していないとしたら、相手の反応を確認する方法が表情や頷きのみとなるので、表情が固い人がいる場合は話しづらくなると感じた。</li> </ul>                  |
| 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思                       | どちらかというに対面で食事指導を提供したい   | 遠隔で食事指導を提供しても構わない   |

| 問   | 回答  |   |
|-----|---|---|
|     | 1回目   | 2回目   |
| うか  | <p>・カメラ越しに口腔内を確認しづらいこと、誤嚥などいざという時対応しにくい点を考えると対面の方が良いと感じた。しかし、それ以外の部分では遠隔でも十分に評価を行えた。人数は事前の問診で概ね嚥下障害がないと分かっている方であれば、2-3人同時でも良いと思うが、少しでも不安がある方、普段からムセがみられる方なら1名ずつ、多くても2名までが良さそう。今回の様なケース以外にも、病院や施設内で、先にSTが評価し条件設定した方の再評価、感染のリスクがあって対面で評価できない場合に有効に使える可能性を感じた。</p> | <p>・映像を用いて嚥下状態に異常がないことを確認できた。軽度の嚥下障害や健常者のスクリーニングとして十分に活用と感じた。</p> <p>・今回は比較的若年者であったため、簡単な質問を行うだけで良かったが、高齢者や嚥下の不安を抱えている方の場合は普段の食形態やトロミの有無・濃度、何でむせるかなど更に詳しく質問をし、遠隔指導の実施の可否自体を先に判断する必要があると感じた。</p> <p>・同時に食事場面の評価をする場合、無理なく安全に評価するためには被験者の人数は2名までが良いと思われる。</p> |
| その他 | -   | <p>・実施前にカメラの高さを整えたが、対象者の身長・体格によってカメラの調整が必要になり、喉頭の位置などをしっかりと捉えるためにはカメラの角度が重要になると感じた。</p>   |

### ③ アンケート結果を受けての考察

今回の遠隔摂食嚥下療法の医療従事者向けのアンケートでは、対面での摂食嚥下療法と比較した、不安感、被験者との意思疎通の度合いについて確認した。安全性に関しては、1回目、2回目ともに「概ね安心して食事指導ができた」回答しており、先に問診を行ったことで嚥下の状態を確認できたことが良かったと挙げられている。意思疎通に関しては、「概ね意思疎通、指導ができた」と回答しており、2回目には音声の遅延も少なく、被験者の頷きなどの反応があると安心して実施ができるとのコメントがあった。今後の遠隔摂食嚥下療法の提供に関しては、1回目は「どちらかという対面で食事指導を提供したい」と回答していたが、2回目は「遠隔で食事指導を提供しても構わない」と回答しており、軽度の嚥下障害や健常者のスクリーニングには十分に活用できるとのコメントがあった。一方で、被験者の人数は安全に評価するためには多くても2名程度まで良いとのコメントがあった。

#### 4.3.5.5 検証項目の達成状況および残存課題

遠隔摂食嚥下療法に関して、5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生することが確認されている。また、カメラアングルについては1回目の実証で被験者2名が映るような画角に設定していたが、嚥下時の喉の動きが観察しづらいとコメントがされていた。2回目の実証では、2台のカメラのアングルをそれぞれの被検者の喉元を捉えるように画角変更およびズームをすることにより、喉の動きの観察のしやすさについて改善された。

医療従事者視点では、安全性に関しては、「概ね安心して食事指導ができた」回答しており、先に問診を行ったことで嚥下の状態を確認できたことが良かったと挙げられている。意思疎通に関しては、「概ね意思疎通、指導ができた」と回答しており、2回目には音声の遅延も少なく、被験者の頷きなどの反応があると安心して実施ができるとのコメントがあった。被験者視点では、1回目は「多少不安だった」の回答のみであったが、2回目は「とても安心して食事ができた」と回答しており、食事時の中核病院の映像を消すなどの配慮により、安心感が上がったことが確認された。また、リハビリ専門職との意思疎通については、見られながらの食事に慣れない点はあるものの、「いつも通り意思疎通ができた。」、「概ね意思疎通ができた。」との回答が多くを占めていた。今後の利用意向としては、遠隔で摂食嚥下療法を受けても構わないと全員が回答しており、受容性も高いことが確認された。

今後の課題としては、今回の実証では集会場という環境下であり、実際の食事場面と異なっていたことから、嚥下指導に関しては、自宅で実施する方が普段の様子で食事をして頂くことができると考えられる。その場合、自宅環境も含めて日常での食事場面、介助の様子等を確認できることが利点であると考えられる。

#### 4.3.6 災害時遠隔診療（下肢エコー）

##### 4.3.6.1 実施概要

山間部集落においては、災害時や積雪時等で道路が遮断され孤立する可能性がある。災害発生時には、深部静脈血栓、不整脈、高血圧、発熱、肺炎などの発症リスクが高く、早期の対処が必要になる。そのため、医師が遠隔から住民の症状の急変や増悪、さらには深部静脈血栓の検知を行い、ヘリなどの緊急搬送が必要であるか、あるいは現場で対処可能であるかを遠隔の医師が判断できるように実証を行う。深部静脈血栓に対しては下肢エコーを実施し、不整脈、高血圧、発熱、肺炎等については遠隔診療システムによって診断を行う。

##### 4.3.6.2 実証方法

集会所の玄関ホールを実証フィールドとする。模擬被験者3名に対して、順次、遠隔診療支援システムによって健康状態等の診療を実施する。その後、モバイル超音波画像診断装置を用いて下肢の超音波画像診断を行い、深部動脈血栓の検査を実施する。遠隔リハビリ指導と同様に、現地の看護師の装着するヘッドマウントカメラ映像を中核病院へリアルタイム伝送し、遠隔の医師のプロープ指示のもと検査を行う。検査実施後、アンケート回答を行い終了とする。アンケート票は別添資料1に示す。

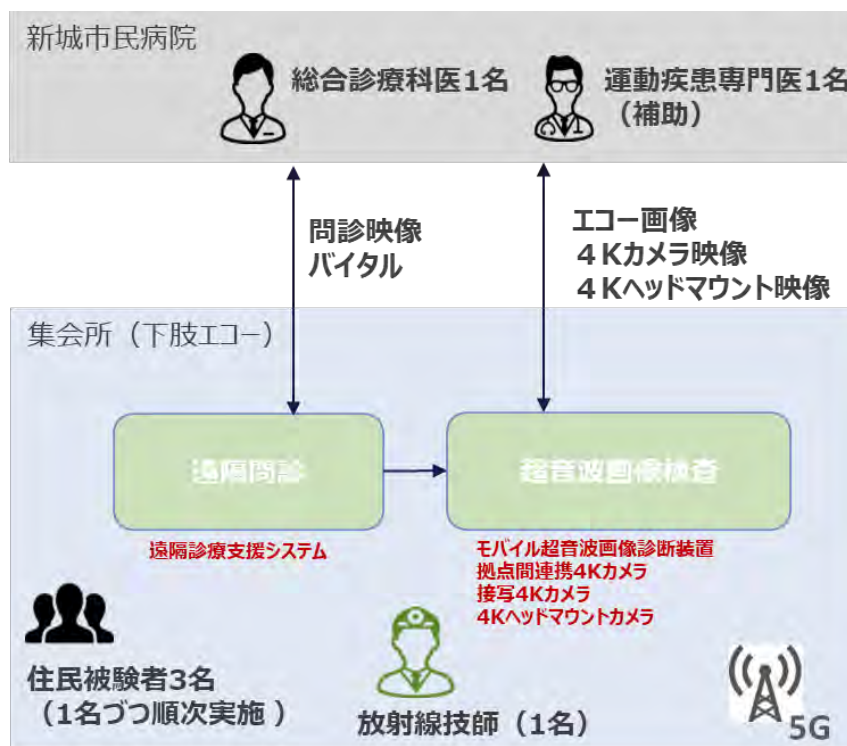


図 4.3.6.2-1 遠隔での下肢エコーの実証フロー





図 4.3.6.2-2 遠隔診療支援システムによる診療（中核病院）



図 4.3.6.2-3 遠隔診療支援システムによる診療（集会所）



図 4.3.6.2-4 遠隔での下肢エコーの様子（中核病院）



図 4.3.6.2-5 遠隔での下肢エコーの様子（集会所）

#### 4.3.6.3 検証項目・検証方法

##### [検証項目]

- 1) 中核病院の医師と集会所の看護師が遠隔において連携してプローブ操作が可能であること
- 2) 従来想定していた災害時診療と比較して、遠隔で行うことによる医療判断に至るまでに短縮される時間が試算されていること
- 3) 対象地域の住民において社会受容性が確認されている

##### [検証方法]

- 1) 総合診療科医の視点で、4K映像の解像度、映像伝送の遅延時間（許容範囲内か）を評価する。なお、本実証では映像の圧縮率を可変することにより医療従事者が映像品質を検証することとし、4Kカメラは実証現地にて、医療従事者の意見を踏まえて有効なカメラアングルを検証する。なお、モバイル超音波画像診断装置を対象に、LTE通信下でのエコー映像の比較検証も併せて実施する。  
また、遠隔プローブ操作と伝送されるエコー映像とのレスポンス性、遠隔でのコミュニケーションにおいて医師が求める検査箇所を正確にプローブできるかを医師の主観に基づいて評価する。
- 2) 従来想定されている診療までの時間（移動時間を含む）と、遠隔で行う場合のそれとで診療までの短縮時間を試算する。
- 3) 実証後、被験者に対して紙面でのアンケートを実施する。アンケート内容は、高齢者住民への提供に対する懸念事項を調査する。（被験者は市職員を予定している）

#### 4.3.6.4 検証結果（アンケート結果）

##### 1) 下肢エコー 医療従事者向けアンケート

##### ① アンケート内容

表 4.3.6.4-1 下肢エコー 医療従事者向けアンケート

| 問 |     | 内容   |
|---|-----|--|
| 1 | 1-1 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔にいる看護師/医師との意思疎通を普段通りに行うことができましたか？                               |
|   | 1-2 | (1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 |

|   |     |   |
|---|-----|---|
| 2 | 2-1 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？   |
|   | 2-2 | (2. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのエコー検査に対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。  |
| 3 | 3-1 | 今後も遠隔でのエコー検査を提供したいと思いますか？   |
|   | 3-2 | (3. で「どちらかというとも対面でエコー検査を提供したい」「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と回答した方) 対面でのエコー検査が良いと考える理由を教えてください。 |
| 4 | 4   | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  |

② アンケート結果

表 4.3.6.4-2 下肢エコー 医療従事者向けアンケート結果

| 問 |  | 1回目                         | 2回目   |
|---|--|-----------------------------|---|
| 1 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔にいる技師との意思疎通を普段通りに行うことができたか                                    | 多少意思疎通がしにくかった               | 概ね意思疎通指ができた                                     |
|   | 「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方) どのような場面で意思疎通ができていなかったか                 | エコーに動きがあるとタイムラグのため画像がみにくかった | -   |
|   | (1. で「いつも通り意思疎通ができた」、「概ね意思疎通ができた」と回答した方) 対面でのエコー検査と比較して感じたことを自由に記載             | -                           | エコー画像は見やすかったが自分で当てているわけではないので、どこを見ているか見失うことがあった |
| 2 | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔で行うことのメリットを感じたか   | とてもメリットがあると思う               | とてもメリットがあると思う                                   |
|   | (2. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのエコー検査に対してどのような点にメリットを感じたか | DVT の評価が可能であり有用と考えます        | 遠隔の方が気軽にできる                                     |
| 3 | 今後も遠隔でのエコー検査を提供したいと思うか   | ぜひ遠隔でエコー検査を提供したい            | ぜひ遠隔でエコー検査を提供したい                                |

| 問 |  | 1 回目 | 2 回目   |
|---|--|------|--|
|   | (3. で「どちらかというと対面でエコー検査を提供したい」「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と回答した方)<br>対面でのエコー検査が良いと考える理由 | -    | -  |
| 4 | その他感想  | -    | 画像のトラブルなく行えれば便利だと感じました。エコー画像でリアルタイムでどこにエコーを当てているか、分かるとより使いやすいと思います。(1つの画面で当てる部位とエコー画像があるとよいです) |

### ③ アンケート結果を受けての考察・課題

今回の下肢エコーの医療従事者向けのアンケートでは、対面でのエコーと比較した、メリットについて確認した。対面でのエコーと比べタイムラグの発生や、エコー画像のコマ抜けが挙げられている。遠隔でのエコー検査のメリットとしては、へき地でも専門の医師に所見を見てもらえることができる、直接立ち会えないケースでリアルタイムに画像診断が行うことができるとの意見が挙げられている。今後の遠隔でのエコー検査の提供に関しては、「これまで通り対面でエコー検査を提供したい」と2名の回答があり、「どちらかというと対面でエコー検査を提供したい」と1名の回答があった。フレームレートや画質に関する指摘がされているが、改善されれば有用であるとのコメントが挙げられている。下肢エコーの災害時使用の潜在的ニーズはある一方で、災害時のアンテナや電波状況などといった課題も挙げられる。

2) 下肢エコー 被検者向けアンケート

① アンケート内容

表 4.3.6.4-3 下肢エコー 被検者向けアンケート

| 問 |     | 内容   |
|---|-----|--|
| 1 |     | 性別   |
| 2 |     | 年齢   |
| 3 | 3-1 | 【被験者のご意見として伺います】<br>遠隔でのエコー検査に対する不安感はありましたか？   |
|   | 3-2 | (Q3で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                                 |
| 4 | 4-1 | 【被験者のご意見として伺います】<br>今後も遠隔でのエコー検査を受けたいと思いますか？   |
|   | 4-2 | (Q6で「どちらかというと対面でエコー検査を受けたい」「これまで通り対面でエコー検査を受けたい」と回答した方)<br>対面でのエコー検査が良いと考える理由を教えてください。 |
| 5 |     | 【行政のご意見として伺います】<br>今後、住民へ遠隔でのエコー検査を提供するとした場合、懸念される課題はありますか？                            |

② アンケート結果

下肢エコーの安心感については1回目では「概ね安心して検査を受けられた」と回答した方が2名、「とても安心して検査を受けられた」と回答した方が1名であった。2回目では「概ね安心して検査を受けられた」と回答した方が2名であり、「とても安心して検査を受けられた」と回答した方が1名であった。

表 4.3.6.4-4 【被験者のご意見として伺います】 遠隔でのエコー検査に対する不安感  
はありましたか？

| 評価              | 回答者数 |     |
|-----------------|------|-----|
|                 | 1回目  | 2回目 |
| とても安心して検査を受けられた | 1    | 2   |
| 概ね安心して検査を受けられた  | 2    | 1   |
| 多少不安であった        | 0    | 0   |
| とても不安であった       | 0    | 0   |

今後の遠隔での下肢エコー検査の利用意向に関しては「どちらかという遠隔で検査を受けたい」と回答した方が1回目は1名であり、「ぜひ遠隔で検査を受けたい」と回答した方が1回目では2名、2回目は4名であった。

表 4.3.6.4-5 【被験者のご意見として伺います】 今後も遠隔でのエコー検査を受けたい  
と思いますか？

| 評価                | 回答者数 |     |
|-------------------|------|-----|
|                   | 1回目  | 2回目 |
| ぜひ遠隔で検査を受けたい      | 2    | 3   |
| どちらかという遠隔で検査を受けたい | 1    | 0   |
| どちらかという対面で検査を受けたい | 0    | 0   |
| これまで通り対面で検査を受けたい  | 0    | 0   |

③ アンケート結果を受けての考察

今回の下肢エコーの被験者向けのアンケートでは、対面でのエコー検査と比較した、不安感、今後の利用意向について確認した。その結果、「概ね安心して検査を受けられた」「とても安心して検査を受けられた」と回答のみとなっており、「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方は0名であった。また、受容性については、是非遠隔で検査を受けたいと回答した方が最多数であった。

#### 4.3.6.5 検証項目の達成状況および残存課題

遠隔下肢エコー検査に関して、メリットとしては、へき地でも専門の医師に所見を見てもらうことができる、直接立ち会えないケースでリアルタイムに画像診断が行うことができるとの意見が挙げられている。今後の遠隔でのエコー検査の提供に関しては、フレームレートや画質に関しての指摘がされているが、改善されれば有用であるとのコメントが挙げられている。課題としてはタイムラグの発生や、エコー画像のコマ抜けが挙げられている。また、下肢エコーの災害時使用の潜在的ニーズはある一方で、災害時のアンテナや電波状況などといった課題も挙げられる。



#### 4.3.7 課題解決システム全体としての評価と今後の課題

本実証では、遠隔での健康増進・予防医療のため、5G通信と4K映像を用いた映像伝送・診療システムを構築し、遠隔診療やリハビリを実施した。実証フィールドである診療所には屋外恒久局を設置し、集会場には屋内外の可搬局を設置し、中核病院との間で、映像・バイタル・エコー画像を伝送し、中核病院の医療従事者の指示のもと診療やリハビリを行った。その結果、リハビリ指導、健康体操指導、摂食嚥下療法指導および超音波画像検査に5Gおよび4K映像を活用することによって有用性が示された。

映像伝送・診療システムの導入にあたる効果としては、中核病院への通院が困難な患者に対して、自宅付近の施設において診療やリハビリが実施できる可能性が示された。また、医療従事者の視点としては、従来、訪問診療等で移動に費やされていた医療従事者の稼働時間を、診療やリハビリ指導に充てることができることや、医療従事者の心理的・身体的負担の軽減および、濃厚接触機会の減少による感染症の防止などに寄与することが考えられる。

一方、映像伝送・診療システムの課題点としては、遠隔でのコミュニケーションの工夫や、高齢者や難聴の方が音声聞きやすくする工夫などが挙げられる。また、リハビリ時の安全性をより高めるため、患者の動作をデータとして中核病院側へフィードバックできる仕組みの構築が望まれる。超音波検査に関しては、機器の操作方法の微妙な差で画像の見え方が変わってくるため、遠隔拠点側の技師や看護師が一定のエコー経験を持っていた方が、検査を円滑に進められると考えられる。

#### 4.4 課題解決システムに関する効果検証

##### 4.4.1 予防医療における課題解決システムの効果検証

###### 4.4.1.1 住民の機能維持・回復、早期医療介入に関する効果の検証

へき地に住む高齢者住民においては、通院に係る課題から健康状態を定期的に把握することが困難であった。そこで、このような住民に対して、自治体が健康状態を能動的に評価し、早期に健康状態の異常を検知、早期に介入を行うことでADL低下による再入院といった問題の解消を図る。

4.3.1章において、プレゼンティーズム調査によって、住民の肉体的・精神的健康状態、幸福度、特定部位の愁訴についてデータとして可視化でき、健康異常の早期検知に貢献することを確認した。

さらに、早期介入として行うリハビリの機能改善効果を定量的に評価するため、モーションキャプチャによる歩行の解析を行った。歩行解析の結果を図4.4.1.1-1～図4.4.1.1-4に示す。解析結果から、モーションキャプチャシステムを用いて、リハビリ時の膝等の間接運動について、間接角度の増減や動きの滑らかさについて定量的な評価が可能であることが示された。

なお、本来は一定の期間を空けて、同一患者を対象に複数回にわたりモーションキャプチャシステムにより運動時のデータ収集を行うことで、リハビリによる歩行の経時的な改善度を検証することが必要である。しかし、今回の実証においては2週間という短期に2回のみ実証試験を実施したため、経時的な改善度の評価には至っていない。モーションキャプチャシステムによる高齢者の歩行運動を定量化可能であるかを検証事項として実施した。



図 4.4.1-1 モーションキャプチャシステムによる 8 方向からのカメラ映像

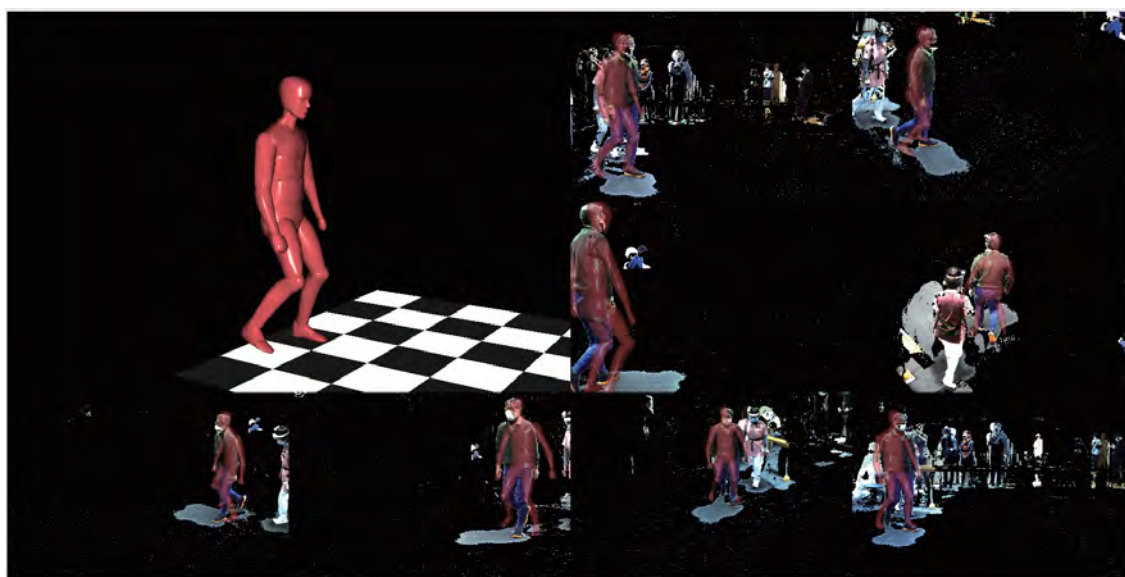


図 4.4.1-2 モーションキャプチャシステム取得映像に対する歩行者のモデルフィッティング

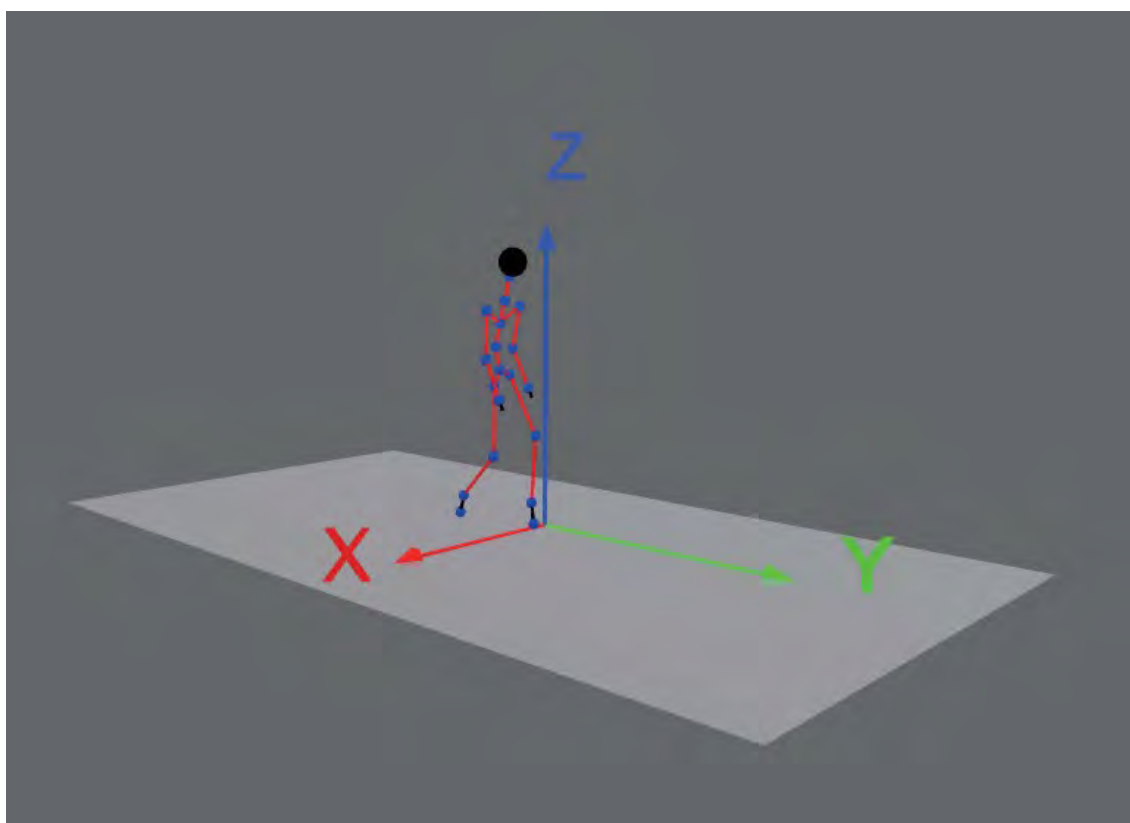


図 4.4.1-3 歩行者モデルの3次元解析

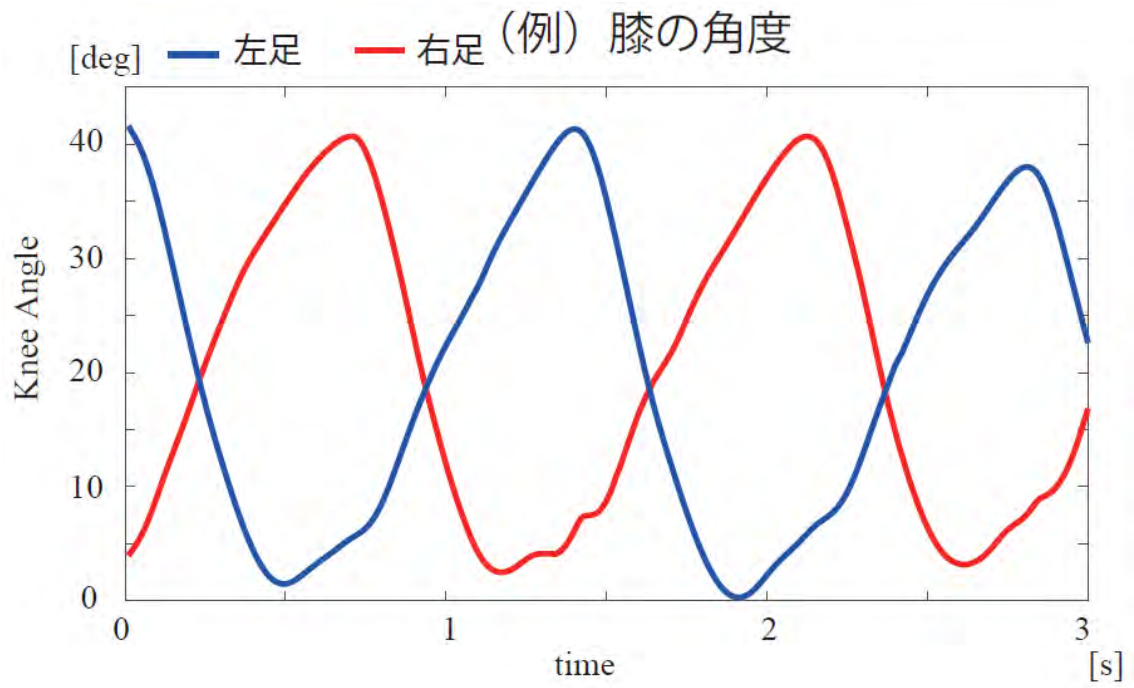


図 4.4.1-4 歩行運動の数値化

#### 4.4.1.2 住民の予防医療に対する意識の向上に資する効果の検証

実証に参加した住民に対して、アンケート調査を実施し、予防医療への意識の変化を計測した。46名のアンケート回答の協力を得た。回答者の内訳は男性27名、女性19名で、年齢は60代が27名、70代が19名であった。就労の有無では就労をしている方が32人、特に就労をしていない方が10名である。

外出頻度は週に5-6回の方が最多であり、次に1-2回であった。外出時間は0-10時間が13名と最多で、次に30-40時間が6名であった。

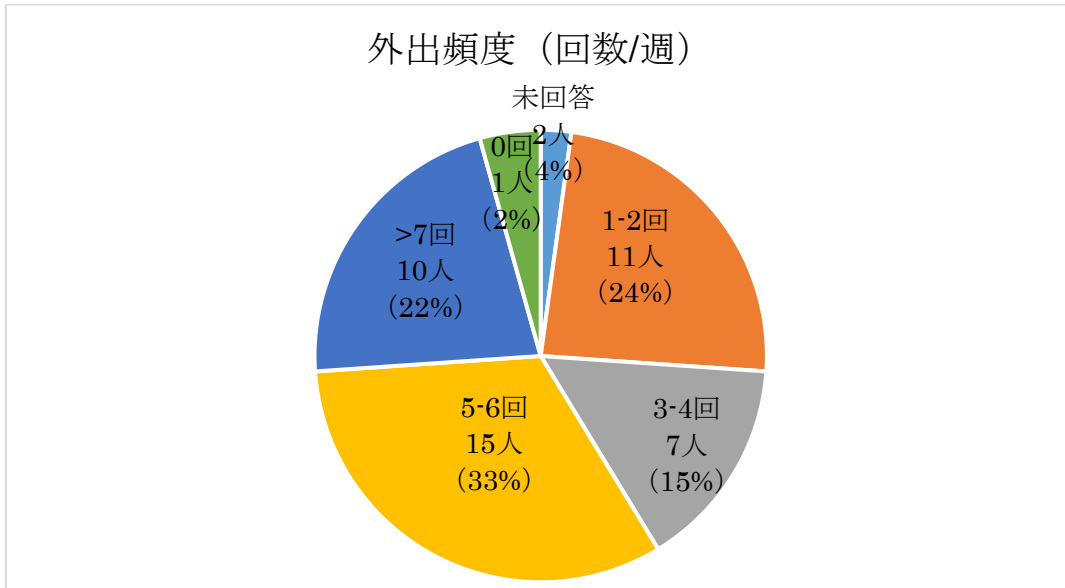


図 4.4.1.2-1 外出頻度 (回数/週)

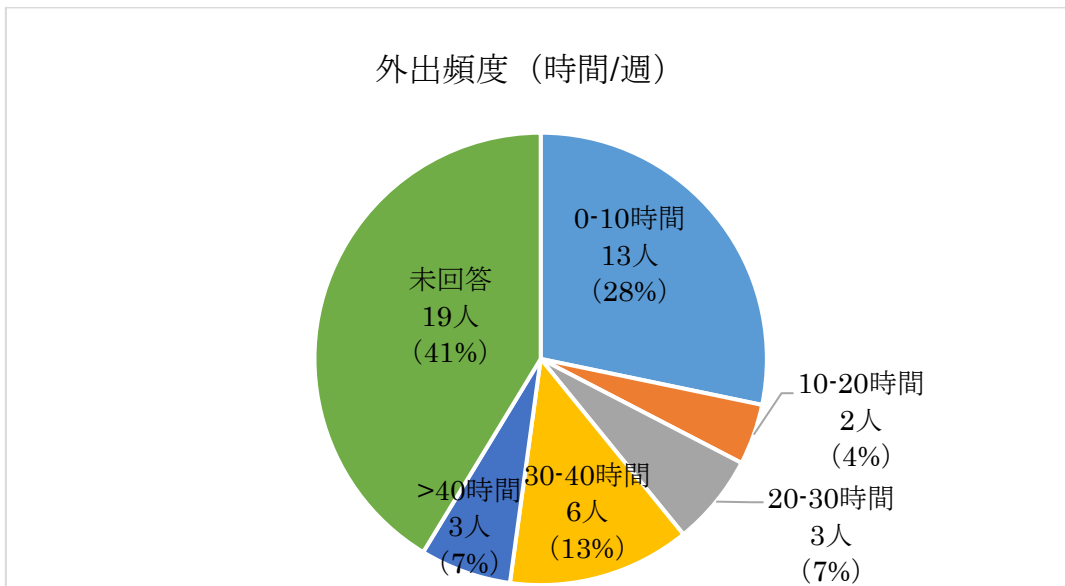


図 4.4.1.2-2 外出頻度 (時間/週)

外出の主な目的は、半数以上が仕事と買い物であった。その他としては、散歩・ウォーキング、畑仕事、運動および通院が挙げられていた。

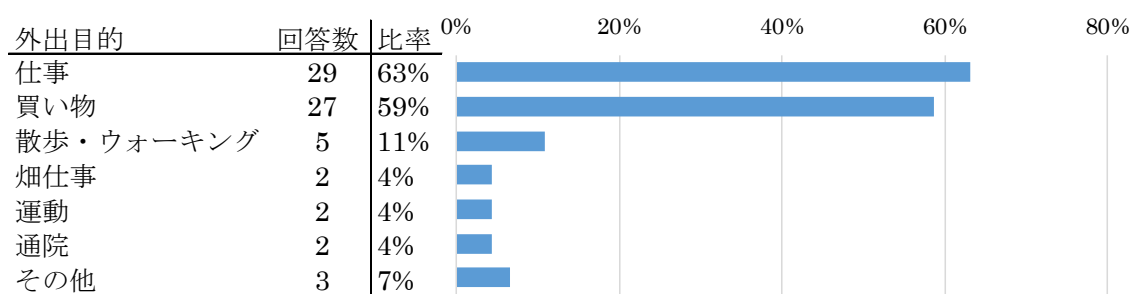


図 4.4.1.2-3 外出の主な目的（複数回答可）

プレゼンティーズム調査を通じての健康に対する意識の変化については、43 名が「特に変化はない」と回答しており、1 名が「健康に対する意識が高まった」と回答した。意識が高まった理由としては体力の衰えを挙げている。また、未記入の 2 名に関しては理由として、「特に高まったということではないが（ここ数年とても気にしているので）確認できたと思います。」、「父母が健在なので健康でいたい」と回答した。

「調査を通じての健康状態に対する新たな気づき」の設問に対する回答は 46 名全員が「特になし」と回答した。

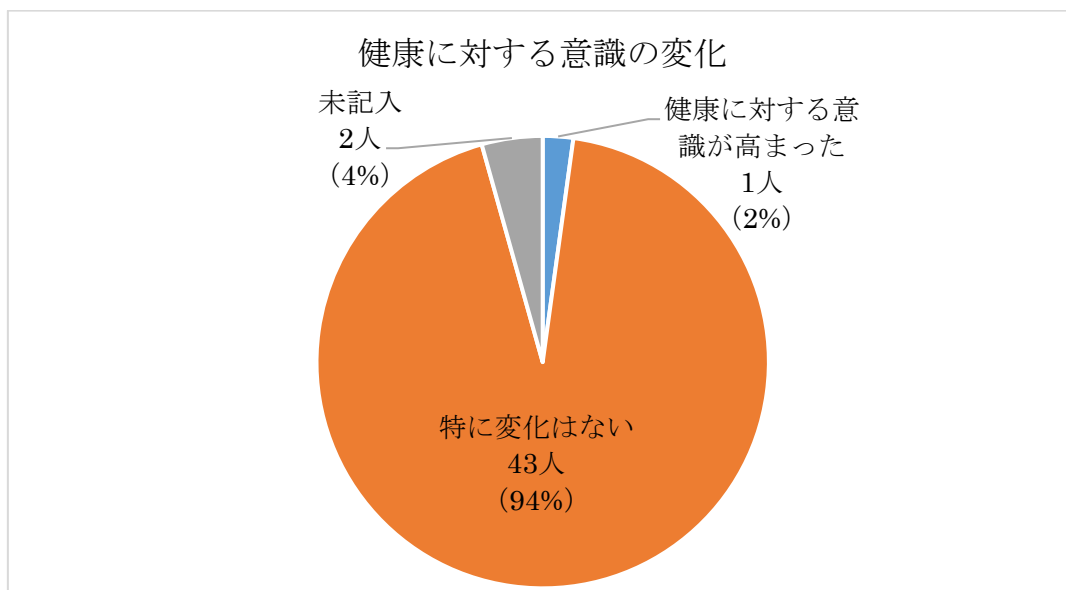


図 4.4.1.2-4 調査を通じての健康に対する意識の変化



新たな行動変容を起こす意向については、「どちらでもない」と回答した方が30名と最多であり、「思う」と回答した方が3名、「思わない」と回答した方が13名であった。「思う」と回答した3名は行動変容に「運動」を挙げていた。

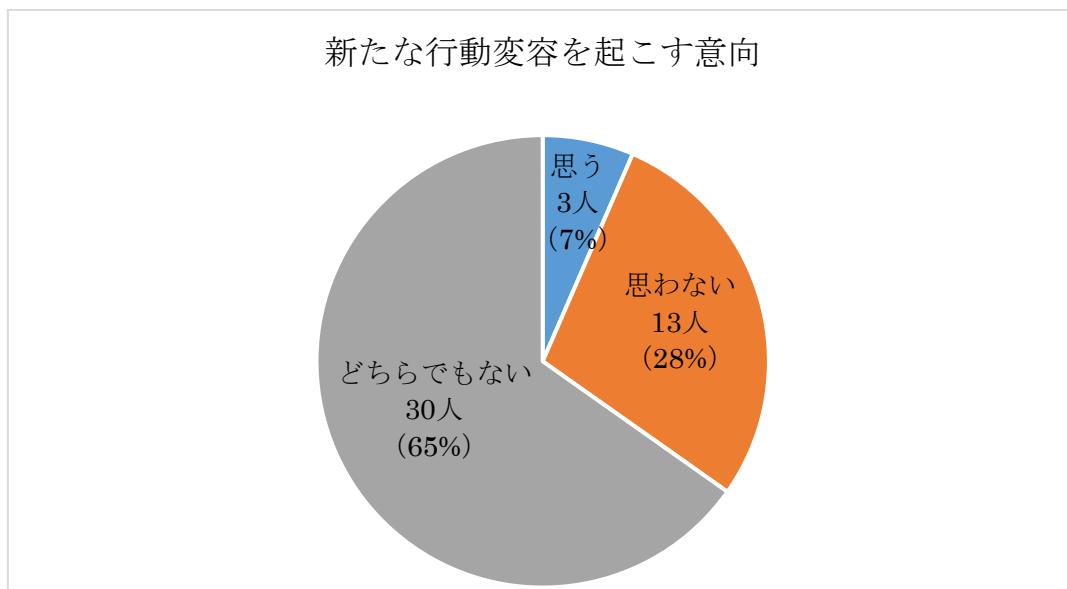


図 4.4.1.2-5 新たな行動変容を起こす意向

調査の趣旨の理解については、「おおよそ理解できた」と回答した方が 26 名で最多であり、「よくわからなかった」が 11 名、「理解できた」が 8 名、未回答が 1 名であった。

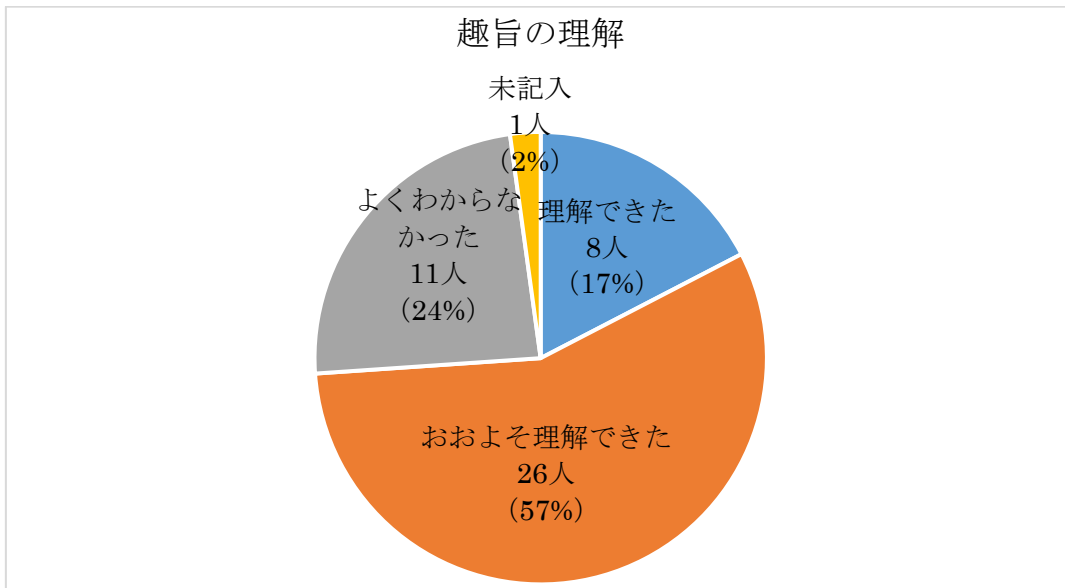


図 4.4.1.2-6 調査の趣旨の理解

調査に対する今後の協力の意向に関しては、「できれば協力したい」と回答した人が36名と最多であり、「協力したいとは思わない」が8名、「是非協力したい」が2名であった。

協力したいと思わない理由としては、「目的がよくわからない」と5名が回答しており、その他としては「結果が分からない」、「インターネットをやっていない」の回答があった。1名は未回答であった。

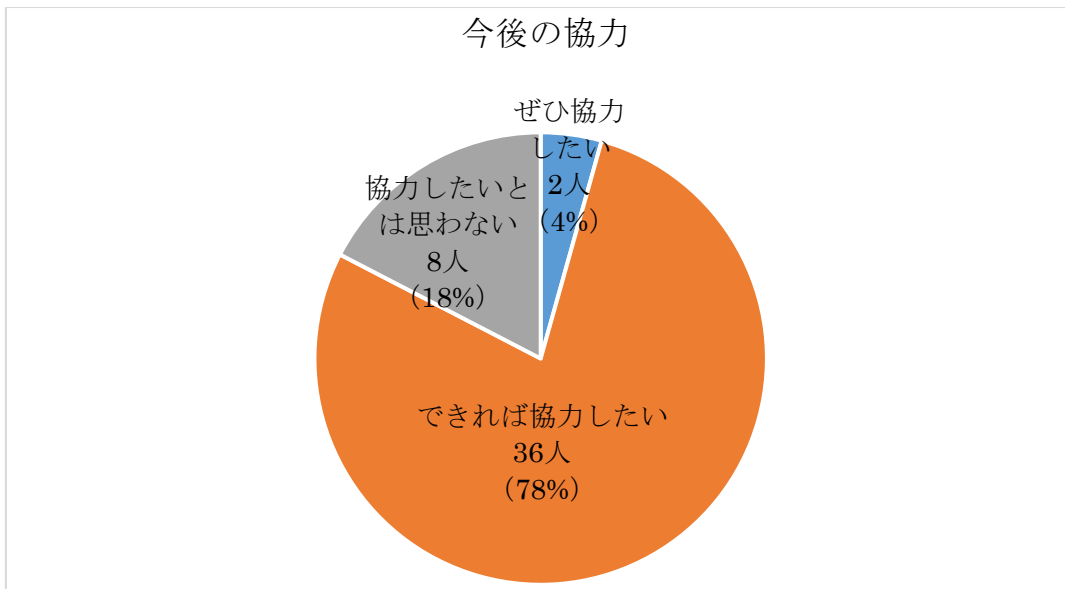


図 4.4.1.2-7 今後の協力の意向

回答方法については、「紙の用紙でのみ回答」が41人、「紙とインターネットで回答」が3名、未回答が2名であった。紙の用紙のみで回答した理由としては、「インターネットを普段使用していない」と回答した人が19名、「インターネットは使用できるが紙の方が簡単」と回答した人が15名であり、未記入が9名であった。

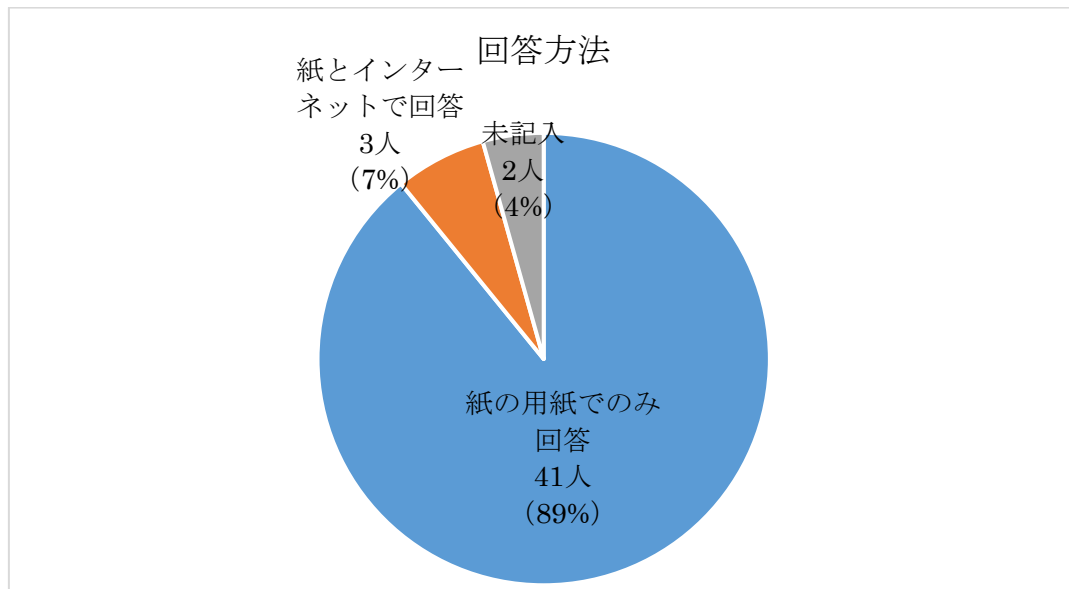


図 4.4.1.2-8 回答方法

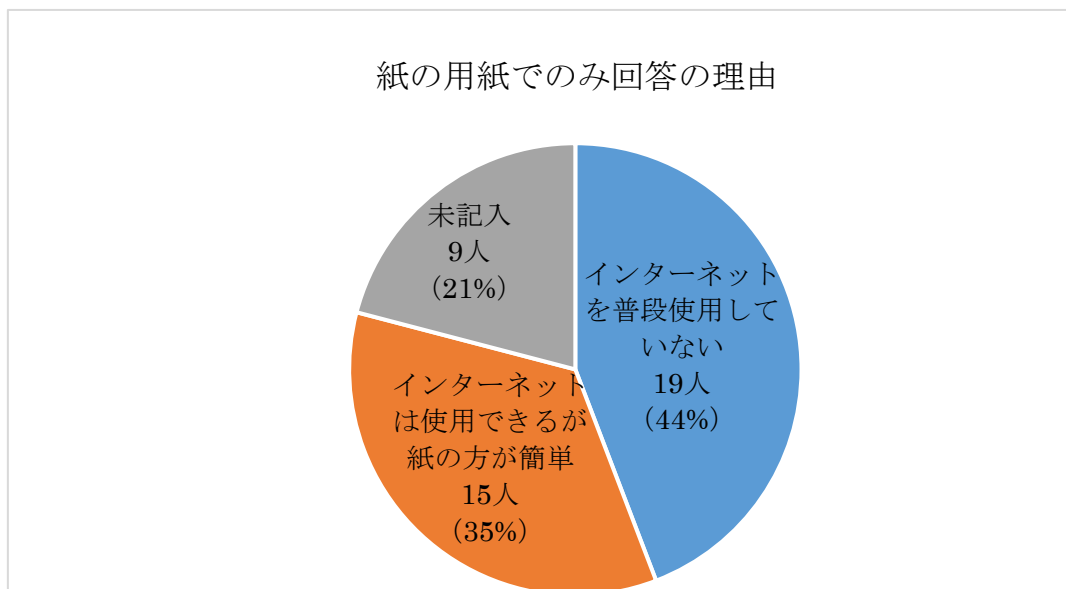


図 4.4.1.2-9 紙の用紙でのみ回答の理由

#### 4.4.2 遠隔リハビリ指導の効果検証

##### 4.4.2.1 医療従事者の負担軽減に資する効果の検証

遠隔リハビリ指導の導入による医療従事者の稼働削減量を机上にて試算する。遠隔リハビリ指導の導入対象は、新城市が行う作手診療所を拠点とした機能訓練事業の一環としてのリハビリテーション、および中核病院が行う在宅への訪問リハビリテーションを想定する。

機能訓練事業でのリハビリテーションは、作手診療所に理学療法士1名と看護師1名が訪問し指導を行うもので、訪問リハビリテーションは、在宅向けに理学療法士1名が訪問するものである。両事業において、遠隔リハビリ指導の導入によって想定される機能訓練事業の運用の変化を図4.4.2-1および図4.4.2-2に整理した。

機能訓練事業のリハビリテーションおよび訪問リハビリテーションの現状の医療従事者の稼働状況を表4.4.2.1-1に示した。現状の稼働状況に対して、映像伝送・診療システムとして遠隔リハビリ指導を導入することによる稼働時間の削減効果を試算し、表4.4.2.1-2および図4.4.2.1-3に試算結果を示した。

なお、訪問リハビリテーションにおいては、担当理学療法士は直行・直帰での移動を行うため、出勤時（稼働日の1人目の患者宅への訪問）および退勤時（最終の患者宅からの帰宅）に要する移動時間については試算の対象外とした。

表 4.4.2.1-1 遠隔リハビリ指導に関連する事業における現在の稼働状況  
(2020.6.1時点)

| 事業     | 稼働状況            |               |
|--------|-----------------|---------------|
| 機能訓練事業 | 頻度              | 月1回           |
|        | 介入できる患者         | 最大5名          |
|        | 1名当たりの介入時間      | 約60分          |
|        | 1回当たりに稼働する医療従事者 | 理学療法士1名、看護師1名 |
|        | 往復移動に要する時間      | 80分           |
| 訪問リハビリ | 訪問実施頻度          | 週1回           |
|        | 1日に介入できる患者      | 最大5名          |
|        | 1件当たりの介入時間      | 40分           |
|        | 1回当たりに稼働する医療従事者 | 理学療法士1名       |
|        | 1件の片道移動に要する平均時間 | 約30分          |

従来の機能訓練事業

遠隔リハビリ指導導入後の機能訓練事業

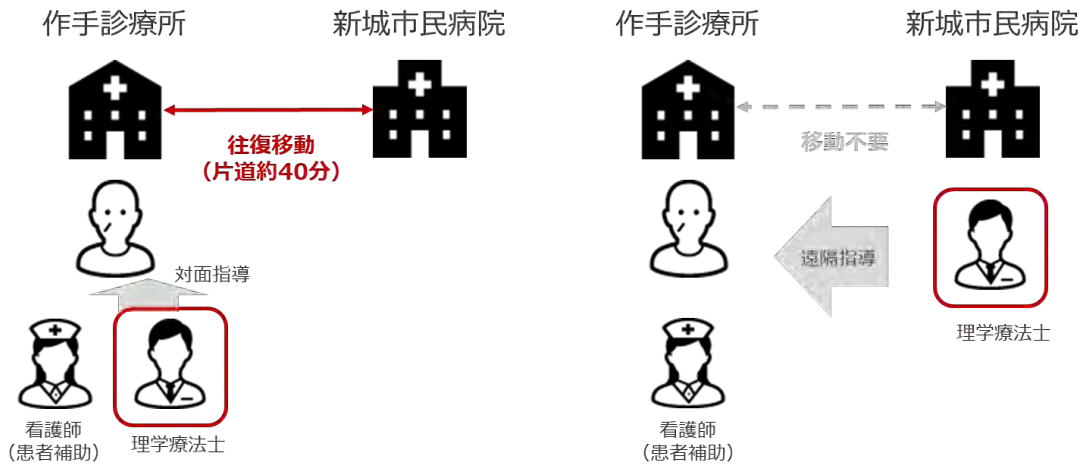


図 4.4.2.1-1 機能訓練事業でのリハビリテーションにおける運用の変化

従来の訪問リハビリテーション

遠隔リハビリ指導導入後の訪問リハビリテーション

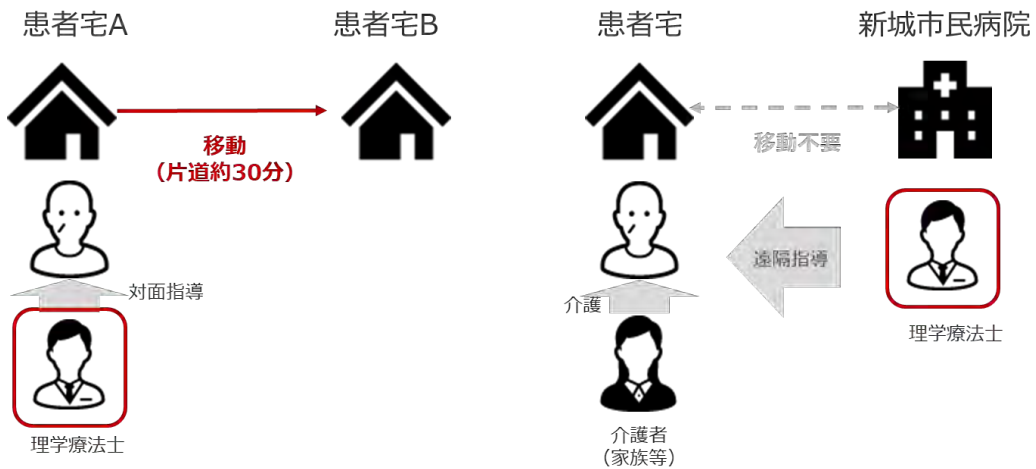


図 4.4.2.1-2 訪問リハビリテーションにおける運用の変化

表 4.4.2.1-2 遠隔リハビリ指導に関連する事業における稼働削減効果

| 事業                  | 医療従事者<br>(稼働人数単位) | 従来の稼働時間/月<br>(うち移動に要する<br>時間) | 遠隔リハビリ<br>指導導入<br>後の<br>移動可否 | 遠隔リハビリ指導の導入<br>後の想定稼働時間/月 | 新たにリハビリ<br>指導等に充てる<br>ことのできる想<br>定余剰時間/月 |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| 機能訓練事業              | 理学療法士<br>(1名)     | 6時間20分<br>(1時間20分)            | 不要                           | 5時間                       | 1時間20分                                   |
|                     | 看護師<br>(1名)       | 6時間20分<br>(N/A)               | 必要<br>(現地での<br>患者補助)         | 6時間20分                    | —  |
| 訪問<br>リハビリテー<br>ション | 理学療法士<br>(1名)     | 21時間20分<br>(8時間)              | 不要<br>(在宅での<br>応用を仮<br>定)    | 13時間20分                   | 8時間                                      |
| 合計                  |                   | 34時間                          |                              | 24時間40分                   | 9時間20分                                   |

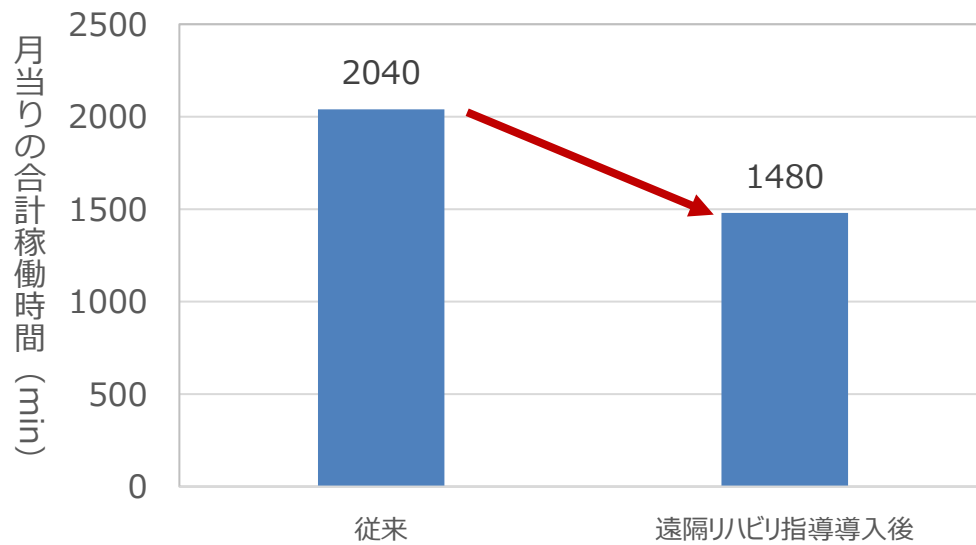


図 4.4.2.1-3 遠隔リハビリ指導の導入による稼働削減量の試算  
(理学療法士・看護師1名、1か月あたり)

#### 4.4.2.2 医療従事者の心理的負担の軽減に資する効果検証

へき地医療現場における過重労働や少数の人材で広範なエリアをカバーしなければならない重圧等の心理的負担について、映像伝送・診療システムによって心理的な負担軽減の効果があるか、実証に参加する訪問担当者へのアンケート調査により検証を行った。その結果、遠隔でリハビリを実施することにより、訪問する手間が減り、リモートでの頻度を増やすことが出来るため、患者の行動変動を起こしやすいといった意見が挙げられた。また、新型コロナウイルスによる自宅待機の方にも、安否確認を含め有効になる、といった意見も挙げられており、遠隔伝送・診療システムによって心理的負担軽減効果があることが示された。

#### 4.4.2.3 より高度な遠隔在宅リハビリの実現に資する効果の検証

映像伝送・診療システムを介した遠隔診療・リハビリ指導が、対面での介入と同等のリハビリ提供が可能であるか、理学療法士・看護師・総合診療科医の視点で評価した。具体的には、映像伝送の圧縮率を可変することにより比較検証をした。さらに、実証時の映像を録画取得し、録画映像のフレームレートを変えて医療従事者の視点で比較検証を行うことも想定した。その結果、5G 環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。安全性に関しては、理学療法士、看護師共に多少安全性に不安があったと回答しており、対面のリハビリと比較して、遠隔リハビリでは歩行時にフレームに対して患者が小さく映るため、観察が難しく息遣いや微妙な表情の変化の観察ができず、負荷量の調整の不安が挙げられている。意思疎通に関しては、画面越しでのコミュニケーションの難しさや、会話のタイミングについて挙げられている。遠隔リハビリのメリットとしては、遠距離の方にもリハビリの提供が可能であり、普段リハビリが受けづらい方にとって訓練の頻度を増やす事ができ、運動習慣の定着等の行動変容に一助を果たす可能性があるとの意見が挙げられている。今後の遠隔リハビリの提供に関しては、被検者によって、対面が良いという方と遠隔リハビリで良いと感じる方がいるため、両方を使用してリハビリを提供することで、機会が増え予防に繋がると期待される。

#### 4.4.2.4 既存の通信環境を用いた場合との比較検証

5G ルータの設定変更 (5G→4G) することで、各アプリケーション部の映像品質等を医療従事者の視点で比較検証した。その結果、5G であれば解像度、遅延時間共に大きな問題なく、被検者が早い動作を行っても遅延は無かった。LTE の場合、5G と比べると解像度はやや粗く、遅延が生じていたため、手指や足の細かな動きは見るのが難しく、粗大運動の評価に限定されることが確認された。LTE 環境下においては、解像度を HD から 2K、4K と上げるとともに、遅延が増えることが確認されたため、LTE、5M、HD の組み合わせにおいて、バランスが取れていると考えられる。一方で、音声の遅延に関しても生じているため、コミュニケーション実施時に通常の会話と比べた場合のやりづらさを感じたとの所感が得られている。



#### 4.4.3 遠隔診療（腹部エコー）

##### 4.4.3.1 患者との接触機会の変化に関する検証

本実証では、映像伝送・診療システムを導入した場合の患者との接触機会の減少効果を考える。

##### 遠隔リハビリ指導による接触機会の変化

従来、作手診療所にて行ってきた機能訓練事業としてのリハビリテーションは、理学療法士1名および看護師1名で実施されてきた。遠隔リハビリ指導を取り入れた場合、理学療法士は中核病院から遠隔での指導を行うため、患者への接触者を看護師1名に減らすことができる。また、中核病院内で行われている医療リハビリテーションにおいても、将来的に遠隔で行うことが認められた場合、患者の院内感染のリスクが低減される。さらに、新型コロナウイルスの入院患者を有する医療機関においては、少なからず院内感染の可能性がある医療従事者が院外の患者へ感染させるリスクも減らすことにつながる。

##### 遠隔診療による接触機会の変化

通常、超音波画像検査は中核病院にて行われており、患者は院内において、医療従事者や他の患者との接触機会を持っている。超音波画像検査や問診を遠隔で行う場合、患者への接触者は技師（または看護師）に限定され、院内感染のリスクを無くすることができる。

##### 4.4.3.2 既存の通信環境を用いた場合との比較検証

5G ルータの設定変更（5G→4G）することで、各アプリケーション部の映像品質等を医療従事者の視点で比較検証した。その結果、映像遅延に関しては、5G に関しては許容範囲である旨の回答が得られており、エコー画像の確認に遅延が問題ないことが確認された。一方で映像品質については5G、LTE ともに「品質は悪かった」との回答を得ているが、医師へのヒアリングの結果から、中核病院が所有しているエコー装置の画像と比べ、相対的に品質が悪いとのことであり、診断を行う上では、臓器などは問題無く確認することができ、問題ないことが確認されている。LTE においては「遅延は許容範囲ではなかった」との回答が得られており、診断が難しいことが確認された。発生した遅延はLTE 回線を使用したことによる起因ではなく、今回の実証環境や社外アプリケーションを使用したことが起因となる遅延であることが確認されている。

#### 4.4.4 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法

##### 4.4.4.1 医療従事者の負担軽減に資する効果の検証

遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法の導入による医療従事者の稼働削減量を机上にて試算する。遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法の導入対象は、新城市訪問看護ステーション業務の一環で行っている、看護師による在宅での健康指導および食事指導を想定する。なお、訪問看護における健康指導および食事指導は、本実証でリハビリ専門職が行った集団での健康指導や嚥下指導と性質が異なるものであるが、将来の応用性を網領してここでは同等の指導であると仮定し試算の対象とした。

訪問看護は、在宅患者に対して看護師 1 名が訪問し指導を行うものである。遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法の導入によって想定される訪問看護の運用の変化を図 4.4.4-1 に整理した。

訪問看護の現状の医療従事者の稼働状況を表 4.4.4.1-1 に示した。現状の稼働状況に対して、遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法を導入し、対面での処置をすべて遠隔で行うと仮定した場合の稼働時間の削減効果を試算し、表 4.4.4.1-2 および図 4.4.4.1-2 に試算結果を示した。

なお、既存の訪問看護には、対象患者に応じて健康指導と嚥下指導以外の業務も多分に含まれるが、簡単のため本試算では考慮していない。また、訪問看護の担当看護師は直行・直帰での移動を行うと想定し、出勤時（稼働日の 1 人目の患者宅への訪問）および退勤時（最終の患者宅からの帰宅）に要する移動時間については試算の対象外とした。

表 4.4.4.1-1 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法に関連する事業における現在の稼働状況  
(2020.6.1 時点)

| 事業                         | 稼働状況             |                     |
|----------------------------|------------------|---------------------|
| 訪問看護による介入<br>(在宅健康指導・嚥下指導) | 訪問実施頻度           | 週 1 回～2 回           |
|                            | 1 日に介入できる患者      | 最大 4 名              |
|                            | 1 件当たりの介入時間      | 40 分                |
|                            | 1 回当たりに稼働する医療従事者 | 看護師 1 名             |
|                            | 1 件の片道移動に要する平均時間 | 25 分-35 分 (平均 30 分) |

従来の訪問看護

遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法導入後の訪問看護

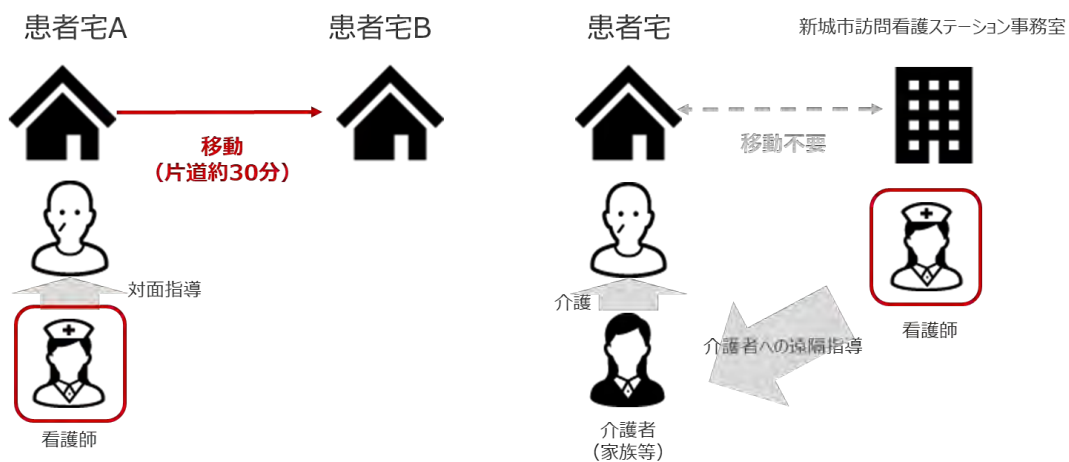


図 4.4.4.1-1 訪問看護における運用の変化

表 4.4.4.1-2 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法に関する事業における稼働削減効果

| 事業   | 医療従事者<br>(稼働人数単位) | 従来の稼働時間/月<br>(うち移動に要する時間) | 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法導入後の移動要否       | 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法導入後の想定稼働時間/月 | 新たに指導等に充てることのできる想定余剰時間/月 |
|------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 訪問看護 | 看護師<br>(1名)       | 25時間<br>(9時間)             | 不要<br>(在宅での応用、かつ家族による患者補助を想定) | 16時間                        | 9時間                      |

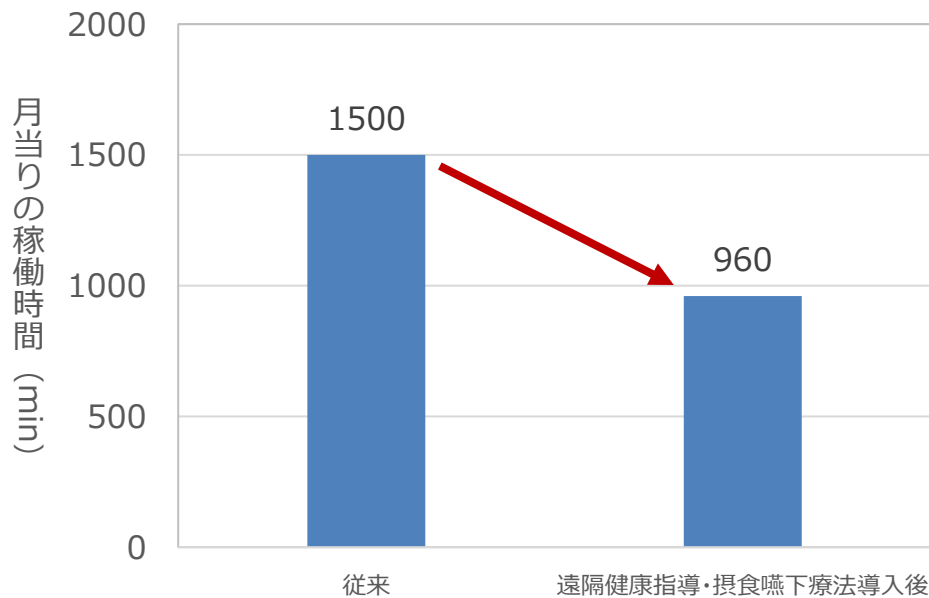


図 4.4.4.1-2 遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法の導入による稼働削減量の試算  
(看護師 1 名、1 か月あたり)

#### 4.4.4.2 医療従事者の心理的負担の軽減に資する効果検証

へき地医療現場における過重労働や少数の人材で広範なエリアをカバーしなければならない重圧等の心理的負担について、映像伝送・診療システムによって心理的な負担軽減の効果があるか、実証に参加する訪問担当者へのアンケート調査により検証を行った。

##### 遠隔健康指導

遠隔でリハビリを実施することにより、訪問する手間が減り、リモートでの頻度を増やすことが出来るため、患者の行動変動を起こしやすいといった意見が挙げられた。また、新型コロナウイルスによる自宅待機の方にも、安否確認を含め有効になる、といった意見も挙げられており、遠隔伝送・診療システムによって心理的負担軽減効果があることが示された。

##### 遠隔遠隔摂食嚥下療法

構築した映像伝送・診療システムは、軽度の嚥下障害や健常者のスクリーニングには十分に活用できるとのコメントがあった。今回の実証では集会場という環境下であり、実際の食事場面と異なっていたため、嚥下指導に関しては自宅で実施する方が普段の様子で食事をして頂くことができると考えられる。その場合、自宅環境も含めて、日常での食事場面、介助の様子等を確認できることが利点であると考えられるとの意見が挙げられている。また、感染リスクがあり、対面で評価できない場合に有効に使える可能性があるとの意見も挙げられており、導入時の心理的な負担軽減が期待される。

#### 4.4.4.3 より高度な在宅リハビリの実現に資する効果の検証

映像伝送・診療システムを介した遠隔診療・リハビリ指導が、対面での介入と同等のリハビリ提供が可能であるか、理学療法士・看護師・総合診療科医の視点で評価する。具体的には、映像伝送の圧縮率を可変することにより比較検証をする。さらに、実証時の映像を録画取得し、録画映像のフレームレートを変えて医療従事者の視点で比較検証を行うことも想定した。

##### 遠隔健康指導

5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では 5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生するが、粗大運動では問題無いことが確認できた。一方で、今回の実証では 5 名の被験者の指導を行ったが、実際に集会場で健康体操を行う場合、10 名程度で実施している。遠隔で健康体操指導を行う場合、5 名程度が画面上限界に近い場合、指導人数が 10-15 名程度に増えた場合、カメラ台数を増やす必要も考えられる。今後の方向性として 1 対多数拠点 (2-3 拠点) の運用も可能性として考えられる。

##### 遠隔摂食嚥下療法

5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。喉頭挙上や口腔内を視認でき、食事姿勢、食事スピード、一口量などの評価には映像の品質は大きく影響しないことが確認された。また、カメラアングルについては、2 台のカメラのアングルを、それぞれの被検者の喉元を捉えるように画角変更およびズームをすることにより、喉の動きが十分に観察することが可能であった。

#### 4.4.4.4 既存の通信環境を用いた場合との比較検証

5G ルータの設定変更 (5G→4G) することで、各アプリケーション部の映像品質等を医療従事者の視点で比較検証した。

##### 遠隔健康指導

5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では 5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生するが、粗大運動では問題無いことが確認できた。

##### 遠隔摂食嚥下療法

5G 環境下では解像度、遅延時間共に問題ないことが確認された。一方、LTE、5M、HD では 5G、15M、4K と比べるとやや解像度は粗く、画像のかくつきが発生することが確認されているが、食事姿勢、食事スピード、一口量など、大まかな評価には問題無いことが確認された。

#### 4.4.5 災害時遠隔診療（下肢エコー）

##### 4.4.5.1 災害時の迅速な医療判断と二次被害の予防に資する効果の検証

災害時の避難所生活による二次被害として、深部静脈血栓の発症リスクを想定し、下肢に対する超音波画像検査を遠隔から行うことができるか医師の視点で評価を行った。その結果、映像伝送・診療システムで遠隔拠点から送信されたエコー画像を確認することにより、深部静脈血栓症の診断が可能であることが示された。深部静脈血栓症のスクリーニング検査にエコーを使う場面としては、発災から3、4日程度経過後が想定される。これまでの発災時には、診療放射線技師が被災地にエコーの装置を持ち込み、実際に診療を実施していた。今回の映像伝送・診療システムを使用することにより、医師が多数で遠隔でエコー画像を観察することにより、より診断の信頼性が増すことに寄与すると考えられ、深部静脈血栓発症予防の一助となると考えられる。

##### 4.4.5.1 既存の通信環境を用いた場合との比較検証

5G ルータの設定変更（5G→4G）することで、各アプリケーション部の映像品質等を医療従事者の視点で比較検証した。その結果、5G ではエコー画像の遅延が問題ないことが確認された。一方で、LTE においては遅延許容範囲ではなかった旨の意見が得られており、診断が難しいことが確認された。

## 4.5 課題解決システムに関する機能検証

### 4.5.1 機能一覧機能説明

本実証では表 4.5.1-1 に示した 4 つの機能を用いてリハビリ指導や診療を行う。  
具体的な通信経路については図 4.5.1-1～図 4.5.1.4 に示す。

表 4.5.1-1 本実証で提供する機能と通信方法

| 機能  | 概要  | 通信方法   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・接写用カメラ</li> <li>・ヘッドマウントカメラ</li> <li>・拠点間連携カメラ</li> </ul> | <p>[全カメラ共通]<br/>診療所/集会所に設置した 4K カメラで撮影した映像を、病院のモニタに表示する。</p> <p>[拠点間連携カメラのみ]<br/>病院に設置した 4K カメラで撮影した映像を、診療所/集会所のモニタに表示する。</p> | 各カメラのエンコーダ・デコーダ間で VPN 接続を行った後、エンコーダ、デコーダ上で、映像伝送アプリを起動し、1 対 1 の通信を行う。   |
| モバイル超音波画像診断装置   | 診療所/集会所に設置したタブレット端末に表示された超音波画像を、病院のモニタに画面共有する。  | 病院の PC から診療所のタブレット端末へ画面共有ソフトウェアを使用し、TCP/IP 接続を行う。  |
| 遠隔診療支援システム  | 診療所/集会所に設置したタブレット端末で収集したバイタルデータを病院のモニタに表示する。<br>診療所/集会所とテレビ電話による通話を行う。  | タブレット端末とバイタルセンサーは Bluetooth で接続する。<br>タブレット端末はドコモラボに設置された VPN ルータと VPN 接続を行った後、遠隔診療支援システムのサーバにデータ送信し、病院 PC はバイタルデータの取得のため、遠隔診療支援システムのサーバに接続する。<br>テレビ電話もバイタルセンターと同一のネットワーク構成でデータ通信を行う。 |
| モーションキャプチャシステム  | 診療所に設置したモーションキャプチャ用のカメラ 8 台の映像を病院のモニタに表示する。<br>病院からモーションキャプチャの録画操作を行う。  | 病院の PC から診療所に設置されたモーションキャプチャシステム用 PC にリモートデスクトップ接続を行う。   |

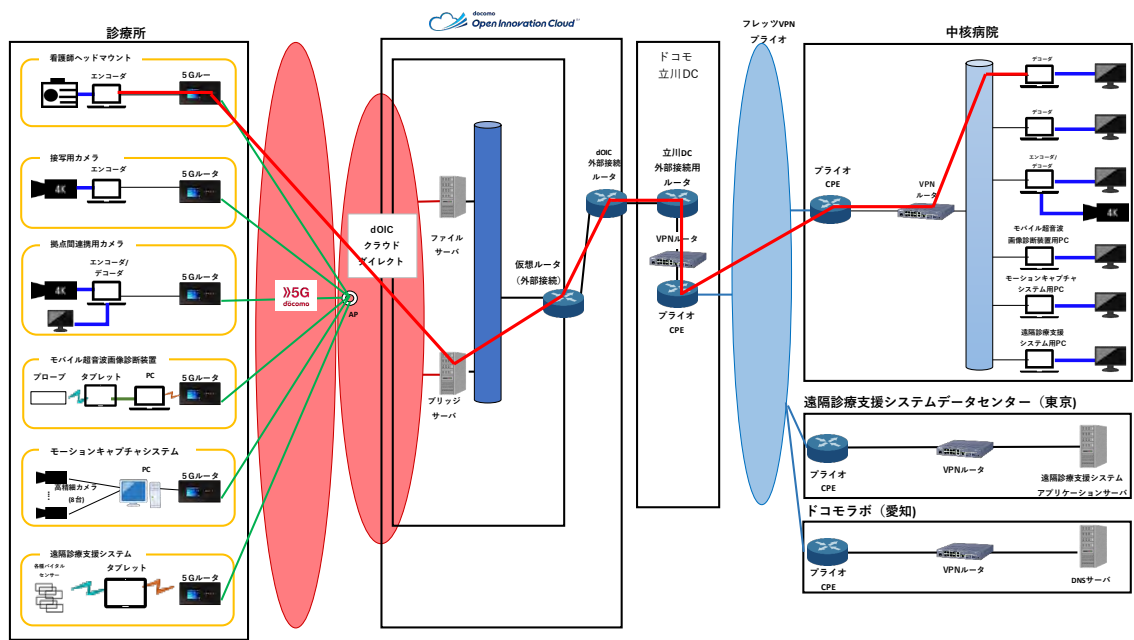


図 4.5.1-1 4K カメラ映像の通信経路

4K カメラ映像の通信経路について、各エンコーダ⇔デコーダ間にインストールされた Open VPN により VPN 接続を行う(赤線)。VPN 内をエンコーダ、デコーダの映像伝送アプリが通信する。

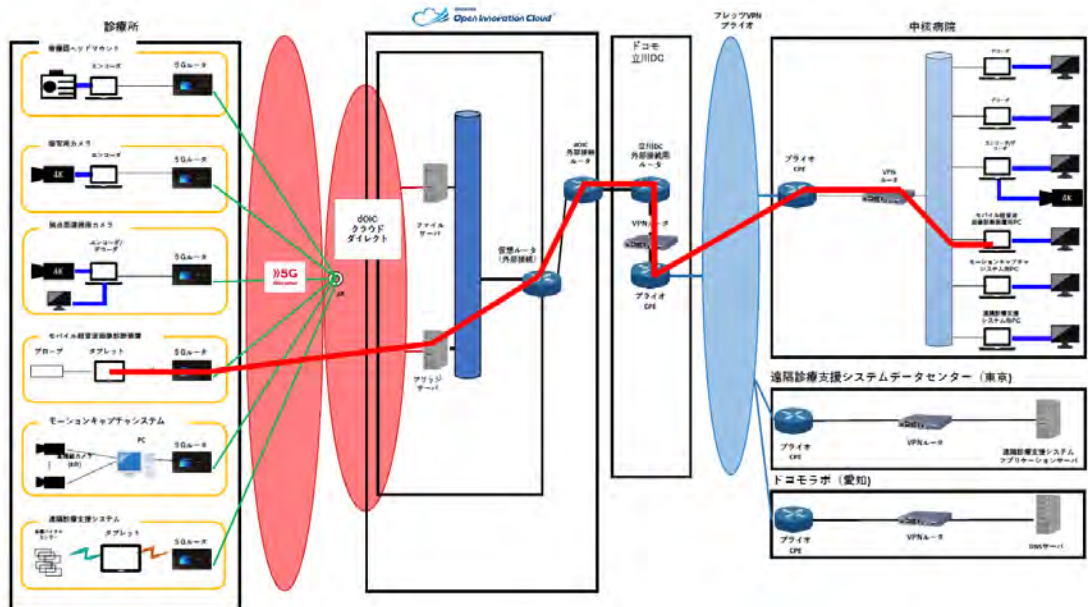


図 4.5.1-2 モバイル超音波画像診断装置の通信経路



病院に設置されたPCから、診療所に設置されたタブレットへ画面共有ソフトウェア経由で通信する(赤線)。

なお、機能検証におけるネットワーク構成は図 4.5.1-2 としたが、実証試験準備段階において通信接続不可(原因不明)となる事象が発生したため、本番試験においてはモバイル超音波画像診断装置に係るネットワーク構成の変更を行った。具体的には、プローブ端末とタブレット端末間を無線通信、タブレット端末のエコー画像を社外アプリケーションにより診療所PCへ伝送、このPCに対して中核病院からリモートデスクトップ接続を行う構成とした。

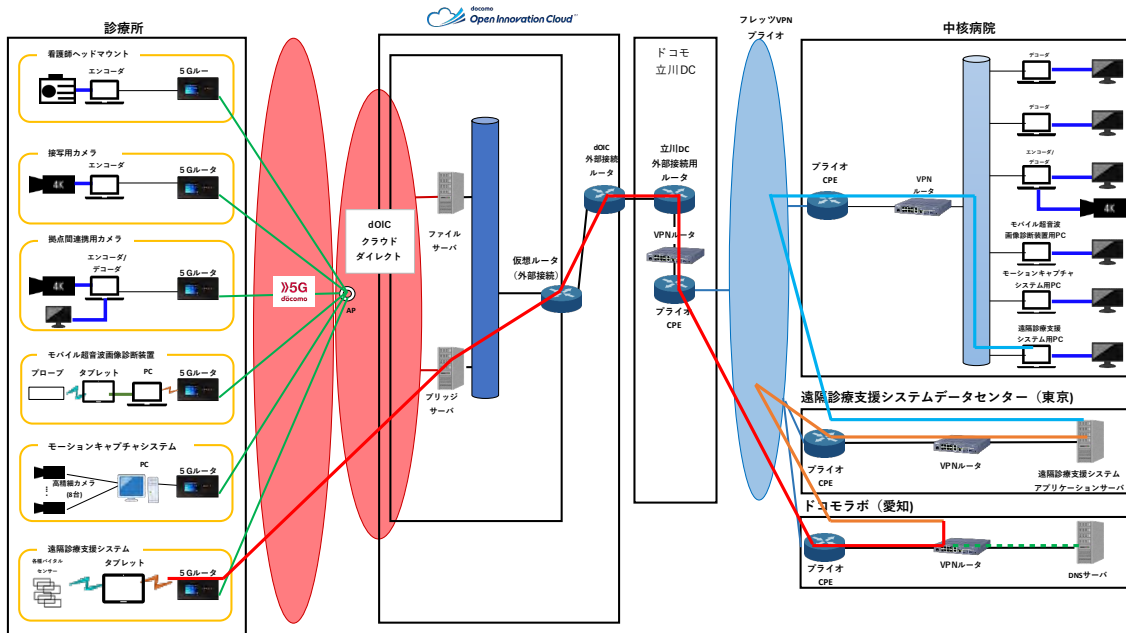


図 4.5.1-3 遠隔診療支援システムの通信経路

診療所/集会所のタブレットから遠隔診療支援システムのアプリケーションサーバに直接アクセスを行う場合、dOIC のブリッジサーバの仕様によりテレビ電話の通信が通過できない状況となった。

このため、診療所/集会所のタブレットからドコモラボに設置された VPN ルータに接続させることでブリッジサーバ越えを実現した(赤線)。VPN ルータから先はドコモラボに設置された DNS サーバに対して名前解決を行う(緑点線)。

アプリケーションサーバの IP アドレスを取得したタブレットは、ドコモラボの VPN ルータを経由して、遠隔診療支援システムのアプリケーションサーバに接続する(赤線～橙線)。

病院の PC からは、遠隔診療支援システムのアプリケーションサーバにフレッツ光回線を経由して接続する(水色線)。

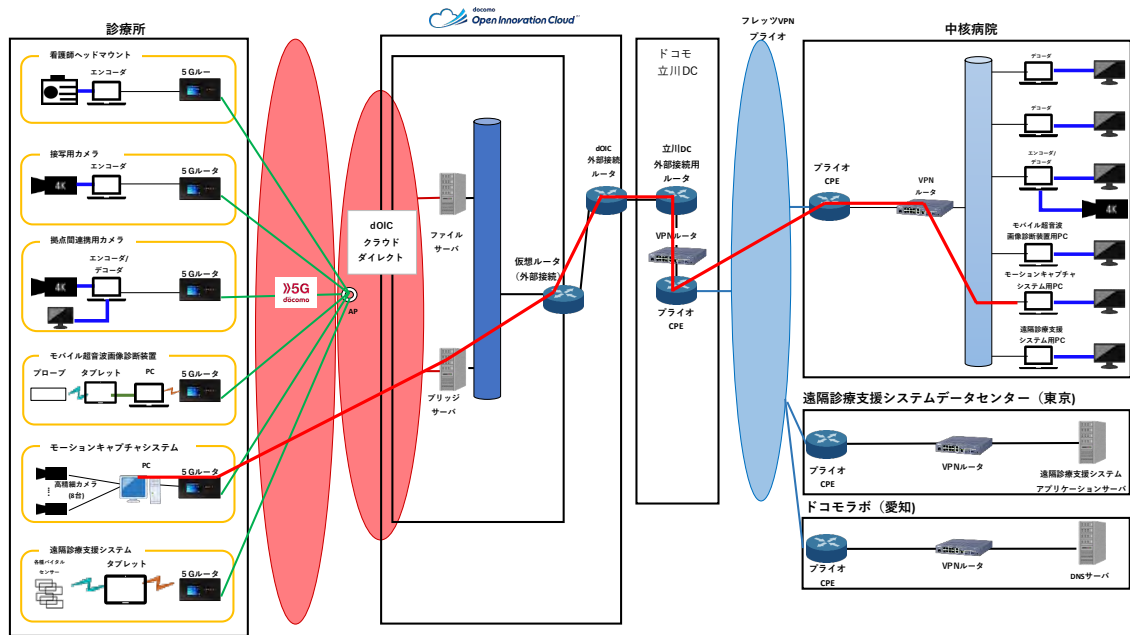


図 4.5.1-4 モーションキャプチャシステムの通信経路

病院側に設置された PC から、診療所に設置されたモーションキャプチャシステムを動作させている PC にリモートデスクトップで接続する(赤線)。

#### 4.5.2 検証項目

##### 4.5.2.1 ネットワーク機能検証

本実証では会場が 2 か所あるため、下記 2 つの方法で検証した。

【検証 1】本実証のネットワーク全体及び各区間の通信速度や遅延の測定。

【検証 2】2 会場の電波環境、5G と LTE の違いによる通信速度や遅延変化の確認。

2 つの検証内容について記載する。

##### 【検証 1】

###### 1. 検証箇所

検証箇所を図 4.5.2.1-1 に示す。5G 通信の試験場所は診療所を選定した。

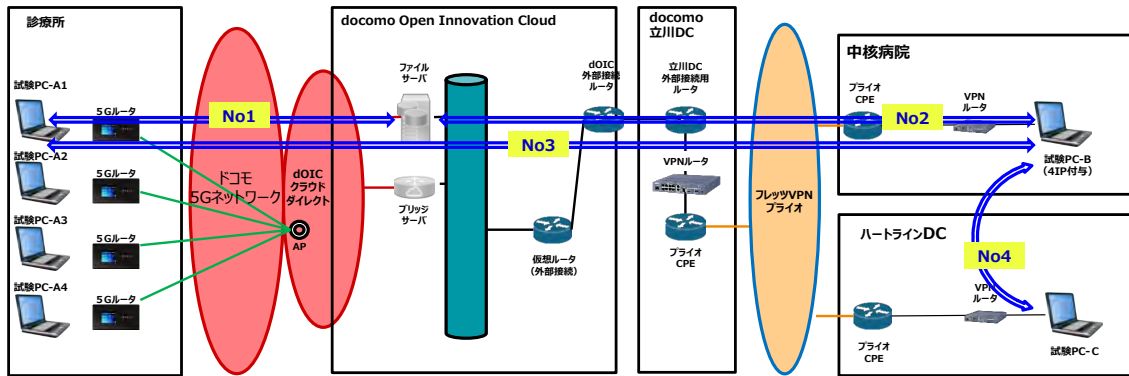


図 4.5.2.1-1 検証1で用いたネットワークおよび検証区間

## 2. 検証項目

検証項目について表 4.5.2.1-1 に示す。表 4.5.2.1-1 の No は図 4.5.2.1-1 中の No を示す。

表 4.5.2.1-1 検証1実施項目

| No | 対象区間  | 検証内容   |
|----|---|--|
| 1  | 診療所 PC(試験 PC-A)～<br>dOIC サーバ                  | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>② 対象区間の 4 対 4 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |
| 2  | dOIC サーバ～<br>中核病院 PC(試験 PC-B)                 | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>② 対象区間のラウンドトリップタイム   |
| 3  | 診療所 PC(試験 PC-A)～<br>中核病院 PC(試験 PC-B)          | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>② 対象区間の 4 対 4 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |
| 4  | 中核病院 PC～<br>遠隔診療支援システムデータ<br>センター PC(試験 PC-C) | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。<br>② 対象区間のラウンドトリップタイム   |

課題実証では診療所、集会所から 4K カメラ 3 台の映像伝送に加えて、他の機能を同時に 1 つ使用する。実際の使用状況に近い状態での通信速度を測定するため、No1、No3 では診療所の PC1 台での検証に加え、4 台での検証を実施した。

### 【検証 2】

#### 1. 検証箇所

検証箇所を、図 4.5.2.1-2 に示す。

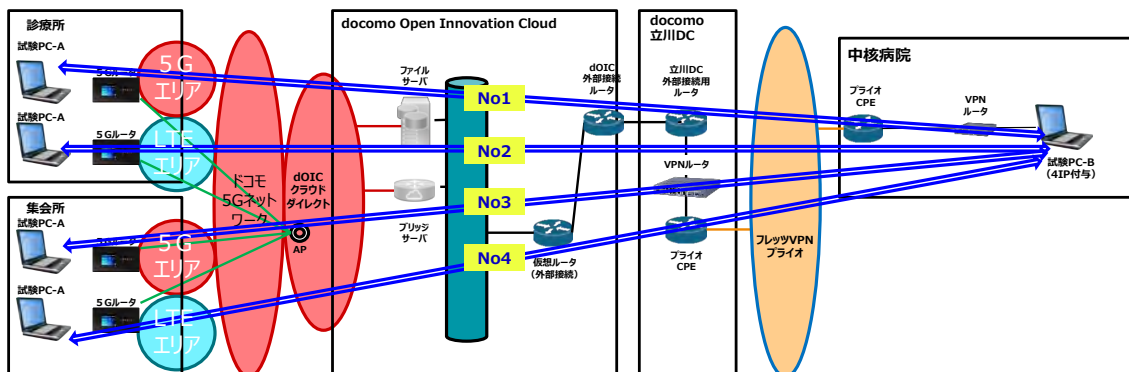


図 4.5.2.1-2 検証2で用いたネットワークおよび検証区間

## 2. 検証項目

検証項目について表 4.5.2.1-2 に示す。表 4.5.2.1-2 の No は図 4.5.2.1-2 中の No を示す。

表 4.5.2.1-2 検証 2 実施項目

| No | 対象区間                               | 実施項目   |
|----|------------------------------------|--|
| 1  | 【診療所/5G】<br>5G ルータ配下 PC～<br>病院 PC  | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(1 セッション)<br>② 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(4 セッション)<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |
| 2  | 【診療所/LTE】<br>5G ルータ配下 PC～<br>病院 PC | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(1 セッション)<br>② 対象区間の 4 対 4 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(4 セッション)<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |
| 3  | 【集会所/5G】<br>5G ルータ配下 PC～<br>病院 PC  | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(1 セッション)<br>② 対象区間の 4 対 4 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(4 セッション)<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |
| 4  | 【集会所/LTE】<br>5G ルータ配下 PC～<br>病院 PC | ① 対象区間の 1 対 1 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(1 セッション)<br>② 対象区間の 4 対 4 通信における UDP 及び TCP 通信の実効速度。(4 セッション)<br>③ 対象区間のラウンドトリップタイム |

検証 1 では、5G ルータを 4 台準備し、4 対 4 による通信速度測定を実施することとしたが、ローカル 5G を模したネットワークにおいては、理論上 5G ルータ 1 台の通信性能で 5G ネットワークのリソースを使い切ることが可能である。

このため、検証 2 では機材は 1 対 1 での試験とし、1 セッションに加え、4 セッションの測定を行うことで 4 対 4 の検証の代替とした。

LTE 環境下での試験においては、5G ルータで LTE/3G 通信のみを利用する設定に変更することで LTE 接続を行った。

#### 4.5.2.2 アプリ機能検証

##### ●接写用カメラ、ヘッドマウントカメラ、拠点間連携カメラ

本実証で構築したネットワークを経由し、3種の4Kカメラ映像が、診療所/集会所⇄中核病院間で正常に伝送されるか、また拠点間連携に搭載された音声について、正常に伝送されるかを検証する。評価項目については、表4.5.2.2-1に記載する。

表 4.5.2.2-1 4K カメラ映像伝送評価項目

| No | 対象アプリ      | 目的  | 検証項目   |
|----|------------|---|--|
| 1  | 接写用カメラ     | 患者等がリハビリを受ける診療所等と医師及び理学療法士等がリハビリ指導を行う中核病院は物理的に離れた場所にあり、実際に遠隔地の医師がリハビリ指導を行うには、中核病院から問題なく診療所にいる患者の状況を確認できることが必要と考える。本検証項目では、患者の接写映像を問題なく、診療室まで伝送できるかを観点として検証を行う。                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・送受信ビットレート変化</li> <li>・遅延量(Ping)</li> <li>・遅延量(カメラ映像入力～モニタ映像出力のエンドツーエンド)</li> <li>・映像品質(画質劣化、フレームレート低下)</li> </ul>                        |
| 2  | ヘッドマウントカメラ | 患者等がリハビリを受ける診療所等と医師及び理学療法士等がリハビリ指導を行う中核病院は物理的に離れた場所にあり、実際に遠隔地の医師が現地でリハビリ指導を行う看護師を支援する為には、現地看護師の視野に相当するヘッドマウントカメラの映像を診療室から問題なく確認できることが必要と考える。本検証項目では、看護師視野に相当する診療所拠点の映像を問題なく、診療室まで伝送できるかを観点として検証を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・送受信ビットレート変化</li> <li>・遅延量(Ping)</li> <li>・遅延量(カメラ映像入力～モニタ映像出力のエンドツーエンド)</li> <li>・映像品質(画質劣化、フレームレート低下)</li> </ul>                        |
| 3  | 拠点間連携用カメラ  | 患者等がリハビリを受ける診療所等と医師及び理学療法士等がリハビリ指導を行う中核病院は物理的に離れた場所にあり、実際に遠隔地の医師がリハビリ指導を行うには、診療所等にいる患者、看護師と、中核病院にいる医師とのコミュニケーションが必要である。本検証項目では、両拠点間の円滑なコミュニケーションが行えるかを観点として検証を行う。                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・送受信ビットレート変化</li> <li>・遅延量(Ping)</li> <li>・遅延量(カメラ映像入力～モニタ映像出力のエンドツーエンド)</li> <li>・映像品質(画質劣化、フレームレート低下)</li> <li>・映像/音声の伝送時間差分</li> </ul> |

●エコー画像伝送：モバイル超音波画像診断装置

検証項目

映像評価の品質、映像フレームレート、映像の遅延

●遠隔診療：遠隔診療支援システム

検証項目

映像品質、映像フレームレート、バイタル情報の欠損有無

●キャプチャ画像伝送：モーションキャプチャーシステム

検証項目

映像品質、映像フレームレート、撮影範囲、遅延確認

### 4.5.3 検証方法

#### 4.5.3.1 ネットワーク機能検証

・検証方法

ネットワーク機能検証の検証 1、検証 2 について以下に述べる。

**【検証 1】**

1. 使用機材

使用機材について表 4.5.3.1-1 に示す。

**表 4.5.3.1-1 検証 1 使用機材**

| No | 対象機材   | 主な仕様  |
|----|--|---|
| 1  | 試験 PC-A1<br>試験 PC-A2<br>試験 PC-A3<br>試験 PC-A4 | OS:Windows 10 Pro<br>CPU:Core i7-8650U<br>RAM:16GB<br>その他:USB-LAN 変換アダプタ接続<br>(1000Base-T 対応) |
| 2  | 試験 PC-B                                      | OS:Ubuntu18.04<br>CPU:ARM A57<br>メモリ:4GB  |
| 3  | 試験 PC-C                                      | OS:Ubuntu18.04<br>CPU:ARM A57<br>メモリ:4GB  |
| 4  | d0IC サーバ                                     | d0IC ファイルサーバ<br>仮想 CPU 数:8 個<br>仮想メモリ:32GB  |
| 5  | 5G ルータ                                       | SH-52A<br>仕様は表 1.5-3 に記載  |

2. 検証方法

通信速度測定には iperf3 を使用し、ラウンドトリップタイム測定には netperf を使用した。

iperf3 では 30 秒間連続で通信を行い、通信速度の平均値を確認した。netperf では 30 秒間連続で通信を行い、最小ラウンドトリップタイム、平均ラウンドトリップタイム、最大ラウンドトリップタイムの確認を行った。

検証で用いたコマンドを使用コマンドは別添資料 2 表 1-1～表 1-4 に掲載する。



## 【検証 2】

### 1. 使用機材

使用機材について表 4.5.3.1-2 に示す。

表 4.5.3.1-2 検証 2 使用機材

| No | 機材名称        | 主な仕様   |
|----|-------------|--|
| 1  | 5G ルータ配下 PC | OS:Windows 10 Pro<br>CPU:Core i7-1165G7<br>RAM:16GB<br>その他：USB-LAN 変換アダプタ接続<br>(1000Base-T 対応) |
| 2  | 病院 PC       | OS : Ubuntu18.04<br>CPU : ARM A57<br>メモリ : 4GB   |
| 3  | 5G ルータ      | SH-52A<br>仕様は表 1.5-3 に記載   |

### 2. 検証方法

通信速度測定には iperf3 を使用し、ラウンドトリップタイム測定には Ping を使用した。

iperf3 では 30 秒間連続で通信を行い、通信速度の平均値を確認した。Ping では 100 回連続で実行し、最小ラウンドトリップタイム、平均ラウンドトリップタイム、最大ラウンドトリップタイムの確認を行った。

検証で用いたコマンドは別添資料 2 表 2-1～表 2-4 に掲載する。

・評価条件

- ① エンドツーエンドの通信速度において、課題実証に必要と想定される診療所/集会所→病院への通信速度が 60Mbps 以上となること。
- ② エンドツーエンドの通信において、遅延の揺らぎが少ないこと。

4.5.3.2 アプリ機能検証

●接写用カメラ、ヘッドマウントカメラ、拠点間連携カメラ

・検証方法

接写用カメラ、ヘッドマウントカメラ、拠点間連携カメラの3つについて、用途は異なるが、エンコーダ～デコーダの区間で使用する機材は同一スペックであることから、1台での検証は拠点間連携カメラを用いて実施した。

検証に用いたパラメータを表 4.5.3.2-1 に示す。

表 4.5.3.2-1 4K カメラ映像伝送検証

| No | 試験対象                 | VPN 方式 | 5G/LTE 設定 | 送信ビットレート | 解像度     |
|----|----------------------|--------|-----------|----------|---------|
| 1  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 30Mbps   | 4K      |
| 2  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 30Mbps   | FULL HD |
| 3  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 30Mbps   | HD      |
| 4  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |
| 5  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 15Mbps   | FULL HD |
| 6  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 15Mbps   | HD      |
| 7  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 5Mbps    | 4K      |
| 8  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 5Mbps    | FULL HD |
| 9  | 拠点間連携                | TCP    | 5G        | 5Mbps    | HD      |
| 10 | 拠点間連携                | TCP    | LTE       | 15Mbps   | 4K      |
| 11 | 拠点間連携                | TCP    | LTE       | 5Mbps    | 4K      |
| 12 | 3 台同時                | TCP    | 5G        | 30Mbps   | 4K      |
| 13 | 3 台同時                | TCP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |
| 14 | 3 台同時                | TCP    | LTE       | 5Mbps    | 4K      |
| 15 | 3 台同時+モバイル超音波画像診断装置  | TCP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |
| 16 | 3 台同時+遠隔診療支援システム     | TCP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |
| 17 | 3 台同時+モーションキャプチャシステム | TCP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |
| 18 | 3 台同時+モーションキャプチャシステム | UDP    | 5G        | 15Mbps   | 4K      |

表 4.5.3.2-1 の No1~No18 までのパラメータ設定し、No1~No14 は 2 分~3 分の映像伝送を行い検証した。また、No15~No18 は他機能使用中に映像伝送を続けた。検証方法詳細を表 4.5.3.2-2 に示す。

表 4.5.3.2-2 4K カメラ映像伝送の検証方法

| No | 検証項目                            | 検証方法  |
|----|---------------------------------|---|
| 1  | 送受信のビットレート変化                    | エンコーダ及びデコーダ上でパケットキャプチャを行い、キャプチャ結果よりエンコーダの送信ビットレート及び、デコーダの受信ビットレートを確認する。<br>4K カメラ映像伝送はエンコーダとデコーダ間で VPN 接続を行っていることから、VPN ヘッダーを含んだ送受信データのビットレートを確認した。 |
| 2  | 遅延量(Ping)                       | アプリケーション内で Ping を 1 秒間隔で行ったログから遅延量を確認した。  |
| 3  | 遅延量 (カメラ映像入力~モニター映像出力のエンドツーエンド) | 診療所 PC のモニターに表示した時計を撮影し映像伝送を行い、診療所 PC の時刻と、映像に表示される時刻の差分を計測した。<br>計測は 1 秒毎にサンプリングを実施した。<br>実施イメージは図 4.5.3.2-1 を参照。                                  |
| 4  | 映像品質 (画質劣化、フレームレート低下)           | 検証作業中に目視にて確認。   |

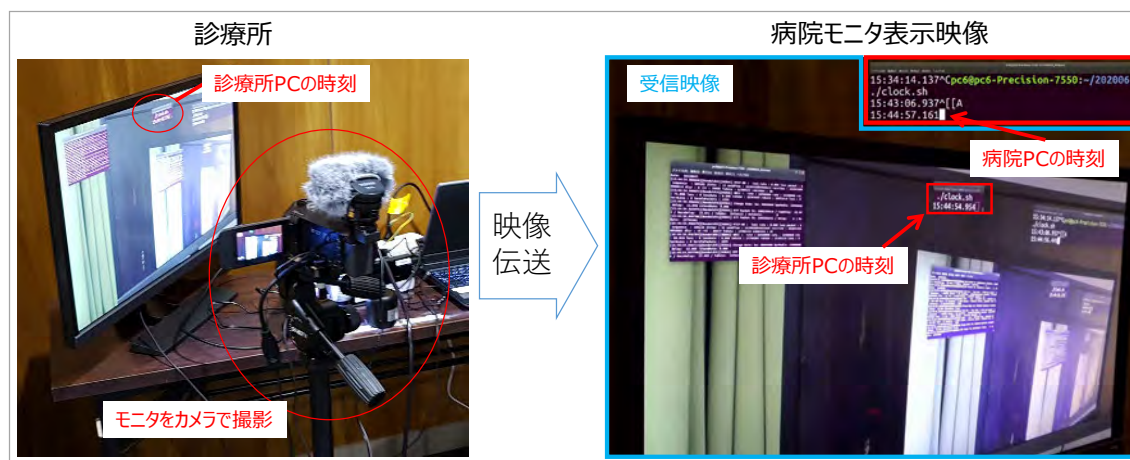


図 4.5.3.2-1 4K カメラ映像伝送エンドツーエンド遅延検証イメージ

・評価条件

- ① No1~No18 までの各検証で正常に映像伝送ができること。  
映像伝送ができない場合でも、要因が明らかであり課題実証に影響がない場合は問題なしとする。
- ② 課題実証に必要な映像品質で伝送した場合に、モバイル超音波画像診断装置、遠隔診療支援システム、モーションキャプチャシステムの通信に影響を与えないこと。

●エコー画像伝送：モバイル超音波画像診断装置

・検証方法

下表 4.5.3.2-3 の検証方法で検証する。

表 4.5.3.2-3 エコー画像伝送の検証方法

| 評価項目      | 試験方法                 | 実施内容   |
|-----------|----------------------|--|
| 評価品質      | 目視により送受信の映像品質を比較確認する | 送信側のタブレットの画面キャプチャ動画をタブレットに保存し、受信側の PC の表示ディスプレイの画面キャプチャ動画を PC に保存し、両者の動画を目視で比較判断することで映像の品質（途切れ、ブロックノイズの有無等）を確認する。              |
| 映像フレームレート | ソフトで受信側のフレームレートを測定する | 受信先 PC にフレームレート測定のためのソフトをインストールしてシステム全体のフレームレートを測定する。  |
| 映像の遅延     | 時計映像を利用し、映像遅延を測定する   | 送信元タブレットと受信先 PC との時計の同期をとり映像の遅延、時間ズレを評価する。受信先 PC にて受信先 PC に表示されている時計と、送信元タブレット上のキャプチャ画面に表示されている時計とを目視で表示時間差を比較することで映像の遅延を確認する。 |

検証条件

評価条件（リモート配信画像の設定）を下表 4.5.3.2-4 に示す。

表 4.5.3.2-4 エコー画像伝送の検証条件

| 条件分類    | Bitrate | Resolution       |
|---------|---------|------------------|
| 条件①-低品質 | 2Mbit   | 50% (960 x 600)  |
| 条件②-高品質 | 8Mbit   | 75% (1440 x 900) |

●遠隔診療：遠隔診療支援システム

・検証方法

下表 4.5.3.2-5 の検証方法で検証する。

表 4.5.3.2-5 遠隔診療支援システムの検証方法

| 評価項目        | 試験方法                          | 実施内容   |
|-------------|-------------------------------|--|
| 映像品質        | 目視により映像品質を確認する                | 映像の品質について、画像自体が途切れていないか、映像にブロックノイズなどが乗ることなく送信できているか、送信先 PC の画像に違和感がないかを目視で確認する。                      |
| 映像の遅延       | 時計映像を利用し、映像遅延を測定する            | 映像遅延について、送信元タブレットと送信先 PC との時計にて時間ズレ、遅延を測る。   |
| バイタル情報の欠損有無 | 実際に測定されたデータとサーバに送信されたデータを確認する | 診療所・集会所で各機器より取得し送信元 iPad に表示されたバイタル情報と、伝送後サーバに蓄積され中核病院で取得するバイタル情報を比較する。それを数回実施し両拠点間のバイタル情報の欠損の有無を測る。 |

・評価条件

既存製品であるニプロハートライン（ニプロハートラインサーバ）に通信できること

●キャプチャ画像伝送：モーションキャプチャシステム

・検証方法

下表 4.5.3.2-6 の検証方法で検証する。

表 4.5.3.2-6 キャプチャ画像伝送の検証方法

| 評価項目      | 試験方法  | 実施内容  |
|-----------|---|---|
| 映像品質      | 目視により送受信の映像品質を比較確認  | 目視にて診療所側、中核病院側それぞれで映像を確認し、映像品質に問題がないか確認する。  |
| 映像フレームレート | 中核病院に伝送されたモーションキャプチャ用のカメラ映像の解像度・フレームレートをシステム内機能の利用によりログを取得し確認 | 受信先 PC にフレームレート測定のためのソフトをインストールしてシステム全体のフレームレートを測定する。   |
| 撮影範囲      | 被写体のダミーを用意し、撮影範囲において、被験者の運動が撮影範囲内にあることを確認                     | 前後に動く高さ 2m のダミー計測対象を準備し、それが 8 つのカメラで完全に撮影されることを確認する。  |
| 遅延確認      | 診療所側での合図から遅延なく MC システムをオペレーション可能か検証                           | 診療所側でライトの点灯等の合図をだし、中核病院でそれを確認。MC のスタートストップオペレーションを行い、診療所での合図から中核病院側での MC のオペレーションに至るまでの遅延を映像記録時間により検証する。<br>離れた場所でも同期が取れる時計をカメラで撮影し、遅延の検証を行う。 |

・評価条件

5G ネットワークに接続された診療所の Motion Capture 用サーバを、中核病院側の PC にリモートデスクトップ機能を利用して接続することで、評価を行う

#### 4.5.4 検証結果

##### 4.5.4.1 ネットワーク機能検証

検証1、検証2の結果について以下に述べる。

##### 【検証1】

検証結果を表4.5.4.1-1～表4.5.4.1-4及び図4.5.4.1-1～図4.5.4.1-4に示す。

表 4.5.4.1-1 検証1\_No1 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数 | 通信の方向        | 送信速度<br>(Mbps)          | 受信速度<br>(Mbps)          | パケットロス率<br>(%)※UDPのみ    |
|-------|------|-----|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1-①-1 | UDP  | 1対1 | PC-A→d0ICサーバ | 100                     | 79.42                   | 21%                     |
| 1-①-2 | UDP  | 1対1 | d0ICサーバ→PC-A | 200                     | 82.79                   | 59%                     |
| 1-①-3 | TCP  | 1対1 | PC-A→d0ICサーバ | auto                    | 39.07                   | -                       |
| 1-①-4 | TCP  | 1対1 | d0ICサーバ→PC-A | auto                    | 10.60                   | -                       |
| 1-②-1 | UDP  | 4対4 | PC-A→d0ICサーバ | 120                     | 87.66                   | 28%                     |
| 1-②-2 | UDP  | 4対4 | d0ICサーバ→PC-A | 120                     | 99.50                   | 17%                     |
| 1-②-3 | TCP  | 4対4 | PC-A→d0ICサーバ | auto                    | 68.27                   | -                       |
| 1-②-4 | TCP  | 4対4 | d0ICサーバ→PC-A | auto                    | 37.63                   | -                       |
| No    | 通信方式 | 接続数 | 通信の方向        | 最小ラウンドトリップタイム<br>(msec) | 平均ラウンドトリップタイム<br>(msec) | 最大ラウンドトリップタイム<br>(msec) |
| 1-③   | -    | 1対1 | -            | 25                      | 40                      | 88                      |

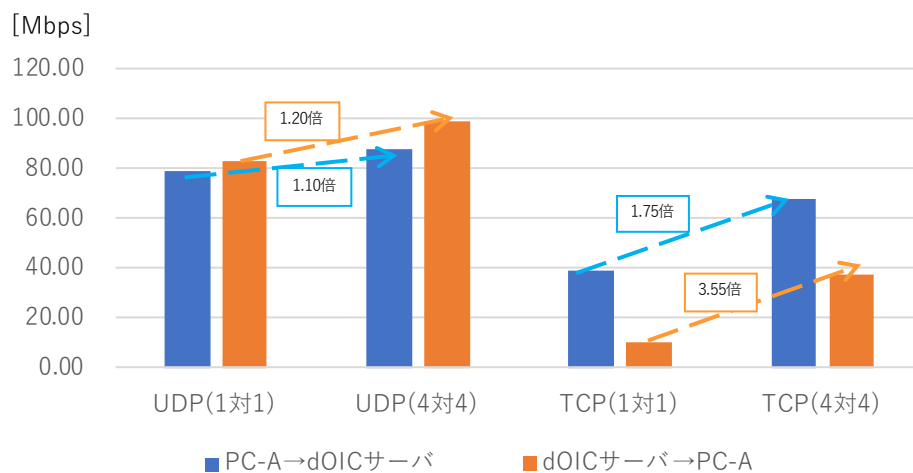


図 4.5.4.1-1 検証1\_No1 実施結果

検証 1\_No1 の結果より、PC-A→d0IC サーバの方向の通信（5G 上り方向）においては、UDP の 4 対 4 通信時に 87.66Mbps の速度を確認できた。これは 4.5GHz 帯上り速度の理論値である 107Mbps の約 8 割であり、実施計画時に想定していた 6 割を大きく超える良好な結果を得た。

また、4 対 4 通信にした場合、1 対 1 通信と比較し 1.1 倍にしか増加しておらず、1 対 1 通信でネットワークのリソースのほとんどを消費できていると考えられる。

TCP は 4 対 4 の PC-A→d0IC サーバの方向の通信時で 68.27Mbps であり、UDP と比較すると速度が遅い結果となった。これは TCP 通信ではセッション管理を行っているために、PC-A と d0IC サーバ間での往復の通信が発生しており、ラウンドトリップタイムの影響を大きく受けていると考えられる。

1 対 1 通信と比較し、4 対 4 通信では合計通信速度は上昇したが、1.75 倍に留まった。実アプリケーションにおいては TCP のフロー制御やウィンドウ制御のチューニング等を施すことで、通信速度が改善する可能性がある。

d0IC サーバ→PC-A の方向の通信（5G 下り方向）においては、UDP の 4 対 4 通信時に 99.50Mbps の結果となり、4.5GHz 帯下り速度の理論値である 1.7Gbps の約 6%の結果となった。d0IC サーバのパラメータ設定等の影響で速度が低いと想定されるが、今回の実証で必要な速度を確保できているため、チューニング処理等は行わなかった。

TCP では 1 対 1 通信時に 10.60Mbps、4 対 4 通信時に 37.63Mbps となり、5G 上り方向より速度が低下することを確認したが、これも d0IC サーバのパラメータ設定等の影響と想定される。

表 4.5.4.1-2 検証 1\_No2 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向         | 送信速度<br>(Mbps)              | 受信速度<br>(Mbps)              | パケットロス率<br>(%)※UDP のみ       |
|-------|------|-------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 2-①-1 | UDP  | 1 対 1 | d0IC サーバ→PC-B | 200                         | 124.70                      | 38%                         |
| 2-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→d0IC サーバ | 200                         | 107.57                      | 46%                         |
| 2-①-3 | TCP  | 1 対 1 | d0IC サーバ→PC-B | auto                        | 38.68                       | -                           |
| 2-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→d0IC サーバ | auto                        | 123.68                      | -                           |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向         | 最小ラウンドトリ<br>ップタイム<br>(msec) | 平均ラウンドトリ<br>ップタイム<br>(msec) | 最大ラウンドトリ<br>ップタイム<br>(msec) |
| 2-②   | -    | 1 対 1 | -             | 26                          | 27                          | 31                          |



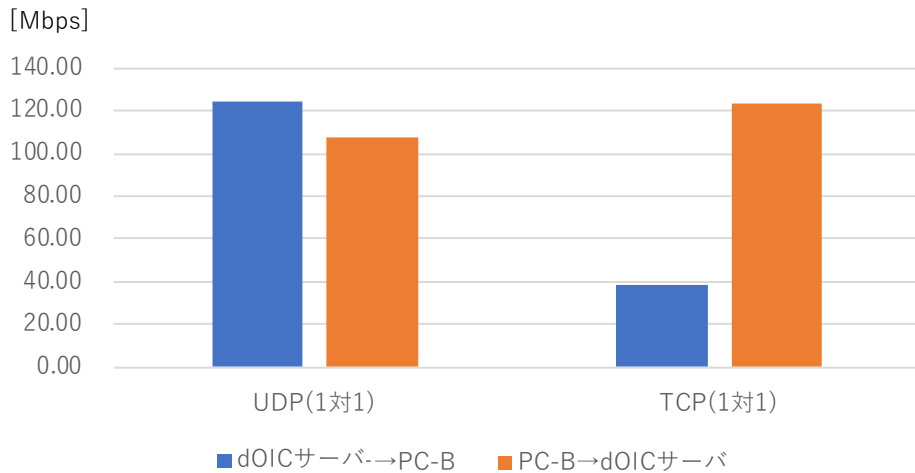


図 4.5.4.1-2 検証1\_No2 実施結果

検証1\_No2の結果より、TCPのdOICサーバ→PC-Bの方向の通信を除き100Mbps以上の結果となった。対象区間はフレッツ光のベストエフォート1Gbpsで接続されているため、理論値の1割強の速度である。これはベストエフォート回線の問題だけではなく、フレッツ光プライオによるVPN接続に加え、各拠点を接続するためのIPSecで接続しており、二重のVPN接続が要因の1つとして考えられる。

また、TCPのdOICサーバ→PC-Bの方向の通信においては38.68Mbpsと逆方向の通信の3分の1程度の速度に留まる結果となった。No1と同様にdOICサーバ上のパラメータ設定等の影響が考えられるが、No1の実施結果より全体的に通信速度は高速であり、光回線のVPNネットワークがボトルネックにならないことを確認できた。

表 4.5.4.1-3 検証1\_No3 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数 | 通信の方向     | 送信速度 (Mbps)          | 受信速度 (Mbps)          | パケットロス率 (%)※UDPのみ    |
|-------|------|-----|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3-①-1 | UDP  | 1対1 | PC-A→PC-B | 100                  | 76.39                | 24%                  |
| 3-①-2 | UDP  | 1対1 | PC-B→PC-A | 200                  | 86.57                | 57%                  |
| 3-①-3 | TCP  | 1対1 | PC-A→PC-B | auto                 | 25.61                | -                    |
| 3-①-4 | TCP  | 1対1 | PC-B→PC-A | auto                 | 9.76                 | -                    |
| 3-②-1 | UDP  | 4対4 | PC-A→PC-B | 120                  | 88.90                | 26%                  |
| 3-②-2 | UDP  | 4対4 | PC-B→PC-A | 120                  | 90.93                | 24%                  |
| 3-②-3 | TCP  | 4対4 | PC-A→PC-B | auto                 | 61.45                | -                    |
| 3-②-4 | TCP  | 4対4 | PC-B→PC-A | auto                 | 31.92                | -                    |
| No    | 通信方式 | 接続数 | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップタイム (msec) | 平均ラウンドトリップタイム (msec) | 最大ラウンドトリップタイム (msec) |
| 3-③   | -    | 1対1 | -         | 54                   | 60                   | 137                  |

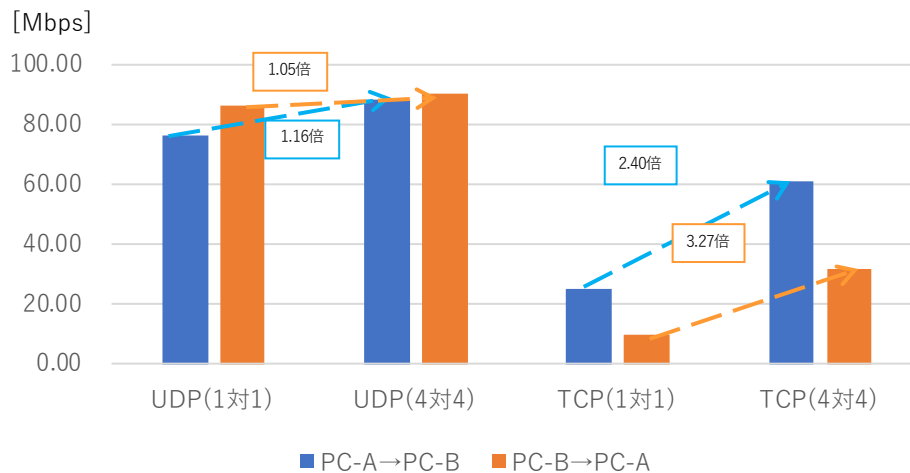


図 4.5.4.1-3 検証 1\_No3 実施結果

検証 1\_No3 はエンドツーエンドの試験となる。UDP については、どちらの通信方向でも 80Mbps 前後の値が出ており、課題実証に必要な帯域を確保できると考えられる。

TCP では PC-A→PC-B(5G 通信の上り方向)が 1 対 1 の時に 25.61Mbps、4 対 4 の時に 61.45Mbps の速度が出ており、1 システムが必要とする想定帯域である 15~20Mbps を確保できることを確認した。ただし、PC-B→PC-A(5G 通信の下り方向)は 1 対 1 の時に 9.76Mbps、4 対 4 で 31.92Mbps となり、下り方向の速度は検証 1\_No1 と同様の傾向となった。

今回の実証で 5G 通信の下り方向の速度が必要なシステムは、拠点間連携用カメラの病院側映像伝送であるが、課題実証では UDP 通信を用いて実施したため、TCP の速度不測の影響を受けたシステムはない。

遅延については、平均ラウンドトリップタイムが 60msec、最大ラウンドトリップタイムが 137msec となり、遅延が少なく揺らぎも小さいネットワークであることを確認できた。

表 4.5.4.1-4 検証 1\_No4 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 送信速度 (Mbps)          | 受信速度 (Mbps)          | パケットロス率 (%)※UDP のみ   |
|-------|------|-------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 4-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-C | 200                  | 111.09               | 44%                  |
| 4-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-C→PC-B | 200                  | 106.93               | 47%                  |
| 4-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-C | auto                 | 99.73                | -                    |
| 4-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-C→PC-B | auto                 | 84.87                | -                    |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップタイム (msec) | 平均ラウンドトリップタイム (msec) | 最大ラウンドトリップタイム (msec) |
| 4-②   | -    | 1 対 1 | -         | 29                   | 31                   | 43                   |

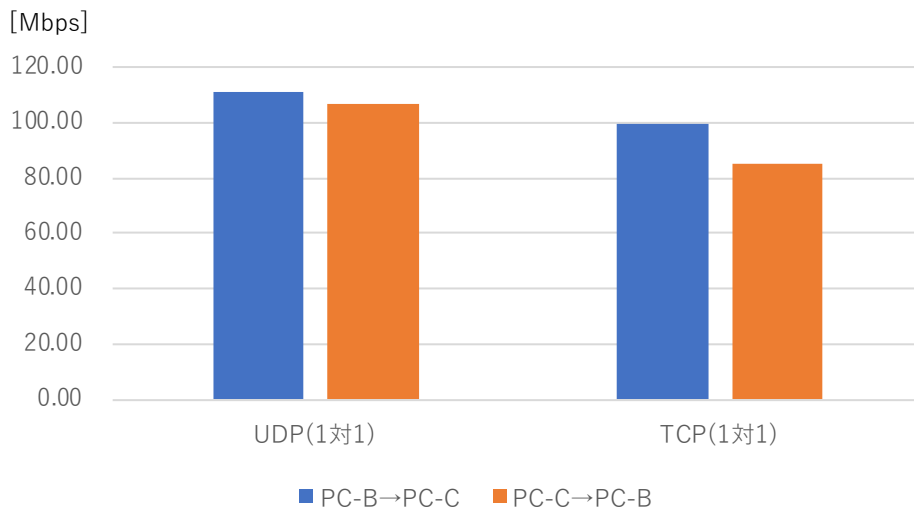


図 4.5.4.1-4 検証1\_No4 実施結果

検証1\_No4 は病院(PC-B)と遠隔診療支援システムデータセンター(PC-C)間の通信速度の確認となる。いずれも 80Mbps 以上の速度を確認しており、実証に十分な帯域を確保できることを確認できた。

【検証2】

検証結果を表 4.5.4.1-5～表 4.5.4.1-8 及び図 4.5.4.1-8～図 4.5.4.1-8 に示す。

表 4.5.4.1-5 検証2\_No1 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 送信速度<br>(Mbps)              | 受信速度<br>(Mbps)              | パケットロス率<br>(%)※UDPのみ        |
|-------|------|-------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | 99.9                        | 75.81                       | 24%                         |
| 1-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | 201                         | 116.00                      | 42%                         |
| 1-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | auto                        | 26.10                       | -                           |
| 1-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | auto                        | 5.17                        | -                           |
| 1-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | 120                         | 74.84                       | 38%                         |
| 1-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | 120                         | 76.24                       | 36%                         |
| 1-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | auto                        | 79.60                       | -                           |
| 1-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | auto                        | 6.74                        | -                           |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップ<br>タイム<br>(msec) | 平均ラウンドトリップ<br>タイム<br>(msec) | 最大ラウンドトリップ<br>タイム<br>(msec) |
| 1-③   | -    | 1 対 1 | -         | 51                          | 62                          | 76                          |

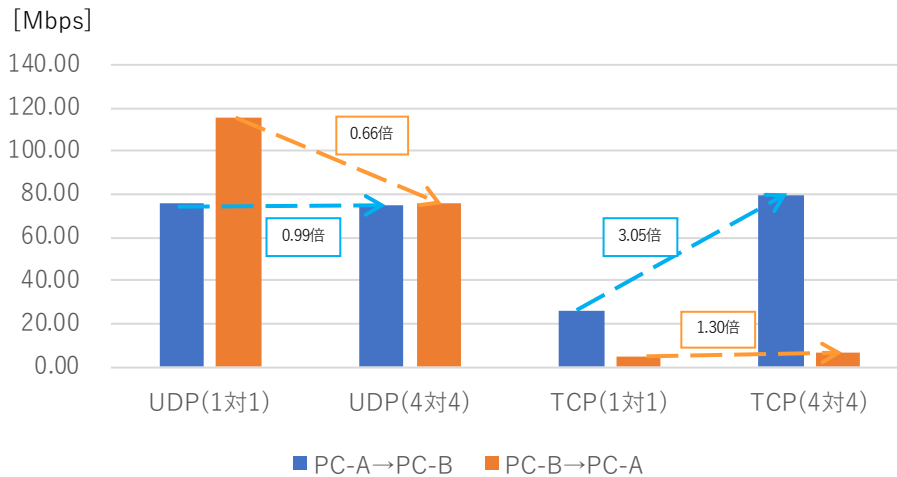


図 4.5.4.1-5 検証 2\_No1 実施結果

検証 2\_No1 は診療所 5G 環境での検証となる。UDP については 1 対 1 (1 セッション) 時の PC-A→PC-B 方向の (5G 上り方向) 通信において 75.81Mbps、PC-B→PC-A 方向 (5G 上り方向) 通信においては 116Mbps となり、エンドツーエンドでも速度が十分確保できていることを確認した。

UDP4 対 4 (4 セッション) 通信では通信速度が下がる結果となったが、PC-A から 4 セッション同時に UDP データ送信を行ったことにより、5G ルータ等でバッファあふれが発生し、パケットロスが増加したことが要因と想定される。検証 2\_No2~No4 も同様の傾向となっているため、UDP4 対 4 通信については評価の対象外とする。

TCP については 1 対 1 時の PC-A→PC-B 方向の通信は 26.10Mbps であったが、4 対 4 時は 79.60Mbps と UDP 通信と同等の速度まで上昇した。

表 4.5.4.1-6 検証 2\_No2 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 送信速度 (Mbps)          | 受信速度 (Mbps)          | パケットロス率 (%)※UDP のみ   |
|-------|------|-------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | 100                  | 5.96                 | 94%                  |
| 2-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | 201                  | 95.25                | 53%                  |
| 2-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | auto                 | 16.70                | -                    |
| 2-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | auto                 | 4.86                 | -                    |
| 2-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | 120                  | 2.56                 | 98%                  |
| 2-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | 120                  | 63.70                | 47%                  |
| 2-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | auto                 | 18.60                | -                    |
| 2-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | auto                 | 11.00                | -                    |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップタイム (msec) | 平均ラウンドトリップタイム (msec) | 最大ラウンドトリップタイム (msec) |
| 2-③   | -    | 1 対 1 | -         | 61                   | 73                   | 109                  |

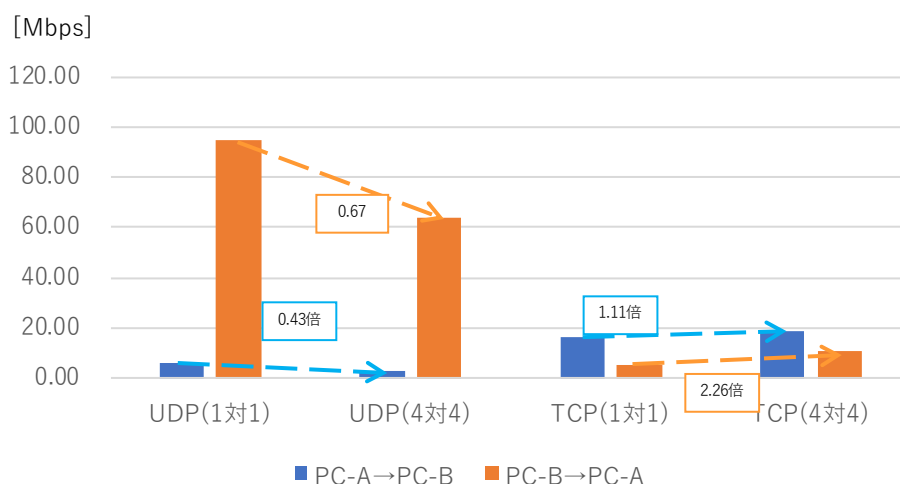


図 4.5.4.1-6 検証 2\_No2 実施結果

検証 2\_No2 は診療所 LTE 環境での検証となる。UDP1 対 1 の PC-B→PC-A 方向 (5G 下り方向) 通信については 95.25Mbps と 5G の検証結果に近い値が出ている。しかし、PC-A→PC-B 方向 (5G 上り方向) 通信については 5.96Mbps となった。これは iperf の送信速度を 5G の検証と同じ 100Mbps 送信設定にしており、LTE の上り帯域を大きく上回ったことで、バッファあふれ増加と処理負荷が高まったことが要因と考えられる。

TCP1 対 1 の PC-A→PC-B 方向通信においては 16.70Mbps の速度が出ていることから、適切なデータ量を送信すれば UDP においても 15Mbps 以上の速度が出ると考えられる。

表 4.5.4.1-7 検証 2\_No3 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 送信速度 (Mbps)          | 受信速度 (Mbps)          | パケットロス率 (%) ※UDP のみ  |
|-------|------|-------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 3-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | 100                  | 79.87                | 20%                  |
| 3-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | 200                  | 115.58               | 42%                  |
| 3-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | auto                 | 23.20                | -                    |
| 3-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | auto                 | 7.43                 | -                    |
| 3-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | 120                  | 77.18                | 36%                  |
| 3-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | 120                  | 73.51                | 39%                  |
| 3-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | auto                 | 70.40                | -                    |
| 3-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | auto                 | 28.70                | -                    |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップタイム (msec) | 平均ラウンドトリップタイム (msec) | 最大ラウンドトリップタイム (msec) |
| 3-③   | -    | 1 対 1 | -         | 51                   | 61                   | 75                   |

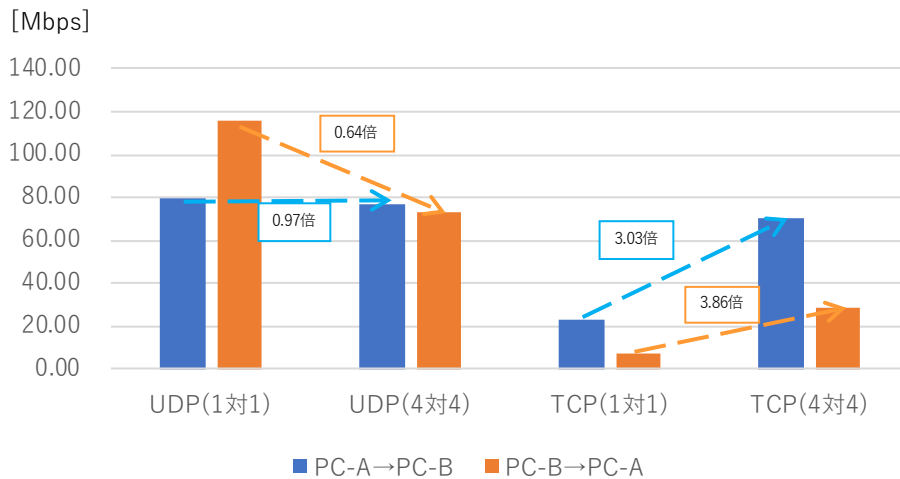


図 4.5.4.1-7 検証 2\_No3 実施結果

検証 2\_No3 は集会所 5G 環境での検証となる。検証 1\_No1 と同様の結果を得ることができ、課題実証に必要な速度を確保できることが確認できた。

表 4.5.4.1-8 検証 2\_No4 実施結果

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 送信速度 (Mbps)          | 受信速度 (Mbps)          | パケットロス率 (%) ※UDP のみ  |
|-------|------|-------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 4-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | 99.9                 | 35.32                | 65%                  |
| 4-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | 201                  | 115.70               | 42%                  |
| 4-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | auto                 | 20.80                | -                    |
| 4-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | auto                 | 5.62                 | -                    |
| 4-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | 120                  | 30.43                | 75%                  |
| 4-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | 120                  | 76.24                | 36%                  |
| 4-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | auto                 | 50.80                | -                    |
| 4-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | auto                 | 11.30                | -                    |
| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | 最小ラウンドトリップタイム (msec) | 平均ラウンドトリップタイム (msec) | 最大ラウンドトリップタイム (msec) |
| 4-③   | -    | 1 対 1 | -         | 61                   | 72                   | 92                   |

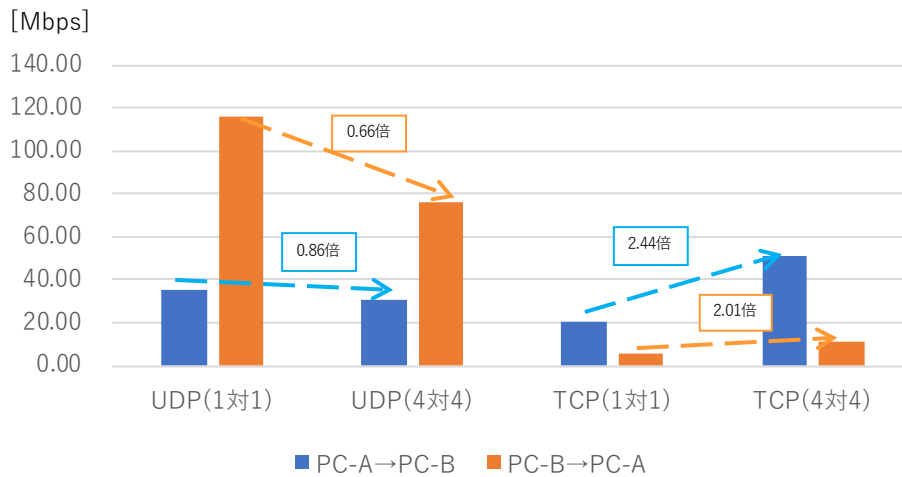


図 4.5.4.1-8 検証2\_No4 実施結果

検証2\_No4は集会所LTE環境での検証となる。No2と比較し、UDP1対1のPC-A→PC-B方向(LTE上り方向)通信の速度向上を確認した。診療所ではLTEは800MHz帯のみ対応しているが、集会所に設置した可搬型基地局では1.7GHz帯と3.5GHz帯に対応していることから速度向上につながった。

検証2の結果について、No1~No4のUDP1:1通信比較を図4.5.4.1-9に、TCP4:4通信比較の4.5.4.1-10に示す。

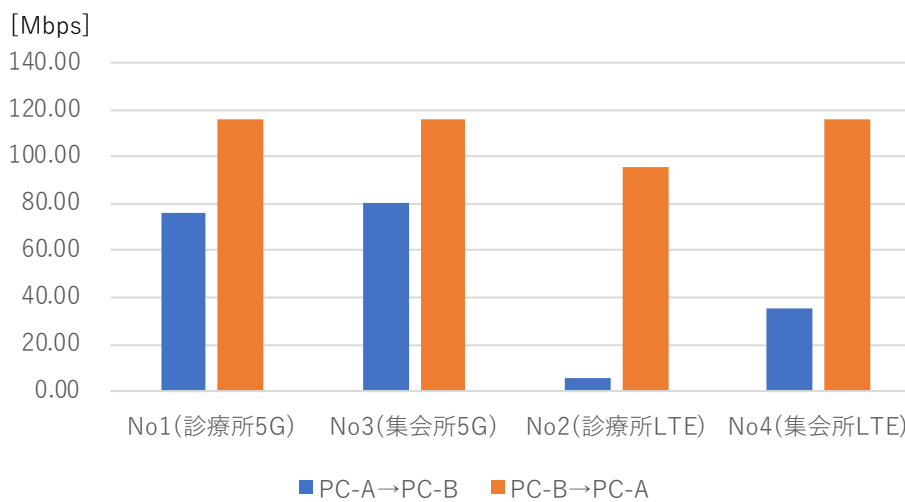


図 4.5.4.1-9 検証2\_UDP1:1通信比較

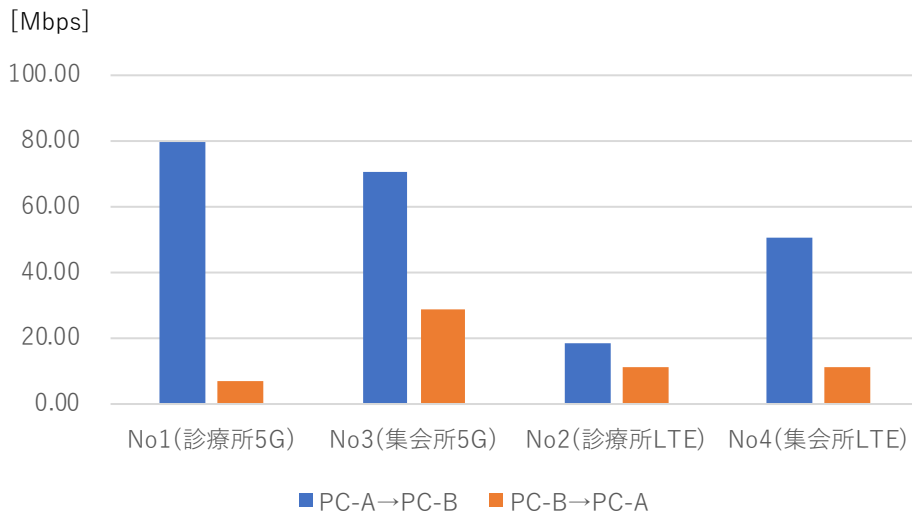


図 4.5.4.1-20 検証 2\_TCP4:4 通信比較

図 4.5.2.1-9 では No1～No4 の検証において 5G/LTE 通信の下り方向の速度が速い結果となった。これは 5G/LTE とも規格上、下り速度が上り速度より速くなっており、想定通りの結果であった。

上り方向の通信速度は 5G 通信の No1、No3 が約 80Mbps、LTE (1.7GHz、3.5GHz 対応) 通信の No4 が約 35Mbps、LTE (800MHz 対応) 通信の No2 が約 5Mbps 程度となり、5G の高速通信を確認することができた。

下り方向の通信速度については、5G 通信と LTE 通信で明確な差が発生しなかった。これは構築した dOIC のパラメータ設定等により 5G 通信の性能を最大限引き出されなかったことが要因と想定されるが、今回の実証に必要な速度が出ており、適切な容量のネットワークを構築できたと言える。

図 4.5.4.1-10 では 5G/LTE の TCP 下り方向の速度が低速な結果となった。これは dOIC サーバのパラメータ設定等によると考えられる。

TCP 下り方向の通信速度は、診療所 5G 環境で LTE よりも低速となる結果だった。今回の検証では検証機材のトラブル等による明らかな異常を除き、再測定を行っていない。No1 検証時の一時的な問題であると考えられる。

なお、TCP 下り方向の通信速度が必要なシステムは無く、課題実証への影響はないと判断した。

#### 4.5.4.2 アプリ機能検証

##### ●接写用カメラ、ヘッドマウントカメラ、拠点間連携カメラ

検証結果（サマリ）について表 4.5.4.2-1 に示す。

なお、音声については映像伝送アプリケーションの設定を変更しても遅延量が安定せず、検証自体が不可能であった。



表 4.5.4-1 4K カメラ映像伝送検証結果概要

| No | 試験対象                 | パラメータ                 | 映像品質 ※<br>(診療所⇒病院/<br>病院⇒診療所) | 平均スループット<br>(診療所⇒病院<br>送信/受信) [Mbps] | 平均スループット<br>(病院⇒診療所<br>送信/受信) [Mbps] | 平均ラウンドトリ<br>ップタイム<br>(Ping)<br>[msec] | 診療所⇒病院<br>平均遅延<br>(エンドツーエン<br>ド) [msec] |
|----|----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1  | 拠点間連携                | TCP/5G/30Mbps/4K      | ○/△                           | 33.64/32.96                          | 21.57/21.67                          | 288.96                                | 355.83                                  |
| 2  | 拠点間連携                | TCP/5G/30Mbps/FULL HD | ○/△                           | 33.44/32.73                          | 20.33/20.41                          | 316.53                                | 342.55                                  |
| 3  | 拠点間連携                | TCP/5G/30Mbps/HD      | ○/△                           | 29.44/28.83                          | 21.53/21.51                          | 417.46                                | 349.47                                  |
| 4  | 拠点間連携                | TCP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 16.94/16.58                          | 17.09/16.79                          | 77.30                                 | 350.56                                  |
| 5  | 拠点間連携                | TCP/5G/15Mbps/FULL HD | ○/○                           | 16.96/16.62                          | 17.09/16.81                          | 87.55                                 | 358.77                                  |
| 6  | 拠点間連携                | TCP/5G/15Mbps/HD      | ○/○                           | 17.10/16.77                          | 17.20/16.89                          | 74.91                                 | 343.02                                  |
| 7  | 拠点間連携                | TCP/5G/5Mbps/4K       | ○/○                           | 5.74/5.70                            | 5.80/5.78                            | 75.89                                 | 353.10                                  |
| 8  | 拠点間連携                | TCP/5G/5Mbps/FULL HD  | ○/○                           | 5.79/5.75                            | 5.86/5.83                            | 82.20                                 | 355.30                                  |
| 9  | 拠点間連携                | TCP/5G/5Mbps/HD       | ○/○                           | 5.74/5.71                            | 5.81/5.78                            | 79.55                                 | 344.36                                  |
| 10 | 拠点間連携                | TCP/LTE/15Mbps/4K     | △/○                           | 17.45/17.04                          | 17.31/17.09                          | 115.01                                | 432.34                                  |
| 11 | 拠点間連携                | TCP/LTE/5Mbps/4K      | ○/○                           | 5.74/5.76                            | 5.85/5.78                            | 80.74                                 | 358.10                                  |
| 12 | 3 台同時                | TCP/5G/30Mbps/4K      | ×/×                           | 27.25/27.57                          | 4.76/4.77                            | 2181.54                               | 映像受信 NG                                 |
| 13 | 3 台同時                | TCP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 16.95/16.67                          | 17.08/16.79                          | 87.16                                 | 353.27                                  |
| 14 | 3 台同時                | TCP/LTE/5Mbps/4K      | △/○                           | 5.82/5.71                            | 5.79/5.76                            | 91.80                                 | 364.92                                  |
| 15 | 3 台同時+モバイル超音波画像診断装置  | TCP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 17.06/16.92                          | 6.10/6.08                            | 89.86                                 | 未測定                                     |
| 16 | 3 台同時+遠隔診療支援システム     | TCP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 17.08/16.93                          | 6.11/6.09                            | 80.37                                 | 未測定                                     |
| 17 | 3 台同時+モーションキャプチャシステム | TCP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 17.13/16.85                          | 6.06/6.04                            | 206.78                                | 未測定                                     |
| 18 | 3 台同時+モーションキャプチャシステム | UDP/5G/15Mbps/4K      | ○/○                           | 16.82/16.80                          | 16.85/16.85                          | 84.11                                 | 未測定                                     |

※ ○：正常に映像が受信されており、画質の劣化がない状態

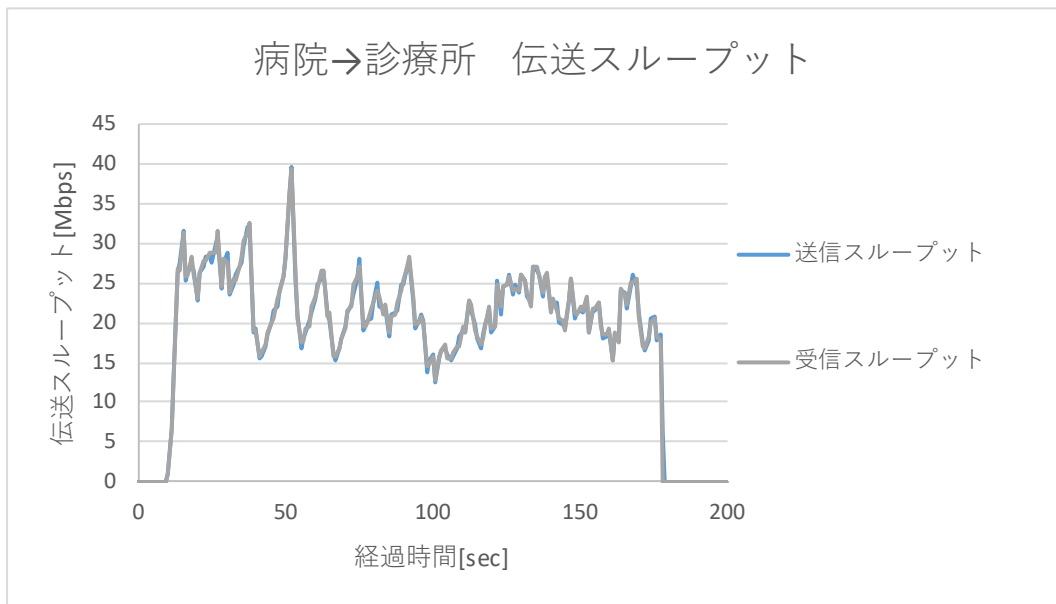
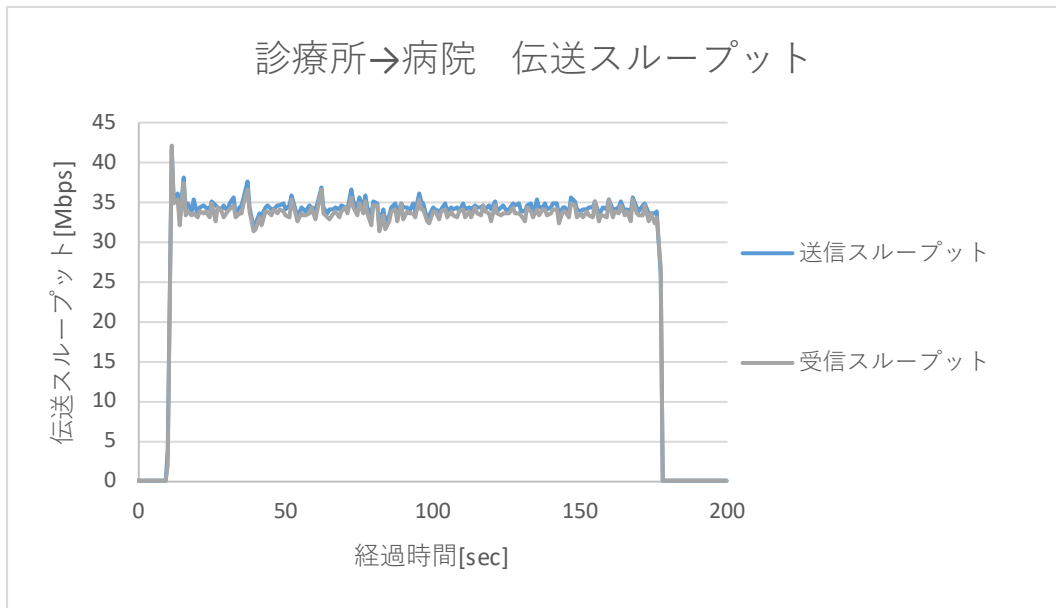
△：目視で認識できるフレームレートの低下（映像の一時停止）があるが、表示される映像の画質の劣化がない状態

×：映像が表示されない状態

各検証の詳細結果について記載する。なお、No12～No18 は拠点間連携用の結果を代表して記載する。

• No1 検証結果 (5G 30Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-2 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-3 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-4 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-5 に示す。



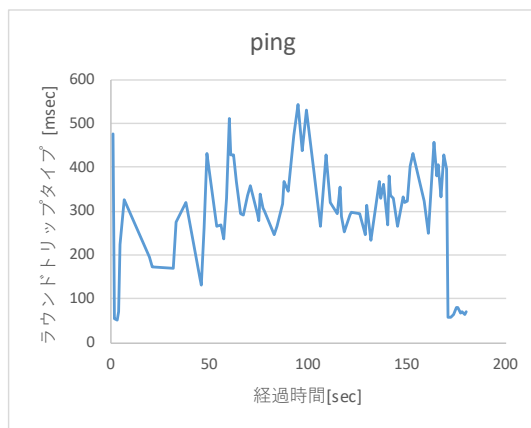


図 4.5.4.2-4 No1\_ラウンドトリップタイム

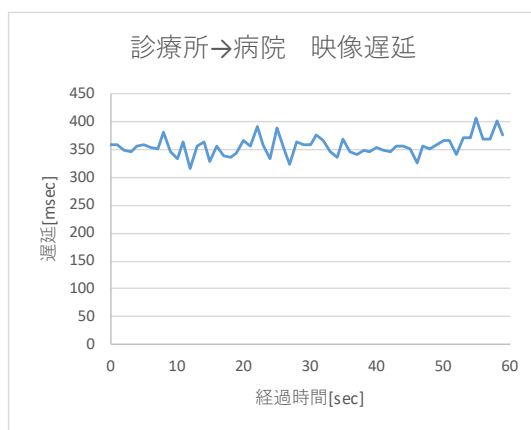


図 4.5.4.2-5 No1\_エンドツーエンド遅延

No1 の検証では図 4.5.4.2-2 より診療所→病院方向の映像伝送は約 33Mbps の速度、図 4.5.4.2-5 よりエンドツーエンド遅延が 350msec 前後で安定して行うことができた。病院→診療所方向の映像伝送は必要な帯域を確保できず、フレームレートの低下や遅延が発生した(図 4.5.4.2-3 参照)。

Ping においても病院→診療所方向の帯域不足による遅延が発生の影響で、200msec から 500msec のラウンドトリップタイムが発生した(図 4.5.4.2-4)。

本結果は通信速度の検証結果とも一致するため、妥当な結果と考えられる。

• No2 検証結果(5G 30Mbps FULL HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-6 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-7 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-8 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-9 に示す。

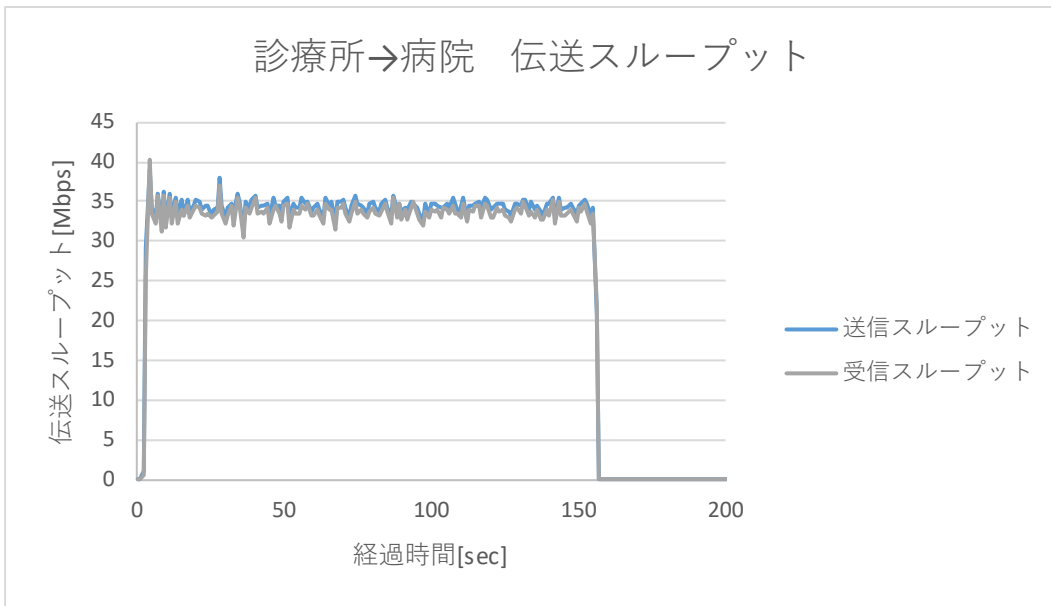


図 4.5.4.2-6 No2\_診療所→病院方向の伝送スループット

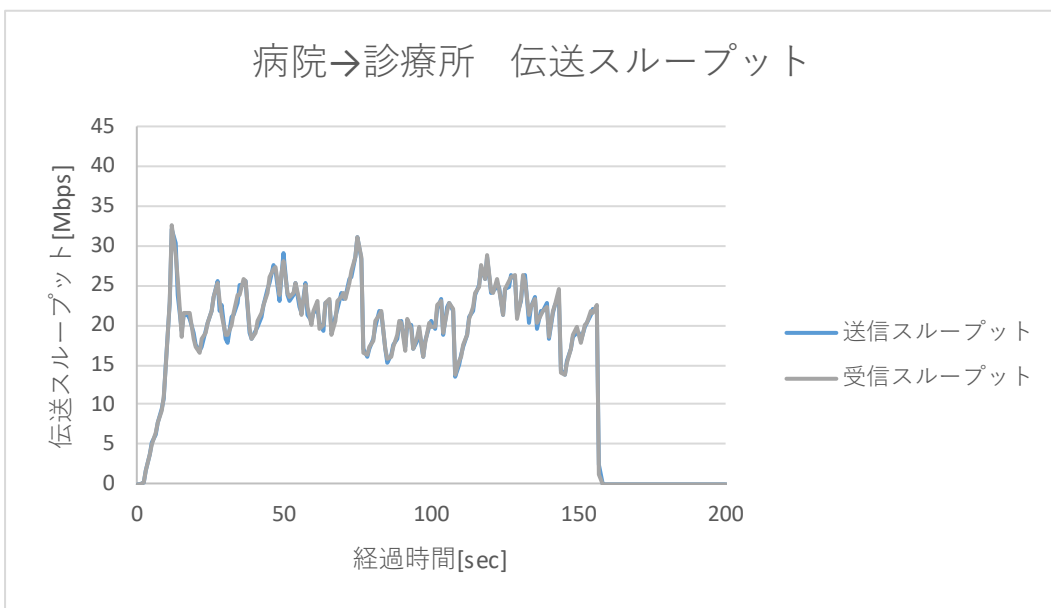


図 4.5 図 4.5.4.2-7 No2\_病院→診療所方向の伝送スループット

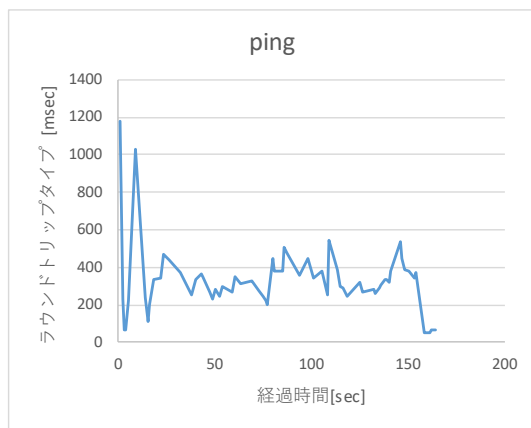


図 4.5.4.2-8 No2\_ラウンドトリップタイム

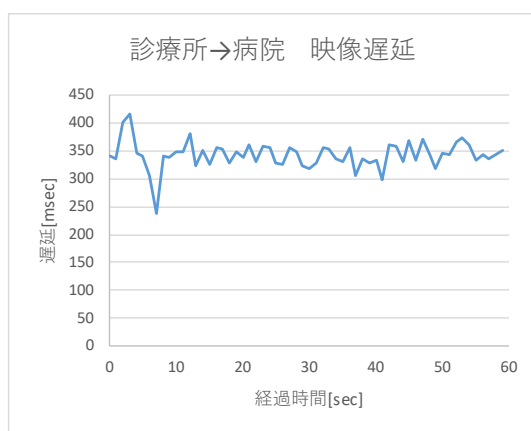


図 4.5.4.2-9 No2\_エンドツーエンド遅延

No2 の検証では No1 と同様に診療所→病院方向の通信は安定していたが、病院→診療所方向の通信では帯域不足に伴いフレームレートの低下やラウンドトリップタイムが大きくなる結果となった。

• No3 検証結果(5G 30Mbps HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-10 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-11 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-12 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-13 に示す。

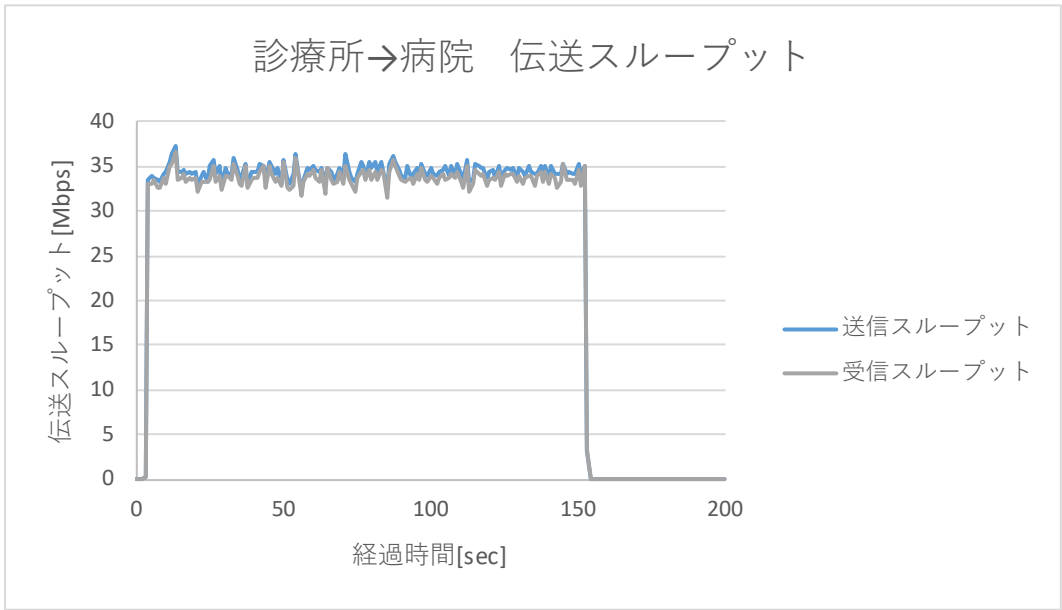


図 4.5.4.2-10 No3\_診療所→病院方向の伝送スループット

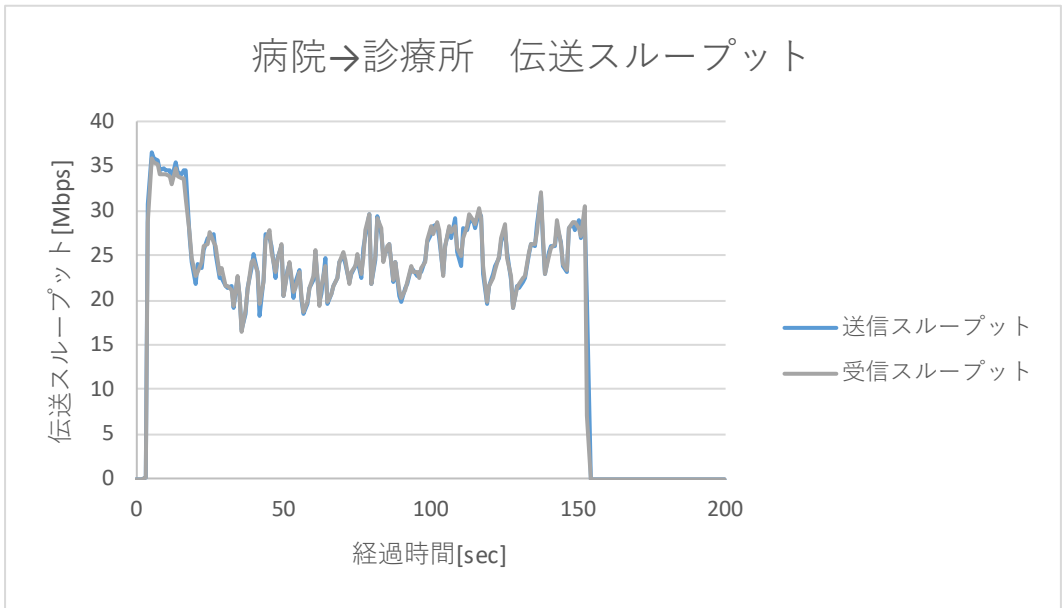


図 4.5.4.2-11 No3\_病院→診療所方向の伝送スループット

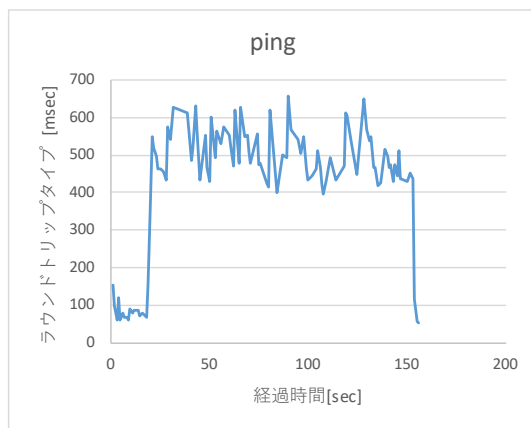


図 4.5.4.2-12 No3\_ラウンドトリップタイム

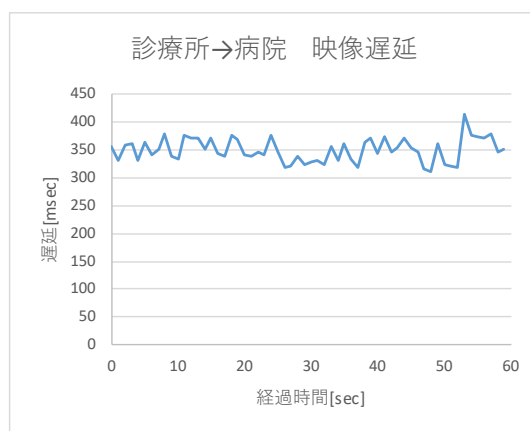


図 4.5.4.2-13 No3\_エンドツーエンド遅延

No3 の検証でも No1、No2 と診療所→病院方向の通信は安定していたが、病院→診療所方向の通信では帯域不足に伴いフレームレートの低下やラウンドトリップタイムが大きくなる結果となった。

• No4 検証結果(5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-14 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-15 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-16 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-17 に示す。

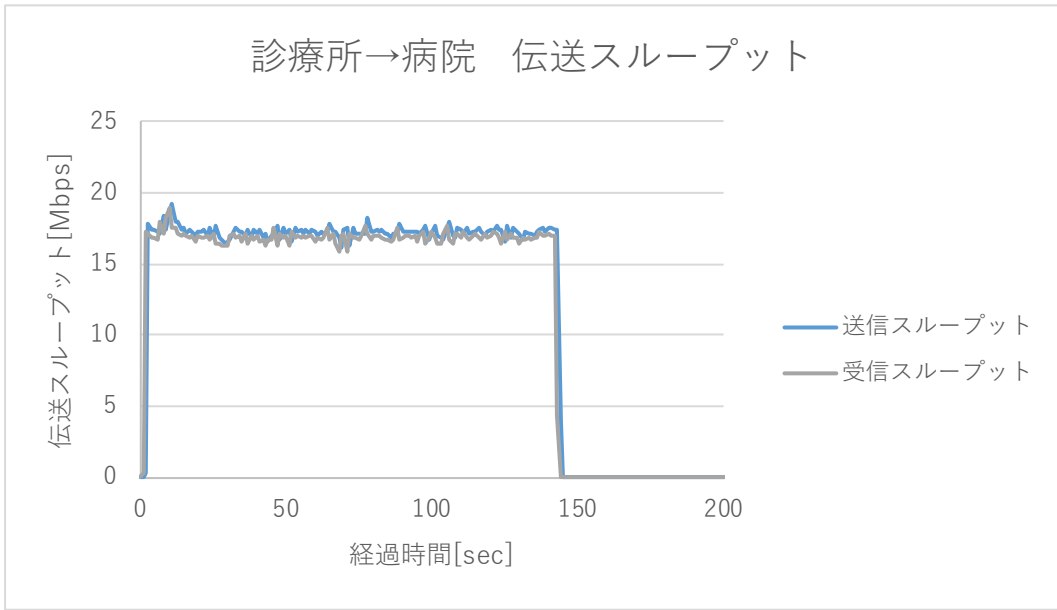


図 4.5.4-14 No4\_診療所→病院方向の伝送スループット

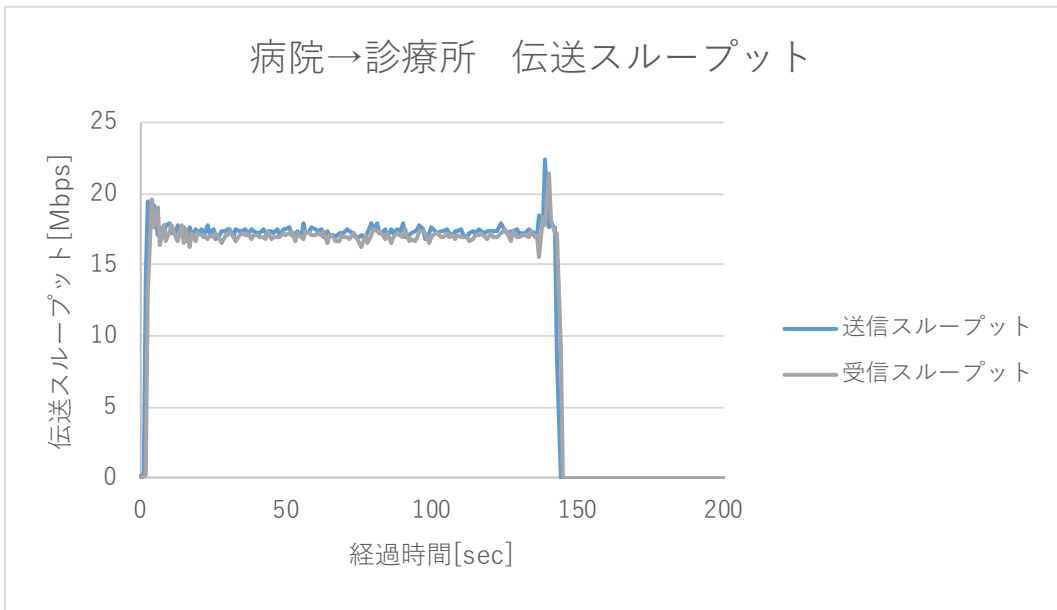


図 4.5.4.2-15 No4\_病院→診療所方向の伝送スループット



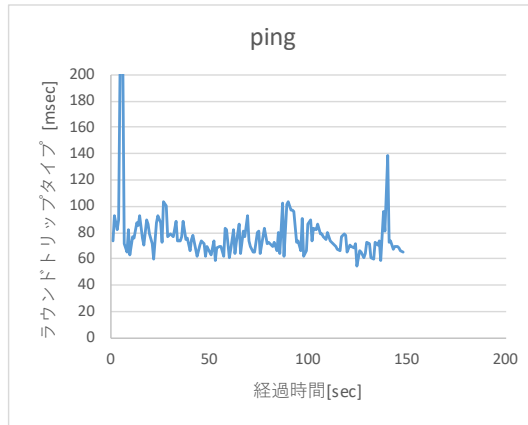


図 4.5.4.2-16 No4\_ラウンドトリップタイム

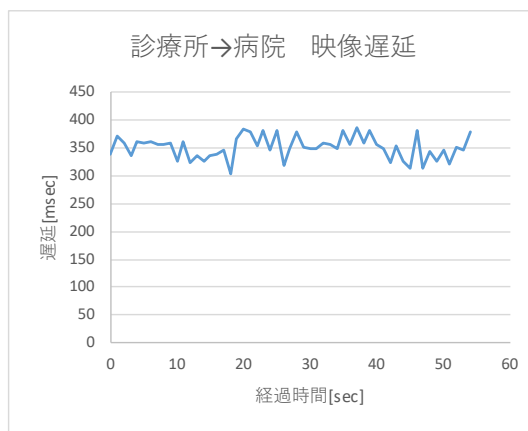


図 4.5.4.2-17 No4\_エンドツーエンド遅延

No4 の検証では診療所→病院方向だけでなく、病院→診療所方向の通信も安定して行うことができた。また Ping の値も改善しており、病院→診療所方向の通信に余裕があったと考えられる。

• No5 検証結果(5G 15Mbps FULL HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-18 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-19 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-20 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-21 に示す。

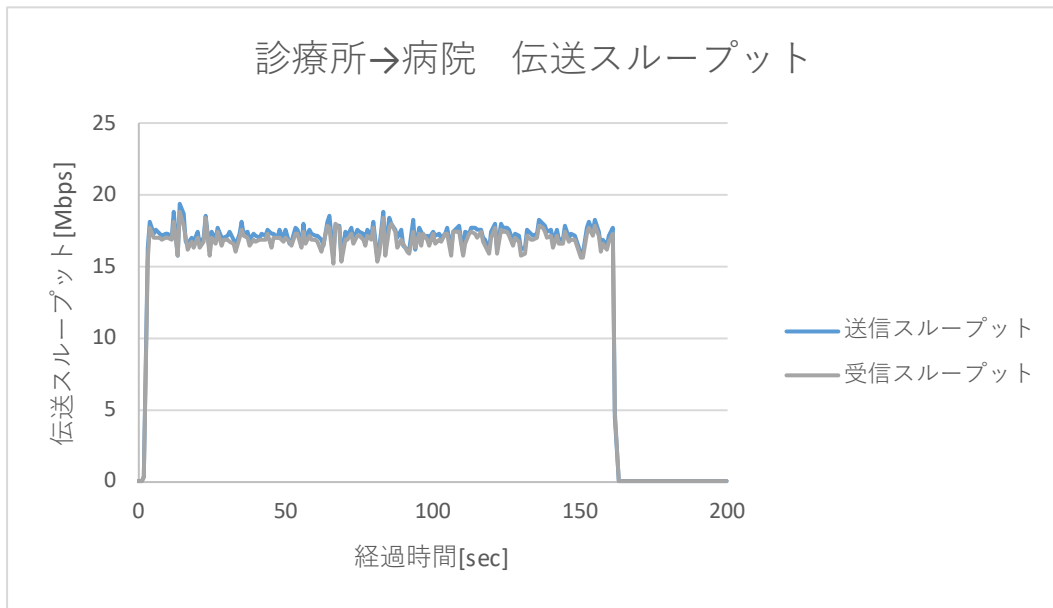


図 4.5.4.2-18 No5\_診療所→病院方向の伝送スループット

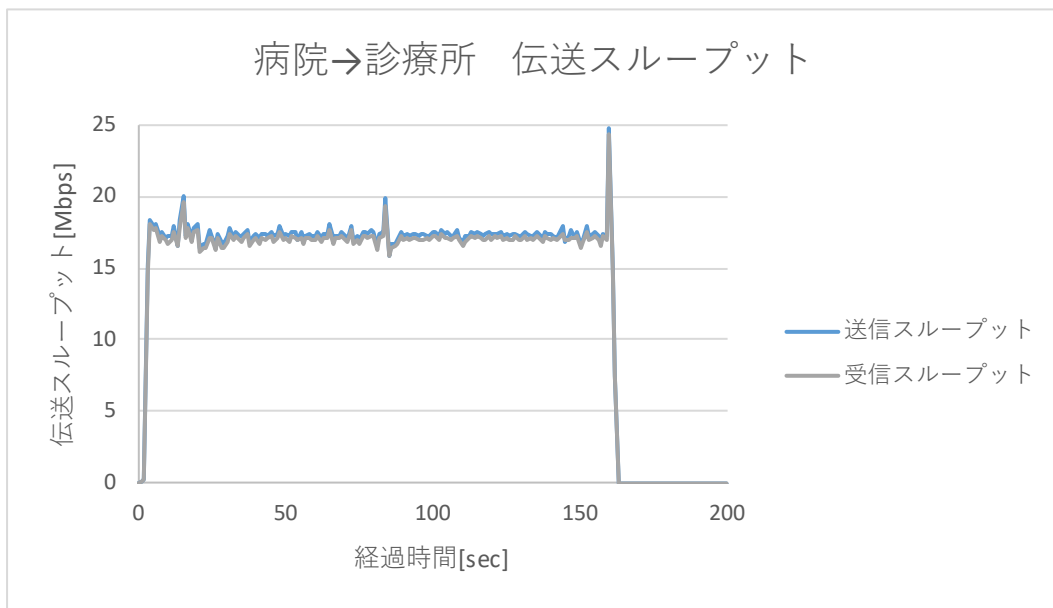


図 4.5.4.2-19 No5\_病院→診療所方向の伝送スループット

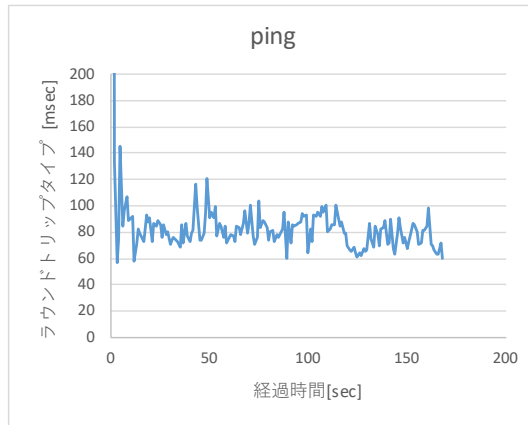


図 4.5.4.2-20 No5\_ラウンドトリップタイム

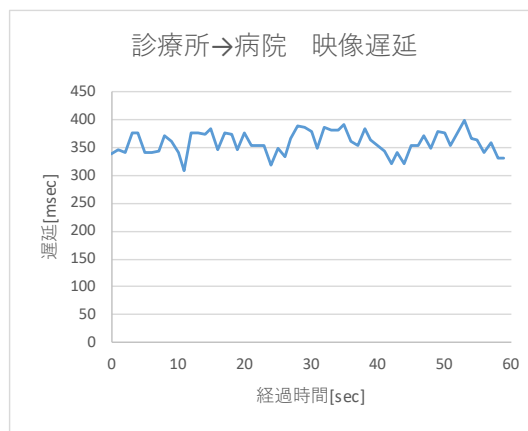


図 4.5.4.2-21 No5\_エンドツーエンド遅延

No5 の検証結果は No4 と同様に双方向で安定して通信を行うことができた。

• No6 検証結果 (5G 15Mbps HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-22 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-23 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-24 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-25 に示す。

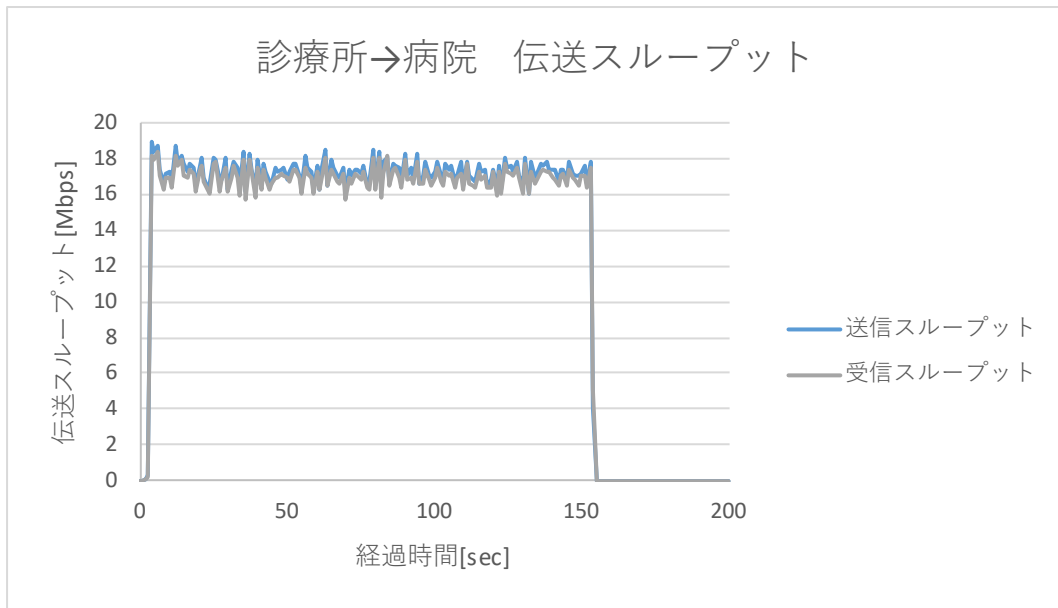


図 4.5.4.2-22 No6\_診療所→病院方向の伝送スループット

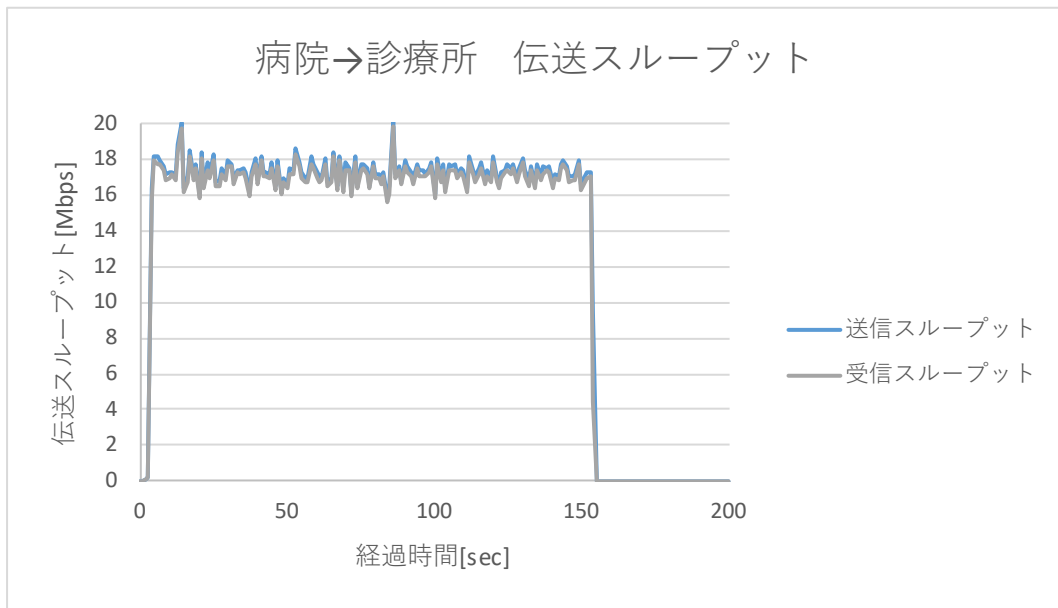


図 4.5.4.2-23 No6\_病院→診療所方向の伝送スループット

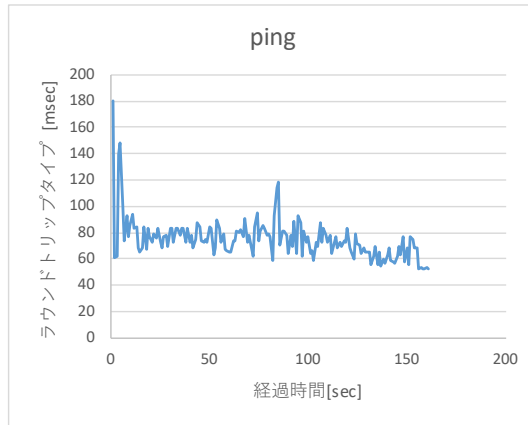


図 4.5.4.2-24 No6\_ラウンドトリップタイム

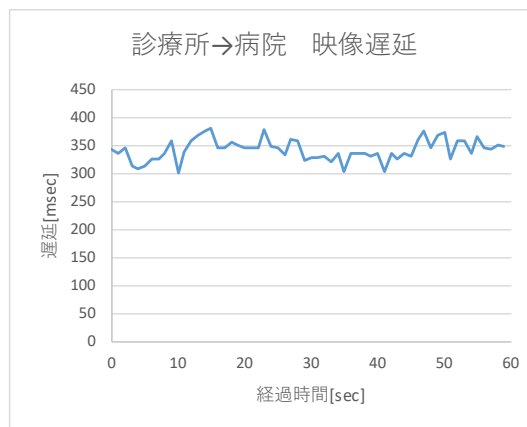


図 4.5.4.2-25 No6\_エンドツーエンド遅延

No6 の検証結果は No4、No5 と同様に双方向で安定して通信を行うことができた。  
映像品質を HD に下げているためエンコード・デコード負荷は低減していると考えられるが、図 4.5.4.2-25 の結果は 4K や FULL HD と比較し有意な差は得られなかった。

・No7 検証結果(5G 5Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-26 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-27 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-28 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-29 に示す。

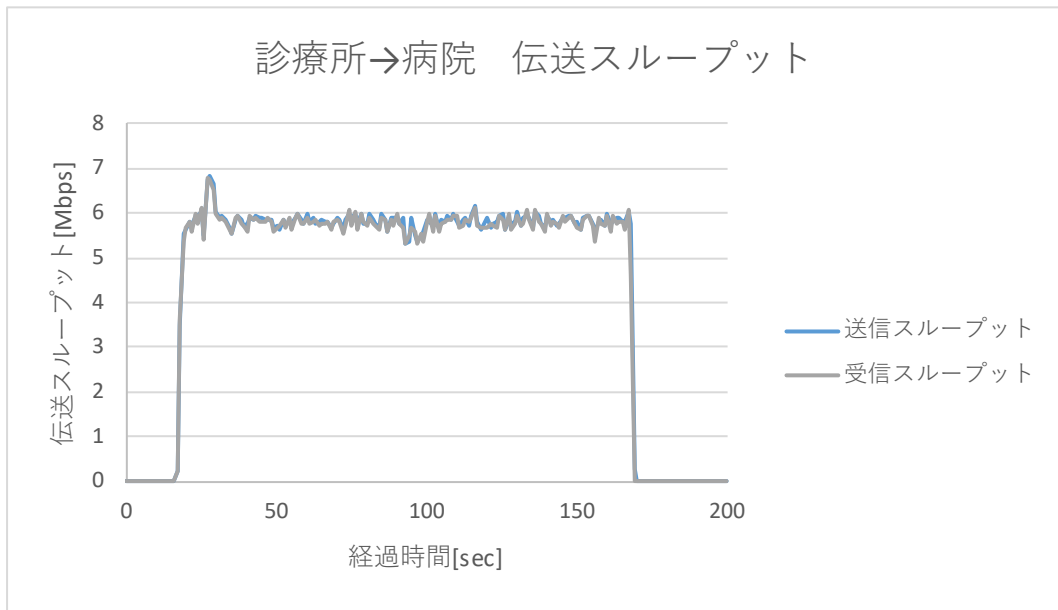


図 4.5.4.2-26 No7\_診療所→病院方向の伝送スループット

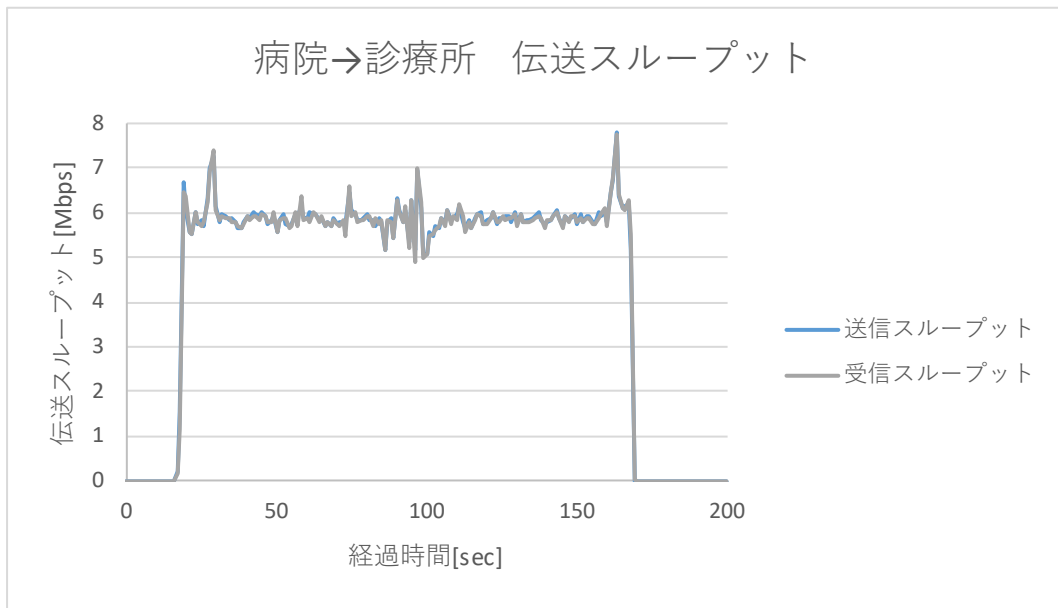


図 4.5.4.2-27 No7\_病院→診療所方向の伝送スループット

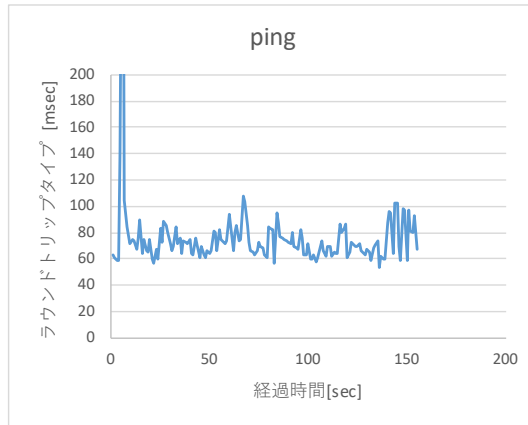


図 4.5.4.2-28 No7\_ラウンドトリップタイム

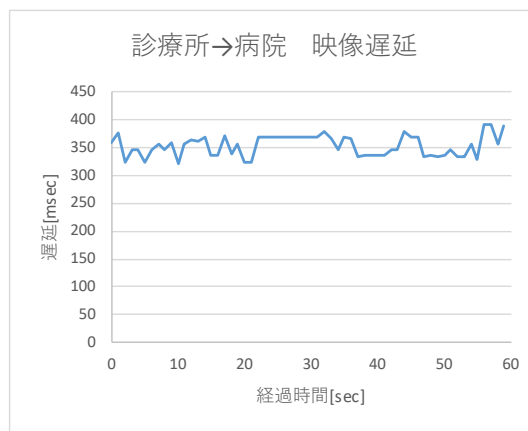


図 4.5.4.2-29 No7\_エンドツーエンド遅延

No7 の検証では送信ビットレートを 5Mbps まで下げて行ったが、図 4.5.4.2-28 のラウンドトリップタイムや図 4.5.4.2-29 のエンドツーエンド遅延は、送信ビットレート 15Mbps 設定時と同等であり、短縮されることは無かった。

・No8 検証結果(5G 5Mbps FULL HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-30 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-31 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-32 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-33 に示す。

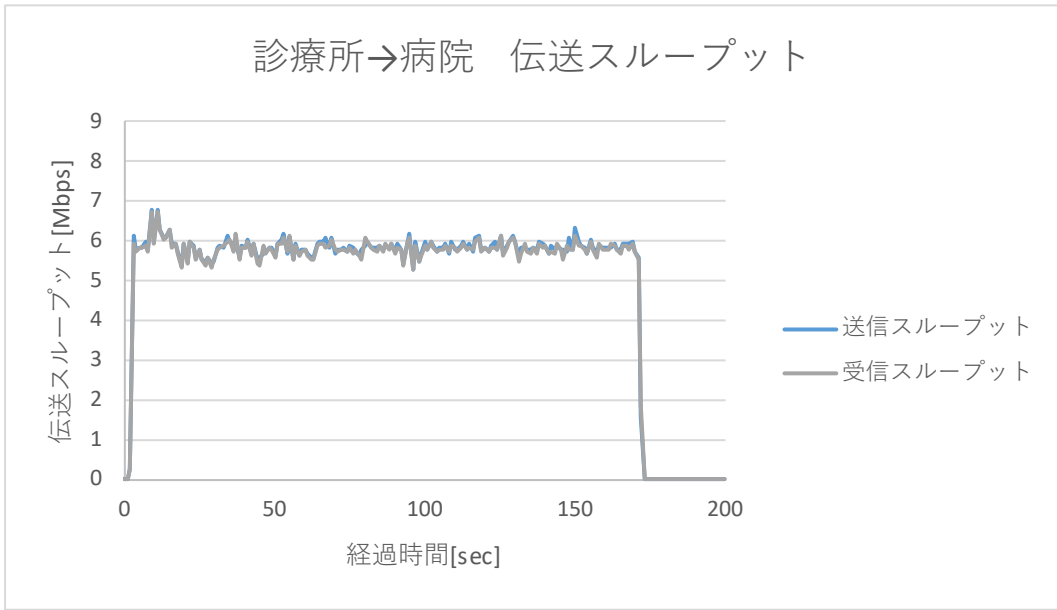


図 4.5.4.2-30 No8\_診療所→病院方向の伝送スループット

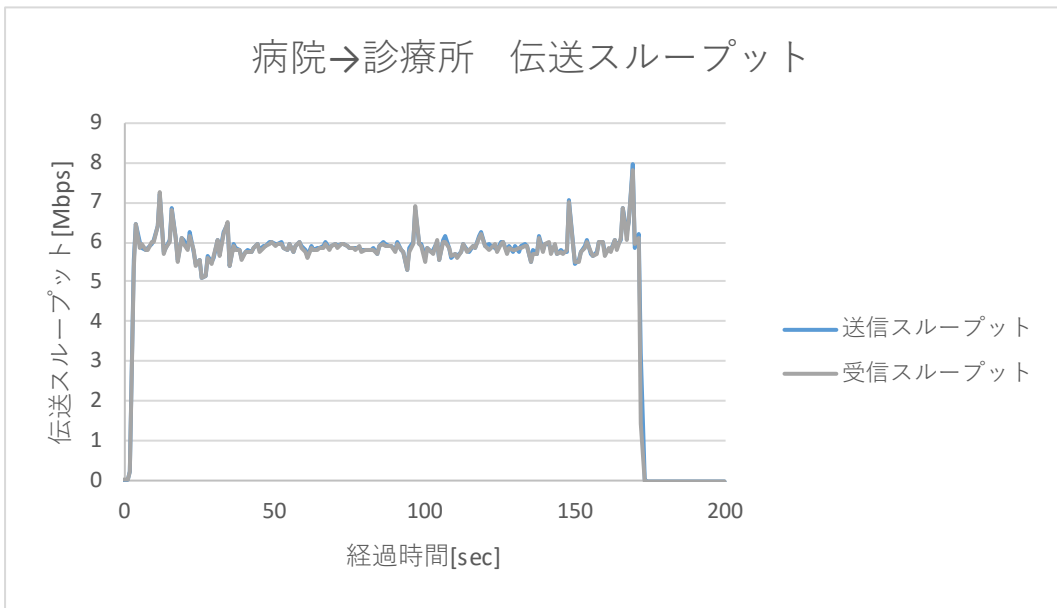


図 4.5.4.2-31 No8\_病院→診療所方向の伝送スループット



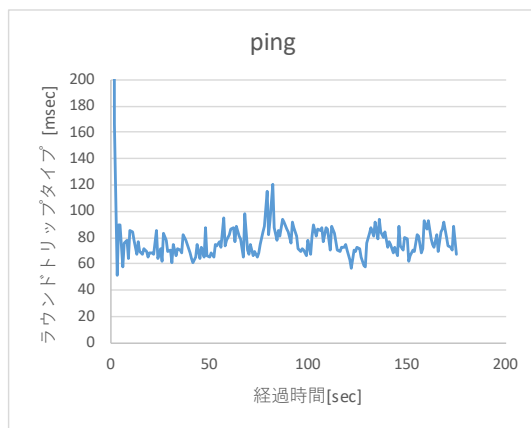


図 4.5.4.2-32 No8\_ラウンドトリップタイム

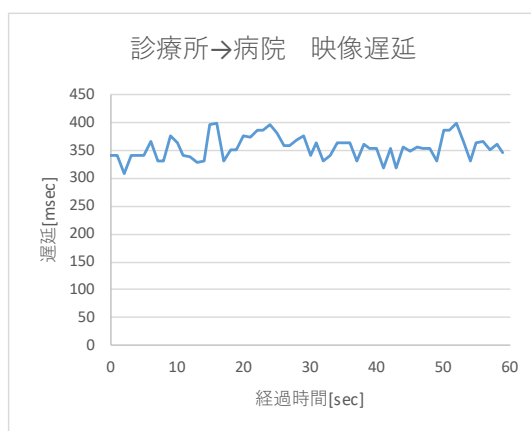


図 4.5.4.2-33 No8\_エンドツーエンド遅延

No8 の検証結果は No7 と同等となり、双方向通信を安定して行うことができた。

• No9 検証結果 (5G 5Mbps HD)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-34 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-35 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-36 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-37 に示す。

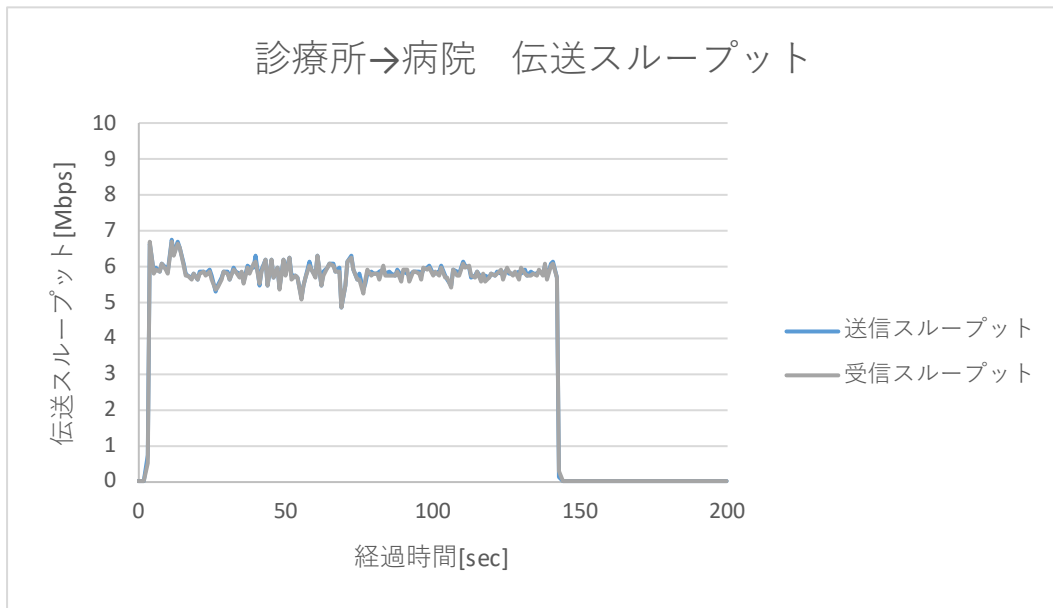


図 4.5.4.2-34 No9\_診療所→病院方向の伝送スループット

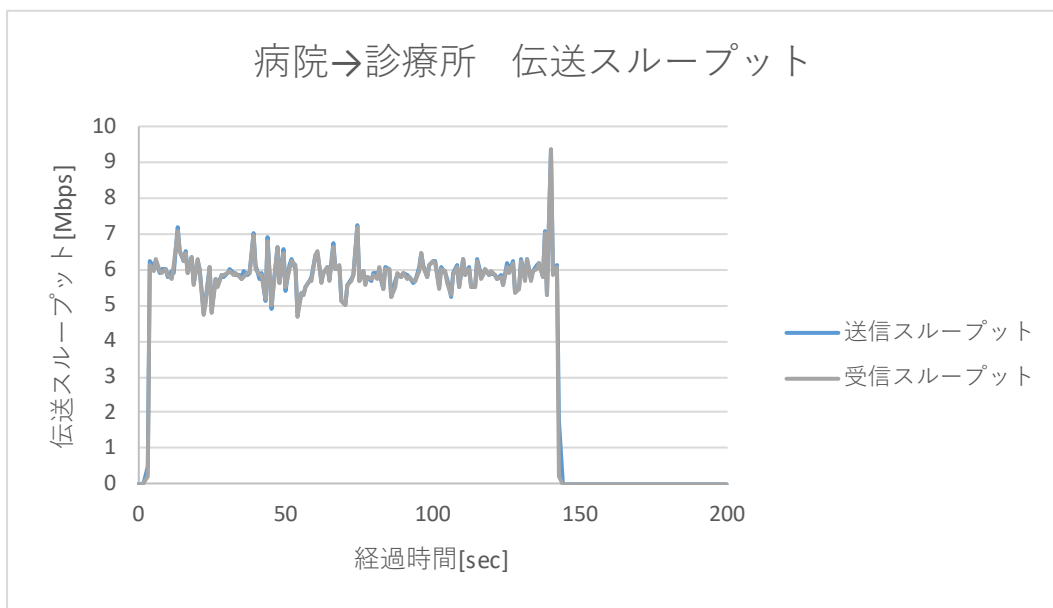


図 4.5.4.2-35 No9\_病院→診療所方向の伝送スループット

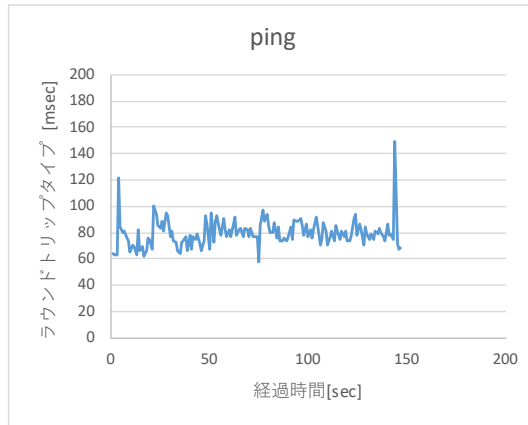


図 4.5.4.2-36 No9\_ラウンドトリップタイム

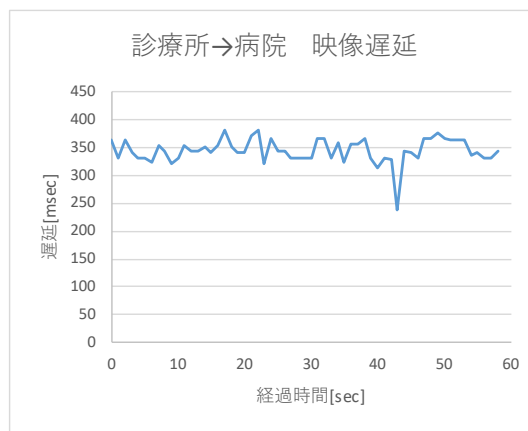


図 4.5.4.2-37 No9\_エンドツーエンド遅延

No9 の検証結果は No7、No8 と同等となり、双方向通信を安定して行うことができた。

・No10 検証結果(LTE 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-38 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-39 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-40 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-41 に示す。

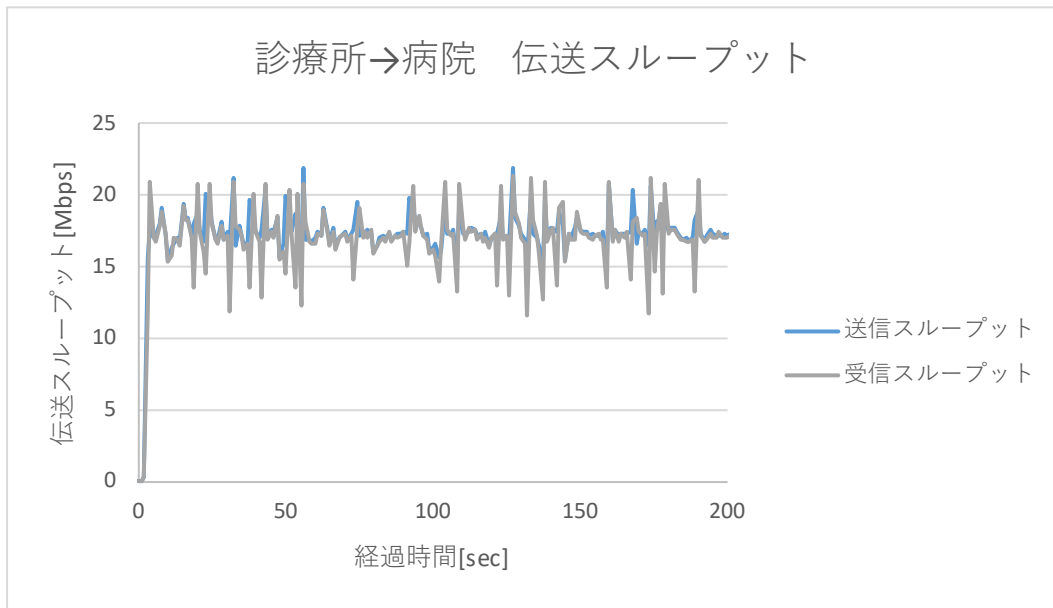


図 4.5.4.2-38 No10\_診療所→病院方向の伝送スループット

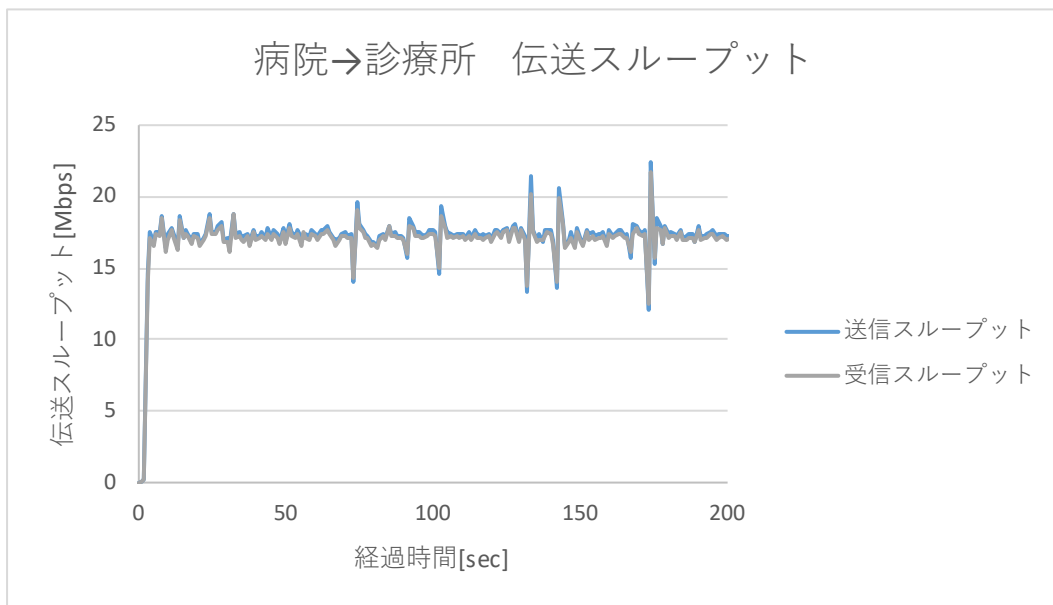


図 4.5.4.2-39 No10\_病院→診療所方向の伝送スループット

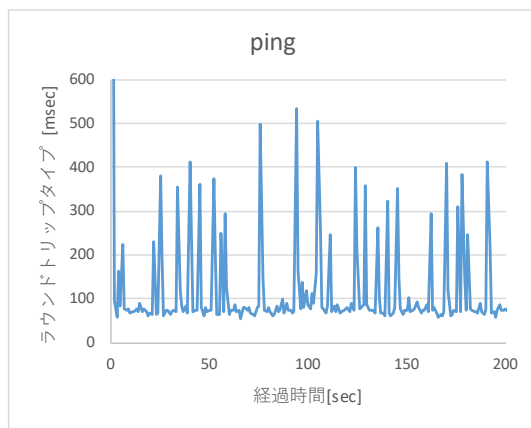


図 4.5.4.2-40 No10\_ラウンドトリップタイム

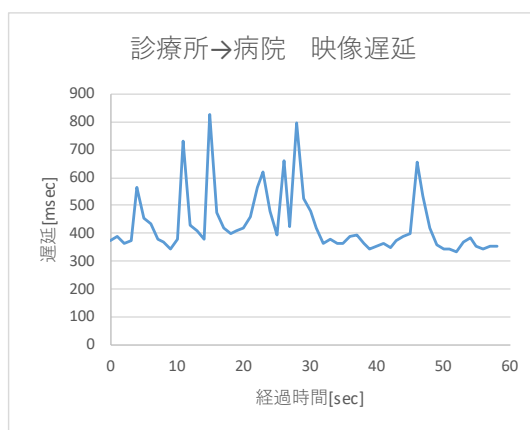


図 4.5.4.2-41 No10\_エンドツーエンド遅延

No10 の検証では LTE 通信を利用している。図 4.5.4.2-38 より、診療所→病院の方向での通信でスループットが安定していないこと、図 4.5.4.2-40 No10 よりラウンドトリップタイムも揺らぎが大きいことを確認できた。

このため、5G 環境では発生しなかった、診療所→病院の伝送映像でフレームレートの低下を確認した。

病院→診療所の方向の通信については瞬間的なスループットの上がり下がりがあるものの目視では気にならない程度の映像品質で伝送できていることを確認した。

・No11 検証結果 (LTE 5Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-42 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-43 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-44 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-45 に示す。

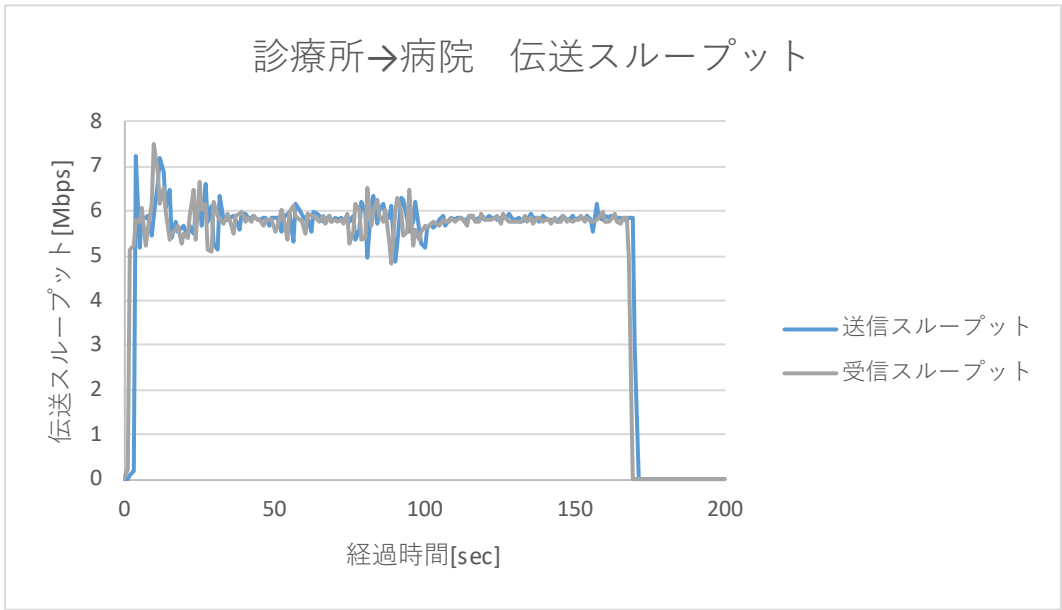


図 4.5.4.2-42 No11\_診療所→病院方向の伝送スループット

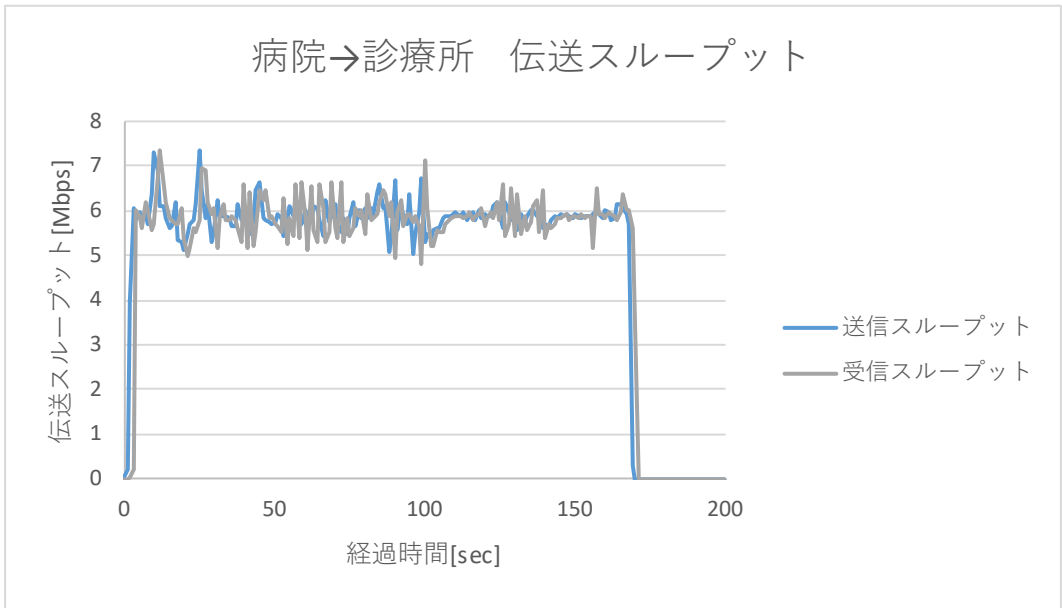


図 4.5.4.2-43 No11\_病院→診療所方向の伝送スループット

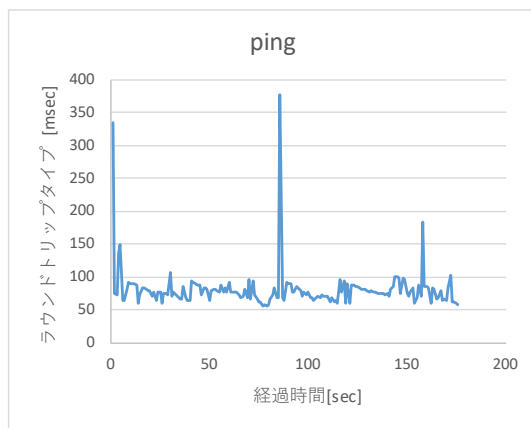


図 4.5.4.2-44 No11\_ラウンドトリップタイム

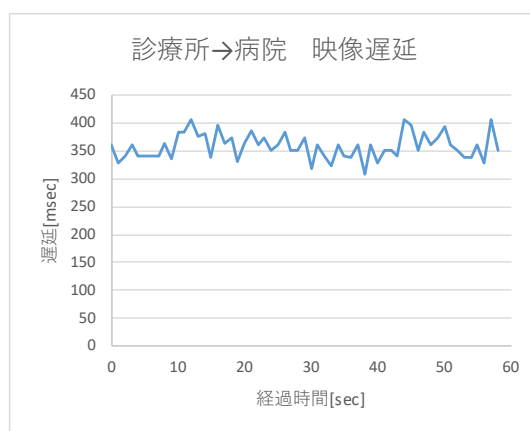


図 4.5.4.2-45 No11\_エンドツーエンド遅延

No11 の検証では双方向のスループットで小さなふらつきが発生したが、映像品質に影響はなかった。また、図 4.5.4.2-43 よりラウンドトリップタイムもほとんどが 100msec 以内に収まっており、5G より僅かに遅い程度であることを確認した。

本実証のネットワークでは基地局～ドコモのコアネットワーク間で 5G と LTE で異なる経路により通信を行っているが、通信遅延の大半を占める dOIC～光回線の区間が共通であること、エンドツーエンドで見た場合、エンコード・デコードにかかる時間が大きくなり、5G と LTE での優位な遅延差を確認することはできなかった。

・No12 検証結果(3 台 5G 30Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-46 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-47 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-48 に示す。

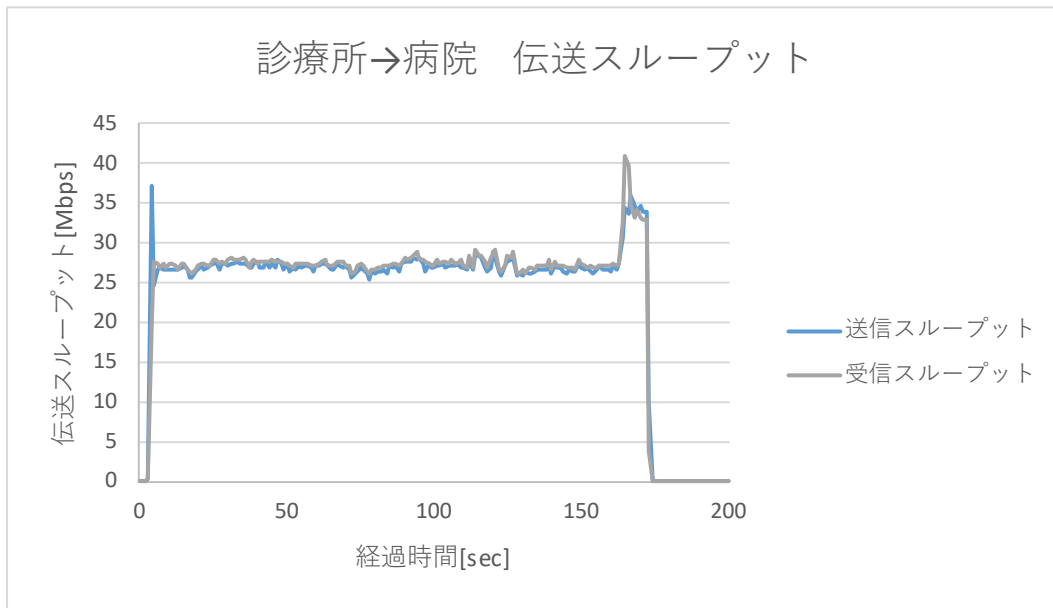


図 4.5.4.2-46 No12\_診療所→病院方向の伝送スループット

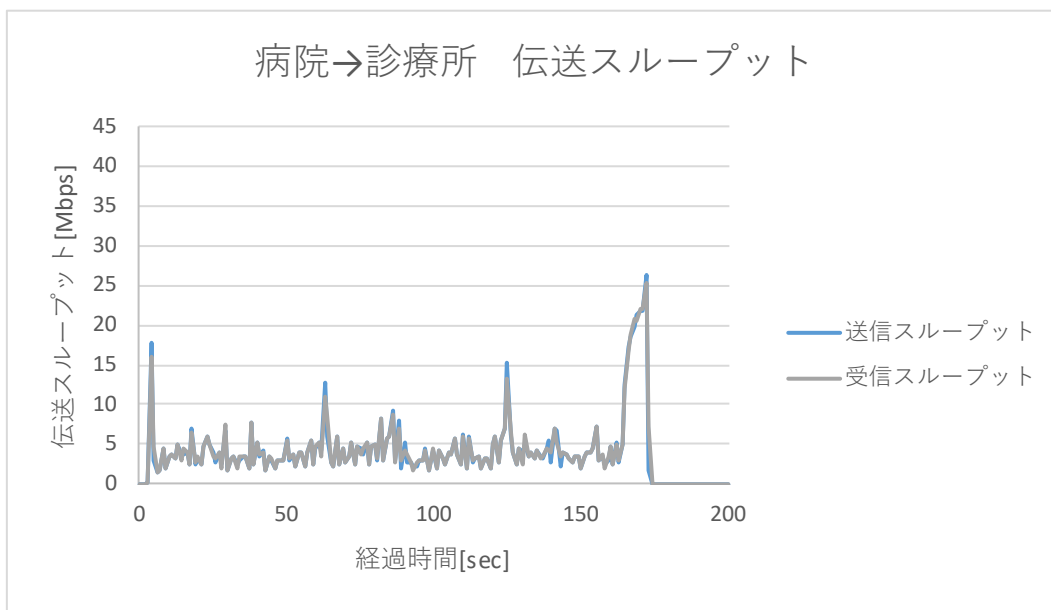


図 4.5.4.2-47 No12\_病院→診療所方向の伝送スループット



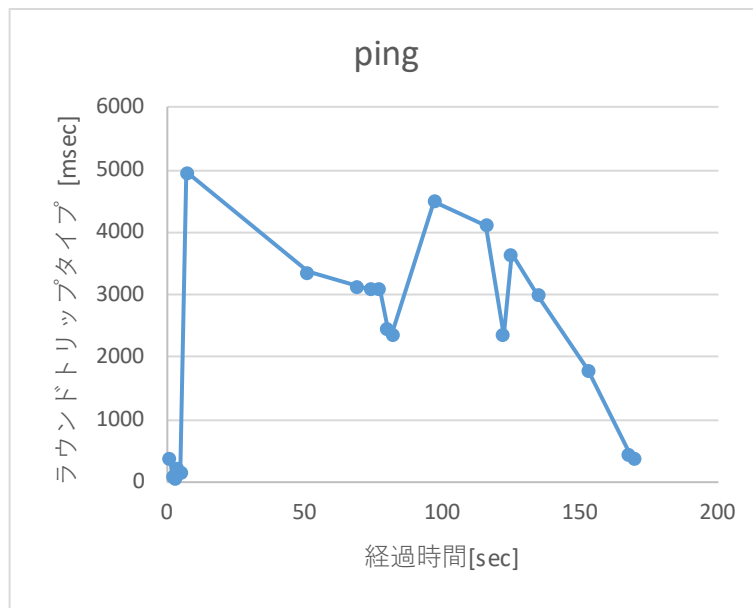


図 4.5.4.2-48 No12\_ラウンドトリップタイム

No12 の検証では、双方向で帯域が不足し映像が表示されない事象が発生した。診療所→病院方向の通信においては、約 27Mbps で送られており、わずかに足りず映像表示ができていない状態であった。

病院→診療所方向においては約 5Mbps しか速度が出ていない状況となった。VPN に TCP の方式を採用していたことから、30Mbps で 3 台同時に送信しようとしたことから、帯域不足を検知し低速な状態になってしまった可能性がある。

病院→診療所方向の通信帯域不足により、Ping についてもタイムアウトが頻発し、Ping が成功した場合でもほとんどが 1 秒以上のラウンドトリップタイムとなった。

映像伝送に必要な速度は VPN のカプセリングを含め、1 カメラあたり 35Mbps となり、合計帯域が 105Mbps 必要であった。3 台同時に映像伝送を行うには、送信ビットレートを下げる必要があることを確認できた。

・No13 検証結果(3 台 5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-49 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-50 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-51 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-52 に示す。

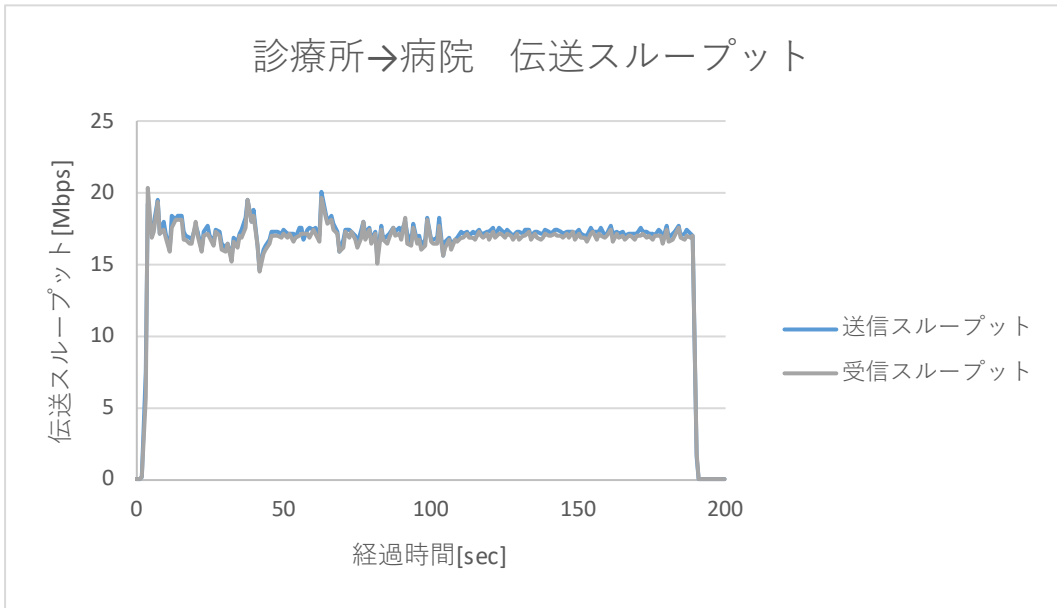


図 4.5.4.2-49 No13\_診療所→病院方向の伝送スループット

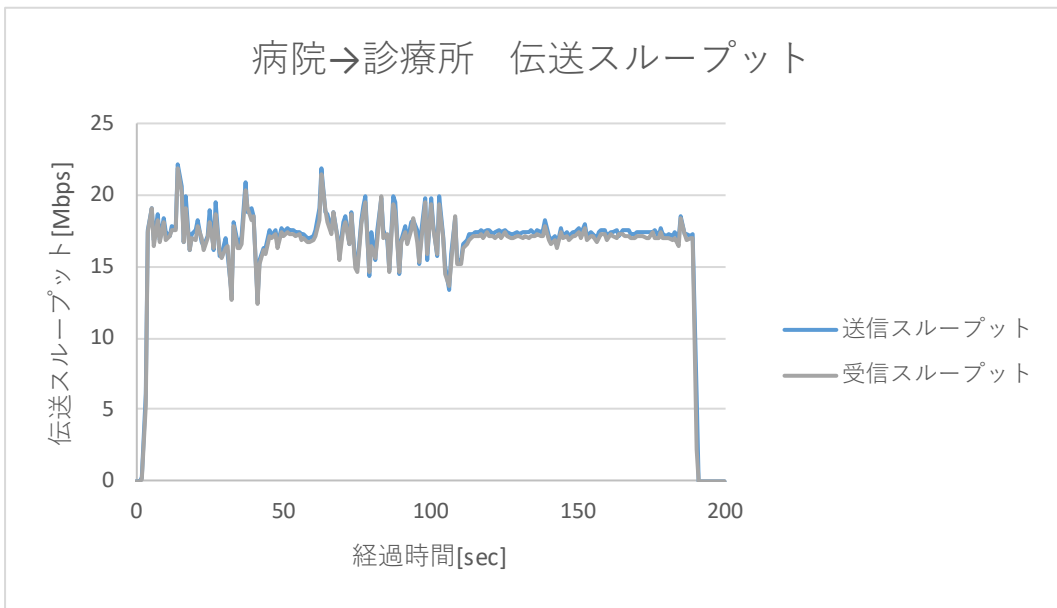


図 4.5.4.2-50 No13\_病院→診療所方向の伝送スループット

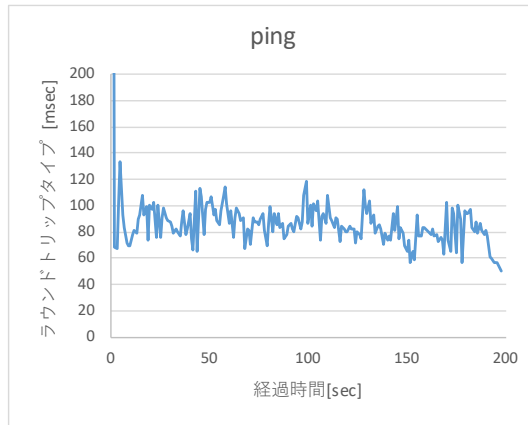


図 4.5.4.2-51 No13\_ラウンドトリップタイム

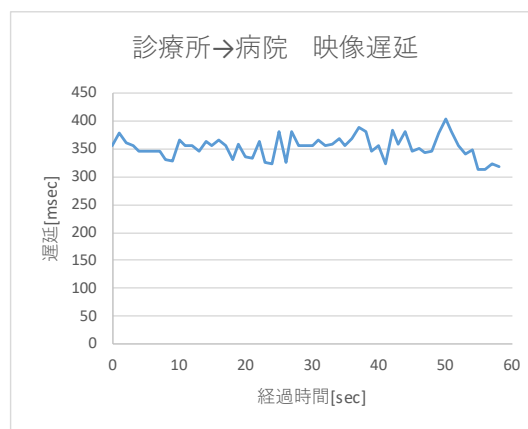


図 4.5.4.2-52 No13\_エンドツーエンド遅延

No13 の検証では 15Mbps を 3 台同時に伝送したが、診療所→病院方向の通信においては安定した品質で映像表示された。病院→診療所方向の通信においては、図 4.5.4.2-50 から伝送スループットに揺らぎはあったものの映像品質には影響がない程度であった。

・No14 検証結果(3 台同時 LTE 5Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-53 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-54 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-55 に、エンドツーエンド遅延を図 4.5.4.2-56 に示す。

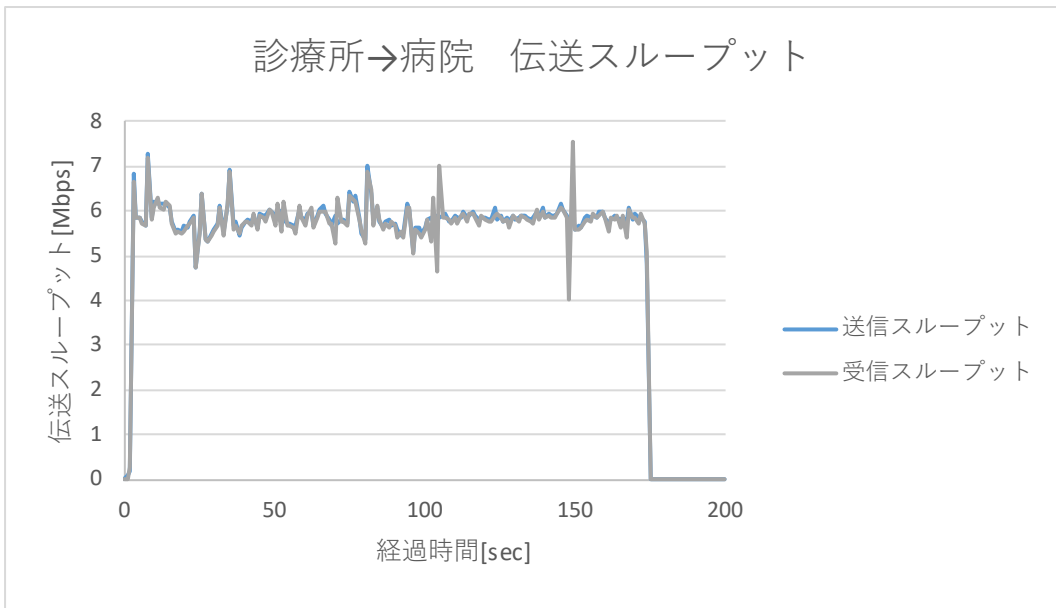


図 4.5.4.2-53 No14\_診療所→病院方向の伝送スループット

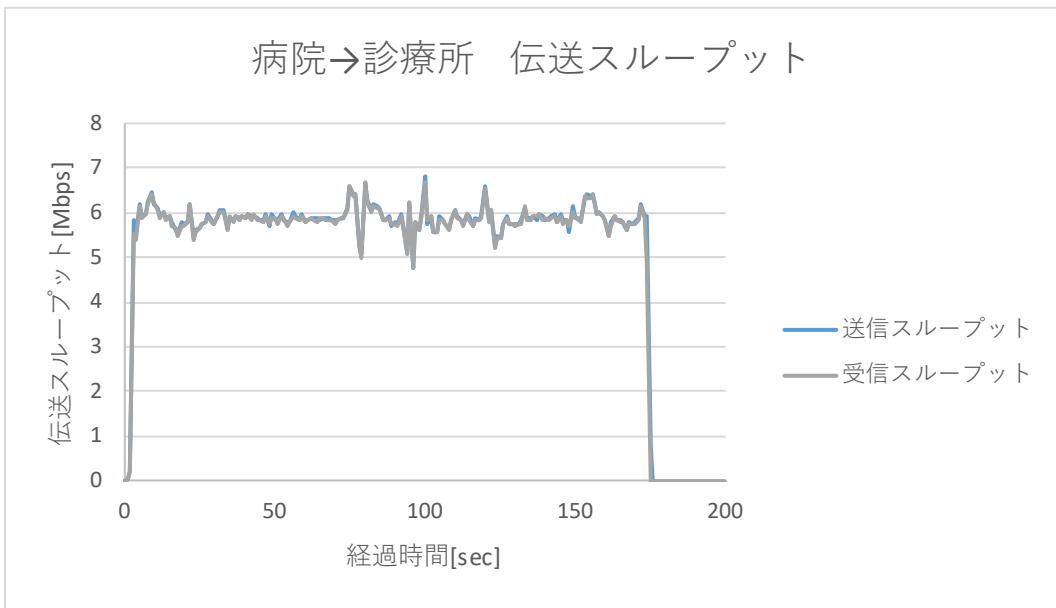


図 4.5.4.2-54 No14\_病院→診療所方向の伝送スループット

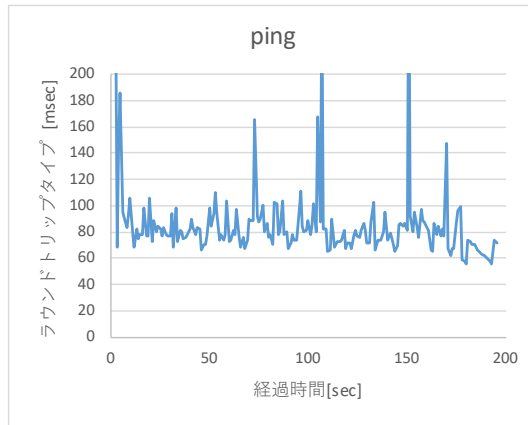


図 4.5.4.2 55 No14\_ラウンドトリップタイム

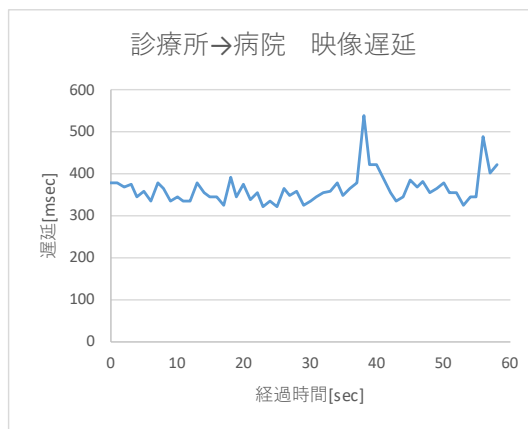


図 4.5.4.2-56 No14\_エンドツーエンド遅延

No14 ではLTE の送信ビットレート 5Mbps で検証を行った。診療所→病院方向の通信において、目視でわずかなフレームレートの低下を確認したが、図 4.5.4.2-53 でのビットレートや図 4.5.4.2-55 のラウンドトリップタイムの揺らぎが発生しており、ネットワークの帯域に余裕がない状態だったと考えられる。

- No15 検証結果(3 台+モバイル超音波画像診断装置 5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-57 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-58 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-59 に示す。

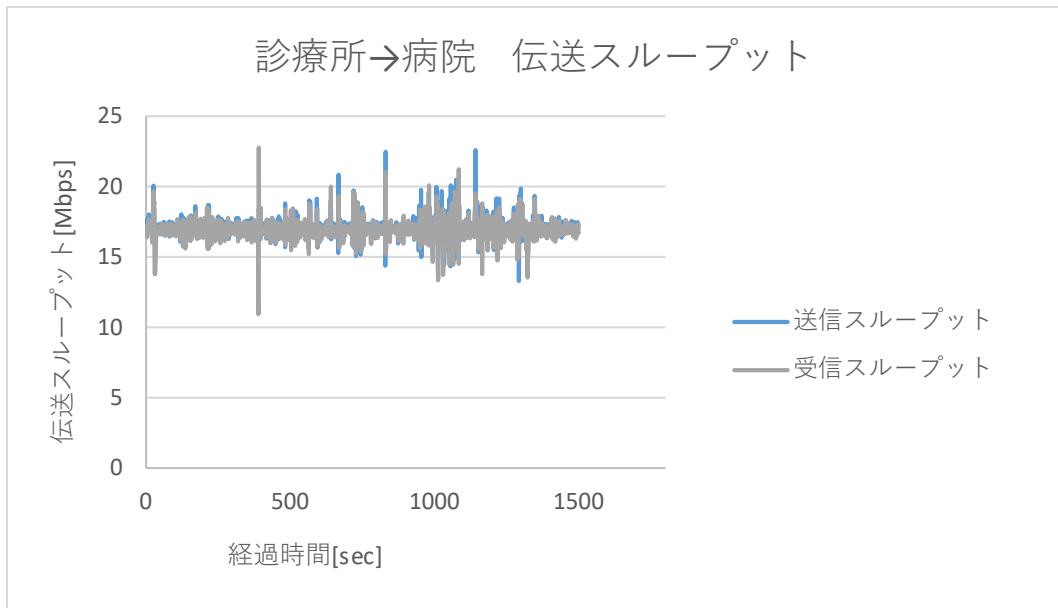


図 4.5.4.2-57 No15\_診療所→病院方向の伝送スループット

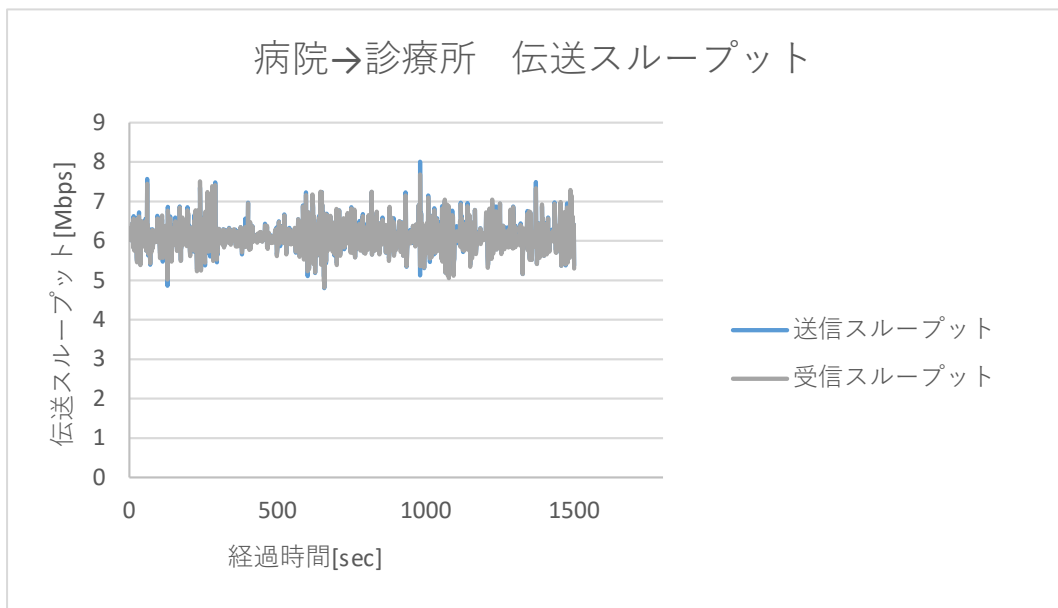


図 4.5.4.2-58 No15\_病院→診療所方向の伝送スループット

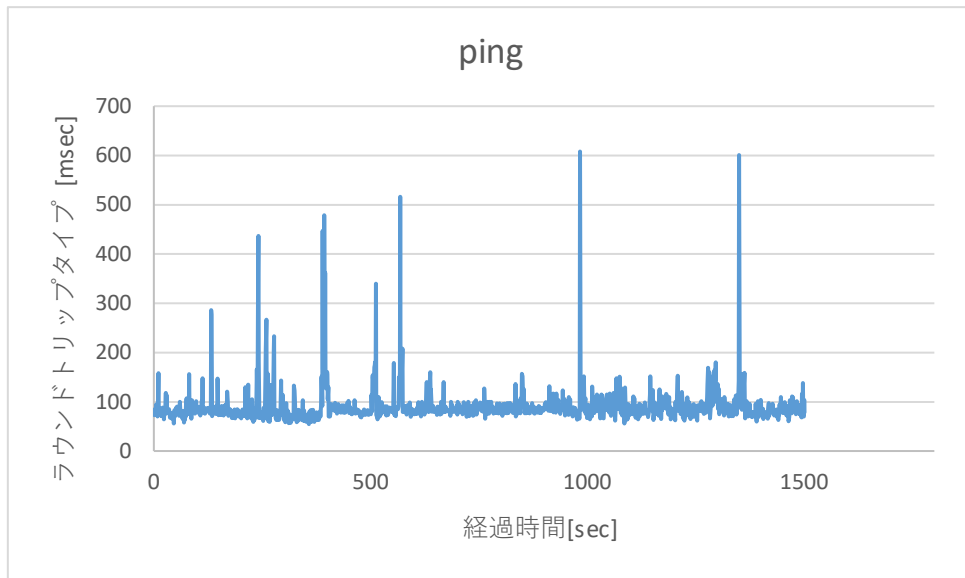


図 4.5.4.2-59 No15\_ラウンドトリップタイム

No15 の検証では図 4.5.4.2-57、図 4.5.4.2-58 よりスループットの揺らぎが 3 台同時の検証より大きくなった。図 4.5.4.2-59 よりラウンドトリップタイムも 200msec を越えることが何度も発生した。

ただし、映像品質への影響は軽微で目視でのフレームレートの低下は確認できなかった。

- No16 検証結果 (3 台+遠隔診療支援システム 5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-60 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-61 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-62 に示す。

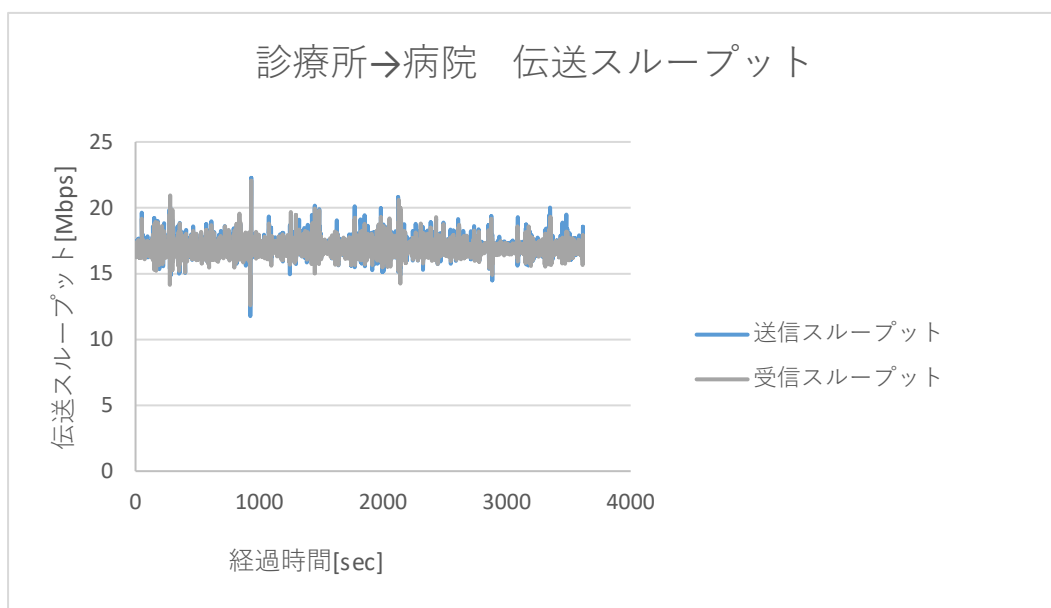


図 4.5.4.2-60 No16\_診療所→病院方向の伝送スループット

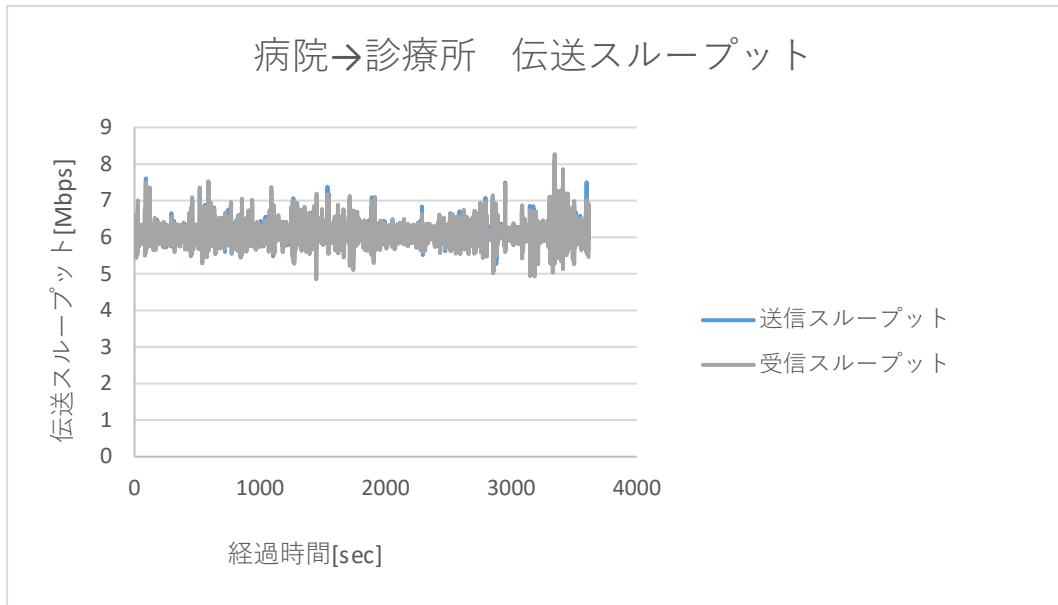


図 4.5.4.2-61 No16\_病院→診療所方向の伝送スループット

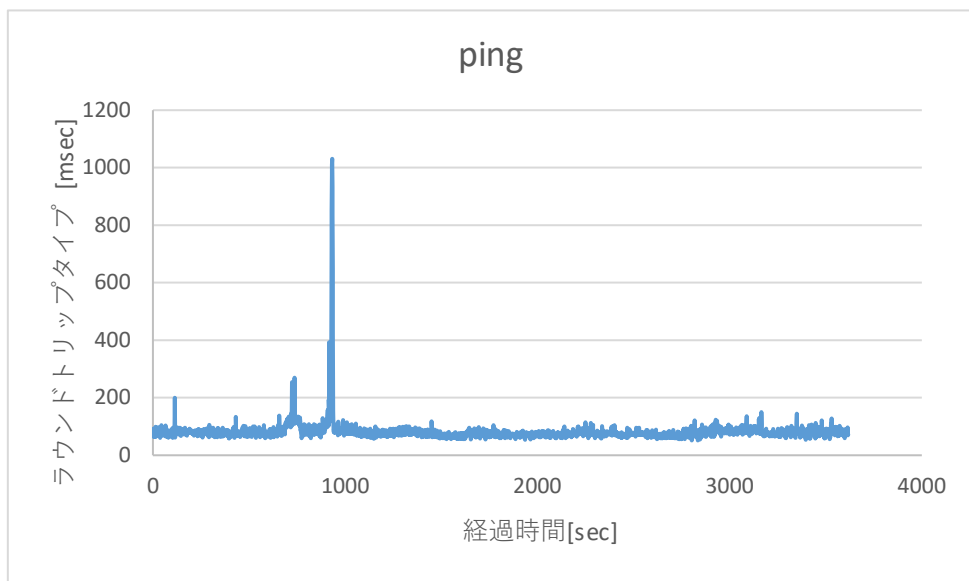


図 4.5.4.2-62 No16\_ラウンドトリップタイム

No16 の検証では最初の約 600 秒間が、バイタルデータの送受信を行い、その後テレビ電話の接続を断続的に行った。

テレビ電話機能は送受信の速度が約 2Mbps でありネットワークへの負荷が小さかったことから、図 4.5.4.2-60 及び図 4.5.4.2-61 のスループットの揺らぎ及び図 4.5.4.2-62 のラウンドトリップタイムの揺らぎも少なく、安定した映像伝送を行うことができた。



・No17 検証結果(3 台+モーションキャプチャシステム(TCP) 5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-63 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-64 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-65 に示す。

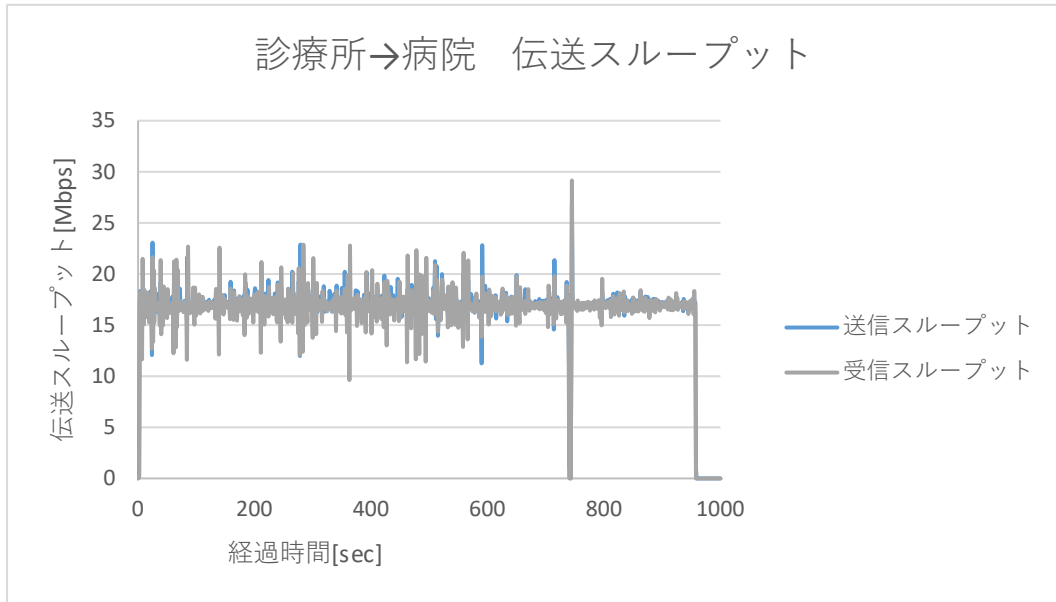


図 4.5.4.2-63 No17\_診療所→病院方向の伝送スループット

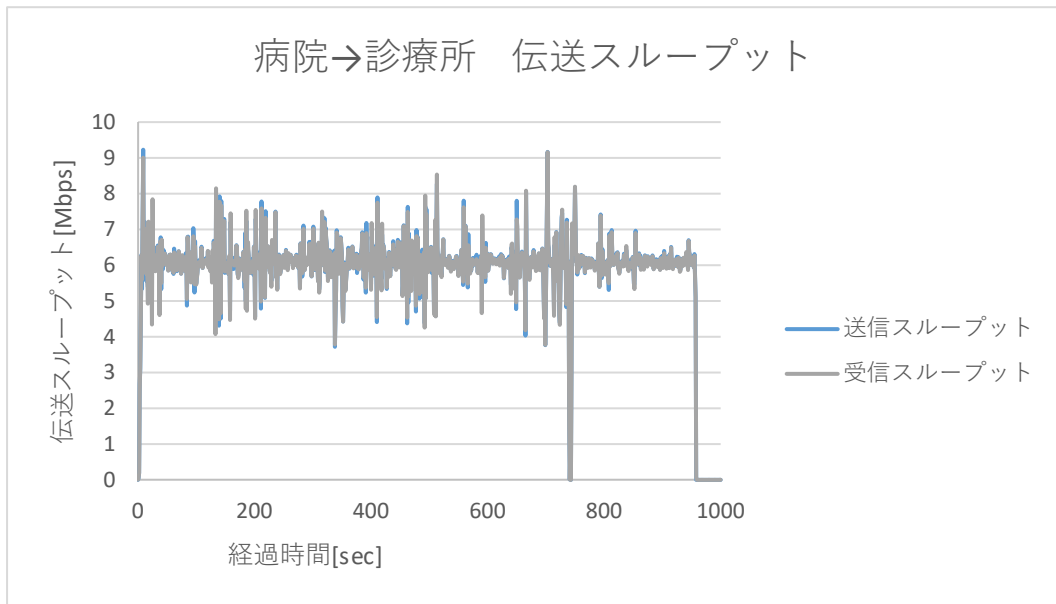


図 4.5.4.2-64 No17\_病院→診療所方向の伝送スループット

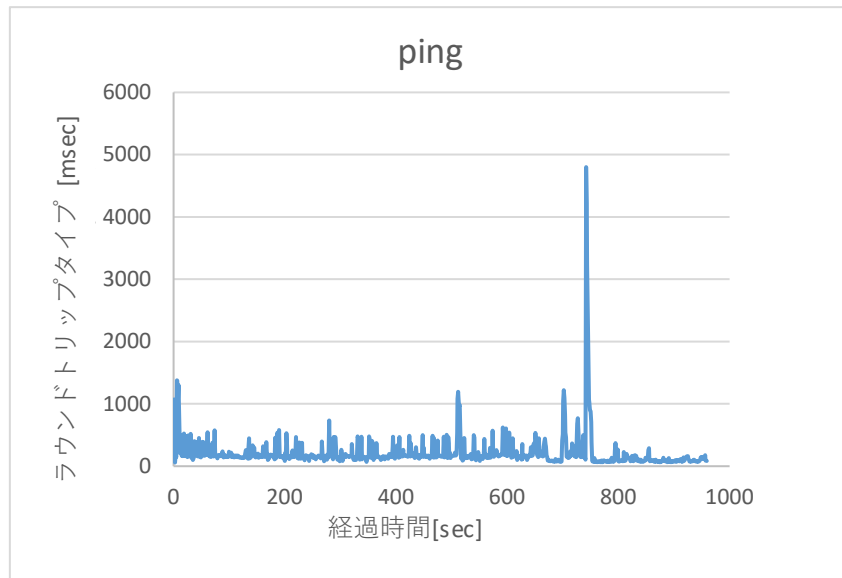


図 4.5.4.2-65 No17\_ラウンドトリップタイム

No16 の検証ではモバイル超音波画像診断装置や遠隔診療支援システムの同時使用と比較し、送受信のスループット（図 4.5.4.2-63、図 4.5.4.2-64 参照）の揺らぎが大きくなりやすく、Ping ラウンドトリップタイムも他のシステムより大きい平均約 200msec となった（図 4.5.4.2-65 参照）。これは、モーションキャプチャシステムが 4K 画面のリモートデスクトップを行うため、15～40Mbps の速度を必要とし、帯域がひっ迫していたことが原因と考えられる。また、モーションキャプチャシステムのフレームレートが向上しなかったことから、TCP 再送によるネットワーク負荷を最小限に抑えるため、追加検証として No18 では VPN 接続方式を UDP に変更して検証を行うこととした。

・No18 検証結果(3 台+モーションキャプチャシステム(TCP) 5G 15Mbps 4K)

診療所→病院方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-66 に、病院→診療所方向の伝送スループットを図 4.5.4.2-67 に、ラウンドトリップタイムを図 4.5.4.2-68 に示す。

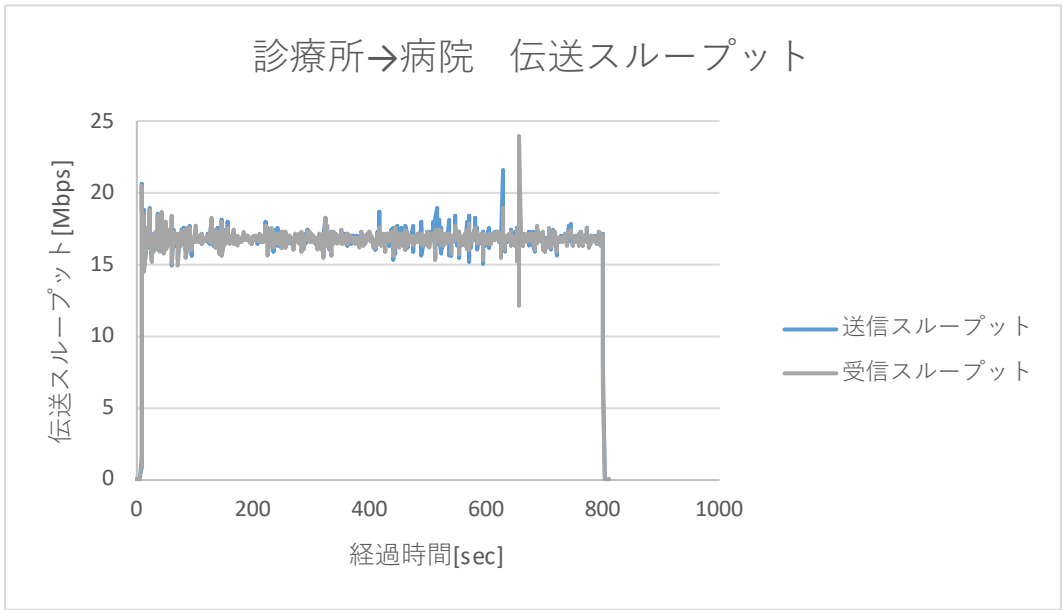


図 4.5.4.2-66 No18\_診療所→病院方向の伝送スループット

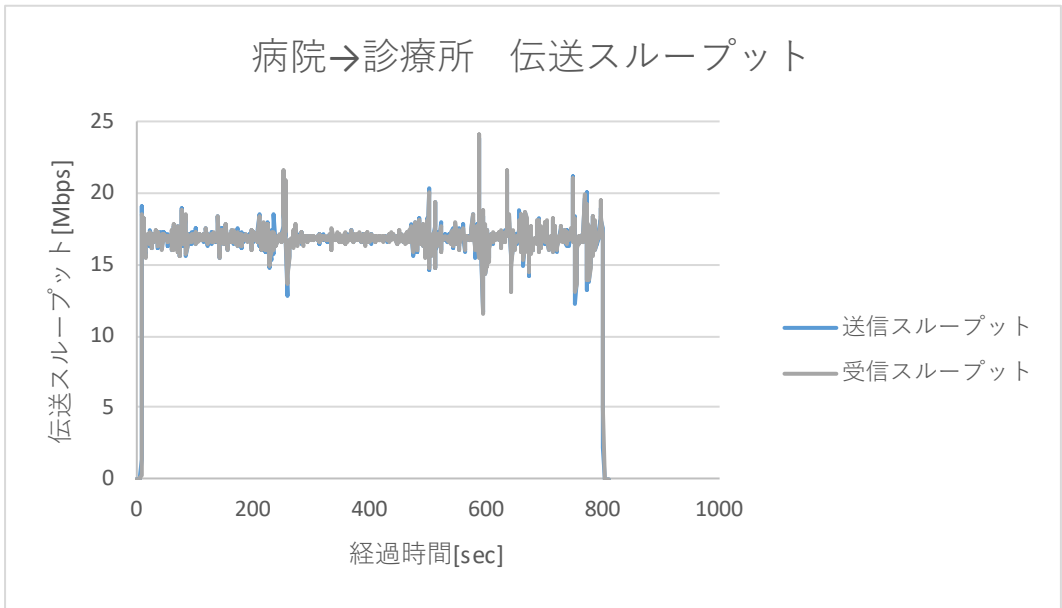


図 4.5.4.2-67 No18\_病院→診療所方向の伝送スループット

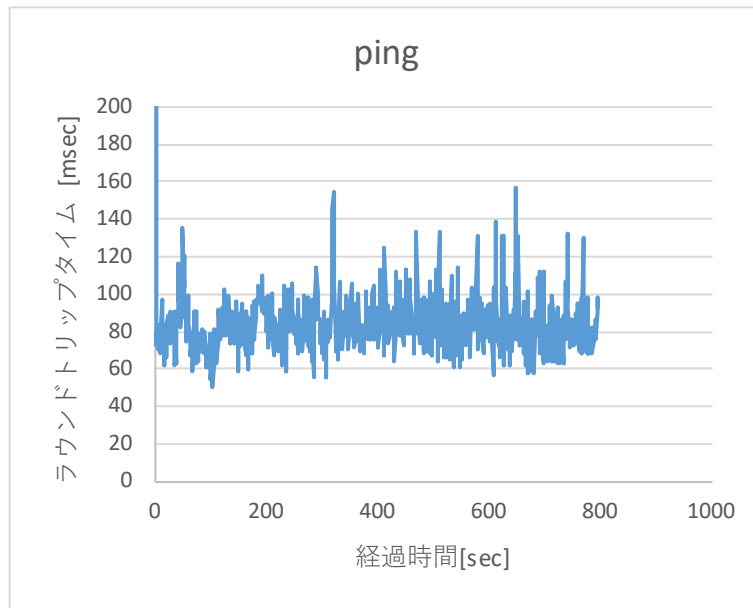


図 4.5.4.2-68 No18\_ラウンドトリップタイム

No18 はNo17 の VPN 接続方式を UDP に変更し検証したものである。図 4.5.4.2-66 の結果は一時的なスループットの揺らぎはあるものの、図 4.5.4.2-63 のように恒常的に揺らぐことはなく、安定して映像伝送を行えることを確認した。

図 4.5.4.2-68 ではラウンドトリップタイムも平均 85msec 程度であり、TCP 通信と比較し低遅延通信にも好影響を与えていることを確認した。また、モーションキャプチャシステムについてもフレームレートが向上することを確認した。

UDP 通信ではパケットの再送がないが、フレームレートの低下は目視では気づかない程度であり、課題実証では VPN 通信に UDP 方式を採用することとした。

No1~No18 までの検証を踏まえ、目視では十分きれいな画質を得ることができ、他のシステムと同時使用も可能となる、送信ビットレート：15Mbps、解像度 4K を課題実証の本番で使用することとした。

各解像度、ビットレートの変化による画質変化について、サンプル画像を図 4.5.4.2-69 ~ 図 4.5.4.2-73 に示す。

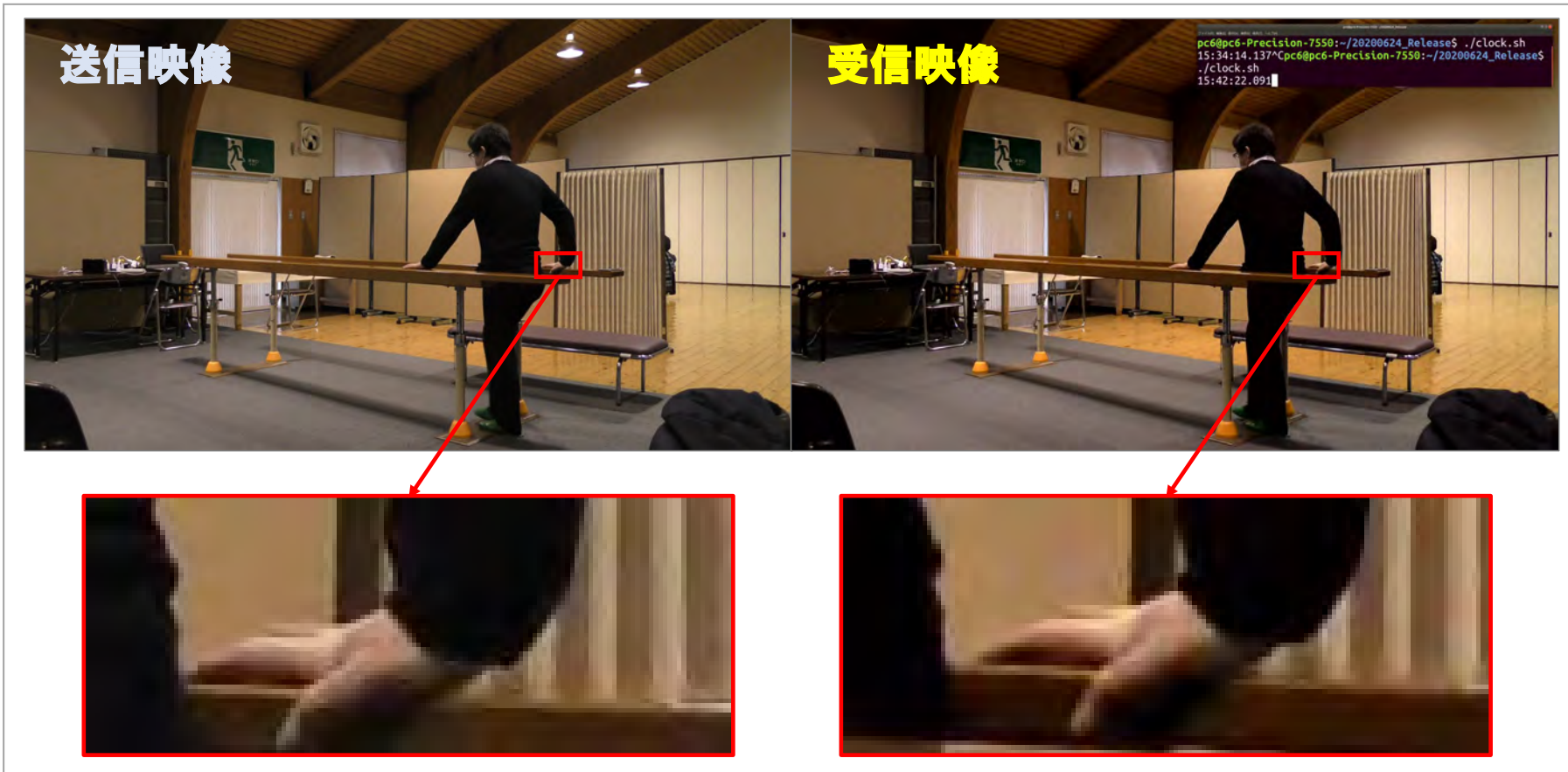


図 4.5.4.2-69 4K 30Mbps の映像伝送サンプル画像

送信映像と受信映像ではモニタ上ではほとんど気づかない程度の画質の劣化であった。

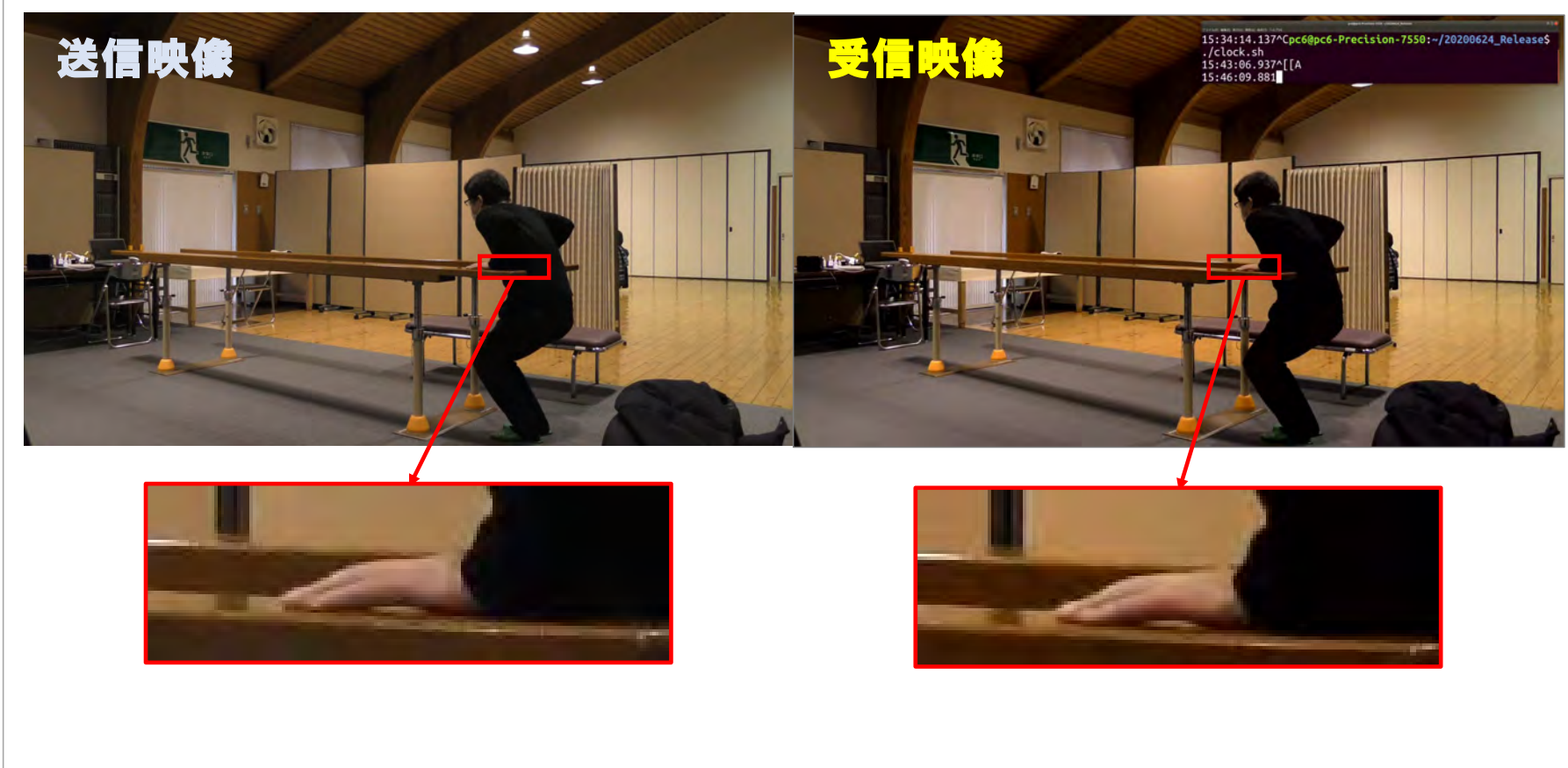


図 4.5.4.2-70 4K 15Mbps の映像伝送サンプル画像

送信ビットレートは図 4.5.4.2-69 の半分となる 15Mbps としたが、その違いは目視ではほとんど判断できなかった。



図 4.5.4.2-71 FULL HD 15Mbps の映像伝送サンプル画像

図 4.5.4.2-70 から解像度は 4 分の 1 に落ちているが、ビットレートは 15Mbps と変わらないため、モニタ上では十分きれいに表示された。

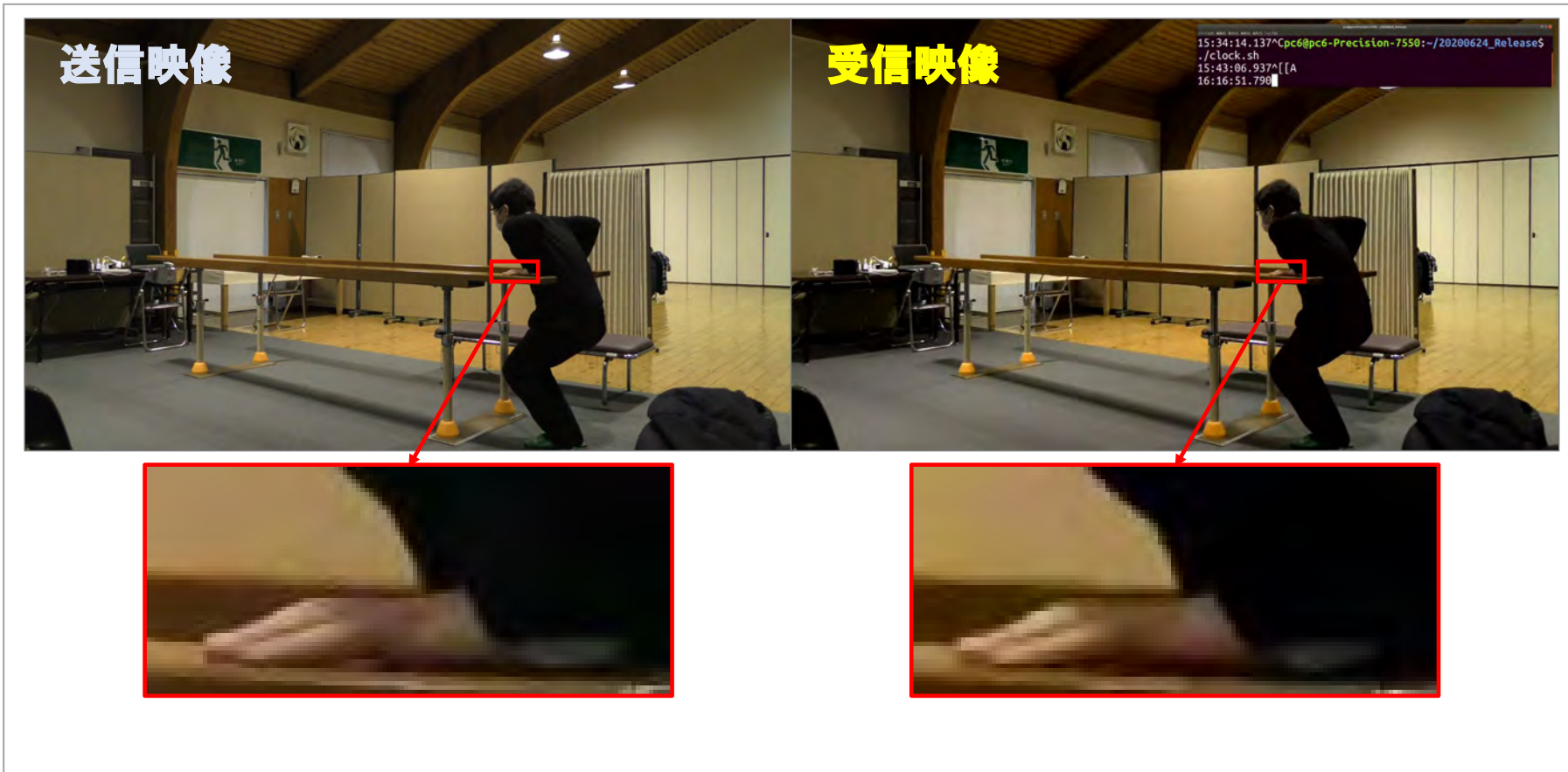


図 4.5.4.2-72 HD 5Mbps の映像伝送サンプル画像

4K や FULL HD と比較すると明らかな画質の劣化が認められた。ただし、運動状況を確認するには十分な品質であった。





図 4.5.4.2-73 画質比較サンプル画像

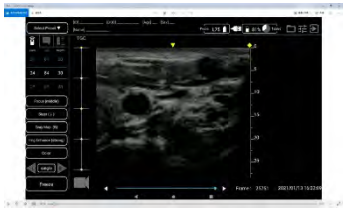

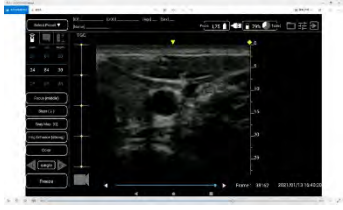
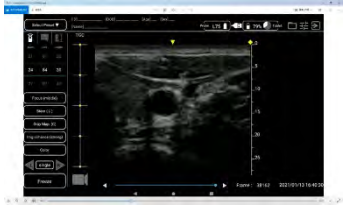
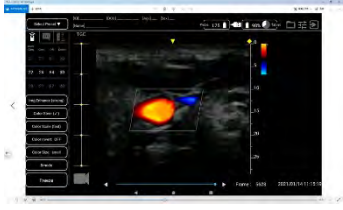
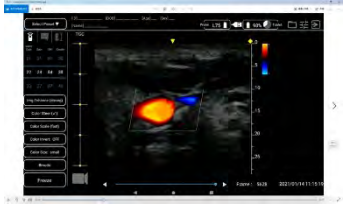
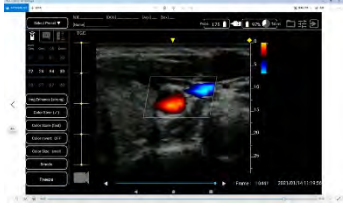
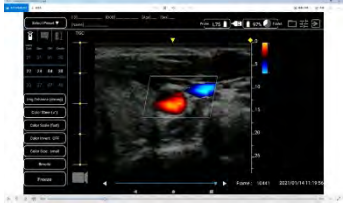
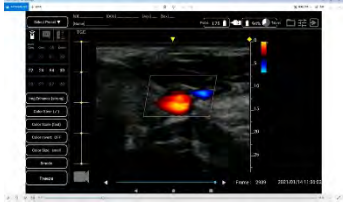
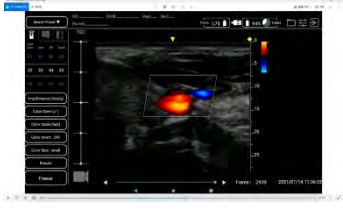
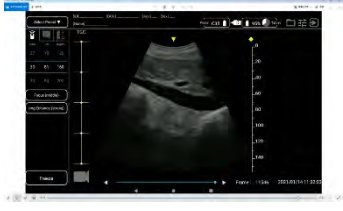

図 4.5.4.2-73 では各画質の比較のため、同一被写体を拡大した。4K では非常口、EXIT の文字が鮮明に読み取れるが、FULL HD では「常」に文字つぶれが発生しており、EXIT もぼやけている。HD では全体的に粗さが目立つ。4K30Mbps と 4K15Mbps は目視ではほとんど判別できないほどの差しかなかった。

●エコー画像伝送：モバイル超音波画像診断装置

・映像品質

送信側タブレットと受信側 PC の動画より、サンプリングした代表画像の抜粋を下表 4.5.4.2-2 に示す。

表 4.5.4.2-2 超音波画像伝送検証結果概要

| # | Probe  | Mode  | 評価条件        | 送信側タブレットの画像   | 受信側 PC の画像  |
|---|--------|-------|-------------|---|---|
| 1 | Linear | B     | 条件①<br>低品質  |    |    |
| 2 | Linear | B     | 条件①<br>-低品質 |   |   |
| 3 | Linear | Color | 条件①<br>低品質  |  |  |
| 4 | Linear | Color | 条件①<br>低品質  |  |  |
| 5 | Linear | Color | 条件②<br>高品質  |  |  |
| 6 | Convex | B     | 条件②<br>高品質  |  |  |

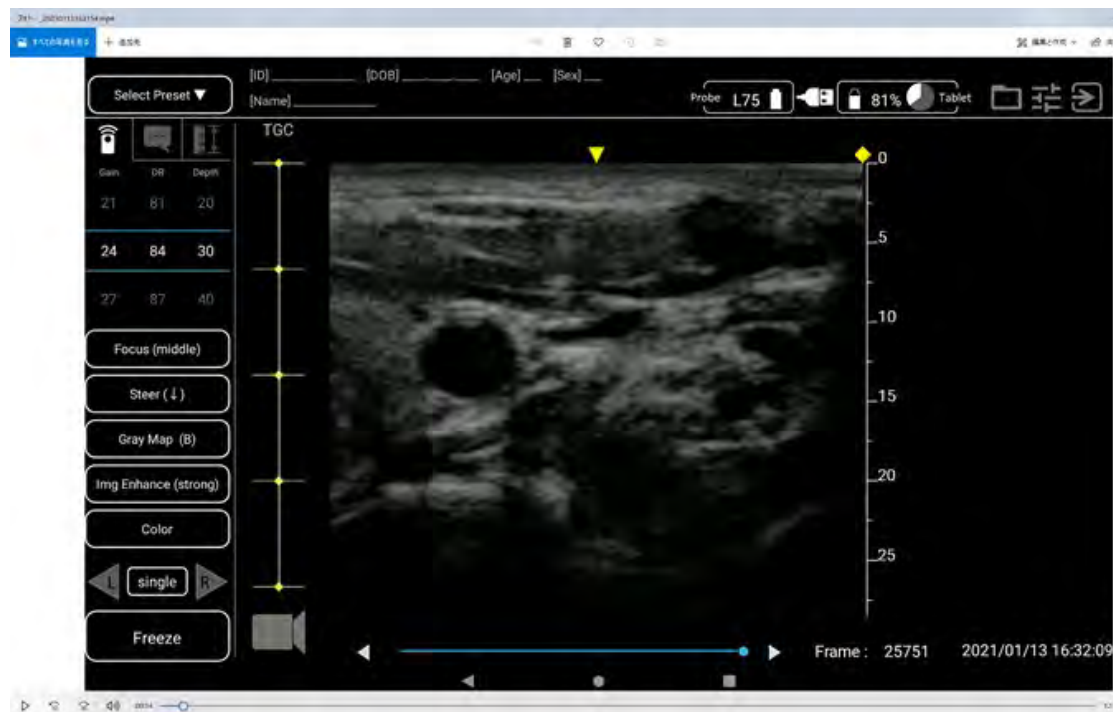
目視による定性的評価としては、両者の映像品質に大差はなく「合格」と判断する。

また、評価条件①より②の映像品質の方が良好であるが、条件①の映像品質であっても超音波画像診断への影響はないものと判断する。

各サンプルの拡大比較画像を以下に示す。

|          |                       |              |             |              |
|----------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|
| Sample#1 | 2021/1/13<br>16:32:09 | Frame: 25751 | Linear/Bモード | 条件① -<br>低品質 |
|----------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|

送信側タブレットの画像：\_20210113163154.mp4



受信側 PC の画像：screenshot-1610523120341.mp

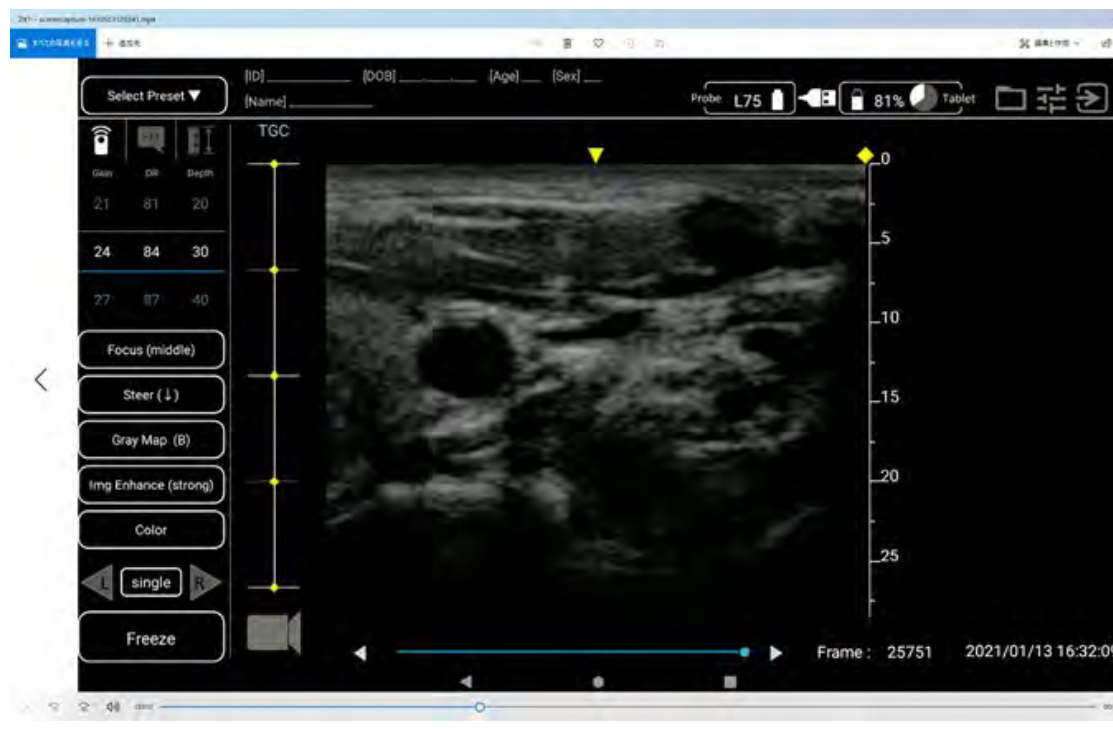
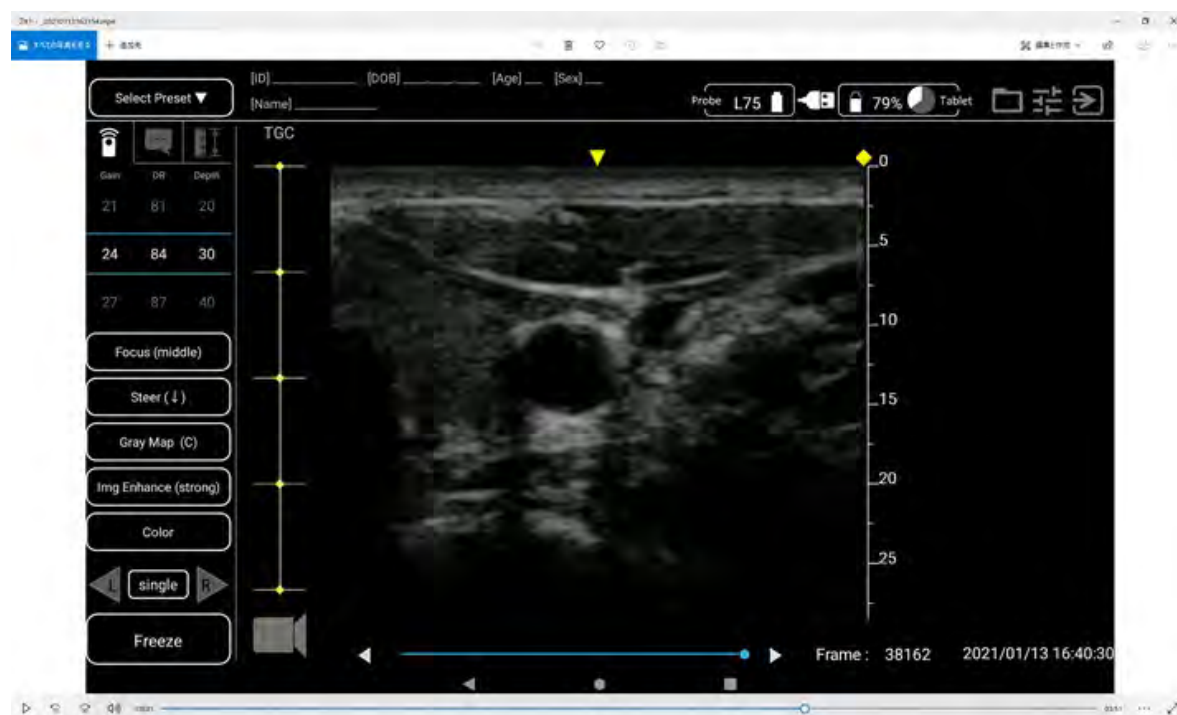


図 4.5.4.2-74 サンプル拡大比較画像

|          |                       |              |              |         |
|----------|-----------------------|--------------|--------------|---------|
| Sample#2 | 2021/1/13<br>16:40:30 | Frame: 38162 | Linear/B モード | 条件①-低品質 |
|----------|-----------------------|--------------|--------------|---------|

送信側タブレットの画像 : \_20210113163154.mp4



受信側 PC の画像 : screencapture-1610523619986.mp4

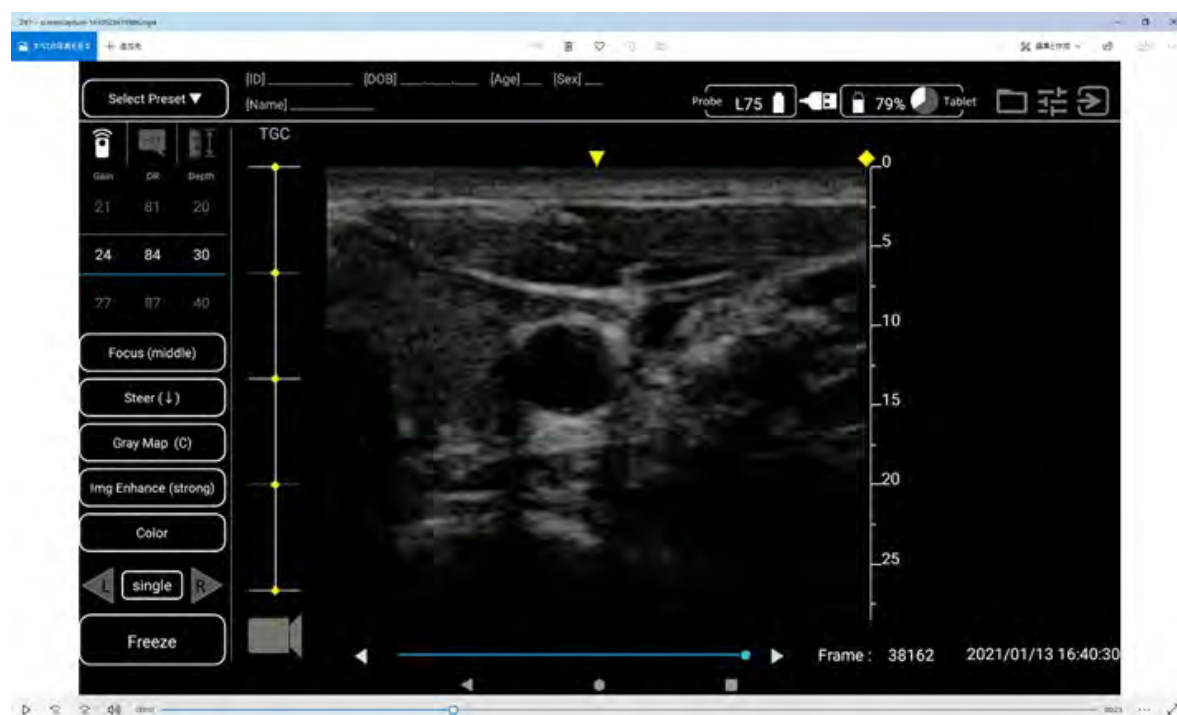
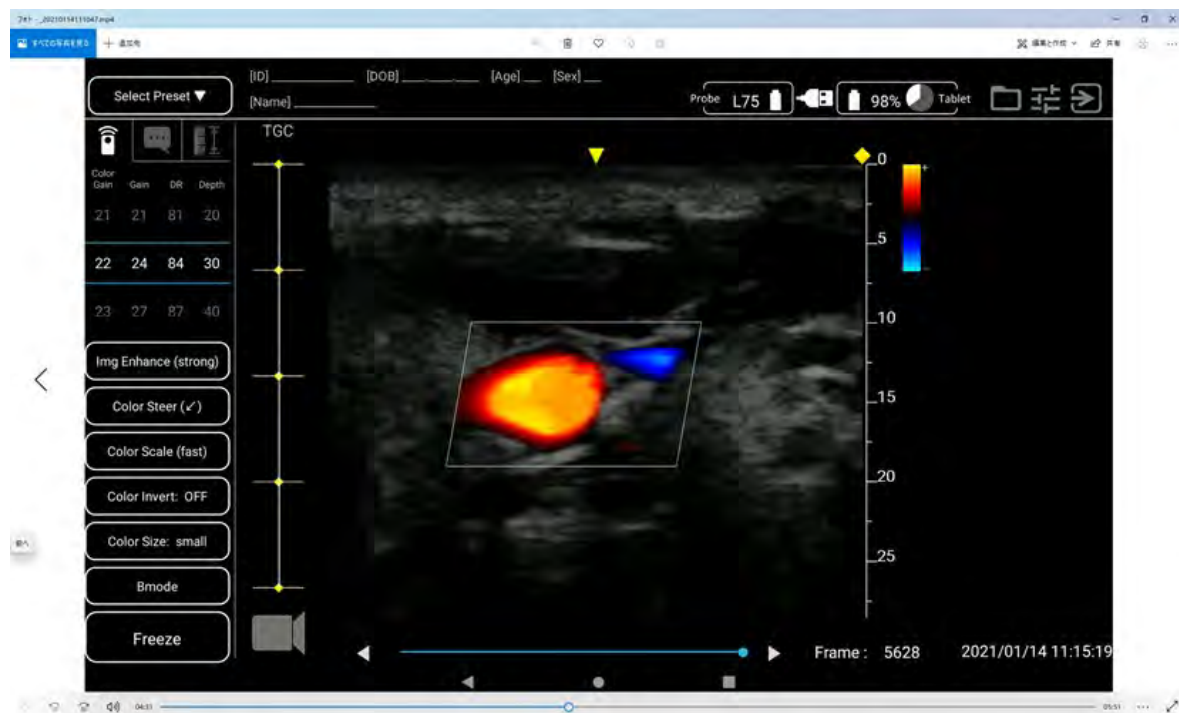


図 4. 5. 4. 2-75 サンプル拡大比較画像

|          |                       |             |                      |         |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------|---------|
| Sample#3 | 2021/1/14<br>11:15:19 | Frame: 5628 | Linear/Color モ<br>ード | 条件①-低品質 |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------|---------|

送信側タブレットの画像：\_20210114111047.mp4



受信側 PC の画像：screencapture-1610590501484.mp4

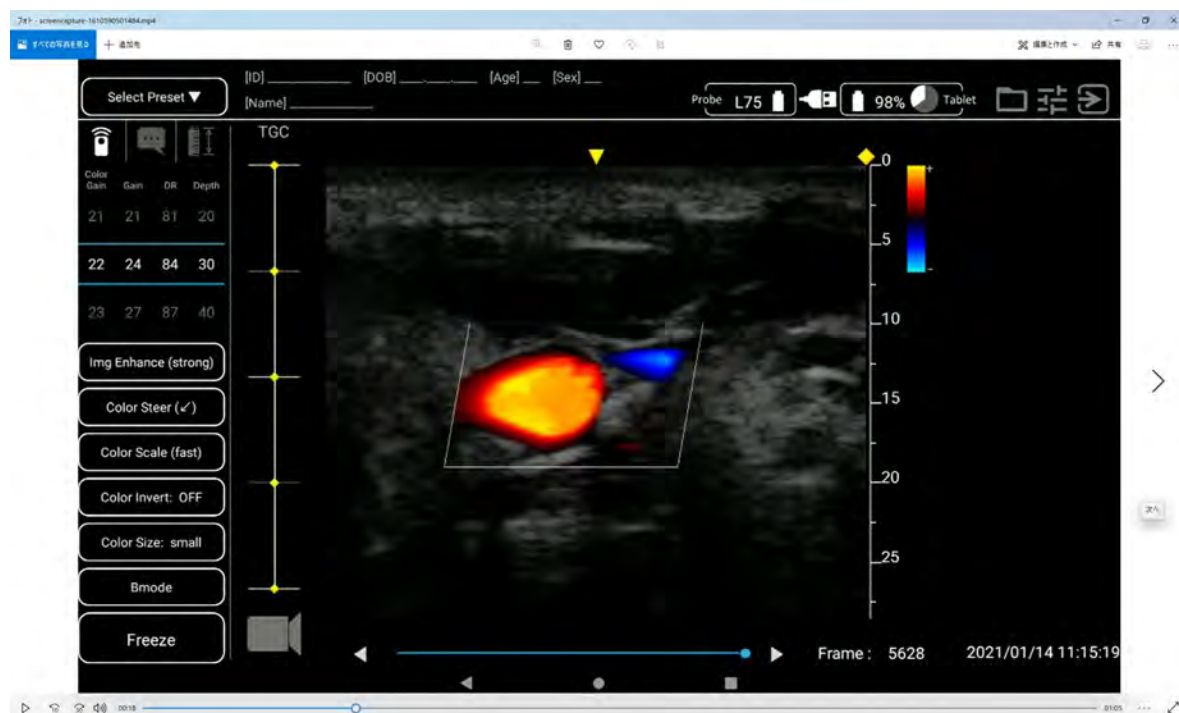
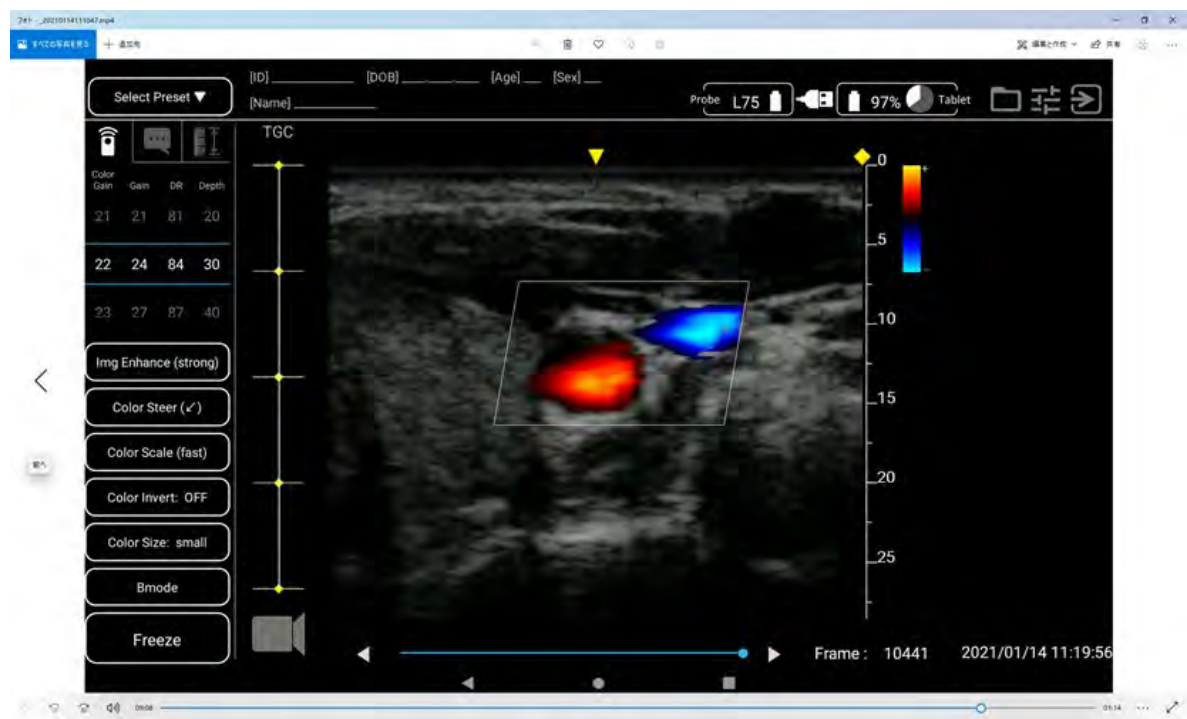


図 4. 5. 4. 2-76 サンプル拡大比較画像

|          |                       |                 |                      |         |
|----------|-----------------------|-----------------|----------------------|---------|
| Sample#4 | 2021/1/14<br>11:19:56 | Frame:<br>10441 | Linear/Color モ<br>ード | 条件①-低品質 |
|----------|-----------------------|-----------------|----------------------|---------|

送信側タブレットの画像 : \_20210114111047.mp4



受信側 PC の画像 : screenshot-1610590788372.mp4

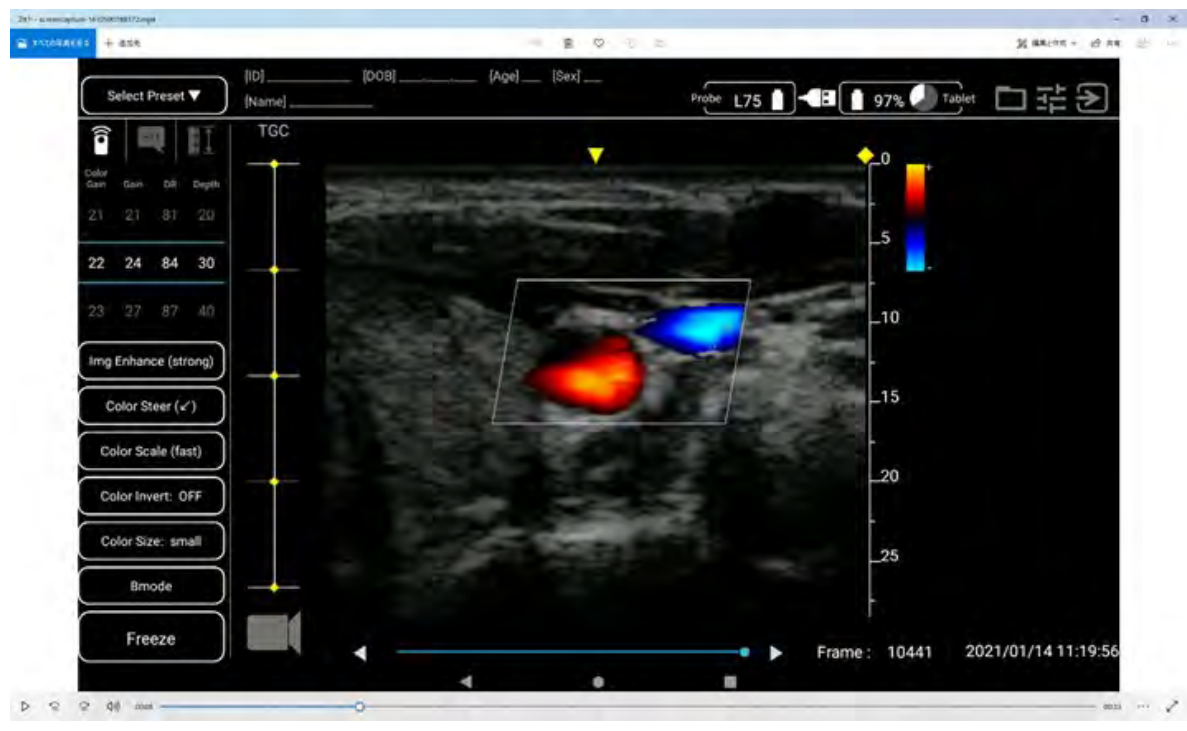
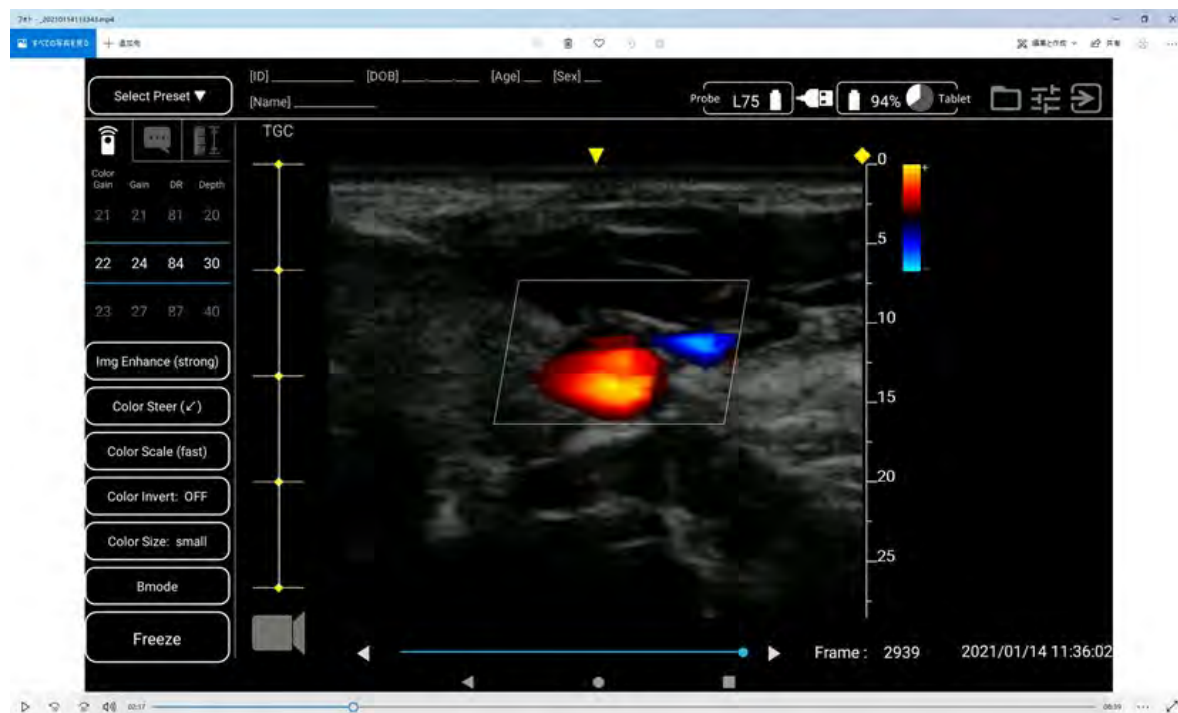


図 4. 5. 4. 2-77 サンプル拡大比較画像

|          |                       |             |                      |         |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------|---------|
| Sample#5 | 2021/1/14<br>11:36:02 | Frame: 2939 | Linear/Color モー<br>ド | 条件②-高品質 |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------|---------|

送信側タブレットの画像 : \_20210114113343.mp4



受信側 PC の画像 : screencapture-1610591741033.mp4

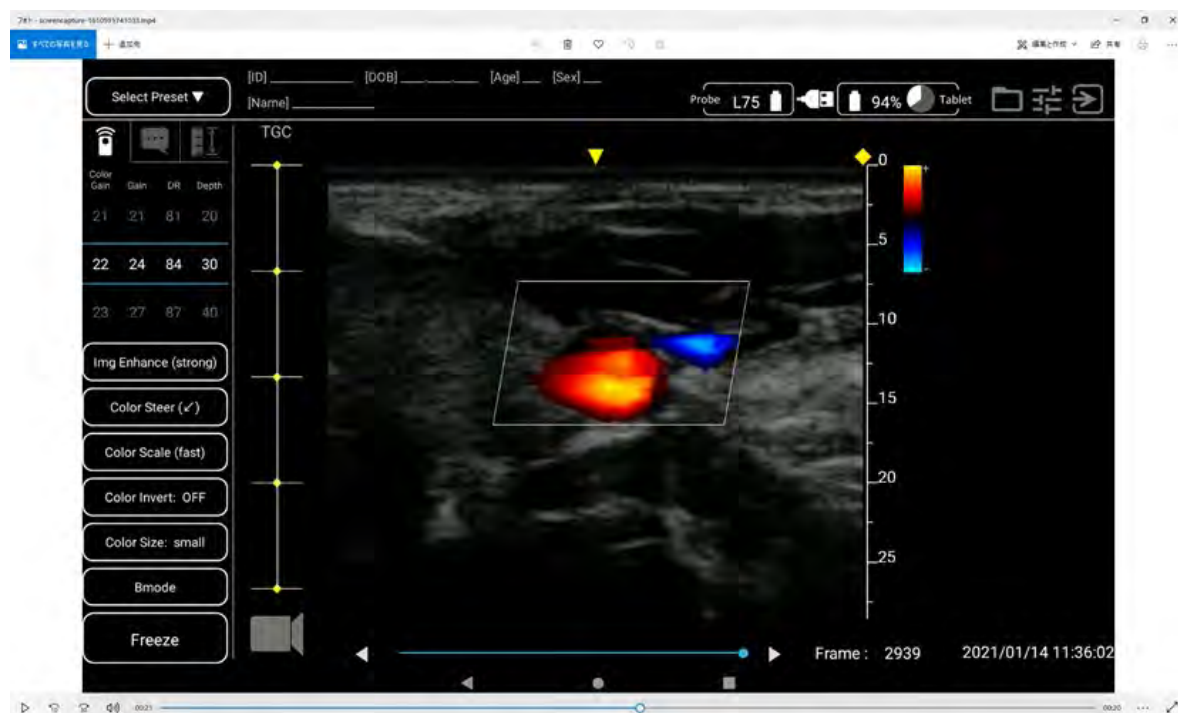
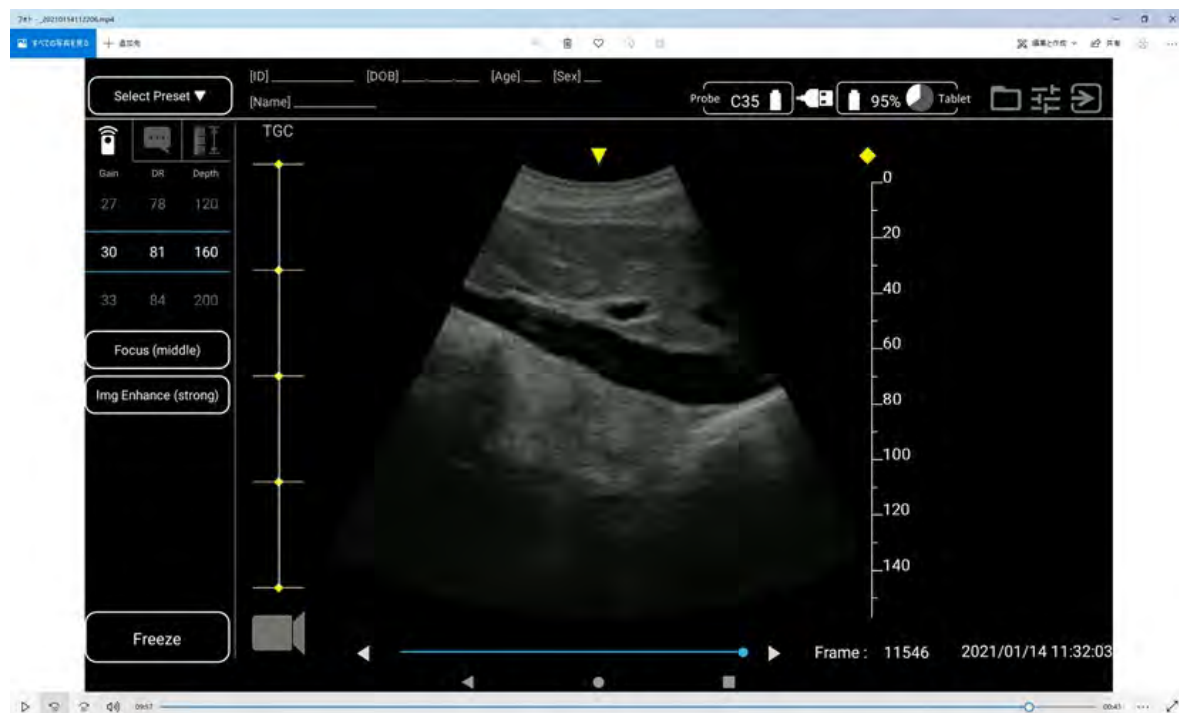


図 4. 5. 4. 2-78 サンプル拡大比較画像



|          |                       |                 |              |         |
|----------|-----------------------|-----------------|--------------|---------|
| Sample#6 | 2021/1/14<br>11:32:03 | Frame:<br>11546 | Convex/B モード | 条件②-高品質 |
|----------|-----------------------|-----------------|--------------|---------|

送信側タブレットの画像：\_20210114112206.mp4



受信側 PC の画像：screencapture-1610591506719.mp4



図 4. 5. 4. 2-79 サンプル拡大比較画像

- ・映像フレームレート

受信側 PC で測定したフレームレートを以下に示す。

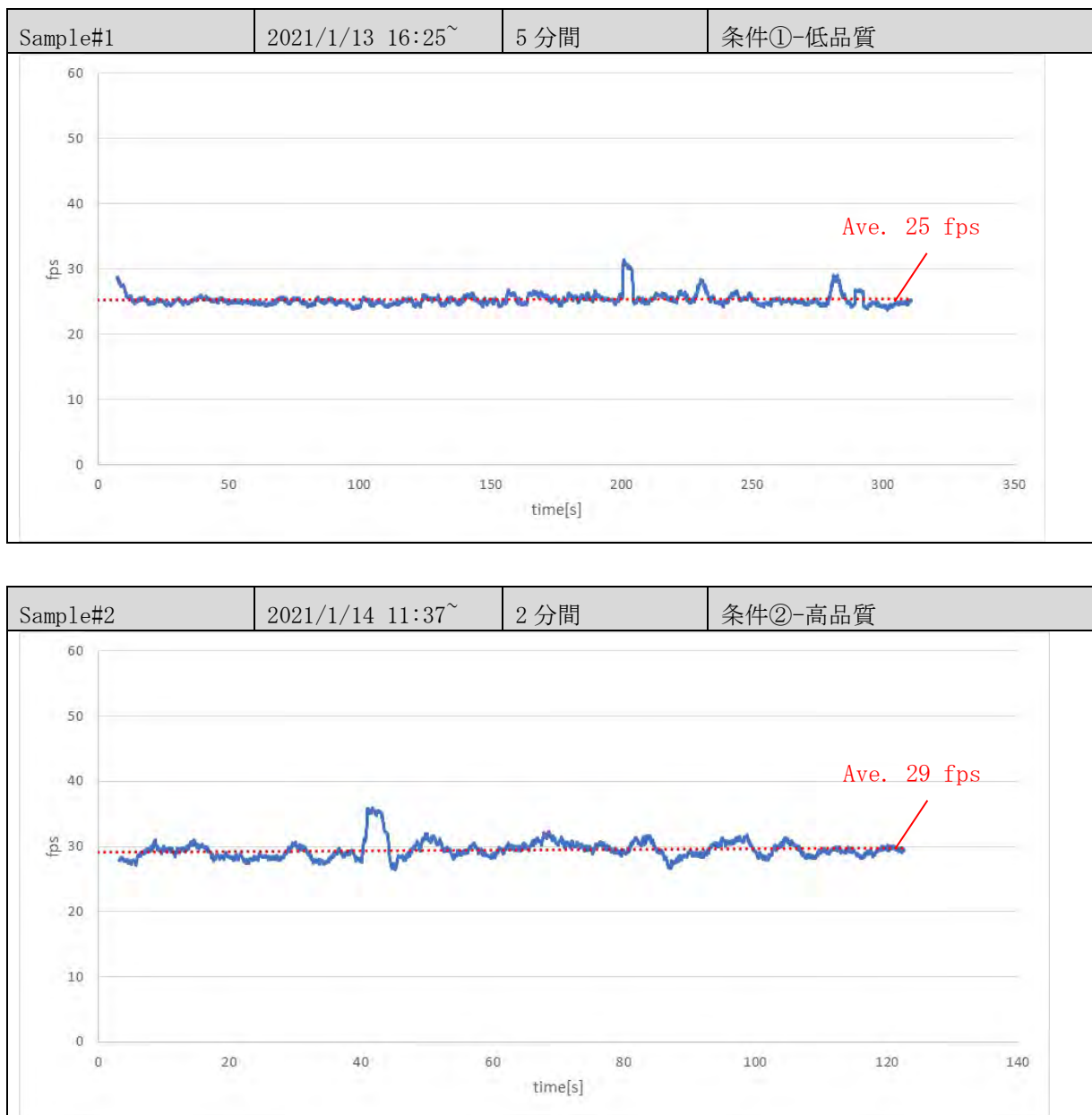


図 4.5.4.2-80 測定フレームレートグラフ

通常使用下のモバイル超音波画像診断装置の最大フレームレート (Linear 25 fps、Convex 18 fps) を、本 5G 環境下での画像転送速度が上回る結果となっているため、「合格」と判断する。

・映像の遅延

5秒周期のサンプリングで遅延時間を確認した結果を下表 4.5.4.2-3 に示す。

表 4.5.4.2-3

| Sample#1 | 2021/1/13<br>16:42:34~ | 30 秒間    | 条件①-低品質    |
|----------|------------------------|----------|------------|
| 経過時間     | タブレット時刻表<br>示          | PC 時刻表示  | 表示時間差 (遅延) |
| 0 秒      | 16:42:34               | 16:42:35 | 1 秒        |
| 5 秒      | 16:42:39               | 16:42:40 | 1 秒        |
| 10 秒     | 16:42:44               | 16:42:45 | 1 秒        |
| 15 秒     | 16:42:49               | 16:42:50 | 1 秒        |
| 20 秒     | 16:42:54               | 16:42:55 | 1 秒        |
| 25 秒     | 16:42:59               | 16:43:00 | 1 秒        |
| 30 秒     | 16:43:04               | 16:43:05 | 1 秒        |

| Sample#2 | 2021/1/14<br>11:34:21~ | 30 秒間    | 条件②-高品質    |
|----------|------------------------|----------|------------|
| 経過時間     | タブレット時刻表<br>示          | PC 時刻表示  | 表示時間差 (遅延) |
| 0 秒      | 11:34:21               | 11:34:22 | 1 秒        |
| 5 秒      | 11:34:26               | 11:34:27 | 1 秒        |
| 10 秒     | 11:34:31               | 11:34:32 | 1 秒        |
| 15 秒     | 11:34:36               | 11:34:37 | 1 秒        |
| 20 秒     | 11:34:41               | 11:34:42 | 1 秒        |
| 25 秒     | 11:34:46               | 11:34:47 | 1 秒        |
| 30 秒     | 11:34:51               | 11:34:52 | 1 秒        |

|          |                        |          |            |
|----------|------------------------|----------|------------|
| Sample#3 | 2021/1/14<br>11:35:47~ | 30 秒間    | 条件②-高品質    |
| 経過時間     | タブレット時刻表示              | PC 時刻表示  | 表示時間差 (遅延) |
| 0 秒      | 11:35:47               | 11:35:47 | 0 秒        |
| 5 秒      | 11:35:52               | 11:35:52 | 0 秒        |
| 10 秒     | 11:35:57               | 11:35:57 | 0 秒        |
| 15 秒     | 11:36:02               | 11:36:02 | 0 秒        |
| 20 秒     | 11:36:07               | 11:36:07 | 0 秒        |
| 25 秒     | 11:36:12               | 11:36:12 | 0 秒        |
| 30 秒     | 11:36:17               | 11:36:17 | 0 秒        |

秒単位で時刻を表示しているため、表示時間差が 0 秒時の遅延は 0 ミリ秒～999 ミリ秒の幅、表示時間差が 1 秒時の遅延は 1 ミリ秒～1999 ミリ秒の幅がある。ワーストケースで 2 秒未満の遅延であり「合格」と判断する。

●遠隔診療：遠隔診療支援システム

・映像品質

診療所・集会所で使用する iPad (以下、iPad)、中核病院 PC (以下、PC) 間にて、テレビ電話で画像を表示し目視で確認を行った。使用した画像を以下に示す。

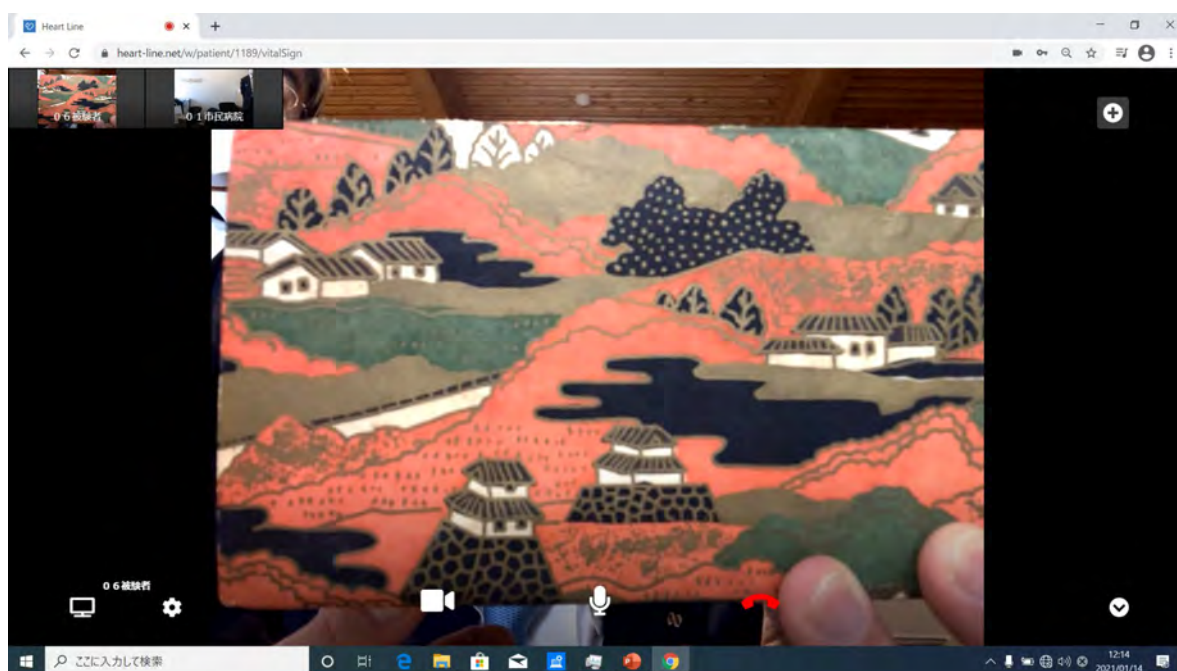


図 4.5.4.2-81 送信先 PC 画像

目視による定性的評価としては、映像に目立った品質に大差はなく「合格」判断する。

・映像の遅延

画面の遅延を評価するために以下の環境条件で測定する。

- ◎診療所の端末で測定
- ◎診療所（画面左）で時間を表示し、中核病院（画面右側）のカメラで画面を表示
- ◎診療所で表示される画面の時刻の差を評価する
- ◎画面の表示内容は中核病院からの折り返しのため、時刻差は往復の遅延時間となるため、時刻差を 1/2 した数値が画面遅延時間とする

<5G 接続>

【1回目】

画面左側（診療所） : 2021/01/13 14:18:26.9XX  
画面右側（中核病院） : 2021/01/13 14:18:26.3XX  
画面遅延時間 : 時間差約 0.6 秒 ÷ 2 = 約 0.30 秒

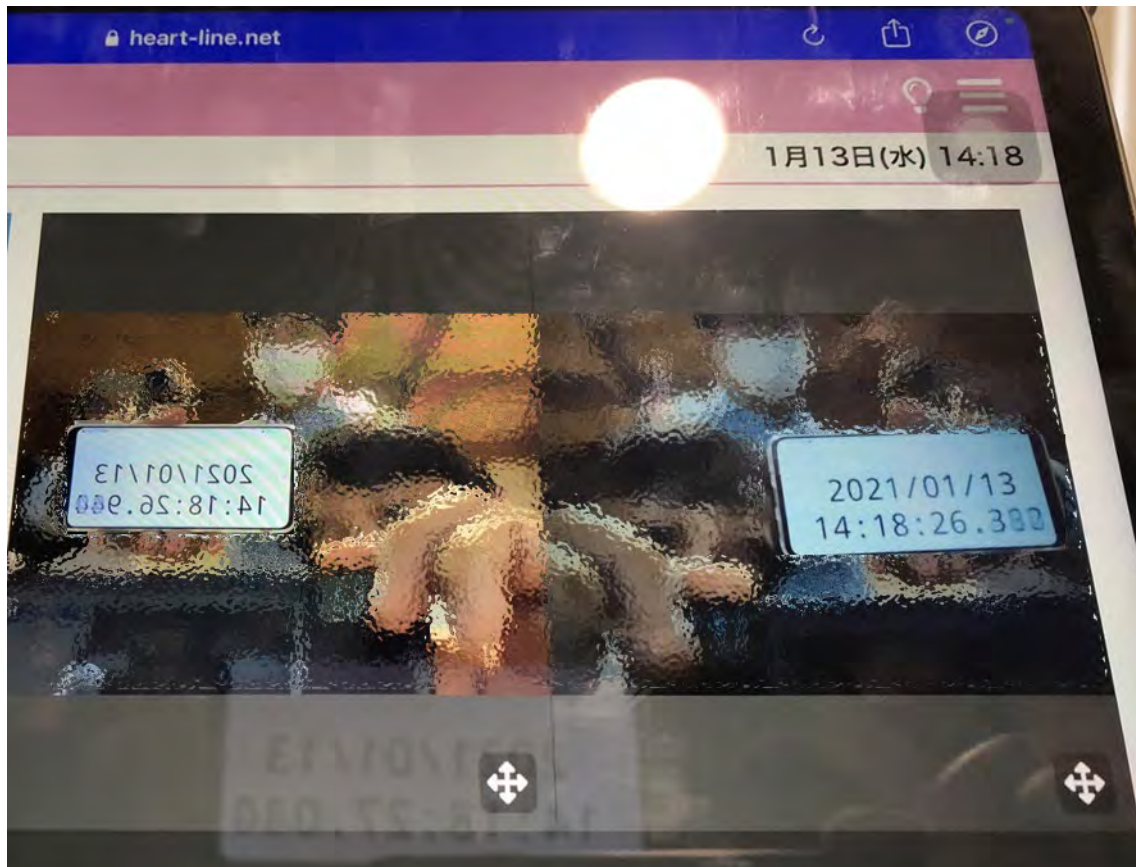


図 4.5.4.2-82 遅延測定画像

【2回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/13 14:20:15.4XX  
画面左上（中核病院） : 2021/01/13 14:20:15.2.XX  
画面遅延時間 : 時間差約 0.2 秒 ÷ 2 = 約 0.10 秒



図 4.5.4.2-83 遅延測定画像

【3回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/14 12:05:41.8XX  
 画面左上（中核病院） : 2021/01/14 12:05:41.7.XX  
 画面遅延時間 : 時間差約 0.1 秒 ÷ 2 = 約 0.05 秒

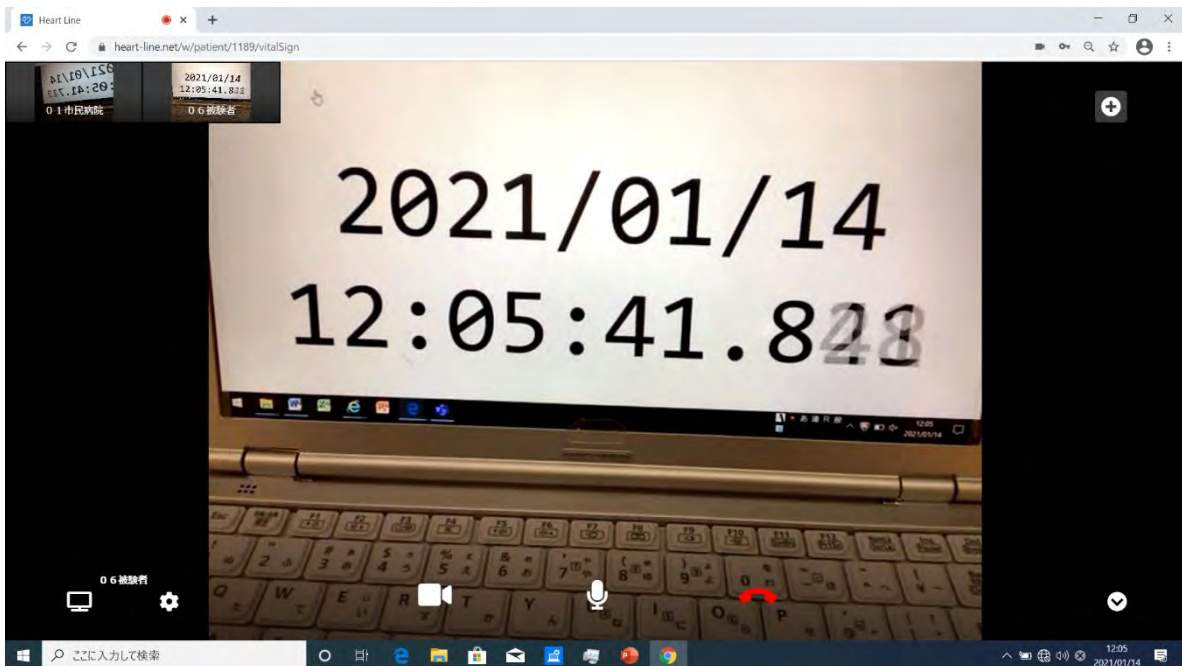


図 4.5.4.2-84 遅延測定画像

【4回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/14 12:06:41.5XX  
画面左上（中核病院） : 2021/01/14 12:06:41.4.XX  
画面遅延時間 : 時間差約 0.1 秒 ÷ 2 = 約 0.05 秒

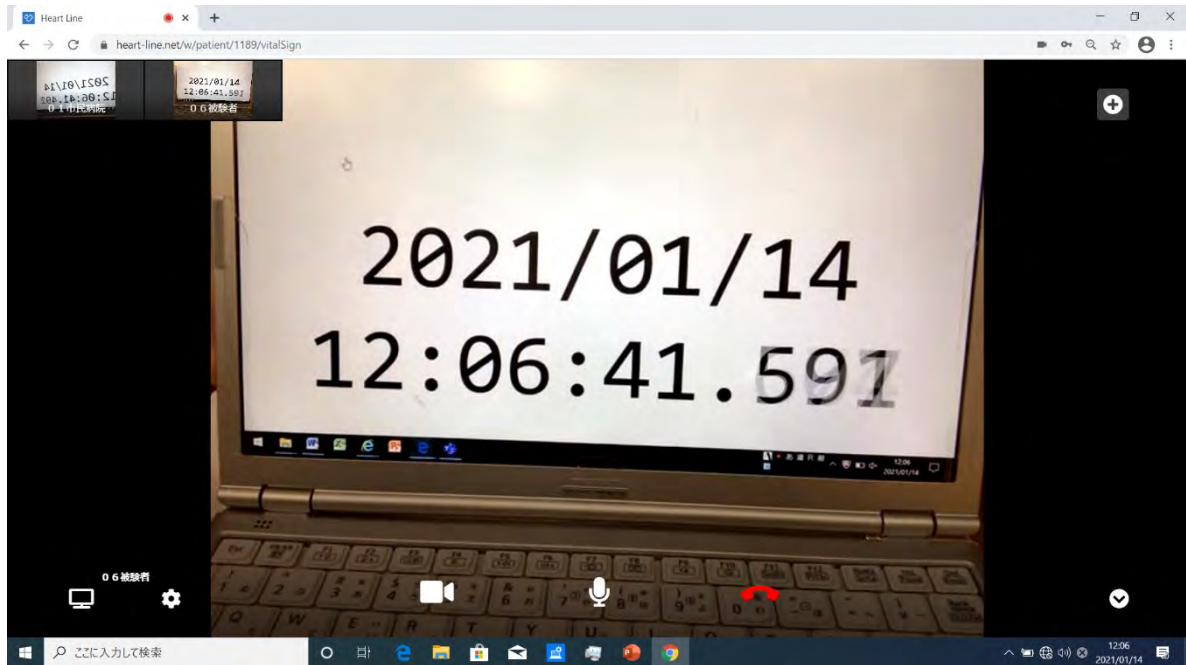


図 4.5.4.2-85 遅延測定画像

【5回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/14 12:16:39.6XX  
画面左上（中核病院） : 2021/01/14 12:16:39.5.XX  
画面遅延時間 : 時間差約 0.1 秒 ÷ 2 = 約 0.05 秒



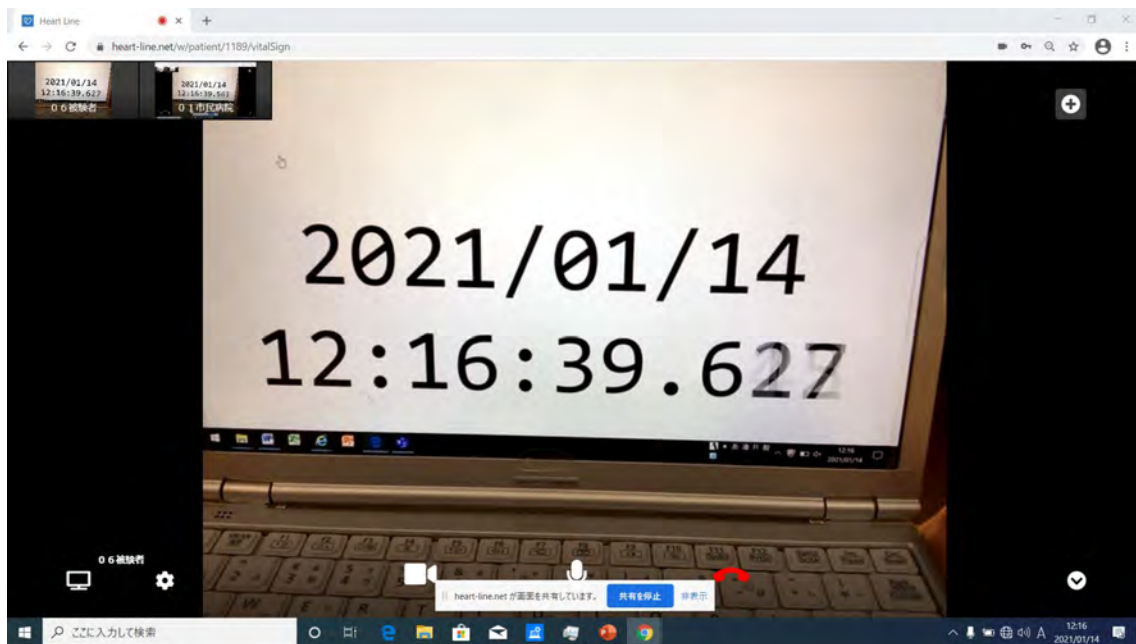


図 4.5.4.2-86 遅延測定画像

【6回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/14 12:31:38.0XX  
 画面左上（中核病院） : 2021/01/14 12:16:37.8.XX  
 画面遅延時間 : 時間差約 0.2 秒 ÷ 2 = 約 0.10 秒

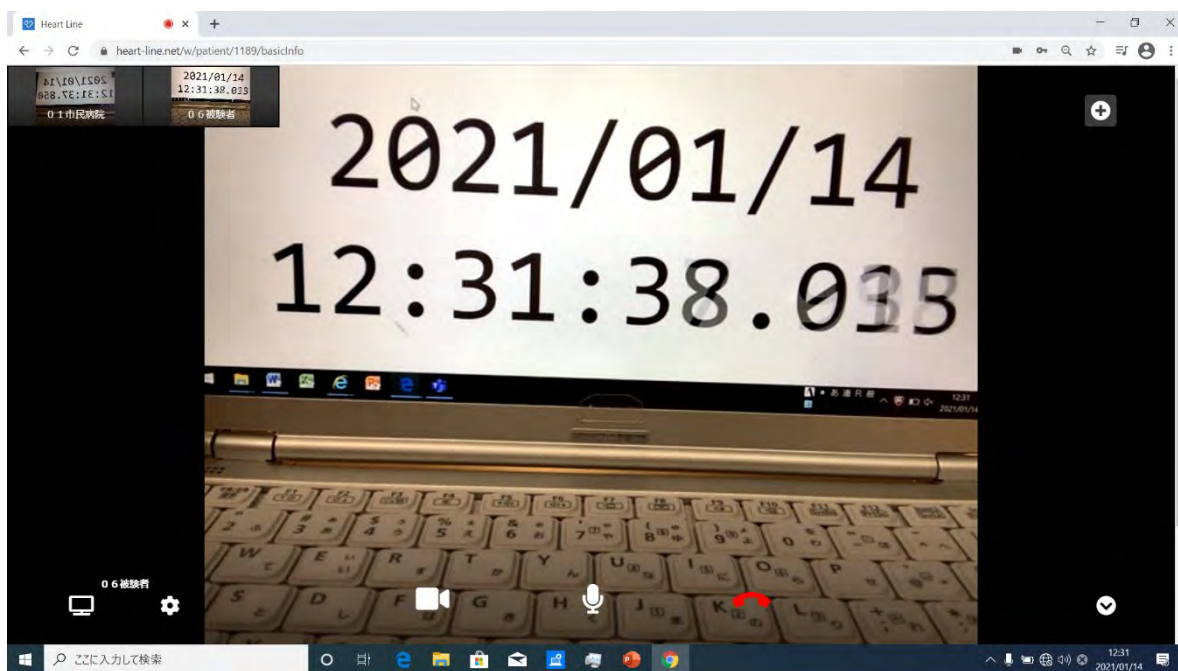


図 4.5.4.2-87 遅延測定画像

【7回目】

画面中央（診療所） : 2021/01/14 12:33:27.4XX  
画面左上（中核病院） : 2021/01/14 12:33:27.3XX  
画面遅延時間 : 時間差約 0.1 秒 ÷ 2 = 約 0.05 秒

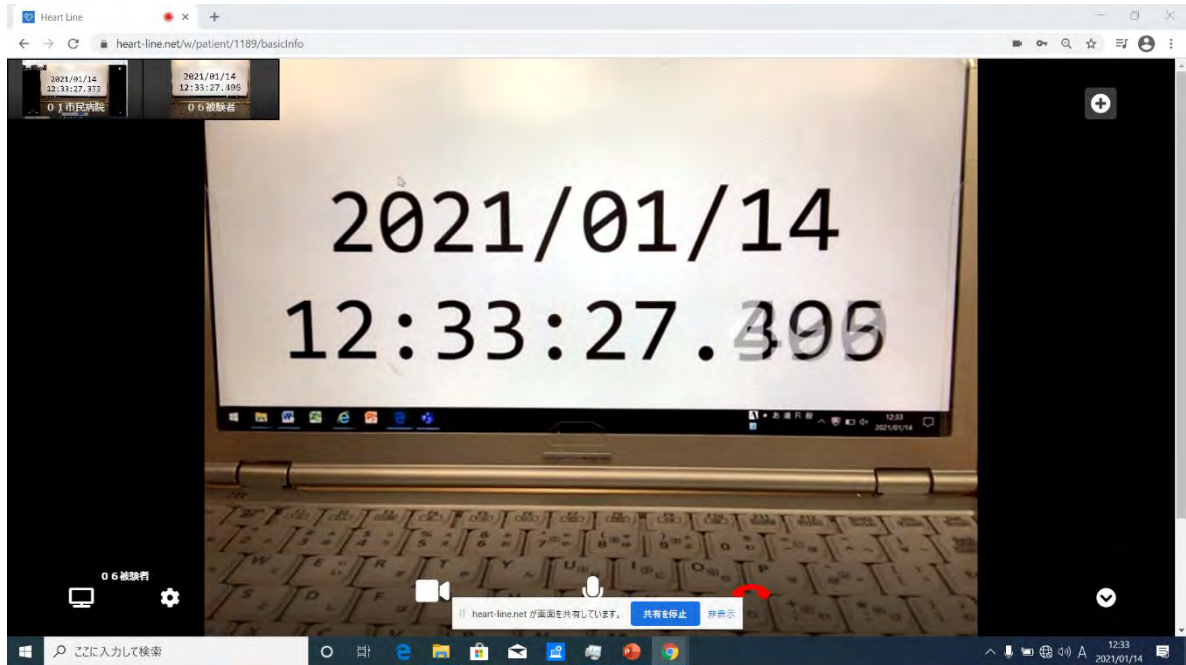


図 4.5.4.2-88 遅延測定画像

【5G 接続の遅延時間まとめ】

秒

表 4.5.4.2-4 遅延時間

|        | 1回目 | 2回目 | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 6回目  | 7回目  |
|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 画面遅延時間 | 0.3 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.10 | 0.05 |

<LTE 接続>

画面左側（診療所） : 2021/01/13 14:35.31.5XX  
 画面右側（中核病院） : 2021/01/13 14:35:30.8XX  
 画面遅延時間 : 時間差約 0.7 秒 ÷ 2 = 約 0.35 秒

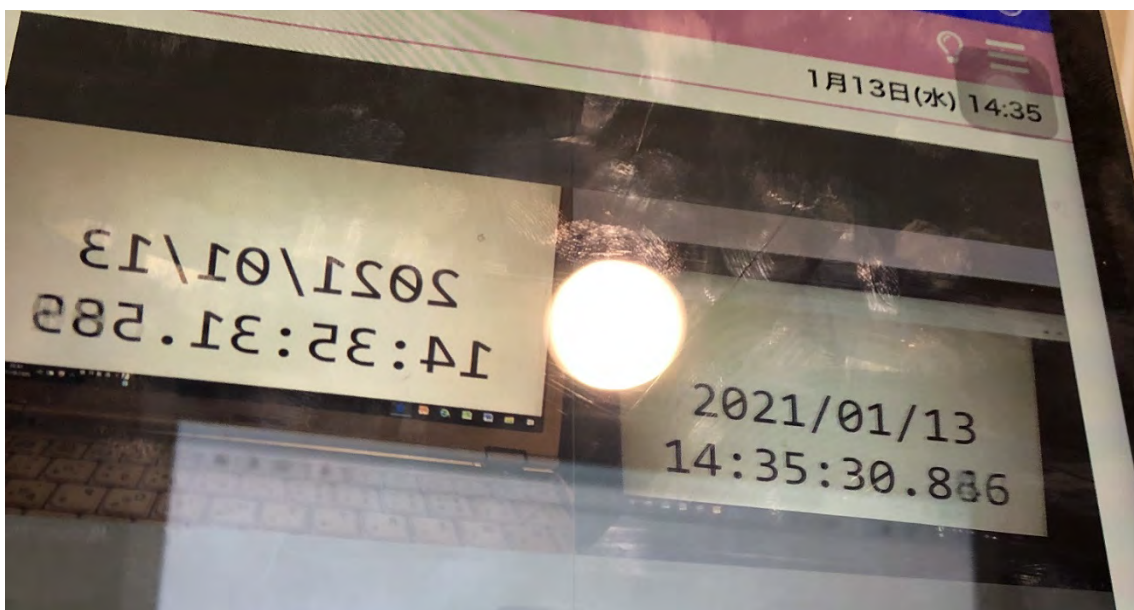


図 4.5.4.2-89 遅延測定画像

LTE 接続と比較し、約 0.05 秒～0.25 秒早くなっており、「合格」と判断する。

- ・バイタル情報の欠損有無

iPad 側（診療所・集会所）、PC 側（中核病院）にて、行った結果を下記に示します。



表 4.5.4.2-5 バイタルデータの欠損有無

| 日時    | 1回目             |      | 2回目             |      | 3回目             |      | 4回目             |      | 5回目             |      |
|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|       | 2021/1/13 13:25 |      | 2021/1/13 13:26 |      | 2021/1/13 13:28 |      | 2021/1/13 13:30 |      | 2021/1/13 13:32 |      |
| 場所    | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 |
| SpO2  | 98              | 98   | 96              | 96   | 100             | 100  | 96              | 96   | 97              | 97   |
| 血圧(上) | 124             | 124  | 124             | 124  | 119             | 119  | 123             | 123  | 119             | 119  |
| 血圧(下) | 90              | 90   | 83              | 83   | 93              | 93   | 52              | 52   | 81              | 81   |
| 脈拍数   | 93              | 93   | 83              | 83   | 87              | 87   | 82              | 82   | 81              | 81   |
| 体温    | 34.9            | 34.9 | 35              | 35   | 35.9            | 35.9 | 36              | 36   | 36              | 36   |

| 日時    | 6回目             |      | 7回目             |      | 8回目             |      | 9回目             |      | 10回目            |      |
|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|       | 2021/1/13 13:34 |      | 2021/1/13 13:35 |      | 2021/1/13 13:37 |      | 2021/1/13 13:39 |      | 2021/1/13 13:41 |      |
| 場所    | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 | 診療所             | 中核病院 |
| SpO2  | 96              | 96   | 96              | 96   | 96              | 96   | 95              | 95   | 96              | 96   |
| 血圧(上) | 136             | 136  | 128             | 128  | 122             | 122  | 124             | 124  | 121             | 121  |
| 血圧(下) | 88              | 88   | 91              | 91   | 83              | 83   | 73              | 73   | 74              | 74   |
| 脈拍数   | 72              | 72   | 74              | 74   | 75              | 75   | 92              | 92   | 89              | 89   |
| 体温    | 36              | 36   | 36.5            | 36.5 | 36.7            | 36.7 | 35              | 35   | 36.1            | 36.1 |

双方に違いがなく「合格」と判断する。

●キャプチャ画像伝送：モーションキャプチャシステム

・映像品質

診療所サーバ画像と中核病院側の PC 画面を撮影したものを下記に示す。

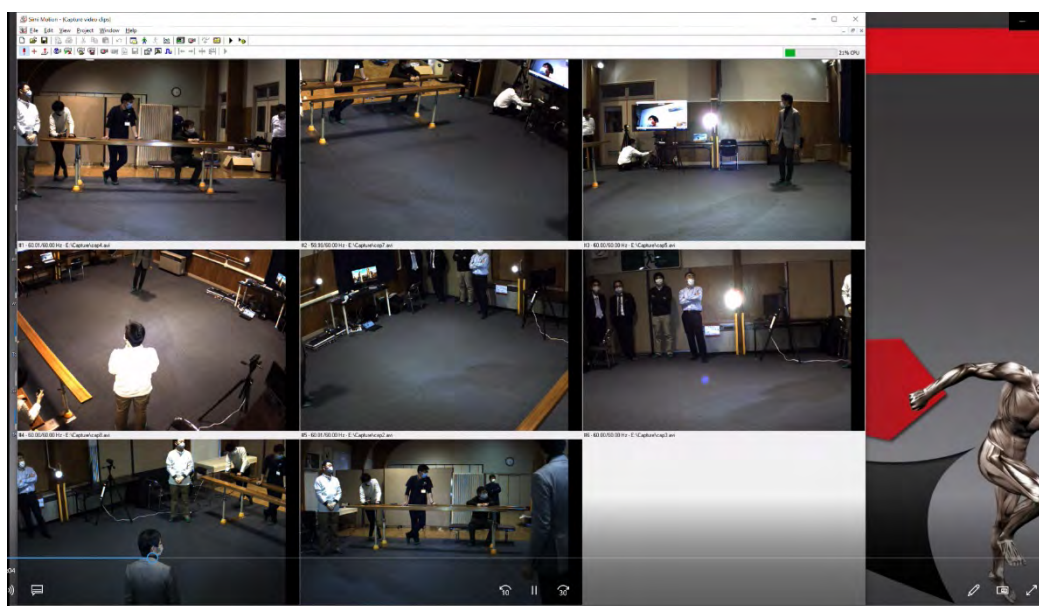


図 4.5.4.2-90 診療所サーバ画像

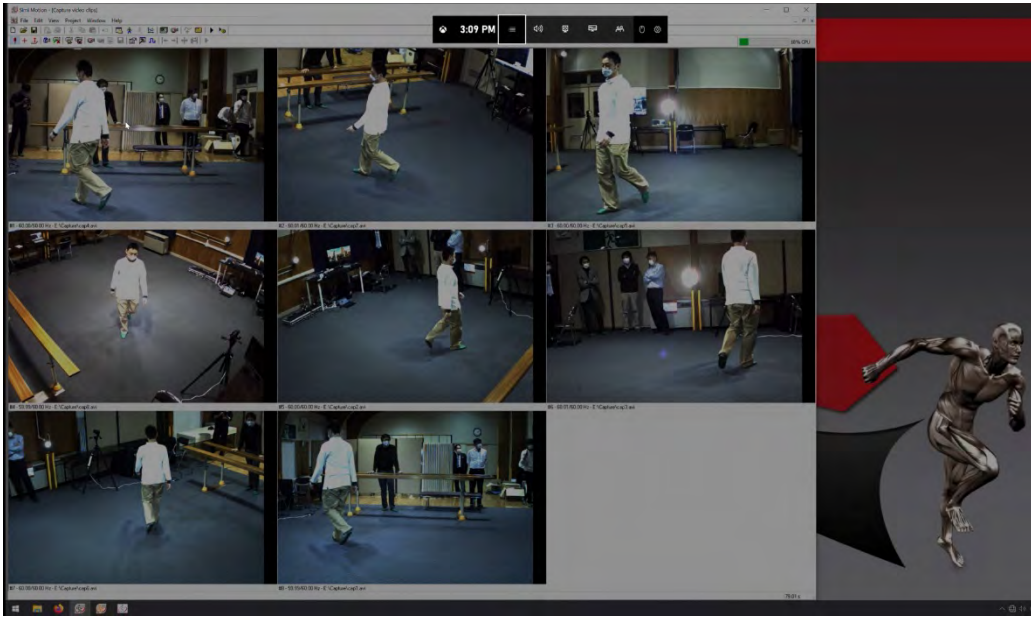


图 4.5.4.2-91 中核病院 PC 画像

医師・リハビリ専門職による目視による定性的評価としては、両者の映像品質に大差はなく、十分に遠隔指導を行えるというものであった。

・映像フレームレート中核病院側で映像のフレームレート計測結果を示す。下図左下にあるように、平均 28FPS での通信が可能であった。通信解像度は、4K (3840×2160) であった。なお、通信容量で 15Mbps 程度に、リモート遠隔診断が可能なクオリティを維持できるかどうかの閾値が存在した。

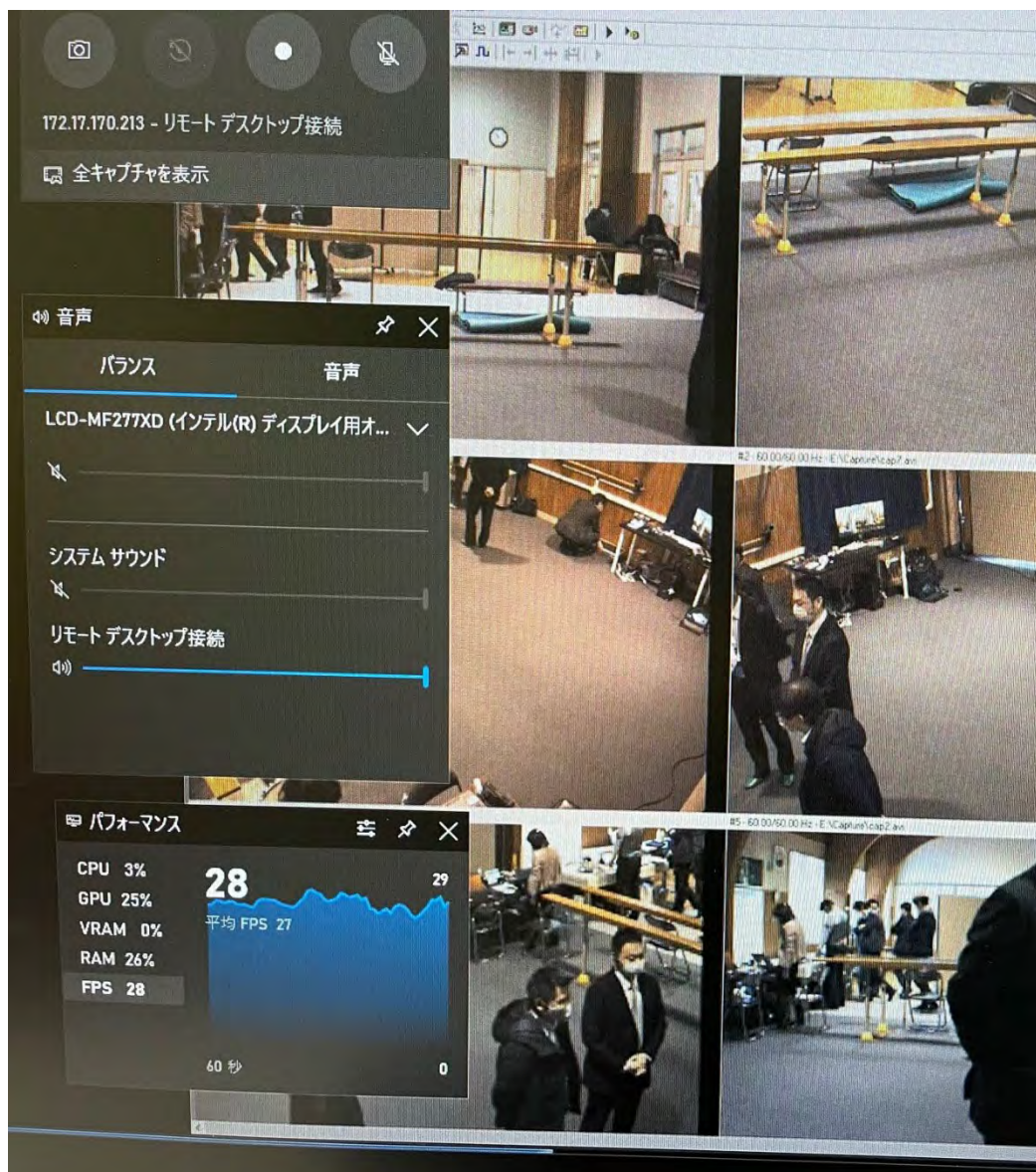


図 4.5.4.2-92 フレームレート測定画像

・撮影範囲

下記に、撮影範囲を示した図を示す。床から2mのところにあるマーカー（白丸で囲んだ部分）が、すべて撮影されているため、対象物に対して十分な撮影範囲を持っていることがわかる。また実際の計測でも対象者を正しく撮影できていることが確認される。

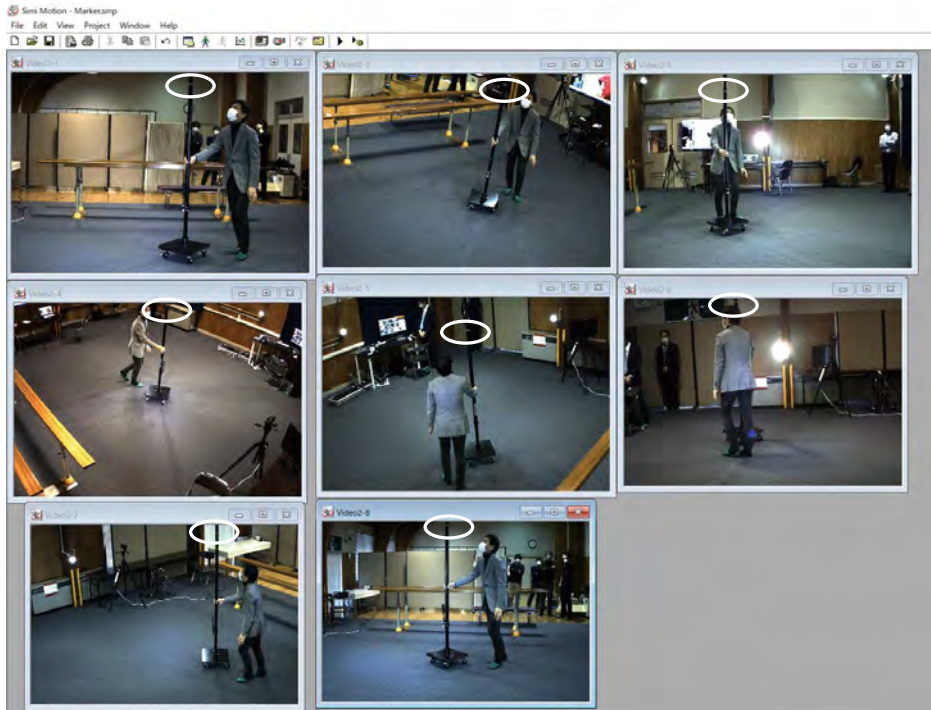


図 4.5.4.2-93 マーカー撮影画像

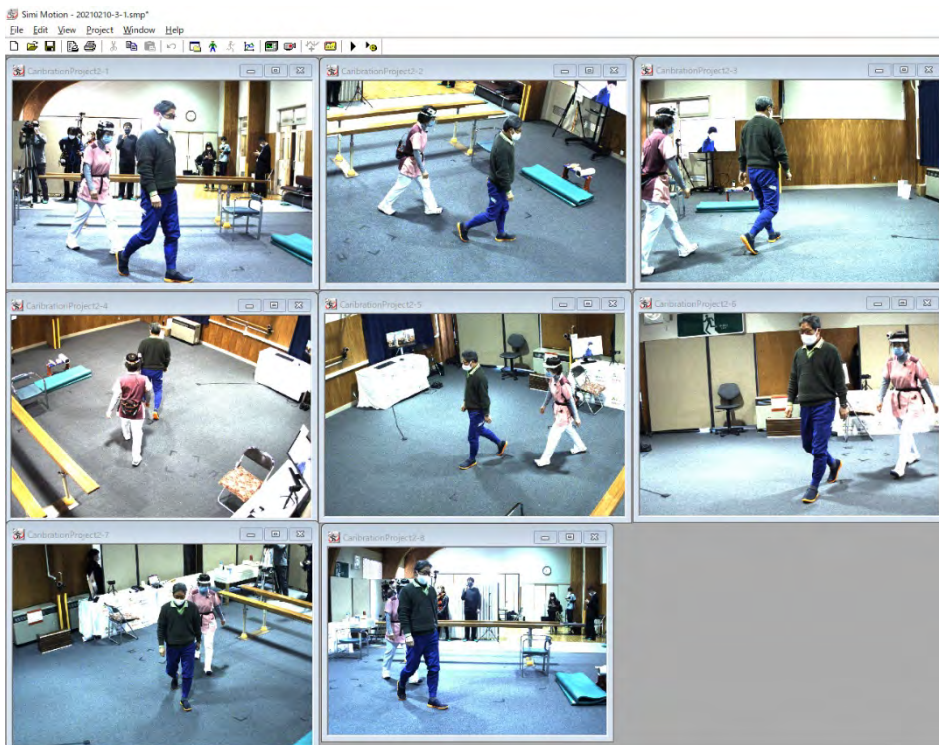


図 4.5.4.2-94 実際の計測画像

・遅延確認

診療所 - 中核病院間の画像遅延と、中核病院側からの遠隔操作の遅延を調べるため、時計を利用した遅延計測と Motion Capture 元での合図と実際のオペレーションの遅延測定を行った。その結果、いずれの場合の遅延は1秒以下であり、画像遅延とオペレーション遅延に明確な差は計測されなかった。下記にオペレーション遅延検証のために行った画像と、時計を利用した遅延の検証結果表を示す。これらの結果は、遠隔地にて画像をもとにモーションキャプチャシステムのオペレーションを行いながら、リハビリ指導を行うのに十分な範囲の遅延時間であるといえる。

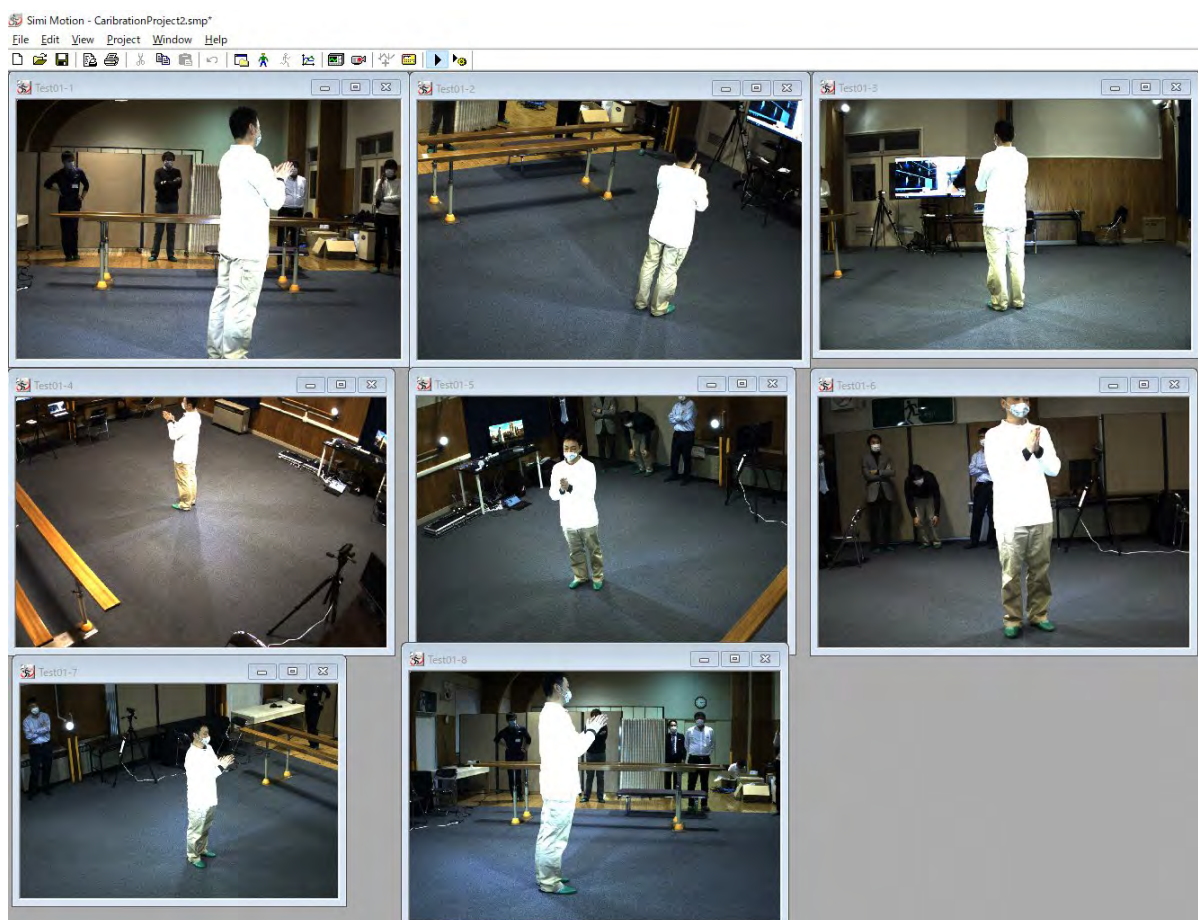


図 4.5.4.2-95 遅延確認画像



表 4.5.4.2-5 遅延時間

| Sample   | 2021/1/7 16:42:34~ | 30 秒間        | 条件①        |
|--|--------------------|--------------|------------|
| <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; width: 100px; height: 20px;"> <span style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></span> <span style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></span> <span style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></span> <span style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px;"></span> </div> #1 |                    |              |            |
| 経過時間   | 診療所 PC 時刻表示        | 中核病院 PC 時刻表示 | 表示時間差 (遅延) |
| 0 秒  | 14:38:12           | 14:38:12     | 0 秒        |
| 5 秒  | 14:38:17           | 14:38:18     | 1 秒        |
| 10 秒   | 14:38:22           | 14:38:22     | 0 秒        |
| 15 秒   | 14:38:27           | 14:38:28     | 1 秒        |
| 20 秒   | 14:38:32           | 14:38:32     | 0 秒        |
| 25 秒   | 14:38:37           | 14:38:37     | 0 秒        |
| 30 秒   | 14:38:42           | 14:38:43     | 1 秒        |

遅延計測データ

#### 4.5.5 考察（今後の課題等）

##### 4.5.5.1 ネットワーク機能検証

評価条件に対する結果を以下に記す。

- ① エンドツーエンドの通信速度において、課題実証に必要と想定される診療所/集会所→病院への通信速度が60Mbps以上となること。  
→検証 No1 の 3-②-1 より UDP : 88.90Mbps、3-②-3 より TCP : 61.45Mbps となり、条件を満たすことができ、本実証に必要な帯域を確保できると判断した。  
また検証 No2 においても 5G 通信の上り速度としては 60Mbps 以上を記録しており、問題ない結果となった。  
このため、本条件での評価は合格とする。
- ② エンドツーエンドの通信において、遅延の揺らぎが少ないこと。  
→検証 No13-③より平均ラウンドトリップタイム : 60msec、最大ラウンドトリップタイム : 137msec とネットワークの負荷が少ない状態においては低遅延かつ安定した通信ができるため、本実証に適したネットワークであると判断した。  
このため、本条件での評価は合格とする。

本実証で構築した 5G ネットワークでは理論値では 5G ルータ～5G 基地局の上り通信速度（約 107Mbps）がボトルネックとなると考えて検証を行ったが、実効速度として、UDP 通信であれば理論値の 8 割以上、TCP 通信においても 6 割程度を確保できており、想定を上回る結果となった。

しかし、下り通信速度においては、実証に必要な速度を確保できたものの、TCP 通信では速度低下がみられた。本事象は d0IC サーバのスペック増強やサーバパラメータ設定の見直し等で改善する可能性があり、実装にあたって d0IC を活用する場合は事前検証やチューニングが重要となる。

##### 4.5.5.2 アプリ機能検証

#### ●接写用カメラ、ヘッドマウントカメラ、拠点間連携カメラ

評価条件

- ① No1～No18 までの各検証で正常に映像伝送ができること。  
映像伝送ができない場合でも、要因が明らかであり課題実証に影響がない場合は問題なしとする。  
→表 4.5.4.2-1 より No12 において、映像が全く表示できない事象が発生したが、送信ビットレートの合計が 100Mbps 以上必要であったために発生しており、要因が明らかのため問題なしと判断した。  
また、No1～No3 の送信ビットレート 30Mbps での伝送において、下り方向でフレームレートの低下が発生したが、課題実証では 30Mbps での映像伝送は実施しないこと、VPN を UDP 方式へ変更することで改善できると考えられるため、問題なしと判断した。  
その他の条件では正常に映像伝送できており、本条件での評価は合格とする。

- ② 課題実証に必要な映像品質で伝送した場合に、モバイル超音波画像診断装置、遠隔診療支援システム、モーションキャプチャシステムの通信に影響を与えないこと。

→検証 No15 よりモバイル超音波画像診断装置および No16 より遠隔診療支援システムとの同時使用が可能であることを確認した。

検証 No17 ではモーションキャプチャシステムのフレームレートに影響が発生したが No18 で VPN を UDP 方式に変更することで同時使用が可能であることを確認できたため、本条件での評価は合格とする。

機能検証においては、すべて問題なく動作したが、課題実証中ではモーションキャプチャシステムと同時使用するとモーションキャプチャシステムのフレームレートが顕著に低下する事象が発生した。課題実証中は運用対処として排他利用を行った。

実装を踏まえると、排他利用ではユーザビリティが下がるため、4K カメラの映像伝送システムの映像伝送の送信ビットレートや解像度を固定設定からオート設定に変更する方法がある。これにより、モーションキャプチャシステムの通信が行われている場合は、自動的に 4K 映像伝送のスループットが落とされモーションキャプチャシステムに必要な帯域を確保できると考えられる。

ただし、オート設定では意図しないタイミングで画質低下する恐れがあることから、映像伝送システムのアプリケーションを修正し、GUI による映像の一時停止・送信機能を盛り込む方法も考えられる。

#### ●エコー画像伝送：モバイル超音波画像診断装置

検証結果のとおり、実証項目（映像評価の品質、映像フレームレート、映像の遅延）すべてにおいて、想定した結果が出ており、機能検証は合格とする。

今回の実証においては、機能検証時には見られなかった映像のゆらぎが課題実証時に何度か確認された。本実証とは別で実施した LTE 回線と Web 会議システムを用いた場合、タブレットに表示されたエコー画面の伝送が実現できている。今回はインターネットに接続ができないことから、Web 会議システムの代替として採用した画面共有アプリの動作や Windows のリモートデスクトップ通信に起因している可能性が高い。

実装時には画面共有方法の見直しを行い、5G 通信に適した伝送アプリケーション選定が必要である。

#### ●遠隔診療：遠隔診療支援システム

検証結果のとおり、実証項目（映像評価の品質、映像フレームレート、映像の遅延）すべてにおいて、想定した結果が出ており、機能検証は合格とする。

今回の実証においては、5G のクローズドな特殊環境で実施したこともあり、遠隔問診用のテレビ電話の呼び出しが中核病院から発信できず、診療所（集会所）側からの呼び出しのみ可能という現象が続いた。原因の特定まで至っていないが、実装する際にはアプリケーション、サーバ、ネットワークとの連携におけるパラメータの設定見直し等を検討する必要がある。

## ●キャプチャ画像伝送：モーションキャプチャシステム

検証結果のとおり、実証項目（映像品質、映像フレームレート、撮影範囲、遅延確認）すべてにおいて、想定した結果が出ており、機能検証は合格とする。

機能検証時には上記の通り問題なく機能したが、課題実証時は本システム（モーションキャプチャシステム）と4kカメラ映像（接写と拠点連携とヘッドマウントの3つのカメラ

映像）伝送を同時使用すると本システムのフレームレートが顕著に低下する事象が時折発生した。課題実証中は運用対処として排他利用を行った。

実装に当たり、モーションキャプチャシステムは病院側の医師がパソコン操作を行う必要があり、リモートデスクトップによる接続が最適と考えられる。リモートデスクトップ通信に必要な帯域の削減は難しく、同時使用する4Kカメラ側での対処が望ましいと考えられる。

## 4.6 課題解決システムに関する運用検証

### 4.6.1 課題解決システムの機能要件の整理

映像伝送・診療システムの実装に要するコスト項目を表 4.6.1 にリスト化した。

実装において必須である設備・機器（表 4.6.1 内“○”）と、必須ではないが遠隔診療・遠隔リハビリ指導の質や安全性をより高める設備・機能（表 4.6.1 内“△”）について、実証試験を通じて医療従事者や被験者の主観的評価をもとに整理した。

表 4.6.1 映像伝送・診療システムの MUST 機能と WANT 機能の切り分け

| 機能項目                 | 機能詳細項目             | 設置場所                     | 遠隔リハビリ指導             | 遠隔診療（エコー）           | 遠隔健康指導            | 遠隔摂食嚥下療法          |
|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| アプリケーション             | 4K カメラ（接写用）        | 遠隔拠点                     | ○<br>(1 台)           | △<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | △<br>(1 台)        |
|                      | 4K カメラ（コミュニケーション用） | 遠隔拠点                     | ○<br>(1 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | ○<br>(1 台)        |
|                      |                    | 中核病院                     | ○<br>(1 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | ○<br>(1 台)        |
|                      | 4K カメラ（ヘッドマウント）    | 遠隔拠点                     | ○<br>(1 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | ○<br>(1 台)        |
|                      | モーションキャプチャシステム     | 遠隔拠点                     | △<br>(一式)            | —                   | —                 | —                 |
|                      | 遠隔診療支援システム         | 遠隔拠点/中核病院                | △<br>(一式)            | ○<br>(一式)           | △<br>(一式)         | △<br>(一式)         |
|                      | 各種バイタルセンサー         | 遠隔拠点                     | △<br>(一式)            | ○<br>(一式)           | △<br>(一式)         | △<br>(一式)         |
| モバイル超音波画像診断装置        | 遠隔拠点               | —                        | ○<br>(一式)            | —                   | —                 |                   |
| 端末・音響機器              | 4K モニタ             | 遠隔拠点                     | ○<br>(2 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | ○<br>(1 台)        |
|                      |                    | 中核病院                     | ○<br>(遠隔拠点カメラ台数分)    | ○<br>(遠隔拠点カメラ台数分)   | ○<br>(遠隔拠点カメラ台数分) | ○<br>(遠隔拠点カメラ台数分) |
|                      | ピンマイク              | 遠隔拠点                     | ○<br>(看護師用・患者用各 1 台) | ○<br>(技師用・患者用各 1 台) | ○<br>(看護師用 1 台)   | ○<br>(看護師用 1 台)   |
|                      | スピーカーマイク           | 遠隔拠点                     | ○<br>(1 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        | ○<br>(1 台)        |
| 中核病院                 |                    | ○<br>(1 台)               | ○<br>(1 台)           | ○<br>(1 台)          | ○<br>(1 台)        |                   |
| ネットワーク設定             | 通信世代               | —                        | 5G                   | 5G                  | 5G                | 5G                |
|                      | 解像度                | —                        | 4K                   | 4K                  | 4K                | 4K                |
|                      | ビットレート             | —                        | 15Mbps               | 15Mbps              | 15Mbps            | 15Mbps            |
| プレゼンティズム調査の WEB システム | —                  | ○<br>(予防医療として早期検知を目指す場合) |                      |                     |                   |                   |

#### 4.6.2 課題解決システムのコスト分析

映像伝送・診療システムを導入し、運用・維持するためのコストについても概算を行った。コストのモデルケースは下記3つを考慮した。

##### モデルケース I

本実証エリアである東三河北部医療圏以外の医療圏へ、新たに映像伝送・診療システムを構築するもの。新たな中核病院および診療所の各1ヶ所において環境構築およびローカル5Gのエリア化を想定するもの。

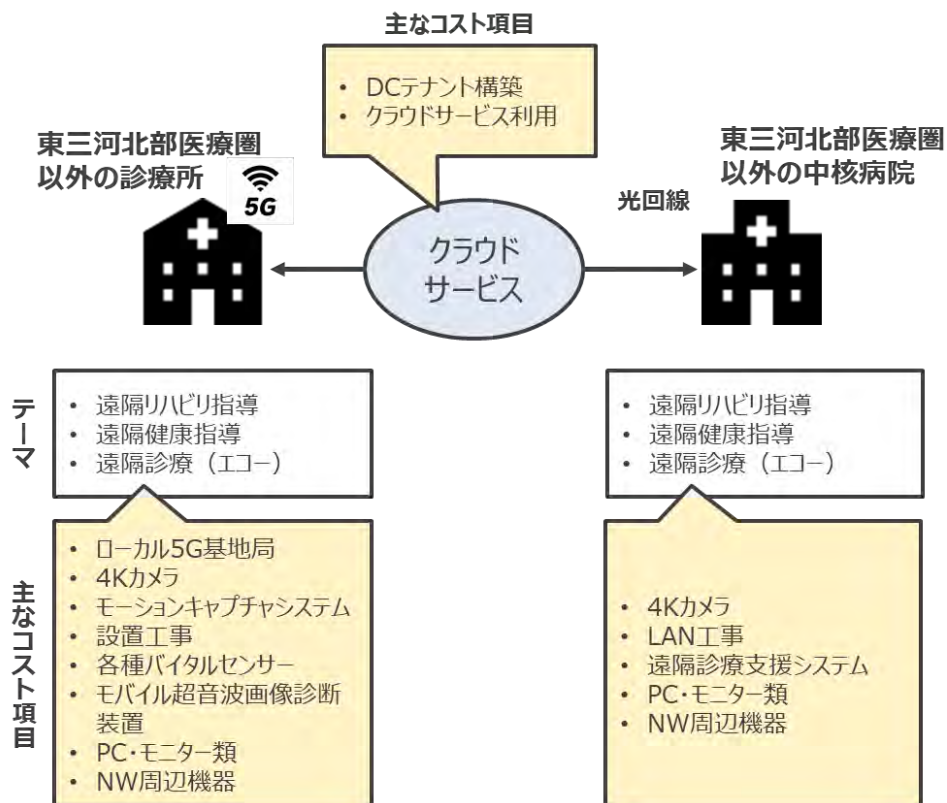


図 4.6.2-1 ケース I のイメージ図

モデルケース II

本実証エリアである東三河北部医療圏へ、映像伝送・診療システムを導入済みの新城市民病院を中核病院として、作手診療所以外の新たな診療所 1 ヶ所においてローカル 5 G のエリア化を想定するもの。

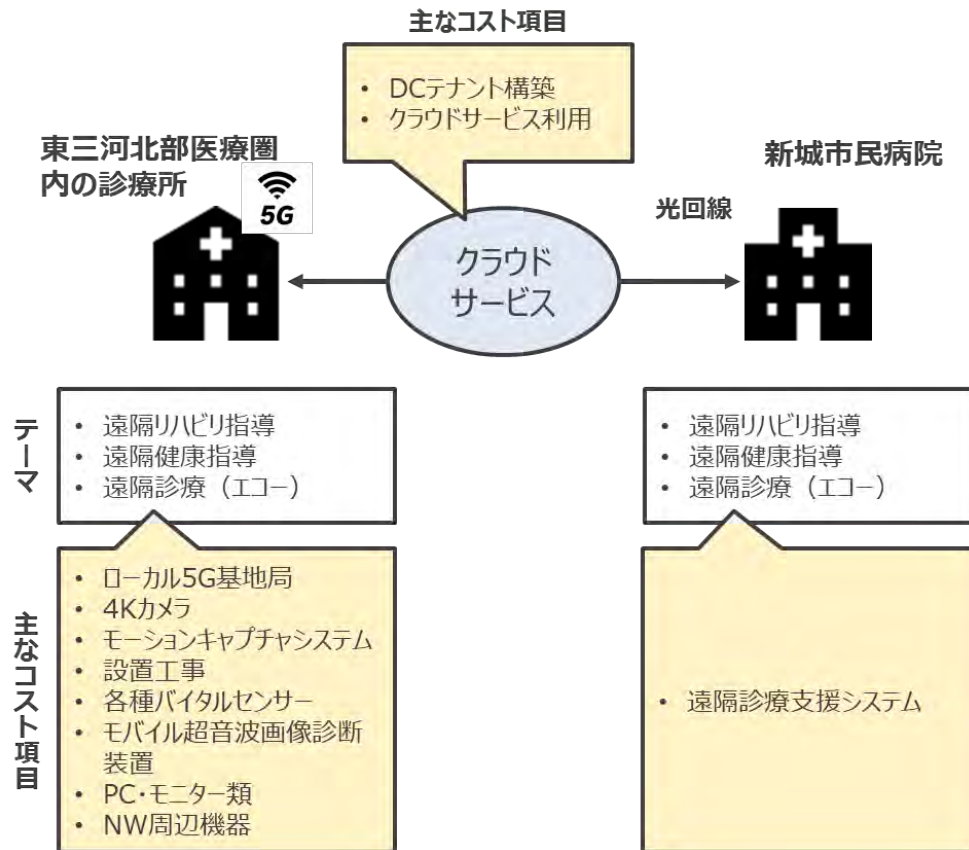


図 4.6.2-2 ケースIIのイメージ図



### モデルケース III

映像伝送・診療システムを導入済みの新城市民病院を中核病院として、本実証において 5G のエリア構築を行った作手診療所において必要な設備・機器を配備するもの。

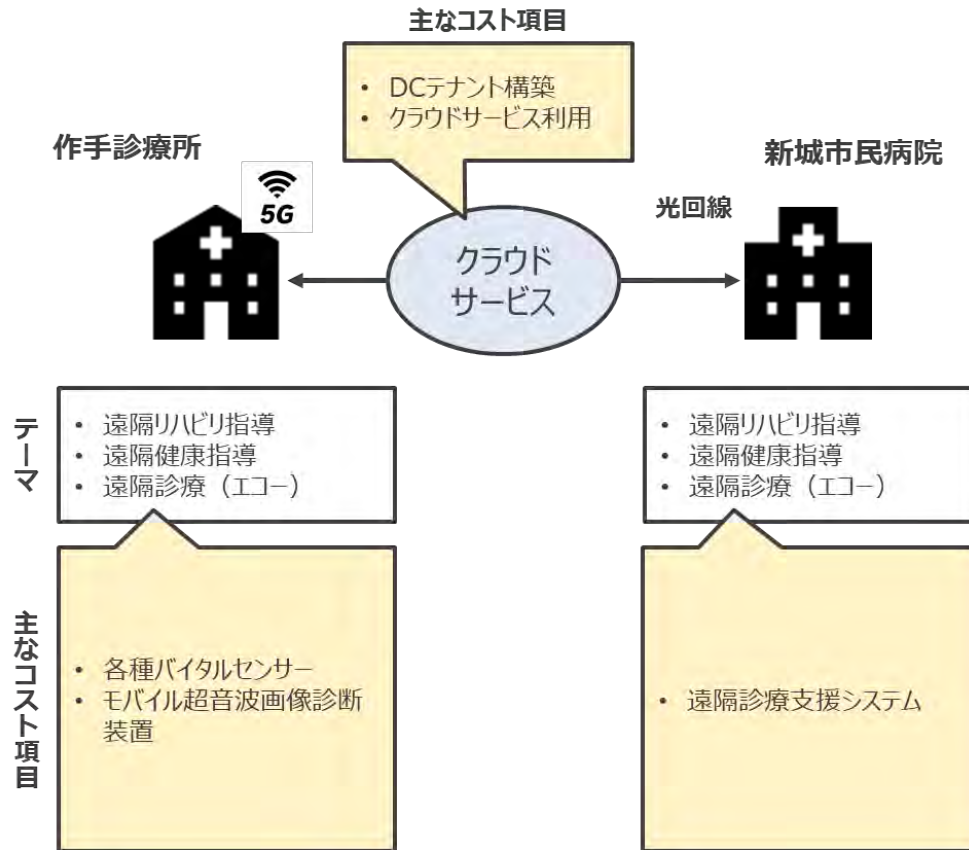


図 4.6.2-3 ケースⅢのイメージ図

次に、各モデルケースについて初期導入に必要なイニシャルコストを分析した結果を表 4.6.2-1 に示した。

イニシャルコストは、ケースⅠの場合は約 1 億 1,200 万円、ケースⅡでは約 1 億 500 万円、ケースⅢでは 2,400 万円となった。なお、ケースⅠおよびケースⅡのコストの過半数をローカル 5G の構築費用が占めるが、この費用は概算であり実際には増減の可能性を多分に含むものである。また、映像伝送・診療システムの構築に要する人件費についても事業者や実装環境によって変動するものである。

一方、ランニングコストを分析した結果を表 4.6.2-2 に示した。ランニングコストは、各ケース共通であると仮定し、年間の費用を算出した。ランニングコストについても、イニシャルコストと同様にネットワークの担当事業者や遠隔診療支援システムの利用ユーザ数によって大きく変動するものであることに留意したい。また、ローカル 5G ベンダーとクラウドサービス事業者は互いにネットワークを構築可能であると仮定する。

表 4.6.2-1 コスト分析表（イニシャル）

| 費用項目  | モデルケースⅠ<br>東三河北部医療圏外への横展開<br>(合計コスト) | モデルケースⅡ<br>東三河北部医療圏内への横展開<br>(合計コスト) | モデルケースⅢ<br>新城市作手地区への実装<br>(合計コスト) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ネットワーク関連費用</li> <li>• ハードウェア関連費用</li> <li>• アプリケーション費用</li> <li>• 業務委託等費用</li> </ul> | 111,984,200 円                        | 104,760,300 円                        | 23,691,800 円                      |

表 4.6.2-2 コスト分析表（ランニング）

| 費用項目   | 年間ランニング合計コスト（モデルケース共通） |
|--|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ネットワーク関連のランニングコスト</li> <li>• 遠隔診療支援システムのランニングコスト</li> </ul> | 5,316,000 円            |

#### 4.6.3 運用体制の検討

映像伝送・診療システムの費用支払い者は、新城市および同様の地域課題を抱える地方自治体を想定する。ただし、自治体財源に依存した事業モデルでは事業の導入及び継続性に課題があることから、6章において、介護施設等の事業者向けに事業の付加価値向上のためのサービスとして BtoB モデルとして提供する可能性についても検討を行った。

##### 4.6.3.1 システムの運用検討

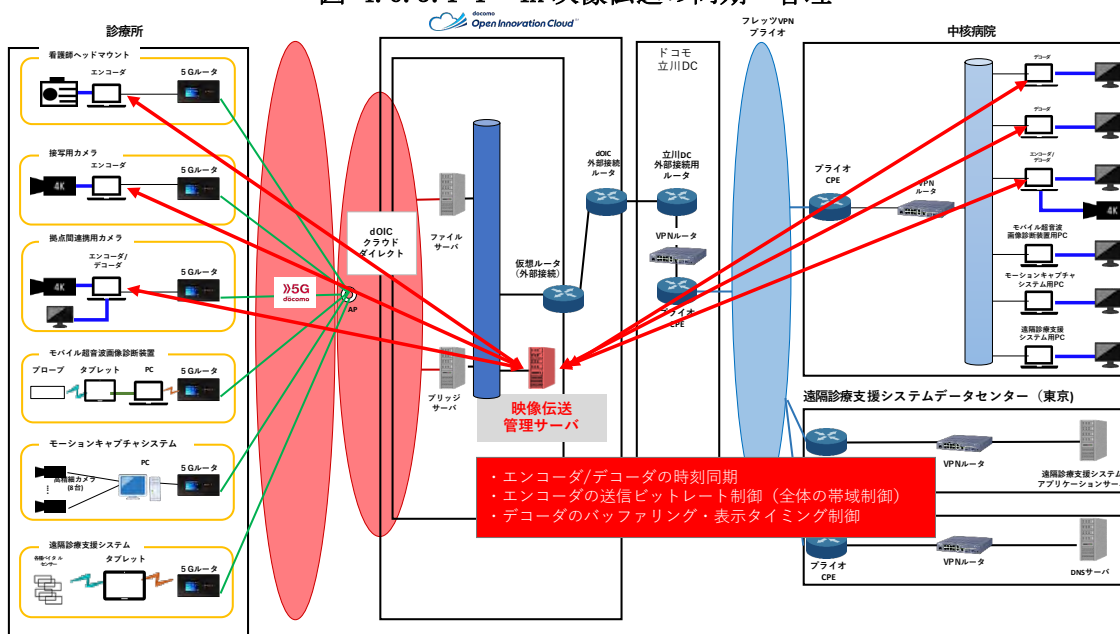
###### 1) システムにおける機能追加及び削除の検討

表 4.6.3.1-1 機能追加・削除検討表

| NO | 追加・削除   | 対象システム・機器              | 内容  |
|----|---------|------------------------|---|
| 1  | 追加      | 5G 映像伝送システム<br>(映像遅延)  | 4K カメラ映像伝送の 3 システム (接写、ヘッドマウント、拠点連携の 3 映像伝送システム) の映像同期が極まれに映像同期がとれない現象があったため、映像表示を同期させる仕組みの導入の検討をしていくことしたい。<br>同期のイメージを図 4.6.2.2-1 に示す。 |
| 2  | 追加      | 5G 映像伝送システム<br>(音声遅延)  | 4K カメラ映像伝送時に音声同期がうまくいかず、実証時は別ルートによる音声伝送で代替。実装時は、音声と映像のエンコード制御を見直し、同期する仕組みの検討をしていくこととしたい。  |
| 3  | 追加      | 5G 映像伝送システム<br>(音声エコー) | 4K カメラ映像伝送時に自分の発話が対向先のスピーカーとマイクを経由して戻ってくる音声エコー現象が発生した。<br>映像伝送システムにエコーキャンセル機能を搭載することで音声エコーの抑止を検討していくこととしたい。                             |
| 4  | 追加・削除   | 集音マイク                  | 想定したマイク配置構成が変更となったため、当初用意していた集音マイク設置を実装時も削除。看護師等へのピンマイク取り付けをするなど、実装環境を考慮しマイク設置の工夫をしたい。  |
| 5  | 追加 (変更) | 指導療法士伝送モニター            | 27 インチモニターを、65 インチモニターへ変更。大型モニター超しにリハビリ専門職との臨場感ある対面指導をするため、大型モニター導入は必須と考える。(リハビリ専門職の意見)   |
| 6  | 削除      | 録画用ファイルサーバ             | 当初、総合診療医、リハビリ専門職が、指導映像振り返りで録画データを活用する想定   |

| NO | 追加・削除 | 対象システム・機器 | 内容  |
|----|-------|-----------|---|
|    |       |           | であったが、実装時も Must で必要なシーンがないことで整理したため、本ファイルサーバは削除することとする。<br>尚、専門医の研究用として活用シーンができてきた段階で実装時設置するか検討することとしたい。      |
| 7  | 追加    | LTE 対応    | 遠隔健康指導及び、遠隔リハビリ指導において、リハビリメニューによっては、LTE の HDクラスの画質でも対応可能との検証が得られたため、5G のリッチ環境ではなく、LTE 環境での構築も視野に検討していくこととしたい。 |

図 4.6.3.1-1 4K 映像伝送の同期・管理



## 2) 映像伝送機器等の管理、保守の検討

本実証で採用した映像伝送・診療システムは製品化前のプロトタイプであり、機器故障やアプリケーションの不具合発生時の保守サービスは未整理である。

また実証時と同じく閉域の環境で利用する場合においても、OS やパッチの更新等、最低限のセキュリティ対策は必要であり、OS 更新時等にアプリケーションが正常に動作しなくなることが考えられる。

映像伝送・診療システムを開発・構築したベンダーから有償保守サービスの提供を受けることが望ましいが、実装を想定したシステムではないため、システム全体の保守サービス提供は困難だと考えられる。

このためアプリケーションに対し、インシデント発生時に都度サポートを受けられるようなスポット保守契約を行うとともに、最低限の予備機を準備しておくことで、コストを抑

えつつトラブル発生時の運用中断を回避できると考えられる。

### 3) システムの冗長化の検討

本実証ではクラウド基盤上の仮想サーバ、フレッツ光回線及び各ネットワーク装置のほとんどはシングル構成となっており、障害発生時にシステムが停止する。

クラウド基盤上の仮想サーバを二重化構成にし、フレッツ光回線や各ネットワーク装置も二重化することで、障害に強いネットワークシステムにできる。

また、フレッツ光回線のバックアップ回線に 5G/LTE 回線を用いることで、平常時のコストを削減することができると考えられる。

### 4) バイタルデータ等センシティブな情報を扱うため情報管理の検討

- ・実証時と同様なクローズドネットワークの維持を引き続き検討する。
- ・バイタルデータ等のセンシティブ情報管理は、実証時同様、遠隔診療支援システム（ニプロ社の商用化済ハートラインを活用）で管理。他のシステムでは、扱わない方針を徹底する。
- ・録画映像パーソナルデータに関しては、エンコーダ・デコーダ PC のパスワード管理（BIOS 含む）を徹底する。

### 5) システム不具合時対応の検討

- ・腹部エコー、下肢エコーの画像判断（医療行為）に関しては、実装時は、病院側の通常の機器トラブル対応方法と同様とする。
- ・リハビリ指導、健康体操に関しては、実証時同様、介助が可能な看護師を 1 名配置し、中止、延期の判断も、リハビリ専門職、看護師がよく相談の上決定する。

## 4.7 関連するガイドラインへの適合状況

映像伝送・診療システムのうち、医療情報を取り扱う可能性のある遠隔診療（エコー）および遠隔リハビリ指導の機能について、関連する医療分野のガイドラインへの適合状況を整理する。参照するガイドラインは、「オンライン診療の適切な実施に関する指針」および「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」とし、その中でも映像伝送・診療システムの導入・運用を進める上で重要と思われる要求事項について適合状況を確認する。「オンライン診療の適切な実施に関する指針」のうち、映像伝送・診療システムに特に関連すると考えられる要求事項への適合状況を表 4.7-1 に、「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」のうち、映像伝送・診療システムに特に関連すると考えられる要求事項への適合状況を表 4.7-2 に示した。

表 4.7-1 「オンライン診療の適切な実施に関する指針」への適合状況

| 参照項              | 要求事項   | 適合状況  |                        |              |
|------------------|--|---|------------------------|--------------|
|                  |  | 映像伝送システム  | モバイル超音波画像診断装置          | 遠隔診療支援システム   |
| V.1.(6).②.<br>ii | オンライン診療では、可能な限り多くの診療情報を得るために、リアルタイムの視覚及び聴覚の情報を含む情報通信手段を採用すること。 | ○   | —                      | ○            |
|                  |  | 4Kカメラ及び音声による情報通信手段を採用   | 映像伝送システムとの併用           | テレビ電話機能あり    |
| V.2.(5).1)       | 端末立ち上げ時、パスワード認証や生体認証などを用いて操作者の認証を行うこと。                         | ○   | ○                      | ○            |
|                  |  | 実証中はエンコードPC、デコーダPCへのログインは、同一の実証スタッフによる管理かつ、実証現場での頻繁な再立ち上げ等を考慮し、PW入力は自動化をしていたが、実装時は入力必須とすることが可能。 | モバイル超音波画像診断装置にPW認証機能あり | PW認証機能あり     |
|                  | 汎用サービスがアドレスリストなど端末内の他のデータと連結しない設定とすること。                        | ○   | ○                      | ○            |
|                  |  | 他データとの連結はしない  | 他データとの連結はしない           | 他データとの連結はしない |



| 参照項           | 要求事項  | 適合状況  |  |  |
|---------------|---|---|--|--|
|               |   | 映像伝送システム  | モバイル超音波画像診断装置                                    | 遠隔診療支援システム                               |
| V. 2. (5). 2) | (オンライン診療システム事業者が行うべき対策)<br>医療情報システム以外のシステム（端末・サーバ等）における診療にかかる患者個人に関するデータの蓄積・残存の禁止         | ○   | ○  | ○  |
|               |   | デコードPCには伝送した映像の録画機能がない。<br>録画が必要な場合はPCのHDMI出力に接続した録画装置を使用する。録画装置はネットワーク未接続。 | 患者個人のデータはモバイル超音波画像診断装置内にて蓄積・保存し、システム外への蓄積・保存はしない | 患者個人のデータはクラウドにて蓄積・保存し、ローカル端末等への蓄積・保存はしない |
|               | ○   | —   | —  |  |
|               | ドコモクラウド基盤と中核病院はフレッツ光VPNにより接続しており、インターネットとの接続口はない。<br>さらに各拠点に設置したVPNルータからIPSecによる暗号化接続を実施。 | 要求事項のケースに該当しない  | 要求事項のケースに該当しない                                   |  |

| 参照項 | 要求事項  | 適合状況  |                            |                           |
|-----|---|---|----------------------------|---------------------------|
|     |   | 映像伝送システム  | モバイル超音波画像診断装置              | 遠隔診療支援システム                |
|     | アクセスログの保全措置<br>(ログ 監査・監視 を実施<br>することが望ましい。) | △<br>アプリケーション自体の起動・通信ログは取得。<br>ただし、外部からの攻撃等を想定したログの取得等の保全措置は実証内では未実施。<br>実装時に外部攻撃を想定したアクセスログの保全措置を行うのであれば、ネットワーク上位 (VPN ルータ直下) に専用装置 (IDS、IPS、WAF など) を置くことが望ましいと考える。<br>内部による不正アクセス対策としては、PC 自体に対策が必要なため、専用のセキュリティシステム (監査用アプリケーション) の導入が望ましい。 | △<br>モバイル超音波画像診断装置に動作記録は取得 | △<br>API ログとして記録。外部出力は不可。 |

表 4.7-2 「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」への適合状況

| 参照項   | 要求事項  | 適合状況   |  |                      |
|-------|---|--|--|----------------------|
|       |   | 映像伝送システム   | モバイル超音波画像診断装置                                      | 遠隔診療支援システム           |
| 6.5.C | アクセスの記録及び定期的なログの確認を行うこと。アクセスの記録は少なくとも利用者のログイン時刻、アクセス時間、並びにログイン中に操作した患者が特定できること。情報システムにアクセス記録機能があることが前提であるが、ない場合は業務日誌等で操作の記録（操作者及び操作内容等）を必ず行うこと。 | △  | △  | △                    |
|       |   | アプリケーション自体の起動・通信ログは取得。誰が操作したかを含めたログ取得機能は、要求事項のケースに該当しないため未搭載。  | モバイル超音波画像診断装置に動作記録は取得。操作者およびアクセスした患者情報のログ取得機能は未搭載。 | API ログとして記録。外部出力は不可。 |
|       | アクセスの記録に用いる時刻情報は信頼できるものであること。医療機関等の内部で利用する時刻情報は同期している必要があり、また標準時刻と定期的に一致させる等の手段で標準時と診療事実の記録として問題のない範囲の精度を保つ必要がある。                               | —  | △  | △                    |
|       |   | 要求事項のケースに該当しないため、実証時は時刻同期無し。ドコモクラウド基盤上にNTPサーバーを構築することで時刻同期は可能。 | モバイル超音波画像診断装置に時刻設定機能はあり、操作者が手動で設定する必要がある。          | クラウドサーバーにて管理。        |

| 参照項    | 要求事項  | 適合状況   |  |                |
|--------|---|--|--|----------------|
|        |   | 映像伝送システム   | モバイル超音波画像診断装置  | 遠隔診療支援システム     |
| 6.5.C  | 無線 LAN を利用する場合、システム管理者は以下の事項に留意すること。<br>(1) 利用者以外に無線 LAN の利用を特定されないようにすること。例えば、ステルスモード、ANY 接続拒否等の対策を行うこと。<br>(2) 不正アクセスの対策を施すこと。少なくとも SSID や MAC アドレスによるアクセス制限を行うこと。<br>(3) 不正な情報の取得を防止すること。例えば WPA2/AES 等により、通信を暗号化し情報を保護すること。 | —  | △  | △              |
|        |   | 要求事項のケースに該当しない。5G ルータと映像システム間、有線 LAN ケーブルにて接続。   | プローブとタブレット間の接続は無線 LAN 使用は可能。<br>ステルスモード、ANY 接続拒否は未対応。<br>プローブとタブレット間で無線 LAN 通信している場合は、1 : 1 の接続のみとなっている。<br>WPA2 の通信暗号化は導入済。 | SSL/TLS1.2 に準拠 |
| 6.11.C | IPsec と IKE を利用することによりセキュアな通信路を確保すること   | ○  | —  | —              |
|        |   | エンコーダ⇄デコーダ間で IPsec と IKE の代替として OpenVPN による暗号化通信を実施。<br>ドコモクラウド基盤～中核病院間は IPsec による暗号化実施。 | SA 装置としては回答不可  | 非該当            |

| 参照項    | 要求事項  | 適合状況     |               |               |
|--------|---|----------|---------------|---------------|
|        |   | 映像伝送システム | モバイル超音波画像診断装置 | 遠隔診療支援システム    |
| 6.11.C | ルータ等のネットワーク機器は、安全性が確認できる機器を利用し、施設内のルータを経由して異なる施設間を結ぶVPNの間で送受信ができないように経路設定されていること。安全性が確認できる機器とは、例えば、ISO15408で規定されるセキュリティターゲット若しくはそれに類するセキュリティ対策が規定された文書が本ガイドラインに適合していることを確認できるものをいう。 | ○        | —             | ○             |
|        | 通信事業者提供機器（ONU、CPE、クラウド基盤上のネットワーク機器等）を除き準備したネットワーク機器は①ヤマハ製RTX1210（VPNルータ）、②SHARP製SH-52A（NTTドコモブランド5Gルータ）のみであり、すべてインターネットには抜けないクローズドなネットワークに接続されている。                                  |          | SA装置としては回答不可  |               |
| 6.11.C | 送信元と相手先の当事者間で当該情報そのものに対する暗号化等のセキュリティ対策を実施すること。例えば、SSL/TLSの利用、S/MIMEの利用、ファイルに対する暗号化等の対策が考えられる。その際、暗号化の鍵については電子政府推奨暗号のものを使用すること。  | ○        | —             | ○             |
|        | エンコーダPC、デコーダPC間でVPN接続を行っているため、あえて、アプリケーション上での暗号化処理は未実施。   |          | SA装置としては回答不可  | SSL/TLS1.2に準拠 |

| 参照項 | 要求事項  | 適合状況     |               |            |
|-----|---|----------|---------------|------------|
|     |   | 映像伝送システム | モバイル超音波画像診断装置 | 遠隔診療支援システム |
|     | オープンなネットワークを介して HTTPS を利用した接続を行う際、IPsec を用いた VPN 接続等によるセキュリティの担保を行っている場合を除いては、SSL/TLS のプロトコルバージョンを TLS1.2 のみに限定した上で、クライアント証明書を利用した TLS クライアント認証を実施すること。 | —        | —             | —          |
|     |   | 非該当      | 非該当           | 非該当        |

## 4.8 まとめ

### ● 実証目標の達成状況

へき地医療現場において、5G および 4K 高精細映像を用いた遠隔診療および遠隔リハビリ指導の実証を行った。実証の結果、4K カメラ、遠隔診療支援システム、モバイル超音波画像診断装置、モーションキャプチャシステムの各アプリケーションについて、5G 通信環境下かつクラウドサービスを介してのデータ伝送が可能であることを確認した。また、実証に参加した医療従事者の主観評価により、以下のことが明らかになった。また、医療従事者の主観評価結果のサマリを表 4.8-1 に示す。

#### プレゼンティーズム調査について

- プレゼンティーズム調査を通じて、在宅環境において高齢者住民の健康状態がデータとして可視化され、自治体が能動的に早期検知を行うことができることが確認された。

#### 遠隔問診・遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法について

- バイタルのデータ含め確認された。
- 基本的な指導メニュー（歩行・起立等）であれば指導が可能であることが確認された。
- 1 カメラ当たり平均で、スループットは 17Mbps、遅延は 0.4s 程度であり、4K カメラ 3 台による高精細映像をリアルタイムに伝送できることを確認した。

#### 遠隔診療（エコー）について

- モバイル超音波画像診断装置のアプリケーション側の 5G 対応や、プローブ操作時の遠隔地医療従事者と医師とのコミュニケーションが難しいといった課題が残るが、映像品質に関しては遠隔でのモバイル超音波画像診断装置の有用性が確認された。
- モバイル超音波画像診断装置から送出された画像データの受信側フレームレートは 29fps 相当（高品質モード）、遅延は約 1s 程度であり、エコー画像をリアルタイムに伝送できることを確認した。

表 4.6.3-1 医療従事者視点での映像品質・遅延の評価結果サマリ

| 接続拠点             | 実証テーマ              | 5G×4K | LTE×HD | 医療従事者の評価コメント（抜粋）   |
|------------------|--------------------|-------|--------|--|
| 集会所<br>↓<br>中核病院 | 遠隔診療<br>(問診)       |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5GとLTEのどちらも問題ない</li> </ul>  |
|                  | 災害時遠隔診療<br>(下肢エコー) |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5Gであれば概ね問題ないが、同一画面で当てる部位とエコー画像が見られるとよい</li> <li>LTEの場合、のカクツキがあり診療は難しい</li> </ul>                                |
|                  | 遠隔摂食嚥下             |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5Gにおいて喉頭挙上や口腔内を視認できた</li> <li>LTEの場合、解像度が低くなるが指導は可能</li> <li>患者の側面アップの画角が必須</li> </ul>                          |
|                  | 遠隔健康体操             |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5Gであれば概ね問題ないが、作業療法時に触診ができないため、対面より分かりにくさはある</li> <li>LTEの場合、解像度・滑らかさが低下するため、足指の評価やスピードテストはできない可能性がある</li> </ul> |
| 診療所<br>↓<br>中核病院 | 遠隔診療<br>(問診)       |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5GとLTEのどちらも問題ない</li> </ul>  |
|                  | 遠隔リハビリ指導           |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5Gであれば問題ないが、息遣いまではわからず負荷量を把握することに関してはやや不安</li> <li>LTEの場合、粗大運動の評価に限定される（手や足の細かな動きは見れない）</li> </ul>              |
|                  | 遠隔診療<br>(腹部エコー)    |       |        | <ul style="list-style-type: none"> <li>5Gであれば概ね問題ないが、エコー画質の安定性に懸念あり</li> <li>LTEの場合、エコー画像のカクツキがあり診療は難しい</li> </ul>                                     |



● 実証を通じて得られた知見

プレゼンティーズム調査について

- 予防医療の目的として、プレゼンティーズム調査によって健康状態を可視化できることが確認された。
- 今後も継続的に調査を行うことで、健康状態の低下を検知し、適切なタイミングで介入を促すことができると考えられる。
- 計 3 回の調査において、次第に調査回答率が低下する傾向が見られた。今後は、住民視点での回答手段の簡便化や回答者へのインセンティブ設計が求められる。
- 本実証の対象エリアにおいては、インターネットを普段利用していない又はインターネットより紙での回答を希望する住民が 8 割以上となった。へき地の住民を対象とした場合、WEB サイトを介した調査では満足な回答率が得られない可能性が示唆された。

遠隔問診・遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法について

- 医療従事者の視点としては、従来、訪問診療等で移動に費やされていた医療従事者の稼働時間を、診療やリハビリ指導に充てることのできることや、医療従事者の心理的・身体的負担の軽減および、濃厚接触機会の減少による感染症の防止などに寄与することが考えられる。
- 今回のように映像と音声のみで遠隔リハビリを行う場合は、患者の微妙な表情の変化や息遣いまで把握することは難しく、患者の安全を確保する上では、患者付近に看護師等の補助者を配置することが必要であることがあらためて確認された。
- 患者の安全性を一層確保するためには、指導中の患者のバイタルを中核病院側にフィードバックするセンサーや仕組みの導入が推奨される。
- 今後、あらゆる環境で遠隔リハビリ指導を行うケースを想定した場合、4K カメラの同時利用台数が増加することも考えられる。その場合、エンドツーエンドのスループットの実効値を考慮したカメラ台数の選択が求められる。(本実証の例では、60Mbps と見積もっており、理論上、4K カメラの同時接続台数は最大 3 台となった。) また、他のアプリケーションを追加的に接続する場合、映像品質が低下する可能性がある。このような場合には、事前の品質検証を行った上で、ユースケースに応じてアプリケーション接続の ON/OFF を切り替えるといった運用上の対応策を講じる必要がある。

遠隔診療 (エコー) について

- 受信側のエコー画像の品質が時間帯によって不安定であり、今後も引き続き安定した品質での映像伝送を行うための検証が求められる。遠隔診療 (エコー) については、モバイル超音波画像診断装置の通常の使用構成を変更することなく、安定した映像伝送を実現可能な環境を使用することが望ましい。
- 診療所と中核病院の間で円滑なコミュニケーションを行うためには、プローブ操作を行う医療従事者が一定の超音波画像検査の知識と経験を有している必要がある

ことがわかった。

- 安定時のエコー画像のフレームレートや遅延時間は、診療を行う上で許容範囲であったが、映像品質の不安定さを排除するための対策を引き続き検討する必要がある。対策案として、今回の実証での構成であった、映像伝送のための社外アプリケーションを利用した点、リモートデスクトップによりエコー画像の共有を行った点の見直しが考えられる。遠隔での超音波画像診断の事業性がより確立された後、遠隔利用でのモバイル超音波画像診断装置の通信インフラへの接続・使用方法全般（必要なアプリケーション構築等）を再検討することが必要となる。

## ● 今後の課題

### プレゼンティーズム調査について

- 本実証ではほぼ定点での健康状態の評価となったが、今後は中長期での継続的なプレゼンティーズム調査を行うことが望ましい。その際、調査回答率が維持されるよう、調査の簡便化やインセンティブ付与といった回答者への配慮が不可欠である。
- 調査の運営主体は自治体を想定しているが、紙媒体での調査は運営面での負荷が大きく、リソースの少ない地方自治体では継続が困難といえる。一方で、WEB を介した調査については、回答者のインターネット環境や IT リテラシーに依存し、高齢者の多いへき地においては回答率の低下につながる。持続可能な運営方法であることと、回答者への配慮の双方の課題への対処が求められる。

### 遠隔問診・遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法について

- 4K 映像および 5G を用いて伝送した場合の有用性は確認されたものの、音声については、患者が難聴である場合にスピーカーの音声が聞き取りにくい場面があった。一方で、イヤホンの使用は周囲の音が遮断され安全面で危険を伴うことから、推奨されない。本実証では、電波が安定して到達するエリアであるとして、診療所の比較的面積の広い部屋を使用した。このことで音声が反響せずに伝わりにくかったものと考えられる。対策として、音声が伝わりやすいよう比較的コンパクトな部屋を選択しリハビリ指導を行うことが推奨される。

### 遠隔診療（エコー）について

- 本実証では、モバイル超音波画像診断装置で取得したエコー画像をエンコーダ PC 側へ受け渡しし、そのエンコーダ PC に対して、中核病院とのリモートデスクトップ接続を行った。通常のモバイル超音波画像診断装置の使用においては、リアルタイムでの画像取得のみとなり、今回の映像伝送の運用とは異なる。そのため、今回の受け渡ししたエコー画像の映像品質は、PC への映像伝送を行うアプリケーションやリモートデスクトップのアプリケーションのスペック等に依存することとなる。今後は、本実証のようなユースケースを想定した医療機器からのリアルタイム動画出力に対する各種アプリケーション等の環境が開発されていくことが望ましい。
- モバイル超音波画像診断装置の利点として、プローブ端末とタブレット間や、タブ

レッド間とエンコーダ PC 間を無線通信とする運用が可能であるが、他の無線機器との干渉が生じる可能性がある。将来的には、アプリケーションだけでなく、無線通信の干渉対策も求められる。

## 5. ローカル5Gの性能評価等の技術実証

### 5.1 前提条件

#### 5.1.1 対象とするユースケース

医療分野における課題実証では、“中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に関する実証”を目的としている。技術実証においても、このユースケースを前提に各種検討を行う。その際、今回得られた知見が、他の似たような山間部の診療所等の屋内施設においても適用できるよう、“山間部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。

また、電波伝搬特性の解析や共用検討においては、ITUや3GPPにおける5G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なう。

#### 5.1.2 実証環境

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は、愛知県新城にある診療所に設置される屋外キャリア5G基地局1局と、集会所の屋内外に設置されるキャリア5G基地局2局を用いて実証試験を行った<sup>2</sup>。

図5.1.2-1に診療所における技術実証試験フィールドおよび基地局設置状況を、図5.1.2-2に集会所における技術実証フィールドおよび基地局設置状況を示す。



図 5.1.2-1(a) 技術実証フィールド

<sup>2</sup> 本実証では、ローカル5Gの代わりに、キャリア5G（4.5-4.6GHz帯）を利用。



図 5.1.2-1 (b) 屋外基地局設置状況 診療所技術実証試験フィールド



図 5.1.2-2(a) 技術実証フィールド



図 5.1.2-2 (b) 基地局設置状況 (左：屋外基地局、右：屋内基地局)  
集会所技術実証試験フィールド

### 5.1.3 基本的な諸元

技術実証試験において用いた基地局、移動局装置の仕様を表 5.1.3-1 に示す。

表 5.1.3-1 基地局、移動局装置の仕様

| 項目                | 診療所<br>屋外基地局<br>1局   | 集会所<br>屋外基地局<br>1局   | 集会所<br>屋内基地局<br>1局 | 移動局<br>1局            |
|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| 周波数 (MHz)         |                      |                      |                    | 4550                 |
| 帯域幅 (MHz)         |                      |                      |                    | 100                  |
| ANT 高 (m)         | 8                    | 3.45                 | 1.95               | 1.5                  |
| チルト (°)           | 10                   | 10                   | 10                 |                      |
| 最大 EIRP (dBm)     | 32                   | -2                   | -2                 | 23                   |
| 同期・非同期<br>運用      | 同期運用                 |                      |                    |                      |
| 許容干渉電力<br>(帯域内干渉) | -115dBm/MHz<br>(I/N= | -110dBm/MHz<br>(I/N= |                    | -111dBm/MHz<br>(I/N= |

| 項目                | 診療所<br>屋外基地局<br>1局                            | 集会所<br>屋外基地局<br>1局                         | 集会所<br>屋内基地局<br>1局 | 移動局<br>1局                        |
|-------------------|---|--|--------------------|----------------------------------|
|                   | -6dB, NF=5dB)                                 | -6dB, NF=10dB)                             |                    | -6dB, NF=9dB)                    |
| 許容干渉電力<br>(帯域外干渉) | -52dBm<br>(隣接 20MHz<br>幅)<br>-43dBm<br>(上記以外) | -47dBm<br>(隣接 20MHz 幅)<br>-38dBm<br>(上記以外) |                    | -40dBm<br>(CH 帯域幅と同一<br>幅の隣接干渉波) |
| DU 比              | DL : UL : GP* = 7.4 : 2.3 : 0.3               |  |                    |                                  |
| SA/NSA 構成         | NSA 構成  |  |                    |                                  |

\*GP(Guard Period) 干渉を防ぐための、データが流れない区間

## 5.2 実証目標

### 5.2.1 技術的課題

医療分野におけるユースケースを前提とした場合、屋外に設置された基地局からの建物内における侵入損失や、屋内に設置された基地局からの反射波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、“中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に関する実証”を目的としており、新城市内に点在している2つの屋内施設をカバーするため、NTTドコモの5G商用局を活用して実証を行っている。今回、技術実証においても、同様の基地局を用いることで、屋内施設における電波伝搬特性を網羅的に効率的に把握することができる。

4.7GHz ローカル5Gバンドの隣接帯域には、携帯電話事業者のキャリア5Gバンドが存在するため、ローカル5G基地局の周辺には、隣接帯域で運用しているキャリア5G基地局が存在する可能性がある。このような環境で、ローカル5G事業者が、所望するローカル5G性能を得るためには、キャリア5Gとの間で必要となる離隔距離、ガードバンド等を事前に把握し、回線設計や、システム設計に反映しておくことが望ましい。特に、ローカル5G基地局を準同期で運用する場合には、より詳細な事前検討を実施しておかなければ、ローカル5G基地局側が有害な混信影響を被ることも考えられる。

本技術実証では、課題ア、イに記載されている4.7GHz帯電波伝搬特性評価、ローカル5G性能評価、エリア構築等の評価に加え、隣接周波数帯において、同期運用するキャリア5Gと、準同期運用するローカル5Gの共用検討(机上検討)を行い、互いに干渉なく運用可能となるために必要な所要改善量、所要離隔距離等を評価する。

### 5.2.2 実証目標（技術実証として）

課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）については、技術実証試験フィールドにおいて、より適切な電波伝搬モデルを、既存の電波伝搬モデルの中から選定すると共に、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策を検討する。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の利活用に活かされることを想定している。

課題イ（ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等）については、総務省提供のエリア算出法と実測値との比較検証を行い、エリア算出式の適切性を評価すると共に、エリア構築等の側面からの課題抽出と解決策を検討する。エリア算出法と実測値との乖離が大きい場合、実測値を踏まえ、ユースケースに応じて、審査基準におけるエリア算出式を見直す等の制度改正につながることを想定している。

課題ウ（その他ローカル5Gに関する技術実証）については、隣接周波数帯において、同期運用するキャリア5Gと準同期運用するローカル5Gの共用検討（机上検討）を行い、互いに干渉なく運用可能となるために必要な所要改善量、所要離隔距離等を評価する。キャリア5Gとの共存方策についても、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の利活用に活かされることを想定している。

### 5.2.3 実施事項

課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）については、各基地局の周囲20メッシュ内及びその周辺エリアにおいて、下り受信電力値、伝送スループット、ラウンドトリップタイムを実測する。実測した下り受信電力値より、実測地点における伝搬ロス算出し、技術実証フィールドにおける適切な電波伝搬式の選定を行う。さらに、実測したデータを用いて、ローカル5G性能評価を行う。ここでは、ローカル5Gの性能として、エリア形成の観点、ユーザへのサービス提供品質の観点からの評価を行う。これらの評価を通じて、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策を検討する。

課題イ（ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等）については、総務省提供のエリア算出法と基地局送信電力の実測値との比較検証を行い、総務省提供のエリア算出式から得られるエリア端までの距離について評価する。また、エリア構築、システム構成の検証のため、実測値とレイトレーシング法によるエリア設計値との比較検証、屋内局から屋外環境、自己土地外への電波漏洩具合等を検討する。これらを通じて、エリア構築等の観点の課題抽出と解決策を検討する。

課題ウ（その他ローカル5Gに関する技術実証）については、隣接周波数帯において、同期運用するキャリア5Gと準同期運用するローカル5Gの共用検討（机上検討）を行い、互いに干渉なく運用可能となるために必要な所要改善量、所要離隔距離等を評価する。この際、実測した基地局送信スペクトラムや、移動局送信電力値の累積分布データを用いることで、実際の電波伝搬環境に即した共用検討を実施する。

表5.2.3-1に、実測する各種データと課題項目との関係を示す。



表 5.2.3-1 技術実証試験において測定した項目

| 測定項目                               | 概要                                     | 関連する課題    |
|------------------------------------|--|-----------|
| 受信電力                               | 技術実証試験フィールドにおける下り受信電力の測定               | 課題（ア）、（イ） |
| 伝送スループット及びラウンドトリップタイム <sup>3</sup> | 技術実証試験フィールドにおける伝送スループット、ラウンドトリップタイムの測定 | 課題（ア）     |
| 送信電力等                              | 技術実証試験、基地局送信スペクトラム、移動局送信電力値の測定         | 課題（ウ）     |

実測対象エリアは、図 5.1.2-1(a)、図 5.1.2-2(a)に、黄色線で示している。実測模様を図 5.2.3-1 と図 5.2.3-2 に示す。

<sup>3</sup> 今回の技術実証試験では、NTT ドコモの商用基地局設備を利用しているため、実測する伝送スループット、ラウンドトリップタイムは、無線区間におけるデータではなく、移動局～サーバ間のデータであることに留意されたい。詳細は 5.3.3(2)参照。

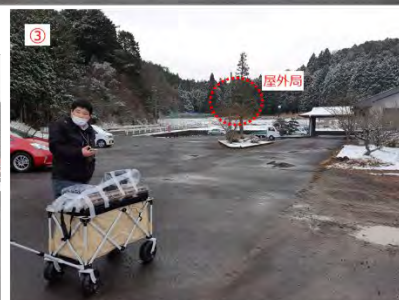


図 5.2.3-1 診療所における実測模様



図 5.2.3-2 集会所における実測模様

### 5.3 ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等（課題ア）

#### 5.3.1 ユースケースに基づく性能要件

医療分野における課題実証では、“中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に関する実証”を目的としている。課題実証では、上り回線において、高精細カメラ（4K画質）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。課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）においては、上り回線における伝送スループットが所望の性能を得られるようにすることを主眼として各種検討を行うこととする。

課題実証においては、具体的なUL伝送スループットとして、60Mbpsという目標を掲げている。類似の実証例として、過去に、NTTドコモが実施した4.5GHz帯における5G総合実証試験<sup>4</sup>を参照する。当該実証試験では、様々なユースケースにおける検証が行われており、NSA構成における総合伝送スループットとして600Mbps以上、ULにおけるアプリ伝送レートとして、20Mbps（4K画像）が実証目標とされている。今回の目標値は、過去の実証例と比較しても同等かそれ以上の目標値となっていることがわかる。今回、技術実証においても、課題実証と同じ目標値であるUL伝送スループット60Mbpsを適用して評価を行う。

#### 5.3.2 評価・検証項目

最初に、電波伝搬環境について、実測した下り受信電力値を用いて評価する。次に、ローカル5Gの性能評価として、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の評価を行う。前者は、伝送スループット、ラウンドトリップタイムのデータについて、下り受信電力値との関係性で評価する。後者は、上述した上り伝送スループットが目標値を達成できているかの観点で評価を行う。

#### 5.3.3 評価・検証方法

##### (1) 下り受信電力の測定

下り受信電力の測定については、仕様書の規定に従い、以下の考え方で実施した。

##### ➤ 測定的前提条件

下り受信電力の測定における前提条件は、表5.1.3-1を参照。

##### ➤ 測定地点選定の考え方

- 1) 基地局を中心に、その周辺に等間隔のメッシュを描く。
- 2) 調査項目（ア）に対応するため、基地局周辺エリアに存在する20メッシュの中心を測

<sup>4</sup> 2019年度5G総合実証試験 G1「屋外において複数基地局、複数端末の環境下で平均4.8Gbpsの超高速通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件に関する調査検討」

定地点とする（図 5.3.3-1 内の青▼。障害物等により測定困難な地点については、測定点をずらす等で調整）

- 3) 調査項目（ア）～（ウ）での考察に必要な地点を選定（図 5.3.3-1 では、屋内外での伝搬特性の差を考察するために必要な追加測定地点を緑▼で示している）
- 4) 調査検討項目（イ）に対応するため、カバーエリア端、調整対象区域端の測定に必ず考えられる地点を選定（図 5.3.3-1 内の赤▼）

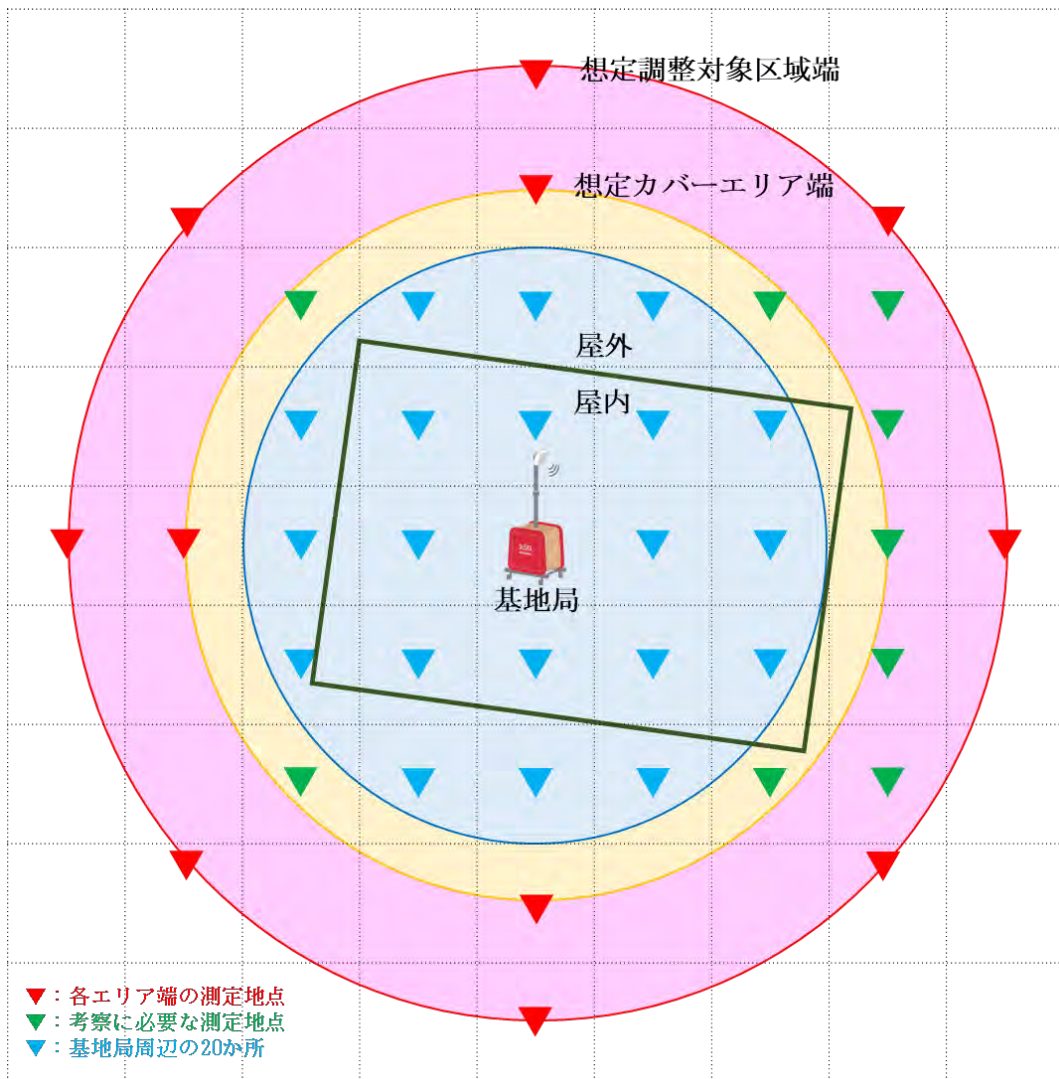


図 5.3.3-1 測定地点のイメージ

➤ 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) について実測した。

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。

また、後述する電波伝搬特性評価や周波数共用検討において必要なデータとして、基地局送信スペクトラム、パスロス、移動局送信電力についても実測を行った。

➤ 測定機器

受信電力の実測に使用した測定機器を表 5.3.3-1 に示す。

表 5.3.3-1 受信電力の実測に使用した測定機器

| 測定機器名  | 測定項目               | 備考        |
|--|--------------------|-----------|
| Anritsu エリアテスタ ML8780A <sup>5</sup>            | SS-RSRP<br>SS-RSRQ | 図 5.3.3-2 |
| Anritsu ハンドヘルドスペクトラムアナライザ MS2720T <sup>6</sup> | 受信電力値<br>スペクトラム    | 図 5.3.3-3 |
| Sigma-ML <sup>7</sup>                          | 移動局送信電力<br>パスロス    | 図 5.3.3-4 |
| Garmin eTrex30xJ1 <sup>8</sup>                 | GPS 座標             | 図 5.3.3-5 |

<sup>5</sup> <https://dl.cdn-anritsu.com/ja-jp/test-measurement/files/Product-Introductions/Product-Introduction/ml8780a-81a-jl11400.pdf>

<sup>6</sup> <https://www.anritsu.com/ja-jp/test-measurement/products/ms2720t>

<sup>7</sup> <http://meritecholutions.com/meritech-jp/products.php>

<sup>8</sup> <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/518048/pn/010-01508-10#specs>

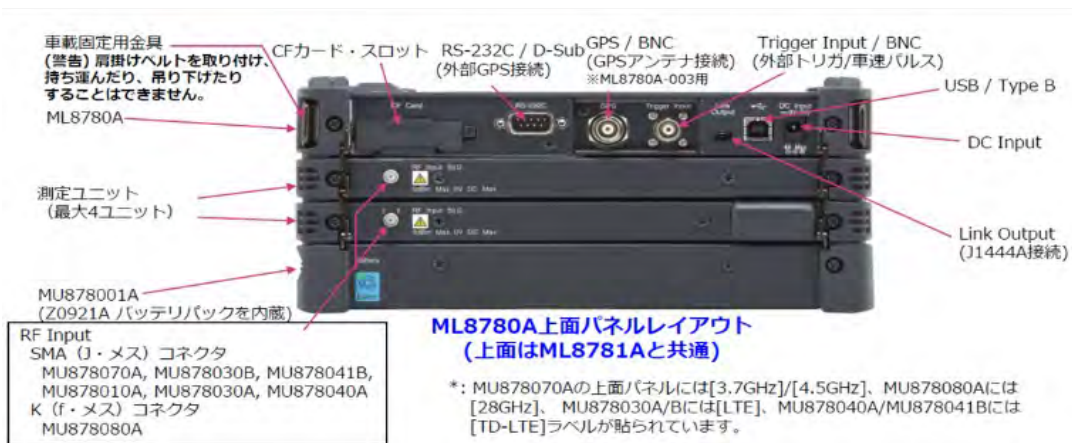


図 5.3.3-2 Anritsu エリアテスタの外観



図 5.3.3-3 Anritsu ハンドヘルドスペクトラムアナライザ MS2720T の外観



図 5.3.3-4 Sigma-ML の外観



図 5.3.3-5 Garmin eTrex30xJ の外観

➤ 測定手法と実測模様

下り受信電力の実測については、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 5.3.3-1 に示す測定器を用いて実測した。ただし、建物等立ち入りが難しい場所については測定点をずらすなどで対応した。

SS-RSRP 及び SS-RSRQ は、エリアテスタを用いて、1 秒周期 3 分間程度の測定を実施した。

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 5.3.3-6 に示すような測定補助用の治具を作成して測定を実施した。





図 5.3.3-6 実測に用いた測定補助用具

(2) 伝送スループット及びラウンドトリップタイムの測定方法

伝送スループット及びラウンドトリップタイムについては、仕様書において、測定手法に関する具体的な規定はないが、様々な調査検討項目において、受信電力値と合わせて考察を行うことが有益と考えられるため、受信電力と同じ測定点で実測した。

➤ 測定地点選定の考え方

測定地点のイメージは、図 5.1.2-1(a)、5.1.2-2(a)を参照。

➤ 測定機器

伝送スループット及びラウンドトリップタイムの実測に使用する測定機器を表 5.3.3-2 に示す。

表 5.3.3-2 伝送スループット及びラウンドトリップタイムの実測に使用した測定機器

| 測定機器名                      | 測定項目                    | 備考        |
|----------------------------|-------------------------|-----------|
| ドコモスピードテストアプリ <sup>9</sup> | 伝送スループット<br>ラウンドトリップタイム | 図 5.3.3-7 |

<sup>9</sup> [https://www.nttdocomo.co.jp/area/speed\\_test/](https://www.nttdocomo.co.jp/area/speed_test/)

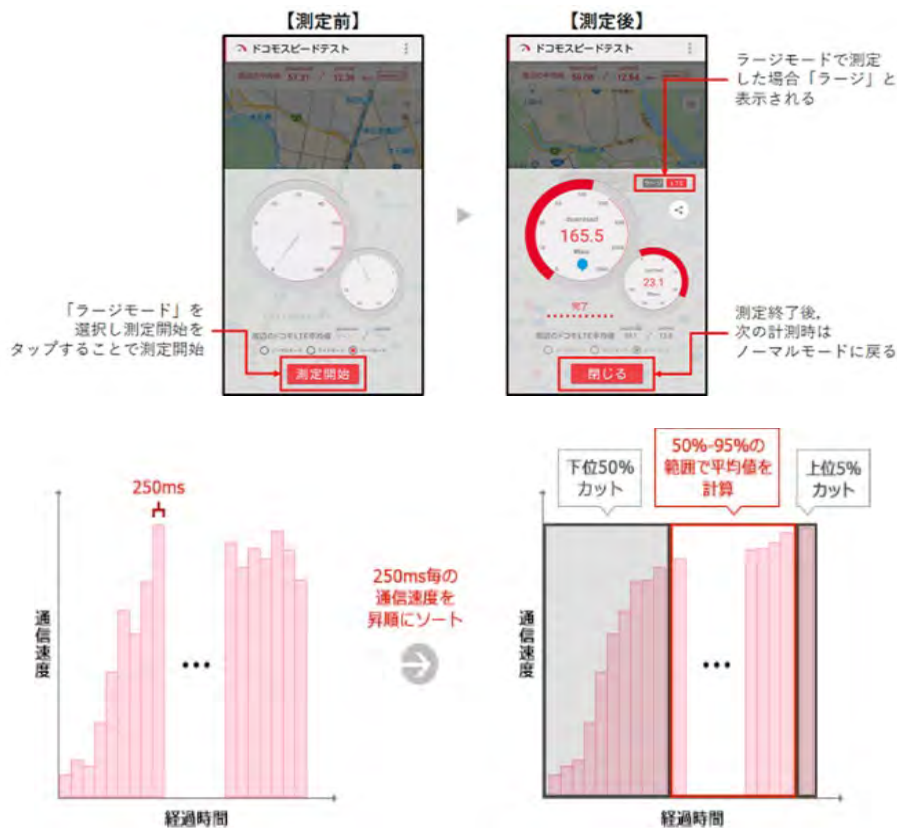


図 5.3.3-7 ドコモスピードテストの概要

➤ 測定手法と実測模様

伝送スループット及びラウンドトリップタイムの実測については、下り受信電力の測定と同じ場所で、同時に表 5.3.3-2 に示す測定器を用いて実測した。ただし、建物等立ち入りが難しい場所については測定点をずらすなどで対応した。伝送スループット及びラウンドトリップタイムは、DST を用いて、各測定点において3回の測定を実施した。

今回の技術実証試験では、基地局として実験局ではなく、NTT 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ラウンドトリップタイム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 10 と同じ手法（サーバと端末間の伝送スループット）で計測した。ラウンドトリップタイムについても、同様に、サーバと端末間の Round Trip Time を計測している。また、NTT ドコモの商用環境を利用しているため、計測値は、5G 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。

<sup>10</sup> [https://www.nttdocomo.co.jp/area/effective\\_speed/](https://www.nttdocomo.co.jp/area/effective_speed/)

#### 5.3.4 類似の調査

今回は、課題実証において目標としている UL 伝送スループット 60Mbps を適用して技術実証の評価を行う。

5G システムにおいては、過去に、NTT ドコモが実施した 4.5GHz 帯における 5G 総合実証試験<sup>11</sup>において、様々なユースケースにおける検証が行われている。この 5G 総合実証試験によると、今回の技術実証と同様に NSA 構成における総合伝送スループットとして 600Mbps 以上、UL におけるアプリ伝送レートとして、20Mbps (4K 画像)が実証目標とされている。今回の技術実証においては、これらの実証試験と同じ周波数帯、同じ NSA 構成ではあるものの、ユースケースが完全に同じではない。しかし、上りにおいては過去の実証例と比較しても同等かそれ以上の目標値となっているため、上り伝送速度 60Mbps を比較対象とする。

#### 5.3.5 性能評価結果

##### (1) 下り受信電力測定結果

調査検討項目 (ア) で指定されている「診療所等において、屋内外の 20 箇所程度の測定地点」の測定については、測定員の安全にも配慮し、測定可能なエリアにおいてのみ実測を行った。

測定地点数は、図 5.3.5-1 (診療所屋外局)、図 5.3.5-4 (集会所屋外局)、図 5.3.5-7 (集会所屋内局) において白丸で示した地点であり、各基地局周辺で 20 地点以上の測定を実施している。

実測結果を図 5.3.5-2~3 及び表 5.3.5-1 (診療所屋外基地局)、図 5.3.5-5~6 及び表 5.3.5-2 (屋内基地局)、図 5.3.5-8~9 及び表 5.3.5-3 (屋内基地局) に示す。

---

<sup>11</sup> 2019 年度 5G 総合実証試験 G1 「屋外において複数基地局、複数端末の環境下で平均 4.8Gbps の超高速通信を可能とする第 5 世代移動通信システムの技術的条件に関する調査検討」



図 5.3.5-1 診療所屋外局周辺での測定場所 (合計 41 地点で測定)



図 5.3.5-2(a) 全測定地点の結果

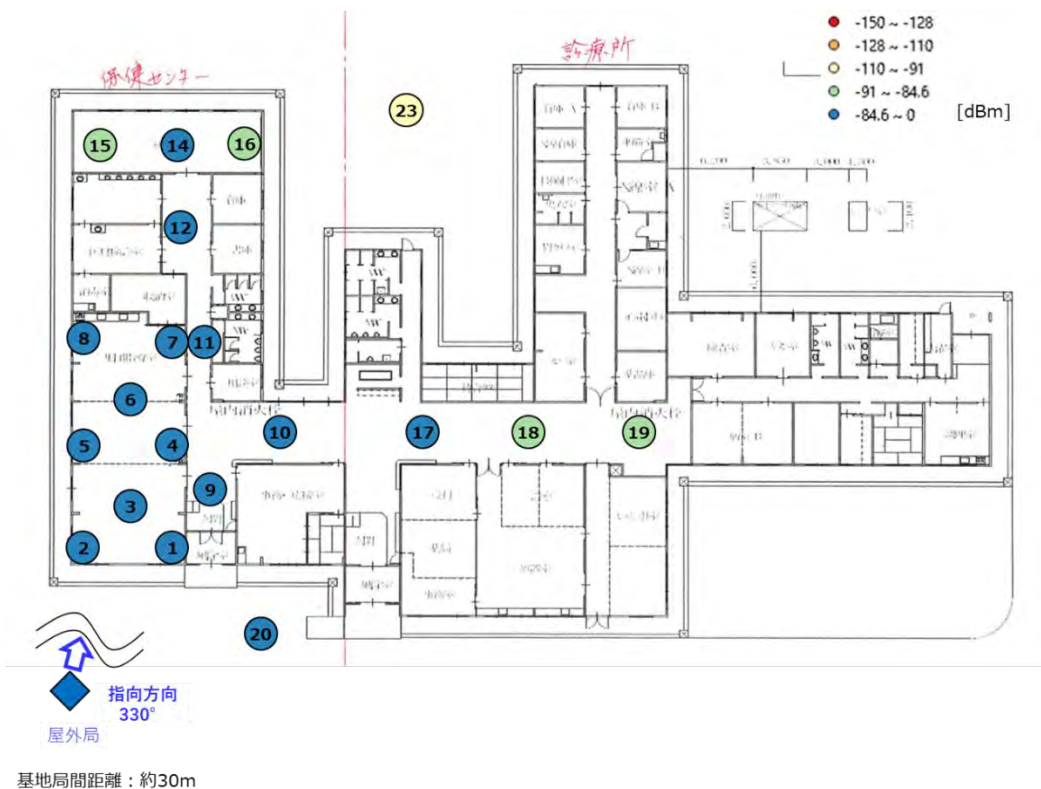


図 5.3.5-2(b) 屋内の測定結果（再掲）診療所屋外局周辺でのSS-RSRP測定結果



図 5.3.5-3(a) 全測定地点の結果



表 5.3.5-1 診療所屋外局周辺での SS-RSRP、RSRQ 測定結果

| 測定地点 # | SS-RSRP [dBm] | SS-RSRQ [dB] |
|--------|---------------|--------------|
| 1      | -56.7         | -10.6        |
| 2      | -56.3         | -10.6        |
| 3      | -66.3         | -10.7        |
| 4      | -61.2         | -10.4        |
| 5      | -59.9         | -10.5        |
| 6      | -67.1         | -10.3        |
| 7      | -65.4         | -11.0        |
| 8      | -60.5         | -10.1        |
| 9      | -55.4         | -10.4        |
| 10     | -67.0         | -10.5        |
| 11     | -68.5         | -10.7        |
| 12     | -71.2         | -10.2        |
| 13     | -82.0         | -10.2        |
| 14     | -79.8         | -9.9         |
| 15     | -88.9         | -10.5        |
| 16     | -88.9         | -10.2        |
| 17     | -80.4         | -10.7        |
| 18     | -86.8         | -11.2        |
| 19     | -90.8         | -12.1        |
| 20     | -53.2         | -10.7        |

| 測定地点 # | SS-RSRP [dBm] | SS-RSRQ [dB] |
|--------|---------------|--------------|
| 21     | -49.1         | -10.6        |
| 22     | -60.6         | -10.6        |
| 23     | -91.6         | -11.0        |
| 24     | -98.4         | -9.6         |
| 25     | -64.4         | -10.5        |
| 26     | -60.6         | -11.0        |
| 27     | -67.7         | -10.4        |
| 28     | -91.3         | -11.1        |
| 29     | -89.4         | -10.6        |
| 30     | -82.7         | -10.3        |
| 31     | -74.7         | -10.3        |
| 32     | -89.6         | -10.5        |
| 33     | -83.5         | -10.7        |
| 34     | -101.3        | -11.0        |
| 35     | -97.4         | -10.9        |
| 36     | -87.3         | -10.4        |
| 37     | -74.0         | -10.5        |
| 38     | -90.5         | -10.6        |
| 39     | -105.7        | -9.9         |
| 40     | -108.8        | -11.7        |
| 41     | -96.6         | -12.3        |



図 5.3.5-4 集会所屋外局周辺での測定場所（合計 31 地点で測定）



図 5.3.5-5(a) 全測定地点の結果



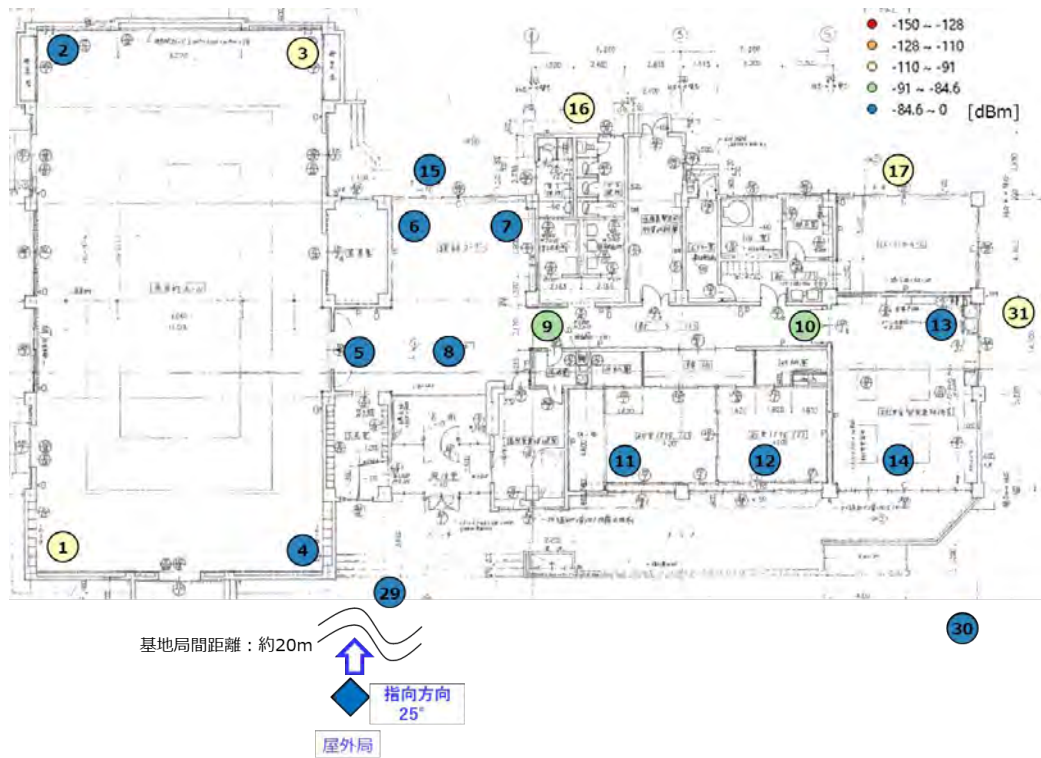


図 5.3.5-4 (b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋外局周辺での SS-RSRP 測定結果



図 5.3.5-6(a) 全測定地点の結果

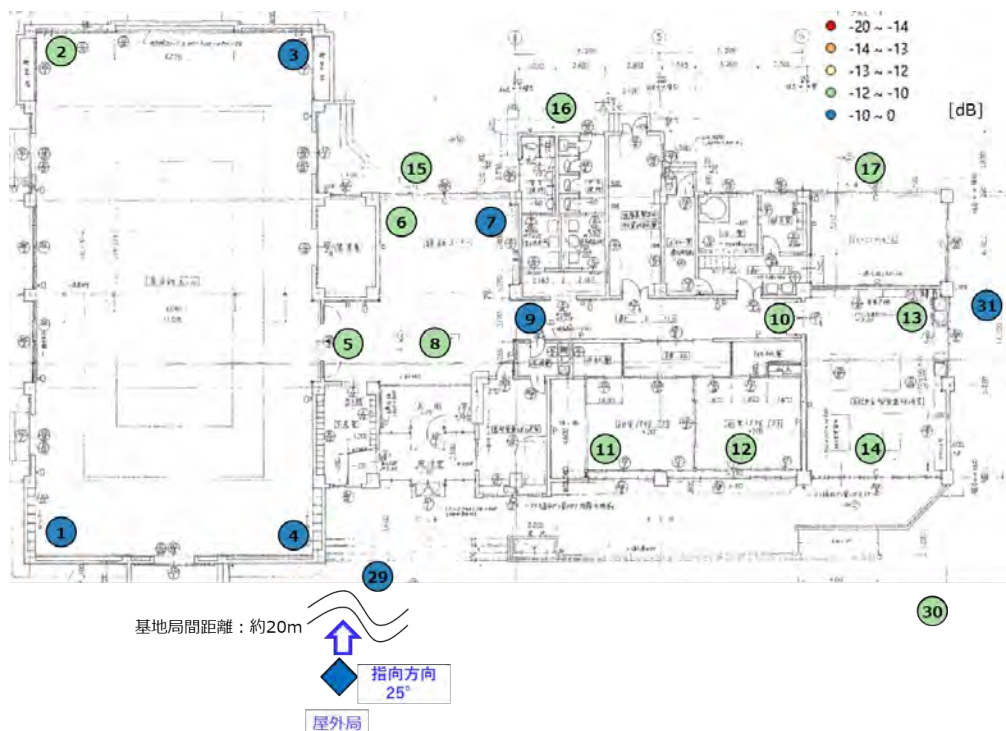


図 5.3.5-5 (b)屋内の測定結果（再掲）集会所屋外局周辺での SS-RSRQ 測定結果

表 5.3.5-2 集会所屋外局周辺での SS-RSRP、RSRQ 測定結果

| 測定地点 # | SS-RSRP [dBm] | SS-RSRQ [dB] |
|--------|---------------|--------------|
| 1      | -94.9         | -9.9         |
| 2      | -82.8         | -10.0        |
| 3      | -91.0         | -9.2         |
| 4      | -82.0         | -9.7         |
| 5      | -75.3         | -10.4        |
| 6      | -72.8         | -10.8        |
| 7      | -74.9         | -9.9         |
| 8      | -75.0         | -10.1        |
| 9      | -85.2         | -9.6         |
| 10     | -86.9         | -10.2        |
| 11     | -70.3         | -10.0        |
| 12     | -80.1         | -10.3        |
| 13     | -67.6         | -10.3        |
| 14     | -73.8         | -10.0        |
| 15     | -83.1         | -10.2        |
| 16     | -98.6         | -10.0        |
| 17     | -104.9        | -10.1        |
| 18     | -106.3        | -10.0        |
| 19     | -90.2         | -9.6         |
| 20     | -102.3        | -9.8         |
| 21     | -93.4         | -10.2        |

| 測定地点# | SS-RSRP [dBm] | SS-RSRQ [dB] |
|-------|---------------|--------------|
| 22    | -106.1        | -10.2        |
| 23    | -103.2        | -9.2         |
| 24    | -99.7         | -9.9         |
| 25    | -85.5         | -10.1        |
| 26    | -83.7         | -9.9         |
| 27    | -109.6        | -10.4        |
| 28    | -52.5         | -10.2        |
| 29    | -66.8         | -9.8         |
| 30    | -70.1         | -10.2        |
| 31    | -94.5         | -9.6         |



図 5.3.5-7 集会所屋内局周辺での測定場所（合計 20 地点で測定）



図 5.3.5-8(a) 全測定地点の結果

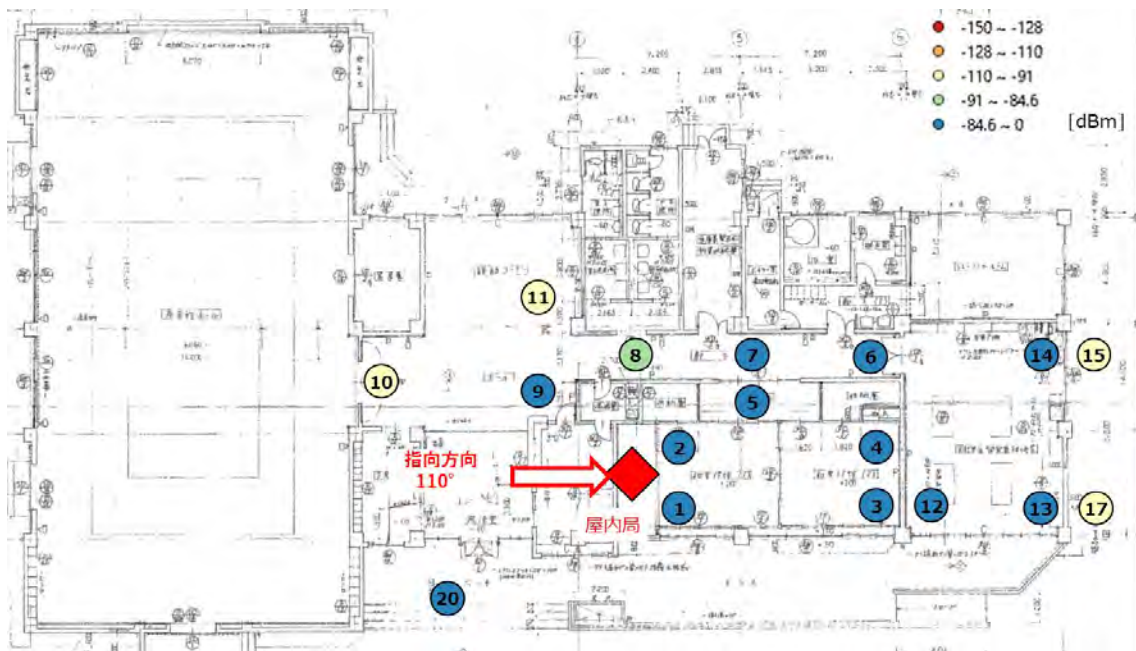


図 5.3.5-6 (b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋内局周辺での SS-RSRP 測定結果



図 5.3.5-9(a) 全測定地点の結果

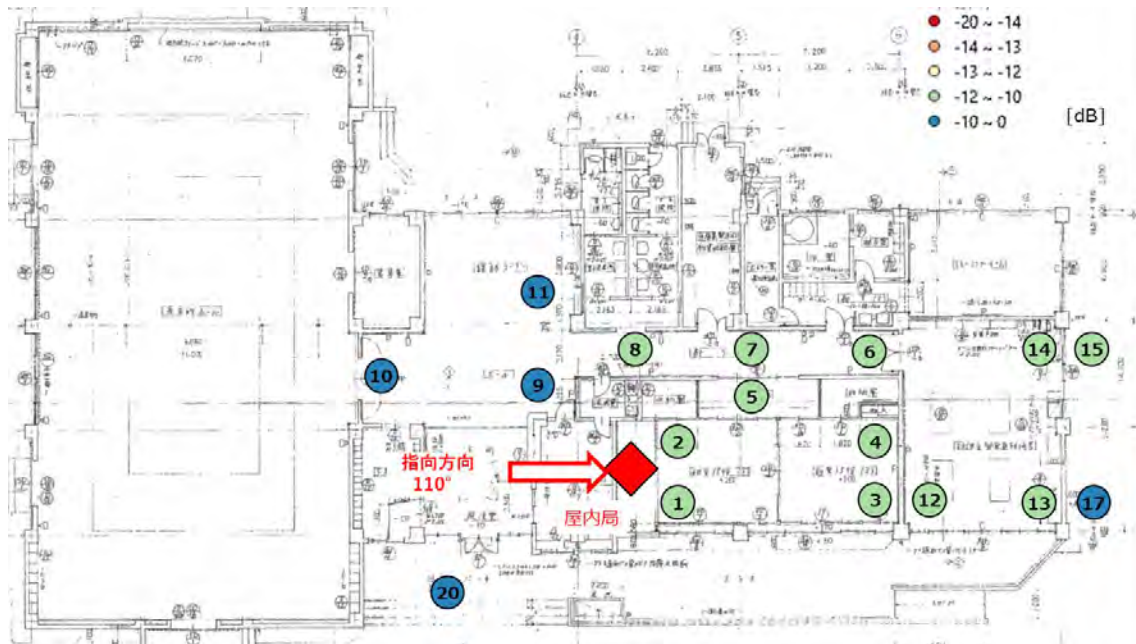


図 5.3.5-7 (b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋内局周辺での SS-RSRQ 測定結果

表 5.3.5-3 集会所屋内局周辺での SS-RSRP、RSRQ 測定結果

| 測定地点# | SS-RSRP [dBm] | SS-RSRQ [dB] |
|-------|---------------|--------------|
| 1     | -43.3         | -10.2        |
| 2     | -50.7         | -10.1        |
| 3     | -46.3         | -10.3        |
| 4     | -47.3         | -10.2        |
| 5     | -50.3         | -10.1        |
| 6     | -72.4         | -10.2        |
| 7     | -63.2         | -10.3        |
| 8     | -85.4         | -10.1        |
| 9     | -22.9         | -9.7         |
| 10    | -91.9         | -10.0        |
| 11    | -101.1        | -9.4         |
| 12    | -61.1         | -10.3        |
| 13    | -68.0         | -10.3        |
| 14    | -78.5         | -10.2        |
| 15    | -98.5         | -10.1        |
| 16    | -110.3        | -10.0        |
| 17    | -95.5         | -9.3         |
| 18    | -86.0         | -10.2        |
| 19    | -103.0        | -10.6        |
| 20    | -83.9         | -9.8         |

(2) 伝送スループット、ラウンドトリップタイム測定結果

伝送スループット、ラウンドトリップタイムの測定地点については、診療所屋外局、集会所屋内外局共に、下り受信電力の測定地点（図 5.3.5-1：診療所屋外局）、図 5.3.5-4：集会所屋外局、図 5.3.5-7：集会所屋内局）と同じである。

実測結果を図 5.3.5-10～12 及び表 5.3.5-4（診療所屋外局）、図 5.3.5-13～15 及び表 5.3.5-5（集会所屋外局）、図 5.3.5-16～18 及び表 5.3.5-6（集会所屋内局）に示す。



図 5.3.5-10(a) 全測定地点の結果



図 5.3.5-8 (b) 屋内の測定結果 (再掲) 診療所屋外局周辺での伝送スループット (DL) 測定結果



図 5.3.5-11(a) 全測定地点の結果



図 5.3.5-9(b) 屋内の測定結果（再掲）診療所屋外局周辺での伝送スループット（UL）測定結果





図 5.3.5-12(a) 全測定地点の結果

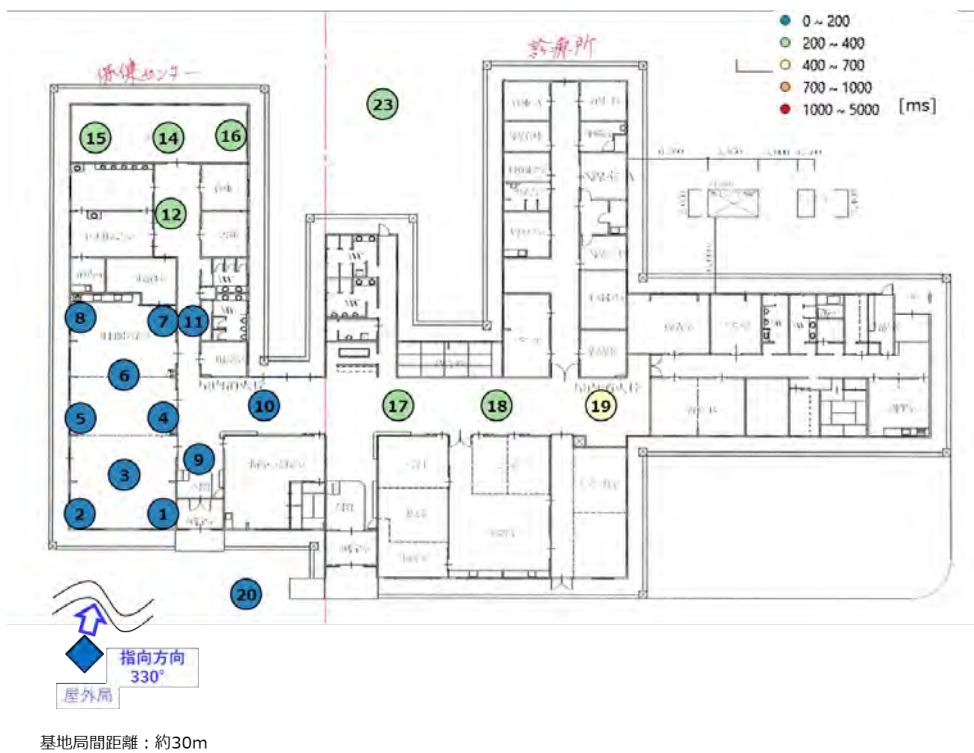


図 5.3.5-10(b) 屋内の測定結果（再掲）診療所屋外局周辺での伝送スループット（ラウンドトリップタイム）測定結果

表 5.3.5-4 診療所屋外局周辺での伝送スループット、ラウンドトリップタイム測定結果

| 測定地点 # | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | ラウンドトリップタイム [ms] |
|--------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1      | 926.8           | 103.3           | 159.6            |
| 2      | 857.4           | 102.6           | 167.7            |
| 3      | 779.1           | 100.6           | 165.2            |
| 4      | 828.6           | 101.0           | 164.4            |
| 5      | 908.7           | 99.2            | 165.7            |
| 6      | 1022.0          | 102.2           | 158.8            |
| 7      | 906.3           | 87.9            | 184.6            |
| 8      | 859.8           | 89.3            | 180.2            |
| 9      | 933.4           | 101.4           | 164.7            |
| 10     | 870.8           | 88.7            | 180.6            |
| 11     | 769.3           | 87.2            | 181.2            |
| 12     | 722.6           | 68.6            | 202.6            |
| 13     | 642.6           | 60.7            | 285.0            |
| 14     | 707.5           | 61.6            | 274.6            |
| 15     | 521.1           | 15.2            | 234.2            |
| 16     | 501.5           | 19.9            | 355.4            |
| 17     | 765.2           | 72.9            | 235.7            |
| 18     | 574.4           | 45.7            | 360.2            |
| 19     | 473.4           | 23.0            | 576.5            |
| 20     | 1036.5          | 100.1           | 160.8            |
| 21     | 887.0           | 103.7           | 168.4            |
| 22     | 840.0           | 101.3           | 161.4            |
| 23     | 481.0           | 48.9            | 311.6            |
| 24     | 155.8           | 18.4            | 175.1            |
| 25     | 735.3           | 99.9            | 166.4            |
| 26     | 879.4           | 102.4           | 162.5            |
| 27     | 810.1           | 92.2            | 175.1            |
| 28     | 417.8           | 24.0            | 308.8            |
| 29     | 386.4           | 18.1            | 188.6            |
| 30     | 565.9           | 62.4            | 257.9            |
| 31     | 615.0           | 71.1            | 227.9            |
| 32     | 369.5           | 32.8            | 432.5            |
| 33     | 522.7           | 38.0            | 411.8            |
| 34     | 219.2           | 20.7            | 158.5            |
| 35     | 288.5           | 17.1            | 192.9            |
| 36     | 554.4           | 26.5            | 251.3            |
| 37     | 811.8           | 96.9            | 172.0            |
| 38     | 440.4           | 33.5            | 325.3            |
| 39     | 131.9           | 21.2            | 498.8            |
| 40     | 153.6           | 18.8            | 59.7             |
| 41     | 417.4           | 24.1            | 324.0            |



図 5.3.5-13(a) 全測定地点の結果

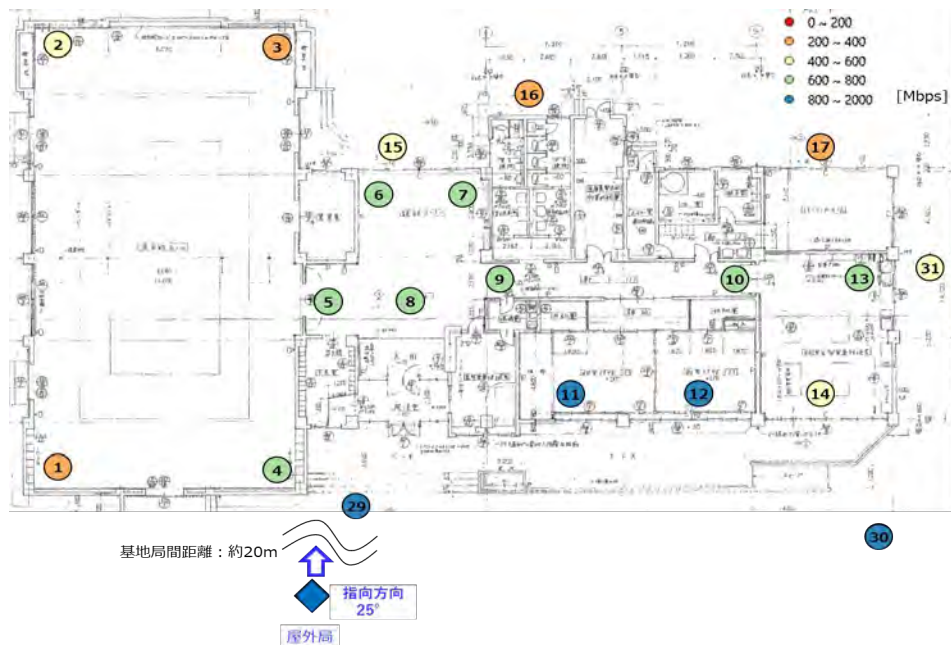


図 5.3.5-11(b) 屋内の測定結果（再掲）集会所屋外局周辺での伝送スループット（DL）測定結果



図 5.3.5-14(a) 全測定地点の結果

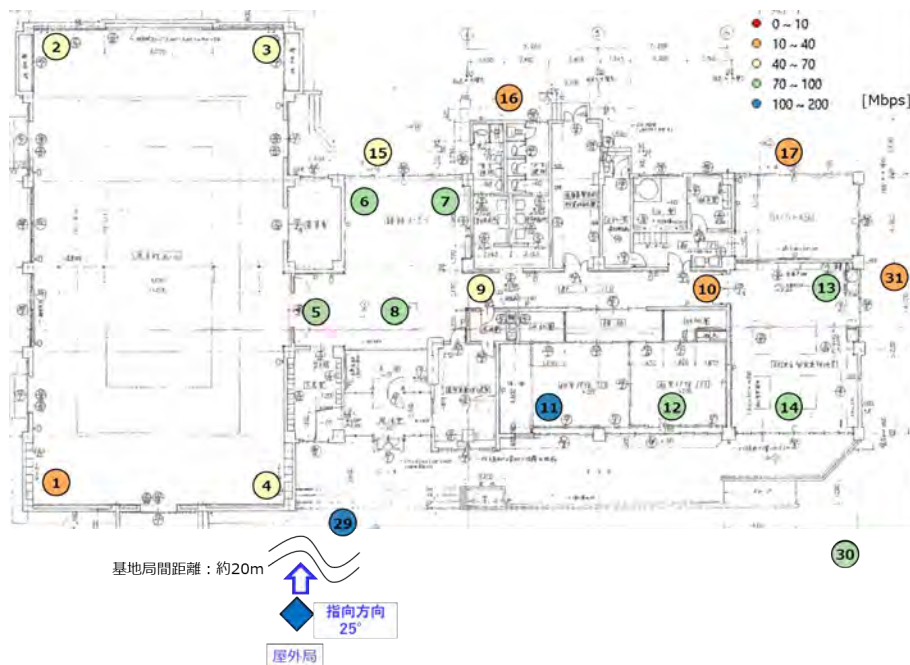


図 5.3.5-12(b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋外局周辺での伝送スループット (UL) 測定結果



図 5.3.5-15(a) 全測定地点の結果

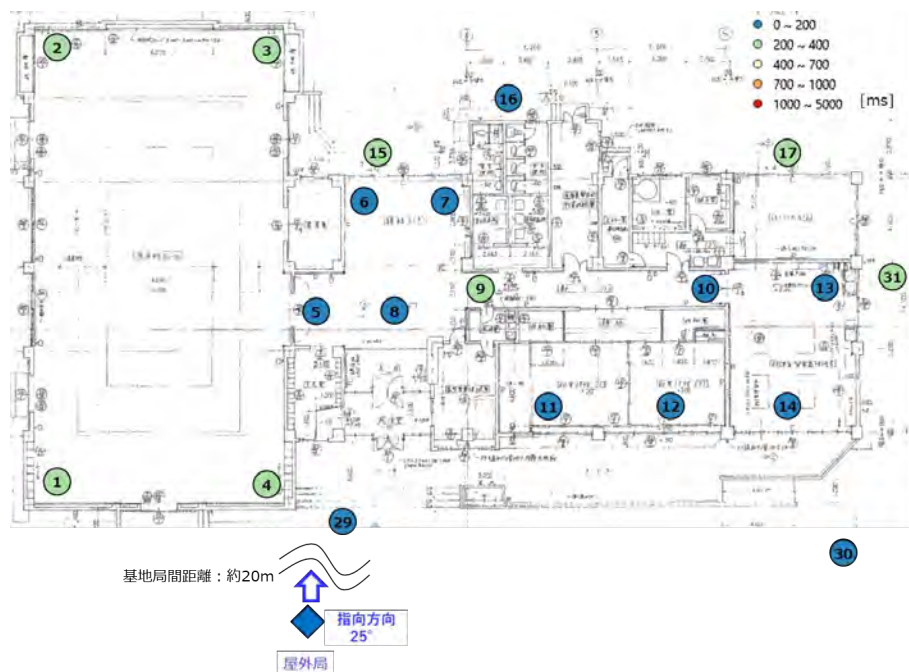


図 5.3.5-13(b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋外局周辺での伝送スループット (ラウンドトリップタイム) 測定結果

表 5.3.5-5 集会所屋外局周辺での伝送スループット、ラウンドトリップタイム測定結果

| 測定地点 # | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | ラウンドトリップタイム [ms] |
|--------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1      | 370.5           | 28.0            | 232.3            |
| 2      | 473.7           | 58.3            | 246.6            |
| 3      | 313.0           | 47.5            | 207.0            |
| 4      | 615.5           | 51.9            | 209.5            |
| 5      | 735.4           | 88.7            | 173.9            |
| 6      | 616.6           | 88.5            | 172.9            |
| 7      | 700.7           | 86.7            | 175.2            |
| 8      | 752.9           | 91.1            | 183.5            |
| 9      | 617.8           | 42.2            | 244.7            |
| 10     | 633.2           | 19.9            | 168.6            |
| 11     | 980.4           | 104.2           | 150.6            |
| 12     | 983.4           | 85.3            | 166.4            |
| 13     | 703.5           | 82.6            | 175.6            |
| 14     | 551.4           | 74.2            | 195.1            |
| 15     | 582.0           | 66.1            | 209.8            |
| 16     | 371.9           | 16.2            | 188.0            |
| 17     | 331.0           | 13.9            | 223.8            |
| 18     | 282.5           | 11.9            | 272.2            |
| 19     | 758.1           | 42.3            | 864.2            |
| 20     | 360.2           | 20.2            | 166.8            |
| 21     | 781.3           | 49.4            | 237.0            |
| 22     | 322.3           | 12.7            | 224.2            |
| 23     | 360.9           | 14.6            | 200.9            |
| 24     | 583.3           | 24.9            | 234.6            |
| 25     | 703.1           | 58.8            | 245.4            |
| 26     | 843.7           | 87.8            | 170.8            |
| 27     | 234.3           | 9.1             | 277.9            |
| 28     | 1280.0          | 110.2           | 141.5            |
| 29     | 1243.3          | 110.4           | 149.8            |
| 30     | 1123.3          | 95.8            | 165.5            |
| 31     | 556.5           | 22.8            | 350.9            |



図 5.3.5-16(a) 全測定地点の結果

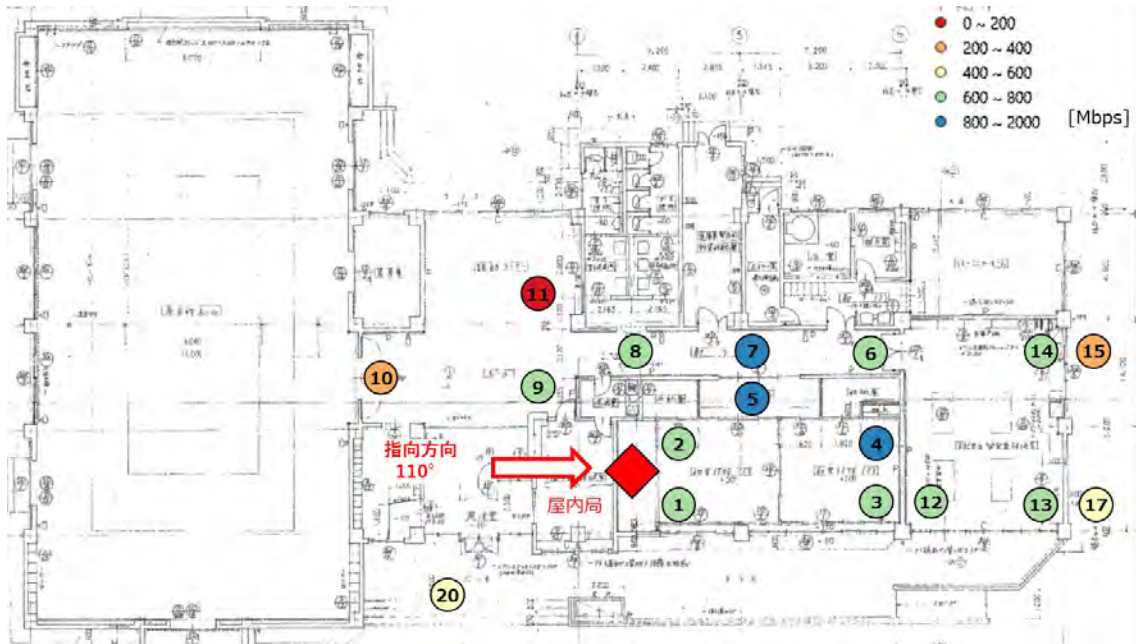


図 5.3.5-146(b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋内局周辺での伝送スループット (DL) 測定結果



図 5.3.5-17(a) 全測定地点の結果

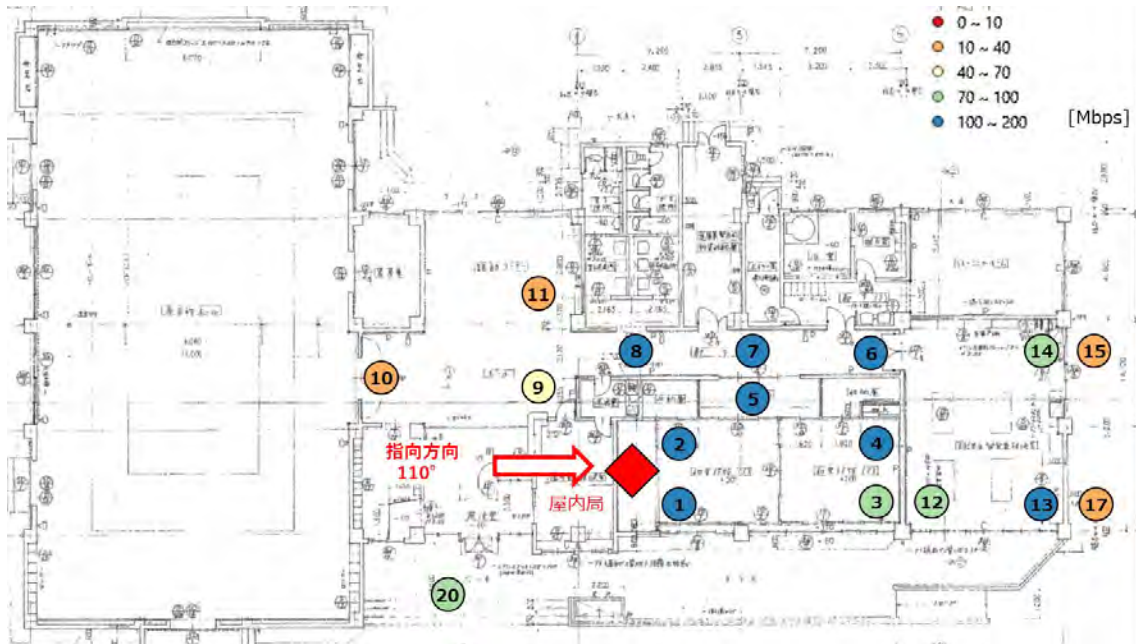


図 5.3.5-17(b) 屋内の測定結果 (再掲) 集会所屋内局周辺での伝送スループット (UL) 測定結果





図 5.3.5-18(a) 全測定地点の結果

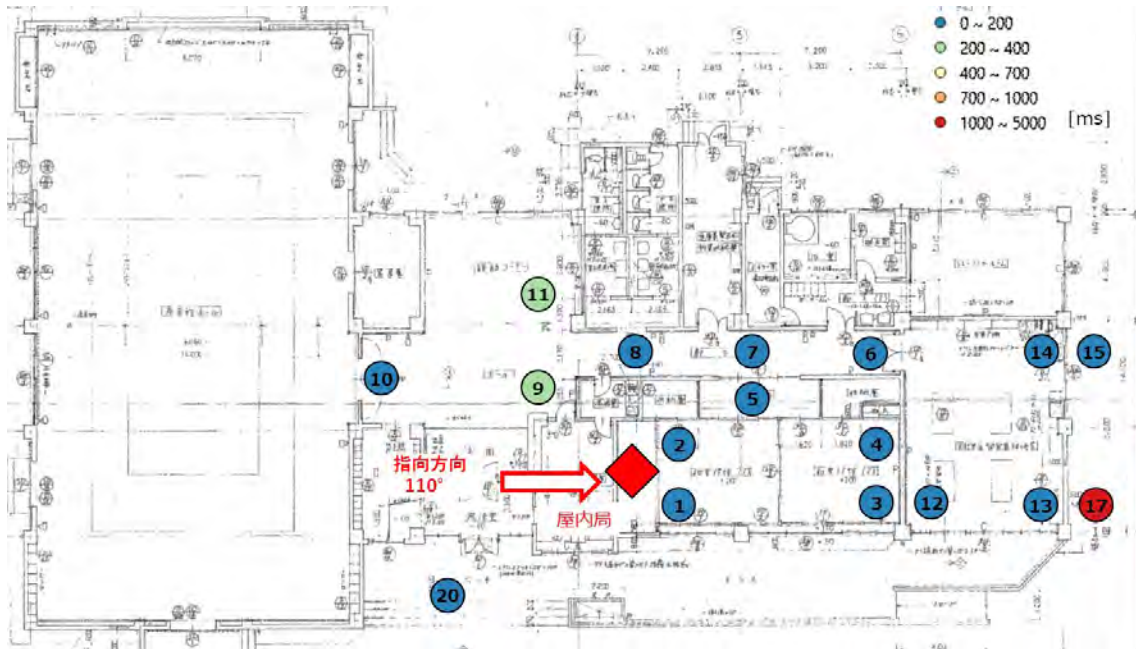


図 5.3.5-168(b) 屋内の測定結果（再掲）集会所屋内局周辺での伝送スループット（ラウンドトリップタイム）測定結果

表 5.3.5-6 集会所屋内局周辺での伝送スループット、ラウンドトリップタイム測定結果

| 測定地点 # | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | ラウンドトリップタイム [ms] |
|--------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1      | 784.5           | 102.1           | 152.5            |
| 2      | 789.6           | 100.1           | 152.8            |
| 3      | 795.7           | 89.2            | 165.6            |
| 4      | 1085.1          | 111.7           | 147.5            |
| 5      | 925.5           | 111.6           | 137.4            |
| 6      | 765.6           | 111.3           | 144.5            |
| 7      | 1080.0          | 105.8           | 151.0            |
| 8      | 626.1           | 100.8           | 165.7            |
| 9      | 614.6           | 62.4            | 209.4            |
| 10     | 399.5           | 33.2            | 196.9            |
| 11     | 181.8           | 34.1            | 205.1            |
| 12     | 766.5           | 80.6            | 189.1            |
| 13     | 673.6           | 103.0           | 161.8            |
| 14     | 717.0           | 85.6            | 192.9            |
| 15     | 268.6           | 18.5            | 194.3            |
| 16     | 83.3            | 25.1            | 149.3            |
| 17     | 410.3           | 22.0            | 1109.1           |
| 18     | 413.3           | 43.6            | 432.0            |
| 19     | 190.5           | 12.7            | 235.1            |
| 20     | 486.0           | 84.2            | 184.7            |

### 5.3.6 技術的課題の解決方策

#### (1) 診療所等の環境における 4.7GHz 帯の電波伝搬特性の評価

図 5.2.3-2~3 に示すように、今回の技術実証試験フィールドは、山間部に存在しており、地形や樹木などの影響により、見通し環境を得るのは難しい環境にある。加えて、診療所内、集会所内は、複数の什器や壁があるため、想定外の電波の反射、回折等が発生する可能性が高く、受信品質、伝送スループット、ラウンドトリップタイムといったローカル 5 G の性能指標に大きな影響が生じる可能性がある。そのため、まずは、技術実証試験フィールド環境における 4.7GHz 帯の電波伝搬特性の評価を行った。

5.3.5 章に示した下り受信電力の実測データ (SS-RSRP) を用いて、診療所等の環境における 4.7GHz 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なうことで、郊外の診療所等の環境における 4.7GHz 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 5.3.6-1 に示す。

表 5.3.6-1 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: <math>3.0 \times 10^8</math> [m/s]</p> |
| ローカル 5 G 審査基準          | <p>電波法関係審査基準 (平成 13 年総務省訓令第 67 号)<br/>令和 2 年 12 月 18 日制定</p>  |
| 3GPP モデル <sup>12</sup> | <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<br/>UrbanMacro: 基地局 25m、移動局 1.5~22.5m<br/>UrbanMicro: 基地局 10m、移動局 1.5~22.5m<br/>InH Office (LOS): 直線距離 1~100m<br/>InH Office (NLOS): 直線距離 1~86m<br/>InH ShopPingMall: 直線距離 1~150m</p>  |

<sup>12</sup> 3GPP TR-38.900

### 1) 屋外環境における電波伝搬特性について

診療所屋外局と集会所屋外局について、実測した下り受信電力データから算出した伝搬特性を図 5.3.6-1<sup>2</sup> に示す。図中、緑は、指向性方向のデータ、青は、指向性外のデータ、丸は LOS データ、四角は NLOS のデータを示している（LOS か NLOS かの判断は、測定員の目視による）。

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。図 5.3.6-1 から、診療所屋外局においては、全体傾向としては、奥村・秦式（中小都市、郊外地もしくは市街地モデル）が比較的一致しているように見える。距離 50m よりも近い距離のデータは、計算式よりも伝搬ロスが少し大きく見えているが、これらのデータの多くは診療所の屋内で測定したデータであり、計算式で考慮した 16.2dB という建物侵入損と実際の建物侵入損との差が出ていると想定される。図 5.3.6-2 から、集会所屋外局については、基地局との距離が近いこともあり、近距離では全体的に自由空間伝搬がよく一致しているように見えるが、40m 以遠では指向方向のデータは概ね奥村秦式（中小都市、郊外地もしくは市街地モデル）に一致しているように見える。

これらの結果から、診療所等の屋外環境については、ローカル 5G 審査基準で用いられている伝搬式（奥村・秦式）で概ね推定ができると考えられる。

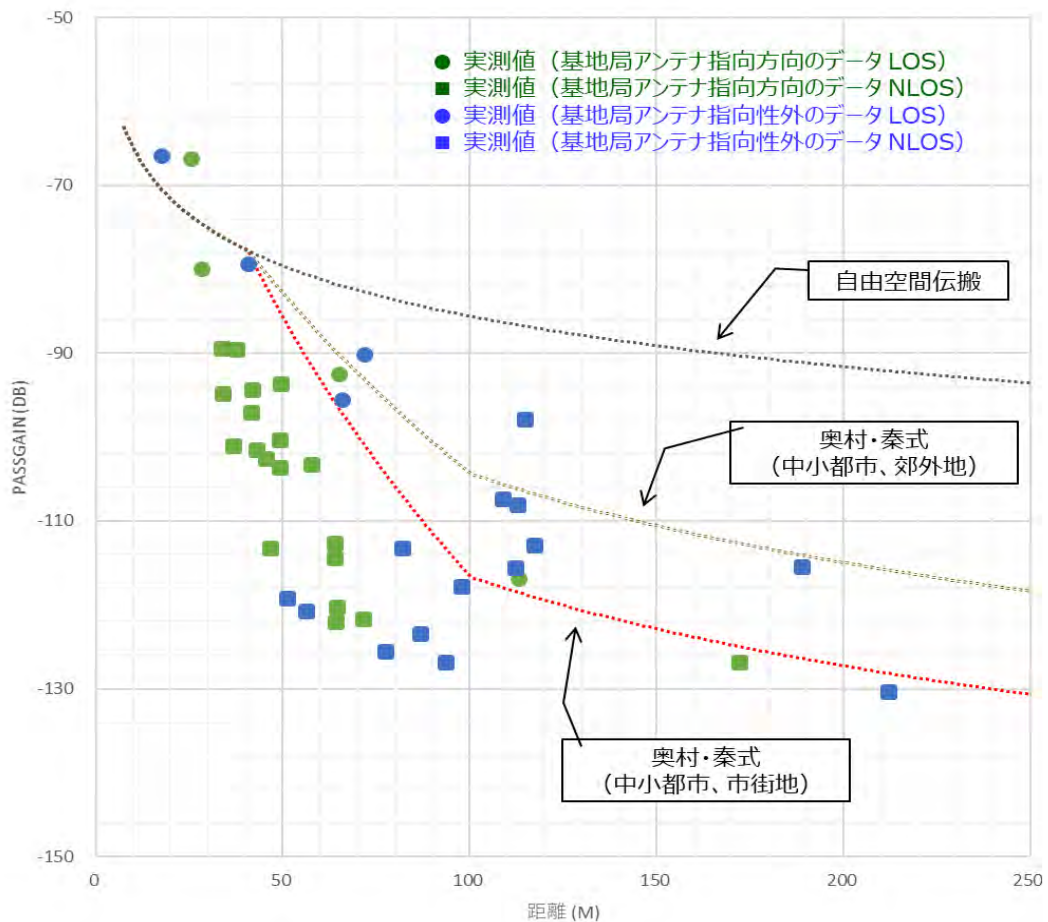


図 5.3.6-1 診療所屋外局からの屋外環境における伝搬ロスの距離特性

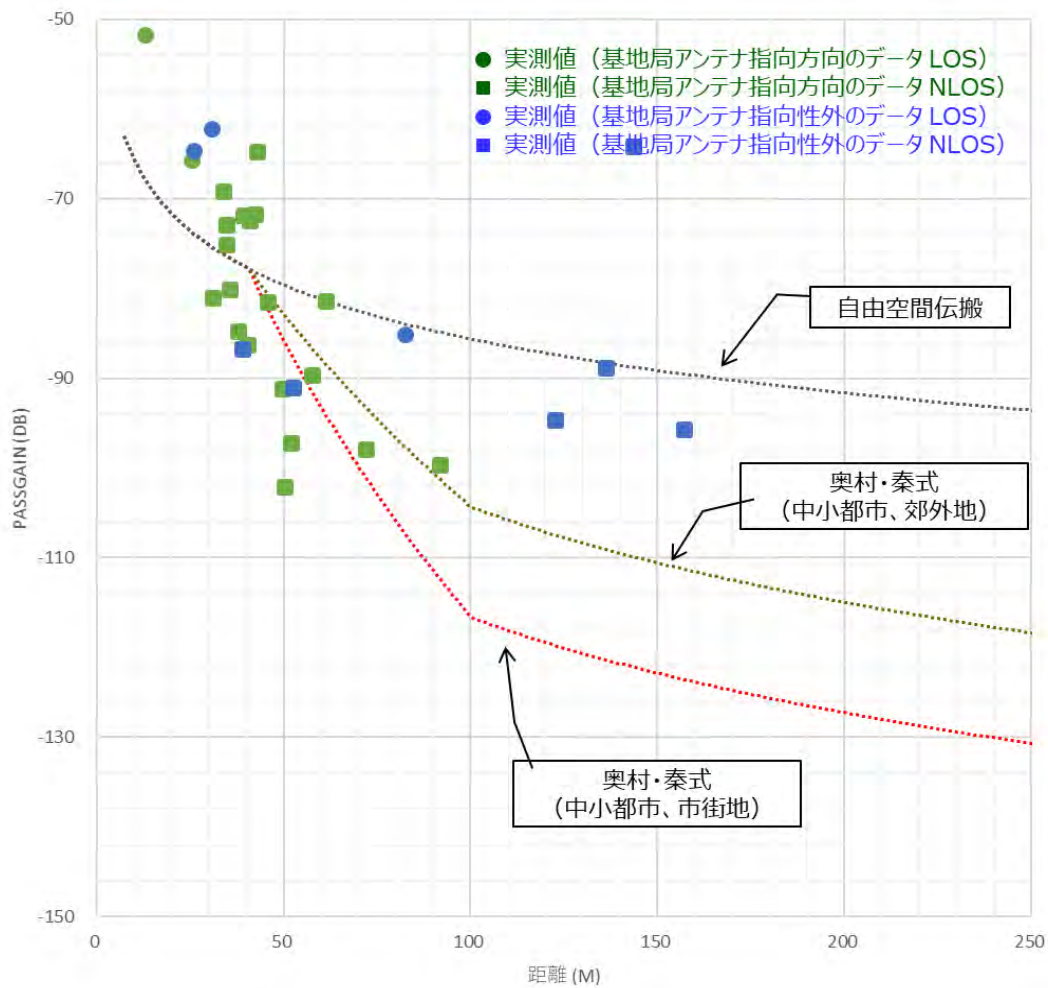


図 5.3.6-2 集会所屋外局からの屋外環境における伝搬ロスの距離特性

## 2) 屋内環境における電波伝搬特性について

図 5.3.6-3 に、集会所屋内局について、実測した下り受信電力データから算出した伝搬特性を示す。図中、緑は、指向性方向のデータ、青は、指向性外のデータ、丸は LOS データ、四角は NLOS のデータを示している (LOS か NLOS かの判断は、測定員の目視による)。

実測値と比較した伝搬式は、自由空間伝搬と、3GPP で用いられている伝搬式 (InH Office NLOS) である。図 5.3.6-3 からは、集会所屋内局については、3GPP の屋内モデルが比較的よく一致しているように見える。

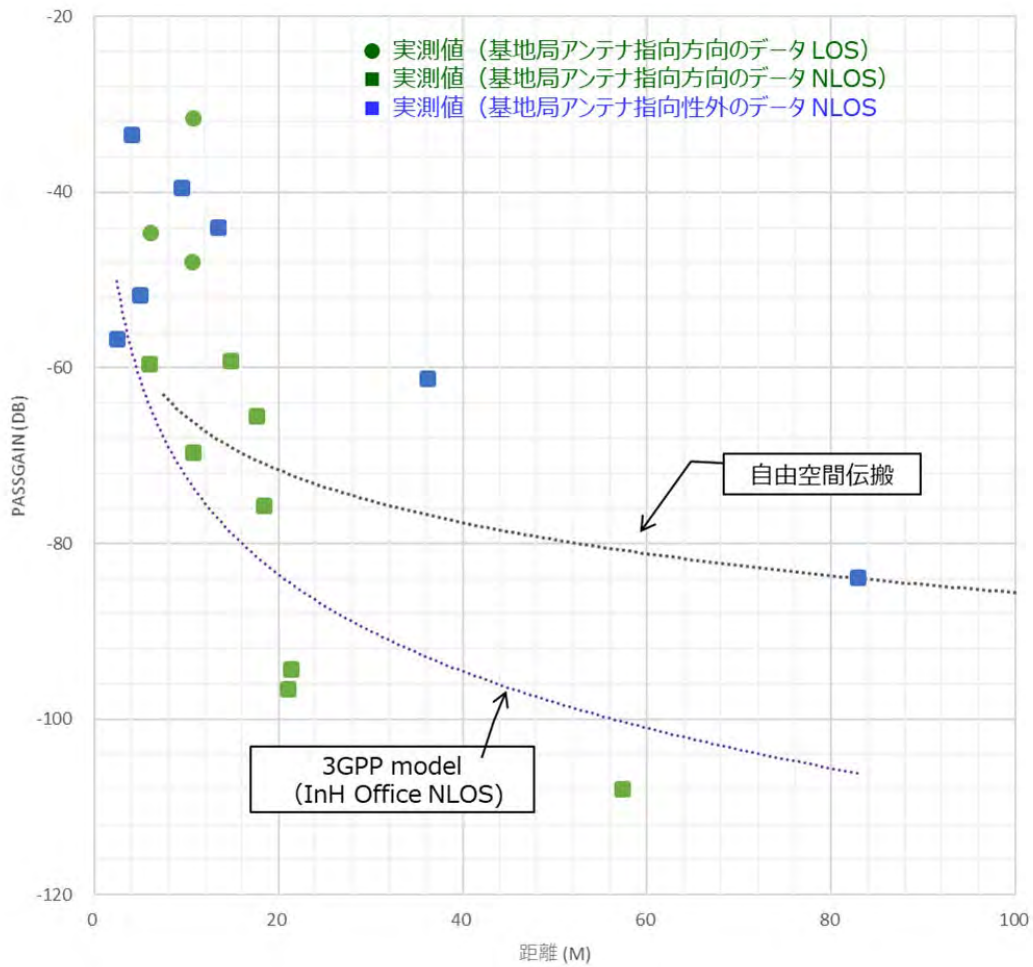


図 5.3.6-3 集会所屋内局における伝搬特性

(2) 診療所等の環境におけるローカル 5 G 性能評価

実際の診療所等の環境において、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した。

ローカル 5 G の性能評価は、エリア形成の観点の観点と、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、どのような原因が想定され、対策として、どのような方策が取りえるのかを考察した。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測定結果を用いて考察した。

## 1) 診療所におけるローカル 5 G 性能評価について

ローカル 5 G 性能評価の前提となる、診療所屋外局のターゲットエリア（サービスを提供したいエリア）を図 5.3.6-4 に示す。診療所については、診療所内西側にある保健センター内をターゲットエリアとしつつ、診療所周辺も含めてサービスエリアとなるように、診療所の南側の屋外に、高さ 8m、指向方向 330° の指向性アンテナを設置した。アンテナチルト角は 10 度である。



図 5.3.6-4 診療所屋外局のターゲットエリア

最初に、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 5.3.6-5 に診療所屋外基地局のエリア形成状況を示す。図中、青線は、4.6-4.9GHz 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（100MHz 幅の場合：-84.6dBm）”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、緑線は、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：-91.0dBm）”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。

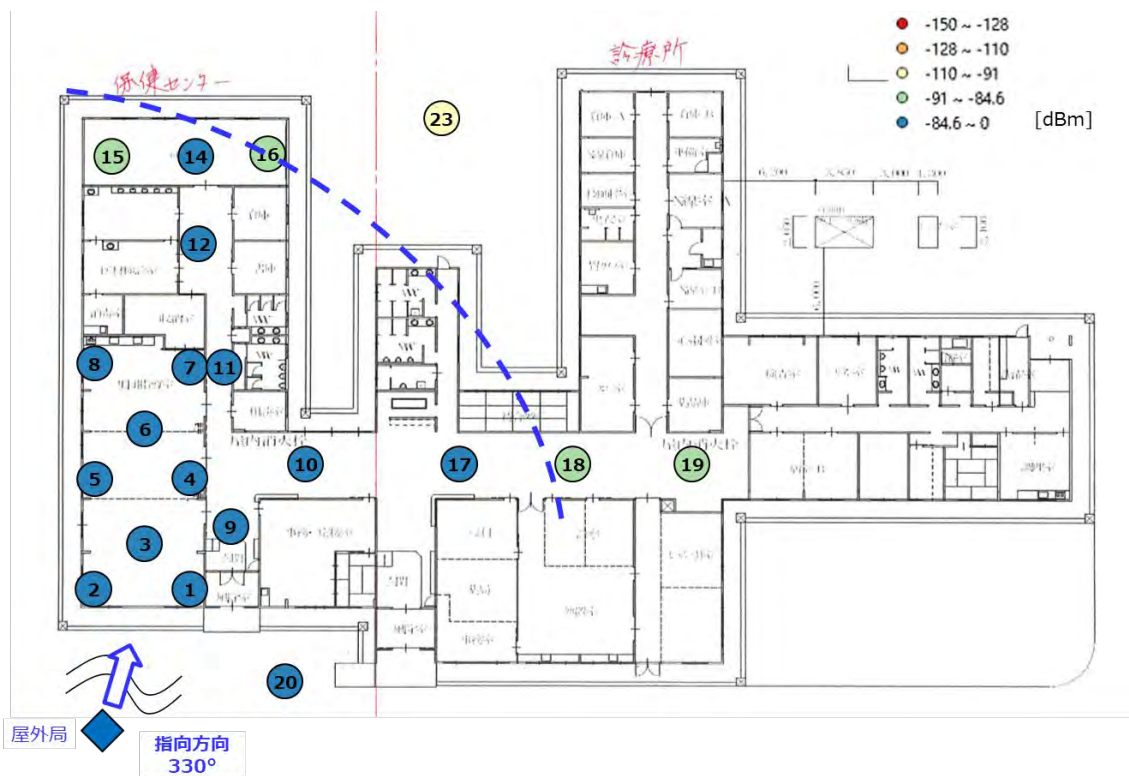
診療所屋外も含めた実測結果（図 5.3.6-5(a)）からは、カバーエリア端は、北東方向の診療所の外側あたりと想定される。調整対象区域のエリア端は、それよりさらに外側の診療所北側の他者土地内あたりと想定される。一方、診療所内での実測結果（図 5.3.6-5(b)）からは、ターゲットエリアである保健センター内においては、カバーエリア端レベルを超える良好な受信電力が測定されていることがわかる。

SS-RSRQ 値については、想定カバーエリア全体で比較的良好であると考えられる（図 5.3.6-5(c)、(d)）<sup>13</sup>。

<sup>13</sup> 今回の技術実証試験では、同一、隣接周波数帯で運用する他の 5G 基地局が存在しない状況で実測を行ったため、干渉により変化する SS-RSRQ を用いて精密な評価を行うことは難しいと考える。



図 5.3.6-5(a) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (診療所屋外含む)



基地局間距離：約30m

図 5.3.6-5(b) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (診療所屋内)





図 5.3.6-5(c) 想定カバーエリア内における SS-RSRQ の測定結果 (診療所屋外含む)

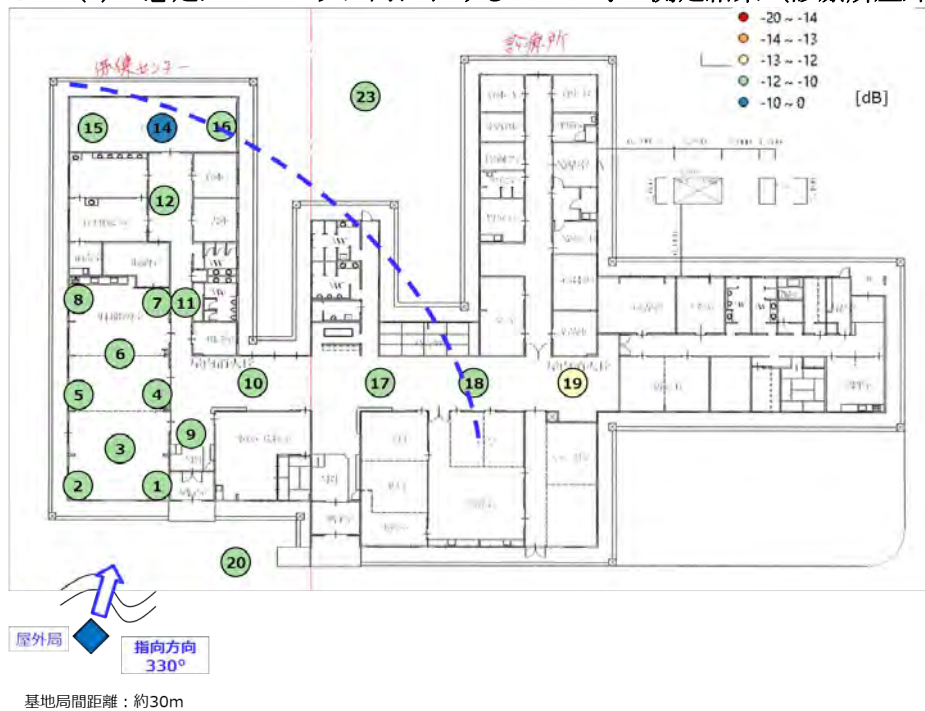


図 5.3.6-2(d) 想定カバーエリア内(診療所内)における SS-RSRQ の測定結果 (診療所屋内) 診療所屋外局におけるエリア形成に対する評価

次に、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 5.3.6-6 は、診療所屋外局周辺において実測した伝送スループット(DL)を地図上に記載したものである(図中、青点線は、図 5.3.6-5 と同様に、下り受信電力(SS-RSRP)から描いた想定カバーエリア図を示す)。また、図 5.3.6-7 は、屋外基地局周辺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。

DL 伝送スループットについては、概ね下り受信電力(SS-RSRP)に比例していることがわかる。また、UL 伝送スループットについても、想定カバーエリア内においては、ほぼ同様の特性のように見えるが、カバーエリア外などの環境が悪い場所では、著しく速度が劣化する結果となっている。従って、伝送スループットを向上させるためには、良好な下り受信電力を得られるエリアを構築する必要があると考えられる。一方、ラウンドトリップタイムについては、下り受信電力値が低い時に著しく遅延しているケースがあるものの、全体的に、受信電力値によらず安定していることがわかる。



図 5.3.6-6(a) 診療所屋外局周辺における伝送スループット(DL)測定結果(診療所屋外含む)

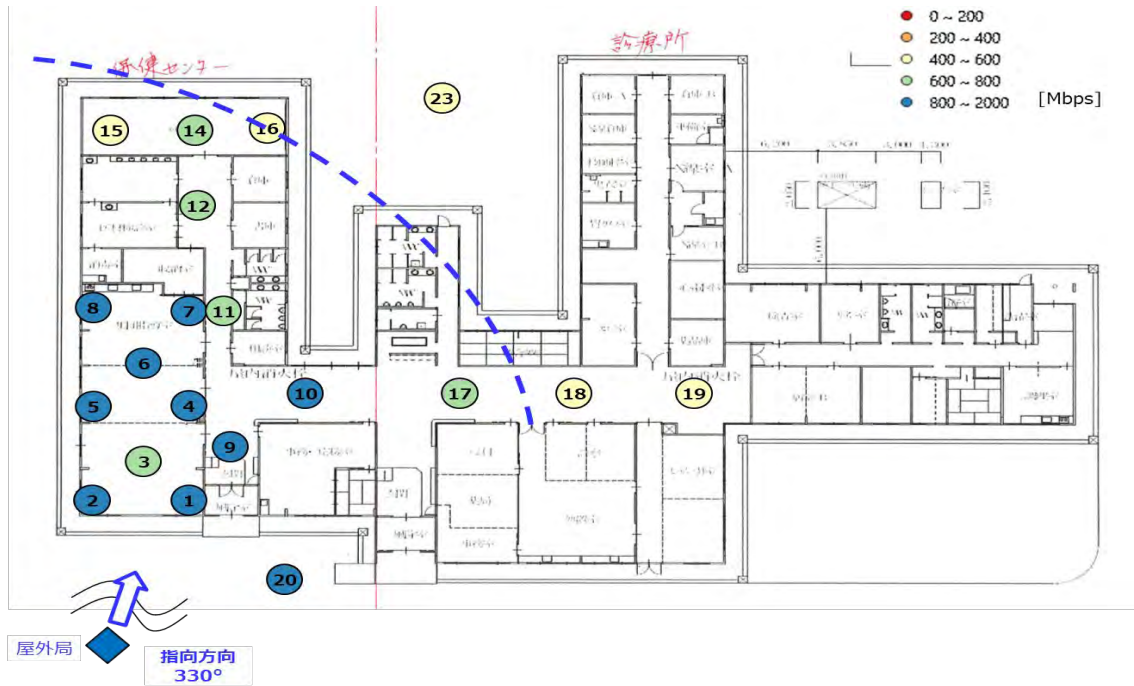


図 5.3.6-6(b) 診療所屋外局周辺における伝送スループット (DL) 測定結果 (診療所屋内)



図 5.3.6-6(c) 診療所屋外局周辺における伝送スループット (UL) 測定結果 (診療所屋外含む)

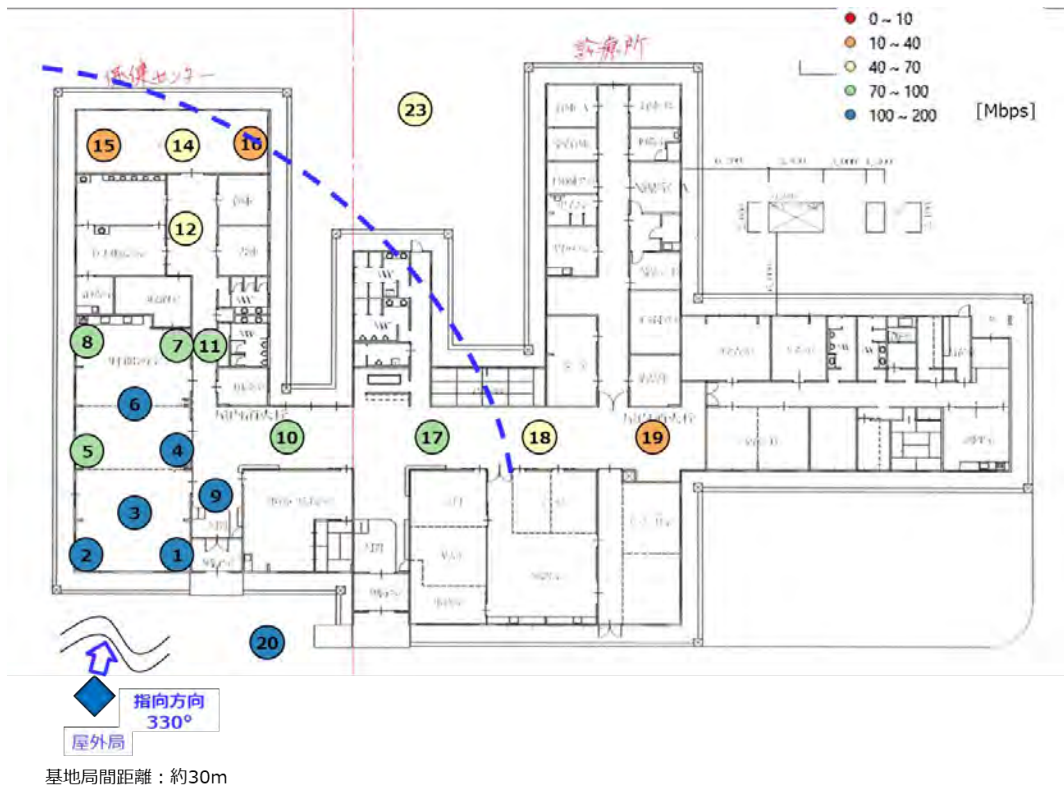


図 5.3.6-3(d) 診療所屋外局周辺における伝送スループット (UL) 測定結果 (診療所屋内) 診療所屋外局周辺における伝送スループット測定結果

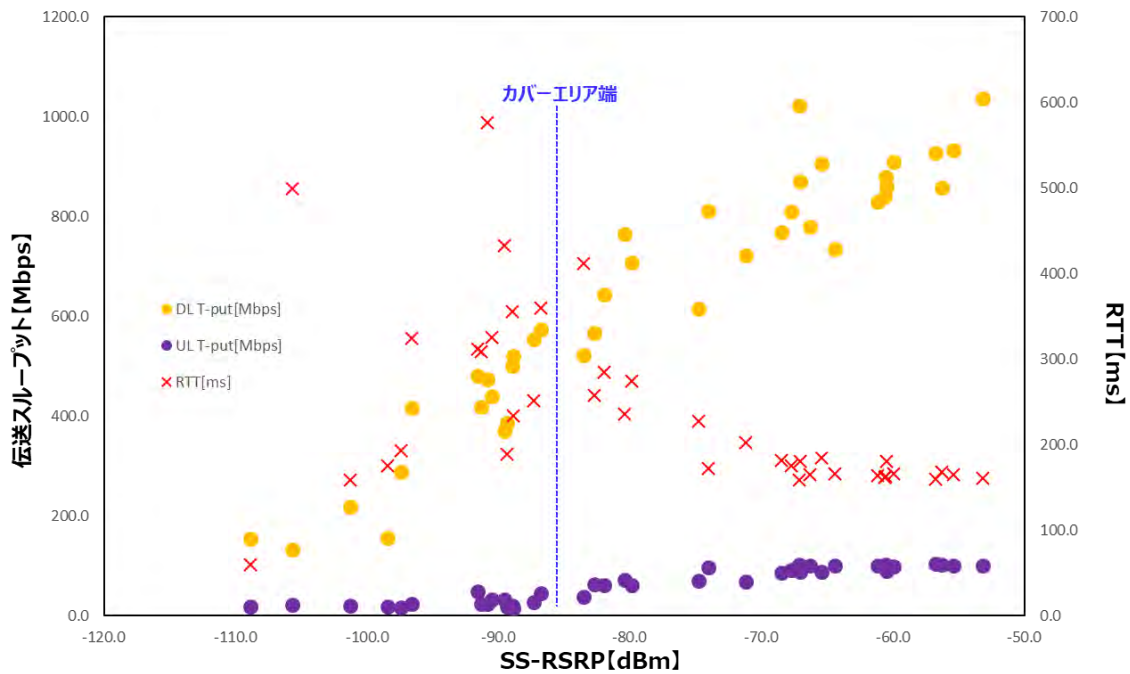


図 5.3.6-7 診療所屋外局周辺における下り受信電力に対する伝送スループット、ラウンドトリップタイム

表 5.3.6-2 は、想定カバーエリア内の伝送スループットを抽出したものである。表からは、屋外基地局の想定カバーエリア内では、UL 伝送スループットは平均で 87.8Mbps を達成しており、5.3.1 項で示す目標値と比較しても、十分な性能が得られていることがわかる。

表 5.3.6-2 診療所屋外局の想定カバーエリア内のローカル 5G 性能

| 測定地点 | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | 総合 T-put [Mbps] |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1    | 926.8           | 103.3           | 1030.2          |
| 2    | 857.4           | 102.6           | 959.9           |
| 3    | 779.1           | 100.6           | 879.7           |
| 4    | 828.6           | 101.0           | 929.7           |
| 5    | 908.7           | 99.2            | 1007.9          |
| 6    | 1022.0          | 102.2           | 1124.2          |
| 7    | 906.3           | 87.9            | 994.2           |
| 8    | 859.8           | 89.3            | 949.1           |
| 9    | 933.4           | 101.4           | 1034.8          |
| 10   | 870.8           | 88.7            | 959.5           |
| 11   | 769.3           | 87.2            | 856.4           |
| 12   | 722.6           | 68.6            | 791.2           |
| 13   | 642.6           | 60.7            | 703.3           |
| 14   | 707.5           | 61.6            | 769.1           |
| 17   | 765.2           | 72.9            | 838.1           |
| 20   | 1036.5          | 100.1           | 1136.6          |
| 21   | 887.0           | 103.7           | 990.7           |
| 22   | 840.0           | 101.3           | 941.3           |
| 25   | 735.3           | 99.9            | 835.2           |
| 26   | 879.4           | 102.4           | 981.8           |
| 27   | 810.1           | 92.2            | 902.3           |
| 30   | 565.9           | 62.4            | 628.3           |
| 31   | 615.0           | 71.1            | 686.1           |
| 33   | 522.7           | 38.0            | 560.7           |
| 37   | 811.8           | 96.9            | 908.7           |
| 平均   | 808.2           | 87.8            | 896.0           |

## 2) 集会所屋外局におけるローカル 5G 性能評価について

ローカル 5G 性能評価の前提となる、集会所屋外局のターゲットエリア（サービスを提供したいエリア）を図 5.3.6-8 に示す。集会所の南側屋外に設置した屋外局は、集会所中央エリアをターゲットエリアとして設置したものである。指向方向 25 度の指向性アンテナを 3.45m の高さに設置しており、アンテナチルト角は 10 度である。



図 5.3.6-8 診療所屋外局のターゲットエリア

最初に、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 5.3.6-9 に集会所屋外局のエリア形成状況を示す。図中、青線は、4.6-4.9GHz 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 (100MHz 幅の場合：-84.6dBm)”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、緑線は、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：-91.0dBm)”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。

集会所屋外も含めた実測結果 (図 5.3.6-9(a)) からは、カバーエリア端は、集会所内に収まっていると想定される。調整対象区域端は、それよりさらに外側の集会所北側の屋外あたりと想定される。また、集会所内の実測結果 (図 5.3.6-9(b)) からは、屋外基地局により、ターゲットエリアである集会所内中央部分に良好なレベルが形成されていることがわかる。

SS-RSRQ 値については、想定カバーエリア全体で比較的良好であると考えられる (図 5.3.6-9(c)、(d))<sup>14</sup>。

<sup>14</sup> 今回の技術実証試験では、同一、隣接周波数帯で運用する他の 5G 基地局が存在しない状況で実測を行ったため、干渉により変化する SS-RSRQ を用いて精密な評価を行うことは難しいと考える。

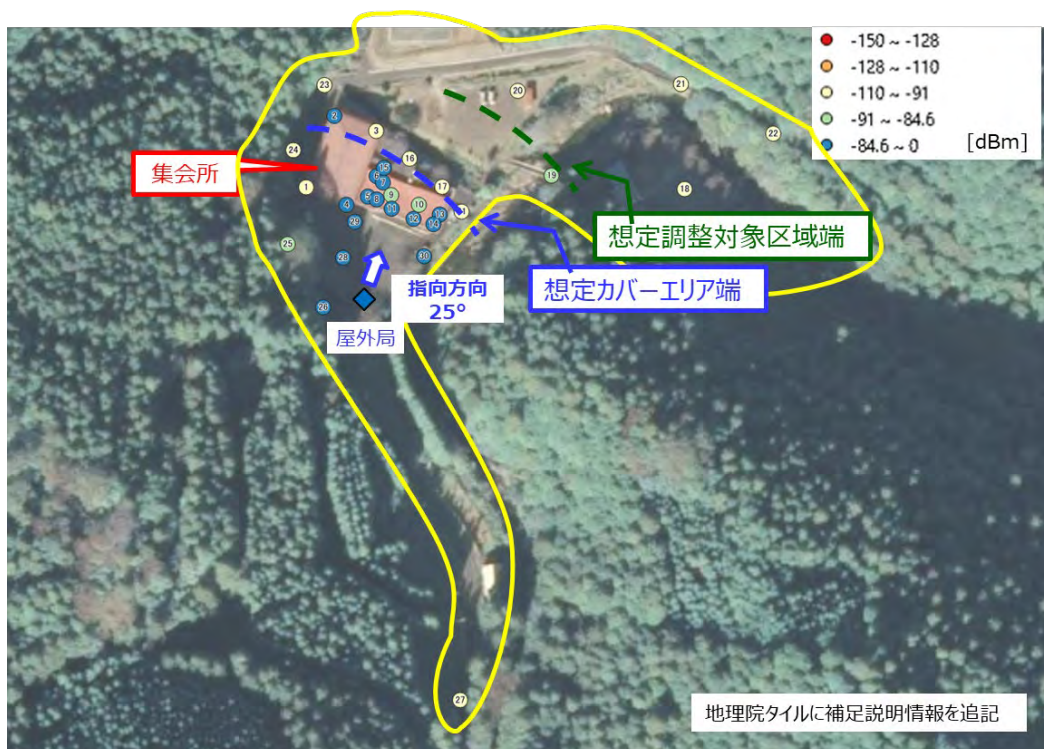


図 5.3.6-9(a) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (集会所屋外含む)

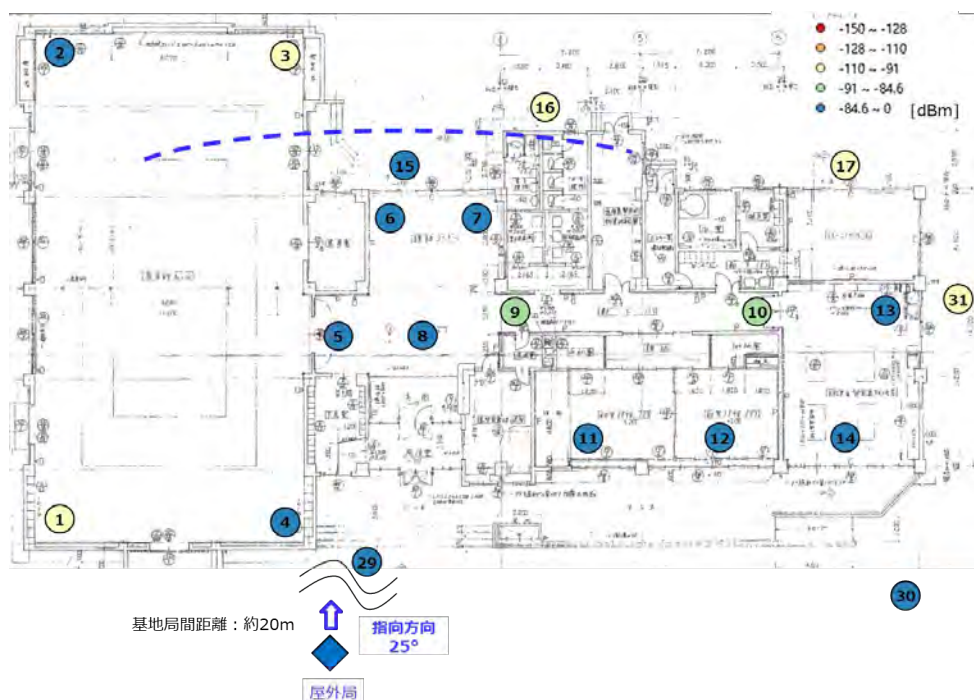


図 5.3.6-9(b) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (集会所屋内)



図 5.3.6-9(c) 想定カバーエリア内における SS-RSRQ の測定結果 (集会所屋外含む)

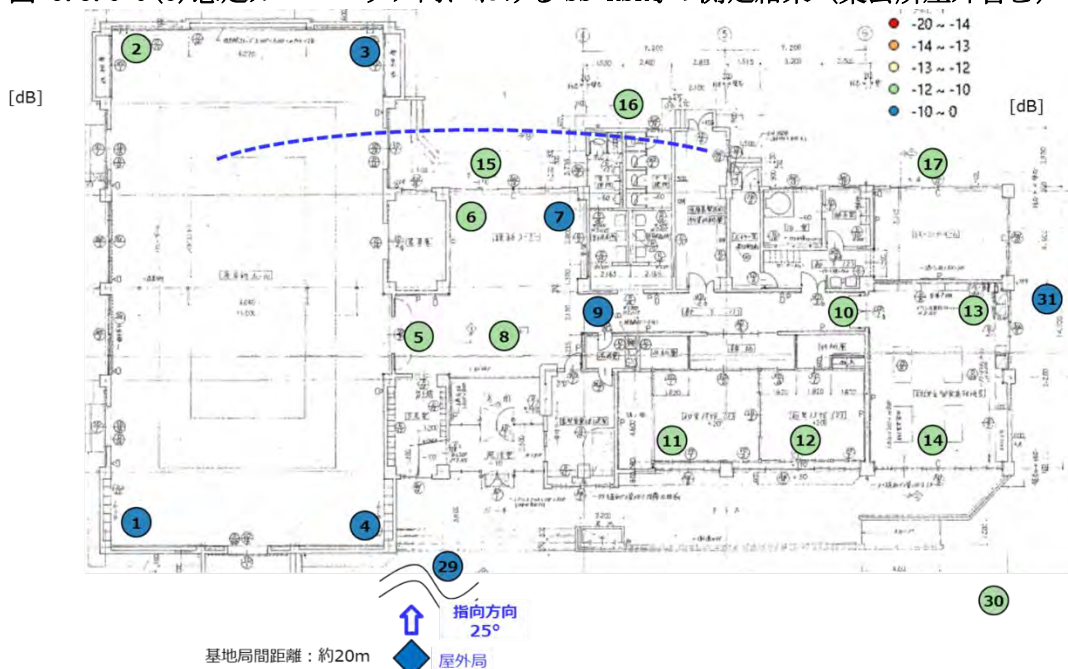


図 5.3.6-9(d) 想定カバーエリア内(診療所内)における SS-RSRQ の測定結果 (集会所屋内) 集会所屋外局におけるエリア形成に対する評価

次に、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 5.3.6-10 は、診療所屋外局周辺において実測した伝送スループット (DL) を地図上に記載したものである (図中、青点線は、図 5.3.6-5 と同様に、下り受信電力 (SS-



RSRP) から描いた想定カバーエリア図を示す)。また、図 5.3.6-11 は、屋外基地局周辺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。

伝送スループットについては、概ね下り受信電力 (SS-RSRP) に比例しているが、診療所屋外局と比較すると、特に DL 伝送スループットにバラツキが大きい様に見える<sup>15</sup>。一方、ラウンドトリップタイムについては、比較的安定しているように見える。

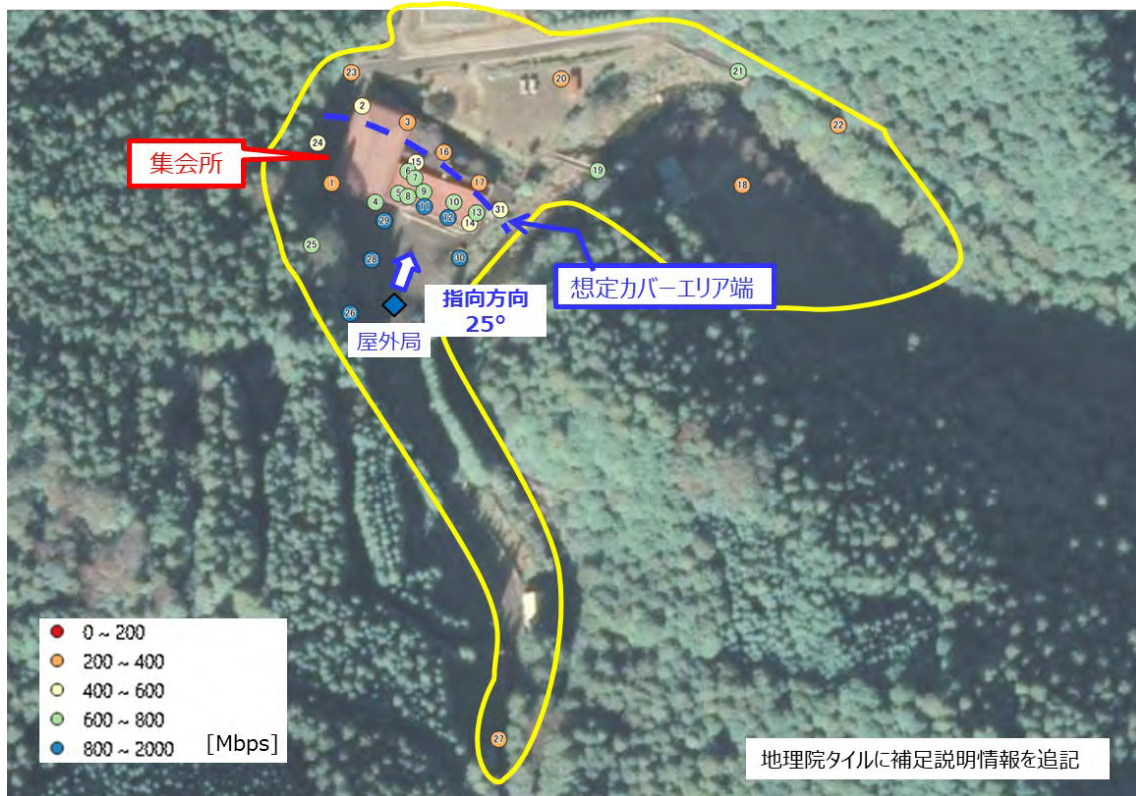


図 5.3.6-10(a) 集会所屋外局周辺エリアにおける伝送スループット (DL) 測定結果

<sup>15</sup> 診療所、集会所共に屋外基地局から屋内エリアを形成しているが、ターゲットとなる屋内環境（壁室や天井までの高さ、部屋の広さなど）による違いが影響しているかもしれないが、今回の測定データ内では要因の特定は難しい。

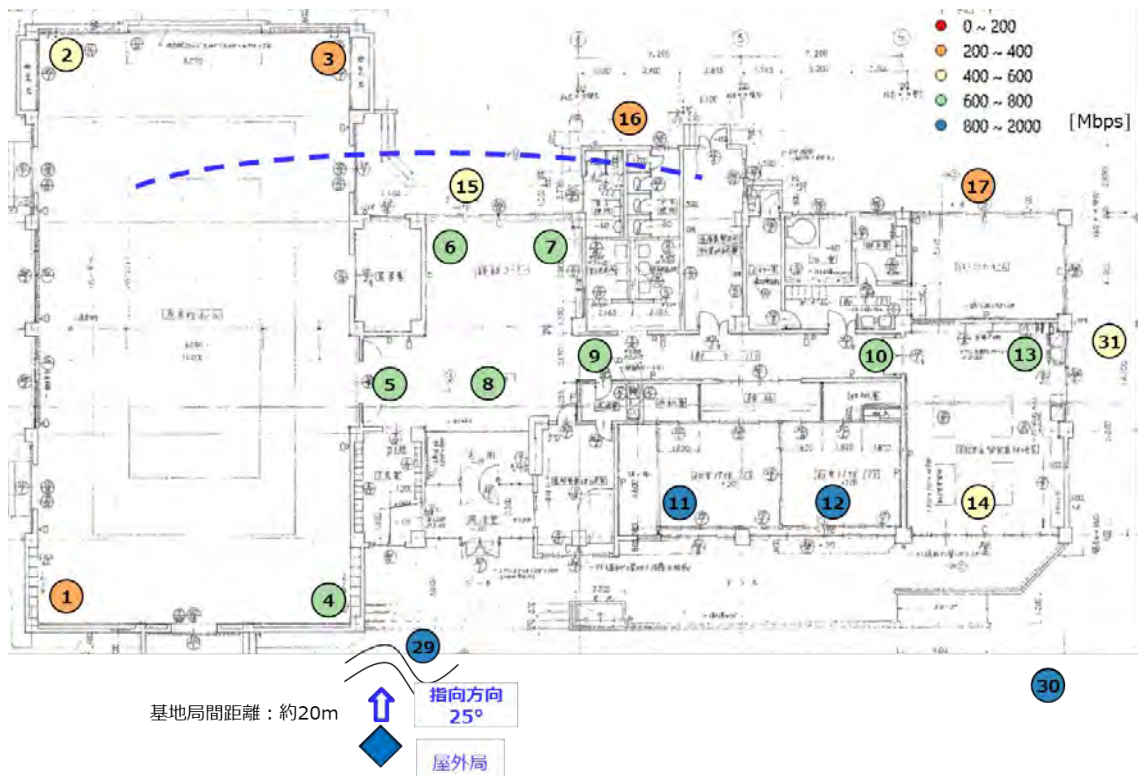


図 5.3.6-10(b) 集会所内における伝送スループット (DL) 測定結果

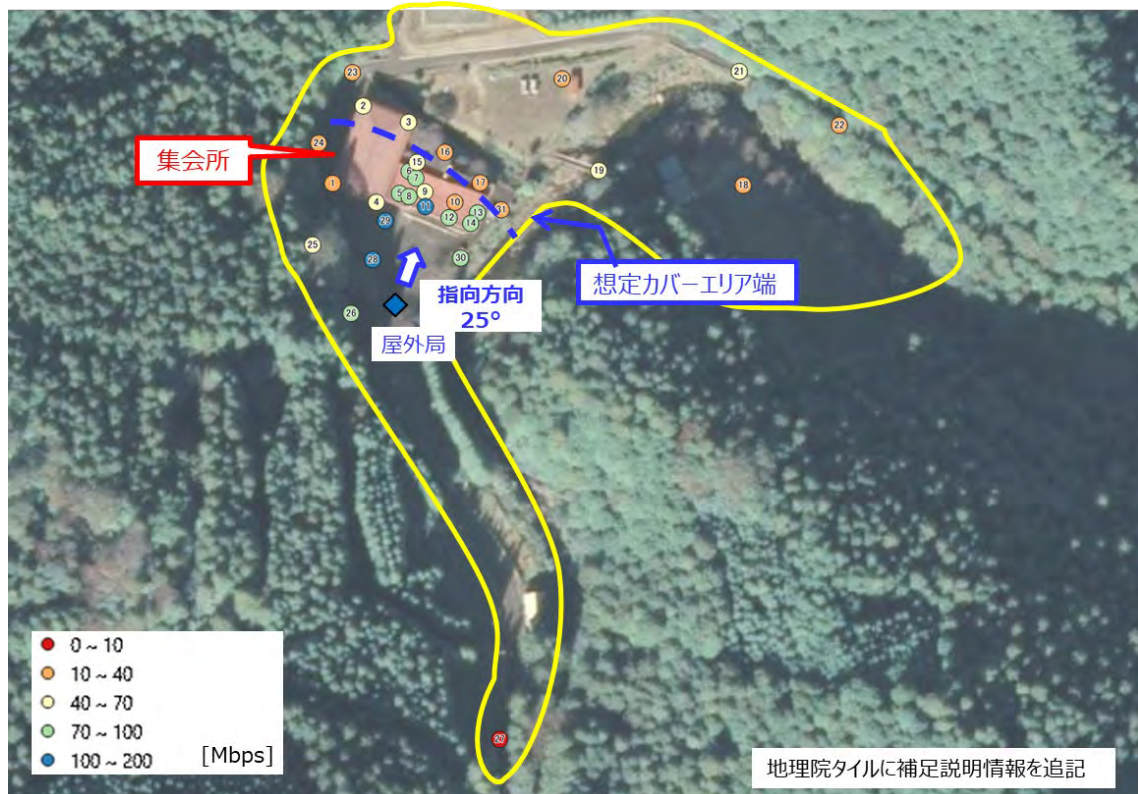


図 5.3.6-10(c) 集会所屋外局周辺エリアにおける伝送スループット (UL) 測定結果

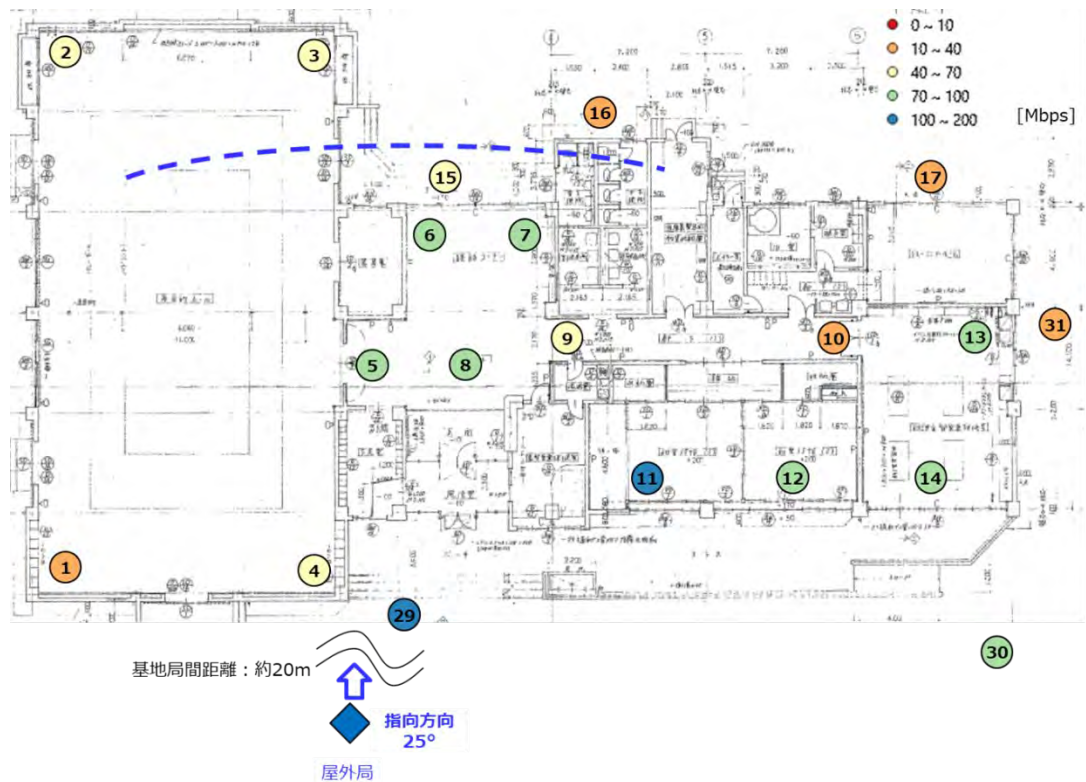


図 5.3.6-40(d) 集会所内における伝送スループット (UL) 測定結果 集会所屋外局周辺における伝送スループット測定結果

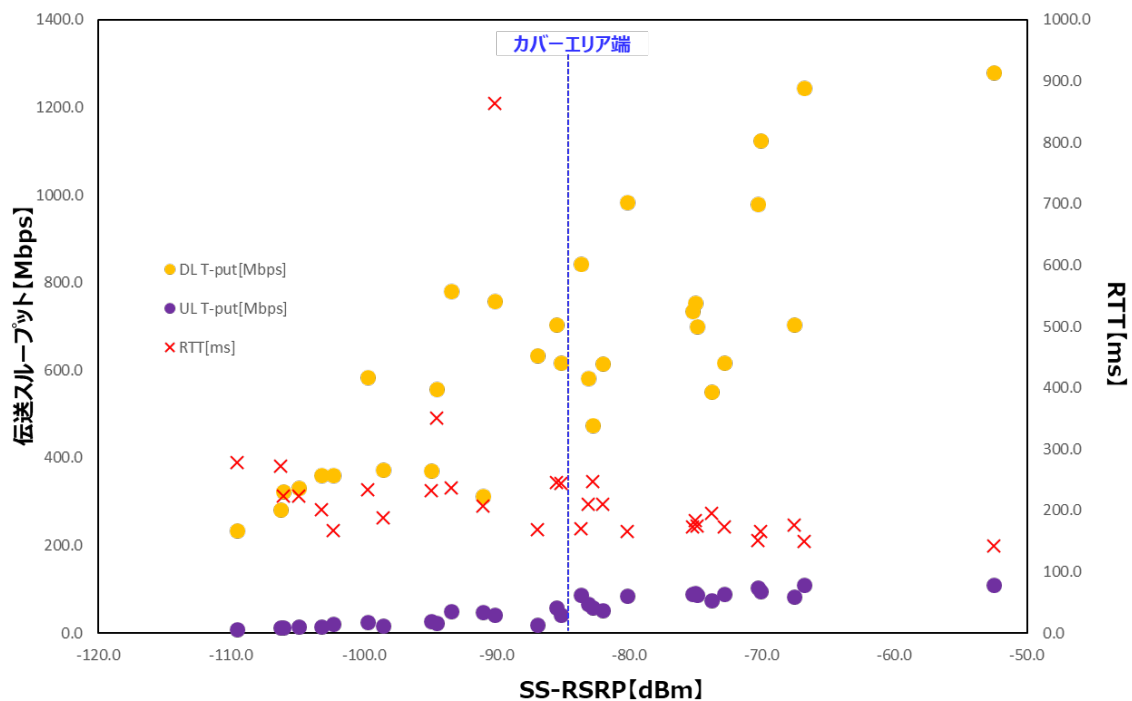


図 5.3.6-51 集会所屋外局周辺における下り受信電力に対する伝送スループット、ラウンドトリップタイム

医療分野における課題実証では、“中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に関する実証”を目的としている。課題実証では、上り回線において、高精細カメラ（4K画質）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。

課題実証においては、具体的なUL伝送スループットとして、60Mbpsという目標を掲げている。類似の実証例として、過去に、NTTドコモが実施した4.5GHz帯における5G総合実証試験16を参照する。当該実証試験では、様々なユースケースにおける検証が行われており、NSA構成における総合伝送スループットとして600Mbps以上、ULにおけるアプリ伝送レートとして、15～20Mbps（4K画像）が実証目標とされている。今回の目標値は、過去の実証例と比較しても同等かそれ以上の目標値となっていることがわかる。今回、技術実証においても、課題実証と同じ目標値であるUL伝送スループット60Mbpsを適用して評価を行う。

表5.3.6-3は、想定カバーエリア内の伝送スループットを抽出したものである。表からは、屋外基地局の想定カバーエリア内では、UL伝送スループットは平均で85.5Mbpsを達成しており、十分な性能が得られていることがわかる。

---

<sup>16</sup> 2019年度5G総合実証試験G1「屋外において複数基地局、複数端末の環境下で平均4.8Gbpsの超高速通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件に関する調査検討」

表 5.3.6-3 集会所屋外局の想定カバーエリア内のローカル5G性能

| 測定地点 | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | 総合 T-put [Mbps] |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2    | 473.7           | 58.3            | 532.0           |
| 4    | 615.5           | 51.9            | 667.4           |
| 5    | 735.4           | 88.7            | 824.1           |
| 6    | 616.6           | 88.5            | 705.0           |
| 7    | 700.7           | 86.7            | 787.5           |
| 8    | 752.9           | 91.1            | 844.0           |
| 11   | 980.4           | 104.2           | 1084.6          |
| 12   | 983.4           | 85.3            | 1068.7          |
| 13   | 703.5           | 82.6            | 786.0           |
| 14   | 551.4           | 74.2            | 625.6           |
| 15   | 582.0           | 66.1            | 648.1           |
| 26   | 843.7           | 87.8            | 931.4           |
| 28   | 1280.0          | 110.2           | 1390.2          |
| 29   | 1243.3          | 110.4           | 1353.8          |
| 30   | 1123.3          | 95.8            | 1219.2          |
| 平均   | 812.4           | 85.5            | 897.8           |

3) 集会所屋内局におけるローカル5G性能評価について

ローカル5G性能評価の前提となる、集会所屋内局のターゲットエリア（サービスを提供したいエリア）を図5.3.6-12に示す。集会所の屋内に設置した基地局は、集会所東側エリアをターゲットエリアとして設置したものである。指向方向110度の指向性アンテナを1.95mの高さに設置しており、アンテナチルト角は10度である。



図 5.3.6-62 集会所屋内局のターゲットエリア

最初に、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 5.3.6-13 に集会所屋内局のエリア形成状況を示す。図中、青線は、4.6-4.9GHz 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 (100MHz 幅の場合：-84.6dBm)”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、緑線は、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：-91.0dBm)”を前提に実測値から評価した想定調整区域端である。

集会所屋外も含めた実測結果 (図 5.3.6-13(a)) からは、カバーエリア端は、集会所内に収まっていると想定される。調整対象区域端は、集会所南側の屋外あたりと想定される。また、集会所内の実測結果 (図 5.3.6-13(b)) からは、ターゲットエリアである集会所内東側に良好なレベルが形成されていることがわかる。

SS-RSRQ 値については、想定カバーエリア全体で比較的良好であると考えられる (図 5.3.6-13(c)、(d))<sup>17</sup>。

<sup>17</sup> 今回の技術実証試験では、同一、隣接周波数帯で運用する他の 5G 基地局が存在しない状況で実測を行ったため、干渉により変化する SS-RSRQ を用いて精密な評価を行うことは難しいと考える。



図 5.3.6-13(a) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (集会所屋外含む)

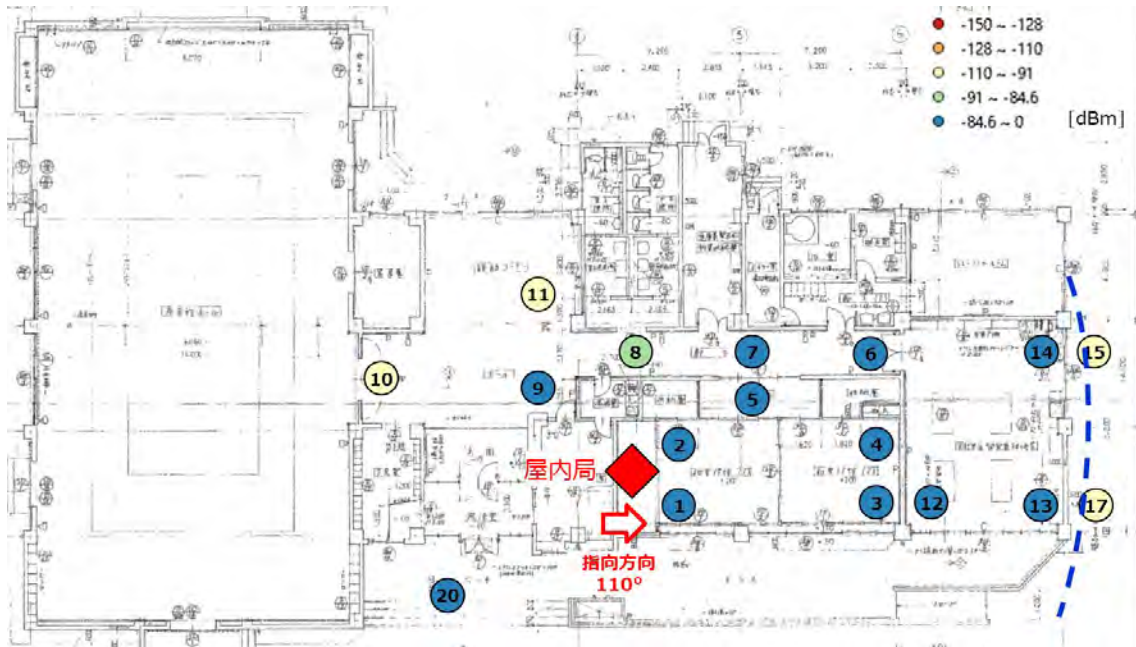


図 5.3.6-13(b) 下り受信電力 (SS-RSRP) から評価した想定エリア (集会所屋内)



図 5.3.6-13(c) 想定カバーエリア内における SS-RSRQ の測定結果 (集会所屋外含む)

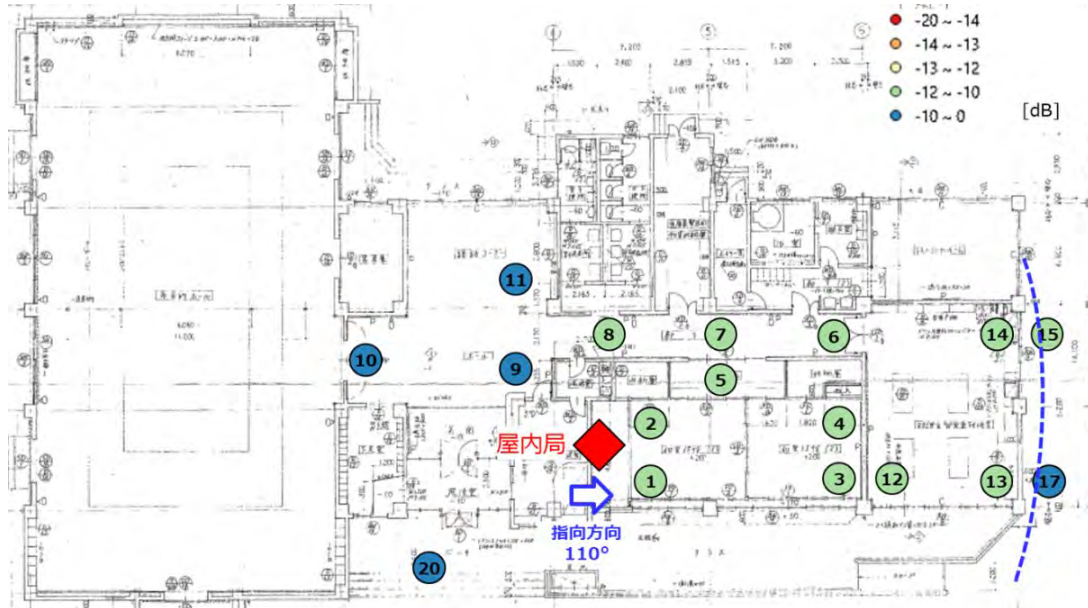


図 5.3.6-73(d) 想定カバーエリア内(診療所内)における SS-RSRQ の測定結果 (集会所屋内) 集会所屋外局におけるエリア形成に対する評価



次に、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 5.3.6-14 は、集会所屋内局周辺において実測した伝送スループット (DL) を地図上に記載したものである (図中、青点線は、図 5.3.6-5 と同様に、下り受信電力 (SS-RSRP) から描いた想定カバーエリア図を示す)。また、図 5.3.6-15 は、屋内基地局周辺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。

伝送スループットについては、概ね下り受信電力 (SS-RSRP) に比例しており、集会所屋外局と比較しても比較的安定しているように見える。しかし、1 点だけ、非常に高い受信レベルであるものの、下りも上りもあまり電測速度が高くない測定点がある<sup>18</sup>。一方、ラウンドトリップタイムについては、比較的安定しているように見える。

従って、全体的には、屋外環境と同様に、受信電力を適正に保つ対策を行うことが、伝送スループットの向上にもつながると考えられる。



図 5.3.6-14(a) 集会所屋内局周辺エリアにおける伝送スループット (DL) 測定結果

<sup>18</sup> 測定点#9。屋内環境 (壁室や天井までの高さ、部屋のい広さなど) が影響しているかもしれないが、今回の測定データ内では要因の特定は難しい

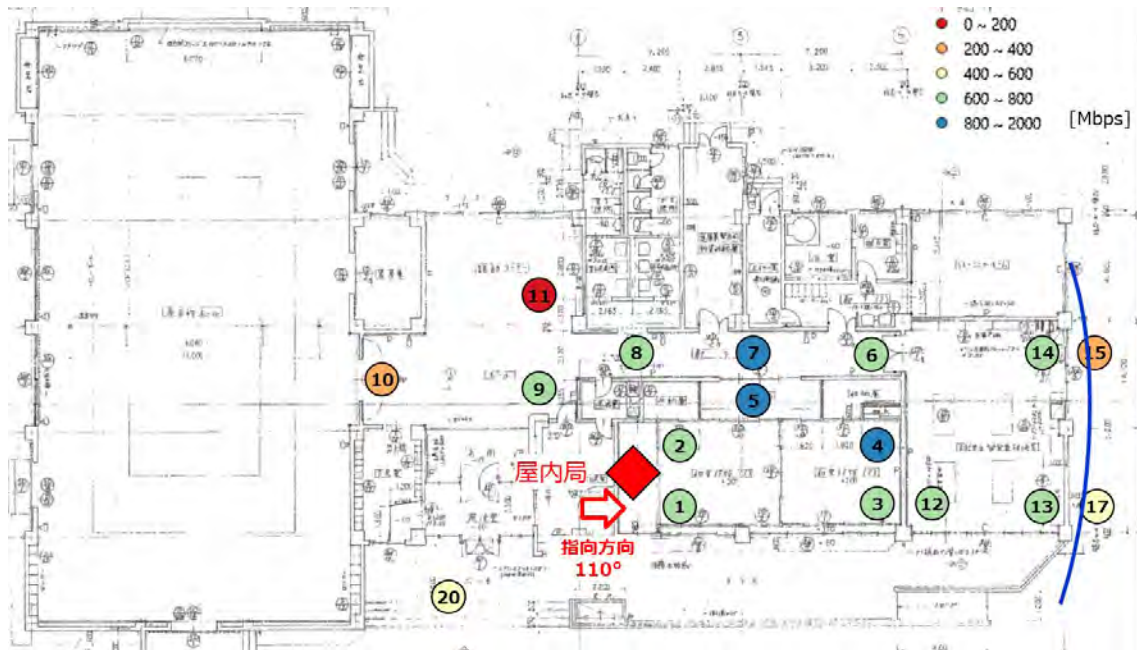


図 5.3.6-14(b) 集会所内における伝送スループット (DL) 測定結果



図 5.3.6-14(c) 集会所屋内局周辺エリアにおける伝送スループット (UL) 測定結果

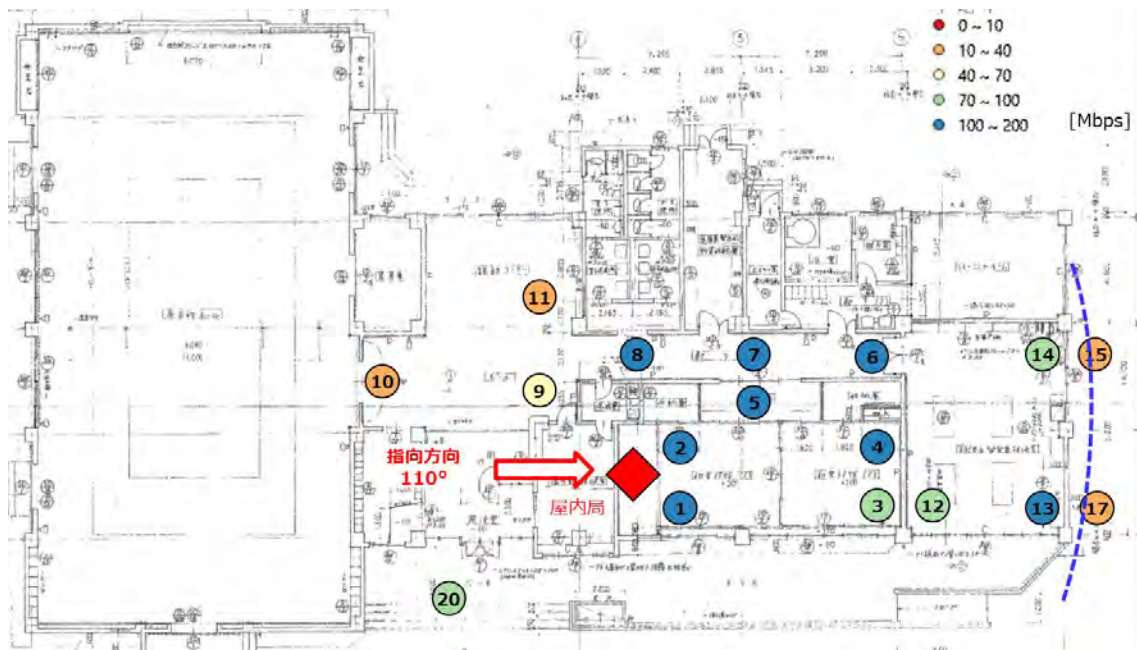


図 5.3.6-14(d) 集会所内における伝送スループット (UL) 測定結果 集会所屋内局周辺における伝送スループット測定結果

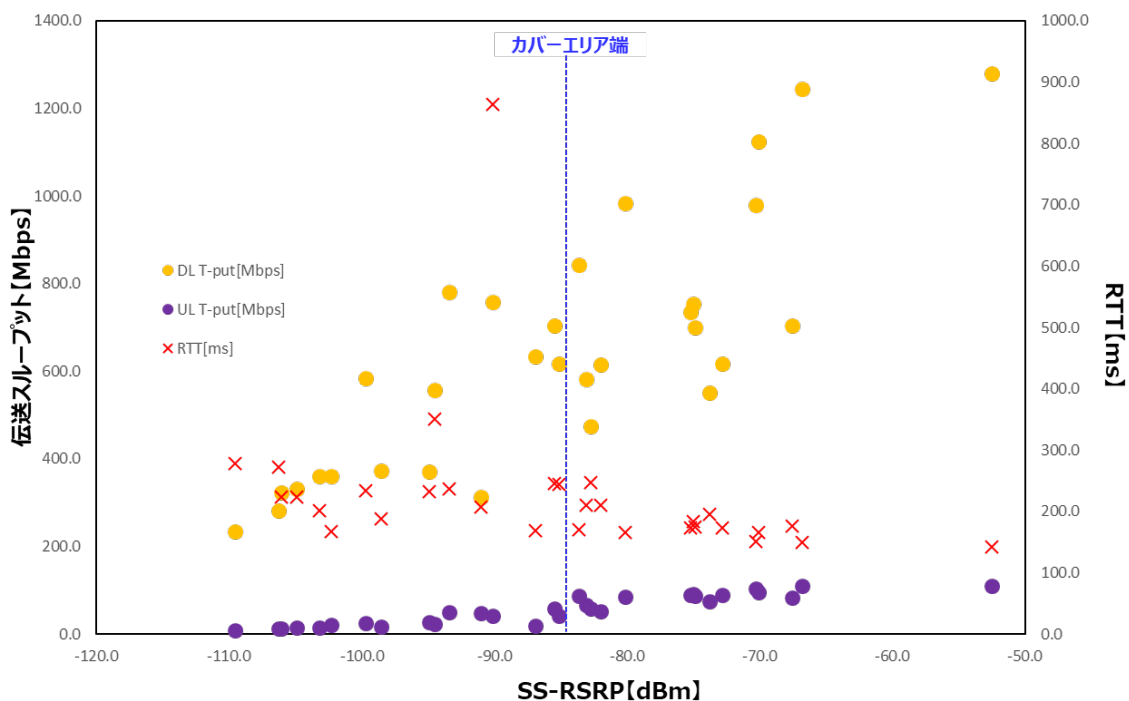


図 5.3.6-15 集会所屋内局周辺における下り受信電力に対する伝送スループット、ラウンドトリップタイム

医療分野における課題実証では、“中核病院の担当する患者向け遠隔診療・リハビリ指導、地域の高齢者向け遠隔健康指導・災害時診療を想定した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導における高精細映像伝送等に関する実証”を目的としている。課題実証では、上り回線において、高精細カメラ（4K画質）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。課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）においては、上り回線における伝送スループットが所望の性能を得られるようにすることを主眼として各種検討を行うこととする。

課題実証においては、具体的なUL伝送スループットとして、60Mbpsという目標を掲げている。類似の実証例として、過去に、NTTドコモが実施した4.5GHz帯における5G総合実証試験<sup>19</sup>を参照する。当該実証試験では、様々なユースケースにおける検証が行われており、NSA構成における総合伝送スループットとして600Mbps以上、ULにおけるアプリ伝送レートとして、20Mbps(4K画像)が実証目標とされている。今回の目標値は、過去の実証例と比較しても同等かそれ以上の目標値となっていることがわかる。今回、技術実証においても、課題実証と同じ目標値であるUL伝送スループット60Mbpsを適用して評価を行う。

表5.3.6-4は、想定カバーエリア内の伝送スループットを抽出したものである。表からは、屋外基地局の想定カバーエリア内では、UL伝送スループットは平均で96.7Mbpsを達成しており、十分な性能が得られていることがわかる。

表 5.3.6-2 集会所屋外局の想定カバーエリア内のローカル5G性能

| 測定地点 | DL T-put [Mbps] | UL T-put [Mbps] | 総合 T-put [Mbps] |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1    | 784.5           | 102.1           | 886.6           |
| 2    | 789.6           | 100.1           | 889.6           |
| 3    | 795.7           | 89.2            | 884.9           |
| 4    | 1085.1          | 111.7           | 1196.8          |
| 5    | 925.5           | 111.6           | 1037.1          |
| 6    | 765.6           | 111.3           | 876.9           |
| 7    | 1080.0          | 105.8           | 1185.8          |
| 9    | 614.6           | 62.4            | 677.0           |
| 12   | 766.5           | 80.6            | 847.1           |
| 13   | 673.6           | 103.0           | 776.6           |
| 14   | 717.0           | 85.6            | 802.6           |
| 平均   | 818.0           | 96.7            | 914.6           |

<sup>19</sup> 2019年度5G総合実証試験 G1「屋外において複数基地局、複数端末の環境下で平均4.8Gbpsの超高速通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件に関する調査検討」

### (3) 診療所等において、良好なローカル5G性能を得るための方策について

診療所等の屋内外環境において実測したデータ（受信電力、伝送スループット、ラウンドトリップタイム）を用いて、ローカル5Gの性能評価を、エリア形成の観点の観点と、ユーザへのサービス提供品質の観点から実施した。

診療所等において、ローカル5Gを活用する場合は、主なターゲットエリアは診察室やリハビリセンター等の屋内環境になると考えられる。今回の技術実証試験では、これらの屋内ターゲットエリアを、屋外に設置した基地局からエリア形成する手法と、屋内基地局から直接エリア形成する手法の両方で実証試験を実施した。いずれの手法においても、ターゲットエリア内では、全体的に、良好な性能を得ることができていることがわかった。

一般的に、診療所等の屋内環境は、多くの医療機器瑠璃や什器等が設置してあることが想定されるため、電波伝搬環境としては、非常に難しい環境であると言えるだろう。しかし、今回の実証実験のように、狭いターゲットエリアを設定した場合には、比較的容易に、ターゲットエリア内における良好な性能を得ることができると考えられる。

一方、山間部に位置する診療所等の屋外環境については、周辺環境に応じたエリア設計の最適化が必要になるだろう。診療所の屋外局の実証では、想定していたエリアを超えたエリアに、強めの電力が到達していた。山間部であれば、周囲の樹木や地形などの影響を受けやすいと考えられるため、エリア設計の段階これらの影響を見込んでおくことが、有効なエリア形成に必要であると考えられる。

#### 5.3.7 更なる技術的課題等

今回、診療所等の屋内における比較的狭いエリアをターゲットにした実証を行ない、良好な結果を得ることができた。しかし、診療所等において、複数のターゲットエリアを設定する場合は、今回のように、1つの基地局だけで全てをカバーすることは難しいと考えられる。今回の測定結果においても、ターゲットエリアから少し外れたエリアにおいては、受信レベルやスループットが高くないエリアが散見されており、このことは、診療所等の屋内の隅々までエリア化することが難しいことを示している。

複数エリアで良好なローカル5G性能を得るには、基地局の設置位置の最適化を図ることが必要不可欠である。例えば、今回、集会所においては、集会所内中央エリアを屋外基地局で、集会所内東側エリアを屋内基地局でカバーして実証試験を実施したように、ターゲットごとに別々の基地局を設置することは、1つの解決策になると考えられる。しかし、基地局を多数設置すれば、コストも上がってしまうため、例えば、1つの基地局に複数のアンテナユニットを接続して、異なる方向から、電波を発射して、屋内での電波の届きにくい環境を減らしていく手法も考えられる。

あるいは、現時点では、制度的に認められてはいないため、将来的に制度改正がなされた場合の方策となるが、小電力レピータや陸上中継移動局のような、基地局からの電波を中継する装置を使う方策が考えられる。

その他、現行の電波法施行規則や電波法関係審査基準で定義されている「無給電中継装置」に分別される、いわゆる反射板を適切に設置する等の方策も有効と考えられる。

## 5.4 ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等（課題イ）

### 5.4.1 評価・検証項目

最初に、総務省提供のエリア算定式を用いて、カバーエリア及び調整対象区域図を作成し、実測した下り受信電力値との比較検証を行う。次に、5.3 5.3章のローカル5G性能評価の検討で得られた知見を活かしながら、ローカル5Gエリア構築、システム構成の検証を行うため、レイトレーシング法に基づくエリア設計値と、実測した下り受信電力値との比較検証を行う。

### 5.4.2 評価・検証方法

#### (1) カバーエリア及び調整対象区域図の作成

総務省が提供するエリア算出法（表 5.3.6-1 ローカル5G 審査基準）に基づき、設置する2つの基地局について、基地局毎にカバーエリア及び調整対象区域の図を作成する。

総務省から提供される計算式では、表 5.4.2-1 に示すように、送受信間距離  $d_{xy}$  が 100m 以上の場合には、計算対象地域の環境に応じて、移動局高に対して考慮する補正項  $a(Hm)$  と、市街地、郊外地、開放地に対して考慮する補正值  $S$  の選択が必要である。

表 5.4.2-1 総務省提供の電波伝搬式における補正項選択肢 ( $d_{xy}$  が 100m 以上の場合)

| 補正項   | 定義                     | 選択肢  |
|-------|------------------------|--|
| a(Hm) | 移動局高に対して考慮する補正項        | 中小都市の場合 $a(Hm)=0.057$<br>市街地のうち、大都市に相当する地域以外のもの)   |
|       |                        | 大都市の場合 $a(Hm)=-0.00092$<br>市街地のうち特に大規模な都市の領域であって、おおむね5階建て以上の建物が密集した地域)                   |
| S     | 市街地、郊外地、開放地に対して考慮する補正值 | 市街地の場合 $S=0.0$<br>都市の中心部であって、2階建て以上の建物の密集地や建物と繁茂した高い樹木の混合地域など                            |
|       |                        | 郊外地の場合 $S=12.3$<br>樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など移動局近傍に障害物はあるが密集していない地域                        |
|       |                        | 開放地の場合 $S=32.5$<br>電波の到来方向に高い樹木、建物などの妨害物がない開けた地域で、目安として前方 300~400m 以内が開けているような畑地・田地・野原など |

5.3.6(1)で考察したように、診療所及び集会所の屋外局については、奥村・秦式の中小都市・郊外地モデルで模擬できると考えられる。従って、ここでは、補正項  $a(Hm)$  については中小都市を、補正項  $S$  については、 $S=12.3$  (郊外地) を選択してエリア図を作成した。

## (2) 下り受信電力の測定

下り受信電力の測定方法は、5.3.3(1)と同じである。ただし、測定エリアは、前述した基地局カバーエリア端、調整対象区域端において実測した。さらに、当該エリア算出式のカバーエリア及び調整対象区域の閾値と異なっている場合は、それぞれの閾値が実測される基地局相当の無線局からの距離の確認を行った。

### 5.4.3 検証結果

#### (1) カバーエリア及び調整対象区域図の作成

5.4.2(1)で考察したように、今回の技術実証フィールドでは、屋外局は、奥村・秦式の中小都市・郊外地モデルで模擬できると考えられるため、補正項  $a(Hm)$  については中小都市を、補正項  $S$  については、 $S=12.3$  (郊外地) を選択してエリア図を作成した。

#### 1) 診療所屋外局の場合

上記の前提で、カバーエリア端、調整対象区域端までの距離を計算すると、それぞれ、141m、215mとなった。計算結果を真円として地図上に描いたものを図5.4.3-1に示す。

図5.4.3-2は、前述した実測値からのエリア推定図(図5.3.6-5(a))の再掲である。実測値からの推定距離の方が若干短めに出ているものの、概ね総務省提供の計式による算結果と一致していると考えられる。

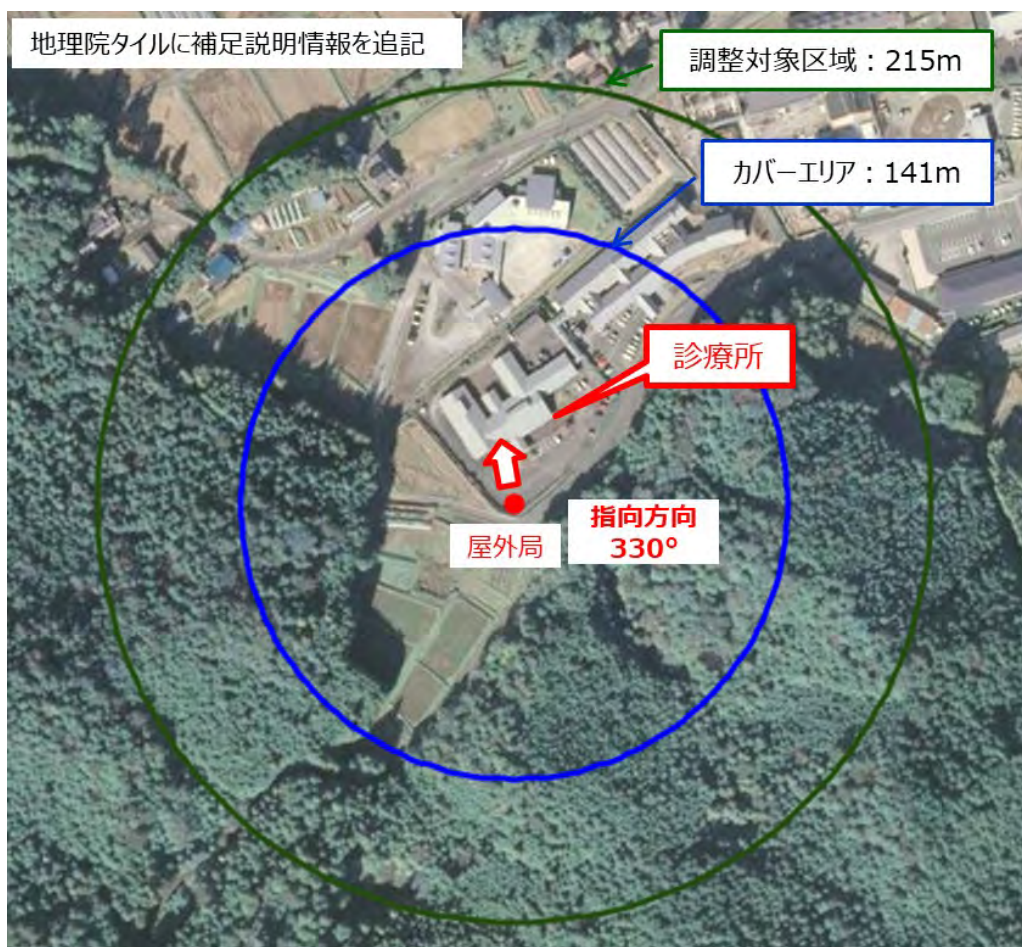


図 5. 4. 3-1 診療所屋外局のカバーエリア、調整対象区域図（中小都市・郊外地モデルの場合）





図 5.4.3-2 実測値から推定したエリア図 (図 5.3.6-7(a)再掲)

## 2) 集会所屋外局の場合

集会所屋外局についても、診療所屋外局と同じパラメータ (中小都市・郊外地) で計算すると、カバーエリア端、調整対象区域端までの距離は、それぞれ 28m、44m となった。計算した結果を真円として地図上に描いたものを図 5.4.3-3 に示す。

図 5.4.3-4 は、前述した実測値からのエリア推定図 (図 5.3.6-9(a)) の再掲である。こちらは、診療所とは異なり、実測値からの推定距離の方が長めになっており、実測値のカバーエリア端 (-84.7dBm) が、計算式の調整対象区域端 (-91.0dBm) と同じくらいであった。しかし、総務省提供の計算式には、建物侵入損等の固定の損失分が含まれているため、実測値とのこの程度の受信レベル差は誤差範囲とも考えられる。



図 5. 4. 3-3 集会所屋外局のカバーエリア、調整対象区域図（中小都市・郊外地モデルの場合）



図 5.4.3-4 実測値から推定したエリア図 (図 5.3.6-11(a)再掲)

### 3) 集会所屋内局の場合

屋内局において、エリアが屋外へ到達している場合には壁損 (16.2dB) を見込む必要があるため、以下の考え方でエリア端を想定した。

まず、集会所屋内局指向性方向におけるカバーエリア端、調整対象区域端までの距離を、壁損無しで計算した (図 5.4.3-5(a))。図(a)より、指向性方向のエリア端は、いずれも集会所の屋外まで到達していることがわかる。次に、屋内基地局送信電力値から壁損 16.2dB 分を差し引いた電力値でエリア端までの距離を計算した (図 5.4.3-5(b))。図(b)より、エリア端は、いずれも集会所屋内に収まっていることがわかる。従って、集会所屋外基地局指向性方向における壁損込みのエリア端は、集会所東方向の集会所内壁までの距離と同であると推定できる (図 5.4.3-5(c))。

図 5.4.3-6 は、前述した実測値からのエリア推定図 (図 5.3.6-13(a)) の再掲である。集会所屋内基地局指向方向については、総務省提供の計算式から推定した結果とよく一致していることがわかる。



図 5.4.3-5(a) 建物侵入損を見込まない場合のエリア図



図 5.4.3-5(b) 屋内基地局送信電力値から建物侵入損分を最引いた電力値で描いたエリア図



図 5. 4. 3-5(c) 建物侵入損を見込んだ各エリア図 集会所屋内基地局のカバーエリア、調整対象区域図



図 5. 4. 3-6 実測値から推定したエリア図 (図 5. 3. 6-16(a) 再掲)

## (2) 診療所等における最適なエリア構築、システム構成に関する考察

診療所等における最適なローカル5Gのエリア構築やシステム構成について検証するため、下り受信電力の実測データを基に、設計値との差分を評価する。

特に、屋内基地局から屋外エリアへの漏洩の程度や、自己土地外への漏洩の程度を評価する。その際、5.3章で示した4.7GHz帯電波伝搬特性に関する知見等を踏まえて分析を行う。

さらに、上記検証において、ローカル5Gのエリア構築やシステム構成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。

### 1) エリア設計と実測値との差分の評価手法

今回の技術実証試験では、山間部に位置する診療所等におけるエリア構築について、エリア設計値と下り受信電力の実測値との差分による評価を実施した。

今回、屋外エリアの評価は、診療所の屋外エリアについて、レイトレーシング法<sup>20</sup>によるエリア設計値と下り受信電力値との比較により実施した。

一方、屋内エリアの評価は、診療所の屋内エリアと集会所の屋内エリアについて、株式会社東陽テクニカ/iBwave Solutions, Inc.の協力の基、5G対応RFシステム設計ソリューション「iBwave Design Enterprise」<sup>21</sup>を用いているおり、実際の診療所、集会所の壁等の素材等も考慮したシミュレーションを実施した。

### 2) 屋外エリアの評価

診療所では、診療所周辺屋外エリアと診療所内西側の保健センターをエリア形成することを想定し、診療所屋外に基地局を設置したが、ここでは、屋外エリアについて評価する。

診療所周辺の屋外エリア設計図を図5.4.3-7(a)に、下り受信電力実測値により推定したエリア図を図5.4.3-7(b)に示す。屋外の設計エリアと実測値から推定したエリアは、基地局近傍ではよく一致している。しかし、基地局北東方向（診療所を超えたあたり）においては、レイトレースによる設計では調整区域端レベルとなっているものの、実測値では、カバーエリア端レベル以上の受信電力が測定されている箇所がある。これは、図中に赤線で示す場所にコンクリート壁が存在したため、基地局送信波が反射、回折したためと推定される。レイトレースによる計算でも壁による影響を見込んでいるが、壁等の影響による減衰量は、壁の材質や形状により区々であるため、定量的に一致させることは難しい。

<sup>20</sup> レイトレーシング法は、送信点から出射された電波をレイ（光線）とみなしてトレース（追跡）し、受信点に到達したレイから受信電力などの伝搬特性を求めるものである。（電波伝搬解析のためのレイトレーシング法：今井哲郎著）

<sup>21</sup> <https://www.toyo.co.jp/ict/products/detail/iBwave-DesignEnterprise.html>

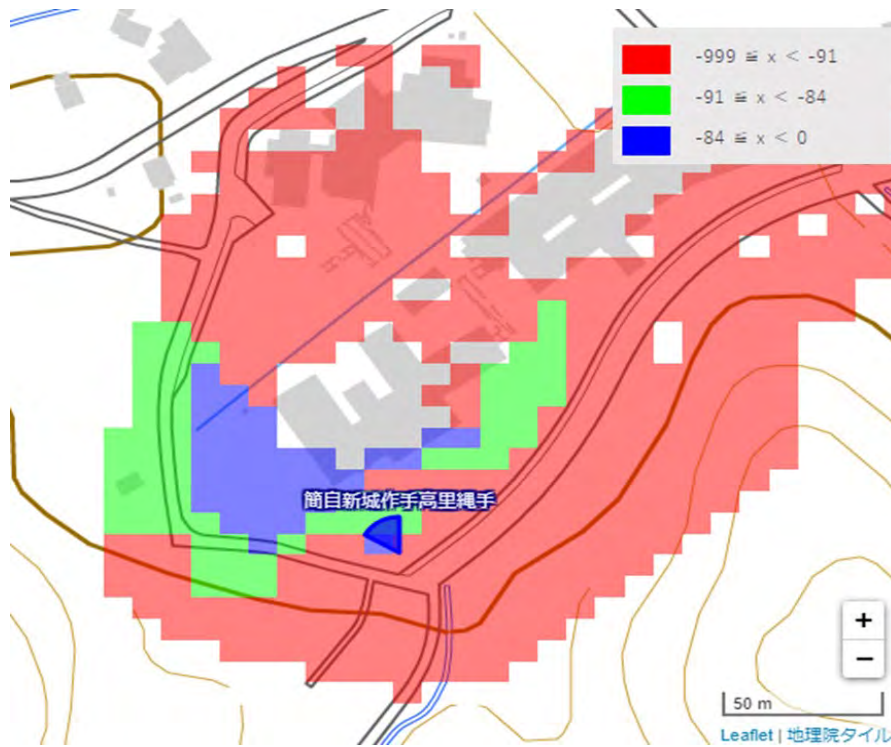


図 5.4.3-7(a) 屋外エリア設計図



図 5.4.3-7(b) 受信電力実測値からの屋外エリア推定図 新城診療所屋外エリア

### 3) 屋内エリアの評価

前述したように、診療所屋外局は、診療所内西側の保健センターをエリアとすることも意図している。また、集会所においては、屋外局で、集会所中央エリアを、屋内局で、集会所東側エリアをエリア化することを狙っている。

屋内エリアの設計においては、iBwave を用いて、診療所や集会所の建物素材を考慮した、レイトレーシング法によるエリアシミュレーションを実施した。今回、屋内の什器等の考慮はしていない。

図 5.4.3-8 に、iBwave でシミュレーションを実施するにあたり作成した、診療所及び集会所の 3D モデルを示す。

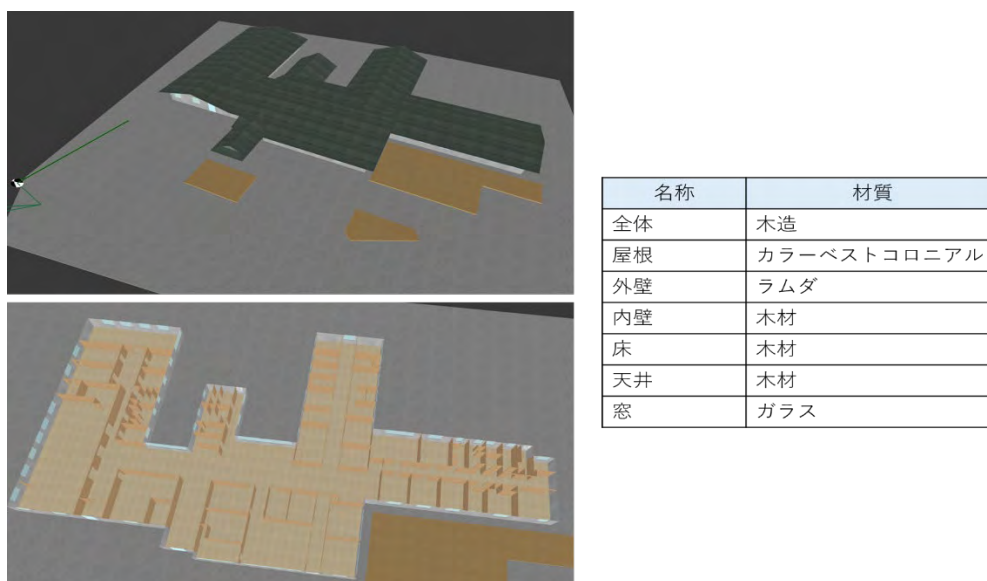


図 5.4.3-8(a) 診療所 3D モデル (上: 全景、下: 屋内)

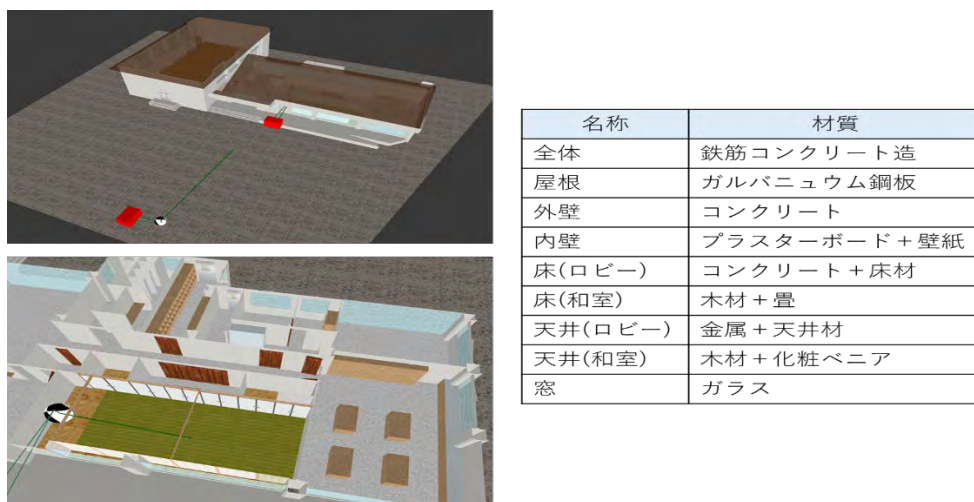


図 5.4.3-8(b) 集会所 3D モデル (上: 全景、下: 集会所内東側エリア)



図 5. 4. 3-9~10 に iBwave によるエリア設計値と実測値の比較を示す。設計値、実測値共に、青色がカバーエリア（受信電力-84. 6dBm 以上）、緑色が調整対象区域（受信電力-84. 6dBm~-91. 0dBm）を示している。

診療所においては、設計値と実測値は、全体的によく一致している。診療所内奥の測定ポイント（図中、⑮、⑯、⑱）は設計値より小さい値となっているが、今回のシミュレーションでは診療所内に物を配置していない前提で実施したため、その差分が出たものと考えられる。

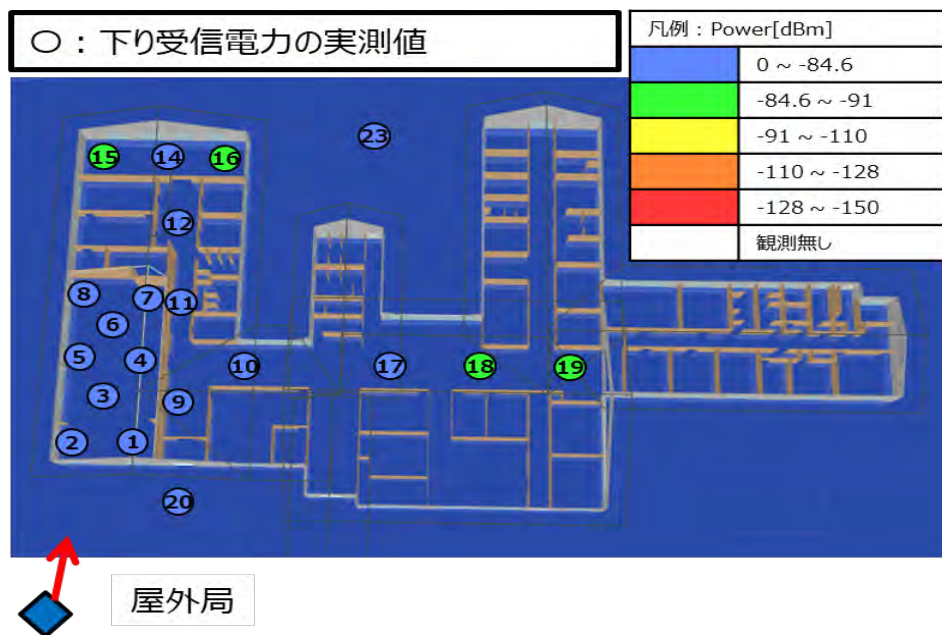


図 5. 4. 3-9 診療所屋内における設計値と実測値の比較

集会所においては、屋外局からのエリア形成については、設計値よりも実測値の方が、よく深く屋内に浸透している結果となったものの、その差分は1スケール程度であり、比較的よく一致していると考える。一方、屋内局からのエリア形成については、集会所東側エリア内について、よく一致していると考える。こちらも場所によっては、1スケール程度の差が出ているが、シミュレーションにおける建物の壁素材のパラメータが実際のものでと違う可能性があることなども影響していると考えられる。

今回、診療所、集会所合わせて3つの屋内エリアについて、エリア設計値と実測値の比較を行ったが全体的に、よく一致しており、想定通りのエリアが構築できていることがわかる。



図 5.4.3-10(a) 集会所屋外局における設計値と実測値の比較

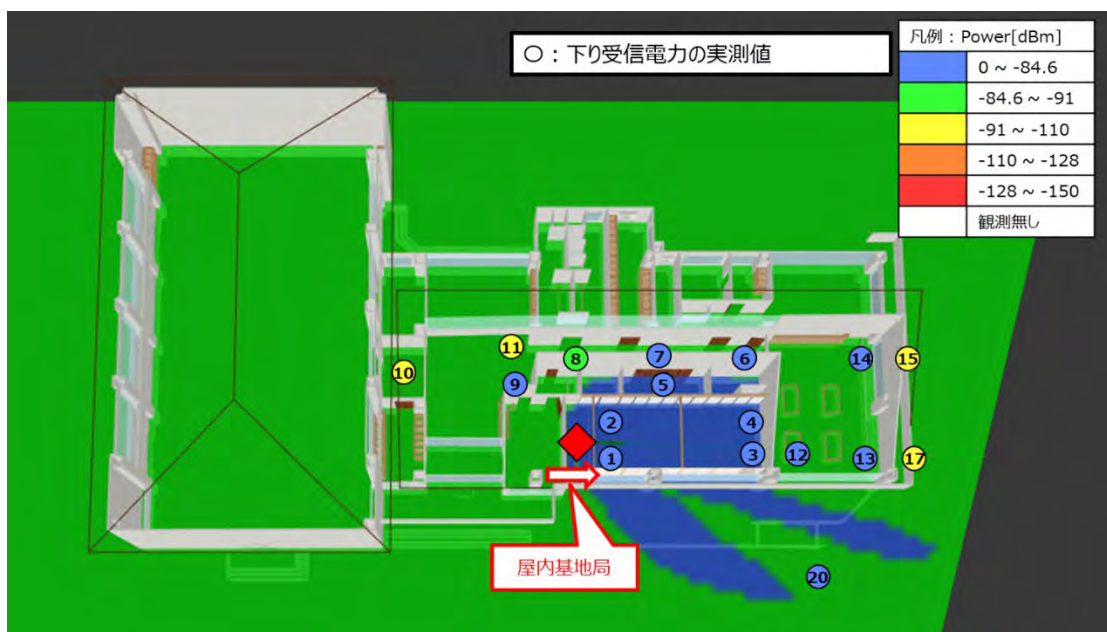


図 5.4.3-10(b) 集会所屋内局における設計値と実測値の比較会所内東側エリア

#### 4) 屋内環境から屋外環境、自己土地外への漏洩電力について

今回、新城集会所において、屋内局によるエリア形成を実証した。ここでは、新城集会所屋内局からの下り受信電力測定値を基に、診療所等における屋内環境から屋外環境、自己土地外への漏洩電力値について考察する。

図 5.4.3-11 に、新城集会所屋内局の下り受信電力測定結果を示す。図 5.4.3-11 からは、屋内局の指向方向である東方向においては、集会所外には調整対象区域端レベル以下の漏洩電力しか観測されていないことがわかる。一方、屋内局南方向においては、集会所建物との境目あたりで、カバーエリア端レベルを超える漏洩電力が観測されていることがわかる。これは、屋内局南方向には、出入り口があること、さらに、南方向が窓の多い壁であったことから、建物侵入損が小さかったためと想定される（図 5.4.3-12 参照）。

集会所南側屋外の駐車場も含めて自己土地と考えると、他者土地との境界線（図中赤線）を超えたエリアには、調整対象区域端レベルを超える漏洩電力は観測されていない。従って、ターゲットエリア（今回は集会所東側エリア）との位置関係を踏まえて、屋内の適切な場所に基地局を設置すれば、自己土地外への不要な電波漏洩を防ぐことが可能と考えられる。



図 5.4.3-11 集会所屋内局から屋外、自己土地外への漏洩電力



図 5. 4. 3-12 集会所屋内局の周辺環境

#### 5. 4. 4 技術的課題の解決方策

今回、新城診療所、集会所において、屋外基地局、屋内基地局両方を使って、診療所等周辺を含む屋外エリアの形成や、診療所等屋内エリアの形成について実証した。その結果、以下の知見が得られた。

- 診療所屋外局からの屋外エリア形成は、概ね設計通りに実施できたが、一部のエリアで設計よりも強い電波が観測された（基地局付近に設置されていたコンクリート壁の影響と想定される）。特に、山間地では地形や樹木等の影響も考えられるため、屋外エリアを適切に作るには、伝搬環境を含めた事前の詳細な検討が必要となるだろう。
- 診療所や集会所の屋内におけるターゲットエリアをカバーするため、屋外基地局から屋内エリアを形成する手法と、屋内基地局を使って屋内エリアを形成する手法の両方を実施し、両方とも想定通りのエリア形成ができた。
- 特に、今回、集会所で使用した可搬型基地局のような、いわゆるスモールセル用の基地局であれば、屋内のターゲットエリアのみを適切にエリア化できると考えられる。
- 屋内基地局から屋外や自己土地外への漏洩電力については、今回、集会所で用いたスモールセル用基地局であれば、建物侵入損により、漏洩電力を抑えることができると考えられる。

#### 5.4.5 更なる技術的課題等

一般的に、ローカル5Gを活用する場合に重要なことは、ターゲットエリアにおいて活用したいローカル5Gの特徴を最大限に活かすようにエリア構築することと考えられる。

山間部の診療所等をメインターゲットとして想定する場合、例えば、診察室の一部において、都会の中核病院からの遠隔医療を行うようなソリューションが考えられる。この場合は、5Gの特徴の1つである超高速伝送を活かしたエリア構築を目指すべきだろう。従って、調査項目（ア）で論じたように、ターゲットエリアとなる診察室内において、受信電力値が安定的に高くなるようにエリアを形成することが重要である。そのためには、集会所東側エリアで実証したように、ターゲットエリアの近くに屋内基地局を設置することが最も確実な手法と考えられる。

しかし、特に、郊外の診療所等においては、基地局装置を常設するようなスペースが屋内に潤沢に確保されていることは考えづらい。このようなケースの代替手段としては、診療所や集会所中央エリアで実証したように、屋外に設置した基地局から屋内エリアを形成する手法が考えられる。特に、今回利用したように、診療所等の自己土地内の駐車場空きスペースを使う手法は、ローカル5G運用者にとっては、現実的な手段であると考えられる。課題は、診療所屋外基地局のように、高出力の基地局を設置すると、自己土地外への漏洩電力値が高くなるケースがあることである。前述したように、欲しい性能とターゲットエリアの選定と、その中で欲しい性能との兼ね合いで、最適な基地局装置選定をすることが重要である。

5Gの別の特徴である多数接続を活用するソリューションを想定すると、診療所等屋内の隅々までターゲットエリアにする必要があるかもしれない。このような場合には、屋外基地局から屋内エリアを形成する手法では、不十分と考えられる。

図5.4.5-1は、集会所屋外局から、集会所内中央エリアをターゲットにした場合の下り受信電力実測値である。この結果からは、ターゲットエリアである集会所内中央エリアは、安定的に高い受信電力が観測されていると言えるが、一方で、西側の部屋では壁際等において、受信電力が低くなっている箇所が散見される（測定点①、③など）。集会所西側が比較的大きな部屋であるにも関わらず、このような個所が発生していたということは、建物内が複数の小部屋で分けられているような環境（特に、診療所では、そのような環境になることが多いと想定される）では、全ての部屋において、安定的な受信電力を確保することが課題になるだろう。

このような場合には、環境に応じて、基地局の設置位置の最適化を図ることが必要不可欠である。例えば、1つの基地局に複数のアンテナユニットを接続して、異なる方向から、電波を発射することにより、屋内での電波の届きにくい環境を減らしていくことが考えられる。あるいは、現時点では、制度的に認められてはいないため、将来的に制度改正がなされた場合の方策となるが、小電力レピータや陸上中継移動局のような、基地局からの電波を中継する装置を使う方策が考えられる。その他、現行の電波法施行規則や電波法関係審査基準で定義されている「無給電中継装置」に分別される、いわゆる反射板を適切に設置する等の方策も有効と考えられる。

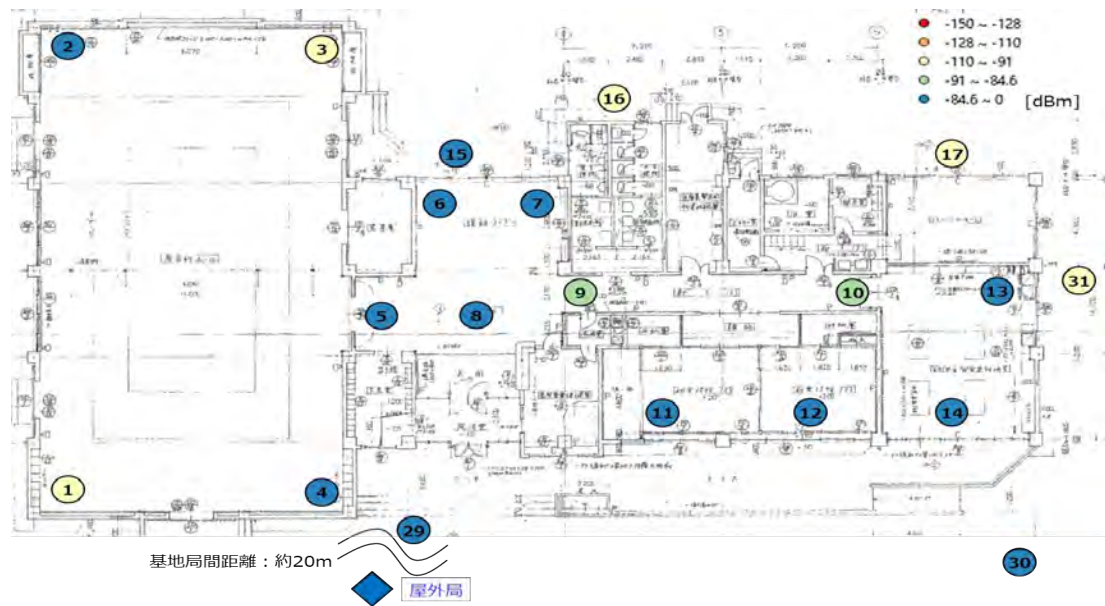


図 5. 4. 5-1 集会所屋外局からの屋内エリア形成

## 5.5 その他、ローカル5Gに関する技術実証（課題ウ）

### 5.5.1 評価・検証項目

検討対象である4.7GHz ローカル5Gバンドの隣接帯域には、携帯電話事業者のキャリア5Gバンドが存在する（図5.5.1-1参照）。従って、ローカル5G事業者が設置するローカル5G基地局の周辺には、隣接帯域で運用している携帯電話事業者によるキャリア5G基地局が存在する可能性がある。さらに、ローカル5G同士は、同一周波数もしくは隣接周波数において、近接した状況で運用される可能性もあるだろう。

4.7GHz帯における5GシステムはTDDシステムであるため、隣接周波数であれば、近接した状況においても、同期運用の場合には、有害な混信が発生することはないと考えられる。しかし、後述するように、準同期運用を行う場合には、一定の割合で干渉が発生すると考えられる。

従って、ローカル5G事業者が所望する性能を得るためには、隣接帯域のキャリア5G、隣接及び同一帯域のローカル5Gとの間で必要な離隔距離、ガードバンド等を事前に把握しておくことが望ましい。

ここでは、準同期運用における共存可能性検討を技術的課題として検討する。



図 5.5.1-1 4.7GHz ローカル5Gバンド

### 5.5.2 評価・検証方法

ローカル5Gと隣接帯域におけるキャリア5Gの共存可能性の検討は、以下のステップで、机上検討により行う。

- ステップ1：共存可能性を検討するための前提条件（共用検討パラメータ等）の整理
- ステップ2：共用検討を実施する干渉シナリオの整理
- ステップ3：干渉計算の実施（机上検討）
- ステップ4：共存条件の策定及び技術的課題の解決方策等の考察

#### (1) 前提条件の整理（ステップ1）

共用検討における前提条件を表5.5.2-1に示す。

表 5.5.2-1 主な前提条件

| 項目                     | ローカル5G     | キャリア5G |
|------------------------|------------|--------|
| 運用周波数<br>(中心周波数) (MHz) | 4650       | 4550   |
| 送信帯域幅(MHz)             | 100        | 100    |
| 運用場所                   | 屋内のみ       | 屋外及び屋内 |
| 同期パターン<br>(図5.5.2-1)   | パターン1もしくは2 | パターン1  |

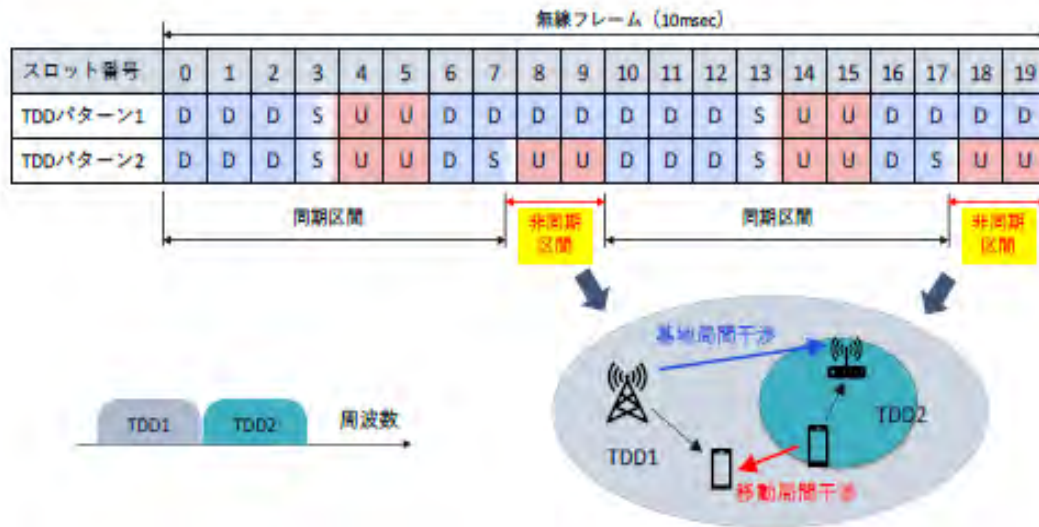


図 5.5.2-1 4.7GHz 帯における同期パターン

共用検討に用いるパラメータを、表 5.5.2-2~3 及び図 5.5.2-2~4 に示す。キャリア 5 G とローカル 5 G の共用検討パラメータは、運用周波数を除いて同一とする。

表 5.5.2-2 基地局の共用検討パラメータ等<sup>22</sup>

| 諸元              | マクロセル                              | スモールセル/屋内 |
|-----------------|------------------------------------|-----------|
| 周波数 (MHz)       | キャリア 5 G : 4550<br>ローカル 5 G : 4650 |           |
| 送信帯域幅 (MHz)     | 100                                |           |
| 空中線電力 (dBm/MHz) | 28                                 | 5         |
| 空中線利得 (dBi)     | 23                                 |           |
| 給電線損失等 (dB)     | 3                                  |           |
| EIRP (dBm/MHz)  | 48                                 | 25        |
| 空中線指向特性 (水平、垂直) | 図 5.5.2-2                          |           |
| 機械チルト (°)       | 6                                  | 10        |

<sup>22</sup> 情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（2020年7月14日）第4.4.2章（P128-133）



| 空中線高 (m)             |                   | 40  | 10<br>5 (屋内)                   |
|----------------------|-------------------|---|--------------------------------|
| 不要輻射 <sup>23</sup>   | 隣接 CH 漏洩電力        | [情通審のパラメータ]<br>下記又は-4dBm/MHz の高い値<br>-44.2dBc (CH 帯域幅 MHz 離調)<br>-44.2dBc (2×CH 帯域幅 MHz 離調)<br>※参照帯域幅は当該 CH 帯域幅の最大実効帯域幅<br>[実測値]<br>図 5.5.2-3 |                                |
|                      | スプリアス領域における不要発射強度 | [情通審のパラメータ]<br>-4dBm/100kHz (30MHz-1GHz)<br>-4dBm/MHz (1GHz 以上)<br>(周波数帯の端から 40MHz 以上の範囲に適用)<br>[実測値]<br>図 5.5.2-3                            |                                |
| 許容干渉電力 <sup>24</sup> | 帯域内干渉 (dBm/MHz)   | -115<br>(I/N=-6dB、NF=5dB)   | -110<br>(I/N=-6dB、NF=10dB)     |
|                      | 帯域外干渉 (dBm)       | -52d (隣接 20MHz 幅)<br>-43 (上記以外)   | -47 (隣接 20MHz 幅)<br>-38 (上記以外) |

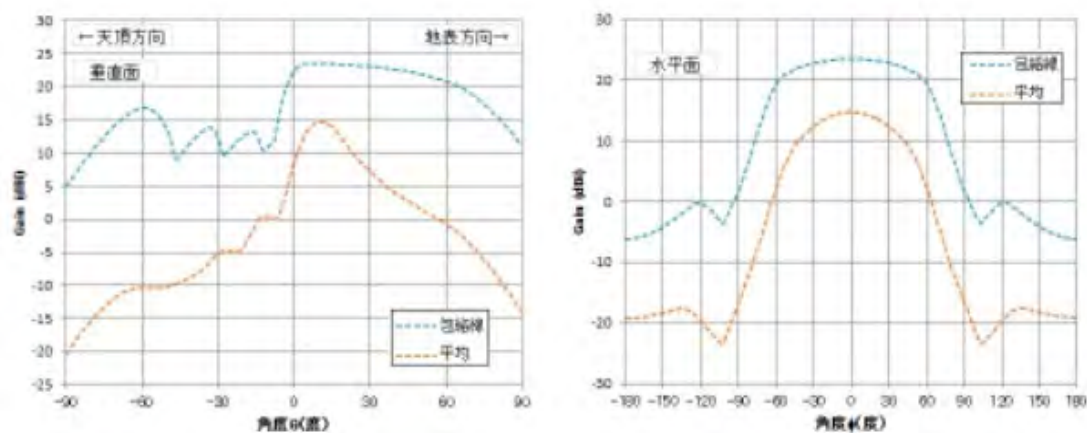


図 5.5.2-2 (a) マクロセル基地局の空中線指向性特性 (チルト 6 度)

<sup>23</sup> 3GPP TS38.104

<sup>24</sup> 3GPP TS38.104

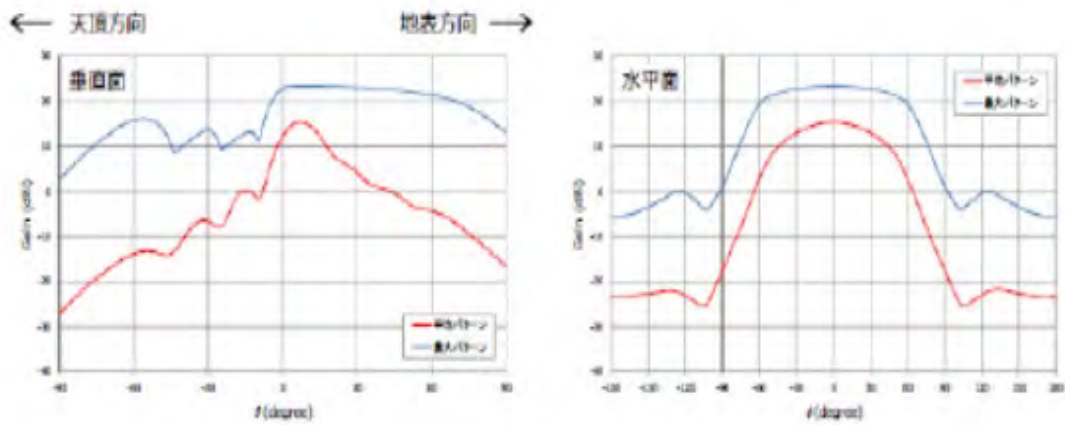


図 5.5.2-2 (b) スモールセル基地局の空中線指向性特性

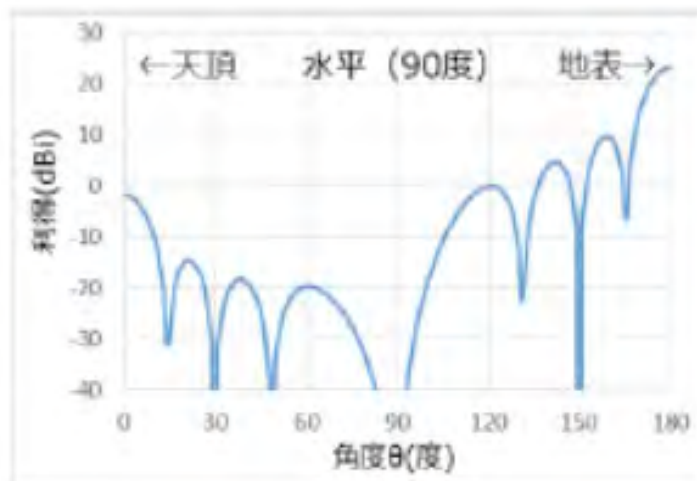


図 5.5.2-2 (c) 屋内基地局の空中線指向性特性 (チルト 90 度 (下向き)) 基地局の空中線指向性特性

表 5.5.2-3 移動局の共用検討パラメータ等<sup>25</sup>

| 諸元                       |                                | 移動局   |
|--------------------------|--------------------------------|---|
| 周波数 (MHz)                |                                | キャリア 5 G : 4550<br>ローカル 5 G : 4650  |
| 送信帯域幅 (MHz)              |                                | 100   |
| 空中線電力 (dBm)              |                                | 23<br>確率計算においては、図 5.5.2-4 の累積分布を使用  |
| 空中線利得 (dBi)              |                                | 0   |
| 給電線損失等 (dB)              |                                | 0   |
| 空中線指向特性<br>(水平、垂直)       |                                | 無指向性  |
| 空中線高 (m)                 |                                | 1.5   |
| 不要輻射 <sup>26</sup>       | 隣接 CH 漏<br>洩電力                 | 下記又は-50dBm/3.84MHz の高い値<br>-33dBc (CH 帯域幅/2+2.5MHz 離調)<br>-36dBc (CH 帯域幅/2+7.5MHz 離調)<br><br>下記又は-50dBm/CH 帯域幅 MHz の高い値<br>-30dBc (CH 帯域幅 MHz 離調) |
|                          | スプリアス<br>領域におけ<br>る不要発射<br>の強度 | -36dBm/1kHz (9kHz-150kHz)<br>-36dBm/10kHz (150kHz-30MHz)<br>-36dBm/100kHz (30MHz-1GHz)<br>-30dBm/MHz (1GHz-)                                      |
| その他損失 (dB)               |                                | 8 (人体吸収損)   |
| 許容干渉電<br>力 <sup>27</sup> | 帯域内干渉                          | -111dBm/MHz (I/N=-6dB、NF=9dB)   |
|                          | 帯域外干渉                          | -40dBm (CH 帯域幅と同一幅の隣接干渉波)   |

<sup>25</sup> 情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告 (2020年7月14日) 第4.4.2章 (P128-133)

<sup>26</sup> 3GPP TS38.101-1

<sup>27</sup> 3GPP TS38.101-1

各パラメータは、基本的に情報通信審議会 で用いられている値であるが、基地局の不要輻射値には、実測した基地局送信スペクトラム（図 5.5.2-3）、移動局の送信電力分布には、実測した移動局送信電力のデータ（図 5.5.2-4）を引用することで、より実フィールドに近い検討を行う。

基地局送信スペクトラムについては、図 5.3.3-3 に示す Anritsu ハンドヘルドスペクトラムアナライザ MS2720T を用いて、基地局近傍において測定した。移動局送信電力値は、図 5.3.3-4 に示す Sigma-ML を用いて 3 回測定し、平均を採用した。

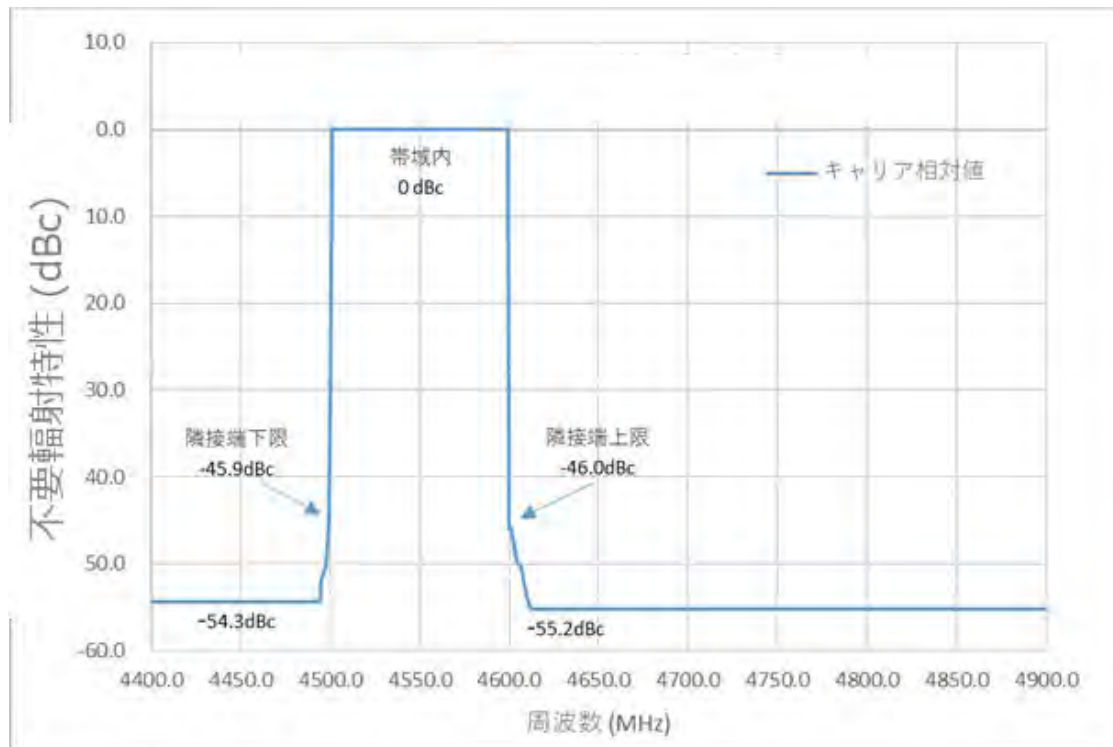


図 5.5.2-3 実測した基地局送信スペクトラム

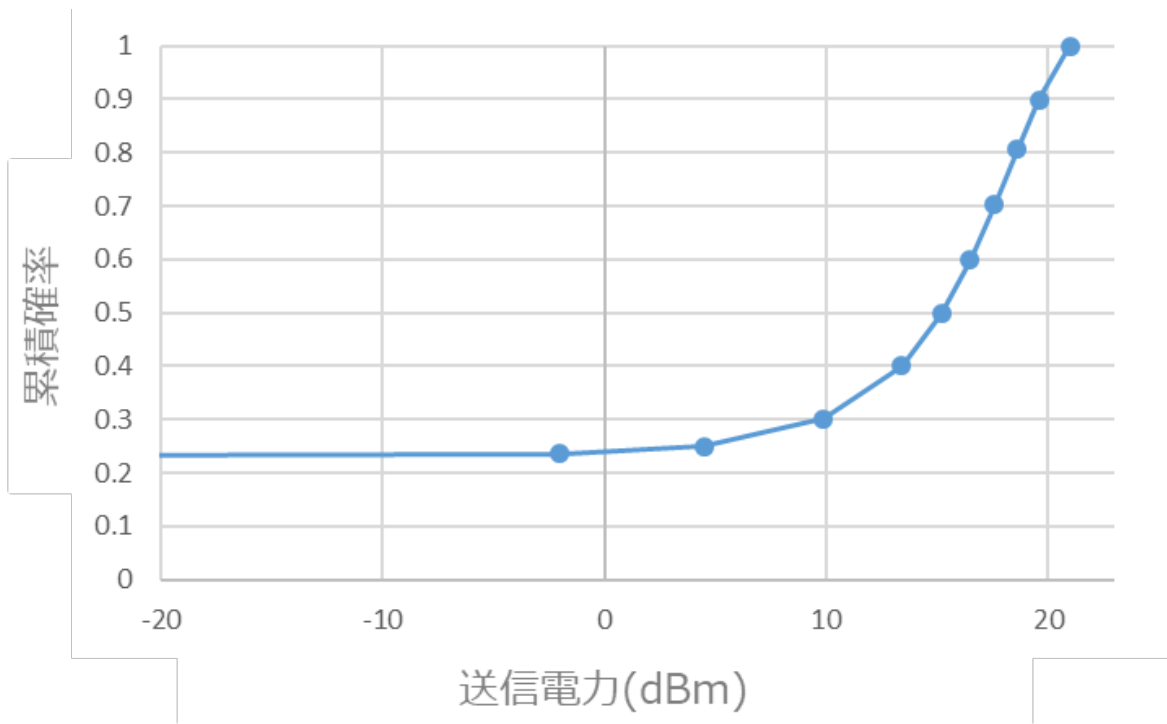


図 5.5.2-4 実測した移動局送信電力累積分布

(2) 検討する干渉シナリオ（ステップ2）

情報通信審議会報告書<sup>28</sup>では、ローカル5Gが準同期運用する場合に生じうる干渉シナリオとその影響度合いについて、下表のように考察している。

表 5.5.2-4 情報通信審議会での準同期運用時の検討結果（抜粋）

| 想定される運用ケース      | 情報通信審議会報告書における考察  |
|-----------------|---|
| 隣接周波数で準同期運用する場合 | <p>【基地局間干渉】<br/>準同期運用の基地局が、同期運用の基地局から干渉を受けることとなるが、準同期運用の基地局アンテナの向きや離隔の確保、遮蔽対策等を行うことで、干渉を低減することはできると考えられる。</p> <p>【移動局間干渉】<br/>確率統計的に共存可能と判断できるが、<u>双方が近接したまま与干渉局が大きな送信電力で連続的に通信を行うような特殊な状況が起こると、被干渉局の性能が劣化する可能性もある。</u>これを避けるためには、極端な近接を避けることや、与干渉局の送信電力を低く抑えるなどの方策が有効である。</p>                                |
| 同一周波数で準同期運用する場合 | <p>【基地局間干渉】<br/>屋外⇒屋外の場合、<u>準同期運用の基地局が、同期運用の基地局から干渉を受けることとなるが、準同期運用の基地局アンテナの向きや離隔の確保、遮蔽対策等を行うことで、干渉を低減することはできると考えられる。</u></p> <p>【移動局間干渉】<br/>屋外⇒屋外の場合、見通し内では所要離隔距離は400-600m程度となるが、見通し外では、最大で10m程度。<u>見通し外となるようなサイトエンジニアリングや通信環境を良好にすることで移動局の送信電力が大きくなるようなサイト構築、移動局の送信電力制御をすることで等の調整で、更なる離隔の短縮が期待される。</u></p> |

情報通信審議会での検討結果を踏まえ、ローカル5Gが準同期運用する場合の課題は、以下の2点と考えられる。

- 基地局間干渉において、同期運用基地局から準同期運用基地局へ与える干渉影響の程度を定量的に検討し、取りえる具体的な対策を検討すること。
- 移動局間干渉において、移動局が連続的に高い送信電力で送信するかどうかの見極めと、対策の検討

上記の検討課題を踏まえ、基地局間干渉については、図 5.5.2-5 に示す干渉シナリオを設定し、各シナリオにおける干渉影響度合いの定量的な検討と対策を検討する。

一方、移動局間干渉については、まずは、技術実証フィールドで実測した移動局送信電力データを分析し、過去の情報通信審議会における前提条件との比較を行う。そのうえで、必要に応じて、図 5.5.2-6 に示す干渉シナリオで干渉影響の定量的な検討を実施し、対策の検討を行う。

<sup>28</sup> 情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（2020年7月14日）第4.2.3、4.2.4章

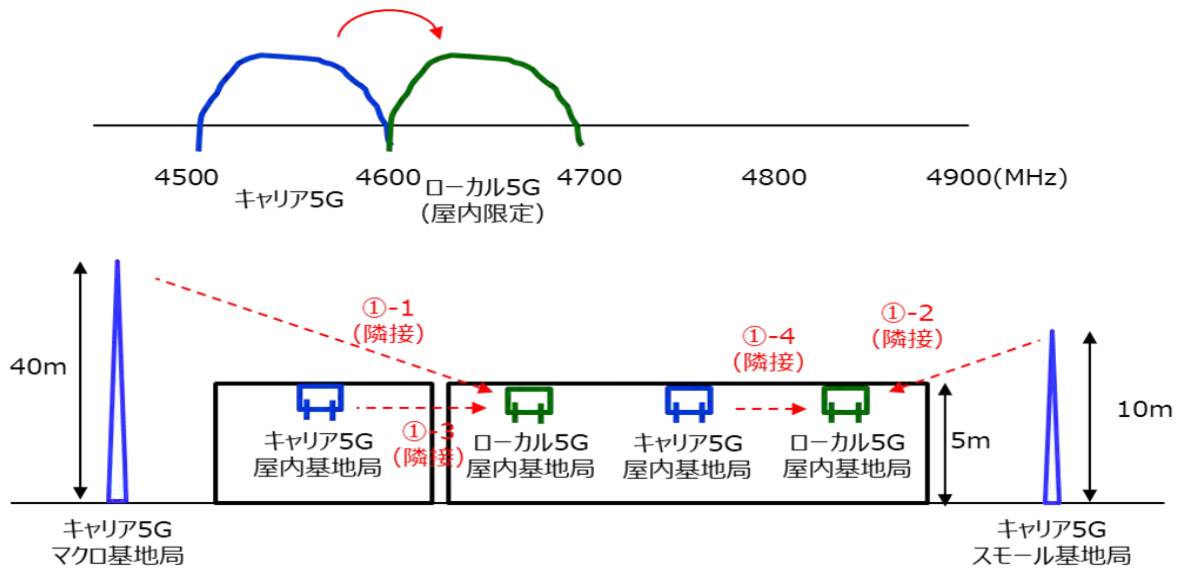


図 5.5.2-5 基地局間干渉における干渉シナリオ

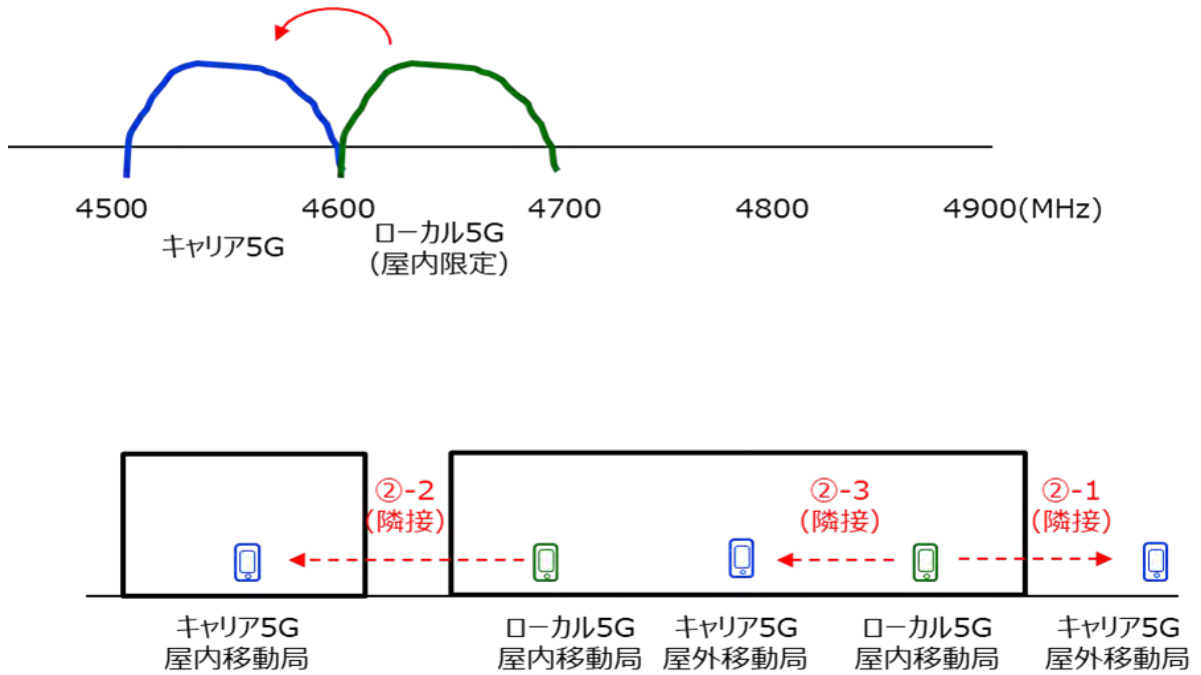


図 5.5.2-6 移動局間干渉における干渉シナリオ

(3) 干渉検討（ステップ3）

干渉検討においては、情報通信審議会報告書<sup>29</sup>と同様に、基地局間の干渉シナリオについては、1対1対向モデル、移動間の干渉シナリオについては、1対1対向モデル、及び、モンテカルロシミュレーションによる確率計算を実施する。

ここで、前述したように、技術実証フィールドで取得した実データを加味することにより、実際のフィールド環境に即した定量的な検討を行う。具体的には、基地局間の干渉シナリオにおいては、技術実証フィールドで実測した基地局送信スペクトラムを参考に隣接CH漏洩電力値を設定することで、現実のフィールドにおける干渉影響度合いの考察を行う。移動局間の干渉シナリオにおいては、技術実証フィールドで実測した移動局送信電力の累積分布を用いて、従前の情報通信審議会の検討結果との差分を考察する。その上で、必要に応じて、1対1対向モデルでの検討や確率計算を行う。

表 5.5.2-5<sup>6</sup> 及び図 5.5.2-7 に各手法における設定を示す。

表 5.5.2-4 1対1対向モデルの設定

| 項目     | 基地局—基地局間干渉 | 移動局—移動局間干渉 |
|--------|------------|------------|
| 電波伝搬式  | 自由空間伝搬     |            |
| 検討モデル  | 正対モデル      |            |
| 水平離隔距離 | 3m         | 1m         |

表 5.5.2-5 確率計算モデルの設定

| 項目       | パラメータ                  |
|----------|------------------------|
| 計算ソフトウェア | SEAMCAT 5.3.0          |
| 試行回数     | 2万回                    |
| 検討エリア半径  | 100m                   |
| 保護エリア半径  | -                      |
| 移動局台数    | 可変値とした                 |
| 移動局高度    | 1.5m                   |
| 干渉確率     | 3%以下（累積97%値で許容干渉レベル以下） |
| 伝搬モデル    | 自由空間伝搬                 |

<sup>29</sup> 情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告（2020年7月14日）第4.2章



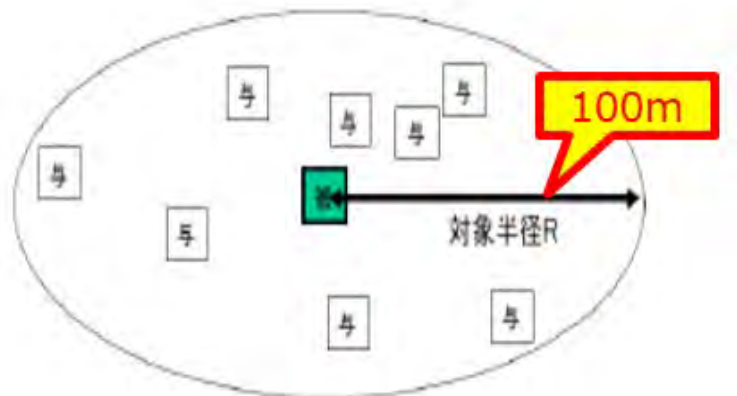


図 5.5.2-7 モンテカルロシミュレーションの計算モデル

(4) 共存条件の策定及び技術的課題の解決方策等の考察（ステップ4）

干渉検討結果を基に、共存条件を検討し、技術的課題の整理、解決策の検討等を実施する。

5.5.3 検証結果

(1) 基地局間干渉シナリオ

基地局間干渉シナリオでは、4500-4600MHz 帯において、同期モード（図 5.5.2-1 のパターン1）で運用されているキャリア 5G 基地局（屋外及び屋内）から、隣接周波数帯である 4600-4700MHz 帯において準同期モード（図 5.5.2-1 のパターン2）で運用されているローカル 5G 基地局（屋内）への干渉影響を、1対1対向モデルで計算した。互いのアンテナは正対している前提とし、結合損が最小となる離隔距離で計算した。

キャリア 5G 基地局としては、マクロ局（屋外）とスモール局（屋外、屋内）を選定した。一方、ローカル 5G 基地局としては、4600-4700MHz 帯が屋内限定バンドであるため、スモール局（屋内）を選定した。

表 5.5.3-1 に、基地局間干渉シナリオにおける共用計算結果（1対1対向モデル）を示す。計算結果からは、以下のことがわかる。

- ローカル 5G 基地局が、屋内において準同期で運用する場合、運用場所の屋外、周囲約 170m 以内に、キャリア 5G 基地局（マクロ局）が存在する場合、キャリア 5G 基地局のアンテナパターンによっては、ローカル 5G 基地局への干渉影響が発生する可能性がある (①-1)。

- ・ さらに、周囲約 30m 以内に、キャリア 5 G 基地局（スモール局）が存在する場合も、キャリア 5 G 基地局のアンテナパターンによっては、ローカル 5 G 基地局への干渉影響が発生する可能性がある（①-2）。
- ・ 一方、キャリア 5 G 屋内局については、たとえ、ローカル 5 G 屋内局と同一屋内に設置されていたとしても、大きな問題は発生しないと考えられる（①-3&4）。

表 5.5.3-1 基地局間干渉シナリオにおける共用計算結果（1 対 1 対向モデル）

| #   | AN<br>T<br>パ<br>タ<br>ー<br>ン | 不要輻射<br>レベル | 帯域内干渉                 |               |               | 帯域外干渉         |               |               |
|-----|-----------------------------|-------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|     |                             |             | 与干渉量<br>[dBm/MHz<br>] | 所要改<br>善量[dB] | 所要離隔<br>距離[m] | 与干渉量<br>[dBm] | 所要改<br>善量[dB] | 所要離隔<br>距離[m] |
| ①-1 | 平均                          | 情通審         | -110.1                | -0.1          | -             | -58.1         | -11.3         | -             |
|     |                             | 実測値         | -124.1                | -14.1         | -             | -58.1         | -11.3         | -             |
|     | 最大                          | 情通審         | -94.0                 | 16.0          | 173.0         | -42.0         | 5.0           | 119.0         |
|     |                             | 実測値         | -108.1                | 2.0           | 105.0         | -42.0         | 5.0           | 119.0         |
| ①-2 | 平均                          | 情通審         | -110.7                | -0.7          | -             | -69.6         | -22.6         | -             |
|     |                             | 実測値         | -135.5                | -25.5         | -             | -69.6         | -22.6         | -             |
|     | 最大                          | 情通審         | -98.2                 | 11.8          | 30.0          | -57.2         | -10.2         | -             |
|     |                             | 実測値         | -123.0                | -13.0         | -             | -57.2         | -10.2         | -             |
| ①-3 | 無<br>指<br>向                 | 情通審         | -149.5                | -39.5         | -             | -108.5        | -61.5         | -             |
|     |                             | 実測値         | -174.3                | -64.3         | -             | -108.5        | -61.5         | -             |
| ①-4 | 無<br>指<br>向                 | 情通審         | -117.5                | -7.5          | -             | -76.5         | -29.5         | -             |
|     |                             | 実測値         | -142.3                | -32.3         | -             | -76.5         | -29.5         | -             |

(2) 移動局間干渉シナリオ

移動局間干渉シナリオにおいては、4600-4700MHz 帯において、準同期モード（図 5.5.2-1 のパターン 2）で運用されているローカル 5 G 移動局（屋内）から、隣接周波数帯である 4500-4600MHz 帯において同期モード（図 5.5.2-1 のパターン 1）で運用されているキャリア 5 G 基地局（屋外及び屋内）への干渉影響を検討する。

最初に、1 対 1 対向モデル（水平離隔距離 1m、正対モデル）で計算した結果を表 5.5.3-2 に示す。計算結果からは、以下のことがわかる。

- ・ ローカル5G移動局が、屋内において準同期で運用する場合、ローカル5G移動局が運用している建物の屋外近隣においてキャリア5G移動局が運用している時には、1.5mの離隔距離が必要となる(②-1)。
- ・ さらに、ローカル5G移動局が運用している場所と同一の屋内でキャリア5G移動局が運用している時には、約9mの離隔距離が必要となる(②-3)。
- ・ 一方、ローカル5G移動局が運用している建物とは異なる建物内においてキャリア5G移動局が運用している時には、全く問題が無いと考えられる(②-2)。

表 5.5.3-2 移動局間干渉シナリオにおける共用計算結果 (1対1対向モデル)

| #   | 帯域内干渉             |               |           | 帯域外干渉         |               |           |
|-----|-------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|
|     | 与干渉量<br>[dBm/MHz] | 所要改善量<br>[dB] | 所要離隔距離[m] | 与干渉量<br>[dBm] | 所要改善量<br>[dB] | 所要離隔距離[m] |
| ②-1 | -107.8            | 3.2           | 1.5       | -54.8         | -14.8         | -         |
| ②-2 | -124.0            | -13.0         | -         | -71.0         | -31.0         | -         |
| ②-3 | -91.8             | 19.2          | 9.1       | -38.8         | 1.2           | 1.2       |

1対1対向モデルにおける計算では、特定の干渉シナリオにおいて、一定の離隔距離を確保することが必要という結果となっているが、ここでは、移動局の送信電力を最大値に設定して計算していることに留意する必要がある。さらに、②-1のケースでは、互いの存在場所が屋内外になっている前提なので、離隔距離1.5mの確保は、特に注意しなくても達成できる程度である。一方、②-3のケースは、同じ空間に移動局同士が存在するという前提であるため、詳細な考察を実施する必要があるだろう。

ここでは、前述した、実際の送信電力分布を踏まえた確率検討を行うことで、現実的な干渉問題の発生可能性などについて考察する。

図 5.5.3-1 は、情報通信審議会で移動局与干渉の場合の確率計算に用いられた移動局送信電力の累積分布<sup>30</sup>であり、累積確率分布50%値で約8dBmの送信電力値となっている。

一方、今回技術実証フィールド(新城集会所屋内)で取得した移動局送信電力分布は、図 5.5.3-2 のようであり、累積確率分布50%値で約15dBm程度であった。情報通信審議会に用いているデータよりも送信電力値が高めに張り付くケースも考えられるということを示す一例でもあるため、移動局台数をパラメータにモンテカルロシミュレーションを実施した。

<sup>30</sup> 情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告(2020年7月14日)第4.2.1.2章(3)P.125

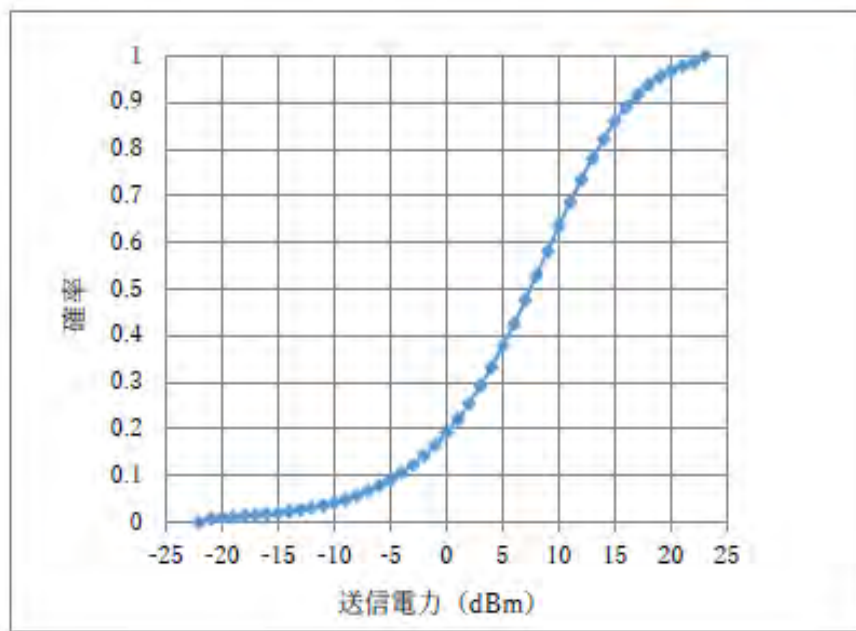


図 5.5.3-1 情報通信審議会において確率計算時に用いられた移動局送信電力累積分布

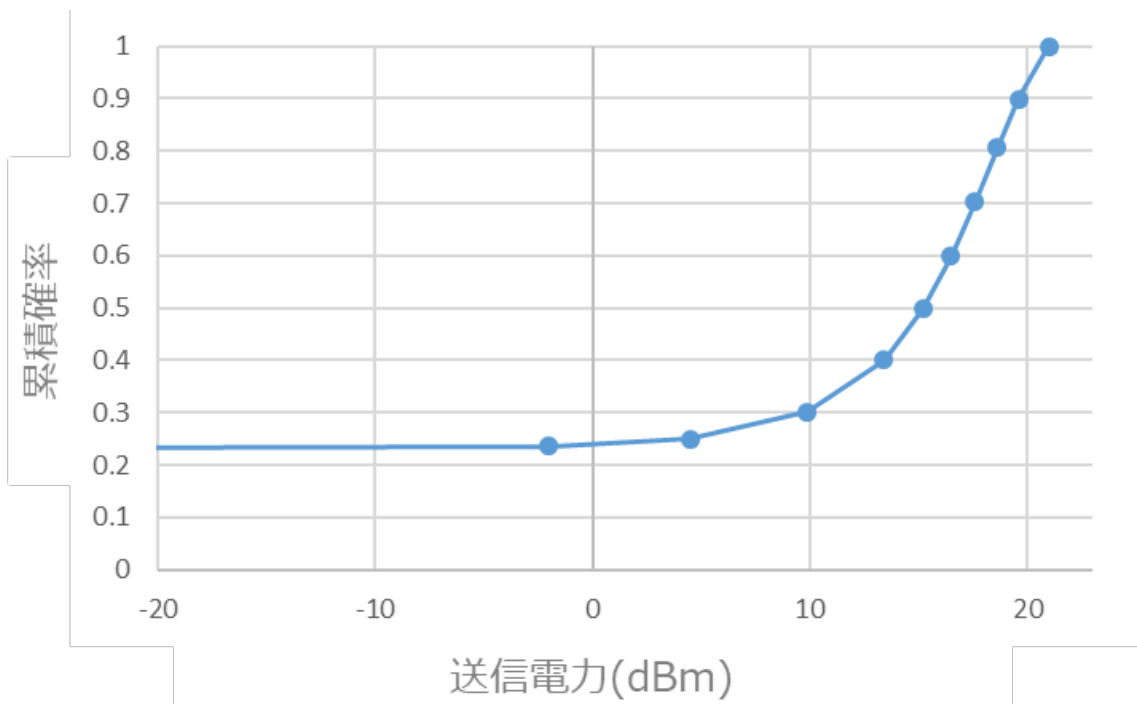


図 5.5.3-2 新城診療所等のフィールドで取得した移動局送信電力分布

表 5.5.3-3 に、実測した移動局送信電力分布を用いて実施したモンテカルロシミュレーションの結果を示す。シミュレーションは、②-1~3 の全ての干渉シナリオについて実施した。

シミュレーション結果からは、移動局数が 1 台だけなら、全ての干渉シナリオにおいて全く問題が無いことがわかる。モンテカルロシミュレーションでは、累積確率 97%値

で評価を行っているため、1対1対向モデルの計算でNGとなった干渉シナリオ②-1と③においても問題ないという結果になった。

表 5.5.3-3 には、ローカル5G移動局の台数を増やしていった場合に、所要改善量がプラスになる（つまりキャリア5G移動局に影響が出る）台数がどの程度かについても記載している。シミュレーション結果からは、干渉シナリオ②-1、②のケースでは、現実的にはあり得ない移動局台数にならないと影響が出ないことがわかる。一方、干渉シナリオ②-3のケースにおいては、ローカル5G移動局数が16台になると、干渉影響が出る可能性があるということがわかる。

図 5.5.3-3 は、ローカル5G移動局台数をパラメータにした、キャリア5G移動局の所要改善量の変化を示している。厳密に、所要改善量がプラスに転ずるのは、16台以上ではあるが、図からは、概ね10台以上になると所要改善量との差分がかなり小さくなっているため、ローカル5G運用者としては、ある程度のマージンを見込んで、ローカル5G移動局運用台数の管理を行った方がいいと考えられる。

表 5.5.3-3 移動局間干渉シナリオにおけるモンテカルロシミュレーション結果

| #   | 移動局1台の時の所要改善量 [dB] (97%値) | 所要改善量がプラスになる（影響が出る）移動局台数 |
|-----|---------------------------|--------------------------|
| ②-1 | -28.8                     | 600                      |
| ②-2 | -45.2                     | 24,000                   |
| ②-3 | -12.3                     | 16                       |

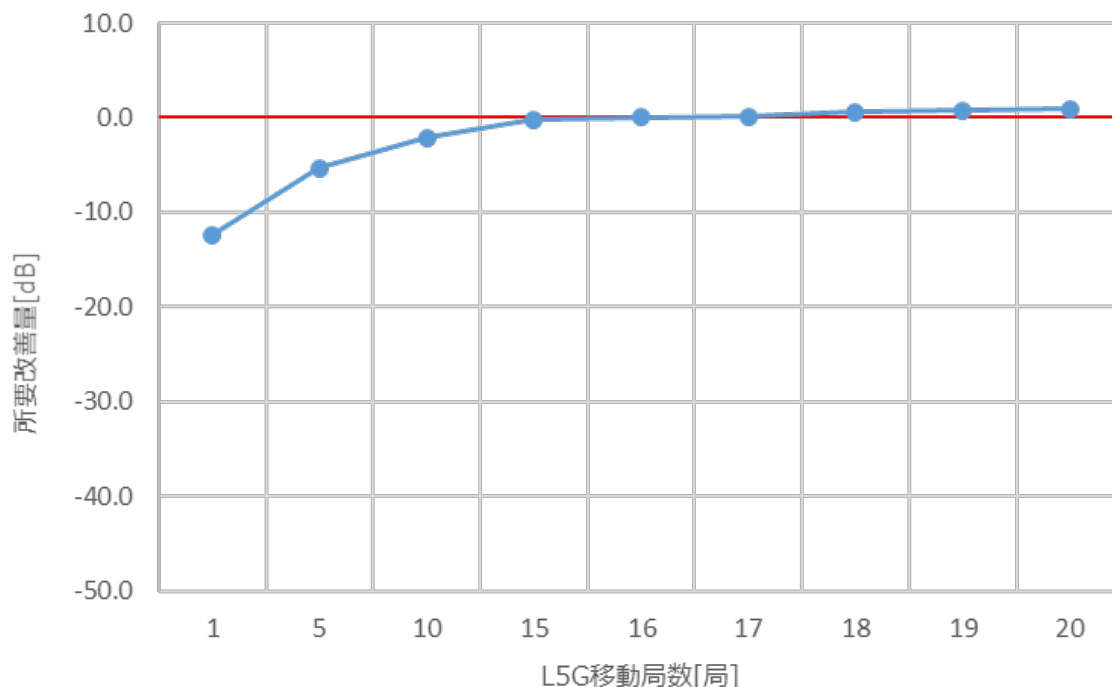


図 5.5.3-3 干渉シナリオ②-3における移動局台数による所要改善量の変化

#### 5.5.4 技術的課題の解決方策

4.5GHz帯において同期運用するキャリア5Gと隣接CHで準同期運用するローカル5Gとの間で、生じうる干渉影響について考察した。その結果、以下の知見を得た。

- ローカル5G基地局の準同期運用について

基地局間干渉シナリオについて評価した結果、キャリア5G基地局が屋外近傍で運用されている場合は、その基地局タイプやアンテナパターンにもよるが、ワーストケースでは、周囲のキャリア5G基地局からの干渉影響を受ける可能性があることがわかった。

従って、ローカル5G運用者が準同期運用を行う場合は、ローカル5G基地局の周囲数百m以内の屋外に、キャリア5G基地局が存在するかどうかを目視で確認しておくことが有効だろう。準同期運用を行う場合には、キャリア5G免許人からの同意を得なければならないので、事前調整の困難性をできるだけ排除するという意味で、可能な限り、周囲のキャリア5G基地局との離隔距離を確保しておくことが有効である。

事前に、キャリア5G基地局の運用状態を確認することが困難な場合は、ローカル5G基地局の運用周波数をキャリア5Gの隣接である4600-4700MHzから、4700MHz以上に変更するということも考えられる。

- ローカル5G移動局の準同期運用について

移動局間干渉シナリオについて評価した結果、キャリア5G移動局が屋外近傍で運用されている状況(②-1)においては1.5mの離隔距離を確保する必要があるという結果となった。しかし、屋内のローカル5G移動局と屋外のキャリア5G移動局は、何もしなくても1.5m程度の離隔距離は確保できると考えられる。また、確率計算上も、ローカル5G移動局数が600台を超えない限りは、キャリア5G移動局へ影響を与えないという結果であるため、このような干渉シナリオにおいては、大きな問題は生じないと考えられる。

一方、キャリア5G移動局とローカル5G移動局が同一空間で運用される状況(②-3)においては、1対1対向では、約9mの離隔距離が必要、確率計算上では、ローカル5G移動局の運用台数が16台を超えると、キャリア5G移動局に影響がでる、という結果となった。

検討対象としている4600-4700MHz帯においては、ローカル5Gは自己土地内の屋内でしか運用できないが、医療分野においてローカル5Gを活用する場合は、ローカル5G運用エリアに患者を始めとする一般人が立ち入ることが想定される。従って、今回検討を行った同一屋内空間においてローカル5G移動局とキャリア5G移動局が運用されている状況(干渉シナリオ②-3)も現実的に起こりえると考えられる。このような場合、今回の検討結果からは、何らかの対策を施す必要があると言えるだろう。例えば、一般人の立ち入り可能エリアを制限して、離隔距離9m以上を確保する、ローカル5G移動局の運用台数を16台以下に制限する等である。これらの対策が実施できないのであれば、運用周波数を4700MHz以上に変更するということも考えられる。

#### 5.5.5 更なる技術的課題等

医療分野においては、屋内のエリアをいかにうまく形成するかが重要であると考えられるが、今回の実証でその有効性を示したように、屋外基地局から屋内エリアを形成することもあるだろう。この場合、屋外における共用検討が必要となる。

現行制度上、ローカル5Gを屋外で運用する場合は、4800-4900MHz帯を使わなければならないため、4500-4600MHz帯で運用されているキャリア5Gとの間には、200MHzのガードバンドが確保され、特段干渉影響は不要となるはずである。従って、重要なのは、他のローカル5Gとの共存方策である。特に、他システムが、屋外運用している場合は、同一周波数で共存することになるため、どちらかが準同期モードで運用される場合は、今後、詳細に検討を行う必要があるだろう。

## 5.6 まとめ

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、課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）として、各基地局の周囲20メッシュ内及びその周辺エリアにおいて、下り受信電力値、伝送スループット、ラウンドトリップタイムを実測し、実測結果より、技術実証フィールドにおける適切な電波伝搬式の選定と、ローカル5G性能評価等を行った。

課題イ（ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等）として、総務省提供のエリア算出法と基地局送信電力の実測値との比較検証を行い、総務省提供のエリア算定式から得られるエリア端までの距離の評価、実測値とレイトレーシング法によるエリア設計値との比較検証を通じて、エリア構築等の観点の課題抽出と解決策を検討した。

課題ウ（その他ローカル5Gに関する技術実証）として、隣接周波数帯において、同期運用するキャリア5Gと準同期運用するローカル5Gの共用検討（机上検討）を行い、互いに干渉なく運用可能となるために必要な所要改善量、所要離隔距離等の評価した。その結果、以下の知見を得ることができた。

### 課題ア（ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等）

#### （1）診療所等の環境における4.7GHz帯の電波伝搬特性の評価

- 診療所等の環境における4.7GHz帯の電波伝搬特性について、下り受信電力値の測定結果から評価したところ、屋外環境については、奥村・秦式（中小都市、郊外地モデル）で概ね模擬できると考えられる。一方、屋内環境については、3GPPで用いられている屋内伝搬式（InH Office NLOS）が比較的良好に一致していると考えられる。

#### （2）診療所等の環境におけるローカル5G性能評価

- 診療所等の環境におけるローカル5G性能について、エリア形成の観点の観点と、ユーザへのサービス提供品質の観点から評価を行った。前者は、4.6-4.9GHz帯におけるローカル5G審査基準で定められている“カバーエリアレベル（100MHz幅の場合：-84.6dBm）”、“調整対象区域端レベル（100MHz幅の場合：-91.0dBm）”を評価指標に下り受信電力実測値から評価した。後者については、今回の課題実証の目標値であるUL伝送スループット60Mbpsを評価指標に、伝送スループットの実測値から評価した。
- エリア形成の観点からは、屋外基地局、屋内基地局共に、想定していたターゲットエリアをきれいにカバーできていることが確認できた。一方で、ターゲットエリア以外においては、屋外へ強めの電力が漏洩しているケースも確認できた。これらについては、建物の構造の関係等に起因していると想定される。
- ユーザへのサービス提供品質の観点からは、屋外基地局、屋内基地局共に、ターゲットエリア内では、UL伝送スループットの平均値が目標値である60Mbpsを上回っており、十分な性能を確保できていることを確認した。また、屋外、屋内環境共に、伝送スループットと下り受信電力値は比例関係にあり、伝送スループット特性を向上するには、下り受信電力値の向上が必要であることがわかった。
- 特に、屋内環境において屋内の隅々まで、安定して良好なローカル5G性能を得るには、1つの基地局に複数のアンテナユニットを接続して、異なる方向から、電波を発射することにより、屋内での電波の届きにくい環境を減



らす方策、(現時点では、制度的に認められてはいないため、将来的に制度改正がなされた場合の方策となるが) 小電力レピータや陸上中継移動局のような、基地局からの電波を中継する装置を使う方策、反射板を適切に設置する等の方策が有効と考えられる。

## 課題イ (ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等)

### (1) カバーエリア及び調整対象区域図の作成

- 奥村・秦式に基づく計算式に、課題アで評価したモデル(中小都市、郊外地モデル)のパラメータを入力して計算したところ、屋外基地局、屋内基地局共に、計算式によるエリア端と下り受信電力実測結果から推定したエリア端が比較的よく一致することが確認できた。

### (2) 診療所等における最適なエリア構築、システム構成に関する考察

- 最適なエリア構築、システム構築とは、サービスを想定しているターゲットエリアにおいて、目標となる伝送スループットを満足できる、受信電力及び品質を得られる構築である。
- レイトレーシング法によるエリア設計図と下り受信電力実測値から推定したエリア図との比較により、診療所等におけるエリア構築について評価した結果、屋外エリア、屋内エリア共に、エリア設計図と測定結果による推定エリア図が、よく一致しており、想定通りのターゲットエリアが構築できていることを確認した。
- 診療所や集会所の屋内におけるターゲットエリアをカバーするため、屋外基地局から屋内エリアを形成する手法と、屋内基地局を使って屋内エリアを形成する手法の両方を実施し、両方とも想定通りの屋内エリア形成ができた。
- 特に、スモールセル用の基地局であれば、屋内のターゲットエリアを適切にエリア化でき、さらに、屋内から屋外や自己土地外への漏洩電力についても、建物侵入損を活かせるように適切な置局をすれば、漏洩電力を低く抑えることができると考えられる。
- 一方、山間地において屋外エリアを形成する場合には、地形や樹木等の影響による、ターゲットエリア外への想定しない電波到達を防ぐためにも、伝搬環境を含めた事前の詳細な検討が必要となるだろう。
- 診療所等で、5Gの特徴の1つである超高速伝送を活かしたエリア構築を目指す場合には、ターゲットエリア(例えば診察室内)において、受信電力値が安定的に高くなるようにエリアを形成することが重要であり、ターゲットエリアの近くに屋内基地局を設置することが最も確実な手法である。
- また、代替手段としては、屋外に設置した基地局から屋内エリアを形成する手法が考えられるが、課題は、自己土地外への漏洩電力値が高くなるケースがあることである。ターゲットエリアの選定と、その中で欲しい性能との兼ね合いで、最適な基地局装置選定をすることが重要である。
- 診療所等屋内の隅々までターゲットエリアにする必要がある場合、診療所内の多くの部屋において、安定的な下り受信電力を確保することが課題になるだろう。このような場合には、例えば、1つの基地局に複数のアンテナユニットを接続して、異なる方向から、電波を発射することにより、屋内での電波の届きにくい環境を減らしていく方法、小電力レピータや陸上中継移動局のような、基地局からの電波を中継する装置を使う方策、反射板を適切に設

置する等の方策、さらに、このような手法を選択する場合に、毎回免許変更手続きなどをしなくても済むような柔軟な制度を確立することが重要である。

#### 課題ウ（その他、ローカル5Gに関する技術実証）

- ローカル5G基地局の準同期運用については、キャリア5G基地局が屋外近傍で運用されている場合は、その基地局タイプやアンテナパターンにもよるが、ワーストケースでは、周囲のキャリア5G基地局からの干渉影響を受ける可能性があることがわかった。
- 従って、ローカル5G運用者が準同期運用を行う場合は、ローカル5G基地局の周囲数百m以内の屋外に、キャリア5G基地局が存在するかどうかを目視で確認しておくことが有効だろう。
- 準同期運用を行う場合には、キャリア5G免許人からの同意を得なければならないので、事前調整の困難性をできるだけ排除するという意味で、可能な限り、周囲のキャリア5G基地局との離隔距離を確保しておくことが有効である。
- 事前に、キャリア5G基地局の運用状態を確認することが困難な場合は、ローカル5G基地局の運用周波数をキャリア5Gの隣接である4600-4700MHzから、4700MHz以上に変更するということも考えられる。
- ローカル5G移動局の準同期運用については、キャリア5G移動局が屋外近傍で運用されている状況においては1.5mの離隔距離を確保する必要があるという結果となった。しかし、このような干渉シナリオにおいては、対策を行わなくても大きな問題は生じない程度の影響と考えられる。
- キャリア5G移動局とローカル5G移動局が同一空間で運用される状況においては、1対1対向では、約9mの離隔距離が必要、確率計算上では、ローカル5G移動局の運用台数が16台を超えると、キャリア5G移動局に影響がでる、という結果となった。
- 検討対象としている4600-4700MHz帯においては、ローカル5Gは自己土地内の屋内でしか運用できないが、医療分野でローカル5Gを活用する場合は、ローカル5G運用エリアに患者を始めとする一般人が立ち入ることが想定される。このような場合、例えば、一般人の立ち入り可能エリアを制限して、離隔距離9m以上を確保する、ローカル5G移動局の運用台数を16台以下に制限する等の対策が考えられる。
- これらの対策が実施できないのであれば、運用周波数を4700MHz以上に変更するということも考えられる。

## 6. 実装及び横展開に関する検討

### 6.1 前提条件

本実証の5G基地局設備および映像伝送・診療システムは、新都市をフィールドに導入を行うことを念頭に検証を行う。診療所駐車場に設置する5G基地局や新都市市民病院に納入する実証機器の一部は、実証終了後も利活用することを前提とする。一方で、集会所の5G基地局、モバイル超音波画像診断装置、遠隔診療システム、映像伝送・診療システム等については、実証の成果に基づき、新都市および他の自治体への導入を検討する。

2021年度に実証フィールドである新都市作手地区住民を対象に、映像伝送・診療システムを実装するため、ユーザニーズ、コスト分析、経済性、事業者の役割分担、事業モデルを検討する。さらに、2022年度以降、新都市作手地区以外の医療資源の少ない地域や他の自治体への横展開を念頭にした事業計画を検討する。



※本計画はあくまでも予定であり、本実証の成果に基づいて、あらかじめ市や事業者にて実装可否を判断します。

図 6.1 実装に向けた検討プロセス

### 6.2 持続可能な事業モデル等の構築・計画策定

#### 6.2.1 対象とする地域課題および社会ニーズ

2.1章および2.3章に示したとおり、新都市では高齢者の独居世帯や老老介護世帯の増加、医療アクセスの悪さ、災害時の集落孤立のリスクといった、深刻な地域医療の課題を抱えており、住民の健康増進・維持のための解決策が求められている。へき地に住む患者に対して、健康異常の早期検知、早期介入のための遠隔診療・遠隔リハビリ指導の仕組みを提供する。

### 6.2.2 課題解決システムの事業主体

新城市作手地区の実装においては、プレゼンティーズム調査の事業主体を新城市、遠隔診療・遠隔リハビリ指導等の医療サービスの事業主体は新城市民病院を想定する。

### 6.2.3 課題解決システムの導入・維持コストの分析

映像伝送・診療システムの導入および運用に要するコスト項目を表 6.2.3-1 にリスト化した。実証試験では、遠隔診療・遠隔リハビリ指導の質を担保するために必要と想定される機能を具備したモデルを構築するが、実証試験を通じて、MUST となる機能と WANT である機能に分けてコストの分析を行い、その結果を表 6.2.3-2 に示した。MUST の機能とは事業が成立するためのコアコンピタンスとなるコスト項目 (MUST) であり、WANT である機能とは、より高い医療の質や効率性を求めるための付加価値をもたらすコスト項目 (WANT) の選別を行う。実装においては、MUST の機能を優先して導入することを目指す。

表 6.2.3-1 実装時の MUST 機能/WANT 機能の切り分け

| 実証項目             | 機能（アプリケーション）    | MUST/<br>WANT | 根拠                                      |
|------------------|-----------------|---------------|---|
| プレゼンティーズム調査      | プレゼンティーズム調査システム | MUST          | 健康異常の早期検知を行い、リハビリ等の介入につなげるための機能         |
| 遠隔リハビリ指導         | 映像伝送システム        | MUST          | 指導および安全確保のために映像による双方向のコミュニケーションは必須      |
|                  | モーションキャプチャシステム  | WANT          | 4K カメラ映像にて代替可能。ただし、機能改善度を定量評価する場合には必須。  |
|                  | 遠隔診療支援システム      | WANT          | 映像による問診で代替可能                            |
|                  | 5G 通信           | MUST          | 遅延なく高精細な映像を送送するために 5G が必須               |
| 遠隔健康指導           | 映像伝送システム        | MUST          | 指導および安全確保のために映像による双方向のコミュニケーションは必須      |
|                  | 遠隔診療支援システム      | WANT          | 映像による問診で代替可能                            |
|                  | 5G 通信           | WANT          | 集団向けの指導では、4K ほどの解像度を必ずしも必要としない          |
| 遠隔摂食嚥下療法         | 映像伝送システム        | MUST          | 指導および安全確保のために映像による双方向のコミュニケーションは必須      |
|                  | 遠隔診療支援システム      | WANT          | 映像による問診で代替可能                            |
|                  | 5G 通信           | WANT          | 集団向けの指導では、4K ほどの解像度を必ずしも必要としない          |
| 遠隔診療<br>(腹部エコー)  | 映像伝送システム        | MUST          | プローブ操作映像を確認するために必須                      |
|                  | 遠隔診療支援システム      | MUST          | バイタルの確認が必須                              |
|                  | モバイル超音波画像診断装置   | MUST          | 必須機器                                    |
|                  | 5G 通信           | MUST          | 遅延なく高精細なエコー画像およびプローブ操作映像を送送するために 5G が必須 |
| 災害時診療<br>(下肢エコー) | 映像伝送システム        | MUST          | プローブ操作映像を確認するために必須                      |
|                  | 遠隔診療支援システム      | MUST          | バイタルの確認が必須                              |
|                  | モバイル超音波画像診断装置   | MUST          | 必須機器                                    |
|                  | 5G 通信           | MUST          | 遅延なく高精細なエコー画像およびプローブ操作映像を送送するために 5G が必須 |

表 6. 2. 3-2 MUST 機能/WANT 機能のコスト

| 機能（アプリケーション）                              | MUST/WANT             |
|---|-----------------------|
| プレゼンティーズム調査システム                           | MUST                  |
| 映像伝送システム                                  | MUST                  |
| 5G 通信                                     | MUST                  |
| 遠隔診療支援システム                                | MUST                  |
| モバイル超音波画像診断装置                             | MUST                  |
| モーションキャプチャシステム                            | WANT                  |
| 合計コスト 1（MUST のみ）<br>イニシャルコスト/年間ランニングコスト   | 101, 572 千円/5, 316 千円 |
| 合計コスト 2（MUST+WANT）<br>イニシャルコスト/年間ランニングコスト | 111, 984 千円/5, 316 千円 |

## 6. 2. 4 経済性

### 6. 2. 4. 1 医療機関における経済性

従来、中核病院への通院が困難であるために対面でのリハビリや診療の提供頻度が不足していた患者に対して、遠隔でリハビリや診療の機会を提供することで本来目指すべき重症化予防や症状の回復・維持に貢献する。その結果として、医療機関においてどの程度収益効果が付随するかを分析する。

#### 遠隔リハビリ指導による収益効果の概算

医療機関にリハビリテーションを行うための映像伝送・診療システムの仕組みが導入されることで期待される収益の増加を試算する。厳密には、映像伝送・診療システムによって長期入院患者を在宅医療へ移管できる可能性があることから、入院期間の最適化による入院収益の改善も見込まれるが、入院患者については本実証の検証範囲外であるため試算の対象から除外する。なお、医療機関の外来収益は、外来診療回数と1回あたりの単価に依存するが、ここでは外来でのリハビリ指導とオンラインでのリハビリ指導は財政的負担上同等であると仮定して試算を行うこととする。したがって、遠隔でのリハビリ指導が可能にな

ることによって生じる患者当りの診療回数の変化から、収益効果を試算する。

試算にあたっては下記の前提条件を設定する。

- 1) 対象患者は、脳血管疾患等リハビリテーションまたは運動器リハビリテーションを受ける中核病院退院患者とする。(厚生労働省の令和元年度社会診療行為統計から、リハビリテーション算定件数のうち8割以上が上記2つのリハビリテーションとして算定されていることによる)
- 2) 1患者につき、週3回2単位(40分)の遠隔リハビリを受けると仮定する
- 3) 従来は週1回2単位(40分)の外来リハビリを受けていたと仮定する
- 4) 対面と同様に遠隔リハビリの算定を行うと仮定する
- 5) 医療施設は施設基準Iを満たすものとする
- 6) リハビリテーション以外の算定項目については考慮しない
- 7) 4ヶ月間の算定とする(標準的算定日数⇒脳血管疾患:180日、運動器:150日)
- 8) 遠隔リハビリ指導の対象となる患者は20名と仮定する。

表 6.2.4-1 遠隔リハビリ指導による医療機関の収益効果

| 算定項目                | 点数  | 患者当りの4ヶ月間算定単位(従来) | 患者当りの4ヶ月間算定単位(遠隔リハビリ指導) | 患者1名当りの算定料差額(円) | 収益増分(円)   |
|---------------------|-----|-------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| 脳血管疾患等リハビリテーション料(I) | 245 | 32                | 96                      | 156,800         | 1,568,000 |
| 運動器リハビリテーション料(I)    | 185 | 32                | 96                      | 118,400         | 1,184,000 |
|                     |     |                   |                         | 計               | 2,752,000 |

#### 遠隔診療(腹部エコー)による収益効果の概算

医療機関に超音波画像検査を遠隔で行うための映像伝送・診療システムの仕組みが導入されることで期待される収益の増加を試算する。なお、医療機関の外来収益は、外来診療回数と1回あたりの単価に依存するが、ここでは外来での超音波画像検査とオンラインでの超音波画像検査は財政的負担上同等であると仮定して試算を行うこととする。したがって、遠隔での超音波画像検査が可能になることによって生じる患者当りの診療回数の変化とオンライン診療算定料から、収益効果を試算する。

試算にあたっては下記の前提条件を設定する。

- 1) 再診とし、疾患は特定されているものとする
- 2) 1患者につき1か月に1回の診療頻度と仮定する
- 3) 1患者につき3か月に1回は対面での診療と仮定する
- 4) 従来は1患者につき3か月に1回の対面診療であったと仮定する
- 5) 再診料、医学管理料、超音波検査料のみを考慮する
- 6) 新型コロナウイルスによる時限措置下で通知された算定料に基づく
- 7) 訪問診療での利用を想定する
- 8) 遠隔診療の対象となる患者は10名とする。

表 6.2.4-2 超音波画像検査を含む対面診療とオンライン診療での算定比較

|                    | 対面診療(点) | オンライン診療(点) |
|--------------------|---------|------------|
| 再診料                | 73      | 73         |
| 医学管理料              | 225     | 147        |
| 超音波画像検査<br>(訪問診療時) | 400     | 400        |
| 計                  | 698     | 620        |

表 6.2.4-3 遠隔診療における算定シミュレーション

|         | 1月 | 2月    | 3月    | 4月  | 5月    | 6月    |
|---------|----|-------|-------|-----|-------|-------|
| 遠隔診療導入前 | 対面 | —     | —     | 対面  | —     | —     |
| 遠隔診療導入後 | 対面 | オンライン | オンライン | 対面  | オンライン | オンライン |
|         | 7月 | 8月    | 9月    | 10月 | 11月   | 12月   |
| 遠隔診療導入前 | 対面 | —     | —     | 対面  | —     | —     |
| 遠隔診療導入後 | 対面 | オンライン | オンライン | 対面  | オンライン | オンライン |

表 6.2.4-4 遠隔診療による医療機関の収益効果

|         | 患者当りの<br>年間算定(点) | 患者当りの算定料差<br>額<br>(円) | 収益増分(円) |
|---------|------------------|-----------------------|---------|
| 遠隔診療導入前 | 2,792            | 49,660                | 496,600 |
| 遠隔診療導入後 | 7,752            |                       |         |



#### 6.2.4.2 自治体における経済性

作手地区の要支援・要介護認定者を対象に、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔診療等の映像伝送・診療システムを導入することによる介護給付費の削減効果を試算する。

作手地区の要支援・要介護認定者数の実績（2016年～2020年）と推計（2021年～2030年）を表 6.2.4.2-1 に示す。2021年以降の推計数については、新城市における要支援・要介護認定者数の増加予測率（第7期新城市高齢者福祉計画より）をもとに算出した。なお、要支援・要介護度の分布割合については、2020年の分布割合と同等であると仮定した。

表 6.2.4-5 作手地区の要支援・要介護認定者数

| 年度    | 要支援1 | 要支援2 | 要介護1 | 要介護2 | 要介護3 | 要介護4 | 要介護5 | 計   | 平均要介護度※ |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---------|
| 2016年 | 40   | 31   | 58   | 27   | 23   | 19   | 15   | 213 | 1.68    |
| 2017年 | 36   | 30   | 60   | 27   | 16   | 26   | 13   | 208 | 1.71    |
| 2018年 | 41   | 23   | 55   | 36   | 32   | 25   | 10   | 222 | 1.78    |
| 2019年 | 44   | 35   | 57   | 36   | 31   | 20   | 9    | 232 | 1.62    |
| 2020年 | 47   | 32   | 52   | 30   | 29   | 22   | 10   | 222 | 1.64    |
| 2021年 | 47   | 32   | 52   | 30   | 29   | 22   | 10.0 | 223 | 1.64    |
| 2022年 | 47   | 32   | 52   | 30   | 29   | 22   | 10.1 | 224 | 1.64    |
| 2023年 | 48   | 32   | 53   | 30   | 29   | 22   | 10.1 | 225 | 1.64    |
| 2024年 | 48   | 33   | 53   | 31   | 30   | 22   | 10.2 | 226 | 1.64    |
| 2025年 | 48   | 33   | 53   | 31   | 30   | 22   | 10.2 | 227 | 1.64    |
| 2026年 | 48   | 33   | 53   | 31   | 30   | 23   | 10.3 | 228 | 1.64    |
| 2027年 | 48   | 33   | 54   | 31   | 30   | 23   | 10.3 | 229 | 1.64    |
| 2028年 | 49   | 33   | 54   | 31   | 30   | 23   | 10.4 | 230 | 1.64    |
| 2029年 | 49   | 33   | 54   | 31   | 30   | 23   | 10.4 | 231 | 1.64    |
| 2030年 | 49   | 33   | 54   | 31   | 30   | 23   | 10.5 | 232 | 1.64    |

（出所：新城市提供資料をもとにNTTデータ経営研究所にて作成）

※平均要介護度：要支援1を0.25、要支援2を0.5、要介護1～5を1～5として平均を算出したもの

試算にあたっては下記の前提条件を設定する。

- 1) 作手認定者数は、新城市全体の認定者増加率と同様に増加するものと仮定する
- 2) 映像伝送・診療システムを導入しなかった（介護予防対策なし）場合、要支援・要介護度の分布割合は一定で変わらずに推移すると仮定する。
- 3) 映像伝送・診療システムを導入した（介護予防対策あり）場合、要支援・要介護度の分布割合が以下の年率で軽度の方向へ改善されると仮定する。

- 4) 改善による認定非該当への移行や死亡・転出による認定喪失については考慮しない。  
 (つまり、認定者数が減ることはなく、上記1)のとおり増加するものと仮定する)

表 6.2.4-6 作手地区の要支援・要介護者の要支援・要介護度別の想定増減率  
 (年あたり)

| 要支援 1 | 要支援 2 | 要介護 1 | 要介護 2 | 要介護 3  | 要介護 4  | 要介護 5  |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 0.15% | 0.10% | 0.05% | 0.00% | -0.05% | -0.10% | -0.15% |

表 6.2.4.2-2 にもとづき、映像伝送・診療システム導入後に想定される作手地区の要支援・要介護認定者数の将来推計を表 6.2.4.2-3 に算出した。

表 6.2.4-7 映像伝送・診療システム導入後の作手地区要支援・要介護認定者数の将来推計

| 年度    | 要支援 1 | 要支援 2 | 要介護 1 | 要介護 2 | 要介護 3 | 要介護 4 | 要介護 5 | 計   | 平均<br>要介護度 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------------|
| 2020年 | 47    | 32    | 52    | 30    | 29    | 22    | 10    | 222 | 1.64       |
| 2021年 | 48    | 32    | 52    | 30    | 29    | 22    | 10    | 223 | 1.63       |
| 2022年 | 48    | 33    | 53    | 30    | 29    | 22    | 9     | 224 | 1.62       |
| 2023年 | 49    | 33    | 53    | 30    | 29    | 22    | 9     | 225 | 1.61       |
| 2024年 | 49    | 33    | 53    | 31    | 29    | 21    | 9     | 226 | 1.60       |
| 2025年 | 50    | 34    | 54    | 31    | 29    | 21    | 9     | 227 | 1.58       |
| 2026年 | 50    | 34    | 54    | 31    | 29    | 21    | 8     | 228 | 1.57       |
| 2027年 | 51    | 35    | 54    | 31    | 29    | 21    | 8     | 229 | 1.56       |
| 2028年 | 51    | 35    | 55    | 31    | 29    | 21    | 8     | 230 | 1.55       |
| 2029年 | 52    | 35    | 55    | 31    | 29    | 21    | 7     | 231 | 1.54       |
| 2030年 | 53    | 36    | 56    | 31    | 29    | 21    | 7     | 232 | 1.53       |

ここで、要支援・要介護度別の一人当たりの介護給付費を示す。

表 6.2.4-8 要支援・要介護度別の一人当たりの介護給付費 (単位：円)

|     | 要支援 1   | 要支援 2   | 要介護 1     | 要介護 2     | 要介護 3     | 要介護 4     | 要介護 5     |
|-----|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 全国  | 90,094  | 188,750 | 1,070,681 | 1,550,438 | 2,390,149 | 2,796,451 | 2,958,694 |
| 愛知県 | 101,581 | 217,174 | 1,181,839 | 1,628,349 | 2,493,889 | 2,866,025 | 3,119,257 |

(出所：厚生労働省平成30年度介護保険事業状況報告をもとに NTT データ経営研究所にて作成)

要支援・要介護度別の一人当たりの介護給付費をもとに、作手地区の要支援・要介護認定者に対する介護給付費の削減量を表 6.2.4.2-5 に試算した。

表 6.2.4-9 映像伝送・診療システム導入により想定する作手地区介護給付の削減量推計  
(単位：千円)

| 年度                | 介護給付費<br>(介護予防対策なし) | 介護給付費<br>(介護予防対策あり) | 介護給付削減量 |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 2020年<br>(システム導入) | 288,598             | —                   | —       |
| 2021年             | 289,898             | 288,152             | 1,746   |
| 2022年             | 291,198             | 287,689             | 3,508   |
| 2023年             | 292,498             | 287,212             | 5,286   |
| 2024年             | 293,798             | 286,718             | 7,080   |
| 2025年             | 295,098             | 286,209             | 8,889   |
| 2026年             | 296,398             | 285,685             | 10,713  |
| 2027年             | 297,698             | 285,144             | 12,554  |
| 2028年             | 298,998             | 284,588             | 14,410  |
| 2029年             | 300,298             | 284,016             | 16,281  |
| 2030年             | 301,598             | 283,429             | 18,169  |

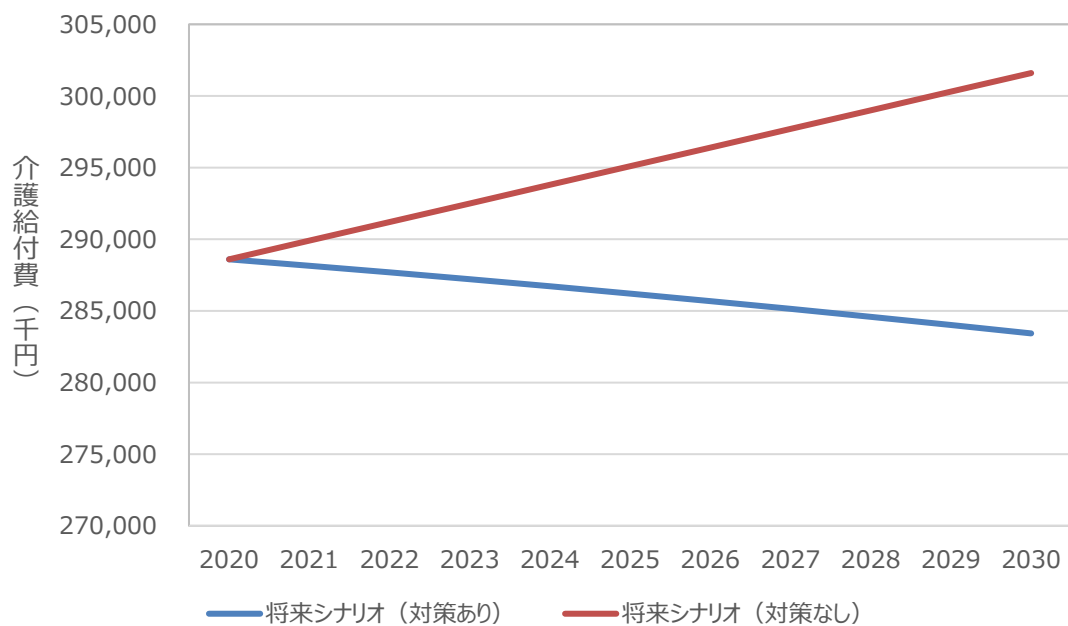


図 6.2.4-1 映像伝送・診療システム導入により想定する作手地区の介護給付支出推計

累積の介護支出削減量の推移と、映像伝送・診療システムの実装コストの推移を表 6.2.4.2-5 にて比較する。加えて、介護支出削減と実装コストの損益分岐点を図 6.2.4.2-2 に示す。なお、4.6.2 章にて、作手地区実装におけるイニシャルコストは約 2,400 万円、年間のランニングコストは約 530 万円と試算している。

表 6.2.4-10 映像伝送・診療システム導入により想定される損益の推移

| 年度                | 累積の介護給付削減量 | 累積の実装コスト | 損益      |
|-------------------|------------|----------|---------|
| 2020年<br>(システム導入) | —          | —        | —       |
| 2021年             | 1,746      | 29,008   | -27,261 |
| 2022年             | 5,255      | 34,324   | -29,069 |
| 2023年             | 10,541     | 39,640   | -29,099 |
| 2024年             | 17,621     | 44,956   | -27,335 |
| 2025年             | 26,509     | 50,272   | -23,763 |
| 2026年             | 37,223     | 55,588   | -18,365 |
| 2027年             | 49,776     | 60,904   | -11,127 |
| 2028年             | 64,186     | 66,220   | -2,034  |
| 2029年             | 80,468     | 71,536   | 8,932   |
| 2030年             | 98,636     | 76,852   | 21,785  |

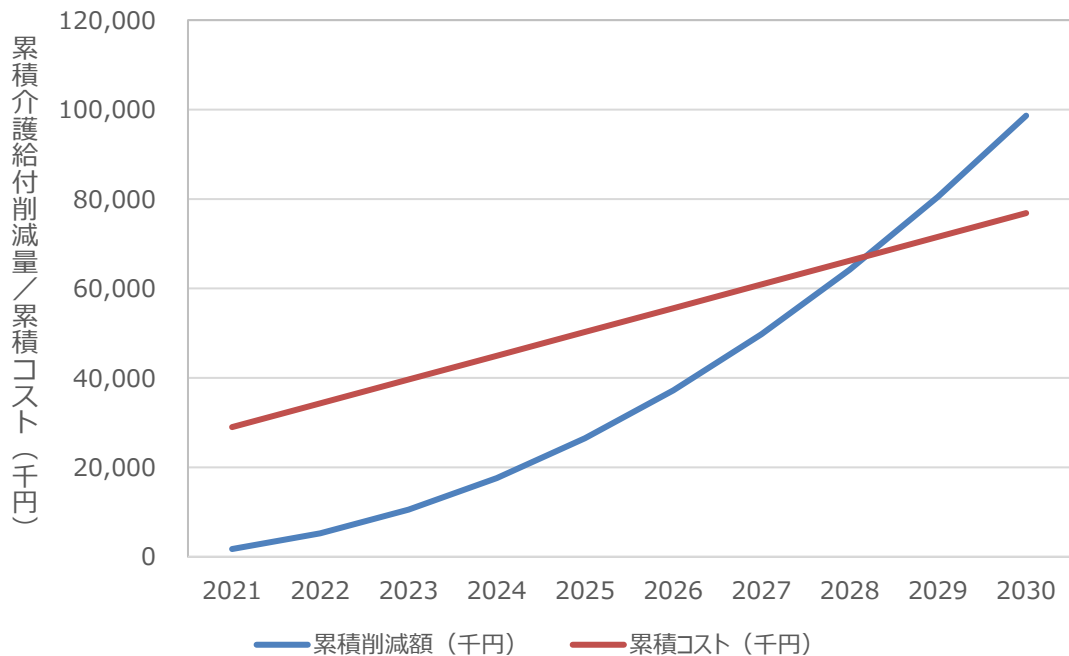


図 6.2.4-2 映像伝送・診療システム導入による作手地区の累積介護給付支出削減量と累積コスト

### 6.2.4.3 ステークホルダーの役割（案）

本実証の終了後、新城市作手地区への社会実装時における、事業関係者とその役割および各関係者の管理対象となる機器・システムをコンソーシアム内で協議の上整理した。

- 免許人

短期的には、本実証において診療所に併設する作手診療所駐車場に構築した NTT ドコモの 5G 恒久局を活用した運用を行う。一方で、中長期的には、ローカル 5G ベンダー（未定）を免許人として、新城市を含む東三河北部医療圏内に新たな 5G エリアの構築を行うことを目指す。

- 機器管理者

新城市作手地区における実装を想定し、各種アプリケーション・機器の管理者を表 6.2.4.3-1 に示す。

遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔診療（腹部エコー）、災害時診療（下肢エコー）の各テーマについては、診療・指導の提供者となる新城市民病院にて管理・運用を行うことを想定する。一方で、プレゼンティーズム調査システムおよびモーションキャプチャシステムについては、収集データの専門的な解析が付随することから、名古屋大学にて管理・運用を行うこととする。なお、プレゼンティーズム調査システムのユーザ（利用者）は新城市、モーションキャプチャシステムのユーザは新城市民病院を想定する。

表 6.2.4-11 各種アプリケーション・機器において想定する管理者

| アプリケーション・機器             | 管理者     | 用途          |          |        |          |             |                |
|-------------------------|---------|-------------|----------|--------|----------|-------------|----------------|
|                         |         | プレゼンティーズム調査 | 遠隔リハビリ指導 | 遠隔健康指導 | 遠隔摂食嚥下指導 | 遠隔診療（腹部エコー） | 災害時遠隔診療（下肢エコー） |
| 5G 恒久局                  | NTT ドコモ | —           | ○        | ○      | ○        | ○           | ○              |
| プレゼンティーズム調査に係る WEB システム | 名古屋大学   | ○           | —        | —      | —        | —           | —              |
| 映像伝送システム                | 新城市民病院  | —           | ○        | ○      | ○        | ○           | ○              |
| カメラ等機器                  | 新城市民病院  | —           | ○        | ○      | ○        | ○           | ○              |
| 遠隔診療支援システム              | 新城市民病院  | —           | ○        | ○      | ○        | ○           | ○              |
| モバイル超音波画像診断装置           | 新城市民病院  | —           | —        | —      | —        | ○           | ○              |
| モーションキャプチャシステム          | 名古屋大学   | —           | ○        | —      | —        | —           | —              |

## 6.2.5 実装計画の検討

### 6.2.5.1 実装に向けた優先度の検討

4章で述べた各実証項目について、優先度を設定したうえで新城市での実装を検討する。優先度を検討するにあたり、下記の諸条件を考慮した。

#### 優先度の検討基準

- ① 行政施策としての緊急度  
喫緊の行政課題であり、すぐにでも実装が必要であるもの
- ② 行政施策としての重要度  
既存の行政事業との関連性が高い、またはその延長であるもの
- ③ 実装に要する費用規模  
実証終了後に必要な費用が比較的小さいもの
- ④ 5G 恒久局の活用可否  
実証で構築した5Gエリア（診療所）を活用して実施可能なもの
- ⑤ 現行の規制・ガイドラインへの適合状況  
各種関連する規制・ガイドラインに照らして、実施が可能と判断されるもの

まず、各実証項目について、実装に際しての目的、対象者、提供価値、実施場所、実施方法を表 6.2.5.1-1 に整理した。

プレゼンティーズム調査は、調査対象の住民の健康状態を WEB もしくは紙面でのアンケート形式で調査し、腰痛等の痛みに起因するパフォーマンスの低下を早期に検知するための仕組みである。遠隔リハビリ指導は、中核病院である新城市市民病院の退院患者に対し、遠隔で回復期のリハビリテーションを提供するものである。さらに、退院患者に限らず、住民の健康増進を目的に運動の機会を提供する仕組みが遠隔健康指導である。一方、遠隔摂食嚥下療法については、実際に食事を行う在宅や介護施設での利用を想定する。摂食嚥下の実施方法は、介護を行う家族や施設職員が被介護者の食事をサポートする場面を想定し、リハビリ専門職がその介護者に対してアドバイスを提供する目的に活用する。これは、被介護者がカメラ等を意識することなく食事という行為に専念するためである。遠隔での腹部エコーについては、訪問看護職員はモバイル超音波画像診断装置を持参し、在宅での問診の際に、膀胱などの観察を行う場面を想定する。その際、エコーの操作に不慣れな看護職員に対して、中核病院の放射線技師が操作等の遠隔サポートを行う。下肢エコーについては、災害時の避難所生活等で発生する深部静脈血栓症の検知を目的とする。避難施設にモバイル超音波画像診断装置を配備し、医師や放射線技師が直接現地に向かうことなく、遠隔から迅速に検査を行うためのものである。

表 6.2.5-1 映像伝送・診療システムの実装モデル案

| 実証項目                       | 目的   | 対象者        | 提供価値                              | 実施場所        | 実施方法                               |
|----------------------------|--|------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------------|
| プレゼンティーズム調査                | 住民の健康異常を早期に検知する                                | 作手地区住民     | 自身の健康状態把握と経時的な変化が可視化される           | 在宅          | WEBor 紙面でのアンケート調査                  |
| 遠隔リハビリ指導<br>遠隔問診           | 通院困難な回復期患者に対しても安全で質の高いリハビリ指導を行う                | 作手地区の回復期患者 | 通院せずに、自宅付近の施設で安全で質の高いリハビリ指導を受けられる | 診療所<br>介護施設 | 市民病院リハビリ専門職による遠隔指導                 |
| 遠隔健康指導<br>遠隔問診             | 健康状態に不安のある住民に対する運動指導を行う                        | 作手地区住民     | 自宅付近の施設で安全で質の高い運動指導を受けられる         | 診療所         | 市民病院リハビリ専門職による遠隔指導                 |
| 遠隔摂食嚥下療法                   | 訪問看護または介護施設において、介護者（家族や施設職員）に対する食事時のアドバイスを提供する | 作手地区住民     | 自宅または付近の施設で安全で質の高い食事指導を受けられる      | 在宅<br>介護施設  | 訪問看護または介護施設において、市民病院リハビリ専門職による遠隔指導 |
| 遠隔診療<br>（腹部エコー）<br>遠隔問診    | 訪問看護における膀胱等の観察                                 | 作手地区住民     | 自宅で検査を受けられる                       | 在宅          | 市民病院医師または技師による遠隔検査                 |
| 災害時遠隔診療<br>（下肢エコー）<br>遠隔問診 | 災害時の避難住民に対する深部静脈血栓の検査                          | 作手地区住民     | 災害時においても検査を受けられる                  | 避難所         | 市民病院医師による遠隔検査                      |



次に、各実証項目について、優先度の検討基準①～⑤について評価を行い、表 6.2.5.1-2 に整理した。

プレゼンティーズム調査については、すでに WEB サイトおよび実証試験にてトライアルを実施済みであることを踏まえ、重要度および費用の観点から実装の優先度が高い仕組みとして設定した。さらに、すでに診療所に導入済みの 5G 恒久局および 4K カメラを活用して運用が可能である遠隔リハビリ指導および遠隔健康指導についても早期の実装が可能であると判断した。一方で、遠隔摂食嚥下療法および腹部・下肢の遠隔エコーについては、実証試験の結果を踏まえ、在宅や介護施設において食事のサポートをするケースや、訪問看護において既知の疾患の経過観察を行うケースでの利用が適当であると考えられる。したがって、在宅や介護施設で高精細映像を伝送するための新たな 5G エリア構築やエコーといった機器の調達が必要になるため、遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導と比較して実装の優先度は下がると判断した。ただし、現行のリハビリテーションにおいては、原則として対面での実施が前提であることから、医療行為としてのリハビリではなく機能訓練事業の一環としてリハビリ指導を実施する。

これらを踏まえ、各実証項目に対する新城市での実装の優先度を下記のように設定した。

#### 実装の優先度：高

プレゼンティーズム調査、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導

#### 実装の優先度：中

災害時診療（下肢エコー）

#### 実装の優先度：低

遠隔摂食嚥下指導、遠隔診療（腹部エコー）

優先度高とした、プレゼンティーズム調査、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導については、2021 年度に実装に向けたクラウドサービス利用等のコストを補填するための自治体での予算措置の検討や新たな産学連携プロジェクトの発足等の検討を進める。目標としては、2022 年度内にこれらのテーマについて新城市を事業主体として、市内作手地区を対象に実装を行う。

表 6.2.5-2 実装優先度の検討結果

| 実証項目             | ③ 緊急度                 | ④ 重要度                 | ⑤ 追加費用                                      | ④5G エリア                      | ⑤法規制                        |
|------------------|-----------------------|-----------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
| プレゼンティーズム調査      | △<br>緊急性は低い           | ○<br>早期検知のために重要       | ○<br>仕組みは整備済み                               | －<br>(5G は必須でない)             | ○<br>氏名等の個人情報への<br>配慮が必要    |
| 遠隔リハビリ指導<br>遠隔問診 | △<br>緊急性は低い           | ○<br>既存事業<br>(機能訓練)   | ○<br>仕組みは整備済み<br>※遠隔診療支援システム<br>を使用しない運用の場合 | ○<br>診療所内で実施する場<br>合         | △<br>現状では診療報酬の算<br>定不可      |
| 遠隔健康指導<br>遠隔問診   | △<br>緊急性は低い           | ○<br>既存事業<br>(機能訓練)   | ○<br>仕組みは整備済み<br>※遠隔診療支援システム<br>を使用しない運用の場合 | ○<br>診療所内で実施する場<br>合         | ○<br>映像等の個人情報への<br>配慮は必要    |
| 遠隔摂食嚥下療法         | △<br>緊急性は低い           | ○<br>既存事業<br>(訪問看護)   | △<br>在宅（公衆 LTE）での<br>仕組みは未整備                | ×<br>現状在宅での 5G 利用<br>不可      | ○<br>映像等の個人情報への<br>配慮が必要    |
| 腹部エコー<br>遠隔問診    | △<br>緊急性は低い           | △<br>遠隔での検査ニーズあ<br>り？ | △<br>遠隔診療支援システムと<br>モバイル超音波画像診断<br>装置の整備が必要 | ○<br>診療所内で実施する場<br>合         | ○<br>病名の診断は不可<br>経過観察の用途に限定 |
| 災害時下肢エコー<br>遠隔問診 | ○<br>災害対策として<br>重要テーマ | ○<br>災害対策として<br>重要テーマ | △<br>遠隔診療支援システムと<br>モバイル超音波画像診断<br>装置の整備が必要 | ×<br>避難所（集会所等）で<br>の 5G 利用不可 | △<br>映像等の個人情報への<br>配慮が必要    |

### 6.2.5.2 実装時の成果目標の検討

新城市での実装を想定し、各事業テーマについて成果目標を設定する。

新城市では、平成 28 年 4 月に「しんしろ健康づくり 2 1 計画（第 2 次）」を策定し、健康づくりを推進してきた。運動習慣者（1 回 30 分以上かつ週 2 回以上の運動を 1 年以上実施している者）の割合は、男性 28.8%、女性 29.5%で、運動を実践する機会をつくるための環境整備を進めている。身体活動量を増やす運動を実践することで運動器の健康が保たれ社会参加が可能となるように要介護状態を防止することも目的である。新城市では、表 6.2.5.2-1 の評価指標を設定しているところ。

表 6.2.5-3 しんしろ健康づくり 2 1 計画（第 2 次）における健康増進に係る評価指標

| 評価指標（抜粋）                               | H26 年度評価時 | 目標  | 達成状況 |
|--|-----------|-----|------|
| ・仕事以外で体を動かす運動をしている人の割合                 | (N/A)     | 55% | 未達成  |
| ・1 回 30 分以上で週 2 回以上の運動を 1 年以上続けている人の割合 | 42.1%     | 45% | 未達成  |

表 6.2.5.2-1 の指標を念頭に、事業の成果目標を検討した。

#### 優先度高の事業に関する成果目標

プレゼンティーズム調査については、可能な限り多くの住民の調査参加を得ることが最も重要であることから、調査回答率を KPI として設定した。本実証において、回答率が約 50%であったことから、実装においても同様の回答率を目標とする。なお、一般的な郵送によるアンケート調査の回答率は 10%~20%である。

一方、しんしろ健康づくり 2 1 計画（第 2 次）の運動機会に関する評価指標に関連して、遠隔リハビリ指導と遠隔健康指導の両者については、参加率を KPI として設定した。遠隔リハビリ指導については、機能訓練事業の対象者の 50%が継続して参加することを目標とし、遠隔健康指導については、対象エリアの 65 歳以上住民の 20%が継続して参加することを目標とした。

#### 優先度低～中の事業に関する成果目標

遠隔摂食嚥下指導および腹部エコーについては、在宅や介護施設といったあらたなエリアでの 5G 基地局構築もしくは LTE 回線での実装が必要となる。具体的な KPI の設定を行うには時期尚早であることから、KPI の考え方を検討した。遠隔摂食嚥下指導については、中核病院のリハビリ専門職が遠隔食事サポートプログラムのような形態で事業を行うことを想定し、プログラムの参加率や継続率を KPI とすることが妥当と考えられる。一方、腹部エコーについては、短期的には技師といった超音波画像診断のスキルをもつ医療

従事者が訪問看護においてエコー端末を持参して経過観察を行うケースを想定する。訪問看護実施件数あたりの超音波画像診断の実施件数を KPI とする案が考えられる。  
なお、災害時診療（下肢エコー）については、設備・機器の配備がすなわち目標であることからここでは省略した。

表 6.2.5-4 事業の成果目標（案）

| 事業テーマ       | 事業目的  | 対象者            | KPI 検討案             |
|-------------|---|----------------|---------------------|
| プレゼンティーズム調査 | ・フレイル等健康異常の早期検知                                     | 作手地区住民         | ・アンケート回収率 50%       |
| 遠隔リハビリ指導    | ・回復期患者の機能改善・維持                                      | 作手地区の回復期患者     | ・対象者の参加率 50%        |
| 遠隔健康指導      | ・早期介入による要支援・要介護認定の抑制<br>・要支援・要介護度の改善・維持<br>・運動機会の増加 | 65 歳以上の作手地区住民  | ・対象者の参加率 20%        |
| 遠隔摂食嚥下療法    | ・回復期患者の機能改善・維持                                      | 65 歳以上の作手地区住民  | TBD                 |
| 腹部エコー       | ・訪問看護時の技師による膀胱や皮下組織等の経過観察                           | 訪問看護利用者        | TBD                 |
| 災害時下肢エコー    | ・災害時における深部静脈血栓の検知                                   | 作手地区で想定される避難住民 | —                   |
| 総合          | ・要支援・要介護認定者の増加抑制                                    | 作手地区住民         | ・対象者のうち、要支援認定者の増加抑制 |

### 6.2.5.3 実装時の運用モデル案

新城市作手地区での実装を想定し、テーマごとに係るステークホルダーとその関係を運用モデルの検討を行った。

遠隔リハビリ指導については、医療行為として算定する場合には対面での指導が前提となることから、現行規制範囲内での運用モデルと、規制を考慮しない場合（現行規制外）での運用モデルを検討した。なお、遠隔診療（腹部エコー）および遠隔摂食嚥下療法については、介護施設や在宅での活用を想定するため、6.3章にて運用モデルの検討を行った。

#### モデル1 プレゼンティーズム調査

プレゼンティーズム調査は、調査対象の住民の健康状態を住民自身が能動的に把握し、健康異常の早期検知を目指すものである。新城市の健康増進事業の一環として、プレゼンティーズム調査を新城市住民を対象に実施することを想定する。調査結果のデータは、クラウド事業者によって匿名加工を施した上で、クラウドシステム内に蓄積する。匿名化されたデータは、解析者である名古屋大学において集計・分析し、再びクラウド事業者を介して住民へフィードバックする。新城市では、解析結果をもとに、住民の健康状況を把握し、健康増進施策への積極的な活用につなげる。これらの早期検知・早期介入の結果として、自治体介護給付支出の増加抑制を目指す。

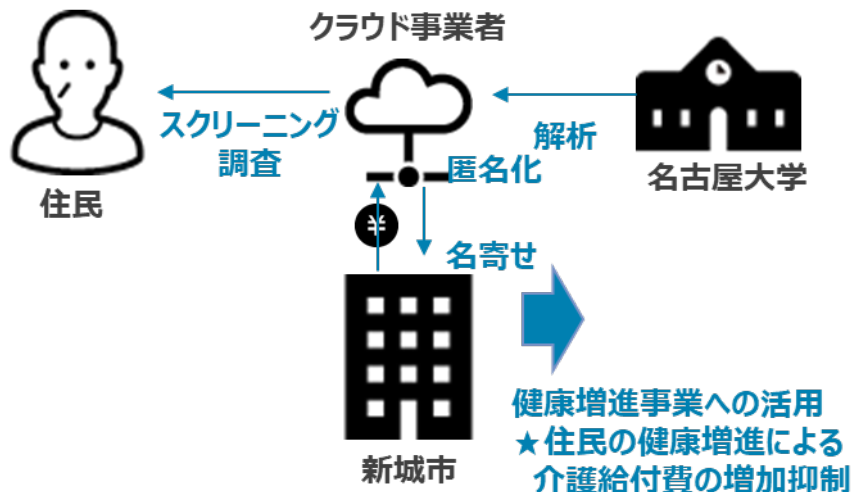


図 6.2.5-1 プレゼンティーズム調査の運用モデル

#### モデル2 遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導（現行規制内）

遠隔リハビリ指導は新城市市民病院の退院患者（回復期患者）を対象に、従来、地理的な要因でリハビリの提供機会が限られていたものを遠隔から提供することにより介入機会を増やすものである。遠隔健康指導については、退院患者に関わらず、高齢者を対象として、健康の維持・改善を行うものである。ただし、医療行為としてのリハビリテーションは対面で行うことが前提となることから、遠隔リハビリ指導は自治体の機能訓練事業として実施する。

指導場所は、本実証において 5G のエリア化および 4K カメラ等機器の設置を行った作手保健診療所を想定する。映像伝送・診療システムを含むクラウドサービス、作手保健センターに常設する設備・機器については新城市民病院にて運用を行う。

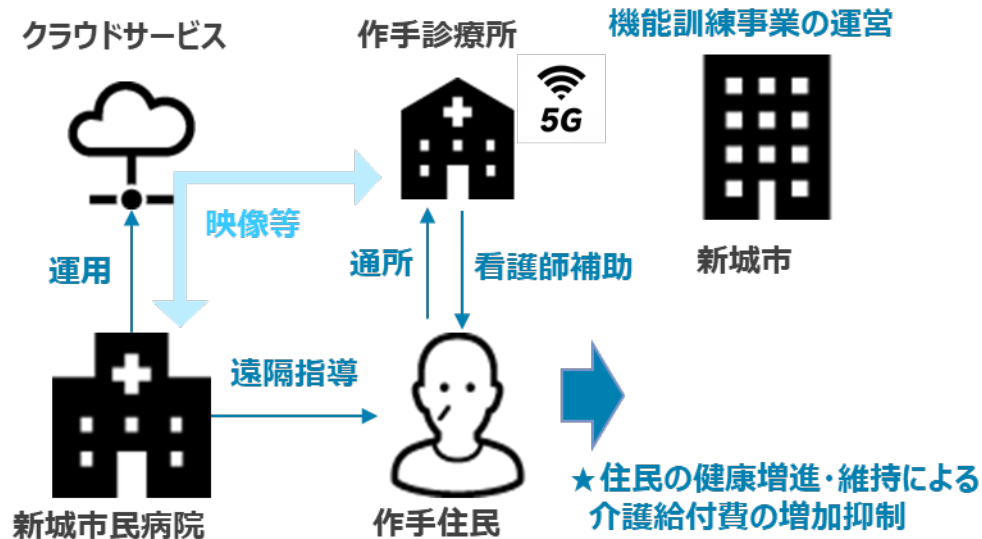


図 6.2.5-2 遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導（現行規制内）の運用モデル

### モデル3 遠隔リハビリ指導（現行規制外）

モデル2に対して、医療行為としてのリハビリテーションを遠隔で行うことが認められた場合を想定し、医療行為としての遠隔リハビリ指導を実施するとしたモデルを検討した。

この場合、医療費の負担が生じるものの、中核病院への通院困難な患者に対して遠隔で指導が可能となることで、本来必要とされる回復期患者のモニタリングおよび機能維持が徹底される。結果として、ADL低下による再入院を防止し、医療費の増加を抑制する効果を見込む。

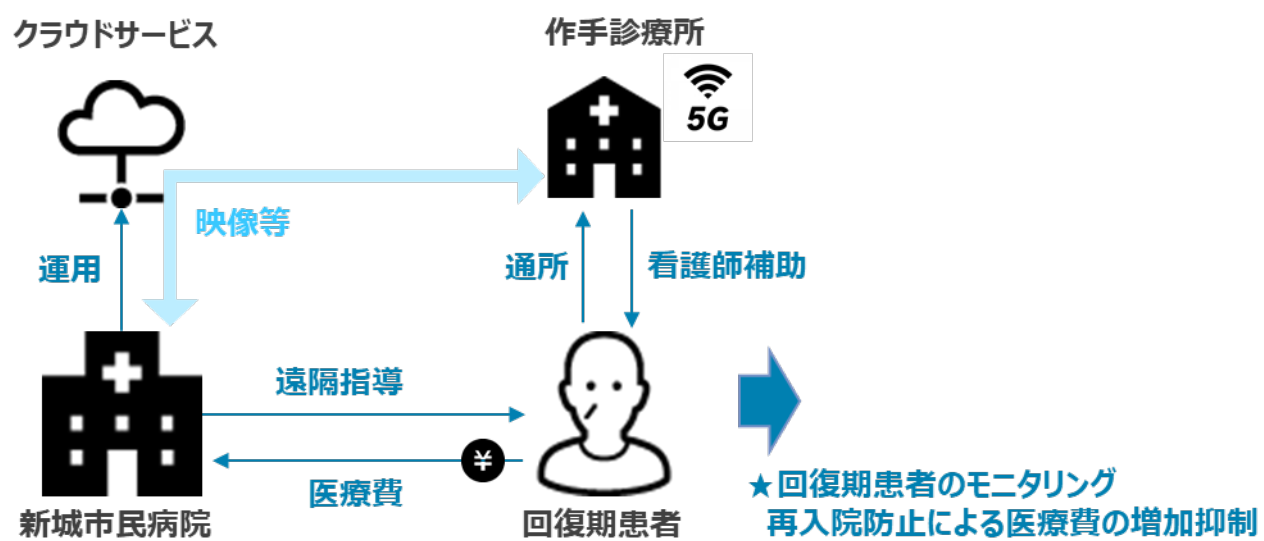


図 6.2.5-3 遠隔リハビリ指導（現行規制外）の運用モデル



## 6.3 横展開に資する普及モデルに関する検討

### 6.3.1 横展開先として想定されるターゲット

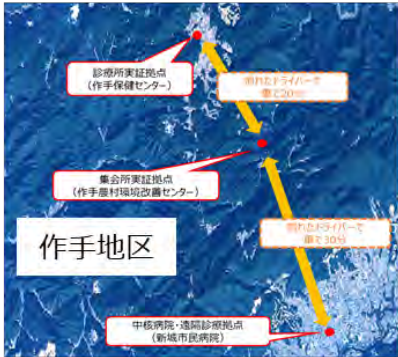
映像伝送・診療システムの導入によって、訪問リハビリ等による医療従事者の移動時間が削減され、結果として単位期間あたりの診療回数が増加することが期待される。既存の訪問リハビリの対象となっている患者の全てまたは一部が遠隔リハビリ指導に置き換わる場合、その移動に要していた医療従事者の拘束時間をさらなる他の遠隔リハビリ指導の稼働時間に充てることができると考えられる。したがって、既存の訪問リハビリの対象患者のうち、遠隔リハビリ指導に置き換わるであろう見込みの患者数について調査検討を行うことで、遠隔リハビリ指導の導入による収益改善効果を試算する。

新城市内および周辺地域での横展開に向けたロードマップを図 6.3.1-1 に示した。短期計画として、2021 年度に実証フィールドである新城市作手地区住民を対象に、映像伝送・診療システムの導入を検討。本実証にて構築済みのキャリア 5G 恒久局を活用し、作手保健センター内で実施可能な映像伝送・診療システムの運用を検討する。中期計画である 2022 年度以降は、市内の他の医療資源の少ない地区へ対象エリアを拡大することを目指し、新城地区・鳳来地区の住民を対象に、ローカル 5G のエリア構築および検証を実施することを目指す。長期的には、2025 年度以降に新城市以外で医療資源の少ない地区をもつ地方自治体を対象に、ローカル 5G を活用した映像伝送・診療システムの横展開を模索する。横展開を行う際には、ローカル 5G のエリア構築、映像伝送・診療システムの各要素機能をパッケージとして統合し、トータルソリューションとして自治体へ提供することを構想する。なお、キャリア 5G においては、そのエリア拡大は通信キャリアの経営方針に基づき進められるものであり、個々の自治体等のニーズに応じたエリア構築を行う場合にはローカル 5G の活用が前提となる。



✓ 実証フィールドである新城市作手地区の住民を対象に、地区内の診療所で映像伝送システムが利用できるような環境を整備

✓ 作手診療所に構築済みの5G恒久局を活用



✓ 新城市内の医療資源の少ない地域において、映像伝送システムの有効性を検証  
✓ 市内の他の拠点にローカル5G、映像伝送システムを構築

✓ 新城市新城地区・鳳来地を対象に、ローカル5Gの基地局を構築



✓ 新城市と同様の地域医療課題を抱える他の市町村へ、遠隔医療・健康増進パッケージとして横展開



※本計画はあくまでも予定であり、本実証の成果に基づいて、あらためて市や事業者にて実装可否を判断

図 6.3.1-1 横展開のロードマップ

### 6.3.2 将来的に想定されるターゲットとビジネスモデル

映像伝送・診療システムの各機能について、利用価値が想定されるターゲットとビジネスモデル、サービス提供を行う事業主体を検討した。

#### 1) 遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導において想定されるターゲット

##### ① リハビリテーションを行う医療機関

医療行為としてのリハビリテーションをオンラインにより提供するもの。患者は、所定の施設において看護師等医療従事者の補助のもと、リハビリ指導を受ける。現在の規定ではリハビリテーションは対面で行うことが原則となるが、将来的に財政的負担を算定可能となった場合にビジネスモデルが成り立つこととなる。なお、一般的な医療情報システムと同様に、映像伝送・診療システムについては IT ベンダー等が供給し、サービスの事業主体は医療機関を想定するものである。介護事業者サービス付き高齢者向け住宅や有料老人ホームといった民間等の介護事業者に対して、高付加価値のサービスとして熟練のリハビリ専門職がオンラインでリハビリテーションを提供するもの。

サービスの事業主体は介護施設事業者を想定し、入居料や介護サービス料から映像伝送・診療システムの費用を徴収するモデルである。

##### ② フィットネスクラブ等

民間のフィットネスクラブ等事業者が、健康増進・予防を目的として行うシニア向けに行う運動指導等のプログラムを、熟練のリハビリ専門職がオンラインで提供するもの。フィットネスクラブが事業主体となり、利用者の支払う会員費等や自治体の介護予防事業費によりビジネスモデルが成り立つと想定する。

#### 2) 遠隔診療（超音波画像検査）において想定されるターゲット

へき地等において、医師が対面で超音波画像検査を行うことが難しい在宅医療の場面で超音波画像検査をオンラインにより提供するもの。オンライン診療において超音波検査が算定対象となると仮定した場合、財政的負担によりビジネスモデルが成り立つもの。既に疾患名が特定された患者に対して、訪問看護時に経過観察等の用途に利用されるケースを想定する。サービス提供の事業主体は医療機関を想定し、医療機関からの委託を受けた訪問看護事業者とともにサービス提供を行うモデルを想定する。（D to P with N のケースを想定する）

#### 3) プレゼンティーズム調査 WEB システムにおいて想定されるターゲット

健康増進施策に注力する自治体が、能動的に地域住民の健康状態を把握し早期検知・早期介入へつなげるために利用することを想定する。プレゼンティーズム調査の事業主体は調査システムの構築・運用費用は受益者である自治体を想定し、短期的には WEB システムの提供やデータ解析については専門家を有するアカデミアより提供するモデルを想定する。

#### 上記ビジネスモデルにおける課題

上記（１）①において、医療行為としてのリハビリテーションは、原則、対面での実施が前提となっており、現行制度では保険医療としての遠隔リハビリ指導はできない。

上記（２）において、在宅を対象に超音波画像検査を行う場合、受診者の疾患名が特定されている必要があり、保険医療では体力向上やフレイル予防の観点で超音波画像検査を行うことはできない。また、遠隔診療においては訪問看護での利用ケースを想定するが、

超音波画像検査には、一定のスキルや経験が求められることから、訪問看護を担う看護師が超音波画像検査を行うことについての是非については議論の余地がある。

### 6.3.3 経済性

#### 6.3.3.1 新城市内の他地区（鳳来地区・新城地区）への横展開を想定した自治体の収益効果

新城市の要支援・要介護認定者を対象に、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔診療等の映像伝送・診療システムを導入することによる介護給付費の削減効果を試算する。

新城市は、本実証のフィールドとした作手地区のほか、新城地区、鳳来地区に分かれる。各地区には作手地区同様に中核病院である新城市民病院への医療アクセスの悪いエリアが存在する。そこで、3地区それぞれを対象に住民の近隣にある診療所で、映像伝送・診療システムを導入することを想定し、横展開時の運用モデルを検討した。

#### 新城市内3地区を対象とした運用モデル

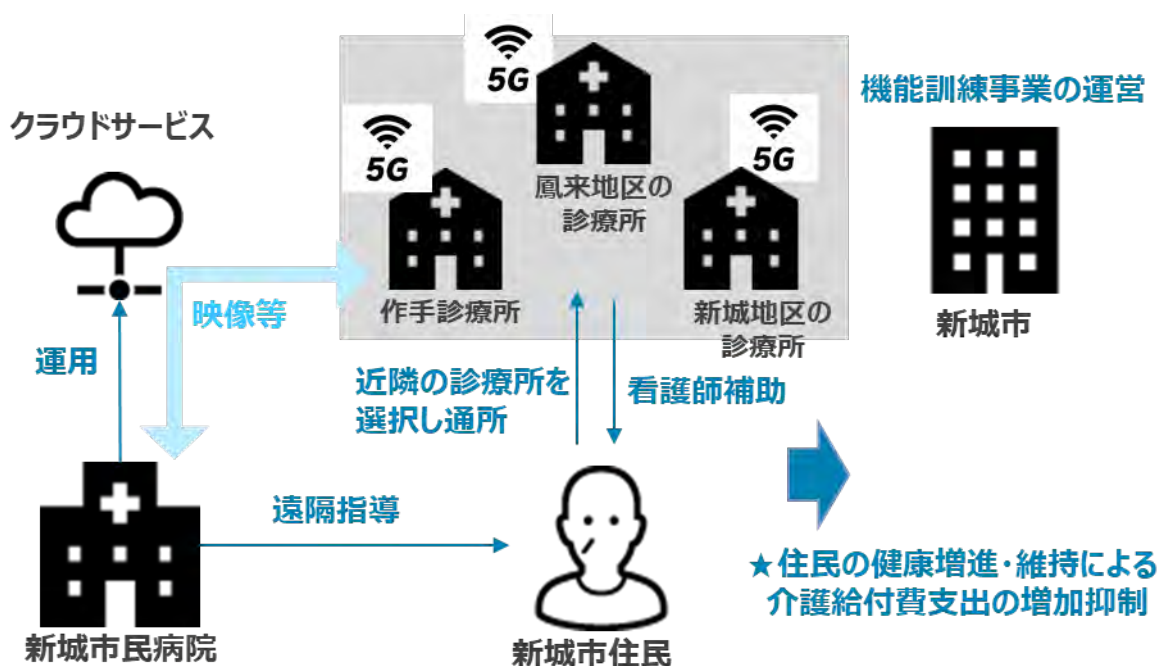


図 6.3.3-1 新城市内での横展開における運用モデル

新城市の要支援・要介護認定者数の実績（2015年）と推計（2025年～2040年）を表6.3.3.1-1に示す。

表 6.3.3-1 新都市の要支援・要介護認定者数

| 年度   | 要支援 1 | 要支援 2 | 要介護 1 | 要介護 2 | 要介護 3 | 要介護 4 | 要介護 5 | 計     | 平均<br>要介護度 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 2015 | 449   | 403   | 728   | 468   | 310   | 349   | 234   | 2,941 | 1.86       |
| 2020 | 461   | 418   | 769   | 500   | 332   | 374   | 249   | 3,103 | 1.88       |
| 2025 | 466   | 421   | 787   | 511   | 339   | 382   | 253   | 3,159 | 1.88       |
| 2030 | 485   | 435   | 802   | 521   | 339   | 379   | 251   | 3,212 | 1.86       |
| 2035 | 492   | 437   | 819   | 526   | 346   | 384   | 252   | 3,256 | 1.86       |
| 2040 | 458   | 420   | 799   | 520   | 348   | 385   | 250   | 3,180 | 1.89       |

(出所：第 7 期新都市高齢者福祉計画および新都市提供資料をもとに NTT データ経営研究所にて作成)

試算にあたっては下記の前提条件を設定する。

- 1) 映像伝送・診療システムを導入した（介護予防対策あり）場合、要支援・要介護度の分布割合が以下の年率で軽度の方向へ改善されると仮定する
- 2) 改善による認定非該当への移行や死亡・転出による認定喪失については考慮しない（つまり、認定者数が減ることはなく、表 6.3.3.1-1 のとおりに増加するものと仮定する）

表 6.3.3-2 新都市要支援・要介護者の要支援・要介護度別の想定増減率（5年あたり）

| 要支援 1 | 要支援 2 | 要介護 1 | 要介護 2 | 要介護 3  | 要介護 4  | 要介護 5  |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 0.20% | 0.10% | 0.05% | 0.00% | -0.05% | -0.10% | -0.20% |

表 6.3.3.1-2 にもとづき、映像伝送・診療システム導入後に想定される新都市の要支援・要介護認定者数の将来推計を表 6.3.3.1-3 に算出した。

表 6.3.3-3 映像伝送・診療システム導入後の新城市要支援・要介護認定者数の将来推計

| 年度   | 要支援 1 | 要支援 2 | 要介護 1 | 要介護 2 | 要介護 3 | 要介護 4 | 要介護 5 | 計     | 平均<br>要介護度 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 2020 | 461   | 418   | 769   | 500   | 332   | 374   | 249   | 3,103 | 1.88       |
| 2025 | 472   | 424   | 789   | 511   | 337   | 379   | 247   | 3,159 | 1.87       |
| 2030 | 498   | 441   | 805   | 521   | 336   | 373   | 238   | 3,212 | 1.83       |
| 2035 | 512   | 447   | 824   | 526   | 341   | 374   | 232   | 3,256 | 1.82       |
| 2040 | 483   | 433   | 805   | 520   | 342   | 372   | 225   | 3,180 | 1.83       |

前述の表 6.2.4.2-4 に示した要支援・要介護度別の一人当たりの介護給付費をもとに、新城市の要支援・要介護認定者に対する介護給付費の削減量を表 6.3.3.1-4 に試算した。

表 6.3.3-4 映像伝送・診療システム導入により想定する作手地区介護給付の削減量推計  
(単位：百万円)

| 年度                | 介護給付費<br>(介護予防対策なし) | 介護給付費<br>(介護予防対策あり) | 介護給付削減量 |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 2020年<br>(システム導入) | 4,537               | —                   | —       |
| 2025年             | 4,630               | 4,601               | 29.5    |
| 2030年             | 4,655               | 4,595               | 60.0    |
| 2035年             | 4,719               | 4,628               | 91.2    |
| 2040年             | 4,680               | 4,561               | 118.8   |

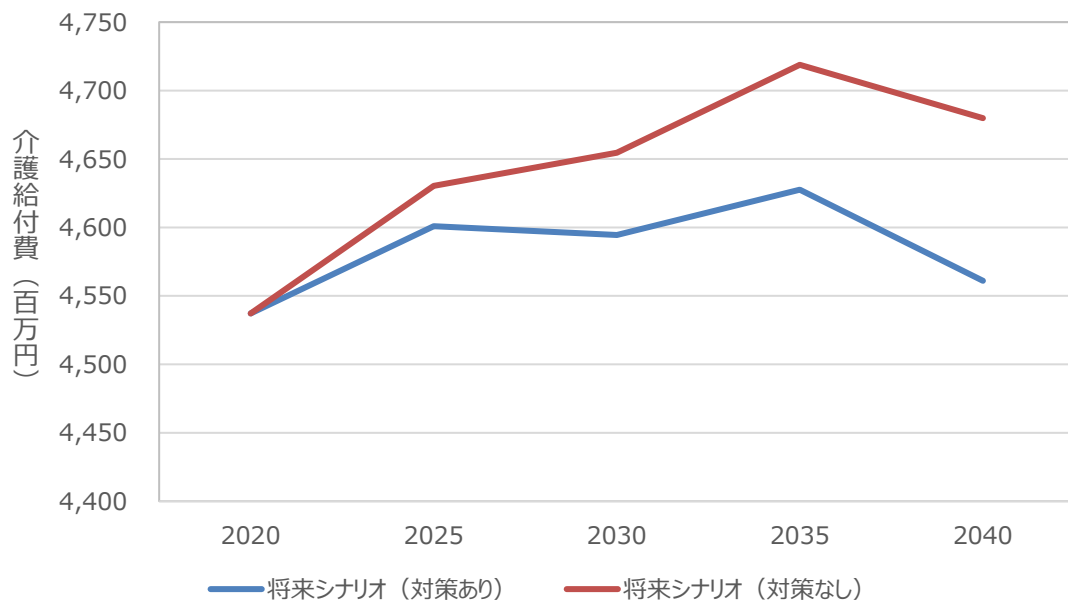


図 6.3.3-2 映像伝送・診療システム導入により想定する新都市の介護給付支出推計

累積の介護支出削減量の推移と、映像伝送・診療システムの実装コストの推移を表 6.3.3.1-5 にて比較する。加えて、介護支出削減と実装コストの損益分岐点を図 6.3.3.1-3 に示す。なお、4.6.1 章にて、新都市での横展開におけるイニシャルコストは約 2 億 3,300 万円、年間のランニングコストは約 1,590 万円と試算される。（作手地区、鳳来地区、新城地区のそれぞれでエリア化を行うと想定）



表 6.3.3-5 映像伝送・診療システム導入により想定される損益の推移

| 年度                | 累積の介護給付削減量 | 累積の実装コスト | 損益     |
|-------------------|------------|----------|--------|
| 2020年<br>(システム導入) | —          | —        | —      |
| 2025年             | 29.5       | 249.2    | -219.7 |
| 2030年             | 89.5       | 265.1    | -175.6 |
| 2035年             | 180.7      | 281.1    | -100.3 |
| 2040年             | 299.6      | 297.0    | 2.5    |

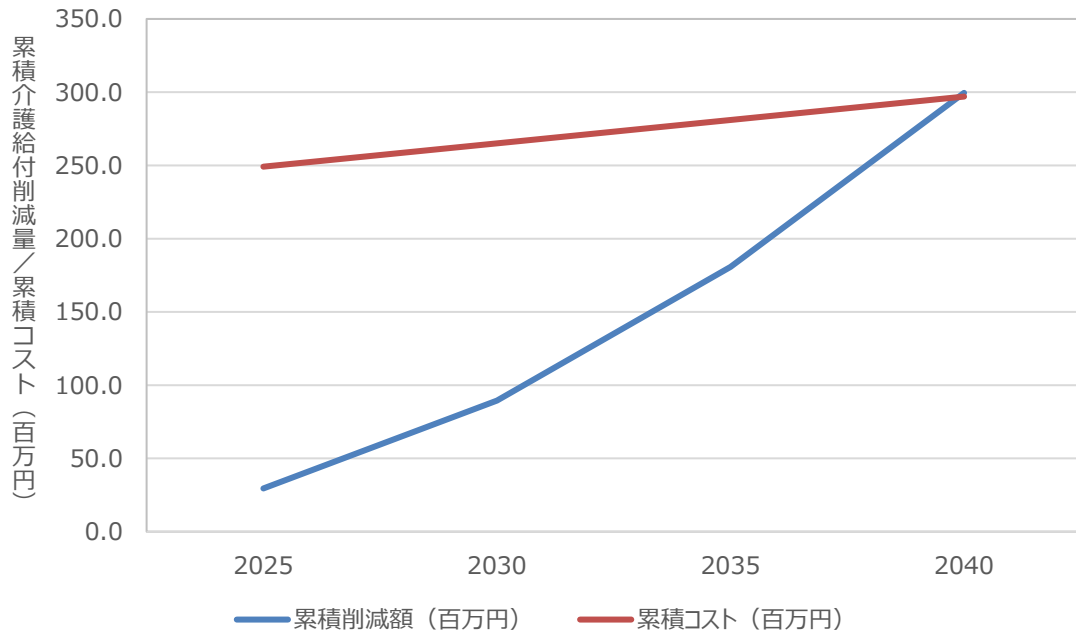


図 6.3.3-3 映像伝送・診療システム導入による新城市の累積介護給付支出削減量と累積コスト

### 6.3.3.2 自治体以外の民間事業者への横展開を想定した潜在的なマーケットサイズ

遠隔でのリハビリ指導、健康指導、嚥下指導については、医療以外の介護予防や介護のサービスとしても活用されることが望ましい。そこで、介護事業者を映像伝送・診療システムの導入先として想定した場合のマーケットサイズ、さらに、介護予防サービスに取り組むフィットネスクラブを導入先として想定した場合のマーケットサイズについて検討を行った。

#### ● 介護事業者におけるマーケットサイズ

本実証で行った遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔摂食嚥下療法は、介護施設に入居する要支援・要介護認定者に対しても応用することが可能である。主な介護施設の分類を表 6.3.3.2-1 に示す。被介護者の中でも、対面での補助に依存せず、遠隔でのリハビリ指導に適応可能と考えられる一定の日常基本動作や認知能力を有する比較的軽度の要支援・要介護認定者を想定する。また、高付加価値のサービスを利用する見込みのある民間事業者が運営する施設が適すると判断し、有料老人ホームまたはサービス付き高齢者向け住宅をターゲットとして選定した。

表 6.3.3-6 主な介護施設の分類

|               | 受入対象       | 施設運営 | 定員総数<br>(2017年時点) |
|---------------|------------|------|-------------------|
| 特別養護老人ホーム     | 要介護度 3 以上  | 公的施設 | 566,600           |
| 介護老人保健施設      | 要介護度 1 以上  | 公的施設 | 357,500           |
| 介護療養型医療施設     | 要介護度 1 以上  | 公的施設 | 61,300            |
| 有料老人ホーム       | 自立・要支援・要介護 | 民間施設 | 422,612           |
| サービス付き高齢者向け住宅 | 自立・要支援・要介護 | 民間施設 | 185,512           |

さらに、民間事業者のうち、介護施設を運営する大手 3 社が保有する有料老人ホームおよびサービス付き高齢者向け住宅の施設数と居室数を表 6.3.3.2-2 に示す。なお、大手 3 社以下の事業者は売上 300 億円未満（2017 年 3 月期）であり、かつ施設の展開エリアが限定されていることから、遠隔の介護予防サービスを導入する見込みが低いとして対象から除外した。

介護事業者大手 3 社の売上合計は約 5,000 億円である。一方で、東証上場企業における売上高に対する平均 IT 予算比率はおよそ 2%（一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会 企業 IT 動向調査報告書 2020 より）であり、介護事業者大手 3 社の IT 予算合計は約 100 億円と推計できる。この IT 予算約 100 億円のうちの数%が、介護事業者における妥当なマーケットサイズと考えられる。

表 6.3.3-7 介護施設を運営する主な民間事業者と保有する居室数（2017年時点）

|                   | SOMPO<br>ホールディングス | ベネッセ<br>スタイルケア | ニチイ学館        |
|-------------------|-------------------|----------------|--------------|
| 売上（2017年3月期）      | 1,164億円           | 1,029億円        | 2,766億円      |
| 保有施設数・居室数         | 448棟 26,421室      | 311棟 16,739室   | 425棟 13,397室 |
| 有料老人ホーム施設数・居室数    | 294棟 18,201室      | 306棟 16,562室   | 141棟 8,573室  |
| 高齢者住宅<br>（サ高住を含む） | 133棟 7,744室       | 6棟 238室        | 6棟 238室      |

（出所：経済産業省 平成30年度国際ヘルスケア拠点構築促進事業報告書）

● フィットネスクラブにおけるマーケットサイズ

フィットネスクラブの会員の年齢構成を図 6.3.3.2-1 に示す。2003年から2014年にかけて、全人口の年齢別構成比の変化幅以上に、60歳以上の高齢者の会員比率が上昇しており、2014年にはおよそ3割の会員を高齢者が占めている。したがって、フィットネスクラブの主なターゲット層は高齢者へと変化していることがうかがえる。

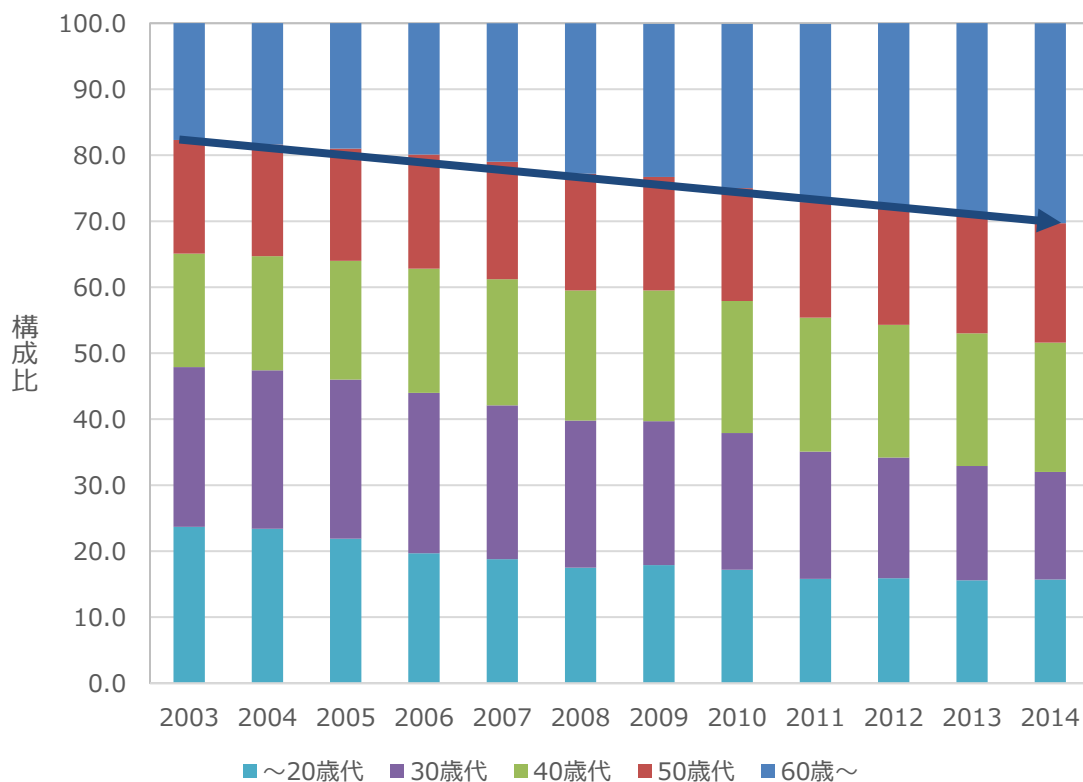


図 6.3.3-4 フィットネスクラブ会員の年齢別構成比の推移

（出所：経済産業省 産業活動分析（平成26年10～12月期））

さらに、フィットネスクラブに対する年間支出金額について図 6.3.3.2-2 に示す。年齢階級別に 2014 年の「スポーツクラブ使用料」に対する 1 世帯当たりの年間支出金額を見ると、世帯主が 60 歳代の世帯の支出金額が 7,194 円と最も多くなっている。したがって、支払い者という観点でもフィットネスクラブのメイン顧客は高齢者であると推測される。

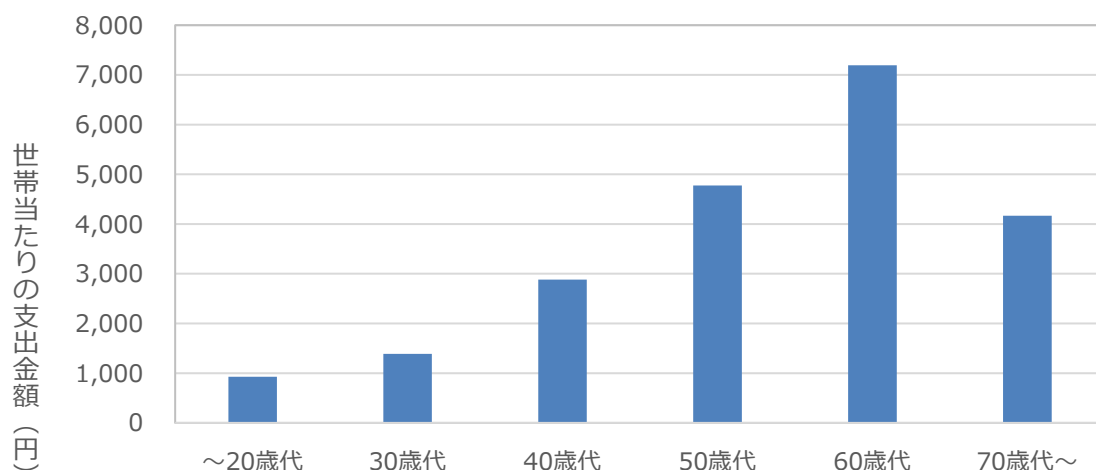


図 6.3.3-5 世帯主の年齢階級別「スポーツクラブ使用料」1世帯当たりの支出金額  
(出所：経済産業省 産業活動分析（平成26年10～12月期）)

次に、主なフィットネスクラブの売上高と施設数を表 6.3.3.2-3 に示す。介護事業者での分析と同様に IT 予算比率を考慮した場合、およそ 120 億円が IT 投資枠として推測され、そのうちの数%がフィットネスクラブ事業者における妥当なマーケットサイズと考えられる。

表 6.3.3-8 主なフィットネスクラブ事業者の売上と保有施設数

|            | 売上高[百万円]<br>(2020年3月期) | 保有施設数<br>(2020年時点)  |
|------------|------------------------|---------------------|
| コナミ HD     | 262,810                | 直営 180 施設、受託 203 施設 |
| RIZAP グループ | 202,934                | 129 店舗              |
| セントラルスポーツ  | 53,386                 | 直営 179 店舗、受託 65 店舗  |
| ルネサンス      | 45,049                 | 直営 98 クラブ、受託 31 施設  |
| ティップネス     | 35,905                 | 直営 173 店舗、受託 14 施設  |

(出所：NTT データ経営研究所にて作成)

売上高上位3社において展開する介護予防事業を表6.3.3.2-4に示す。

各社、自治体や介護事業者をターゲットにした介護予防事業を展開しており、リハビリ、運動指導、食事指導に対する取り組みがうかがえる。一方で、指導員は所定の養成講座を受講した者が担っていると思われ、理学療法士や作業療法士のような国家資格を有する熟練の指導員を多数抱えている状況とは言い難い。したがって、会員に対して質の高い介護予防サービスを提供するためには、リソースの限られたリハビリ専門職の稼働を有効活用するか、外部の医療機関等に勤務するリハビリ専門職に遠隔指導を委託するというモデルも考えられる。

表 6.3.3-9 フィットネスクラブ売上上位3社の主な介護予防事業

| 企業            | 対象                                     | 事業概要  | 指導員の要件・資格  |
|---------------|--|---|--|
| RIZAP<br>グループ | 法人・自治体                                 | 法人および自治体向けに「健康増進プログラム」と称して、「運動指導」「食事指導/管理」「体組成の測定」、この3項目を柱とするサービスを実施。   | 日本トップトレーナー協会(JTTA)の養成講座(計6日間)を受講後、修了試験に合格した者を認定                            |
| セントラル<br>スポーツ | 自治体                                    | 「健康度測定会」や「介護予防講演会」のような単発イベントから、転倒予防や認知症予防等を目的とした「介護予防教室」の運営や介護予防ボランティアの養成事業、そして、介護予防施設の管理・運営(指定管理)まで、各自治体・地域包括支援センターの皆様のニーズに合わせ、さまざまなサポートを実施。 | 養成講座(17講座計31.5時間の講習)を受講後、修了試験に合格した者を介護予防運動指導員として(地独)東京都健康長寿医療センター研究所が認定する。 |
|               | デイサービス<br>有料老人ホーム<br>サービス付き高齢者<br>向け住宅 | 高齢者施設のニーズに合わせ、筋力向上・尿失禁予防・転倒予防を目的としたプログラム等の出張指導、体力測定などをサポート。高齢者施設に対し、介護予防運動指導員が出張を行うというサービスも運用。  |  |
| コナミHD         | 自治体・介護予防事業者                            | 「運動機能向上」、「ロコモティブシンドローム予防」、「口腔機能向上」、「認知症予防」の要素を取り入れた効果的なプログラムを実施。専門職スタッフ(健康運動指導士、理学療法士、看護師、歯科衛生士、管理栄養士等)が多数登録。                                 | 独自の高齢者ライセンス(高齢者健康づくり指導員)   |

(出所：各社ホームページより)

### 6.3.4 横展開におけるビジネスモデルの検討

自治体以外を対象にした横展開のビジネスモデルについて検討を行った。遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導、遠隔摂食嚥下指導については、医療機関だけではなく介護事業者においても活用が見込まれる。また、遠隔診療（腹部エコー）については、モバイル超音波画像診断装置を使った在宅医療現場での活用の可能性がある。さらに、遠隔健康指導においては、高齢者への介護予防としてフィットネスクラブにおいても活用が考えられる。そこで、介護事業者、在宅医療、フィットネスクラブのそれぞれにおいて想定されるビジネスモデルについて検討した。

#### モデル1 介護施設における遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下

遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下の対象となる被介護者は、リハビリ指導に耐えうる一定の日常基本動作や認知能力を有する比較的軽度の要介護認定者を想定する。また、遠隔の仕組みを導入するために一定の投資が必要であることから、民間事業者の運営する介護施設が導入することを想定する。したがって、介護施設のうち、民間事業者が参入するサービス付き高齢者向け住宅と有料老人ホームをターゲットとして設定する。

サービス付き高齢者向け住宅または有料老人ホームを運営する民間事業者と医療機関の間で、リハビリ専門職の非常勤契約等を締結し、熟練のリハビリ専門職による高度なりハビリ等指導を遠隔で提供することを想定する。その際、サービス付き高齢者向け住宅または有料老人ホームを運営する民間事業者と、医療機関は、おのおのが映像伝送・診療システムのアプリケーション・機器を提供するインテグレータと利用契約を締結する。

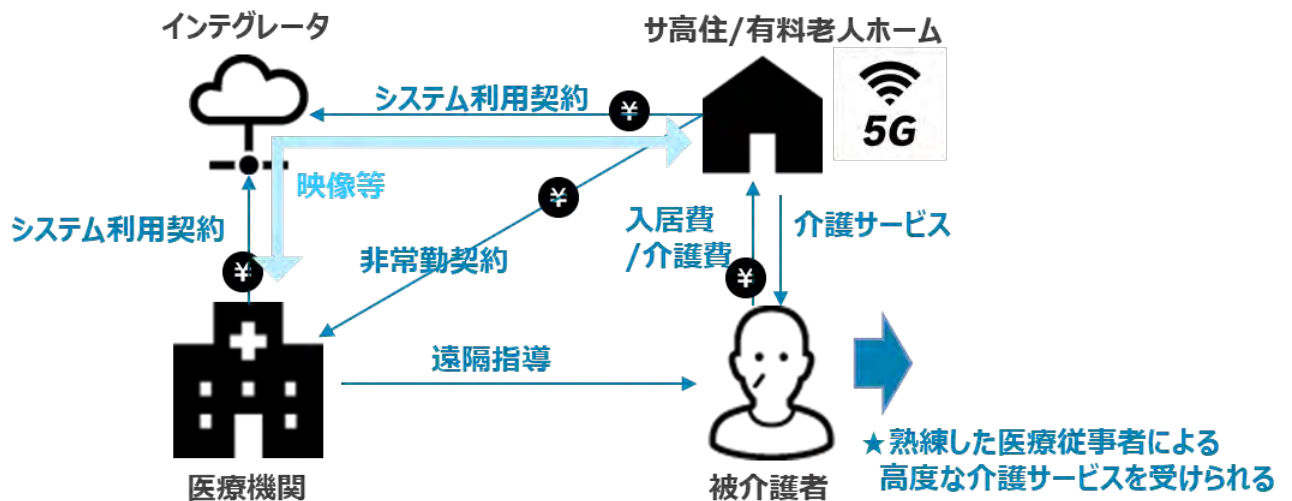


図 6.3.4-1 介護施設における遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下の運用モデル

### モデル2 在宅における遠隔診療（腹部エコー）

遠隔診療（腹部エコー）は、在宅患者へのオンライン診療の一環として実施されることを想定する。なお、超音波画像検査は、医師の指示のもと看護師、臨床検査技師、診療放射線技師が行うこととして指定されており、医療行為として行われるものを想定する。

医療機関から委託を受けた訪問看護事業者が、モバイル超音波画像診断装置を在宅患者に対して利用し、その際のプローブ操作等の指示を遠隔の医師が行う。遠隔診療を実施する医療機関が、映像伝送・診療システムのアプリケーション・機器を提供するインテグレータと利用契約を締結する。これにより、膀胱等の観察が可能になり、通院困難な患者に対しても従来必要な経過観察を行うことができる。

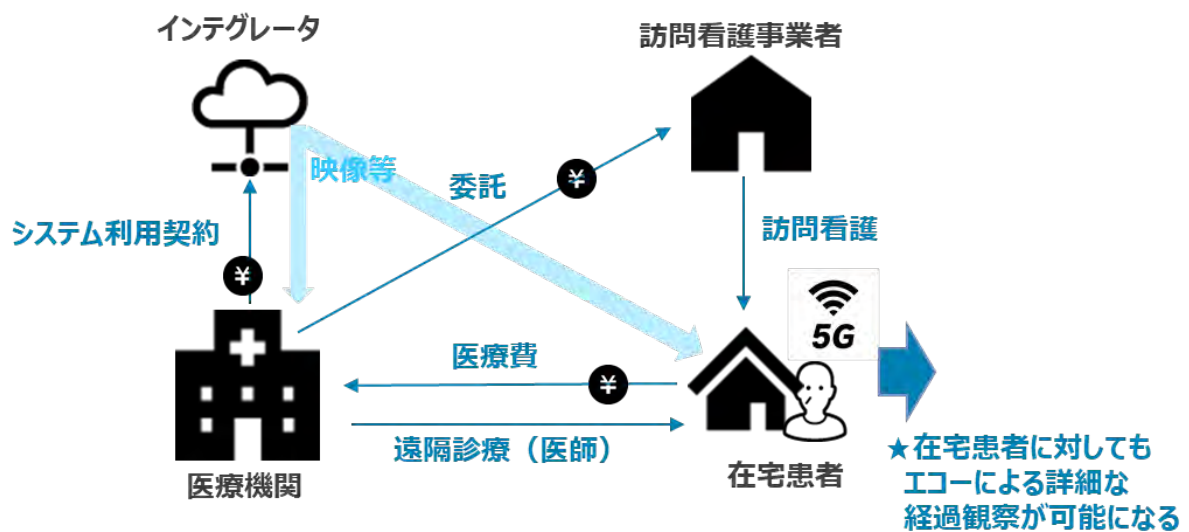


図 6.3.4-2 在宅における遠隔診療（腹部エコー）の運用モデル

### モデル3 フィットネスクラブにおける遠隔健康指導

フィットネスクラブの実施する介護予防サービスの一環として、遠隔健康指導が活用されることを想定する。フィットネスクラブ事業者は、高度な指導力をもつ理学療法士や作業療法士と委嘱等の契約を結び、全国のフィットネスクラブ会員に対して、遠隔から質の高い介護予防サービスを提供する。インテグレータは、フィットネスクラブとの利用契約に基づき、映像伝送・診療システムや各種機器を提供する。映像伝送・診療システムや各種機器に係る投資対効果として、質の高い介護予防サービスを提供することによるフィットネスクラブとしての付加価値向上、あるいは自治体の介護予防給付費の申請が考えられる。

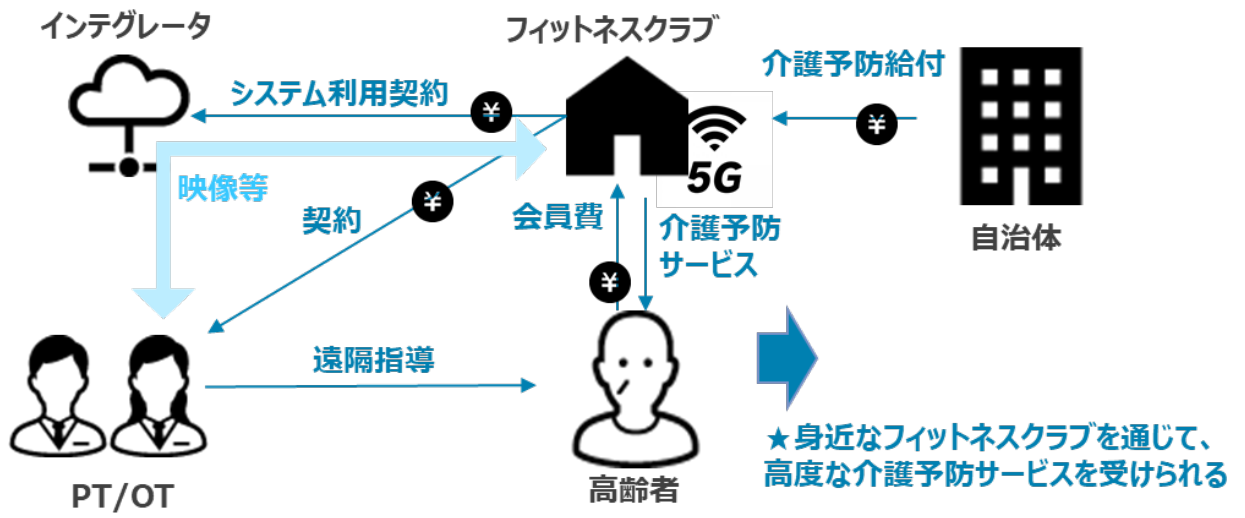


図 6.3.4-3 フィットネスクラブにおける遠隔健康指導の運用モデル



### 6.3.5 横展開における諸課題を踏まえた推進対応方策

#### 6.3.5.1 横展開における諸課題

遠隔診療や遠隔リハビリ指導を提供する上では、地域住民にそのメリットや安全性について理解を得ることが必要である。また、医師やリハビリ専門職が映像や音声を介して患者とのコミュニケーションを行うため、4K という高精細な映像を用いた場合でも患者の視覚や聴覚等の認知能力によってコミュニケーションの難易度が変わる。

一方で、技術的な面での課題として、カメラの台数や設置位置による死角等が発生する可能性がある。さらに、5G であっても実装環境により通信速度には上限があり、接続するアプリケーションやその数に制限がかかる。例えば、本実証ケースでのネットワーク全体の通信速度(実効値)は60Mbps であり、4K カメラ1 台のスループットが17Mbps となることから、4 台以上の4K カメラを同時接続した場合は映像品質が低下すると考えられる。

さらに、横展開においては、現在キャリア5G のエリアは限定的でありルーラルエリアへの拡大には時間を要すると考えられる。したがって、ローカル5G によるエリア構築が求められるが、現在のローカル5G の構築に係るコストは大きく、過疎地域の自治体単独で負担することは現実的ではない。

#### 6.3.5.2 推進対応方策

##### 対象となる患者の選定

今回の実証では、遠隔リハビリ指導の被験者は以下の要件を満たす住民を選定した。

- ・ 過去に中核病院への受診歴、入院歴がある
- ・ 現在、診療所で行われている機能訓練事業に参加している
- ・ 認知機能が維持されており、モニタを介したコミュニケーションが可能である

実証試験から、あらかじめコミュニケーションを行って一定の信頼関係を構築できていることや、スピーカーを通じて音声を聞き取り理解することができることが望ましく、遠隔診療や遠隔リハビリ指導では上記要件に合致する患者を対象に実施することが好ましい。ただし、患者のそばに看護師が補助に入ること、音声等のコミュニケーションの仲介が可能であり、必ずしも上記要件を満たすことが必要とは断定できない。

##### カメラの設置位置・画角・台数の判断

今回の実証では、固定運用とした4K カメラ2 台と看護師に装着したヘッドマウント1 台の計3 台にて実施した。遠隔診療(エコー)においては、プローブ操作の状況や患者の様子が視認することができるため、最低2 台(患者を映す固定カメラと技師の手元を映すヘッドマウントカメラ)のカメラで運用が可能と考えられる。一方で、遠隔リハビリ指導、集団での遠隔健康指導・遠隔摂食嚥下療法においては、対象者の動きの左右差を見るとともに、手の指や足の指、口腔内等の接写映像も不可欠であり、カメラの台数や配置に大きく左右される。したがって、実装の前に、あらかじめ導入を予定する環境下での検証を行い、カメラ位置や台数について事前調査をしておくことが望ましい。

### アプリケーションの接続数や通信速度の考慮

4K カメラやモーションキャプチャシステムは高容量のデータ通信となり、ネットワークへの負荷を考慮したアプリケーションの選択および運用が求められる。今回の実証では、4K カメラ 3 台とモーションキャプチャシステムを同時に接続した際、それぞれの映像品質が低下したことから、同時接続を回避しネットワークへの負荷を低減する運用を行った。

#### [遠隔リハビリ指導におけるアプリケーションの運用手順]

- 1) 事前問診時：4K カメラ 3 台と遠隔診療支援システムの同時接続
- 2) モーションキャプチャシステム動作時(歩行解析時):4K カメラ 3 台の通信を停止、モーションキャプチャシステム単独で通信
- 3) 遠隔リハビリ指導時：4K カメラ 3 台の通信を再開し、モーションキャプチャシステムの通信を制限（中核病院のモーションキャプチャシステム用リモートデスクトップ画面を最小化)

### 高コストであるローカル 5 G への対応

遠隔医療のみを利用用途として、過疎地域の診療所にローカル 5 G を設置することは費用対効果の面で良いとはいえない。作手診療所を例に挙げれば、通院患者規模は数百名であり、ローカル 5 G の導入に係るイニシャルコストと比較すれば医業収益の効果はごくわずかである。したがって、遠隔診療や遠隔リハビリ指導の用途だけのためにローカル 5 G の基地局を設置することは現実的ではなく、他の健康増進関連の自治体事業や介護サービスとの複合的な利用を行うことが望ましい。例えば、診療所に介護施設が併設している土地や、複数の用途をもつ複合施設など、1 局の基地局で多数の施設や用途をカバーできるといったケースである。

## 6.4 共同利用型プラットフォームに関する検討

5G があらゆる分野や地域において浸透し、徹底的に使いこなされている「Beyond 5G ready」な環境の実現に向け、多様なステークホルダーによるローカル 5G 等を活用したユースケースの横展開を促進する取組が期待されている。

その実現方策の一つとして、低廉かつ容易に利用できるような、例えば、エッジと連携したクラウド型 (SaaS) の共通プラットフォーム (「5G ソリューション提供センター (仮称)」) の仕組みが考えられている。図 6.4-1 は、「Beyond 5G 推進戦略-6G へのロードマップ」で示されている「5G ソリューション提供センター (仮称)」のイメージである。

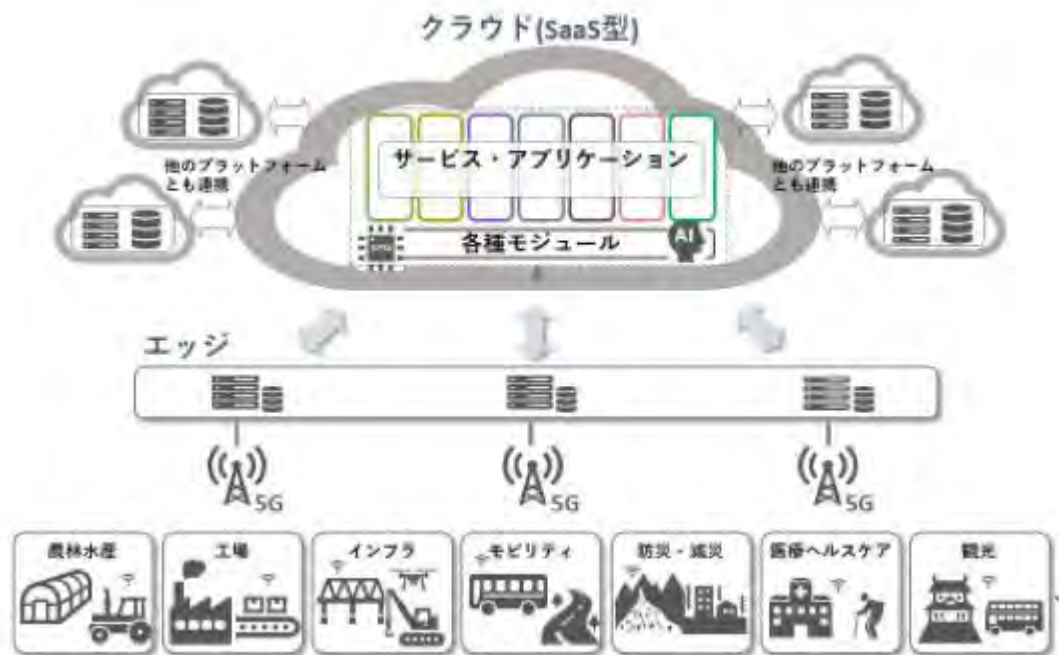


図 6.3.5-1 5G ソリューションセンター (仮称) のイメージ

本実証において、当該プラットフォームの在り方について検討を行った。

具体的には、本実証において構築した「へき地医療における 5G 映像伝送・診療システム」をユーザ企業・団体や開発主体等が容易に利用できるようにするために、当該映像伝送・診療システムがどのようなモジュールや機能群、必要とされるインターフェース (API 等)、データ連携仕様 (フォーマット等) 等具備すべき技術的検討、さらには、実装及び横展開における持続可能な実現性の検討にもフォーカスし、公開情報として取りまとめた。

### 6.4.1 本実証の課題解決システムを他の地域等で実装するために 5G ソリューション提供センター (仮称) が具備すべき機能

3 章の記述のとおり、本実証においては、5G の高速大容量・低遅延の特長を最大限に生かしたクラウド基盤である「ドコモ・オープン・イノベーション・クラウド」を活用し、さらに、医学的見地から実現すべき「生体データ等センシティブ情報の取扱によるセキュアなネットワーク環境」も踏まえ、クローズドなネットワーク・システム構成と

した。また、本コンソーシアム内の協力機関が提供するソリューション及び機器を活用することにより実装コストの低減も図っている。

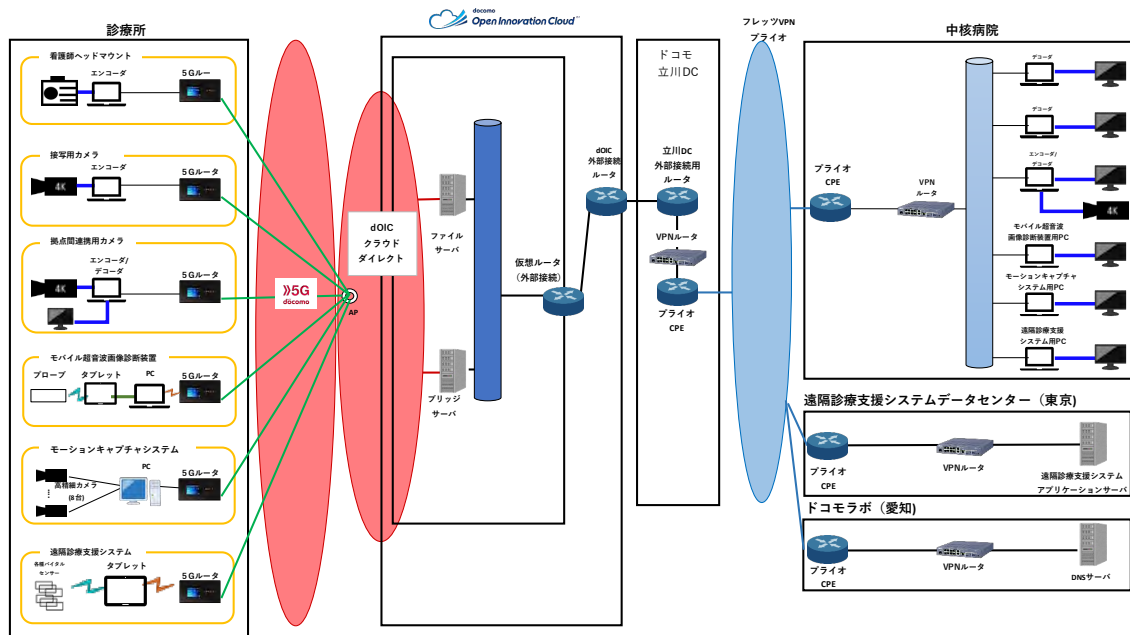


図 6.4.1-1 <再掲> システム構成図

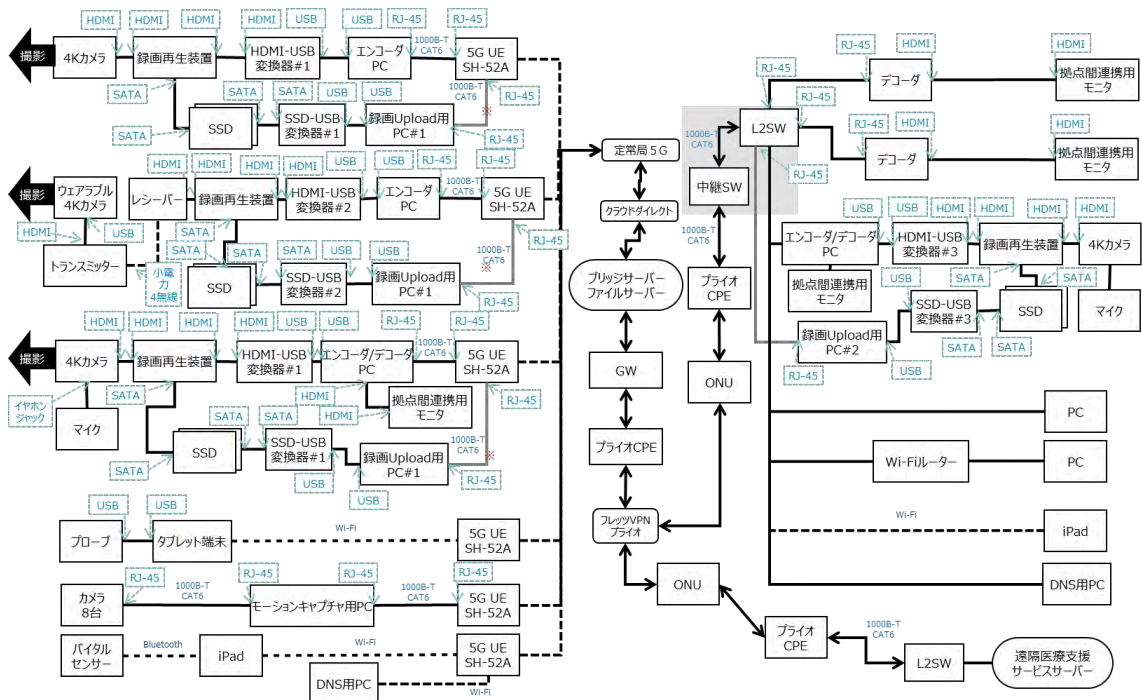


図 6.4.1-2 <再掲> 機器構成図

本実証では、医療分野の中で、特に高齢者の予防医療及びその診療としてのリハビリにフォーカスを充てている。その背景は、2.3で述べたとおりであるが、実証地域以外の山間部、沿岸部を含めたルーラル地域においても同様の課題を持っていることから、本システムの公開・横展開は有用と考えている。

よって本実証の内容は共同利用型プラットフォームのコンセプトと親和性のあるものであり、本実証において構築した映像伝送・診療システムにおける技術的検討事項、持続可能な実現性検討事項のうち、提示可能なものを取りまとめることが共同利用型プラットフォームの検討に有効であると考えた。

#### 6.4.2 本実証の課題解決システムについて 5G ソリューション提供センター（仮称）を通じた横展開のあり方（機能検証編）

本実証の成果物として本報告書に記載するもののうち、表 6.4.2-1 で記載した内容が共同利用型プラットフォーム検討に向けて提示可能である。

表 6.4.2-1 本実証の成果を踏まえ提示可能な技術的検討の公開情報

| 項番 | 報告物（成果報告書内記載）               | 内容                                      |
|----|-----------------------------|---|
| 1  | システム概要                      | 構築したシステムのコンセプト、概要                       |
| 2  | 使用機器一覧                      | 選定した具体的な機器一覧、および機器スペック（要求仕様等）           |
| 3  | 機器接続図                       | 各機器間の接続インターフェース詳細                       |
| 4  | ネットワーク構成図全体                 | ネットワーク構成の全体図                            |
| 5  | 映像伝送・診療システムのネットワーク機能検証概要    | NTT ドコモの 5G と d o i c を活用したネットワーク検証結果   |
| 6  | 映像伝送・診療システムのアプリケーションの機能検証概要 | NTT ドコモの 5G と d o i c を活用したアプリケーション検証結果 |

#### 6.4.3 本実証の課題解決システムについて 5G ソリューション提供センター（仮称）を通じた横展開のあり方（実装・横展開編）

本実証の成果物として本報告書に記載するもののうち、表 6.4.3-1 で記載した内容が共同利用型プラットフォーム検討に向けて提示可能である。

表 6.4.3-1 本実証の成果を踏まえ提示可能な実装・横展開検討の公開情報

| 項番 | 報告物（成果報告書内記載） | 内容                                      |
|----|---------------|---|
| 1  | ニーズの整理        | ・政府統計データによる全国的なニーズ                      |
| 2  | 実証の効果検証       | ・実証を通じた有効性の検証                           |
| 3  | 経済性評価         | ・医療機関及び自治体における経済性                       |
| 4  | 実装検討プロセス      | ・実装に向けた優先度の検討プロセス<br>・実装時の成果目標の検討プロセス   |
| 5  | 横展開に資する普及モデル  | ・横展開先として想定されるターゲット<br>・将来的に想定されるビジネスモデル |

## 6.5 まとめ

- 映像伝送・診療システムの実装について
  - 新都市において、遠隔診療・遠隔リハビリ指導の仕組みを実装するために最低限必要なコストを試算した。試算の結果、新たなフィールドにローカル5Gの基地局や各種ネットワーク設備・機器等の構築を行う場合は約112百万円、本実証において構築したNTTドコモの5G恒久局やネットワーク設備・機器を活用する場合は約24百万円（表4.6.2-1）である。
  - 遠隔診療・遠隔リハビリ指導を運用する上では、モーションキャプチャシステムの導入は必須ではないが、リハビリ指導による機能改善度を定量的に評価できるという点で導入のメリットは大きいと考えられる。
  - 映像伝送・診療システムの導入による経済性を、対象エリアの住民における介護給付費抑制という観点から評価した。映像伝送・診療システムによって、住民の要介護度の進行を抑制すると仮定した場合、2029年度に実装コストを上回る経済性が得られるものと試算された。
  - 緊急度・重要度・コスト等の面で実装の優先度を検討し、プレゼンティーズム調査、遠隔リハビリ指導、遠隔健康指導を優先して実装を目指す。
  
- 課題解決システムの横展開について
  - 横展開の想定ケースとして、作手地区以外のへき地診療所での利用拡大、新都市以外の奥三河エリアでの利用拡大を想定し普及モデルの検討を行った。さらに、医療機関以外での応用性として、民間介護事業者やフィットネスクラブでの遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導の普及モデルについても検討を行った。

### 作手地区以外のへき地診療所での利用拡大、新都市以外の奥三河エリアでの利用拡大を想定した普及モデル

- 新都市内での利用拡大を想定し、映像伝送・診療システムの導入による経済性を、対象エリアの住民における介護給付費抑制という観点から評価した。映像伝送・診療システムによって、住民の要介護度の進行を抑制すると仮定した場合、2040年度に実装コストを上回る経済性が得られるものと試算された。
- 他の診療所において5Gエリア構築を行う場合、ローカル5Gが第一の選択肢と考えられるが、4.6章でのコスト分析のとおり、ローカル5Gが高コストであり、本実証のユースケースに限定した用途では費用対効果が見合わないと考えられる。したがって、遠隔診療・遠隔リハビリ指導に限定したユースケースではなく、医療分野以外を含め多用途を想定してエリア構築を行うことが望ましい。

### 民間介護事業者やフィットネスクラブでの遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導の普及モデル

- 今後、日本の社会保障費抑制の観点から、比較的軽度な要介護認定者については、医療機関ではなくサービス付き高齢者向け住宅等の民間介護事業者

が支えていくモデルが推奨されており、民間介護事業者における介護サービスの質がより一層重視されると考えられる。熟練のリハビリ専門職が遠隔で指導を行うことができれば、より多くの高齢者に質の高い介護サービスを提供することができる。

- ▶ 大手フィットネスクラブにおいて、健康指導や食事指導といった介護予防サービスの事業展開が活発化しているが、国家資格をもつリハビリ専門職の指導の数は限られている。限られたリハビリ専門職が遠隔で指導を行うことができれば、地域に依存せずにクラブ会員へ質の高い指導を提供することができる。

- 共同利用型プラットフォームについて

将来的な「5G ソリューション提供センター（仮称）」構築にあたり、本実証フィールドにおいて得られた結果、知見、構想の公開可能なデータをできる限りクラウドに蓄積・閲覧できる環境構築を想定している。

本実証は、へき地遠隔診療に関するもののみであるため、他分野の実証における知見も合わせて、上記「5G ソリューション提供センター（仮称）」の提供事業者が整理、構築する必要がある。そのライブラリーの質、量及び提供コストにより、この共有プラットフォームの成否が決まってくると考える。



## 7. まとめ

### 7.1 実証目標に対する成果のまとめ

1.2 章に示した各実証目標に対する成果を以下にまとめる。

- 実証目標 1. 地域住民の健康異常を早期検知するためのプレゼンティーズム調査 WEB システムの有効性等の検証
  - プレゼンティーズム評価指標等を用いて対象エリアの住民の健康状態を可視化でき、特定症状に関しての程度や痛みの部位について評価が得られることを確認した。
- 実証目標 2. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた超音波画像検査（腹部エコー）等の遠隔診療に関する有効性等の検証
  - 医療従事者の主観評価から、5G を用いてモバイル超音波画像診断装置のエコー画像伝送を行った場合、若干の映像品質の不安定さを除けば遅延時間は許容範囲であり、5G を活用した遠隔診療の有用性が示された。
- 実証目標 3. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた遠隔リハビリ指導に関する有効性等の検証
  - 医療従事者の主観評価から、5G および 4K 高精細映像を用いた場合、歩行や起立等の基本的なリハビリメニューにおいては映像品質および遅延時間は許容範囲内であることが確認された。
- 実証目標 4. 5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた遠隔健康指導および遠隔摂食嚥下療法に関する有効性等の検証
  - 医療従事者の主観評価から、5G および 4K 高精細映像を用いた場合、健康指導時の足や手の細かな動作、口腔内の舌挙上等について視認可能であり、映像品質および遅延時間は許容範囲内であることが確認された。
- 実証目標 5. 災害時を想定した、5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた超音波画像検査（下肢エコー）に関する有効性等の検証
  - 医療従事者の主観評価から、5G を用いてモバイル超音波画像診断装置のエコー画像伝送を行った場合、若干の映像品質の不安定さを除けば遅延時間は許容範囲であり、5G を活用した遠隔診療の有用性が示された。
- 実証目標 6. ローカル 5G 等の性能評価、電波伝搬特性評価及びエリア構築・システム構成の検証、ローカル 5G とキャリア 5G の準同期運用を含めた共用検討等
  - 診療所等の屋内エリアを、屋外基地局及び屋内基地局からカバーする方法でエリア構築した結果、どちらの方法でも良好なエリアを構築できることを確認した。

各実証目標に対して、実証を通じて得られた課題とその対応策を以下に示す。

● 実証目標 1 における課題と対応策

- 今回のプレゼンティーズム調査では、調査期間が 2 か月程度と短かったため、対象住民の健康状態の有意な変化を観察するには調査期間が不足していた。今後は、中長期での追跡調査を実施するということと、調査対象のエリアを拡大してより大規模に行うことで、さらなるプレゼンティーズム調査の有用性を検証することにつながると考えられる。
- 調査が 2 回目、3 回目と回数を重ねるたびに調査回答の回収率が低下した。これは、短期間で同一の質問項目に幾度も回答するということに対するストレスに起因するものと考えられる。今後は、継続して回答を得るための工夫として、回答者に対するインセンティブを付与する、あるいはより簡易的に回答できる仕組みを考案するといった対応が求められる。

● 実証目標 2 における課題と対応策

- 映像に関しては、品質や遅延に問題はなかったものの、音声については遅延によってコミュニケーションのずれが生じる、難聴をもつ患者にとってはリハビリ専門職の音が聞き取りにくいという意見があった。また、高解像度の映像を見ることができるものの、患者の表情や息遣いといった機微な変化をとらえることは困難であった。今回の実証では、安全確保のため、患者の傍に看護師を配置したが、実際の運用においても看護師の補助が必要であることがわかった。
- 音声の問題に対する今後の対応策としては、遠隔リハビリ指導を実施する場所として部屋のサイズ等音声の通りやすい環境を選択することが重要である。また、なるべく担当のリハビリ専門職にとって初めてのリハビリ患者は避け、あらかじめ対面において信頼関係を構築され多少のコミュニケーションのずれを許容できるような状況で遠隔リハビリ指導を実施することが望ましい。
- 安全確保における対応策としては、リハビリ時の映像に加えて、ウェアラブルデバイスによって患者のバイタルを中核病院にフィードバックすることで、映像では評価できないリスクを評価する仕組みを導入することである。また、遠隔リハビリ指導がすべての患者に適用できるということではなく、ある程度運動機能や認知機能が維持されている患者で、転倒等のリスクが極力すくない患者を選定することも必要であろう。特に、運動機能や認知機能が低く、転倒等の可能性が認められる場合には、看護師の補助は必須と考えられる。したがって、遠隔リハビリ指導の在宅環境での応用性を考えた場合、どの程度の運動機能や認知機能が維持された在宅患者であれば医療従事者の補助が無い状況下で遠隔リハビリ指導が実施可能であるか、について追加的な検証が必要である。

- 実証目標 3 および 5 における課題と対応策

- モバイル超音波画像診断装置は、今回の実証のような遠隔での利用を想定した製品ではないため、実証用に社外アプリケーションをインストールし、診療所のタブレット端末とデスクトップ共有用の PC 間でエコー画像の伝送を行った。予備試験として、タブレット端末と中核病院 PC 間をオンライン会議システムにより画像伝送を行ったところ、安定してエコー映像が伝送されていたことから、この社外アプリケーションを介した伝送を行ったことで、映像品質の不安定さが生じている可能性が考えられる。そのため、発生した遅延は 5G を使用したことによるものではなく、今回の実証環境や社外アプリケーションを使用したことが起因となったと考えられる。
- エコーの映像品質を安定させるための今後の対応策としては、社外アプリケーション等の複雑なネットワーク構成を省略し、タブレット端末のエコー映像を中核病院側へ伝送する仕組みを採ることで解消される可能性がある。一方で、この仕組みはモバイル超音波画像診断装置側のアプリケーションの改修が必要となるものであり、今後の 5G を活用した遠隔診療のニーズを見定めて開発されるべきものである。

- 実証目標 4 における課題と対応策

- 本実証の遠隔健康指導では、5 名の被験者に対して同時に指導を行ったが、通常、新城市では、集団での健康指導は 10 名程度を同時に実施している。今回の 4K カメラ 3 台の映像を介した健康体操指導を行う場合、同時に指導できる人数は 5 名程度が限界であろうとの意見があった。今後、指導人数が増えた場合、4K カメラ台数の増設によりより広範囲の映像をカバーする、あるいは遠隔からカメラのズームアウトや画角の変更を行うといった対応が必要である。

- 実証目標 6 における課題と対応策

- 本実証では、診療所と集会所ともに屋内の狭いエリアをターゲットとしたが、仮に、診療所等屋内の隅々までターゲットエリアにする必要がある場合、診療所内の多くの部屋において、安定的な下り受信電力を確保することが課題になる。このような場合の対策としては以下の方策が考えられる。
  - ◇ 1つの基地局に複数のアンテナユニットを接続して、屋内での電波の届きにくい環境を減らしていく方策
  - ◇ 小電力レピータや陸上中継移動局のような、基地局からの電波を中継する装置を使う方策、反射板を使う方策

## 7.2 今後のアクションプラン

- 5G 恒久局を利用した遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導の実装

本実証で構築した 5G 恒久局および診療所内に配備した 4K カメラ等の機器・設備を最大限に活用するため、2021 年度において診療所を拠点とした遠隔リハビリ指導と遠隔健康指導の実装を検討する。実装に向けては、映像伝送のためのクラウドサービスの調達が必要となるが、本実証で設計したネットワーク構成をもとに、サービス提供ベンダーの模索を行う。実装に向けた追加コスト（4.6.2 章を参照）が発生するが、新城市と名古屋大学を中心に推進する奥三河メディカルバレープロジェクトのスキームを活かし、実装に向けた新たなプロジェクトの発足等を検討する。

- 遠隔診療の在宅環境への応用

モバイル超音波画像診断装置を用いた遠隔診療においては、医療設備をもつ診療所よりも、今後は新型コロナウイルスによって加速する在宅医療環境でのニーズが増すと想定される。一方で、社会実装に向けた課題として、超音波画像診断を行うスキルをもつ看護師は限定的であることや、ローカル 5G で一般の住宅をカバーすることは現実的ではないことが考えられる。したがって、超音波画像診断の経験を有する看護師の育成に加え、キャリア 5G のカバーエリア拡大を前提に、あらためて実装を検討すべきものである。

- 遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導のフィットネスクラブや介護施設での利用

へき地の公営の診療所や集会所といった用途が限定的であるエリアにおいて、ローカル 5G を利用した遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導を提供することは費用対効果において持続可能な事業とは言い難い。一方で、フィットネスクラブやサービス付き高齢者向け住宅等の民間事業者においては、健康増進や介護サービスとしての事業付加価値を生むサービスとして遠隔リハビリ指導や遠隔健康指導を利用することが考えられる。2021 年度以降の新城市での運用を経て、遠隔リハビリ指導・遠隔健康指導のパッケージサービスの検討を行い、2022 年度以降にこれら民間事業者向けの映像伝送・診療システムのサービスを提供することを目指す。

## 8. 参考資料

### 報道発表リスト

| 発表日       | 発表媒体                             | 発表タイトル                                    | 発表者       |
|-----------|----------------------------------|---|-----------|
| 2019/3/1  | オンライン展示会「docomo Open House 2021」 | 5G ユースケースとして紹介                            | NTT ドコモ   |
| 2019/5/23 | コンソーシアム各社<br>プレスリリース             | 過疎地域における 5G を活用した<br>遠隔診療・リハビリ指導の実証実<br>験 | コンソーシアム連名 |

## 9. 別添資料

1. アンケート等調査票
2. ネットワーク機能検証コマンド一覧

地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた  
開発実証に係る医療分野におけるローカル5G等の技術的条件等に関する調査検討の請負  
(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)

成果報告書別添資料1  
アンケート等調査票

● プレゼンティーズム調査票

表1 第1回プレゼンティーズム調査 1次調査票

| 質問番号 | 質問区分        | 質問内容  | 回答方式     |
|------|-------------|---|----------|
| 1    | プレゼンティーズム調査 | あなたと同じような仕事をしているたいていの人たちの、普段の仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。 | 選択式：0～10 |
| 2    | プレゼンティーズム調査 | 過去1～2年の、あなたの普段の仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。               | 選択式：0～10 |
| 3    | プレゼンティーズム調査 | 最近4週間（28日間）の、あなたの一般的な仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。         | 選択式：0～10 |
| 4    | 幸福度調査       | 現在、あなたはどの程度幸せですか。                                 | 選択式：0～10 |
| 5-1  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、神経過敏に感じましたか。                           | 選択式：0～4  |
| 5-2  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、絶望的だと感じましたか。                           | 選択式：0～4  |
| 5-3  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、そわそわ、落ち着かなく感じましたか。                     | 選択式：0～4  |
| 5-4  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、気分が沈み込んで、何が起こっても気が晴れないように感じましたか。       | 選択式：0～4  |
| 5-5  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、何をするのも骨折りだと感じましたか。                     | 選択式：0～4  |
| 5-6  | ケスラー気分障害調査  | 過去1か月間において、自分は価値のない人間だと感じましたか。                    | 選択式：0～4  |



|     |      |   |                  |
|-----|------|---|------------------|
| 6-1 | 体の痛み | 過去 4 週間において、背中の痛みや肩の痛み・張り・いわゆる肩こりがありましたか。     | 選択式：0～3          |
| 6-2 | 体の痛み | 過去 4 週間において、頭痛がありましたか。                        | 選択式：0～3          |
| 6-3 | 体の痛み | 過去 4 週間において、腰痛がありましたか。                        | 選択式：0～3          |
| 6-4 | 体の痛み | 過去 4 週間において、原因不明の体の痛みがありましたか。ある場合、それはどの部分ですか。 | 選択式：0～3<br>+自由記載 |
| 6-5 | 体の痛み | 過去 4 週間において、手足のしびれがありましたか。ある場合、それはどの部分ですか。    | 選択式：0～3<br>+自由記載 |
| 6-6 | 体の痛み | 過去 4 週間において、満足の得られない睡眠がありましたか。一日夜何時間眠っていますか。  | 選択式：0～3<br>+自由記載 |
| 6-7 | 体の痛み | 過去 4 週間において、関節炎がありましたか。                       | 選択式：0～3          |
| 6-8 | 体の痛み | 過去 4 週間において、高血圧の症状（めまいなど）がありましたか。             | 選択式：0～3          |
| 6-9 | 体の痛み | 過去 4 週間において、不安や気分の落ち込みがありましたか。                | 選択式：0～3          |

表2 第1回プレゼンティーズム調査 2次調査票（頭痛）

| 質問番号 | 質問内容                | 回答方式  |
|------|---------------------|---|
| 1    | 突然の頭痛ですか。           | 選択式：はい/いいえ  |
| 2    | 今まで経験のしたことのない頭痛ですか。 | 選択式：はい/いいえ  |
| 3    | いつもと違う頭痛ですか。        | 選択式：はい/いいえ  |
| 4    | 頻度と程度が増していく頭痛ですか。   | 選択式：はい/いいえ  |
| 5    | 50歳以降の初発の頭痛ですか。     | 選択式：はい/いいえ  |
| 6    | 麻痺やしびれを伴う頭痛ですか。     | 選択式：はい/いいえ  |
| 7    | 癌や免疫不全を持つ患者の頭痛ですか。  | 選択式：はい/いいえ  |
| 8    | 発熱と嘔吐を伴う頭痛ですか。      | 選択式：はい/いいえ  |
| 9    | 頭痛の頻度はどれくらいですか。     | 選択式：月に数回頭痛を繰り返す/同じような痛みがほぼ毎日起こる/1~2ヶ月間は毎日ほぼ決まった時間に起こる     |
| 10   | どのような痛みですか。         | 選択式：ひどくなると「ズキン ズキン」と脈打つように痛む/締めつけられるように重く痛む/えぐられるように激しく痛む |
| 11   | どこが痛みますか。           | 選択式：頭の片側あるいは両側/頭全体もしくは後頭部や首すじ/片方の目の奥                      |
| 12   | 家事や仕事に支障はありますか。     | 選択式：するのが辛くて、出来れば寝ていたい/何とかできる/何もできなくなる。                    |
| 13   | 動くと痛みはどうなりますか。      | 選択式：頭痛は悪化するので、動かずにじっとしていたい/痛みが軽くなることがある/激痛のためにじっとしてられない   |

|    |                 |  |
|----|-----------------|--|
| 14 | 頭痛以外の症状はありますか。  | 選択式：吐き気を伴うことがある。光や音、匂いに敏感になる／ふあふあしためまいや肩や首のコリを伴う／目が充血する。涙がでる。鼻水が出る |
| 15 | 肩や首のコリはありますか。   | 選択式：頭痛が起こる前に肩や首がこる／頭痛の時はいつも肩や首のコリがある／頭痛が起こると同じ側の肩がこる               |
| 16 | 頭痛が起きた時はどうしますか。 | 選択式：じっとして、痛みが過ぎるのを待つ／マッサージやストレッチをしたりお風呂に入る／じっとしてられない               |

表3 第1回プレゼンティーズム調査 2次調査票（頸肩腕痛）

| 質問番号 | 質問区分               | 質問内容                                      | 回答方式       |
|------|--------------------|---|------------|
| 1-1  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 安静にしているときも絶えず首や肩に痛みがある。                   | 選択式：はい/いいえ |
| 1-2  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 胸を締め付けられる痛みや胸の中をひろげられるような痛みがある。           | 選択式：はい/いいえ |
| 1-3  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | がんの治療を受けたことがある。                           | 選択式：はい/いいえ |
| 1-4  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 半年で5キロ以上体重が減った。                           | 選択式：はい/いいえ |
| 1-5  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 外からみてわかる首のまわりの背骨の変形がある。                   | 選択式：はい/いいえ |
| 1-6  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 現在体に37.5度以上の発熱がある。                        | 選択式：はい/いいえ |
| 1-7  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 腕や手に響く痛みやしびれがある。                          | 選択式：はい/いいえ |
| 1-8  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 今あるしびれは首を動かすと強くなる<br>(腕や手のしびれがない方は「いいえ」)。 | 選択式：はい/いいえ |
| 1-9  | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 足の力がぬけたりもつれたりして転ぶことが多い。                   | 選択式：はい/いいえ |
| 1-10 | 重大な病気が隠れていないかのチェック | じっとしている時と比べて肩を動かすと痛みが出る。                  | 選択式：はい/いいえ |
| 1-11 | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 転んだなどの首や肩の痛みが悪化した原因がある。                   | 選択式：はい/いいえ |
| 1-12 | 重大な病気が隠れていないかのチェック | 腕を肩の高さまで前に上げることができない。                     | 選択式：はい/いいえ |

|      |                       |                        |   |
|------|-----------------------|------------------------|---|
| 1-13 | 重大な病気が隠れていないかのチェック    | 腕を肩の高さまで横にあげることができない。  | 選択式：はい／いいえ  |
| 2-1  | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 現在の首や肩の痛みの強さについて。      | 選択式：<br>現在、首や肩は痛くない／非常に軽い痛みがある／中程度の痛みがある／強い痛みがある／非常に強い痛みがある／考えられる中で一番強い痛みがある  |
| 2-2  | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 身の回りのことはどの程度<br>できますか。 | 選択式：<br>痛みなく、身の回りのことは自分でできる／首や肩は痛くなるが、身の回りのことは自分でできる／身の回りのことをすると首や肩が痛くなるので、ゆっくり気をつけて行っている／多少手伝ってもらうが、ほとんどの身の回りのことは何とか自分でできる／ほとんどの身の回りのことは、毎日手伝ってもらう必要がある／着替えや洗髪をすることが難しく、ベッドに寝ている |

|     |                       |             |  |
|-----|-----------------------|-------------|--|
| 2-3 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 物の持ち上げについて。 | 選択式：<br>首や肩の痛みなく、重い物<br>を持ち上げることができる<br>／首や肩が痛くなるが、重<br>い物を持ち上げることがで<br>きる／首や肩の痛みのた<br>め、床から重い物を持ち上<br>げられないが、テーブルの<br>上などにある物は持ち上げ<br>ることができる／首や肩の<br>痛みのため、重い物を持ち<br>上げられないが、持ち上げ<br>やすい場所であれば、軽い<br>物ならば持ち上げることが<br>できる／非常に軽い物なら<br>ば持ち上げることができる<br>／持ち上げたり、運んだり<br>することがまったくできな<br>い |
|-----|-----------------------|-------------|--|

|     |                       |                     |   |
|-----|-----------------------|---------------------|---|
| 2-4 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 読書や新聞を読むことにつ<br>いて。 | <p>選択式：</p> <p>首や肩の痛みなく、好きな<br/>だけ読書や新聞を読める／<br/>軽い首や肩の痛みはある<br/>が、好きなだけ読書や新聞<br/>を読める／中程度の首や肩<br/>の痛みはあるが、好きなだ<br/>け読書や新聞を読める／中<br/>程度の首や肩の痛みのた<br/>め、長時間の読書や新聞を<br/>読むことができない／強い<br/>首や肩の痛みのため、長時<br/>間の読書や新聞を読むこと<br/>ができない／まったく読書<br/>ができない</p> |
| 2-5 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 頭痛はありますか。           | <p>選択式：</p> <p>頭痛はまったくない／たま<br/>に軽い頭痛がする／たまに<br/>中程度の頭痛がする／頻繁<br/>に中程度の頭痛がする／頻<br/>繁に強い頭痛がする／ほと<br/>んど常に頭痛がする</p>   |

|     |                       |                         |   |
|-----|-----------------------|-------------------------|---|
| 2-6 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 集中力について。                | <p>選択式：</p> <p>問題なく十分に集中することが<br/>できる／多少の問題はあるが、<br/>十分に集中することができ<br/>る／集中するのが難しい／<br/>集中するのがかなり難しい／<br/>集中するのが非常に難しい／<br/>全く集中できない</p> |
| 2-7 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 首や肩の痛みが仕事に影響<br>していますか。 | <p>選択式：</p> <p>思う存分仕事ができる／通<br/>常の仕事はできる／通常の<br/>仕事のほとんどはできる／<br/>通常の仕事ができない／ほ<br/>とんど仕事ができない／ま<br/>ったく仕事ができない</p>                      |



|     |                       |           |  |
|-----|-----------------------|-----------|--|
| 2-8 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 車の運転について。 | <p>選択式：</p> <p>私は車を運転しない／首や肩の痛みなく、車の運転ができる／軽い首や肩の痛みはあるが、運転できる／中程度の首や肩の痛みはあるが、運転できる／中程度の首や肩の痛みのため、長時間の運転はできない／強い首や肩の痛みのため、ほとんど運転できない／首や肩の痛みのため、まったく運転できない</p>                   |
| 2-9 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック | 睡眠について。   | <p>選択式：</p> <p>問題なく睡眠をとれている／睡眠障害はわずかで、眠れない時間は 1 時間未満である／睡眠障害は軽く、眠れない時間は 1～2 時間である／睡眠障害は中程度で、眠れない時間は 2～3 時間である／睡眠障害は重く、眠れない時間は 3～5 時間である／睡眠障害は非常に重く、眠れない時間は 5～7 時間でほとんど眠れない</p> |

|      |                              |  |  |
|------|------------------------------|--|--|
| 2-10 | 現在の首や肩の痛み<br>の状態のチェック        | 趣味などの余暇活動、レク<br>リエーションについて。                | 選択式：<br>首や肩の痛みなく、すべて<br>の余暇活動を行える<br>／首や肩は少し痛い、す<br>べての余暇活動を行える／<br>ほとんどの余暇活動を行え<br>るが、首や肩の痛みのため<br>すべては行えない／首や肩<br>の痛みのため、わずかな余<br>暇活動しか行えない／首や<br>肩の痛みのため、ほとんど<br>の余暇活動が行えない／首<br>や肩の痛みのため、まった<br>く余暇活動が行えない |
| 3-1  | 痛みに対するの考え<br>方についてのアンケ<br>ート | 私の首や肩の痛みは、身体<br>の動作によって生じた。                | 選択式：0～6  |
| 3-2  | 痛みに対するの考え<br>方についてのアンケ<br>ート | 身体の動作は、私の首や肩<br>の痛みを悪化させる。                 | 選択式：0～6  |
| 3-3  | 痛みに対するの考え<br>方についてのアンケ<br>ート | 身体の動作は、首や肩に悪<br>いかかもしれない。                  | 選択式：0～6  |
| 3-4  | 痛みに対するの考え<br>方についてのアンケ<br>ート | 私は首や肩の痛みがひどく<br>なる（かもしれない）動作は<br>するべきではない。 | 選択式：0～6  |
| 3-5  | 痛みに対するの考え<br>方についてのアンケ<br>ート | 痛みを悪化させる（かもし<br>れない）動作はできない。               | 選択式：0～6  |

| 現在仕事をされている方は以下の質問にも回答してください。 |                     |                                 |         |
|------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------|
| 3-6                          | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 私の痛みは、仕事のせいで、あるいは工作中的事故が原因で生じた。 | 選択式：0～6 |
| 3-7                          | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 私の痛みは、仕事によりさらに悪化した。             | 選択式：0～6 |
| 3-8                          | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 私にとって、私の普段の仕事は重労働過ぎる。           | 選択式：0～6 |
| 3-9                          | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 私の普段の仕事は、私の痛みを悪化させる。            | 選択式：0～6 |
| 3-10                         | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 私の普段の仕事は、私に悪い影響を与えるかもしれない。      | 選択式：0～6 |
| 3-11                         | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 現在の痛みを抱えたまま、私は普段の仕事をするべきではない。   | 選択式：0～6 |
| 3-12                         | 痛みに対する考え方についてのアンケート | 3ヶ月以内に私の通常通りの仕事に復帰できるとは思わない。    | 選択式：0～6 |

表4 第2回および第3回プレゼンティーズム調査 1次調査票

| 質問<br>番号 | 質問区分        | 質問内容  | 回答方式     |
|----------|-------------|---|----------|
| 1        | プレゼンティーズム調査 | あなたと同じような仕事をしているたいていの人たちの、普段の仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。 | 選択式：0～10 |
| 2        | プレゼンティーズム調査 | 過去1～2年の、あなたの普段の仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。               | 選択式：0～10 |
| 3        | プレゼンティーズム調査 | 最近4週間（28日間）の、あなたの一般的な仕事の出来は何点くらいになるでしょうか。         | 選択式：0～10 |
| 4        | 幸福度調査       | 現在、あなたはどの程度幸せですか。                                 | 選択式：0～10 |

（第2回および第3回の調査は、1次調査のみ実施）

● 遠隔リハビリ指導調査票

表5 遠隔リハビリ指導 調査票 (映像の許容度)

| 質問<br>番号 | 質問内容                                       | 回答方式   |
|----------|--|--|
| 1        | 映像品質 (かくかくしていないか、<br>解像度は十分か)              | 選択式：<br>品質は良かった／どちらかといえば良かった／品質は悪かった<br>＋自由記載                      |
| 2        | 遅延時間 (映像・音声の遅延が許容<br>範囲か、映像と音声のずれがない<br>か) | 選択式：<br>遅延は許容範囲だった／どちらかといえ<br>ば許容範囲だった／遅延は許容範囲ではな<br>かった<br>＋自由記載  |
| 3        | カメラ視野 (アングルとカメラ台数<br>の適正度)                 | 選択式：<br>アングルとカメラ台数は適正だった／どち<br>らかといえば適正だった／アングルとカメ<br>ラ台数は適正ではなかった |

表6 遠隔リハビリ指導 調査票（医療従事者）

| 質問<br>番号 | 質問内容   | 回答方式  |
|----------|--|---|
| 1-1      | 対面でのリハビリと比較して、遠隔でのリハビリ指導における安全性の不安はありましたか？   | 選択式：<br>安全性に懸念はない／多少安全性に不安があった／とても安全性に不安があった                              |
| 1-2      | (1-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br><br>安全性に不安を感じた理由を教えてください。                        | 自由記載  |
| 2-1      | 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？  | 選択式：<br>いつも通り意思疎通、指導ができた／概ね意思疎通、指導ができた／多少意思疎通、指導がしにくかった／とても意思疎通、指導がしにくかった |
| 2-2      | (2-1. で「多少意思疎通、指導がしにくかった」、「とても意思疎通、指導がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 3-1      | 対面でのリハビリと比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？   | 選択式：<br>とてもメリットがあると思う／どちらかというともメリットがあると思う／メリットはないと思う                      |
| 3-2      | (3-1. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方) 遠隔でのリハビリに対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。  | 自由記載  |
| 4-1      | 実施したリハビリメニュー（歩行、   | 自由記載  |

|     |  |   |
|-----|--|---|
|     | 起立, スクワット, 片脚立位, ストレッチ etc.) のうち、遠隔での指導と親和性が高い (指導のしやすさや安全性) と感じたメニューを教えてください。                   |   |
| 4-2 | 実施したリハビリメニュー (歩行, 起立, スクワット, 片脚立位, ストレッチ etc.) のうち、遠隔での指導と親和性が低い (指導のしやすさや安全性) と感じたメニューを教えてください。 | 自由記載  |
| 5-1 | 今後も遠隔でのリハビリを提供したいと思いますか?   | 選択式：<br>ぜひ遠隔でリハビリを提供したい / どちらかという遠隔でリハビリを提供したい / どちらかという対面でリハビリを提供したい / これまで通り対面でリハビリを提供したい |
| 5-2 | (5-1. で「どちらかという対面でリハビリを提供したい」「これまで通り対面でリハビリを提供したい」と回答した方)<br>対面でのリハビリが良いと考える理由を教えてください。          | 自由記載  |
| 6   | その他感想につきまして自由にご記載ください。   | 自由記載  |

表7 遠隔リハビリ指導 調査票（被験者）

| 質問<br>番号 | 質問内容   | 回答方式  |
|----------|--|---|
| 1        | 性別   | 選択式：<br>男性／女性   |
| 2        | 年齢   | 自由記載  |
| 3-1      | 遠隔でのリハビリは安心して受けられましたか？   | 選択式：<br>とても安心してリハビリができた／概ね安心してリハビリができた／多少不安であった／とても不安であった       |
| 3-2      | (3-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                          | 自由記載  |
| 4-1      | 対面でのリハビリと比較して、遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？                                   | 選択式：<br>いつも通り意思疎通ができた／概ね意思疎通ができた／多少意思疎通がしにくかった／とても意思疎通がしにくかった   |
| 4-2      | (4-1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 5-1      | 今後も遠隔でのリハビリを受けたいと思いますか？  | 選択式：<br>遠隔でリハビリを受けても構わない／場合によって対面と遠隔を併用したい／これまで通り対面のみでリハビリを受けたい |
| 5-2      | (5-1. で「場合によって対面と遠隔を併用したい」と回答した方)<br>どのような場合に遠隔でのリハビリを利用したいと思いますか？                 | 自由記載  |



|     |   |      |
|-----|---|------|
| 5-3 | (5-1.で「これまで通り対面でリハビリを受けたい」と回答した方)<br>対面でのリハビリが良いと考える理由を教えてください。 | 自由記載 |
| 6   | 今後、ご自宅でも遠隔でのリハビリを受けてみたいと思いますか？                                  | 自由記載 |
| 7   | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  | 自由記載 |

● 遠隔健康指導調査票

表 8 遠隔健康指導 調査票（映像の許容度）

| 質問<br>番号 | 質問内容                                      | 回答方式   |
|----------|---|--|
| 1        | 映像品質（かくかくしていないか、<br>解像度は十分か）              | 選択式：<br>品質は良かった／どちらかといえば良かった／品質は悪かった<br>＋自由記載                      |
| 2        | 遅延時間（映像・音声の遅延が許容<br>範囲か、映像と音声のずれがない<br>か） | 選択式：<br>遅延は許容範囲だった／どちらかといえ<br>ば許容範囲だった／遅延は許容範囲ではな<br>かった<br>＋自由記載  |
| 3        | カメラ視野（アングルとカメラ台数<br>の適正度）                 | 選択式：<br>アングルとカメラ台数は適正だった／どち<br>らかといえば適正だった／アングルとカメ<br>ラ台数は適正ではなかった |

表9 遠隔健康指導 調査票（医療従事者）

| 質問<br>番号 | 質問内容  | 回答方式  |
|----------|---|---|
| 1-1      | 対面での健康体操と比較して、遠隔での健康体操指導における安全性の不安はありましたか？  | 選択式：<br>安全性に懸念はない／多少安全性に不安があった／とても安全性に不安があった                              |
| 1-2      | (1-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>安全性に不安を感じた理由を教えてください。”                              | 自由記載  |
| 2-1      | 対面での健康体操と比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？   | 選択式：<br>いつも通り意思疎通、指導ができた／概ね意思疎通、指導ができた／多少意思疎通、指導がしにくかった／とても意思疎通、指導がしにくかった |
| 2-2      | (2-2. で「多少意思疎通、指導がしにくかった」、「とても意思疎通、指導がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通、指導ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 3-1      | 今後も遠隔での健康体操を提供したいと思いますか？  | 選択式：<br>遠隔で健康体操を提供しても構わない／どちらかという対面で健康体操を提供したい／これまで通り対面で健康体操を提供したい        |
| 3-2      | (3-1. で「どちらかという対面で健康体操を提供したい」「これまで通り対面で健康体操を提供したい」と回答した方)<br>対面での健康体操が良いと考える理由を教えてください。     | 自由記載  |

表 10 遠隔健康指導 調査票（被験者）

| 質問<br>番号 | 質問内容   | 回答方式  |
|----------|--|---|
| 1        | 性別   | 選択式：<br>男性／女性   |
| 2        | 年齢   | 自由記載  |
| 3-1      | 遠隔での健康体操は安心して受けられましたか？   | 選択式：<br>とても安心して健康体操ができた／概ね安心して健康体操ができた／多少不安であった／とても不安であった       |
| 3-2      | (3-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                          | 自由記載  |
| 4-1      | 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？   | 選択式：<br>いつも通り意思疎通ができた／概ね意思疎通ができた／多少意思疎通がしにくかった／とても意思疎通がしにくかった   |
| 4-2      | (4-1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 5-1      | 今後も遠隔での健康体操を受けたいと思いますか？  | 選択式：<br>遠隔で健康体操を受けても構わない／場合によって対面と遠隔を併用したい／これまで通り対面のみで健康体操を受けたい |
| 5-2      | (5-1. で「場合によって対面と遠隔を併用したい」と回答した方)<br>どのような場合に遠隔での健康体操を利用したいと思いますか？                 | 自由記載  |

|     |   |                                  |
|-----|---|----------------------------------|
| 5-3 | (5-1.で「これまで通り対面で健康体操を受けたい」と回答した方)<br>対面での健康体操が良いと考える理由を教えてください。 | 自由記載                             |
| 6   | 今後、ご自宅でも遠隔での健康体操を受けてみたいと思いますか？                                  | 選択式：<br>自宅で受けたい／施設（診療所や集会所）で受けたい |
| 7   | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  | 自由記載                             |

● 遠隔摂食嚥下療法調査票

表 11 遠隔摂食嚥下療法 調査票（映像の許容度）

| 質問<br>番号 | 質問内容                              | 回答方式   |
|----------|-----------------------------------|--|
| 1        | 映像品質（かくかくしていないか、解像度は十分か）          | 選択式：<br>品質は良かった／どちらかといえば良かった／品質は悪かった<br>+自由記載              |
| 2        | 遅延時間（映像・音声の遅延が許容範囲か、映像と音声のずれがないか） | 選択式：<br>遅延は許容範囲だった／どちらかといえば許容範囲だった／遅延は許容範囲ではなかった<br>+自由記載  |
| 3        | カメラ視野（アングルとカメラ台数の適正度）             | 選択式：<br>アングルとカメラ台数は適正だった／どちらかといえば適正だった／アングルとカメラ台数は適正ではなかった |

表 12 遠隔摂食嚥下療法 調査票（医療従事者）

| 質問<br>番号 | 質問内容  | 回答方式  |
|----------|---|---|
| 1-1      | 対面での食事指導と比較して、遠隔での食事指導に対する不安感はありましたか？   | 選択式：<br>とても安心して食事指導ができた／概ね安心して食事指導ができた／多少不安であった／とても不安であった                 |
| 1-2      | (1-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>安全性に不安を感じた理由を教えてください。                               | 自由記載  |
| 2-1      | 対面での食事指導と比較して、遠隔にいる対象者との意思疎通、指導を普段通りに行うことができましたか？   | 選択式：<br>いつも通り意思疎通、指導ができた／概ね意思疎通、指導ができた／多少意思疎通、指導がしにくかった／とても意思疎通、指導がしにくかった |
| 2-2      | (2-2. で「多少意思疎通、指導がしにくかった」、「とても意思疎通、指導がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通、指導ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 3-1      | 今後も遠隔での食事指導を提供したいと思いますか？  | 選択式：<br>遠隔で食事指導を提供しても構わない／どちらかという対面で食事指導を提供したい／これまで通り対面で食事指導を提供したい        |
| 3-2      | (3-1. で「どちらかという対面で食事指導を提供したい」「これまで通り対面で食事指導を提供したい」と回答した方)<br>対面での食事指導が良いと考える理由を教えてください。     | 自由記載  |

表 13 遠隔摂食嚥下療法 調査票 (被験者)

| 質問<br>番号 | 質問内容   | 回答方式  |
|----------|--|---|
| 1        | 性別   | 選択式：<br>男性／女性   |
| 2        | 年齢   | 自由記載  |
| 3-1      | 遠隔での食事指導は安心して受けられましたか？   | 選択式：<br>とても安心して食事ができた／概ね安心して食事ができた／多少不安であった／とても不安であった           |
| 3-2      | (3-1. で「多少不安であった」、「とても不安であった」と回答した方)<br>不安を感じた理由を教えてください。                          | 自由記載  |
| 4-1      | 遠隔にいるリハビリ専門職との意思疎通を円滑に行うことができましたか？   | 選択式：<br>いつも通り意思疎通ができた／概ね意思疎通ができた／多少意思疎通がしにくかった／とても意思疎通がしにくかった   |
| 4-2      | (4-1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方)<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。 | 自由記載  |
| 5-1      | 今後も遠隔での健康体操を受けたいと思いますか？  | 選択式：<br>遠隔で食事指導を受けても構わない／場合によって対面と遠隔を併用したい／これまで通り対面のみで食事指導を受けたい |
| 5-2      | (5-1. で「遠隔で食事指導を受けても構わない」と回答した方)<br>どのような場合に遠隔での食事指導を利用したいと思いますか？                  | 自由記載  |



|     |   |                                  |
|-----|---|----------------------------------|
| 5-3 | (5-1.で「これまで通り対面で健康体操を受けたい」と回答した方)<br>対面での健康体操が良いと考える理由を教えてください。 | 自由記載                             |
| 6   | 今後、ご自宅でも遠隔での食事指導を受けてみたいと思いますか？                                  | 選択式：<br>自宅で受けたい／施設（診療所や集会所）で受けたい |
| 7   | その他ご感想につきましてご自由にご記載ください。  | 自由記載                             |

● 遠隔診療（エコー）

表 14 遠隔診療（腹部・下肢エコー） 調査票（医療従事者）

| 質問<br>番号 | 質問内容  | 回答方式   |
|----------|---|--|
| 1-1      | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔にいる看護師/医師との意思疎通を普段通りに行うことができましたか？  | 選択式：<br>いつも通り意思疎通ができた／概ね意思疎通ができた／多少意思疎通がしにくかった／とても意思疎通がしにくかった      |
| 1-2      | （1-1. で「多少意思疎通がしにくかった」、「とても意思疎通がしにくかった」と回答した方）<br>どのような場面で意思疎通ができていないと感じたか教えてください。          | 自由記述   |
| 1-3      | （1-1. で「いつも通り意思疎通ができた」、「概ね意思疎通ができた」と回答した方）  | 自由記述   |
| 2-1      | 対面でのエコー検査と比較して感じたことを自由にご記載ください。   | 自由記述   |
| 3-1      | 対面でのエコー検査と比較して、遠隔で行うことのメリットを感じましたか？   | とてもメリットがあると思う／どちらかというともメリットがあると思う／メリットはないと思う                       |
| 3-2      | （3-1. で「とてもメリットがあると思う」「どちらかというともメリットがあると思う」と回答した方）<br>遠隔でのエコー検査に対してどのような点にメリットを感じたか教えてください。 | 自由記述   |
| 4        | 今後も遠隔でのエコー検査を提供したいと思いませんか？  | 選択式：<br>ぜひ遠隔でエコー検査を提供したい／どちらかという遠隔でエコー検査を提供したい／どちらかというとも対面でエコー検査を提 |

|   |                        |                           |
|---|------------------------|---------------------------|
|   |                        | 供したい／これまで通り対面でエコー検査を提供したい |
| 5 | その他感想につきまして自由にご記載ください。 | 自由記述                      |

表 15 遠隔診療（腹部・下肢エコー） 調査票（被検者）

| 質問<br>番号 | 質問内容   | 回答方式   |
|----------|--|--|
| 1        | 性別   | 選択式：<br>男性／女性  |
| 2        | 年齢   | 自由記載   |
| 3-1      | 【被験者のご意見として伺います】<br>遠隔でのエコー検査に対する不安感<br>はありましたか？   | 選択式：<br>とても安心して検査を受けられた／概ね安<br>心して検査を受けられた／多少不安であっ<br>た／とても不安であった                      |
| 3-2      | （3-1. で「多少不安であった」、「と<br>ても不安であった」と回答した方）<br>不安を感じた理由を教えてください。  | 自由記載   |
| 4-1      | 【被験者のご意見として伺います】<br>今後も遠隔でのエコー検査を受け<br>たいと思いますか？   | 選択式：<br>ぜひ遠隔で検査を受けたい／どちらかとい<br>う遠隔で検査を受けたい／どちらかとい<br>うと対面で検査を受けたい／これまで通り対<br>面で検査を受けたい |
| 4-2      | （4-1. で「どちらかというのと対面で<br>エコー検査を受けたい」「これまで<br>通り対面でエコー検査を受けたい」<br>と回答した方）<br>対面でのエコー検査が良いと考<br>える理由を教えてください。 | 自由記載   |
| 5        | 【行政のご意見として伺います】<br>今後、住民へ遠隔でのエコー検査を<br>提供するとした場合、懸念される課<br>題はありますか？  | 自由記載   |
| 6        | その他ご感想につきましてご自由<br>にご記載ください。   | 自由記載   |

● 遠隔診療（ハートライン）

表 16 遠隔診療（ハートライン） 調査票（医療従事者）

| 質問<br>番号 | 質問内容                          | 回答方式  |
|----------|-------------------------------|---|
| 1        | テレビ電話利用時に映像品質についていかがでしたでしょうか？ | 選択式：<br>映像品質に問題ない／画像に途切れが発生した／映像にノイズがのっていた／つながらなかった |
| 2        | バイタル情報がスムーズに反映されましたか？         | 選択式：<br>問題無く反映された／反映されなかった                          |
| 3        | 心電波形について、十分な波形を確認できましたか？      | 選択式：<br>問題無く確認できた／確認できなかった                          |
| 4        | その他気づいた事がありましたらご記入お願い申し上げます。  | 自由記載  |

地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた  
開発実証に係る医療分野におけるローカル5G等の技術的条件等に関する調査検討の請負  
(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)

成果報告書別添資料2  
ネットワーク機能検証コマンド一覧

## ネットワーク機能検証コマンド一覧

ネットワーク機能検証で用いたコマンドを以降の表に示す。

【検証 1】

表 1-1 検証 1\_No1 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向         | PC-A コマンド  | dOIC サーバコマンド   |
|-------|------|-------|---------------|--|--|
| 1-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→dOIC サーバ | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  | iperf3 -s  |
| 1-①-2 | UDP  | 1 対 1 | dOIC サーバ→PC-A | iperf3 -s  | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  |
| 1-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→dOIC サーバ | iperf3.exe -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   | iperf3 -s  |
| 1-①-4 | TCP  | 1 対 1 | dOIC サーバ→PC-A | iperf3 -s  | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   |
| 1-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→dOIC サーバ | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -p <port_num1><br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -p <port_num2><br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -p <port_num3><br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -p <port_num4> | iperf3 -s -p <port_num1><br>iperf3 -s -p <port_num2><br>iperf3 -s -p <port_num3><br>iperf3 -s -p <port_num4>   |
| 1-②-2 | UDP  | 4 対 4 | dOIC サーバ→PC-A | iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s   | iperf3 -u -c <dst_ip_addr1> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr2> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr3> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr4> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m |
| 1-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→dOIC サーバ | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p <port_num1><br>iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p <port_num2><br>iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p <port_num3><br>iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p <port_num4>   | iperf3 -s -p <port_num1><br>iperf3 -s -p <port_num2><br>iperf3 -s -p <port_num3><br>iperf3 -s -p <port_num4>   |
| 1-②-4 | TCP  | 4 対 4 | dOIC サーバ→PC-A | iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s   | iperf3 -c <dst_ip_addr1> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr2> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr3> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr4> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   |
| 1-③   | -    | 1 対 1 | -             | -  | netperf -H <dst_ip_addr> IP -l 30 -t UDP_RR -- -m 1346 -k<br>min_latency,mean_latency,max_latency,stddev_latency   |



表 1-2 検証 1\_No2 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向         | dOIC サーバコマンド   | PC-B コマンド   |
|-------|------|-------|---------------|--|---|
| 2-①-1 | UDP  | 1 対 1 | dOIC サーバ→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  | iperf3 -s   |
| 2-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→dOIC サーバ | iperf3 -s  | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m |
| 2-①-3 | TCP  | 1 対 1 | dOIC サーバ→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   | iperf3 -s   |
| 2-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→dOIC サーバ | iperf3 -s  | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m            |
| 2-②   | -    | 1 対 1 | -             | netperf -H <dst_ip_addr> IP -l 30 -t UDP_RR -- -m 1346 -k<br>min_latency,mean_latency,max_latency,stddev_latency | -   |

表 1-3 検証 1\_No3 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | PC-A コマンド  | PC-B コマンド  |
|-------|------|-------|-----------|--|--|
| 3-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  | iperf3 -s  |
| 3-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -s  | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  |
| 3-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   | iperf3 -s  |
| 3-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -s  | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   |
| 3-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr1> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr2> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr3> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr4> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m | iperf3 -s -B <my_ip_addr1><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr2><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr3><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr4>   |
| 3-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s   | iperf3 -u -c <dst_ip_addr1> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr2> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr3> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m<br>iperf3 -u -c <dst_ip_addr4> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m |
| 3-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr1> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p<br>iperf3 -c <dst_ip_addr2> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p<br>iperf3 -c <dst_ip_addr3> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p<br>iperf3 -c <dst_ip_addr4> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -p                             | iperf3 -s -B <my_ip_addr1><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr2><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr3><br>iperf3 -s -B <my_ip_addr4>   |
| 3-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s<br>iperf3 -s   | iperf3 -c <dst_ip_addr1> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr2> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr3> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m<br>iperf3 -c <dst_ip_addr4> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   |
| 3-③   | -    | 1 対 1 | -         | -  | netperf -H <dst_ip_addr> IP -l 30 -t UDP_RR -- -m 1346 -k<br>min_latency,mean_latency,max_latency,stddev_latency   |

表 1-4 検証 1\_No4 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | dOIC サーバコマンド   | PC-C  |
|-------|------|-------|-----------|--|---|
| 4-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-C | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m  | iperf3 -s   |
| 4-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-C→PC-B | iperf3 -s  | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 200M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m |
| 4-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-C | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m   | iperf3 -s   |
| 4-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-C→PC-B | iperf3 -s  | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m            |
| 4-②   | -    | 1 対 1 | -         | netperf -H <dst_ip_addr> IP -l 30 -t UDP_RR -- -m 1346 -k<br>min_latency,mean_latency,max_latency,stddev_latency | -   |

【検証 2】

表 2-1 検証 2\_No1 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | PC-A コマンド  | PC-B コマンド |
|-------|------|-------|-----------|--|-----------|
| 1-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m        | iperf3 -s |
| 1-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -R     | iperf3 -s |
| 1-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m                   | iperf3 -s |
| 1-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -R                | iperf3 -s |
| 1-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m    | iperf3 -s |
| 1-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m -R | iperf3 -s |
| 1-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -p           | iperf3 -s |
| 1-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -R           | iperf3 -s |
| 1-③   | -    | 1 対 1 | -         | Ping 10.192.43.11 -n 100   | -         |

表 2-2 検証 2\_No2 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | PC-A コマンド  | PC-B コマンド |
|-------|------|-------|-----------|--|-----------|
| 2-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m        | iperf3 -s |
| 2-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -R     | iperf3 -s |
| 2-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m                   | iperf3 -s |
| 2-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -R                | iperf3 -s |
| 2-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m    | iperf3 -s |
| 2-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m -R | iperf3 -s |
| 2-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -p           | iperf3 -s |
| 2-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -R           | iperf3 -s |
| 2-③   | -    | 1 対 1 | -         | Ping 10.192.43.11 -n 100   | -         |

表 2-3 検証 2\_No3 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | PC-A コマンド  | PC-B コマンド |
|-------|------|-------|-----------|--|-----------|
| 3-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m        | iperf3 -s |
| 3-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -R     | iperf3 -s |
| 3-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m                   | iperf3 -s |
| 3-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -R                | iperf3 -s |
| 3-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m    | iperf3 -s |
| 3-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m -R | iperf3 -s |
| 3-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -p           | iperf3 -s |
| 3-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -R           | iperf3 -s |
| 3-③   | -    | 1 対 1 | -         | Ping 10.192.43.11 -n 100   | -         |

表 2-4 検証 2\_No4 試験コマンド

| No    | 通信方式 | 接続数   | 通信の方向     | PC-A コマンド  | PC-B コマンド |
|-------|------|-------|-----------|--|-----------|
| 4-①-1 | UDP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m        | iperf3 -s |
| 4-①-2 | UDP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 100M -t 30 -O 5 -i 1 -l 1346 -f m -R     | iperf3 -s |
| 4-①-3 | TCP  | 1 対 1 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m                   | iperf3 -s |
| 4-①-4 | TCP  | 1 対 1 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -M 1334 -f m -R                | iperf3 -s |
| 4-②-1 | UDP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m    | iperf3 -s |
| 4-②-2 | UDP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -u -c <dst_ip_addr> -b 30M -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -l 1346 -f m -R | iperf3 -s |
| 4-②-3 | TCP  | 4 対 4 | PC-A→PC-B | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -p           | iperf3 -s |
| 4-②-4 | TCP  | 4 対 4 | PC-B→PC-A | iperf3 -c <dst_ip_addr> -t 30 -O 5 -i 1 -P 4 -M 1334 -f m -R           | iperf3 -s |
| 4-③   | -    | 1 対 1 | -         | Ping 10.192.43.11 -n 100   | -         |