令和3年度
課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証
共生社会を見据えた障がい者スポーツにおけるリモートコーチングの実現

成果報告書概要版

令和4年3月25日

株式会社電通九州

アジェンダ

- 実証概要 ・・・・・・・2 ページ
- 実証環境の構築 ・・・・・・・5ページ
- 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） ・・・・・・・12ページ
- ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討（課題実証） ・・・・・・・19ページ
- まとめ ・・・・・・・31ページ

実証概要

背景・目的

■ 地域概要

対象地域となった田川市は、福岡県の中央部に位置する市である。先導的共生社会ホストタウン（令和元年・内閣官房認定）として、障害の有無や国籍などに関わらず誰もが社会参加できる共生社会の実現、障がい者スポーツの普及促進を図ることを目指している。

また、田川市は東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会におけるホストタウン招致を契機に、市内の体育館を完全バリアフリー化にするとともに、隣接地に合宿施設の整備を行っている。

■ 課題と目的

障がい者スポーツ普及には、施設の充実化以外に、コーチングに関する大きな課題が存在する。

その課題に対して、ローカル5Gを活用したソリューション開発を行い、将来的なまちづくりに繋げていく。

【課題】

- ●コロナ禍で対面指導を行うことがが難しい
- ●障がい者スポーツの指導者が不足している
- ●障がい者の目線に即して指導ができるサポート機器がない等

【導入機能】

- AI・xR技術による多視点リモートコーチング
- VRミーティング技術
- VRコーチング技術

【実証事業】

- 車いすラグビー リモートコーチング
- 車いすテニス リモートコーチング
- コーチングにおける精度を検証

【将来像】

- 障がい者の社会参加度を高める機会へ
- **障がい者の新たな交流・出会い・発見・学びの場へ**
- 障がい者スポーツのスキル向上拠点へ

実証概要

実証事業は「車いすラグビー」と「車いすテニス」を対象にリモートコーチングの可能性について検証した。具体的には、選手がいる会場（＝田川市総合体育館）と遠隔地の指導者【福岡県スポーツ振興センター（アクシオン福岡）】とで、以下の2つの内容の検証を行った。

①練習試合形式におけるリモートコーチングの実現可能性検証

多視点カメラ等を設置し遠隔地から全体を俯瞰しながら指導

②個別練習の指導、各自のスキル向上に資する導入システムの有効性の検証

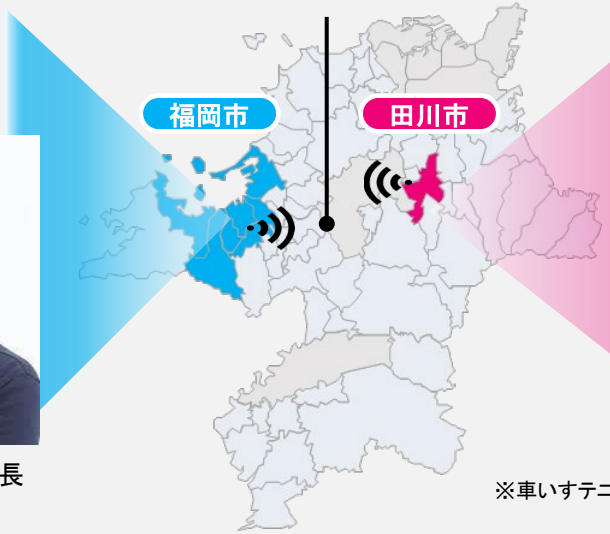
VRミーティングやAI姿勢推定システムを活用しながら、リモートコーチングの精度、自己練習での各競技者が抱える個々の課題に対する理解度や納得度等を向上。

	実施日	実施競技	選手人数	コーチ人数
第１回実証	2021 年 12 月 24 日	車いすラグビー	5 名	1 名
第２回実証	2022 年 2 月 11 日	車いすテニス	2 名	2 名
	2022 年 2 月 12 日	車いすラグビー	4 名	1 名

両会場を繋ぎリモートコーチングを実施

▼アクシオン福岡

コーチ　三阪 洋行 氏 ▶
日本パラリンピック委員会アスリート委員会委員長
車いすラグビー元日本代表



▼田川市総合体育館

▼選手　Fukuoka Dandelion

※車いすテニスの実証は、田川市総合体育館とNTTドコモ北九州支店で回線を繋いで行った。

実証環境の構築

実証環境の構築＿実施環境

実施環境

田川市総合体育館 大体育室（南北方向に約37m、東西方向に約57m）のアリーナに対し、指向性パターンを持つRU（基地局アンテナ）を設置した。

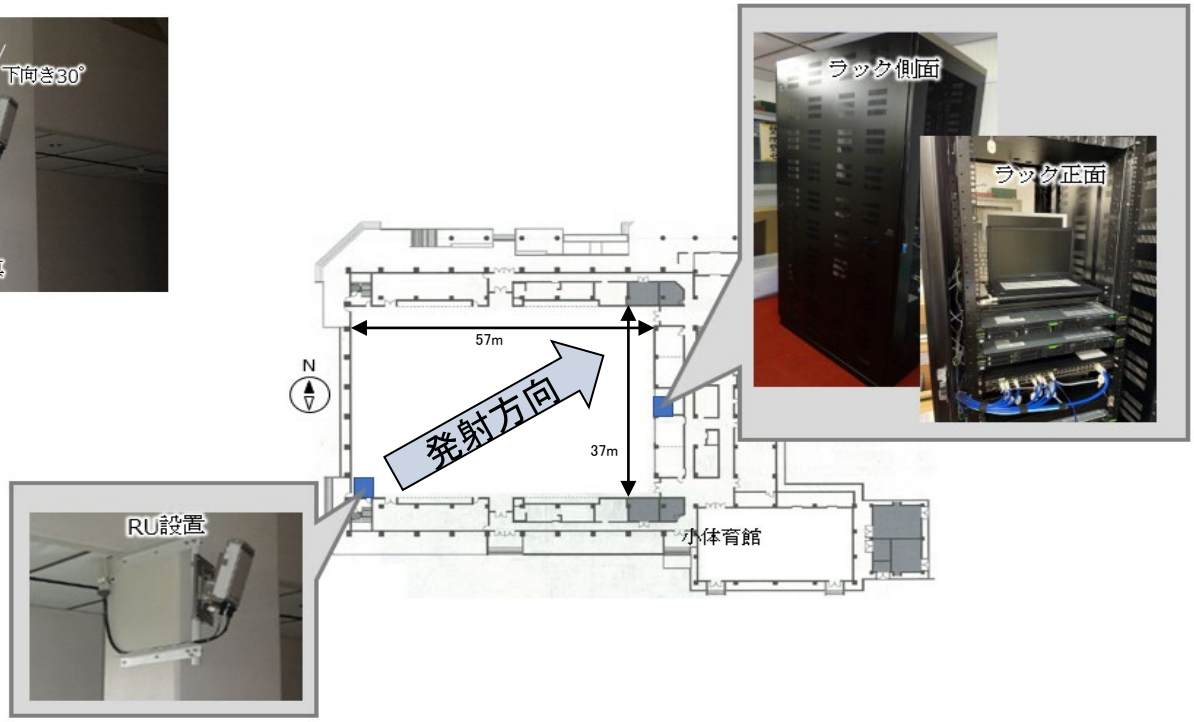
田川市総合体育館の大体育室の南西柱に、競技エリア方向に指向性ビームを向けて、体育館外の漏洩に配慮しつつ、以下の条件になるよう、地上高：7m 、RUチルト角度：下向き30° に設置した。

条件①：1階競技エリアのセンター付近で良好な無線環境が得られること

条件②：条件①を満たす範囲で、2F観覧エリアで可能な限り無線環境が得られること

＜RU設置位置の様子＞

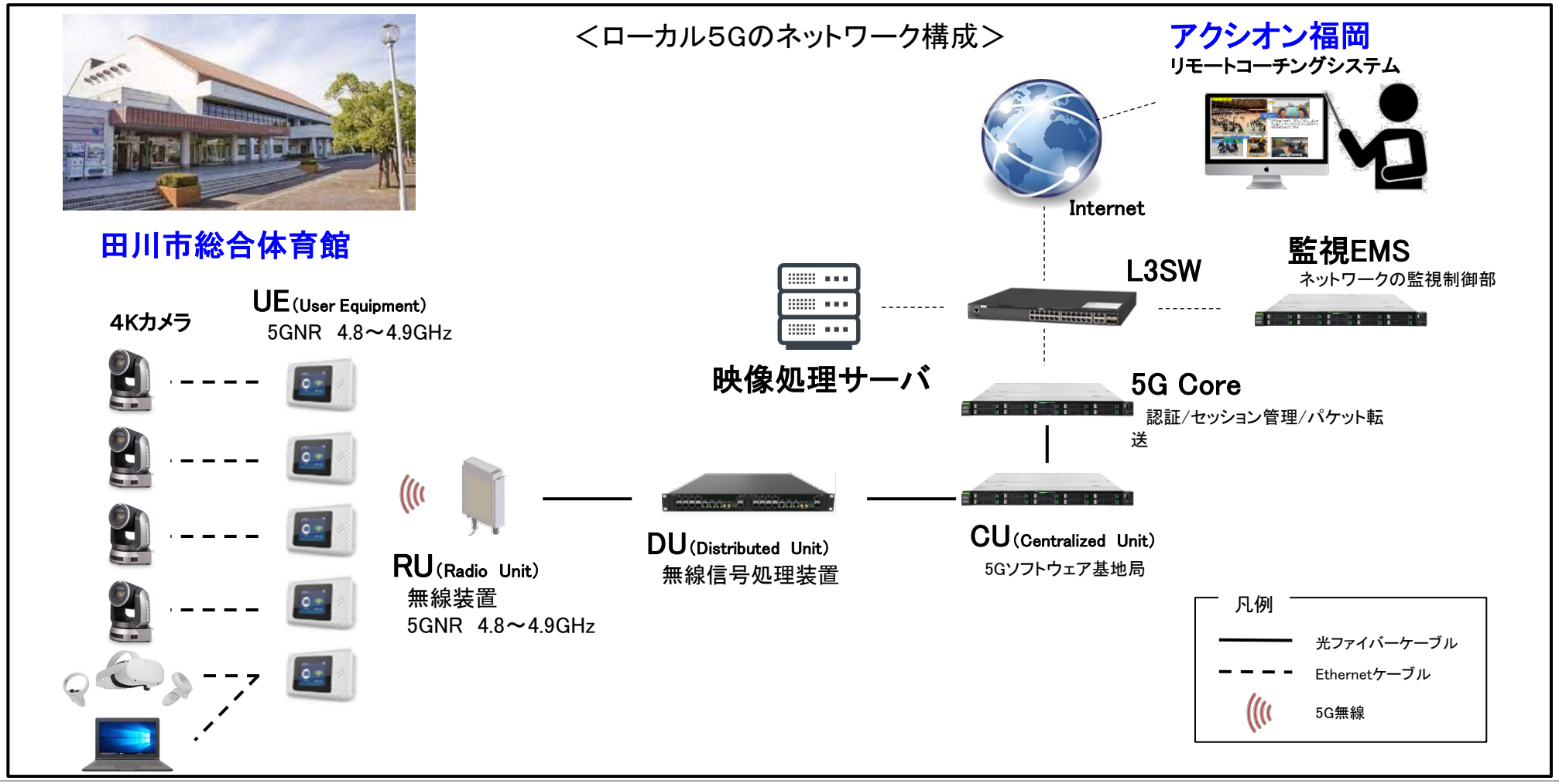
＜ローカル5Gシステムの様子及びエリアカバレッジ＞



実証環境の構築＿ネットワーク･システム構成

ネットワーク･システム構成

4KカメラやVR等の機器はUEと接続し、ローカル5Gネットワークに参加する構成で構築されている。



実証環境の構築＿システム機能

アプリケーションの機能

■ 次世代リモートコーチングシステム

4K高精細カメラ・高フレームカメラで取得した動画データを遠地のコーチと共有する。
カメラ画像は4K/60fps H265形式圧縮で、一台当たり20Mbps　計4台で80Mbpsのアップリンクが必要となる。
また全体的なトータル遅延として1200msec以下が目標値となる。
体育館に4台の高精画カメラを設置し、練習風景を様々な角度から撮影を行った。カメラは遠隔地から操作可能で、
競技者のプレーをあらゆる角度からの追跡を可能とした。

■ VRコーチングを活用したリモートコーチングシステム

VR技術を活用し、現地とのリモートコーチングを実施する。
二人羽織のような重なり合う形での表現も可能で、細かな指先の動きなど、
向かい合った状態ではイメージしづらい動作も容易に伝達できるメリットがある。
本取り組みでは、ローカル5Gと融合、遠隔コーチングに適用し、その効果を検証した。

■ 姿勢推定システムを用いたプレー分析

ローカル5G環境で撮影された4K映像などの高精細かつフレームレートの高い映像情報を基にAI技術によって、
筋・関節力・代謝など、人体の各部に作用する力を分析し、
試合中やトレーニング中の障がい者スポーツ選手を撮影、分析し、コーチングに活用、選手の技量向上を図った。

本実証で使用するローカル5Gシステムにおけるスループット理論値

DLスループット	ULスループット	条件
1.7Gbps	0.2Gbps	・帯域幅100MHz ・TDDスロット比率　D:U:S=7:2:1 ・MIMOレイヤ数 DL:4、UL:2 ・256QAM（DL/ULとも）

実証環境の構築＿システム性能・要件

システム性能・要件

アプリケーションの要件及び性能は以下の通り。

＜低遅延性能評価（映像信号）＞

評価・検証対象処理	内容	評価・検証方法
映像圧縮処理	エンコーダーによる映像圧縮	伝送解像度／fps 伝送フォーマット 設定ビットレート （ビットレート幅、 CBR/VBR、平均値） エンコード処理 （300ms以下）
回線伝送 （ローカル5G区間）	ローカル5Gアップリンク通信	伝送遅延 （50ms以下）
映像変換・蓄積処理	マルチカメラ映像変換	変換フォーマット 変換処理遅延 （500ms以下）
回線伝送 （インターネット区間）	インターネット区間通信	伝送遅延 （50ms以下）
映像展開処理	デコーダーによる映像展開	デコード処理時間 （800ms以下）
		トータル遅延時間 エラー率 （パススルー接続時1200ms目標）

実証環境の構築＿ローカル5Gネットワーク

ローカル5Gシステムの基地局

ローカル5Gシステム（基地局）の概要は以下の通り。

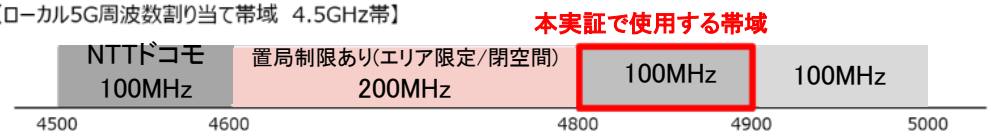
	PW-320-DU PW331-48L4A-SRU
製造ベンダ	富士通
台数	1台
設置場所（屋内/屋外）	屋内
同期/準同期	同期
UL：DL比率	1:4
周波数帯	4.8-4.9GHz
SA/NSA	SA
UL周波数	4.8-4.9GHz
DL周波数	
UL帯域幅	100MHz
DL帯域幅	
UL中心周波数	4.85GHz
DL中心周波数	
UL変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
DL変調方式	
MIMO	DL:4Layer UL:2Layer

免許種別

総務省九州総合通信局へ干渉調整不要の旨確認を行い、無線局免許（実験局免許）申請を実施した。
本年度の開発実証の成果も踏まえ、来年度以降の運用に向けて、商用局免許への切り替えを検討中である。

免許人	田川市
帯域	4.7GHz帯システム （4.8～4.9GH帯）
免許種別	実験局免許
免許番号	九実第3092号 （RU 1台） 九実第3093号～3097号 （UE 5台）
免許の年月日	令和 3年 11月 25日
免許の有効期限	令和 4年 12月 6日まで

【ローカル5G周波数割り当て帯域 4.5GHz帯】



その他要件

■ 認定設備

①認定開発供給事業者名：富士通株式会社

②開発供給計画認定番号： 2021開1総経第0002号－1

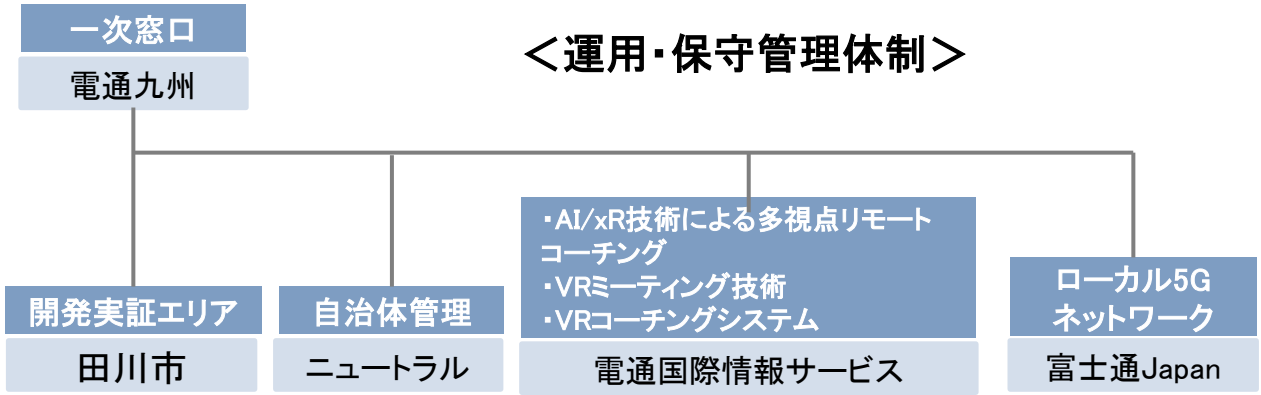
③認定日：令和3年3月15日

実証環境の構築＿実証環境の運用

実証環境の運用

■ 実証期間中の運用体制図

＜運用・保守管理体制＞



■ 実証期間中に見つかった課題と対応

課題

・選手（田川市総合体育館）と遠隔地の指導者（アクシオン福岡）を繋ぐためにローカル5G環境を整え「車いすラグビー」を対象に検証を実施した第1回実証において、動画が滑らかに表示されず、映像の乱れや停止が発生した。

対応

・L5Gシステムにトラフィック印加し、事象再現と原因分析を行った。
L5G基地局においてファームアップデートを実施し、UL送信遅延の改善を図った。

・映像の乱れを解決するため、アプリケーションでの原因分析を行い、チューニングを実施することで改善を図った。

結果

・第1回実証に「車いすテニス」を対象として加え、第2回実証において、
上記対応により、映像が乱れる現象の発生頻度は遠隔コーチングが実用可能な状態にまで改善した。

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＿技術的課題

技術実証の目的及び課題

■ 目的

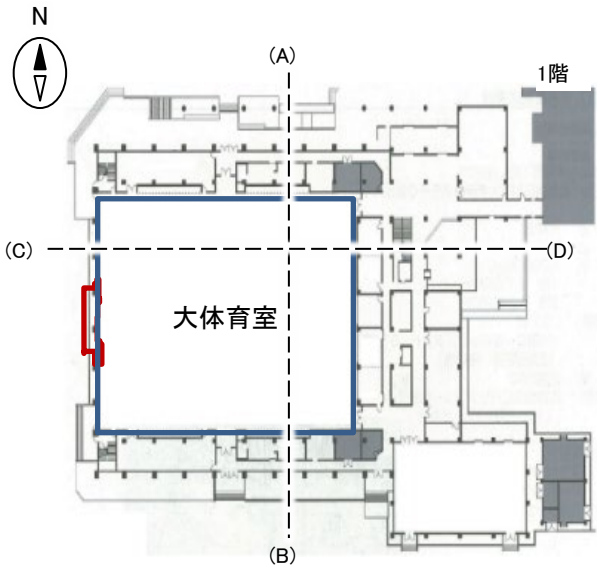
一般的な体育館構造を想定した電波伝搬の精緻化

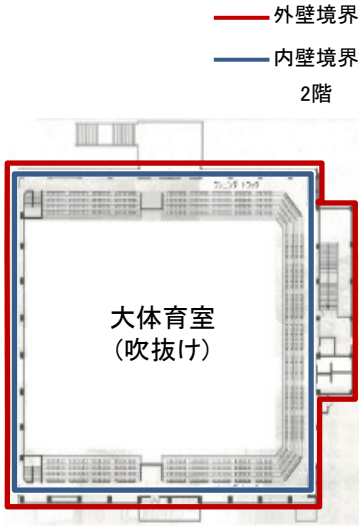
■ 技術的課題

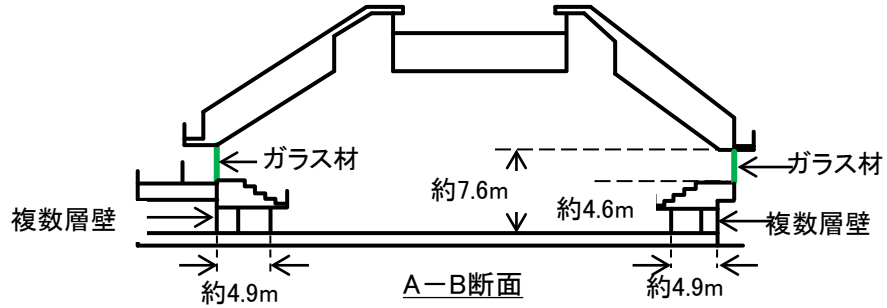
課題① 田川市総合体育館が、水平方向への多様な電波伝搬が推測されるような環境である点

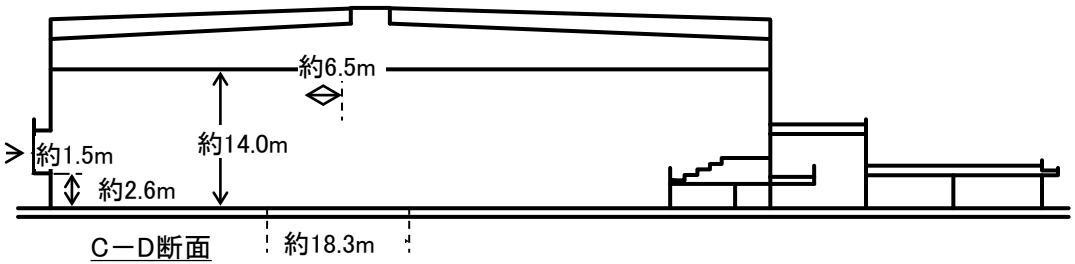
⇒標準的な壁面、複数層の壁・空間を介した建屋構造や、ガラス材を介す壁面など複数の条件が混在する建屋構造

課題② 現存するエリア算出法は、複数の条件が混在する屋内環境への適用には検証不足である点









技術実証＿測定器一式

測定に使用した機器

エリアテスタアンテナ

UE

iPerfクライアント

iPerf(iPerf2)
回線負荷試験を行うためのソフトウェアツール

Nemo Outdoor

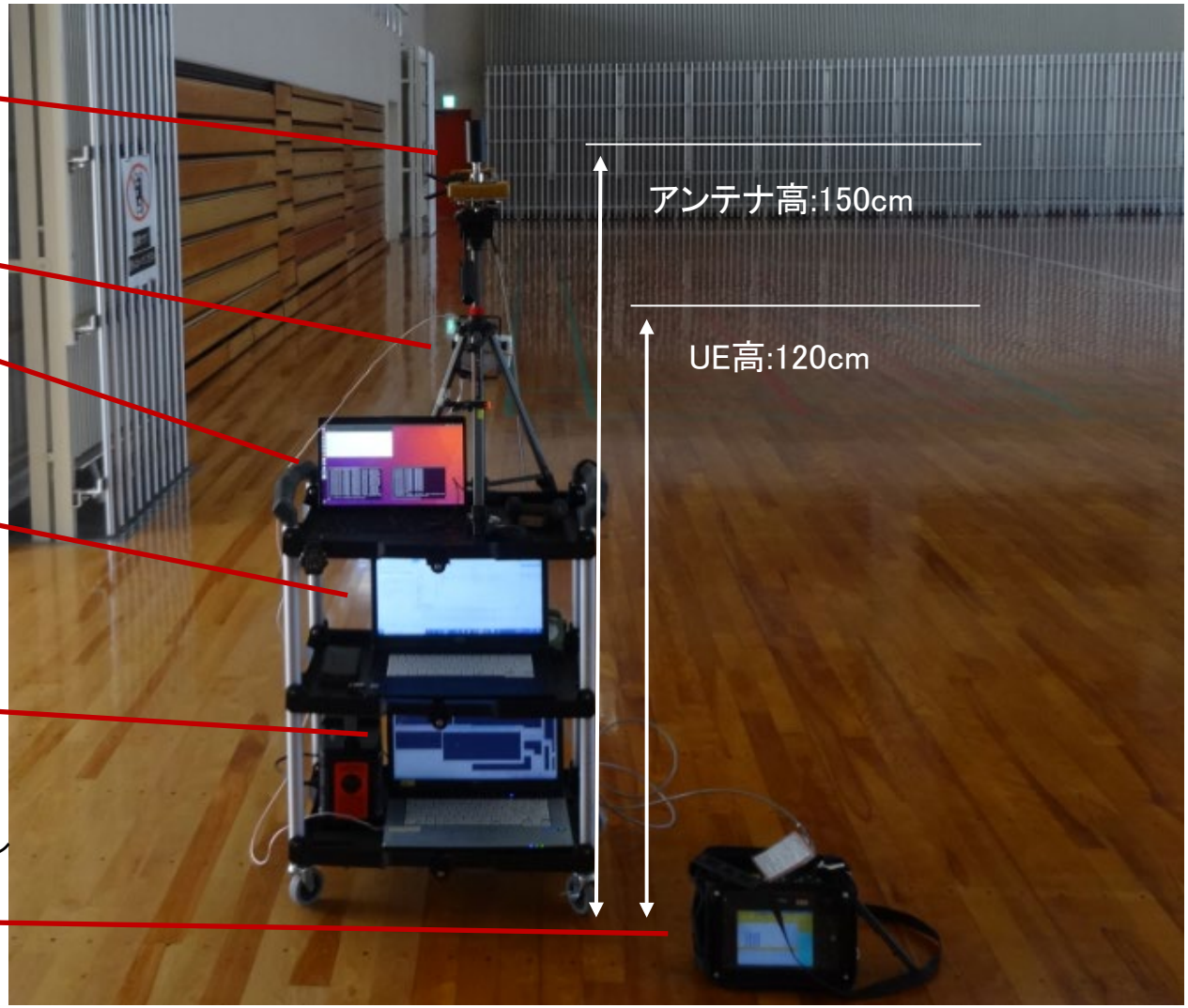
Nemo Outdoor
UEのステートモニタリングを行うため
キーサイト・テクノロジー社製ソフトウェアツール

QXDM

QXDM
UEのステートモニタリングを行い、
無線区間の遅延を測定するためのソフトウェアツール

エリアテスタ本体

アンリツ社エリアテスターML8780A
電界強度を測定するためのハードウェアツール



技術実証＿実証内容及び結果

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■ エリア算出法の閾値の検証

方法
・エリア端位置（カバーエリア：12地点、干渉調整対象区域：12地点）に相当する測定地点を選定した。
・評価指標としてSS-RSRP[dBm]を測定した。

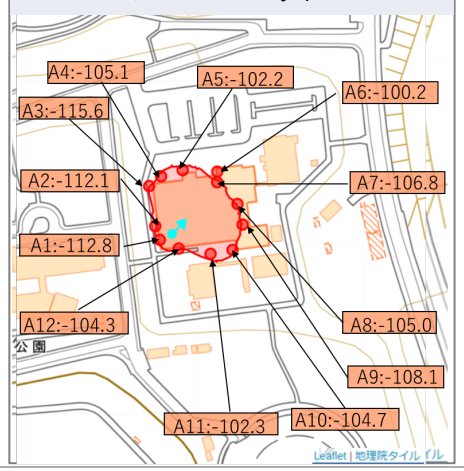
評価指標	算出法上の受信電力の閾値	SS-RSRPに換算した値
カバーエリア	−84.6 dBm	−119.8 dBm
調整対象区域	−91 dBm	−126.2 dBm

・測定地点あたり合計1050サンプル以上の測定結果を取得した。

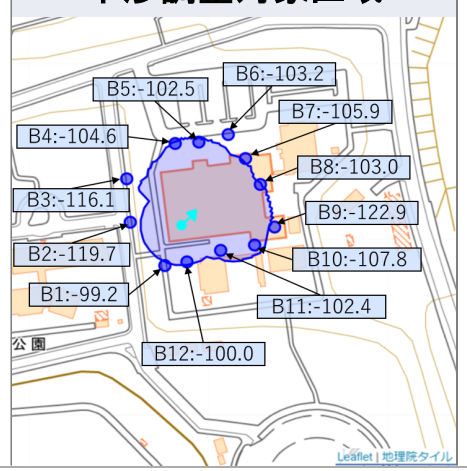
結果
・実測値と各エリア端に相当する閾値が3dB以上異なっていたため、実測値が得られた地点の周辺を移動し、閾値が得られる地点の位置を確認した。

＜エリア端に相当する測定地点と閾値＞

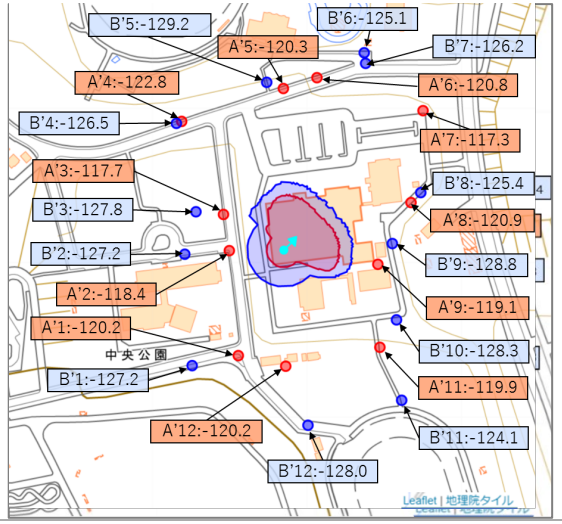
カバーエリア



干渉調整対象区域



＜閾値が得られる測定地点＞



技術実証＿実証内容及び結果

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■ カバーエリア内のローカル5G性能評価

方法
・カバーエリアとなる自己土地内について測定地点(21地点)を選定した。
・受信電力およびスループット、遅延時間を測定した。
・測定地点あたり合計1050サンプル以上の測定結果を取得した。

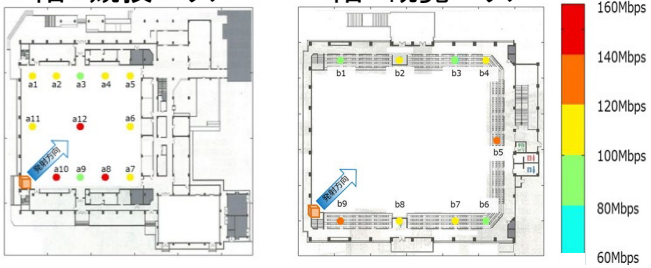
結果
・カバーエリア内のスループット、遅延時間の測定値を示した以下のプロット図の通り、測定地点にて各課題実証システムで求められる所要性能を満たした。

＜ローカル5Gの所要性能＞

	映像伝送	Web会議	総合性能要件
上りスループット	80Mbps	ローカル5G区間なし	80Mbps
端末-コアネットワーク間の伝送遅延時間	100msec（上り下り往復）全体1200msec	ローカル5G区間なし	100msec（上り下り往復）

＜TCP(上)/UDP(下)のULスループット＞

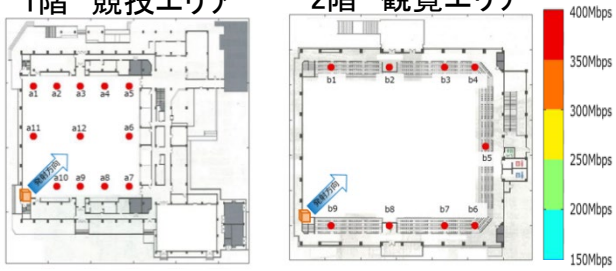
1階　競技エリア　2階　観覧エリア



1階　競技エリア　2階　観覧エリア

＜TCP(上)/UDP(下)のDLスループット＞

1階　競技エリア　2階　観覧エリア



1階　競技エリア　2階　観覧エリア

技術実証＿実証内容及び結果

電波伝搬モデルの精緻化

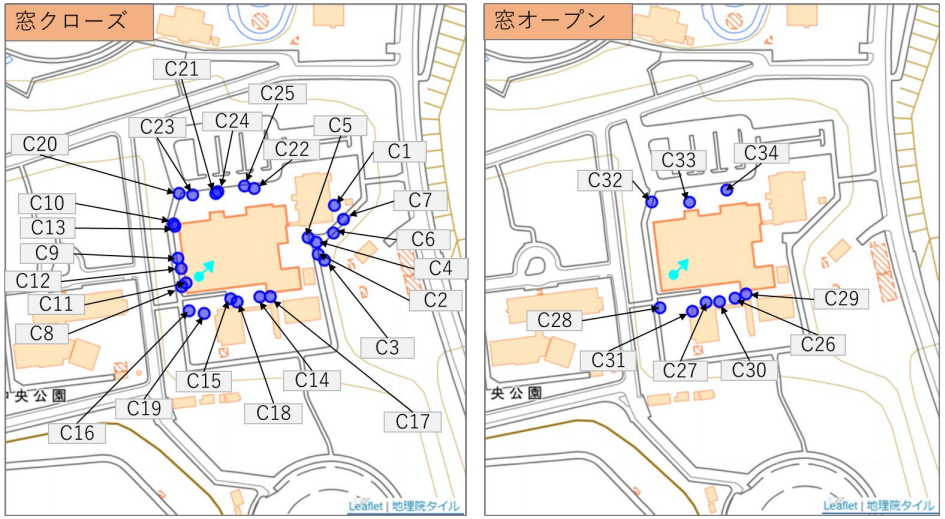
■ 中規模スポーツ会場の電波伝搬の精緻化

- 田川市総合体育館の構造的特徴を踏まえ、東西南北でパラメータRが異なると推測し、以下の仮説を設定
  0＜R北＜R南＜R西＜R東＜16.2（もしくは0＜R北＜R南＜R西＜16.2＜R東、0＜R北＜R南＜16.2＜R西＜R東）
- 上記仮説を検証するために、以下図の測定地点(32地点)にてSS-RSRPを測定
- 実測値とエリア算出法で得られるSS-RSRPを用いて最小二乗法にてRを精緻化した結果を以下表に記載
  但し、R南、R北の関係性については指向性ビームの水平放射角によっては逆となる可能性有

■ 考察

- 東壁面に関して、外壁が主にコンクリートであり内壁が多数あるため、代表値よりも大きな値となった。
- 西壁面に関して、外壁が主にコンクリートであり内壁はないものの、壁面以外の障害物があるため、代表値よりすこし小さい値となった。
- 南壁面に関して、外壁が主にガラスであり内壁が数枚程度のため、代表値よりも小さな値となった。
  また、測定地点にLOS環境が存在しているため、北壁面よりも小さな値となった。
- 北壁面に関して、外壁が主にガラスであり内壁が数枚程度のため、代表値よりも小さな値となった。

＜精緻化に向けた測定地点(32地点)＞



＜精緻化したR値＞

周波数帯	壁面	外壁材質	厚さ	面積率	内壁の有無	R	
						窓開	窓閉
4.8GHz～4.9GHz	代表値	–				16.2	
	東壁	コンクリート ガラス	15cm 0.4cm	85% 15%	5枚程度有	22.4	
	西壁	コンクリート ガラス	15cm 0.4cm	95% 5%	無	15.6	
	南壁	コンクリート ガラス	15cm 0.4cm	40% 60%	2枚程度有	5.5	8.2
	北壁	コンクリート ガラス	15cm 0.4cm	40% 60%	2枚程度有	7.9	9.6

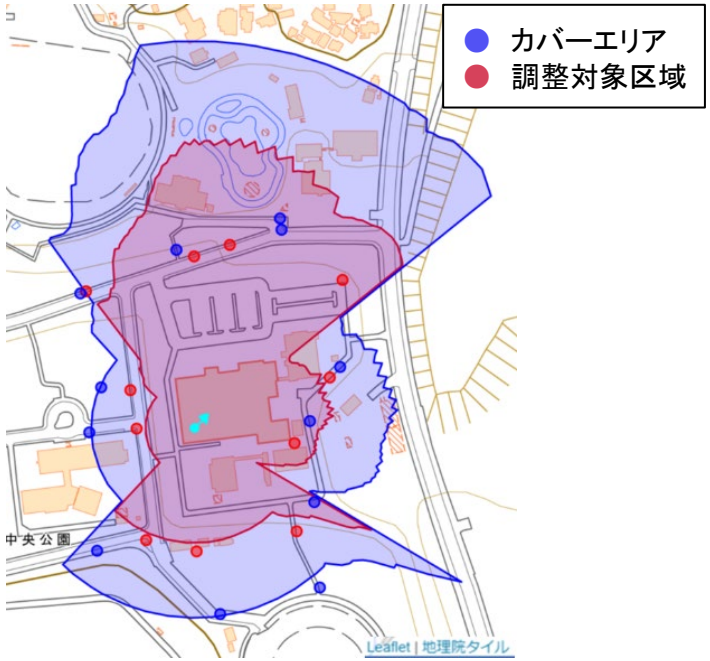
技術実証＿実証内容及び結果

電波伝搬モデルの精緻化

■ 中規模スポーツ会場の電波伝搬の精緻化

- 精緻化したRを使用した際のエリア算出法で
  カバーエリアおよび調整対象区域の閾値となる地点と実測で
  カバーエリア、調整対象区域の閾値となる地点の図（精緻化したR値を使用）
  を本ページの右側に記載

＜精緻化したR値を使用＞



■ 考察

- 東壁面に関して、一部建物の陰の影響のため損失が大きくなっているが、
  概ね差が小さい結果となった。
- 西壁面に関して、概ね差が小さい結果となった。
- 南壁面に関して、一部建物の陰の影響のため損失が大きくなっているが、
  概ね差が小さい結果となった。
- 北壁面に関して、一部下り傾斜の影響のため損失が大きくなっている。
  それ以外の測定地点では概ね差が小さい結果となった。

■ 結論

- 各壁面のRが代表値と異なる値となる主な要因としては、内壁数や外壁の構成差異であり、特に南北壁面は2階がほぼガラスで構成されているということもあり、代表値であるR=16.2を使用すると試算以上に電波が飛んでしまうことが分かった。
  そのため、R値は一定の値を適用するのではなく、壁面の構成（窓有無）を考慮する必要がある。

ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討
（課題実証）

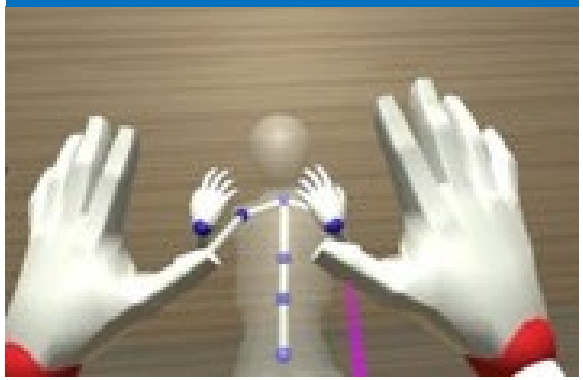
実証概要

田川市体育館とアクシオン福岡をリモートで繋ぎ、以下の6つのソリューションの実証を行った。

多視点映像

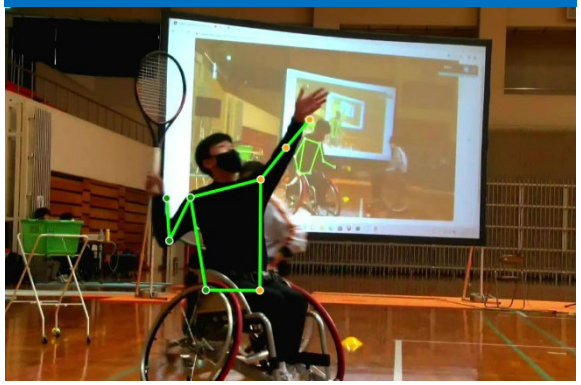
実証目標：映像を通したリアルタイム指導

VRコーチング



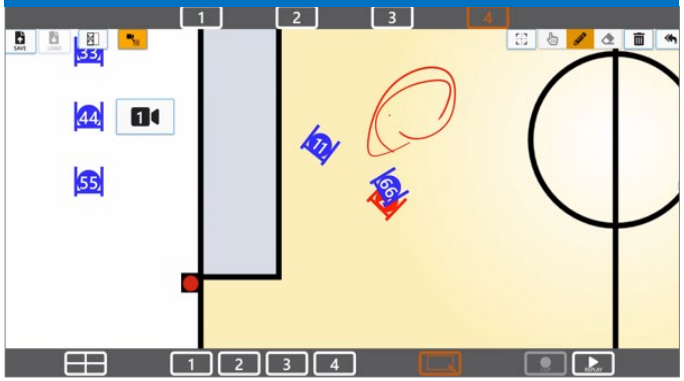
実証目標：VR空間と身体動作のシェアによる指導

AI姿勢推定



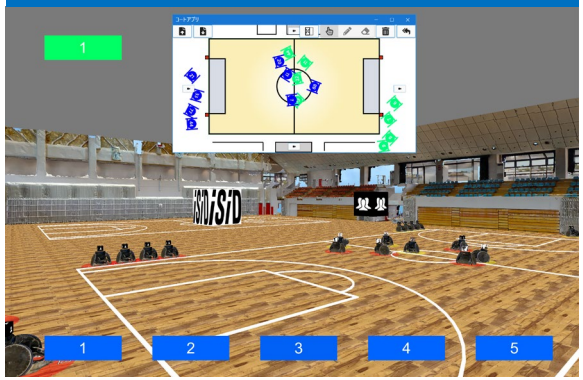
実証目標：身体の使い方の効率的な把握

ホワイトボード



実証目標：視覚によるな双方向コミュニケーションの実現

VRミーティング



実証目標：VR空間における戦略指導と2D×3D連動

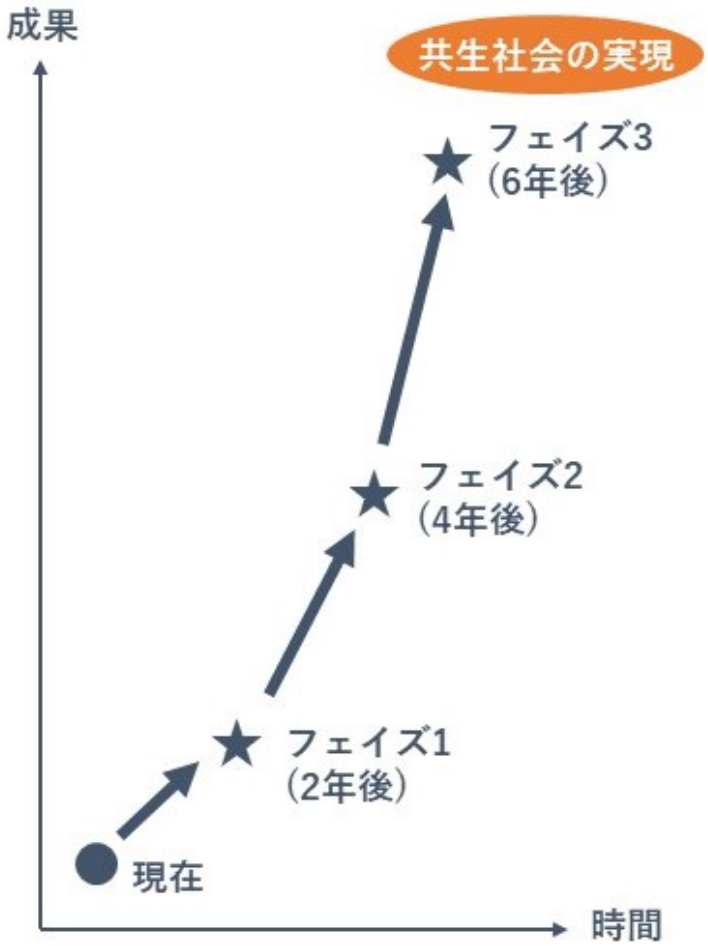
AI人物検知

実証目標：選手位置検出と区分判定

背景となる課題を踏まえた実装シナリオ

実証目標は「AI・xR技術を活用し高精細映像のリアルタイム配信による多視点リモートコーチングの実現」であり、

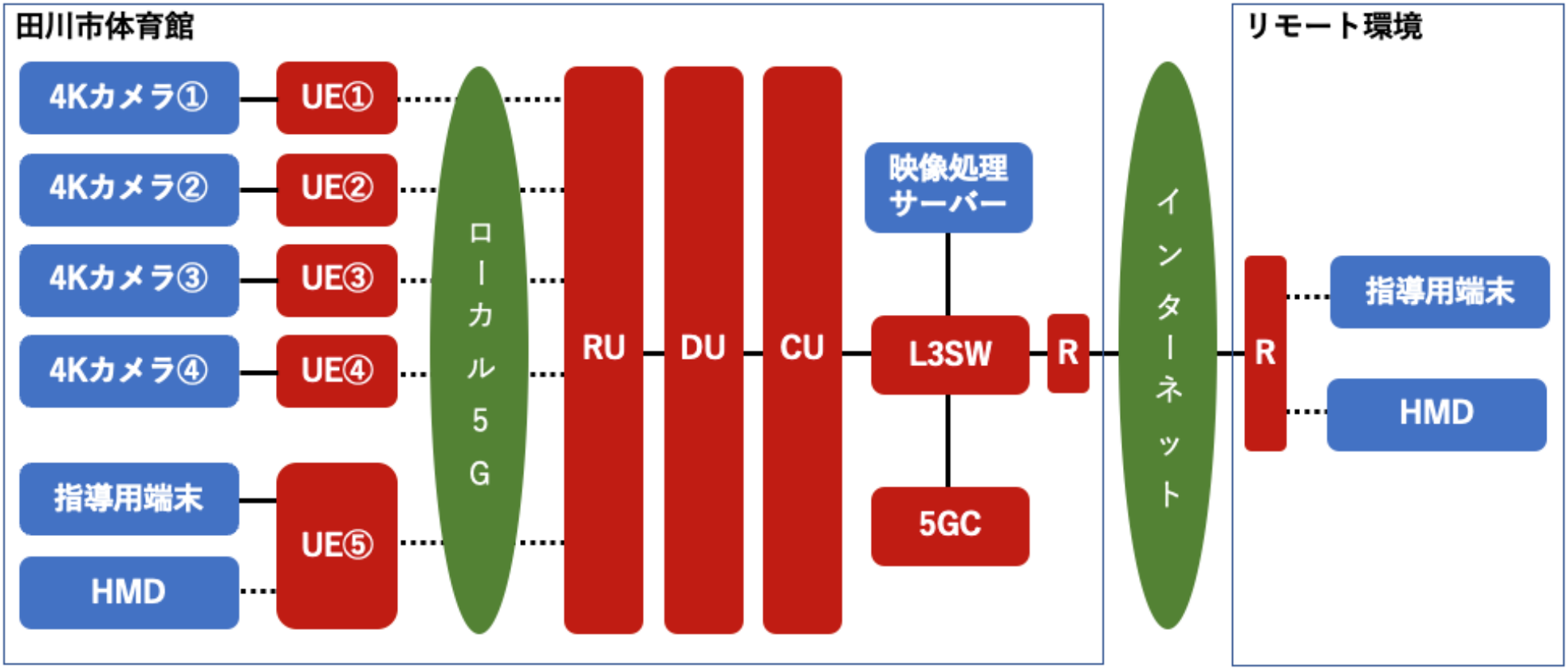
3フェイズ6年間の実装シナリオを作成した。田川市を拠点とし垂直展開を進めていく。



フェイズ	時期	目標	技術背景	エリア
フェイズ3	2026-27年 (6年後)	障がい者スポーツ市場の活性化による選手とコーチの**経済的自立化**	ローカル5Gとキャリア5Gの**併用**	世界大会の招致を契機に全世界と連携 ※田川市の障がい者スポーツの**聖地化**
フェイズ2	2024-25年 (4年後)	障がい者スポーツの **集客力向上**	リモートコーチングツール**普及** (ローカル5G設備の**低価格化と全国普及**)	全国に普及 ※田川市が障がい者スポーツの**先進モデル地域化**
フェイズ1	2022-23年 (2年後)	障がい者スポーツの **競技力向上**	リモートコーチングツール**開発・実装**	田川市を中心とし近隣エリアで実装 ※田川市が**技術開発拠点化**

実証環境

田川市体育館内に、4KカメラやHMDを設置、ローカル5Gを介して、インターネットを中継したリモート環境の通信相手の指導用端末に映像などを伝送した。



課題実証_多視点映像／ホワイトボード

■ 目的・実施内容

遠隔地での選手の練習状況を的確に把握するために、遠隔制御可能な4台の低遅延4Kカメラを設置のうえ、専用の「多視点映像」アプリを通じて、リアルタイムでの視聴や、リプレイ機能を用いた振り返り指導を検証した。また、口頭のみでは伝達が難しい戦術指導については、「ホワイトボード」アプリを用いて、双方向コミュニケーションを実現しながら視覚的に表現が可能な仕組みを検証した。

多視点映像

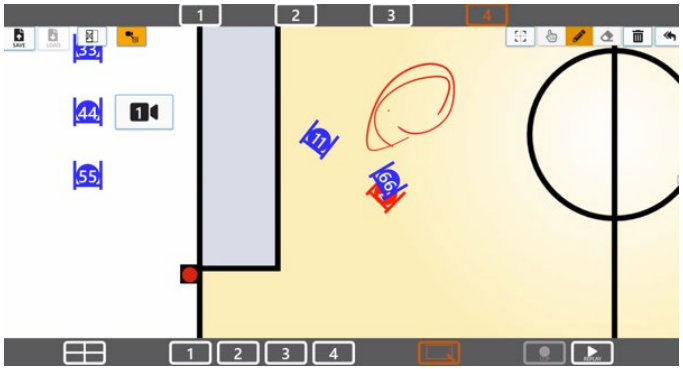
■ ソリューションの有効性等に関する検証

多視点映像　:対面指導と同等の状況把握、同等以上の録画映像共有ができた。

ホワイトボード:選手の位置関係、動きなどを図示しながらの解説に効果があった。

■ 本格活用していくにあたっての課題や解決策

- 海外からの遠隔指導等も想定し、様々なデバイス環境や品質の異なるネットワーク環境でも、最適な映像品質で動作できるように調整すること。
- マイク、スピーカーなど、映像以外の双方向コミュニケーション手段の強化。
- 首振り、ズームなど遠隔からのカメラの動作制御を、よりシンプルなもので応答性を高めたものに改善すること。
- 団体競技に加え、個人競技やさまざまな種目に幅広く対応できるようにホワイトボードのカスタマイズ性を高めること。



ホワイトボード

課題実証_VRミーティング／コーチング技術

■ 目的・実施内容

遠隔指導において身体の使い方や戦術の指導などは、言語情報のみでは意思疎通ができない恐れがあるため、VRにより指導を拡充できないか、以下2点を検証した。

1. VRコーチング：VR空間を指導者と選手が共有し、それぞれの身体の動かし方を空間に反映し伝達しあうことで効果的に身体動作の指導ができるか

2. VRミーティング：2Dホワイトボード情報を3D情報化し、指導者の音声と共にVR空間でさまざまな視点で状況を確認できるようにすることで効果的な戦略指導が可能か

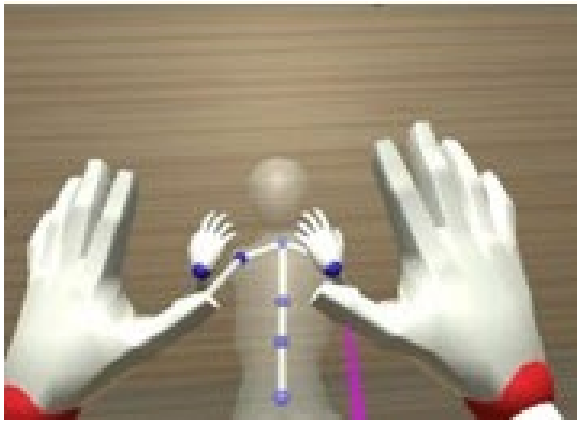


図1：VR空間のシェアと身体動作のシェアによる指導

■ ソリューションの有効性等に関する検証

VRコーチング：遠隔においても手の動きを伝達できることが確認できた。

VRミーティング：2Dに比べ3Dはより臨場感を感じられ、選手は指導内容を理解しやすいとのコメントを得て将来的な可能性を確認できた。

図2：2Dホワイトボード情報を3D化しVR視聴

■ 本格活用していくにあたっての課題や解決策

- VRコーチングではVRヘッドセットのセンサのみでは動作の早い動きが計測しきれない。またセンサの範囲外の動きをとりきれない。ウェアラブルセンサや外部カメラによる動きの正確な反映により精度を高める必要がある。
- 初心者や中級者などには有効であるが、プロアスリートになるほど試合感覚を掴むため、緻密な空間の再現性や相手との距離感が重要となる。床や車椅子の再現をよりリアルに近づけるとより効果的になりうる。

課題実証_AI技術活用（AI姿勢推定）

■　目的・実施内容

遠隔指導において、身体の使い方指導などは言語情報のみでは意思疎通ができない恐れがある。カメラ映像から姿勢抽出し、可視化・共有することで遠隔指導が円滑になるかを検証した。

■　ソリューションの有効性等に関する検証

1.遠隔でのコーチング効率が上がる可能性を示すことができた。
2.本人の身体の使い方の効率的な把握に貢献することができた。

車椅子ラグビーにおけるブレーキ指導中の様子

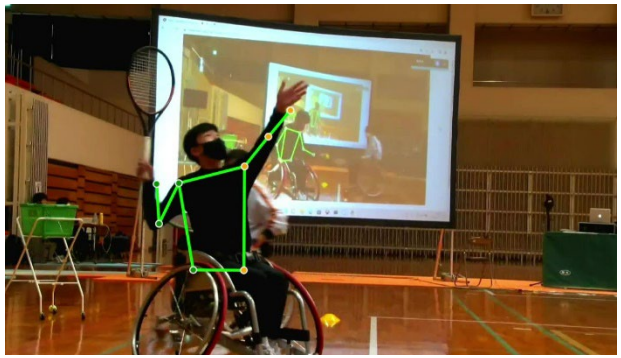
■　本格活用していくにあたっての課題や解決策

1.カメラ映像遅延：撮影からディスプレイ表示までにラグがある。プレーしながらディスプレイを見ていると感覚と合わない場合がある。
【解決策】遅延を少なくする。遅延タイミングを固定化し、常に指定秒数後に表示することで、その前提でメニューを組んだり、意識する。

2.高速動作対応：サーブ等の高速動作が取得できず姿勢も取得できない
【解決策】カメラ撮影のFPSを上げる。また、練習メニューをゆっくりとした動作に限定する。

3.ターゲットユーザ/ユースケースの洗練化：初心者・上級者で行うトレーニングや指導ポイントが異なる。

【解決策】姿勢推定に適したトレーニングメニューを開発する。



車椅子テニスにおけるサーブ動作の様子

課題実証_AI技術活用（AI人物検知）

■　目的・実施内容

遠隔指導において、指示した戦術（ポジショニング等）に沿って選手がプレーしているかを把握することが難しいため、
カメラ映像から選手を検出し、ポジショニングを可視化・共有することが可能かを検証した。

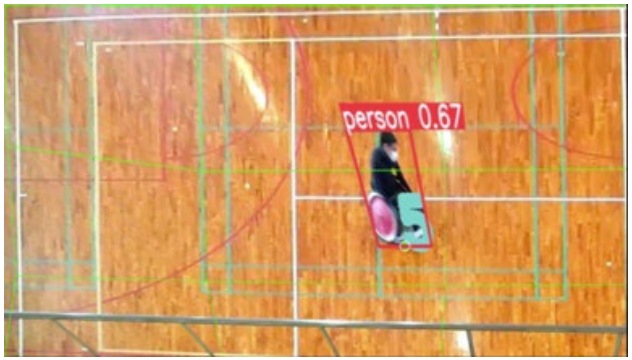
■　ソリューションの有効性等に関する検証

1.ハーフコート9分割の判定 / 射影変換による絶対位置推定が精度良くできることを確認した。
2. 映像の射影変換を行うことで、疑似的な俯瞰映像となり、全体把握を行いやすくなることを確認した。

■　本格活用していくにあたっての課題や解決策

・カメラ設置ごとのキャリブレーション/パラメータ設定：ハーフコート9分割判定や投影変換を行う際は、
　変換の基準となる座標の指定が必要となる。カメラを設置するごとに、基準座標を毎回指定する必要がある。
【解決策】モデルとなる撮影構図の構築やキャリブレーション/パラメータ設定を行いやすいようなインターフェース開発。

4Kカメラ映像



投影変換　および 選手位置検出・区分判定

選手位置をホワイトボードに反映

課題実証_ソリューションの実装性に関する検証

■ 実装ソリューションの整理

第１回・第２回の実証を通して、6種のソリューションの開発・検証を行い、成果と課題の把握を行ったところ、「多視点カメラ」と「ホワイトボード」の2種を初年度からビジネス化すべきソリューションとして選定した。

■ 実装に向けた標準モデル

ソリューション実装に向けて「ハードとソフト」、「ベースとオプション」という2軸で各要素を右図のように整理した。具体的には、ベース機材は高解像度カメラ・アプリ導入済みPC・タブレットを示し、ベースソフトは多視点カメラ・ホワイトボードを示す。また、オプション機材・オプション開発ソフトは第２回実証時に関係者ヒアリングから新たに出てきた課題であり、サービス開始後に追加で検討していくべき項目として整理した。

■ 普及展開方策の検討

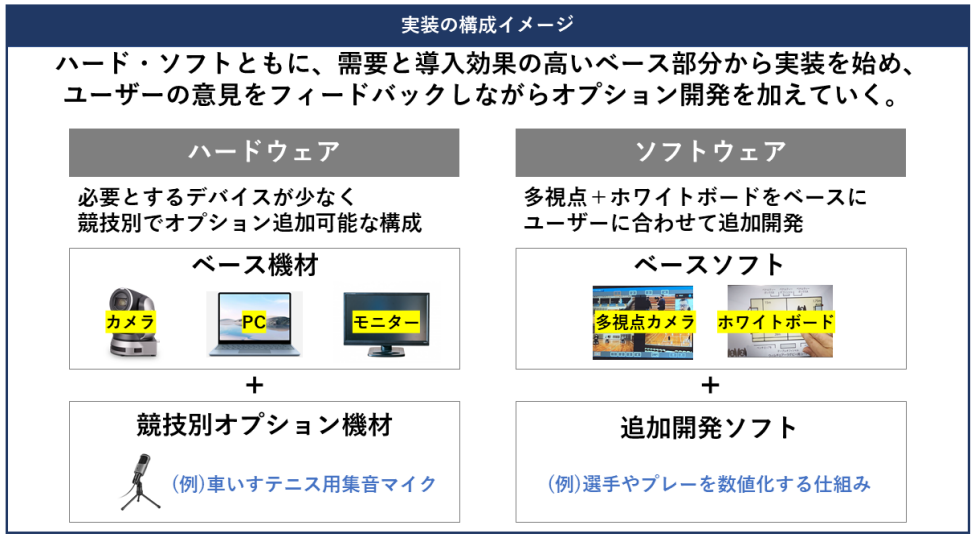
田川市で垂直展開として事業拡充を進めつつ、将来的には障がい者スポーツ選手だけでなく、アマチュアスポーツ選手・高齢者・学校教育・プロスポーツ選手の利用まで横展開を目指していく(右図参照)。

■ 実装に至るまでのスケジュール概要

1）2022年3月末まで：開発実証期間

2）2022年4月以降　：追加検証・デモ実施・各社内調整期間

3）2022年9月　　：サービス提供開始



実装に向けた標準モデル

横展開 実装シナリオ想定

ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

本実証の結果判明した課題と解決策を整理した。合計11の新規課題を「技術・運用面の課題」「より高い導入効果を目指す場合の課題」「普及方策に関する課題」の3つの切り口に分けた。

技術・運用面の課題

実証により判明した課題	解決策
選手のプレーによってカメラが破損する恐れがある。	カメラを離れて設置もしくはカメラを保護するガードを追加で設置。
競技別に必要とされるカメラ高さが異なる。	数メートルの高さまで変更可能なカメラ三脚を用いる。
車いすテニスなどのラケットスポーツでは、選手の映像だけでなくプレー音を正確に拾う必要がある。	全ての競技に必須ではないため、オプション機材として実装プランに組み込む。
ホワイトボードのコートは競技種目別に差し替えが必要となる。	各競技のルールブックを参考にコートを再現をして切り替え可能にする。

より高い導入効果を目指す場合の課題

実証により判明した課題	解決策
障がい者スポーツ選手は体の可動範囲が各個人で異なるため、AI姿勢推定での見本を用いたゴーストトレーニングの画一的な見本モデルでは参考になりにくい可能性がある。	同一競技における同じポイントの選手の見本データを用意し、選手に合わせた微調整を行っていく。
AI人物検知では車いす選手の位置だけでなく、車いすの向きまで判定できる方が望ましい。	前後の動きから車いすの向きを判定する方法が考えられる。
VRミーティングではVR内のコートでポジショニングなどの指導を行うが、同一設定だとしても、選手毎に実際よりも広く感じる人と狭く感じる人の両方がいた。	視野角を調整する機能を新規で設け、選手に指導を開始する前に個別調整を行う。
カメラによる自動録画と自動再生を繰り返すシステムがあると選手が一人で自主練できるようになる。	既に多視点アプリにリプレイ機能は実装されているため、需要があれば追加開発ソリューションとして対応していく。
車いすテニスにおけるAI姿勢推定では、人物の骨格だけでなくラケットまでAIが認識・表示した方が効果的な指導が行える。	技術上は可能だと考えられるため、実装事業の追加開発ソリューションの候補とする。

普及方策に関する課題

実証により判明した課題	解決策
リモートコーチングを導入したとしても、リアル指導時の全ての時間や手間が無くなるわけではないため、実際にリモートコーチングが普及するのか疑問が残る。 ※一部コーチの意見	指導前に選手のデータをコーチに渡すソリューションがあれば、リモートコーチングの使用率が高まると考えるため、追加開発を検討する。
ソリューションを過度に充実化させるよりも、選手に対して適切なコーチをマッチングさせる方が有用である。 ※一部コーチの意見	本事業の利用者ボリュームがある程度集まった段階から、具体的なマッチング方法の検討を進めていく。

継続利用・実装計画

■ 前提条件

事業主体となる田川市を中心に、ステークホルダーと役割を整理した。また、実証時に開発したソリューションのうち、特に有用性が高い「多視点カメラ」と「ホワイトボード」を初年度実装対象のソリューションとして選定した。

ステークホルダーの整理

関係者	考え・意向
田川市 (田川市役所・田川市スポーツ協会)	田川市は本実証ではコンソーシアムの一員として、開発実証エリアとなる田川市総合体育館を提供した。 今後の普及展開に向けた役割としては、事業主体として実装の中心を担っていく。具体的には、福岡県内、九州エリアでの普及シナリオの実現を目指すとともに、将来的にはスポーツ先進国の各種指導者とリモートコーチング可能な環境づくりのあり方について検討していく。また、リモートコーチングモデルを健常者のスポーツ活動支援（特に青少年）や高齢者の健康増進支援に応用可能かどうかも検討していく。
電通グループ (電通九州、電通国際情報サービス)	電通九州は、本実証事業の全体統括責任者として、プロジェクト全体の管理を行うとともに、課題実証の実施・運営管理及び効果検証を行ってきた。 実証終了後は、本システムのプロモーション的な役割を担い、実装支援を行っていく。 電通国際情報サービスは課題実証統括及びソリューション技術の開発を行った。 また、実証終了後は市場普及に向けてソリューションのチューニングを実施する。
富士通グループ (富士通、富士通Japan)	本実証にあたり、ローカル5Gシステムの提供及び技術実証責任者の役割を担い、設備設置から数値検証、各種改善を行った。今後は、実装に向けたネットワーク構成及びシステム要件の課題を整理し、システムの継続利用を見据えた検討を行い、ニーズ調査及びコスト調査を踏まえ事業として成立条件（損益分岐点）を基礎として事業モデルを策定する。
NEWTRAL	本実証では課題実証サポートや自治体サポートを行った。今後は財源確保のために、企業版ふるさと納税や支援企業の募集や、クラウドファンディングなどの取り組みを、市と連携して検討していく。
D-beyond	本法人はパラアスリートの経験とパラスポーツの魅力を伝える事業を行う団体であり、本実証では障がい者スポーツ競技団体調整、参加者募集を行った。今後の実装や普及に向けて、選手に近い立場から情報を発信していく。

実装ソリューションの整理

ソリューション名	実証結果と課題	ビジネス化（初年度実装）
多視点カメラ	操作性が良く、全練習のコーチングのベースとして使える。	○
ホワイトボード	車いすの向きやポジショニングが分かりやすく、選手側のの理解も容易。	○
VRミーティング	戦術理解には役立つが選手のツール習熟時間が必要。	－
VRコーチング	詳細理解には役立つが選手のツール習熟時間が必要。	－
AI姿勢推定	コーチからの指導だけでなく自主練習にも使えるが、専用カメラの設置やデバイス準備等に課題が残る。	－
AI人物検知	現時点では人物の検知ができるが、車いすの向きまでは検知できない。また、直接的な選手指導ではなく、コーチの戦術策定補助ツールとして展開を想定。	－

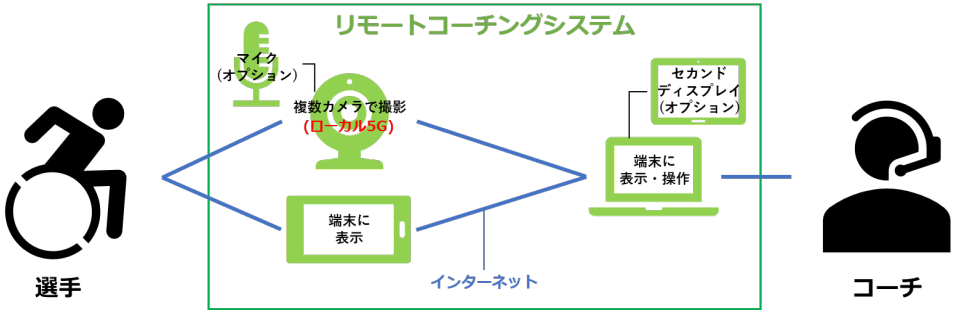
継続利用・実装計画

■ 事業モデル

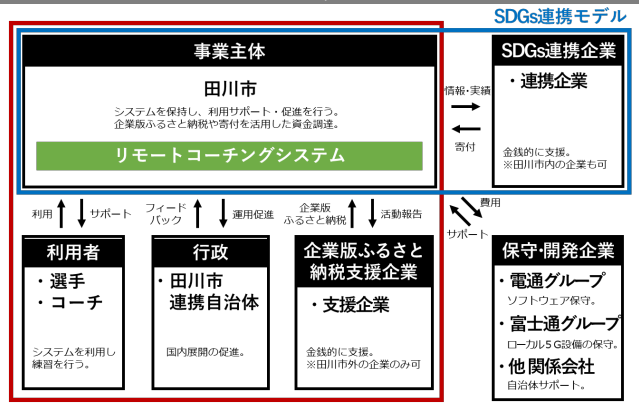
リモートコーチングシステムは、官民連携組織により構築・運用し、障がい者スポーツの現場への普及を目指していく。また、重要度の高いソリューションから早めに実装し、利用者からのフィードバックをもらいつつ追加機能の開発を検討していく。

ユースケース

多視点カメラとホワイトボードの2種を初年度実装し、コーチや選手との関係をまとめた



スキーム

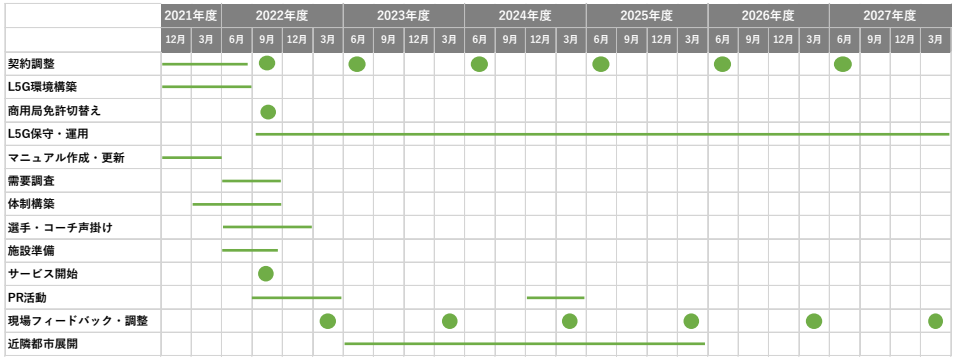


費用計画表

※単位は千円

		2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	補足
■収入		11,000	11,600	13,300	13,300	15,000	15,000	
	企業版ふるさと納税	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
	SDGs連携企業寄付金	1,000	1,000	1,500	1,500	2,000	2,000	
	システム利用者課金		600	1,800	1,800	3,000	3,000	
■支出		10,700	6,100	7,900	7,900	9,300	9,300	
	ローカル5G設備リモート保守体制構築費用	4,000						
	ローカル5G保守費用	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	リモートメンテナンス想定
	ソフトウェアリモート保守費用	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	都度稼働
	コーチ謝礼	200	600	600	600	800	800	
	新規ソフトウェア開発費			1,800	1,800	3,000	3,000	
収支差額		300	5,500	5,400	5,400	5,700	5,700	利益はスポーツ協会の運営費に充当

実装スケジュール



まとめ

まとめ

全体概要

障がい者スポーツの普及におけるコーチ不足解消という課題を解決するために、リモートコーチングシステムの実証を行った。

実証概要

選手と遠隔地の指導者を繋ぐためにローカル5G環境を整え「車いすラグビー」と「車いすテニス」を対象に、以下2つの検証を行った。

技術実証

＜一般的な中規模アリーナを有する田川市体育館にて以下を実証＞
①現行のエリア算出法で規定されるエリアカバレッジや調整対象区域が、
　本建屋構造環境でどの程度実測と乖離しているかを確認した。
②課題実証で要求される無線性能がエリアカバレッジ内で　実現できているかを確認した。
③屋内に基地局を設置する場合に使用が限定されているRを対象として、
　体育館環境に適したR値の導出を狙った伝搬モデルの精緻化を行った。
＜結論及び考察＞
エリアカバレッジ内で所要性能であるUL80Mbps以上、伝送遅延時間100ms以内を満たした。
各壁面のR値を右表に示す。内壁数や外壁の構成によって各壁面のRが異なる値となるため、
R値は一定の値を適用するのではなく、壁面の構成（窓有無）を考慮する必要がある。

周波数帯	壁面	外壁材質	厚さ	面積率	内壁の有無	R
4.8GHz ～ 4.9GHz	東壁	コンクリート	15cm	85%	5枚程度有	22.4
		ガラス	0.4cm	15%		
	西壁	コンクリート	15cm	95%	無	15.6
		ガラス	0.4cm	5%		
	南壁	コンクリート	15cm	40%	2枚程度有	8.2
		ガラス	0.4cm	60%		
	北壁	コンクリート	15cm	40%	2枚程度有	9.6
		ガラス	0.4cm	60%		

課題実証

以下6種のソリューションの実証目標を達成し、活用に向けた課題と解決策が明らかにした。

また、実証から得られた課題と解決策を検証した。

ソリューション	達成した実証目標	活用に向けた課題	解決策
多視点映像	映像を通したリアルタイム指導	音声伝達に改善余地あり	マイクやスピーカーなどのオプション活用
ホワイトボード	視覚によるな双方向コミュニケーションの実現	実証競技以外のアプリ内コート再現	競技別コートの切り替え機能を追加
VRコーチング	VR空間と身体動作のシェアによる指導	VRヘッドセットのセンサでは高レベルの指導に不十分	ウェアラブルセンサや外部カメラの追加活用
VRミーティング	VR空間における戦略指導と2D×3D連動	プロアスリートの指導ではより緻密な空間再現が必要	床や車椅子の再現をよりリアルに近づける
AI姿勢推定	身体の使い方の効率的な把握	撮影からディスプレイ表示まで遅延あり	遅延を減らす、もしくは指定秒数後に表示する
AI人物検知	選手位置検出と区分判定	利用時に基準座標を毎回指定する必要があり手間	モデル構図の構築や設定しやすいインターフェース開発

実証から得られた課題(抜粋)	解決策
競技別でカメラ高さ調整が必要	数m高さの三脚を使用
AI人物検知で選手の向き判定	追加ソリューションとして検討
一部競技では集音マイクが必要	追加デバイスとして検討
プレーによるカメラ破損リスク	カメラにガードを付け遠くに設置
映像の自動録画・再生希望	実装後、ヒアリングと検討開始
選手・コーチのマッチングが重要	実装後、ヒアリングと検討開始

実装シナリオ

実証主体である田川市を中心とした官民連携組織により、重要度の高いソリューションから早めに実装していく。