

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
(専門医の遠隔サポートによる離島等の基幹病院の医師の
専門外来等の実現)

報告書
概要版

令和3年3月25日

株式会社NTTフィールドテクノ
(コンソーシアム:長崎県・国立大学法人長崎大学病院・長崎県五島中央病院・
社会福祉法人なごみ会・医療法人井上内科小児科医院)

実証概要

実証体制

- 政策グループは長崎県、技術グループは株式会社NTTフィールドテクノ、医療グループは国立大学法人長崎大学病院をグループリーダーとし、コンソーシアムにて本実証事業を実施。
- 土地、建物の所有者である長崎県病院企業団、及び社会福祉法人なごみ会を免許人として免許申請を実施。



対象とした地域等課題及び本実証の課題解決システムとの関係性



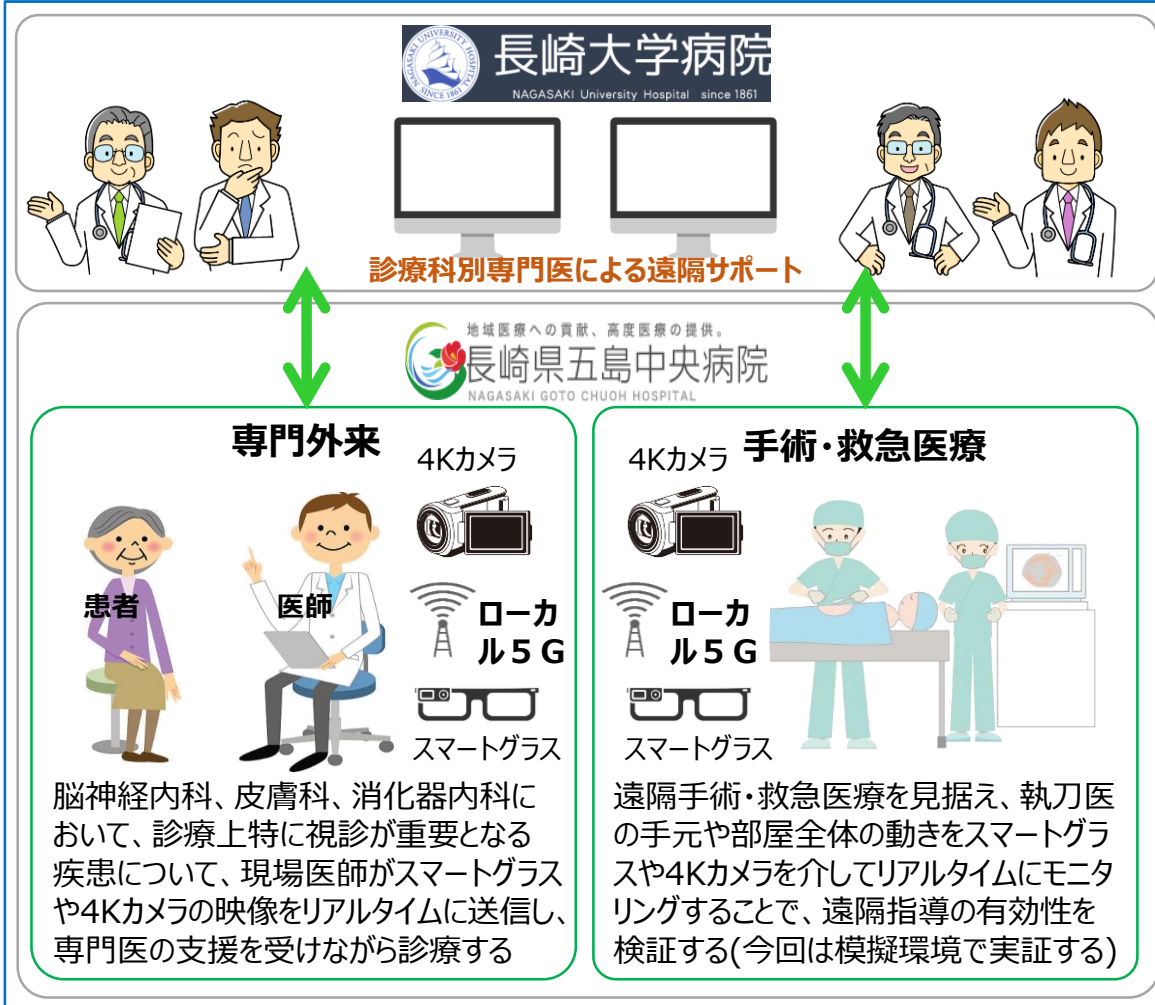
- 長崎県は海岸線が長い県であり、離島が多く本土においても半島など公共交通が不便な地域が多い。また、**医療機関の医師不足が共通の課題**となっている。
- 医師の偏在解消は本県の大きな課題であり、都市部の長崎・県央医療圏は多数地域であるが、離島は総じて少なくなっているため、**離島の住民は、現状本土の医療機関に専門的な医療を受けるため、船舶や飛行機で移動**している。
- すでにICTを活用して遠隔医療の試みを行っているが、高画質画像や動画の伝送では、Wi-FiやLTEの伝送速度等がボトルネックになっているほか、配線など物理的な支障がある。



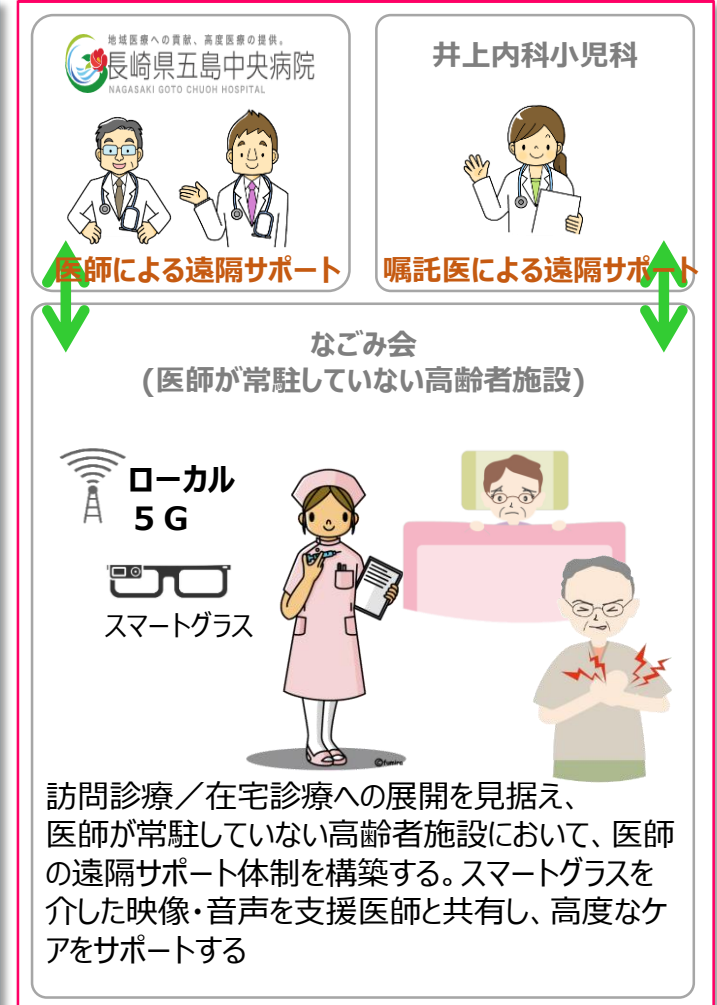
離島医療圏が抱える医師不足や地理的要因による高度専門医療へのアクセスのしづらさ、急速な高齢化による高齢者施設や在宅における診療・ケアのニーズ増への対応等の社会課題の解決を目指す。そのためのローカル5Gの電波伝搬特性の解明及び課題解決システムにおける具体的なアプリケーション(本土の専門医の遠隔サポートによる高度専門医療の提供及び高齢者施設等における遠隔診療・ケアサポート)を想定した高速通信、多数同時接続及び低遅延に関する性能検証及び評価を目的とする。

課題解決システムの全体像

ア：専門医の遠隔サポートによる高度専門医療の提供



イ：高齢者施設等における遠隔診療・ケアサポート

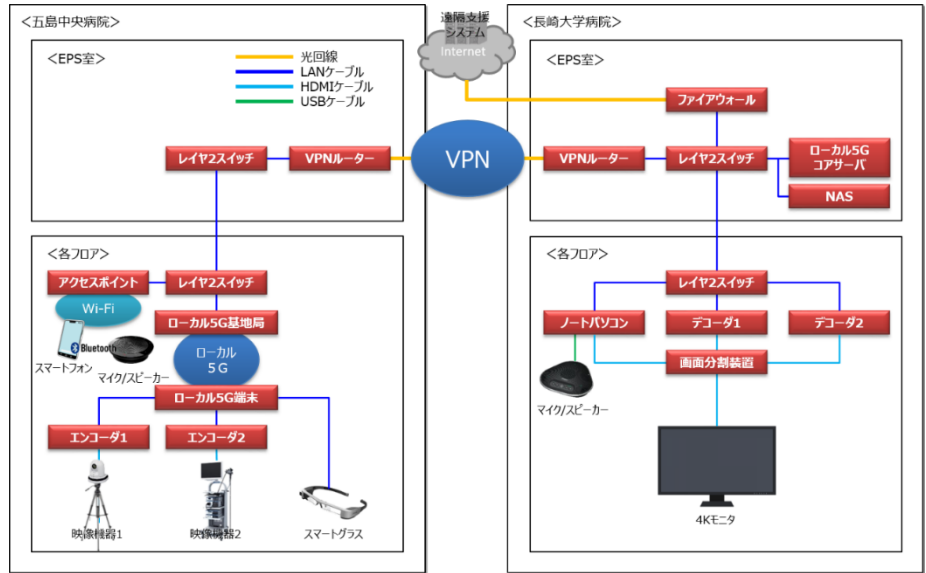


実証環境(システム構成図、基地局配置図)

【システム構成図】

各施設間をフレッツ・VPNプライオ を用いたIP-VPN で接続する。また、4Kカメラの映像データをエンコーダ/デコーダを通じてIP化することで、遠隔地への送受信を可能としている。スマートグラスについてはクラウド上の遠隔支援システムを経由することで映像/音声データの送受信を可能としている。

右図は例として「専門医の遠隔サポートによる高度専門医療の提供」の構成図を示す。

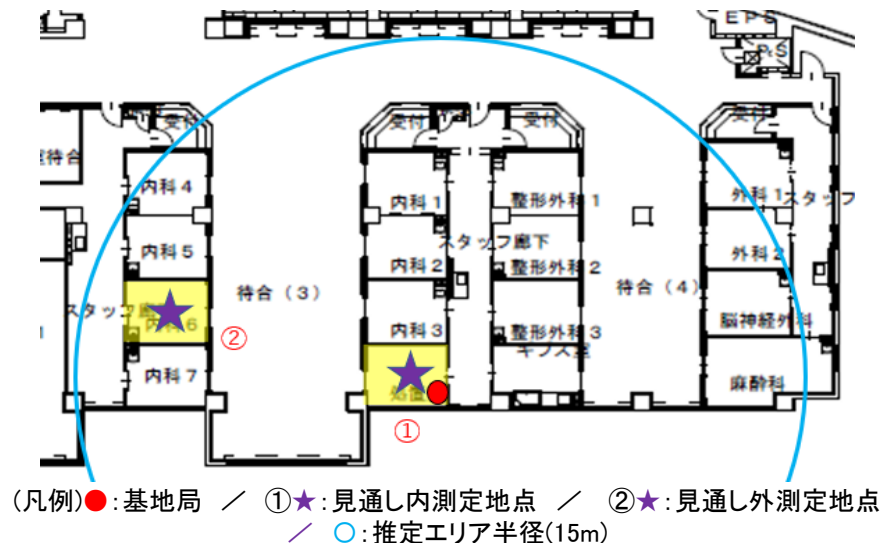


【基地局配置図】

本実証では、ローカル5Gの基地局と端末を可搬型ラックに搭載し、移動しながら測定する。右図に示すとおり、1台の基地局を移動させながら一ヶ所ずつ測定を行う。

※各部屋一ヶ所ずつ測定するため、基地局を複数同時設置することはない。

右図は例として「脳神経内科(処置室)」の基地局配置図を示す。



実証環境(ローカル5G機器諸元)

【ローカル5Gシステムの主な技術的諸元】

● ローカル5G基地局 諸元

項目	仕様	備考
無線システム/中心周波数/帯域幅	5G NR/4.8GHz/100MHz	
最大伝送スループット(1基地局あたり)	140Mbps	上り下り合計140Mbps、アップリンク(以下UL)/ダウンリンク(以下DL)比率変更可能
遅延時間	10msec以下	
同時最大接続端末数	100	
端末認証	SIMによる認証	独自SIM採用
通信距離	15m	
送信電力	+18dBm(60mW)	
3GPPバージョン	Release15	
電源	AC100-240V,75W	
寸法(W×H×D)	174×70×180(mm)	突起物を除く
重量	1.5kg	
動作保証温度	0~40°C	

● ローカル5G端末 諸元

項目	仕様	備考
無線システム/中心周波数/帯域幅	5G NR/4.8GHz/100MHz	
最大伝送スループット(1基地局あたり)	DL:64.54Mbps、UL:73.76Mbps	上り下り合計70Mbps、UL/DL比率変更可能
遅延時間	10msec以下	
ハンドオーバ/CA/MIMO	非対応	
端末認証	SIMによる認証	独自SIM採用
通信距離	15m	
送信電力	+18dBm(60mW)	
3GPPバージョン	Release15	
電源	AC100-240V,75W	
寸法(W×H×D)	174×70×180(mm)	突起物及び電源を除く
重量	1.5kg	
動作保証温度	0~40°C	
付属品	アンテナ、ACアダプタ	

課題解決システムの実証

実証目標・概要

【専門医の遠隔サポートによる高度専門医療の提供】

離島医療圏の高度専門医療へのアクセス向上を目的として、ローカル5G等の無線通信システムを用いて専門医の遠隔支援を受けた離島基幹病院の医師による専門外来の提供、模擬手術での遠隔サポート、模擬救急での初療の技術向上を実現するとともに、将来的な遠隔医療提供体制の適用可能性や課題を明らかにする。

【高齢者施設等における遠隔診療・ケアサポート】

- ① 離島にある介護老人福祉施設入所者・サービス付き高齢者向け住宅入居者にローカル5Gを用いたオンライン診療を試験的に導入し、その有効性を検討すること。
- ② オンライン診療が、対象者に与える影響や満足度について検討すること。

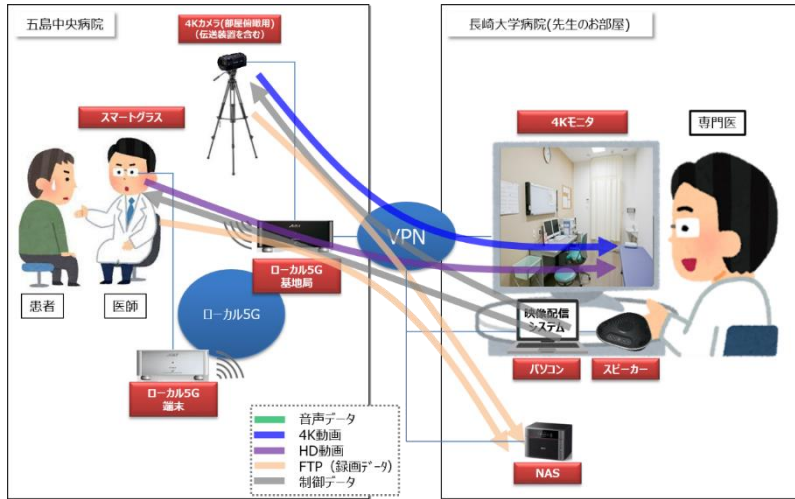
各診療科での実証概要

課題解決システム	対象科	実証内容
専門医の遠隔サポートによる 高度専門医療の提供	脳神経内科	4Kカメラ(部屋俯瞰用)、スマートグラスによる映像診断支援の実証
	消化器内科	4K内視鏡、フルHDカメラ(部屋俯瞰用)による映像診断支援の実証
	皮膚科	スマートグラス、4Kカメラ(患者接写用)、ダーモスコープによる映像診断支援の実証
	外科(模擬手術)	4K/フルHD内視鏡と4Kカメラ(部屋俯瞰用)による模擬遠隔手術支援実証
	外科(模擬救急)	スマートグラスと4Kカメラ(部屋俯瞰用)による模擬救急対応の遠隔支援実証
高齢者施設等における 遠隔診療・ケアサポート	遠隔診療・ケアサポート (総合診療科)	スマートグラスと4Kカメラによるオンライン診療実証

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【脳神経内科】

● 実証概要図

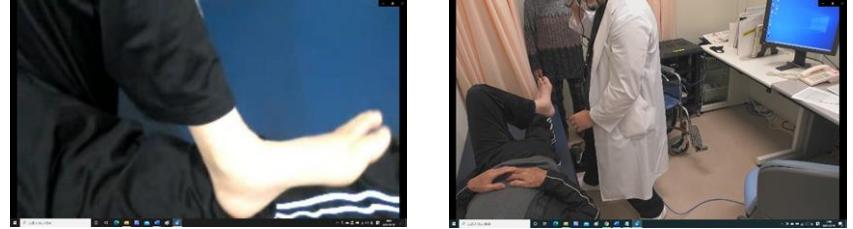


● 実証分析方法

- ① 診断(遠隔支援側)の正確性
- ② 映像の状態(画像の鮮明度、画像の乱れ、画像の遅延)
- ③ 患者・医師満足度

⇒①は遠隔支援シート、②③はアンケートにより評価を行う

● 実証の様子(踵膝試験)



左写真: 五島中央病院の医師が身に着けているスマートグラスからの映像
右写真: 五島中央病院に設置した4Kカメラ(部屋俯瞰用)からの映像

● 実証結果

評価項目	結果
診断の正確性	26項目の診断のうち、23項目が100%の一致率
映像の状態	<ul style="list-style-type: none">4Kカメラ(部屋俯瞰用): 解像度・操作性等において問題なし4Kモニター: 鮮明で臨場感ある映像だったスマートグラス: ぶれて見にくかった
満足度	<ul style="list-style-type: none">患者: 13/14が大変満足、満足医師: 9/14が満足

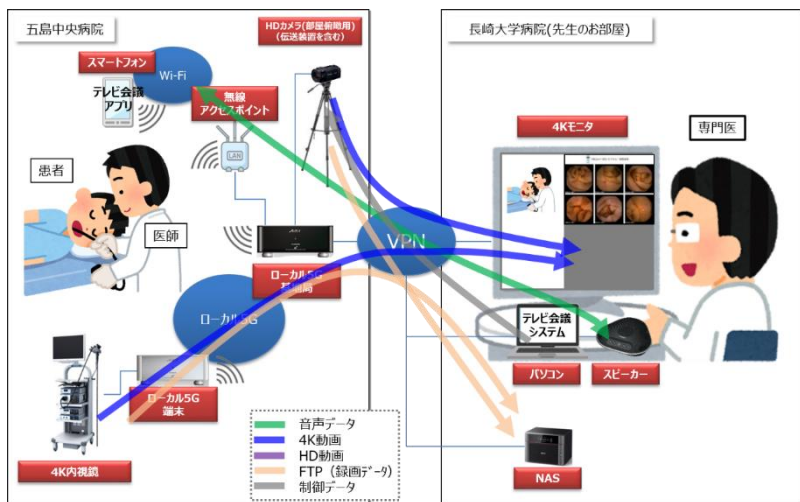
● まとめ

4Kカメラ(部屋俯瞰用)を増設し、スマートグラス自体の性能を改善させることによってローカル5Gを介した遠隔専門医療支援は完成型になると考える。

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【消化器内科】

● 実証概要図



● 実証分析方法

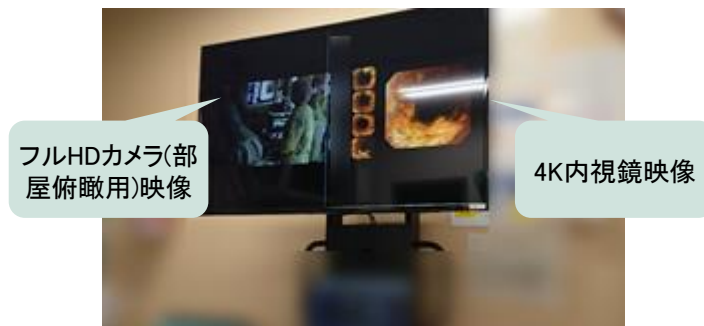
- ① 映像の状態の評価
- ② 患者・医師満足度

⇒①②はアンケートにより評価を行う

※評価は5段階

1:大変悪い(全く実用できない)、2:良くない(実用に難あり)、3:普通(どちらともいえない)、4:良い(概ね実用できる)、5:大変良い(実用性に優れている)

● 実証の様子(長崎大学病院の4Kモニタの様子)



● 実証結果

評価項目	結果
映像の状態	4症例においてすべて評価「5」
患者満足度	3症例が評価「4」、1症例が評価「5」
医師満足度(本土側)	4症例においてすべて評価「5」
医師満足度(離島側)	2症例が評価「4」、2症例が評価「5」

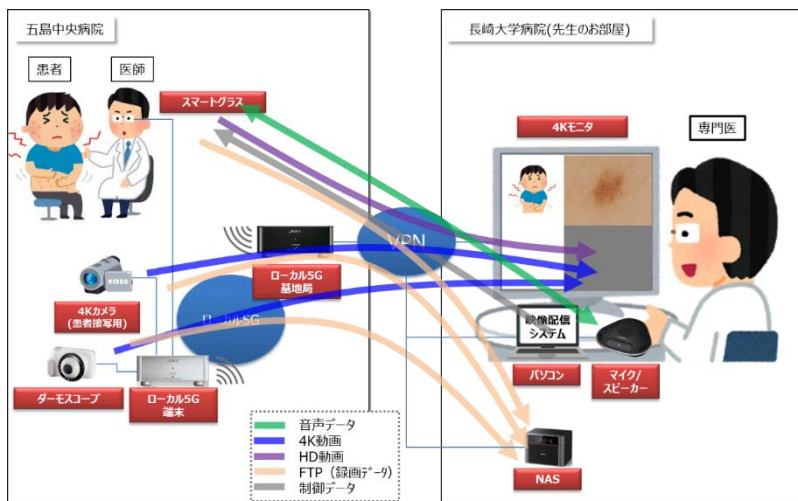
● まとめ

- 4K内視鏡映像等が、遠隔地で遅延なく確認でき、上記4件の内視鏡診療が可能であった。
- 検査中の患者の生体モニタや、医療スタッフの動きをしっかりと把握することができた。
- ローカル5G機器自体が大きく、さらに設置・接続には時間を要するため、システムの小型化及び接続工程の簡略化などが必要と考える。

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【皮膚科】

● 実証概要図



● 実証分析方法

- ① 皮疹重症度評価として各症例に応じた方式でのスコアリング
- ② 画像／遅延等の通信状況の評価
- ③ 本形式での診療の印象
- ④ 医師満足度

⇒①評価シート、②～④はアンケートにより評価を行う

● 実証の様子(4Kカメラ(患者接写用))



左写真: 五島中央病院の4Kカメラ映像を介した下腿の皮疹の観察
右写真: 五島中央病院の4Kカメラ映像を介した触診の指示での観察

● 実証結果

評価項目	結果
スコアリング	※報告書本編にそれぞれの医師のスコアを記載
画像／遅延	4名の医師ともに「問題ない」という評価
診療の印象	4名の医師ともに「良～普通」という評価
医師満足度	4名の医師ともに「満足」という評価

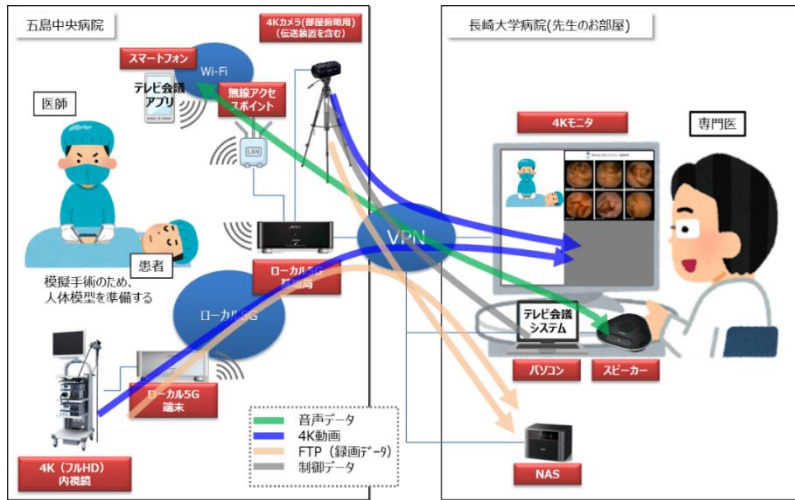
● まとめ

- 4Kカメラ(患部接写用)で撮像された映像は診断に必要な情報を提供しており、診察に関わった4名の皮膚科専門医が「満足」と答えた。
- 4K映像によって撮像された皮膚表面の影は色調変化なのか、影なのか、わからないことがあったため、無影灯があればより丁寧な観察が可能になると考える。

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【外科(模擬手術)】

● 実証概要図



● 実証分析方法

- ① 接続の容易さ
- ② 画像の鮮明度
- ③ 画像の乱れ
- ④ 手術支援の実現性、有用性の評価

⇒①～④は実証中の映像や医療関係者のヒアリング等により評価を行う

● 実証の様子(長崎大学病院の4Kモニタの様子)



● 実証結果

評価項目	結果
接続の容易さ	本土側は満足、離島側は慣れを要した
画像の鮮明度	筋繊維、筋膜等の認識は十分に可能
画像の乱れ	画像の乱れは見られなかったが、数回動画が停止した
実現性、有用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 音声は明瞭であり、遅延も1秒未満と十分に手術指導に耐えうる ・ 手術のトレーニング、指導環境として有用である

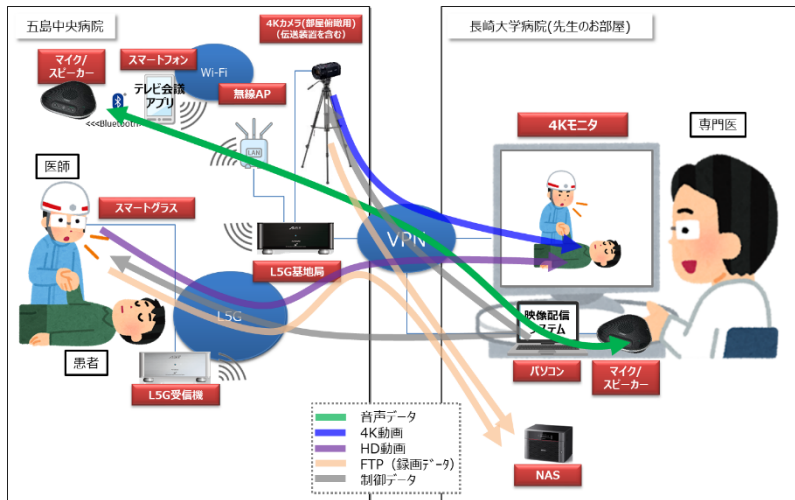
● まとめ

- ・ 軽度の遅延があったこと以外は、映像の画質、会話の伝達には問題がなく、ローカル5Gを用いた遠隔手術指導は十分に可能と考える。
- ・ 今後デバイスの改善や機器配置の改善等、検討／改良が必要である。

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【外科(模擬救急)】

● 実証概要図

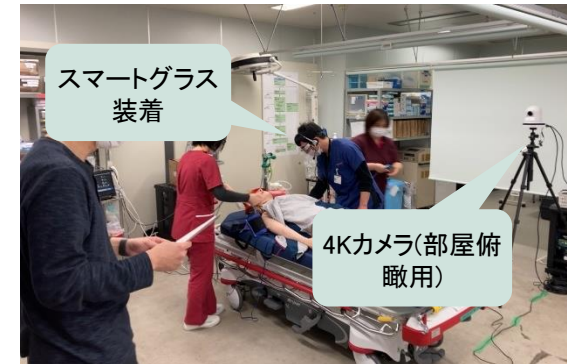


● 実証分析方法

- ① 画像の鮮明度・乱れ・遅延
- ② 支援のスムーズさ
- ③ 意思疎通のやりやすさ
- ④ 医師満足度

⇒①～④はアンケートにより評価を行う

● 実証の様子(五島中央病院の実証の様子)



● 実証結果

評価項目	結果
画像の鮮明度・乱れ・遅延	4名の医師において、鮮明度は4名が「良い」以上、乱れ・遅延は3名が「良い」以上という評価
支援のスムーズさ	4名中4名の医師が「良い」以上という評価
意思疎通のやりやすさ	14名中12名の医師が「良い」以上という評価
医師満足度	14名中11名の医師が「良い」以上という評価

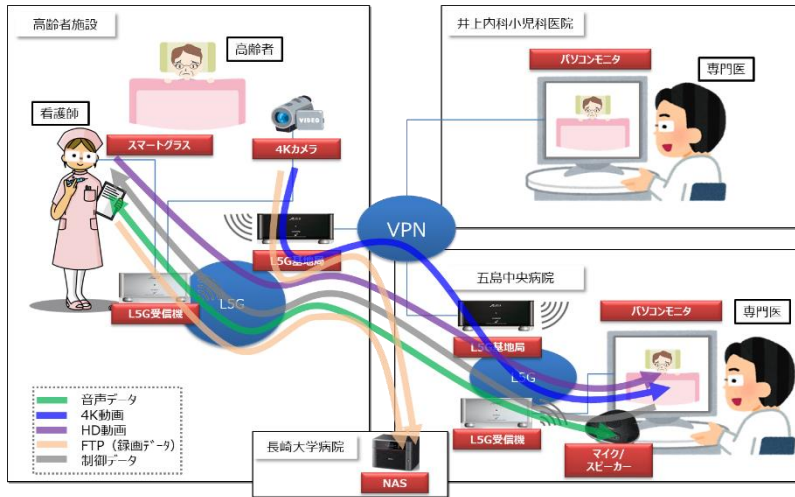
● まとめ

- 動画の質、コミュニケーションに問題なく、ローカル5Gを用いた救急外来における遠隔診療サポートは十分に実用に耐え得ると考える。
- 今後はカメラを天井や壁に固定して定点カメラにする等の工夫が必要と考える。

課題解決システムに関する検証及び評価・分析、検証結果

【遠隔診療・ケアサポート】

● 実証概要図



● 実証分析方法

- ① 主要評価
受診付添い、日常業務の負担感等
- ② 副次評価
画像／音声／伝送、対面診療との比較、満足度等

⇒①②はアンケートにより評価を行う

● 実証の様子(五島中病院の実証の様子)



● 実証結果

評価項目	結果
主要評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 職員の付き添い負担は強まった。 ● 「急変時の連絡」「処置」についてはオンライン診療介入前より改善。
副次評価	<ul style="list-style-type: none"> ● コミュニケーションは問題ないが通信の途切れ・断絶があった。 ● 職員は対面診療を支持、利用者は対面診療とオンライン診療で意見がわかれた。 ● 満足度も「どちらでもない」「満足」で結果がわかれた。

● まとめ

- 「通院による移動負担の軽減」など利点はあったものの、「職員の負担が大きい」「映像のブレ、ゆれでモニタリングしづらい」「通信の途切れ・遅延」など課題が散見された。

課題解決システムに関する機能・運用検証

検証項目	評価・分析項目	評価・分析方法	達成状況・結果
品質・安定性	<p>品質 ・診察に十分な画質か ・音声指示に影響ないか 等</p> <p>安定性 ・画像の乱れ等が診療行為に ・耐えうるか 等</p>	<p>方法 医療関係者へのアンケート</p> <p>内容 パラメータ別に医療行為に対して支障がなかったか等を確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> 概ね本構成で診察には問題ない 一部の診療科で、壁材質やデバイス起因による通信トラブル発生
低遅延	<ul style="list-style-type: none"> 診療時の指示や画面確認への影響 等 	<p>方法 医療関係者へのヒアリング</p> <p>内容 遅延の設定値を変更し、診察への影響度合いを確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> 標準遅延(0.5秒)では遅延を感じた医療従事者は無し 遅延2秒程度の設定では「遅延を感じない」「少し遅延を感じる」と意見が別れた
Wi-Fiとの比較	<ul style="list-style-type: none"> 単体機能の比較 病院内の既存の無線機器等に影響がないか 等 	<p>方法 データ測定</p> <p>内容 ローカル5G機器とWi-Fi機器それぞれで、通信速度・伝送遅延・他のWi-Fiとの干渉等を確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> 今回のフィールド、利用シーンにおいてはローカル5GとWi-Fiでは大きな差異は無し Wi-Fiは近隣Wi-Fi電波の影響を受ける(最大伝送スループットが変化)
可用性	<ul style="list-style-type: none"> 障害発生ポイントの明確化 各障害ポイントにおける業務継続に向けた代替手段とその内容 	<p>方法 医療関係者へのヒアリング</p> <p>内容 ・一部障害発生時のシステム全体に与える影響の確認 ・想定代替手段の業務継続性の確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> 想定した障害発生ポイントにおいて可用性が概ね確保できた 拠点間接続機器および回線の冗長化が必要(バックアップとして将来的なキャリア5G回線の利用等)
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> リスクポイントの洗い出し 各項目に対するセキュリティ対策内容 	<p>方法 設定等の確認</p> <p>内容 「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」を基に各リスクポイントに対する対策実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> 保管や設定ポリシーはガイドラインどおりの対応 保管等は医療機関のルールに準じる必要があるがこちらについてもガイドラインを満足
運用	<ul style="list-style-type: none"> 想定運用フローでの、現地診察側・遠隔診療側それぞれのシステム利用における影響ポイント 等 	<p>方法 医療関係者へのアンケート</p> <p>内容 時間、マンパワー、トラブル 等</p>	<ul style="list-style-type: none"> 可搬型での運用は準備時間等で負担があった 習熟によって準備負担軽減は可能であった デバイスがローカル5G未対応であったためメーカー推奨外の利用方法によるトラブル有り

ローカル5Gの性能評価等の技術実証

実証目標

ア. 背景となる技術的課題

これまでの実証実験の多くは対象とした試験環境に合わせたシステムパラメータや実験方法での実証実験が実施され、技術検討が行われてきた。今後ローカル5Gが普及していく中では、特定の環境に依らないより汎用な環境、条件での検討が必要になる。そこで本実証実験では、**医療機関建物内の様々な環境での4.8GHz帯における電波伝搬特性を解明し**、さらにアプリケーションとしてはローカル5Gの特性を活かした**リアルタイム遠隔診療(スマートグラスや4Kカメラの映像伝送)における高精細映像伝送の実現**。

イ. 技術基準の見直し等に資する新たな知見

病院内や高齢者施設内における最適なローカル5Gのエリア設計に役立てる**エリア算出法の精緻化**、リアルタイム遠隔診療における高詳細映像伝送実現に役立てるパラメータとして、**UL/DL比変更による準同期以外の非同期TDDパターンのニーズに関する知見を得て**、ローカル5G導入に対する医療現場でのシステム構築手順の提言。

ウ. その他ローカル5Gに関する技術実証

遮蔽物による電波伝搬特性の知見を得るために遮蔽物の有/無、ローカル5G機器等近傍周波数使用機器との干渉が発生した場合や、オムニアンテナでは通信がしづらいユースケースが発生した場合に、改善をはかることを目的に、**アンテナの種類や高さの変更、装置出力の減衰、等の異なる条件下で無線通信品質と並行し電波伝搬特性を確認し、特性を把握することでエリア設計に役立てる知見を得る**。

検証結果(ア. ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等)

【ア-1 計測指標】

受信電力		回線品質	伝送速度	遅延	
RSSI	SS-RSRP	BLER	伝送スループット	ローカル5G区間	VPN区間
-63dBm以上	-119dBm以上	エラーフリー	上り最大35Mbps	10ms	10ms

【ア-2 評価・検証方法】

- 遮蔽物の多い屋内20箇所程度の測定地点で測定を実施
- 電波伝搬損失については、事前シミュレーションにて算出したRSRP推定値と実測値とを比較
- 伝送速度、遅延、遅延変動、パケットロスについては、評価を先生方医療関係者の主観により行うことから、診療科等ごとに暫定値を設定し、実証を通じて要求性能を評価

【ア-3 検証結果】

- 基地局と端末を同部屋設置では、各診療科でRSSI:最大-45.17dBm、SS-RSRP:最大-79.50dBm、BLER:最大0.01%、ローカル5G区間遅延:最大3.87ms、WAN区間遅延:最大6.16msとなり、計測指標を満足した。
- 基地局と端末を別部屋設置においては、RSSI:-69.82dBm、SS-RSRP:-106.53dBm、BLER:100%、遅延:計測不可の為、SS-RSRP以外は、計測指標を満足できなかった。また、SS-RSRP:-106.53dBmの時、BLERが100%で、通信不可の状態であり、SS-RSRPにおける計測指標は-119dBmとしているが、-106.53dBmになると通信不可のレベルにするという結果になった。計測指標との差異が出た要因は、金属製の扉(遮蔽物)があり、マルチパスによる性能劣化が原因であるかは、より多くのサンプルデータを取得して調査が必要である。
- 基地局と端末を同一部屋に設置することで、ローカル5Gの特性を活かしたリアルタイム診察医療が可能という実測データが得られた。しかし、別部屋に設置する等の基地局と端末間に遮蔽物が存在するときは、遮蔽物の材質にも関係してくるが、金属製の場合は4.8GHz帯の電波は大きく影響を受けるため、ローカル5Gの特性を満足出来ない結果となった。

検証結果(ア. ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等)

【ア-4 代表測定地点での実測データ】

測定箇所		受信電力		回線品質	伝送速度	遅延	
場所		RSSI	SS-RSRP	BLER	上り伝送スループット	ローカル5G区間	VPN区間
五島中央病院	救急処置室	-45.17dBm	-79.50dBm	0.01%	32Mbps	3.87ms	6.09ms
	内視鏡室	-34.08dBm	-78.71dBm	0%	16Mbps	3.75ms	6.16ms
	脳神経内科	-24.47dBm	-69.11dBm	0%	19Mbps	3.71ms	6.14ms
	処置室	-27.88dBm	-69.83dBm	0%	19Mbps	3.85ms	6.05ms
	皮膚科	-24.95dBm	-76.64dBm	0%	35Mbps	3.73ms	5.91ms
	モニタ室	-31.81dBm	-74.06dBm	0%	19Mbps	3.50ms	5.85ms
	手術室	-31.96dBm	-74.77dBm	0%	32Mbps	3.72ms	5.95ms
	処置室(扉遮蔽有)	-69.82dBm	-106.53dBm	100%	32Mbps	計測不可	計測不可
かけはし木場	2人部屋	-32.67dBm	-74.83dBm	0%	19Mbps	3.55ms	5.54ms
	1人部屋	-42.41dBm	-77.25dBm	0%	19Mbps	3.60ms	5.54ms

※測定値は3分間の平均値

検証結果(イ. ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等)

【イ-1 計測指標】

受信電力		回線品質	伝送速度	遅延	
RSSI	SS-RSRP	BLER	平均伝送スループット	ローカル5G区間	VPN区間
-63dBm以上	-119dBm以上	エラーフリー	上り最大35Mbps	10ms以下	10ms以下

【イ-2 評価・検証方法】

- UL/DL比を70M/70M、35M/105M、105M/35Mの3パターンで変動させて伝送スループット、伝送遅延のデータを取得し、UL/DL比を変更する有効性について評価
- 端末を推定エリア半径15mのエリア端にて、エリアテストでSS-RSRP、BLERを測定。その測定値とエリア算出法、シミュレーション値と比較し、遮蔽物(扉、机、診察台等)が基地局と端末間に存在する時の電波特性を評価

【イ-3 検証結果】

- 皮膚科、手術室、高齢者施設にて、UL/DL比105M/35Mが、最も遅延が少ないことが確認できた。皮膚科、手術室にて、UL/DL比35M/105Mのパターンだけは計測指標の遅延の項目が満足できない結果となった。要因としてはULの伝送性能が35Mに低下したことにより最大性能35Mに近い伝送スループットになったため遅延が増加したと考える。また、帯域幅にゆとりがある方が、より遅延を抑えることができたことから、性能要求に応じてUL/DL比を変更可能な、非同期運用の方が、UL/DL比を変更できない準同期運用よりも低遅延が求められる遠隔医療においてはニーズがあると考察する。
- 推定エリア半径15mのエリア端で測定を実施したが、ほとんどの測定地点でBLER1.00%~100%が発生しており計測指標を満足できない結果となった。①金属製の遮蔽物(扉、診察台、車椅子等)が数多く存在し、マルチパスが発生したこと、②基地局と端末間の距離が離れている、③見通し外であることに起因していると考えられる。その為、①、②、③の条件が揃っている測定地点の方がBLERが高い結果となっている。
- 手術室において、計測指標を満足できなかった箇所がある(SS-RSRPが-133.50dBm、-138.09dBm)。要因としては、金属製の遮蔽物が多く、見通し外であったことに加えて、他の部屋と比べて電波が回り込むことができなかったと考察する。

検証結果(イ. ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等)

【イ-4 UL/DL比変更測定データ】

測定箇所		伝送スループット比率	受信電力		回線品質	伝送速度	遅延	
場所		UL/DL比	RSSI	SS-RSRP	BLER	上り伝送スループット	ローカル5G区間	VPN区間
五島中央病院	皮膚科	70M/70M	-26.62dBm	-76.54dBm	0%	35Mbps	4.85ms	8.48ms
		105M/35M	-24.95dBm	-76.64dBm	0%	35Mbps	4.53ms	6.80ms
		35M/105M	-29.65dBm	-77.60dBm	0%	35Mbps	11.61ms	16.51ms
	手術室	70M/70M	-29.94dBm	-75.19dBm	0%	32Mbps	5.16ms	7.29ms
		105M/35M	-31.96dBm	-74.77dBm	0%	32Mbps	4.29ms	6.69ms
		35M/105M	-30.90dBm	-72.59dBm	0%	32Mbps	14.17ms	17.69ms
かけはし木場	2人部屋	70M/70M	-33.47dBm	-73.24dBm	0%	19Mbps	4.20ms	6.48ms
		105M/35M	-32.67dBm	-74.83dBm	0%	19Mbps	3.99ms	5.97ms
		35M/105M	-26.76dBm	-72.38dBm	0%	19Mbps	7.74ms	9.97ms

※測定値は3分間の平均値

検証結果(ウ. その他ローカル5Gに関する技術実証①)

【ウ-1 計測指標】

受信電力		回線品質	伝送速度	遅延	
RSSI	SS-RSRP	BLER	平均伝送スループット	ローカル5G区間	VPN区間
-63dBm以上	-119dBm以上	エラーフリー	上り最大35Mbps	10ms以下	10ms以下

【ウ-2 評価・検証方法】

- 映像機器ごとに要求される無線通信品質を明確にするために代表測定地点での主観評価、RSSI、BLER、伝送スループット、遅延時間を測定
- 基地局と端末の間を人や車両等で通過し、通過中とその前後、アンテナの種類(オムニアンテナと平面アンテナ)と基地局側のアンテナ高を変更(オムニアンテナと平面アンテナ)し(変更アンテナ高は、床面より2mの位置)、指向性の有無、アンテナ高の必要性等の異なる環境条件下でのRSSI、BLER、伝送スループット、遅延時間を測定し検証・評価
- 装置の出力を10dBダウンさせることでエリアの変化を検証

【ウ-3 検証結果】

<遮蔽物による電波伝搬特性確認>

- 手術室ではRSSI値は人による遮蔽がない場合と比較すると、アルミメッキ銅板に囲まれた室内にて人が動くことによって最大±4dBm幅で伝搬環境の変化がある。
- 高齢者施設ではRSSI値は人による遮蔽がない場合と比較すると、最大15dBmの伝搬環境の変化がある。
- 屋外に設置した基地局と屋内端末間を車が通過前、通過中、通過後の伝搬環境の変化は、RSSI値が、通過中で15dBmの伝搬環境変化、ブロックエラー100%、上り伝送スループット0で回線断となった。通過後には復旧することから、基地局を屋外に設置し、屋内にて使用するケースにおいては、車の通行による回線断を考慮した上での映像伝送が必須となる。

検証結果(ウ. その他ローカル5Gに関する技術実証②)

【ウ-3 検証結果(続き)】

＜アンテナ種類や高さの変更＞・・・基地局と端末を同じ部屋内にて使用するユースケースを前提

- 手術室はアンテナ高が高くなることにより、受信電力値は改善されるが、RSSI値が3dBm程度の低下がみられた。またこの受信電力の低下に伴い、エラーが最大40%発生し、上り伝送スループットが不安定になった。
- 高齢者施設はアンテナ高が高くなることにより、受信電力値が低下し、RSSI値が最大で7dBm程度受信電力値が低下した。しかしながら、上り伝送スループットは安定した伝送となっている。
- 手術室は平面アンテナを使用することにより、受信電力値が改善され、RSSI値も6dBm程度の改善がみられた。上り伝送スループットも安定して伝送が来ている。平面アンテナ高を2mにした場合、SS-RSRPは変化は見られなかったものの、RSSI値では、約3dB、BLER値はエラーフリー、上り伝送スループットも安定するという改善が見られた。
- 高齢者施設は平面アンテナを使用することにより、受信電力値の変動幅が広がり、RSSI値が最大で7dBm程度受信電力値が改善され、上り伝送スループットも安定した伝送となっている。平面アンテナ高を2mにした場合、RSRPの受信電力値はほぼ同等ではあるが、RSSI値が最大で3dBm程度受信電力値が改善され、上り伝送スループットも安定した伝送となっている。

＜干渉改善を図る装置出力減衰＞

- メンテナンス画面のRSSI、エリアテストのRSRPのグラフにあるように、装置の出力が10dBmダウンしていることが分かる。また、伝送スループットも必要な分、流れており、エラーブロックも0であった。このことから、他事業者との干渉調整の結果、エリアを狭まる必要がある場合でも、装置の出力を変化させて、ユースケースにて運用することが可能という結果が得られた。

結果考察＜ローカル5Gの性能評価等の技術実証①＞

【ア項の結果考察】

- 基地局と端末を同じ部屋内にて使用するユースケースにおいては、電波伝搬、伝送性能ともに計測指標を満たし、リアルタイム遠隔診療（スマートグラスや4Kカメラの映像伝送）における高精細映像伝送の実現が可能であることが確認出来た。
- 1つの基地局のサポートエリア拡大を図った結果、病院では扉を閉めた状態では、電波が遮蔽され計測できない結果となった。これは、病院建物が各種電波による医療機器等への影響を防止するために、診療部屋内外からの電波を通しにくい材質（SUS製扉、銅板壁等）で造られているためである。
- Wi-Fiとの併用時によるローカル5Gへの影響は今回の実証では見られなかった。要因としては、機器に搭載されている干渉を防止するフィルタ機能が正常に作動しているためであると考察する。
- 基地局と端末間が鉄製の扉による遮蔽で通信不可の状態となる問題の解決方策として、基地局のアンテナを端末と同一部屋に設置し、同一部屋内にて基地局と端末を使用することを提言する。
- 多種多様な種類の遮蔽物が4.8GHz帯無線通信に影響することが確認できたため、事前検討段階で遮蔽物を考慮し、アンテナの設置位置、角度等について屋内シミュレーションツールを用いて配置検討を行う必要がある。
- 障害物による電波不感には、DAS（Distributed Antenna System）の活用が有効と考えるが、イニシャルコストも考慮した上で検証試験が必要になると考える

結果考察＜ローカル5Gの性能評価等の技術実証②＞

【イ項の結果考察】

＜UL/DL比変更＞

- UL/DL比の変更において、ULの帯域幅を広くすることでより遅延を抑えた映像伝送が可能であると確認出来た。
- 帯域幅を広くすることで遅延を抑えリアルタイム映像伝送の品質向上が図れたことから、フレームフォーマットが制度上決まっている同期・準同期よりも、UL/DL比率が変更可能な非同期TDDパターンがULに比重をおきたい遠隔医療分野ではニーズ(使用用途)があると提言する。
- 非同期システムが同期システムに影響を与えないように、自動で出力を調整する送信出力制御機能等を活用することで解決が図れると考える。
- 更なる技術的課題として、電子カルテやレントゲン写真等のデータの受信も同時に伝送するようなDLのデータ伝送を考慮した上でのシステム構築が必要になると考えられる。

＜エリア算出法の精緻化＞

- 医療分野においては、映像の乱れや遅れがあると診察に大きな影響を及ぼす科もある為、BLERは0%が理想である。よってエリア構築において医療機関や老人ホームにおける指標となる受信電力は、SS-RSRPが-85dBm、RSSIが-50dBmと考察する。
- エリア算出法による値と実測値の値をより近似値にするためには、遮蔽損もエリア算出法による計算時に加味するとより精度高いものになると考えられることから、基地局と端末の間にある遮蔽物の材質や枚数により遮蔽損の指標を定める必要があると考察する。
- 更なる技術的課題として、DAS(Distributed Antenna System)を活用することで、遮蔽物が多く存在する部屋や手術室のような銅板に囲まれた部屋で、より安定した通信を行うことが可能になると推測されるため、DASを使用したシステムを活用したエリア構築の検証を行う必要があると考える。

結果考察＜ローカル5Gの性能評価等の技術実証③＞

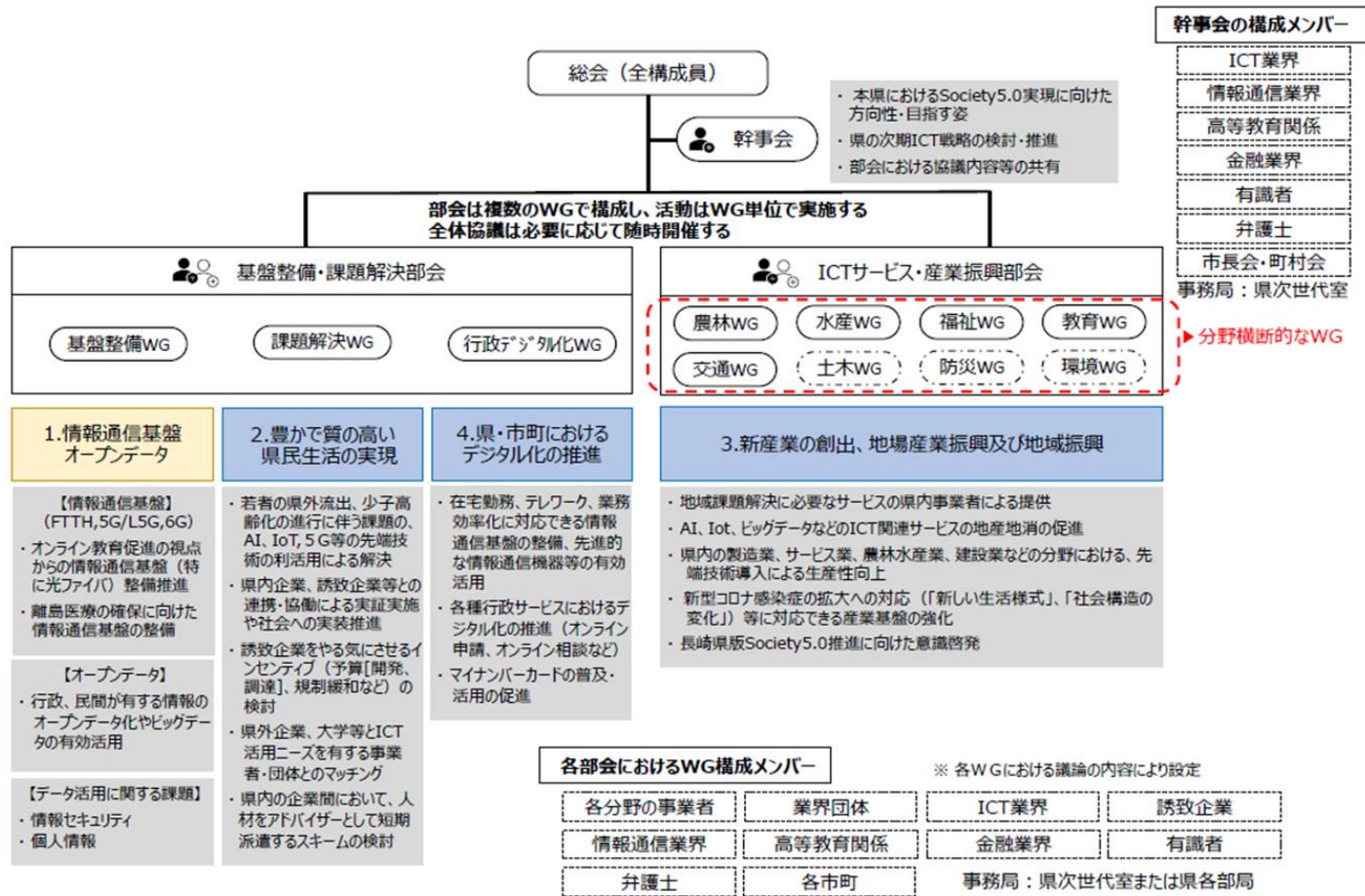
【ウ項の結果考察】

- 基地局と端末の間に車のような金属物で遮蔽(見通し外)すると、通信ができないため、基地局を屋外に設置する時は、アンテナ高を変更して、見通しがある状態で設置するか、駐車場などの金属物が多く存在する場所は、避けて設置するようにエリア構築を行う必要があると考える。
- 見通し内で基地局と端末を設置する事が困難な場合は、遮蔽物による影響を回避するために、電波反射板を活用して、電波を遮蔽させない環境を作る。また、電波シミュレーションにおいては、建物の大きさ、壁、天井、床の材質等に加え、各施設に設置されているベッド、棚、机等の遮蔽物も織り込んだシミュレーションを行うことが必要である。
- 人の動きによる影響を回避できるように、アンテナを天井に設置することで、電波を上から降らせるようなイメージで設置することで、人の動きによる遮蔽の影響を回避でき、4K映像品質を保つことが可能になると考える。
- 更なる技術的課題として、金属に囲まれている部屋において、マルチパスによる性能劣化なのか、マルチパスとは別の原因による性能劣化なのかより多くのサンプルデータを取得することで追及し究明していく必要があると考える。

実装・横展開に関する検討

前提条件

- 長崎県では令和2年9月に「ながさきSociety5.0推進プラットフォーム」を発足し、県内におけるSociety5.0実現あるいは、様々な地域課題の解決に向けた取り組みを始めたところである(右図)。今回の実証モデルについても、**県内エリアへの横展開**に関しては本枠組みを通じて、**同様の課題を抱える離島や、へき地等の病院企業団病院へ横展開を検討する方向**である。
- 長崎県にとっては、こうしたICTの利用により、離島やへき地における専門医の不足を効率的に補うことができ、**離島と本土のサービス格差を埋めるひとつの手段として、強く推進したい**考えである。
- こうした考え方については、長崎大学病院及び病院企業団とも共有しており、両者とも、診療報酬等の専門医療提供の枠組みがしっかりと検討されれば、ICTを利用した遠隔医療による専門医療の提供を継続的な形ですべての離島やへき地で検討できる枠組みであると認識している。



持続可能な事業モデル等の構築・計画

【継続的利用の見通し】

実証終了後、県による地方創生交付金を活用した運用費の支援を行う。具体的には、総合的な離島の住環境向上対策の一環として、次年度においては、地方創生推進交付金によるランニングコストの確保を予定している。今回の実証では、長崎大学病院、五島中央病院及び長崎県は、本事業が遠隔医療の質を大きく向上させること、すなわち、**ローカル5Gや4Kモニタの利用による画質の向上、遅延の解消が期待を上回っていることを認識**できた。来年度以降、3者が中心となって、引き続き遠隔医療の実証を行い、**横展開モデルとしての費用対効果の検討、他地域への導入の働きかけを行う**こととする。

【運営体制】

来年度については、五島中央病院と長崎大学病院の医師が中心となり、整備した機器を活用し、遠隔診療についてサービスを継続する。具体的には**両病院で課題を洗い出し、長崎県に課題をフィードバックし、更なる展開エリアの拡大に向けた課題解決に繋げていく。**

【実装上の課題】

今回の実証環境の構築費用と5カ月間の運用費用の概算は111,390,440円(消費税抜、労務費／旅費は除く)であるが、**将来的な普及モデルの展開にあたっては、ローカル5G基地局をはじめとした通信機器の低廉化も課題**のひとつであると考えられる。

持続可能な事業モデル等の構築・計画

【事業内容】

当面は長崎大学病院や長崎県病院企業団を事業主体として、ICTの活用による効果的なオンライン診療の普及と診療データ収集、データプラットフォームの整備を推進する。(右図)

【対象ユーザ】

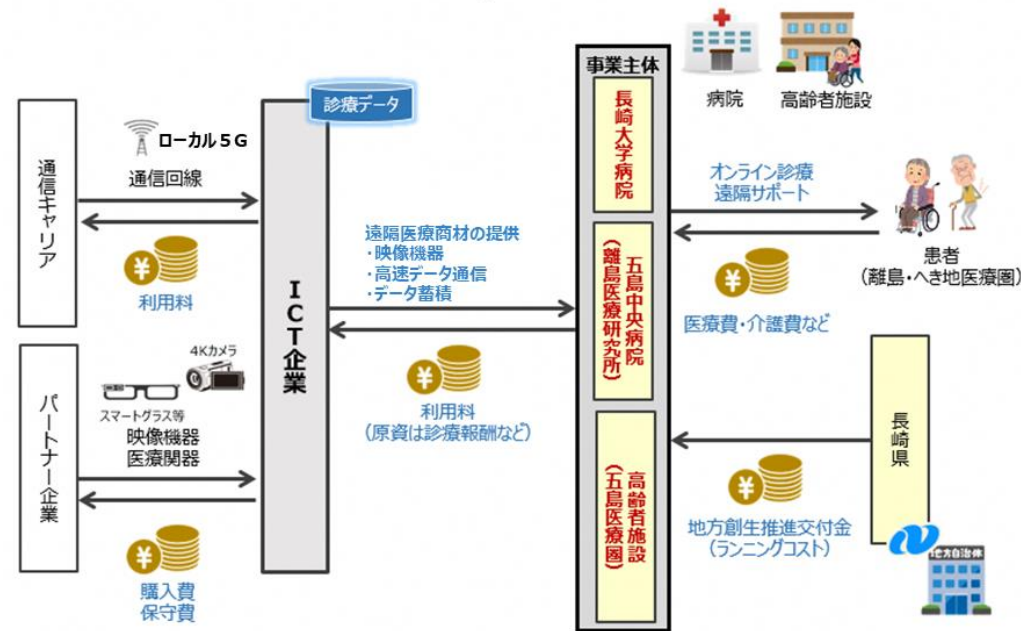
専門医による診療サービスを受けることが困難な長崎県内の**離島やへき地の住民**を対象ユーザとして想定する。

【対象ソリューション】

ローカル5G通信機器、4K映像伝送機器、光回線等のパッケージ化によるサービス提供を検討する。映像品質や回線の帯域保証など、医療現場に応じた商品ラインナップの整備を目指す。

将来的には民間企業を交え異業種連携によりデータ連携プラットフォームを整備し、DXを活用した分析サービス(未病対策、自立支援、重度化防止等)の展開を目指していくこととしたい。

Step1



【運営体制と役割分担】

項番	関係者	主な役割(現時点の想定)
1	長崎県	地方財政資金による支援、他自治体への横展開推進、標準モデル化
2	長崎大学病院	高度専門医療の提供
3	五島中央病院 (離島医療研究所)	現地実証の推進、サポート
4	病院企業団病院	現地実証環境の提供、評価協力
5	高齢者施設	現地実証環境の提供、評価協力
6	地元企業	医療機器、配線部材等の調達
7	ICT関連企業	通信回線、各種ソリューション提供、技術支援、共同実証

横展開に資する普及モデルに関する検討

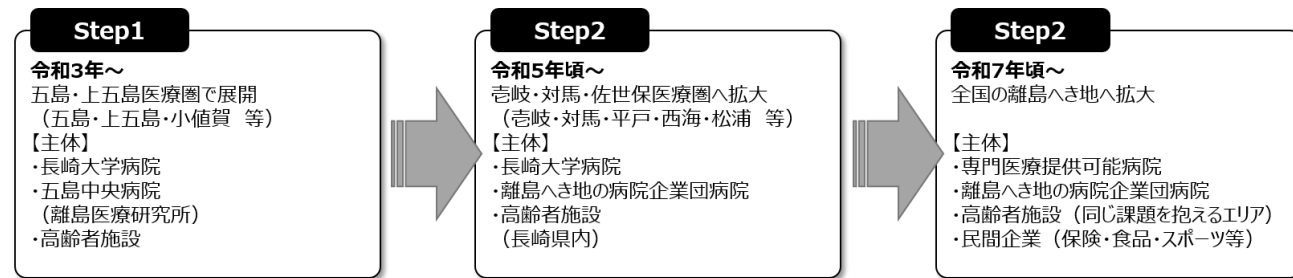
【想定されるターゲット】

- ・メインターゲットは、離島など**医療資源が少ない地域における公的医療機関**とその公的医療機関に**医師を派遣する大学病院または公的病院等**
- ・離島以外では、高度医療を提供する**二次救急医療機関へのアクセスが不便な地域**

【事業展開のステップ、取組み】

- (1) 推進体制を構築する。
- (2) 主体となる機関を決定する。
- (3) 事業の推進主体、機器などの調達の枠組みを決定する。
- (4) 初期投資の資金を調達する。
- (5) 環境構築
- (6) 運用

【横展開イメージ】



【展開にあたっての課題】

- (1) 離島で率先して導入する一定規模の公的医療機関が存在するか。
- (2) 大学病院等と離島などの公的医療機関の連携ができているか。
- (3) 離島と本土を結ぶ通信回線が確保されているか。
- (4) 都道府県の理解が得られるか。
- (5) 診療報酬などの枠組みが速やかに構築されているか。
- (6) 個人情報・医療データの利活用に関するスキームの確立ができているか。

共同利用型プラットフォームに関する検討

【共同利用型プラットフォームに具備する機能】

共同利用型プラットフォームとして検討されている「5Gソリューション提供センター(仮称)」の実装を想定した。本実証で検証したシステムを踏まえ、具備すべき機能として下表のようなものが考えられる。

機能	概要	備考
認証	利用者のユーザ利用権限や利用可能範囲を制限する機能	
セキュリティ	外部からのアタック脅威から防御するための機能(認証、暗号化、不正アクセス防止、不正アクセス検知、遮断等)	患者の個人情報扱う観点から強固なセキュリティシステムが必要
負荷分散・冗長化	負荷分散や冗長化機能	<ul style="list-style-type: none">リアルタイムコミュニケーションを要求されることから低遅延であること安定した4k以上高画質伝送、高負荷に耐えうる環境
アプリ管理	APIや各モジュールを制御する機能	<ul style="list-style-type: none">モジュール提供を受け病院に提供する場合は、システムに不慣れな医療関係者が理解しやすいインターフェースが望ましい
データ管理	各種データの保存、蓄積、活用を制御する機能	
アセット管理	外部のデータ連携基盤(都市OS等)との連携を管理する機能	
運用	正常稼働の確認機能、保守運用機能	

【今後に向けた課題】

医療データの扱いは様々な法規制が関係してくるため、その利活用にあたっては、個人情報保護と研究倫理に関するそれぞれのルールに留意する必要がある。従って、本プラットフォームへの医療データ蓄積にあたっては、法的側面から課題の洗い出しと対処が必要である。

まとめ

まとめ

- 本コンソーシアムでは、離島医療圏が抱える医師不足や地理的要因による高度専門医療へのアクセスのしづらさ、急速な高齢化による高齢者施設や在宅における診療・ケアのニーズ増加等の社会課題を背景に今回の実証実験を行った
- **高度専門医療**については、どの診療科においても**映像から診療支援にあたり十分な情報を得られ**、また**遅延のないコミュニケーション**を通じて前述した課題解決の一端を担うシステムになりうる結果を得ることができた。
- 一方、**高齢者施設の診療・ケアサポート**については**巡回**という仕組みをとっているため**「通信の途切れ・遅延」**が高度専門医療に比べて発生頻度が高くなるという事象が発生した。これは**診療の質を担保するうえで障害**となり、今後の大きな課題である。
- なお、本ユースケースに事前に求められた技術的条件である「500msec以下の遅延」「4K等の複数映像と音声を送信できる」「どの環境でも通信が行える」については、「遅延を感じず」「複数の映像／音声を同時送信でき」「一定の条件は必要だがどの環境でも通信が行えた」という結果となり、上記課題実証の評価につながった。
- 今後、遠隔診療ならびに高齢者施設や在宅ケアを実現するうえでは、上記性能要件に加え、「強固なセキュリティシステムを備えること」、「**システムに不慣れでも簡単に準備できる設備であること**」などが必要な要素であることが知見として得られた。
- 診療報酬をはじめ、仕組み上の課題などもあるが、それらが解消され、しっかりとした提供の枠組みが構築されれば、長崎県内で同様の課題を抱える地域への展開、さらには全国の離島へき地への拡大につながり、同様の課題を抱える地域の社会課題解決になると考える。