

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

スタジアムにおけるローカル5G技術を活用した自由視点

映像サービス等新たなビジネスの社会実装

成果報告書概要版

令和4年3月25日

三菱電機株式会社

実証概要

<背景・目的>

■背景と課題

2020年4月7日に緊急事態宣言は発出されて以来、観客を収容したイベントやコンサート等は中止または収容人数を制限した開催となっている。プロ野球においては、2019年はおよそ2600万人の観客数に対し、2020年は2割以下の480万人に激減。試合数、観客数の減少により、スタジアム経営にも大きな影響を与えている。例えば東京ドームの場合、コロナの影響を受けた2020年は、売上が2019年の約915億円から約400億円まで大幅に落ち込んでいる。スポーツ、エンタメ業界において、2019年の収益水準に戻るのには2023年以降とも言われており、現在の来場者(1stベニュー)中心のビジネスモデルを、非来場者(2ndベニュー)も取り込んだ新しいビジネスモデルへの転換が喫緊の課題となっている。

ユーザーの消費行動にも変化が起きており、有料動画配信サービス等のデジタルコンテンツ市場が加速的に広がりつつあるが、課題も多い。例えばオンラインライブは通常ライブと比較して、臨場感やインタラクティブ性は低くなるため、XR技術やマルチアングル映像等の付加価値の高い映像や、オンラインギフティングやデジタルトレカ等を掛け合わせた魅力的なコンテンツが求められるが、システム構築には多大なコストが必要となる。

■実証の目的

上記の課題を解決するべく、以下の3項目を本実証の目的とする。

①低コストな高付加価値な映像システムの検証

→スタジアムの映像機器へのローカル5Gの適用

② 2ndベニューの需要を喚起する魅力的なコンテンツの創出

→自由視点映像配信、デジタルトレーディングカード、オンラインギフティング など

③ 2ndベニュー獲得のためのビジネスモデルの確立

<実証の概要>

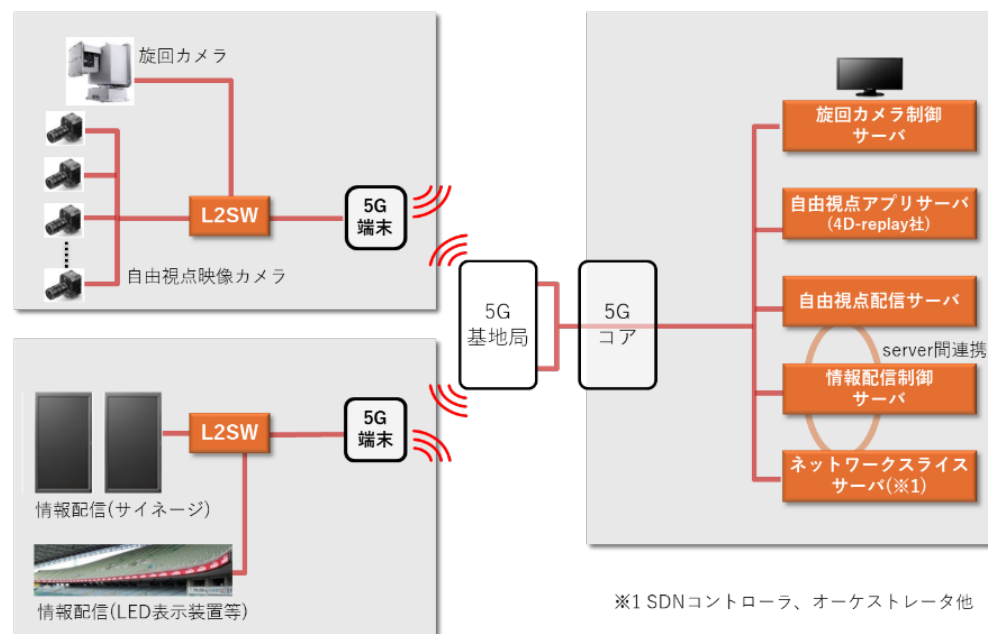
本実証の概要は以下の通りである。

■技術実証

- 屋外でも利用可能な4.8GHz～4.9GHz帯を使用し、半屋外(屋根付きの屋外型スタジアム環境)に対する電波伝搬モデルの検討。

■課題実証

- スタジアムにおけるローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査および検討。
- 360度自由視点映像用カメラや巡回カメラによる映像の、ローカル5G端末からローカル5Gネットワークを経由した各サーバーへの伝送に関する検討。
- 360度自由視点映像や巡回カメラ映像の、ローカル5Gネットワークからローカル5G端末を経由した、サイネージやLED表示装置への伝送に関する検討。
- ネットワークトラフィックに応じたオンラインネットワーク設定やスライス機能に関する検討。

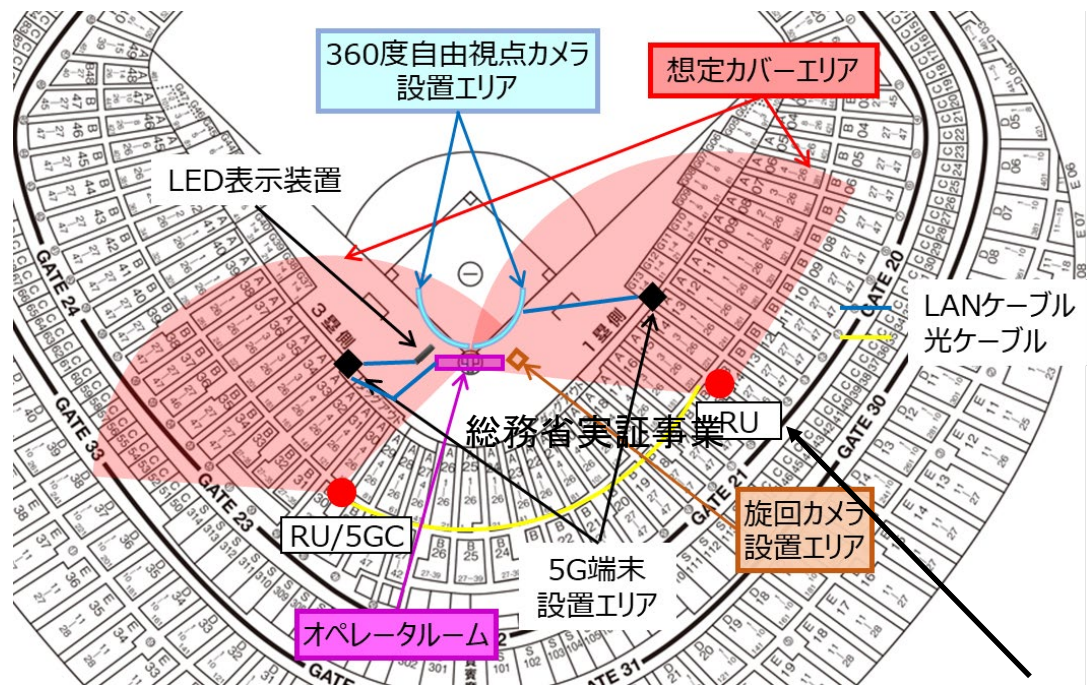


ローカル5G実証システム

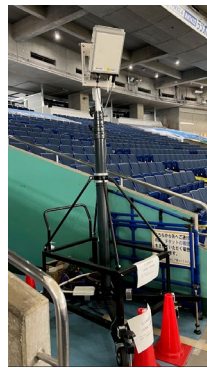
実証環境の構築

<実証環境の構築> 実施環境

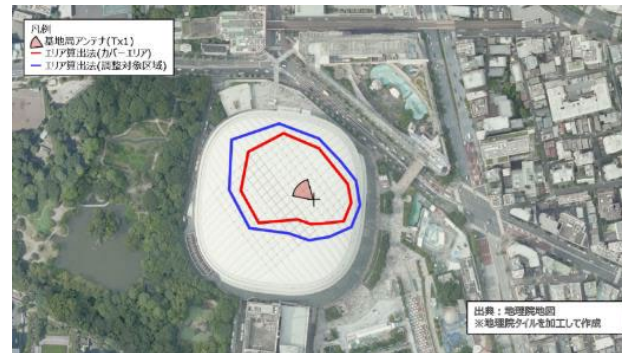
機器配置イメージ



実証風景



ローカル5Gの
アンテナ設置(1塁側)



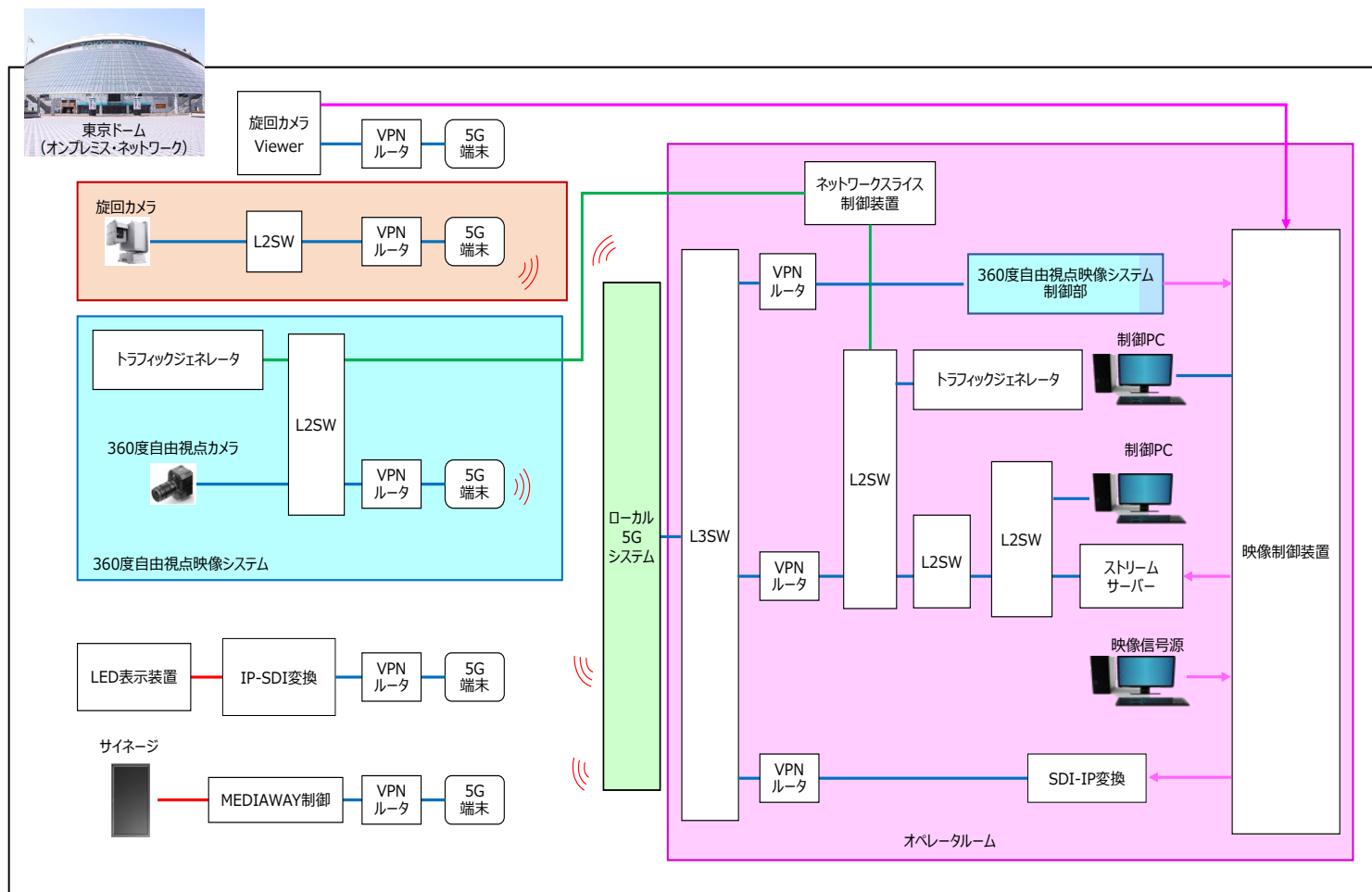
1塁側



3塁側

エリア算出法に基づくカバーエリア及び調整対象区域図
出典:地理院地図

＜実証環境の構築＞ネットワーク・システム構成



ネットワーク・システム構成図

<実証環境の構築>システム機能・性能・要件

ローカル5G基地局システム諸元

製造ベンダ	富士通株式会社
周波数	4.8GHz~4.9GHz
帯域幅	100MHz
通信方式	TDD(同期)
DL:UL比率	DL:UL:S = 7:2:1
送受信系統数	4送信 4受信
BeamForming	サポート
ユーザー数	1セル当たり64UEを目標
MIMO	UL 2Layer DL 4Layer
変調方式	QPSK/16QAM/ 64QAM/256QAM
セルスループット (規格値)	DL:1.7Gbps UL:0.2Gbps
同期方式	GPS
フロントホール インターフェース	O-RAN Split Option7.2x

ローカル5Gコアネットワーク諸元

製造ベンダ (L3SW除く)	富士通株式会社
製造ベンダ(L3SW)	Cisco Systems G.K.
準拠する標準化仕様	3GPP Release15
5Gネットワーク構成	SA Option2

<実証環境の構築> 免許及び各種許認可

本実証実験においては、以下の、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製品を利用する。

- ・ 認定の日付: 令和3年3月15日
- ・ 開発供給計画認定番号: 2021 開 1 総経第 0002 号-1
- ・ 認定開発供給事業者の名称: 富士通株式会社
- ・ 本実験で利用する開発供給計画認定を受けた製品

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等(概要)	本実証での利用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-CU	・CU	利用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-DU	・DU	利用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-O	・RU ・4.8-4.9 GHz 帯用 ・アンテナ一体型 ・屋外設置用	利用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-I	・RU ・4.8-4.9 GHz 帯用 ・アンテナ分離型 ・屋内設置用	本実験では利用しない
富士通	交換設備	PW300-5GC	・オンプレミス型 ・5G SA 方式	利用
富士通	交換設備	PW300-EMS	・オンプレミス型 ・5G SA 方式	利用

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討 (技術実証)

技術実証の概要

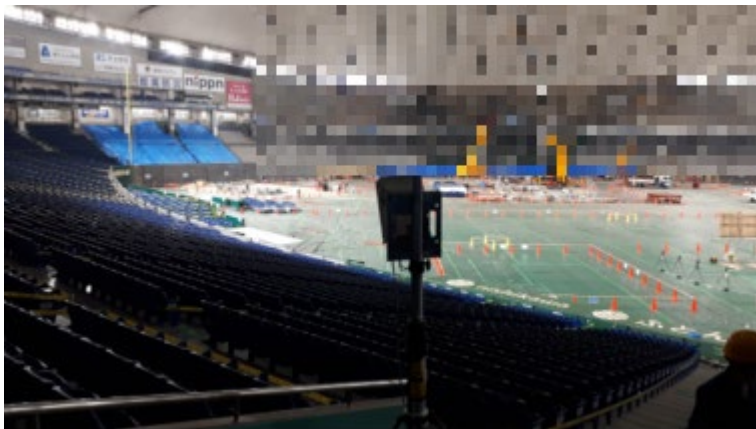
■ 課題解決システム利活用環境における技術的課題

スポーツ分野における本実証環境としてはドーム球場を活用し、グラウンド上のシーンを配信する事を想定し、球場内の一塁線および、三塁線方向がカバーできるように、最下段の座席中段にアンテナを設置している。ドーム球場では座席の床面及び、サービスに係る様々な構造物があり、それらによる遮蔽または反射による電波伝搬特性への影響が課題となる。

本実証環境は、グラウンド及び座席面を対象としている事から、球場屋外への漏れ出しは低いと思われるが、将来的な運用として球場屋外で他の無線システムが運用された場合を考えると、漏れ出しにおける干渉影響を確認する必要がある。

■ 実証目標

- a: 適切な電波伝搬モデルの選定とともに、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策を検討
- b. I : エリア算出法の適切性を評価するとともに、エリア算出式パラメータRの精緻化を検討



ドーム内風景



基地局位置

実証内容 a. ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■ 計測指標

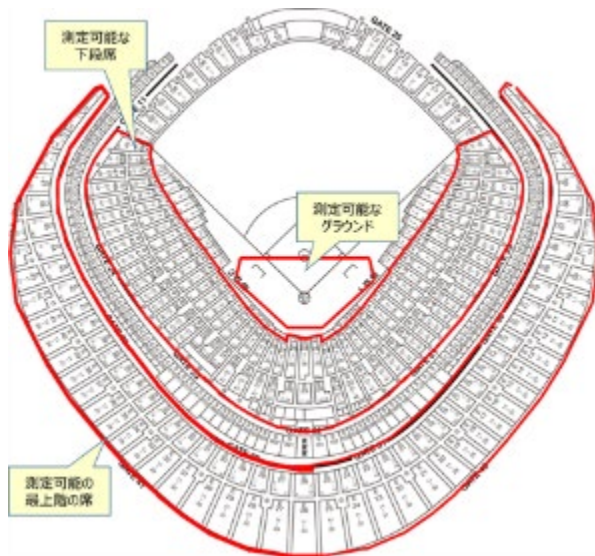
ローカル5Gの性能評価として、エリア形成の観点とユーザへのサービス提供品質の観点から評価を行うため、エリア算出法に基づくカバーエリア内の20地点以上において下記データを計測する。

- ・エリア形成: 下り受信電力(SS-RSRP)、受信品質(SS-RSRQ/SS-SINR)
- ・サービス提供品質: DL伝送スループット、UL伝送スループット、伝送遅延

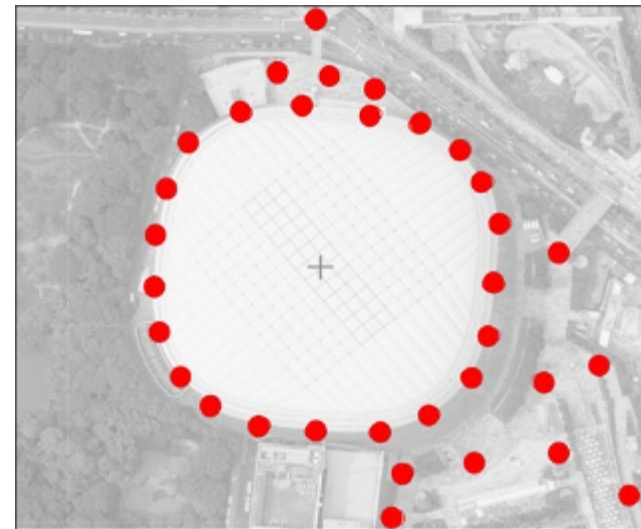
■ 評価・検証方法

- ・エリア形成は、エリア算出法に基づくカバーエリア、調整対象区域と受信電力の測定結果で評価
- ・サービス提供品質は、課題実証と同じ目標値(UL伝送スループット80Mbps)の達成率を評価
- ・測定地点は、アンテナが設置される座席エリアと、球場屋外エリアにて、20地点以上を選定した。

※なお伝送スループットは、屋外では端末が圏外となる為、屋内のみで実施している。



屋内測定可能エリア



屋外測定ポイント

実証内容 b. I 電波伝搬モデルの精緻化

■ 実証仮説

実証環境におけるパラメータR値を環境要因から推定し、エリア算出法に基づくエリア図を検討

・ドーム球場の外壁材質はコンクリートと想定される為、R値は16.2dBと推定※

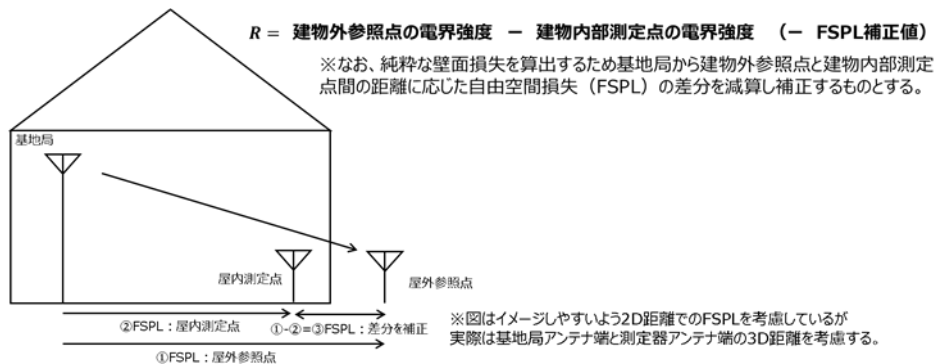
※ITU-R P2109-1 Traditional モデルの50%値

■ 計測指標

a.ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定にて測定した、下り受信電力値(SS-RSRP)を活用する。

■ 評価・検証方法

- ・仮説R値に基づくエリア図と、実測値から推定されるエリア図との比較結果を評価
- ・対象壁面内外で実測した受信電力から、電界強度差分を建物侵入損として検証
- ・精緻化したR値を用いてエリア図を作成し、実測値エリア図との比較を行いその妥当性を評価



実測値からのR値算出手法



カバーエリアおよび調整対象区域

実証結果 a. ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

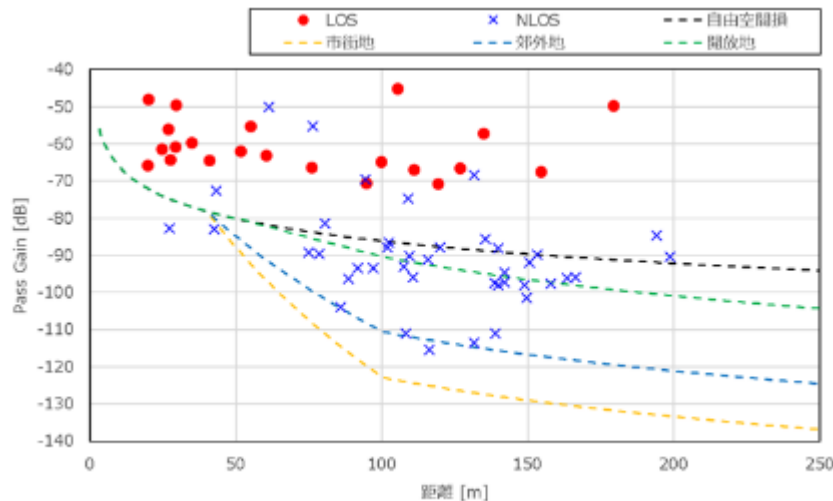
■ 分析結果

- ・実証環境における伝搬ロスから近似できる電波伝搬モデルは 奥村・秦式(中小都市、郊外地もしくは開放地)である。
- ・ターゲットエリア付近での伝送性能は DL平均176Mbps / UL平均45Mbps / RTT平均30ms

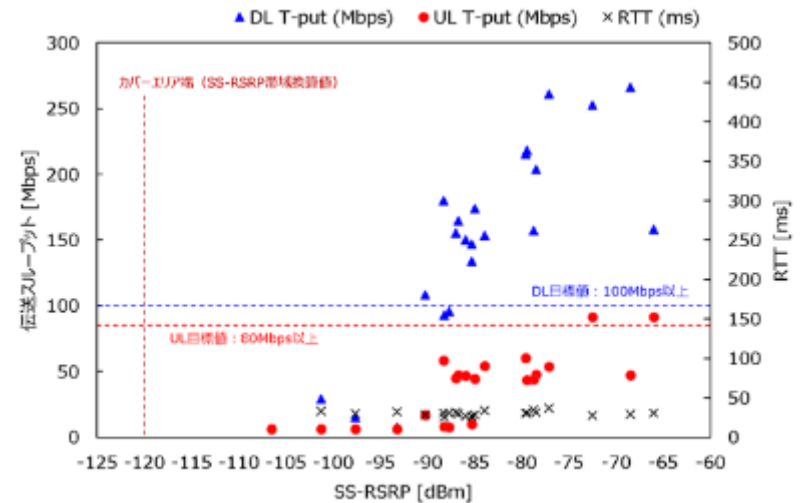
■ 考察結果

サービスエリア内においてカバーエリア閾値以上の受信電力値を得ることが出来たが、通信性能としてはUL伝送スループットで目標値としている80Mbpsを達成する地点が、-75dBm以上の受信電力値を得られる2カ所のみとなる。すなわち、本実証環境においてはカバーエリア以上の電力値が得られたとしてもUL伝送スループットの所要性能を達成することが出来ていない。

この結果から、本実証環境において所要性能を満たすためにはカバーエリア閾値以上の強い受信電力値を得るために、アンテナ指向性を絞る、もしくはターゲットエリアの近傍に置局する等のサイトエンジニアリングが必要である。



三壘側基地局(Tx2)からの伝搬ロスの距離特性



三壘側基地局(Tx2)を対象とした伝送スループットとSS-RSRP、RTTの関係

実証結果 b. I 電波伝搬モデルの精緻化

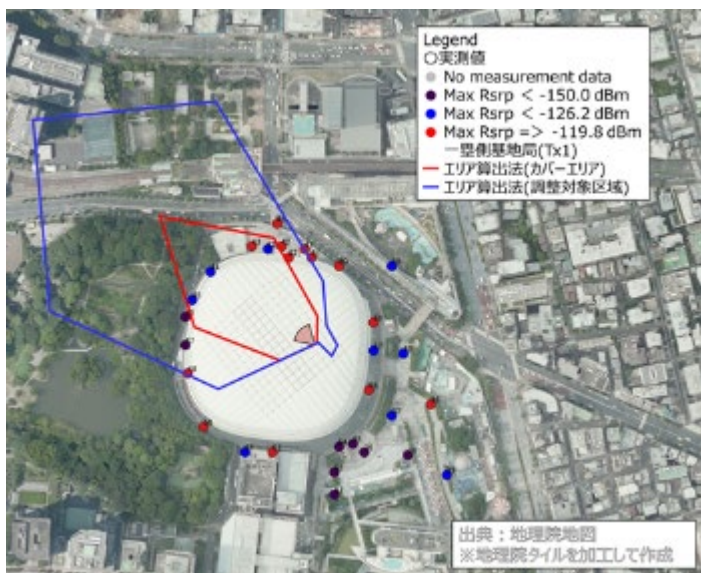
■ 分析結果

- ・実測値から算出される精緻化値Rは29.8dBとなる
- ・基地局周辺環境における電波伝搬モデルは開放地が望ましいと考えられる

■ 考察結果

東京ドーム外への電波漏洩の観点では、開口部の多い出入口付近においてはカバーエリア閾値以上の受信電力が観測された。また、外壁まで通路や店舗等の複数壁面もしくは中空空間が存在しており特定方向においては調整対象区域が、屋内に収まる傾向となる。

この結果から、大型スタジアムのような、方向毎に伝搬損失が異なる環境においては、特定方向へのビーム指向性を絞る、もしくは上階からの吹き降ろし行う置局設計が有効であると考えられる。



周波数	建物	材質	厚さ	面積率	精緻化値 R[dB]
4.7GHz	代表値				16.2
	鉄筋コンクリート、屋内店舗等によって構成されたスタジアム構造体 遮蔽となる壁は通路等によって中空空間が存在する	コンクリート	1.5m × 4層	4%	29.8
通路等による空間構造		33.5m	96%		

精緻化パラメータを用いたカバーエリア及び調整対象区域図

ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討 (課題実証)

実証概要

■概要

本実証では、ローカル5Gを活用したソリューションを企画・立案し、コロナ禍におけるスタジアム事業者にとって新たな収益を生み出すビジネスモデル・マネタイズプランを検証。ソリューションは、①360度自由視点映像配信システムをベースに、②オンライン・ギフトイングと、③デジタルトレーディングカードという2つのアプリケーションを選定。

実証は1/24に技術実証と合わせて東京ドームにて実施したほか、12/29の全日本バドミントン総合選手権準決勝にて撮影した自由視点映像を、SpoLive Interactive社が展開するスマートフォンアプリへ実装。1/17から2/8に渡り、コンソーシアムメンバーを含むユーザーに体験頂き、受容性アンケートを以て有効性を評価。

1/24の視察会では、東京ドーム内に16台の360度自由視点カメラと、2台の巡回カメラを設置して被写体を撮影。映像はL5G端末から映像制御装置に伝送し、施設内に設置されているサイネージへ投影するなど、参加者に体験頂いた。

■実証内容

図16-1の青枠、赤枠部分についてシミュレーション環境のもと、論理検証※¹を行った。実証フィールドは東京ドーム、CIC Tokyo、三菱電機(4拠点6場所)。

■実証目標

下記ソリューションにおける受容性評価及びビジネスモデル検証

- ①360度自由視点映像配信システム
- ②オンライン・ギフトイングアプリ※²
- ③デジタルトレーディングカードアプリ※²

※¹ 本実証の検証期間と東京ドームの改修期間が重複してしまったため

※² ②及び③は既存アプリのサービスへ①で撮影した映像を組み込んで実装

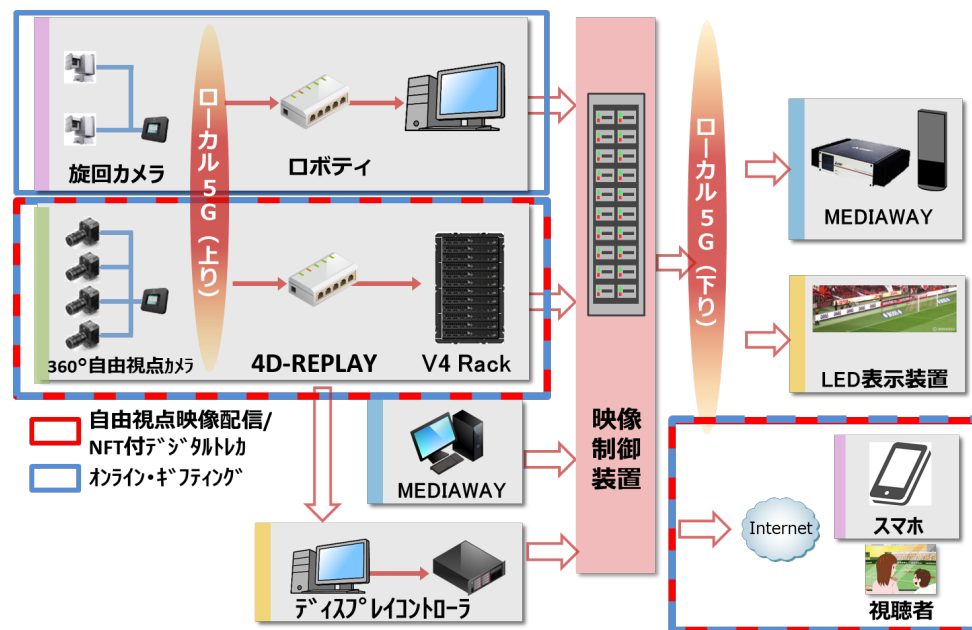


図16-1 実証システムの構成

背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

■コロナ禍における事業者の課題

スタジアムにおける主要興行はプロ野球と音楽ライブイベントで大半を占めるが、コロナの影響で入場制限が掛かっている。そのため、音楽ライブイベントは基本無観客、プロ野球は上限5,000人(緊急事態宣言発出の場合は無観客)での開催となっており、来場者に対する飲食等の物品販売の他、チケット売上・グッズ売上による手数料収入(図中①)が大きく落ち込んでいるほか、施設内の看板やフェンスによる企業広告(図中②)にも少ない影響が出ており、厳しい事業状況。

■課題解決のためのソリューション

本実証では、従来の1stベニュー(会場来場者)による収益①②に加えて、2ndベニュー(非来場者)からの収益(図中③)獲得による課題解決を図る。2ndベニュー向けに、付加価値の高い映像である自由視点映像を核とする、以下の3つのソリューションについて検証を行う。

①360度自由視点映像配信システム

視聴者が任意の角度からの映像を選択して視聴するサービス

②オンライン・ギフティングアプリ

自由視点映像を活用し、選手やチームに対して投げ銭を行うサービス

③デジタルトレーディングカードアプリ

NFTに対応した自由視点映像によるトレーディングカードのサービス

本実証は、コロナのまん延により苦境に陥ったプロ野球・スタジアムの経営を2ndベニューの顧客獲得により改善することにフォーカスをしているが、最終的な目標はコロナ解消後の2ndベニューによる新市場への備えや、メタバースへの対応にある。

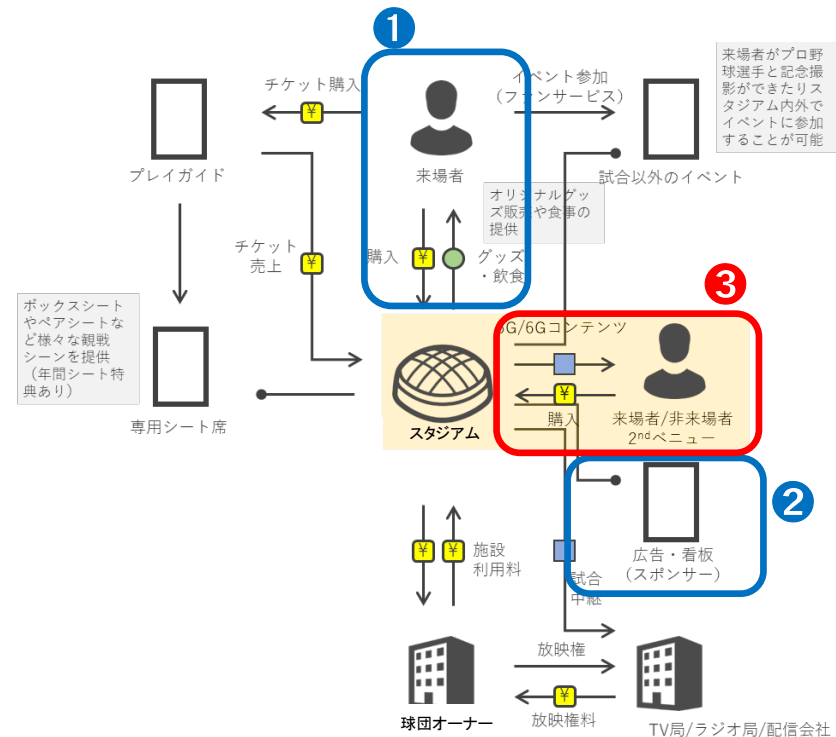


図17 ローカル5Gソリューション適用後のビジネスモデル

背景となる課題を踏まえた実装シナリオ・実証目標

■課題実証の位置づけ

本実証では、課題解決のためのソリューションを一連の流れで行うことはできないため、ソリューションに必要な機能は実機にて、ソリューションの有効性についてはシミュレーション環境で行う。本実証で機能検証とソリューションの有効性検証を行うことで、社会実装に必要な要件と課題を洗い出す。

図18-1に①360度自由視点映像配信システム、図18-2に②オンラインギフティングアプリ、図18-3に③デジタルトレーディングカードアプリの有効性を検証するビジネスモデルの概要を示す。

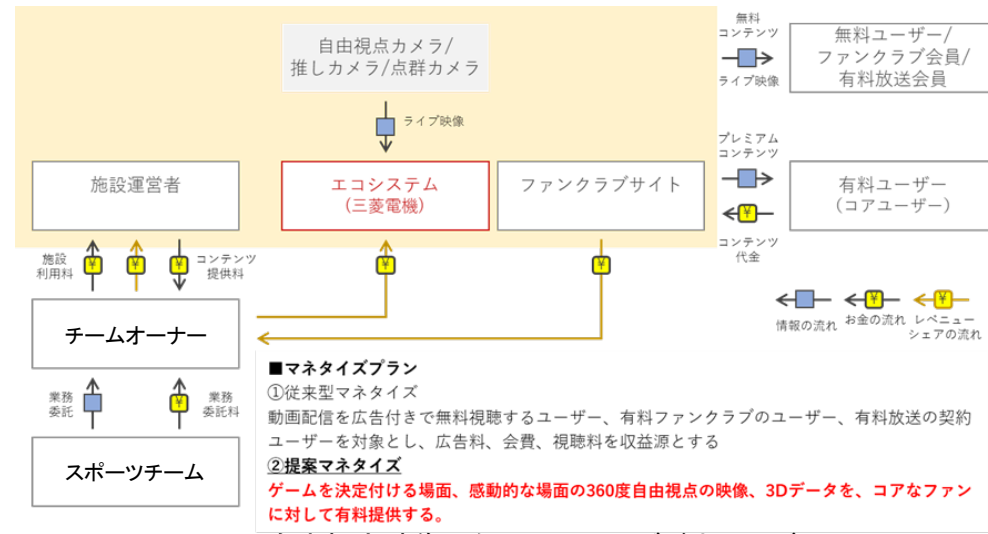


図18-1 自由視点映像配信システムのビジネスモデル

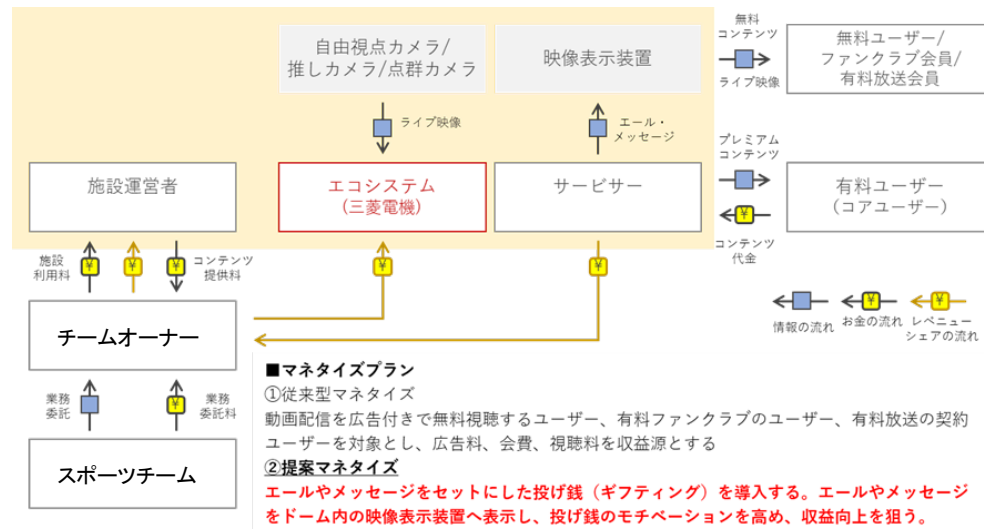


図18-2 オンラインギフティングのビジネスモデル

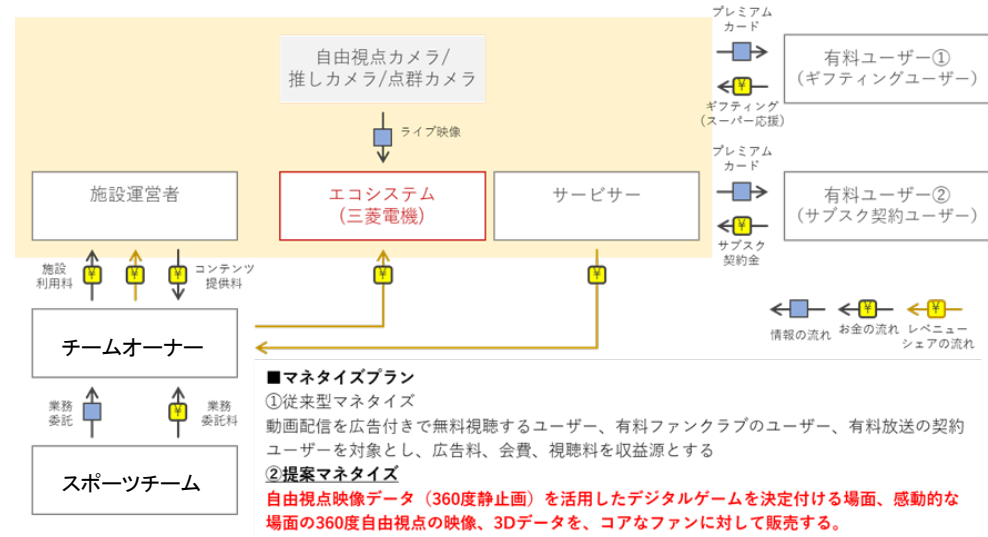


図18-3 デジタルトレーディングカードアプリのビジネスモデル

実証環境

図19-1は、東京ドームに構築した実証環境を示す。図19-1の青で囲った部分がオンラインギフティング、赤で囲った部分が、自由視点映像配信とNFT付きデジタルトレカの実証範囲となる。但し、東京ドームでプロ野球等の試合撮影はできないため、オフラインで別競技(第75回全日本総合バドミントン選手権大会等)を撮影した映像を利用して、課題実証を実施した。

■自由視点映像配信システム

課題検証用にテコンドー、野球、サッカー等の自由視点映像を準備し、タブレットにて体験を実施。図19-2はタブレットのスクリーンショットで、被験者は、画面上のアイコンで視聴角度の制御や時間の制御を行える。

■オンラインギフティングアプリ・デジタルトレーディングカードアプリ

図19-4はオフラインで構築した実証環境である。応援アプリサーバーと4DReplayの自由視点映像サーバーとの連携により、応援アプリ上での自由視点映像の視聴を可能としている。図19-3は応援アプリのスクリーンショットである。

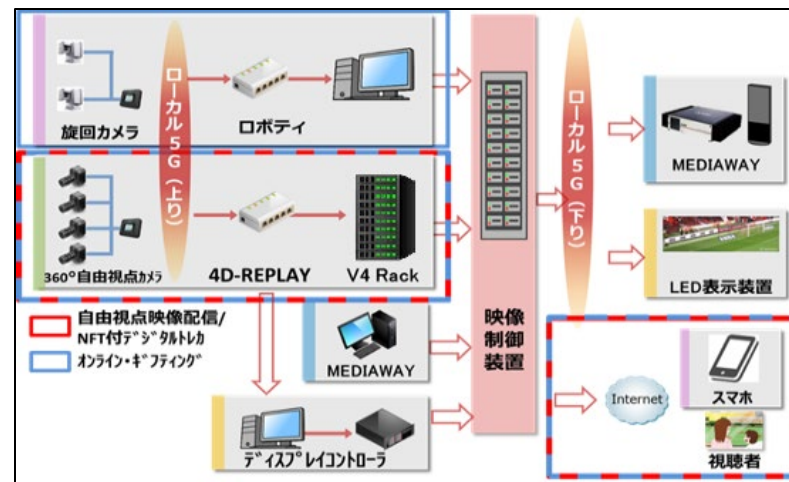


図19-1 実証環境(東京ドーム)



図19-2 自由視点映像配信システム

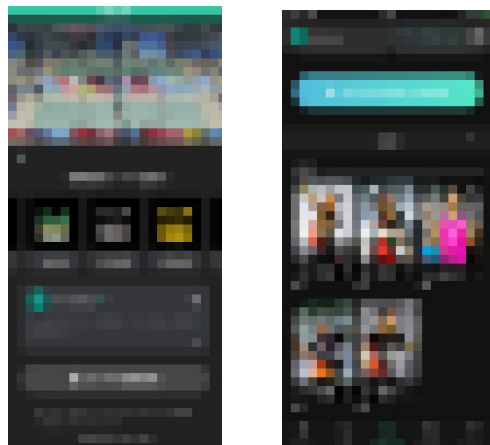


図19-3 オンラインギフティングアプリ
デジタルトレーディングカードアプリ

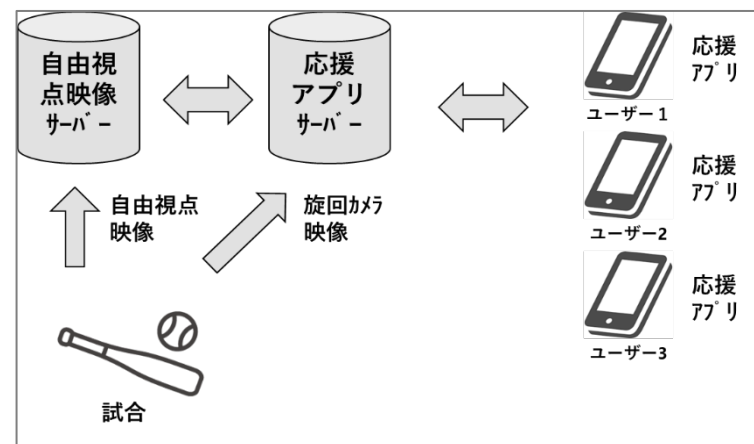


図19-4 オンラインギフティングアプリ
デジタルトレーディングカードアプリの実証環境

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■効果検証

1. 360度自由視点映像配信システム

評価・検証項目

評価項目は右記アンケート項目

評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

実証結果・考察

一般統計評価(Top1/2評価及びフィードバックコメント)

考察

360度自由視点映像には多くの被験者が魅力的だと感じた一方で、スムーズな動作やユーザーインターフェースの向上には改善の余地がある。また現段階では特定のオペレーションシステムやWebブラウザに依存しており、より多くのサービスへ展開していくにはSDK(Software Developer Kit)や標準API(Application Interface)の検討も必要であり、コンソーシアムメンバーである4DReplay社とは引き続き協議する。

なお上下方向への移動やズーム機能、マルチアングル化など、受容性アンケートで得られた要望に対してはマネタイズを鑑みつつもサービス設計へ反映していく。

Q10. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	89	55%
やや魅力的である	60	37%
どちらとも言えない	9	6%
あまり魅力的でない	2	1%
魅力的でない	1	1%
総計	161	2%

表20 自由視点映像配信システムのアンケート項目

360度自由視点映像について

Q10. 魅力を感じましたか？

Q11. 目新しいと思いましたか？

Q12. 使ってみたいと思いますか？

Q13. Q12で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？

Q14. Q12で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？

Q15. 他の人に勧めたいですか？

Q16. 改善すべき点があればご記入ください。

Q17. 期待する点があればご記入ください。

Q18. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

Q11. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	43	27%
ややそう思う	73	45%
どちらとも言えない	24	15%
あまり思わない	18	11%
思わない	3	2%
総計	161	

Q12. 使ってみたいと思いますか？

	回答数	率
そう思う	59	37%
ややそう思う	81	50%
どちらとも言えない	11	7%
あまり思わない	9	6%
思わない	1	1%
総計	161	

図20 自由視点映像配信システムのアンケート結果

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■効果検証

2. オンラインギフティング

評価・検証項目

評価項目は右記アンケート項目

評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

実証結果・考察

一般統計評価(Top1/2評価及びフィードバックコメント)

考察

受容性アンケートの結果、オンラインギフティングには一定の評価はあったものの、ギフティングに対する見返りや報酬を求める意見が数多く寄せられた。主に特定の選手に対してギフティングできる機能やその選手からのコメントバックが付加価値になり得るほか、ギフティングユーザーと選手・チームとのあいだにおけるインタラクティブ性が重要視されていることが判った。そのほか、ギフティングの単価設定やギフティングルールにも課題感を持たれた方が多く、特に若年層に対するケアについては検討の余地を残した。

一方で、収益の大半がチームや選手個人へ配分されるSpoLiveアプリのサービス設計思想についてはほとんどの被験者から共感を得ており、地域密着型のスポーツ事業やアマチュア、学生スポーツを含むマイナー競技への展開にも可能性を感じる結果となった。

表21 オンラインギフティングのアンケート項目

オンラインギフティングについて

Q19. 魅力を感じましたか？

Q20. 目新しいと思いましたか？

Q21. 使ってみたいと思いますか？

Q22. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？

Q23. Q21で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？

Q24. 他の人に勧めたいですか？

Q25. 改善すべき点があればご記入ください。

Q26. 期待する点があればご記入ください。

Q27. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

Q19. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	35	22%
やや魅力的である	61	38%
どちらとも言えない	44	27%
あまり魅力的でない	17	11%
魅力的でない	4	2%
総計	161	

Q20. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	33	20%
ややそう思う	56	35%
どちらとも言えない	30	19%
あまり思わない	31	19%
思わない	11	7%
総計	161	

Q21. 使ってみたいと思いますか？

	回答数	率
そう思う	18	11%
ややそう思う	54	34%
どちらとも言えない	43	27%
あまり思わない	29	18%
思わない	17	11%
総計	161	

図21 オンラインギフティングのアンケート結果

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■効果検証

3. デジタルトレーディングカード

評価・検証項目

評価項目は右記アンケート項目

評価・検証方法

デモンストレーション体験及び受容性アンケートの実施

実証結果・考察

一般統計評価(Top1/2評価及びフィードバックコメント)

考察

デジタルトレーディングカードについては、コレクションの意味付けに関する意見が数多く寄せられ、ただ集めるだけでなく交換できるサービスやデジタルならではの機能(動画・自由視点映像の組み込みなど)に付加価値が見出せることや、不正な複製への対策やカードのレアリティ感アップに改善の余地があることが明らかに。

またオンラインゲームなどへの展開に加えて、3D化への期待感があるなど、今後のサービス設計に有用なコメントが数多く得られる結果となった。

表22 デジタルトレーディングカードのアンケート項目

デジタルトレーディングカードについて

Q28. 魅力を感じましたか？

Q29. 目新しいと思いましたか？

Q30. 使ってみたいと思いますか？

Q31. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。どの程度の利用料金なら使ってみたいですか？

Q32. Q30で「そう思う」「ややそう思う」を選択された方のみお答えください。誰とどのように使ってみたいですか？

Q33. 他の人に勧めたいですか？

Q34. 改善すべき点があればご記入ください。

Q35. 期待する点があればご記入ください。

Q36. その他お気づきの点があれば、ご自由にご記入ください。

Q28. 魅力を感じましたか？

	回答数	率
魅力的である	24	15%
やや魅力的である	62	39%
どちらとも言えない	33	20%
あまり魅力的でない	35	22%
魅力的でない	7	4%
総計	161	

Q29. 目新しいと思いましたか？

	回答数	率
そう思う	39	24%
ややそう思う	53	33%
どちらとも言えない	40	25%
あまり思わない	23	14%
思わない	6	4%
総計	161	

Q30. 使ってみたいと思いますか？

	回答数	率
そう思う	15	9%
ややそう思う	47	29%
どちらとも言えない	45	28%
あまり思わない	41	25%
思わない	13	8%
総計	161	

図22 デジタルトレーディングカードのアンケート結果

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■ 機能検証

現時点における360度自由視点映像システムは、有線接続環境がベースとなっており、本検証ではローカル5G環境（無線接続環境）下においても映像の生成・合成が可能であるかどうかを確認。

ローカル5G端末を上り下り回線同時に使用する場合（映像を合成しながら、合成映像を表示させる）と、上り回線のみで使用する場合（予め合成した映像を映像装置へ表示させる）について、30秒間の合成映像を生成可能な最大カメラ台数を確認。結果、上り回線のみで使用する場合は最大16台のカメラ映像を合成することができたが、上下回線同時に使用する場合は、12台に留まる結果となった。

その主な要因については以下の通り。

- 回折や反射等の影響で、移動機の上り通信が他のRUに対して多少とも干渉源となっている。
- 下り高速通信中の移動機の下り受信データに対するACKやNACK等の応答信号を上りで送出することによる上り無線リソースを圧迫している。

考察：最大144Mbpsの上り通信が得られず、最大カメラ接続台数が12台となったものと考えられる。

No.	機能検証項目	検証項目	結果
1	360度自由視点映像システム	自由視点映像の合成	上り下り回線同時使用：最大12台のカメラ映像を合成に成功 上り回線のみ使用：最大16台のカメラ映像を合成に成功
2	旋回カメラシステム	映像ストリーム伝送 旋回カメラ制御	良好：カメラ映像の伝送、旋回制御、パケットロスの有無、Viewerの映像伝送を確認して成功
3	サイネージシステム	映像ストリーム伝送 表示端末制御	良好：ストリーミング映像伝送、映像伝送遅延、システム制御可否を確認して成功
4	LED表示装置システム	映像ストリーム伝送	良好：HD-SDI映像を伝送して成功

旋回カメラシステム、サイネージシステム、LED表示システムでも同様の実証を行ったが、特に問題もなく稼働した。

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■運用検証

本実証システムにおける360度自由視点映像システムは、撮像の視点を定める必要があるため、スタジアムでは「1つの設備」として常設されており、カメラ位置やケーブル類は固定された状態で運用されている。そのため、他のイベントに適用させようとする、都度カメラの調整や配線を引き回す必要がある。自由視点映像システムから取得する自由視点映像は、本実証におけるNFT付き自由視点映像データ(デジタルトレーディングカード)販売ソリューション及びオンラインギフティング・ソリューションにおいても活用されることから、自由視点映像システムにおけるカメラ設置や配線等にかかる課題は、デジタルトレーディングカード・ソリューションやオンラインギフティング・ソリューションも含めた本実証システムを導入する際の運用課題となる。しかしローカル5Gではカメラと基地局とを無線でつなげることができるため、配線の引き回しも必要なく、カメラも動かすことが可能となるため、コンサートなどのイベントにも本システムを適用することが可能となる。以下、従来の固定されたシステム、有線により可搬化したシステム、ローカル5Gにより可搬化したシステムの、3つのケースにおけるコスト比較検証結果を示す。

評価結果

図23は従来の固定されたシステムのコスト試算結果を示し、図24は有線とローカル5Gで可搬化されたシステムのコスト試算を示す。

従来の固定されたシステム

固定式のため、野球以外のイベントには利用できないため、年間の利用日数は、ホームでの試合数である72試合とする。1日あたりのシステムコストは、約67万円となる。

費目	固定設置
(1)機材(H/W) 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(XX百万) カメラ設置台数 60台 XX百万
(2)初期設置工事 償却年数 5年 費用	大型スタジアムを想定(XX百万) カメラ設置台数 60台 XX百万
(3)4Dシステム運営費用(プロ野球のみ年間72試合) 費用	システムのオペレーション(72試合分)、ライセンス、保守費用を含む年間契約 XX百万
年間総費用	48百万
1日あたりの費用	0.67百万

■ 機器・工事費用 ■ 4DReplay社費用

図23 従来の固定されたシステムのコスト試算

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの有効性等に関する検証）

■運用検証

カメラを可搬化することで、野球以外のイベントでシステムを利用することが可能となるため、従来の固定式と比較して、有線の場合で約30%、ローカル5Gの場合で約50%（対有線で25%）の削減が期待される。本試算では、自由視点システムをスタジアムで購入することが前提のため、イベント数が多ければ多いほどコストが下がるが、イベントの少ない地方のスタジアムの場合、本試算ほどの効果は期待できない。地方においては、イベントの度に自由視点映像システムをリースまたはレンタルするような仕組みが必要となる。

課題1 カメラの設置・調整

ローカル5Gを適用した可搬化したシステムでは、カメラの設置調整が都度必要となるため、全国展開をした場合、大規模なサービス提供網の構築が必要となる。上記試算では、4DReplay社にて対応することを前提としているが、現在の体制では対応は困難なため、例えば、映像関連のソリューションを提供している三菱電機システムサービス(株)が保有する全国ネットのサービス網を活用するなどの検討が必要である。

課題2 システムのオペレーション

ローカル5Gを適用したシステムにおいても、カメラが固定されたシステム同様に現地にて、リプレイ映像を編集する等のオペレーション要員の確保が必須となっているため、全国展開が困難な状況にある。4DReplay社では、一拠点から各スタジアムの自由視点映像システムに、遠隔操作を可能する体制を構築中である。こうした体制が構築できれば、現地に要員を配置する必要がなく、効率的に全国のスタジアムのオペレーションが可能となる。

費目	有線接続	ローカル5G接続
(1)機材(4Dシステム) 償却年数 5年	大型スタジアムを想定(XX百万) カメラ設置台数 60台 (仮設のため工事費は無し)	大型スタジアムを想定(XX百万) カメラ設置台数 60台
機材(ローカル5Gシステム) 償却年数 5年		ローカル5G基システム一式(XX百万) 但し、2025年を想定した価格
費用	XX百万	XX百万
(2)試合毎の作業（プロ野のみ） 開催中は他のイベントは実施せず 年間試合数 72試合	イベント毎のカメラの設置(仮設) X百万 3人日(3人 X 1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) X百万 1人日(1人 X 1日)
	イベント毎のカメラの調整 X百万 1人日(1人 X 1日)	イベント毎のカメラの調整 X百万 1人日(1人 X 1日)
費用	XX百万	XX百万
	システムのオペレーション X百万 1人日(1人 X 1日)	システムのオペレーション X百万 1人日(1人 X 1日)
費用	XX百万	XX百万
(3)イベント毎の作業（プロ野球除く） 年間イベント回数 XX回	イベント毎のカメラの設置(仮設) X百万 3人日(3人 X 1日)	イベント毎のカメラの設置(仮設) X百万 3人日(3人 X 1日)
	イベント毎のカメラの調整 X百万 1人日(1人 X 1日)	イベント毎のカメラの調整 X百万 1人日(1人 X 1日)
費用	XX百万	XX百万
年間イベント日数 XX日 (2日/イベント)	システムの運営・操作 X百万 1人日(1人 X 1日)	システムの運営・操作 X百万 1人日(1人 X 1日)
費用	XX百万	XX百万
(4)4Dシステム運営費用 年間契約 ライセンス、保守費用を含む年間契約	ライセンス、保守費用を含む年間契約	ライセンス、保守費用を含む年間契約
費用	XX百万	XX百万
年間総費用	129百万	96.4百万
1日あたりの費用	0.47百万	0.35百万

■ 機器・工事費用

■ 4DReplay社費用

図24 可搬化されたシステムのコスト試算

実証内容（ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証）

■ローカル5G活用モデルの構築・検証

機能検証及び、ソリューションの有効検証の結果、以下のローカル5G活用モデルを整理した。

	360度自由視点映像配信システム	NFT付き自由視点映像データ販売 (デジタルトレーディングカード)	オンラインギフティング
想定される具体的な主体及びターゲット			
地域	全国のスタジアム・アリーナ	全国のスタジアム・アリーナ	全国のスタジアム・アリーナ
市場	スポーツ市場・ライブエンターテインメント市場	スポーツ市場・ライブエンターテインメント市場	スポーツ市場・ライブエンターテインメント市場
ユーザ	来場者及びオンライン視聴者 ※一般ユーザ向け	来場者及びオンライン視聴者 ※コアユーザ向け	来場者及びオンライン視聴者 ※コアユーザ向け
対象となるシステム			
	自由視点映像撮影システム	自由視点映像撮影システム	旋回カメラシステム
詳細の前提条件			
	選手・アーティストの肖像権に関する協議	選手・アーティストの肖像権に関する協議	スタジアム運営会社との協業スキーム
標準モデル			
	図18-1のビジネスモデル	図18-2のビジネスモデル	図18-3のビジネスモデル
体制・事業スキームのモデル			
事業・運営主体	スタジアム運営会社	スタジアム運営会社	スタジアム運営会社
5G免許人	地域ネットワーク事業者	地域ネットワーク事業者	地域ネットワーク事業者
システム構築	三菱電機(4D Replay)	三菱電機(4D Replay)	三菱電機
その他	映像配信:スタジアム運営会社	-	-
導入効果			
	来場者数の増加 非来場者による売上・収益向上	非来場者による売上・収益向上	非来場者による売上・収益向上

今後は、スタジアム運営会社のほか、興行主（プロモーター）にもニーズのヒアリングを実施し、ソリューションの疑似体験会などを通じて普及を進める。また、東京ドームのような大規模でない地方のスタジアムは、多くの機材やネットワーク環境を必要としないため、オンプレミスシステムのサブセットで構成されるクラウドシステムの展開についても検討し、初期投資コストを抑制した、参入しやすい事業環境づくりも目指す。

実証内容（ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討）

■実装に向けた課題と解決策

課題	解決策
事業者間の連携に要するコストと期間(自由視点映像の応援アプリケーションへの組込み)	当初の仮説通り、課題であることを確認した。容易な連携を実現するための仕組みを構築する
デジタルトレカの肖像権を取り扱いが一元化されていない場合は調整作業が非常に煩雑	関連団体等で一元管理してもらう等の対応が不可欠(バドミントンでは肖像権は個人毎の契約のため調整に手間取った)
サービス提供のためのネットワーク環境の脆弱性(LTEでの自由視点映像配信では操作性に課題あり)	・通信環境に応じて解像度をスケーラブル配信する仕組みの導入 ・5G環境の普及
若年層に対するオンライン・ギフティングの歯止め対策	・本人認証の厳格化(顔認証、指紋認証等) ・投げ銭金額の上限設定

■継続利用の見通し・実装計画

ローカル5G機器ほかサイネージ等は短期レンタルとして利用し契約期間終了している。東京ドームは22年3月リニューアルオープンを迎えたところであり、新たな5G導入や新システムの導入検討は今後も継続的に議論される場所であるが、すぐの導入は困難な状況である。また、今回の実証は自由視点映像を生成する上で最小限の16台のカメラ映像の伝送を試みたが、現システムでの伝送は12台が限界となっており、商用ベースでの60台での運用は、コスト、性能の面からも難しい状況である。東京ドームに対しては、ローカル5Gの価格、性能が要件を満たす時期(25年以降)を目標に、継続して検討・提案を行う計画である。

■実行計画

プロ野球やJリーグなど大規模な興行/施設等をターゲットとしたローカル5G活用モデルの事業化に向けては、ローカル5G設備に係るコストの低減及び要件を満たす性能の検証を継続するとともに、ターゲットに応じたソリューション・サービスメニューの開発等が必要である。そのため、引き続き、スタジアム事業者、チーム運営事業者等の各ステークホルダーのニーズに合致した、経済性評価、運営性等について、具体的かつ多面的な検討を進める。その一環として、ローカル5G設備の段階的な導入を見据え、カメラを固定してサービス提供が可能な顧客や、有線が大きな負担とならない狭小な施設の顧客などを対象にソリューションの導入及び事業化を進める。こうした方向性について、22年度は、顧客とのプロトタイプングを実施し、23年度からの事業化を目指す。また、イベント、コンサート等スポーツ以外の興行や関連施設への横展開も平行して検討し、24年度からの本格事業化を目指す。

実証内容（課題実証における追加提案）

ローカル5Gを用いたソリューションの高度化に関する実証として、サービスやアプリケーションごとにネットワークスライスを構築し、サービスのスケジュールに合わせてスライス単位で通信ネットワークを管理し、サービスの変化へのより高度な対応について検証を行った。

■実証内容

ストリーミング配信トラフィックを収容するスライスを生成し、スライシング制御システムによるスライス制御(生成・更新・削除)によるサイネージ表示映像およびネットワーク全体トラフィックへの影響を評価した。

■検証結果

スライス制御による設定時間の検証結果から、ストリーミング配信サービスにおいてはサービス開始の数秒前にネットワーク更新が完了し、映像データが導通する状態にすることにより、正常にサービスを提供可能であることが確認できた。

■考察

ストリーミング配信が使用していない時間帯については他のサービスがネットワークを利用することが可能であり、サービススケジューリングに合わせてスライスを用いたネットワーク制御を行うことによりネットワークの有効利用が実現できると考えられる。

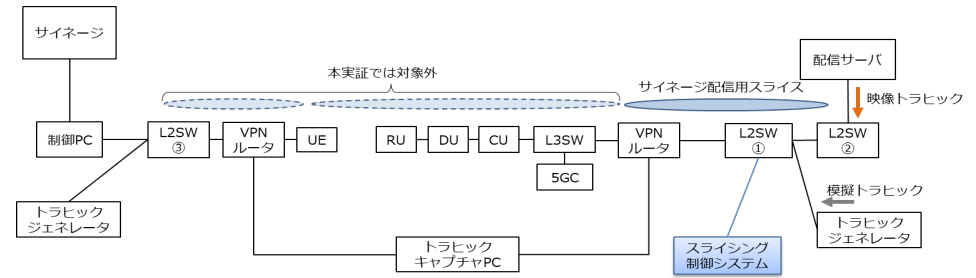


図25-1 スライス制御検証系

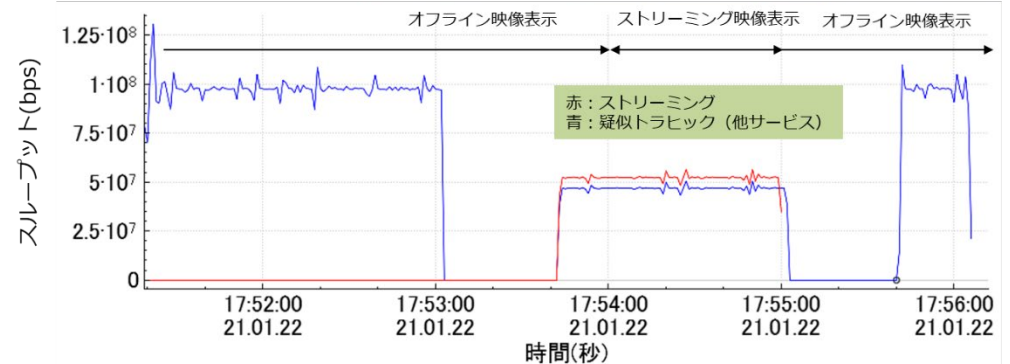


図25-2 サイネージ表示映像とスライス制御によるスループットの遷移

まとめ

<まとめ>

技術実証として、東京ドームにおいて、屋外でも利用可能な4.8～4.9GHzローカル5Gシステムを用いて、スタジアム環境における電波伝搬特性を測定し、電波伝搬モデルの精緻化を行った。

ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定結果では、ドーム球場内の開放的なエリアにおいて、損失が少ない自由空間損失に近い電波伝搬傾向が得られた。

電波伝搬モデルの精緻化値Rは実測値から29.8dBとなり、環境要因から推定される仮設値16.2dBより大きくなることが知見として得られた。

課題実証として、360度自由視点映像システムで合成した映像を応援アプリケーションと組み合わせ、NFT付きデジタルトレカ、オンラインギフティングを体験する実証を行った。

360度自由視点映像は多くの被験者が魅力的であるとする意見が得られた。一方、商用化に向けたアプリケーション開発の必要性などの課題が得られた。

今後、スタジアム事業者、チーム運営事業者等の各ステークホルダーの経済性・運営性等について具体的かつ多面的な検討を行い、ユーザーニーズに合致したシステム提案に進化させていく。

別紙

別紙1

	検証項目	検証結果	課題内容 (何を)	解決策 (だれが、どうする)	検証項目
4.4.1.1 効果検証					
360度自由視点 映像配信システム	一般ユーザに対する受容性の有無 ①魅力度、②目新しさ、③使ってみたさ	受容性有り ①90%、②70%、③80%	特定の端末やOS・ブラウザでのみ動作	マルチOS・ブラウザへの対応 (4D Replay)	OS検証 (iOS・Android) ブラウザ検証 (Safari・Chrome・Edge)
			アプリケーションの操作性	SDK・API仕様の策定 (4D Replay)	SDK (iOSアプリ用・Androidアプリ用) API (サーバーサイド設計仕様)
オンライン ギフトングアプリ	コアユーザーに対する受容性の有無 ①魅力度、②目新しさ、③使ってみたさ	受容性有り ①60%、②50%、③50%	インタラクティブなサービス運営 (モチベーション向上施策)	スタジアム事業者との連携・協議 (三菱電機)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・ 価格設定など)
				スポンサー企業との連携・協議 (三菱電機)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・ 価格設定など)
デジタルトレーディング カードアプリ	コアユーザーに対する受容性の有無 ①魅力度、②目新しさ、③使ってみたさ	受容性有り ①50%、②50%、③40%	レアリティ感を担保するための制度 設計	スタジアム事業者との連携・協議 (三菱電機・SpoLive)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・ 価格設定など)
				スポンサー企業との連携・協議 (三菱電機・SpoLive)	イベント検証 (提供コンテンツ・メニュー・ 価格設定など)
4.4.1.2 機能検証					
360度自由視点 映像配信システム	360度自由視点映像の合成可否 ①上下回線同時使用	電波干渉が発生してしまい、同時接 続台数は12台	電波干渉改善	エリア設計精度及び能力の向上 (NTTドコモ)	-
			基地局/端末間のスループット性能向 上	基地局/端末の能力向上 (NTTドコモ)	-
				基地局設置台数/設置個所の調整 (NTTドコモ)	-
	同上 ②上り回線のみ使用	特に問題なく、同時接続台数は16台	-	-	-
巡回カメラシステム	映像伝送・カメラ制御・映像スト リーム伝送状態・映像制御装置への 出力	全てにおいて良好	-	-	-
サイネージシステム	ストリーミング映像表示・サイネー ジ表示	全てにおいて良好	-	-	-
LED表示装置システム	HD-SDI映像信号の無線伝送可否	良好 (有線接続と同等品質)	-	-	-
オンライン ギフトングアプリ	4D Interactive映像の再生可否	不可 ※Webアプリ非対応	映像+ジョイスティック機能の埋め 込み	Web埋め込み機能の開発 (4DReplay)	Web自動再生 ※embeddedタグ or iframeタグ対応
	4D Replay映像の再生可否	可 ※Youtube動画として再生可能	-	-	-
デジタルトレーディング カードアプリ	4D Interactive映像の再生可否	不可 ※Webアプリ非対応	映像+ジョイスティック機能の埋め 込み	Web埋め込み機能の開発 (4DReplay)	Web自動再生 ※embeddedタグ or iframeタグ対応
	4D Replay映像の再生可否	可 ※Youtube動画として再生可能	-	-	-

別紙2

	検証項目	検証結果	課題内容 (何を)	解決策 (だれが、どうする)	検証項目
4.4.1.3 運用検証					
360度自由視点 映像配信システム	シームレスな動画再生の可否	4D Interactive映像についてはほぼ定常的に遅延が発生	拠点間ネットワーク負荷の低減 ※スタジアムクラウド間	外部との通信環境の強化および冗長性の検討 (三菱電機)	冗長化設計 (ロードバランシング、リソース分散化)
				映像データの軽量化及び圧縮化 (三菱電機)	映像データ圧縮 (MPEG・Motion JPEGなど)
			リアルタイム運用に耐えうるサーバー設計	スタジアム規模に応じたサーバー設計 (三菱電機)	設計種別 (オンプレ・クラウド・ハイブリッド)
	映像撮影スキルの要否	キャリブレーション等の基本スキルセットが必要 ※4DReplay社でのみ対応可能	基本撮影スキルの習得 ※4D Interactive/4D Replay映像	オンライン接続による遠隔操作 (4DReplayにて開発中)	オペレーションシステム開発
				映像制作の専門要員を三菱電機社内 に育成する (4DReplay)	育成計画・育成人数
				映像の撮り直しが頻繁に発生	応用撮影スキルの習得 ※付加価値の高い映像の撮影
撮影データの利用許諾	プロモータだけでなく、個人契約事務所、スポンサーへも許諾を取り付ける必要あり	肖像権および著作権への対応	映像制作のスペシャリストと契約しクリエイターを育成する (三菱電機)	-	
オンライン ギフトングアプリ	サービス設計	課金制度（アッパー設定など）に検討の余地あり	若年層に対するセーフティネットの検討や制度設計	サブスク（定額）メニューの検討 (三菱電機・SpoLive)	受容性評価 (単価、適用範囲、興行種別など)
	ビジネスモデルの妥当性	事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	ビジネスモデルの再考	ステークホルダー・関係会社との協議 (三菱電機)	-
デジタルトレーディング カードアプリ	サービス設計	トークン発行に伴うコストインパクトは要検証	NFT化に向けたコスト設計	NFTサービスの使い分け (三菱電機・SpoLive)	サービス検証 (ローカルNFT・グローバルNFT)
				アフターマーケット市場への参入 (三菱電機)	相互運用性
	ビジネスモデルの妥当性	事業主体は誰か、情報・モノ・カネの流れについて再考の余地あり	ビジネスモデルの再考	ステークホルダー・関係会社との協議 (三菱電機)	-