

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

【開発実証事業】

ローカル5G簡易設営キットを活用した屋内スポーツにおける
高精細・多視点の映像サービスモデル構築に向けた実証

成果報告書

作成日：令和5年3月

KDDIエンジニアリング株式会社

目次

1.	実証概要	1
1.1	背景・目的	1
1.2	実証の概要	3
2.	実証環境の構築	6
2.1	対象周波数帯	6
2.2	実施環境	6
2.3	ネットワーク・システム構成	9
2.3.1	ローカル 5G のネットワーク構成	9
2.3.2	基地局等の無線機器の調達先等	10
2.3.3	ローカル 5G の無線機器	11
2.3.4	免許及び各種認可	18
2.4	システム機能・性能・要件	19
2.4.1	ソリューション機器のネットワーク構成	19
2.4.2	スループット要件、遅延時間要件	23
2.4.3	ローカル 5G システムの性能	30
2.5	その他	31
2.5.1	実証システムの拡張性等	31
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策	31
3.	ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）	33
3.1	実証概要	33
3.2	実証環境	34
3.3	実施事項	36
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化	36
3.3.2	エリア構築の柔軟性向上	101
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発	101
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）	102
4.1	実証概要	102
4.1.1	背景となる課題	103
4.1.2	本実証におけるローカル 5G 活用モデル	103
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性	108
4.1.4	実証目標	109

4.2	実証環境	111
4.3	実施事項	112
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証.....	113
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証.....	153
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討.....	177
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開.....	183
5.	普及啓発活動の実施	200
5.1	映像制作	200
5.2	実証視察会の実施	201
5.3	その他普及啓発活動	203
6.	実施体制	204
6.1	実施体制の全体像	204
6.2	実施体制内の役割	205
7.	スケジュール	206

1. 実証概要

1.1 背景・目的

V.LEAGUE はバレーボールの「スポーツビジネス化」を通じ、バレーボールの価値向上、アスリートの育成・活躍、ホーム組織による地域活性化を目指している。図 1.1-1 が示す通り、2012 年より順調に観客数を伸ばしてきたものの、2020 年シーズンでは、コロナ禍により観戦者が激減する結果となった。

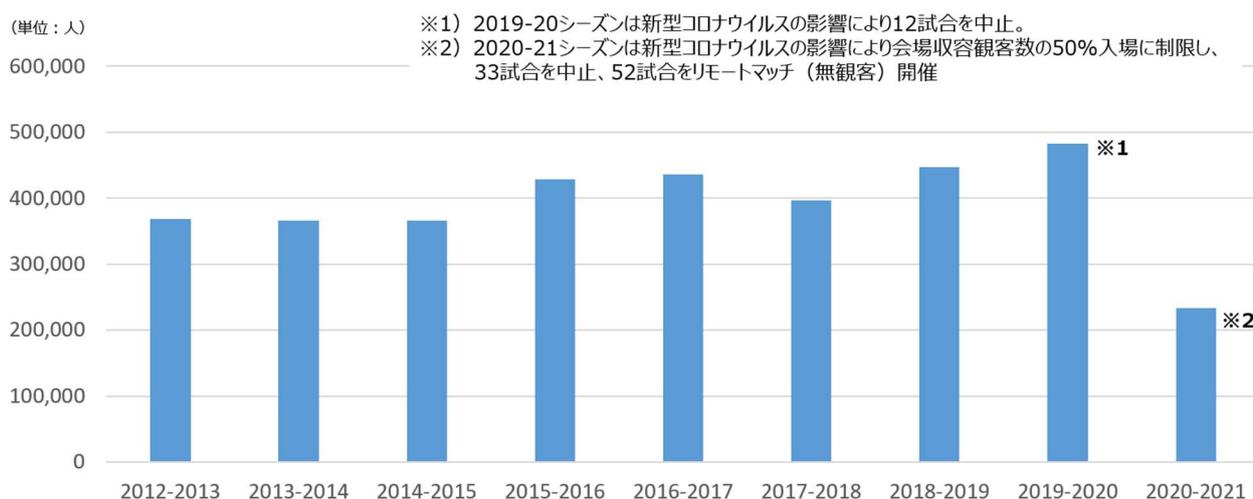


図 1.1-1 V.LEAGUE 来場観戦者数
 (出典:V.LEAGUE 機構 HP_来場者データより引用)

そのため、ライブ動画の配信やアーカイブでの動画配信に着手するも、映像配信市場での競争が激しく動画配信事業の安定化（黒字化及び収入増）が必要な状況になっている。(図 1.1-2 参照)



図 1.1-2 映像配信事業の収支
 (出典:V.LEAGUE 機構 HP_損益計算書より引用)

コロナ禍後は、V. LEAGUE には、地域密着型プロスポーツとして観戦者数の増加とそれに伴う地域への活性化が強く期待されている。

動画配信事業の課題は、黒字化には映像制作の効率化、収益増には魅力ある配信コンテンツの充実化となっている。また、観戦者数の増加には来場する事で得られる付加価値の創出も課題となっている。これらの事から、V. LEAGUE 機構で抱える以下の3つの課題に対してローカル 5G を活用したモデルで解決し、社会実装を目指す。

- 1) 映像収益改善に向けた配信向け、映像制作費のコスト改善
- 2) 映像収益改善に向けた配信向け、配信コンテンツの充実化
- 3) 来場者数増につながる付加価値の創出

課題解決モデルとして、1) では、国内外の他のプロスポーツでは高画質 AI カメラの導入が始まり、撮影の効率化の取組みが始まっている。2) では、複数の高画質カメラを活用した多視点映像での配信コンテンツの充実化が図られている。3) では、会場の臨場感に加え当映像を活用した映像配信が図られ、高画質映像と高速通信環境の両面での対応により、効果を期待されている。

上記の課題対応は、ステークホルダーが多くいる中、下記の理由より、スポーツ施設所有者や V. LEAGUE チームでは主体的に取り組む事が難しく、V. LEAGUE 機構が主体となり取り組む事が求められる。

理由) V. LEAGUE チームがホームアリーナとして契約しているスポーツ施設所有者にとっては、上記の 1)~3) に資する新たな設備導入は、V. LEAGUE のシーズンに限られている事や、V. LEAGUE 試合以外での一般利用者の競技場の利用用途やニーズの見通しが不明確なため難しい。

また、V. LEAGUE チームの収益源はチケットや関連グッズなどに限られるため、新たな映像配信の仕組みや設備投資をすることは難しい。

このため、市場に出ているボール自動追尾 AI カメラと高画質カメラを組合せ、シンプルな機器構成にする事で開発コスト、及び撮影の専門性を下げる事で映像制作費を抑え、かつ、魅力的な価値を創出することで V. LEAGUE 機構が新たな取組みを行う導入障壁を下げ、社会実装の実現性を高めることができる。

具体的には、本実証は下記で計画し、その効果を実証する事で本モデルの導入障壁を下げ、社会実装につなげる。

(映像設備) ボール自動追尾 AI カメラと複数台の高画質カメラの組合せで構築する。

(通信環境) 映像データのアップロードに必要な帯域が確保できるローカル 5G で構築する¹

(ローカル 5G 設備) 簡易に設営や移設ができ、通信設備の専門性を下げられる、「簡易設営キット」で構築する。

(ビジネスモデル) 利用者の『ローカル 5G 設備所有型』から、必要な時にだけ利用できる『設備利用型』で計画する。

¹ Wi-Fi6 や通信事業者の 5G では、アップリンクの帯域が不足し適さない。

また、有線接続での形態で利用する場合には、専門の撮影スタッフが必要となり、撮影費の上昇や、ケーブルの取り回しが煩雑になり、活用シーンが限定されてしまうため、プロリーグの試合時以外での活用予測が困難である。

1.2 実証の概要

V.LEAGUE は、3 リーグ制全 51 チームで構成されている。各リーグの試合は、総当たり戦とファイナルステージから構成され、年間試合数（シーズンとして 10 月～4 月）については、下記表 1.2-1 の通り実施されている。

試合の映像コンテンツは、V.LEAGUE TV を介し会員を対象に配信されている。

また各試合の映像制作の要件、及び撮影スタッフは表 1.2-2 のように構成されており、配信されるコンテンツは、ライブ配信、VOD 配信、ハイライト映像から構成されている。

表 1.2-1 2021 – 2022 V.LEAGUE 試合数

リーグ	チーム数	総当たり戦 試合数	ファイナル ステージ試合数
V1 リーグ	22	378	6
V2 リーグ	25	195	3
V3 リーグ	4	30	—

注) 上記の各リーグのチーム数、試合数は男子・女子の合計

表 1.2-2 映像制作の要件

リーグ	撮影要件	画角	撮影スタッフ数 (試合あたり)
V1 リーグ	最低 3 台	俯瞰カメラ 寄りカメラ エンドカメラ	3 名
V2 リーグ	最低 2 台	俯瞰カメラ	2 名
V3 リーグ		寄りカメラ	

本実証では、V1 リーグ、及びV2 リーグの試合の撮影に対し、撮影費の削減及び新たな収入の観点から、現行の撮影スタッフ数以下で、現在撮影している同等以上の映像が得られる事を実証する。具体的には、撮影時の下記の作業プロセスを対象に実証を行った。

(作業対象プロセス) 機材の設営→撮影の開始→撮影→データの保存→機材の撤収

・課題実証①：撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツの創出

ボール自動追尾 AI カメラの導入及び機材の設営を簡易化する事で従来の撮影スタッフ 3 人を 2 人で対応可能な事を実証した。

360 度高画質カメラ、審判・選手視線カメラ等の複数台を活用する事で臨場感のある魅力的な映像を撮影できる事を実証した。

・課題実証②：来場者増に資する付加価値を創出

貸出視聴用端末により、手元で自由視点・臨場感のある視聴体験を提供し、当視聴体験が再

来場につながる魅力的なサービスになる事を実証した。

• 課題実証③：ローカル 5G 簡易設営キットの運用性

ローカル 5G 設備を簡易に移設し利用することができれば、導入コストの面で障壁を低減できると考える。このことから、ローカル 5G 設備の簡易設営キット(図 1.2-1)を用い、将来他の体育館等へ移設する事を想定し、設営～撮影～撤去までの簡易さを実証した。

• 課題実証④：ローカル 5G 『設備利用型』の実現可能性

利用者の『ローカル 5G 設備所有型』から、必要な時にだけ映像ソリューションとセットで利用できる『設備利用型』へのビジネスモデルの可能性を検証した。

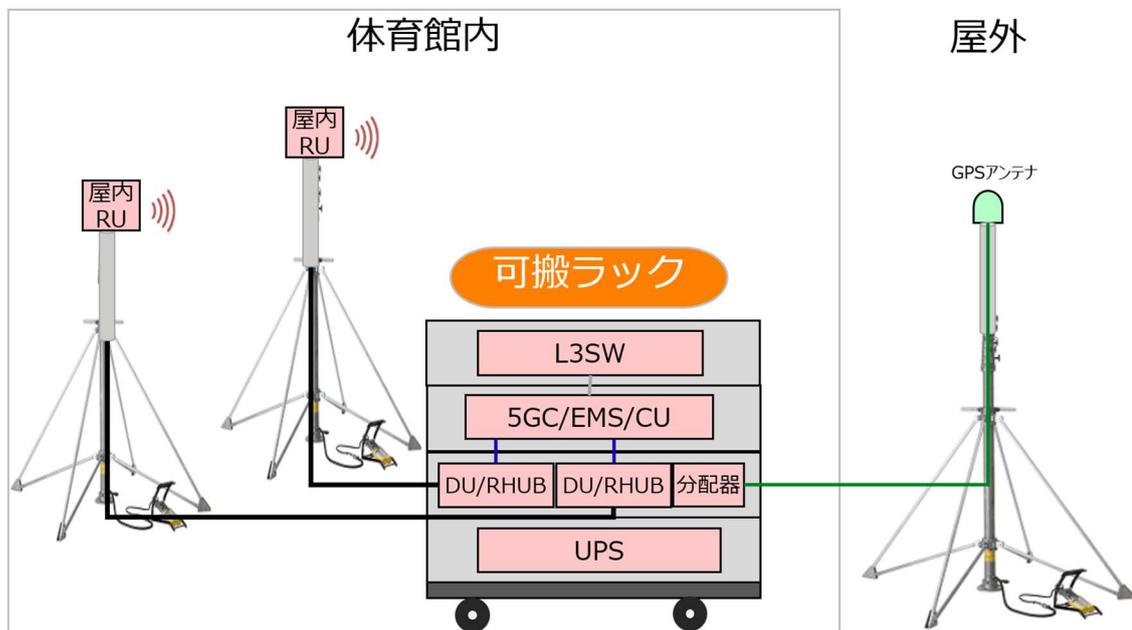


図 1.2-1 「簡易設営キット」のイメージ

課題実証を実現するためのローカル 5G 技術実証観点では、下記項目の技術実証を行った。

• 技術実証①：電波伝搬シミュレーションの精緻化

Vリーグの試合会場として利用している体育館の規模の多くが、1,500 m²～3,000 m²前後の規模になっている(表 1.2-3 参照)。また、体育館の外壁の構造が密閉型と、1部屋外と通じる非密閉型に分類される。それぞれで電波伝搬特性を把握する目的とし、以下2つの体育館を選定した。

- 実証フィールド1：V1リーグのホーム会場 佐賀県総合体育館
→体育館規模：1,831.6 m²、全面屋内
- 実証フィールド2：V2リーグのホーム会場 熊本市総合体育館
→体育館規模：1,900 m²、1部屋外へ通じている

※ それぞれの体育館の構造は2.2にて説明

表 1.2-3 V.LEAGUE 2020 – 2021 シーズン全拠点面積比較

体育館規模（面積）	割合
～1,500 m ²	2.40%
1,500 m ² ～3,000 m ²	84.10%
3,000 m ² ～	13.40%

上記の2つの体育館に対し、それぞれの電波輻射特性による、狭小エリアにおけるローカル5Gシステムの設計、構築、運用、評価を実施した。また、体育館の形状や周辺環境に応じ、柔軟なエリア設計を行った。

- アップリンク重視の準同期エリアとダウンリンク重視の同期エリアを構築
- ローカル5Gの構成機器数を最小化した準同期エリアを構築

2. 実証環境の構築

2.1 対象周波数帯

本実証では、4.7GHz 帯（4.7GHz～4.8GHz、及び 4.8GHz～4.9GHz 合計 200MHz 幅）における電波伝搬特性の解明及び同周波数帯を用いた端末等からの映像伝送等を想定したローカル 5G の性能評価等の技術実証を実施する。使用する周波数帯域を下図（図 2.1-1）に示す。

現在、ローカル 5G で制度化されている周波数帯の中から Sub6 帯を選択した理由は、構成機器のより少ない SA（スタンドアローン）方式が簡易設置キットに適しているためである。

また、佐賀県総合体育館及び熊本市総合体育館両フィールドとも、伝送容量拡大の観点から 4.8GHz～4.9GHz に加えて 4.7GHz～4.8GHz の活用も希望したが、佐賀県総合体育館の所在地である佐賀市は、公共業務用固定局との共用における許容干渉電力超過地点が多いため利用を断念した。

4.7GHz～4.8GHz は公共業務用固定局との共用検討の中で、ローカル 5G を屋内利用に限定し、許容干渉電力を超過する地点を含む市区町村が公開されている。（令和 2 年度 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）本実証では、開発実証後にこの活用モデルを継続して自走、横展開を図ることを目的としているため、実証期間においても商用局免許を取得した。

熊本：4.7GHz～4.8GHz、及び 4.8GHz～4.9GHz 商用局免許

佐賀：4.8GHz～4.9GHz 商用局免許

【4.5GHz帯】



図 2.1-1 使用する周波数帯域

2.2 実施環境

本実証では、V. LEAGUE チームがホームアリーナとして利用している 2 つの体育館を対象に、各々異なったエリア構成とし、電波輻射特性による、狭小エリアにおけるローカル 5G システムの設計、構築、運用、評価を実施した。

・佐賀県総合体育館（以下、SAGA プラザという）

住所：佐賀県佐賀市日の出 1 丁目 21-15

V. LEAGUE チームの久光スプリングスがホームアリーナとして利用

・熊本市総合体育館

住所：熊本県熊本中央区出水 2 丁目 7-1

V. LEAGUE チームのフォレストリーヴズ熊本がホームアリーナとして利用

ローカル 5G のエリア構成について、SAGA プラザへは、「構成機器数を最小化したより簡易設営に向けた準同期エリアを構築」し、熊本市総合体育館へは、「アップリンク重視の準同期エリアとダウンリンク重視の同期エリアを構築」した。

本実証実験では、SAGA プラザ、熊本市総合体育館にローカル 5G の基地局無線通信システムを構築し、以下の図 2.2-1～図 2.2-4 で記したそれぞれの体育館の構造の違いと、上述した準同期、同期／準同期エリアの 2 パターンでの電波伝搬特性を検証した。

V. LEAGUE 開催数の多い上位 20 箇所を調査したところ、中規模体育館での開催が多く、その中でも競技場の周辺環境は、以下 3 パターンに別れる事が分かった。特に割合の高い「周辺環境が屋内」の SAGA プラザ、「周辺環境の一部が屋内、その他が屋外」の熊本市総合体育館が実証候補として最適であると考えた。

<V. LEAGUE ホームアリーナ(大体育室)の周辺環境パターン>

全方位屋内	・・・31.3%	←SAGA プラザにてモデル化
一部が屋内、その他が屋外	・・・50.0%	←熊本市総合体育館にてモデル化
全方位屋外	・・・18.7%	

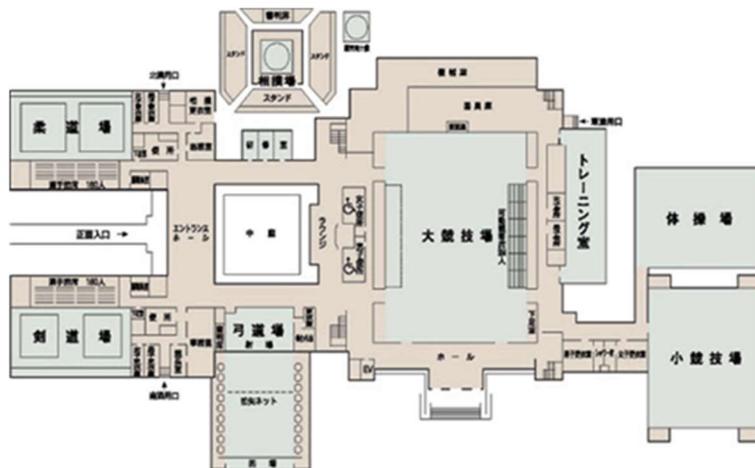


図 2.2-1 久光スプリングスのホームアリーナ

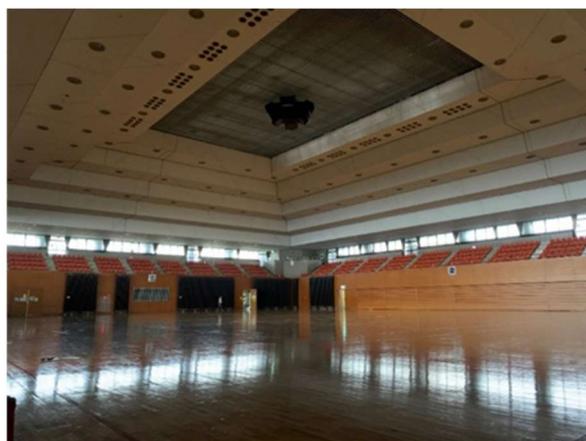


図 2.2-2 SAGA プラザ 左:外観、右:アリーナ全体

SAGA プラザの 1 階は競技エリアであり、壁面は標準的な建築材料の壁材で構成され、壁面裏に

座席、器具庫等である。周囲の環境は全方位通路（屋内）となっている。

2階は観覧エリアであり、壁面は標準的な建築材料の壁材で構成され、一面ガラス窓又は出入口、トイレがある。また、天井が凹凸で中心に向かって奥行がある。熊本市総合体育館に比べ座席数が少なく2階面積は狭い。



図 2.2-3 フォレストリーヴズ熊本のホームアリーナ



図 2.2-4 熊本市総合体育館 左：外観、右：アリーナ全体

熊本市総合体育館の大体育室1階は競技エリアであり、壁面は標準的な建築材料の壁材で構成され、壁面裏に座席、器具庫、通路等がある。周辺環境は東側が通路（屋外）で構成され、その他は屋内となっている。

2階は観覧エリアであり、壁面は標準的な建築材料の壁材で構成され、東側の一部がガラス窓、その他は壁面又はガラス窓である。天井は楕円形である。

2.3 ネットワーク・システム構成

本実証で構築するローカル 5G の基地局・コア設備の他、端末、カメラ、サーバ (クラウド・エッジ・映像配信)、伝送路など、ローカル 5G を活用したソリューションに係るネットワーク・システムの全体像を以下に示す。

2.3.1 ローカル 5G のネットワーク構成

本実証で使用するローカル 5G のネットワーク構成を図 2.3-1 及び図 2.3-2 に示す。

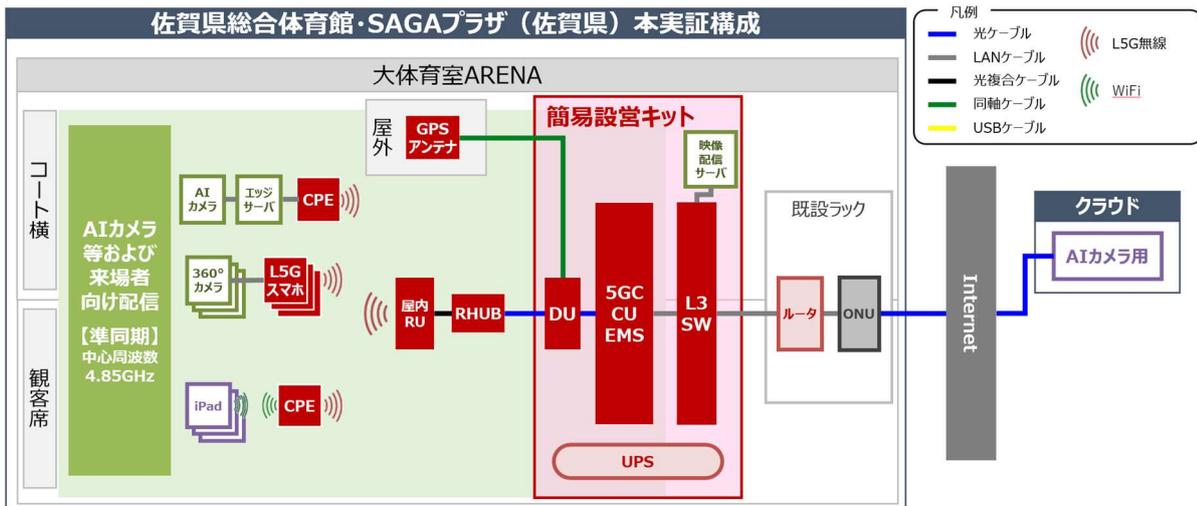


図 2.3-1 ローカル 5G のネットワーク構成(SAGA プラザ)(本実証構成)

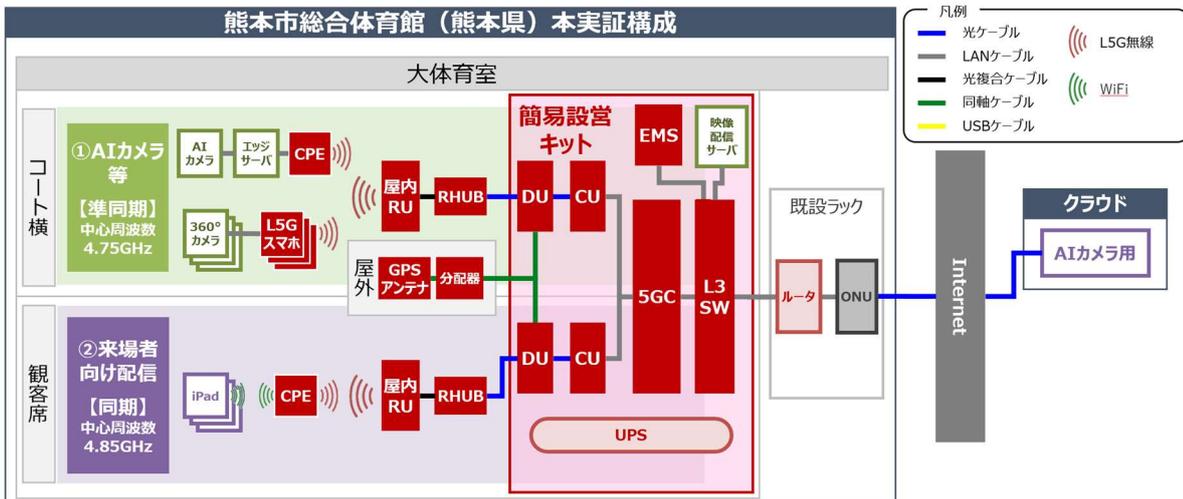


図 2.3-2 ローカル 5G のネットワーク構成(熊本市総合体育館)(本実証構成)

2.3.2 基地局等の無線機器の調達先等

本実証で使用する基地局等の無線機器の一覧を以下の表 2.3-1～表 2.3-2 に示す。

表 2.3-1 ローカル 5G 使用機器一覧(SAGA プラザ)

No	設置場所	使用機器	調達先	数量	設置形態	備考
1	機械室	5GC/EMS/CU	富士通	1	可搬	
2		DU	富士通	1	可搬	
3		RHUB	富士通	1	可搬	
4		UPS	富士通	1	可搬	
5	大競技場	屋内 RU	富士通	1	固定	
6	屋外	GPS アンテナ	富士通	1	可搬	3脚を使用
7	大競技場	CPE※1	京セラ	1	可搬	ボール自動追尾 AI カメラ
			NEC	3	可搬	※3
		UE	FCNT	5	可搬	360 度高画質カメラ

表 2.3-2 ローカル 5G 使用機器一覧(熊本市総合体育館)

No	設置場所	使用機器	調達先	数量	設置形態	備考
1	観客席	5GC	富士通	1	可搬	
2		EMS	富士通	1	可搬	
3		CU	富士通	1	可搬	
4		DU	富士通	2	可搬	
5		UPS	富士通	2	可搬	
6		RHUB	富士通	2	可搬	
7		屋内 RU	富士通	2	可搬	3脚を使用
8	屋外	GPS アンテナ	富士通	1	可搬	3脚を使用
9	観客席	CPE※1	京セラ※2	1	可搬	ボール自動追尾 AI カメラ
10			NEC※2	3	可搬	※3
11	コート横	UE	FCNT※2	5	可搬	360 度高画質カメラ

※1：CPR(Customer Premises Equipment)：Sub6 対応 Wi-Fi ルーター

※2：SAGA プラザで使用する機器を流用

※3：V リーグの試合では、音響・照明・映像など様々な事業者が関わり Wi-Fi を活用したサービスを提供しているため、Wi-Fi 干渉の影響が大きくスループットが十分に確保できない事を試合当日に確認した(図 4.3-11 参照)。このため CPE を 1 台から 3 台に増設しスループット低下を最小限に抑えた。また、この CPR は既存のものを急遽流用した。

2.3.3 ローカル 5G の無線機器

本実証におけるローカル 5G システムは SA(Stand Alone)方式のシステムである。基本仕様として 3GPP Release15 に準拠する。

以下、ローカル 5G システムを構成する機器について記載する。

(1) 5GC

端末接続時の認証、セッション管理、パケット転送などの機能を担う。

本実証で使用する 5GC は汎用サーバ上でソフトウェアにより実現される。

5GC の主な諸元を表 2.3-3 に示す。

表 2.3-3 5GC の主な諸元

項目	諸元
サポート機能	AMF, SMF, UPF, UDM, UDR, AUSF, NRF
ユーザー数	同時接続数 256(登録数 512)
装置としての最大スループット	4.4Gbps(DL/UL 合計)
最大接続 CU 数	5

(2) CU

無線リソース制御を担う。

本実証で使用する CU は汎用サーバ上でソフトウェアにより実現される。

CU の主な諸元を表 2.3-4 に示す。

表 2.3-4 CU の主な諸元

項目	諸元
ユーザー数	256
装置としての最大スループット	2.0Gbps(DL/UL 合計)
最大接続 DU 数	4

(3) DU

ベースバンド処理を担う。

ハードウェア外観を図 2.3-3 に示す。

主な諸元を表 2.3-5 に示す。



図 2.3-3 DU のハードウェア外観

表 2.3-5 DU の主な諸元

項目	諸元
ユーザー数	64
最大スループット理論値	DL:1.7Gbps、UL:0.2Gbps(スロット数比率 DL:UL:S=7:2:1)※ DL:0.8Gbps、UL:0.43Gbps(スロット数比率 DL:UL:S=4:4:2)※
帯域幅	100MHz
MIMO レイヤ数	DL:4 レイヤ UL:2 レイヤ
MCS	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
Beam 数	4
接続 RU 数	2 (2 ライセンス適用時)

※IP レイヤにおける最大スループットの理論値。

(4) RHUB

屋内 RU を最大 8 台収容して DAS (Distributed Antenna System: 分散型アンテナシステム) を構成することの可能なアンテナ集約装置である。

ハードウェア外観を図 2.3-4 に示す。

主な諸元を表 2.3-6 に示す。



図 2.3-4 RHUB のハードウェア外観

表 2.3-6 RHUB の主な諸元

項目	諸元
最大 屋内 RU 数	8
RHUB-屋内 RU 間距離	200m 以下
DU 接続インターフェース	eCPRI SFP+/10G-LR
給電	AC100V
消費電力	750W
重さ	6kg 以下
大きさ	440 x 300 x 44 mm
冷却	空冷
温度	-5°C to + 55°C
湿度	5-85%

(5) 屋内 RU

屋内用アンテナである。

外部アンテナを接続することができる RF 接続ポートを備えている。

ハードウェア外観を図 2.3-5 に示す。

主な諸元を表 2.3-7 に示す。



図 2.3-5 屋内 RU のハードウェア外観

表 2.3-7 屋内 RU の主な諸元

項目	諸元
周波数帯	4.7-4.8GHz ・ 4.8-4.9GHz
多重方式	TDD
帯域幅	100MHz
TRX 数	4T2R
EIRP	12.5dBm~32.5dBm (アンテナ一体の値)
システム空中線電力	10dBm~30dBm
最大送信電力	30dBm
給電	DC -48V
最大消費電力	45W
重さ	3kg 以下
大きさ	208 x 208 x 58 mm
冷却	自然
温度	-5°C to + 45°C
湿度	5-85%

(6) EMS

ローカル 5G システムの各装置を監視/保守するための機能を提供する。

汎用サーバ上のソフトウェアにより実現される。

主な諸元を表 2.3-8 に示す。

表 2.3-8 EMS の主な諸元

項目	諸元
監視対象ノード	5GC、CU、DU、RU
機能	状態監視、障害管理、構成管理

(7) CPE

京セラ社製の 5G のモバイルルーター型端末である。

ハードウェア外観を図 2.3-6 に示す。

主な諸元を表 2.3-9 に示す。



図 2.3-6 CPE のハードウェア外観

表 2.3-9 CPE の主な諸元

サイズ	約78(H) x 165(W) x 27(D)mm
重量	約326g
ディスプレイ	約2.6インチ
電池/充電端子	リチウムイオン電池 (6,000mAh) / USB Type-C™ (PD3.0)
位置測位	GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/みちびき/A-GPS
CPU	Qualcomm® Snapdragon™ 865 5G Mobile Platform, Snapdragon™ X55 5G Modem-RF System
メモリ	RAM : 8GB / ROM : 128GB
インターフェース	USB Type-C™
Bluetooth®	5.1
Wi-Fi®	Wi-Fi (802.11 a/b/g/n/ac/ax)
Wi-Fi 同時接続数	20デバイス
通信方式	5G NR (Sub6/mmW) 、Local5G (Sub6/mmW) 、4G LTE™ (マルチバンド)
ネットワークタイプ	NSA/SA ※SAはローカル5Gでのみ使用可能です。
SIM	nano SIM x2

(8) UE

FCNT 社製のローカル 5G 対応したスマートデバイス。

本デバイスのテザリング機能を介してローカル 5G への接続を行う。

ハードウェア外観を図 2.3-7 に示す。

主な諸元を表 2.3-10 に示す。



図 2.3-7 UE の外観

表 2.3-10 UE の主な諸元

項目	諸元
OS	Android 11
SoC	Snapdragon 765G
通信方式	ローカル 5G 網/自営網 NR : n79 sXGP 公衆網 NR : n78, n79 LTE : Band 1, 3, 19, 21, 42
無線 LAN (Wi-Fi)	IEEE802.11 a/b/g/n/ac 準拠

(9) CPE

NEC マグナスコミュニケーションズ社製のローカル 5G 及びキャリア 5G に対応した 5G ゲートウェイハードウェア外観を図 2.3-8 に示す。主な諸元を表 2.3-11 に示す。



図 2.3-8 CPE の外観

表 2.3-11 CPE の主な諸元

項目	内容
通信モード	NSA/SA
WANインタフェース	LTE/5G 有線LAN IEEE準拠 1GBASE-T x1 2種の排他利用が可能
使用周波数	LTE band : 1/3/8/18/19/28/41/42 5G band : n77、n79
外部インタフェース	有線LAN : IEEE準拠 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T ×2
	無線LAN : 802.11a、802.11b、802.11g、 802.11n、802.11ac、802.11ax
	EIA準拠RS-232C/RS485(二線) ソフトウェア制御による排他利用、I/F=Dsub 9pin
	DIDO 2port搭載
	Bluetooth Ver5.1準拠 AUXインタフェース (インタフェースコネクタ : USB type-A)
アンテナ	LTE/5G アンテナ内蔵
	無線LAN アンテナ内蔵
SIMインタフェース	nanoSIM x 1
電源電圧	DC12V給電 (ACアダプタ添付)
消費電力	26W以下
筐体	樹脂筐体 (UL94V-0)
冷却方法	自然空冷
外形	195(W) x 128(D) x 59(H) mm (突起物含まず)
重量	700g以下 (本体のみ)
動作環境	動作温度 : 0~40℃
	動作湿度 : 90%RH以下 (結露なきこと)
適用法令	電波法 (無線設備規則)
	電気通信事業法 (端末設備等規則)
	電気用品安全法
準拠規格	VCCI Class B

(10) 基地局エリアカバレッジ

SAGA プラザ大競技場 (48m×38m)、及び熊本市総合体育館大体育室 (38m×50m) に対し、無指向性パターンを持つ屋内 RU (基地局アンテナ) を設置した。具体的には SAGA プラザ大競技場の西側壁面、熊本市総合体育館大体育室の2階東側に、エリアカバレッジ範囲外への漏洩に配慮した RU チルト角設定やビームスイープ設定を行った。図 2.3-9 に SAGA プラザの、図 2.3-10 に熊本市総合体育館の RU 設置位置とエリアカバレッジ範囲を示す。

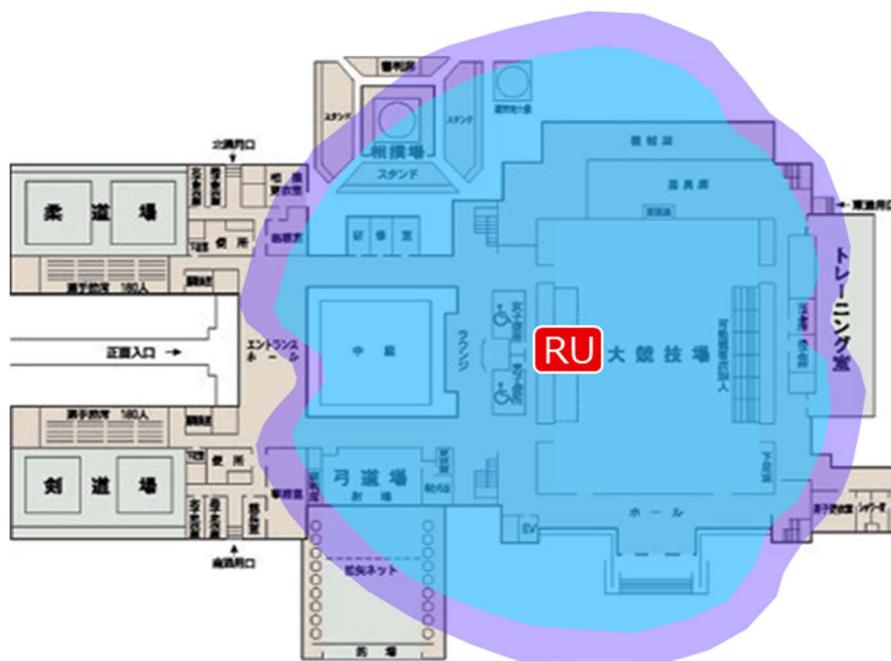


図 2.3-9 SAGA プラザのエリアカバレッジ

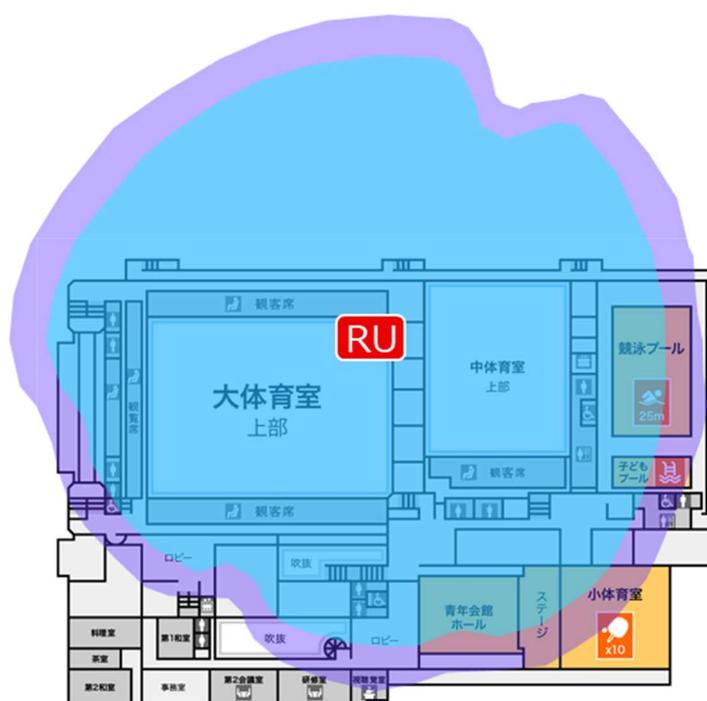


図 2.3-10 熊本市総合体育館のエリアカバレッジ

2.3.4 免許及び各種認可

本実証においては、富士通ネットワークソリューションズ株式会社を免許人として、4.7GHz 帯システム(4.7~4.9GHz 帯)の商用局免許の取得を行った。免許取得スケジュールを下図(図 2.3-11、図 2.3-12) に示す。

無線局免許の取得にあたっては、無線局の設置予定の場所周辺の携帯電話事業者が開局している、又は開局予定のキャリア 5G 及びローカル 5G 等の無線局との共用調整の上、携帯電話事業者及びローカル 5G の免許人等の合意を得た上で実施した。

上記合意取得後、総務省九州総合通信局に無線局免許申請を行い、実証試験開始までに無線局免許を取得した。



図 2.3-11 商用局免許取得スケジュール(計画)



図 2.3-12 商用局免許取得スケジュール(実績)

2.4 システム機能・性能・要件

2.4.1 ソリューション機器のネットワーク構成

本実証におけるローカル 5G システムは、SAGA プラザ向けの 1 周波 (4.8GHz) のみ使用するスターターキット構成と熊本市総合体育館向けの 2 周波 (4.7GHz・4.8GHz) を使用する標準構成の 2 種類を採用した。

4.7GHz は公共業務用固定局との共用における制約があり、SAGA プラザのある佐賀市は利用制限エリアであったため、2 周波の構成を取ることができなかった。佐賀構成は 2 周波使用時に比べ、最大伝送容量は小さくなるが、ローカル 5G 簡易設置キットとしては構成機器数を少なく構成をシンプルにできるメリットがある。以下、表 2.4-1 に熊本構成（熊本市総合体育館向け）と佐賀構成（SAGA プラザ向け）の仕様比較を、図 2.4-1 及び図 2.4-2 にそれぞれのネットワーク図を示す。

表 2.4-1 ローカル 5G システム熊本市総合体育館向け及び SAGA プラザ向けの仕様

項目		熊本構成	佐賀構成
基本仕様	標準	3GPP Release 15	
	システムタイプ	5G SA	
無線	周波数	4.8-4.9GHz	
	帯域幅	100MHz	
	通信方式	TDD	
	送受信系統数	屋外RU:4TRX、屋内RU:4T2R	
	Beamforming	サポート（屋外タイプのみ）	
性能	セルスループット	【同期】DL:1.25Gbps、UL:0.19Gbps / 【準同期】DL 0.80Gbps、UL 0.43Gbps （物理レートの理論値であり、実際の通信速度は通信環境等によって変化します）	
	Frame Format	【同期】DL:UL:S=7:2:1 / 【準同期】DL:UL:S=4:4:2	
	セル数	100セル	1セル
	同時接続ユーザ数	64端末/セル (1システムあたり最大1000端末)	10端末/セル
機能	MIMO	アップリンク 2Layer / ダウンリンク 4Layer	
	変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM	
	同期方式	GPS	
	フロントホールインターフェース	eCPRI (ORAN Option 72x)	

本実証で使用するローカル 5G のネットワーク構成を図 2.4-3(再掲)、図 2.4-4(再掲)、カメラで撮影したデータの流れを図 2.4-5 及び図 2.4-6 に示す。

ボール自動追尾 AI カメラで撮影した映像データは、キャリブレーションした後、VPU (Video Processing Unit_以下エッジサーバと記載) に撮影した映像が送信され映像処理を行う。

また、VPU は、インターネット上にある映像サーバにデータを送信する。当通信区間は HD 解像度で 7.5Mbps の伝送帯域が必要とされる。クラウドで蓄積された映像を配信する際（クラウドか

ら視聴用端末までのダウンリンク方向通信区間) の伝送帯域は 7.5Mbps が必要とされる。

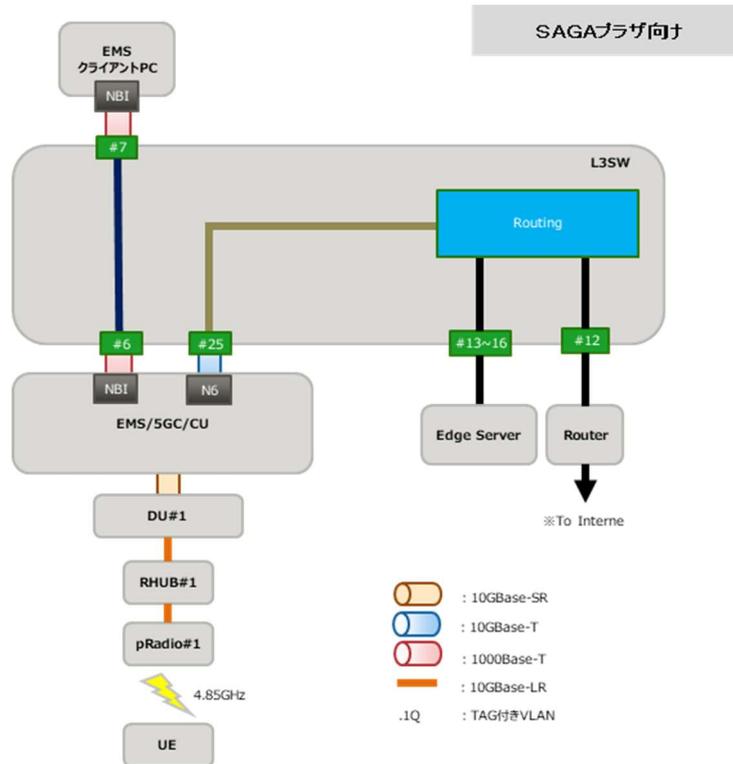


図 2.4-1 SAGA プラザ向けローカル 5G 佐賀構成のネットワーク図

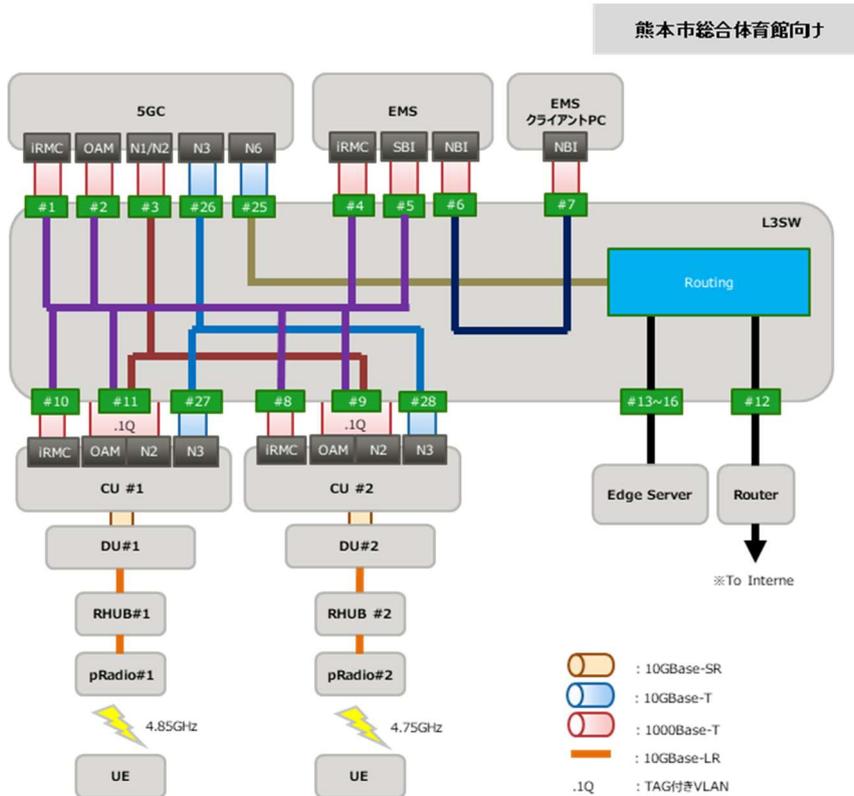


図 2.4-2 熊本市総合体育館向けローカル 5G 熊本構成のネットワーク図

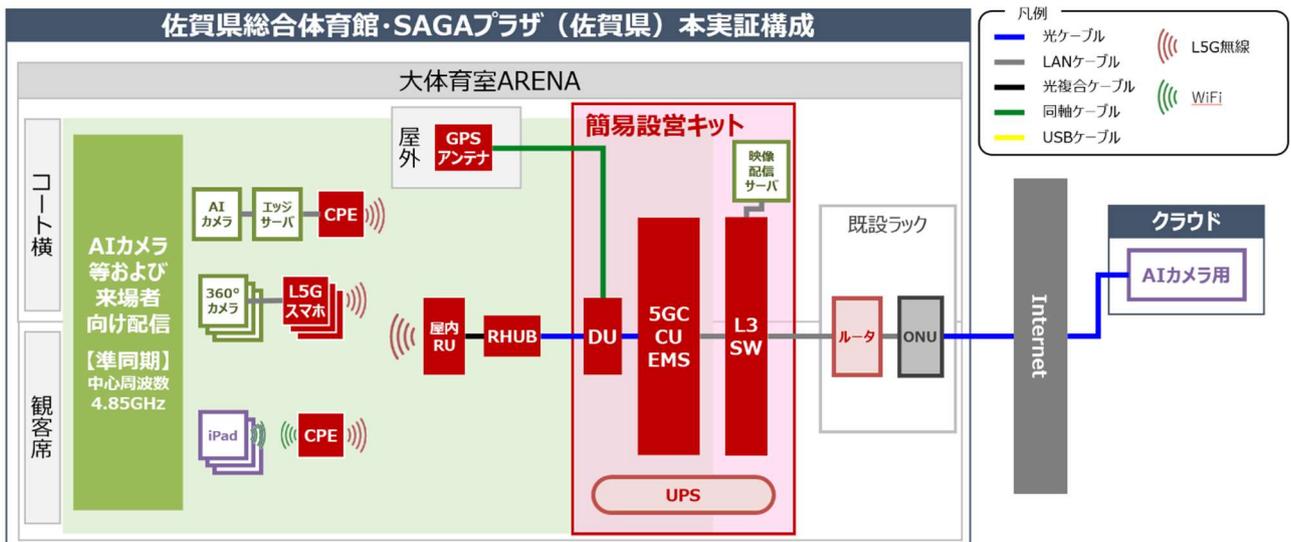


図 2.4-3 ローカル 5G のネットワーク構成(SAGA プラザ)(本実証構成)(再掲)

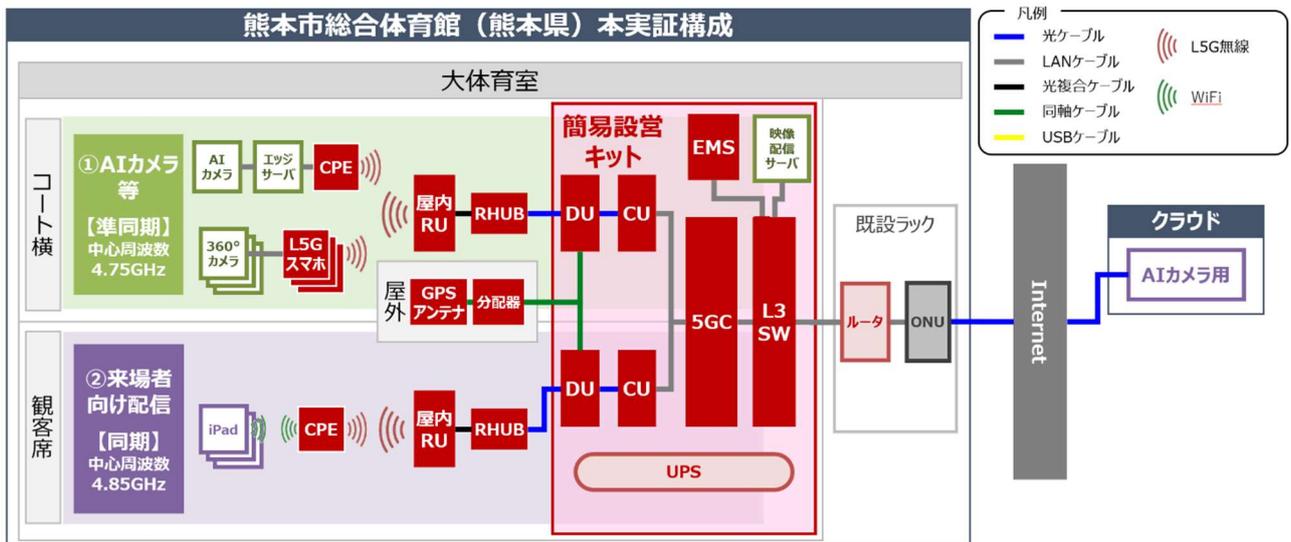


図 2.4-4 ローカル 5G のネットワーク構成(熊本市総合体育館)(本実証構成)(再掲)

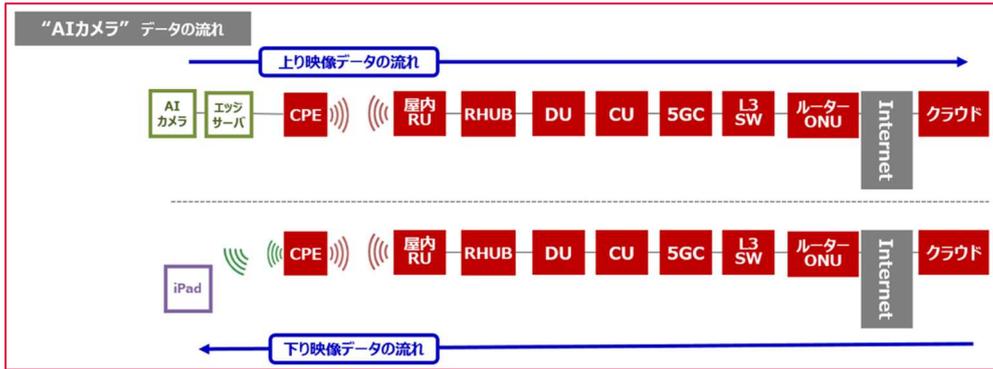


図 2.4-5 ボール自動追尾 AI カメラ映像データの流れ

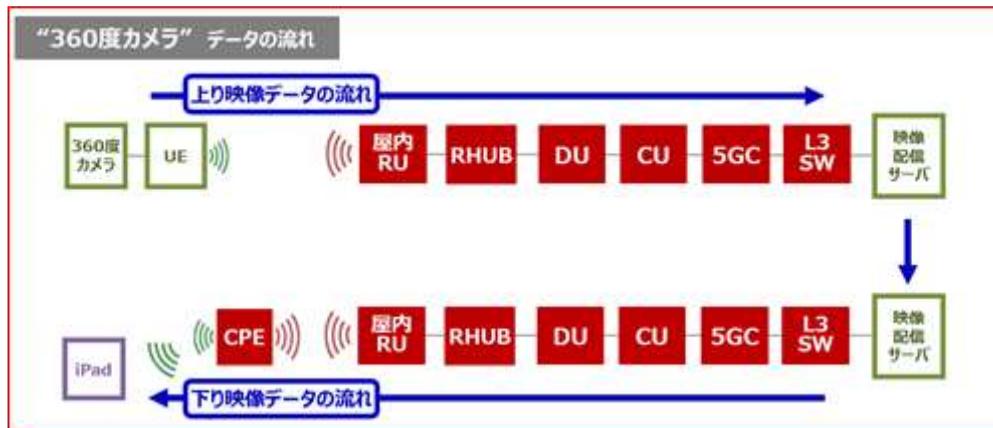


図 2.4-6 360 度高画質カメラ映像データの流れ

2.4.2 スループット要件、遅延時間要件

(1) スループット要件

1) ボール自動追尾 AI カメラ

- ・エッジサーバからクラウドまでのアップリンクのスループット要件は 7.5Mbps
エッジサーバ (VPU) からインターネット上にある映像サーバにデータを送信する際に HD 解像度で 7.5Mbps の伝送帯域が必要とされるため。
- ・クラウドから視聴用端末までのダウンリンクの合計スループット要件は 45Mbps
クラウドで蓄積された映像を配信する際は 7.5Mbps が必要となるが、本実証では視聴用端末 (iPad) が 6 台使用するため、計 45Mbps が必要となる。

2) 360 度高画質カメラ

- ・カメラからローカル 5G までのアップリンクのスループット要件は各 80Mbps で計 400Mbps
360 度高画質カメラは 4K/30fps のライブ映像を最大 80Mbps で出力するため、1 台当り 80Mbps となり、本実証では 5 台を使用するため計 400Mbps 必要となる。
- ・ローカル 5G から確認端末までのダウンリンクの合計スループット要件は計 480Mbps
ダウンリンク側も 360 度高画質カメラの映像を 80Mbps が必要となるが、本実証では視聴用端末 (iPad Air) を 6 台使用するため、計 480Mbps が必要となる。

(2) 遅延時間要件

- ・動画配信でのリアルタイム性から 20ms 以下
動画配信において、視聴者がストレスなく視聴するための 30fps 以上を実現するためには、20ms 以下のレイテンシーが必要となる。

(3) ソリューション機器の調達先

本実証で使用するソリューション機器の一覧を表 2.4-2 に示す。

表 2.4-2 使用機器一覧

No	設置場所・利用場所		使用機器	調達先	数量	備考
1	大競技場	2階観客席	Pixelot S1	朋栄	1	3脚やその他付属品含む
1-1	大競技場	2階観客席	VPU	朋栄	1	No1とのセット製品
1-2	大競技場	2階観客席	スコアボードカメラ	朋栄	1	No1とのセット製品
2	大競技場	1階アリーナ	QooCam8K Enterprise	三友株式会社 株式会社 Acalie	5	3脚やその他付属品含む
3	大競技場	1階アリーナ	SD01	FCNT	5	
4	大競技場	2階観客席	iPad Air	Apple	6	うち1台を管理者向けで利用
5	大競技場	SAGA プラザ : 1階機械室 熊本市 総合体育館 : 2階観客席	映像配信サーバ	KSG 株式会社	1	1U型

上表内のNo.1-1 は、「図 2.4-3～図 2.4-6」内の「エッジサーバ」

(4) ソリューション機器

本実証で使用するソリューション機器の基本仕様を以下に示す。

1) Pixellot S1・VPU・スコアボードカメラ

4つのカメラ各々撮影した映像からボールの動きをAI機能で追尾し、映像に映し出すカメラ。本カメラにて試合進行用のメインカメラとして活用する。

機器の外観を図 2.4-7 に示す。主な諸元を表 2.4-3 に示す。



図 2.4-7 Pixellot,VPU,スコアボードカメラの外観

表 2.4-3 Pixellot の主な諸元

項目	諸元
Pixellot S1	
撮影素子	2/3" CMOS
有効画素数	6,000 (H) x 2,000 (V) ピクセル
フレームレート	25/30 fps
画角	170° (H) x 60° (V) ピクセル (ウルトラワイドタイプ) 135° (H) x 60° (V) ピクセル (ワイドタイプ)
サイズ	320 (H) x 180 (φ) mm
VPU (ビデオ・プロセッシング・ユニット)	
CPU	インテル® Core™ i5-10500
GPU	NVIDIA GeForce GTX1650
ストレージ	1TB HDD
サイズ	370 (H) x 168 (W) x 308 (D) mm
スコアボードカメラ	
画素数	300万画素
ズーム倍率	33倍ズーム
焦点距離	4.6~153.0mm
サイズ	12cm x 8cm x 6cm
重量	500g

2) QooCam8K Enterprise

360度全天球カメラにて、全方向の撮影を可能にしたカメラ。
ポケットサイズのため省スペースにも適用でき、簡易に設置することが可能となる。
本実証においては5台のカメラを様々な場所に設置し、新しい視点からの映像を撮影する。
機器の外観を図 2.4-8 に示す。主な諸元を表 2.4-4 に示す。



図 2.4-8 QooCam8K Enterprise

表 2.4-4 QooCam8K Enterprise の主な諸元

QooCam8K Enterprise	
レンズ口径	F2.0
動画解像度	7680*3840@30fps 8/10bit、3840*1920@120fps 8/10bit
ビットレート	最大 200Mbps
コーデック	H.264、H.265 (動画)
ライブ配信時	映像解像度/フレームレート/ビットレート： ・4K/8K では 24fps, 25fps, 30fps が選択可能 ・4K/24fps, 25fps, 30fps を選択時は、 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80Mbps が選択可能 ・8K/24fps, 25fps, 30fps を選択時は、 10, 15, 20, 30, 60, 100, 150Mbps が選択可能
連続撮影時間	8K@30fps 又は 4K@120fps 動画撮影の場合は約 90 分 360度パノラマ配信は約 90 分
サイズ	179 (H) x 57 (W) x 33 (D) mm

3) 映像配信サーバ

360 度高画質カメラにて撮影した映像の処理を行うサーバ。

機器の外観を図 2.4-9 示す。主な諸元を表 2.4-5 に示す。



図 2.4-9 映像配信サーバ(1U 型)の外観

表 2.4-5 映像配信サーバの主な諸元

映像配信サーバ (1U 型)	
プロセッサファミリー	インテル® Xeon® プロセッサ・スケーラブル・ファミリー
メモリ容量	1.5GB (RDIMM) 又は 2TB (LRDIMM)
サイズ	43 (H) x 435 (W) x 707 (D) mm

4) SD01

ローカル 5G 対応したスマートデバイス。

本実証においては上述 2) QooCam8K Enterprise のカメラとセットで配備し、本デバイスを介してローカル 5G への接続を行う。

機器の外観を図 2.4-10 に示す。主な諸元を表 2.4-6 に示す。



図 2.4-10 SD01 の外観

表 2.4-6 SD01 の主な諸元

項目	諸元
OS	Android 11
SoC	Snapdragon 765G
通信方式	ローカル 5G 網/自営網 NR : n79 sXGP 公衆網 NR : n78, n79 LTE : Band 1, 3, 19, 21, 42
無線 LAN (Wi-Fi)	IEEE802.11 a/b/g/n/ac 準拠

5) iPad Air

10.9 インチのオールスクリーンデザインによるタブレット。体育館に来場して頂いたお客様に貸出をして、お客様の手元で見たい場所を見たい時に視聴して頂くためのデバイスとして 6 台を活用する。うち 1 台を管理者向けとして実証時に活用する。

機器の外観を図 2.4-11 に示す。主な諸元を表 2.4-7 に示す。



図 2.4-11 iPad Air の外観

表 2.4-7 iPad Air の主な諸元

項目	諸元
ディスプレイサイズ	10.9 インチ
解像度	2,360 x 1,640 ピクセル
チップ	Apple M1 チップ 8 コア CPU
通信	Wi-Fi、Cellular
OS	iPadOS15

2.4.3 ローカル 5G システムの性能

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を表 2.4-8 に示す。

2.4.1 ソリューション機器のネットワーク構成、及び 2.4.2 スループット要件、遅延時間要件に記載の各課題実証の要求スループットについては、それぞれ異なるセルでの運用であり、実効スループットにて実現可能である。

表 2.4-8 ローカル 5G システムのスループット理論値

同期モード	DL スループット	UL スループット	条件
同期	1.7Gbps	0.2Gbps	<ul style="list-style-type: none">・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)
準同期 TDD パターン 1	0.8Gbps	0.43Gbps	<ul style="list-style-type: none">・帯域幅 100MHz・TDD スロット比率 D:U:S=4:4:2・MIMO レイヤ数 DL:4、UL:2・256QAM (DL/UL)

2.5 その他

本事業の実証システムに関する拡張性及び安全確保のための対策については、以下の「実証システムの拡張性」「実証システムの安全性確保のための対策」にその取組み状況をまとめた。

2.5.1 実証システムの拡張性等

本実証におけるローカル 5G システムは、今後の技術発展を柔軟に取り込めるよう、国際規格 3GPP (Release15) に準拠しており、標準化された無線インターフェースが具備されたものを採用した。

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

本実証で導入するシステムについては、「IT 調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」（関係省庁 令和 3 年 7 月一部改正）等に留意し、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た。

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

本実証におけるローカル 5G システムは、基地局、コア設備等について特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器であり、同認定を取得しているシステムを採用した。認定開発供給事業者名、開発供給計画認定番号、認定日等を下記及び、に記載する。

1. 認定の日付

令和 3 年 3 月 15 日

2. 開発供給計画認定番号

2021 開 1 総経第 0002 号-1

3. 認定開発供給事業者の名称

富士通株式会社

4. 認定開発供給計画の概要

一般企業、自治体向けに、製造業（スマートファクトリーでの活用を想定）をはじめとして地域活性化のための様々な事業領域に適用可能なローカル 5G システムに供する設備として以下の設備を開発供給する。

表 2.5-1 開発供給を行う特定高度情報通信技術活用システムの内容

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等（概要）
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-CU	・ CU
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-DU	・ DU
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-1	・ RU ・ 4.7-4.9 GHz 帯用 ・ アンテナ一体型 ・ 屋内設置用
富士通	交換設備	PW300-5GC	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式
富士通	交換設備	PW300-EMS	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式

(2) その他の実証システム

本実証に際してクラウドサービスの利用等、外部のネットワークへの接続やデータ伝送を伴うため、個人情報の管理等を含め、サイバーセキュリティ対策を講じた。

実証開始前には、実証参加者に対するシステム利用に関する研修を実施する等、適切な方法により、実証目的及び実証内容等の説明を行った。実証期間中はヘルプデスクを設置し、実証参加者等からの問合せ等に対応するとともに、不具合が発生した場合に備え、迅速に対応できる体制を構築し対処した。実証期間中の実証環境に係る不具合や問合せ等は記録し、実証成果の取り纏めを行った。

3. ローカル 5G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

3.1 実証概要

2章で構築したローカル 5G の実証環境において、4.8GHz 帯における電波伝搬特性等の測定、及び電波伝搬モデルの精緻化を実施する。

本実証及び本ビジネスモデルの実装・横展開における最初のターゲットエリアは体育館であり、平成 28 年度 内閣府発行の「公共施設等改革による経済・財政効果に関する調査」によれば体育館は、小学校、中学校に次いで 3 番目に大きな延床面積を持つ公共施設であることが分かる。体育館の延床面積の割合について図 3.1-1 に示す。

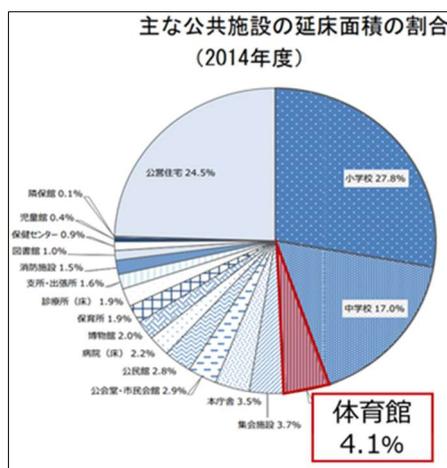


図 3.1-1 体育館の延床面積

また、Vリーグのバレーボール試合会場のように開催されるイベント軸で捉えれば、おのずと競技場空間の大きさや施設の規模に一定のパターンを見出すことができる。公共施設という背景からも、同規模の体育館は空間設計、構成する建築材料の素材の面で多くの共通点があり、少数の実測サンプルでも汎用的な電波伝搬モデルとして応用が利く考察が得られると考えた。

過年度のローカル 5G 開発実証の成果報告書によれば、令和 3 年度に 1 件、体育館をフィールドとした実証が行われているが、1 施設固有のケースと整理されており、体育館における汎用的な電波伝搬モデルの獲得には至っていない。本実証を通じて体育館の電波伝搬的なパターン分類と、より実測値に近い電波伝搬モデルの精緻化を目指した。

また、体育館内のユースケースは屋内利用が主となるため、公共業務用固定局との共用において屋内利用に限定されるローカル 5G 「4.7GHz～4.8GHz (100MHz 幅)」も伝送容量拡大の観点で積極的に活用していきたい。

本技術実証では、SAGA プラザ、及び熊本市総合体育館での電波伝搬測定を行い、現行のエリア算出法で規定されるエリアカバレッジや干渉調整対象区域が、本建屋構造環境での実測値との乖離を、また「R3-No. 22 成果報告書」から読み取れる R 値を参照した場合の予測値と実測値との乖離を確認するとともに、4 章の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する。更に 3.3.1 において現行のエリア算出法で規定されているパラメータのうち、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う。

3.2 実証環境

本技術実証において想定する環境条件は、体育館内の競技エリア（1階）、観覧エリア（2階）に構築されている四方の壁面構造が、標準的な壁面、複数層の壁・空間を介した壁面や、ガラス材を介す壁面などが混在する建屋構造であり、水平方向への多様な電波伝搬が推測されるような環境になっている。

本実証事業では、①SAGA プラザ、②熊本市総合体育館にローカル 5G の基地局等無線通信システムを構築し、中規模体育館 2 施設内外での電波伝搬検証を行った。下記に建屋特徴を図 3.2-1～図 3.2-3 に示す。2 施設の建屋構造の違いから、電波伝搬を調査・検証するには好適な実証環境と考えた。

なお、SAGA プラザ（佐賀県佐賀市）は、総務省発行の「ローカル 5G 導入に関するガイドライン（令和元年 12 月発行・令和 4 年 3 月最終改定）」の中で 4.7GHz 帯の利用が公共業務用無線局との間で混信その他の妨害を与えるおそれがある地域として「別紙 1 4.6～4.8GHz の周波数帯において、屋内に設置することができない地域」に定められていたため、4.8GHz 帯 1 周波のみで構成。その制約のない熊本市総合体育館（熊本県熊本市）は、4.8GHz 帯及び 4.7GHz 帯の 2 周波の構成とした。

<建屋特徴>

① SAGA プラザ

1 階は競技エリアであり、壁面は公共体育館の標準的な建築材料で構成され、壁面裏に座席、器具庫や控室等がある。競技室外周囲の環境は全方位通路（屋内）である。1 階競技の北側・南側壁面には「輻射式冷暖房装置（鉄製）」が設置されている。

2 階は観覧エリアであり、壁面は公共体育館の標準的な建築材料で構成され、一面ガラス窓又は出入口、トイレがある。また、天井が凹凸で、中心に向かって奥行がある。熊本市総合体育館に比べ、座席数が少なく、2 階面積としては狭い。

また、1 階競技エリア西側・東側には引出すと階段状の観客席となる「可動式座席」が設置されている。SAGA プラザ大競技場内写真を図 3.2-1 に示す。





図 3.2-1 SAGA プラザ大競技場

● 輻射式冷暖房装置



● 設置位置

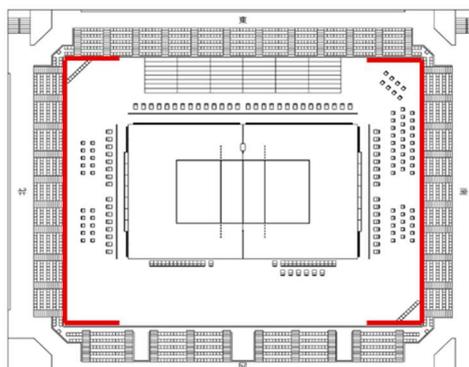


図 3.2-2 輻射式冷暖房装置及び設置位置

② 熊本市総合体育館

1階は競技エリアであり、壁面は標準的な建築材料の壁面で構成され、壁面裏に座席、器具庫、通路等である。周辺環境は東側が通路（屋外）で構成され、その他は屋内である。

2階は観覧エリアであり、東側の一部がガラス窓、その他は壁面又はガラス窓である。

また、SAGA プラザと比べ、1階壁面に輻射式冷暖房装置（鉄製）がなく、全方位が木製の化粧板付きコンクリート壁である。北、東、西側に「可動式座席」がある。熊本市総合体育館大体育室内写真を図 3.2-3 に示す。





図 3.2-3 熊本市総合体育館大体育室

競技場壁面外環境が「全方位屋内」と「一部が屋内、その他が屋外」に該当する 2 つの体育館の建屋構造の違いから、電波伝搬を調査・検証するには好適な実証場所と考えた。

このような体育館構造を考慮すると、壁を何層も介する壁面については電波伝搬損が大きくなることが見込まれ、一方でガラス窓の割合が高い 2 階南北の壁面については、ガラス材を介する電波伝搬の透過や、ガラス窓や出入口の開閉を想定すると、建屋外への開放度が高く電波伝搬損が小さくなることが推測される。このような建屋構造の屋内に対しローカル 5G セルを構築する場合は、四方の壁面に対する透過影響が異なることが推測され、建屋構造をふまえた電波伝搬の差異を把握した上で、電波伝搬損を考慮に入れたカバーエリア設計が必要となる。

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

2.2 に記載した通り、V.LEAGUE 所属チームのホームアリーナとなっている体育館（試合会場）の多くが「中規模体育室（1,500 m²～3,000 m²前後）」であり、今後の実装、全国への横展開を目指す上で、中規模体育室におけるカバーエリア内電波伝搬、及び外部への電波漏洩レベルを正確に把握することが肝要である。技術実証の観点で過年度事業の成果を見ると「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」の「No. 22 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」（以下、「R3-No. 22 成果報告書」という）の実証環境が中規模体育室に該当する。同報告書の「3.3.2 電波伝搬モデルの精緻化」の「結論」は以下の記載となっており、体育館環境における R 値の知見の充足が必要であると考えた。

「R3-No. 22 成果報告書」より引用

- ・ 内壁数や外壁の構成差異を要因として東西南北の方向によって R 値が異なる。

- ・一般的な R 値=16.2 では、干渉調整区域の過剰な見積によってカバーエリアの最適な基地局配置を阻害する。また、南北壁面は 2 階がガラスであり R 値=16.2 より小さく、干渉調整区域の過小な見積によって他者土地に影響を及ぼすことが考えられる。
- ・上述した R 値は田川市総合体育館固有の値だと考えられ、各材質の R 値に関して今後知見を貯めていく必要がある。

また、体育館内のユースケースは屋内利用が主となるため、公共業務用固定局との共用検討の中で、ローカル 5G を屋内利用に限定する案が出ている 4.7GHz~4.8GHz (100MHz 幅) も伝送容量拡大の観点で積極的に活用していきたい。「令和 2 年度 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(案)」では許容干渉電力の計算に用いる建物侵入損を 10~30dB の間でパターン分けしており、建物侵入損値の設定により許容干渉電力を超過する地点を含む市区町村が大きく変わることから、4.7GHz~4.8GHz の活用を推進する上で、建物の実態に沿ったより正確な R 値の把握が重要になると考えた。

2) 実証目標

本実証のビジネスモデルを実装、全国へ横展開するため、また、中規模体育館 (1,500 m²~3,000 m²) 屋内における様々な利用シーンでのローカル 5G 活用促進に資するために、SAGA プラザ、熊本市総合体育館での実測値を用いた R 値の精緻化と、体育館のパターン分けによる精緻化後パラメータの適用可能範囲の考察を行う。

a. 精緻化の対象とするエリア算出法パラメータの明確化

本実証で利用する周波数帯は 4.7GHz 帯、基地局設置場所が屋内であることから、精緻化の対象パラメータを R とした。本件公募要領より引用し、対象とするパラメータを表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 精緻化対象パラメータ

利用する周波数帯	精緻化の対象パラメータ	精緻化の方向性	実施環境の要件
4.7GHz 帯	K ⁶	斜面や植生、水面の影響の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる ● 斜面や水面等の地形情報データにより算入し難い地形の影響が存在する
	S ⁷	選択基準の詳細化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局と測定点の距離が 100m 以上確保できる
	R ⁸	壁面の材質・厚さ別の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋内である
28GHz 帯	hr ⁹	選択基準の明確化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋外である ● 基地局が見通せない測定点を確保できる
	R ¹⁰	壁面の材質・厚さ別の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ● 基地局設置場所が屋内である

精緻化対象パラメータ R における精緻化の方向性は「壁面の材質・厚さ別の定量化」であるが、

本実証の環境は階段状の構造を持つ観覧席を有する体育館であり、壁面透過損に加えて構造物による損失が生じるため、四方の壁面を含む構造物による影響も考慮した。

b. カバーエリア、及び調整対象区域図の作成

本実証は次のステップでカバーエリア、及び調整対象区域図を作図する。

1. 算出法エリア図

既存のエリア算出法に基づき、精緻化前のパラメータにて基地局相当の無線局（以下、「基地局」という）毎にカバーエリア及び干渉調整対象区域を作図する。

2. 仮説エリア図

過年度の成果報告書を参照した仮説に基づきパラメータの値を修正した算出式を用いて、カバーエリア、及び干渉調整対象区域を作図する。

3. 精緻化エリア図

精緻化後のパラメータを用いたカバーエリア及び干渉調整対象区域を作図し、「算出法エリア図」よりも実測に近い結果が得られていることを示す。

実測に先立って作成した SAGA プラザ大競技場及び熊本市総合大体育室における 4.8GHz 帯及び 4.7GHz 帯の「算出法エリア図」を図 3.3-1、図 3.3-2、及び図 3.3-3 に示す。

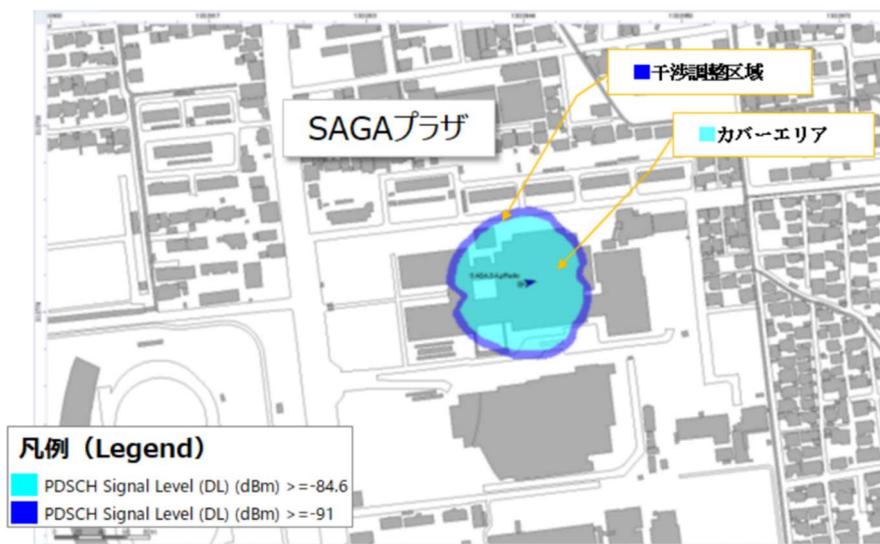


図 3.3-1 SAGA プラザ 大競技場の算出法エリア図(4.8GHz 帯)

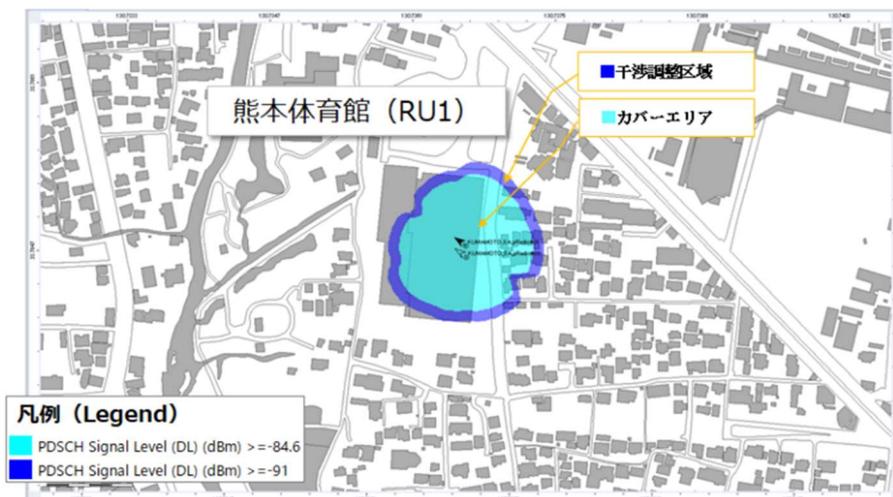


図 3.3-2 熊本市総合体育館 大体育室の算出法エリア図(4.8GHz 帯)

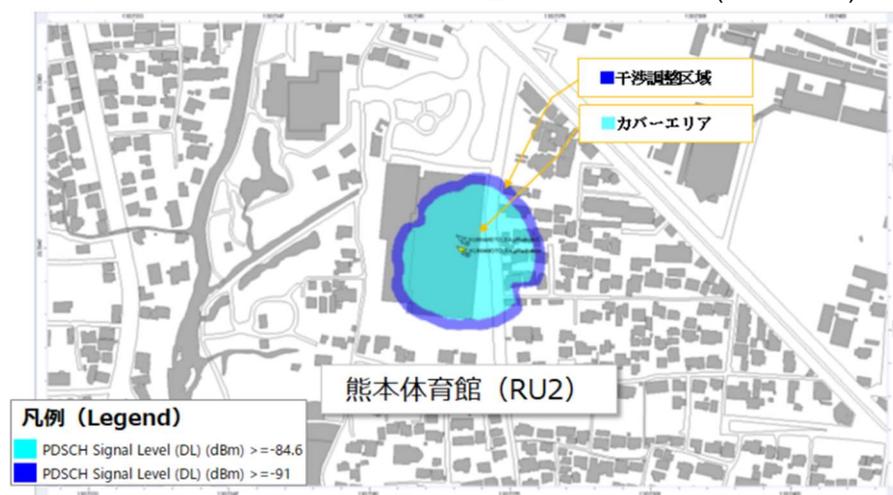


図 3.3-3 熊本市総合体育館 大体育室の算出法エリア図(4.7GHz 帯)

また、仮説エリア図は「R3-No. 22 成果報告書」における田川市総合体育館での精緻化後 R 値を SAGA プラザ及び熊本市総合体育館に適用する。

仮説エリア図及び精緻化エリア図の作図においては、四方の壁面毎に異なる R 値を設定することになるため、それぞれを重ね合わせた上で合成する必要がある。複数の R 値を合成するイメージを図 3.3-4 に示す。

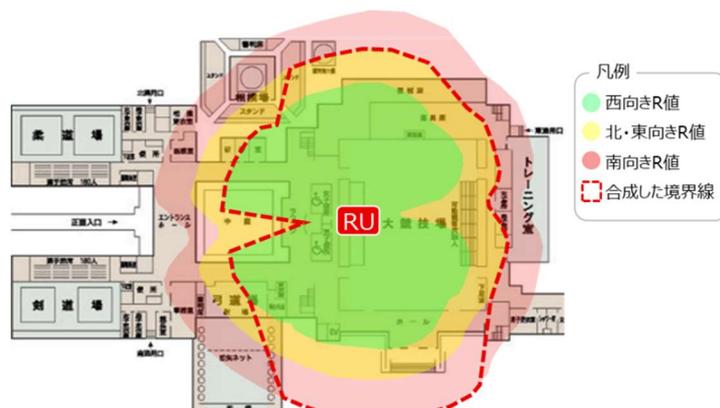


図 3.3-4 複数の R 値を合成するイメージ

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

電波伝搬モデルの観点で実証環境条件が近い「R3-No. 22 成果報告書」と比較し、発展性・新規性がある点と考える点を以下に示す。「R3-No. 22 成果報告書」の抜粋を図 3.3-5、図 3.3-6 に引用する。

- ・ 「R3-No. 22 成果報告書」では体育館屋内に屋外用 RU を設置した試験を行っていたが、体育館の屋内環境でエリアカバー、屋外漏洩レベル低減の観点で最適と考える屋内 RU (オムニアンテナ) によるエリア構築、電波伝搬測定を実施する。これにより指向性アンテナでは特定方向への屋外漏洩レベルが大きくなっていた課題を解決し、より効率的なエリア設計を行う。
- ・ 使用する周波数帯域を 4.8GHz 帯に加えて、屋内利用限定の 4.7GHz 帯を採用し、公共業務用固定局との共用検討の観点で、4.7GHz 帯の活用促進に資する建物侵入損の考察を行う。
- ・ 体育館のパターン分けによる中規模体育館の電波伝搬モデル仮説を検証し「R3-No. 22 成果報告書」で残課題とされている「体育館における R 値の知見拡充」に貢献する。

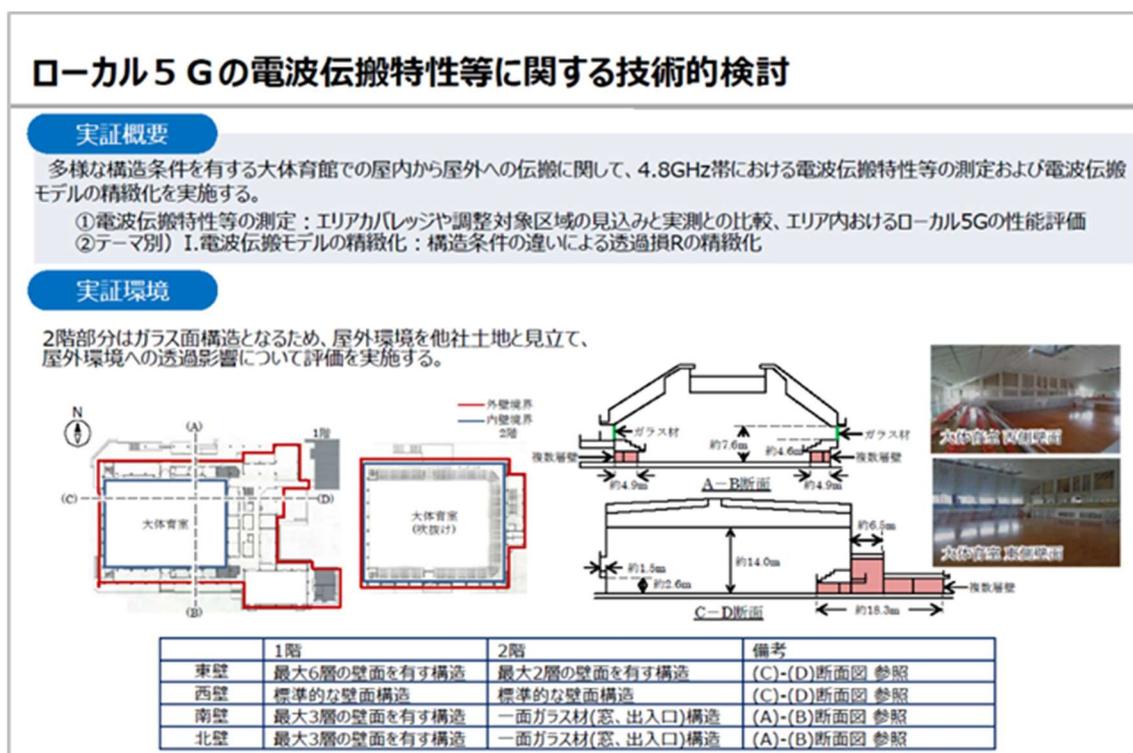


図 3.3-5 R3-No22 成果報告書より抜粋 1

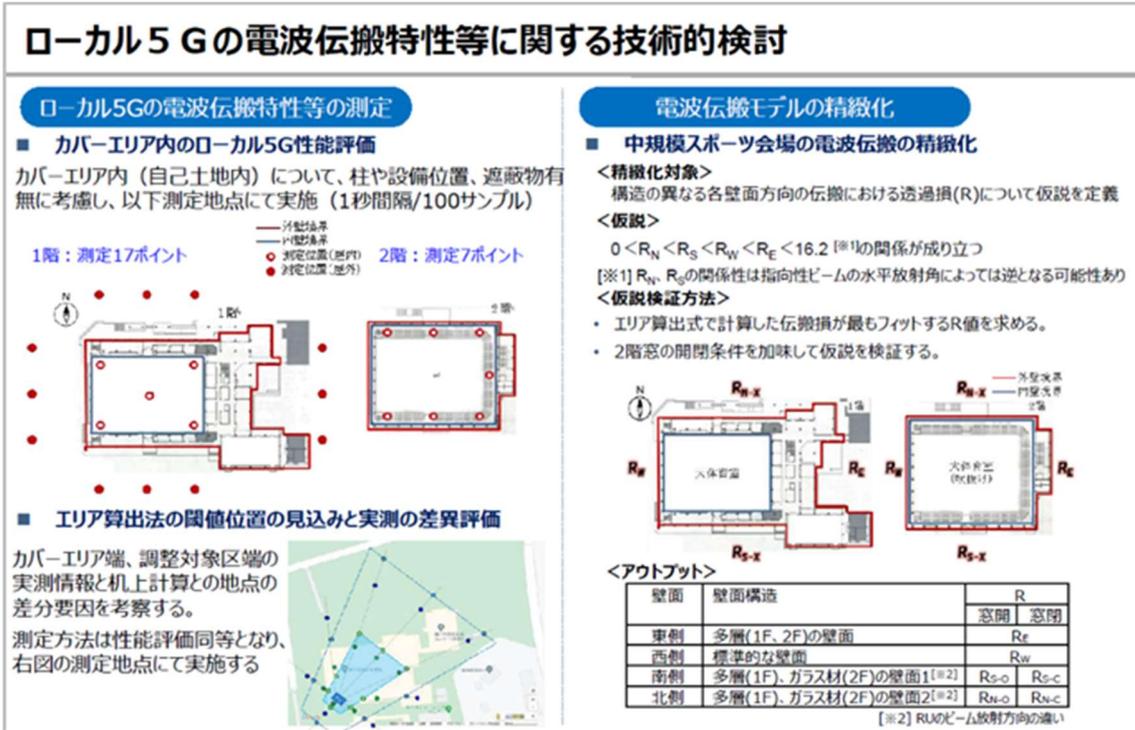


図 3.3-6 R3-No22 成果報告書より抜粋 2

(2) 実証仮説

「2.2 実施環境」でも記載した通り、Vリーグの試合が開催される体育館は、競技場壁面外の環境が「全方位屋内」、及び「一部が屋内、その他が屋外」が8割以上を占める。

この2通りの建物侵入損を精緻化することで、全国の体育館へ汎用的に適用できる電波伝播モデルを定義することができると考えた。SAGA プラザ、及び熊本市総合体育館の分類を図 3.3-7 に示す。

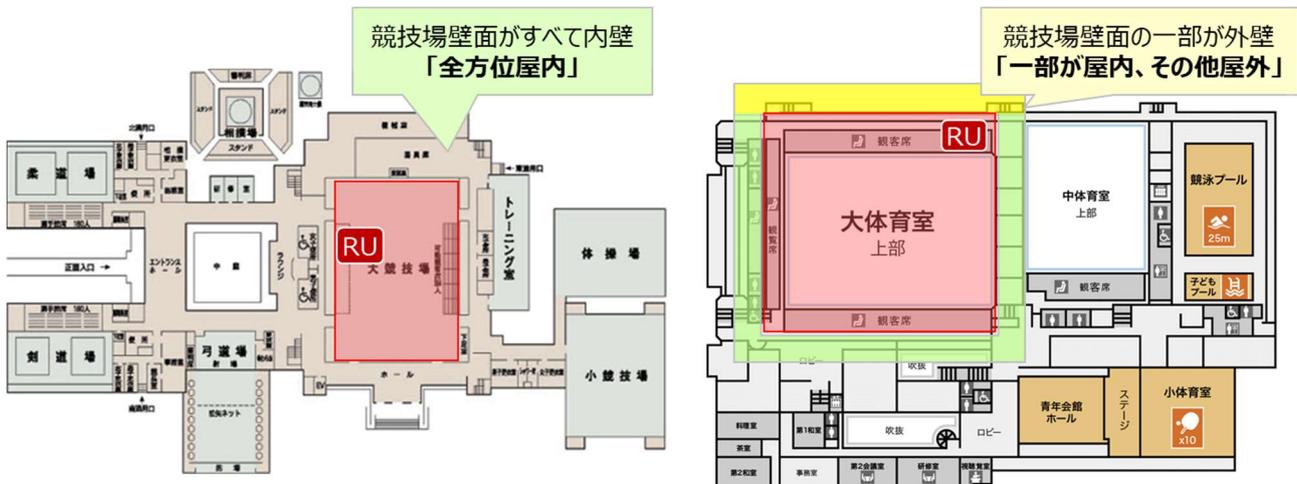


図 3.3-7 SAGA プラザ・熊本市総合体育館の分類

昨シーズン（2020-21）のVリーグ試合開催実績のある体育館は全国に87箇所あり、95%は体育館、競技場面積は84%が1,500～3,000 m²の「中規模体育館」であることが分かった。

中規模体育館はその数が多く、空間の構造や建築資材の素材において共通点が多いと考えられることから、以下2つの仮説を立てた。

仮説1：体育館は「競技場壁面外環境」の観点で、有意なパターン分けができる。

仮説2：上記、体育館のパターン分けの中でも割合が多いカテゴリについて、競技場壁面外環境毎のR値を定義することでより実測値に近いエリア算出ができる。

下記の流れで、体育館の構造の一般化と汎用的なR値の導出の実証を行った。

■体育館の構造の一般化

- ・中規模体育室の構造を、競技を行うアリーナ部と外壁の構造に大別する
- ・アリーナ部の構造（面積・床材・壁材・天井高）は、全国で共通と想定する。
- ・競技場壁面外の構造を下記の3つに分け、それぞれの透過損をR₁, R₂, R₃とする
 - ① 競技場壁面外が屋外になる構造：R₁
 - ② 競技場壁面外と屋外の間には屋内通路を挟む構造：R₂
 - ③ 競技場壁面外と屋外の間には別室がある構造：R₃

■R₁, R₂, R₃ の関係性を仮定として設定

$$R_1 < R_2 < R_3$$

■算出法エリア図及び仮説エリア図のR値を設定

- ・算出法エリア図は、全方位 R=16.2 で作図。
- ・仮説エリア図は、

R₁ = 15.6 （「R₃-No. 22 成果報告書」の記載を参考に「コンクリート壁 1 枚」という環境）

R₂ = 22.4 （田川市総合体育館で唯一の屋内通路を挟む屋外（東側）での実測値

R₃ = 38.0 （過年度の報告書には参照値がないことから R₁ と R₂ を足した R で仮定）

■汎用的なR値の導出

- ・上記の①～③の構造を持つ2つの体育館で、測定方向の壁面通過前後の電界強度を測定し伝搬損失を算出。
- ・得られた損失よりR値を精緻化。
- ・再度、2つの体育館のカバーエリア及び調整対象区域図（精緻化エリア図）を作成し実測値との比較を行いその妥当性を評価。

特に「全方位屋内」のパターンにおいては、エリア算出法の R=16.2dB よりも大きな R 値になることが見込まれ、4.7GHz 帯公共業務用固定局との共用の観点で、より多くの体育館内屋内エリアで活用できると考えた。

R₁, R₂, R₃ の構造を電波が透過する壁面数で考えれば、R₁ は1層、R₂ は2～3層、R₃ は4層以上となる。また、体育館における標準的な壁の厚さについては「R₃-No. 22 成果報告書」を参照し150mm厚コンクリート壁とした。R₁, R₂, R₃ と透過壁面数の関係について図 3.3-8 に示す。

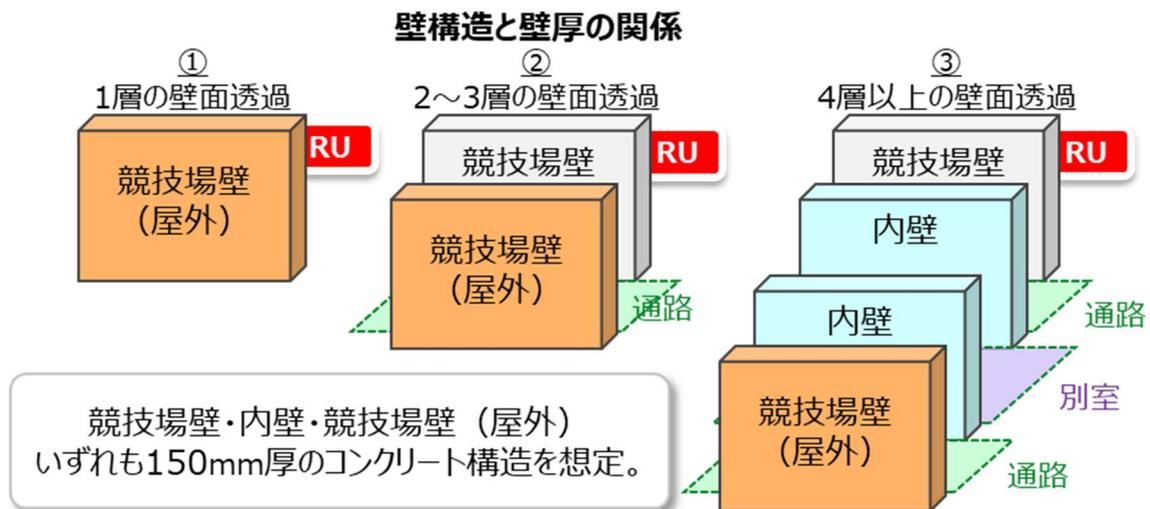


図 3.3-8 R1,R2,R3 構造の壁面透過数イメージ

a. 仮説に基づいた電波伝搬モデルの精緻化

SAGA プラザ、及び熊本市総合体育館の実測値と算出モデルとの比較、2 拠点で共通的に見られる傾向と相違点を整理する。

b. その他の中規模体育室におけるエリア構築と 4.7GHz 活用の考察

V リーグ試合開催実績のある体育館で、公共業務用固定局との共用検討において許容干渉電力の超過地点があるとされる市区町村と重ねると表 3.3-2 のようなリストになった。表の中から参考に久留米アリーナの図面を図 3.3-9 に示す。

表 3.3-2 公共業務用固定局との共用検討における許容干渉電力の超過地点数

試合会場	住所	評価地点数	超過地点数
福岡県/久留米アリーナ	福岡県久留米市東櫛原町 1 7 0 - 1	233	32
埼玉県/埼玉県立武道館	埼玉県上尾市日の出 4 丁目 1 8 7 7	44	10
佐賀県/SAGA プラザ総合体育館	佐賀県佐賀市日の出 1 丁目 2 1 - 1 5	440	237
栃木県/ブレックスアリーナ宇都宮	栃木県宇都宮市元今泉 5 丁目 6 - 1 8	323	1
熊本県/熊本県立総合体育館	熊本県熊本市西区上熊本 1 丁目 9 - 2 8 9番28号	88	1
埼玉県/川越運動公園総合体育館	埼玉県川越市下老袋 3 8 8 - 1	116	79
埼玉県/サイデン化学アリーナ	埼玉県さいたま市桜区道場 4 丁目 3 - 1	21	5
埼玉県/上尾市民体育館	埼玉県上尾市向山 4 丁目 3 - 1 0	44	20

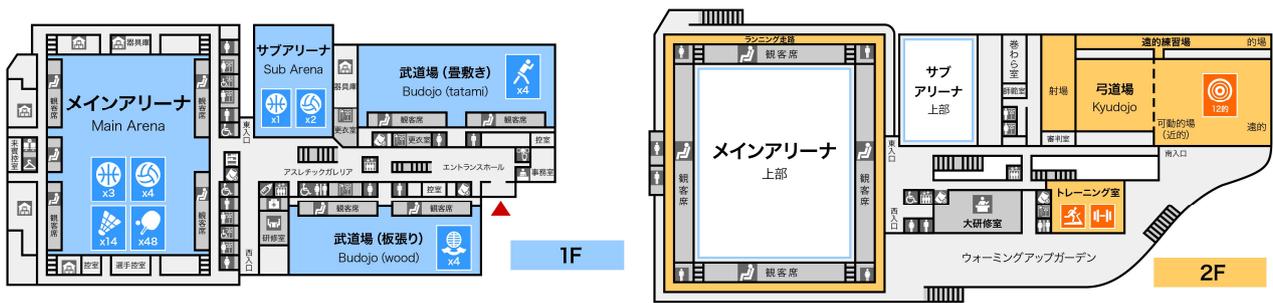


図 3.3-9 久留米アリーナ図面(参考)

これらの体育館では、屋内利用であっても 4.7GHz 帯の利用に制限を受けるが、精緻化した電波伝搬モデルを適用すれば、公共業務用固定局への与干渉、被干渉の程度が既存の算出モデルよりも実測に近い結果が得られると考えた。今後のビジネスモデル実装・横展開のためにも、これらの会場情報調査、仮説エリア設計の考察を行う。また、精緻化された値の場合、公共業務用固定局への与干渉、被干渉の程度がどのようになるのかについても評価・考察を行い、3.3.1(5) 実証結果及び考察に記載した。

(3) 評価・検証項目

本章において評価・検証する項目を以下に示す。

「エリア算出法の閾値の検証」

本検証では受信電力として表 3.3-3 に示す項目を評価・検証する。

表 3.3-3 エリア算出法の閾値の検証における評価・検証項目

評価・検証項目	説明
1 SS-RSRP [dBm]	1 リソースエレメントあたりの Synchronization Signal-Reference の受信電力
2 RSSI [dBm]	測定帯域内(アンリツ社製エリアテスタでは SS-Block 部分の全帯域)の 10FDM シンボルの受信電力[dBm]
3 SS-RSRQ [dB]	リソースブロック数×SS-RSRP と RSSI の比
4 SS-SIR [dB]	SS-RSRP とリソースエレメントあたりの干渉電力の比

(4) 評価・検証方法

本章における検証項目の評価・検証方法を以下に説明する。

1) エリア算出法の閾値の検証

以下の各ステップを実施することにより検証する。

a. カバーエリア、及び干渉調整対象区域のエリア端位置の図示

エリア端受信電力の閾値を表 3.3-4 に示す。

表 3.3-4 エリア端の閾値

閾値種別	閾値
カバーエリア	-84.6dBm
調整対象区域	-91.0dBm

b. 各エリア端位置での電界強度の実測

各 RU について、エリア端位置に相当する 5 地点以上の地点を選択し、選択した地点において、表 3.3-3 に記載の測定項目を測定する。測定には電界強度測定器(アンリツ社製エリアテスタ ML8780A)を使用する。測定は 0.1 秒間隔で 2 分間(合計 1,000 サンプル以上)の測定値を取得し、平均値を求めた。

仮説エリア図内において、基地局からの距離、方向が異なる 30 以上の地点で受信電力を測定した。その際、算出法エリア図と仮説エリア図のカバーエリア及び干渉調整対象区域端における実際の受信電力を測定する。

- ・ 上記測定に加えて、ある一方向だけではなく、全方位 30° 方向毎の 12 方向でのエリア算出法に定めるカバーエリア及び干渉調整対象区域の閾値がそれぞれ実測される基地局からの距離を確認した。
- ・ 壁面透過後のポイントでの測定に加え、ITU-R P.2040-2 を参考に壁面透過直前・直後のポイントでも測定した。
- ・ 移動局(測定器・4.7GHz 帯)のアンテナ利得は 0dBi とした。
- ・ 定在波の影響を避けるため、1 つの測定点において、10λ(λ 波長は 4.7GHz の場合約 64mm、10λ=640mm)の範囲で測定位置を動かしながら(あるいは 10λ の範囲で複数の位置を定めて)、そこで得られた全てのサンプルを統計処理した。
- ・ 測定点あたり、100msec 周期の合計 1000 サンプルの測定結果に対し、中央値、σ、上位 10% 値、下位 10% 値を算出した。

測定データに加え、以下の情報を入手した。

- ・ 試験系統図及び環境図等：試験系統図、試験環境図(測定地点の配置及び基地局間距離、見通し状況、アンテナ高等)や写真等
- ・ 分析結果：実証結果の妥当性を第 3 者が確認するために必要な情報として、適切な伝搬モデルと実証結果の比較結果等
- ・ 現地調査時に R 精緻化の対象となる壁面の材質、寸法等の情報を記載

c. 測定概要（佐賀・熊本共通）

- ・ 受信電力測定地点：合計 30 ポイント
- ・ 干渉調整対象区域境界線上の実測：屋外 12 ポイント (①の内数)
- ・ 上記 ii. の実測値が計算値と±3dB 以上差がある場合：極力、計算値に近づく地点を探して再測定
- ・ スループット測定 5 ポイント（課題実証で UE を動作させる地点）

SAGA プラザの測定範囲と立面図を図 3.3-10、図 3.3-11 に示す。

① 準同期 TDD1 (4.8GHz 帯) 電波発射

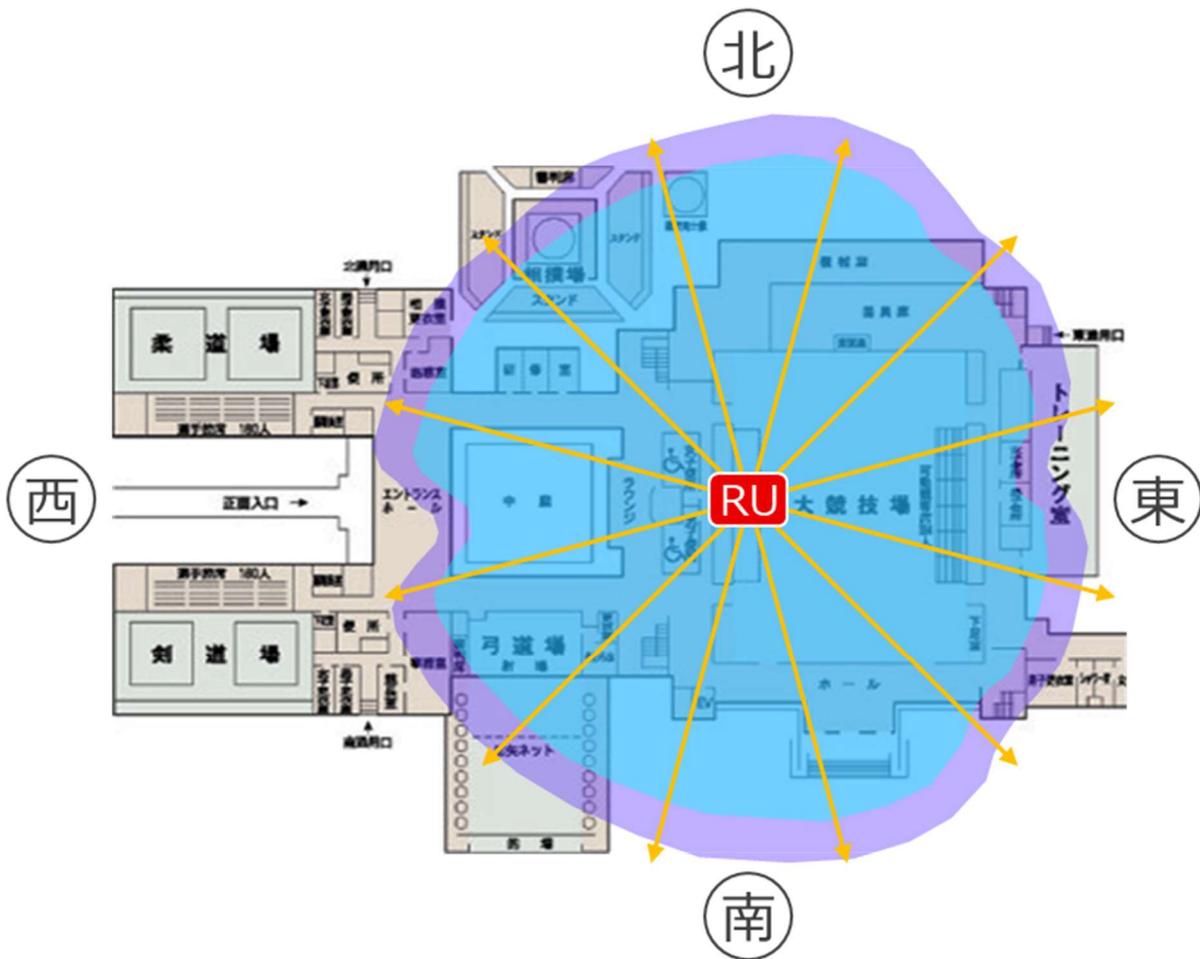


図 3.3-10 SAGA プラザ測定範囲

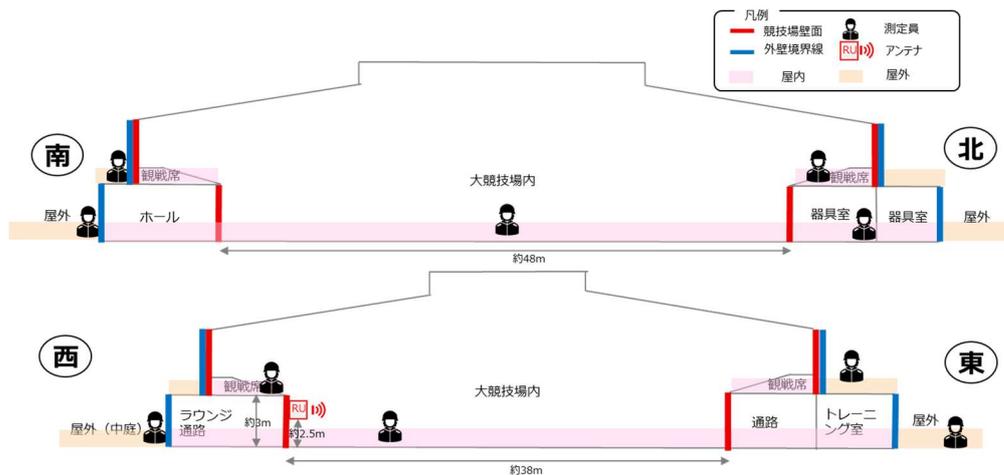


図 3.3-11 SAGA プラザ立面図

熊本市総合体育館の測定範囲と立面図を図 3.3-12、図 3.3-13 に示す。

- ① 準同期 TDD1 (4.7GHz 帯)のみ電波発射
- ② 同期 TDD (4.8GHz 帯)のみ電波発射
- ③ 同期 TDD・準同期 TDD1 とともに電波発射

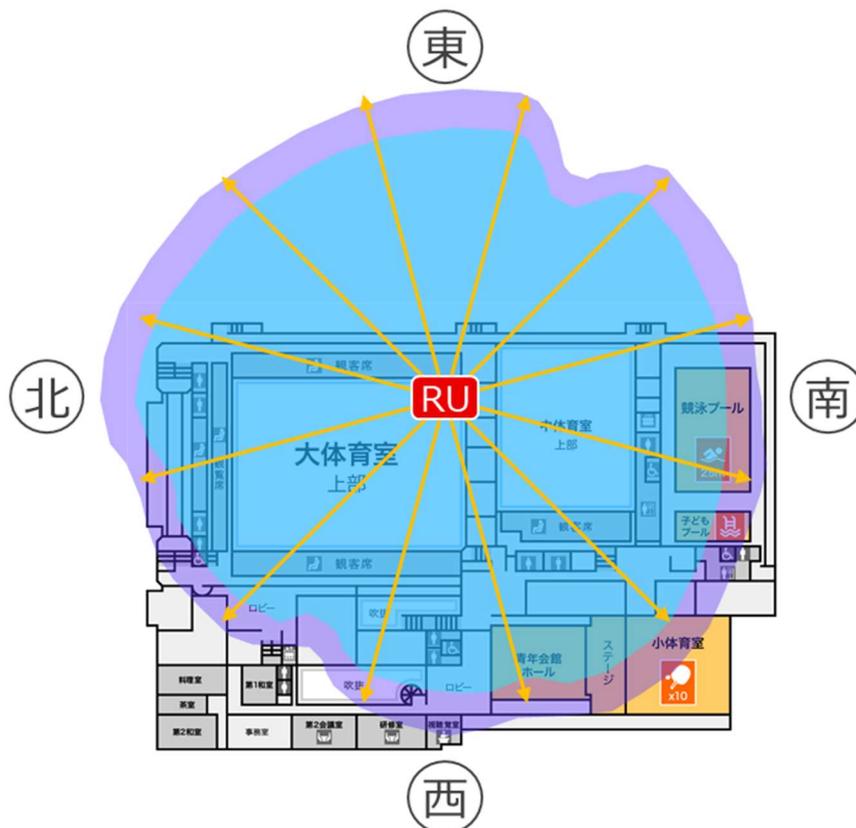


図 3.3-12 熊本市総合体育館測定範囲

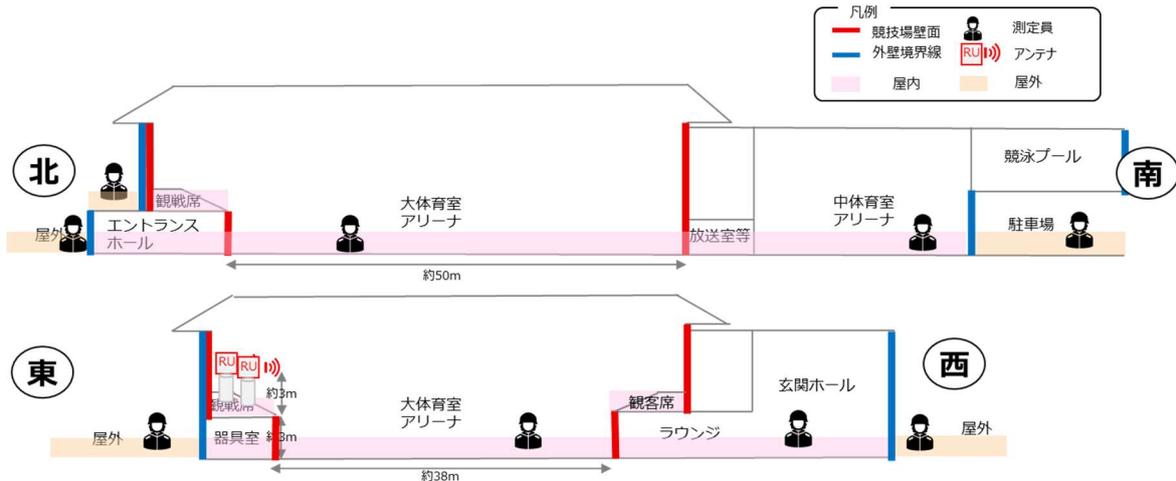


図 3.3-13 熊本市総合体育館立面図

- i. 実測値とエリア算出式における閾値との比較
測定した実測値とエリア算出式における各エリア端に相当する閾値を比較した。
- ii. 閾値が得られる実測地点の確認
i. の結果、実測値と閾値が 3dB 以上異なる場合は、RU と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。
- iii. 実測と閾値の得られる地点の平面図上へのプロット
エリア算出式で閾値となる地点と、実測にて閾値が得られる地点について、平面図上にプロットした。

2) 電波伝搬特性評価測定機類

技術実証にて使用した測定機類を示す。

a. エリアテスタ：アンリツ製 ML8780A (Sub6 測定ユニット) +測定用アンテナ

Sub6 測定ユニットを搭載したエリアテスタの外観を図 3.3-14 に、仕様を表 3.3-5 に示す。測定用アンテナパターンを図 3.3-15 に示す。



図 3.3-14 エリアテスタ・測定用アンテナ外観

表 3.3-5 エリアテスト諸元

5GNR TDD sub-6GHz測定ユニット MU878070A

項目	規格												
電気的性能	入力コネクタ	RF信号入力：SMA-J, 50Ω(公称値) 上位ユニットインタフェース 特殊規格コネクタ：2B200-6430-8N2AB (挿抜回数：500回以上) 下位ユニットインタフェース 特殊規格コネクタ：2A200-6130-8N2AB (挿抜回数：500回以上)											
	周波数範囲	MX878071A選択時：3600 MHz~4200 MHz MX878072A選択時：4400 MHz~4900 MHz 5G NR TDD測定時の精度保証範囲はSSBの中心周波数設定が以下の範囲 最小周波数 +3.6 MHz~最大周波数 -3.6 MHz CW測定時の精度保証範囲 最小周波数 +10 MHz~最大周波数 -10 MHz											
	チャンネル帯域幅	10/15/20/30/40/50/60/70/80/90/100 MHz											
	設定分解能	0.01 MHz											
	基準発振器	エージングレート：±1.0 ppm/年(水晶メーカー保証による)											
測定種別および測定対象信号	5G NR測定 Duplex Mode：TDD Cyclic Prefix：Normal SSB Block Subcarrier Spacing：30 kHz 被測定受信信号：SSS (Secondary Synchronization Signal) DMRS for PBCH (Demodulation Reference Signal) SS周期：5/10/20/40/80/160 ms 測定項目：SS-RSRP, SS-RSRQ, SS-SIR, Transmission Power, RSSI, DMRS-RSRP, DMRS-SIR, Timing CW測定 被測定受信信号：無変調波 測定項目：電力 スペクトラムモニタ 被測定受信信号：指定なし 測定項目：電力												
電力測定	最大入力レベル	-25 dBm/20 MHz *：5G NR TDD測定 SS-RSRP, DMRS-RSRP測定では-53.2 dBmに相当する											
	絶対最大入力	0 dBm, 0 Vdc											
	分解能	0.1 dB											
	表示単位	5G NR TDD測定 SS-RSRP, DMRS-RSRP, Transmission Power, RSSI：dBm SS-RSRQ, SS-SIR, DMRS-SIR, 遅延プロファイル：dB CW測定 dBm スペクトラムモニタ dBm, dBμV, dBμV/m											
	5G NR TDD 測定精度	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Es/Iot [dB]</th> <th>最大入力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>-56.2 dBm</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-58.0 dBm</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>-59.3 dBm</td> </tr> <tr> <td>-3</td> <td>-61.0 dBm</td> </tr> <tr> <td>-6</td> <td>-63.2 dBm</td> </tr> </tbody> </table> SSS RSRP：±2.5dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) ±4.7 dB (-129 dBm ≦ RSRP < -110 dBm, -6 dB ≦ Es/Iot) RSRQ：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) SIR：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) DMRS RSRP：±2.5dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB) ±4.7 dB (-129 dBm ≦ RSRP < -110 dBm, -6 dB ≦ Es/Iot) SIR：±2.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP ≦ 最大入力, -3 dB ≦ Es/Iot ≦ +3 dB) ±3.5 dB (-110 dBm ≦ RSRP < 最大入力, -6 dB ≦ Es/Iot < -3 dB)	Es/Iot [dB]	最大入力	40	-56.2 dBm	3	-58.0 dBm	0	-59.3 dBm	-3	-61.0 dBm	-6
Es/Iot [dB]	最大入力												
40	-56.2 dBm												
3	-58.0 dBm												
0	-59.3 dBm												
-3	-61.0 dBm												
-6	-63.2 dBm												
CW測定精度	±2.5 dB (-110 dBm ≦ CW入力 ≦ -25 dBm)												

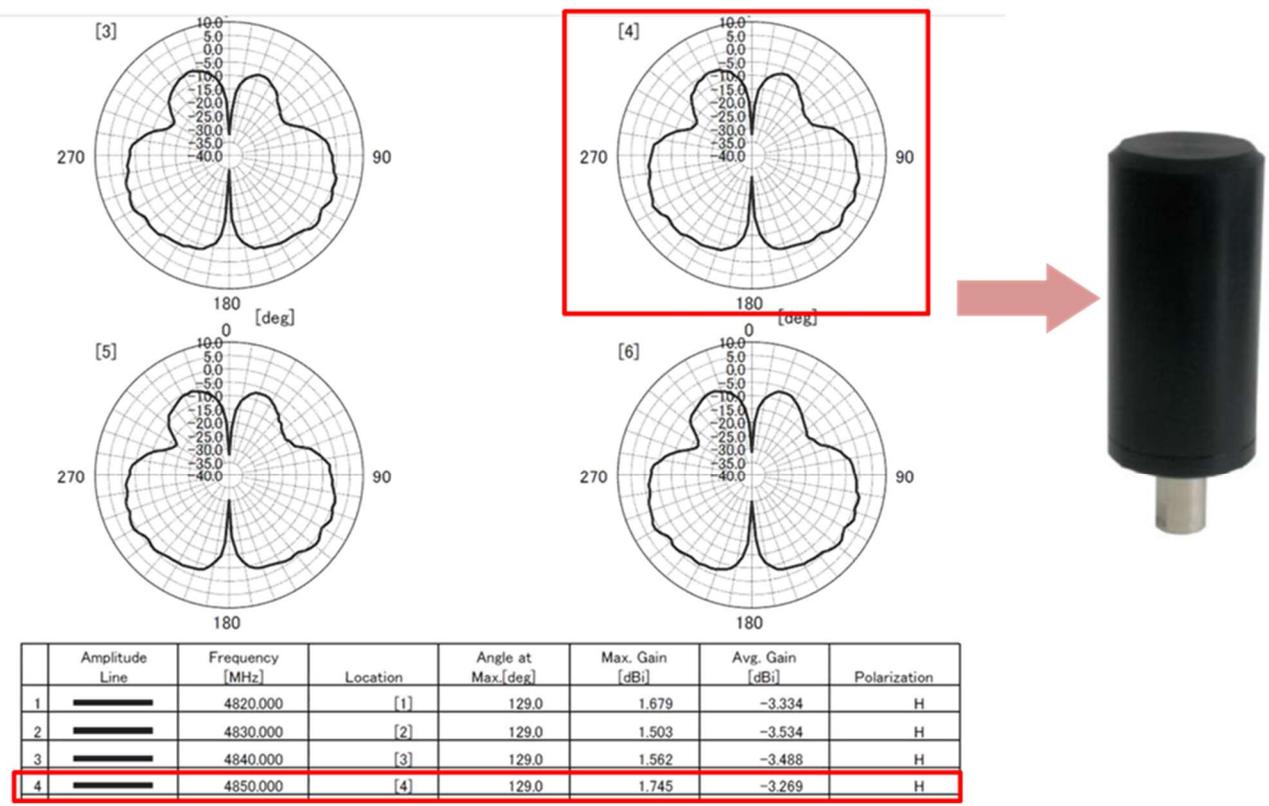
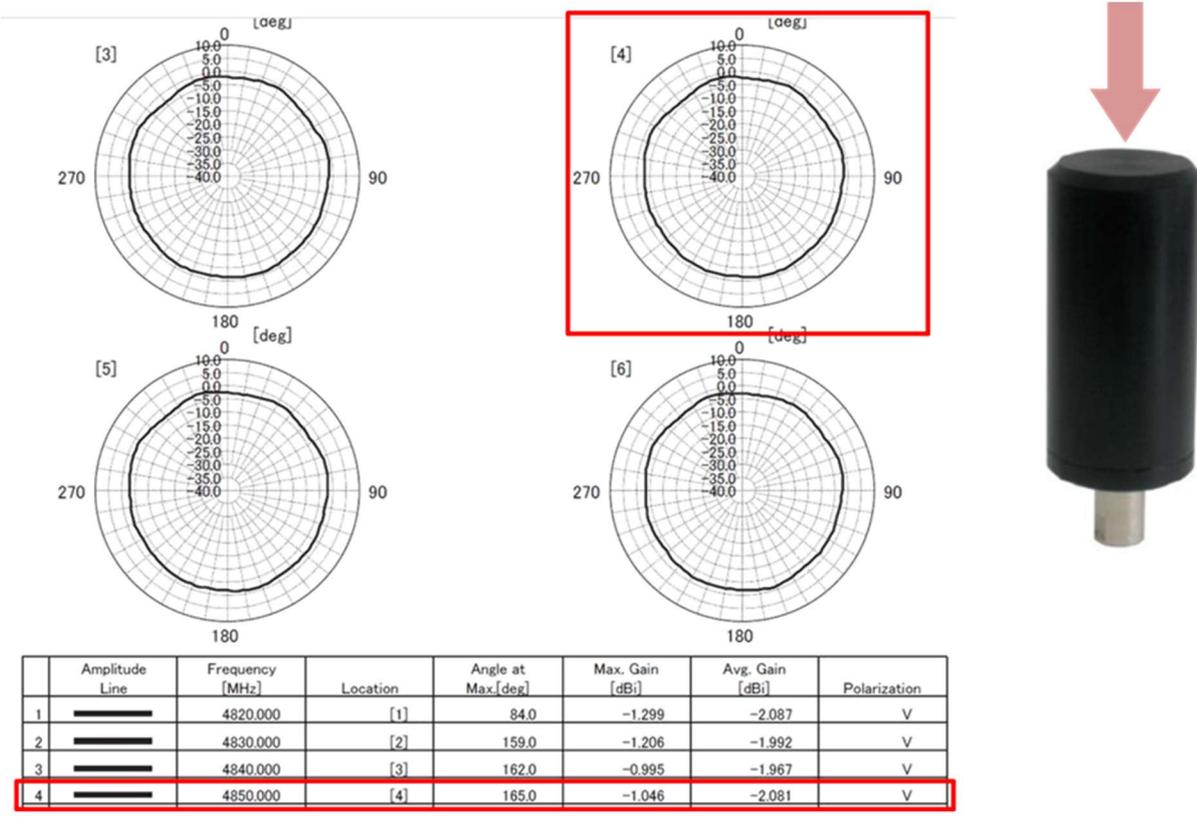


図 3.3-15 測定用アンテナパターン

b. UE ステータスマニター キーサイト・テクノロジー製 Nemo Outdoor

ローカル 5G 端末(UE)のステータスマニターとして、ソフトウェア測定器を使用する。

当該ソフトウェアをインストールした PC 端末とローカル 5G 端末(UE)を有線接続し、5G NR における評価項目を測定する。図 3.3-16 に画面イメージ、表 3.3-6 に 5G NR 評価項目を示す。

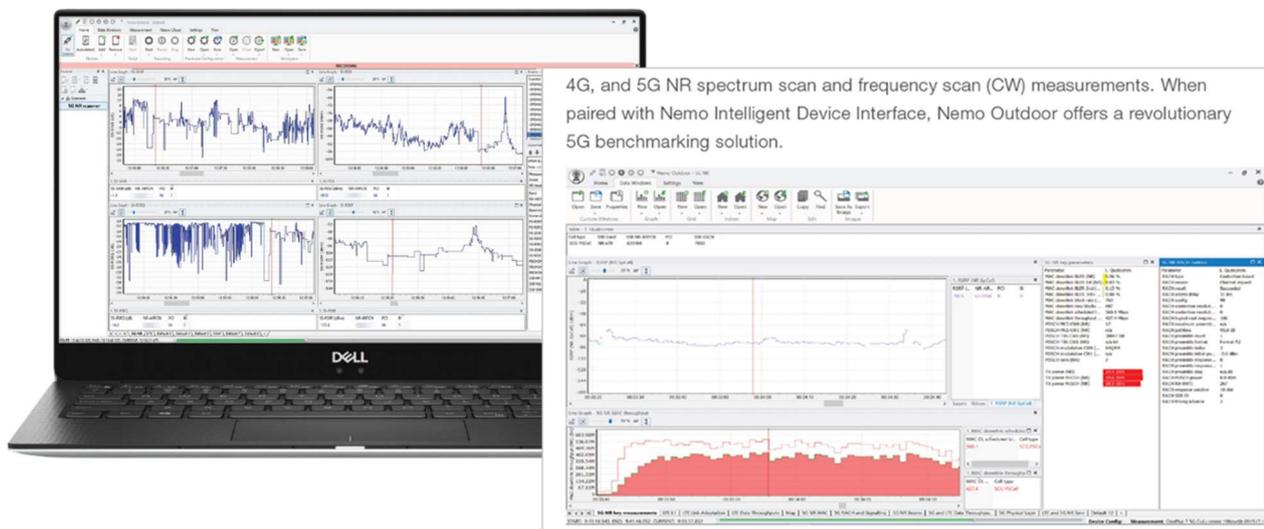


図 3.3-16 Nemo Outdoor 試験構成及び画面イメージ

表 3.3-6 5G NR 評価項目

大項目	中項目	詳細 (評価項目)
Coverage	RSRP	SS RSRP (SS reference signal received power)
		CSI RSRP (CSI reference signal received power)
		SRS RSRP (SRS reference signal received power)
		PDSCH Signal Level (PDSCH signal received power)
		PUSCH Signal Level (PUSCH signal received power)
	RSRQ	SS RSRQ (SS reference signal received quality)
		CSI RSRQ (CSI reference signal received quality)
Capacity	SINR	SS SINR (SS signal-to-noise and interference ratio)
		CSI SINR (CSI signal-to-noise and interference ratio)
		SRS SINR (SRS signal-to-noise and interference ratio)
		PDSCH SINR (PDSCH signal-to-noise and interference ratio)
		PUSCH SINR (PUSCH signal-to-noise and interference ratio)
	Throughput	PDSCH Throughput
		PUSCH Throughput
Other	Other	CQI Index
		RSSI
		Path loss
		Best Server

(5) 実証結果及び考察

1) 測定点の選定

精緻化対象パラメータ R の実測データ収集のため、SAGA プラザ、熊本市総合体育館に共通して下記の考え方で測定点を選定した。

- ① RU 設置位置から四方の壁面（観覧席等の構造物を含む）の透過損を把握するため、透過前後の位置に測定点を設定。
- ② 算出法エリア図をもとに、カバーエリア端(-84.6dBm)及び干渉調整区域端(-91.0dBm)の推定位置を参照し、境界線上に測定点を設定。
- ③ 上記に基づいて実際に現地を確認し、電波測定作業の安全を確保した上で、他の体育館利用者等の第三者に支障を与えない地点を測定点として採用した。(立ち入りが難しい場所については最寄りで測定可能な地点にて代替とした)

なお、カバーエリア端及び干渉調整区域端の実測値がエリア算出法で計算された受信電力と±3dB以上の乖離がある場合には、より近い値が得られる地点を上記③の条件を満たす範囲で探し、測定点を調整することとした。

選定した測定点について、SAGA プラザ分を図 3.3-17 及び表 3.3-7 に、熊本市総合体育館分を図 3.3-18 及び表 3.3-8 に示す。

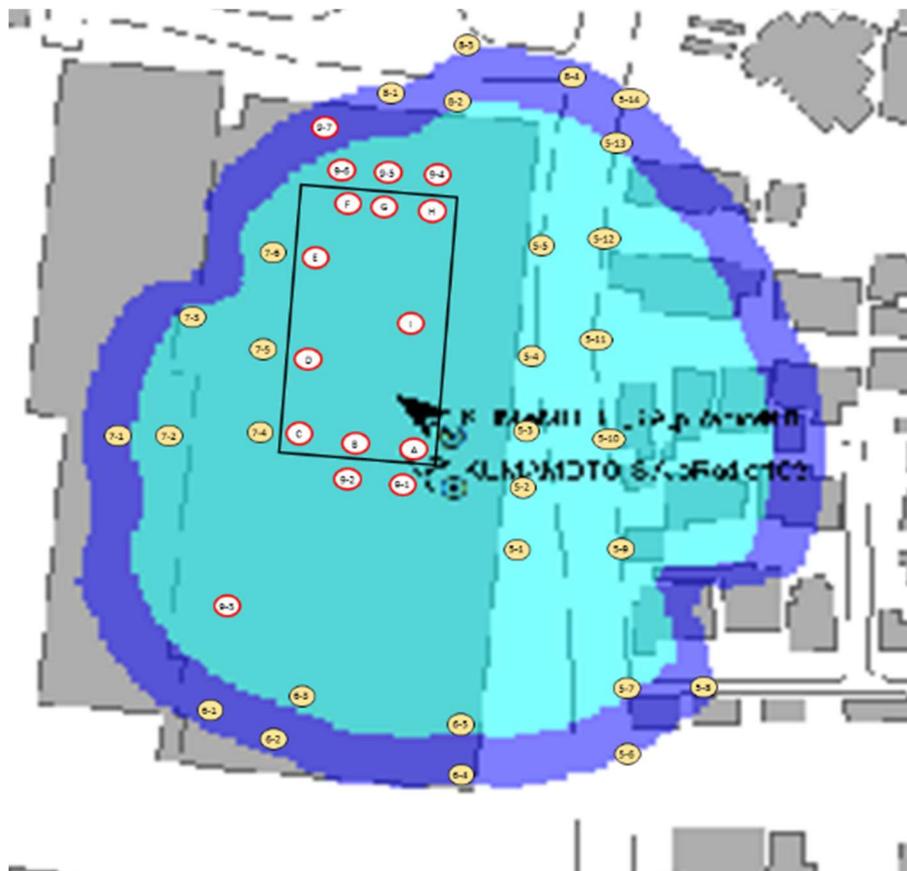


図 3.3-17 SAGA プラザ測定点図

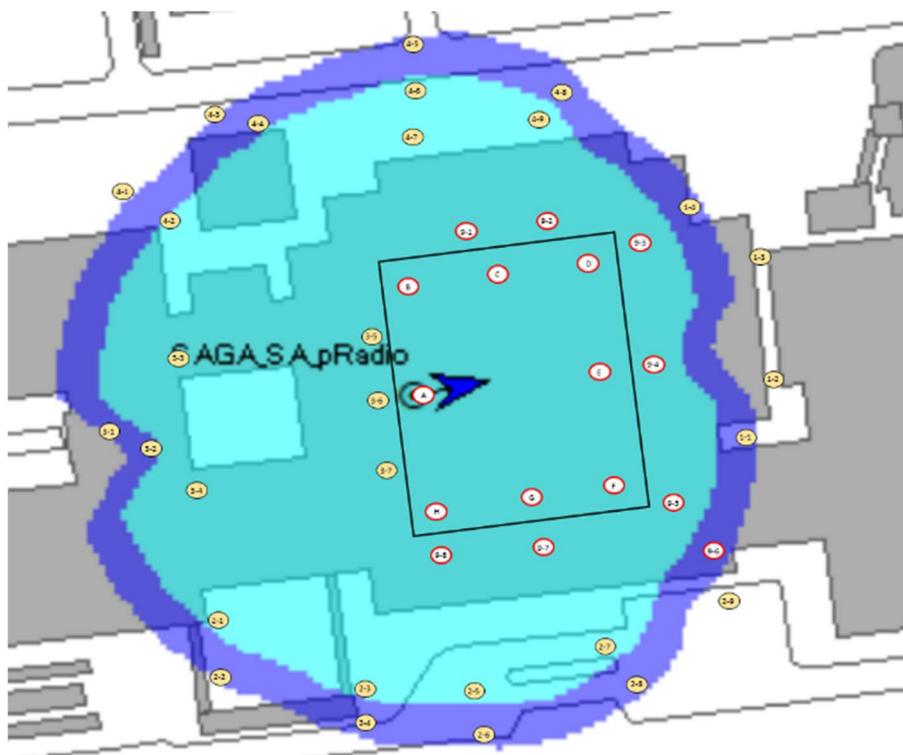


図 3.3-18 熊本市総合体育館測定点図

表 3.3-7 SAGA プラザ測定点一覧(76 地点)

RUから見た方角		測定点	LOS/NLOS	屋内/屋外	測定点の説明	
東	北東	D	LOS	屋内	大競技場北東角・内壁透過直前	
		13-3	LOS	屋内	大競技場東側・内壁透過直後	
		1-4	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後	
		1-5	NLOS	屋外	体育館東側・外壁(窓)透過後(干渉調整区域端)	
	北東東	1-3	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後	
	東	E	LOS	屋内	大競技場東側・内壁透過直前	
		13-4	NLOS	屋内	大競技場東側・内壁透過直後	
		1-1	NLOS	屋外	体育館東側・外壁(窓)透過直後(干渉調整区域端)	
	南東	1-2	NLOS	屋外	体育館東側・外壁(窓)透過後(カバーエリア端)	
		F	LOS	屋内	大競技場南東角・内壁透過直前	
南	南東	13-5	LOS	屋内	大競技場東側・内壁透過直後	
		13-6	LOS	屋内	大競技場南東角・内壁透過後	
		2-7	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		2-8	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		2-9	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	南南東	2-10	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		G	LOS	屋内	大競技場南側・内壁透過直前	
		13-7	NLOS	屋内	大競技場南側・内壁透過直後	
		2-5	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(カバーエリア端)	
	南	2-6	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		H	LOS	屋内	大競技場南西角・内壁透過直前	
		13-8	LOS	屋内	大競技場南側・内壁透過直後	
		2-3	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		2-4	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	南南西	2-2	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	南西	2-1	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	西	南西	3-7	NLOS	屋内	大競技場西側・内壁透過直後
			3-13	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後
			3-4	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後
		南西西	3-8	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後
3-9			NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後(干渉調整区域端)	
A			LOS	屋内	大競技場西側・内壁透過直前	
西		3-1	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後(カバーエリア端)	
		3-2	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後(カバーエリア端)	
		3-6	NLOS	屋内	大競技場西側・内壁透過直後	
		3-11	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後(カバーエリア端)	
		3-3	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後	
北西西		3-10	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後(干渉調整区域端)	
		3-12	NLOS	屋内	体育館西側・内壁透過後	
		B	LOS	屋内	大競技場北西角・内壁透過直前	
北西		3-5	NLOS	屋内	大競技場西側・内壁透過直後	
		13-1	NLOS	屋内	大競技場北側・内壁透過直後	
北西		4-1	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-2	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
	4-3	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)		
北	北北西	4-4	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		C	LOS	屋内	大競技場北側・内壁透過直前	
	北	13-2	NLOS	屋内	大競技場北側・内壁透過直後	
		4-5	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-6	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		4-7	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後	
		4-10	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		4-11	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-12	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-13	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後	
		4-19	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-20	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-21	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	北北東	4-8	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
		4-9	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		4-22	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
	北東	4-14	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後	
		4-15	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		4-16	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(カバーエリア端)	
		4-17	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)	
4-18		NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)		
コート周辺 および2F	コート周辺	I	LOS	屋内	審判目録360度カメラ位置	
		J	LOS	屋内	南側コート脇360度カメラ位置	
		K	LOS	屋内	南側ベンチ前360度カメラ位置	
		L	LOS	屋内	北側ベンチ前360度カメラ位置	
		M	LOS	屋内	北側コート脇360度カメラ位置	
	2F観覧席	N	LOS	屋内	2F大競技場内西側・内壁透過直前	
		O	LOS	屋内	AIカメラ位置	
		P	LOS	屋内	RU設置壁透過直後(北西)	
		Q	LOS	屋内	RU設置壁透過直後(南西)	

表 3.3-8 熊本市総合体育館測定点一覧(59 地点)

RUから見た方向		測定点	LOS/NLOS	屋内/屋外	測定点の説明
東	東北東	5-5	NLOS	屋外	体育館東側・内壁透過直後
		5-12	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(測定可能地点端)
		5-15	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(カバーエリア端)
		5-16	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(干渉調整区域端)
	東	5-4	NLOS	屋外	体育館東側・内壁透過直後
		5-11	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(測定可能地点端)
	東南東	A	LOS	屋内	大体育室東側・内壁透過直前(大体育室内、南東角)
		5-3	NLOS	屋外	大体育室東側・内壁透過直後
		5-10	NLOS	屋外	大体育室東側・外壁透過後(カバーエリア端)
		5-2	NLOS	屋外	大体育室東側・内壁透過直後
		5-9	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(カバーエリア端)
		5-8	NLOS	屋外	体育館東側・外壁透過後(干渉調整区域端)
南	南南東	14-1	NLOS	屋内	大体育室南側・内壁透過直後
		5-1	NLOS	屋外	体育館南東側・外壁透過直後(干渉調整区域端)
		5-7	NLOS	屋外	体育館南東側・外壁透過後(カバーエリア端)
		5-6	NLOS	屋外	体育館南側・外壁透過後(干渉調整区域端)
		6-5	NLOS	屋内	体育館南側・外壁透過直前(カバーエリア端)
		6-4	NLOS	屋内	体育館南側・外壁透過直前(干渉調整区域端)
	南	B	LOS	屋内	大体育室南側・内壁透過直前(大体育室内、南面)
		14-2	NLOS	屋内	大体育室南側・内壁透過直後
		6-3	NLOS	屋内	大体育室南側・外壁透過後(カバーエリア端)
		6-2	NLOS	屋内	大体育室南側・外壁透過後(干渉調整区域端)
	南南西	C	LOS	屋内	大体育室南側・内壁透過直前(大体育室内、南西角)
		14-3	NLOS	屋内	中体育室南側(カバーエリア端)
		6-1	NLOS	屋内	大体育室南側・外壁透過後(干渉調整区域端)
	西	西南西	7-4	NLOS	屋内
7-2			NLOS	屋内	大体育室西側・外壁透過後(カバーエリア端)
7-1			NLOS	屋内	大体育室西側・外壁透過後(干渉調整区域端)
西		D	LOS	屋内	大体育室西側・内壁透過直前(大体育室内、西面)
		7-5	NLOS	屋内	大体育室西側・内壁透過直後
		7-3	NLOS	屋内	大体育室西側・外壁透過後(カバーエリア端)
西北西		E	LOS	屋内	大体育室西側・内壁透過直前(大体育室内、西面北寄り)
		7-6	NLOS	屋内	大体育室西側・内壁透過直後
	F	LOS	屋内	大体育室北側・内壁透過直前(大体育室内、北西角)	
北	北北西	14-6	NLOS	屋内	大体育室北側・内壁透過直後(大体育室内、北西角)
		8-6	NLOS	屋内	大体育室北側・内壁透過後(干渉調整区域端)
		14-7	NLOS	屋内	大体育室北側・内壁透過後(カバーエリア端)
		G	LOS	屋内	大体育室北側・大体育室北側・内壁透過直前(大体育室内、北面)
	北	14-5	NLOS	屋内	大体育室北側・内壁透過直後(大体育室内、北面)
		8-1	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)
		8-5	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)
		8-7	NLOS	屋外	体育館北側・外壁透過後(干渉調整区域端)
	北北東	H	LOS	屋内	大体育室北側・内壁透過直前(大体育室内、東北角)
		14-4	NLOS	屋内	大体育室北側・内壁透過直後(大体育室内、東北角)
		8-2	NLOS	屋外	体育館北側・内壁透過後(干渉調整区域端)
		8-3	NLOS	屋外	体育館北側・内壁透過後(カバーエリア端)
		8-4	NLOS	屋外	体育館北側・内壁透過後(カバーエリア端)
		5-13	NLOS	屋外	体育館北側・内壁透過後(カバーエリア端)
	5-14	NLOS	屋外	体育館北側・内壁透過後(干渉調整区域端)	
コート周辺 および2F	コート周辺	I	LOS	屋内	審判目録360度カメラ位置
		J	LOS	屋内	北側コート脇360度カメラ位置
		K	LOS	屋内	北側ベンチ前360度カメラ位置
		L	LOS	屋内	南側ベンチ前360度カメラ位置
		M	LOS	屋内	南側コート脇360度カメラ位置
	2F観覧席	N	LOS	屋内	A1カメラ位置
		O	LOS	屋内	2F大体育室内東側・内壁透過直前
		P	LOS	屋内	2F大体育室内東側・内壁透過直前
		Q	LOS	屋内	RU1設置位置直近
		R	LOS	屋内	RU2設置位置直近

2) 測定点の詳細

SAGA プラザ測定点 (全体図)

SAGA プラザ : 屋内 17 地点、屋外 59 地点 (合計 76 地点)

※エリア端における事前シミュレーションとの差が $\pm 3\text{dB}$ 以上見られた測定点について、追加の測定を行ったため、当初の予定測定点数 (30 地点) よりも増加した。

佐賀 1F

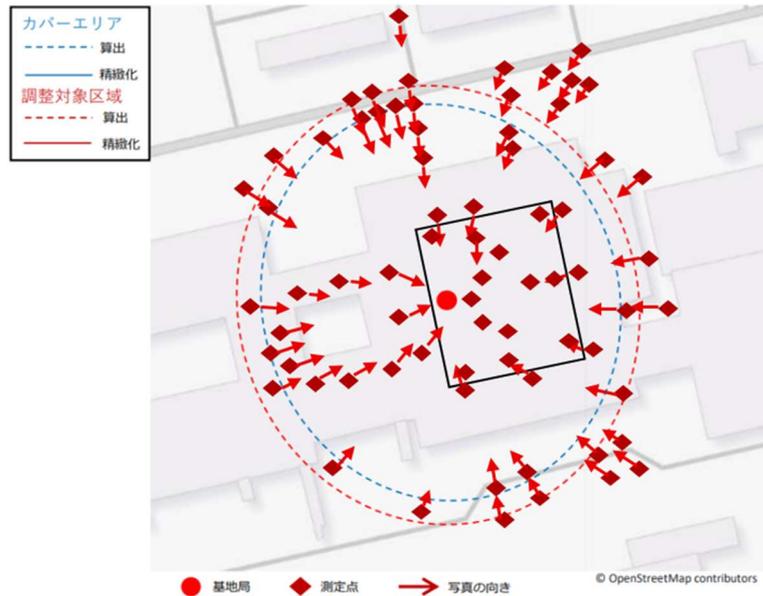


図 3.3-19 SAGA プラザ 1F 測定点図

佐賀 2F

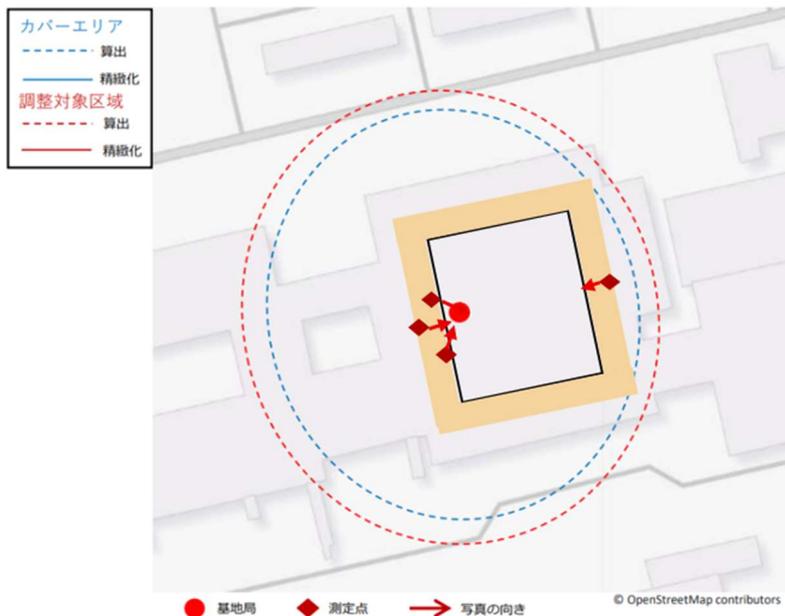


図 3.3-20 SAGA プラザ 2F 測定点図

SAGA プラザ測定点（詳細）

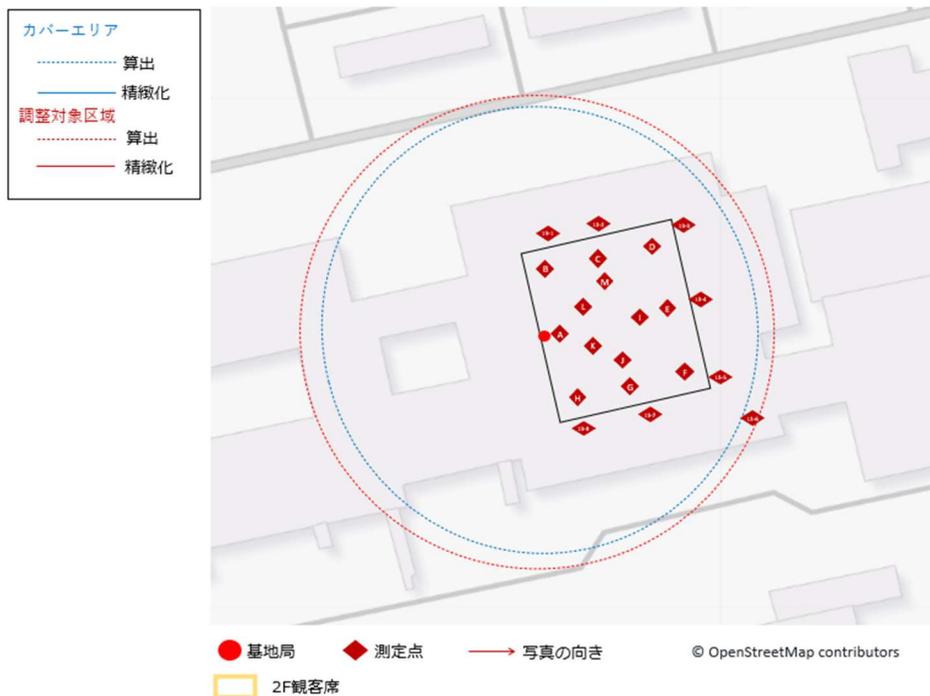


図 3.3-21 SAGA プラザ 1F 大競技場内及び周辺測定点図

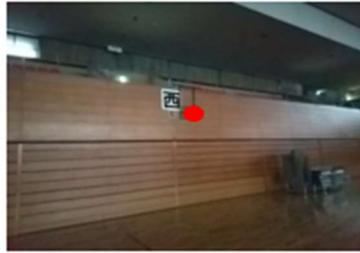


図 3.3-22 SAGA プラザ 1F 大競技場内測定点写真 1

測定点 J



測定点 K



測定点 L



測定点 M

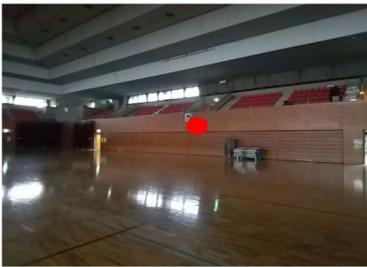


図 3.3-23 SAGA プラザ 1F 大競技場内測定点写真 2

測定点 13-1



測定点 13-2



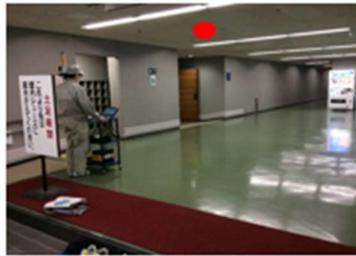
測定点 13-3



測定点 13-4



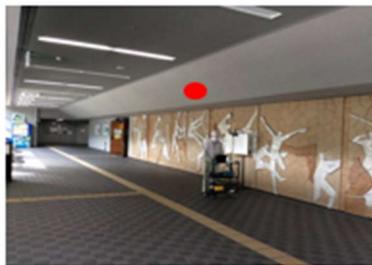
測定点 13-5



測定点 13-6



測定点 13-7



測定点 13-8

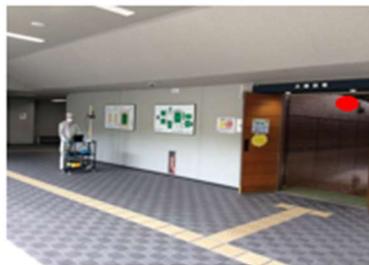


図 3.3-24 SAGA プラザ 1F 大競技場周辺測定点写真

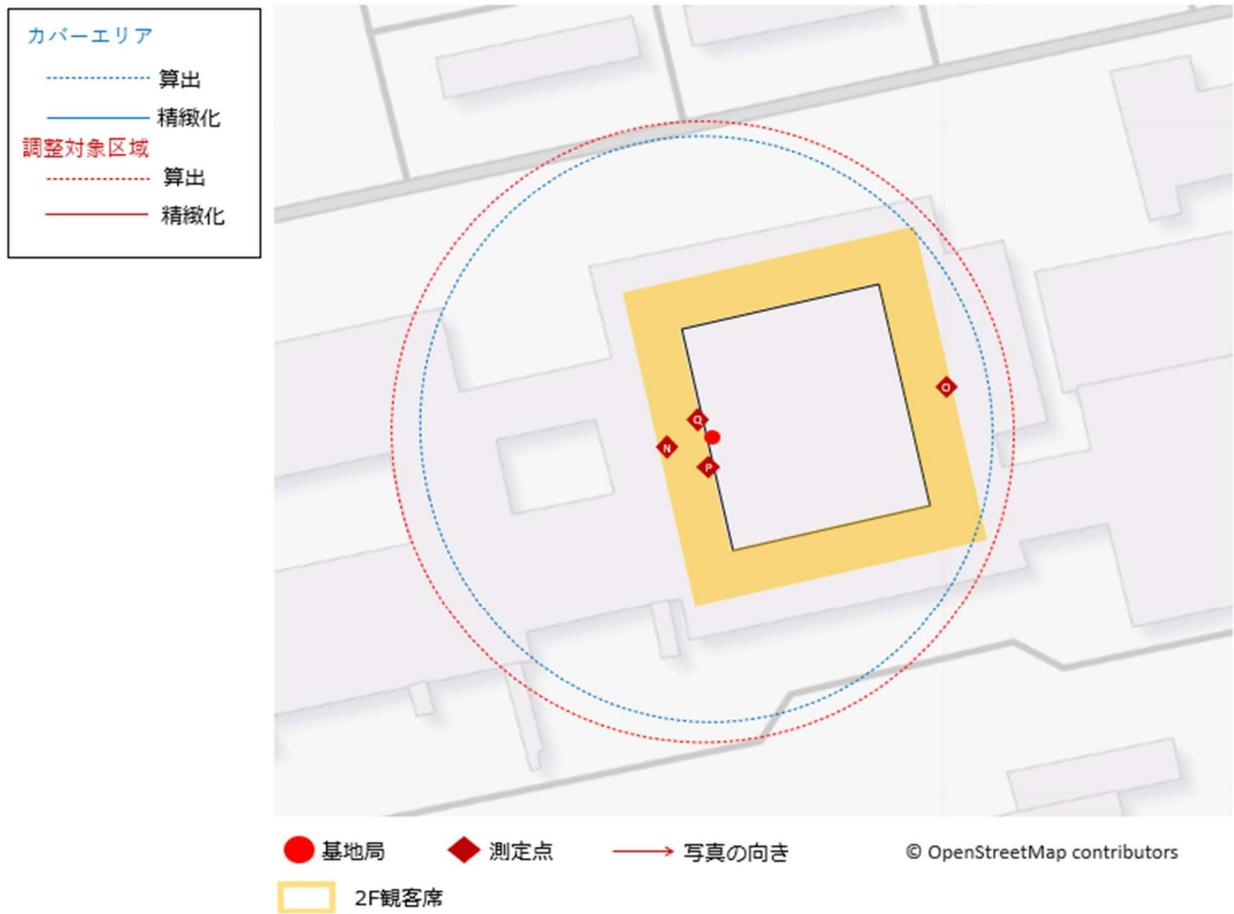


図 3.3-25 SAGA プラザ 2F 大競技場内測定点図

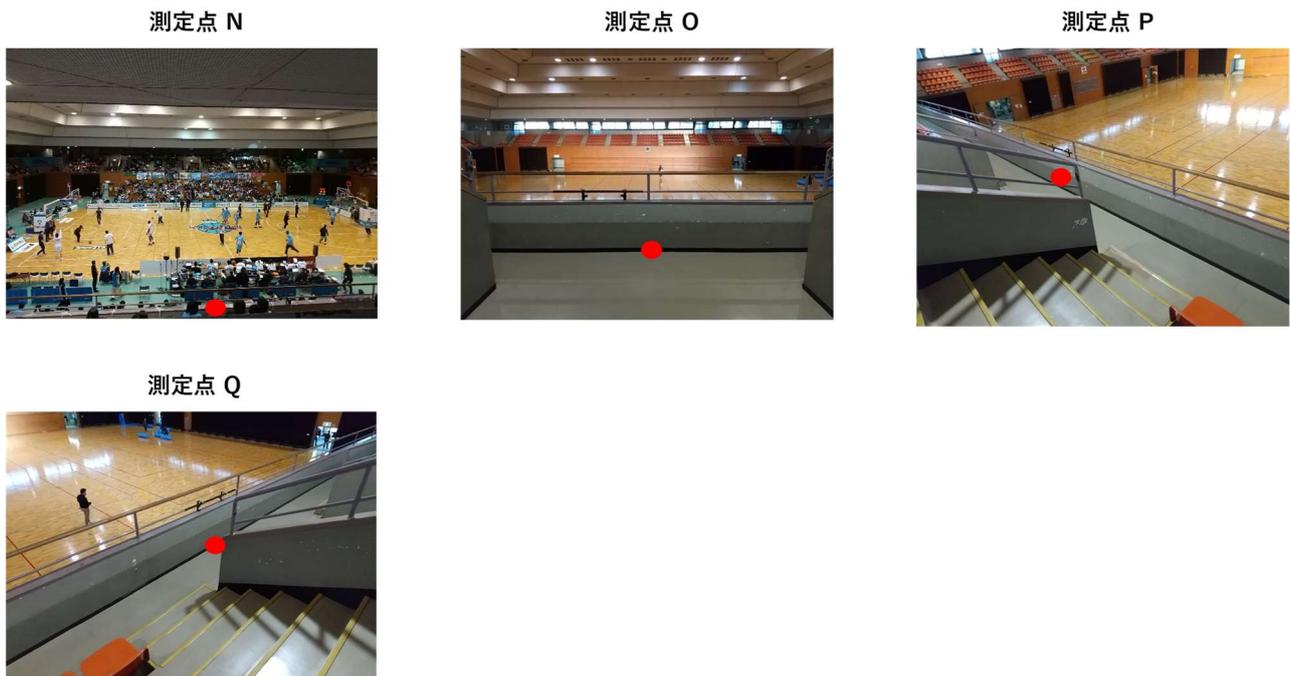


図 3.3-26 SAGA プラザ 2F 大競技場内測定点写真

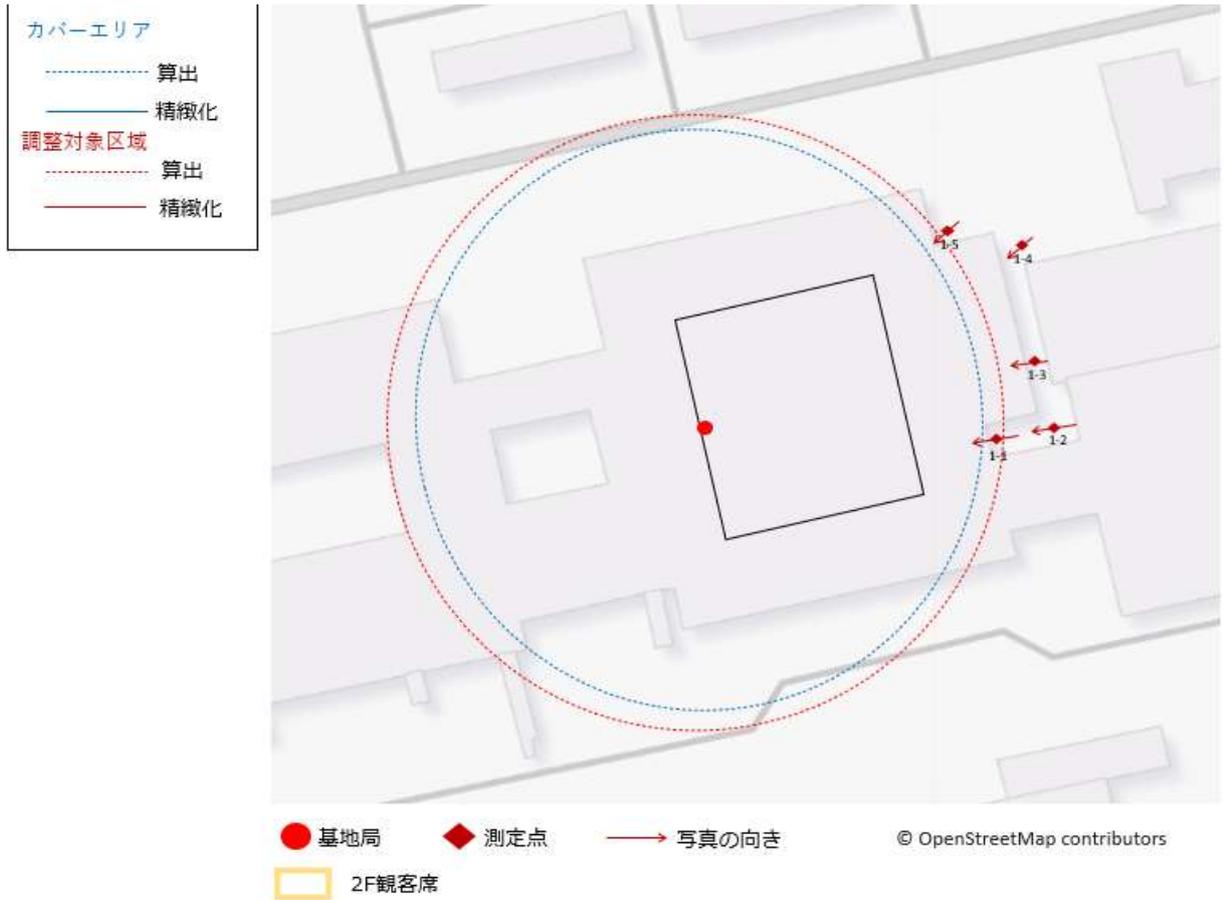


図 3.3-27 SAGA プラザ東側測定点図



図 3.3-28 SAGA プラザ東側測定点写真

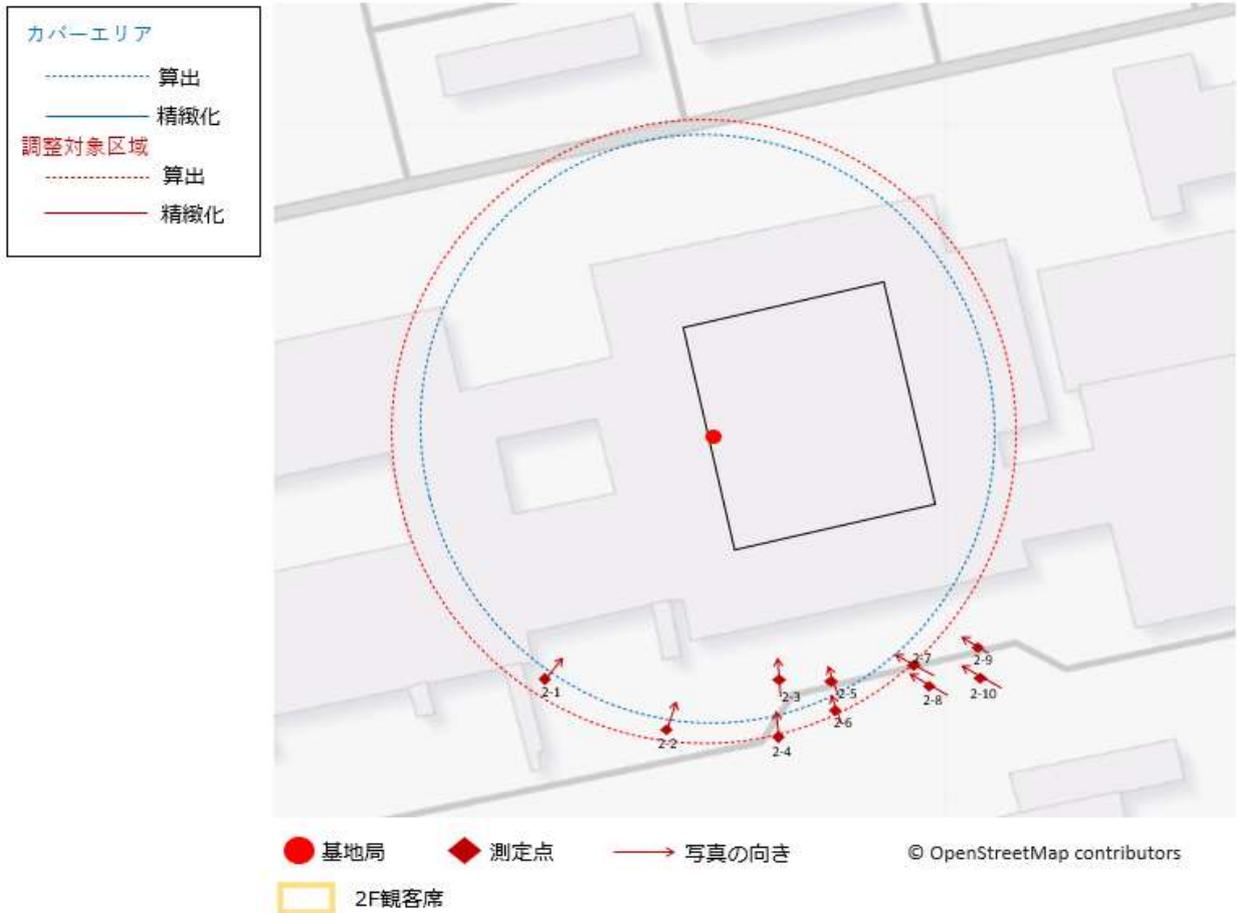


図 3.3-29 SAGA プラザ南側測定点図

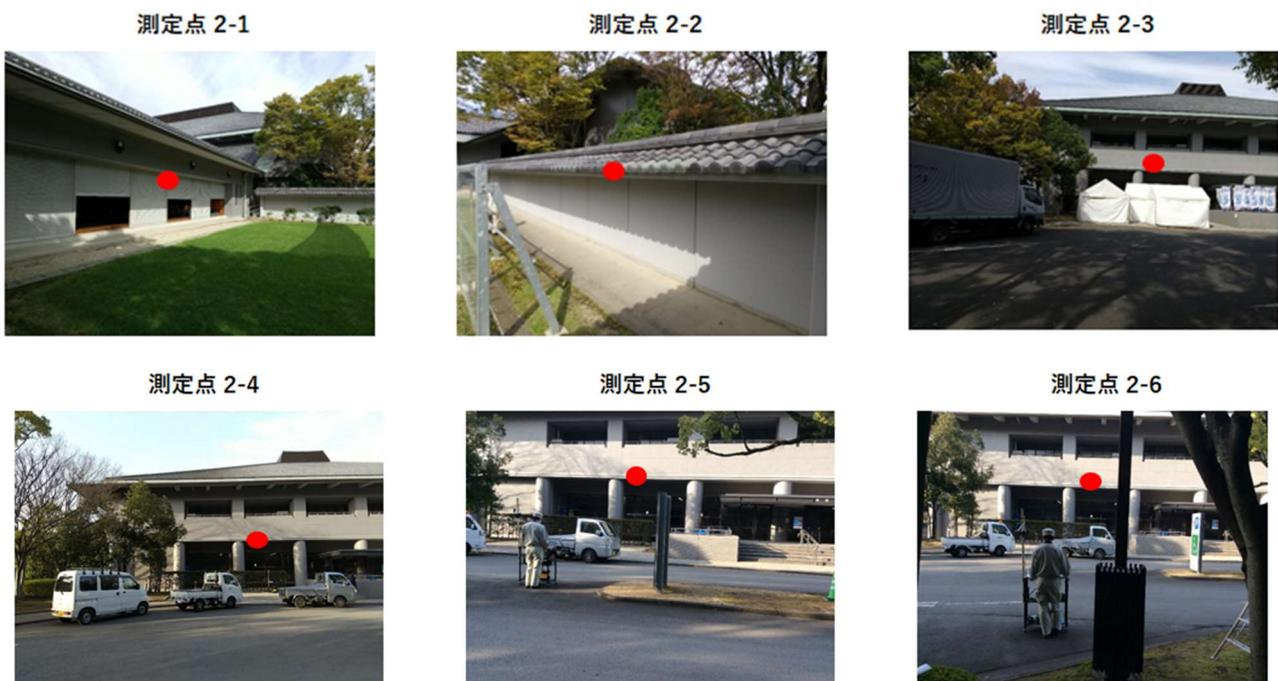


図 3.3-30 SAGA プラザ南側測定点写真 1

測定点 2-7



測定点 2-8



測定点 2-9



測定点 2-10



図 3.3-31 SAGA プラザ南側測定点写真 2

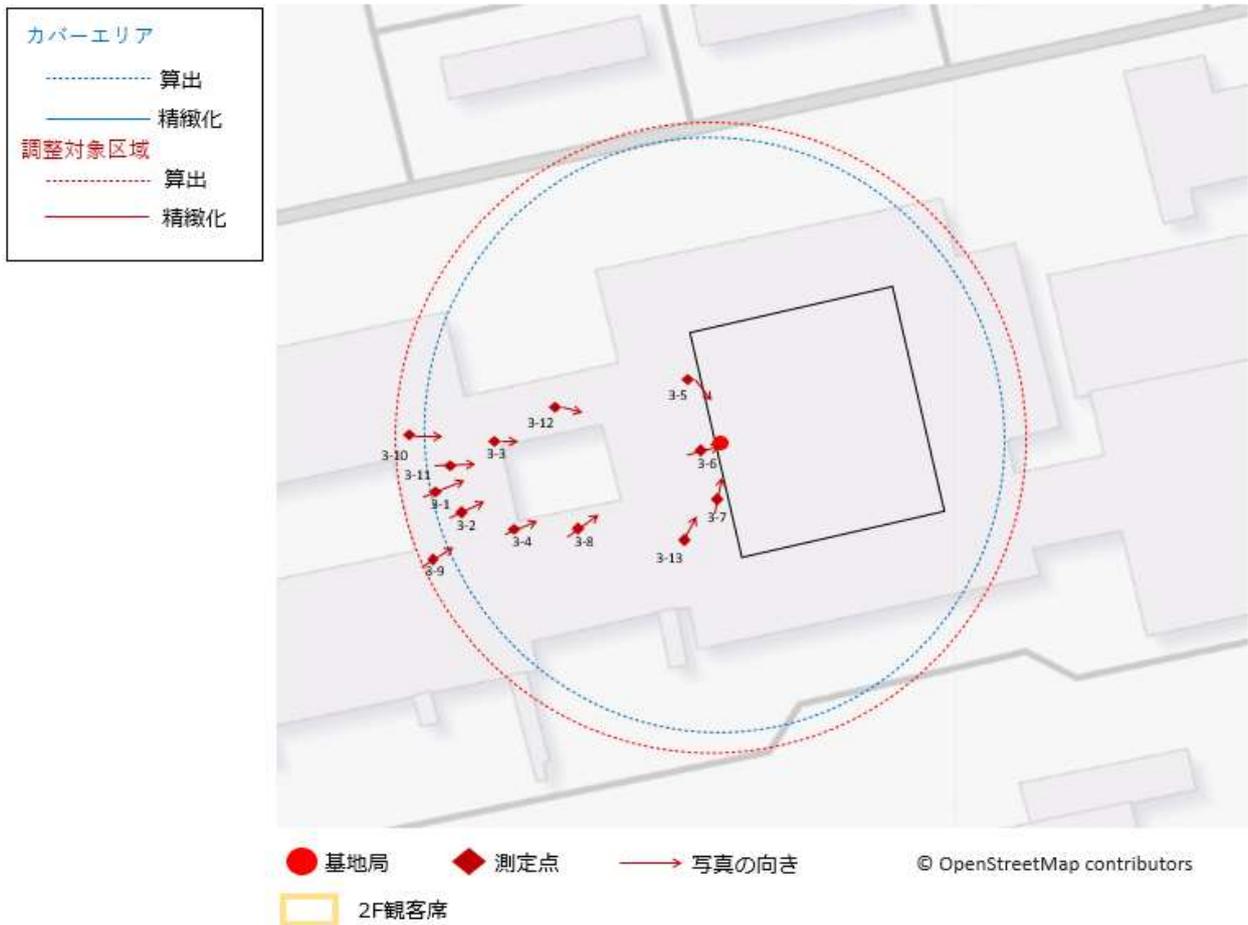
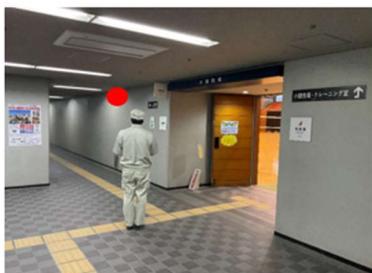


図 3.3-32 SAGA プラザ西側測定点図

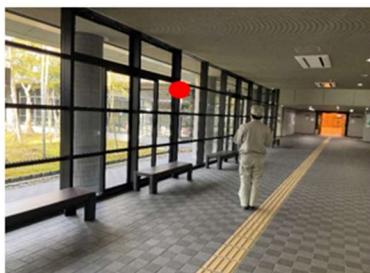


図 3.3-33 SAGA プラザ西側測定点写真 1

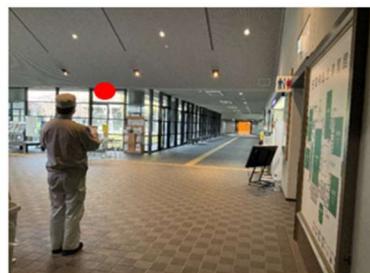
測定点 3-7



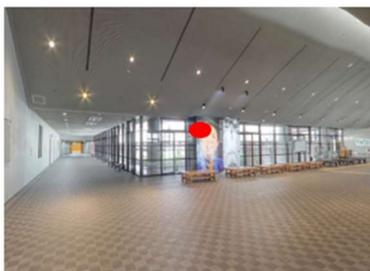
測定点 3-8



測定点 3-9



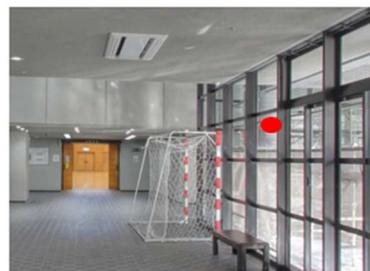
測定点 3-10



測定点 3-11



測定点 3-12



測定点 3-13



図 3.3-34 SAGA プラザ西側測定点写真 2

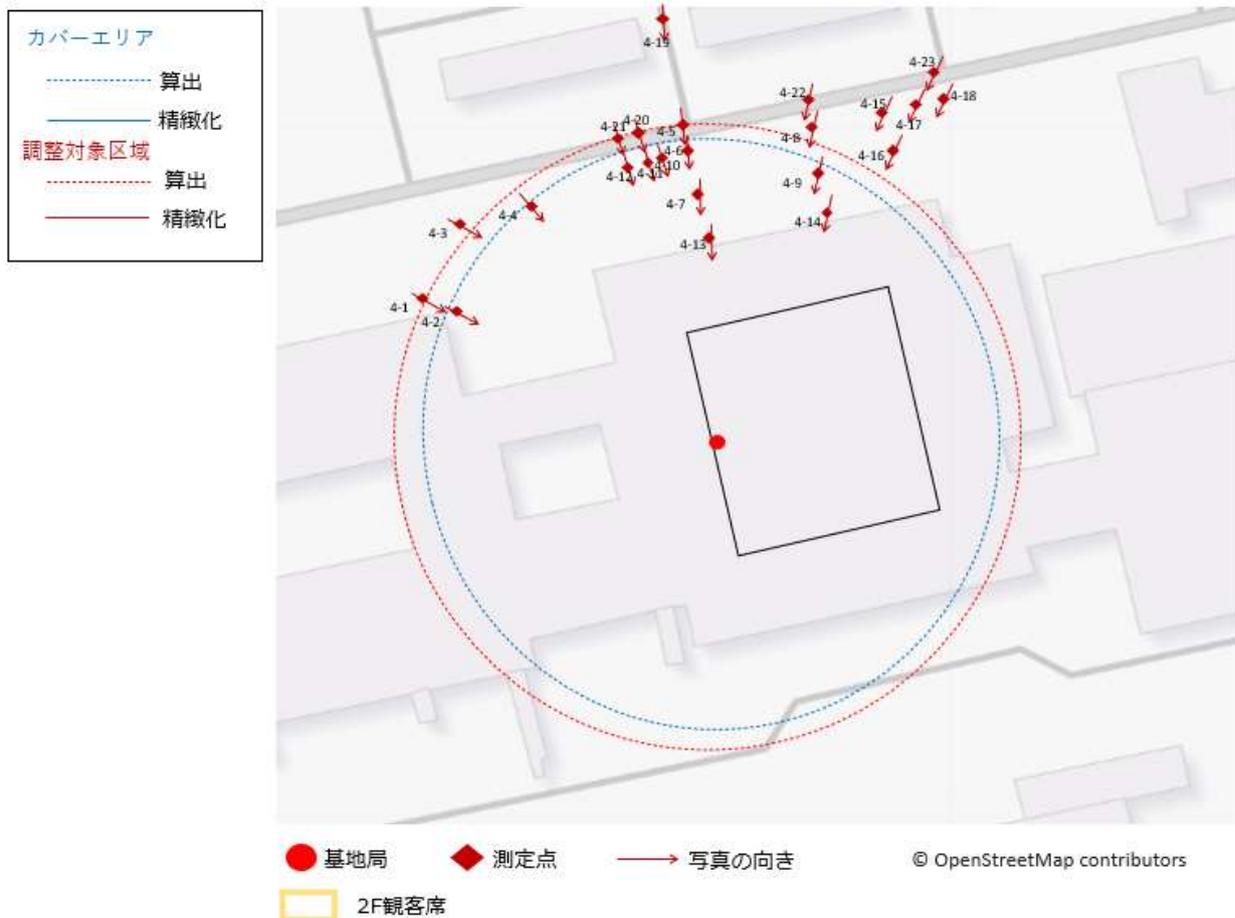


図 3.3-35 SAGA プラザ北側測定点図



図 3.3-36 SAGA プラザ北側測定点写真 1

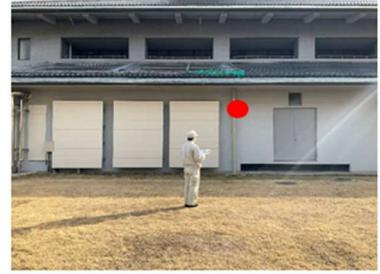
測定点 4-7



測定点 4-8



測定点 4-9



測定点 4-10



測定点 4-11



測定点 4-12



測定点 4-13



測定点 4-14



測定点 4-15



測定点 4-16



測定点 4-17



測定点 4-18

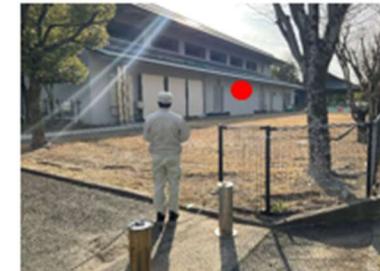


図 3.3-37 SAGA プラザ北側測定点写真 2

測定点 4-19



測定点 4-20



測定点 4-21



測定点 4-22



測定点 4-23



図 3.3-38 SAGA プラザ測定点写真 3

熊本市総合体育館測定点（全体図）

熊本市総合体育館：屋内 18 地点、屋外 41 地点（合計 59 地点）

※エリア端における事前シミュレーションとの差が±3dB 以上見られた測定点について、追加の測定を行ったため、当初の予定測定点数（30 地点）よりも増加した。

熊本 1F

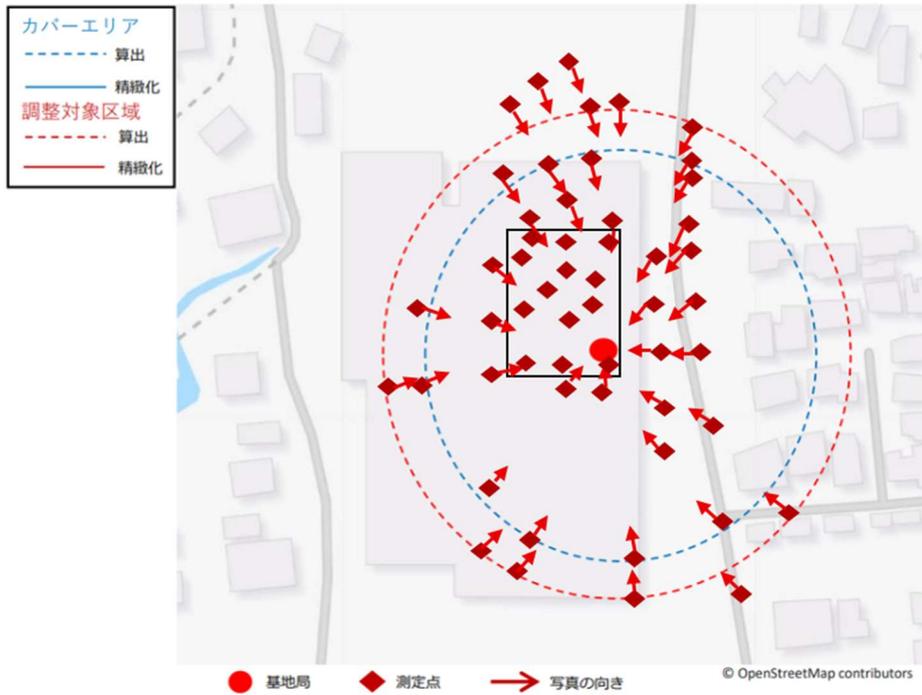


図 3.3-39 熊本市総合体育館 1F 測定点図

熊本 2F

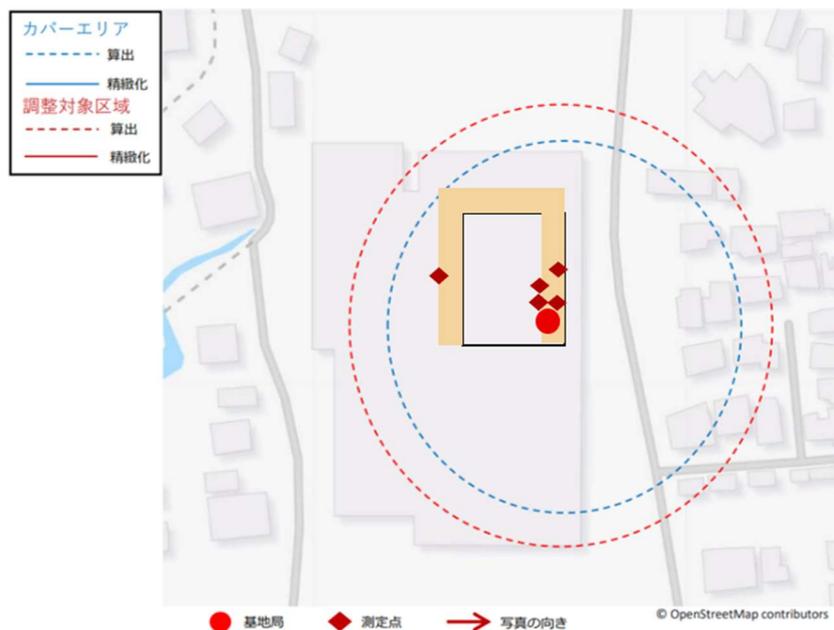
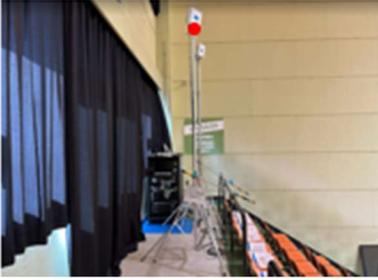


図 3.3-40 熊本市総合体育館 2F 測定点図



図 3.3-41 熊本市総合体育館大体育室内測定点写真 1

測定点 P



測定点 Q



測定点 R



図 3.3-42 熊本市総合体育館大体育室内測定点写真 2

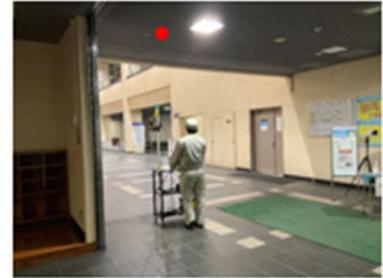
測定点 14-1



測定点 14-2



測定点 14-3



測定点 14-4



測定点 14-5



測定点 14-6



測定点 14-7

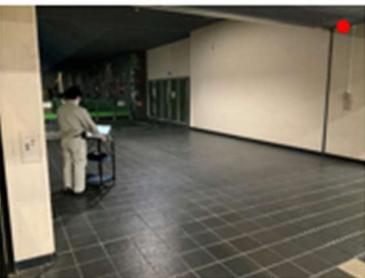


図 3.3-43 熊本市総合体育館 1F 大体育室周辺測定点写真

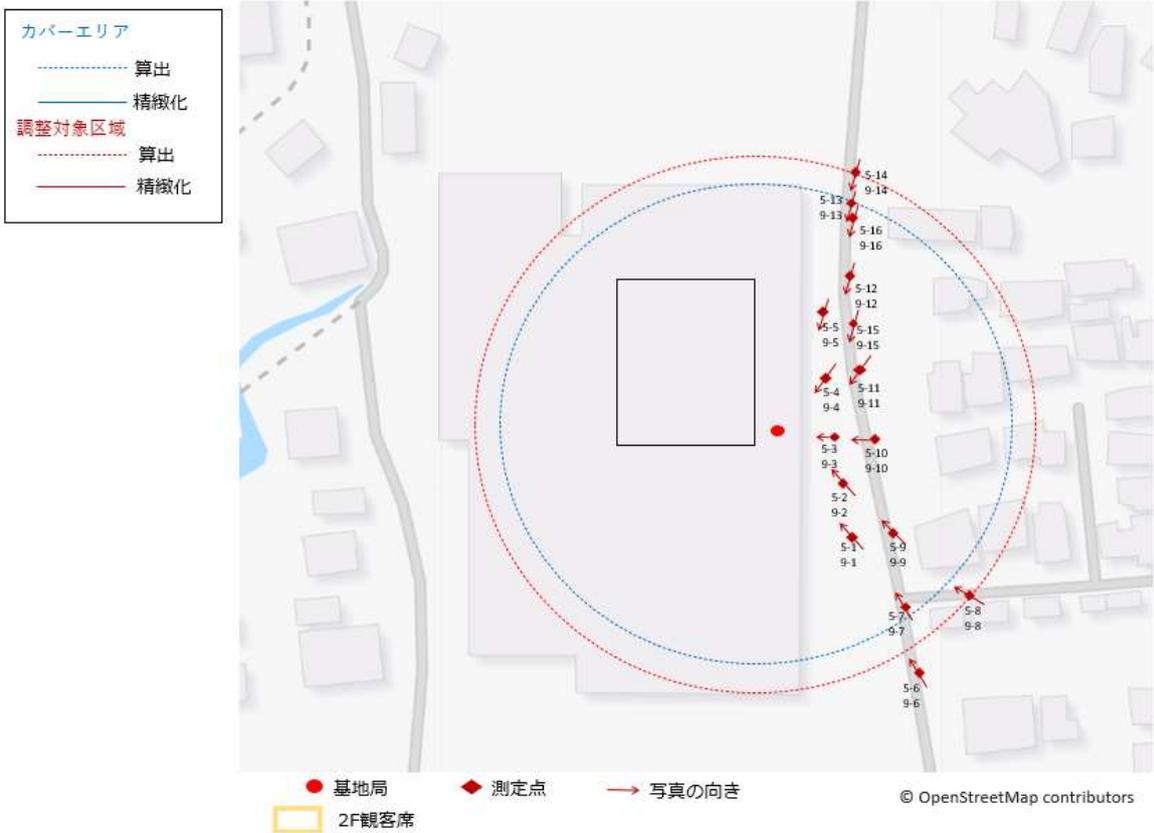


図 3.3-44 熊本市総合体育館東側測定点図



図 3.3-45 熊本市総合体育館東側測定点写真 1

測定点 5-7/9-7



測定点 5-8/9-8



測定点 5-9/9-9



測定点 5-10/9-10



測定点 5-11/9-11



測定点 5-12/9-12



測定点 5-13/9-13



測定点 5-14/9-14



測定点 5-15/9-15



図 3.3-46 熊本市総合体育館東側測定点写真 2

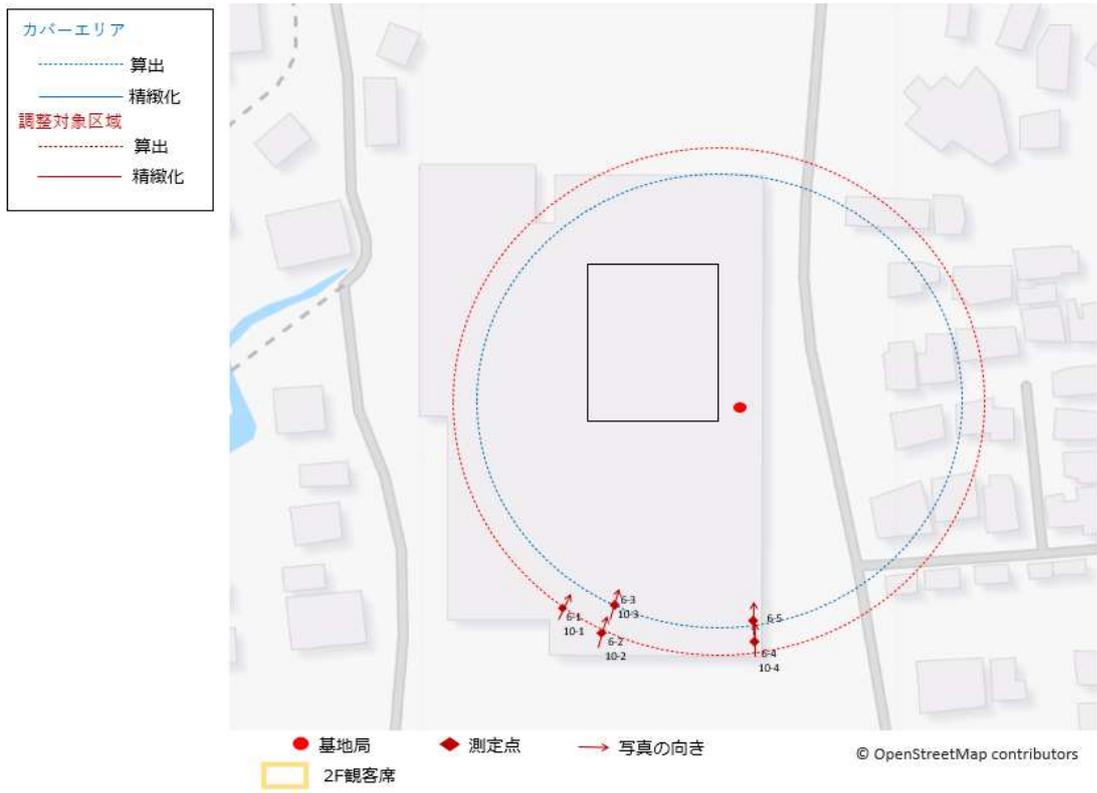


図 3.3-47 熊本市総合体育館南側測定点図



図 3.3-48 熊本市総合体育館南側測定点写真

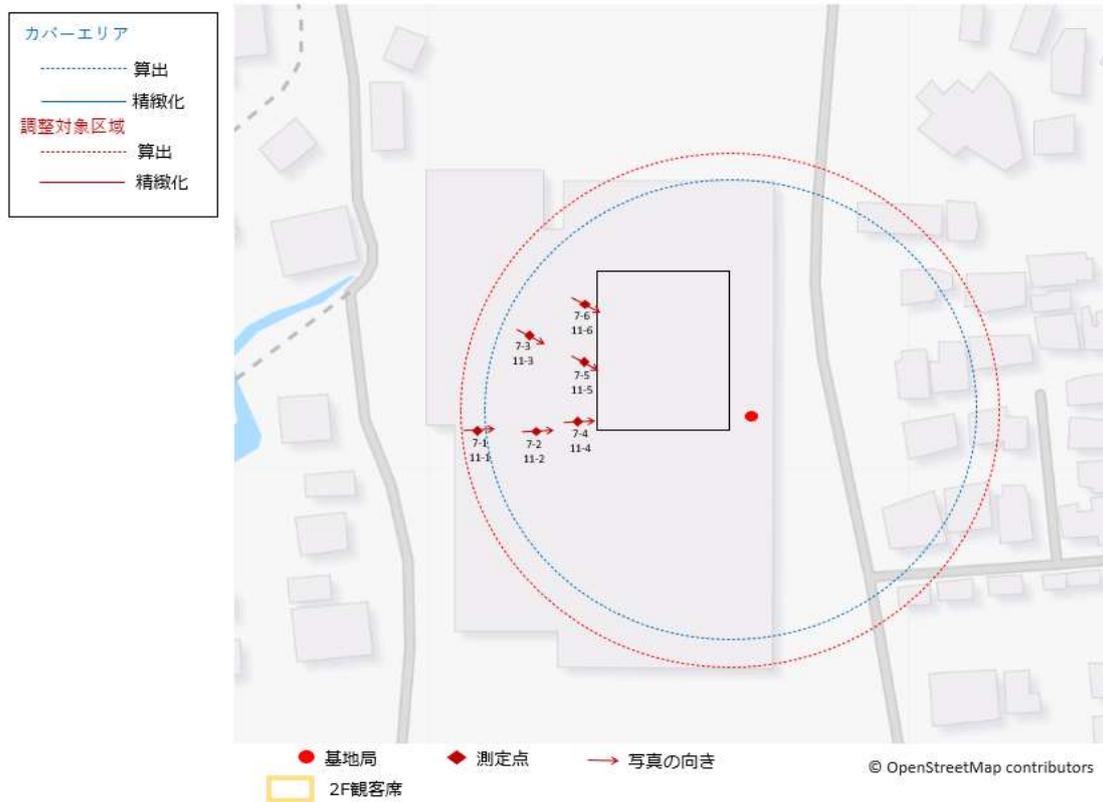


図 3.3-49 熊本市総合体育館西側測定点



図 3.3-50 熊本市総合体育館西側測定点写真

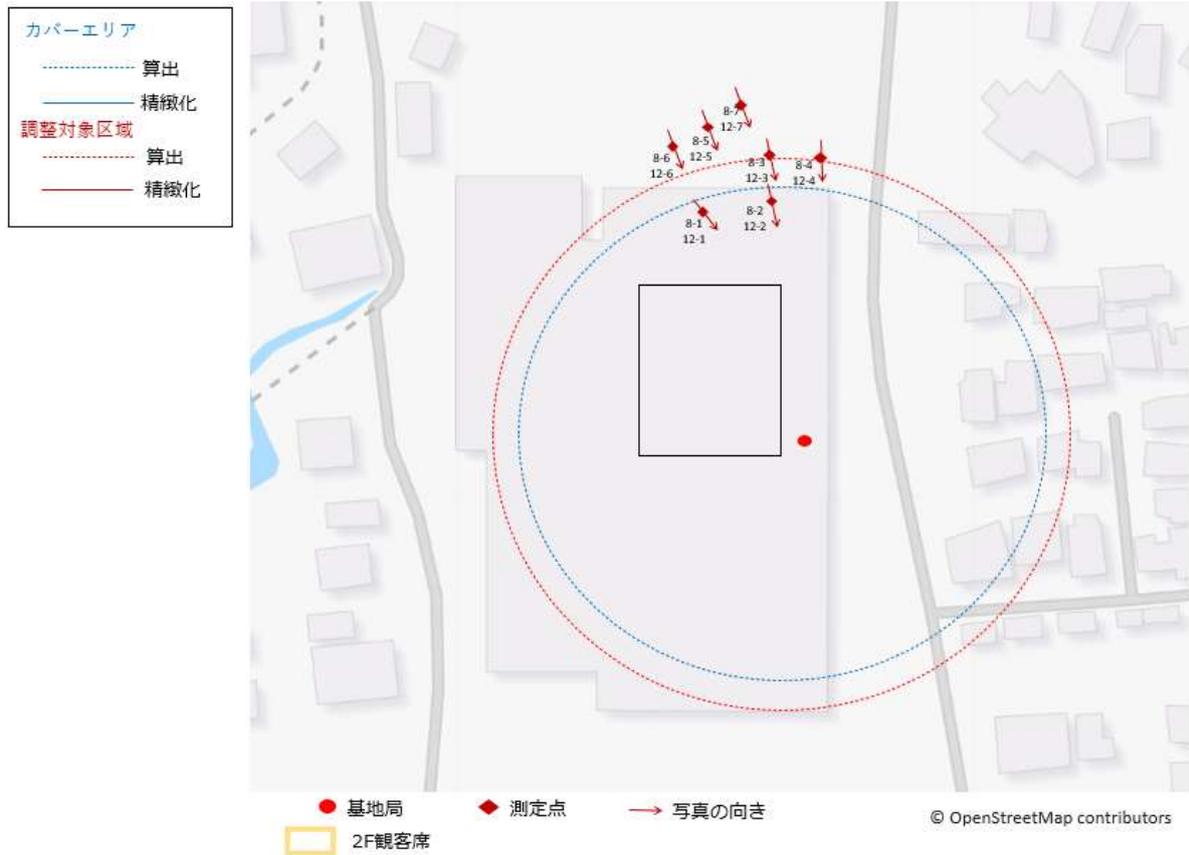


図 3.3-51 熊本市総合体育館北側測定点図



図 3.3-52 熊本市総合体育館北側測定点写真 1

測定点 8-7/12-7

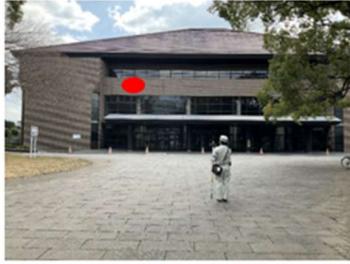


図 3.3-53 熊本市総合体育館北側測定点写真 2

3) 仮説エリア図の作成

3.3.1(2)の実証仮説で考察した通り、過年度の実証報告書を参照し仮説の R 値を下記として作成した SAGA プラザ仮説エリア図を図 3.3-54、図 3.3-55、図 3.3-56、図 3.3-57 に示す。

熊本市総合体育館仮説エリア図を図 3.3-58、図 3.3-59、図 3.3-60、図 3.3-61 に示す。

実測値を SAGA プラザは表 3.3-9、表 3.3-10 に示し、熊本市総合体育館は表 3.3-11、表 3.3-12、表 3.3-13、表 3.3-14、表 3.3-15 に示す。

R1=15.6 (「R3-No.22 成果報告書」の記載を参考に「コンクリート壁 1 枚」という環境)

R2=22.4 (田川市総合体育館で唯一の屋内通路を挟む屋外(東側)での実測値)

R3=38.0 (過年度の報告書には参照値がない事から R1 と R2 を足した R で仮定)

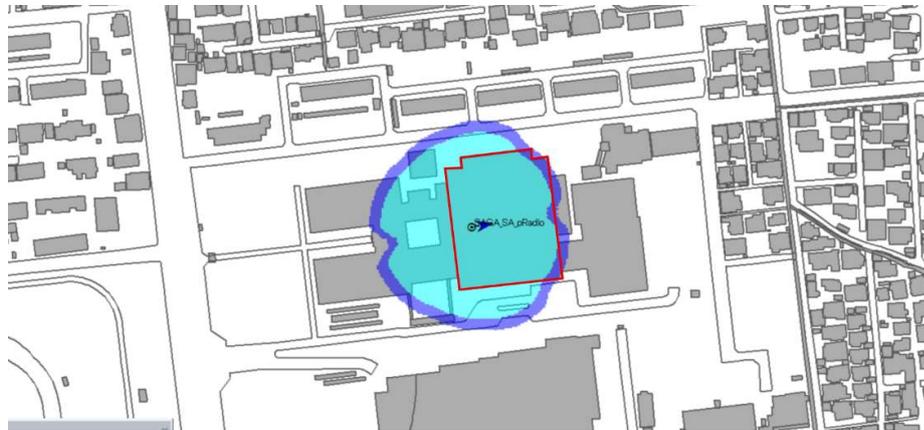


図 3.3-54 SAGA プラザ仮説エリア図(R1=15.6)

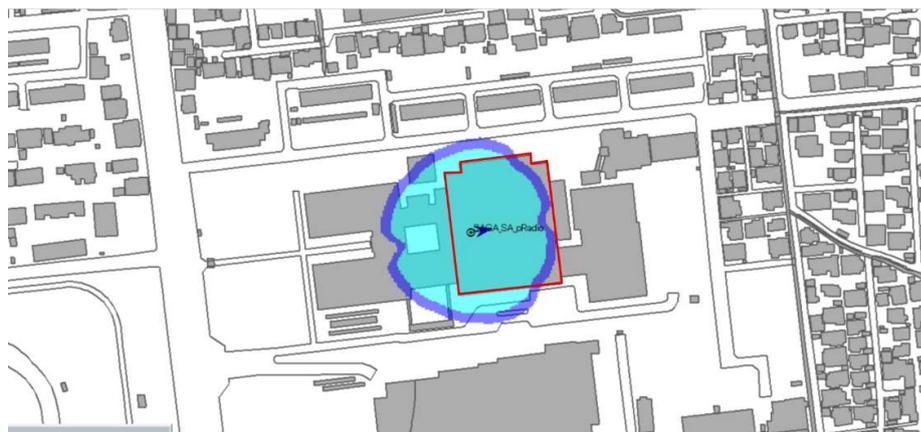


図 3.3-55 SAGA プラザ仮説エリア図(R2=22.4)

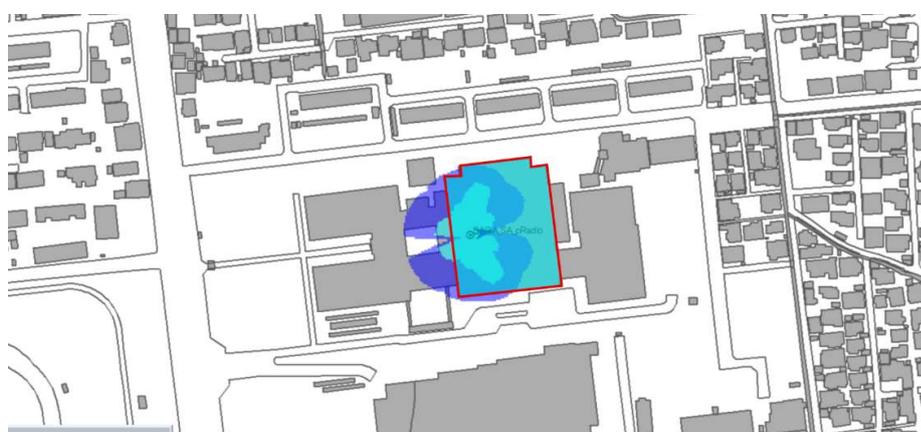


図 3.3-56 SAGA プラザ仮説エリア図(R3=38.0)

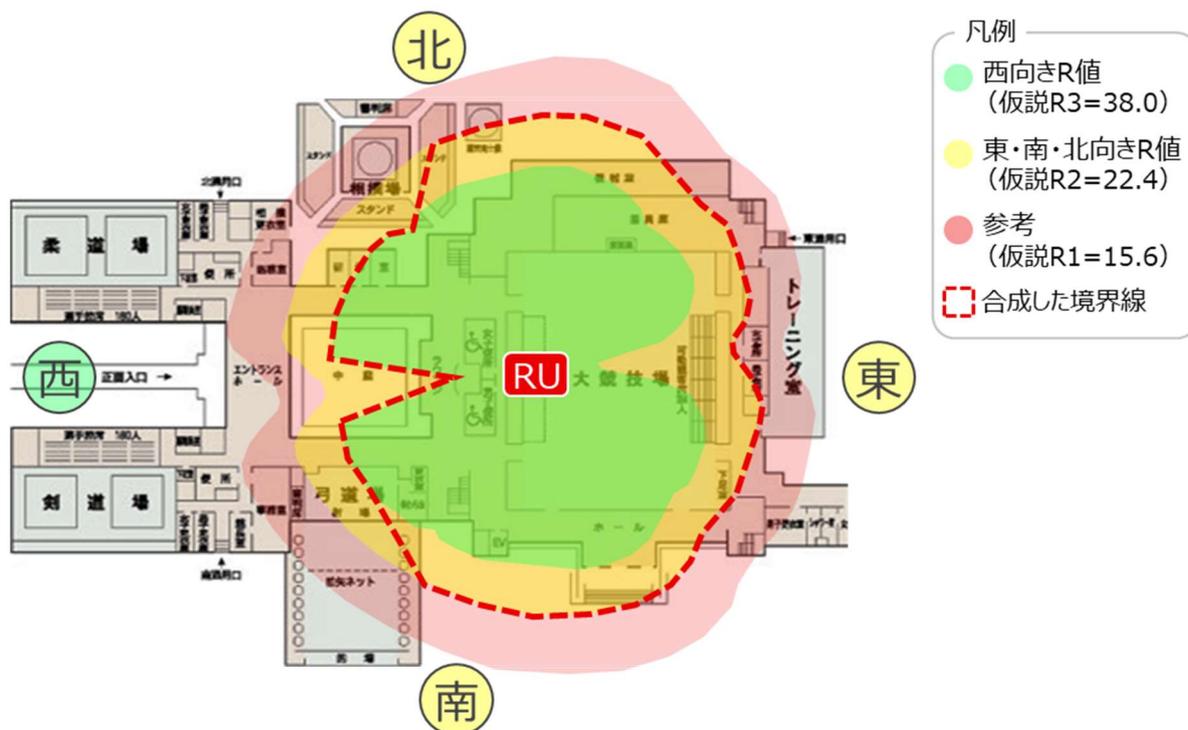


図 3.3-57 SAGA プラザ仮説エリア図(R1,R2,R3)

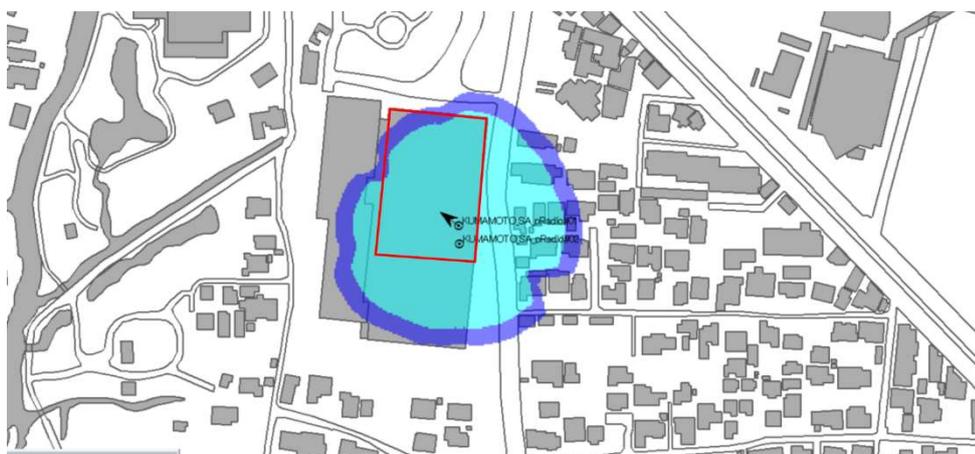


図 3.3-58 熊本市総合体育館仮説エリア図(R1=15.6)

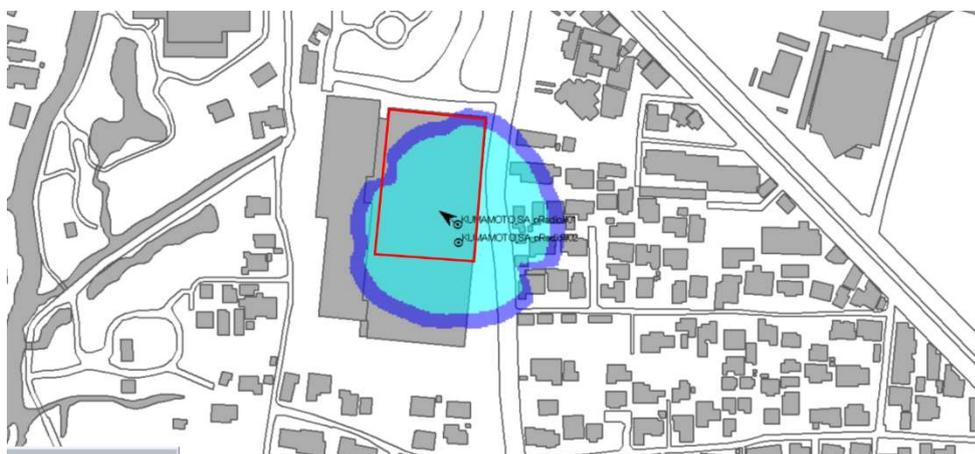


図 3.3-59 熊本市総合体育館仮説エリア図(R2=22.4)



図 3.3-60 熊本市総合体育館仮説エリア図(R3=38.0)

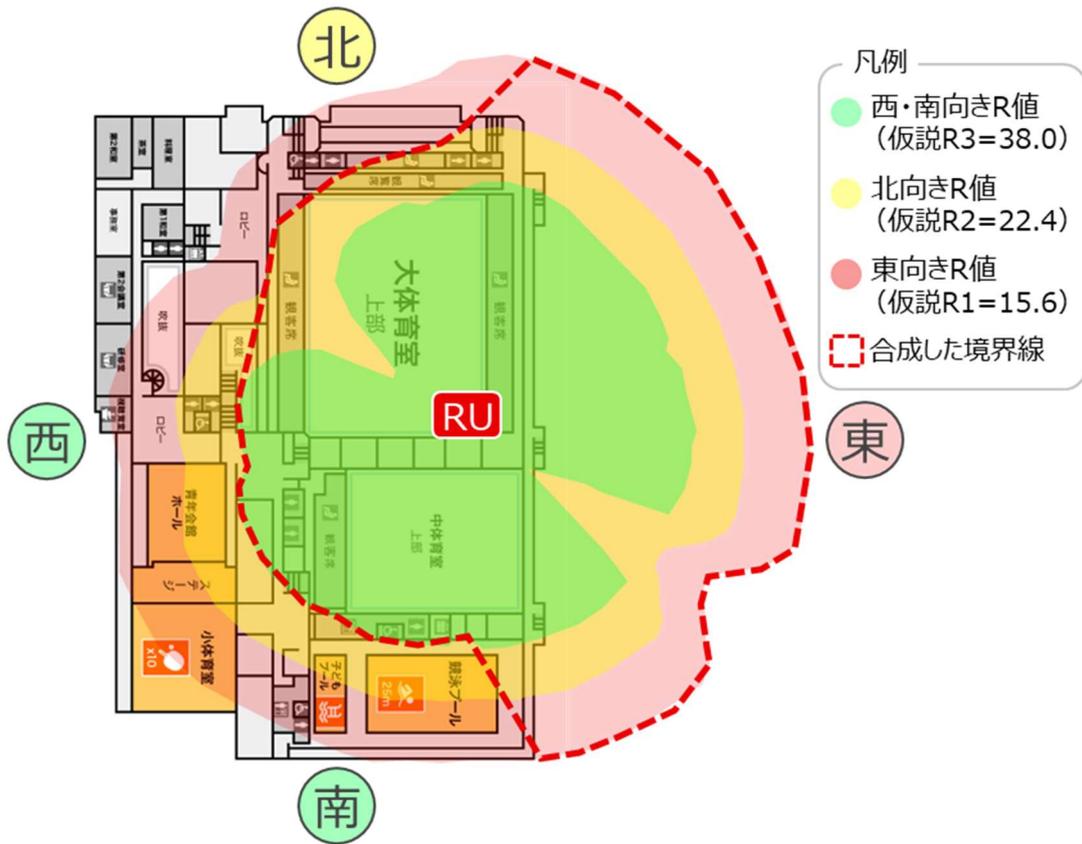


図 3.3-61 熊本市総合体育館 現地調査前 仮説エリア図(R1,R2,R3)

実施計画時、フロア図をもとにした情報から熊本市総合体育館の東向きには仮説 R1=15.6 (「R3-No. 22 成果報告書」の記載を参考に「コンクリート壁 1 枚という環境」を想定したが、現地調査において RU 設置場所近隣の外壁厚さが 800mm あることが分かった。「R3-No. 22 成果報告書」の記載によれば仮説 R1 のもとになる田川市体育館西壁は、コンクリート厚さ 150mm であり熊本市総合体育館の東外壁の方が 5 倍以上 (壁面透過 5 層分相当) の厚みとなる。このことから、熊本市総合体育館東向きへ仮説 R1=15.6 を適用するのは妥当でなく、壁面透過 5 層分に相当するため仮説 R3=38.0 (競技場外の別室を透過する想定) を適用することとした。熊本市総合体育館の東側外壁の写真を図 3.3-62 に示す。

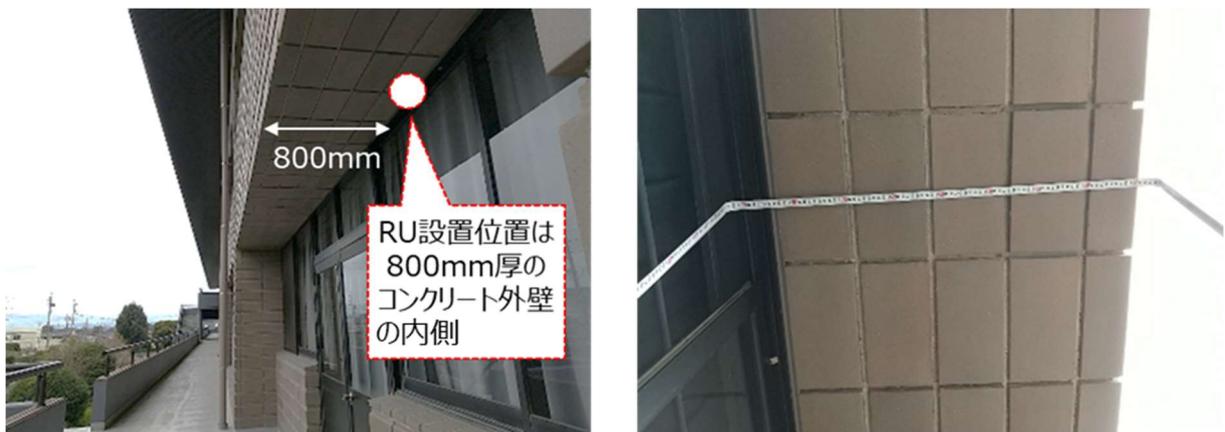


図 3.3-62 熊本市総合体育館東側外壁

熊本市総合体育館東向きへの仮説 R 値変更（仮説 R1=15.6→仮説 R3=38.0）に伴い、仮説エリア図を修正した。現地調査後の仮説エリア図を図 3.3-63 に示す。

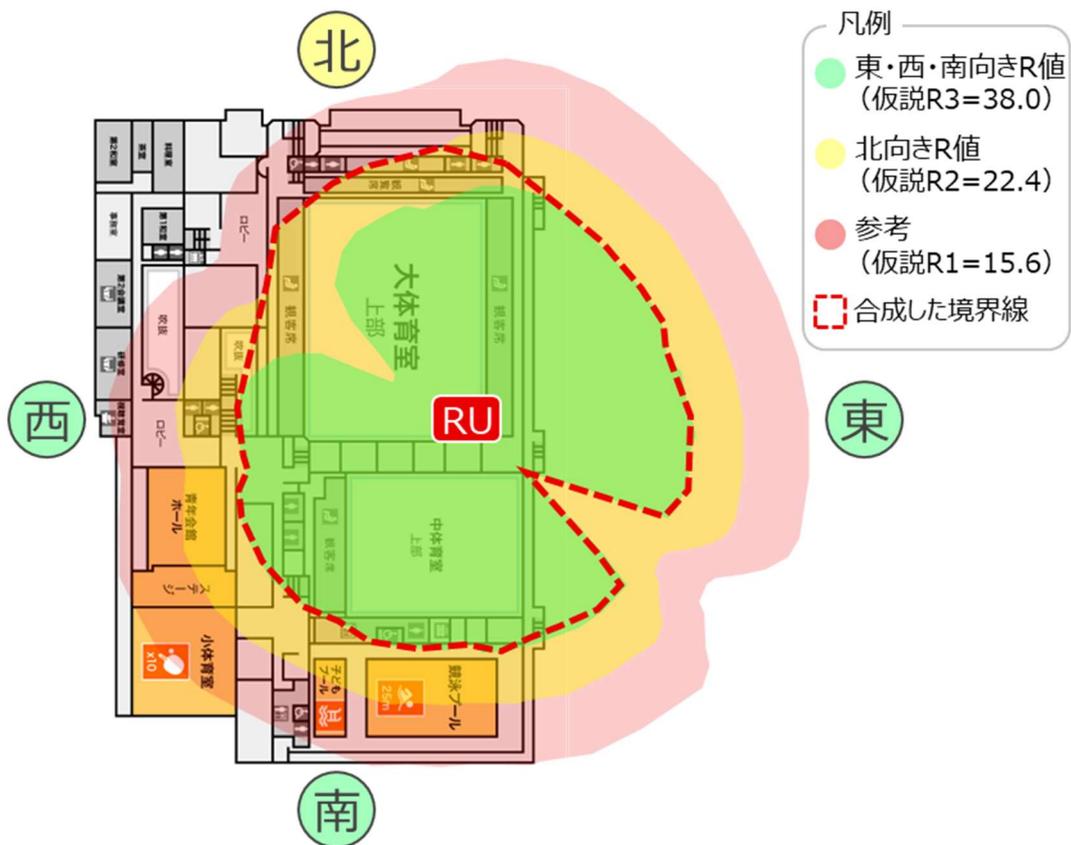


図 3.3-63 熊本市総合体育館 現地調査後 仮説エリア図(R1,R2,R3)

4) 実測データ

課題実証で構築するローカル 5G 活用モデルを実際の体育館内で利用できる構成を準備し、サービス提供が可能な電波状態で実測データ収集を行った。

SAGA プラザ測定分を表 3.3-9、表 3.3-10 に、熊本市総合体育館測定分を表 3.3-11、表 3.3-12、表 3.3-13、表 3.3-14 及び表 3.3-15 に示す。

なお、ローカル 5G の 2 周波数帯を利用する熊本市総合体育館については、4.7GHz 帯 1 波のみ発射時、4.8GHz 帯 1 波のみ発射時及び 2 波同時発射時のパターンを分けて測定を行っている。

表 3.3-9 SAGA プラザ 大競技場内測定結果(4.8GHz 帯準同期 TDD1)

測定点	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSS[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
A	UDP	-84	-82.5	-59.4	-10.2	21.2	490	4×4	64QAM	233	2×2	256QAM	22
	TCP						514	4×4	64QAM	250	2×2	256QAM	
B	UDP	-89	-91.9	-68.0	-11.0	16.8	328	3×3	64QAM	220	2×2	64QAM	24
	TCP						330	3×3	64QAM	252	2×2	64QAM	
C	UDP	-96	-95.6	-72.1	-10.5	17.6	265	2×2	64QAM	205	2×2	64QAM	22
	TCP						247	2×2	64QAM	242	2×2	64QAM	
D	UDP	-100	-96.9	-73.2	-10.6	16.0	235	2×2	64QAM	227	2×2	64QAM	24
	TCP						218	2×2	64QAM	249	2×2	64QAM	
E	UDP	-98	-97.5	-74.3	-10.2	16.6	245	2×2	64QAM	222	2×2	64QAM	22
	TCP						239	2×2	64QAM	253	2×2	64QAM	
F	UDP	-97	-97.2	-73.0	-11.2	16.9	240	2×2	64QAM	236	2×2	64QAM	22
	TCP						232	2×2	64QAM	252	2×2	64QAM	
G	UDP	-97	-97.3	-73.1	-11.3	16.4	259	3×3	64QAM	224	2×2	64QAM	23
	TCP						241	2×2	64QAM	246	2×2	64QAM	
H	UDP	-96	-97.9	-74.2	-10.7	15.9	323	3×3	64QAM	233	2×2	64QAM	22
	TCP						323	3×3	64QAM	252	2×2	64QAM	
I	UDP	-96	-93.0	-68.8	-11.3	18.7	259	3×3	64QAM	219	2×2	64QAM	21
	TCP						291	3×3	64QAM	250	2×2	64QAM	
J	UDP	-100	-98.5	-74.0	-11.6	16.6	262	3×3	64QAM	224	2×2	64QAM	22
	TCP						263	3×3	64QAM	260	2×2	64QAM	
K	UDP	-88	-89.4	-65.8	-10.7	17.7	395	3×3	64QAM	232	2×2	64QAM	22
	TCP						405	3×3	64QAM	244	2×2	64QAM	
L	UDP	-90	-87.7	-64.5	-10.2	20.0	377	3×3	64QAM	236	2×2	64QAM	22
	TCP						375	3×3	64QAM	248	2×2	64QAM	
M	UDP	-99	-98.1	-75.0	-10.2	16.8	260	2×2	64QAM	232	2×2	64QAM	23
	TCP						262	2×2	64QAM	250	2×2	64QAM	
N	UDP	-100	-100.0	-76.4	-10.7	15.8	220	2×2	64QAM	227	2×2	64QAM	23
	TCP						225	2×2	64QAM	242	2×2	64QAM	
O	UDP	-100	-96.9	-73.6	-10.3	17.7	211	2×2	64QAM	217	2×2	64QAM	23
	TCP						200	2×2	64QAM	231	2×2	64QAM	
P	UDP	-98	-94.3	-69.2	-12.1	16.8	249	2×2	64QAM	230	2×2	64QAM	23
	TCP						278	2×2	64QAM	280	2×2	64QAM	
Q	UDP	-95	-93.6	-68.0	-12.6	12.3	275	2×2	64QAM	239	2×2	64QAM	23
	TCP						274	2×2	64QAM	323	2×2	64QAM	

表 3.3-10 SAGA プラザ 大競技場外測定結果(4.8GHz 帯準同期 TDD1)

測定点	SS-RSRP[dBm]	SS-RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]
	AreaTester			
1-1	-132.6	-96.0	-21.7	-9.3
1-2	-129.1	-95.7	-20.1	-8.2
1-3	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
1-4	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
1-5	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
2-1	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
2-2	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
2-3	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
2-4	-123.0	-94.6	-15.4	-3.2
2-5	-123.3	-94.1	-16.2	-3.7
2-6	-126.8	-94.5	-19.4	-6.8
2-7	-122.0	-94.5	-14.5	-2.3
2-8	-123.5	-94.7	-15.8	-3.8
2-9	-129.1	-95.4	-20.4	-8.9
2-10	-126.8	-95.4	-18.4	-7.1
3-1	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
3-2	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
3-3	-119.0	-93.3	-12.7	0.7
3-4	-118.5	-92.1	-13.4	1.0
3-5	-114.6	-88.7	-13.0	4.9
3-6	-121.5	-93.8	-14.8	-2.0
3-7	-111.5	-77.6	-10.8	7.8
3-8	-118.0	-91.9	-13.1	1.6
3-9	-129.6	-95.4	-21.2	-9.2
3-10	-128.0	-95.0	-19.8	-7.6
3-11	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
3-12	-118.9	-92.1	-13.8	0.7
3-13	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-1	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-2	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-3	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-4	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-5	-121.0	-93.7	-14.4	-0.9
4-6	-123.0	-94.3	-15.7	-3.3
4-7	-127.8	-95.3	-19.5	-7.8
4-8	-121.4	-94.2	-14.2	-1.8
4-9	-126.3	-95.1	-18.2	-6.4
4-10	-123.2	-94.7	-15.5	-3.4
4-11	-126.8	-95.4	-18.3	-7.0
4-12	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-13	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-14	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-15	-122.9	-94.7	-15.3	-3.1
4-16	-130.3	-95.7	-21.5	-9.5
4-17	-126.3	-94.8	-17.1	-4.8
4-18	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
4-19	-123.5	-94.7	-15.8	-3.3
4-20	-127.1	-95.5	-18.5	-6.6
4-21	-127.2	-95.5	-18.4	-6.6
4-22	-127.4	-95.6	-18.8	-7.0
4-23	-128.6	-95.6	-19.9	-8.0
13-1	-124.0	-94.5	-16.4	-4.0
13-2	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満	測定下限未満
13-3	-131.5	-95.7	-20.9	-8.4
13-4	-125.9	-95.4	-17.9	-6.1
13-5	-121.6	-93.9	-14.8	-1.8
13-6	-127.4	-95.2	-18.8	-6.7
13-7	-124.7	-94.8	-16.9	-4.7
13-8	-116.5	-90.9	-12.6	3.1

表 3.3-11 熊本市総合体育館 大体育室内測定結果(4.7GHz 帯準同期 TDD1) 1 波発射時

測定点	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
A	UDP	-95	-95.6	-72.4	-10.2	20.0	299	3×3	64QAM	270	2×2	64QAM	24
	TCP						264	3×3	64QAM	225	2×2	64QAM	
B	UDP	-99	-97.6	-73.9	-10.7	18.7	257	3×3	64QAM	238	2×2	64QAM	25
	TCP						240	3×3	64QAM	174	2×2	64QAM	
C	UDP	-98	-101.0	-77.4	-10.6	16.9	221	2×2	64QAM	176	2×2	64QAM	26
	TCP						208	2×2	64QAM	127	1×1	64QAM	
D	UDP	-102	-100.5	-76.8	-10.7	17.0	185	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	24
	TCP						173	2×2	64QAM	128	1×1	64QAM	
E	UDP	-106	-99.0	-75.6	-10.4	18.5	191	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	25
	TCP						161	2×2	16QAM	127	1×1	64QAM	
F	UDP	-104	-102.4	-78.8	-10.5	16.2	173	2×2	16QAM	155	1×1	64QAM	26
	TCP						189	2×2	64QAM	129	1×1	64QAM	
G	UDP	-105	-100.1	-76.3	-10.8	17.2	208	2×2	64QAM	138	1×1	64QAM	25
	TCP						198	2×2	64QAM	131	1×1	64QAM	
H	UDP	-104	106.3	-81.8	-11.6	12.3	172	2×2	64QAM	142	1×1	64QAM	24
	TCP						160	2×2	16QAM	135	1×1	64QAM	
I	UDP	-97	-92.6	-69.4	-10.2	20.2	236	2×2	64QAM	212	2×2	64QAM	23
	TCP						224	2×2	64QAM	205	2×2	64QAM	
J	UDP	-100	-102.2	-77.2	-12.0	14.9	219	2×2	64QAM	185	1×1	64QAM	24
	TCP						216	2×2	64QAM	167	1×1	64QAM	
K	UDP	-101	-97.5	-74.0	-10.5	18.1	238	2×2	64QAM	178	1×1	64QAM	23
	TCP						251	2×2	64QAM	165	1×1	64QAM	
L	UDP	-99	-101.3	-76.8	-11.6	15.3	242	2×2	64QAM	222	2×2	64QAM	24
	TCP						239	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
M	UDP	-92	-96.1	-71.5	-11.6	18.7	236	2×2	64QAM	240	2×2	64QAM	22
	TCP						236	2×2	64QAM	213	2×2	64QAM	
N	UDP	-101	-102.9	-78.9	-11.0	13.5	159	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	27
	TCP						147	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	
O	UDP	-99	-104.8	-80.1	-11.7	12.4	219	2×2	64QAM	219	2×2	64QAM	25
	TCP						227	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
P	UDP	-89	-81.8	-58.3	-10.7	21.3	479	3×3	64QAM	314	2×2	256QAM	32
	TCP						460	3×3	64QAM	191	2×2	64QAM	
Q	UDP	-88	-91.4	-68.3	-10.8	20.5	358	3×3	64QAM	305	2×2	256QAM	23
	TCP						372	3×3	64QAM	183	2×2	64QAM	
R	UDP	-90	-99.1	-75.3	-10.8	17.6	352	3×3	64QAM	264	2×2	64QAM	23
	TCP						335	3×3	64QAM	242	2×2	64QAM	

表 3.3-12 熊本市総合体育館 大体育室内測定結果(4.7GHz 帯準同期 TDD1) 2 波発射時

測定ポイント	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
A	UDP	-92	-90.8	-67.7	-10.2	20.7	314	3×3	64QAM	251	1×1	256QAM	23
	TCP						292	2×2	64QAM	280	2×2	64QAM	
B	UDP	-100	-97.1	-73.5	-10.5	18.8	247	2×2	64QAM	247	2×2	64QAM	24
	TCP						263	3×3	64QAM	259	2×2	64QAM	
C	UDP	-100	-101.5	-77.6	-10.9	16.2	214	2×2	64QAM	247	2×2	64QAM	22
	TCP						222	2×2	64QAM	240	2×2	64QAM	
D	UDP	-101	-100.1	-76.7	-10.5	17.1	230	2×2	64QAM	244	2×2	64QAM	24
	TCP						216	2×2	64QAM	246	2×2	64QAM	
E	UDP	-104	-104.3	-80.4	-11	14	199	2×2	64QAM	230	2×2	64QAM	23
	TCP						163	2×2	16QAM	229	2×2	64QAM	
F	UDP	-105	-100.6	-76.6	-11.1	16.8	179	2×2	16QAM	227	2×2	64QAM	24
	TCP						183	2×2	64QAM	215	2×2	64QAM	
G	UDP	-103	-104.3	-79.7	-11.5	14.1	177	2×2	64QAM	221	2×2	64QAM	24
	TCP						196	2×2	64QAM	222	2×2	64QAM	
H	UDP	-105	-107.2	-83.3	-10.8	11.6	184	2×2	64QAM	241	2×2	64QAM	24
	TCP						175	2×2	64QAM	184	2×2	64QAM	
I	UDP	-100	-97.8	-74	-10.8	19.3	226	2×2	64QAM	243	2×2	64QAM	22
	TCP						230	2×2	64QAM	255	2×2	64QAM	
J	UDP	-101	-99.7	-76.6	-10.1	17.9	206	2×2	64QAM	233	2×2	64QAM	24
	TCP						191	2×2	64QAM	260	2×2	64QAM	
K	UDP	-93	-96	-72	-11	19.5	225	2×2	64QAM	243	2×2	64QAM	24
	TCP						222	2×2	64QAM	248	2×2	64QAM	
L	UDP	-97	-98.2	-72.8	-11	18.8	245	2×2	64QAM	247	2×2	64QAM	23
	TCP						272	2×2	64QAM	287	2×2	256QAM	
M	UDP	-97	-96.7	-73.4	-10.3	19.4	243	2×2	64QAM	246	2×2	64QAM	23
	TCP						240	2×2	64QAM	262	2×2	64QAM	
N	UDP	-101	-103.2	-79.7	-10.5	15.2	155	2×2	64QAM	228	2×2	64QAM	23
	TCP						176	2×2	64QAM	220	2×2	64QAM	
O	UDP	-98	-100.6	-76.4	-11.2	16.9	262	2×2	64QAM	248	2×2	64QAM	23
	TCP						220	2×2	64QAM	256	2×2	64QAM	
P	UDP	-74	-84.4	-60.9	-10.7	21.1	431	4×4	64QAM	223	2×2	64QAM	25
	TCP						464	4×4	64QAM	228	2×2	64QAM	
Q	UDP	-91	-91.8	-68.3	-10.6	20.6	417	3×3	64QAM	312	2×2	256QAM	24
	TCP						402	3×3	64QAM	247	2×2	64QAM	
R	UDP	-93	-93.6	-70.4	-10.2	20.5	350	3×3	64QAM	279	2×2	64QAM	24
	TCP						344	3×3	64QAM	240	2×2	64QAM	

表 3.3-13 熊本市総合体育館 大体育室内測定結果(4.8GHz 帯同期 TDD) 1 波発射時

測定点	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSS[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
A	UDP	-95	-95.6	-72.4	-10.2	20.0	299	3×3	64QAM	270	2×2	64QAM	24
	TCP						264	3×3	64QAM	225	2×2	64QAM	
B	UDP	-99	-97.6	-73.9	-10.7	18.7	257	3×3	64QAM	238	2×2	64QAM	25
	TCP						240	3×3	64QAM	174	2×2	64QAM	
C	UDP	-98	-101.0	-77.4	-10.6	16.9	221	2×2	64QAM	176	2×2	64QAM	26
	TCP						208	2×2	64QAM	127	1×1	64QAM	
D	UDP	-102	-100.5	-76.8	-10.7	17.0	185	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	24
	TCP						173	2×2	64QAM	128	1×1	64QAM	
E	UDP	-106	-99.0	-75.6	-10.4	18.5	191	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	25
	TCP						161	2×2	16QAM	127	1×1	64QAM	
F	UDP	-104	-102.4	-78.8	-10.5	16.2	173	2×2	16QAM	155	1×1	64QAM	26
	TCP						189	2×2	64QAM	129	1×1	64QAM	
G	UDP	-105	-100.1	-76.3	-10.8	17.2	208	2×2	64QAM	138	1×1	64QAM	25
	TCP						198	2×2	64QAM	131	1×1	64QAM	
H	UDP	-104	106.3	-81.8	-11.6	12.3	172	2×2	64QAM	142	1×1	64QAM	24
	TCP						160	2×2	16QAM	135	1×1	64QAM	
I	UDP	-97	-92.6	-69.4	-10.2	20.2	236	2×2	64QAM	212	2×2	64QAM	23
	TCP						224	2×2	64QAM	205	2×2	64QAM	
J	UDP	-100	-102.2	-77.2	-12.0	14.9	219	2×2	64QAM	185	1×1	64QAM	24
	TCP						216	2×2	64QAM	167	1×1	64QAM	
K	UDP	-101	-97.5	-74.0	-10.5	18.1	238	2×2	64QAM	178	1×1	64QAM	23
	TCP						251	2×2	64QAM	165	1×1	64QAM	
L	UDP	-99	-101.3	-76.8	-11.6	15.3	242	2×2	64QAM	222	2×2	64QAM	24
	TCP						239	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
M	UDP	-92	-96.1	-71.5	-11.6	18.7	236	2×2	64QAM	240	2×2	64QAM	22
	TCP						236	2×2	64QAM	213	2×2	64QAM	
N	UDP	-101	-102.9	-78.9	-11.0	13.5	159	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	27
	TCP						147	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	
O	UDP	-99	-104.8	-80.1	-11.7	12.4	219	2×2	64QAM	219	2×2	64QAM	25
	TCP						227	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
P	UDP	-89	-81.8	-58.3	-10.7	21.3	479	3×3	64QAM	314	2×2	256QAM	32
	TCP						460	3×3	64QAM	191	2×2	64QAM	
Q	UDP	-88	-91.4	-68.3	-10.8	20.5	358	3×3	64QAM	305	2×2	256QAM	23
	TCP						372	3×3	64QAM	183	2×2	64QAM	
R	UDP	-90	-99.1	-75.3	-10.8	17.6	352	3×3	64QAM	264	2×2	64QAM	23
	TCP						335	3×3	64QAM	242	2×2	64QAM	

表 3.3-14 熊本市総合体育館 大体育室内測定結果(4.8GHz 帯同期 TDD1) 2 波発射時

測定点	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSS[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
A	UDP	-95	-95.6	-72.4	-10.2	20.0	299	3×3	64QAM	270	2×2	64QAM	24
	TCP						264	3×3	64QAM	225	2×2	64QAM	
B	UDP	-99	-97.6	-73.9	-10.7	18.7	257	3×3	64QAM	238	2×2	64QAM	25
	TCP						240	3×3	64QAM	174	2×2	64QAM	
C	UDP	-98	-101.0	-77.4	-10.6	16.9	221	2×2	64QAM	176	2×2	64QAM	26
	TCP						208	2×2	64QAM	127	1×1	64QAM	
D	UDP	-102	-100.5	-76.8	-10.7	17.0	185	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	24
	TCP						173	2×2	64QAM	128	1×1	64QAM	
E	UDP	-106	-99.0	-75.6	-10.4	18.5	191	2×2	64QAM	149	1×1	64QAM	25
	TCP						161	2×2	16QAM	127	1×1	64QAM	
F	UDP	-104	-102.4	-78.8	-10.5	16.2	173	2×2	16QAM	155	1×1	64QAM	26
	TCP						189	2×2	64QAM	129	1×1	64QAM	
G	UDP	-105	-100.1	-76.3	-10.8	17.2	208	2×2	64QAM	138	1×1	64QAM	25
	TCP						198	2×2	64QAM	131	1×1	64QAM	
H	UDP	-104	106.3	-81.8	-11.6	12.3	172	2×2	64QAM	142	1×1	64QAM	24
	TCP						160	2×2	16QAM	135	1×1	64QAM	
I	UDP	-97	-92.6	-69.4	-10.2	20.2	236	2×2	64QAM	212	2×2	64QAM	23
	TCP						224	2×2	64QAM	205	2×2	64QAM	
J	UDP	-100	-102.2	-77.2	-12.0	14.9	219	2×2	64QAM	185	1×1	64QAM	24
	TCP						216	2×2	64QAM	167	1×1	64QAM	
K	UDP	-101	-97.5	-74.0	-10.5	18.1	238	2×2	64QAM	178	1×1	64QAM	23
	TCP						251	2×2	64QAM	165	1×1	64QAM	
L	UDP	-99	-101.3	-76.8	-11.6	15.3	242	2×2	64QAM	222	2×2	64QAM	24
	TCP						239	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
M	UDP	-92	-96.1	-71.5	-11.6	18.7	236	2×2	64QAM	240	2×2	64QAM	22
	TCP						236	2×2	64QAM	213	2×2	64QAM	
N	UDP	-101	-102.9	-78.9	-11.0	13.5	159	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	27
	TCP						147	2×2	16QAM	157	1×1	64QAM	
O	UDP	-99	-104.8	-80.1	-11.7	12.4	219	2×2	64QAM	219	2×2	64QAM	25
	TCP						227	2×2	64QAM	196	2×2	64QAM	
P	UDP	-89	-81.8	-58.3	-10.7	21.3	479	3×3	64QAM	314	2×2	256QAM	32
	TCP						460	3×3	64QAM	191	2×2	64QAM	
Q	UDP	-88	-91.4	-68.3	-10.8	20.5	358	3×3	64QAM	305	2×2	256QAM	23
	TCP						372	3×3	64QAM	183	2×2	64QAM	
R	UDP	-90	-99.1	-75.3	-10.8	17.6	352	3×3	64QAM	264	2×2	64QAM	23
	TCP						335	3×3	64QAM	242	2×2	64QAM	

表 3.3-15 熊本市総合体育館 大体育室外測定結果(2波発射時)

測定ポイント	4.7G 準同期				4.8G 同期			
	SS-RSRP[dBm]	SS-RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	SS-RSRP[dBm]	SS-RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]
	AreaTester				AreaTester			
5-1	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-2	-122.2	-94.9	-14.9	-1.8	-121.9	-93.8	-14.9	-1.8
5-3	-117.1	-91.8	-12.9	3.1	-117.3	-91.5	-12.7	2.5
5-4	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-5	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-6	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-7	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-8	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-9	-126.1	-95.8	-17.4	-5.0	-131.5	-95.8	-20.8	-8.8
5-10	-113.0	-88.9	-11.6	7.0	-110.8	-85.8	-12.0	8.5
5-11	-112.8	-88.9	-11.5	7.1	-114.5	-89.5	-12.0	4.9
5-12	-124.3	-95.5	-15.9	-3.8	-125.2	-94.8	-17.1	-5.0
5-13	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-14	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
5-15	-123.7	-95.3	-15.8	-3.2	-120.9	-93.3	-14.5	-1.0
5-16	-130.0	-96.6	-19.6	-7.9	-128.8	-95.4	-19.1	-7.3
6-1	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
6-2	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
6-3	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
6-4	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
6-5	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
7-1	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
7-2	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
7-3	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
7-4	-118.3	-92.6	-12.8	2.2	-125.2	-94.5	-17.4	-5.1
7-5	-118.0	-92.8	-13.0	1.8	-128.1	-94.9	-19.3	-6.9
7-6	-117.7	-92.9	-12.7	2.0	-124.8	-94.7	-16.6	-4.5
8-1	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
8-2	-126.7	-95.8	-18.1	-5.7	-128.8	-95.2	-19.5	-7.5
8-3	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
8-4	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
8-5	-128.6	-96.4	-19.5	-8.0	-131.9	-95.7	-22.2	-10.0
8-6	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
8-7	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
14-1	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
14-2	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
14-3	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
14-4	-114.1	-90.1	-11.5	6.0	-115.5	-89.9	-12.6	4.2
14-5	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外
14-6	-120.0	-93.8	-13.2	0.7	-120.3	-93.2	-14.1	-0.5
14-7	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外	圏外

熊本市総合体育館の大体育室内測定結果でスループットの差が生じる主な要因は、無線伝搬区間の損失に依存して可変で調整されるMIMOと変調方式であり、スループット向上には高い受信電界強度の確保が重要である。

5) 精緻化後エリア図

精緻化後 R 値を検討するにあたり、仮説 R 値によるシミュレーション値と実測値の比較を行った。仮説エリア図上に実測測定点をプロットし、実測値及び仮説 R シミュレーション値を記入したものを図 3.3-64、図 3.3-65 に、各仮説 R 値を採用した測定点の一覧と仮説 R シミュレーション値と実測値の偏差を表 3.3-16、表 3.3-17 に示す。

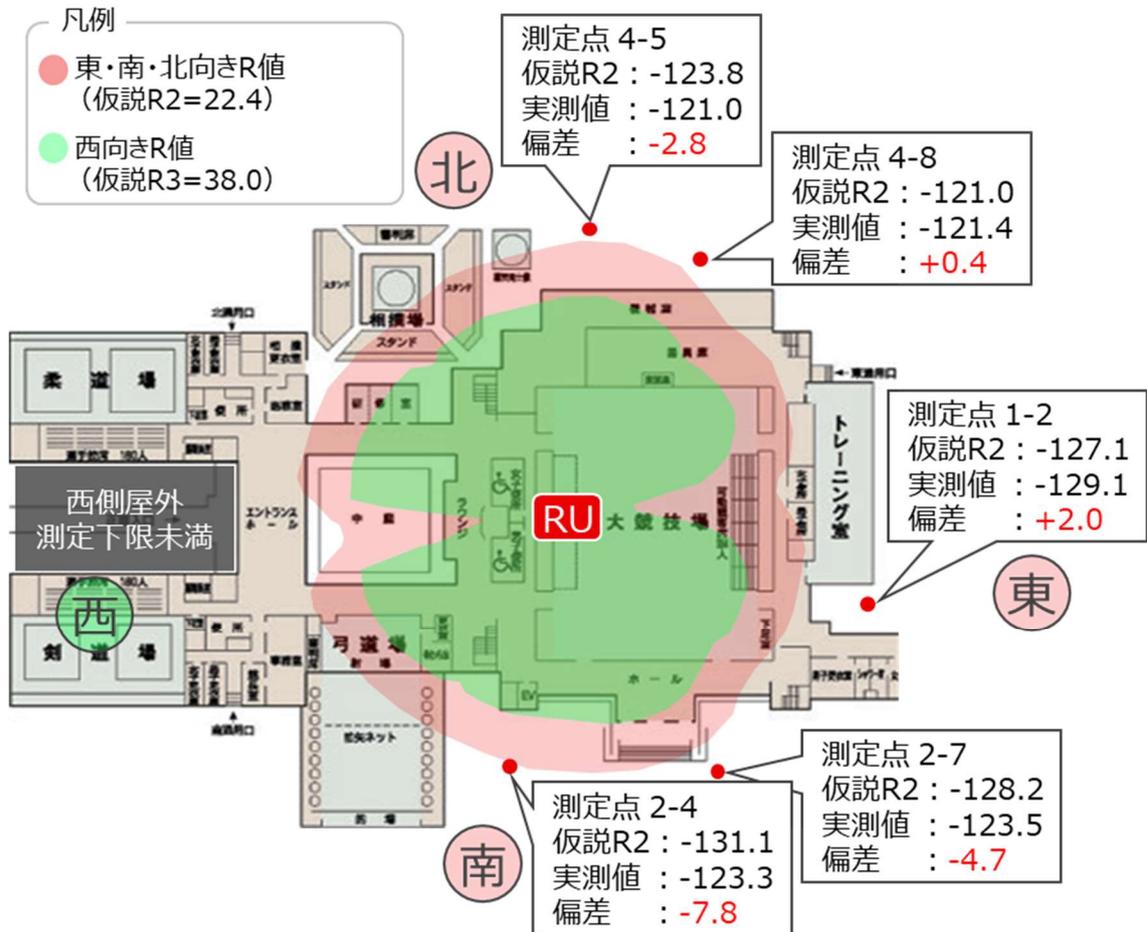


図 3.3-64 SAGA プラザ実測値と仮説 R2 シミュレーションの比較(測定点は抜粋)

表 3.3-16 SAGA プラザ・熊本市総合体育館「仮説 R=22.4」採用時の偏差

測定点	RUからの距離 (m)	シミュレーション値 RSRP[dBm]	実測値 RSRP[dBm]	偏差
1-2	63	-128.5	-129.1	0.6
2-4	63	-125.1	-123.0	-2.1
2-7	61	-120.1	-122.0	1.9
2-8	68	-126.1	-123.5	-2.6
2-9	61	-124.7	-129.1	4.4
2-10	70	-128.1	-126.8	-1.3
4-5	63	-123.1	-121.0	-2.1
4-6	56	-116.8	-123.0	6.2
4-8	63	-123.4	-121.4	-2.0
4-9	58	-120.4	-126.3	5.9
4-16	65	-128.8	-130.3	1.6
4-20	63	-125.4	-127.1	1.7
4-21	62	-125.1	-127.2	2.1
4-22	67	-125.8	-127.4	1.7
8-5	88	-133.8	-131.9	-1.9

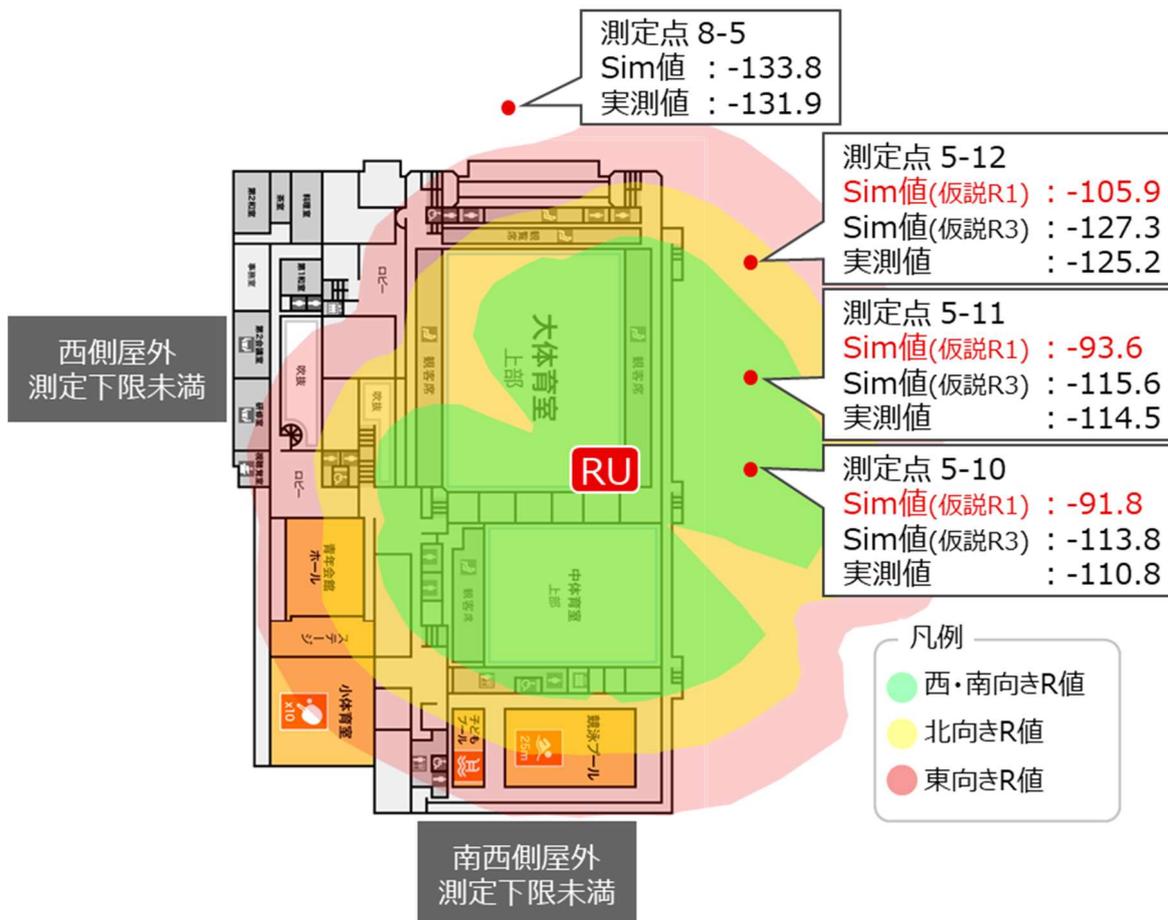


図 3.3-65 熊本市総合体育館 実測値と仮説 R3 シミュレーションの比較(測定点は抜粋)

表 3.3-17 SAGA プラザ・熊本市総合体育館「仮説 R3=38.0」採用時の偏差

測定点	RUからの 距離 (m)	シミュレーション値 RSRP[dBm]	実測値 RSRP[dBm]	偏差
3-3	40	-116.7	-119.0	2.3
3-4	41	-120.9	-118.5	-2.4
3-5	16	-111.4	-114.6	3.2
3-7	14	-108.2	-111.5	3.3
3-8	32	-113.6	-118.0	4.4
3-9	61	-138.3	-129.6	-8.7
3-10	61	-137.6	-128.0	-9.6
3-12	31	-113.5	-118.9	5.4
5-10	31	-113.8	-110.8	-3.0
5-11	33	-115.6	-114.5	-1.1
5-12	55	-127.3	-125.2	-2.1
5-15	42	-117.6	-120.9	3.3
5-16	64	-133.3	-128.8	-4.5

仮説エリア図において、熊本市総合体育館東側は「競技場壁面外が屋外になる構造」と考え、「仮説 R1=15.6」を適用していたが、2F に設置した RU から屋外測定点に至る無線区間は倉庫を透過することが分かった。これを受けて熊本市総合体育館東側は「競技場壁面外と屋外の間に別室がある構造」となり「仮説 R3=38.0」を採用することとした。

精緻化後 R 値は、仮説 R 値を基準に、各仮説 R シミュレーション値と複数地点での実測値の偏差中央値による補正を行い、次のように定めた。

【精緻化後 R 値】

精緻化後 R2=19.6 (「仮説 R2=22.4」 - 「実測偏差中央値=+2.8」 =19.6)

精緻化後 R3=34.4 (「仮説 R3=38.0」 - 「実測偏差中央値=+3.6」 =34.4)

※仮説 R1 をもとに算出予定だった精緻化後 R1 は、上述した熊本市総合体育館東側になるが、仮説 R1 から仮説 R3 へ変更

導出した精緻化後 R 値を適用して作図した精緻化後エリア図を図 3.3-66～図 3.3-71 に示す。



図 3.3-66 SAGA プラザ精緻化後エリア図(R=19.6)

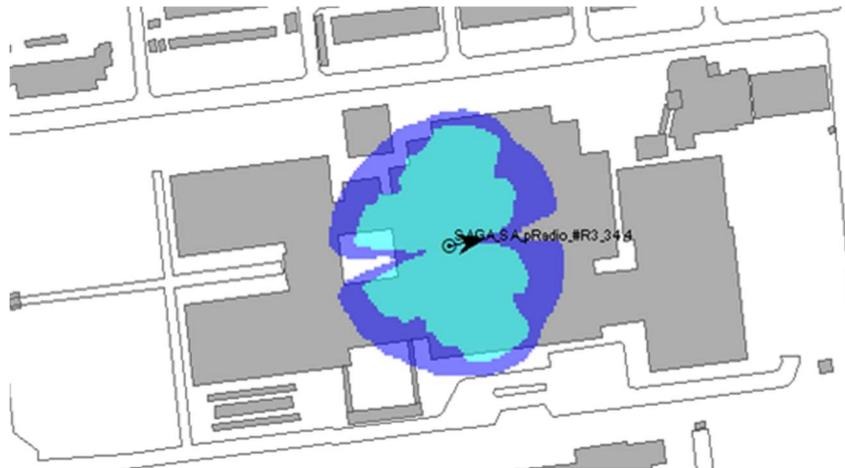


図 3.3-67 SAGA プラザ精緻化後エリア図(R2=34.4)

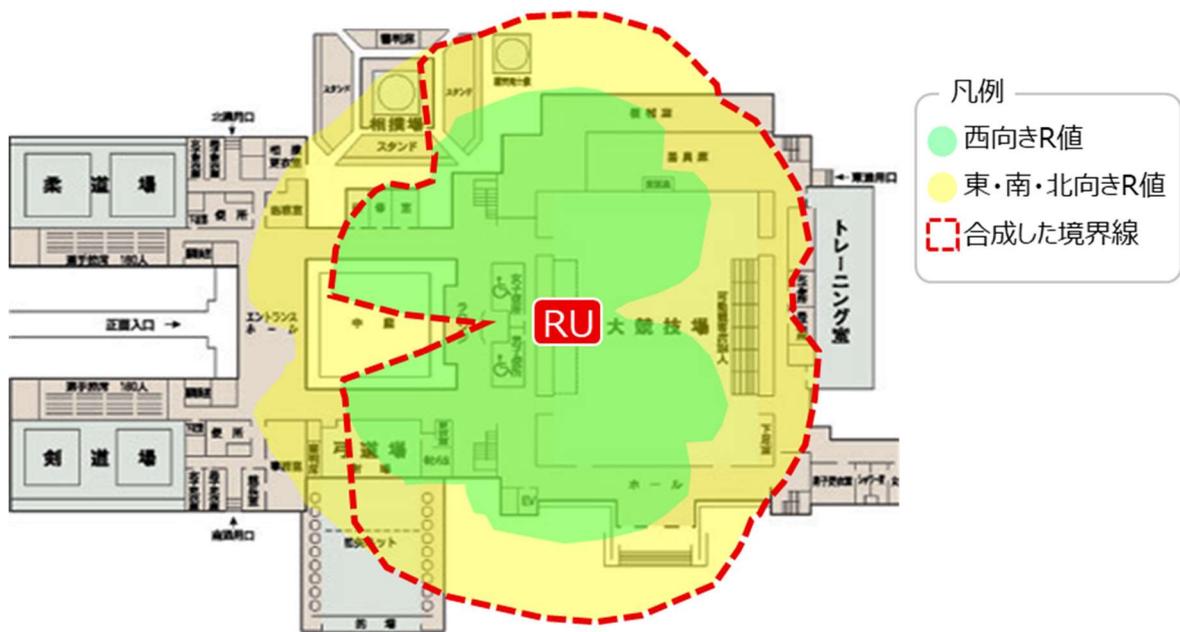


図 3.3-68 SAGA プラザ精緻化後エリア図(R2,R3 合成)

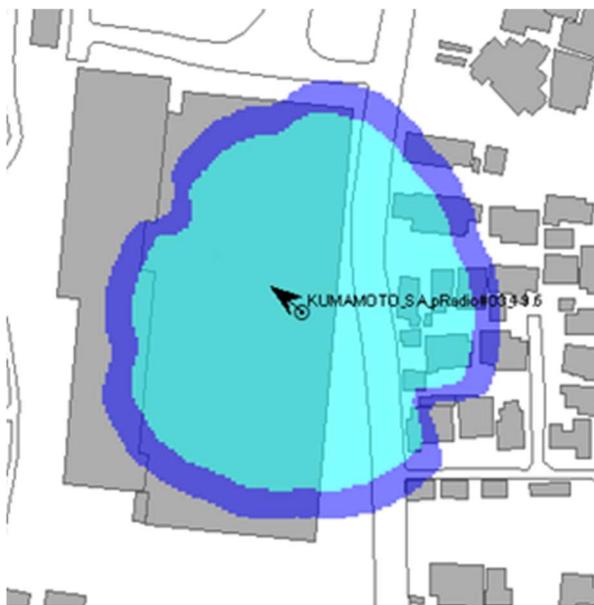


図 3.3-69 熊本市総合体育館
精緻化後エリア図(R2=19.6)

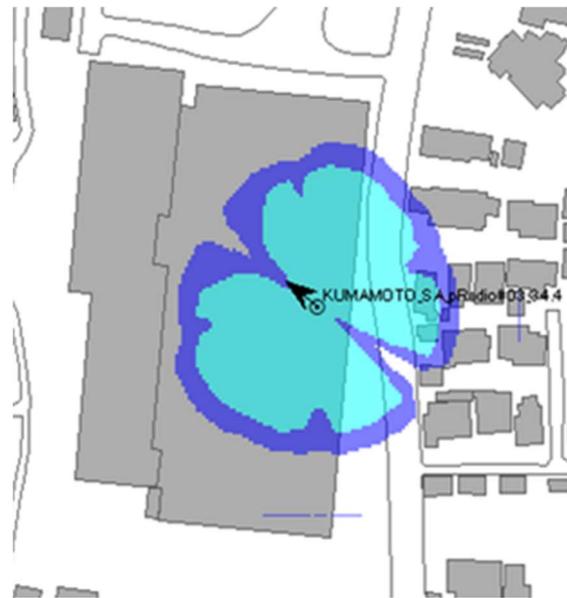


図 3.3-70 熊本市総合体育館
精緻化後エリア図(R3=34.3)

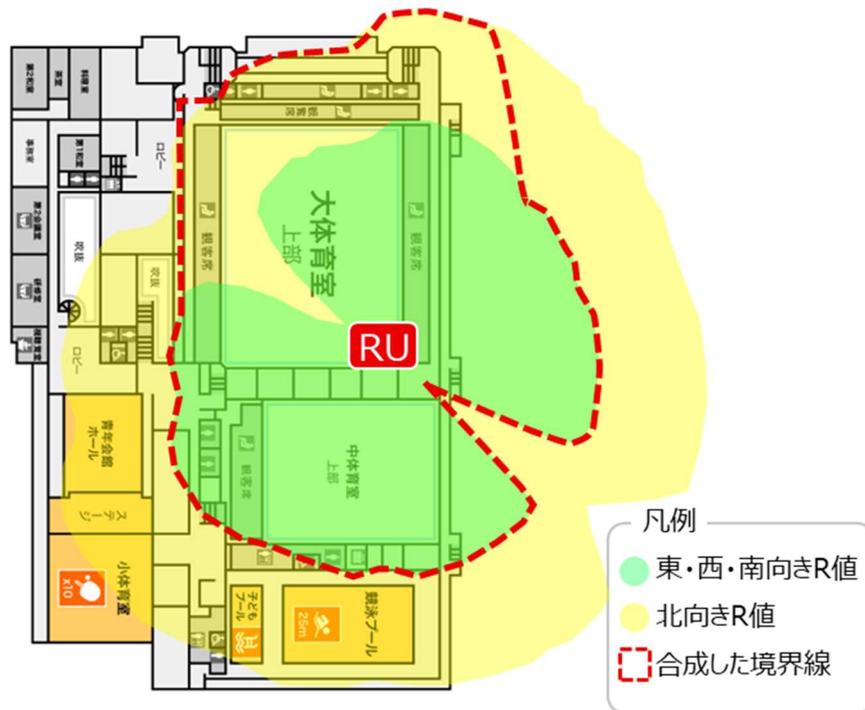


図 3.3-71 熊本市総合体育館 精緻化後エリア図(R2,R3 合成)

仮説 R 値の評価と同様に、精緻化 R 値によるシミュレーション値と実測値の比較を行った。精緻化後エリア図上に実測測定点をプロットし、実測値及び精緻化 R シミュレーション値を記入したものを図 3.3-72、図 3.3-73 に各仮説 R 値を採用した測定点の一覧と仮説 R シミュレーション値と実測値の偏差を表 3.3-18、表 3.3-19 に示す。

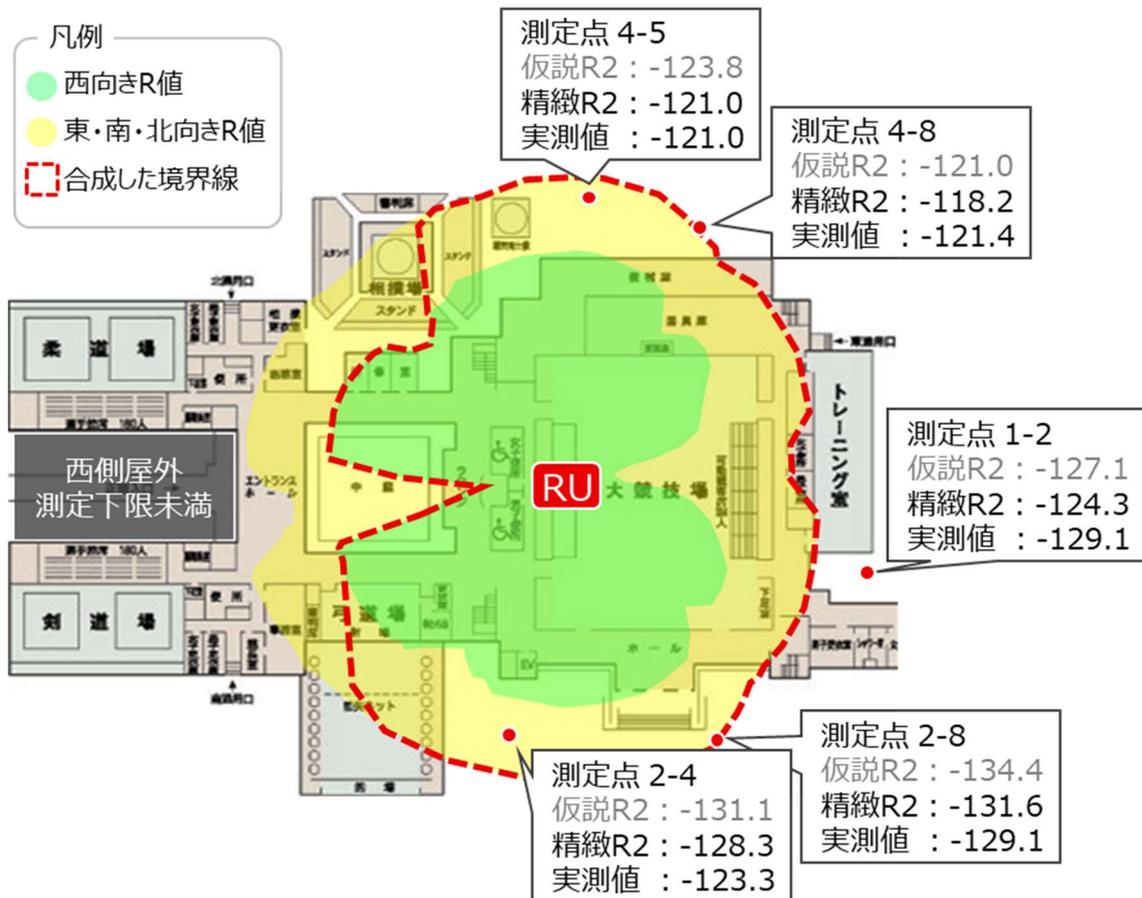


図 3.3-72 SAGA プラザ実測値と精緻化後 R2 シミュレーションの比較(測定点は抜粋)

表 3.3-18 SAGA プラザ・熊本市総合体育館「精緻化 R2=19.6」採用時の偏差

測定点	RUからの 距離[m]	仮説R2=22.4 算出値 RSRP [dBm]	実測値 RSRP [dBm]	仮説R2=22.4 偏差 [dB]	精緻化R2=19.6 算出値 RSRP [dBm]	精緻化R2=19.6 偏差 [dB]
1-2	50.0	-127.1	-129.1	2.0	-124.3	4.8
2-3	53.6	-120.9	-123.0	2.1	-118.1	4.9
2-4	68.2	-131.1	-123.3	-7.8	-128.3	-5.0
2-5	60.3	-123.9	-126.8	3.0	-121.1	5.8
2-6	70.0	-130.2	-122.0	-8.2	-127.4	-5.4
2-7	69.2	-128.2	-123.5	-4.7	-125.4	-1.9
2-8	80.0	-134.4	-129.1	-5.3	-131.6	-2.5
2-9	64.0	-129.9	-126.8	-3.1	-127.1	-0.3
4-5	60.2	-123.8	-121.0	-2.8	-121.0	0.0
4-6	52.1	-117.6	-123.0	5.4	-114.8	8.2
4-8	58.4	-121.0	-121.4	0.4	-118.2	3.2
4-10	51.5	-118.1	-123.2	5.1	-115.3	7.9
4-15	62.8	-129.1	-122.9	-6.2	-126.3	-3.4
4-16	60.1	-127.2	-130.3	3.1	-124.4	5.9
4-17	66.8	-131.7	-126.3	-5.4	-128.9	-2.6
4-20	59.3	-125.2	-127.1	1.9	-122.4	4.7
4-21	60.1	-126.7	-127.2	0.5	-123.9	3.2
4-22	63.4	-124.5	-127.4	2.9	-121.7	5.7
4-23	74.7	-136.5	-128.6	-7.9	-133.7	-5.1
8-2	65.7	-126.3	-127.9	1.6	-123.5	4.4
12-2	66.7	-127.0	-128.8	1.8	-124.2	4.6

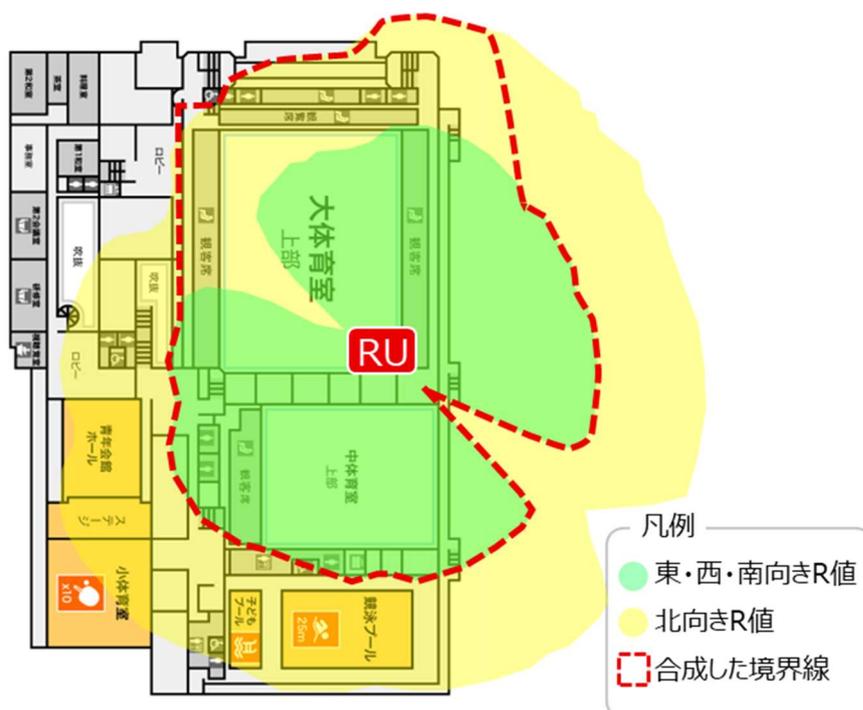


図 3.3-73 SAGA プラザ実測値と精緻化後 R3 シミュレーションの比較(測定点は抜粋)

表 3.3-19 SAGA プラザ・熊本市総合体育館「精緻化 R3=34.4」採用時の偏差

測定点	RUからの距離[m]	仮説R3=38.0 算出値 RSRP [dBm]	実測値 RSRP [dBm]	仮説R3=38.0 偏差 [dB]	精緻化R3=34.4 算出値 RSRP [dBm]	精緻化R3=34.4 偏差 [dB]
5-2	50.0	-120.4	-123.5	3.1	-116.9	6.6
5-3	53.6	-116.4	-117.7	1.3	-112.9	4.8
5-9	68.2	-124.9	-127.5	2.6	-121.3	6.2
5-12	69.2	-133.9	-124.9	-9.1	-130.4	-5.5
5-15	80.0	-125.6	-124.3	-1.3	-122.1	2.3
9-2	60.2	-120.0	-121.9	1.9	-116.5	5.4
9-3	52.1	-116.4	-117.3	0.8	-112.9	4.4
9-9	58.4	-124.6	-131.5	6.9	-121.1	10.4
9-12	60.1	-134.8	-125.2	-9.6	-131.2	-6.0
9-15	66.8	-126.7	-120.9	-5.8	-123.2	-2.3

上記の通り、精緻化後 R 値について、中規模体育室に共通的に適用して精度の高いシミュレーションが行えることを確認した。

6) 考察

中規模体育室内外の電波伝搬に関する考察のため、SAGA プラザ及び熊本市総合体育館の現地測定時に調査した壁面の材質、厚さ、面積率を表 3.3-20、表 3.3-21 に示す。なお、想定 R 値は、ITU-R M. 2412 の材質別透過損を参照した。

表 3.3-20 SAGA プラザ壁面調査結果

4.8 [GHz]

99M9X7W

4849.98 [MHz]

周波数 [GHz]	壁面	材質	厚さ [mm]	面積率 [%]	想定R値 [dB]
4.85	代表値				
	東側1F	ガラス	8	18	24.2
		コンクリート	360	62	
		木材	10	20	
	東側2F	ガラス	8	50	17.2
		コンクリート	120	50	
		木材	-	-	
	西側	ガラス	-	-	19.8
		コンクリート	120	50	
		木材	120	50	
	南側1F	ガラス	8	30	19.4
		コンクリート	120	37	
		木材	10	33	
	南側2F	ガラス	8	50	17.2
		コンクリート	120	50	
		木材	-	-	
	北側1F	ガラス	5	2	27.1
		コンクリート	480	78	
		木材	10	20	
	北側2F	ガラス	8	50	17.2
		コンクリート	120	50	
		木材	-	-	

表 3.3-21 熊本市総合体育館 壁面調査結果

4.7 [GHz] 100MX7W 4749.99 [MHz]

周波数 [GHz]	壁面	材質	厚さ [mm]	面積率 [%]	想定R値 [dB]
4.75	代表値				
	東側	ガラス	6	40	18.8
		コンクリート	220	60	
		木材	-	-	
	西側	ガラス	-	-	22.8
		コンクリート	440	67	
		木材	10	33	
	南側	ガラス	6	1	23.7
		コンクリート	880	61	
		木材	10	38	
	北側1F	ガラス	8	30	19.3
		コンクリート	440	37	
		木材	10	33	
	北側2F	ガラス	8	30	20.6
		コンクリート	120	70	
木材		-	-		

4.8 [GHz] 99M9X7W 4849.98 [MHz]

周波数 [GHz]	壁面	材質	厚さ [mm]	面積率 [%]	想定R値 [dB]
4.85	代表値				
	東側	ガラス	6	40	19.0
		コンクリート	220	60	
		木材	-	-	
	西側	ガラス	-	-	23.0
		コンクリート	440	67	
		木材	10	33	
	南側	ガラス	6	1	24.0
		コンクリート	880	61	
		木材	10	38	
	北側1F	ガラス	8	30	19.4
		コンクリート	440	37	
		木材	10	33	
	北側2F	ガラス	8	30	20.9
		コンクリート	220	70	
木材		-	-		

中規模体育室は中央に柱のない無柱空間を周辺が支える構造のため、競技場周囲の柱及び壁が他の一般的な建築物よりも厚くなる傾向にあった。また、競技場フロア(1F)壁面には移動式観覧席が設置されており、通常の間壁面よりも電波を透過しにくい構造であるといえる。参考に熊本市総合体育館の移動式観覧席を図 3.3-74 に示す。

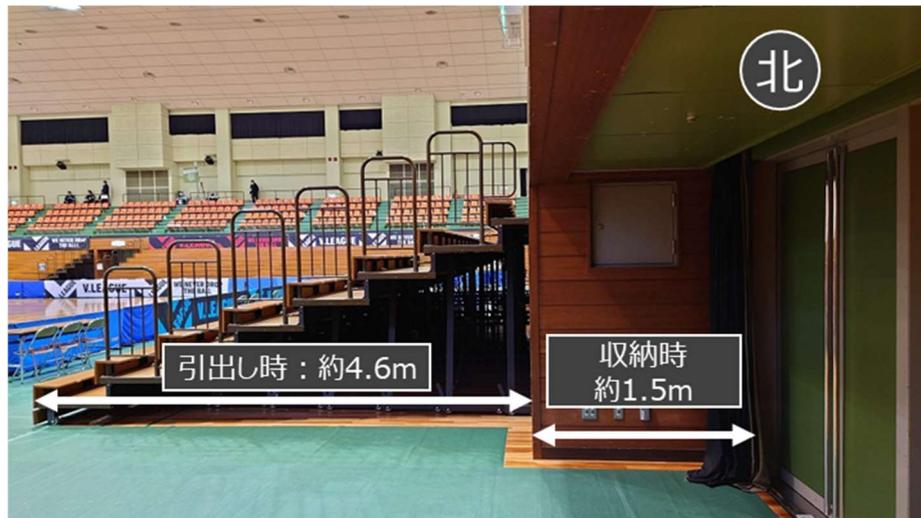


図 3.3-74 熊本市総合体育館 1F 引出式観客席

これらの理由から、中規模体育室における R 値はエリア算出法の $R=16.2$ よりも大きな値になったと考える。

体育館屋外の電波測定の際、壁面透過直後の測定点よりも、壁から数 m 離れた地点の方が 1~5dB 程度高い受信電力を示す事象が確認された。該地点周辺の測定により、屋外(地上)から競技場 2F 窓を見通せる場所(窓に対して LOS)でのみ発生していることが分かった。熊本市総合体育館の立面図を用いて窓透過のイメージを図 3.3-75 に示す。

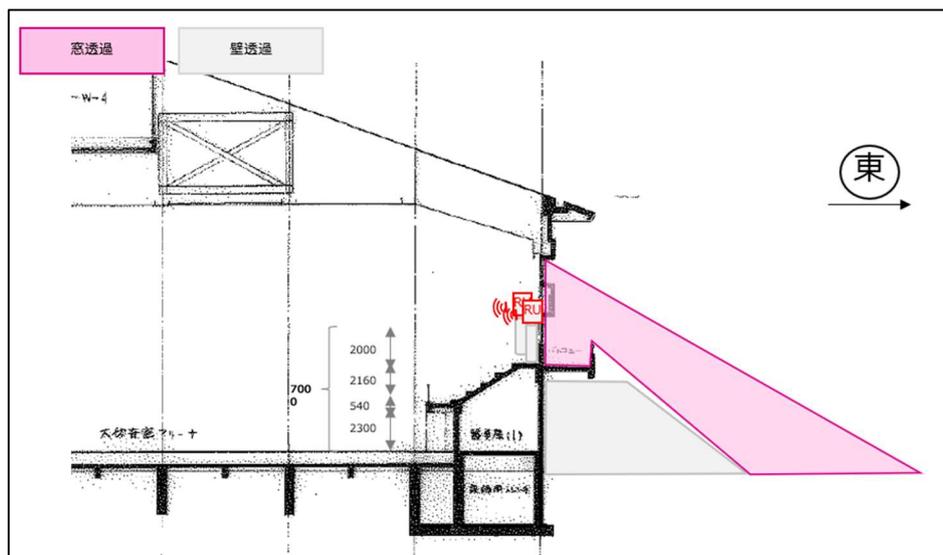


図 3.3-75 熊本市総合体育館 2F 窓透過のイメージ

2F に窓がある構造は、本実証のターゲットとする中規模体育室において一般的であるため、精

緻化後 R 値に反映されるよう、該当する測定点（1-2, 2-10, 4-5, 4-6, 4-8, 5-10, 5-11, 5-12, 5-15, 5-16）の実測値も補正值算出に採用した。

公共業務用固定局との共用検討の観点で、屋内利用に限定かつ屋内であっても利用できない市区町村が設定されている中心周波数 4.75GHz について、「令和 2 年度 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(案)」より、九州地区の許容干渉電力を超過する地点を含む市区町村数を引用する。

表 3.3-22 九州地区 屋内ローカル 5G 基地局の許容干渉電力を超過する地点を含む市区町村数

建物侵入損 (dB)	市区町村数*
10	50
20	28
30	13

※公共業務用固定局の周囲半径 100km の円内に含まれる市区町村の総数は 157

許容干渉電力の計算に用いる建物侵入損は 10dB、20dB、30dB の 3 パターンで検討されており、建物侵入損が 10dB 増加する毎に許容干渉電力を超過する地点を含む市区町村数が 50、28、13 と半減していることが読み取れる。また、ローカル 5G 導入に関するガイドライン（令和 4 年 3 月最終改定）には、「自己土地内での利用に限定し、基地局免許申請時に基地局設置予定範囲の端点で他者土地へ干渉を与えない条件をクリアしていれば、予め決められた複数ポイント又は一定の範囲内での基地局移動に関する無線局変更申請を省略し、自由に可搬・半固定運用できるようにならないかという要望もある。こうした要望を整理した上で、ローカル 5G の普及促進のために簡素化の実現性について検討を深めていくことが適当である」との記載がある。これらをふまえ、建物侵入損が算出法の $R=16.2$ よりも大きな値となる屋内環境においては、免許申請時に現地環境の情報を添付することを条件に中心周波数 4.75GHz の設置可否を検討できる制度運用になれば、利用できる周波数帯域の拡大につながりローカル 5G の普及促進に寄与すると考える。

7) まとめ

本実証が横展開のターゲットとする V リーグ試合会場の中規模体育室は、共通項として観覧席（1F は移動式・2F は固定式）を備えた無柱空間であり、一般的な建築物よりも透過損失が大きかった。実際、競技場壁透過後・外壁透過前の段階でほとんどの測定点がエリア算出法における干渉調整区域端 (RSSI : -91.0dBm) 未満の値を示しており、ローカル 5G 基地局の 300mW 出力において体育館屋外への電波漏洩は与干渉の懸念は少なく、十分に低いレベルであることを確認した。

実施計画時、熊本市総合体育館東向きに仮説 $R1=15.6$ （「R3-No. 22 成果報告書」の記載を参考に（150mm 厚のコンクリート壁 1 層透過）を適用していたが、現地調査時に熊本市総合体育館東外壁の厚さが 800mm（150mm 厚壁×5 層透過分に相当）であることが分かり、仮説 $R3=38.0$ の適用に修正した。実証前の仮説の通り、競技場外の建物構造による分類により R1, R2, R3 の適用を検討することは有効であるが、壁の厚さが標準的なものから逸脱していないかを現地調査で確認することが必須となる。本実証の結果から、今後の横展開において、観覧席を有する中規模体育室には汎用的に精緻化後 R 値を適用できると考える。

精緻化後 R 値については「精緻化 R2=19.6」「精緻化 R3=34.4」となり、エリア算出法の R=16.2 よりも大きな値になった。場所によって利用制約のある 4.7GHz 帯についても、この結果をふまえ、免許申請時に屋内アンテナから屋外までの壁面透過損に関する環境情報を添付することで規制が緩和されるような制度がローカル 5G の利活用を推進する上で望ましいと考える。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

本実証では実施しない。

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

本実証では実施しない。

4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

本実証では、V1 リーグ及び V2 リーグの試合の撮影に対し、撮影費の削減及び新たな収入の観点から、現行の撮影スタッフ数以下で、現在撮影している同等以上の映像が得られる事を実証する。具体的には、撮影時の下記の作業プロセスを対象に実証を行った。

（作業対象プロセス） 機材の設営→撮影の開始→撮影→データの保存→機材の撤収

本実証の中では、Web 配信については、今後の更なる魅力的な映像サービス提供に向けて、現状の配信プラットフォームへの採用について技術的な視点で評価を行う。

課題実証①

- ・ 撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツの創出
 - ボール自動追尾 AI カメラを導入する事で従来の撮影スタッフ 3 人から 2 人で対応可能になる事を実証した。
 - 360 度高画質カメラ、審判・選手視線カメラ等の複数台を活用する事で臨場感のある魅力的な映像を撮影できる事を実証した。
- ・ また、来場者数増に資する新たな取組みは、下記の取組みが寄与する事の実証を行った。

課題実証②

- ・ 会場での新たな視聴体験を提供することによる来場者の増加
 - 貸出視聴用端末により、手元で自由視点・臨場感のある視聴体験の提供
- ・ 更に導入コストの低減の実証のため、以下の取組みの実証を行った。

課題実証③

- ・ ローカル 5G 簡易設営キットの運用性
 - ローカル 5G 設備を簡易に移設し利用することができれば、導入コストの面で障壁を低減できると考える。このことから、ローカル 5G 簡易設営キットを用い、将来他の体育館等へ移設する事を想定し、設営～撮影～撤去までの簡易さを実証した。

※4.3.1(2)運用検証に記載

- ・ 加えて、設備利用型へのビジネスモデルの可能性の検証を行った。

課題実証④

- ・ ローカル 5G 『設備利用型』の実現可能性
 - 利用者の『ローカル 5G 設備所有型』から、必要な時にだけ映像ソリューションとセットで利用できる『設備利用型』へのビジネスモデルの可能性を検証した。

上記の各課題実証と、検証の実施事項との関係性は 4.3 に示す。

4.1.1 背景となる課題

コロナ禍により、現地会場での観戦が困難になったため、ライブ動画の配信やアーカイブでの動画配信に着手するも、映像配信市場での競争が激しく動画配信事業の安定化（黒字化及び収入増）が必要な状況になっている。（図 1.1-2 参照）

また、コロナ禍後は、本来の「スポーツビジネス」に求められる大きな役割である、現地会場まで足を運んで頂き観戦者増による地域消費の活性化が、V. LEAGUE に強く期待されている。

一方で、V. LEAGUE の主な試合会場となる体育館では施設内の通信環境が整備されておらず、動画配信の自動化・高度化に向けた足かせとなっており、試合会場の体育館は公益性もあり、収益獲得機会は限定的なため、常設のローカル 5G 設備導入に至るまでには予算面でのハードルが高いことが次の打ち手を拒む大きな原因となっている。

以上のことをふまえ、イシューツリーによる課題点の可視化した結果を図 4.1-1 に示す。

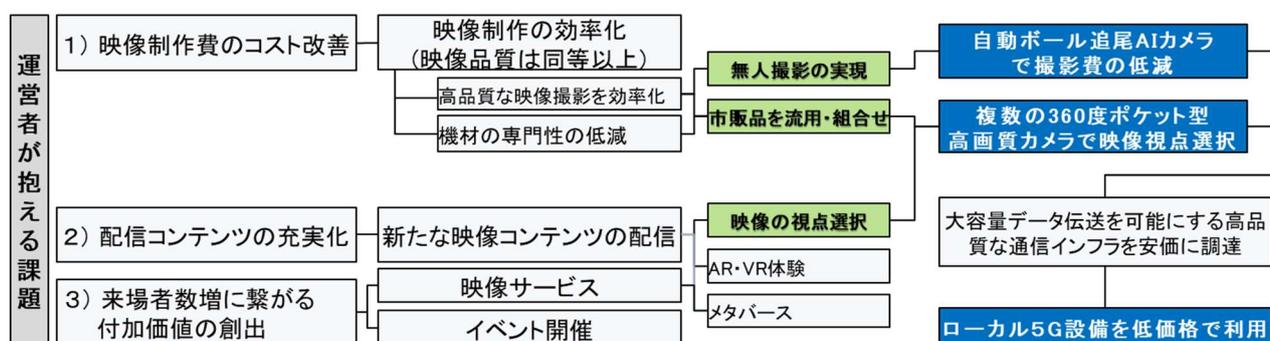


図 4.1-1 イシューツリーによる課題点の可視化

4.1.2 本実証におけるローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション

本実証では図 4.1-2 に示す個々のソリューションを組合せ、1つのソリューションとして扱う。内容としては来場者に高精細・多視点映像コンテンツの提供を実現させる。

具体的には、V リーグの試合に対して、ローカル 5G 環境下にてボール自動追尾 AI カメラ (Pixellot S1) による試合の自動撮影と、360 度高画質カメラ (QooCam8K Enterprise) 5 台にて様々な視点からの映像を撮影する。

これらのボール自動追尾 AI カメラ及び 360 度高画質カメラで撮影した各々の映像を 1つの視聴用端末 (iPad Air) に集約し、来場者に体感頂く。

課題実証として利用するソリューション機器は、主に 2.4 システム機能・性能・要件 (4) ソリューション機器で述べたバレーボールの試合状況や選手を撮影するためのカメラ機器と、それらの情報を集約して映し出すデバイス (本実証では視聴用端末 (iPad Air) を使用) にて、4.1.1. 背景となる課題で述べた内容について、解決に向けた課題実証を進めた。

本実証で使用するソリューション機器の一覧を表 4.1-1 に示す。

2.2 実施環境で述べた各体育館に対して、以下図 4.1-2 に示す配置に各々のカメラ及び機器を

設置し、試合開始に合わせて撮影を行った。各撮影機器は、下記 1～5 のように配置した。

1. 2階観客席の中央部分（バレーコートのセンターラインの延長線上を指す）からアリーナ全体（バレーボールの試合進行が確認できる範囲）が写る位置にボール自動追尾 AI カメラ（Pixel lot S1）を設置、及びキャリブレーションを行う。
2. 1階アリーナにてバレーコートの両サイド（サーブを打つ選手の後方）から、バレーコートのサイドライン内、及びフリーゾーン（コートサイドラインから約 3m のフリーゾーン）が画角に入りきる位置に QooCam8K Enterprise のカメラを設置する。
3. 1階アリーナにて両チームベンチの前に、コート側とベンチ選手側が画角に入る位置に QooCam8K Enterprise のカメラを設置する。
4. 1階アリーナにてセンターのネットを固定するポールの審判側に QooCam8K Enterprise のカメラを設置する。
5. 映像視聴用としてタブレット（視聴用端末（iPad Air））を使用する。

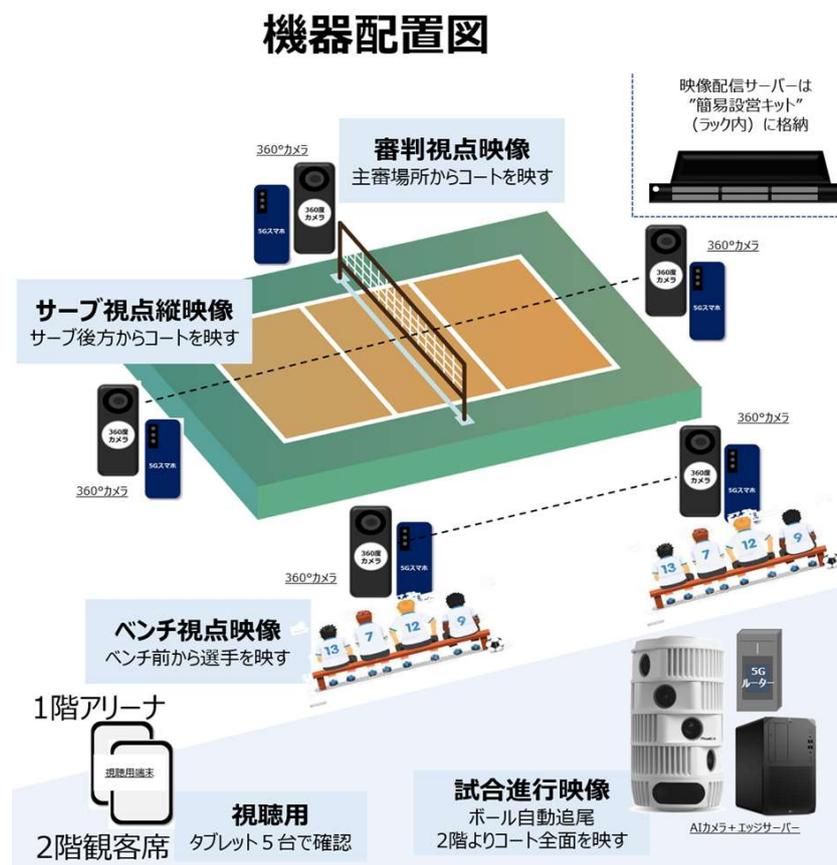


図 4.1-2 ソリューション機器配置図

表 4.1-1 ソリューション機器一覧

No	設置場所	設置・利用場所	使用機器	調達先	数量	備考
1	大競技場	2階観客席	Pixellot S1	朋栄	1	3脚やその他付属品含む
1-1	大競技場	2階観客席	VPU	朋栄	1	No1とのセット製品
1-2	大競技場	2階観客席	スコアボードカメラ	朋栄	1	No1とのセット製品
2	大競技場	2階観客席	K5G-C-100A	京セラ	1	VPUの接続端末
3	大競技場	1階アリーナ	QooCam8K Enterprise	三友株式会社 株式会社 Acalie	5	3脚やその他付属品含む
4	大競技場	1階アリーナ	SD01	FCNT	5	QooCamの接続端末
5	大競技場	2階観客席	iPad Air	Apple	6	うち1台を管理者向けで利用
6	大競技場	SAGA プラザ：1 階機械室 熊本市 総合体育館： 2階観客席	映像配信サーバ	KSG 株式会社	1	1U型

上表内のNo.1-1は、「図 4.2-1～図 4.2-2」内の「エッジサーバ」

(2) ローカル 5G 活用モデル（当初仮説）

本実証後、検証内容の整理及び今後の実装における課題点を洗い出し、課題に対する解消策を講じ、実装に向けた取組みへ切り替えて実装調整を進める。

実証フィールドの SAGA プラザ（利用チーム：久光スプリングス）と熊本市総合体育館（利用チーム：フォレストリーヴズ熊本）を対象に、Vリーグの次回開催シーズン（10月～翌4月）となる2023年度10月から、改善内容を反映させたサービス内容にて実装を目指す。

- ・想定ターゲット先：

Vリーグのシーズン中の試合の撮影費の削減とし、まずは今回実証フィールドに選定した2つの体育館（2チーム）の試合で実装し今後拡大させていく予定。

-SAGA プラザ（利用チーム：久光スプリングス）

-熊本市総合体育館（利用チーム：フォレストリーヴズ熊本）

- ・ソリューション提供、利用方法：本実証の検証結果から順次改善しサービス開始。

ソリューション提供開始時期は、2023年度Vリーグシーズン開始の10月とする。

また、V.LEAGUE 機構の利用方法は、設備所有型ではなく、

KDD I エンジニアリング株式会社が設備を所有し、ローカル 5G 簡易設営キット含め当該ソリューションを必要な時に提供するモデルとする。

- ・運用体制：KDD I エンジニアリング株式会社にて窓口体制を設け対応。

- ・導入効果：本実証モデルのファーストユーザーを本実証モデルのファーストユーザーを

V.LEAGUE 機構（各所属チーム）として撮影、配信への削減効果及び地域

活性化につながる導入を見据える。

- ・横展開の在り方：本実証を行った2つの体育館（2チーム）を成功事案として、同Vリーグの他体育館（他チーム）への拡大を目指す。

（V. LEAGUE 全チーム数：51チーム）

その後、Vリーグ以外のスポーツへの拡大や新たな分野（工事現場、場外イベントなど）への導入シーンに対しても本ビジネスモデルの適用を可能にしていく。

本ビジネスモデルを適応するにあたり、コンソーシアム内の役割を整理して検討を進めた。具体的には、サービス提供者・NW設備の保守・運用はKDDIエンジニアリング株式会社が担い、ローカル5Gの免許申請・システム構築・リモート監視は富士通ネットワークソリューションズ株式会社が担う。また、360度高画質カメラ及び映像配信サーバのソリューション開発・提供は株式会社iDが担い、ボール自動追尾AIカメラの保守・ライセンス提供は株式会社スポーツマーケティングラボラトリーが担うことを前提とし体制構築を行った。

上記のローカル5G活用モデルを実装した際の事業スキームを図4.1-3に示す。

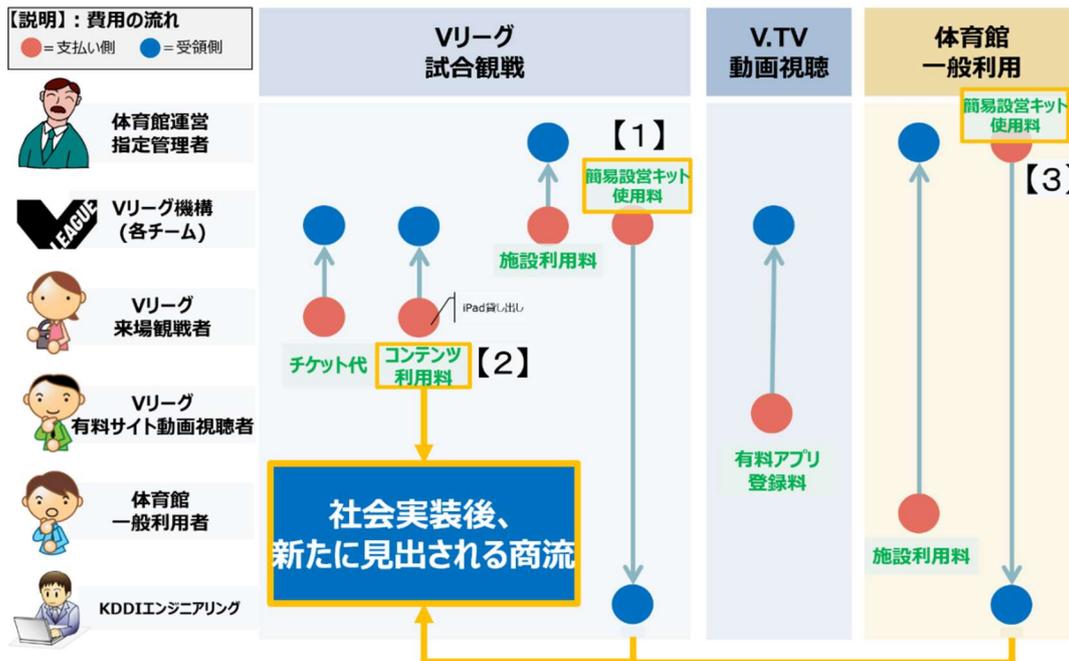


図 4.1-3 事業スキーム(当初仮説)

(3) ローカル 5G の必然性・必要性

各種スポーツイベントの開催において、会場の設営に関わる準備工程は相当な時間を費やしているのが現状である。有線通信による環境を準備する場合、有資格者の作業員配置や敷設作業による制限や時間を要してしまう。無線通信にすることで一元的な設定や配置等により有線通信と比べると準備工程は少なく抑えることができる。

スポーツ施設において、キャリア 5G や Wi-Fi が整備された場合でも、撮影した複数の高画質多視点映像データをアップロードするための必要帯域の確保が難しいこと。また、来場して頂く一般利用者への通信に影響を及ぼす可能性があることを想定している。

本実証でのソリューション機器のアップロードには、407.5Mbps（ボール自動追尾 AI カメラ 1 台の UL 7.5Mbps と 360 度高画質カメラカメラ 5 台 ×80Mbps=UL 400Mbps の計 407.5Mbps）以上の帯域確保が必要になることから、ローカル 5G の準同期での提供が必要であると考え。

具体的には、無線システムは SAGA プラザを準同期のみで構築し、熊本市総合体育館を競技エリアは準同期、観客席エリアは同期の併用で構築した。

それぞれの無線システムで検証し、ローカル 5G の必然性を実証した。

■検証項目

- ① ボール自動追尾 AI カメラ(1 台)・360 度高画質カメラ(5 台)のアップリンク方向のスループット、RTT
- ② 視聴用端末(6 台)のダウンリンク方向のスループット、RTT
- ③ ボール自動追尾 AI カメラ・360 度高画質カメラ・視聴用端末の実測に基づくトラヒック負荷を掛けたスループット、RTT から 360 度高画質カメラや視聴用端末の接続許容台数を算出

■ローカル 5G の必然性について立証する事

- ① ボール自動追尾 AI カメラ(1 台)・360 度高画質カメラ(5 台)の 407.5Mbps 以上の帯域確保には準同期での提供が求められる事。
- ② 同一場所で用途に応じアップリンクとダウンリンクの両方向が必要な場合、キャリア 5G にはない準同期と同期の併用が有効である事。

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

課題実証内容にある、ボールの動き、及びバレーボールのアルゴリズムを組み込んだ映像を自動撮影することができるボール自動追尾 AI カメラを導入するとともに、更には、新しい視点から撮影する 360 度高画質カメラと組合せることで、今までにはなかった新たな視点映像を安価に作り出すことを実証した。

更に設備面でもローカル 5G 簡易設営キットによりローカル 5G 導入の障壁を下げるための運用面での効率性を実証した。このことから、スポーツ中継における従来の撮影方法や既存ソリューションに対して、提供先/活用分野、機能性、運用性の面で新規性を確認することができた。

- ・提供先/活用分野

- 各種イベント期間に対し柔軟な対応ができる

- ・機能性

- 視聴者の操作により、自由な視点で高精細・多視点映像を視聴することができる。バレーボールコート内 5 箇所に 360 度高画質カメラを設置し、視聴者の操作による様々な角度の映像を視聴することが可能となる。更に、バレーボールネットやベンチ横にカメラを設置し自由視点映像を配信することは、これまでのバレーボール中継では実現できていない。

- ・運用性

- ローカル 5G 簡易設営キットと映像機材一式の導入における運用マニュアルを整備し、利用するお客様が構築できるレベルのもの。ローカル 5G 設備利用を 1 箇所にとどめず、場所を移動し利用する簡易性を重視したサービスはまだ確認できていない。本内容を実証することで、様々な屋内イベントでの利用促進を図る。

(2) 過年度実証事業との関連性

令和 3 年度に福岡県田川市で実証された「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」とは、広くスポーツへのローカル 5G 展開といった点においては同類ではあるが、同実証は、主に選手への“指導”という課題に対し実証が行われた。

本実証では、新たな視点からの映像を届ける課題に対する”顧客への新たな視聴体験の提供“に軸足が置かれている。

また、解決策においても、田川市での実証差異としては、AI カメラによる試合の自動撮影、審判目線からの 360 度高画質カメラ撮影、及び自動映像配信システムの構築等、異なる課題にアプローチしているため解決策も異なる点で新規性がある。

4.1.4 実証目標

本実証における課題実証①～④の実証目標を以下に示す。

- ・課題実証①：撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツを創出し、ボール自動追尾 AI カメラの導入及び機材の設営を簡易化する事で従来の撮影スタッフ3人を2人で対応可能であることを目指す。
- ・課題実証②：会場での新たな視聴体験を提供することによる来場者の増加
貸出視聴用端末により、手元で自由視点・臨場感のある視聴体験を提供することを目指す。
- ・課題実証③：ローカル 5G 簡易設営キットの運用性
ローカル 5G 簡易設営キットを用い、将来他の体育館等へ移設する事を想定し、設営～撮影～撤去まで簡易な運用の実現を目指す。
- ・課題実証④：ローカル 5G 『設備利用型』の実現可能性
必要な時にだけ映像ソリューションとセットで利用できる『設備利用型』の提供形態により、ローカル 5G 設備導入障壁を低減することを目指す。

上記課題実証①～④の目標を達成するため、表 4.1-2 に示す通り機能検証・運用検証・効果検証それぞれについて検証目標を定める。

表 4.1-2 本実証における実証目標

検証目標	
機能検証	<p>① 各種カメラと視聴用端末 (iPad Air) の通信品質評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受信電力 -84.6dBm 以上 (カバーエリア閾値) ・各無線区間におけるスループットの測定 ボール自動追尾 AI カメラ アップリンク) 7.5Mbps 以上 (HD 解像度で 7.5Mbps の帯域が必要なため) ダウンリンク) 45Mbps 以上 (視聴用端末 7.5Mbps/台×計 6 台分の帯域が必要なため) 360 度高画質カメラ アップリンク) 400Mbps 以上 (360 度高画質カメラ 80Mbps/台×計 5 台分の帯域が必要なため) ダウンリンク) 480Mbps 以上 (360 度高画質カメラ 80Mbps/台×計 6 台分の帯域が必要なため) ・各無線区間における Ping ツールによる RTT 測定 20ms 以下 (ストレスなく視聴できる 30fps 以上を実現するための目安として 20ms 以下) ・360 度高画質カメラや視聴用端末のサービス提供許容量 実測スループットから同時接続可能台数算出(理論値) <p>② 各種カメラの性能評価</p>

検証目標

	<ul style="list-style-type: none"> ・ボール自動追尾 AI カメラの画角設定、キャリブレーション時間 現行のキャリブレーション時間の 25%減 ・ボール自動追尾 AI カメラのボール追尾精度の確認 ボール追尾率：現行サービス (V. LEAGUE TV) 対比同等以上 ・360 度高画質カメラの解像度及びフレームレート変更による 実測スループット 各カメラ UL80Mbps 以上 (4K/30fps 時のアップリンク要件) <p>③ 視聴用端末の性能評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・システムツールやオープンソースによるフレームレート 30fps 以上 (ストレスなく視聴できるフレームレート) ・複数のカメラからの映像視聴における CPU 使用率 90%以下 (映像再生に影響が出ない CPU 使用率) ・各種カメラの配信遅延 20ms 以下 (リアルタイム性を損なわない範囲) <p>④ 各種カメラによる利用者体感評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・利用者体感のアンケートより、カメラ映像がより魅力的な映像となる 環境及び機器設定のデータを得る。 <p>⑤ 検証項目①～④の総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通信品質、カメラ映像配信品質、臨場感を出すための映像・体感等の総合分析 により機能の改善点や改善策を検討し、実装検討につなげる。
運用検証	<ul style="list-style-type: none"> ・設備面、映像サービス面、来場者への映像配信面において、 現場作業及び遠隔対応がマニュアル通りに作業ができること。
効果検証	<ul style="list-style-type: none"> ・簡易設営キットの標準的な作業時間/人工を評価/検証し、 有線ケーブル敷設で構成した場合との人員面、費用面を比較検証する。 有線ケーブル敷設時対比で人員面、費用面の両面で目標▲25%以上とする。 ・無線機構成、及び実証フィールドの共用設備の違いによる作業工数の差異の 分析結果より、他フィールドにおける構成検討時の判断基準を策定することで 無線機構成及び実証フィールドの共用設備の違いによる影響を予め想定できる ようにする。 ・本実証環境の撮影データが現行の V. LEAGUE TV 配信用へ編集する前の 映像データと比較し、同等以上の映像品質を目指す。 ・カメラ映像が関係事業者・団体にとってより魅力ある映像となるよう アンケート結果より実装時の有効性を高めるための分析・評価を行う。

課題実証①の実証内容の現映像と同等以上の映像を2名で実現する事を実証後、2023年度4月～10月までに下記を対応し、Vリーグのシーズンに合わせサービス提供開始時期は、2023年度10月を目指す。

2023年度10月までの対応内容

- 実証内容の改善対応方針と優先順位を付け対応
 - 提供可能なサービス内容とサービス品質(SLA)をメニュー化
 - 契約形態・料金の協議
- (1 試合あたり、シーズン毎、V.LEAGUE TV 会員の視聴回数への従量制など)

4.2 実証環境

本実証環境は図 4.2-1、図 4.2-2 とし、2.3に記載した通り構築した。

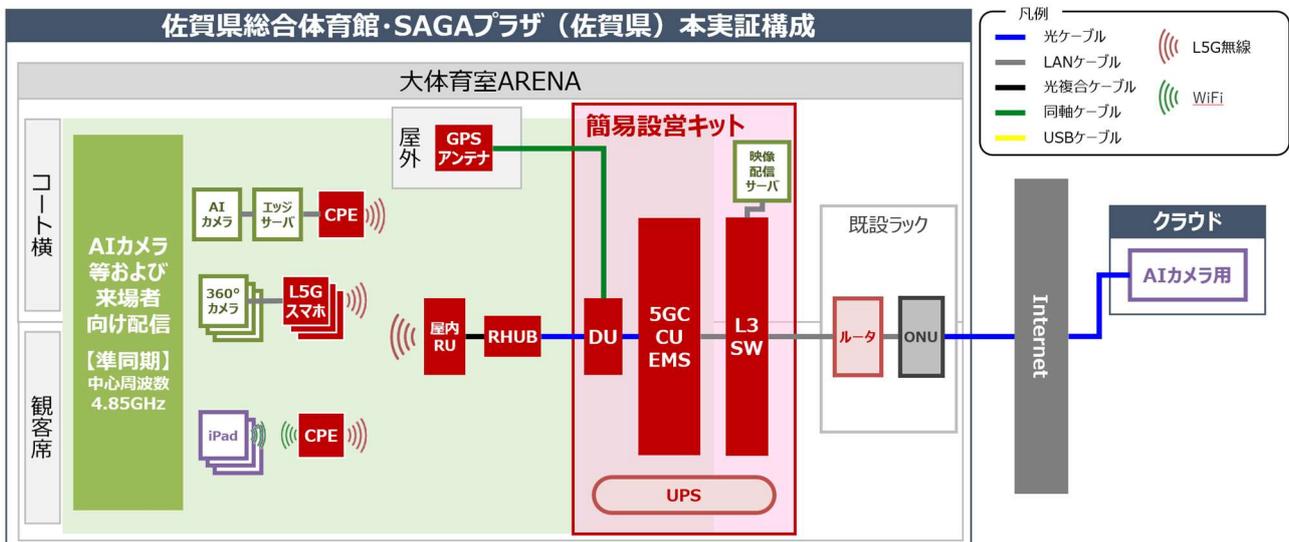


図 4.2-1 SAGA プラザソリューション機器構成(本実証構成)(再掲)

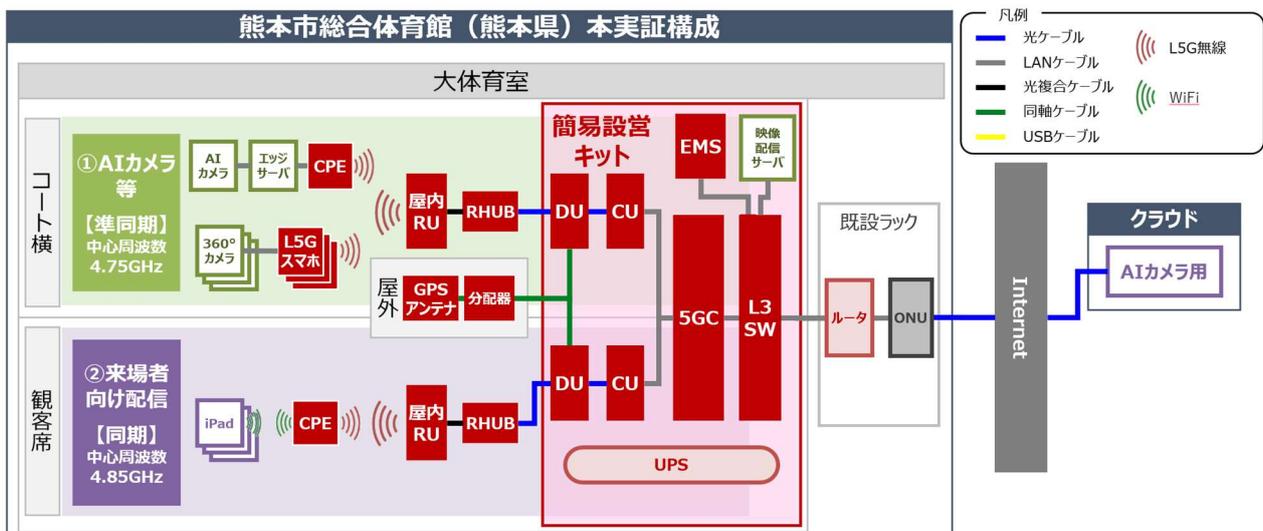


図 4.2-2 熊本市総合体育館ソリューション機器構成(本実証構成)(再掲)

4.3 実施事項

V. LEAGUE の抱える動画配信事業における収支の改善と安定化や、観戦者数の増加に加え、他イベント主催者への横展開に向け、下記の課題実証①～④の実証を行った。

- ・課題実証①：「撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツの創出」
- ・課題実証②：「来場者増に資する付加価値を創出」
- ・課題実証③：「ローカル 5G 簡易設営キットの運用性」
- ・課題実証④：「ローカル 5G 『設備利用型』の実現可能性」

課題実証①では、4.3.1、4.3.2にて下記の実証を行った。

- ・4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証
 - (1) 機能検証 検証項目①・②・③・④・⑤
 - (3) 効果検証 検証項目④・⑤
- ・4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証
 - (1) 経済性・市場性の検証 検証項目①

課題実証②では、4.3.1にて下記の実証を行った。

- ・4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証
 - (1) 機能検証 検証項目①・②・③・④・⑤
 - (3) 効果検証 検証項目⑤

課題実証③では、4.3.1にて下記の実証を行った。

- ・4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証
 - (3) 効果検証 検証項目①・②・③

課題実証④では、4.3.1、4.3.2にて下記の実証を行うとともに、

横展開の拡大を見据え、ローカル 5G 簡易設営キットの増設に関する検討を 4.3.3にて行った。

- ・4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証
 - (2) 運用検証
- ・4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証
 - (1) 経済性・市場性の検証 検証項目②・③・④
 - (2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討 検証項目①・②・③
 - (3) 実装性を高める手法の検討及び実行 検証項目①・②
- ・4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの課題の抽出及び解決策の検討

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

(1) 機能検証

本実証モデルでは、撮影コストの抑制及びスポーツ動画配信コンテンツ事業の持続可能な追求、会場での新たな視聴体験を提供することによる来場者の増加を目指している。このため、ボール自動追尾 AI カメラ導入し自動撮影を可能とすることで、撮影コストを抑制し、かつローカル 5G 簡易設置キットを用いたソリューションで持続可能なスポーツ動画配信コンテンツ事業の実現と、360 度高画質カメラを審判・選手視線カメラに活用したソリューションで臨場感のある魅力的な動画の配信を実現させる。

ボール自動追尾 AI カメラにより自動撮影されたデータの流れは、エッジサーバに送信され、映像処理が行われる。その後、エッジサーバは、インターネット上にある映像サーバにデータを送信する（映像撮影後からクラウドまでのアップリンク通信区間）。

通信区間の伝送帯域は、HD の解像度で 7.5Mbps 必要とされる。クラウドで蓄積された映像を配信する際（クラウドから視聴用端末までのダウンリンク区間）の伝送帯域は 7.5Mbps の伝送帯域が必要とされ、会場での映像視聴者数が増えた場合、必要とされる伝送帯域も増加する。

本実証では視聴用端末（iPad Air）6 台となり、合計伝送帯域は 45Mbps が必要となる。

360 度高画質カメラの審判・選手視線カメラによるアップリンクで 1 台あたり 80Mbps が必要とされ、5 台の 360 度高画質カメラより 400Mbps が必要とされている。また、ダウンリンクでは視聴用端末（iPad Air）6 台となり、合計伝送帯域は 480Mbps が必要となる。

ボール自動追尾 AI カメラ・360 度高画質カメラの解像度の設定

- ・ボール自動追尾 AI カメラは、各カメラが撮影した映像を AI 機能によってボールの動きを追尾し、映像を生成する機能を実現している。このため、カメラの解像度はバレーボールなどのスポーツに最適化され固定されている。
- ・360 度高画質カメラの動画解像度は変更することが可能であり、通信環境や動画コンテンツの特性（明瞭さ、動画のスムーズさ等）要望に合わせ本実証の中で最適化する。

ボール自動追尾 AI カメラの AI 精度

- ・ボール自動追尾 AI カメラは、既にバレーボールでの使用実績があるため、本実証ではアルゴリズムの精度向上への取組みや評価は計画していないが、今後、アルゴリズムの精度向上につながるよう、ボール自動追尾の精度を目視で確認し評価した。

映像を視聴するユーザー目線では、映像の滑らかさとして、一般的に 30fps がストレスなく視聴できるフレームレートである。

このため、ライブ配信用は、ボール自動追尾 AI カメラは 30fps 以上での配信の可否を検証し、VOD 配信向けは 30fps で安定して配信できることの検証を行った。

360 度高画質カメラは会場への来場者が、自分がいる場所と異なる目線（アングル）で視聴できることが付加価値サービスであるため、30fps を下回る場合や、来場者へのプレミアムサービス（ユーザー数を限定）として、30fps 以上、50fps 等の臨場感あふれるサービス提供の可能性も検証する。

通信遅延の観点からは、30fps を実現するための RTT は 20ms 以下が目安とされている。そのシステム通信品質下で、ボール自動追尾 AI カメラの AI 処理遅延を加味し、ライブ配信用映像は 40s 以下、また VOD 配信用映像は要求から 10s 以下、360 度高画質カメラ映像は 3s 以下を目安としてそれぞれ検証を行い、ユーザー体感を確認の上サービス提供への影響を評価した。

あわせて、来場者の視聴が増加（コネクション数）する際のサービス提供許容量を実測から明白にした。

従って、機能検証では、課題実証①「撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツの創出」と課題実証②「来場者増に資する付加価値を創出」の実証を行うため、具体的には以下の検証項目を設定した。

検証項目①：各種カメラと視聴用端末（iPad Air）とローカル 5G 簡易設営キットの通信品質評価

検証項目②：各種カメラの性能評価

検証項目③：視聴用端末の性能評価

検証項目④：ボール自動追尾 AI カメラ、複数の 360 度高画質カメラによる利用者体感評価

検証項目⑤：検証項目①～④の総合評価

1) 検証項目

本実証モデルの実現は、V. LEAGUE 機構（本実証のコンソーシアムメンバー）と密に連携し、「撮影費抑制と魅力ある映像の提供」、「V. LEAGUE 内の他チームへの拡大」、「V リーグオフシーズンや試合以外での活用シーンの探索・適用」を目指した。そのため、ローカル 5G の通信機能を保有するローカル 5G 簡易設営キットの通信性能評価を行うとともに、魅力ある映像の提供のため、高精細な映像コンテンツ作成を V リーグの魅力の 1 つとして提供することを目的とした。

一方で、ボール自動追尾 AI カメラと複数の高画質カメラを組合せ、動画配信コストを抑制するということを評価対象とした。

ボール自動追尾 AI カメラの AI 機能でバレーボールの自動追尾を実現できれば、試合中のカメラ操作が不要となり、大幅な撮影コストの削減が期待できる。本実証実験では、AI 機能が正しく動作せず、自動追尾に支障を生じないかを検証。また、自動撮影の準備作業として、カメラの画角設定、キャリブレーション等に必要となる作業時間を各会場にて時間測定を行い、設置容易性の観点で検証を行った。このことが検証できれば、撮影コストを大幅に削減できるという有効性が検証できる。

ボール自動追尾 AI カメラの映像は、ローカル 5G 簡易設営キットを経由して、インターネット

に接続され、クラウド上のサーバで映像配信される方式となる。会場だけでの映像配信だけではなく、更に、インターネットを最大限利用することで、これまで、Vリーグの魅力を知らなかった人々にも、その魅力を伝える有効な手段と十分なり得る。スポーツの映像配信はYouTube等で配信されているが、TV局が撮影した2次利用等が多く、一般ユーザーの撮影した映像は映像品質が粗悪なコンテンツが散乱している現状である。

ボール自動追尾AIカメラの映像データ量は、HDで2時間撮影した場合4.4GB程度、パノラマで2時間撮影した場合2.7GB程度であり、エッジサーバ、クラウドのストレージ容量は本実証を実施する上で支障は生じないため、ストレージ容量は検証外とした。

上記のことより、簡易設営キットを使った会場での映像配信が通信効率良く実施できているか、そのコンテンツの画質は鮮明であるか、フレームレートは十分出ているか、インターネットを介しても、ビジネスモデルが成立するか等、技術面から検証した。

また、その後、利用者のアンケート結果と照らし合わせその有効性を検証した。

そのためには各通信区間がスループットや遅延、エンドツーエンドの通信品質、視聴するアプリの画質（フレームレート）等、総合的なデータ検証を詳細に行った。

前述した記載事項をふまえて、検証項目を以下のように設定した。

検証項目①：各種カメラと視聴用端末（iPad Air）とローカル5G簡易設営キットの通信品質評価

検証目的：通信映像配信を行う通信環境が確保できているかを評価

- ・各種カメラとローカル5G簡易設営キット間の無線区間評価
- ・ローカル5G簡易設営キットと視聴用端末間の無線区間評価
- ・ローカル5G簡易設営キットエリアの通信品質評価

検証項目②：各種カメラの性能評価

検証目的：ボール自動追尾AIカメラ及び360度高画質カメラの性能が映像配信に適しているかを評価

- ・ボール自動追尾AIカメラの画角設定、キャリブレーション評価
- ・ボール自動追尾AIカメラのボール追尾性能評価
(通信性能のAI機能への影響度)
- ・360度高画質カメラの解像度変更による実スループット評価

検証項目③：視聴用端末の性能評価

検証目的：映像の見易さを評価

- ・視聴用端末におけるフレームレート評価
- ・複数のカメラからの映像視聴における性能評価
- ・ボール自動追尾AIカメラ、360度高画質カメラの遅延時間評価

検証項目④：ボール自動追尾AIカメラ、複数の360度高画質カメラによる利用者体感評価

検証目的：視聴者の観点で魅力ある映像であるかの有効性を評価

- ・アンケート方式による利用者体感評価

検証項目⑤：検証項目①～④の総合評価

検証目的：検証項目①～③と検証項目④の関連性を分析し課題を明らかにするための評価

- ・通信品質、カメラ映像配信品質、臨場感を出すための映像・体感等総合評価

表 4.3-1 ローカル 5G の通信品質評価における評価・検証項目

評価・検証項目		説明
1	UL スループット [Mbps]	UDP によるアプリケーションレイヤにおけるアップリンクのスループット、iPerf 等のスループット測定ツールにて測定
2	DL スループット [Mbps]	UDP によるアプリケーションレイヤにおけるダウンリンクのスループット、iPerf 等のスループット測定ツールにて測定
3	遅延時間 [ms]	端末-コアネットワーク間の往復遅延時間、Ping ツールの RTT として測定

2) 検証方法

検証方法①：各種カメラと視聴用端末（iPad Air）とローカル 5G 簡易設置キット
通信品質評価

- ・各無線区間におけるスループット測定
- ・各無線区間における Ping ツールによる RTT 測定
コアネットワーク側の L3SW に接続した PC に対してスループットと Ping 測定を検証した。その際、各測定地点（区間）の無負荷時とアプリトラヒックで負荷を掛けた場合の測定値を取得し、ソリューションでのサービス提供許容量を算出し評価した。
- ・実スループットを無負荷時とアプリトラヒックで負荷を掛けた場合の測定値を取得し、360 度高画質カメラや視聴用端末のサービス提供許容量(接続可能数)を算出。各測定地点（エンドツーエンド）での実スループットを無負荷時とアプリトラヒックで負荷を掛けた場合の測定値を取得し、ソリューションでのサービス提供許容量を算出し評価した。
- ・受信電力測定
各測定地点につき 1 秒間隔で 2 分間(合計 100 サンプル以上)の測定値を取得、平均値を算出し、評価した。
- ・総合テストで実際に映像を流し、映像が正常に流れるかを確認し評価した。

検証方法②：各種カメラの性能評価

- ・ボール自動追尾 AI カメラの画角設定、キャリブレーション時間の測定及び設置作業開始から撮影終了までの時間を測定し結果を評価した。
- ・ボール自動追尾 AI カメラのボール追尾実施有無を目視にて確認し評価した。
- ・360 度高画質カメラの解像度及びフレームレート変更によるスループットを管理ツール及び視聴用端末のシステムツールと計測ツールを用いて計測し結果を評価した。

検証方法③：視聴用端末の性能評価

- ・システムツール (fps 計測アプリ) やオープンソースによるフレームレート測定
- ・複数のカメラからの映像視聴における CPU 使用率を測定
- ・ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラの遅延時間をシステムログとストップウォッチで時間測定

検証方法④：ボール自動追尾 AI カメラ、複数の 360 度高画質カメラによる利用者体感評価

- ・アンケート方式による利用者体感評価

アンケート取得対象者：来場者及び V. LEAGUE 団体関係者

アンケート取得人数：視聴用端末での視聴を体験された計 20 名以上

(5 名以上/試合_計 4 試合対想定のため計 20 名以上)

質問項目：来場経験の有無、V. LEAGUE TV 映像の視聴経験の有無

各映像の品質 (滑らかさ、鮮明さ、遅延) 劣化、要望事項の確認

アンケートのまとめ方、分析方法：

回答結果の集約及びサマリ結果を作成し、V. LEAGUE 機構と協議の上、利用者体感を評価した。

検証方法⑤：検証項目①～④の総合評価

- ・通信品質、カメラ映像配信品質、臨場感を出すための映像・体感等総合分析

3) 検証結果及び考察

表 4.3-2 各種カメラと視聴用端末(iPad Air)とローカル 5G 簡易設営キットの通信品質評価

検証項目名	評価基準値	測定値	評価
受信電力[RSSI] ※体育館屋内全測定箇所 の平均値 (SAGA プラザ 17 測点、 熊本市総合体育館 18 測 点)	-84.6[dBm]以上	【SAGA プラザ 4.8GHz】 -70.7[dBm] 【熊本市総合体育館 4.8GHz】 -74.1[dBm] 【熊本市総合体育館 4.7GHz】 -74.6[dBm]	評価基準を満たしており、体育館屋内において、佐賀の1階壁面固定や、熊本の2階東に簡易設営で利用してもローカル 5G 簡易設営キット通信品質に問題はない。
RTT (L3SW～ローカル 5G 端 末) ※体育館屋内全測定箇所 での平均値 (SAGA プラザ 17 測点、 熊本市総合体育館 18 測 点)	20 [ms]以下	【SAGA プラザ】 23 [ms] 【熊本市総合体育館】 28 [ms]	評価基準値をやや下回るも、360 度高画質カメラのライブ映像をリアルタイム視聴するにあたり、問題のない遅延量である事を確認した。
RTT (End to End) ①映像配信サーバ～360 度高画質カメラ 5 台 ② 映像配信サーバ～ 視聴用端末 6 台 ※①②それぞれ平均値	20 [ms]以下	【SAGA プラザ①】 24[ms] 【SAGA プラザ②】 24[ms] 【熊本市総合体育館①】 25[ms] 【熊本市総合体育館②】 24[ms]	評価基準値をやや下回るも、360 度高画質カメラのライブ映像をリアルタイム視聴するにあたり、問題のない遅延量である事を確認した。
スループット (L3SW～ローカル 5G 端 末) ※体育館屋内全測定箇所 での TCP/UDP 平均値 ※熊本は 2 波同時電波 発射時の測定結果 (SAGA プラザ体育館 17 測点、熊本市総合体育 館 18 測点)	UL 407.5[Mbps] DL 525.0[Mbps]	【SAGA プラザ】 4.8G 準同期 240.6[Mbps] 【熊本市総合体育館】 4.7G 準同期 189.0[Mbps] 4.8G 同期 118.8[Mbps] 【SAGA プラザ】 4.8G 準同期 288.5[Mbps] 【熊本市総合体育館】 4.7G 準同期 242.9[Mbps] 4.8G 同期 324.6[Mbps]	アンテナからの見通しがあるため、MIMO の効果が十分に出ていない状況が両体育館で見られた。また、熊本市総合体育館においては同期と準同期のアンテナ設置位置が近いことが要因で、準同期 UL に干渉影響によるスループット低下を確認した。

検証項目名	評価基準値	測定値	評価
<p>スループット (映像配信サーバ～視聴用端末)</p> <p>※UL：360度高画質カメラ5台とボール自動追尾AIカメラ1台の合計スループットの平均値</p> <p>※DL：360度高画質カメラを視聴した視聴用端末6台の平均値</p>	<p>UL 407.5[Mbps]</p>	<p>【SAGA プラザ】 4.8G 準同期 41.1[Mbps]</p> <p>【熊本市総合体育館】 4.7G 準同期 90.5[Mbps]</p>	<p>スループットの揺らぎが映像配信遅延の要因となる事を本実証で確認した。そのためスループットの揺らぎが発生しても遅延なく映像配信できるビットレートに設定した。</p> <p>【設定ビットレート】 SAGA プラザ：6M 熊本市総合体育館：15M</p> <p>上記設定でのスループット測定結果が左記値となる。</p> <p>スループットの揺らぎの要因はMIMO,Wi-Fi 干渉,TCP 通信における制御情報通信や映像データ再送制御等によるもので、特に SAGA プラザでは Wi-Fi 干渉影響で CPE と Wi-Fi 接続されている視聴用端末との通信に影響が見られた。</p>
<p>サービス提供許容量 (接続可能数) (理論値)</p>	<p>UL - [台] DL - [台]</p> <p>※実測スループット結果から評価する</p>	<p>【SAGA プラザ】 接続可能数：UL6[台],DL4[台] 理論値：UL6[台],DL4[台]</p> <p>【熊本市総合体育館】 接続可能数：UL6[台],DL8[台] 理論値：UL27[台],DL64[台]</p>	<p>SAGA プラザで使用したローカル 5G 簡易設営キットスターターキットの仕様上、1セルあたり 10 端末が機能限界となるため、接続可能数と理論値に差はない。熊本市総合体育館で使用したローカル 5G 簡易設営キット標準構成においては1セルあたり 64 端末まで接続可能である事と、最大スループットの観点から理論値は UL27 台,DL64 台となるが、リアルタイム配信に必要な最低スループットを常時下回らないオペレーションを可能とする接続台数を本実証で確認し結果を左記に記載する。また、接続可能台数は各種設定により変動するが、本実証の設定下における接続可能台数を記載した。※DL においては各 CPE から Wi-Fi 接続で視聴用端末を増やす事</p>

検証項目名	評価基準値	測定値	評価
			が可能となる。
映像視聴	視聴映像が乱れない	視聴映像が乱れない (フリーズや映像データの飛びがない事)	視聴映像が乱れることなく、視聴用端末で視聴が可能であることを実証実験会場（Vリーグ試合会場）で確認できた。

※ SAGA プラザでの測定箇所は図 4.3-1、図 4.3-2 に示す。

熊本市総合体育館での測定箇所は図 4.3-3、図 4.3-4 に示す。

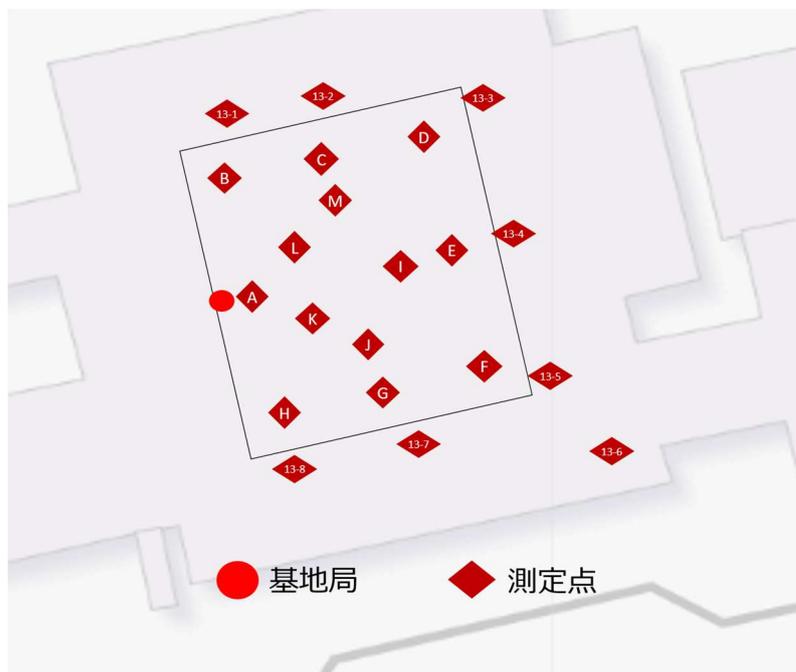


図 4.3-1 SAGA プラザ 測定箇所:屋内 1F

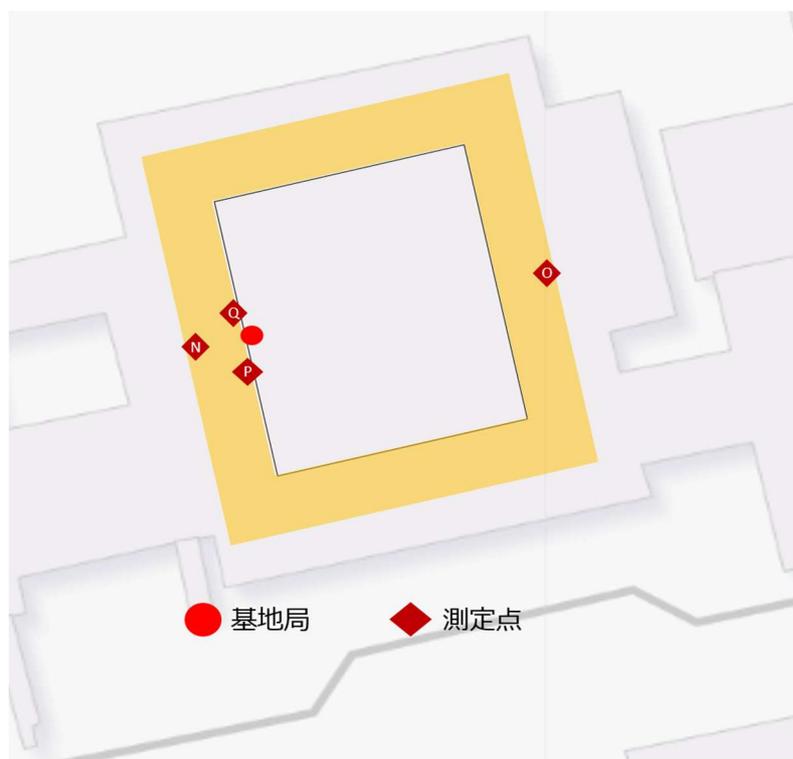


図 4.3-2 SAGA プラザ 測定箇所:屋内 2F

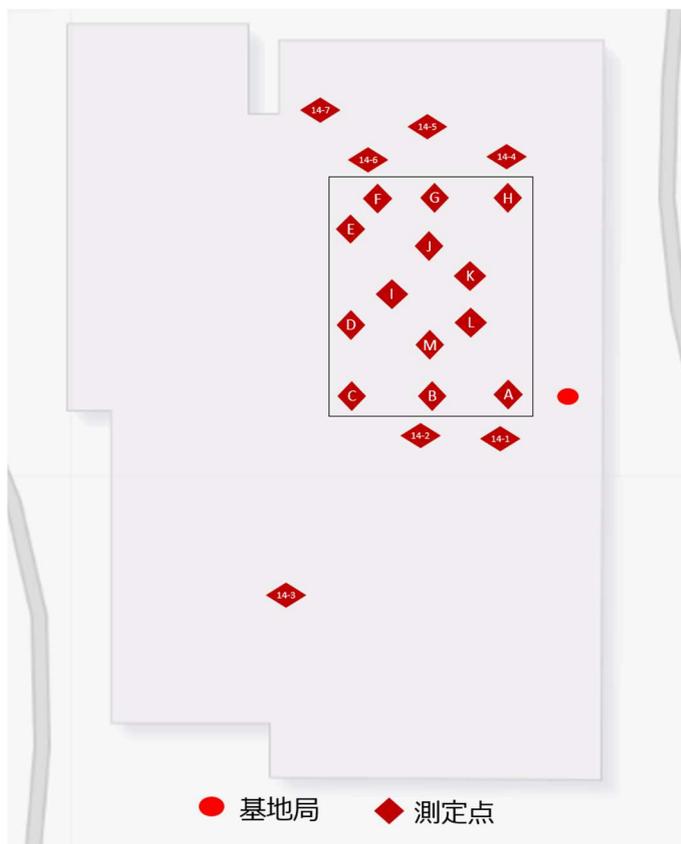


図 4.3-3 熊本市総合体育館 測定箇所:屋内 1F

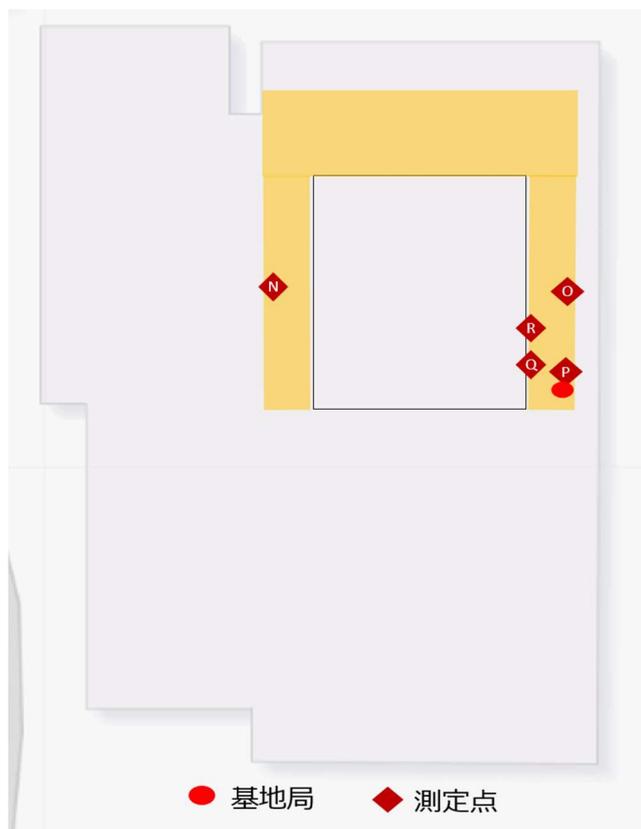


図 4.3-4 熊本市総合体育館 測定箇所:屋内 2F

(検証項目に対する補足)

- ・RTT (End to End)について

①映像配信サーバ～360 度高画質カメラ：

360 度高画質カメラのライブデータはFCNT スマートフォンのイーサネットテザリング機能を用い、ローカル 5G 簡易設置キットを介し L3SW を通り、映像配信サーバにデータを送信する。

②映像配信サーバ～視聴用端末：

映像配信サーバから視聴用端末へ配信される映像は、視聴用端末からのリクエスト（どの視点の 360 度高画質カメラの映像を視聴したいか）を受け、リクエストに応じた 360 度高画質カメラの映像を視聴用端末に配信している。

※①②それぞれの区間で RTT を測定した結果を表 4.3-2 に記載

表 4.3-3 各種カメラの性能評価

検証項目名	評価基準値	測定値	評価
ボール自動追尾 AI カメラ キャリブレーション操作性(時間)	45 [分]	40 [分]	SAGA プラザ(13 回)・熊本市総合体育館(16 回)で計 29 回の立上げ作業実施。結果、いずれも評価基準値以下で作業を終える事ができた。立上げ時のキャリブレーション作業は 40 分を見込む事が妥当と評価する。(キャリブレーション設定用に作成した運用マニュアルに準じ作業)
ボール自動追尾 AI カメラ ボール自動追尾性能	90 [%]	99.9 [%]	ボール自動追尾 AI 性能は評価基準値を上回る結果となった事から、商用で利用できる性能であると評価する。
360 度高画質カメラ スループット性能 (ライブ配信モード)	UL 80[Mbps]	【SAGA プラザ】 84[Mbps] 【熊本市総合体育館】 82[Mbps]	360 度高解像度カメラのライブ配信モードで 4K/30fps ビットレート 80Mbps 設定し、ローカル 5G 簡易設置キットを介し映像配信サーバの入力側でスループットを計測した結果、いずれの体育館においても 80Mbps 以上となった。また、カメラで設定するビットレートを配信する際は、設定ビットレート以上の UL スループットが必要になる。

(性能評価補足)

- ・性能評価項目名：ボール自動追尾 AI カメラボール自動追尾性能

表 4.3-4 ボール自動追尾 AI カメラのボール自動追尾性能評価

	SAGA プラザ	熊本市総合体育館
試合時間	1 時間 38 分	1 時間 17 分
インプレー時間	22 分 55 秒	22 分 58 秒
ボール追尾不可時間	3 秒 サーブ開始時に追尾不可 4 回発生 (いずれも 1 秒以内に追尾開始)	27 秒 サーブ開始時に追尾不可 27 回発生 (いずれも 1 秒以内に追尾開始)
ボール追尾時間	22 分 52 秒	22 分 31 秒
ボール自動追尾率	99%	98%

表 4.3-5 視聴用端末の性能評価

検証項目名	評価基準値	測定値	評価
フレームレート	30 [fps]	【SAGA プラザ】 30[fps] 【熊本市総合体育館】 30[fps]	360 度高画質カメラで設定したフレームレート通りの 30fps で、フレーム落ちすることなく視聴用端末でも視聴ができる事が確認できた。 50fps に関しては、今回採用した 360 度高画質カメラのライブ配信を 4K で行う設定ができない仕様であった。一方で、お客様アンケート結果より、30fps で 75%の方がストレスなく視聴して頂けたことから、実装計画は 30fps で作成する。
視聴用端末で視聴する際の CPU 使用率	90[%]以下	【SAGA プラザ】 14.01[%] 【熊本市総合体育館】 14.36[%]	視聴用の端末で視聴する際、端末の処理性能が原因でフリーズや遅延が発生しない状況であることを確認した。
ボール自動追尾 AI カメラの遅延時間	40[s]以下	【SAGA プラザ】 36.92[s] 【熊本市総合体育館】 51.87[s]	SAGA プラザと熊本市総合体育館で発生している遅延時間にばらつきが見られたが、この映像は動画配信の VOD コンテンツ用途であり、当日体育館に来場されていないお客様向けに配信されるため、60 秒以下の遅延であれば、Web 上で視聴する分には問題ない範囲と考えられる。 当初、来場された観戦者の方への視聴用映像への利用も計画していたが、試合の全体俯瞰は映像ではなく実際に観戦していることで把握できるためニーズがないことが分かり、VOD コンテンツ用途のみとし評価した。
360 度高画質カメラの遅延時間	3[s]以下	【SAGA プラザ】 1[s]程度 【熊本市総合体育館】 1[s]程度	遅延時間は評価基準値に比べ大きく下回る事から来場観戦者様向けの視聴用端末でリアルタイム視聴を体感頂ける範囲と考える。

(性能評価補足)

・性能評価項目名：ボール自動追尾 AI カメラの遅延時間

SAGA プラザ 36.92[s]と熊本市総合体育館 51.87[s]とでばらつきが確認された。

これは、当該映像データはローカル 5G 簡易設置キットを介し、インターネット上の機器メーカーのクラウドサーバにアップロードされる仕様のため、インターネット回線の他のお客様の利用状況に影響され、ばらつきが生じたものと推察する。

来場され視聴体験をして頂いた 32 名のお客様へのアンケート結果から性能評価に関わる項目の回答を整理し評価する。

アンケート結果は、表 4.3-6～表 4.3-10、図 4.3-5 に示し、整理結果を表 4.3-11～表 4.3-16 に示す。

表 4.3-6 性能検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その 1)

検証項目名	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	回答⑥	回答⑦
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり	なし	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	あり	あり	あり	なし	なし	あり	あり
【性能検証】映像の品質評価							
映像の滑らかさ (5:良い、3:普通、1:悪い)	5	5	5	3	5	5	5
ズーム前の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	5	5	5	1	5	5	5
ズーム後の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	2	2	2	1	1	5	5
【性能検証】360 度高画質カメラの映像評価							
映像遅延は気になりましたか	感じた	感じた	感じた	感じた	感じない	感じない	感じない
【性能検証】360 度観戦アプリのカメラ選択の操作性	満足	大変満足	大変満足	満足	満足	大変満足	大変満足
【性能検証】360 度観戦アプリのズーム機能の操作性	不満	大変満足	普通	不満	満足	大変満足	大変満足

表 4.3-7 性能検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その2)

検証項目名	回答⑧	回答⑨	回答⑩	回答⑪	回答⑫	回答⑬	回答⑭
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	なし	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし
【性能検証】映像の品質評価							
映像の滑らかさ (5:良い、3:普通、1:悪い)	4	5	4	3	5	3	2
ズーム前の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	3.5	5	4	5	5	3	2
ズーム後の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	2.5	3	2	2	2	3	1
【性能検証】360度高画質カメラの映像評価							
映像遅延は気になりましたか	感じない	感じた	感じない	感じた	感じない	感じない	感じた
【性能検証】360度観戦アプリのカメラ選択の操作性	大変満足	大変満足	満足	普通	大変満足	満足	満足
【性能検証】360度観戦アプリのズーム機能の操作性	満足	大変満足	普通	普通	満足	満足	普通

表 4.3-8 性能検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その3)

検証項目名	回答⑮	回答⑯	回答⑰	回答⑱	回答⑲	回答⑳	回答㉑
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし
【性能検証】映像の品質評価							
映像の滑らかさ (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	4	5	2.5	5	2.5	2
ズーム前の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	3	5	5	5	4	5
ズーム後の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	2.5	2	2	1	4	4	2
【性能検証】360度高画質カメラの映像評価							
映像遅延は気になりましたか	感じた	感じない	感じた	感じた	感じない	感じた	感じた
【性能検証】360度観戦アプリのカメラ選択の操作性	満足	満足	大変満足	満足	大変満足	満足	大変満足
【性能検証】360度観戦アプリのズーム機能の操作性	満足	普通	大変満足	普通	満足	満足	満足

表 4.3-9 性能検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その 4)

検証項目名	回答②	回答③	回答④	回答⑤	回答⑥	回答⑦	回答⑧
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	なし	あり	あり	なし
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
【性能検証】映像の品質評価							
映像の滑らかさ (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	5	3	4.5	2	5	3
ズーム前の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	5	4	3	2	5	3
ズーム後の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	2	2	2	2	3	2	3
【性能検証】360度高画質カメラの映像評価							
映像遅延は気になりましたか	感じた	感じない	感じた	感じた	感じない	やや感じた	やや感じた
【性能検証】360度観戦アプリのカメラ選択の操作性	満足	大変満足	不満	普通	大変満足	満足	満足
【性能検証】360度観戦アプリのズーム機能の操作性	普通	満足	不満	普通	普通	普通	普通

表 4.3-10 性能検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その 5)

検証項目名	回答⑨	回答⑩	回答⑪	回答⑫
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	なし
映像の滑らかさ (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	2	記入無	2
ズーム前の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	3	5	3
ズーム後の映像の鮮明度 (5:良い、3:普通、1:悪い)	3	2	2	2
【性能検証】360度高画質カメラの映像評価				
映像遅延は気になりましたか	感じた	感じた	感じない	感じた
【性能検証】360度観戦アプリのカメラ選択の操作性	大変満足	普通	満足	普通
【性能検証】360度観戦アプリのズーム機能の操作性	満足	不満	普通	普通



図 4.3-5 視聴用端末の 5 つの視点の位置図

(A・E：サブ後方視点、B・D：ベンチ視点、C：主審視点)

① .【性能検証】映像の品質評価

表 4.3-11 映像の滑らかさ(5:良い、3:普通、1:悪い)

5	4	3	2	1	未記入
12	4	8	7	0	1

4K/30fps の映像視聴は、5(良い)・4(どちらかというが良い)と回答頂いた方が 16 名、(32 名中 50%の方)。普通まで含めると、75%の方にストレスなく視聴頂けるフレームレートであるといえる。

表 4.3-12 ズーム前の映像の鮮明度(5:良い、3:普通、1:悪い)

5	4	3	2	1	未記入
16	3	10	2	1	0

表 4.3-13 ズーム後の映像の鮮明度(5:良い、3:普通、1:悪い)

5	4	3	2	1	未記入
2	2	6	18	4	0

2 箇所の体育館で実証を行った下記の 360 度高画質カメラの設定に対して、ズーム前の画質の鮮明度は、5(良い)・4(どちらかというが良い)と回答頂いた方が 19 名 59%の方から鮮明との評価を頂いた。

一方で、ズーム後の映像に対しては、5(良い)・4(どちらかというが良い)と回答頂いた方は 4 名、普通・やや悪い・悪い の回答頂いた方は、28 名となり、視聴映像をズームした際の画質の改善が課題である。

② .【性能検証】360 度高画質カメラの映像評価 映像遅延

表 4.3-14 360 度高画質カメラの映像評価 映像遅延

感じた	やや感じた	ほとんど感じない	感じない
18	2	0	12

360 度高画質カメラで撮影された映像が 1[s]以内に視聴用端末で視聴できるが 20 名 63%の方が目の前の試合と視聴用端末を比較し遅延を感じる結果になった。

本実証で採用した 360 度高画質カメラの配信プロトコルは、TCP をベースとした RTMP で映像配信サーバまでアップロード通信を行っている。実装に際しては UDP ベースのプロトコルで配信を行う 360 度高画質カメラでの比較を行い遅延時間に対する改善の可能性を検討していく。

③ .【性能検証】360 度観戦アプリのカメラ選択の操作性

表 4.3-15 360 度観戦アプリのカメラ選択の操作性

大変満足	満足	普通	不満
13	13	5	1

26 名 81%の方が視聴用端末の観戦アプリの操作性にご満足頂ける結果になった。

但し、視点切り替えを行う際、図 4.3-6 に示す Web の戻るボタンをタップしメニュー画面に戻るため、視点を切り替える際の操作性は更に改善の余地があると考える。

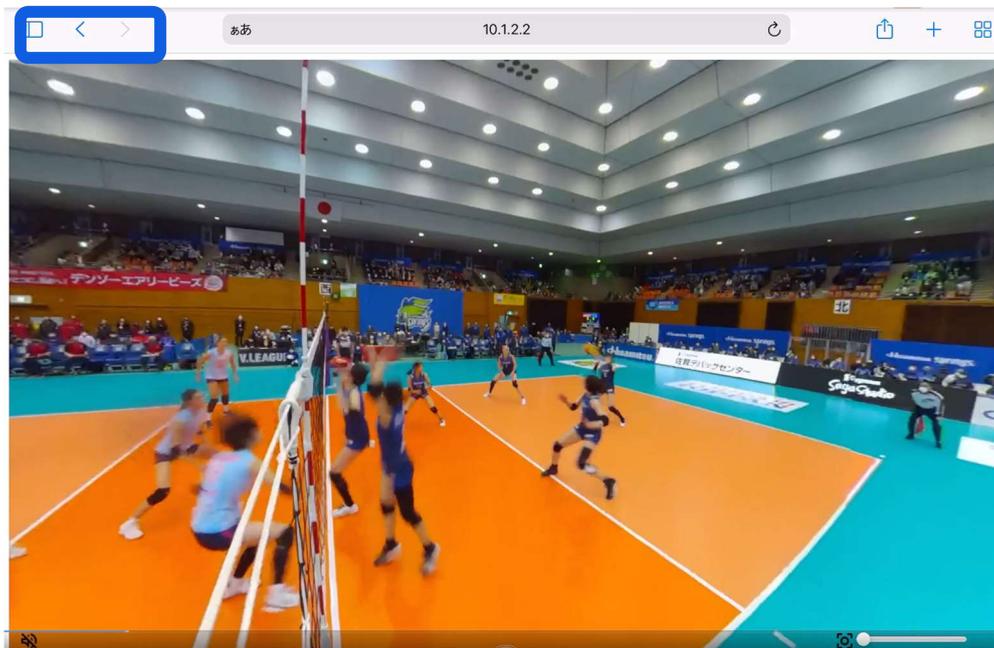


図 4.3-6 視聴用端末 視点切り替え時のメニュー画面へ戻る操作

④ .【性能検証】360 度観戦アプリのズーム機能の操作性

表 4.3-16 360 度観戦アプリのズーム機能の操作性

大変満足	満足	普通	不満
5	10	13	4

15名 46%の方が視聴用端末の観戦アプリのズームの操作性に満足を得たが、今回はズーム用のバーを設けズームをする仕様（図 4.3-7）にしたが、日常の中ではスマートフォンのディスプレイ上でズームを行う際、2本の指で行う事が習慣化されているため、当操作仕様も実装時には改善を行う。

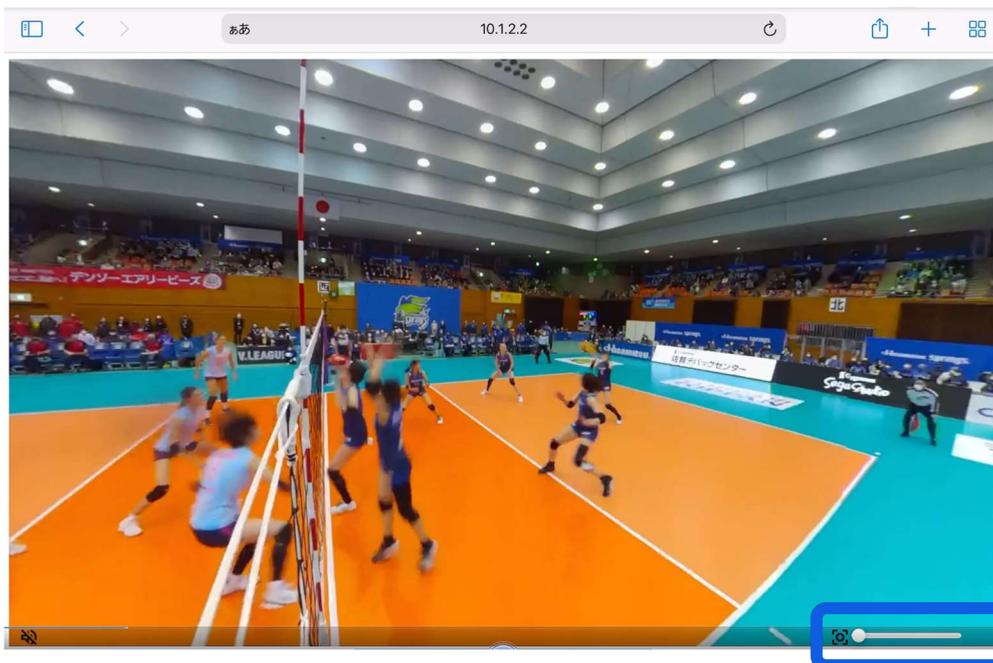


図 4.3-7 視聴用端末 ズームバーの仕様

検証項目①の結果より、2箇所の体育館で構築したローカル 5G 簡易設営キットの無線品質は、360 度高画質カメラの視聴用端末への配信に必要なスループットと、ボール自動追尾 AI カメラの映像をインターネット上のクラウドサーバへのアップロードに必要なスループットを確保できている事が確認できた。

検証項目②の結果より、当実証モデルで採用したボール自動追尾 AI カメラや 360 度高画質カメラで構成する事に性能上、問題がない事が確認できた。

検証項目③の結果より、視聴用端末も性能上、問題がない事が確認できた。

通信環境と映像機材が整った中で、来場観戦者の方に体感して頂いた結果、検証項目④の結果より、360 度高画質カメラの画質として 4K/30fps で視聴画面での映像の滑らかさと鮮明さが確保できる事が確認できた。また、視聴用端末の視聴アプリの操作性もストレスなくご利用頂ける事が確認できた。

一方で、360 度高画質カメラで撮影した映像を視聴用端末で視聴する際の配信遅延 1[s]を更に短縮する必要がある事や、視聴用端末でズームをした際の映像の解像度、ズームの操作性を改善し向上していく必要がある事も確認ができた。

(2) 運用検証

運用検証では、本実証モデルを実装・横展開する際、V.LEAGUE 機構がホームアリーナとして使用している体育館に対して、ローカル 5G を常設することはコスト面から導入障壁が高いため「簡易設営キット」で構築をした。そのため、まず本コンソーシアム内の体制で設備の運用が可能であるかを、各種マニュアルを作成しその妥当性を評価した。

今後の実装を想定し、以下役割で検証を実施した。

- ・ KDD I エンジニアリング株式会社：サービス提供者・NW 設備・保守・運用
- ・ 富士通ネットワークソリューションズ株式会社：免許申請・構築・リモート監視
- ・ 株式会社 i D：360 度高画質カメラ及び映像配信サーバのソリューション開発・提供
- ・ 株式会社スポーツマーケティングラボラトリー：ボール自動追尾 AI カメラの保守・ライセンス提供

また、運用検証では、課題実証③「ローカル 5G 簡易設営キットの運用性」の実証を行うため、具体的には以下の観点で検証を行った。

設備面)

設備・機器操作マニュアル

映像サービス面)

ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラ撮影のデータ

来場者への映像配信面)

高画質カメラ映像確認

また、検証については、今後の業務フローを想定し、以下内容で実施した。

設備面)

ローカル 5G 簡易設営キットについて、システム立上げ、システムシャットダウン、撤収作業まで一連の作業を作成したマニュアルに沿って評価

映像サービス面)

ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラの立上げ、各種設定、撮影、配信開始、撮影終了、撤収作業まで一連の作業を作成したマニュアルに沿って評価

来場者への映像配信面)

視聴端末の立上げ、接続、視聴、アプリ操作まで一連の作業を作成したマニュアルに沿って評価

1) 検証項目

ビジネスモデルは、「4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証 (2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討」で示すように、短期的な視点では、アンテナから DU 間は体育館に常設したモデルでの提供を計画していた。従って、これを前提に設備面と映像サービス面、来場者への映像配信の 3 つの観点から、運用に向けた整理をした。

設備面) 下記の操作マニュアル

- ・簡易設置する設備(コア, EMS, CU, 映像サーバ)
- ・スマートフォンによる無線のエリア品質評価
- ・映像設備一式の設営
- ・来場者へ配布する専用の視聴用端末

上記の設備・機器の不具合発生時の対応マニュアル

(設置者向け、問合せ窓口向け)

映像サービス面) 自動ボール追尾 AI 自動カメラ、360 度高画質カメラの撮影データ

- ・確認マニュアル (設置者向け、問合せ窓口向け)
- ・不具合発生時の対応マニュアル
(設置者向け、問合せ窓口向け)

来場者への映像配信面) 高画質カメラ映像確認

- ・確認マニュアル (来場者向け、問合せ窓口向け)
- ・不具合発生時の対応マニュアル (来場者向け、問合せ窓口向け)

2) 検証方法

運用検証の検証方法は、マニュアルに基づき各設備・機器への作業毎にチェックボックス形式で、実証コンソーシアムメンバーが評価した。

実証時の作業・評価者)

作業) 現地にて機器設置、設定をマニュアルに基づき行い、必要に応じて修正を行う

評価) 作業の結果を受けてマニュアルの評価を行う者

「設置者向け」「来場者向け」「問合せ窓口向け」

- ・作業者 : ローカル 5G 簡易設営キット関係
富士通ネットワークソリューションズ株式会社
担当項目: 設備面)
簡易設置する設備 (コア, EMS, CU)
上記の運用マニュアル、不具合発生時対応マニュアル
- ・作業者 : 映像関係 株式会社 i D
担当項目: 設備面)
簡易設置する設備 (映像サーバ)
映像設備一式の設営
(ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラ)
来場者へ配布する専用の視聴用端末

上記の運用マニュアル、不具合発生時対応マニュアル
映像サービス面)

ボール自動追尾 AI カメラ

360 度高画質カメラ

上記の運用マニュアル、不具合発生時対応マニュアル
来場者への映像配信面)

視聴用端末 (iPad Air)

上記の運用マニュアル、不具合発生時対応マニュアル

- ・ 評価者 : KDDI エンジニアリング株式会社(実作業担当者以外の視点で評価)
また「設置者向け」「来場者向け」に関しては、
V. LEAGUE 機構の意見を反映する

- ・ 設備面) 簡易設置する設備の設営及びスマートフォンによる無線のエリア品質評価
- ・ 映像サービス面) ボール自動追尾 AI カメラの撮影データと 360 度高画質カメラの
撮影データ
- ・ 来場者への映像配信面) 貸出視聴用端末による多角的視点での映像配信

3) 検証結果及び考察

運用検証結果を表 4.3-17～表 4.3-22 に示す。本検証では、主に作成したマニュアルに準じて
チェックリストを用い設置～運用～撤収、視聴端末操作が可能となるかその妥当性を今後の運用
体制を考慮し評価した。本実証で作成したマニュアルは以下となる。

【作成したマニュアル】

- ・ ローカル 5G 可搬設営キット運用マニュアル (SAGA プラザ)
- ・ ローカル 5G 可搬設営キット運用マニュアル (熊本市総合体育館)
- ・ SAGA プラザ・熊本市総合体育館向け PW300 保守運用マニュアル
- ・ ボール自動追尾 AI カメラ運用マニュアル
- ・ 360 度高画質カメラ運用マニュアル
- ・ 映像配信システム運用マニュアル
- ・ 360 度観戦アプリ運用マニュアル

上記、(2) 運用検証 の項で述べた役割で運用する場合は、各種機器やシステム等に関する知識
を有している事から、各設備の設置・撤去及び各種カメラの設定、360 度観戦アプリは作成したマ
ニュアルから検証を行い、差し支えなく作業・操作できたためその妥当性が評価できたと判断す
る。

但し、本検証からローカル 5G 簡易設営キットのシステム立上げ・シャットダウン時のシステム
操作はコマンド操作による作業であるため、知識・経験がない作業者が作業される際は、コマン
ド操作に躊躇し時間を要する事を確認した。また、ボール自動追尾 AI カメラの設定についても、
GUI で設定可能であるが設定項目が英語表記である事と、設定項目が多く煩雑であるため、設
定に少し躊躇し時間を要す可能性がある事を確認した。

以上をふまえ、今後は、更なる作業性の向上を目指し、作業者のトレーニング実施と運用マニュアルの改善をしていく。

上記検証結果と当ソリューションは『設備利用型』のビジネスモデルを検討していることから、サービスを利用するお客様が作業を行う際にも同じ課題に直面する事が想定される。また、ローカル 5G 簡易設営キット立上げ・シャットダウン時には、総務大臣からの免許を受けた無線従事者による作業が必要となることから、無線従事者を保有していないお客様が当ソリューションを利用する事を想定し、上記課題と合わせて解決策を検討していく。

【明らかになった課題】

- ・ ローカル 5G 簡易設営キットのコマンド操作に知識・経験が必要となる。
- ・ ボール自動追尾 AI カメラの設定に知識・経験が必要となる。
- ・ サービス利用するお客様自身でローカル 5G 簡易設営キットを運用する場合には、必要な免許を保有する無線従事者がシステム立上げ・シャットダウンを行う必要がある。

上記課題に対応する方法として、作業者がトレーニングを受講する事により、知識・経験の習得が可能となり、作業効率改善を図ることができる。また、サービサーによるリモート作業が可能となれば、コマンド操作と設定に対する課題の解消が可能となり、更に、無線従事者がリモートによりシステムの立上げ・シャットダウンを実施する事が可能となれば、お客様が当ソリューションを利用する際の障壁をなくすことができるため、『設備利用型』のビジネスモデル普及展開が可能になると考える。

以上をふまえ、今後は以下ステップで運用面の改善を図る。

- S t e p 1) 運用トレーニングによる作業効率の向上
コンソーシアム内でトレーニングメニューの策定と実施により効率化を図る
- S t e p 2) 運用マニュアルの見直し・改善
- S t e p 3) リモート作業の実現可否検討とその確立
ローカル 5G 簡易設営キット、ボール自動追尾 AI カメラのリモート作業の実施可否を検討し、その運用スキームを確立する

上記ステップで検討を進め実装を確実なものとする。各ステップでは、KDD I エンジニアリング株式会社が主体となり、ローカル 5G に関しては、富士通ネットワークソリューションズ株式会社と、カメラに関しては、株式会社 i D と対応していく。

表 4.3-17 ローカル 5G 簡易設営キットの設営 SAGA プラザ

検証項目名	作業項目	作業内容	チェックボックス
設備面)			
簡易設置する設備 (設置者向け・問合せ窓口向け)	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	タイヤ固定	4つのタイヤが固定されていることを確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
スマートフォンによる無線の エリア品質評価 (設置者向け・問合せ窓口向け)	会場内	通信が途切れない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
映像設備一式の設営 (設置者向け・問合せ窓口向け)			
ボール自動追尾 AI カメラ	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	3脚組立	ボール自動追尾 AI カメラと3脚の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
360度高画質カメラ	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	3脚組立	360度高画質カメラと3脚の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	支柱設置	360度高画質カメラと支柱設置金物の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
来場者へ配布する専用の視聴用端末 (設置者向け・問合せ窓口向け)			
視聴用端末 (iPad Air)	設定方法	360度観戦アプリ視聴するための設定方法を確認	<input checked="" type="checkbox"/>

表 4.3-18 ローカル 5G 簡易設営キットの設営 熊本市総合体育館

検証項目名	作業項目	作業内容	チェックボックス
設備面)			
簡易設置する設備 (設置者向け・問合せ窓口向け)	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	タイヤ固定	4つのタイヤが固定されていることを確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
スマートフォンによる無線の エリア品質 (設置者向け・問合せ窓口向け)	会場内	通信が途切れない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
映像設備一式の設営 (設置者向け・問合せ窓口向け)			
ボール自動追尾 AI カメラ	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	3脚組立	ボール自動追尾 AI カメラと3脚の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
360度高画質カメラ	設置場所	設置位置を図面と確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	3脚組立	360度高画質カメラと3脚の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	支柱設置	360度高画質カメラと支柱設置金物の緩みがない事を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
来場者へ配布する専用の視聴用端末 (設置者向け・問合せ窓口向け)			

検証項目名	作業項目	作業内容	チェックボックス
視聴用端末 (iPad Air)	設定方法	360 度観戦アプリ視聴するための設定方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>

表 4.3-19 ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラの撮影データ_SAGA プラザ

検証項目名	対象機器	作業内容	チェックボックス
映像サービス面)			
運用マニュアル	ボール自動追尾 AI カメラ	運用マニュアルを見て設置及び設定方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	360 度高画質カメラ	運用マニュアルを見て設置及び設定方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
不具合発生時マニュアル	ボール自動追尾 AI カメラ	不具合発生時の対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	360 度高画質カメラ	不具合発生時の対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>

表 4.3-20 ボール自動追尾 AI カメラ、360 度高画質カメラの撮影データ_熊本市総合体育館

検証項目名	対象機器	作業内容	チェックボックス
映像サービス面)			
運用マニュアル	ボール自動追尾 AI カメラ	運用マニュアルを見て設置及び設定方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	360 度高画質カメラ	運用マニュアルを見て設置及び設定方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
不具合発生時マニュアル	ボール自動追尾 AI カメラ	不具合発生時対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
	360 度高画質カメラ	不具合発生時対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>

表 4.3-21 高画質カメラ映像確認_SAGA プラザ

検証項目名	作業項目	作業内容	チェックボックス
来場者への映像配信面)			
運用マニュアル	視聴用端末	運用マニュアルを見て操作方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
不具合発生時マニュアル	(iPad Air)	不具合発生時の対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>

表 4.3-22 高画質カメラ映像確認_熊本市総合体育館

検証項目名	作業項目	作業内容	チェックボックス
来場者への映像配信面)			
運用マニュアル	視聴用端末	運用マニュアルを見て操作方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>
不具合発生時マニュアル	(iPad Air)	不具合発生時の対応マニュアルを見て対応方法を確認する	<input checked="" type="checkbox"/>

(3) 効果検証

2つの実証フィールドでの無線機構成の違いによる「簡易設営キット」の効果に加え、実証フィールドと V.LEAGUE 機構が使用している他の体育館での共用設備の違いによる影響を予め想定する事で実装性が高まると考えられる。

このことから、効果検証では、無線機構成の違いによる効果及び実証フィールドの施設の違いによる効果の関係性を明らかにし実装シナリオへ反映する。

従って効果検証では、課題実証①「撮影コストの抑制及び魅力的な映像コンテンツの創出」、課題実証②「来場者増に資する付加価値を創出」と課題実証③「ローカル 5G 簡易設営キットの運用性」の実証を行うため、具体的には以下の検証項目を設定した。

検証項目①：簡易設営キットの効果

検証項目②：無線機構成の違いによる効果

検証項目③：実証フィールドの共用設備の違いによる効果

検証項目④：ボール自動追尾 AI カメラによる効果

検証項目⑤：複数の高画質カメラ映像の視聴効果

1) 検証項目

課題実証①、②が実証されている事を前提とする。

なお、検証項目④と⑤を別々に評価する理由として検証項目④の V.LEAGUE TV 向けは、撮影した映像の配信手法は、V.LEAGUE 機構に依存するためコンテンツ提供のみで計画。

検証項目⑤は来場者向けに映像のレイアウトを作成するため検証項目を分けて実施した。

検証項目①：「簡易設営キット」の効果

設営⇒各種パラメータ設定・確認⇒映像撮影⇒撤去までの作業プロセス毎の時間・人工
検証項目②：検証項目①が無線機構成の違いによる効果（準同期モデル/併用モデル）

検証項目③：検証項目①が実証フィールドの施設の違いによる効果

※上記の検証項目②・③の結果は、ビジネスモデルの拡大シナリオに組み込む

検証項目④：ボール自動追尾 AI カメラによる効果(V.LEAGUE TV 向け)

検証項目⑤：複数の高画質カメラ映像の視聴効果（来場者向け）

2) 検証方法

検証項目①：簡易設営キットの設営：

ケース毎の作業プロセス毎の時間・人工を複数回の試行で計り、標準的な時間・人工を評価・検証した。

また、有線ケーブル敷設で構成した場合との人員面、費用面を比較検証し、有線ケーブル敷設時対比で人員面、費用面の両面で目標▲25%以上とする。

検証項目②：無線機構成の違いが及ぼす影響を予め想定し、ローカル 5G 簡易設営キットの設営に加え、無線機構成の違いが作業工数に影響を及ぼす、屋内 RU（SAGA プラザは 1 台、熊本市総合体育館では 2 台）の設営と動作確認、GPS 信号レベルの確認、端末側の動作確認が完了するまでを実測し、その作業工数の差分を評価。

検証項目③：実証フィールドの共用設備の違いが及ぼす影響を予め想定し、実証フィールドの共用設備の違いが作業工数に影響を及ぼす簡易設営キットの搬入・設置(SAGA プラザは1階機械室、熊本市総合体育館では2階席(エレベータ搬入))、各種ケーブルの敷設、GPSの設営から動作確認が完了するまでを実測し、その作業工数の差分を評価。

検証項目④：画角の種類、画質の鮮明度、オンデマンド用映像の遅延など、V.LEAGUE TV配信用へ編集する前の映像と比較し、採用可否評価を行った。

評価項目は予めV.LEAGUE機構と協議の上決定し、動画配信コンテンツ事業者及びV.LEAGUE機構にて評価を行った。

検証項目⑤：カメラ映像の視聴を体験してもらい、関係事業者・団体からアンケートを取る。評価項目は予めV.LEAGUE機構、チーム、施設管理者と協議の上決定した。

アンケート取得対象者：来場者及びV.LEAGUE団体関係者

アンケート取得人数：視聴用端末での視聴を体験された計20名以上

(5名以上/試合_計4試合対想定のため計20名以上)

質問項目：来場経験の有無、V.LEAGUE TV映像の視聴経験の有無、

希望視点映像の有無、5つの視点への満足度、5つの映像範囲への満足度、次回視聴希望の確認、有料サービスとした場合の利用希望の確認

アンケートのまとめ方、分析方法：回答結果の集約及びサマリ結果を作成し、

V.LEAGUE機構と協議の上、複数の高画質カメラ映像の視聴効果を評価した。

3) 検証結果及び考察

検証項目①

ローカル5G簡易設営キット及び映像設備の設営作業プロセス毎の時間・人工を複数回の試行で計り、表4.3-23に表す時間及び人工を確認。

また、有線ケーブル構成(現行撮影方法)の時間・人工を2023年1月13日～1月15日のSAGAプラザでの久光スプリングス VS 日立Astemoリヴァーレの試合にて測定を行い表4.3-24の結果を確認。

これによりローカル5G簡易設営キット、及び映像設備の作業工数の合計は617人分。

一方で、現行撮影方法では800人分のため、現行の有線対比で▲22%(▲183人分)の削減効果が確認でき、本ソリューションの有効性が実証できた。

検証項目②

無線構成の違いによる効果を表4.3-25に示す。DU、5GC、EMSともに、SAGAプラザでは準同期のみ、熊本市総合体育館では、準同期/同期とシステムを増やした事による作業工数の差が出たが、その差は18分にとどまる事から、システムを増やす事による作業工数への影響はない事が分かった。

検証項目③

実証フィールドの違いによる効果の結果を表 4.3-26 に示す。ラック設置、屋内 RU 設営、GPS 設置作業の発生有無で差が出ている。

ラック設置については、SAGA プラザではラック設置場所と保管場所が同一場所、熊本市総合体育館では、ラック設置場所と保管場所が異なることに起因している。

このため、イベントで数日間に渡り使用する場合、ラック設置場所は保管場所と同一とするか、熊本市総合体育館のように簡易に運搬可能な範囲で利用できるよう、施設所有者と事前に協議を行う必要がある。

屋内 RU については、SAGA プラザは常設し、熊本市総合体育館では 3 脚を使用する設置形態に起因している。更に、熊本市総合体育館では、屋内 RU は 2 台構成だが、SAGA プラザの常設構成と比べ、9 分の違いで収まる事が確認できた。

このことから、常設と移設構成において、作業工数には影響を与えない範囲のため、設備の利用頻度に応じて選択していく。

表 4.3-23 簡易設営キットの効果

検証項目名		時間 [分]	作業者 [人]	時間×人 [人分]	各作業工数合計 [人分]	全作業工数合計 [人分]
ローカル 5G 簡易 設営キット	可搬ラック設営	16	2	32	336	617
	ローカル 5G 機器設定	54	1	54		
	GPS アンテナ設営	14	2	28		
	屋内 RU 設営	9	2	18		
	ONU・UE 設営	21	2	42		
	CPE 設営	24	1	24		
	可搬ラック撤収	21	2	42		
	ローカル 5G 機器停止	16	1	16		
	GPS アンテナ撤収	27	2	54		
	屋内 RU 撤収	8	2	16		
CPE・ONU・UE 撤収	5	2	10			
映像設備	ボール自動追尾 AI カ メラ設営	43	2	86	281	
	360 度高画質カメラ設 営	31	2	62		
	AI カメラ撤収	59	2	118		
	360 度高画質カメラ撤 収	15	1	15		

※SAGA プラザと熊本市総合体育館で、動作確認・準備期間・視察会・実証本番を通じそれぞれ 13 回・16 回実施し、上記の結果を得た。

表 4.3-24 有線ケーブル構成(現行撮影手法)の工数

検証項目名		時間[分]	作業者[人]	時間×人[人分]	作業時間合計[人分]
有線ケーブル構成 (現行撮影方法)	撮影機材の設営	180	2	360	800
	撮影機材の動作確認	60	2	120	
	撮影機材(カメラ)の撤収	55	2	110	
	撮影機材(その他)の撤収	70	3	210	

表 4.3-25 無線機構成の違いによる効果

設定機器	SAGA プラザ 工数[分] (A)	熊本市総合体育館 工数[分] (B)	差分[分] (B)-(A)
CU	13	11	-2
DU	8	11	3
RU	1	1	0
UPS	2	3	1
5GC	1	6	5
L3SW	2	1	-1
ルーター	1	1	0
EMS	8	20	12
無線機設定時間合計	36	54	18

表 4.3-26 実証フィールドの共用設備の違いによる効果

設置稼働	SAGA プラザ 工数[分] (A)	熊本市総合体育館 工数[分] (B)	差分[分] (B)-(A)
ラック設置	-	8	8
屋内 RU 設営	-	9	9
GPS アンテナ設営	10	14	4
ボール自動追尾 AI カメラ&スコアボードカメラ設営	4	4	0
共用設備作業時間合計	14	35	21

表 4.3-27 有線ケーブル構成との工数比較による効果

有線ケーブル構成	SAGA プラザ構成		熊本市総合体育館構成	
	作業時間合計[人分]	削減率	作業時間合計[人分]	削減率
	800	46%	617	22%

表 4.3-28 ボール自動追尾 AI カメラによる効果

V. LEAGUE TV 配信用映像との比較項目	評価	採用可否	改善策
映像画角	配信映像と同等の品質を満たす	採用可	
解像度	配信映像と同等の品質を満たす	採用可	
輝度レベル	配信映像より少し劣る	改善を行うことで採用可	輝度が若干暗かったため、カメラの設定値を変更することで配信映像と同等の品質を確保可能と考える。
途切れ	配信映像と同等の品質を満たす	採用可	

表 4.3-29 効果検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その1)

検証項目名	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	回答⑥	回答⑦
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり	なし	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	あり	あり	あり	なし	なし	あり	あり
【効果検証】5つの視点(A~E)で好きな視点はありましたか	A、E	C	C	C	C	E	E
【効果検証】5つの視点(A~E)以外で 見たい視点はありましたか	天井からの視点	副審からの視点	副審からの視点	無	天井からの視点	無	無
【効果検証】360度観戦アプリにある と良い機能はありますか	リプレイ	リプレイ	リプレイ	巻き戻し スロー再生	無	無	無
【効果検証】360度観戦アプリは1試合 いくらであればご利用を検討しますか	3,000円	1,000円 以下	1,000円 以下	0円	1,500円 (1シーズン 10,000円)	0円	0円
【効果検証】360度観戦アプリのご 利用が次回来場意欲につながりますか	はい	はい	はい	いいえ	はい	はい	はい

表 4.3-30 効果検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その 2)

検証項目名	回答⑧	回答⑨	回答⑩	回答⑪	回答⑫	回答⑬	回答⑭
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	なし	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし
【効果検証】5つの視点(A~E)で好きな 視点はありましたか	B, C, D	C	C	C	C	C	C
【効果検証】5つの視点(A~E)以外で見 たい視点はありましたか	アタック ライン上 の天井	無	副審視点	副審視点	無	無	天井
【効果検証】360度観戦アプリがあると 良い機能はありますか	無	あり	音声	ズーム し易さ	好きな 選手の 視聴機能	無	リプレイ 音声
【効果検証】360度観戦アプリは1試合 いくらであれば ご利用を検討しますか	1,000円	2,000円	1,500円	1,000円 以下	1,000円	300円	100円 月額500 円
【効果検証】360度観戦アプリのご利用 が次回来場意欲につながりますか	はい	はい	いいえ	はい	はい	いいえ	いいえ

表 4.3-31 効果検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その 3)

検証項目名	回答⑮	回答⑯	回答⑰	回答⑱	回答⑲	回答⑳	回答㉑
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし
【効果検証】5つの視点(A~E)で好きな 視点はありましたか	C	A	全部	A, E, C	C	C	C
【効果検証】5つの視点(A~E)以外で見 たい視点はありましたか	無	無	無	天井	あり	あり	無
【効果検証】360度観戦アプリがあると 良い機能はありますか	リプレイ	無	無	リプレイ スロー再生 遅延映像	無	ライン際	リプレイ
【効果検証】360度観戦アプリは1試合 いくらであれば ご利用を検討しますか?	0円	1,000円	1,000円	100円	0円	500円	500円
【効果検証】360度観戦アプリのご利用 が次回来場意欲につながりますか	いいえ	はい	はい	はい	はい	はい	はい

表 4.3-32 効果検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その4)

検証項目名	回答⑳	回答㉑	回答㉒	回答㉓	回答㉔	回答㉕	回答㉖
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	なし	あり	あり	なし
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
【効果検証】5つの視点(A~E)で好きな視点はありましたか	A, E, C	C	C, D, E	B, D	C	C	C
【効果検証】5つの視点(A~E)以外で見たい視点はありましたか	無	副審視点	副審視点	無	エンドライン	無	天井
【効果検証】360度観戦アプリにあると良い機能はありますか	無	色々な角度	選手紹介 撮影機能	無	無	無	点数
【効果検証】360度観戦アプリは1試合いくらであればご利用を検討しますか?	1,000円	0円	1,000円 実況入り	100円	200円	0円	300円以下
【効果検証】360度観戦アプリのご利用が次回来場意欲につながりますか	はい	はい	はい	はい	はい	いいえ	いいえ

表 4.3-33 効果検証 来場観戦者の方へのアンケート結果(その5)

検証項目名	回答㉗	回答㉘	回答㉙	回答㉚
これまでの来場観戦の有無	あり	あり	あり	あり
V. TV イーゼスポーツ 視聴経験の有無	なし	なし	なし	なし
【効果検証】5つの視点(A~E)で好きな視点はありましたか	A, C, E	C	C	C
【効果検証】5つの視点(A~E)以外で見たい視点はありましたか	斜め上	斜め上	副審視点	無
【効果検証】360度観戦アプリにあると良い機能はありますか	無	無	メンバー紹介	無
【効果検証】360度観戦アプリは1試合いくらであればご利用を検討しますか?	200円	500円	500円	300円
【効果検証】360度観戦アプリのご利用が次回来場意欲につながりますか	はい	はい	はい	はい



図 4.3-8 視聴用端末の5つの視点の位置図
(A・E：サーブ後方視点、B・D：ベンチ視点、C：主審視点)

以上の 32 名のお客様へのアンケート結果(表 4.3-29 ～ 表 4.3-33)から効果評価に関わる項目の回答を整理(表 4.3-34 ～ 表 4.3-38)し評価する。

①効果検証 360 度高画質カメラの 5 つの視点の評価

表 4.3-34 360 度高画質カメラの 5 つの視点の評価

A	B	C	D	E
6	3	27	4	8

※お一人で複数回答あり

C(審判目線)の 360 度高画質カメラの視点が最も多くの方からご好評を頂いた。

A・E(サーブ後方)、B・C(ベンチ視点)は、選手との距離があるため、ズームをした際の画質の鮮明度の改善により、更にご好評頂けると推察する。

②効果検証 360 度高画質カメラの 5 つの視点以外で観たい視点

表 4.3-35 360 度高画質カメラの 5 つの視点の評価

副審目線	天井からの視点	斜め上	無	その他
6	3	2	14	3

※お一人で複数回答あり

5 つの視点以外で観たい視点が「無」と回答頂いた方が最も多く 14 名。

C(審判目線)の反対側の副審の視点が 6 名。天井や斜め上といった回答も少数であった。

簡易設営の観点から、副審の視点の設置可否は、今後の実装に向け検討を行う。

③効果検証 360 度観戦アプリにあると良い機能の有無

表 4.3-36 360 度観戦アプリにあると良い機能の有無

リプレイ	音声	スロー再生	選手データ	無	その他
6	2	2	3	13	6

※お一人で複数回答あり

360 度観戦アプリにあると良い機能として「無」と回答頂いた方が最も多く 13 名。

その次にリプレイ機能が 6 名。音声・スロー再生・選手データの回答も少数であった。

リプレイ機能は、V リーグの試合で採用されているチャレンジシステムへの適用の可能性も考えられることから、実装する上での課題を明確にし、今後の実装に向け検討を行う。

④効果検証 360 度観戦アプリの 1 試合での利用価格

表 4.3-37 360 度観戦アプリの 1 試合での利用価格

無料	500 円未満	500 円- 1,000 円	1,000 円- 2,000 円	2,000 円-
7	7	14	3	1

無料での提供を回答された方が 7 名、有料での提供でもご利用頂けると回答頂いた方が 25 名となった。また、500 円～1,000 円のレンジが最も多く 14 名(全体の 43%)となった。提供料金は、視聴用端末の映像配信サーバの処理能力からくる配信可能台数と、通信環境からくる接続可能台数をふまえ、実装する上での適正な台数を検討の上、提供価格を確定させていく。

⑤効果検証 360 度観戦アプリの利用が次回の来場意欲につながるか

表 4.3-38 360 度観戦アプリの利用が次回の来場意欲につながるか

はい	いいえ
25	7

360 度観戦アプリをご利用頂く事が、次回の来場意欲につながると 25 名(78%)の方から回答頂いた。この事から、課題実証②である会場での新たな視聴体験を提供することによる来場者の増加につながる取組みになる事が実証されたと考える。

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

ボール自動追尾 AI カメラと複数 360 度高画質カメラを組合せた多視点のライブ映像は、動画配信へのコンテンツ充実化や、来場観戦者増への打ち手として、4.3.1(1)機能検証、4.3.1(3)効果検証での評価結果より、来場観戦者様へのアンケート、V.LEAGUE 機構関係者、動画配信コンテンツ事業者へのヒアリングより、有効な映像ソリューションである事が実証された。

(表 4.3-5～表 4.3-16 を参照)

更に、4.3.1(2)運用検証と 4.3.1(3)効果検証は、ローカル 5G 簡易設営キットで行い、撮影機材は汎用製品を用いた事で、SAGA プラザでは現行の撮影スタッフ工数から約▲46%の削減、熊本市総合体育館では、撮影スタッフ工数から約▲22%の削減が見込める事が実証され、現行の撮影費改善の視点からもローカル 5G 簡易設営キットを活用した当モデルの有効性が実証された。

(表 4.3-17～表 4.3-27 を参照)

上記に加え当映像ソリューションの実装性を高めるため、お客様へのアンケート結果より更に下記 3 つの追加検討課題に対応していく必要がある。この中で特に課題①、課題③の解決にはネットワークに UL(アップリンク)、DL(ダウンリンク)のスループット要件が求められる。

課題①. 視聴時のズームをした際の画質の改善

施策①. 360 度高画質カメラのライブ配信時のビットレートを上げ対応

※来場観戦者の方へのアンケート ①. 【性能検証】映像の品質評価 ズーム後の映像の鮮明度より

課題②. 来場観戦者の方が視聴する映像のリアルタイム性の向上

施策②. 360 度高画質カメラの配信プロトコルの見直し検討を行い機種を選定

※来場観戦者の方へのアンケート ②. 【性能検証】360 度高画質カメラの映像評価 映像遅延より

課題③. 来場観戦者様向けの視聴用端末の台数増

施策③. 配信側の DL(ダウンリンク)のスループットを確保する

1) 施策①. 360 度高画質カメラのライブ配信時のビットレートを上げ対応

汎用機材で 360 度高画質カメラでのサービス提供を実現するため、光学ズームではなくデジタル式となる。

下記の図 4.3-9、図 4.3-10 に 360 度高画質カメラの設定値を変えた際(10Mbps、60Mbps)の視聴用画面の画質を示す。360 度高画質カメラのビットレートを上げる事で、より鮮明さを出す事ができ、ズームをした際の鮮明さへの改善につながる事が期待できる。

この事から、視聴用端末でのズーム後の画質改善には、360 度高画質カメラのライブ配信時のビットレートを上げる事が有効な手段と考えられるため、UL(アップリンク)のスループットが期待できるローカル 5G 準同期 TDD が有効であると考えられる。

但し、最適なビットレートは 360 度高画質カメラの設置位置・ローカル 5G 通信に必要なテザリング用機器の性能、映像処理サーバの性能、来場観戦者の方へご利用頂く視聴用端末の台数など複数の検討要素があるため、実装までに動作検証を重ね検討を進める。



図 4.3-9 4K/30fps/10M で撮影した映像



4K/30fps/60M で撮影した映像



図 4.3-10 4K/30fps/10M で撮影した映像



4K/30fps/60M で撮影した映像

2) 施策②. 360 度高画質カメラの配信プロトコルの見直し検討を行い機種の新選定

360 度高画質カメラの新選定以外で配信遅延を改善させるためには、有線通信や他の無線通信の可能性を再検討するも、ローカル 5G が最も有効なネットワークといえる。

- ・有線通信：イベント毎に有線を敷設する必要があり、作業の簡易性が損なわれる。
(4.3.1(3)効果検証で実証済)また、有線とする事で 360 度高画質カメラの設置位置に制限が発生し、イベント主催者様が好きな画角でのライブ映像配信ができなくなってしまう。
- ・無線通信(携帯事業者 4G/5G)：インターネット経由での来場観戦者の方への配信では、配信遅延が最小でも数秒発生してしまい、リアルタイム視聴に適していない。
- ・無線通信(Wi-Fi)：Vリーグの試合では、音響・照明・映像など様々な事業者が関わり Wi-Fi を活用したサービスを提供しているため、Wi-Fi 干渉の影響によりスループットが十分に確保できない。(図 4.3-11 参照)

以上の事から、配信遅延の改善には、360 度高画質カメラの配信プロトコルの仕様で RTP や SRT を実装しているカメラの再選定も視野に入れ、実装・普及展開に向け、引続き検討を行っていく。



図 4.3-11 V1リーグ試合当日のWi-Fi使用状況(2.4GHz帯・5GHz帯)

3) 施策③. 配信側のDL(ダウンリンク)のスループットを確保する

当実証で準備した配信サーバで処理し配信可能な上限台数まで増設する際、今回の実証でのCPU使用率より、来場観戦者様向け視聴用端末を27台程度まで増設する事ができる。

- ・映像配信サーバのCPU使用率から見た配信可能な視聴用端末台数についての考察

映像配信サーバのCPU(インテル® Xeon® Gold 5217)の使用率について、360 度高画質カメラの5台からの映像を視聴用端末6台へ配信した際、10%~20%を推移する結果となった。このことから仮に90%使用率とした場合には、4.5倍の視聴用端末台数までは処理が可能と推測する。

視聴用端末27台まで増設する際、配信時の視聴用端末1台あたりのビットレートが10Mbpsとしてもダウンリンクのスループットは、常に安定した品質で270Mbps以上必要になる。

表 4.3-39 SAGA プラザ体育館 ローカル5G品質測定結果より抜粋

測定ポイント	通信プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSSI[dBm]		SS-RSRQ[dB]		SS-SIR[dB]		DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PCスループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PCスループット	MIMO	変調方式	L5G端末			
N	UDP	-100	-100.0	-76.4	-10.7	15.8	220	2×2	64QAM	227	2×2	64QAM	23			
	TCP						225	2×2	64QAM	242	2×2	64QAM				
O	UDP	-100	-96.9	-73.6	-10.3	17.7	211	2×2	64QAM	217	2×2	64QAM	23			
	TCP						200	2×2	64QAM	231	2×2	64QAM				
P	UDP	-98	-94.3	-69.2	-12.1	16.8	249	2×2	64QAM	230	2×2	64QAM	23			
	TCP						278	2×2	64QAM	280	2×2	64QAM				
Q	UDP	-95	-93.6	-68.0	-12.6	12.3	275	2×2	64QAM	239	2×2	64QAM	23			
	TCP						274	2×2	64QAM	323	2×2	64QAM				
平均値	UDP						238.8			228.3						
	TCP						244.3			269.0						

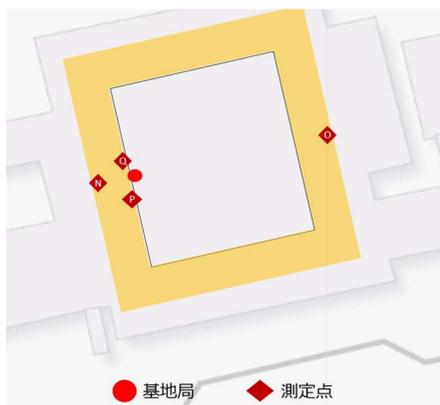


図 4.3-12 SAGA プラザ 2階席 ローカル 5G 測定位置図

表 4.3-40 熊本市総合体育館 ローカル 5G 品質測定結果より抜粋

測定ポイント	通信 プロトコル	SS-RSRP[dBm]		RSSI[dBm]	SS-RSRQ[dB]	SS-SIR[dB]	DownLink[Mbps]			UpLink[Mbps]			伝送遅延[msec]
		L5G端末	AreaTester	AreaTester	AreaTester	AreaTester	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	L5G端末接続PC スループット	MIMO	変調方式	
N	UDP	-101	-101.3	-78.1	-10.2	14.6	245	2×2	16QAM	103	2×2	64QAM	32
	TCP						242	2×2	16QAM				
O	UDP	-99	-95.2	-71.3	-10.9	18.6	339	2×2	64QAM	120	2×2	64QAM	
	TCP						242	2×2	16QAM				
P	UDP	-89	-80.9	-57.6	-10.3	20.8	485	3×3	64QAM	137	2×2	64QAM	
	TCP						428	2×2	64QAM				
Q	UDP	-88	-90.2	-67.9	-11.4	19.3	474	3×3	64QAM	151	2×2	256QAM	31
	TCP						389	3×3	64QAM				
R	UDP	-90	-96.6	-72.3	-11.3	17.9	487	3×3	64QAM	132	2×2	256QAM	29
	TCP						402	3×3	64QAM				
平均値	UDP						406.0			128.6			
	TCP						340.6			126.2			



図 4.3-13 熊本市総合体育館 2階席 ローカル 5G 測定位置図

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

動画配信市場規模は、2016 年 1,630 億円から年々増加し、2021 年は 4,230 億円(前年比 114%)まで拡大。2026 年には 5,520 億円*まで成長すると推計されている。

(※：一般財団法人デジタルコンテンツ協会 HP より引用)

また、スポーツの動画配信市場では、2021 年 304 億円から 2027 年 618 億円*と市場の拡大が同様に見込まれ、スポーツにおけるイベント主催者や動画配信コンテンツ事業者にとっては、より付加価値を高める取組みが求められている。

(※：第 324 回 NRI メディアフォーラム 「IT ナビゲーター2022 年度版」より引用)

高精細・多視点映像コンテンツは、お客様へのアンケート結果(表 4.3-34～表 4.3-38)や、V. LEAGUE 機構や動画配信コンテンツ事業者から頂いたコメント(4.3.2 (2) 3))から、新たな付加価値につながる取組みである事が確認できた。また、下記にてお客様の本実証モデルの導入障壁を下げるため、提供メニューや料金体系の検証を実施した。

1) 検証項目

本ビジネスモデルは、お客様がローカル 5G 設備や映像設備の所有型ではなく、KDD I エンジニアリング株式会社がこれら設備を所有し、お客様が必要な時に提供する『利用型』のサービスモデルを計画している。従って、ビジネスモデルを描く際、利用料金のメニュー化が非常に重要になる。また、本実証モデルでの観客付加サービスは、V. LEAGUE 機構の現行の撮影費より低価格で提供する事で費用対効果を計画し、下記の検証項目を検証項目③へ反映した。

【i】付加サービス：複数の高画質カメラを用いた多視点映像

【ii】低価格での提供に向けて：

試合全体の映像はボール自動追尾 AI カメラの映像で、撮影工数と編集工数を削減
機材は簡易設営キットと市販されている撮影機材の組合せにより設営工数を削減

検証項目①：課題実証①が 2 名体制で実施可能な事

検証項目②：撮影スタッフ 1 名減を原資にした際の提供料金の妥当性

検証項目③：ソリューションの機能追加を実施した際の提供メニューと料金の妥当性

検証項目④：当ソリューション効果が顕著になった際の更なるビジネス拡大に向けた提供メニューと料金の妥当性

2) 検証方法

検証項目①：機能検証結果及び効果検証結果を総合的にふまえ、2名体制で作業を行い、
現行の作業時間と比較して評価する。

検証項目②：仮に現行の1単価を10万円とした際、1回あたりの設備設営を始め
サービス提供に掛かる費用を比較し、提供価格を評価した。

※単価は、動画撮影の製作費の相場を参考に、人件費・編集費・諸経費を
見込んだ想定となる。当単価は、本実証を通じV.LEAGUE 機構と
協議し精緻化を行う。

検証項目③：選択し得る提供メニューのメリット・デメリットを市場価格との差分分析も
含め整理。更に、提供先をV.LEAGUE 機構以外を視野に入れた際の
提供メニューを、YouTube や SNS での映像コンテンツのニーズも視野
に入れ評価する。

検証項目④：検証項目③から料金体系を1試合毎から特定期間への変更や、
V.LEAGUE TV 視聴数に対する従量制など、提供可能な料金体系を
検討し評価をする。

その後、V.LEAGUE 関係者へヒアリングした上でコンソーシアム内での
議論を通じ実装計画を更新する。

3) 検証結果及び考察

検証項目①

SAGA プラザでの実証結果を表 4.3-41 及び熊本市総合体育館での実証結果を表 4.3-42
に示す。本実証結果により、現行撮影機材での撮影スタッフ工数や有線ケーブル敷設工数に
対し、SAGA プラザでは現行の撮影スタッフ工数から 46%の削減、熊本市総合体育館では、
現行の撮影スタッフ工数から 22%の削減が見込める事、かつ、2名体制で対応可能であるこ
とが実証された。

しかしながら、当ソリューションの実装・横展開に向けては、更なる改善の余地があり、
運用コストの削減を見込む事ができる。

具体的には、GPS 設置・敷設作業（実測作業時間 15 分）では、衛星を 4 つ以上補足する
必要があり、予め事前調査において南の方角への見通しとローカル 5G 簡易設営キットの設
置位置との関係性を把握する事で改善を見込む事ができる。更に、撤収に要する作業時間の
短縮を見込む事ができる。

この事から、事前の現地調査では、各設備（屋内 RU・ローカル 5G 簡易設営キット・GPS）
の設置位置、電源取得位置、設備 1 次保管場所を体育館指定管理者と十分に協議し、最小工
数で作業できるよう調査項目へ反映した。

表 4.3-41 課題実証①が 2 名体制で実施可能な事<設置>SAGA プラザ

作業内容			評価基準値		実測値	
			人数	時間 [分]	人数	時間 [分]
設置	ローカル 5G	GPS アンテナ設置位置を確認する	2	5	2	15
	ローカル 5G	GPS アンテナ設置位置を区画する				
	ローカル 5G	GPS アンテナ用 3 脚を組立てる	2	15		
	ローカル 5G	GPS アンテナが固定されているか確認する				
	ローカル 5G	GPS アンテナ用ケーブルを敷設する	2	30		
	ローカル 5G	GPS アンテナ用ケーブルを接続する				
	ローカル 5G	OA タップを確認する	1	5		
	ローカル 5G	OA タップに電源ケーブルを接続する	1	5		
	映像	ONU 用の電源ケーブルを敷設する	1	5		
	映像	ONU を設置する				
	映像	ONU へ電源及び通信ケーブルを接続する				
	映像	ONU を起動する				
	ローカル 5G	ローカル 5G ラック設置位置を確認する	2	5	2	5
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックを移動する				
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックのアウトリガーを張り出し固定する				
	ローカル 5G	UPS を起動する	1	5	1	2
	ローカル 5G	ルーターを起動する	1	5	1	1
	ローカル 5G	L3SW を起動する	1	5	1	2
	ローカル 5G	CU サーバを起動する	1	10	1	13
	ローカル 5G	5GC を起動する	1	5	1	1
	ローカル 5G	EMS を起動する	1	30	1	8
	ローカル 5G	RU を起動する	1	5	1	1
	ローカル 5G	DU を起動する	1	5	1	8
	ローカル 5G	CU をアンロックする	1	5	1	1
	ローカル 5G	DU をアンロックする	1	5	1	1
	ローカル 5G	正常性を確認する	1	10	1	2
	映像	映像配信サーバを起動する	1	20	1	5
	映像	電源取得位置を確認する	1	15	2	8
	映像	電源ケーブルを敷設する				
	映像	VPU・ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラ設置位置を確認する	1	5	2	14
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラ用の 3 脚を組立てる	2	15		
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラ用 3 脚を設置する				
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラを設置する	2	10		
映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラへケーブルを接続する					
映像	VPU を設置する	1	10			
映像	VPU へ電源及び通信ケーブルを接続する					
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを設置する	1	5			
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターへケーブルを接続する					
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを起動する	1	5			
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターの接続を確認する					
映像	VPU を起動する	1	60	1	43	
映像	VPU を設定する (キャリブレーション含む)					
映像	iPad Air でボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラの撮影映像を確認する					
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォン設置位置を確認する	2	15	2	12	
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォン用 3 脚を組立てる					
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンを 3 脚へ設置する	2	15	2	8	
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンをネットボールへ設置する					
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンを起動・設定する	2	15	2	6	
映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンのネットワーク接続を確認する					
映像	視聴用ローカル 5G-GW の設置位置を確認する	1	5	2	3	
映像	視聴用ローカル 5G-GW を設置する					
映像	視聴用ローカル 5G-GW へ電源ケーブルを接続する	1	5			
映像	視聴用ローカル 5G-GW の接続を確認する					
映像	iPad Air を起動する	1	5	1	5	
映像	iPad Air の Wi-Fi 接続を確認する					
映像	360 度観戦アプリを起動・設定する	1	5	1	5	
映像	360 度観戦アプリで 360 度高画質カメラの撮影映像を確認する					
映像	360 度観戦アプリで配信映像を視聴確認する (来場者用マニュアル)	1	5	1	5	
合計			-	370	-	169

表 4.3-42 課題実証①が 2 名体制で実施可能な事<撤収>SAGA プラザ

作業内容			評価基準値		実測値	
			人数	時間 [分]	人数	時間 [分]
撤収	映像	360 度観戦アプリを停止する	1	5	1	5
	映像	iPad Air の電源を切る				
	映像	視聴用ローカル 5G-GW の電源を切る	1	5	1	3
	映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンを停止する	2	5	1	5
	映像	360 度高画質カメラ・FCNT スマートフォンを取外す				
	映像	VPU を停止する	1	5	2	10
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラのケーブルを取外す	2	10	2	10
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラを 3 脚より取外す				
	映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを停止する	1	5	1	3
	映像	VPU 用ローカル 5G ルーターのケーブルを取外す				
	映像	VPU のケーブルを取外す	1	5	2	10
	映像	電源ケーブルを取外す	1	15	2	10
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラ用 3 脚を梱包する	2	10	2	10
	映像	ボール自動追尾 AI カメラ・スコアボードカメラを梱包する	2	10	2	10
	映像	映像配信サーバを停止する	1	5	1	5
	ローカル 5G	DU をロックする	1	5	1	1
	ローカル 5G	CU をロックする	1	5	1	1
	ローカル 5G	DU を停止する	1	5	1	2
	ローカル 5G	RU を停止する	1	5	1	1
	ローカル 5G	EMS を停止する	1	5	1	2
	ローカル 5G	5GC を停止する	1	5	1	4
	ローカル 5G	CU サーバを停止する	1	5	1	1
	ローカル 5G	L3SW を停止する	1	5	1	1
	ローカル 5G	ルーターを停止する	1	5	1	1
ローカル 5G	UPS を停止する	1	5	1	2	
ローカル 5G	OA タップより電源ケーブルを取外す	1	5	1	2	
ローカル 5G	GPS アンテナ用のケーブルを取外す	2	10			
ローカル 5G	GPS アンテナ用のケーブルを巻き取る					
ローカル 5G	ONU の電源を切る			2	14	
ローカル 5G	ONU より電源及び通信ケーブルを取外す	1	5			
ローカル 5G	ONU を収納する					
ローカル 5G	ONU 用の電源ケーブルを取外す					
合計			-	150	-	113

表 4.3-43 課題実証①が 2 名体制で実施可能な事<設置>熊本市総合体育館

作業内容			評価基準値		実測値	
			人数	時間 [分]	人数	時間 [分]
設置	ローカル 5G	GPS アンテナ設置位置を確認する	2	5	2	14
	ローカル 5G	GPS アンテナ設置位置を区画する	2	5		
	ローカル 5G	GPS アンテナ用 3 脚を組立てる	2	5		
	ローカル 5G	GPS アンテナを設置する	2	5		
	ローカル 5G	GPS アンテナ用ケーブルを敷設する	2	5		
	ローカル 5G	GPS アンテナ用ケーブルを接続する	2	5		
	ローカル 5G	屋内 RU 設置位置を確認する	2	5	2	6
	ローカル 5G	屋内 RU 設置位置を区画する	2	5		
	ローカル 5G	屋内 RU 用 3 脚を組立てる	2	5		
	ローカル 5G	屋内 RU へ各ケーブルを接続する	2	3	2	3
	ローカル 5G	電源取得位置を確認する	2	5	2	8
	ローカル 5G	電源ケーブルを敷設する	2	5		
	ローカル 5G	ローカル 5G ラック設置位置を確認する	2	5	2	8
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックを移動する	2	5		
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックのアウトリガーを張り出し固定する	2	5		
	ローカル 5G	OA タップに電源ケーブルを接続する	2	3	2	9
	ローカル 5G	ONU 用の電源ケーブルを敷設する	2	10		
	映像	ONU を設置する	2	3		
	映像	ONU へ電源及び通信ケーブルを接続する	2	3	1	3
	映像	ONU を起動する	2	3		
	ローカル 5G	UPS を起動する	1	5		
	ローカル 5G	ルーターを起動する	1	5	1	1
	ローカル 5G	L3SW を起動する	1	5	1	1
	ローカル 5G	EMS を起動する	1	30	1	20
	ローカル 5G	5GC を起動する	1	5	1	6
	ローカル 5G	【同期】 CU サーバを起動する	1	10	1	11
	ローカル 5G	【準同期】 CU サーバを起動する	1	10		
	ローカル 5G	【同期】 RHUB を起動する	1	5	1	11
	ローカル 5G	【準同期】 RHUB を起動する	1	5		
	ローカル 5G	【同期】 DU を起動する	1	5		
	ローカル 5G	【準同期】 DU を起動する	1	5		
	ローカル 5G	【同期】 RU を起動する	1	5		
	ローカル 5G	【準同期】 RU を起動する	1	5		
ローカル 5G	【同期】 CU をアンロックする	1	5	1	1	
ローカル 5G	【同期】 DU をアンロックする	1	5			
ローカル 5G	【準同期】 CU をアンロックする	1	5			
ローカル 5G	【準同期】 DU をアンロックする	1	5			
ローカル 5G	【同期】【準同期】 正常性を確認する	1	10	1	1	
映像	FCNT スマートフォンを起動・設定する	2	10	2	6	
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを設置する	1	5	1	1	
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターへケーブルを接続する	1	5	1	1	
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを起動する	1	5	1	1	
ローカル 5G	【同期】 停波 (DU ロック)	1	5	1	1	
映像	FCNT スマートフォンにてローカル 5G ネットワーク接続を確認する	2	5	2	3	
映像	FCNT スマートフォンを機内モードへ設定する	2	5			
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターにてローカル 5G ネットワーク接続を確認する	1	5	1	3	
映像	VPU 用ローカル 5G ルーターを機内モードへ設定する	1	5			
ローカル 5G	【準同期】 停波 (DU ロック)	1	5	1	1	
ローカル 5G	【同期】 DU をアンロックする	1	5	1	1	
映像	視聴用ローカル 5G-GW の設置位置を確認する	1	5	1	3	
映像	視聴用ローカル 5G-GW を設置する	1	5	1	5	
映像	視聴用ローカル 5G-GW へ電源ケーブルを接続する	1	5	1	5	
映像	視聴用ローカル 5G-GW にてローカル 5G ネットワーク接続を確認する	1	5	1	5	
ローカル 5G	【準同期】 DU をアンロックする	2	5	2	1	
ローカル 5G	FCNT スマートフォンの機内モードを解除する	2	5	2	3	
ローカル 5G	VPU 用ローカル 5G ルーターの機内モードを解除する	2	5			
映像	各種カメラ設置・確認をする	2	190	2	75	
合計			-	510	-	217

表 4.3-44 課題実証①が 2 名体制で実施可能な事<撤収>熊本市総合体育館

作業内容			評価基準値		実測値		
			人数	時間 [分]	人数	時間 [分]	
撤収	ローカル 5G	DU をロックする	1	5	1	1	
	ローカル 5G	RU を停止する (RHUB 電源断)	1	5	1	1	
	ローカル 5G	DU を停止する (DU 電源断)	1	5	1	1	
	ローカル 5G	CU をロックする	1	5	1	1	
	ローカル 5G	CU サーバを停止する	1	5	1	2	
	ローカル 5G	5GC を停止する	1	5	1	4	
	ローカル 5G	EMS を停止する	1	5	1	2	
	ローカル 5G	L3SW を停止する	1	5	1	1	
	ローカル 5G	ルーターを停止する	1	5	1	1	
	ローカル 5G	UPS を停止する	1	5	1	2	
	ローカル 5G	OA タップより電源ケーブルを取外す (電源ケーブル撤去含む)	2	16	1	11	
	ローカル 5G	GPS アンテナ用のケーブルを取外す	2	5	2	25	
	ローカル 5G	GPS アンテナ用のケーブルを巻き取る	2	16			
	ローカル 5G	GPS アンテナ用の 3 脚を収納する	2	16	2	2	
	ローカル 5G	屋内 RU より各ケーブルを取外す	2	5	2	3	
	ローカル 5G	屋内 RU 用のケーブルを巻き取る	2	16	2	3	
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックのアウトリガーを格納する	2	5	2	2	
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックを保管場所へ移動する	2	16	2	6	
	ローカル 5G	ローカル 5G ラックのアウトリガーを張り出し固定する	2	5	2	2	
	ローカル 5G	ONU の電源を切る	2	5	2	5	
	ローカル 5G	ONU より電源及び通信ケーブルを取外す	2	10			
	ローカル 5G	ONU を収納する	2	5			
	ローカル 5G	ONU 用電源ケーブルを取外す	2	5			
	映像		各種カメラ等を撤収	2	80	2	70
	合計			-	255	-	145

検証項目②

SAGA プラザ、熊本市総合体育館での実証結果より、撮影スタッフ 1 名減を原資にした際の提供料金の妥当性を表 4.3-45 に示す。検証項目①と合わせ、2 名体制で当ソリューション提供が可能であることから、撮影スタッフ 1 名減が可能となり、人件費で現行と比べた場合には▲19 万円/試合となる。

映像機材やネットワーク設備費用のみで比較した場合には、SAGA プラザで+18 万円/試合、熊本市総合体育館で+29 万円/試合といずれの構成でも高価になってしまう。

人件費と映像機材やネットワーク設備の合計で見た場合には、SAGA プラザで採用したローカル 5G 構成（商品名：スターターキット）では、現行費用対比▲1 万円/試合で提供が可能となる見込み。

但し、SAGA プラザで採用したローカル 5G 構成（スターターキット）では、接続可能端末数の制限やスループットの観点から多くの来場者に視聴体験をして頂く事が難しい。

一方、熊本市総合体育館で採用したローカル 5G 構成（標準構成）であれば、同時視聴体験数やスループットの課題をクリアするがネットワーク設備の価格が高額となる。

このことから、設備 1 式の利用頻度を上げる事で 1 回あたりの料金の低減を図る必要がある事が新たに確認された課題と考える。

表 4.3-45 現行サービスの 1 名单価を 10 万円とした際の映像撮影概算費用構造

項目	現行費用 (想定金額)	スターターキット (SAGA プラザ構成)	標準構成 (熊本市総合体育館構成)
人件費	30[万円]	11[万円]※1	11[万円]※1
カメラ機材	20[万円]	38[万円]※2	49[万円]※2
ネットワーク機材			
映像編集機材			
部材費			
諸経費			
合計	50[万円]	49[万円]	60[万円]

※1 360 度高画質カメラとボール自動追尾 AI カメラは、設置手順のみで運用可能であり、撮影に関しては専門スキルが必要ないため、人件費における時間単価も比較的安価に抑えることができることから現行サービスと比べて大幅に人件費の削減を見込む事ができる。

(代表機関である KDD I エンジニアリング株式会社の標準的な時間単価にて算出)

※2 年間の使用頻度を 40 回とした場合の費用。また、会場での撮影費までを対象としているため、今後必要となる動画配信コンテンツ事業者へのデータ授受への追加開発費は含んでいない。

参考までに、当内容は V. LEAGUE 機構と協議を行い、撮影スタッフ 1 名減を原資とした、追加ソリューション開発・検討が可能となるのではないかと意見を頂戴した。

検証項目③

実施計画段階では、動画配信コンテンツの充実化に向け V. LEAGUE 機構に提供する計画をしていたが、動画配信コンテンツ事業の運営体制の変更に伴い、現動画配信コンテンツ事業者と協議している状況のため提供メニューと料金の妥当性の評価に至っていない。

但し、現在市場にある提供メニューの調査と YouTube のスポーツ動画ニーズ調査を行い、その結果を表 4.3-46 に示し、本実証ソリューションの評価を実施した。

提供メニューには、個人向け/法人向けがあり、個人向けメニューの特徴として携帯事業者が主体となり AR/VR 空間を提供し、お客様が無料で空間を疑似体験できるものや、お客様が月額料金を支払い、スポーツ映像を様々な視点で撮影した映像を提供するものがある。

法人向けメニューとしては、動画配信コンテンツ事業者向けへ XR 空間を提供し、仮想・現実を融合した映像を提供するメニューがある。

既存の提供メニューから AR/VR ソリューションを用い様々な映像を提供することは、視聴者が新たな疑似体験を得られることからメリットがあると考えられる。一方で、スポーツ観戦では疑似体験と現実を混同してしまう可能性があり不向きとされている。

このことから、本実証モデルは屋内スポーツを対象としているため、360 度高画質カメラの映像とボール自動追尾 AI カメラの映像のみで構成し、今後の追加機能として AR/VR まで拡張する必要はないと判断した。

YouTube における 2022 年スポーツ動画ランキングは、2022 カタールワールドカップの影響もあり、サッカー動画のニーズが高かった。その中で、個人で開設しているチャンネル動画を調査すると、プレースキル向上動画や選手のプレー解説動画の人気があり、個人の能力向上やプレー疑似体験に主眼を置き動画配信を行っている傾向があると考えられる。

また、SNS 上 (Facebook、Instagram、TikTok) のスポーツ映像コンテンツの傾向は、配信プラットフォームの制約から 20~30 秒程度の映像配信が主流であり、各スポーツにおける注目プレーシーン映像 (得点、好プレー等) を配信する傾向が見受けられる。

このことから、YouTube や SNS においても、360 度高画質カメラの映像とボール自動追尾 AI カメラの映像のみで構成し提供する事で、様々な角度から選手の動きを確認でき、アマチュアスポーツ選手や学生及びコアなスポーツファンからは一定のニーズがある事が分かった。

以上の事から、将来的に提供する映像コンテンツは、AR/VR などの追加開発は計画せず、360 度高画質カメラの映像とボール自動追尾 AI カメラの映像のみとし、実装計画に反映した。

表 4.3-46 ソリューションの機能追加を実施した際の提供メニューと料金の妥当性

サービス名 提供会社	提供価格	提供方法	提供先	需要
A 社	VR 撮影費は 約 150 万円	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実写を用いて AR/VR の映像を提供 ・ VR コンテンツを簡易的な 360 度高画質カメラを用いて製作 ・ 複数のアクションカメラを使用して作成 	法人を対象にサービス展開	VR コンテンツを用いて 360 度映像を確認できるため、コロナ化を機に非接触型によるオフィス内覧等に需要がある。
B 社				仮想空間と現実空間を融合した動画制作が可能とあり、動画配信コンテンツ事業者や動画クリエイター等からのニーズが高い。
C 社				AR/VR 画像制作に強みを持ち、最近では建築 3DCG 政策を行っており、マンションデベロッパーやホテルからのニーズが高い。
D 社				AR/VR コンテンツ制作を行っており、企業向け PR 動画提供により動画配信コンテンツ事業者、ホテル、舞台製作を行っている企業からのニーズがある。
大手通信会社 E 社	月額 990 円 (税込) ~ 登録プランにより視聴映像の選択が可能	専用アプリにより提供	個人を対象にサービス展開	会員向けに多視点映像を提供しており、様々な角度からの映像を視聴することができるため、ファン層からの需要がある。
大手通信会社 F 社	無料 (会員向けサービス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Web アプリにより提供 ・ 同時接続数は 30 接続 		Web アプリ上に実装されており、手軽に視聴体験できることからファン層からのニーズがある。

検証項目④

実施計画段階では、動画配信コンテンツの充実化に向け V. LEAGUE 機構に提供する計画をしていたが、動画配信コンテンツ事業の運営体制の変更に伴い、現動画配信コンテンツ事業者と協議している状況のため提供メニューと料金の妥当性の評価に至っていない。

但し、検証項目③の検討結果から、360 度高画質カメラの映像とボール自動追尾 AI カメラの映像を提供する事は、動画配信コンテンツ事業に有効であり、表 4.3-47 に示す通り、他スポーツの動画配信コンテンツ数からもその有効性が伺える。

この事から、引続き V リーグの試合の動画配信コンテンツの提供に向け、現動画配信コンテンツ事業者との協議し、今後、実装計画を更新していく。

表 4.3-47 スポーツ分野での動画配信サービス事業の状況

サービス名	チーム数	コンテンツ数	料金体系	提供料金	会員数
V. TV イーゼスポーツ (バレーボール)	V1 男子 10 チーム V1 女子 12 チーム	男子 224 コンテンツ 女子 160 コンテンツ	月額徴収モデル	月額 1,540 円 (税込)	約 1 万 2 千人
バスケット LIVE (バスケットボール)	B1 男子 18 チーム B2 男子 18 チーム W 女子 14 チーム	プロリーグ以外にもアマチュア動画もありコンテンツは 500 コンテンツを超える	月額徴収モデル	SoftBank・Y!mobile 契約者は無料 Yahoo!プレミアムへの登録が必要 月額 508 円 (税込)	約 15 万人
DAZN (サッカー)	J1 男子 18 チーム J2 男子 22 チーム J3 男子 18 チーム We 女子 11 チーム	J リーグ以外にも海外サッカーや他スポーツも放映し、コンテンツは 1,000 を超える	月額徴収モデル	月額 3,700 円 (税込)	約 59.7 万人

(出典：V. TV イーゼスポーツ、バスケット LIVE、DAZN の各 HP より引用)

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 検証項目

当ビジネスモデルの基本的な考え方は、ローカル 5G 設備だけでなく映像設備も含むソリューション自体の提供形態を、お客様の『所有』から『利用』へ大きく変える事で拡大を狙っている。このためローカル 5G の設備は、お客様の同一場所でご利用頂く利用数によっては、図 4.3-14 に示す形態で計画をする。

これを前提として、運用スキーム及びビジネスモデルを決める上でお客様毎（サービス提供先）毎のサービスの有効性が重要になってくる。このため、当ソリューションの提供が期待されるお客様に対しての商流の検証を含め課題実証④「ローカル 5G『設備利用型』の実現可能性」の実証を行うため、具体的には以下の検証項目を設定した。

コンソーシアムから見た直接のサービス提供先としては、V リーグ関係では【1】V. LEAGUE 関係の動画配信コンテンツ事業者、【2】V. LEAGUE 関係の V. LEAGUE チーム、その他への展開として【3】他イベント主催者としている。その提供先とサービス内容を表 4.3-48 に示す。また、当サービスのエンドユーザーまでを含めた際の関係者間の商流と提供サービスを図 4.3-15 に示す。

上記の提供先とサービス内容をふまえ、【1】～【3】の提供先に対し、それぞれ検証項目①～③の検証を行った。

- 【1】 検証項目①：課題実証①・課題実証②の効果を検証する事で動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE 機構、及び V. LEAGUE チームへ本実証の有効性を評価した。
- 【2】 検証項目②：課題実証②の効果を検証する事で V リーグの試合来場者への想定利用者数を評価した。
- 【3】 検証項目③：実証期間中に施設所有者向けへの本実証モデルの有効性を評価した。

・(商流)社会実装する事で生まれるサービス提供先と新たな商流：下記で検証

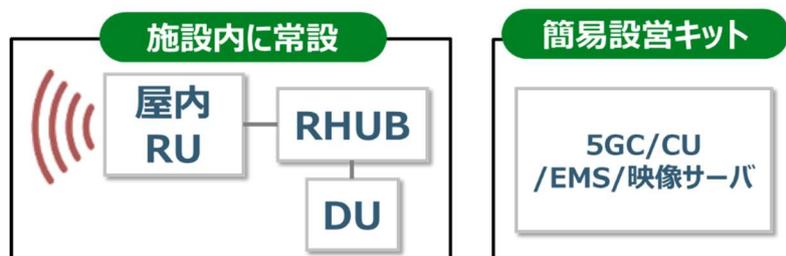


図 4.3-14 ローカル 5G 簡易設営キットの展開形態計画

表 4.3-48 サービス種別と提供先の関係

サービス種別	サービス提供先		
	Vリーグの試合		【3】 イベント主催者
	【1】 V. LEAGUE 関係 動画配信コンテンツ事業者	【2】 V. LEAGUE 関係 V. LEAGUE チーム	
現行類似サービスの提供	○	無	無
ローカル 5G 簡易設営キット	○	○	○
ボール自動追尾 AI カメラ映像 + 複数多角視点映像	○	—	○
来場者への映像配信	—	○	○

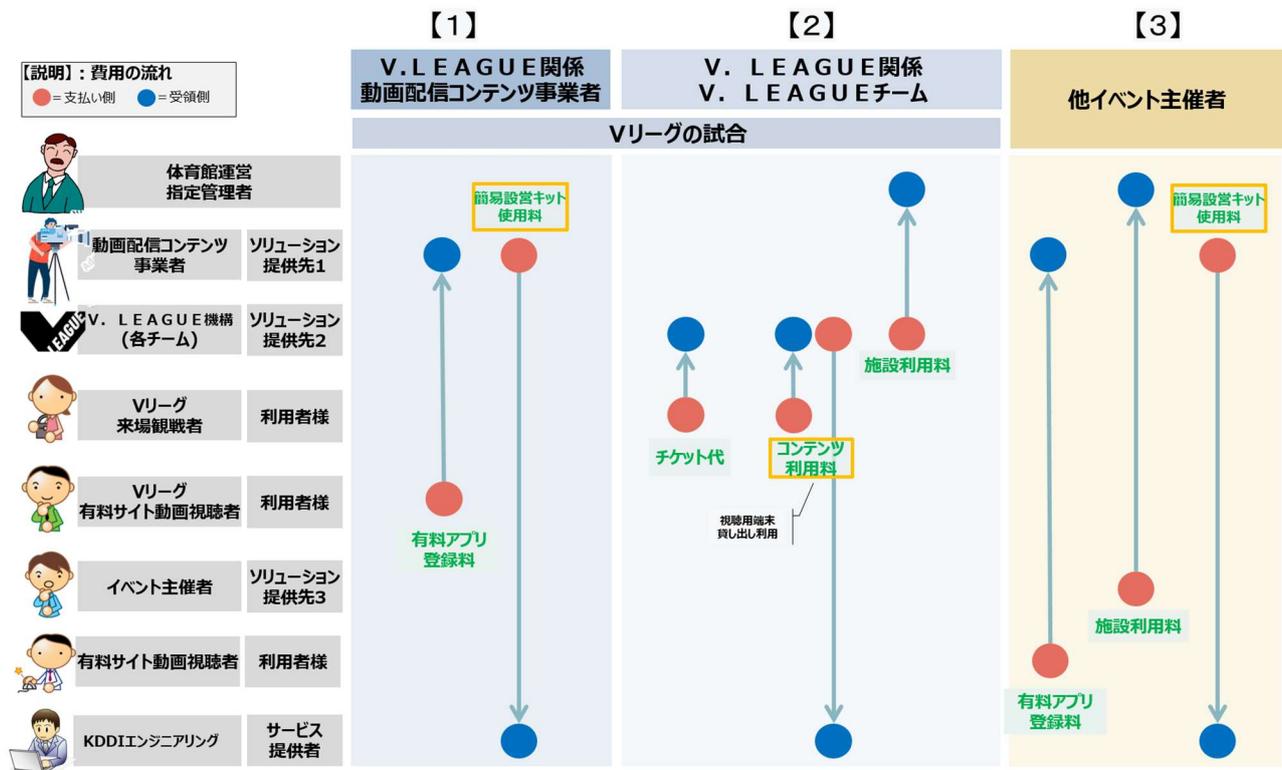


図 4.3-15 社会実装する事で生まれる新たな商流

2) 検証方法

検証項目①：4.3.2 (1) 2) 検証項目②～④と同じ評価方法。

検証項目②：4.3.1 (3) 検証項目⑤でのアンケート方式による質問項目「来場経験の有無」「次回来場希望の確認」にて想定利用者数を評価した。

検証項目③：4.3.2 (3) 1) 検証項目①での同体育館を利用するイベントと頻度により、ローカル 5G 設備（屋内 RU/RHUB/DU）の簡易設営を都度行う場合と、常設した場合での工数・費用面から、常設の方がより経済優位性を得られるイベント頻度の閾値と運用スキーム、及びビジネスモデルを評価した。

3) 検証結果及び考察

検証項目①：課題実証①、課題実証②の結果より、ローカル 5G 簡易設置キットソリューション、各種カメラソリューションの通信品質及び性能と視聴用端末での臨場感ある映像を視聴体験できたことを確認することができた。本結果をもとに、V. LEAGUE 機構及び動画配信コンテンツ事業者と協議を行いその有効性評価を実施した。

V. LEAGUE 機構よりは以下コメントを頂戴した。

- ・ 審判視点カメラはこれまで視聴できなかった角度の映像をお客様自身で選んで視聴できることは非常に魅力的
- ・ 会場に来場できないお客様に対しては非常に有効性のあるソリューションである
- ・ コートエンド映像は戦術的な解説を組み合わせるとコンテンツとして有効性がある
- ・ ズーム機能利用時は、画質が悪くなるので改善が必要
- ・ チーム戦術が明るみになる可能性があるため、カメラ設置位置を検討する必要がある。
- ・ V2 リーグにも本ソリューションの導入を検討したい

また、動画配信コンテンツ事業者より、以下コメントを頂戴した。

- ・ 審判視点カメラは選手の躍動感ある映像であるため、評価してみる価値があると考え
- ・ コートエンドカメラ映像については、少し視点を上げた映像であると需要があると考え
- ・ ズーム機能が VOD 配信時に利用できるか、技術的課題を検討する必要がある

上記結果より、当ソリューションで撮影された映像について、有効性があることが実証されたと考える。

但し、改善などの課題として残るため、機能改善等を検討するが、最優先事項としてプラットフォーム上でのズーム機能実現可否を確認し、その結果を今後の実装シナリオへ反映させる。

検証項目②：課題実証②と検証項目①の結果より、当ソリューションの効果について評価することができた。

実証当日の V リーグの試合来場者の想定利用者数を表 4.3-49 に示す。V1 リーグについては、実証当日 1,000 人以上の入場者を確保できているが、V2 リーグについては 300 名弱の入場者となっており改善を図る余地があると考え。

当ソリューションのお客様アンケート結果より、78%のお客様が 360 度観戦アプリのご利用が次回来場意欲につながるとの意見を頂戴していることから、当ソリューションを導入することにより来場者を増加させる布石となる可能性がある。会場内で 360 度観戦アプリをご利用頂くことにより、多視点映像からプレースキル向上や詳細な選手動作を確認できる映像を創出し、来場者増加へつなげる。また、追加機能、新たな映像についてもご意見を頂戴しているため、コンソーシアム内での議論を経て実装シナリオへ反映した。

表 4.3-49 課題実証②の効果を検証する事で V.LEAGUE 試合来場者への想定利用者数を評価する

体育館名	試合日	対戦	来場者数	アンケート調査数	今回の利用希望人数	今回の想定利用率
SAGA プラザ	2023/2/4	久光スプリングス VS デンソーエアリービーズ	1,136 名	3 名	3 名	100%
	2023/2/5	久光スプリングス VS デンソーエアリービーズ	1,314 名	5 名	5 名	100%

体育館名	試合日	対戦	来場者数	アンケート調査数	今回の利用希望人数	今回の想定利用率
熊本市総合体育館	2023/2/18	フォレストリーヴズ熊本 VS ヴィアティン三重	331 名	9 名	9 名	100%
	2023/2/19	フォレストリーヴズ熊本 VS ヴィアティン三重	310 名	15 名	15 名	100%

想定利用率：視聴端末の貸出依頼に対して、利用を希望した方の割合とした

検証項目③：当ソリューションの視察会を施設所有者向けに、SAGA プラザ及び熊本市総合体育館で実施した。大半のご意見としては、当ソリューションに対する驚きの声と今後の発展性についてご意見を頂戴した。頂戴した主な意見としては、以下の通りである。

■ SAGA プラザ

- ・ 視聴映像が鮮明であり、遅延がないところに驚いた
- ・ アプリ上でカメラ選択後の映像表示が非常にスムーズである
- ・ 学生やアマチュア選手に閲覧して頂くと、プレースキル向上につながるのではないかと
- ・ ズーム機能が付属されており、詳細の映像を確認することができて便利である

■ 熊本市総合体育館

- ・ ネット際の詳細プレー映像を確認することができ、躍動感を感じられた
- ・ リプレイ機能があるともっとお客様が満足できるようになるのではないかと
- ・ 自分のスマートフォンで視聴できるようになると非常に便利である
- ・ 他スポーツへ展開ができると非常に有益である

頂戴したご意見と実証を進める中での議論から、当ソリューションの有効性を評価できた。また、他スポーツへの利用についても可能性を秘めており、他屋内スポーツへ転用してみたい旨のご意見も頂戴した。合わせて、他屋内アリーナへの導入検討したい旨のご意見も頂戴したことから、継続的に施設所有者と協議を進めたい。

また、常設置と可搬設置の両設置形態を本実証で行っており、提案では設置形態を判断し進めていくこととする。

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

実施計画書作成段階から、本実証モデルのサービス提供先として、主に V. LEAGUE 機構の抱える課題の解決への貢献を目的に検討を進めている。一方で 2022 年度シーズンからは、V. LEAGUE 機構の動画配信コンテンツ事業の提供事業者が変わったことから、現在の V リーグの試合の動画配信コンテンツ事業を行っている動画配信コンテンツ事業者へ映像コンテンツの提供で計画し、関係者との協議を開始した。

また、動画配信コンテンツ事業者の変更に加え、配信対象としている V リーグも 2022 年度シーズンからは、動画配信コンテンツ事業者の収益性から、V1 リーグのみへ変更になっている。

一方で V. LEAGUE 関係者へヒアリングした結果からは、収益性の改善の見通し次第では、前年度と同様に V2 リーグの動画配信を望む声を頂いている。

このことから、本実証モデルのサービス提供先は、現在の V リーグの動画配信コンテンツ事業を主体的に実施している動画配信コンテンツ事業者へ変更し、対象とするリーグは、V1 及び V2 リーグとして計画をしていく。

V リーグの対象とする試合は、V. LEAGUE 機構からのご要望をふまえ、本実証にご協力を頂いた久光スプリングスとフォレストリーヴズ熊本の試合を中心に計画をしていく。

また、V リーグ以外のイベント主催者様向けには、両 V. LEAGUE チームのホームアリーナを中心にサービス提供を図り収益性を確保していく。

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

・想定される具体的なお客様：

下記に示したお客様に対する展開の考え方として、V. LEAGUE の抱える課題解決への貢献を優先する。そのため、動画配信コンテンツの収益性の向上に向け、①V. LEAGUE 関係（現状の動画配信コンテンツ事業者）へ映像機材・ローカル 5G 簡易設置キット 1 式を提供し、試合の映像を撮影した配信コンテンツとして提供を図る。

試合で活用頂く映像機材とネットワーク環境を利用し、②V. LEAGUE 関係（V. LEAGUE チーム）へ視聴用端末の提供を計画する。この事で来場観戦者に映像機材とローカル 5G 簡易設置キットの利用料の負担を掛けることなく、視聴用端末のご利用を頂く。

次に、③他イベント主催者（V. LEAGUE チームのホームアリーナ）への提供を図る。これは、同体育館で予定されているイベントで新たなスポーツ観戦の視聴をご利用頂き、地域社会の活性化に貢献していく事をめざしているためである。

具体的なイベントとして、佐賀県での 2024 国スポや、熊本市での 2023 年から 4 年間国際バトミントン大会の開催が予定されているように、同体育館で屋内スポーツイベントが予定されている。

その後、④他イベント主催者（V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外）への展開を図っていく。

① V. LEAGUE 関係（現状の動画配信コンテンツ事業者）

- ② V. LEAGUE 関係 (V. LEAGUE チーム)
- ③ 他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ)
- ④ 他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外)

以降、①はソリューション提供先 1、②はソリューション提供先 2、③・④はソリューション提供先 3 を示す。

b. 対象となるシステム

対象とするシステム概要を図 4.3-16 に示し、ソリューションの機能要件を表 4.3-50、ソリューションの非機能要件を表 4.3-51、システム・ネットワーク構成を図 4.3-17、対象システムの内訳を表 4.3-52 にそれぞれ示す。

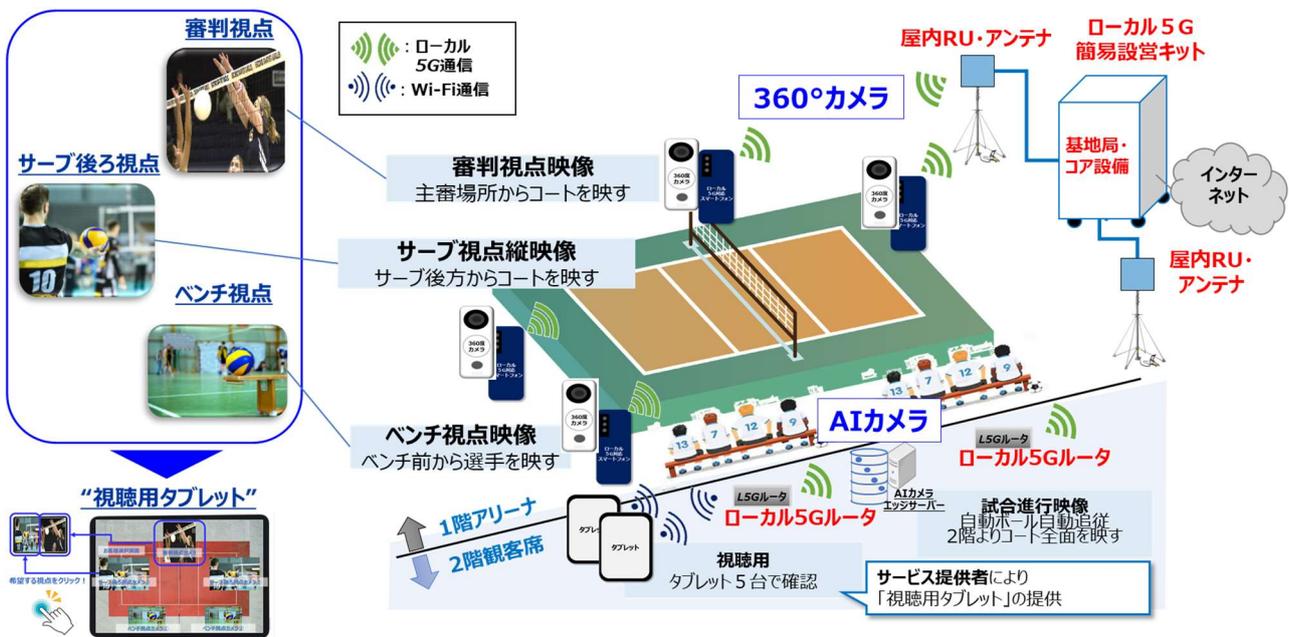


図 4.3-16 ローカル 5G 簡易設置キットを用いたソリューションの全体像

本実証で用いた無線機及びローカル 5G 環境下で、上記ソリューション映像配信を実現するにあたり最適化した設定における機能要件を表 4.3-50 に、非機能要件を表 4.3-51 に示す。

表 4.3-50 ローカル 5G 簡易設置キットを用いたソリューションの機能要件

検証項目名	要求仕様値	考え方	備考
受信電力[RSSI]	-84.6[dBm]以上	ローカル 5G で通信品質を確保するため	ローカル 5G 通信を行う全端末で一定品質以上の無線環境であること。
RTT (End to End)	60 [ms]以下	360 度高画質カメラ～映像配信サーバ～視聴用端末までの区間で、本実証環境におけるリアルタイム視聴の映像遅延量を担保できる RTT	全 360 度高画質カメラ～映像配信サーバ～全視聴用で 60[ms]以下の応答時間であること。
スループット(※) (L3SW～L5G 端末)	最低スループット UL 90.5[Mbps]以上	360 度高画質カメラ×5 台と AI カメラのアップロード容量の実測合計値	常に本要件の容量をアップロードし続けるため、最低スループットとして担保されている必要がある。
	最低スループット DL 95.6[Mbps]以上	視聴用端末×6 台のダウンロード容量の実測合計値	全視聴用端末が同時視聴した際は映像配信サーバより全視聴用に向け本要件の容量を配信し続けるため、最低スループットとして担保される必要がある。

※ 特にスループット要件の最低値を下回った際には映像配信遅延のボトルネックとなるため、人が集まる場所などでも安定した通信が可能となるローカル 5G 通信が望ましい

表 4.3-51 ローカル 5G 簡易設置キットを用いたソリューションの非機能要件

検証項目名	要求仕様	備考
搬入・設置	各種無線機器が搬入・設置可能である事	ローカル 5G の無線機器の各諸元参照。
GPS	GPS を 4 つ以上 補足する事	ローカル 5G システムに必要な同期信号を安定受信するため。
無線免許	無線免許交付済であり 電波発射可能である事	サービス提供者が一括で免許申請を実施する。
インターネット回線	インターネット 配信向け回線	安定した映像配信を実施するため、光有線回線が望ましい。
運用・保守	正常に運用・保守が可能 であること	サービス提供者が運用、及び保守を一括して提供する。

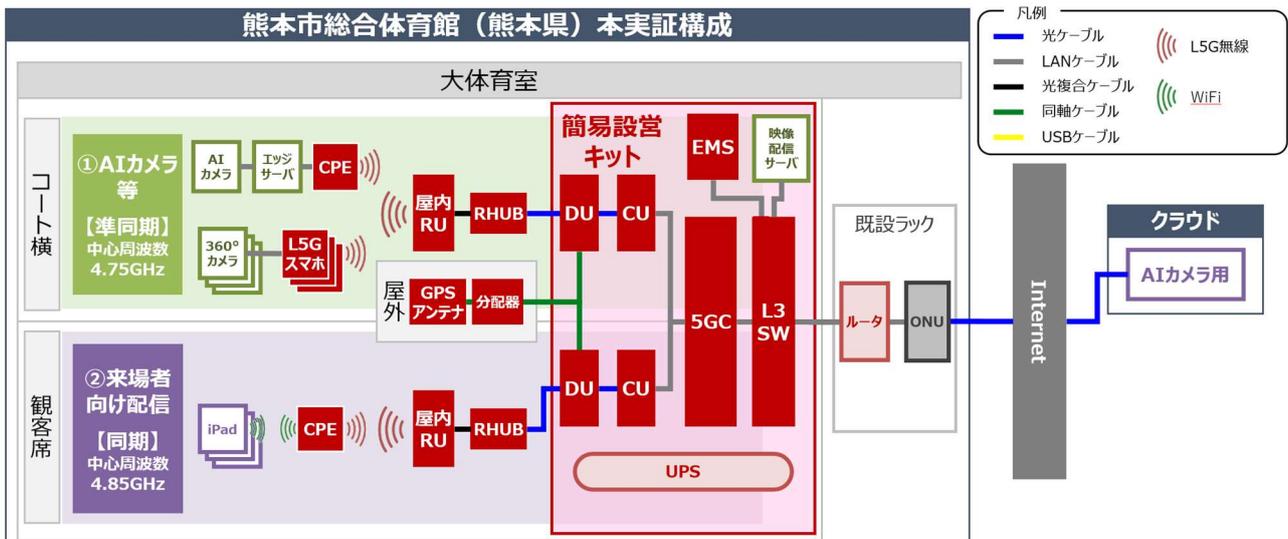


図 4.3-17 提供モデルのネットワーク・システム構成図(再掲)

表 4.3-52 対象システムの内訳

対象システム	システム構成
ローカル 5G 簡易設置キット	<ul style="list-style-type: none"> ・5G コア・CU・DU・L3SW・屋内 RU・GPS ・ローカル 5G サーバ間通信/電源ケーブル(接続済の状態) ・DU-RU 間の光ケーブル
映像機材	<ul style="list-style-type: none"> ・映像配信サーバ (簡易設置キットに搭載の状態、L3SW と接続済の状態) ・360 度高画質カメラ(※台数は実装までに検討し確定させる) (テザリング機器・モバイルバッテリー・通信/電源ケーブル 1 式含む) ・ボール自動追尾 AI カメラ (VPU サーバ・スコア撮影カメラ・通信/電源ケーブル 1 式含む) ・簡易設置機材 (3 脚・ポール固定器具)
視聴用端末	<ul style="list-style-type: none"> ・タブレット (※台数は実装までに検討し確定させる)
インターネット回線	<p>(用途)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボール自動追尾 AI カメラのインターネット上のクラウドサーバへのアップロード用 ・ローカル 5G/映像配信サーバ/ボール自動追尾 AI カメラのリモート作業用 <p>※動画配信コンテンツ事業への撮影データの提供仕様に応じ見直しを行う。また、体育館に既存のインターネット回線があれば提供は不要</p>

c. ビジネスモデル

本実証モデルのサービス提供先のお客様は前述の通り下記とする。提供予定のソリューションは、お客様によって異なる (図 4.3-18)。

- ① V. LEAGUE 関係 (現状の動画配信コンテンツ事業者)
 - 【ソリューション提供先 1 へ提供予定】
 - ・動画撮影ソリューション
(360 度高画質カメラとボール自動追尾 AI カメラの映像)
- ② V. LEAGUE 関係 (V. LEAGUE 機構)
 - 【ソリューション提供先 2 へ提供予定】
 - ・来場者向け視聴体験ソリューション(複数の 360 度高画質カメラ映像)
- ③ 他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ)
- ④ 他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外)
 - 【ソリューション提供先 3 へ提供予定】
 - ・動画撮影ソリューション
(360 度高画質カメラとボール自動追尾 AI カメラの映像)
 - ・来場者向け視聴体験ソリューション(複数の 360 度高画質カメラ映像)

上記の提供サービスに対して、動画配信コンテンツのご利用料は、映像機材・ローカル 5G 簡易設置キットの費用と作業費からなり、視聴用端末のご利用料は、端末の費用からなる。

2) 体制・役割分担

体制・役割を図 4.3-19 に示す。

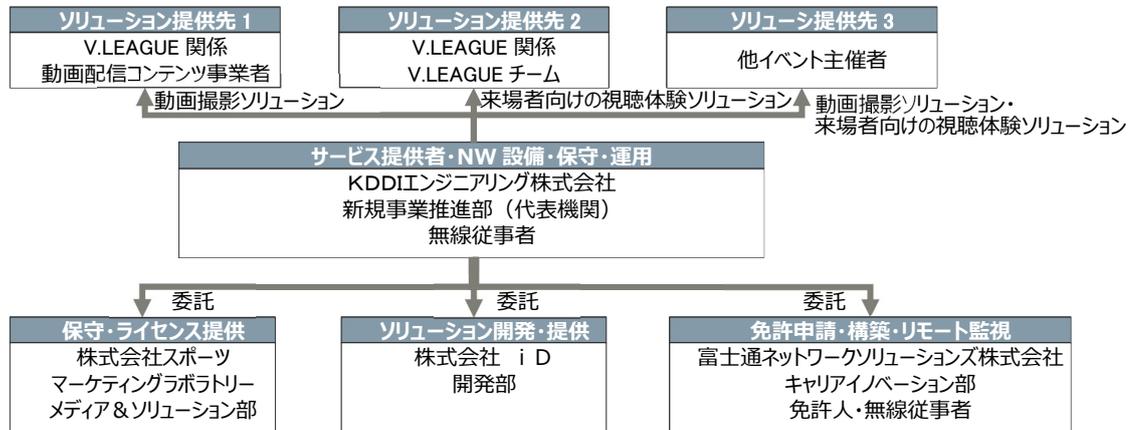


図 4.3-19 実施体制図

3) 導入効果

本実証モデルについて、4.1 実証概要で述べた課題実証①～④の観点から評価し、以下結果を得ることができた。

- ローカル 5G 簡易設置キットを導入することで現行の有線撮影工数より削減が可能となり、2 名体制で撮影が可能となる事
- 360 度観戦アプリをご利用頂く事で次回の来場意欲につながり来場者増加が見込める事
- V リーグの試合における多視点映像は動画配信用コンテンツとして価値がある事
- ヒアリング結果より各自治体は導入に関して前向きに検討して頂ける事

このことから、本実証モデルを活用することで、動画配信コンテンツ事業者は既存 VOD 有料視聴者の拡大が可能となり、また、V. LEAGUE 機構は試合の来場者増が見込まれる。

また、他イベント主催者においても、今後開催されるスポーツイベントへ本実証モデルを導入し、新たな観戦スタイルを提供することで集客力が高まり、地域の発展に寄与することが可能となると考える。以上から、ソリューション提供先 1～3 が、本実証モデルを導入することで効果を得られると結論付ける。

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行

当実証モデルは、体育館での利用モデルを拡大させていくため、体育館での利用ニーズとサービス提供内容のマッチングが事業化へ大きく影響する。このため、お客様と想定している V. LEAGUE 機構向け以外のお客様に対し提供の実現性が高まれば、更に社会実装を加速化することができる。

1) 検証項目

検証項目①：V. LEAGUE チームのホームアリーナをフィールドとし、

V. LEAGUE チームの社会貢献・普及活動への貢献を通じた実装性

教育現場でのバレーボール専門のコーチが不足している背景もあり、V リーグのシーズン中の平日(試合のない期間)、シーズンオフの期間での活用モデルの1つとして、遠隔指導の実現性の検討とニーズの調査を行い、社会貢献・普及活動の観点でのモデルの検討を当実証期間の中で実施する。

検証項目②：ホームアリーナの構造上の違いに着目し、2023 年度以降の提供先の整理

ホームアリーナの構造上、ローカル 5G 簡易設営キットや映像設備の設営の作業時間・工数に差が生じると想定している。これをふまえ 2022 年度中に V. LEAGUE チームのホームアリーナの構造を整理し、「4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証 (3) 効果検証」検証項目③：検証項目①が実証フィールドの施設の違いによる効果」の結果も合わせ、拡大シナリオに反映させる。

2) 検証方法

検証項目①：「複数の高画質カメラ・マイク等による、バレーボール向け遠隔コーチングへの展開」などの教育、社会貢献・普及活動視点で、本サービスの特性との利用形態のマッチングをチームや自治体の教育機関と連携しニーズの整理を行う。

検証項目②：V. LEAGUE 機構を介し、ホームアリーナの施設管理者より、光回線・電源線敷設状態・天井高など設備を設営する上で必要となる情報をヒアリングや現地確認をする。

3) 検証結果及び考察

検証項目①：

各自治体へのヒアリング結果を表 4.3-53 に示す。両自治体ともスポーツの DX 化に積極的に取り組んでおり、様々なソリューションを用いて社会貢献や地域格差をなくす取り組みを進めている。

佐賀県に関しては、スポーツユニバーサルデザイン化と地域活性化を施策の柱としてリモートコーチングの検討を進めており、当ソリューションを用いれば実現は可能であると判断する。また、コーチングの際は、様々な角度からの映像が必要となり、360 度高画質カメラ

を活用し、更にローカル 5G 簡易設営キットを通じて地域へ高精細映像を届けることでリモートコーチングの実現が可能となる。

一方、熊本市役所についても来年度から 4 年間世界バトミントン大会が開催される予定であり、集客を高める手法の 1 つとして、当ソリューションの活用を検討している。熊本市役所からの提言としては、お客様ご自身のスマートフォンやタブレットで 360 度高画質カメラ映像が視聴できれば、集客が期待できるとの意見を頂戴している。

以上のことから、リモートコーチングや他屋内スポーツでの活用にニーズがある事が分かった。従って提案活動を継続し、ご利用頂けるように実装計画に反映した。

表 4.3-53 V.LEAGUE チームのホームアリーナをフィールドとし、V.LEAGUE チームの社会貢献・普及活動への貢献を通じた実装性

自治体名	困り事	ニーズ	映像ソリューション必要性	視聴用端末の必要性
佐賀県庁	各自治体スポーツに取り組んでいるが、自治体毎の取組内容に違いがあるため、その地域による違いをなくしたい	心身の健康の保持・推進 次世代を担う青少年の心身の健全な発達や人格形成	新たな観戦方法の提案や、リモートコーチングで映像ソリューションを活用したい	基本必要となるが、自身のスマートフォンやタブレットで利用できるのであれば尚可

自治体名	困り事	ニーズ	映像ソリューション必要性	視聴用端末の必要性
熊本市役所	今後開催を予定している世界バトミントン大会等でスポーツ DX に取組みたい	新たな観戦方法を用いて集客を高めたい	集客するためのアピールと新たな観戦方法の提案のため	視聴用端末と観戦者自身のスマートフォンやタブレットで視聴したい

検証項目②：

他アリーナの調査結果を表 4.3-54 に示す。4 アリーナの調査を行い、その内訳は民設民営アリーナ 2 箇所、公設民営アリーナ 2 箇所となる。特筆すべき点は、民設民営アリーナは集客やエンターテインメント性を高めるために観戦し易い座席構成や大型ビジョンが配置されている。ローカル 5G 簡易設営キットの設置場所、電源取得場所については確保可能であるが、民設民営アリーナは特徴ある建物構成であるため、エリア設計時には提供エリアを考慮した上で屋内 RU の設置位置を検討する必要がある（建物構造については、一般的な PC 構造であるため、設備設置に関連する床荷重検討も満足すると考える）。

光回線取得位置については、引き込み箇所から入線経路を想定すると、終端 BOX が設置されており、新たな光回線導入においても支障がないと考える。

一方、公設民営アリーナについては、本実証フィールドで使用した熊本市総合体育館と構造的に近いアリーナとなる。特に三島市総合体育館については、竣工から 40 年以上経過しており、電源取得位置や光回線の取得位置はイベントを考慮して建築されていない。エリア設計の点では、構造面を考慮せず実施することができるが、特にローカル 5G 簡易設営キットの設置位置については、電源取得位置と光回線入線位置を考慮して確定させる必要がある。

本調査結果より、公設民営アリーナと民設民営アリーナでは異なる特徴があることが判明した。今後の課題として、事前調査シートを作成し、調査ポイントを整理した上で運用する方法を構築する。

表 4.3-54 ホームアリーナの構造上の違いに着目し、2023 年度以降の提供先の整理

総通エリア	近畿 九州	近畿	東海	東海
体育館名	おおきにアリーナ舞洲 サイクルショップコダマ大洲 アリーナ	スカイアリーナ	三島市民体育館	エントリオ
公設/民設	公設	民設	公設	民設
住所	大阪府大阪市 大分県大分市	大阪府箕面市	静岡県三島市	愛知県稲沢市
ホームチーム名	サントリーサンパーズ 大分三好ヴァイセアドラー	サントリーサンパーズ	東レアローズ	ウルフドッグス名古屋
施設管理者	ヒューマンプランニング ファビルス・プランニング大分 共同事業体	ミズノ	シンコースポーツ アズビル 三島体協グループ	豊田合成
施設所有者	大阪府大阪市 大分県大分市	大阪府箕面市	静岡県三島市	豊田合成
体育館の構造	鉄骨・鉄筋コンクリート構造	鉄筋コンクリート構造	鉄骨・鉄筋コンクリート構造	SRC 造
アリーナの面積	2,720 m ² 1,680 m ²	2,215 m ²	1,938 m ²	9,613 m ² (延床面積)
観客席の特徴	電動可動席 1,584 席・仮設椅子 1,122 席・固定席 4,236 席・ボク クス席 24 席・車いすスペース 24 席・可動引出席 66 席 1 階スライド式の観客席	1 階席パイプ椅子で 設営 2 階席ひな壇広く設 置スペースあり	1 階席パイプ椅子で設営 2 階席ひな壇狭く設置ス ペースは広くなく、下から 2 段目までは前方の鉄柵越し に観戦 電動可動席 1,584 席・仮設椅 子 1,122 席・固定席 4,236 席・ ボックス席 24 席・車いすス ペース 24 席・可動引出席 66 席	メインアリーナの観客席 は 1F 可動席 1,326 席、2F 固定席 1,704 席を含む最大 3,500 席
メインディスプレイの有無	あり	なし	なし	あり
体育館の施設	回線	不明	不明	不明
	電源	不明 (壁コンセントあり)	不明 (壁コンセントあり)	不明 (壁コンセントあり)
評価ポイント (ア) ~ (エ)	公設、年間イベントの多さ、V1 男子ホームアリーナ	民設だが、一般も予 約可能、年間イベン トの多さ、V1 男子 ホームアリーナ	公設、年間イベントの多 さ、V1 男女ホームアリーナ	V1 男子ホームアリーナ、 新しい建物 (2020 年 9 月 竣工)、稲沢市民への開放 事業や有事の際には帰宅 困難者や周辺住民の一時 避難場所として提供
ア) 設置・撤去のし 易さ (EV 有無など)	○ (現地写真確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)
イ) GPS の設置のし 易さ (競技場同じ フロア)	○ (現地写真確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)
ウ) スポーツイベ ントの種類と頻度 (年間スケジュール)	○ (机上確認)	○ (机上確認)	○ (机上確認)	○ (机上確認)
エ) 1 階スライド観 客席なし	× (現地確認) ○ (現地確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)	○ (現地確認)
総合評価	5GC 設置局として適している	DU/RU/アンテナ常 設局として適して いる	DU/RU/アンテナ常設局 5GC 設置局として適している	5GC 設置局 DU/RU/アンテ ナ常設局として適してい る

4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

従来のローカル 5G 設備の提供形態は、お客様が設備やソリューションを所有する事になるため、初期導入費用の設備対効果を事前に見通し回収モデルを描く事が難しく、導入障壁となっている。

本ローカル 5G 活用モデルでは、4.3.2 で記載した通り、お客様側への提供形態は、『設備所有型』ではなく、利用したい時だけの『設備利用型』への転換を計画している。

仮に、従来のお客様側への提供形態である『設備所有型』と想定した場合、図 4.3-20 に示す通り、全国規模で存在しているホームアリーナ全てに、ローカル 5G 設備 1 式をオンプレで配置する事は現実的ではない。また、ローカル 5G コアをクラウド化した場合でも、お客様がシーズンオフの期間も含め所有する事は、設備への投資対効果の面からも実現性が極めて低い。

従って、本モデルは、ローカル 5G 簡易設営キットとソリューションをセットにし、利用したい時だけ提供する『設備利用型』へ転換し、お客様側の使用障壁を下げ、提供者側は年間を通じて様々なお客様にご利用頂く事で設備の回転率を上げ、設備の投資対効果の最大化を図る。

上記を具現化させるため、下記の課題に対する検討を行う。

- 1) ローカル 5G 簡易設営キットを分割した運用スキームの成立可否(図 4.3-21)
- 2) 新たに DU からアンテナ間の設備を体育館に設置する際の判断ポイントの明確化
- 3) 新たにコアから CU 間の設備を増設する際の判断ポイントの明確化

また、4.3.1 における機能検証、運用検証、効果検証を通して明らかになった下記の課題についても、実装性の向上に向けて検討を行う（具体的な課題と対応策については、4.3.1 を参照）。

- 4) 360 度高画質カメラ映像配信における技術的な課題
- 5) 来場者向けの視聴端末の台数増加
- 6) 更なる作業効率化に向けた運用トレーニングの策定と運用マニュアルの改善

V.LEAGUE DIVISION1 (V1)

MEN チーム名(敬称)	WOMEN チーム名(敬称)
サントリーサンゴブルー (サントリー食品工業株式会社)	J1東武ヴァルス (日本ほどば建設株式会社)
パナソニックサンズ (パナソニック株式会社)	NECレッドクワッツ (NEC株式会社)
ウルフドッグス名古屋 (TG SPORTS 株式会社)	アンシー・エアリーズ (株式会社デンソー)
ジェイテクトSTINGS (株式会社ジェイテクト)	埼玉上尾メディックス (一般社団法人上尾中央病院グループ運営)
岡山アローズ (岡山株式会社)	岡山シーガルズ (岡山シーガルズ株式会社)
J1フロンティア (株式会社フロンティア)	日立グリーン (日立システムズ株式会社)
日立レッドスパークス (日立システムズ株式会社)	久米アリス (久米アリスアスレチクス株式会社)
VC東海トヨタ自動車 (トヨタ自動車株式会社)	PRIDE三井化学 (株式会社三井化学)
VC東海トヨタ自動車 (トヨタ自動車株式会社)	ウイットロード (株式会社ウイットロード)
大宮ソニーファイターズ (一般社団法人大宮ソニーFC)	トヨタ東神インシーズ (トヨタ東神株式会社)
	KURORÉアファアリーズ (一般社団法人KURORÉアファアリーズ)

V.LEAGUE DIVISION2 (V2)

MEN チーム名(敬称)	WOMEN チーム名(敬称)
東北電力サンシャイン (東北電力株式会社)	群馬県グリーンウィングス (株式会社群馬電機)
ウェルシア東海 (株式会社ウェルシア)	ムートンホップスアズライトアリーズ (ムートンジャパン株式会社)
埼玉アローズ (NPO法人アローズバレーボール部)	ブルスター・インターナショナルファンシー (株式会社ブルスター)
大河内特産品 (大河内特産品株式会社)	ブルスター (一般社団法人ブルスター)
つくばアローズ (つくばアローズバレーボール部)	JAびらり (JAびらり)
長野県Crest (長野県Crestバレーボール部)	千葉石巻ハイム (株式会社大野石)
グアタム三重 (株式会社グアタム三重)	GSS東海パルムス (GSS東海パルムス)
東海パルムス (一般社団法人東海パルムス)	ウイットロード (株式会社ウイットロード)
ワイルドカ (NPO法人Wildcatバレー)	アリスアローズ (株式会社アリスアローズ)
高麗パルムス (NPO法人高麗パルムス)	
東山パルムス (東山パルムス)	
トヨタ自動車 (トヨタ自動車株式会社)	
豊後フットファイターズ (豊後フットファイターズ)	

V.LEAGUE DIVISION3 (V3)

MEN チーム名(敬称)
山口アローズ (山口アローズ)
千葉ZELVA (一般社団法人ZELVA)
クボタアローズ (株式会社クボタ)
アリスアローズ (株式会社アリスアローズ)

公設財団法人日本バレーボール協会
49団体のチーム

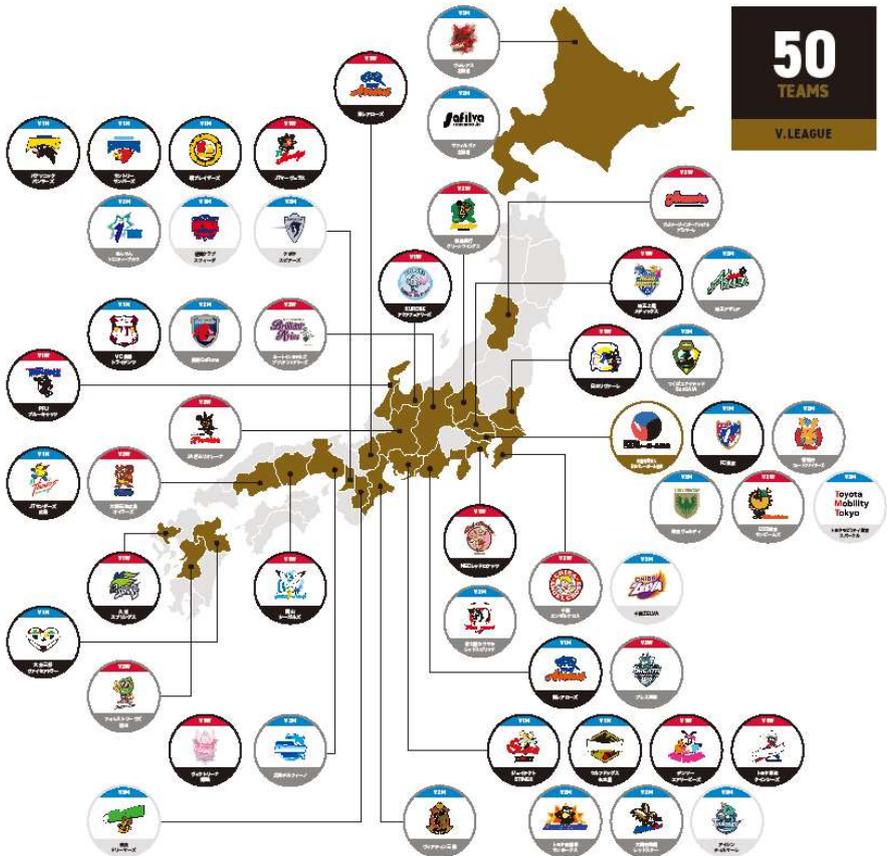


図 4.3-20 全国の V.LEAGUE チーム (令和 2 年度公表決算値 V. LEAGUE REPORT より抜粋)

※2022 年 3 月よりリガール仙台が活動再開し 51 チームで構成

1) ローカル 5G 簡易設置キットを分割した運用スキームの成立可否

無線免許制度とローカル 5G 設備の各機器の設備費の構成比を鑑み下図(図 4.3-21 再掲)の構成としている。ローカル 5G 設備費用の 8 割以上は 5GC/CU が占め、DU からアンテナ間は 2 割以下となっている。体育館のように限られた空間をエリア化するには、DU からアンテナ間を設置する導入障壁は低い。予め需要が望める体育館に DU からアンテナ間を常設し、8 割以上をしめる 5GC/CU 機器 1 セットを移動させ回転率を上げる。

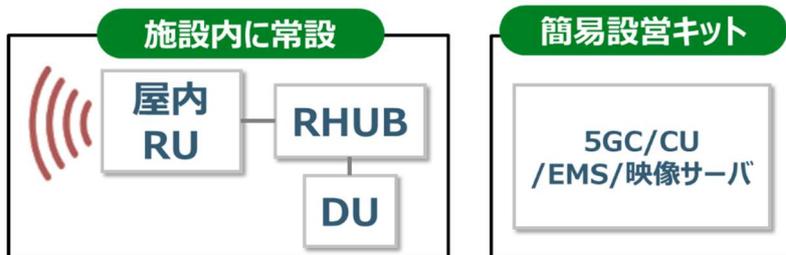


図 4.3-21 ローカル 5G 簡易設置キットの展開形態計画(再掲)

2) 新たに DU からアンテナ間の設備を体育館に設置する際の判断ポイントの明確化

V. LEAGUE 機構のような試合開催のスケジュールが予め見込める場合を除き、新たなフィールドに DU からアンテナ間の新たな設置を見込む際、簡易設営キット側の年間利用計画も加味し、収益性の観点から必要最低限確保すべき収益モデルを検討する。

3) 新たにコアから CU 間の設備を増設する際の判断ポイントの明確化

新たにコアから CU 間の設備を増設する際、年間を通して 1 つの体育館で利用が見込める収益モデルを検討する。

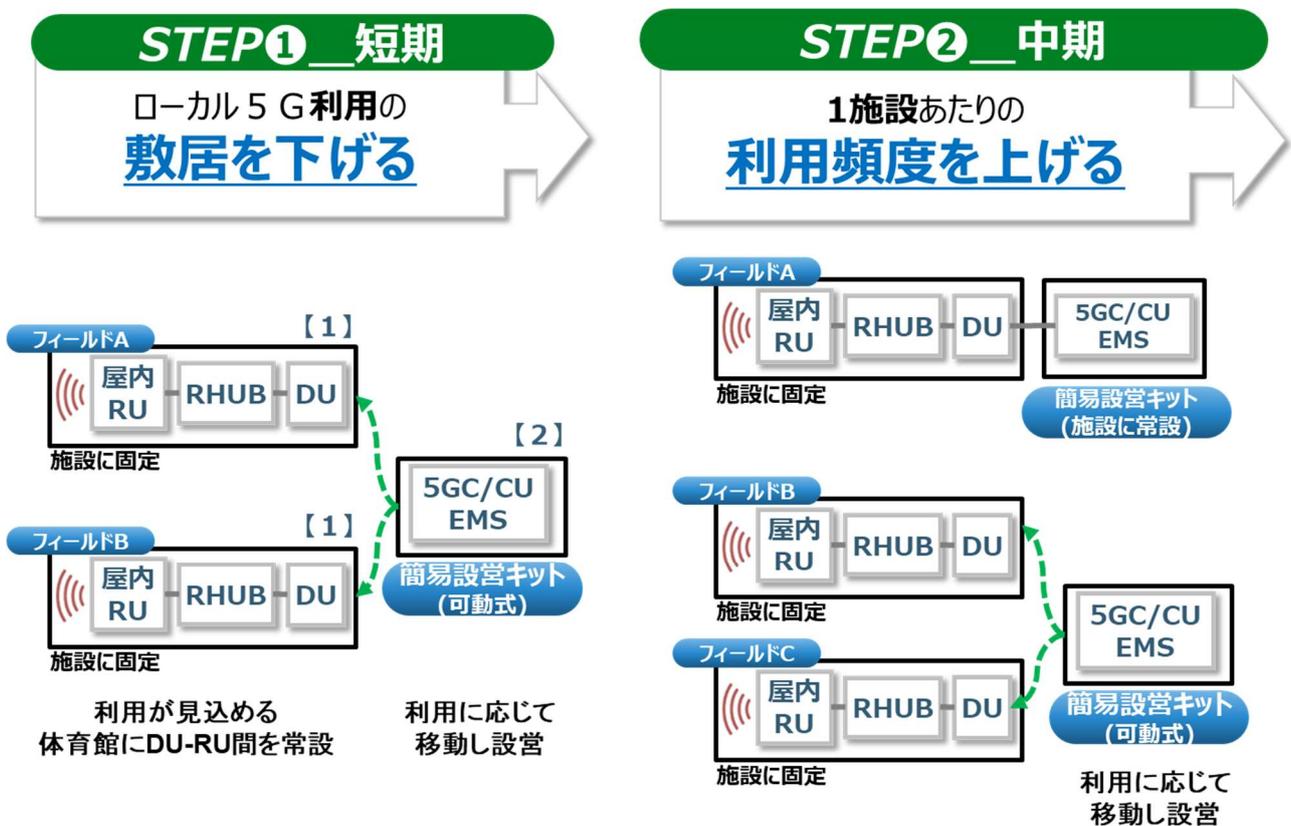


図 4.3-22 ローカル 5G 簡易設営キット活用モデル 中期計画(案)

(2) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

1) ローカル 5G 簡易設営キットを分割した運用スキームの成立可否

実証期間中に前述した、「4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証 (2)運用検証」の結果を通じて、実現の可能性を検討していく。

当サービスモデルは、イベント主催者が、必要な時にご利用頂く「サービス利用型」としている。このため、ローカル 5G 設備に掛かる費用は、ご利用頂く際の提供料金に反映される仕組みになる。

DU・RHUB・屋内 RU/アンテナをイベント毎に移動せず、体育館に常設にする事で生まれる提供料金低減への可能性を検討する。

常設・移設の違いにより運用面でサービス提供者の提供料金に生じるメリット・デメリットを下記に整理する。

(メリット)

- ・ イベント毎の無線免許対応が不要になる：提供料金の低減
- ・ DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの設営作業が不要になる：提供料金の低減
- ・ 副次的効果：無線免許交付済の会場で短納期のご利用要望にも対応が可能になり、営業機会を増やす事が見込める。

(デメリット)

- ・ イベント会場数に応じて設備数が必要になる：提供料金の増額

計画する 1 シーズンでのローカル 5G 簡易設営キットと映像機材 1 式を提供する試合数や会場数は、表 4.3-57 に示す通り、試合数は 22 試合、試合会場数は 5 会場、移設回数は 7 回を見込んだ場合には、DU・RHUB・屋内 RU/アンテナ 1 セットを常設した際の機器費用は、ローカル 5G 簡易設営キット 1 式に掛かる費用 45 百万円のうち、11%の 4.9 百万円となる。

これより 5 会場に設営する場合の初期費用は、24.5 百万円(4.9 百万円×5 会場)となり、V リーグの 1 シーズンあたりに換算した場合の費用は、1.8 百万円/シーズンとなる。

減価償却期間を加味した 1 シーズンの費用：1.8 百万円/シーズン

減価償却期間 7 年の場合：24.5 百万円÷7 年÷12 ヶ月×6 ヶ月/(シーズン)

シーズン中、1 回の移設で無線免許対応に掛かる作業費用は約 6 万円を想定している。

DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの設営に掛かる作業費の低減効果は、表 4.3-26 より 63 分(9 分×7 回移設)にとどまり、1 シーズンを通したコスト低減効果は見込めない。

これより、常設する事で低減が見込める費用は、42 万円/シーズン(6 万円/移設×7 回の移設)となる。上記のメリット・デメリットを経済性で整理した結果、V リーグの試合だけで判断した場合には、会場毎に DU・RHUB・屋内 RU/アンテナを常設する事は、経済性の観点から成立しない事が分かった。

このことから、5 会場の体育館間で 30 回以上の移設を繰り返し活用する利用スケジュールが見込める場合は、DU・RHUB・屋内 RU/アンテナを常設する計画とする。

- ・ 1 シーズンあたり 5 会場 DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの常設に掛かる機器費用：1.8 百万

円／シーズン

- ・ 1 シーズンあたり 5 会場 DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの移設に掛かる無線免許対応費用：
0.42 百万円／シーズン

2) 新たに DU からアンテナ間の設備を体育館に設置する際の判断ポイントの明確化

佐賀県内、熊本県内で V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外の体育館の年間の利用状況や利用用途を確認し、本ソリューションの効果とマッチングした上で、実装計画に反映した。ホームアリーナ以外の 1 体育館に DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの常設に掛かる。

-機器費用：0.7 百万円(1 年間の減価償却を加味した費用)

(減価償却期間を 7 年とした場合：4.9 百万円÷7 年)

DU・RHUB・屋内 RU/アンテナを常設する事の効果は、無線機の移設に関わる無線免許対応費の削減となり、1 回の移設で掛かる無線免許対応費は 6 万円となる。

これに対し、機器費用を上回るコスト効果を得るには、年間に 12 回以上の移設が発生する活用モデルに比べて費用対効果を得る事ができる。

SAGA プラザ、熊本市総合体育館で同様の球技イベントを調査したところ、表 4.3-55 に記載した通り、SAGA プラザ、熊本市総合体育館では、年間 200 件以上のイベントが開催されているが、球技のイベントの開催頻度は、SAGA プラザで 100 件、熊本市総合体育館で 54 件あるが、費用対効果が得られる 12 件以上のイベントをそれぞれの体育館で見込む事は現時点では困難であった。

このため、実装計画には、【1】での検討結果も含め、DU・RHUB・屋内 RU/アンテナの常設モデルは見込まず、コア設備と一緒に移設での運用を前提として策定した。

表 4.3-55 SAGA プラザ、熊本市総合体育館での年間イベント

	SAGA プラザ		熊本市総合体育館	
バスケットボール	34	100 イベント	7	54 イベント
バドミントン	26		36	
バレーボール	40		11	
フェンシング・ボクシング	28		0	
新体操・体操・トランポリン	35		21	
卓球	7		54	
武道	1		33	
その他イベント	91		132	
年間イベントの合計	270		294	

3) 新たにコアから CU 間の設備を増設する際の判断ポイントの明確化

実施計画段階では、コアから CU 間の設備を増設する際の考え方として、図 4.3-21 の運用形態が成立するには、4.3.3 (2) 1) に記載したように、DU・RHUB・屋内 RU/アンテナを常設した複数の同一体育館でコアから CU 間の設備をイベント毎に移設して提供した際、コアから CU 間の設備 1

セットに掛かる費用を賄えるだけの利用頻度が見込める必要がある。

本実証を通じて得られた運用性から、ローカル 5G と汎用映像機材 1 セットで利用頻度に応じた提供サービスモデルケースは、4.3.4 (2) 2) c. イ) に記載したモデルになる。

このことから、ご利用頂ける価格帯が 1 回あたり 50 万円とした場合、DU・RHUB・屋内 RU/アンテナを常設した複数の同一体育館で 60 回以上のご利用が見込める事が判断する際のポイントとなる。本判断ポイントをもとに、コアと CU 間の設備を更に増設し、他体育館でのサービス提供を計画する。

一方で、現時点での V リーグの試合への試合数は表 4.3-56、表 4.3-57 に示す通り、ローカル 5G・映像汎用機材の 1 セットでそれぞれ 18 試合、22 試合を計画し、その中でもシーズン中の 1 箇所ホームアリーナでの試合回数はそれぞれ、久光スプリングスで 6 回、フォレストリーヴズ熊本で 2 回と少ない事。また、表 4.3-55 に示した通り年間を通じて活用頂けるようなニーズのマッチするイベント数が現時点では明確にならなかった事をふまえ、現時点での実装計画には反映していない。今後の普及展開の中で同一体育館でのご利用頻度をふまえて計画をしていく。

4.3.4 ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開

当ビジネスモデルの基本的な考え方は、ローカル 5G 簡易設営キットだけでなく映像設備も含むソリューション自体の提供形態を、お客様の『所有』から『利用』へ大きく変える事で拡大を狙っている。

2027 年度までに現時点では下記の四方面のお客様へのサービス提供を見込んでいる。

収益見込みは、表 4.3-60 に示す通り 2023 年度から事業を開始し 2027 年度までに累計約 370 百万円の収益を見込む。

V. LEAGUE 関係（現状の動画配信コンテンツ事業者）

V. LEAGUE 関係（V. LEAGUE 機構）

他イベント主催者（V. LEAGUE チームのホームアリーナ）

他イベント主催者（V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外）

以降、①はソリューション提供先 1、②はソリューション提供先 2、③・④はソリューション提供先 3 と表現している。

4.3.3 (2) でローカル 5G 設備の分割運用に関して検討した結果、DU からアンテナ間を常設し、コアから CU 間はイベント毎に体育館を移設させサービスを提供する運用形態は、現時点では経済性が見込めないため、下記の実装計画では、ローカル 5G 設備は分割せず、1 セット全てをイベント毎に移設しサービスを提供する計画で策定する。

(1) 実装・普及展開シナリオ

1) 実装・横展開の考え方

① V. LEAGUE 関係（現状の動画配信コンテンツ事業者）向け
（ソリューション提供先 1）

実施計画書作成段階から、本実証モデルのサービス提供先として、主に V. LEAGUE 機構の抱える課題の解決への貢献を目的に検討を進めている。2022 年度シーズンからは、V. LEAGUE 機構の動画配信コンテンツ事業者の提供事業者が変わった事から、現在、V リーグの試合の動画配信コンテンツ事業者へ本実証モデルで得られる映像コンテンツの提供を提案し関係者との協議を開始した状況。動画配信コンテンツ事業者の提供事業者の抱える課題は、前年シーズンまでと変わらず、有料会員登録数を増やしていくための配信コンテンツの充実化にある。このため、本実証で得られた映像コンテンツのデータに対し 4.3.1 (2) 3) に記載した通り、評価頂いた上で、現時点では、撮影したデータを動画配信コンテンツとして活用する際の技術的な課題の洗出しを行う事に同意を得られた状況。具体的な提供メニューや料金についての協議は開始に至っていない。

この状況をふまえ、優先的に解決すべき課題は撮影データの技術的課題の明確化と対応になる。

当技術的な課題の対応を行う事と並行し、動画配信コンテンツ事業者と料金体系の協議を行い 2023 年度 10 月からのサービス提供につなげていく事を優先的に対応する。

また、合わせて本実証期間中に来場観戦者の方達や、V. LEAGUE 機構関係者、動画配信コンテンツ事業者からのご要望に対する対応範囲と対応時期を明確にし、改善を図っていく。

対応課題：360 度高画質カメラ映像の配信関連

i) 動画配信コンテンツ事業者へのデータ提供手法の追加開発

360 度高画質カメラの映像を本システムの映像配信サーバだけでなく、インターネット上で VOD 配信可能な形式で動画配信コンテンツ事業者に納品可能な仕組みの追加開発

ii) リプレイ機能の実装

360 度高画質カメラの映像をリアルタイム視聴しながら、任意の時間に遡って再生する機能の実装

iii) 視聴映像のズーム画質の改善

360 度高画質カメラの映像をデジタルズームした際の解像度向上

iv) 来場観戦者への配信遅延時間の改善

更なる体感品質向上に向け、来場者が自分の眼で見た映像と、視聴用端末で再生されている映像との時差短縮

v) 360 度観戦アプリの操作性の改善

一般的なスマートフォンと同様に直感的に操作できる UI への機能改善

対応課題：視聴用端末関連

vi) 視聴用端末台数を増やすための追加開発

来場され視聴用端末の希望者全員に体験頂ける環境を実現するための仕組みとして映像配信サーバの処理能力向上、映像配信サーバでのダウンサイジング機能及び視聴用端末をローカル 5G 対応スマートフォンに変え、スマートフォンに適した映像データ配信機能改修の実施

上記 i) ～vi) の対応課題のうち、本実証モデルの事業化には優先的対応として、i) ・ ii) ・ iii) があげられ、2023 年度 10 月のサービス提供開始までに対応を行う計画で進める。

i) ・ ii) ・ iii) を優先的な対応課題として選定した理由は以下の通りである。

i) スポーツにおける動画配信市場の伸び(4.3.2)が期待されている中、動画配信コンテンツ事業の収益性の向上には、既存の配信プラットフォーム上でデータの授受を可能とし、配信コンテンツの充実化に寄与するため

ii) 動画配信コンテンツへの利用以外で新たな収益につながる可能性があるため（既存のチャレンジシステムの置換の可能性より）

iii) 動画配信コンテンツとして採用された際、Web 視聴者からも同様の要望を受けることが推測され、会員数の伸びに寄与するため

上記以外の iv) ～vi) に関しては、下記に記載する通り、iv)、v) は、現時点での映像機材の機能でご満足頂いている事、vi) は、27 台までは提供可能なため実装にあたりクリティカルにはならない事から、2023 年度 10 月以降の対応で計画を行う。

iv) 表 4.3-14 より 47%の方は現時点の配信遅延で気にならないと回答を頂いている事

v) 表 4.3-15 より 81%の方は現時点の操作性でご満足頂いている事

vi) 4.3.1 (4) より、映像配信サーバの処理能力からは 27 台まで拡大が可能なため、

2023 年度中は当台数を最大として計画し、2023 年度 10 月より拡大手法の検討を行い、2024 年度以降で提供台数を拡大していく。

なお、上記 i) ～vi) の課題については表 4.3-63 の実施体制において、サービス提供者の KDD I エンジニアリング株式会社、及びソリューション開発・提供者の株式会社 i D が主となって取組む。

V リーグの試合に対する展開シナリオとして、V. LEAGUE 機構からのご要望をふまえ、2023 年度は、本実証にご協力を頂いた久光スプリングスとフォレストリーヴズ熊本の試合を中心に計画していく。

2023 年度はローカル 5G 簡易設営キット／映像機材 2 セットでのサービス提供の開始を前提とし、具体的な提供スケジュールは、下記の点を加味し、提供する試合数を計画した。

- ・ ローカル 5G 簡易設営キット 1 セットの移設範囲は、現行の無線免許制度の中での効率的な運用を考え、同一総合通信局の所管エリア内で行う。
- ・ 久光スプリングス／フォレストリーヴズ熊本のホームアリーナの試合を対象とする。
- ・ 両チームが九州エリア以外で試合をする場合は、他チームの九州エリア内での試合を対象とする。

試合スケジュールは、今シーズンと同じスケジュールと想定し、試合数を設定した。

その結果、下表の表 4.3-56 及び表 4.3-57 のようになり、同じ九州エリアを対象とし、久光スプリングス・フォレストリーヴズ熊本のホームアリーナ試合（表 4.3-56 及び表 4.3-57 の橙色塗りつぶし）を中心に組立て計 40 試合（久光スプリングスを中心に組んだ 18 試合、フォレストリーヴズ熊本を中心に組んだ 22 試合の合計）を対象とする。

表 4.3-56 九州エリア 久光スプリングスを中心にした対象試合数

No.	エリア	対象データ	主催チーム	年	月	日	曜日	都道府県	市区町村	会場名
1	九州	V1女子	久光スプリングス	2022	10	29	土	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
2	九州	V1女子	久光スプリングス	2022	10	30	日	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
3	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2022	11	5	土	福岡	久留米市	久留米総合スポーツセンター
4	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2022	11	6	日	福岡	久留米市	久留米総合スポーツセンター
5	九州	V2男子	大同特殊鋼レッドスター	2022	11	19	土	宮崎	都城市	早水公園体育文化センター
6	九州	V2男子	大同特殊鋼レッドスター	2022	11	20	日	宮崎	都城市	早水公園体育文化センター
7	九州	V1女子	久光スプリングス	2022	11	26	土	宮崎	宮崎市	宮崎市総合体育館
8	九州	V1女子	久光スプリングス	2022	11	27	日	宮崎	宮崎市	宮崎市総合体育館
9	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	1	14	土	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
10	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	1	15	日	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
11	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	1	21	土	福岡	福岡市	照葉積水ハウスアリーナ（福岡市総合体育館）
12	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	1	22	日	福岡	福岡市	照葉積水ハウスアリーナ（福岡市総合体育館）
13	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	2	4	土	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
14	九州	V1女子	久光スプリングス	2023	2	5	日	佐賀	佐賀市	SAGAプラザ総合体育館（佐賀県総合体育館）
15	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2023	2	11	土	福岡	福岡市	福岡市民体育館
16	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2023	2	12	日	福岡	福岡市	福岡市民体育館
17	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2023	3	4	土	福岡	古賀市	古賀市健康文化施設クロスバルこが
18	九州	V3男子	福岡ウイングスピリッツ	2023	3	5	日	福岡	古賀市	古賀市健康文化施設クロスバルこが

※ 今シーズンと同じスケジュールと仮定し試合数を設定

表 4.3-57 九州エリア フォレストリーグ熊本を中心にした対象試合数

No.	エリア	対象デー	主催チーム	年	月	日	曜日	都道府	市区町	会場名
1	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2022	10	29	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
2	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2022	10	30	日	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
3	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2022	11	11	金	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
4	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2022	11	12	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
5	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2022	11	26	土	熊本	熊本市	熊本県立総合体育館
6	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2022	11	27	日	熊本	熊本市	熊本県立総合体育館
7	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	7	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
8	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	8	日	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
9	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	14	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
10	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	15	日	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
11	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2023	1	21	土	熊本	宇城市	ウイングまつばせ（宇城市松橋総合体育文化センター）
12	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2023	1	22	日	熊本	宇城市	ウイングまつばせ（宇城市松橋総合体育文化センター）
13	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	28	土	宮崎	高千穂町	高千穂町武道館
14	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	1	29	日	宮崎	高千穂町	高千穂町武道館
15	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	2	4	土	大分	大分市	昭和電工武道スポーツセンター（大分県立武道スポーツセンター）
16	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	2	5	日	大分	大分市	昭和電工武道スポーツセンター（大分県立武道スポーツセンター）
17	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2023	2	18	土	熊本	熊本市	熊本市総合体育館
18	九州	V2女子	フォレストリーグ熊本	2023	2	19	日	熊本	熊本市	熊本市総合体育館
19	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	2	25	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
20	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	2	26	日	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
21	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	3	11	土	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）
22	九州	V1男子	大分三好ヴァイセアドラー	2023	3	12	日	大分	大分市	サイクルショッポコダム大洲アリーナ（大分市大洲総合体育館）

※ 今シーズンと同じスケジュールと仮定し試合数を設定

2024年度は、Vリーグの試合では、引続きローカル5G簡易設営キット／映像機材を2セットで久光スプリングス・フォレストリーグ熊本の九州エリアのみを対象にサービス提供を行う。オフシーズンは、Vリーグの試合と同数の20回までご利用頂けるように頻度を上げる。

オフシーズンでの利用頻度を安定化させたのち、2025年度には近畿エリア（九州エリアと開催重複が少ない、及びV1リーグ開催試合数が多いため）への拡大を図り、38試合を対象にサービス提供を開始する（ローカル5G簡易設営キット／映像機材1セットで対応できる試合数は、近畿エリア127試合中スケジュールの重複を除くと38試合（表4.3-59）となる）。

表 4.3-58 1シーズンでのエリア毎の試合数(参考)

エリア	試合数 1シーズン
北海道	20
東北	27
関東	135
信越	34
北陸	22
東海	108
近畿	127
中国	45
四国	4
九州	50
総計	572

※ 今シーズンのスケジュールと同じと仮定し試合数を設定

表 4.3-59 近畿エリアでの1シーズンに対し設備1セットで対応できる試合数

No.	総通エリア	対象データ	主催チーム	年	月	日	曜日	都道府県	市区町村	会場名
1	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	10	22	土	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
2	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	10	23	日	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
3	近畿	V1女子	JTサンダーズ広島	2022	10	29	土	大阪	大阪市	住吉スポーツセンター
4	近畿	V1女子	JTサンダーズ広島	2022	10	30	日	大阪	大阪市	住吉スポーツセンター
5	近畿	V1女子	久光スプリングス	2022	11	5	土	兵庫	神戸市	グリーンアリーナ神戸（神戸総合運動公園体育館）
6	近畿	V1女子	久光スプリングス	2022	11	6	日	兵庫	神戸市	グリーンアリーナ神戸（神戸総合運動公園体育館）
7	近畿	V1女子	JTサンダーズ広島	2022	11	12	土	兵庫	加古川市	加古川市立総合体育館
8	近畿	V1女子	JTサンダーズ広島	2022	11	13	日	兵庫	加古川市	加古川市立総合体育館
9	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	11	19	土	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
10	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	11	20	日	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
11	近畿	V1男子	ジェテクトSTINGS	2022	11	26	土	奈良	橿原市	ジェテクトアリーナ奈良（奈良県立橿原公苑第1体育館）
12	近畿	V1男子	ジェテクトSTINGS	2022	11	27	日	奈良	橿原市	ジェテクトアリーナ奈良（奈良県立橿原公苑第1体育館）
13	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	12	3	土	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
14	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2022	12	4	日	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
15	近畿	V1女子	東レアローズ	2023	1	7	土	滋賀	大津市	ウカルちゃんアリーナ（滋賀県立体育館）
16	近畿	V1女子	東レアローズ	2023	1	8	日	滋賀	大津市	ウカルちゃんアリーナ（滋賀県立体育館）
17	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	1	14	土	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
18	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	1	15	日	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
19	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	1	21	土	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
20	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	1	22	日	大阪	大阪市	おおきにアリーナ舞洲（舞洲アリーナ）
21	近畿	V2男子	兵庫デルフィーノ	2023	1	28	土	兵庫	明石市	明石中央体育会館
22	近畿	V2男子	兵庫デルフィーノ	2023	1	29	日	兵庫	明石市	明石中央体育会館
23	近畿	V2男子	きんでんトリニティーブリッツ	2023	2	4	土	大阪	岸和田市	岸和田市総合体育館
24	近畿	V2男子	きんでんトリニティーブリッツ	2023	2	5	日	大阪	岸和田市	岸和田市総合体育館
25	近畿	V3男子	クボタスピアーズ	2023	2	11	土	兵庫	尼崎市	ベイコム総合体育館（尼崎市記念公園）
26	近畿	V3男子	クボタスピアーズ	2023	2	12	日	兵庫	尼崎市	ベイコム総合体育館（尼崎市記念公園）
27	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	2	17	金	大阪	大阪市	住吉スポーツセンター
28	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	2	18	土	大阪	大阪市	住吉スポーツセンター
29	近畿	V1女子	ヴィクトリーナ姫路	2023	2	25	土	兵庫	姫路市	ヴィクトリーナ・ウイング体育館（姫路市立中央体育館）
30	近畿	V1女子	ヴィクトリーナ姫路	2023	2	26	日	兵庫	姫路市	ヴィクトリーナ・ウイング体育館（姫路市立中央体育館）
31	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	3	4	土	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
32	近畿	V1男子	サントリー-SUNBIRDS	2023	3	5	日	大阪	箕面市	スカイアリーナ（第一総合運動場）
33	近畿	V1女子	久光スプリングス	2023	3	11	土	兵庫	神戸市	グリーンアリーナ神戸（神戸総合運動公園体育館）
34	近畿	V1女子	久光スプリングス	2023	3	12	日	兵庫	神戸市	グリーンアリーナ神戸（神戸総合運動公園体育館）
35	近畿	V1女子	ヴィクトリーナ姫路	2023	3	25	土	兵庫	姫路市	ヴィクトリーナ・ウイング体育館（姫路市立中央体育館）
36	近畿	V1女子	ヴィクトリーナ姫路	2023	3	26	日	兵庫	姫路市	ヴィクトリーナ・ウイング体育館（姫路市立中央体育館）
37	近畿	男子ファイナ	V. LEAGUE機構	2023	4	8	土	京都	京都市	島津アリーナ京都（京都市立体育館）
38	近畿	男子ファイナ	V. LEAGUE機構	2023	4	9	日	京都	京都市	島津アリーナ京都（京都市立体育館）

※ 今シーズンと同じスケジュールと仮定し試合数を設定

② V. LEAGUE 関係 (V. LEAGUE チーム) 向け

(ソリューション提供先 2)

V. LEAGUE チームに対しては、来場観戦者の方へ視聴用端末の提供を行い、利用料収入を得る。但し、提供対象とする試合は、上記の①と同じ試合とする事で、ローカル 5G 簡易設営キットや映像機材の費用はご来場者へ提供する際の料金に含まない。

1 回の視聴用端末の利用料は、V. LEAGUE 機構を介し、V. LEAGUE チームからお客様への提供価格は、アンケート結果(表 4.3-37)より 1,000 円とし、そのうち 500 円をコンソーシアムの収益とする。また、2023 年度は 1 試合で配布する視聴用端末数は、映像配信サーバの処理能力を加味し、ローカル 5G 簡易設営キット標準構成では 27 台を上限とし計画。スターターキット版ではスループットの関係より 6 台を条件とし計画する。

本実装・普及展開は上記の台数で計画し、視聴用端末の台数の拡張は、2023 年度 10 月以降で検討し、その結果を反映させ 2024 年度シーズンのサービス仕様に反映していく。

③他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ) 向け

(ソリューション提供先 3)

施設所有者(自治体)へのヒアリング結果から、スポーツのユニバーサルデザイン化(リモートコーチングや映像配信・記録による成果発表の場を創出)への本ソリューション導入の可能性があることから、V リーグのオフシーズンを対象に 2024 年度 5 月以降から同設備を用いて、サービス提供を開始できるよう自治体への営業活動を行っていく。

④他イベント主催者 (V. LEAGUE チームのホームアリーナ以外) 向け

(ソリューション提供先 3)

2027 年度以降でホームアリーナ以外でのサービス提供を開始する。

2) 売上計画、コスト計画の考え方

売上は月額固定や売切り型ではなく、1 回あたりのローカル 5G 簡易設営キット/映像機材の利用料と視聴用端末の利用料から得る。

ローカル 5G 簡易設営キット/映像機材の利用料は、減価償却(償却年数:ローカル 5G 簡易設営キット 7 年、映像機器 5 年)、及び設置運営費用と間接経費の合計を年間で想定する使用回数で割りシステム利用単価を算出。この単価に V リーグの予定試合数とその他イベントの想定利用回数を掛けてお客様から得る対価とした。

コストとして、上記をもとに算出した結果を表 4.3-60 に示す。提供設備のセット数は、2023 年度 10 月は本実証で整備したローカル 5G 簡易設営キット 2 セット構成で開始するため、2023 年度 10 月までに映像機材 1 式の増設を行う。

ソリューション追加開発は、前項(ア)に記述した i)・ii)・iii)を 2023 年度 8 月までに開発対応を行い、8 月に動作検証を終え、10 月からのサービス提供に間に合わせる。

実施計画書段階では、AR/VR の需要を期待し追加開発を見込んでいたが、360 度映像のSwipe 視聴で来場観戦者の方からご好評頂いた事、4.3.2 (1) 3)に記載した通り、スポーツ観戦には不

向きである事が分かったため、開発は行わない事とした。

この際のコストの算出結果を表 4.3-61 に示す。その他のiv)・v)・vi)は、2023年度10月以降で対応を行い、2024年度10月からのサービス提供を開始する。

表 4.3-60 売上計画算出データ

売上計画	売上合計 ③+⑥+⑨	ソリューション提供先 1			ソリューション提供先 2			ソリューション提供先 3		
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
		提供数	単価	売上	提供数	単価	売上	提供数	単価	売上
2023年度	27,453	A:22 B:18	A:675 B:683	A:14,850 B:12,294	A:132 B:486	A:500 B:500	A:66 B:243	A:0 B:0	A:675 B:683	A:0 B:0
2024年度	41,025	A:22 B:18	A:675 B:683	A:14,850 B:12,294	A:132 B:486	A:500 B:500	A:66 B:243	A:11 B:9	A:675 B:683	A:7,425 B:6,147
2025年度	101,318	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104	A:132 B:486 C:1,026	A:500 B:500 C:500	A:66 B:243 C:513	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104
2026年度	101,318	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104	A:132 B:486 C:1,026	A:500 B:500 C:500	A:66 B:243 C:513	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104
2027年度	101,318	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104	A:132 B:486 C:1,026	A:500 B:500 C:500	A:66 B:243 C:513	A:22 B:18 C:38	A:675 B:683 C:608	A:14,850 B:12,294 C:23,104

単位：①試合数、④視聴用端末提供数、⑦イベント数、②・③・⑤・⑥・⑧・⑨千円)

A：スターターキット(九州)、B：標準構成システム1(九州)、C：標準構成システム2(近畿)

表 4.3-63 実装計画要約シートで示しているコスト計画の金額根拠は、表 4.3-60 売上計画算出データと、表 4.3-61 コスト計画算出データをもとに示している。

表 4.3-61 コスト計画算出データ

コスト計画	コスト合計 [千円]	ネット ワーク 設備費[千 円]	ネットワーク 運用費[千円]	ソリュー ション 購入費[千 円]	ソリューション 開発費[千円]	
	①+②+③+④	①		②	③	④
2023年度	36,678	19,625	8,593	3,460	5,000	
2024年度	41,204	24,151	8,593	3,460	5,000	
2025年度	74,617	51,164	13,133	5,320	5,000	
2026年度	74,617	51,164	13,133	5,320	5,000	

コスト計画	コスト合計 [千円]	ネットワーク 設備費[千円]	ネットワーク 運用費[千円]	ソリューション 購入費[千円]	ソリューション 開発費[千円]
2027 年度	74,617	51,164	13,133	5,320	5,000

(2) 実装計画

1) 実装計画の作成方法

実装計画は、サービス提供先のお客様、イベントの開催場所、サービス内容の過不足の視点からコンソーシアム内で議論を重ね作成した。

4.3.4 (1) で記載した通り、実施計画書策定時は V. LEAGUE 機構へソリューションを提供することを想定し、実施計画の検討を行っていたが 2022 年度今シーズンからは、V. LEAGUE 機構の動画配信コンテンツ事業の提供事業者が変わったことから、V リーグ試合の動画配信コンテンツ事業者を行っている提供事業者に対し、本実証モデルで得られる映像コンテンツの提供を提案し、関係者との協議を開始した。実装計画策定までの協議時期と協議内容は以下表 4.3-62 の通りとなる。

表 4.3-62 実施計画策定までの協議時期と協議内容

実施時期	カテゴリ	協議内容
2022 年 10 月 20 日	サービス 提供先 お客様	<ul style="list-style-type: none"> ・V. LEAGUE 機構と高精細・多視点映像コンテンツの提供に向けて協議。 ・今シーズンから動画配信コンテンツ事業のビジネスモデルの変更点を教えて頂き、今後、コンソーシアム内再委託の実施体制に変更して頂いた後、変更の詳細をお聞きし、その後、進め方を打合わせる事になった。
2022 年 11 月 19 日	イベント 開催場所	<ul style="list-style-type: none"> ・他ホームアリーナでの展開も想定し、映像機材・ローカル 5G 簡易設置キットを活用する際の他ホームアリーナの状況を調査。 ・調査先は、1 シーズンの中で比較的試合数の多いエリアを対象に公設民営と民設民営の体育館とした。「おおきにアリーナ舞洲」、「豊田合成記念体育館エントリオ」
2022 年 11 月 20 日	サービス 内容	スポーツの試合映像を活用した既サービスを調査し、コンソーシアム内で新たな技術を活用したサービスと提供料金の価格帯を把握した。
2022 年 11 月 20 日	サービス 提供先 お客様	屋内アリーナで開催されているイベントの調査結果をもとに、屋内プロスポーツ団体への新たな提供先として、可能性を見出せるイベント主催者は、現時点では見受けられない事をコンソーシアム内で確認した。
2022 年 12 月 3 日	イベント 開催場所	<ul style="list-style-type: none"> ・更に公設民営と民設民営の体育館をコンソーシアム内で分担し調査。「スカイアリーナ」、「三島市総合体育館」
2022 年 12 月 5 日	サービス 提供先 お客様	V. LEAGUE 機構のコンソーシアム内実施体制の変更承認を受け、動画配信コンテンツ事業における変更点のヒアリングを開始。
2022 年 12 月 6 日	イベント 開催場所	横展開する際、他ホームアリーナの調査結果から、搬入・設置条件面では他ホームアリーナへ展開する際、大きな問題はない事をコンソーシアム内で確認。
2022 年 12 月 14 日	サービス 提供先 お客様	V. LEAGUE 機構と打合せでビジネスモデルの変更点のヒアリング結果から、現状の動画配信コンテンツ事業者への映像ソリューションの提案の進め方をコンソーシアム内で協議。
2022 年 12 月 16 日	サービス 提供先 お客様	熊本市役所様へご訪問し、事前の動作確認の写真などを用いて取組みをご説明。その際、当映像ソリューションを世界バトミントン大会や水球へご利用頂ける可能性もある事から提案のご要望を受領。

実施時期	カテゴリ	協議内容
2022年 12月23日	サービス 提供先 お客様	佐賀県庁様へご訪問し、事前の動作確認の写真などを用いて取組みをご説明。その際、当映像ソリューションを2024国スポや建設中のSAGAアリーナのオープン後にご利用頂ける可能性もある事から提案のご要望を受領。
2022年 12月27日	サービス 提供先 お客様	・V. LEAGUE 機構より、今シーズンからの動画配信コンテンツ事業者をご紹介頂き打合せを依頼。 ・また、V. LEAGUE 機構より2023年度以降、当映像ソリューションを提供する際には、今回実証にご協力頂いている久光スプリングス様・フォレストリーヴズ熊本様で先ずは行いたい。とご要望を受領。
2022年 12月27日	サービス 提供先 お客様	・V. LEAGUE の試合の動画配信コンテンツ事業者向けの提供メニュー料金体系を仮作成し、収支計画を策定しコンソーシアム内で議論。
2023年 1月19日	サービス 提供先 お客様	動画配信コンテンツ事業者と打合せを実施。360度高画質カメラ映像に興味を持たれ、「試合で使用する実証本番での映像を確認したい。」とご要望を受領。
2023年 1月25日	サービス 提供先 お客様	コンソーシアム内でビジネスモデルについて協議を実施。 ソリューション提供先1として動画配信コンテンツ事業者、 ソリューション提供先2としてV. LEAGUE 機構(来場観戦者への視聴用端末の提供)、 ソリューション提供先3として他イベント主催者へソリューションを提供していく計画にコンソーシアム内で合意を得た。
2023年 2月8日	サービス 内容	動画配信コンテンツ事業者と協議。 実証本番で撮影した試合での360度高画質カメラ映像とボール自動追尾AIカメラ映像を確認して頂き、Web配信をする際の技術的な課題を整理していく事で合意を得る。(VOD配信の際、スワイプ・ズーム操作の実現可否)

実施体制については、基本的にコンソーシアム内で議論を行いながら策定を行ったが、動画配信コンテンツ事業者との協議は、V. LEAGUE 機構が主体となり実施。その際、実証本番で得られた映像の評価までを実施した。

今後の検討事項として、ソリューション提供先1である動画配信コンテンツ事業者とは継続的に協議を進め、提供メニューと提供料金について合意を目指す。

ソリューション提供先2としているV. LEAGUE 機構については、Vリーグの試合に来場頂くお客様への視聴用端末の提供を計画しているため、ネットワーク環境と映像機材の設営が前提となる。そのため、ソリューション提供先1への協議の進捗を鑑み実装計画を更新していく。

ソリューション提供先3である他イベント主催者については、自治体への営業活動を推進しサービス提供につながる事を前提に作成した。更に佐賀県で今後開催予定の2024国スポや建設中のSAGAアリーナへの提案活動と熊本市で開催予定の世界バトミントン大会や水球大会への提案活動の状況を鑑み実装計画を更新していく。

2) 実装計画の要約

表 4.3-63 実装計画要約シート

開 14 代表機関名	KDDIエンジニアリング株式会社	分野	文化・スポーツ				
実証件名	ローカル 5G 簡易設置キットを活用した屋内スポーツにおける高精細・多視点映像サービスモデル構築に向けた実証						
実施体制	<p>実施体制</p>						
<p>＜提供ソリューションの役割分担＞</p> <p>株式会社スポーツマーケティングラボラトリー：ボール自動追尾 AI カメラ</p> <p>株式会社 i D：360 度高画質カメラソリューション、映像配信サーバ</p>							
		令和 4 年度 (2022 年度)	令和 5 年度 (2023 年度)	令和 6 年度 (2024 年度)	令和 7 年度 (2025 年度)	令和 8 年度 (2026 年度)	令和 9 年度 (2027 年度)
実装計画	来場者向けの視聴体験ソリューション	開発実証	課題対応	実装	他イベント主催者・他地域への普及・横展開		
	動画撮影ソリューション	開発実証	課題対応	実装	他イベント主催者・他地域への普及・横展開		
	ローカル 5G 簡易設置キット	開発実証	実装				
収支計画 (千円)	(1) ユーザーから得る対価	0	27,453	41,025	101,318	101,318	101,318
	(2) 補助金・交付金	0	0	0	0	0	0
	(3) 収入 ((1)+(2))	0	27,453	41,025	101,318	101,318	101,318
	(4) ネットワーク設置費	0	19,625	24,151	51,164	51,164	51,164
	(5) ネットワーク運用費	0	8,593	8,593	13,133	13,133	13,133
	(6) ソリューション購入費	0	3,460	3,460	5,320	5,320	5,320
	(7) ソリューション開発費	0	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
	(8) 支出 ((4)+(5)+(6)+(7))	0	36,678	41,204	74,617	74,617	74,617
	(9) 収支 ((3)-(8))	0	-9,225	-179	26,701	26,701	26,701

	<p>収入、支出の算定根拠 今シーズンから変更されたVリーグの試合の動画配信コンテンツ事業者（実施体制内「ソリューション提供先1」）とは、本実証モデルで得られる映像コンテンツの提供を提案し、協議を開始した状況。技術的な課題の対応を行う事と並行し、動画配信コンテンツ事業者（実施体制内「ソリューション提供先1」）と料金体系の協議を行い2023年度10月からのサービス提供を目指す前提で収入・支出を作成した。</p> <p>収入： ・減価償却（償却年数：ローカル5G簡易設営キット7年、映像機器5年）、及び設置運営費用と間接経費の合計を想定年間使用回数で割りシステム利用単価を算出。この単価にVリーグの予定試合数とその他イベントの想定利用回数を掛けてお客様から得る対価とした。 ・V.LEAGUE チーム：視聴用端末を1試合1台千円で計27台準備し来場されたお客様に貸出利用料を徴収し、その売上をチームと50%/50%でシェアする。 支出：ネットワーク設置費・ネットワーク運用費・ソリューション購入費・ソリューション開発費を積上げ計上。</p>		
		どのようにして（手段、取組方法、アウトカム）	いつまでに
	提供コスト低減	・ローカル5G簡易設営キット/映像機材1式の提供回数を増やす事で1回あたりの提供価格を低減	営業活動を継続的に実施
	ソリューション追加開発	・360度高画質カメラ映像の配信関連 i) 動画配信コンテンツ事業者へのデータ提供手法の追加開発 ii) リプレイ機能の実現 iii) 視聴映像のズーム画質の改善	2023年9月末までに
		・360度高画質カメラ映像の配信関連 iv) 来場観戦者への配信遅延時間の改善 v) 360度観戦アプリの操作性の改善 ・視聴用端末 vi) 視聴用端末台数を増やすための追加開発	2024年3月末までに
実装を確実にするための取組	顧客開拓	Vリーグの試合の映像配信を行っている動画配信コンテンツ事業者への提供に向け、提供メニューと提供料金の合意を目指す。	2023年8月末までに
		V.LEAGUE 機構向けのサービス提供領域の拡大（チャレンジシステムへの転用検討）	2024年9月末までに
		佐賀県/熊本県・市役所様を含む自治体様への継続的な提案活動	営業活動を継続的に実施
	運用面の改善	・運用トレーニングによる作業効率の向上 ・各種作業マニュアルの見直し・改善 ・リモート作業導入によるお客様作業の低減 ↳ローカル5G簡易設営キット/ボール自動追尾AIカメラのリモート作業 ・同一総合通信局の所管エリア内で発生する移設毎の無線免許申請に関わる稼働の低減	2023年9月末までに
	ルールメイキングへの貢献	特になし	特になし
	<p>計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など） ・新規顧客獲得へ向けた営業活動とサービスメニュー・価格の見直し</p>		

a. 実施体制

表 4.3-63 実装計画要約シートの実施体制に記載した実施体制で実装に臨む。

b. 実装計画（実施事項）

実装計画で設定した課題対応は、クリティカルパスを意識したスケジュール（表 4.3-64）通りに履行し、トラブル時には、後工程の影響が最小となるリカバリー策を講じる。

表 4.3-64 実装スケジュール

	2023年度				2024年度				2025年度				2026年度				2027年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
展開エリア・V.LEAGUE試合数	総通エリア：九州 対応試合総計：40試合 機材数：2セット 視聴用端末：6+27台				総通エリア：九州 対応試合総計：40試合 機材数：2セット 視聴用端末：6+27台				総通エリア：九州・近畿 対応試合総計：78試合 機材数：3セット 視聴用端末：6+27+27台				総通エリア：九州・近畿 対応試合総計：78試合 機材数：3セット 視聴用端末：6+27+27台				総通エリア：九州・近畿 対応試合総計：78試合 機材数：3セット 視聴用端末：6+27+27台			
サービス実装・横展開の協議・調整	<p>360度高画質カメラ映像の配信開始</p> <p>360度高画質カメラ映像の配信関連 i) 動画配信コンテンツ事業者へのデータ提供手法の追加開発 ii) リプレイ機能の実現 iii) 視聴映像のズーム画質の改善</p> <p>本ソリューション提供メニューと提供料金の協議</p>				<p>360度高画質カメラ映像の配信サービス提供</p> <p>合意形成</p>				<p>360度高画質カメラ映像の配信サービス提供</p>				<p>360度高画質カメラ映像の配信サービス提供</p> <p>VOD視聴料を原資としたモデルの協議</p> <p>合意形成</p>				<p>360度高画質カメラ映像の配信サービス提供</p>			
	<p>①V.LEAGUE関係（動画配信コンテンツ事業者）</p>				<p>②V.LEAGUE機構（V.LEAGUEチーム）</p> <p>視聴用端末関連 iv) 来場観戦者への配信遅延時間の改善 v) 360度観戦アプリの操作性の改善 vi) 視聴用端末台数を増やすための追加開発</p> <p>改善したソリューションの提供</p> <p>視聴用端末サービス提供</p>				<p>視聴用端末サービス提供</p>				<p>視聴用端末サービス提供</p>				<p>視聴用端末サービス提供</p>			
展開先の行程	<p>Vリーグチームのホームアリーナ</p> <p>総通エリア：九州 他イベント対応なし</p> <p>ホームアリーナでのイベント主催者向けサービス提供準備</p> <p>24-25シーズンイベント計画策定</p>				<p>総通エリア：九州 他イベント対応総数：20</p> <p>ホームアリーナでのイベント主催者へサービス提供</p> <p>25-26シーズンイベント計画策定</p>				<p>+Vリーグチームのホームアリーナ以外</p> <p>総通エリア：九州・近畿 他イベント対応総数：78</p> <p>+ホームアリーナ以外でのイベント主催者へサービス提供開始</p> <p>26-27シーズンイベント計画策定</p>				<p>総通エリア：九州・近畿 他イベント対応総数：78</p> <p>ホームアリーナ/アリーナ以外でのイベント主催者へサービス提供</p> <p>27-28シーズンイベント計画策定</p>				<p>総通エリア：九州・近畿 他イベント対応総数：78</p> <p>ホームアリーナ/アリーナ以外でのイベント主催者へサービス提供</p> <p>28-29シーズンイベント計画策定</p>			
	<p>自治体へ訴求 ・他体育館に対するSL検討 ・他競技大会への適応検討</p>				<p>試合会場の所有者整理 → 自治体向けサービス開始 自治体と交渉</p> <p>他イベント主催者へ訴求 ・他会場に対するSL検討 ・他イベントへの適応検討</p>				<p>他会場の所有者整理 → 他イベント主催者と交渉</p> <p>他イベント主催者向けサービス開始</p>											

c. 収支計画

【お客様から得る対価】

- ・ 減価償却（償却年数：ローカル 5G 簡易設営キット 7 年、映像機器 5 年）、及び設置運営費用と間接経費の合計を想定年間使用回数で割りシステム利用単価を算出。この単価に V リーグの予定試合数とその他イベントの想定利用回数を掛けてお客様から得る対価とした。
- ・ V. LEAGUE チーム：視聴用端末を 1 試合 1 台千円で計 27 台準備し来場されたお客様に貸出利用料を徴収し、その売上をチームと 50%/50%でシェアする。

【ネットワーク設置費】

- ・ 機械損料（償却年数：ローカル 5G 簡易設営キット 7 年）に加え、設営～撮影～撤去に掛かる費用及び免許申請（新規・包括・変更）の計を想定年間使用回数で割りネットワーク設置費用単価を算出。この単価に V リーグの年間予定試合数とその他イベントの年間想定利用回数を掛けて 1 年分とした。

【ネットワーク運用費】

- ・ 年間に掛かるランニング費用(ライセンス・保守・ソフトウェアバージョンアップ費用) + 保守 1 次受付対応費の合計額。

【ソリューション購入費】

- ・ 機械損料（償却年数：映像機器一式 5 年）

【ソリューション開発費】

- ・ 2023 年度、動画配信コンテンツ事業者へのデータ提供手法及びソフトウェアの追加開発とソフトウェア減価償却（償却年数：映像ソフトウェア 5 年）

2023 年度、2024 年度と提供イベント数を年々増加してゆき、2025 年度にはシステム一式を追加購入しサービス提供エリアを拡大する。これにより 2025 年度の単年度で黒字化達成をする想定。

上記のソリューション開発費内の動画配信コンテンツ事業者計画へのデータ提供手法に掛かる初期投資は、2025 年度以降で追加する映像機材とローカル 5G 簡易設営キットの費用には含まないため、増設する機材の提供単価は低減する見込み。

ア) 収支計画

【2023 年度】 サービス導入フェーズ

- ・ 2023 年 10 月～
- ・ 展開エリア：九州
- ・ 展開先：動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE チーム
- ・ ソリューション：来場者向け視聴端末ソリューション、動画撮影ソリューション、ローカル 5G 簡易設営キット
(360 度高画質カメラ及びボール自動追尾 AI カメラソリューションで撮影)
- ・ 収支：▲9,225 千円

【2024 年度】提供イベント拡大フェーズ

- 展開エリア：九州
- 展開先：動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE チーム、他イベント主催者
- ソリューション：来場者向け視聴端末ソリューション、動画撮影ソリューション、ローカル 5G 簡易設営キット
- 収支：▲179 千円

【2025 年度】他地域への展開フェーズ

- 展開エリア：九州、近畿
- 展開先：動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE チーム、他イベント主催者
- ソリューション：来場者向け視聴端末ソリューション、動画撮影ソリューション、ローカル 5G 簡易設営キット
- ローカル 5G 簡易設営キットと汎用映像機材 1 セット追加
- 九州以外の他地域への展開で単年度黒字化
- 収支：26,701 千円

【2026 年度】提供イベント数の拡充

- 展開エリア：九州、近畿
- 展開先：動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE チーム、他イベント主催者
- ソリューション：来場者向け視聴端末ソリューション、動画撮影ソリューション、ローカル 5G 簡易設営キット
- 更なる提供イベント数の拡充で売上増大を図る
- 収支：26,701 千円

【2027 年度】サービス品質向上と効率化

- 展開エリア：九州、近畿
- 展開先：動画配信コンテンツ事業者、V. LEAGUE チーム、他イベント主催者
- ソリューション：来場者向け視聴端末ソリューション、動画撮影ソリューション、ローカル 5G 簡易設営キット
- 収支：35,161 千円

イ) ユーザーにおける必要リソース (モデルケース)

本映像配信サービス形態は利用者 (動画配信コンテンツ事業者・イベント主催者) に初期投資負担はなく、都度利用料が発生する形となる。一方で、同じイベント主催者の年間の利用頻度に応じて1回あたりの価格低減が可能であり、そのメニューと価格例を下記の表 4.3-65 に示す。但し、表 4.3-65 は、ローカル 5G 簡易設置キットと汎用映像機材1セットで賄える利用頻度としているため、提供エリアと利用間隔によっては1セットでは賄えないため下表とは異なる。

表 4.3-65 提供サービスモデルケース

項目	年 40 回利用 [千円]	年 60 回利用 [千円]	年 80 回利用 [千円]	年 100 回利用 [千円]
1 回利用単価 :	675	531	459	415
内訳 : 機器費	281	187	140	112
内訳 : 保守費	121	81	60	48
内訳 : 運搬費	99	99	99	99
内訳 : 人件費	132	132	132	132
内訳 : 免許費	42	32	28	24

(注意) 上記は、2023 年度 10 月までに計画している動画配信コンテンツ事業者への動画配信コンテンツデータの授受のために必要なソフトウェア開発を想定のもと、初期投資費用を含んだ価格として記載している。また、ローカル 5G 簡易設置キットと動画撮影ソリューションの費用を含んだ価格として記載している。なお、今後進めていくコスト低減の効果は現時点で見込んでいない。

d. 実装を確実にするための取組

実証から商用へ移行させる際の対応項目と対応時期の明確化を図り、本実証結果、及び各サービスの提供先のお客様との交渉結果をもって、必要となる取組みを行っていく。

ア) 提供コスト低減

実施体制：KDD I エンジニアリング株式会社・富士通ネットワークソリューションズ株式会社

- ① ローカル 5G 簡易設営キット/映像機材 1 式の提供回数を増やす事で 1 回あたりの提供価格を低減
- ② 同一体育館での提供頻度を上げる事で機器運搬費用を低減

イ) ソリューション追加開発

実施体制：KDD I エンジニアリング株式会社・株式会社 i D

- ③ 360 度高画質カメラ映像の配信関連
 - ③-1. 来場観戦者への配信遅延時間の改善
 - ③-2. 視聴映像のズーム画質の改善
 - ③-3. リプレイ機能の追加開発
 - ③-4. 360 度観戦アプリの操作性の改善
 - ③-5. 動画配信コンテンツ事業者へのデータ提供手法の追加開発
- ④ 視聴用端末
 - ④-1. 視聴用端末台数を増やすための追加開発
- ⑤ ローカル 5G 簡易設営キットの GPS アンテナの簡素化
(無線機メーカーへ要望を上げる)

ウ) 顧客開拓

実施体制：KDD I エンジニアリング株式会社・富士通ネットワークソリューションズ株式会社

- ⑥ 現在映像配信を行っている動画配信コンテンツ事業者との提供メニューと提供料金の合意
- ⑦ V. LEAGUE 機構向けのサービス提供領域の拡大
 - ⑦-1. V リーグの試合で利用されているチャレンジシステムへの適応
- ⑧ コーチ人口の少ない競技への販路拡大
- ⑨ 新設中・新設計画中の体育館への販路拡大

エ) 運用面の改善

実施体制：KDD I エンジニアリング株式会社・富士通ネットワークソリューションズ株式会社

⑩ 運用トレーニングによる作業効率の向上

⑩-1. 運用トレーニングの実施

⑩-2. 運用マニュアルの見直し・改善

⑩-3. ローカル 5G 簡易設営キット、ボール自動追尾 AI カメラのリモート作業化
検討

⑪ 無線免許手続に係るコンソーシアム内における運用改善

同一総通エリア内の移設の度に発生する免許申請の稼働を減らすことを目的とし、ローカル 5G 無線機の電波発射スケジュールを総務省総合通信局へ年間スケジュールを事前に通知する事で、運用面で改善を図る。

オ) ルールメイキングへの貢献

特にない。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

新規顧客獲得へ向けた営業活動とサービスメニュー・価格の見直しを行う。

5. 普及啓発活動の実施

本実証に関する情報発信については、以下の「映像制作」「実証視察会の実施」「その他普及啓発活動」を通じてローカル 5G 普及啓発を推進し、その取組状況をまとめた。

5.1 映像制作

映像制作に関しては、「①：実証の取組成果に係る動画（3分程度）の作成」と「②：実証映像等の素材提供」に対して、動画の撮影及び編集、動画素材の提供等を実施し、本実証の成果物として作り上げることでローカル 5G 普及啓発に努めた。

映像動画ファイル名

①：実証の取組成果に係る動画（3分程度）の作成_図 5.1-1 にイメージ写真を示す。

- ・開 14) 実証の取組成果に係る動画.MP4

②：実証映像等の素材提供

- ・佐賀_体育館外観 1～3.MOV (3 ファイル)
- ・熊本_体育館外観.MOV
- ・佐賀_実証会場の全景 1～2.MOV (2 ファイル)
- ・熊本_実証会場の全景 1～2.MP4 (2 ファイル)
- ・佐賀_実証中の様子 1～2.MOV (2 ファイル)
- ・熊本_実証中の様子 (横視点).MOV
- ・佐賀_普段スポーツしている様子.MOV
- ・熊本_普段スポーツしている様子.MP4
- ・佐賀_ボール自動追尾 AI カメラ中心に撮影している様子 1～2.MOV (2 ファイル)
- ・熊本_ボール自動追尾 AI カメラ中心に撮影している様子.MP4
- ・佐賀_ローカル 5G 簡易設営キットサーバのアップ 1～2.MOV (2 ファイル)
- ・熊本_ローカル 5G 簡易設営キットサーバのアップ.MOV
- ・ボール自動追尾 AI カメラのアップ 1～4.MOV (4 ファイル)
- ・360 度高画質カメラアップ 1～3.MOV (3 ファイル)
- ・モニタリングしている様子 (ボール自動追尾 AI カメラ).MOV
- ・モニタリングしている様子 (ローカル 5G 簡易設営キット).MOV
- ・モニター画面で監視をしている様子 1～3.MOV (3 ファイル)
- ・視聴用端末のアップ 1～2.MOV (2 ファイル)



図 5.1-1 実証の取組成果に係る動画(3分程度)

5.2 実証視察会の実施

本実証のコンソーシウムは、ローカル 5G の導入を基軸に、バレーボール試合における新たな映像サービスモデルの提供を図ることを推進するため、エンターテインメント化の推進、他スポーツ・他イベント等の利用に関心のある総務省、関係企業・団体等を対象に、2023 年 2 月 2 日（木）の SAGA プラザと 2023 年 2 月 14 日（火）の熊本市総合体育館にて現地視察団を受け入れた。本実証内容の説明を行い、使用した設備や機器の説明をした上で実機を見て頂いた。

また、実際にバレーボールの実演を行い、視聴用端末を通して視聴体験をして頂いた。

実証視察会の様子を図 5.2-1、図 5.2-2 で示す。更に、同日・同場所にてメディアを招集し、取材対応を行った。メディア取材の対応実績は表 5.2-1 の通りである。

表 5.2-1 実証視察会_実施一覧

項番	実施日	実施会場	提供先	取材メディア数
1	2023 年 2 月 2 日（木）	【佐賀県】 SAGA プラザ	・佐賀県庁 ・体育館指定管理者	2 社 ・佐賀新聞社 ・電波新聞社
2	午前の部 2023 年 2 月 14 日（火）	【熊本県】 熊本市総合体育館	・熊本県庁 ・熊本市役所 ・体育館指定管理者	0 社
3	午後の部 2023 年 2 月 14 日（火）	【熊本県】 熊本市総合体育館	・総務省 ・九州総合通信局 ・三菱総合研究所 ・イワブチ株式会社	0 社



図 5.2-1 実証視察会_アジェンダ



図 5.2-2 実証視察会の様子

5.3 その他普及啓発活動

5.2の普及啓発活動に加え、KDDIエンジニアリング株式会社は、2023年2月10日（金）に一般社団法人九州テレコム進行センター（KIAI）様が主催する『九州デジタル推進ワーキンググループ（第2回）』の場にて、ICTにより地域社会が抱える諸課題を解決するとともに、デジタルの実装等を推進するため、本実証の内容説明と現在の取組み状況について講演を実施した。

また、2023年2月4日（土）の実証本番（佐賀県：SAGAプラザ）においては、STSサガテレビ様の撮影取材に対応し、同日の報道ニュースにて放映して頂いた。

更に、2023年2月4日（土）及び2023年2月5日（日）の実証本番（佐賀県：SAGAプラザ）での取組み内容について、新聞記事での掲載をして頂いた。

2023年3月3日（金）に電波新聞様より新聞記事に掲載された。

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

実施体制図

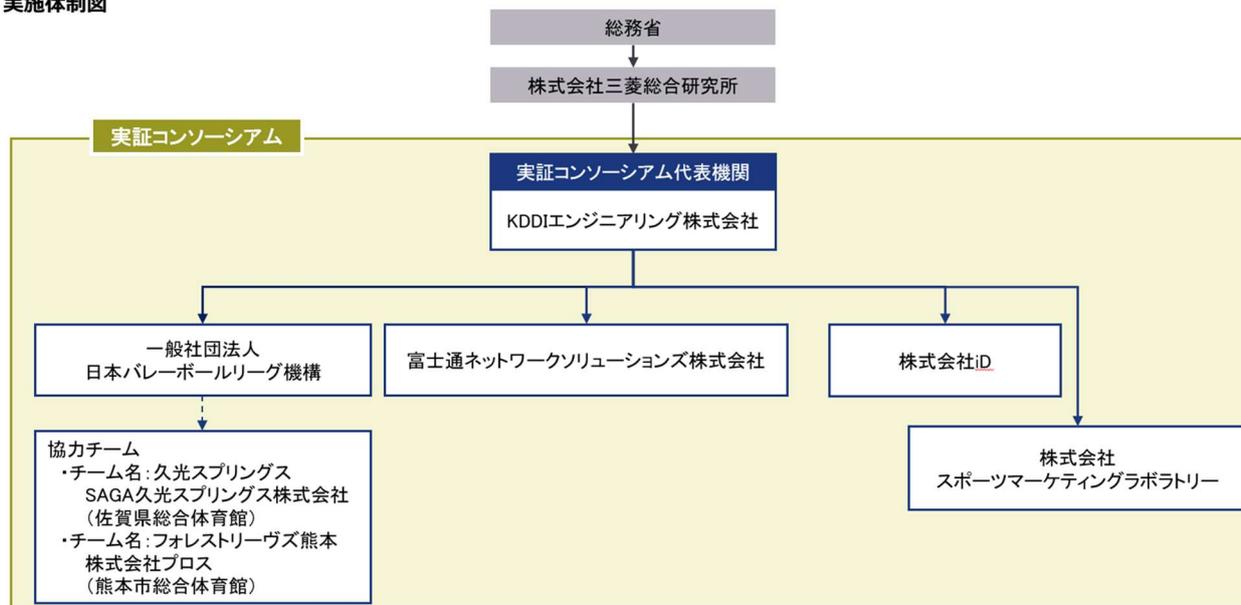


図 6.1-1 実施体制図

過去実績

・ KDDI エンジニアリング株式会社 :

- ✓ KDDI 株式会社及び UQ コミュニケーションズ株式会社の基地局などのインフラ設備に関わるエリア設計・設備設計・構築・保守・監視を対応。2021 年 12 月末時点で、86,400 局（オープン局）の 4G/5G の基地局構築の実績
- ✓ ローカル 5GPoC 環境構築（実験試験局免許取得：免許の番号「関実第 48212 号」「関実第 48213 号」「関実第 48214 号」、免許年月日：令和 3 年 12 月 3 日）、ローカル 5G の無線性能評価試験の実施

・ 富士通ネットワークソリューションズ株式会社 :

- ✓ 令和 2 年度案件 No. 7：目視検査の自動化や遠隔からの品質確認の実現(工場)
- ✓ 令和 3 年度案件 No. 6: プラントの遠隔監視によるガス漏れ等設備異常の効率的検知の実現(工場)

・株式会社 i D

- ✓ 2021 年度—2023 年度（総務省案件）脳の仕組みに倣った省エネ型の人工知能関連技術の開発・実証事業（環境省連携施策事業）
- ✓ 2017 年度（総務省案件）近接空間内 IoT データのスクラム連携を実現する通信技術の研究開発
- ✓ 2016 年度（総務省案件）合併症予測型脳神経外科手術用ナビゲーションシステムと SDN を用いた術中情報共有システムに関する研究開発

6.2 実施体制内の役割

本実証実業は以下体制で取組んだ。

表 6.2-1 コンソーシアム

コンソーシアム構成員	主な役割
KDDI エンジニアリング株式会社	代表機関、全体統括、課題実証統括
富士通ネットワークソリューションズ株式会社	技術実証統括、技術実証の環境構築、実証作業・検証
株式会社 i D	課題実証の機器調達、環境構築、実証作業・検証
株式会社スポーツマーケティングラボラトリー	課題実証の機器提供、環境構築
一般社団法人日本バレーボールリーグ機構	課題実証のアンケート取り纏め、協力チームの取り纏め 実証フィールド調整・提供、実証検証の評価
SAGA 久光スプリングス株式会社 (チーム名：久光スプリングス)	実証フィールド調整・提供、実証検証の評価
株式会社プロス (チーム名：フォレストリーヴズ熊本)	実証フィールド調整・提供、実証検証の評価

7. スケジュール

以下スケジュールの通り、SAGA プラザと熊本市総合体育館を実証環境とし、コンソーシアム内における役割に沿って、以下スケジュールに従い各工程を遂行した。

以下の図 6.2-1 に全体スケジュール（実績）、図 6.2-2 に詳細スケジュール（実績）を示す。



図 6.2-1 全体スケジュール(実績)

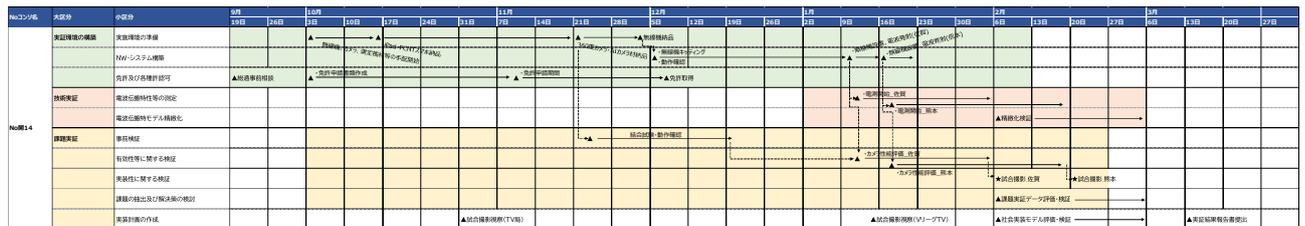


図 6.2-2 詳細スケジュール(実績)

添付資料

添付資料

・使用機器・ソフトウェア一覧

■ ローカル 5G 簡易設営キットシステム (FUJITSU Network PW300 熊本市総合体育館向け)

構成名	No.	品名	数量	備考
ソフトウェア	1	CU ソフトウェア	2	
	2	DU ソフトウェア	2	
	3	準同期ライセンス	2	
	4	5G コアソフトウェア	1	
	5	EMS ソフトウェア	1	
ハードウェア	6	PRIMERGY RX2530 M6	4	CU 用 2 台 5G コア 1 台 EMS1 台
	7	DU 装置	2	
	8	屋内用 RU 集約装置	2	
	9	屋内用 RU アンテナ	2	
	10	L3SW (SR-S732TR1 プレインスツールモデル V20)	1	
	11	PC (LIFEBOOK A5512/J)	1	
	12	ルーター (Si-R G210 プレインスツールモデル V20)	1	
	13	UPS (Smart-UPS 1500RMJ)	2	
	14	17 インチ ラック・コンソール	1	
	15	アナログ KVM スイッチ (8 ポート)	1	

■ ローカル 5G 簡易設置キットシステム (FUJITSU Network PW300 SAGA プラザ向け)

構成名	No.	品名	数量	備考
ソフトウェア	1	CU ソフトウェア	1	
	2	DU ソフトウェア	1	
	3	準同期ライセンス	1	
	4	5G コアソフトウェア	1	
	5	EMS ソフトウェア	1	
ハードウェア	6	PRIMERGY RX2530 M6	1	
	7	DU 装置	1	
	8	屋内用 RU 集約装置	1	
	9	屋内用 RU アンテナ	1	
	10	L3SW (SR-S732TR1 プレインストールモデル V20)	1	
	11	PC (LIFEBOOK A5512/J)	1	
	12	ルーター (Si-R G210 プレインストールモデル V20)	1	
	13	UPS (Smart-UPS 1500RMJ)	1	
	14	17 インチ ラック・コンソール	1	

■ ローカル 5G 対応端末

構成名	No.	品名	数量	備考
ハードウェア	1	5G ゲートウェイ (NEC マグナス)	3	
	2	5G コネクティングデバイス (京セラ)	1	
	3	5G 対応スマートデバイス (FCNT)	5	

■ 360 度高画質カメラ

構成名	No.	品名	数量	備考
ソフトウェア	1	映像配信ソフトウェア (OSS: OvenMediaEngine を活用) ソフトウェアバージョン: 1.0	1	映像配信サーバにて 360 度高画質カメラで撮影した映像処理と 360 度観戦アプリへの配信処理するソフトウェア
	2	360 度観戦アプリ ソフトウェアバージョン: 1.0	1	360 度高画質カメラで撮影した映像を視聴用端末 (iPad Air) で視聴するソフトウェア カメラ映像視聴とカメラ選択及びズーム機能を具備する
ハードウェア	3	QooCam8K Enterprise	1	
	4	映像配信サーバ P19176-291 DL360 Gen10	1	

■ ボール自動追尾 AI カメラ

構成名	No.	品名	数量	備考
ソフトウェア	1	Club Pixellot	1	Pixellot の撮影スケジュールの管理を行う。 Pixellot で撮影した追従・パノラマ映像の視聴、ダウンロードが可能。(Ver2.57.0)
	2	VPU Manager	1	ボール自動追尾 AI カメラのスポーツタイプ、カメラ合わせ、コート認識などのキャリブレーション設定を行う。 (Ver2.66.14)
ハードウェア	3	Pixellot S1	1	
	4	VPU	1	
	5	スコアボードカメラ	1	

■ ボール自動追尾 AI カメラ

構成名	No.	品名	数量	備考
ハードウェア	1	iPad Air	6	

・作成マニュアル一覧

マニュアル名	数量
ローカル 5G 簡易設営キット運用マニュアル (SAGA プラザ)	1
ローカル 5G 簡易設営キット運用マニュアル (熊本市総合体育館)	1
SAGA プラザ・熊本市総合体育館向け PW300 保守運用マニュアル	1
ボール自動追尾 AI カメラ運用マニュアル	1
360 度高画質カメラ運用マニュアル	1
360 度観戦アプリ運用マニュアル	1
映像配信システム運用マニュアル	1

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【開発実証事業】

ローカル5G簡易設営キットを活用した屋内スポーツにおける

高精細・多視点の映像サービスモデル構築に向けた実証

2023年3月

KDDIエンジニアリング株式会社
