

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

遠隔高度医療サービス提供に向けたローカル5Gの技術的条件及び利活用

成果報告書概要版

令和5年3月

代表機関 東日本電信電話株式会社

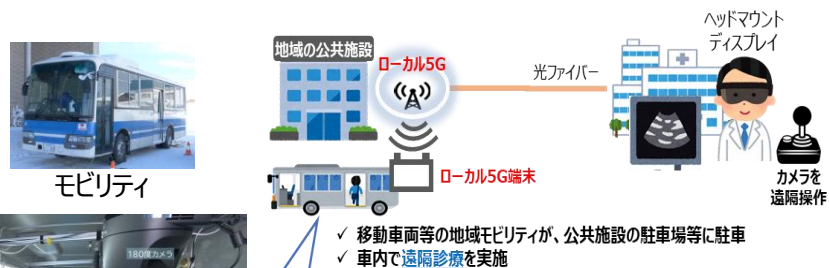
北海道ローカルイノベーションコンソーシアム

実証概要

実証概要

実施体制 <small>(下線：代表機関)</small>	東日本電信電話(株)、岩見沢市、北海道大学、(株)はまなすインフォメーション、(株)アストロステージ	実施地域 北海道岩見沢市 (岩見沢市役所北村支所、毛陽交流センター)
実証概要	急速な少子高齢化や人口減少に伴い、我が国の医療提供体制においては、医師や医療資源の不足及びその偏在に直面。特にルーラルエリアにおいては、都市部と同様のサービス提供が困難という課題も存在。 ▶ ルーラルエリアの公共施設にローカル5G環境を構築し、地域モビリティ内のかかりつけ医と遠隔拠点の医師との間で、8K映像等を用いたプレ診療システムや触感技術を用いたロボット遠隔制御によるリアルハプティクス※システムの実証を実施。 ▶ 医療を含む質の高いサービスの提供を通じ、ルーラルエリアにおける健康的な生活の持続・促進を実現。	
主な成果	▶ プレ診療システムとリアルハプティクスシステムは医療関係者による 官能試験において満足度4.7/5.0点 を達成、ネットワーク遅延20~30msec、映像伝送遅延200~300msecの環境における安定操作、リアルハプティクスのロボット操作習熟における力触感の有効性を確認し、超音波検査装置やダーモカメラのような汎用的な検査機器の力触感のある安全な遠隔操作を実現。 ルーラルエリアの専門医不足に寄与できる ことを確認。	
技術実証	▶ 公共施設内の建物侵入損や、駐車場内の自動車による反射等を考慮した電波伝搬モデルの精緻化や、公共施設内会議室においてメタマテリアル反射板及び反射シートを用いたエリア構築を実施。 ▶ 周波数: 4.8-4.9GHz帯(100MHz)、28.3-28.7GHz帯(400MHz) 構成: SA方式(4.8GHz帯)、NSA方式(28GHz帯) 利用環境: 屋外、屋内	
主な成果	▶ 建物侵入損R=35.4dB(28GHz帯)、S=13.1dB(4.8GHz帯) が得られ、遮蔽物を考慮したRが望ましく、雪壁影響により郊外地相当のSが適当と確認。 ▶ メタマテリアル反射板設置により 受信電力：平均+7.4dB、SINR：平均+1.4dB、ULスループット：平均+5.5Mbpsの改善 を確認。 屋内の不感地帯改善策としてメタマテリアル反射板の有効性を確認。メタマテリアル反射板の活用においてはビーム幅の設計やクリアランスの留意が必要。	
今後の展開	本実証システムは、制度上での実現が可能になったときを想定し、令和5年度以降、道内医療機関へのデモンストレーションを実施しつつ、岩見沢市エリアなどで 医療機関と連携し導入に向けた意見交換を進める 。また、リアルハプティクスシステムは、 令和7年度までに薬機承認を得て、ソリューション提供・展開をめざす 。	

8K映像等を用いたプレ診療システム



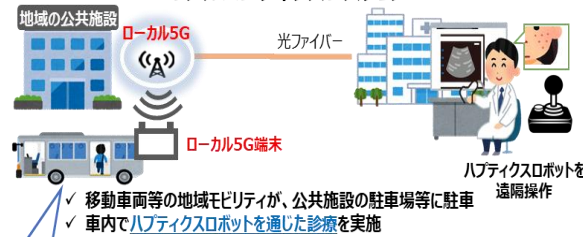
モビリティ



モビリティ内の様子

問診実施 [婦人科・皮膚科] 360度カメラ映像	腹部エコー [婦人科] エコー画像	症状調査 [皮膚科] 8Kカメラ映像
---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

触感技術を用いたロボット遠隔制御によるリアルハプティクスシステム



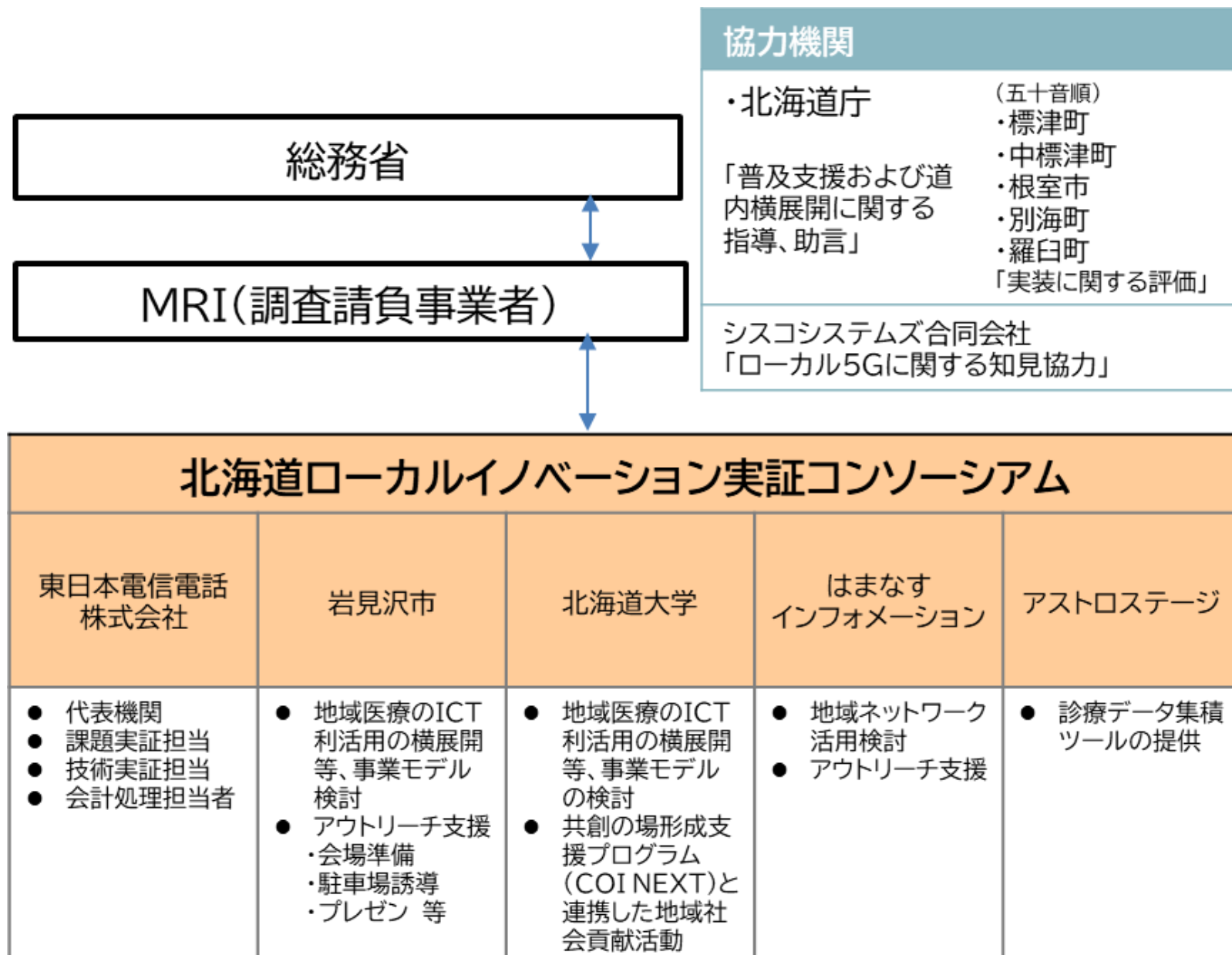
遠隔操作側 (医師)

腹部エコー [婦人科] エコー画像 ハプティクスロボット	拡大鏡検査 [皮膚科] ダーモスコピー (拡大鏡) ハプティクスロボット
--	--



モビリティ内 遠隔操作による検査

実施体制

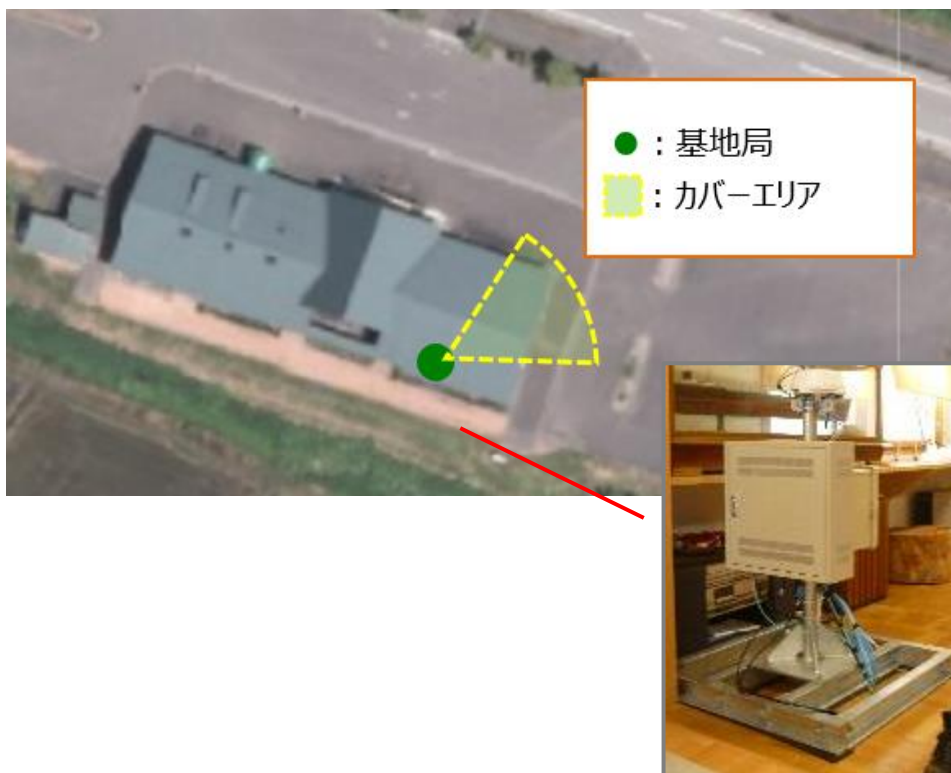


実証環境

実施環境、対象周波数帯

- 対象周波数帯:ミリ波帯 28.3GHz-28.7GHz
- 実施環境:北海道内の毛陽交流センター施設(屋内)
 - 基地局A :岩見沢市(毛陽交流センター屋内)
 - コア装置 :クラウドコア(データセンター)

【各基地局の設置位置とカバーエリア】



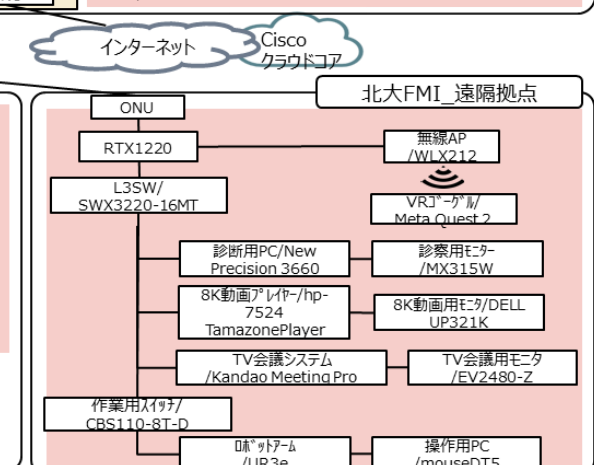
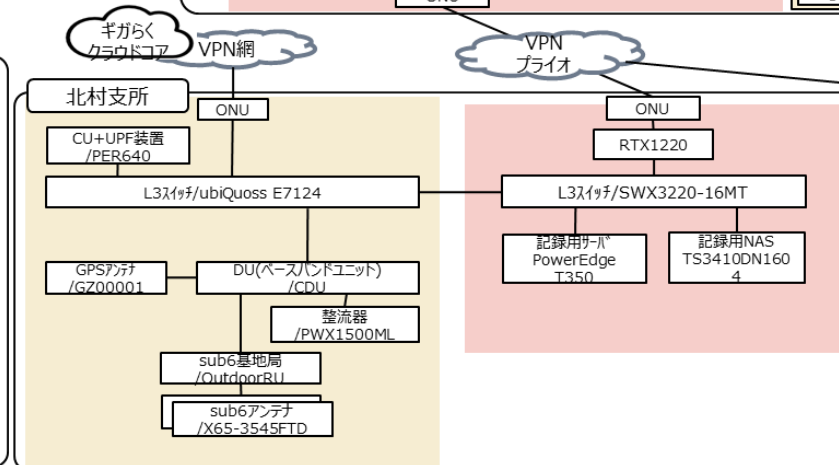
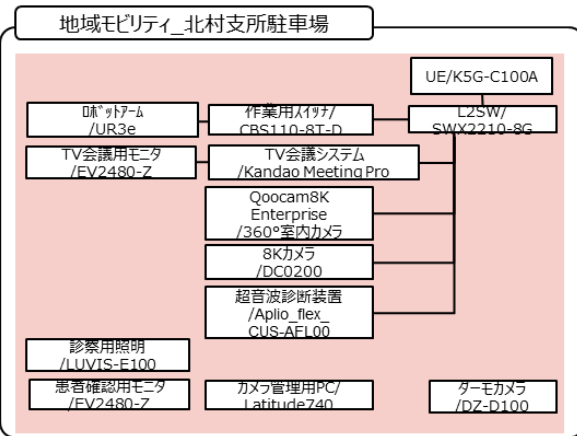
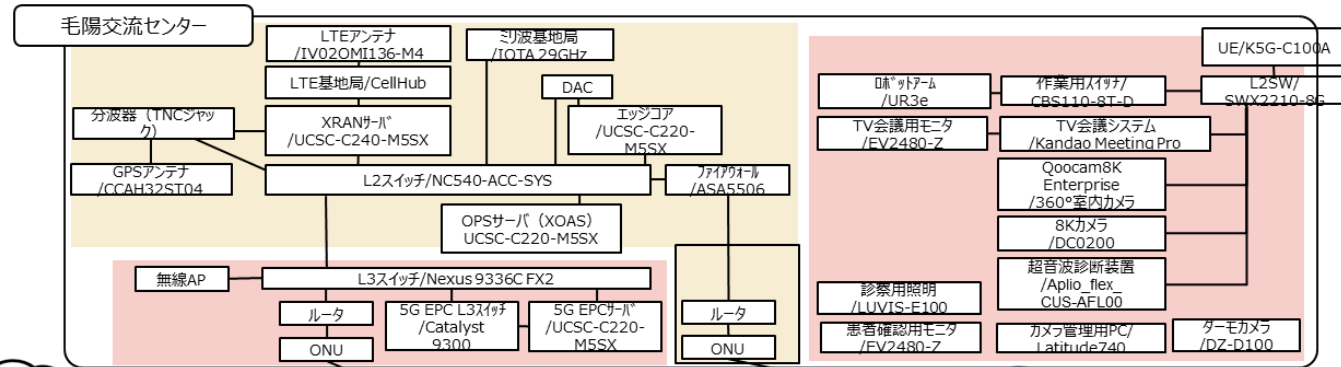
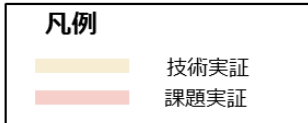
- 対象周波数帯:Sub6帯 4.8-4.9GHz
- 実施環境:北海道内の北村支所施設(屋外・郊外地)
 - 基地局B :岩見沢市(北村支所屋上)
 - コア装置 :クラウドコア(データセンター)

【各基地局の設置位置とカバーエリア】



ネットワーク・システム構成

構成図



システム機能・性能・要件

- 課題解決システムとしてローカル5Gに求める性能は以下のとおり
 - ULスループット：80Mbps（内訳：リアルハプティクス医療ロボット、8K画像転送）
 - 伝送遅延：40msec（UE～NATルータ区間）

■ 基地局無線部特性

項目	基地局相当装置（28GHz帯）	基地局相当装置（4.8GHz帯）	移動局相当装置
製造ベンダ	JMAWireless Limited	サムスン電子	京セラ
無線局数	1	1	2
設置場所	屋内	屋外	－
同期/準同期	同期	同期	－
UL:DL比率	1:4	1:4	－
周波数帯	28.3GHz-28.7GHz(帯域幅：100MHz)	4.8-4.9GHz(帯域幅：400MHz)	28.3GHz-28.7GHz 4.8-4.9GHz
通信方式	NSA	SA	－
占有帯域幅	100MHz×4CC	100MHz	100MHz
中心周波数	CC1: 28350.000MHz CC2: 28449.960MHz CC3: 28549.920MHz CC4: 28649.880MHz	4849.98MHz	4550.01～4849.98MHz 28350.000～28649.880MHz
変調方式	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM	(CP-OFDM)QPSK,16QAM,64QAM (DFT-s-OFDM)Pi/2_BPSK,QPSK,16QAM,64QAM
アンテナ指向性	指向性あり	指向性あり	無指向性（オムニ）

■ その他要件

- ローカル5G機器は3GPP準拠のものを選定し、将来への拡張性を考慮した設計とする
- サプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策を講じる

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)

技術実証テーマ I _電波伝搬モデルの精緻化 (1/2)

精緻化の対象：建物侵入損R(28GHz帯)、補正值S(4.6-4.9GHz帯)

技術的課題

- ・ 屋内環境では施設内の遮蔽物影響により、エリア算出法で机上計算したカバーエリア端・調整対象区域端と閾値が実測されるエリア端に乖離が生じることが懸念されるため、**実環境を考慮した建物侵入損Rの精緻化**が課題となる
- ・ 屋外環境ではフィールド周辺の遮蔽物や樹木等の影響により、エリア算出法で机上計算したカバーエリア端・調整対象区域端と閾値が実測されるエリア端に乖離が生じることが懸念されるため、**実環境を考慮した補正值Sの精緻化**が課題となる

実証目標

- ・ ルーラルエリア施設の**毛陽交流センターにて屋内の28GHz帯における建物侵入損R**、及び**北村支所にて屋外の4.8GHz帯における補正值Sの精緻化**を行う
- ・ 地域施設の屋内に複数存在する遮蔽物について、28GHz帯の遮蔽物透過損の検証を行い、建物内外における電波伝搬影響を考察する
- ・ 地域施設の屋外に複数存在する遮蔽物について、4.8GHz帯のマルチパスの分析を行い、電波伝搬影響を考察する

実証環境

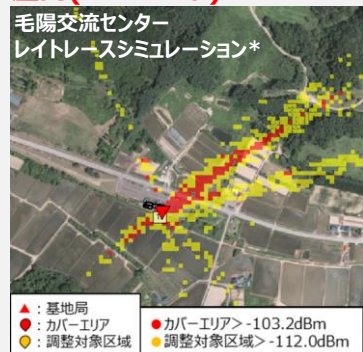
- ・ 屋内では28GHz帯のRの精緻化を実施、屋外では4.8GHz帯のSの精緻化を実施



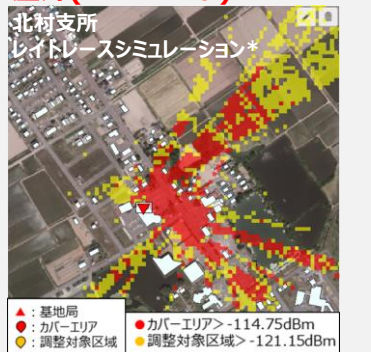
実証仮説

- ・ Remcom社のWireless InSiteを利用してレイトレースシミュレーションを実施
- ・ 下記仮説値を導出、仮説エリア図を作成

屋内(28GHz帯) : R=10.5



屋外(4.8GHz帯) : S=23.6



実証方法 (評価指標、評価・検証方法)

■ 建物侵入損R、補正值Sの精緻化

- ・ 算出法エリア図・仮説エリア図上のカバーエリア端及び調整対象区域端で測定点を選定
- ・ カバーエリア・調整対象区域の閾値が実測されるポイント及び歩行で測定
- ・ 測定結果より伝搬損失カーブを作成し、精緻化R値と精緻化S値を算出
- ・ 精緻化後Sを用いた算出法エリア図と実測結果を比較し、その差異について遮蔽物面積率も含め考察

▼仮説エリア図 (左)毛陽交流センター (右)北村支所*



▼北村支所 遮蔽物面積率*



■ 遮蔽物透過損の検証

- ・ 右記の地域施設内の遮蔽物について、特に遮蔽損が大きい28GHz帯での透過前後の受信電力を測定
- ・ 測定結果の差分より各遮蔽物の遮蔽物透過損を算出

▼地域施設内の各遮蔽物透過前後の測定点

No	用途
1	外壁
2	窓(外壁)
3	スライド式扉(トイレ)
4	スライド式扉(ホール)
5	屋内壁
6	自動ドア
7	襖(室内扉)



■ マルチパスの分析

- ・ 4.8GHz帯の歩行測定及び定点測定の結果を基にマルチパス影響が考えられる見通し(LOS/NLOS)の異なる測定点を選定
- ・ 指向性アンテナを用いて、みなし直接波及び直接波以外のマルチパス波の受信電力を測定し分析

北村支所 歩行測定データ*



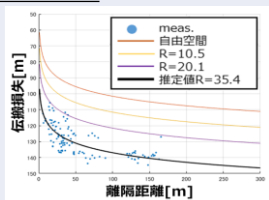
技術実証テーマ I _電波伝搬モデルの精緻化 (2/2)

■建物侵入損Rの精緻化(28GHz)

▼精緻化結果

精緻化対象	規定値R	仮説R	精緻化後のR
建物侵入損R	20.1	10.5	35.4 (雪壁影響あり)

▼伝搬損失カーブ



・精緻化後のRを用いたエリア算出値と実測値の平均差分

28GHz帯(R) : 8.9dB

⇒実測値に近い建物侵入損R値を導出

▼実証仮説との比較

・精緻化後のRと仮説Rの差分

28GHz帯(R) : 24.9dB

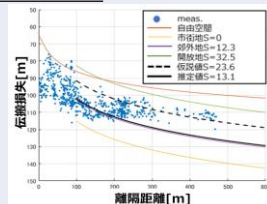
⇒差分要因は屋内の遮蔽損失の影響と分析
エリアシミュレーションでは屋内の環境情報について、遮蔽損失を明らかにし精緻に設計することが重要

■補正值Sの精緻化(4.8GHz)

▼精緻化結果

精緻化対象	規定値S	仮説S	精緻化後のS	遮蔽物面積率
補正值S	12.3	23.6	13.1	25.9%

▼伝搬損失カーブ



・精緻化後のSを用いたエリア算出値と実測値の平均差分

4.8GHz帯(S) : 5.1dB

⇒実測値に近い補正值S値を導出

遮蔽物面積率は25.9%であるが、積雪による雪壁の影響も生じ、郊外地相当のS値が導出された

▼実証仮説との比較

・精緻化後のSと仮説Sの差分

4.8GHz帯(S) : 10.5dB

⇒差分は雪壁等の環境要素による影響と分析
再レイトレースシミュレーションを実施し考察

■レイトレースシミュレーションの有用性評価

・実測値とレイトレースシミュレーションの平均差分

28GHz帯 : 23.2dB

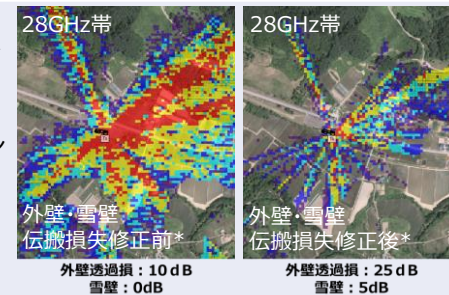
4.8GHz帯 : 8.8dB

・遮蔽物や雪壁等の損失を修正し再シミュレーション

28GHz帯 : 7.0dB

4.8GHz帯 : 5.9dB

・環境要素を精緻に反映することで実測に近いシミュレーションが可能



■28GHz帯の遮蔽物透過損の実測

・各遮蔽物による**透過損を右表のとおり実測**

・遮蔽物を複数枚透過する場合の透過損についても、透過する遮蔽物毎の透過損の合算値から近似値を導出できることを確認

No	用途	透過損[dB]
1	外壁(フレキシブルボード+木材)	3.9
2	窓(ガラス(ペアガラス))	6.0
3	スライド式扉(木材)	9.6
4	スライド式扉(木材(すのこ))	5.8
5	屋内壁(フレキシブルボード+ビニールクロス)	13.1
6	自動ドア(ガラス)	1.4
7	換(和紙)	17.1

◀ 遮蔽物透過損

■4.8GHz帯のマルチパス分析

・測定結果より、**本環境では大きなマルチパス波は生じていないことを確認**

・一部の測定点では、面積の広い鉄板・金属板によるマルチパス影響が直接波電力比3.5dB生じており、郊外地環境では鉄板・金属板といった構造物によるマルチパス影響を考慮しカバーエリアを設計することが推奨される

No	みなし直接波 SS-RSRP [dBm]	マルチパス波 SS-RSRP [dBm]	マルチパス-みなし波 [dB]	LOS/NLOS
1	-109.84	-118.96	-9.12	LOS
2	-108.78	-127.45	-18.67	LOS
3	-108.76	-118.39	-9.63	NLOS
4	-108.65	-127.43	-18.78	LOS
5	-110.61	-115.69	-5.08	NLOS
6	-113.63	-110.10	3.53	NLOS

◀ マルチパス波

■得られた知見

- ・28GHz帯は**建物侵入損R=35.4**、4.8GHz帯は**補正值S=13.1**を導出
- ・建物侵入損Rは、**屋内の遮蔽物構造により大きく異なる**(本実証では遮蔽物や雪壁の影響が大きく生じて規定値Rや仮説Rより大きくなる結果)ことが確認できた。また、実証地域が豪雪地帯であり、雪壁遮蔽による電波減衰の影響が含まれた精緻化R値となったため、季節によって電波伝搬特性に変動が生じる考慮が必要
- ・補正值Sは、本実証環境のように遮蔽物面積率が狭い場合は開放地と郊外地の中間に該当すると想定していたが、**積雪による雪壁の影響により郊外地相当のS値が適当**という結果となった
- ・28GHz帯の電波伝搬特性について、複数種の遮蔽物の透過損失を明らかにした
- ・本実証におけるルーラルエリア環境では、アーバンエリアにあるような電波を強く反射する遮蔽物が少ないため、マルチパスによる大きな影響を受ける環境ではないことが判明
- ・屋内の遮蔽損影響や季節環境(降雪による雪壁)を設計することで、**レイトレースシミュレーションと実測値との乖離は28GHz帯7.0dB、4.8GHz帯5.9dBへ改善**
類似環境でレイトレースシミュレーションを実施する際は、**遮蔽損特性や季節環境をモデリング**することが重要である

■さらなる課題の提案

- ・レイトレースシミュレーションの有用性を評価出来た一方で普及にはコスト・取り扱う技術面の課題がある。専門組織によるシミュレーション代行やツール提供、それに準じた干渉影響の判断手法の明示化等、普及に向けた支援体制の充足が望まれる
- ・精緻な建物侵入損の算出には、本実証環境の遮蔽物以外の素材も想定されるため、様々な素材における透過損を明らかにすることが必要

実証結果

実証成果

技術実証テーマⅡ_エリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象： 不感地対策 他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 反射板 中継器 DAS LCX その他

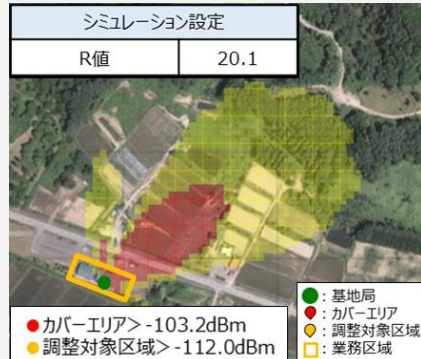
<p>エリア構築の課題 技術的課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地域施設内をエリア化する場合、28GHz帯の電波は直進性が強いことや壁や柱の遮蔽物があることにより不感地帯が発生することが課題 不感地帯解消のため基地局を増設することは導入コストの視点からハードルが高く、安価な改善策を検討する必要がある
<p>上記課題の 解決方策</p>	<ul style="list-style-type: none"> メタマテリアル反射板を活用し不感地帯の受信電力をカバーエリアの閾値以上とし課題解決システムの所要性能（ULスループット80Mbps以上、伝送遅延30ms以下）を達成し、メタマテリアル反射板設置時の有効性・注意点・エリア設計手法について取り纏める また、改善策に対する比較検討のため、反射シートによる改善効果も併せて検証する 課題解決前：メタマテリアル反射板設置前は遮蔽物により業務区域をカバーできず、不感地帯が52.2%発生すると仮説 課題解決後：メタマテリアル反射板設置後は業務区域の特定方向をカバーすることで、不感地帯を16.5%まで改善できると仮説

業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

▼自己土地範囲*



▼算出エリア図によるカバーエリア・調整対象区域*



▼地域施設内の業務区域図と不感地帯



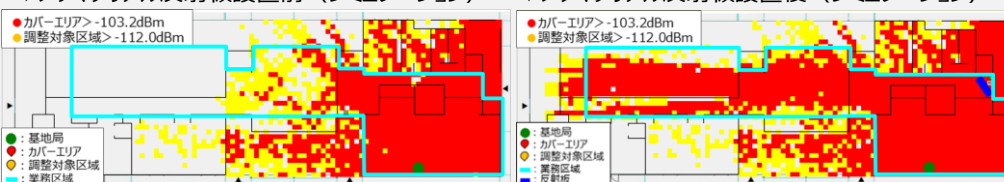
▼地域施設内の遮蔽環境



エリア構築のシミュレーション

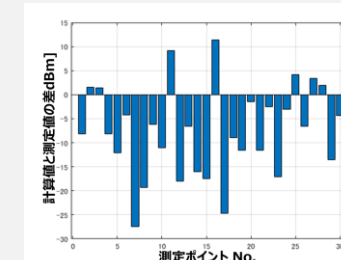
Remcom社のWireless InSiteを利用してレイトレースシミュレーションを実施。建物構造や壁面、ドアの材質素材（材質、厚さ）などの環境特性は環境パラメータとして設定

▼メタマテリアル反射板設置前（シミュレーション）



▼メタマテリアル反射板設置後（シミュレーション）

▼反射板設置後のシミュレーション値と実測値の比較



- 左記図はシミュレーション値と実測値の比較をメタマテリアル反射板設置時で実施
- 差分±6dB以内のポイントは10か所のみ(33%)
- 平均差分は9.9dBあり、特に遮蔽物を透過するポイントで乖離が生じている
- Traditional 勧告ITU-RP.2040から遮蔽材質毎の透過損を設定しているが、実態の透過損との差分がシミュレーションとの乖離要因と考察

評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

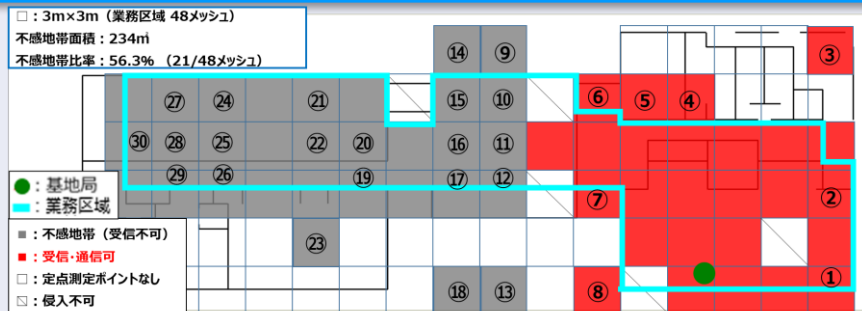
- エリア算出法では確認できなかった不感地帯がレイトレースシミュレーションでは確認できた
- レイトレースシミュレーション結果から不感地帯発生箇所の予測を立てられることが分かった
- 実測値と乖離が生まれるポイントは遮蔽物影響が大きいため、レイトレースシミュレーション時は環境情報を精緻に設定することで、実測値との差分を低減することが重要である

技術実証テーマⅡ エリア構築の柔軟化 (2/2)

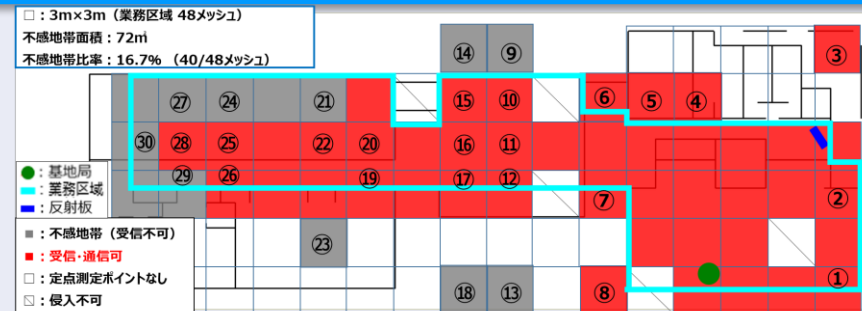
柔軟化の対象：☑不感地対策 ■他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ☑反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX ■その他

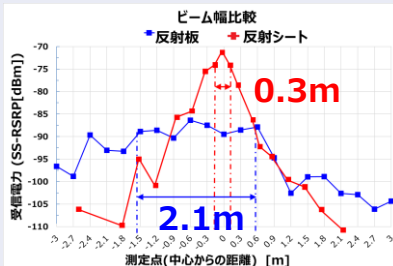
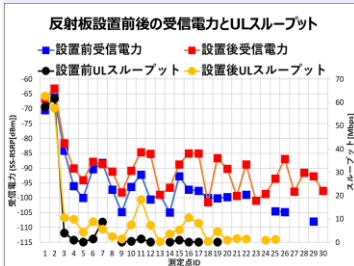
実証結果



業務区域に対する不感地帯 (不感セル) 面積: 56.3%



業務区域に対する不感地帯 (不感セル) 面積: 16.7%



※各グラフでプロットされていないポイントは受信不可

- メタマテリアル反射板により**不感地帯面積が56.3%から16.7%にエリア改善**
- ・メタマテリアル反射板の設計(離隔距離23mにおいてビーム幅3.6m)に対して、実測でのビーム幅は2.1mとなった
⇒反射板からの電波経路に遮蔽物が重なったことが要因と考察
- メタマテリアル反射板による受信電力、SINR、ULスループットの改善を確認
- ・**受信電力は平均+7.4dB、SINRは平均+1.4dB**の改善効果が得られた
- ・**ULスループットは平均+5.5Mbps**の改善効果が得られた
- 反射シートの改善効果を確認
- ・反射シートのビーム幅は0.3m、受信電力は平均+3.1dB改善
- ・ビーム幅は反射シートと比較してメタマテリアル反射板の方が広いいため、不感地帯をより多く解消するためにはメタマテリアル反射板が有効であることが分かった

実証成果

■得られた知見

- ・不感地帯解消に対する**メタマテリアル反射板の有効性**を明らかにし、反射シートの改善効果及び比較差分の結果を得た
- ・メタマテリアル反射板を利用する場合、不感地帯エリアまでの電波の経路上に遮蔽物が重ならないよう留意が必要
- ・反射シートはメタマテリアル反射板より改善範囲が狭いものの、フィルムタイプで設置の容易性が高く、狭いエリアの不感地帯に有効

■課題解決への貢献

- ・**受信電力: 平均+7.4dB、SINR: 平均+1.4dB、ULスループット: 平均+5.5Mbps**の改善を確認
- ・**メタマテリアル反射板による不感地帯の解消が可能**であり、本環境にメタマテリアル反射板は有効であることを示した

■シミュレーション精度向上への貢献

- ・エリア算出法では確認できなかった不感地帯がレイトレースシミュレーションでは確認できた
- ・詳細なレイアウトや構造物を考慮したうえで、不感地帯発生箇所を予測できる**レイトレースシミュレーションの有用性を確認**
- ・屋内×メタマテリアル反射板の設計について、不感地帯把握、エリア設計、反射板設置場所検討等のモデル化手法を示した

■今後の課題

- ・屋外で使用する場合等の環境が異なるケースでの検証や、メタマテリアル反射シートの検証が今後の課題
- ・環境に合わせてメタマテリアル反射板のビーム幅を異なる設計とした場合について、それぞれの改善効果を比較検討することが必要

写真



メタマテリアル反射板

反射シート

ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

本実証ソリューションの説明

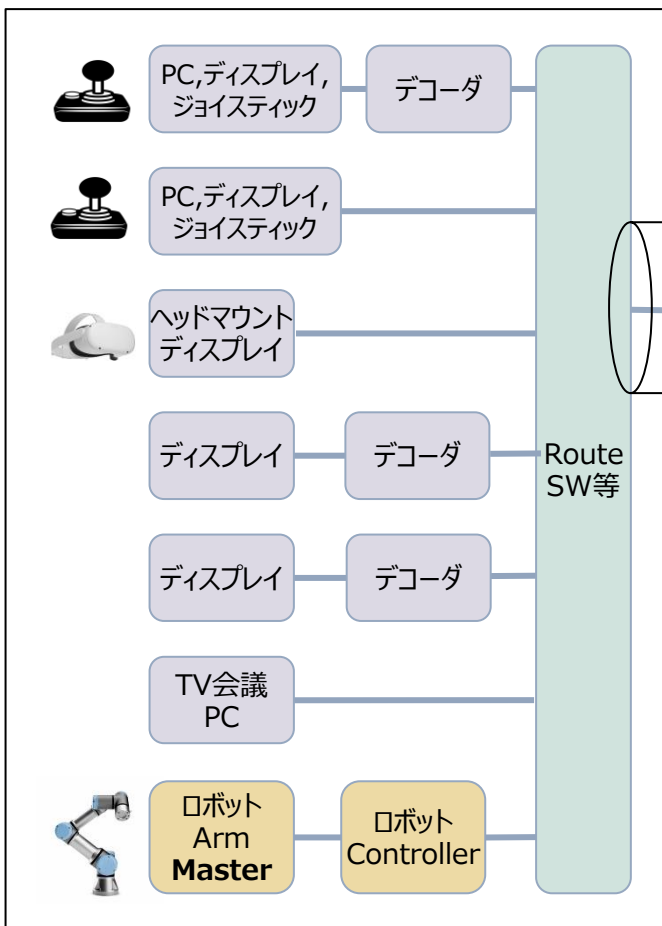
プレ診療システムは、遠隔診療において、医師に8K/4K映像などの高精細映像を低遅延で提供し、なおかつ、医師側の制御により患者を診察しやすい映像アングルを自由に操作可能とした本実証用のシステム。

リアルハプティクスシステムは、ロボットに力加減を感じる能力と力加減による制御を行う能力を与え、ロボットがモノの感触を感じながら力加減をすることを可能にする技術を利用したシステムで、本実証のシステムは、医師側/患者側の2台のロボットアームが動作・力触感ともにリアルタイム同調する特徴を有する。

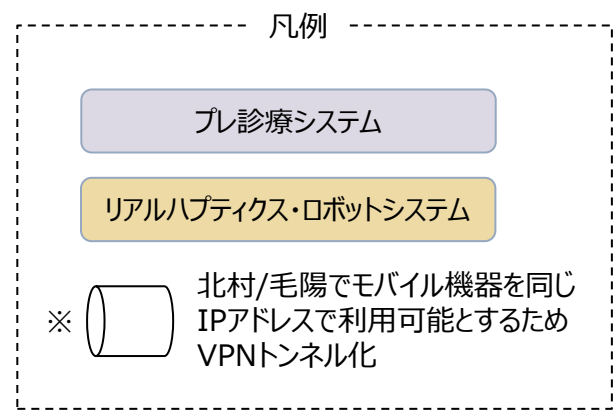
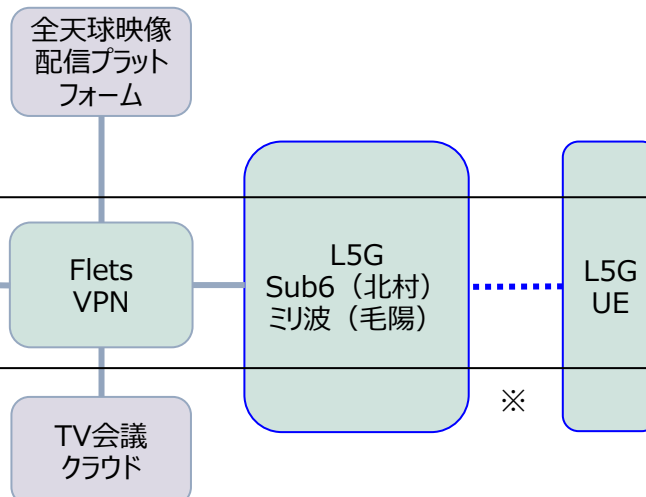
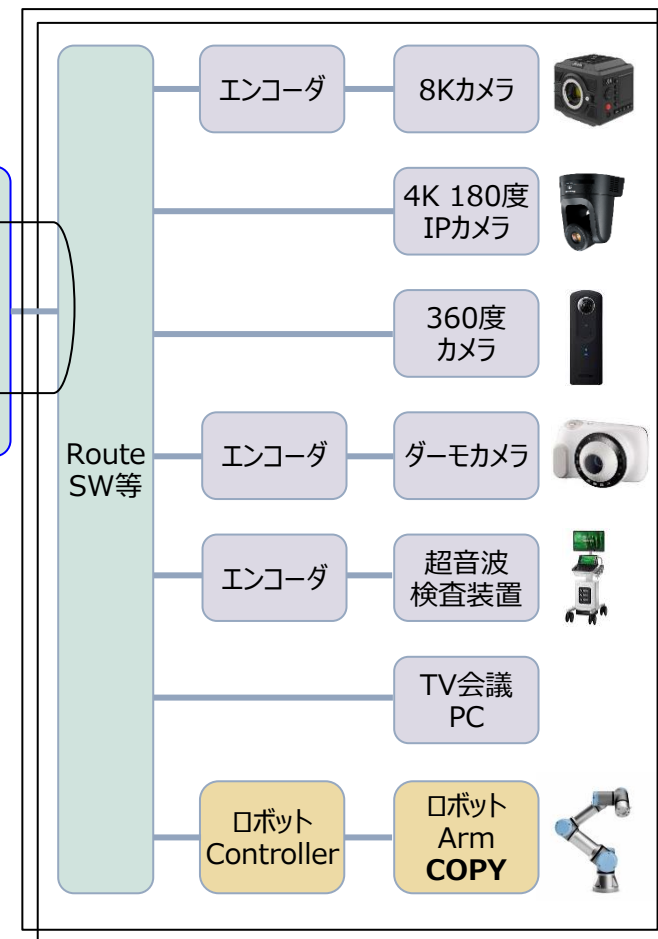
ソリューション名	システム構成		特長	実証目標・検証ポイント
プレ診療システム	1. 8K診療カメラ	1. 8Kカメラ 2. 8K画角切出し制御システム 3. 遠隔側ディスプレイ用PC	1. ジョイスティックによる画角指定と切出し表示機能 2. 低遅延の映像伝送 3. CBR(固定ビットレート)機能	1. 皮膚科シナリオでの高精細画像による患部確認 2. 映像遅延の計測 3. 安定した映像品質
	2. 4K俯瞰カメラ	1. 4K 180度IPカメラ 2. アングル遠隔制御システム 3. 遠隔側ディスプレイ用PC	1. アングル遠隔制御(パンチルド、ズーム) 2. 低遅延の映像伝送	1. 皮膚科シナリオでの高精細画像による患部確認 2. 映像遅延の計測
	3. 360度カメラ	1. 360度カメラ 2. 全天球映像配信プラットフォーム 3. 遠隔側ヘッドマウントディスプレイ	1. 360度全天球映像のリアルタイム配信 2. ヘッドマウントディスプレイの没入感	1. ヘッドマウントディスプレイ活用時の没入感の評価
	4. ダーモカメラ映像伝送	1. ダーモカメラ 2. エンコーダ/デコーダ 3. 遠隔側ディスプレイ	1. CBR(固定ビットレート)機能 2. 低遅延の映像伝送	1. 映像遅延の計測 2. 安定した映像品質
	5. エコー映像伝送	1. 超音波検査装置 2. エンコーダ/デコーダ 3. 遠隔側ディスプレイ	1. CBR(固定ビットレート)機能 2. 低遅延の映像伝送	1. 映像遅延の計測 2. 安定した映像品質
	5. TV会議システム	1. TV会議用PC(外付マイクスピーカー) 2. TV会議クラウドサービス	1. 企業向けクラウドTV会議サービス	1. 円滑なコミュニケーション
リアルハプティクスシステム	1. リアルハプティクスシステム	1. 協働ロボット×2台(マスター/コピー) 2. リアルハプティクス制御装置×2台 3. 遠隔操作用ロボット把持具(エコー/ダーモカメラ用、医師操作用)	1. リアルハプティクス力触感伝送 2. マスター/コピーで双方向に同期動作するロボット	1. 遠隔診療における触感伝送の有効性評価 2. 低遅延ネットワークでのロボットの安定操作 3. ロボット操作の習熟容易性

ネットワーク・システム構成(課題実証)

遠隔医師側



患者側 (モビリティ)



検証結果サマリ

ソリューション名	評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察及び対応策	
プレ診療システム	機能	<ol style="list-style-type: none"> 1. プレ診療システムのカメラ品質確保 2. プレ診療システムの遠隔制御機能の評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 映像劣化ノイズ・ロスない映像伝送 2. 遠隔制御の安定動作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. パケットロスなし 2. PTZ操作可能 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 2. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 8K/4K/エコー/ダーモカメラの映像伝送に固定帯域を割当て、映像遅延200~300msec 2. 操作NW遅延20±10msec
	運用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 医療機器接続等のシステム環境構築・運用 2. 皮膚科/産婦人科シナリオでの運用評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. システム起動までの短時間化 2. シナリオ変更時の構成変更作業の短時間化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 約10分 2. 約5分 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 2. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. カメラ位置・照明等の機器位置のフレームによる固定化。モビリティ到着から約10分でのシステム起動(1人運用時) 2. シナリオ変更時、約5分で起動(1人運用時)
	効果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 医療関係者による皮膚科/産婦人科シナリオでの官能試験 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各項目3.0/5.0以上の評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全項目で4.0以上の評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全項目で医療関係者から高評価を取得。コメントとしては「ロボット操作が重たく感じる」「ロボット操作範囲が限定されていた」など。今後、協働ロボットのモデル選定や軸のスムーズ動作性能改善で更なる向上を目指す
リアルハプティクスシステム	機能	<ol style="list-style-type: none"> 1. ロボットの遠隔操作の安定性 2. 力触感の有効性 3. ロボット操作の習熟性 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ロボット操作の安定動作 2. 触感有時にペン操作試験のミスが少ない 3. ペン操作試験で75%以上の人が10回以内に習得 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安定動作 2. ミス減少 3. 78% 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 2. ○ 3. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作NW遅延20±10msecで安定動作確認 2. 試験5回で触感有りが操作ミス少ないことを確認 3. 14/18人が10回以内に習得(平均5.4回)
	運用	<ol style="list-style-type: none"> 1. リアルハプティクスロボットシステム環境の構築・運用 2. 皮膚科/産婦人科シナリオでの運用評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. システム起動までの短時間化 2. シナリオ変更時の構成変更作業の短時間化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 約10分 2. 約10分 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 2. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ロボット初期位置登録による運用。モビリティ到着から約10分でのシステム起動(1人運用時、把持具取替5分を含む) 2. シナリオ変更時、約10分で起動(1人運用時、把持具取替5分を含む)
	効果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 医療関係者による皮膚科/産婦人科シナリオでの官能試験 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各項目3.0/5.0以上の評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全項目で4.0以上の評価 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ○ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全項目で医療関係者から高評価を取得。コメントとしては「ロボット操作が重たく感じる」「ロボット操作範囲が限定されていた」など。今後、協働ロボットのモデル選定や軸のスムーズ動作性能改善で更なる向上を目指す

検証結果の総評①プレ診療システム

医療従事者12名へのアンケート（1～5点評価の平均点/最低/最高点、自由記述意見）結果より、「プレ診療システム」を活用した遠隔診療の有効性を確認

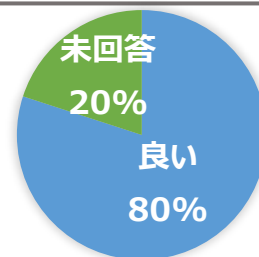
医師

遠隔側の8kカメラ映像の品質や操作感はいかがでしたか



看護師

医師側で行う映像切替えなどの指示に従い、現地側での看護師役等のサポートがスムーズに実施できましたか？



自由記述による意見の例（プラスマイナスともに一部抜粋）

プラス	<ul style="list-style-type: none"> ・ダーモカメラの映像が鮮明で、すばらしかった。肌の細部まで見えとても良かった、実際の診察でとても有効。 ・医師側とのやり取りはスムーズに意思疎通ができていた。TV会議画面や検査映像を一緒に見て医師と会話ができとても良い。医師の顔が画面越しに見えたので、医師とのコミュニケーションがスムーズに行うことができた。
マイナス	<ul style="list-style-type: none"> ・バスの中で、モニタ（医師との対話）や患者の対応、立ち位置（カメラ映り込み）など気にする箇所が多いので死角になるから注意する場所がわかると良い。 ・バス内のため、暖房をつけるときなどエンジン音などの騒音で医師の声（指示）が聞こえづらいことがあった。

患者データとして取得できる“情報量の違い”について、従来の「TV会議システムだけのオンライン診療」と、本実証の「+プレ診療システム」環境の比較を下表に整理

（本実証） TV会議システム+プレ診療システム	取得できる情報量の比較	（従来サービス） TV会議システムのみでのオンライン診断
◎（マルチアングルで確認可能）	患者の顔・表情・声	○（TV会議カメラ）
◎（診たい場所をズーム可能）	り患している患部周辺の外観・様子	△（患者が動く必要あり）
◎（診たい場所を選択可能）	身体を動かしたときの患部の様子・表情の変化	×
◎（検査機器のリアルタイム映像伝送）	検査機器に表示されるディスプレイ内容の共有	×
◎（マルチアングルで確認可能）	検査機器を使用した際の患者の様子	×

上記のようにオンライン診断時の“患者の情報量”が増えることで、受診（通院）不要の助言、り患の可能性のある疾患名の列挙、医薬品の使用に関する助言、心身への医学的助言といった、診察の品質向上に貢献することが可能と考えられる

検証結果の総評②リアルハプティクス・ロボットシステム

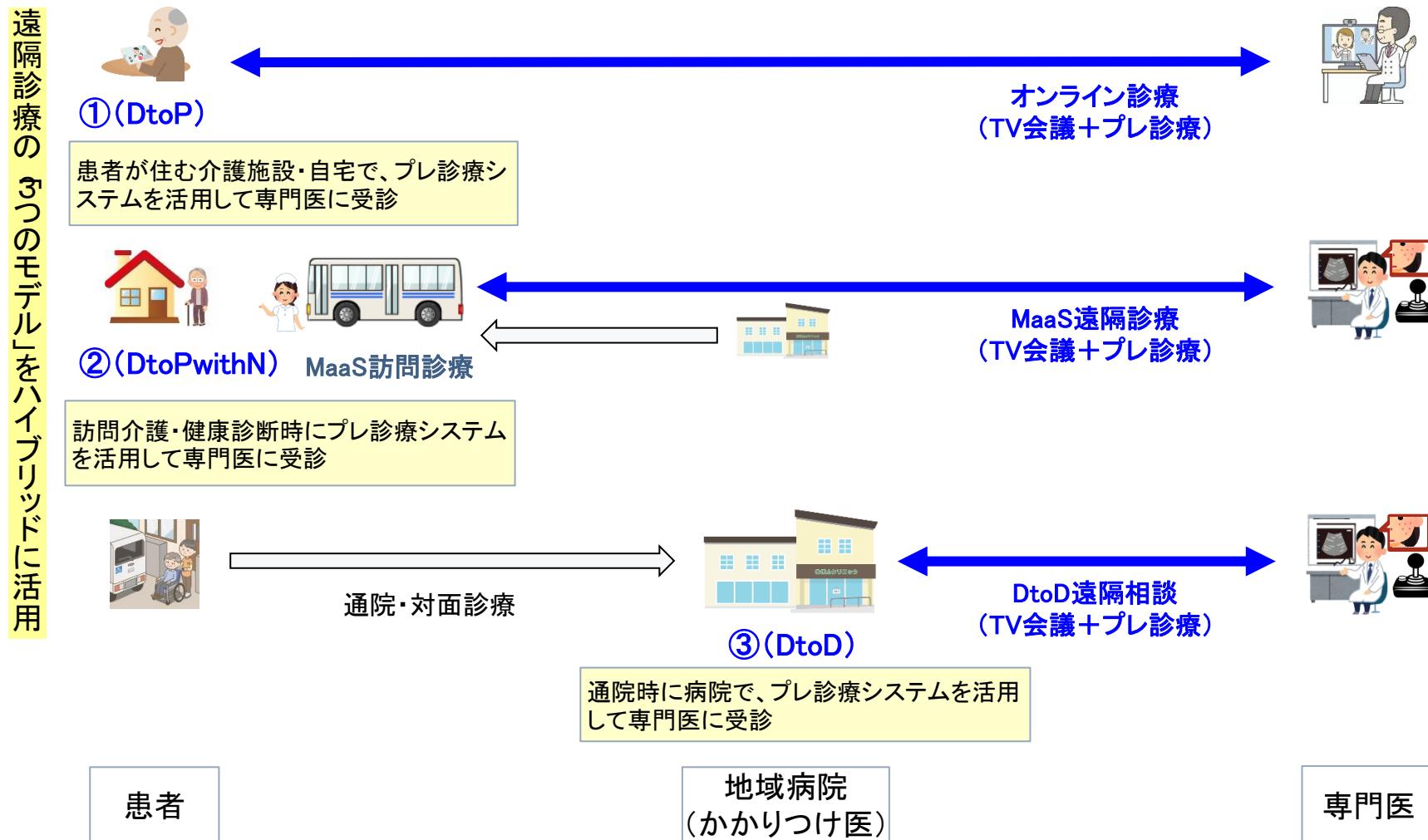
医療分野で用いられるロボットとしていわゆる手術ロボットがあるが、本実証で検証しているロボットは手術ロボットのようなミッションクリティカルなシチュエーションでの利用ではなく、一般的な診察や検査での幅広い利用を想定している。そこで、下表に手術ロボットに求められる機能・性能の違いを比較表で表すとともに、実証での検証結果の評価との関係性を示す。

リアルハプティクスシステムに関しては、医療分野における新たなロボット活用の可能性が感じられる検証結果が得られた。

検証結果の評価	本実証 (汎用的診療支援ロボット)	比較項目	手術ロボット (Hinotori)
	診療所/中核病院の診察室	利用場所	手術室
	プレ診療(映像)システムと マスター/コピーの協働ロボットを 高速回線で接続	システム構成	オペレーションユニット、サージョンコック ピット、ビジョンユニットを 超高速LANで接続
	汎用的な協働ロボットを活用可能	ベースロボット	専用開発の8軸アームロボット
操作検証で 有効性を確認	あり	力触感	無し
	数百万円～	導入コスト	1億円～
L5G遅延計測で 安定性を確認	50msec以下 (50,000μsec)	許される通信遅延	10μsec以下
操作検証で 実現性を確認	医師・看護師が10回程度の 操作トレーニングを行えば操作可能	操作者スキル・資格	専門のトレーニング施設で 認定を受けた外科医
	一般的な診察シーンや 検査機器の遠隔操作	利用シーン	内視鏡手術
操作検証で 実現性を確認	1cm程度	診療に求められる 操作の位置誤差	1mm以下

ローカル5G活用モデル(全体像)

ルーラルエリアにおける専門医不足の課題軽減に向けて、ローカル5Gを活用した遠隔診療の3つのモデル
 ①(DtoP)オンライン診療、②(DtoPwithN)MaaS遠隔診療、③(DtoD)遠隔相談をハイブリッドに組み合わせた
 新しい遠隔診療スタイルの確立を目指す。



ローカル5G活用モデルの実装課題の抽出及び解決策の検討

実装モデルと特徴		実装課題	解決策の検討
プレ診療システムの実装	① オンライン診療モデル	1. 患者/医療従事者の様々な無線環境(ローカル5G/キャリア5G/LTE/WiFi等)への対応や、ICT知識によらず使えるようにする改善 2. 訪問看護等を想定した、持ち運びポータビリティ性の高いソリューション構成への改善 3. 様々な診療科・医療機器へのリアルタイム映像伝送の対応 4. 販売数など規模の経済性追求による一層のコストダウン	1. 医療従事者と連携したソリューション企画・機器選定・ソリューション開発 2. 様々な診療科・医療機器でのリアルタイム映像伝送検証による被験データの取得・蓄積
	② MaaS遠隔診療モデル		
	③ DtoD遠隔相談モデル		
リアルハプティクスシステムの実装		1. 力触感伝送を含めた協働ロボットの操作性・触感性能の向上 2. ローカル5G低遅延環境以外での操作の安全性評価 3. ローカル5G低遅延環境での医療利用における安全性の確保と、膨大な被験データの取得・蓄積による薬機承認※の取得	1. 医療従事者と連携した、市販の協働ロボットの機器選定・評価・ソリューション開発 2. 様々な診療科・医療機器での被験データの取得・蓄積と、安全性リスクアセスメント検証・評価

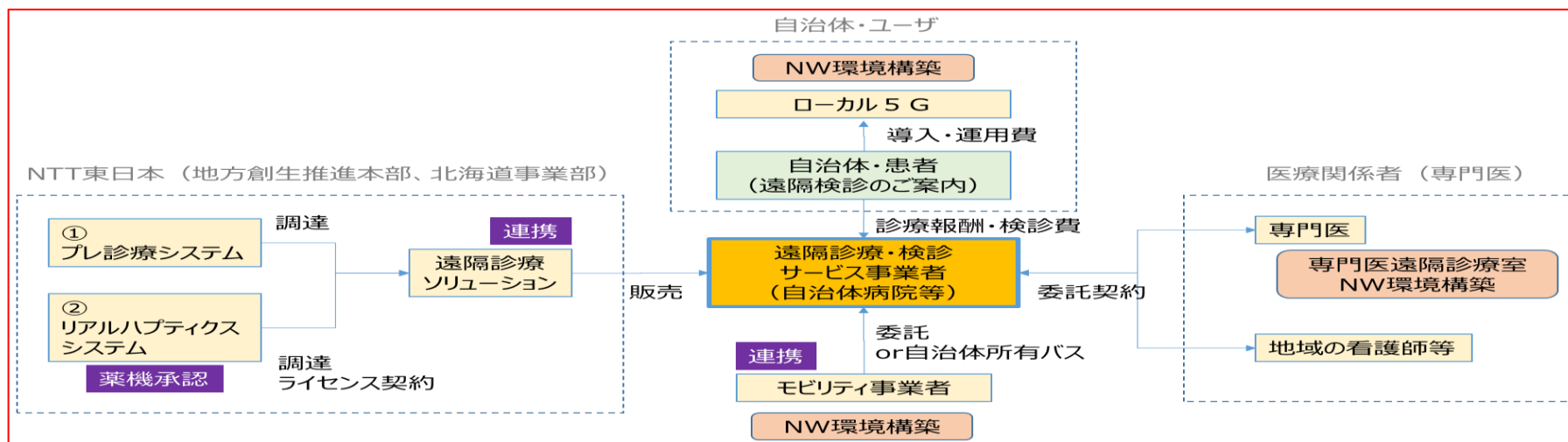
※ 薬機承認とは、「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（通称「薬機法」）における「薬機承認」

ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

①実装・普及展開シナリオ(目指すべき姿、現時点の課題(ミッシングピース)、将来像の実現に向けたシナリオ)

目指すべき姿	ローカル5G活用を活用した遠隔診療モデルを活用することで、ルーラルエリアにおける専門医不足の課題軽減を目指す (具体的アクション例): 訪問看護や健康診断時のオプションとして専門医の遠隔検診を実施
現時点の課題	(A) 本実証システムは、現下の国民皆保険制度において診療報酬として認められてない (B) リアルハプティクスシステムでの遠隔診療には、医療支援機器としての薬機承認が必要 (C) 遠隔検診サービスを提供する医療機関の持続可能なビジネスモデルの確立
普及シナリオ	① 本事業のローカル5Gシステム+ソリューション活用により様々なシチュエーション、患者等におけるデータの蓄積(北海道大学 産学・地域協働推進機構と連携し、NTT東日本が主体的に実施) ② 薬機承認の申請、関係行政機関の対応 ③ リアルハプティクスシステムの保守メンテナンス体制の確立をはじめとするソリューション提供者としてのビジネスプランの深掘り

②実装計画の実施にあたっての実施体制



ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

③実装計画・支出計画（NTT東日本の遠隔医療ソリューション販売の支出計画）

		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
実装計画	プレ診療システム	開発実証	課題対応			病院への横展開 コンソ内実装	
	リアルハプティクスシステム	開発実証	課題対応			病院への横展開 コンソ内実装	
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装				
収支計画 (千円)	(1)ユーザから得る対価	0	0	0	130,000	150,000	170,000
	(2)補助金・交付金	0	0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))	0	0	0	130,000	150,000	170,000
	(4)ネットワーク設置費	0	0	0	50,000	50,000	50,000
	(5)ネットワーク運用費	5,000	5,000	5,000	5,000	15,000	25,000
	(6)ソリューション購入費	0	0	0	55,000	65,000	75,000
	(7)ソリューション開発費	15,000	15,000	15,000	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	20,000	20,000	20,000	110,000	130,000	150,000
	(9)収支((3)-(8))	▲20,000	▲20,000	▲20,000	20,000	20,000	20,000
収入、支出の算定根拠	ソリューション販売計画： ・令和8年度以降、毎年1か所の自治体病院で新規実装が進むことを前提とする						

まとめ

まとめ

技術実証

- テーマⅠ 28GHz帯の建物侵入損Rや4.8GHz帯の補正值Sの精緻化を検討することで、ルーラルエリア施設の屋内外における電波伝搬モデルの精緻化を図る
- 【成果】・屋内(28GHz帯)：**R=35.4**、屋外(4.8GHz帯)：**S=13.1(郊外地相当)**を導出
 ・レイトレースシミュレーションでは遮蔽物や雪壁の伝搬損失のパラメータを調整し**実測値との平均差分は28GHz帯：7.0dB、4.8GHz帯：5.9dBまで改善**
 ・ルーラルエリア施設内(28GHz帯)における計7種類の遮蔽物前後にて受信電力を測定し、**透過損は1.4dB~17.1dBである**ことを実測値より明らかにした
- 【課題】・レイトレースシミュレーションの有用性を評価出来た一方で普及にはコスト・取り扱う技術面の課題があり普及に向けた支援体制の充足が望まれる
 ・より精緻な建物侵入損Rの算出には、様々な実証環境で遮蔽物の素材における透過損を明らかにすることが課題
 ・遮蔽物面積率とS値の相関性を示すため、様々な実証環境で遮蔽物の種類、面積率を割り出し比較することで補正值の精度向上が課題
- テーマⅡ メタマテリアル反射板により不感地帯の受信電力を改善し、メタマテリアル反射板設置時の有効性・注意点・エリア設計手法について取り纏める
- 【成果】・メタマテリアル反射板により、**不感地帯の面積率が56.3%から16.7%に改善**したことを確認、**メタマテリアル反射板を用いたカバーエリア設計が有効**
 ・詳細なレイアウトや構造物を考慮したうえで、不感地帯発生箇所を予測できる**レイトレースシミュレーションの有用性を確認**
- 【課題】・屋外で使用する場合等の環境が異なるケースでの検証や、メタマテリアル反射シートの検証が今後の課題
 ・環境に合わせてメタマテリアル反射板のビーム幅を異なる設計とした場合について、それぞれの改善効果を比較検討することが必要

課題実証

- ルーラルエリアの公共施設にローカル5G環境を構築し、地域モビリティ車内でローカル5G通信を活用した遠隔診療を実施。現地のかかりつけ医・看護師と遠隔拠点の専門医との間で、8K/4Kの高精細映像を伝送する“プレ診療システム”と超音波エコー装置などの医療機器の遠隔操作を触感伝送技術を用いたロボットで実現する“リアルハプティクスシステム”を活用することで、**より臨場感の高い遠隔診療を実現**した
- 【成果】・**プレ診療システムとリアルハプティクスシステム**は、医療従事者12名による官能試験において**満足度4.7/5.0点**（良い～悪いの5段階評価）を達成
 ・ネットワーク遅延20~30msec、映像伝送遅延200~300msecの環境において、**安定操作が可能**であることを確認
 ・リアルハプティクスのロボット操作習熟における力触感の有効性と、75%以上の人々が10回以内の操作練習で誤差±1cmレベルの操作を習得できることを確認
 ・医療従事者の意見として、プレ診療システムの映像品質（8k/4kや医療機器の映像伝送品質）は**大変満足であり、すぐにも活用可能と高評価**
- 【課題】・プレ診療システムについては、モビリティ車内診療時にエンジン動作音があるとTV会議システムの音声聞きづらいという課題があり、外部スピーカーで対策
 ・リアルハプティクスシステムは、「長時間使うとリアルハプティクスシステムの操作感が重く感じるので肘掛けのような操作補助椅子が欲しい」や、「ロボットアームの可動域が大きい協働ロボットの上位モデルでも評価したい」などの意見対応が今後の課題

実装・普及展開

- 【活用モデル】
- 本実証成果の実装・普及展開に向けて、①DtoPオンライン診療モデル、②DtoDwithN訪問看護の連携モデル、③DtoD病院間の遠隔相談からなる3つのモデルをハイブリッドに活用することを想定
 - サービス例として、訪問看護サービスとの連携、健康診断のオプションサービスでの提供などを計画
- 【課題】
- 本実証成果の実装に向けては、訪問看護と連携したDtoDwithNや、病院間でのDtoD診療など、**複数の遠隔診療モデルのビジネス面での有効性検証**が必要
 - リアルハプティクスシステム遠隔医療支援ロボットとしての**薬機承認**の取得
- 【普及シナリオ】
- 本実証システムは、現下の国民皆保険制度において診療報酬として認められてないシステムであることから、令和5年度以降、東日本電信電話が中心となり道内医療機関へのデモンストレーションを実施しつつ、東日本電信電話・岩見沢市・北海道大学の体制で岩見沢市エリアなどで**医療機関と連携し導入に向けた意見交換を進める**ことで**ビジネスプランの深堀**を進める。また、リアルハプティクスシステムは、患者等の体に直接接触するソリューションであることから、いわゆる「薬機承認」が必要なため、令和7年度までに**被験データの取得・蓄積と関係行政機関への対応**を行い薬機承認を得て、**ソリューション提供・展開を行う**