

地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた
開発実証に係る街づくり・地域振興分野における
ローカル5G等の技術的条件等に関する調査検討の請負
(eスポーツ等を通じた施設の有効活用による地域活性化
の実現)

成果報告書

令和3年3月31日

東日本電信電話株式会社

目次

1. 全体概要	5
1.1 背景・目的	5
1.2 実施事項及び実証目標	6
1.2.1 実証事項の概要	6
1.2.2 実証目標の概要	9
1.3 実施体制	10
1.4 実証のスケジュール	12
1.5 免許申請の概要	13
1.5.1 申請者、申請先、申請概要	13
1.5.2 次年度以降の申請対応	17
1.5.3 申請者を免許人とした理由	18
2. 実証地域	19
2.1 実証地域の概要	19
2.2 実証環境	20
2.3 地域課題等	25
3. 実証環境の構築	31
3.1 ネットワーク構成	31
3.1.1 ネットワーク・システム構成図（全体像）	31
3.1.2 基地局配置図	32
3.1.3 無線局免許	34
3.1.4 構築スケジュール	36
3.2 システム機能・性能・要件	36
3.2.1 コアネットワーク	37
3.2.2 ローカル5Gの基地局等無線通信システム	39
3.2.3 キャリア5Gの基地局等無線通信システム	52
3.2.4 Wi-Fi6の無線通信システム	56
3.2.5 4G（LTE）の無線通信システム	58
3.2.6 有線通信システム	59
3.2.7 eスポーツゲーミングPC	60
3.2.8 映像配信システム	63
3.2.9 eスポーツ脳科学システム	73
3.2.10 通信回線	75
3.3 実証環境の運用	76
3.3.1 実証参加者への研修内容	76
3.3.2 ヘルプデスク体制	77
3.3.3 不具合・問合せ管理	78

3.4 関連事業.....	79
4. 課題解決システム.....	80
4.1 前提条件.....	80
4.2 実証目標.....	81
4.2.1 ローカル5G eスポーツシステム.....	81
4.2.2 高画質配信・マルチビューイングシステム.....	81
4.2.3 ライブビューイングシステム.....	81
4.2.4 遠隔コーチングシステム.....	81
4.3 課題解決システムに関する実証及び評価・分析.....	82
4.3.1 ローカル5G eスポーツシステム.....	82
4.3.2 高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム.....	116
4.3.3 ライブビューイングシステム.....	121
4.3.4 遠隔コーチングシステム.....	143
4.4 課題解決システムに関する効果検証.....	147
4.4.1 実証概要.....	147
4.4.2 課題解決システムごとの実証.....	147
4.5 課題解決システムに関する機能検証.....	153
4.5.1 実施概要.....	153
4.5.2 必要な機能と検証内容/方法と検証結果.....	154
4.5.3 考察.....	155
4.6 課題解決システムに関する運用検証.....	158
4.6.1 実施概要.....	158
4.6.2 競技品質.....	159
4.6.3 機器や端末の設置・接続方法.....	160
4.6.4 ローカル5Gの運用.....	161
4.6.5 基地局・機器等設備の盗難対策.....	162
4.6.6 情報セキュリティ対策.....	165
4.6.7 eスポーツ施設のセキュリティ対策.....	166
4.6.8 衛生対策（感染症対策）.....	167
4.7 独自提案.....	170
4.7.1 実施概要.....	170
4.7.2 考察.....	171
4.8 まとめ.....	172
4.8.1 分析と考察.....	172
4.8.2 KPI達成率.....	173
5. ローカル5Gの性能評価の技術実証.....	175
5.1 前提条件.....	175
5.2 実証目標.....	186
5.3 ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等（技術実証ア）.....	190

5.4 ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等（技術実証イ）	246
5.4.1 キャリア5Gエリア内におけるローカル5Gの影響評価及び離隔距離短縮に対する影響の評価（技術実証イ（1））	246
5.4.2 SA（Stand Alone）構成、NSA（Non Stand Alone）構成のeスポーツの競技等における影響の評価（技術実証イ（2））	269
5.5 その他ローカル5Gに関する技術実証（技術実証ウ）	283
5.5.1 帯域幅の変更によるローカル5G性能への影響の評価(4.7GHz帯及び28GHz帯)（技術実証ウ（1））	283
5.5.2 受信電力改善を目的とした反射板の影響の評価(28GHz帯)（技術実証ウ（2））	295
5.5.3 ネットワークスライシングの評価（SA構成）（技術実証ウ（3））	302
5.6 まとめ	313
6. 実装及び横展開に関する検討	317
6.1 前提条件	317
6.1.1 実装の考え方	317
6.1.2 制約条件	318
6.1.3 横展開の考え方	319
6.2 持続可能な事業モデル等の構築・計画策定	320
6.2.1 実証終了後の継続利用	320
6.2.2 事業モデル	326
6.2.3 実装計画(実証の継続、実用に向けた工程とスケジュール等)	334
6.3 横展開に資する普及モデルに関する検討	338
6.3.1 普及モデル	338
6.3.2 推進対応方策	351
6.3.3 横展開計画	352
6.4 共同利用型プラットフォームに関する検討	358
6.4.1 5Gソリューションを構成する各種ソフトウェア、ハードウェアの具体的な提供イメージ、提供スキーム案	358
6.4.2 5Gソリューションの提供イメージ、提供スキーム案と合致した既存の製品や知的財産を導入する際のパターンやビジネススキーム	358
6.4.3 「5Gソリューション提供センター」の企画・設立展開に資すると思われる要素、提言	359
6.4 まとめ	360
7. まとめ	361
8. 非公開とした箇所・範囲	364

1. 全体概要

1.1 背景・目的

全世界で「eスポーツ」の盛り上がりを見せている中、日本では2019年、茨城県国民体育大会で文化プログラムとして都道府県対抗のeスポーツ選手権が開催され、新時代を象徴する「新しい文化」として関心が高まっております。

eスポーツはリアルなスポーツ同様、地方創生に寄与する新しい文化として、少子高齢化に悩む地方自治体等が、若者を誘致する取り組みや地域経済の活性化を図る対策として、また、アフターコロナ・ウィズコロナ時代において、オンライン対戦で世界中の人たちと楽しむことができる「安心して楽しめる娯楽」の代表としての役割を担うものと期待できます。

一方で第5世代移動通信システム（5G）は、超高速・超低遅延・多数同時接続といった特長を有しており、我が国の経済成長に不可欠なSociety5.0を支える基幹インフラとして、様々な産業分野での活用が期待されており、総務省では、2019年6月18日、情報通信審議会から、「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち、地域の様々な主体が自らの建物や敷地内でスポット的に柔軟にネットワークを構築できる第5世代移動通信システム（以下「ローカル5G」という。）の技術的条件について答申を受け、2019年12月24日、一部制度化を実施したところです。

「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」の一環として、街づくり・地域振興分野において、eスポーツ施設の有効活用や利便性向上等の課題解決に向けて、eスポーツ等イベントの運営や新たな利用形態にローカル5Gの導入を促進するため、同施設におけるローカル5Gの電波伝搬特性の解明及び課題解決システムによる具体的なアプリケーション（無線環境下でのeスポーツの実証等）を想定した超高速・超低遅延で大容量な映像及びデータ伝送等に基づくローカル5Gの性能評価を実施しました。

1.2 実施事項及び実証目標

1.2.1 実証事項の概要

本実証において、現状の課題を整理し、その課題解決の方向性を設定するとともに、eスポーツ競技が可能なローカル5G等の無線通信システムを構築し、eスポーツ分野における課題解決、更に感染症リスクを考慮した新たな街づくり・地域振興を実現することを目的に、4つの課題解決システムを構築し3つの実証に取り組みました。(課題整理を図1-1に示します。)

【実証1】無線環境下でのeスポーツイベントの実現(図1-2)

【実証2】eスポーツにおける新たな観戦の創出(図1-3)

【実証3】施設利用の利便性・機能性向上に資するユースケースの創出(図1-4)

図1-1 地方都市におけるeスポーツの課題整理

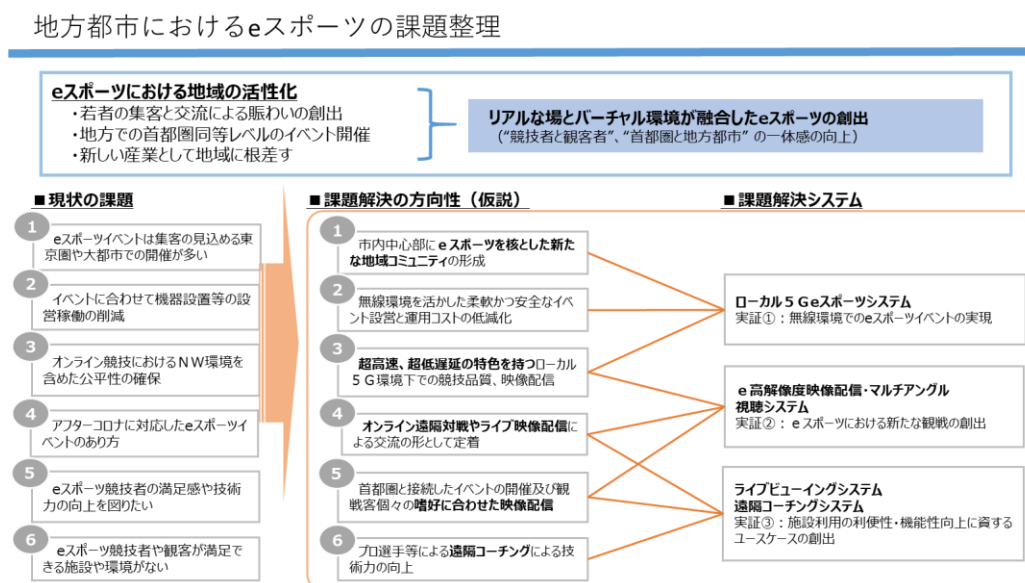


図1-1に記載している、6つの課題解決の方向性は、以下の実証にて実施いたしました。

課題解決の方向性①、②、③⇒実証1

課題解決の方向性③、④、⑤⇒実証2

課題解決の方向性④、⑤、⑥⇒実証3

また、実証1、実証2及び実証3については、ローカル5Geスポーツシステム、高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム、ライブビューイングシステム及び遠隔コーチングシステムでそれぞれ実証いたしました。

図 1-2 無線環境下でのeスポーツイベントの実現 実証1. 無線環境下でのeスポーツイベント実現

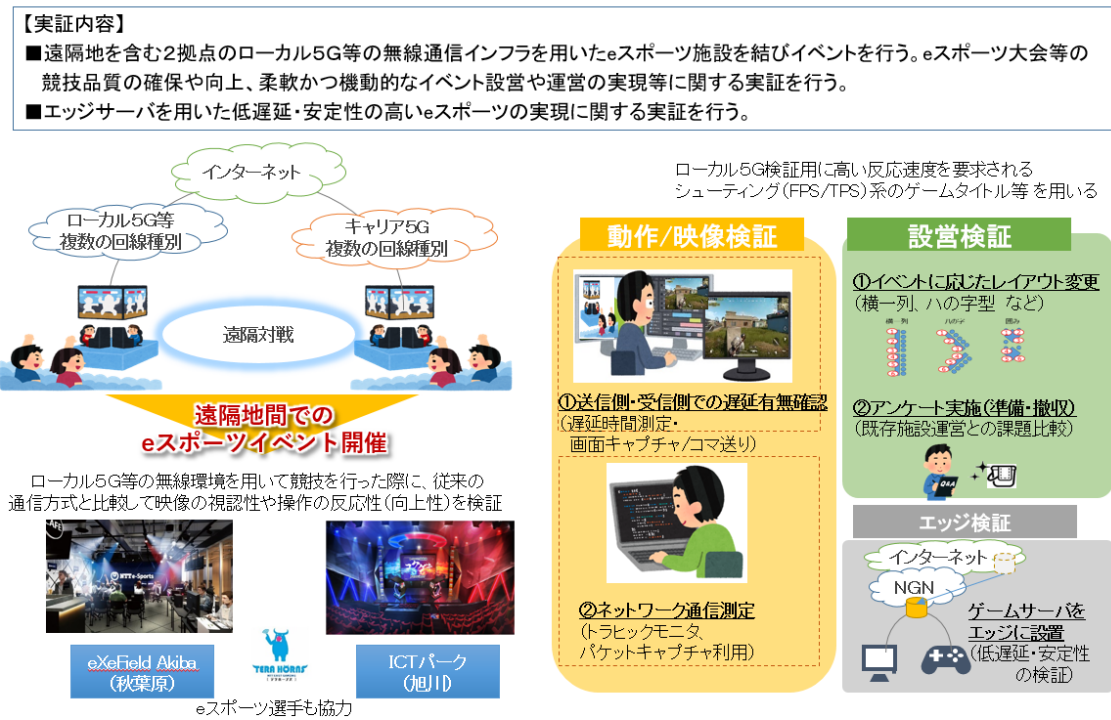


図 1-3 eスポーツにおける新たな観戦の創出

実証2. eスポーツにおける新たな観戦の創出

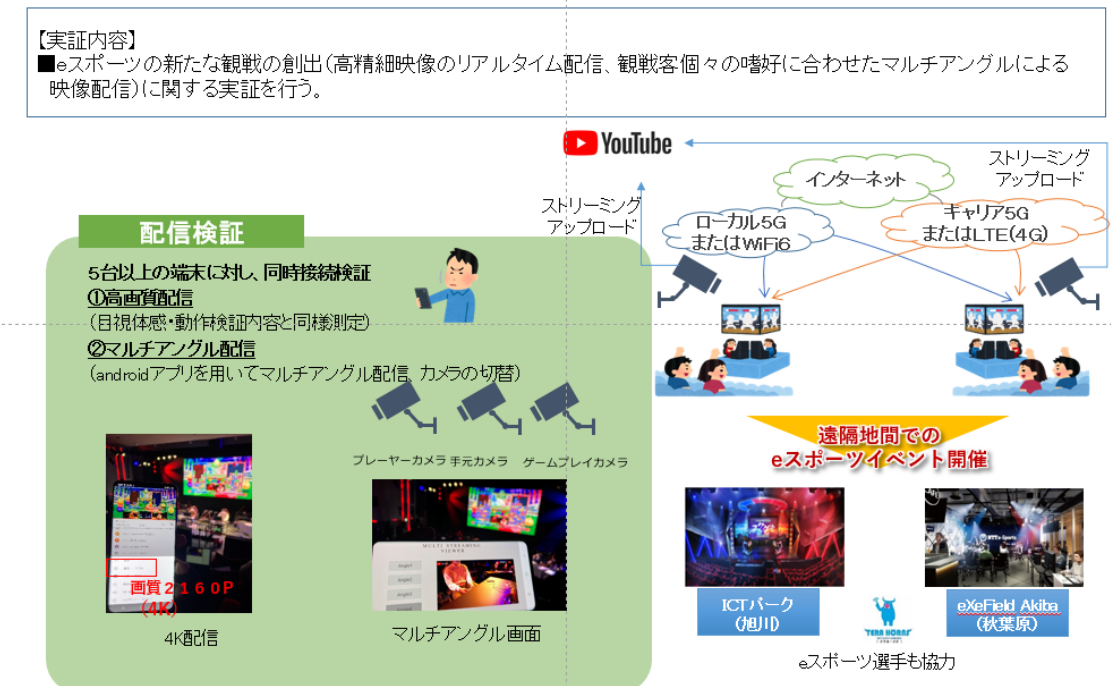
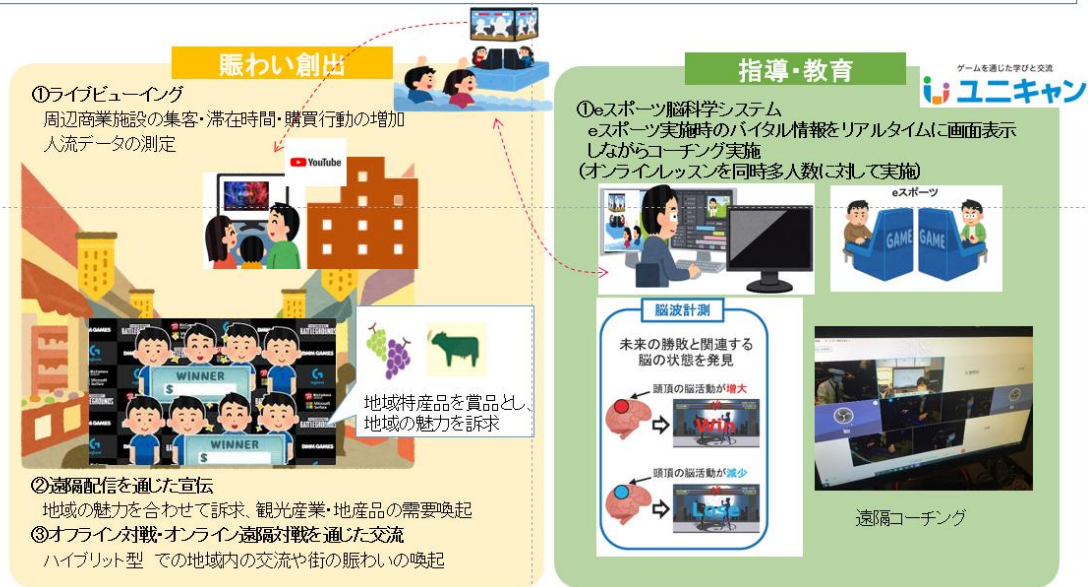


図 1-4 施設利用の利便性・機能性向上に資するユースケースの創出
 実証3. 施設利用の利便性・機能性向上に資するユースケース

【実証内容】

- YouTubeなどを利用したライブビューイングや関連コンテンツの配信等による人の流れの誘導、周辺施設の利用・滞在時間の創出に関する実証を行う
- eスポーツを活用した指導や教育（遠隔教育やウェアラブル機器による収集情報等を用いたコーチング）に関する実証を行う



1.2.2 実証目標の概要

図 1-2, 図 1-3, 図 1-4 で提示した各実証につきまして、実証事項とその目標を表 1-1 にまとめました。

表 1-1 本実証概要と目標

実証	実証目標	主な実施内容
【実証 1】 無線環境での e スポーツイ ベントの実現	■ローカル 5 G を用いた e スポーツの実施可否、 優位性の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・複数回線（有線・無線）の組合せ等による e スポーツ競技の実施 ・負荷試験によるゲームデータの映像品質評価 ・e スポーツ競技における公正・公平性の評価 ・エッジ配信 e スポーツ競技の実施
	■ローカル 5 G を用いた e スポーツの設営時間 等、優位性の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・柔軟かつ機動的なイベント設営の可能性評価
【実証 2】 e スポーツに おける新たな 観戦の創出	■ローカル 5 G を用いた e スポーツの映像配信を 実施して観戦可否、優位 性の確認（有線 LAN との 同等性の確認、他回線と の比較）	<ul style="list-style-type: none"> ・複数回線（有線・無線）の組合せ等による e スポーツ競技の観戦 ・負荷試験による配信映像の映像品質評価
【実証 3】 施設利用の利 便性・機能性 向上に資する ユースケース の創出	■ローカル 5 G を用いた e スポーツの訴求力（町 の賑わい）の確認	【ライブビューイング】 <ul style="list-style-type: none"> ・実施設での e スポーツイベント実施（競技者） ・秋葉原 e スポーツ施設とのオンライン対戦 ・マルチアングル配信、4K/FullHD 配信（観戦者） ・ライブビューイング（商業施設等） ・AI ビーコン[人流分析ツール]設置（商業施設等） ・ローカル 5 G を用いたライブビューイングの映像品質に関するアンケートの実施
	■ローカル 5 G を用いた e スポーツコーチング実 施可否、優位性の確認	【コーチング】 <ul style="list-style-type: none"> ・遠隔コーチングツールを用いた拠点間 e スポーツグループレッスン（講師：秋葉原 生徒：旭川） ・バイタル測定ツールを用いたコーチング ・講師、生徒へローカル 5 G を用いた遠隔コーチング効果、優位性に関するアンケートの実施

【実証 1】、【実証 2】、【実証 3】を通じて、ローカル 5 G と e スポーツにかかる個別の技術要素や課題に対する有効性を実証しました。本報告書ではこれらを詳らかにし、ローカル 5 G と e スポーツを掛け合わせた事業モデルを立案することを目標として取り組みました。

また、本実証及び諸活動を通じて、当該地区には知見（ヒト）と実証環境（モノ）が得られます。これらを継続的に運用することで、e スポーツを核とした新たな地域コミュニティ形成や街の賑わい創出による「地域経済の活性化」と、e スポーツを活用した学習機会の創出による「次世代の ICT 対応人材育成」に結実することを期待しております。

1.3 実施体制

実証環境を確実に構築し円滑に技術検証、課題検証を遂行するために、弊社、旭川市、一般社団法人大雪カムイミンタラ DMO、株式会社 NTTe-Sports がコンソーシアムを組成しました。

地域住民との調整、e スポーツ施設管理・運営は、自治体及び民間事業者が連携し対応しました。具体的には、旭川市、有限会社神田商事、一般社団法人大雪カムイミンタラ DMO が参加しました。

実装及び横展開に関する検討を行うために、e スポーツを核として中心市街地の活性化を推進している ICT 推進協議会と連携しました。

弊社が貴省及び PMO（課題実証全体調整事業者様・分野別課題実証調整事業者様・技術実証全体調整事業者様）と一元的に情報連携を行うとともに、コンソーシアムメンバー、実証協力者等の関係者と調整の上、実証継続を確実にできる体制を整備しました。

実施体制図と役割分担の詳細は以下の通りです（図 1-5、表 1-2）。

図 1-5 実施体制図

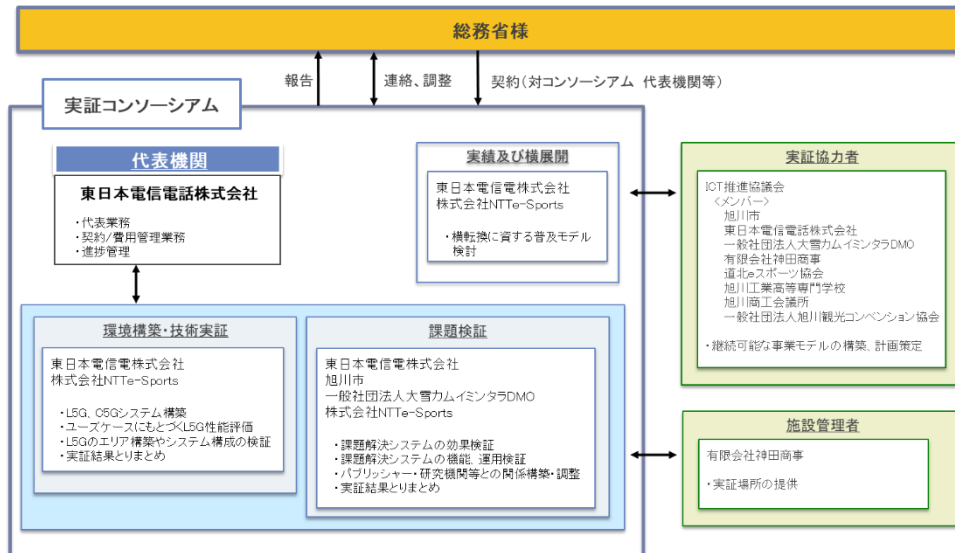


表 1-2 役割分担

	機関名	役割
代表 機関	東日本電信電話株式会社	通信事業者。本実証では代表機関として全体企画・管理運営及びローカル5G及びキャリア5Gベンダと技術検証を実施した。具体的には、課題検証ア-1「無線環境下でのeスポーツの実施」及びア-2「eスポーツを活用した指導や教育（コーチング）」における実証検証、技術検証、ローカル5G電波伝搬試験等の調査。また、実証成果の取りまとめ、及び同様の課題を抱える他地域における横展開に資する普及モデルを検討した。
共同 実証 機関	旭川市	行政機関。地域住民への説明、協力調整を実施した。本実証では、申請・報告書作成等のサポートを行うとともに、期間終了後を含め持続可能な事業モデルの検討、地域内外への技術普及に向けた施策展開や関連する他事業・施策との連動戦略を展開した。
	一般社団法人大雪カムイミ ンタラDMO	観光地域づくり法人。旭川市からのeスポーツ事業運営委託。実証環境の提供支援及び実証実験支援を行いeスポーツ競技の運営効率化、地域活性化や観光面での集客・魅力の向上を検討した。
	株式会社NTTe-Sports	eスポーツに関するイベント企画・請負。eスポーツ競技環境の提供及び実証実験の技術支援と、ローカル5G環境下での競技品質の向上や新たな観戦シーン創出によるeスポーツの普及やeスポーツ普及による街の賑わい創出を図った。

1.4 実証のスケジュール

実証は以下のとおり実施しました。(図 1-6)

当初予定では実証期間確保のため、本免許交付が 1 月末と計画しておりましたが、事前の干渉調整に時間を要し、免許申請が遅れ免許交付は 2 月 9 日となりました。ただし、各実証を並行で進める等して実証は遅延なく完了しました。

図 1-6 実証のスケジュール

予定 実績

No	大項目	中項目	2020			2021		
			10	11	12	1	2	3
1-1	実験試験局免許申請	事前相談/干渉調整	予定					
1-2		免許申請		実績	実績			
1-3		登録点検				予定	実績	
1-4		落成検査				予定	実績	
2-1	ローカル5G構築	物品納品/環境設定	予定	実績				
2-2		単体試験(出荷検査)			予定	実績		
2-3		設置工事			予定	実績		
2-4		NW通信試験			予定	実績		
2-5		基地局/EPC試験			予定	実績		
3-1	キャリア5G構築	置局設計/基本設計/実施設計	予定	実績				
3-2		物品調達		予定	実績			
3-3		回線調達		予定	実績			
3-4		電波申請			予定	実績		
3-5		設置工事/局データ設定				予定	実績	
3-6		付帯試験/エリア調査					予定	実績
4-1	課題実証システム構築	ネットワーク環境構築	予定	実績				
4-2		映像設備環境構築	予定	実績				
4-3		ゲーム設備環境構築	予定	実績				
5-1	実証	課題実証				予定	実績	
5-2		技術実証				予定	実績	
6-1	実装及び横展開に関する検討					予定	実績	

1.5 免許申請の概要

1.5.1 申請者、申請先、申請概要

東日本電信電話株式会社を申請者として、関東総合通信局へ申請しました。
 免許の種別は実験試験局であり、希望期間は免許の日より令和3年5月31日までとしています。
 申請時のスケジュールについては下図のとおりです。

図 1-7 免許申請のスケジュール

	2020年			2021年				
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
実験試験局免許 申請スケジュール	● 28 総通信局へ相談	機器諸元確認 干渉調整	○ 9 干渉調整完了 ○ 23 実験試験局 免許申請	○ 13 予備免許交付	○ 30 登録点検結果 通知書提出	○ 5 SAB本免許交付 ○ 9 免許交付式 NSA本免許交付		
実験スケジュール					実験期間			
					技術実証	課題実証	報告とりまとめ 必要に応じてデータ追加収集	予備工程 必要に応じてデータ追加収集

なお、今回申請した無線免許の種別は「実験試験局」としました。
 本実証では、以下の二通りのローカル5Gシステムを利用することから、それぞれで実験試験局免許を申請しました。

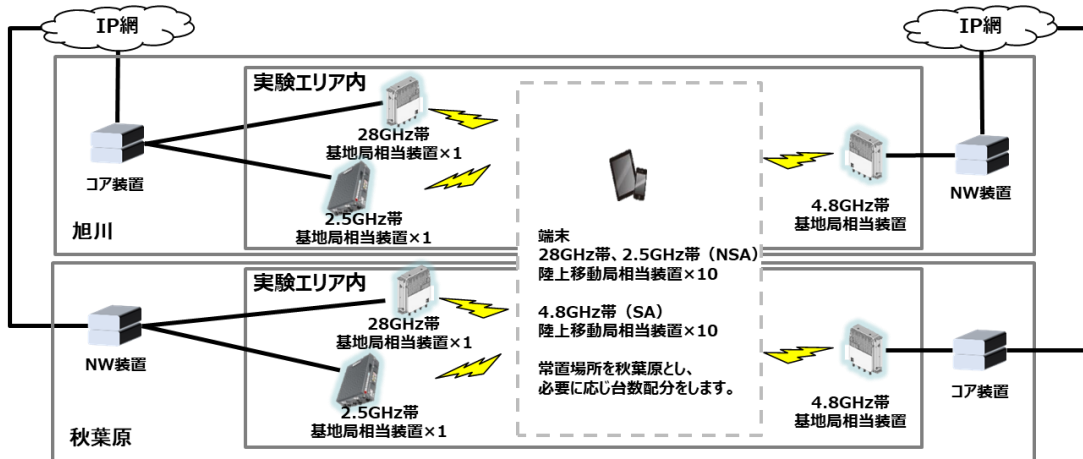
- ・ 28.3～28.5GHz で通信し 2.58GHz～2.59GHz をアンカーバンドとする NSA 構成
- ・ 4.8～4.9GHz で通信する SA 構成

いずれの周波数でも上り・下りリンクで周波数を共用する TDD(Time Division Duplex)方式を用い、実験エリア内に設置された基地局相当装置と陸上移動局相当装置間で通信を行うものとなりました。

- ・ 基地局相当：6局（28GHz帯：2局、2.5GHz帯：2局、4.8GHz帯：2局）
- ・ 陸上移動局相当：30局(※)（28GHz帯：10局、2.5GHz帯：10局、4.8GHz帯：10局）

※端末台数はNSA/SA各10台

図 1-8 各帯域装置構成



※ 2拠点でコア装置を共有する構成のため、一方の拠点ではコア～基地局間はIP網を用いたVPN接続となります。

詳細の諸元については下表のとおりです。

【28GHz】

表 1-3 28GHz 帯詳細

項目	基地局相当装置	移動局相当装置
識別信号	ひがしでんでんあきはばら 28GHz きちじっけん1~2	ひがしでんでんあきはばら 28GHz いどうじっけん1~10
製造者名	エリクソン	compal
無線局数	2	10
中心周波数[帯域幅]	28.35000GHz[100MHz] 28.44996GHz[100MHz]	28.35000GHz[100MHz] 28.44996GHz[100MHz]
電波の型式	99M9 X7W	99M9 X7W
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力	0.08317W (19.2dBm) (0.00086635W × 96)	0.0363W (15.6dBm) (0.004537W × 8)
空中線利得	25.8dBi/偏波	9.4dBi/偏波
キャリアとの同期条件	同期	
免許期間	免許の日から2021年(令和3年)5月31日まで	
常置場所	東京都千代田区外神田4丁目1-4-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	
移動範囲	北海道旭川市3条通8丁目8-42-2 カンダブル 3F 東京都千代田区外神田4丁目1-4-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	

【2.5GHz】

表 1-4 2.5GHz 帯詳細

項目	基地局相当装置	移動局相当装置
識別信号	ひがしでんでんあきはばら 2.5GHz きちじっけん1~2	ひがしでんでんあきはばら 2.5GHz いどうじっけん1~10
製造者名	エリクソン	compal
無線局数	2	10
中心周波数[帯域幅]	2.585GHz[20MHz]	2.585GHz[20MHz]
電波の型式	20M0 X7W	20M0 X7W
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力	10W (40dBm) (5W×2) (秋葉原は6dBの減衰器を使用)	0.1995W (23dBm)
空中線利得	5dBi	1dBi
キャリアとの同期条件	同期	
免許期間	免許の日から2021年(令和3年)5月31日まで	
常置場所	東京都千代田区外神田4丁目14-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	
移動範囲	北海道旭川市3条通8丁目842-2 カンダビル 東京都千代田区外神田4丁目14-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	

【4.8GHz】

表 1-5 4.8GHz 帯詳細

項目	基地局相当装置	移動局相当装置
識別信号	ひがしでんでんあきはばら 4.8GHz きちじっけん1~2	ひがしでんでんあきはばら 4.8GHz いどうじっけん1~10
製造者名	エリクソン	compal
無線局数	2	10
中心周波数[帯域幅]	4.85001GHz[50MHz] 4.85001GHz[100MHz]	4.85001GHz[50MHz] 4.85001GHz[100MHz]
電波の型式	49M9 X7W 99M9 X7W	49M9 X7W 99M9 X7W
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力	0.5W (27dBm) (0.0625W×8)	0.0398W (16.0dBm)
空中線利得	4dBi	2.4dBi
キャリアとの同期条件	同期	
免許期間	免許の日から2021年(令和3年)5月31日まで	
常置場所	東京都千代田区外神田4丁目14-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	
移動範囲	北海道旭川市3条通8丁目842-2 カンダビル 東京都千代田区外神田4丁目14-1 秋葉原UDX 4F LIFORK AKIHABARA内 eXeField Akiba	

カバーエリアについては下図のとおりです。

【旭川】

図 1-9 実験場所（旭川）

●実験場所



屋内 3F に設置

□ : 基地局および移動局の移動範囲

・北海道旭川市 3 条 8 丁目 842-2 神田ビル 3 階
3 階屋内 43°46'02.3"N 142°21'38.8"E 地上高約 10m

出典:地理院地図/GSI Maps 実験場所(旭川)を追記して掲載

図 1-10 実験場所（秋葉原）

●実験場所



屋内 4F に設置

□ : 基地局および移動局の移動範囲

・東京都千代田区外神田 4 丁目 1 4 - 1 秋葉原 UDX 4 階
LIFORK AKIHABARA 内 eXeField Akiba (エグゼフィールドアキバ) (※)
4 階屋内 35°42'01.5"N 139°46'21.5"E 地上高約 13m
※NTT 東日本のグループ会社の施設として常設

出典:地理院地図/GSI Maps 実験場所(秋葉原)を追記して掲載

干渉調整については、下記表の通り各事業者に対し実施しました。

表 1-6 干渉調整先事業者

	旭川	秋葉原
28GHz 帯	KDDI 様、ソフトバンク様、NTT ドコモ様	KDDI 様、ソフトバンク様、NTT ドコモ様
2.5GHz 帯	UQ 様、WCP 様	UQ 様、WCP 様、東京ケーブルネットワーク様
4.8GHz 帯	KDDI 様、ソフトバンク様、NTT ドコモ様	KDDI 様、ソフトバンク様、NTT ドコモ様

このうち、秋葉原にて KDDI 様及び東京ケーブルネットワーク様よりご要望があり、それぞれ下表の通り対応しました。

表 1-7 事業者要望内容

	ご要望	対応内容
KDDI 様	4.7GHz 帯の実験試験局のスプリアス値について、既定の値以下であること	一部周波数帯において規定の値を超過していたため、実験期間中の KDDI ユーザ様向け掲示や、KDDI 様基地局からの一定距離以上の離隔を条件として付記のうえ合意。
東京ケーブルネットワーク	2.5GHz 帯の実験試験局について、調整対象区域及びカバーエリアの縮小	当初の調整依頼内容から、調整対象区域及びカバーエリアを縮小した。当初、無線機の最小出力で干渉調整依頼を出していたものの更なる縮小を求められたことから、給電線に減衰器を挿入することで対応。

またセキュリティ対策については下記の点を考慮し、構築を行いました。

- ・ ローカル 5 G システムとインターネット接続用回線の境界にはファイアウォール機能を具備したネットワーク装置を設置し適切な設定を行いました。
- ・ 拠点間のローカル 5 G システムの接続にあたってはインターネットを経由しない IP-VPN 回線を使用しました。
- ・ 今回使用するローカル 5 G 装置にはパスワード等の設定を行い、第三者による不正な設定変更等が行われないよう適切に管理しました。

1.5.2 次年度以降の申請対応

継続してローカル 5 G 設備を利用するため、別途無線局免許の申請を行う予定です。
なお、4.8GHz 帯の機器については本実証のためメーカーから試作品の貸与による提供を

うけていることから、当面は 28GHz 帯及び 2.5GHz 帯の機器を利用した NSA システムの利用を予定しています。4.8GHz 帯についてはメーカーの開発状況次第で別途調達し利用を検討していますが、報告書記載の段階ではメーカーから商用品の提供時期の提示が得られていないことから、継続しての利用有無含めて検討中であり、令和 3 年 4 月中を目途に今後の方針を決定する予定です。

1.5.3 申請者を免許人とした理由

実証期間中は旭川と秋葉原の 2 拠点にまたがる免許申請となること、無線機器の常置場所を秋葉原の NTT 東日本関係会社施設としていることから、東日本電信電話株式会社を免許人としました。

2. 実証地域

2.1 実証地域の概要

少子高齢化が進む地方都市の課題として、中心市街地において、若者（中高生や大学生等）を中心に楽しめる場所や滞在できる場所が少なく、街中の賑わいや滞在時間の増加につながっていないことが一つの要因として掲げられています。

同様の課題を抱えていた旭川市は、中心市街地の賑わい創出と地域経済の活性化、新たな観光資源の創出による観光面での魅力・集客の向上の促進を目指していました。

加えて、地域の課題である人手不足の対応や働き方改革において、ICT 関連プログラマー等の人材育成の場、あるいは青少年がこれらに興味を持つ機会が乏しい状況にありました。そこで同市は、これまでの ICT 人材育成の手法とは全く別のアプローチとして、近年世界で注目を集める e スポーツイベントの地元開催を通じて、若者達が IT 技術に興味を持ち、集い、学ぶための機会創出に取り組むこととしました。

このイベント開催～機会創出を実現するために、通信基盤の充実を図り、特に高速大容量・低遅延な通信を可能とするローカル 5 G を活用した ICT 事業を計画しました。

旭川市は道北地区最大規模の都市であり、市内には旭川工業高等専門学校や旭川工業高校等工学系の教育機関を擁しており、国立大学法人 北見工業大学とも近い位置にあります。2020 年時点では段階的にサービス区域が広がりつつある 5 G のネットワークをこうした教育機関・研究機関でいち早く試験するためには、他の商用サービス（キャリア 5 G）に影響を与えないローカル 5 G が望ましいと考えていました。今回の実証では、産官学の連携時のインタフェースとしての利用を視野に入れ、ローカル 5 G での実証環境の構築を行うこととしました。

ローカル 5 G を採用した副次的な効果として、多数同時接続と特別な電波周波数帯を利用する点があります。多数の 5 G 機器が同時に接続可能なため、メインの通信品質を維持しながら、各種のバイタルサインを IoT センサーで収集すること等が可能となります。また、一般の方が携行する機器では使用できない周波数帯域を使用しているため、e スポーツ競技を妨害しづらい仕様になっています。もちろん、有線ではない無線による恩恵もあります。接続機器のレイアウトを簡単に切り替えることができ、IoT センサー等も競技者の邪魔になりづらくなります。

2.2 実証環境

実証環境は以下の2拠点です。

- ・ ICT パーク（北海道旭川市）
- ・ eXeField Akiba（東京都千代田区）

主たる実証実験は ICT パークで実施しつつ、遠距離通信の通信テストでは eXeField Akiba と接続し実証を行いました。

また、本実証を行う ICT パークのアクセスマップは図 2-1、フロア図は図 2-2、eXeField Akiba のアクセスマップは図 2-3、フロア図は図 2-4 のとおりです。

図 2-1 ICT パーク アクセスマップ



出典：地理院地図/GSI Maps ICT パーク場所（赤枠）を追記して掲載

図 2-2 ICT パーク フロア図

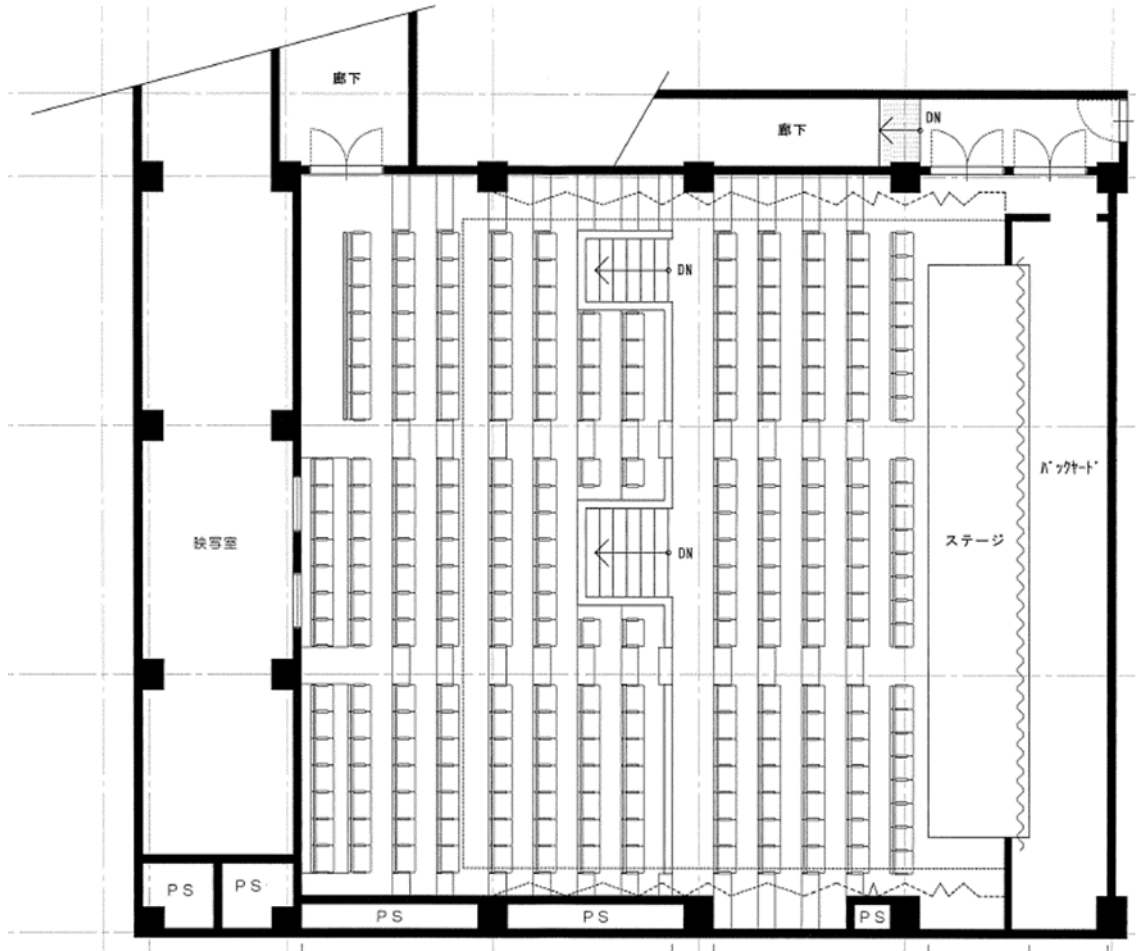


図 2-3 eXeField Akiba アクセスマップ



図 2-4 eXeField Akiba フロア図



●施設面積：175㎡ ●天井高：約3m ●最大収容人数：80名（立食パーティ形式での最大利用時）

ICT パークの施設特性について、以下のとおり。

① 外観イメージ：図 2-5 のようになります。

図 2-5 ICT パーク 外観



② 環境条件

- ・面積 : 約 288 m²
- ・収容人数：観客席 229 に対し感染症対策のため定員 100 人程度
- ・主な設備：大型ビジョン、ステージ、観客席、音響照明機材等

③ 併設施設：トレーニングルーム（ゲーミング PC・机チェア等）、飲食店等

④ 立地条件：JR 旭川駅より徒歩 7 分

⑤ 正式名称：ICT パーク

⑥ 設立年月日：2021 年 2 月 6 日

⑦ 目的：幅広い層への、何にもとらわれることのない世界を目指し ICT パークを拠点に多様な交流の場を創出する

⑧ 設立経緯：若者の新たな可能性を引き出し思い描いたことを形にできる ICT の聖地を目指し設立

eXeField Akiba の施設特性について、以下のとおり。

- ① 外観イメージ：図 2-2-6 のようになります。

図 2-6 eXeField Akiba 外観



- ② 環境条件

- ・面積 : 約 175 m²
- ・収容人数 : 定員 50 人程度
- ・主な設備 : 大型ビジョン・ゲーミング PC・配信機材 (音響照明・IP プロダクション) 等

- ③ 併施設設 : カフェ (飲食販売)、最先端 ICT 機材デモ展示エリア

- ④ 立地条件 : JR 秋葉原駅 電気街口より徒歩 3 分

- ⑤ 正式名称 : eXeField Akiba (エグゼフィールドアキバ)

- ⑥ 設立年月日 : 2020 年 8 月 11 日

- ⑦ 目的 : 幅広い層への e スポーツ文化の定着、コミュニティの形成、e スポーツ関連技術発展を目的とする

- ⑧ 設立経緯 : 最先端の ICT と最新の機材を備え人と人、地域と地域をつなげる場を提供することを目指し設立

2.3 地域課題等

旭川市内中心部は、北彩都あさひかわの整備が完了し、豊かな自然を取り込んだ特徴的な都心空間が形成された一方、百貨店の閉店等による衰退が懸念される中、今後は、平和通商店街や銀座商店街のほか、クリスタル橋及び氷点橋を介してつながりが深まった神楽地区等既存の中心部を含めた中心市街地全体の活性化が必要です。

また、近年、消費の低迷のほか、大型商業施設の郊外への出店、店主の高齢化や後継者不足等により地域の商店街を取り巻く環境は厳しさを増しており、市民に身近な商店街の再生が求められています。

公共交通については、平成28年に、JR北海道が、本市を起点とする路線を含む「単独では維持することが困難な線区」を発表したところであり、今後は、公共交通網の維持、確保とともに、放射状道路と環状道路で構成される本市の道路網の特徴を生かした地域内交通の機能充実や、旭川空港をはじめ、北北海道の交通の要衝としての拠点性の向上等、まちの機能の充実が求められています。

観光については、これまで全国的な知名度を持つ旭山動物園や豊かな自然や食等を生かし様々な観光振興を図っていますが、経済効果の高い宿泊を伴う観光客や、夏季に比べ大きく落ち込んでいる冬季観光客を増やしていくことが求められており、通年滞在型観光への取組が重要です。

また、地方への移住に向けた取組も全国的に活発化してきていること等から、受入体制を充実させるとともに、国内外にまちの魅力を広く発信していくことが必要です。

出典：「旭川市 第8次旭川市総合計画基本計画【改訂版】令和元年（2019年）12月」（p.21）

https://www.city.asahikawa.hokkaido.jp/700/735/736/738/p006642_d/fil/kihonkeikakukaiteiban.pdf

こうした地域課題を解決するために、持続可能な事業モデルを構築する必要があります。本実証では事前に総務省から「ローカル5Gを用いたeスポーツ等を通じて、既存施設を有効活用し、地域活性化が実現できる」という仮説が提示されていました。論理構造の全体像を図示すると図2-7のように表すことができます。また、課題解決システムを用いた実証について模式化した構造を図2-8に示します。

旭川市にはいくつかの地域課題があり、今回の仮説を援用して将来像「旭川市でのeスポーツやICT関連産業を通じた地域経済の活性化」を設定しました。この将来像の必要条件たり得る目標を設定し、地域課題を解決することを目指すこと、これが広義の課題解決システムという位置付けになりますが、本実証ではこの前段階までを対象とします。

図2-7に見られるように、(将来像の必要条件としての)地域課題は課題解決システムを構築するための動機付けという位置付けになります。実証対象となる仮説は「課題」「解決策」「目標(KPI等)」から成り立っており、これを実験により立証することで実証とします。提案時点で予見できていた仮説については実証しつつ、事業モデルの構築に伴って発生する仮説についても立案します。

図 2-7 地域課題に対する本実証の位置付け

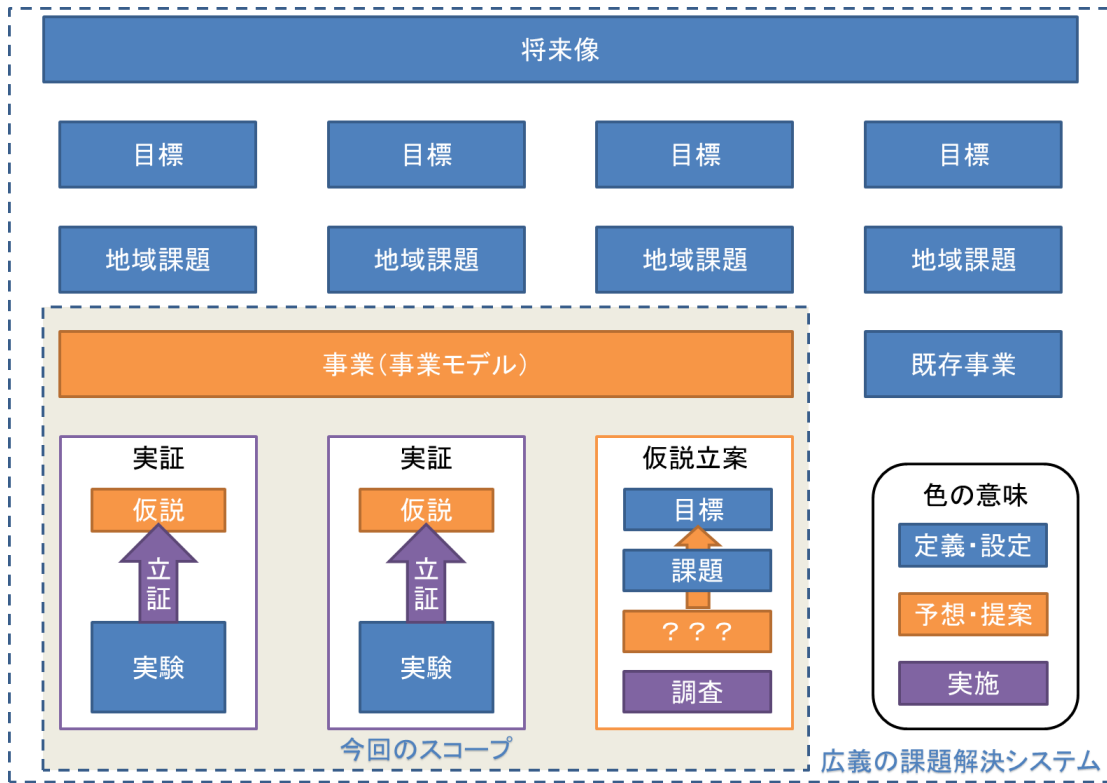
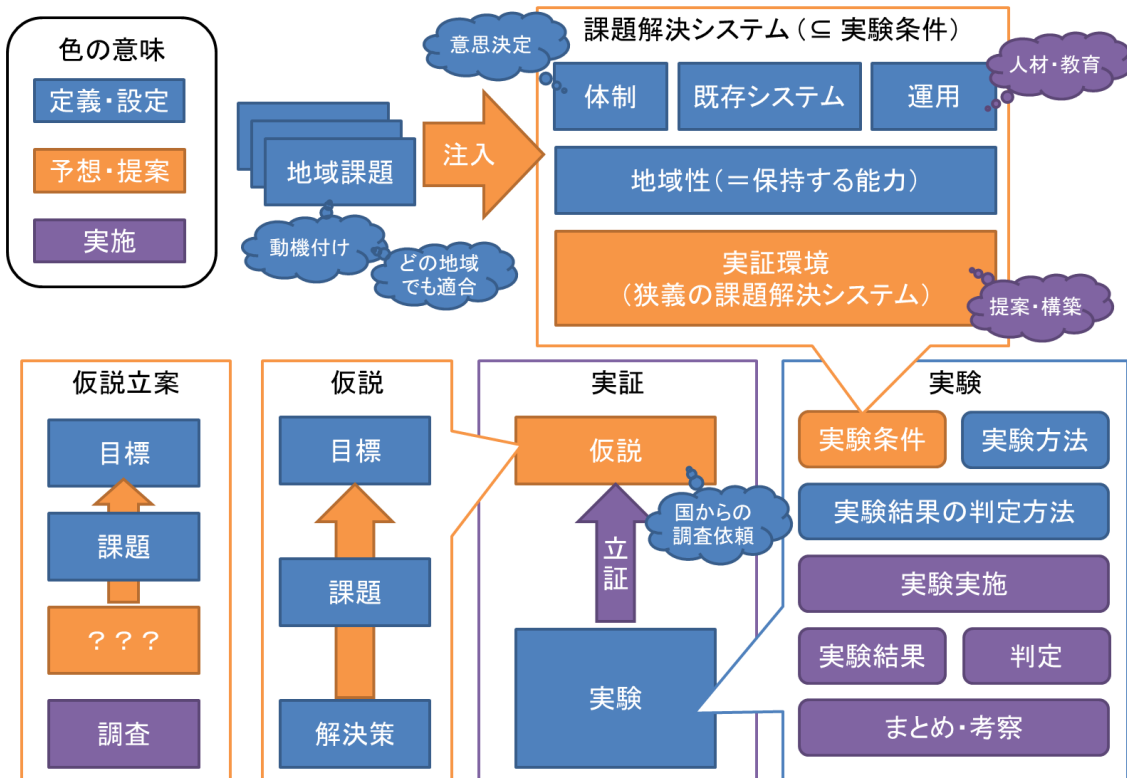


図 2-8 課題解決システムを用いた実証



この考え方に基づき、 이슈ツリーとして図 2-9~12 を作成しました。

図 2-9 이슈ツリーの全体像

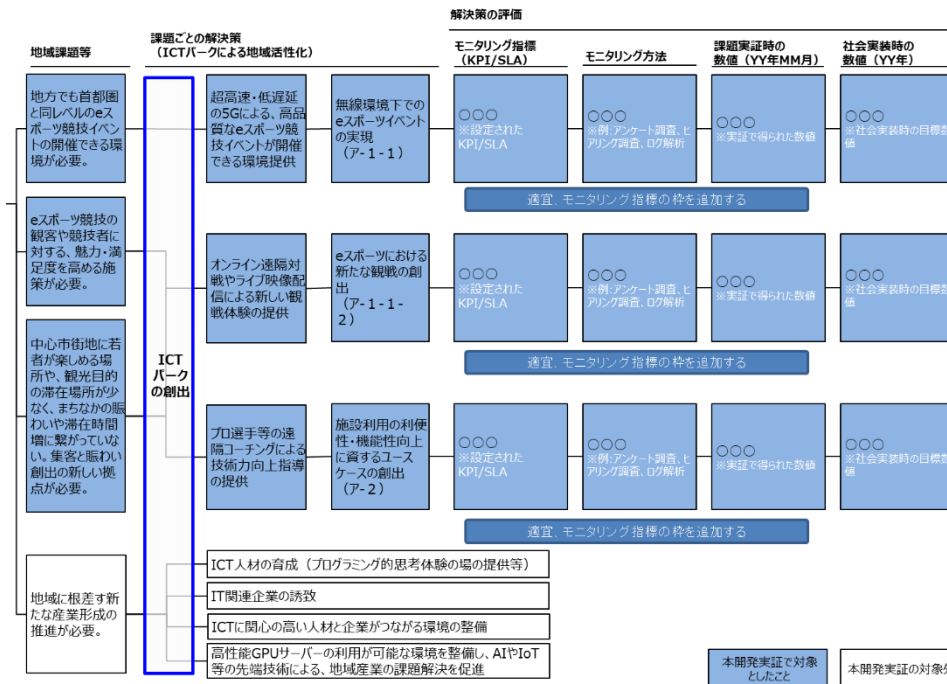


図 2-10 アー 1-1 の 이슈ツリー

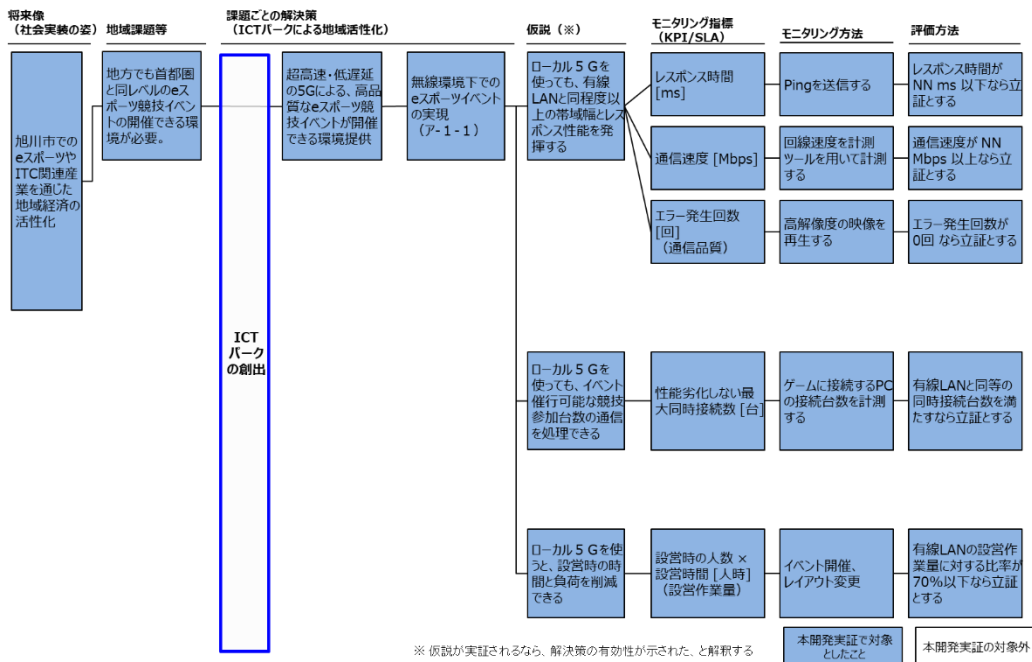


図 2-11 アー 1-2 の 이슈ーツリー

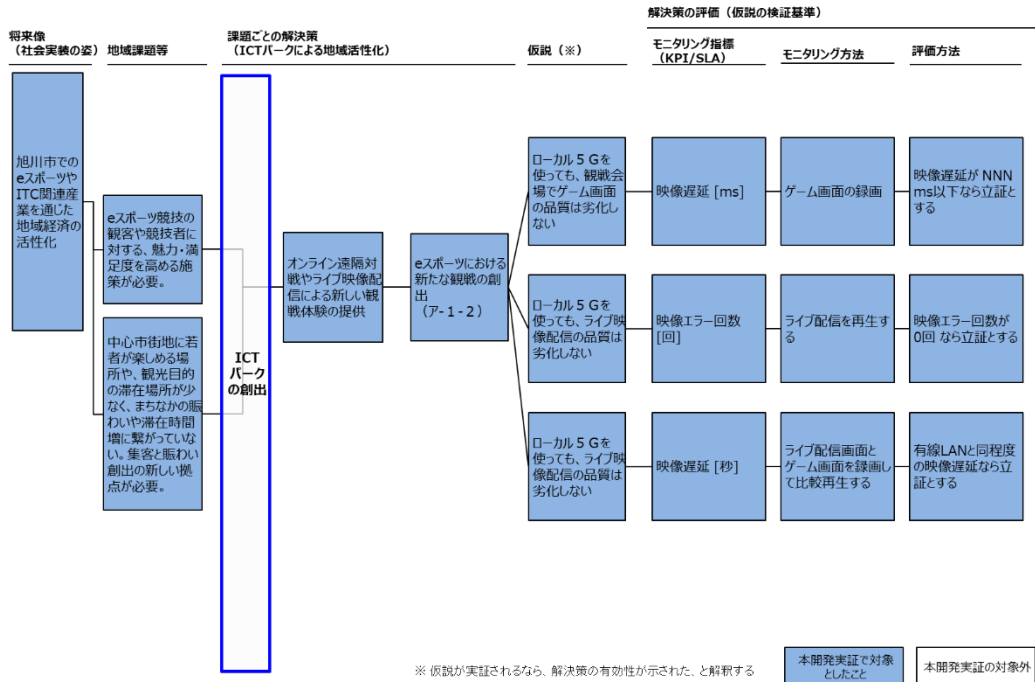
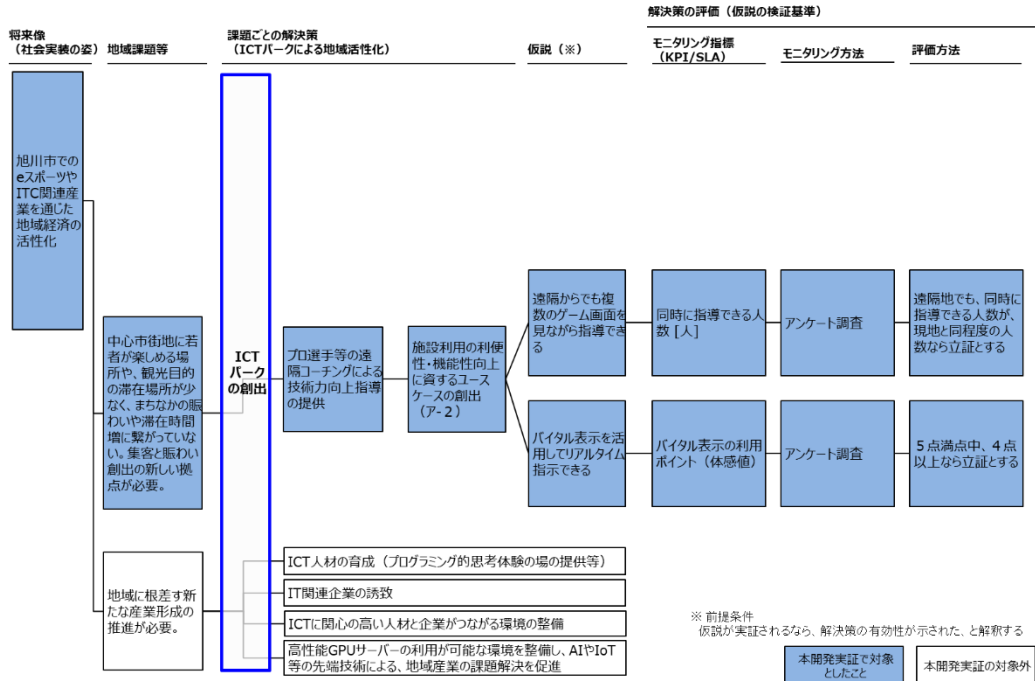


図 2-12 アー 2 の 이슈ーツリー



このイシューツリーにおいて、先立つ将来像は「旭川市での e スポーツや ICT 関連産業を通じた地域経済の活性化」です。この将来像の必要条件として、次の 4 つの地域課題を設定しています。

- (1) 地方でも首都圏と同レベルの e スポーツ競技イベントの開催できる環境が必要。
- (2) e スポーツ競技の観客や競技者に対する、魅力・満足度を高める施策が必要。
- (3) 中心市街地に若者が楽しめる場所や、観光目的の滞在場所が少なく、まちなかの賑わいや滞在時間増に繋がっていない。集客と賑わい創出の新しい拠点が必要。
- (4) 地域に根差す新たな産業形成の推進が必要。(本実証では対象外)

この 4 つの地域課題のうち、(4)については本実証では対象外としています。残り 3 つの地域課題については、課題解決システムにて実証しました。具体的には、3 章で実証環境(すなわち狭義の課題解決システム)を構築し、4 章と 5 章で具体的な実験を実施し実験結果を得て、モニタリング指標を算出し、この指標が目標値を満たしていれば、その仮説は立証できたと見なしました。

一つの地域課題に対する解決策は、複数の仮説から成り立っています。さらに、一つの仮説も複数のモニタリング指標によって立証される場合があります。この課題解決システムではそれぞれの仮説を実証し、解決策の有効性を確認していきます。本実証では以下の 3 つの解決策の有効性をモニタリング指標により実証しました。

- アー 1 - 1 無線環境下での e スポーツイベントの実現
- アー 1 - 2 e スポーツにおける新たな観戦の創出
- アー 2 施設利用の利便性・機能性向上に資するユースケースの送付

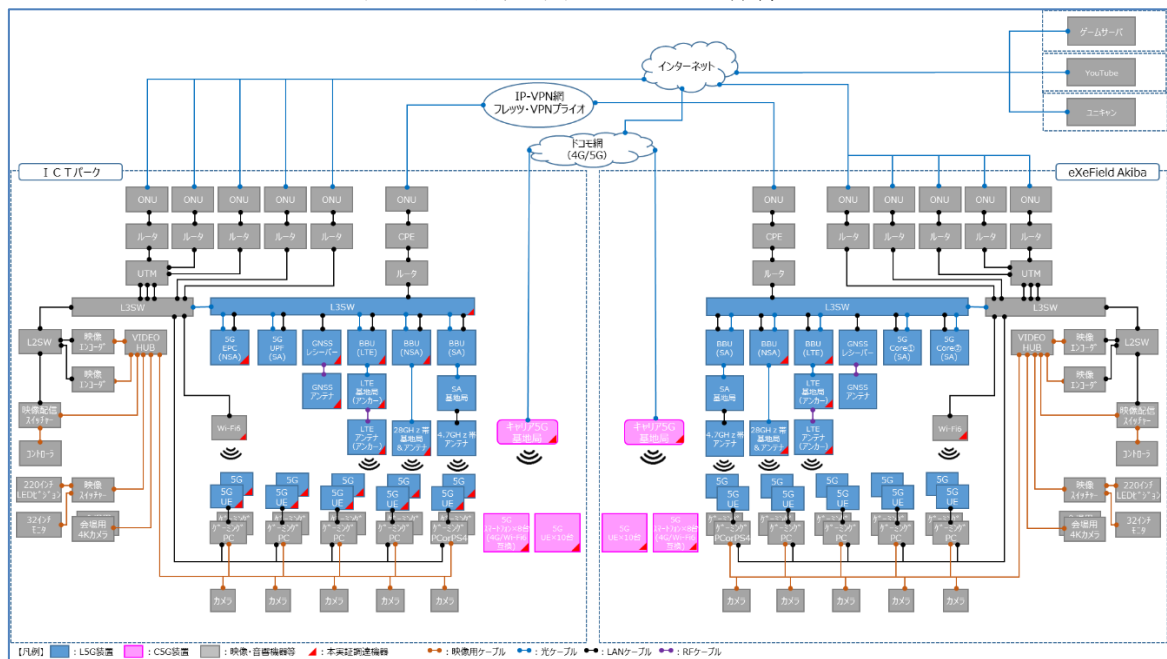
3. 実証環境の構築

3.1 ネットワーク構成

3.1.1 ネットワーク・システム構成図（全体像）

本実証を構成する「ローカル5Gに関する技術検証」及び「課題解決に向けた検証」の効率的な実施に向け、各検証に必要な機能を具備したシステムを構築しました。
構築するネットワーク全体像は以下の図 3-1 のとおりです。

図 3-1 実証ネットワーク全体像



ネットワーク及びシステム構成要素としては、大きく下記の 10 の要素に分けられます。

- ① コアネットワーク
- ② ローカル 5 G の基地局等無線通信システム
- ③ キャリア 5 G の基地局等無線通信システム
- ④ Wi-Fi6 の無線通信システム
- ⑤ 4 G (LTE) の無線通信システム
- ⑥ 有線通信システム
- ⑦ e スポーツゲーミング PC
- ⑧ 映像配信システム
- ⑨ e スポーツ脳科学システム
- ⑩ 通信回線

上記各要素の詳細については「3.2 システム機能・性能・要件」で記載します。

3.1.2 基地局配置図

図 3-2、図 3-3、図 3-4 に旭川拠点 (ICT パーク)、図 3-5、図 3-6、図 3-7 に秋葉原拠点 (eXeField Akiba) のローカル 5 G 及びキャリア 5 G 無線ネットワークの基地局配置位置におけるカバレッジを記載します。

図 3-2 旭川拠点 ローカル 5 G (4.7GHz 帯) エリアカバレッジ想定

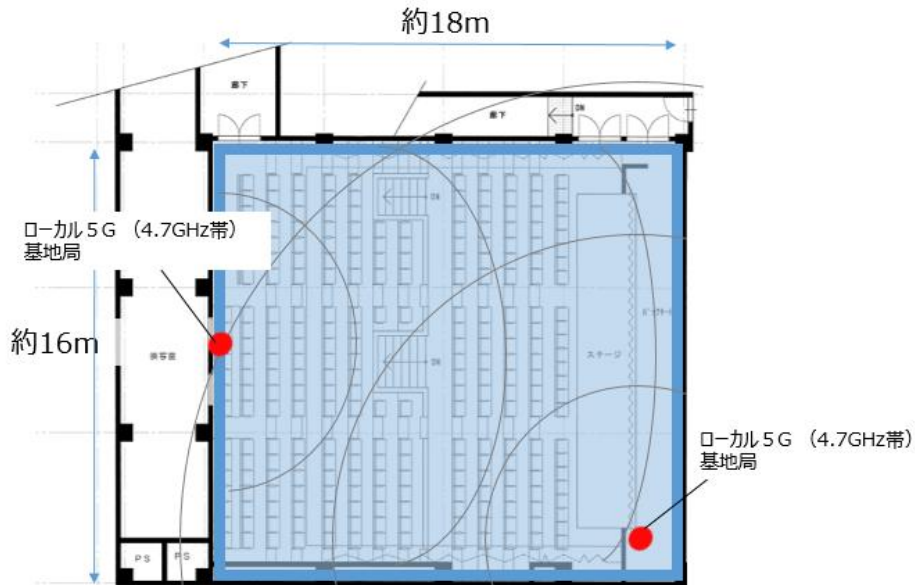


図 3-3 旭川拠点 ローカル 5 G (28GHz 帯) エリアカバレッジ想定

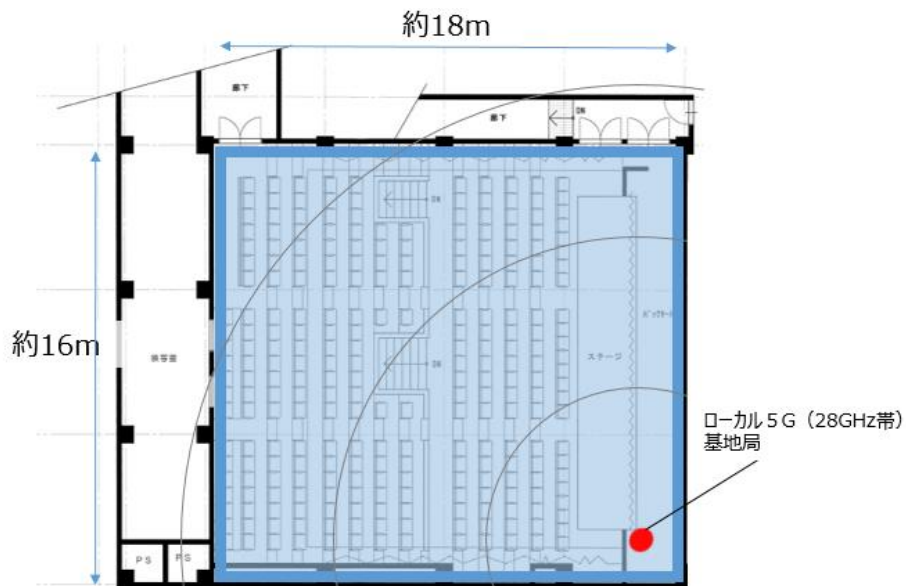


図 3-4 旭川拠点 キャリア 5 G (4.5GHz 帯) エリアカバレッジ想定

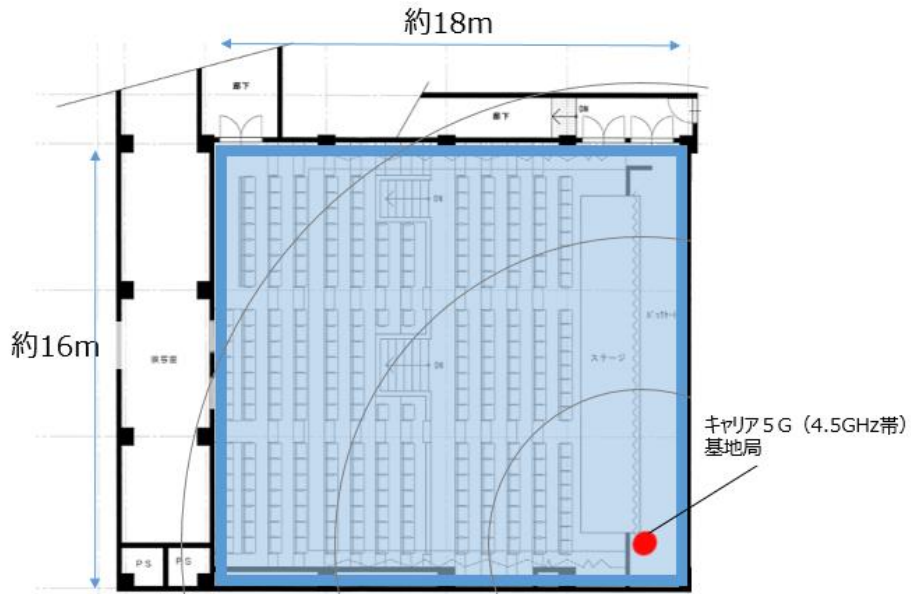


図 3-5 秋葉原拠点 ローカル 5 G (4.7GHz 帯) エリアカバレッジ想定

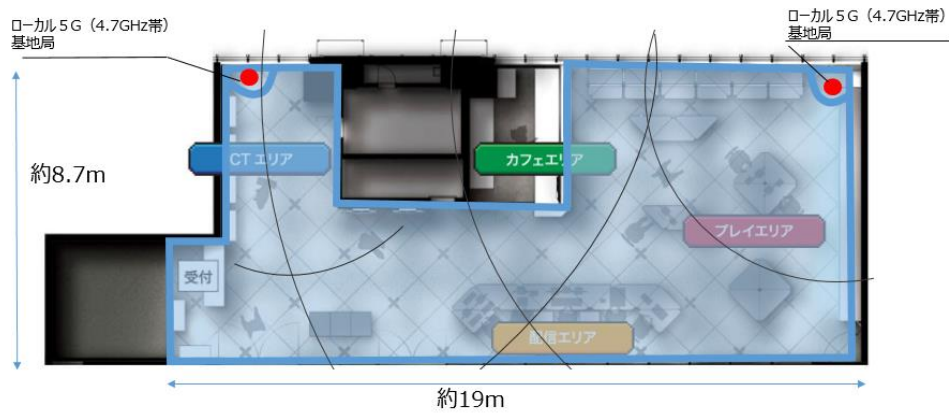


図 3-6 秋葉原拠点 ローカル 5 G (28GHz 帯) エリアカバレッジ想定

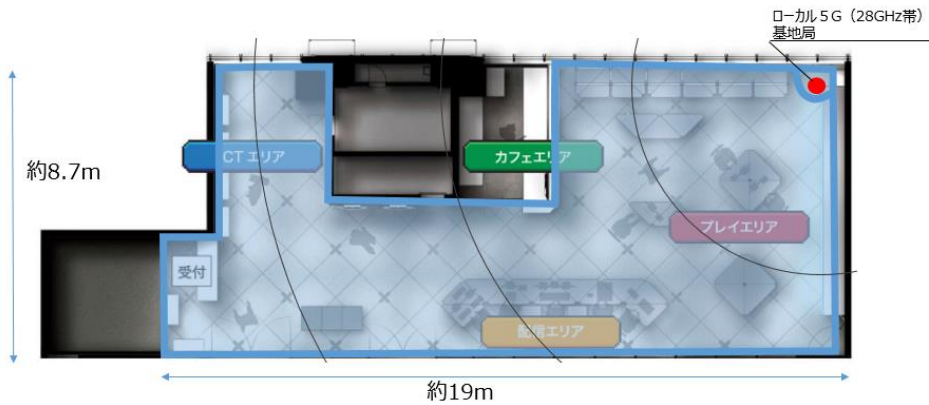
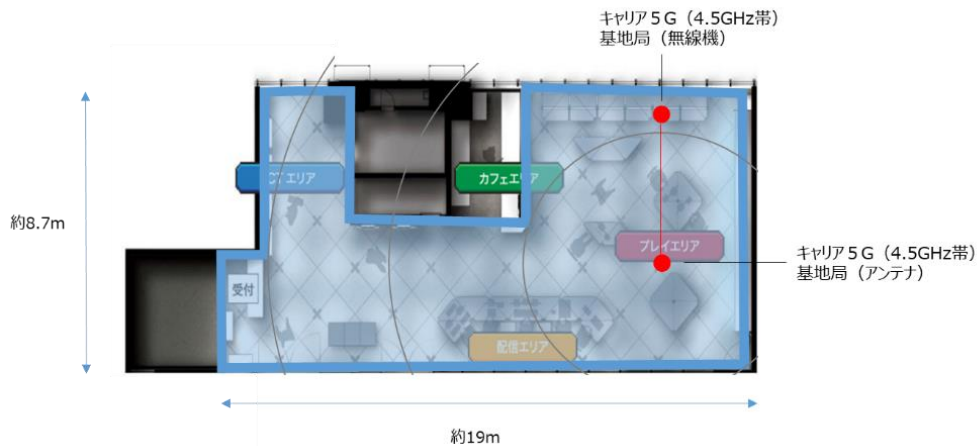


図 3-7 秋葉原拠点 キャリア 5 G (4.5GHz 帯) エリアカバレッジ想定



3.1.3 無線局免許

ネットワーク等の構築にあたっては、実証建物所有者の協力を得た上で実施しました。無線局免許については、以下の点に留意し免許申請を行いました。

- ① 無線局開設に係る免許関係諸経費は本実証の免許申請者の負担としました。
- ② 本件契約締結後、速やかに周辺の携帯電話事業者等と周波数調整を開始し、合意を取れた上で、総務省総合通信局等に無線局免許申請を行い、実証実験開始までに無線局免許を取得しました。免許申請のために必要な諸元は以下の表 3-1～表 3-4 のとおりです。また、東日本電信電話株式会社を免許人とし、各種申請を行いました。干渉調整や登録点検で要する期間も考慮し、本実証契約後速やかに事前相談を行い、免許申請手続きを開始しました。

表 3-1 ローカル 5 G無線システムの諸元 (4.7GHz 帯)

無線局種別	RU (基地局)	UE (陸上移動局)
無線局数	【ICT パーク】 2 【eXeField Akiba】 2	10
中心周波数 (帯域幅)	4850MHz (100MHz)	4850MHz (100MHz)
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力 [W(dBm)]	1W (30.0dBm)	0.2W (23.0dBm)
空中線利得	4.9dbi	2.4dbi

表 3-2 ローカル5G無線システムの諸元 (28GHz帯 28.3-28.4GHz 100MHz幅)

無線局種別	RU (基地局)	UE (陸上移動局)
無線局数	【 ICT パーク】 1 【eXeField Akiba】 1	10
中心周波数 (帯域幅)	28.35GHz (100MHz)	28.35GHz (100MHz)
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力 [W(dBm)]	31.62W (45.0dbm)	0.2W (23.0dBm)
空中線利得	25.8dBi	10dbi

表 3-3 ローカル5G無線システムの諸元 (28GHz帯 28.3-28.5GHz 200MHz幅)

無線局種別	RU (基地局)	UE (陸上移動局)
無線局数	【 ICT パーク】 1 【eXeField Akiba】 1	10
中心周波数 (帯域幅)	28.4GHz (200MHz)	28.4GHz (200MHz)
変調方式	OFDM	OFDM
送信出力 [W(dBm)]	63.10W (48dbm)	0.2W (23.0dBm)
空中線利得	25.8dBi	10dbi

表 3-4 ローカル5G無線システムの諸元 (LTE(アンカーバンド))

無線局種別	RU (基地局)	UE (陸上移動局)
無線局数	【 ICT パーク】 1 【eXeField Akiba】 1	10
中心周波数 (帯域幅)	2.585GHz (10MHz)	2.585GHz (10MHz)
変調方式	OFDM	DFT-Spread OFDM
送信出力 [W(dBm)]	10W (40.0dBm)	0.4W (23.0dBm)
空中線利得	5dBi	1 dBi

本実証では、5G周波数帯の内、未割当てのローカル5Gの周波数帯を使用するため、実験試験局免許を取得しました。

3.1.4 構築スケジュール

構築スケジュールは以下のとおりです。

図 3-8 構築スケジュール

No	項目	開始日	終了日	2020			2021											
				10	11	12	1	2	3									
1	コアネットワーク	2020/12/7	2021/2/10															
2	ローカル5Gの基地局等無線通信システム	2020/12/7	2021/2/10															
3	キャリア5Gの基地局等無線通信システム	2021/1/18	2021/2/19															
4	Wi-Fi6の無線通信システム	2020/12/7	2021/2/10															
5	4G(LTE)の無線通信システム	2020/10/15	2021/1/13															
6	有線通信システム	2020/10/15	2021/1/13															
7	eスポーツゲーミングPC	2020/10/15	2021/1/13															
8	映像配信システム	2020/10/15	2021/1/13															
9	eスポーツ脳科学システム	2021/2/12	2021/3/6															
10	通信回線	2020/12/1	2021/1/30															

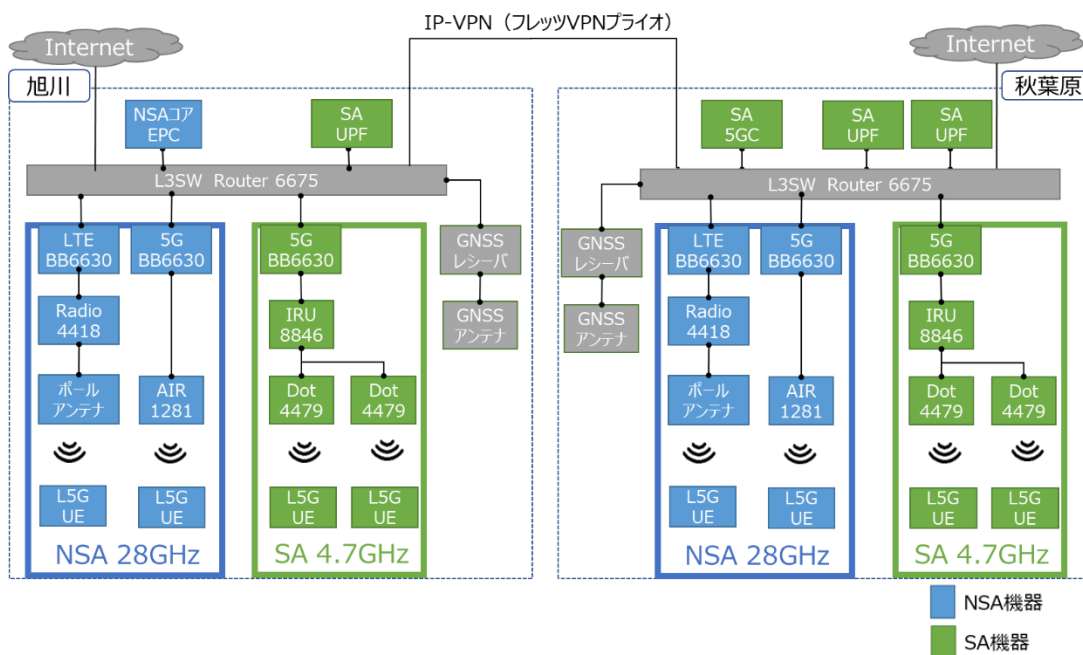
3.2 システム機能・性能・要件

システム（基地局、機器・端末等）について、技術実証に関するローカル5Gシステムと、課題実証に関するeスポーツ領域と配信システムの各システムについて、本実証の実施及び実証目標の達成に必要な機能及び性能を具備していることをご説明します。

3.2.1 コアネットワーク

技術実証及び課題実証で利用するコアネットワークは以下の図 3-9 の構成で構築しています。本実証で利用するコアネットワークはエリクソン社製の機器を選定しています。

図 3-9 コアネットワーク機器構成



本システムにて使用する機器は以下の表 3-5 のとおりです。

表 3-5 コアネットワーク機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	L3SW Router 6675	1	1

① Router 6675(L3SW)

Router6675(L3SW)は、ローカル5 Gシステムにおける本実証の課題解決を実現するネットワーク性能を具備した L3 スイッチです。

表 3-6 Router 6675 仕様

項目	仕様	備考
転送能力	全二重 320 Gbps	
インタフェース	24x 1/10G SFP+, 4x 100GE QSFP-28	
外形寸法	445mm x 350 mm x 67 mm (1.5RU)	
入力電源	DC 標準 150W, 最大 225W	
重量	8.6 kg	
動作温度	-40°C to 65°C	
その他	<ul style="list-style-type: none"> - Advance sync features: IEEE1588-2008 Precision Time Protocol, ITU-T Profiles for Frequency(G.8265.1 SOOC) and Time/Phase(G.8275.1 T-BC/GM & G.8275.2 T-BC/GM), NTP - Programmability and SDN support 	

図 3-10 Router 6675 外観



3.2.2 ローカル5Gの基地局等無線通信システム

技術実証及び課題実証で利用するローカル5Gシステムは以下の図3-11の構成で構築しました。本実証で利用するローカル5G機器はエリクソンの機器を選定しました。

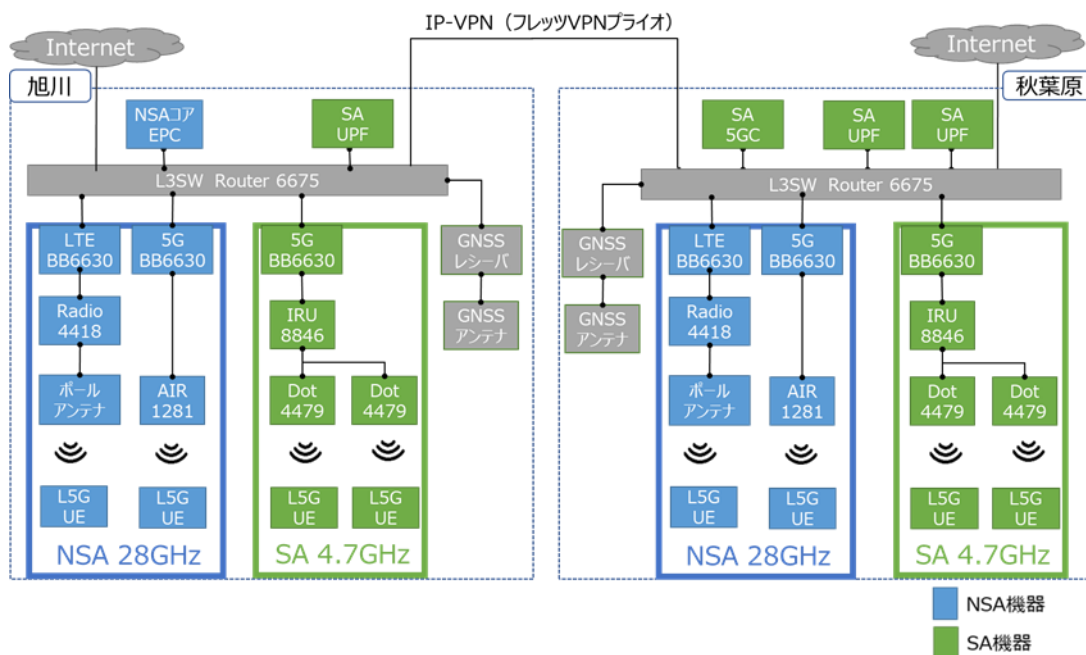
エリクソンは5Gシステム世界シェア2位の企業であり、ローカル5Gについても国内複数の導入実績があります。また、コンソーシアム内の検証環境及びお客様向け提案における協力体制が築かれております。

今回はそのリレーションに基づき開発中のSAシステムの提供を受け、製品化済みのNSAシステムと併せて構築しました。業界でも先行するエリクソンのノウハウと、コンソーシアムとしてこれまで培ったのノウハウを融合し、構築、実証を行いました。

両構成について、2拠点にローカル5G基地局整備をすることから、ICTパークにNSAコア(EPC)、eXeField AkibaにSAコア(5GC)を設置し対向拠点の無線装置も収容する構成を取りました。なお各ローカル5G主要機器間の接続は拠点内10Gbpsのネットワーク、拠点間の接続は最大1GbpsのIP-VPN回線で接続しました。

同期運用のため必要となる高精度時刻同期は、GNSSアンテナとGNSSレシーバーを各拠点に設置し、衛星からの信号を用いて時刻取得し生成したPTP信号を用いて実現しています。

図3-11 ローカル5G機器構成



本システムにて使用する機器は以下の表 3-7 のとおりです。

表 3-7 ローカル 5G 機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	5G EPC Dell PowerEdge R640 XL	1	0
2	5GC Dell PowerEdge R640 XL	0	1
3	Light UPF Edge-GW	1	2
4	5G BB 6630	2	2
5	LTE BB 6630	1	1
6	IRU 8846(4.8GHz) 5G 基地局	1	1
7	AIR1281(28GHz) 5G 基地局	1	1
8	Radio 4418(2.5GHz) LTE 基地局	1	1
9	Dot 4479 Prototype	2	2
10	PDU 02 02	1	1
11	Recutifier 1500W model	1	1
12	GNSS antenna	1	1
13	GNSS recievier unit	1	1
14	Compal Mi-Fi 5G 端末	20	

各物品の詳細は以下のとおりです。

① Dell EMC PowerEdge R640 XL (コア装置)

コア装置は、NSA 構成用の 5G EPC サーバ (5 G/LTE) と SA 構成用の 5GC サーバ (5 G) に分けて構築しました。また SA 構成のユーザパケット分離を実施するため、5GC のほか UPF 用の装置を設置します。5G EPC サーバ (5 G/LTE)、5GC サーバ (5 G) 及び UPF 用の装置はすべて本装置と同一機種です。

コア網ソフトウェアをインストールする動作検証済のサーバとして、Dell EMC 社のサーバを設置しました。

ソフトウェア仕様及びハードウェア仕様は以下のとおりです。

表 3-8 Dell EMC PowerEdge R640 XL 仕様

項目	仕様	備考
機種	Dell EMC PowerEdge R640 XL	
CPU	Intel Xeon Gold 6138 20 コア/40 スレッド/2.0GHz	
メモリ容量	384Gbytes 12x 32GB RDIMM, 2666MT/s, Dual Rank	
ストレージ	1)SAS 接続 12GB/s 2.4TB 10K/RPM 2 個 2)SAS 接続 12GB/s 2.4TB 10K/RPM 2 個 (バックアップ)	RAID-1
外部インタフェース	1)Intel X710 Dual Port 10GbE SFP+ 2)i350 Dual Port 1GbE, rNDC	
光トランシーバ	1x 10GBASE-SR	
RAID コントローラ	1x PERC H730P RAID Controller 2GB NV Cache, Minicard	
外形寸法	1RU (434mm x 42.8mm x 772.7mm)	
重量	21.9kg	
電源	Dual, Hot-plug, Redundant Power Supply(1+1), 750W AC	
動作温度	10°C to 35°C	
ソフト構成	<ul style="list-style-type: none"> - EPC/パケットコア : SGSN-MME (MME 機能)、EPG (S-GW/P-GW 機能)、SAPC (PCRF 機能) - UDM/ユーザーデータマネージメント : HSS-FE&CUDB (HSS-機能) - パケットコア監視ツール : CNOM - VIM/仮想インフラマネージャ : CEE 	
ハード構成	5G EPC サーバ、5GC サーバ (2 台)、5G UPF	
準拠規格	3GPP 準拠	
サーバ性能	同時アタッチメント数 : 20,000SAU スループット : 6Gbps 基地局数 : 2,000eNodeB	1 台当たり

図 3-12 Dell EMC PowerEdge R640 XL 外観



② BB6630 (ベースバンドユニット)

BB6630 は、5 G システムの無線アクセスネットワークにおける 5 G (ミリ波、Sub6) 及び LTE 用のベースバンドユニットです。5 G (ミリ波、Sub6) 及び LTE 用のベースバンドユニットはすべて本装置と同一機種です。

表 3-9 BB6630 DC 仕様

項目	仕様	備考
最大 NR スループット	5Gbps	
対応バンド	－ミッドバンド 3 sectors:100MHz, 16/8 layers 9 sectors:100MHz, 4/1 layers －ハイバンド 1 sectors:800MHz, 2layers 3 sectors:400MHz, 2layers	

図 3-13 BB6630 DC 外観



③ IRU 8846 (Sub6 基地局)

IRU 8846 は、5Gシステムの無線アクセスネットワークにおける Sub6 アンテナ (Dot 4479 Prototype) 用の基地局装置です。

表 3-10 IRU 8846 仕様

項目	仕様	備考
Dot ports	8 (各ポートで1つの Dot4479 をサポート)	
フロントホール	2 CPRI SFP+ ports(2.5 / 4.9 / 9.8 / 10.1 Gbps)	
Dot との互換性	Dot 4479	
外形寸法	445mm x 350 mm x 67 mm (1.5RU)	
重量	8.6 kg	
電源	-48 Vdc, ET20 connector 100-240 Vac 50-60Hz	
消費電力	650 W (-48 Vdc supply) 750 W (AC power supply)	
音響ノイズ	通常の動作条件下で 30 dBA(SPL)未満	
その他	- Mounting : 19" rack 1.5U or remote - RDI cable reach : 100m	

図 3-14 IRU 8846 外観



④ AIR 1281 (ミリ波基地局)

AIR 1281 は、5 Gシステムの無線アクセスネットワークにおけるミリ波 (28GHz 帯) 対応の基地局装置です。

表 3-11 AIR 1281 仕様

項目	仕様
トータル EIRP	MAX, 53dBm/800MHz, 56dBm/400MHz, 56dBm/100MHz MIN, 43dBm/800MHz, 40dBm/400MHz, 40dBm/100MHz
専有帯域幅 (OBW)	800MHz
フロントホール IF	CPRI, 2 x 25Gbps (4 x 10Gbps)
電源	100-250V AC or -48V DC
消費電力	< 205W
設置方法	Pole/Wall/Strand mounted
外形寸法	~7liter (280 x 200 x 130mm)
重量	8.4 kg
冷却方式	Passive
防水クラス	IP65

図 3-15 AIR 1281 外観



⑤ Radio 4418(LTE 基地局)

Radio 4418 とは、5Gシステムの無線アクセスネットワークにおける LTE 対応の基地局装置です。ミリ波 NSA システムにおいてのアンカーバンドとして利用します。

表 3-12 Radio 4418 仕様

項目	仕様	備考
MIMO	4Tx/4Rx (4ports)	
スプリットモード	2 x 2T2R as multi-sector solution	
送信電力	Max, 40W/port Min. 5W/port	
帯域	最大 100MHz IBW TDD	
キャリア数	最大 6LTE キャリア	
重量	16kg	
外形寸法	H380mm x W355mm x D118mm H420mm x W342mm x D123mm(*) *隆起部分含む	
その他	<ul style="list-style-type: none"> - -48 VDC 2-wire - AISG RET support via RS-485 - 2 external alarm - 対流冷却 - 防水 IP65, 動作温度 -45 to +55°C 	

図 3-16 Radio 4418 外観



⑥ Dot 4479 Prototype (Sub6 用無線装置)

Dot 4479 Prototype は、5G システムの無線アクセスネットワークにおける Sub6 用の無線装置です。

表 3-13 Dot 4479 Prototype 仕様

項目	仕様	備考
MIMO	4Tx/4Rx	
送信電力	4 x 250mW	
周波数	4800MHz – 4900MHz	
帯域	100MHz	
重量	16kg	
消費電力	60W 未満	
その他	<ul style="list-style-type: none"> – RAT : NR only – 3 GPP における NR キャリアバンド幅 : 全チャンネル > 20MHz – 冷却タイプ : Passive 	

図 3-17 Dot 4479 Prototype 外観



⑦ PDU 02 02(配電ユニット)

PDU 02 02 は、各機器へ配電する機器です。

表 3-14 PDU 02 02 仕様

項目	仕様	備考
外形寸法(mm)	21 x 434 x 200	
重量 (kg)	< 4.0	
動作温度	-40℃ ~ +60℃	
電源	-48 VDC input/output voltage	
消費電力	60W	

図 3-18 PDU 02 02 外観



⑧ PWX1500ML (整流器)

PWX1500ML は、ラックマウント電源として最適化設計された CVCC 可変型スイッチング直流安定化電源です。19 インチラック幅の薄型形状とし、内部冷却の給排気も前後面のみとすることで、上下を密着した実装が可能となっています。

表 3-15 PWX1500ML 仕様

項目	仕様	備考
公称入力定格	100Vac ~ 240Vac, 50Hz ~ 60Hz 単相	
入力電圧範囲	85Vac ~ 265Vac	
入力周波数範囲	47Hz ~ 63Hz	
電流 (MAX)	100Vac : 21A 200Vac : 10.5A	
突入電流 (MAX)	70A 以下	
電力 (MAX)	2200VA	
力率 (TYP 値)	0.99 (100V 入力時) / 0.97 (200V 入力時)	
効率 (MIN)	74%以上	
停電保持時間 (MIN)	20ms 以上	
インタフェース	LAN/USB/RS-232C	

図 3-19 PWX1500ML 外観



⑨ GNSSアンテナ

GNSSからの通信を受信する機器です。

表 3-16 GNSSアンテナハードウェア仕様

項目	仕様	備考
使用温度範囲	-40℃ ~ +55℃	
防水特性	IP67	
外形寸法	131(H)x 89(W)×77(D) mm	ブラケット装着時
重量	約 0.3 kg	

図 3-20 GNSSアンテナ外観



⑩ GNSSレシーバーユニット(NCD901 65/1)

GNSSレシーバーユニットは、GNSSアンテナが受信した電波を復調する機器です。

表 3-17 GNSSレシーバーユニット仕様

項目	仕様	備考
外形寸法(mm)	H32 x W37 x D104	
重量 (kg)	113g	
動作温度	-40℃ ~ +60℃	
インタフェース	RJ45 x 2 SMA connector x 1	

図 3-21 GNSSレシーバーユニット外観



⑪ Compal Mi-Fi 5G端末(ローカル5G端末)

本実証におけるローカル5G端末です。本実証では計20台用意しました。仕様は以下のとおりです。同一のハードウェアでミリ波、Sub 6に対応しますが排他利用となるため、ミリ波用10台、Sub 6用10台を用意しました。

表 3-18 Compal Mi-Fi 5G 端末仕様

項目	仕様	備考
使用周波数帯	n79, n257, B38, B41	
無線規格	Dual band WiFi MIMO 802.11 a/b/g/n/ac/ax	
インターフェース	USB 3.1 Gen2, Type C, nano-SIM, RJ45	
ディスプレイ	2.4" Touch screen	
外形寸法	119×72×23.5 mm	
重量	228g	
バッテリー	5300mAh	

図 3-22 Compal Mi-Fi 5G 端末外観

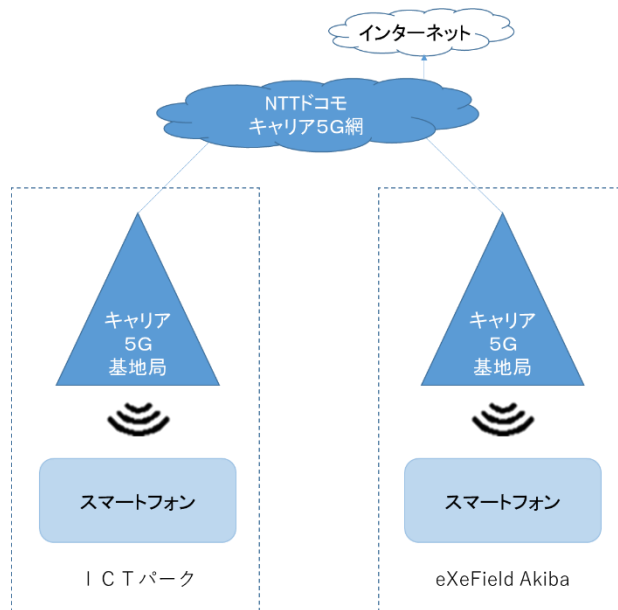


3.2.3 キャリア 5 G の基地局等無線通信システム

本実証で活用するキャリア 5 G システムについては NTT ドコモが提供するキャリア 5 G サービス (4.5GHz~4.6GHz) を利用し、以下の図 3-23 の構成とします。NTT ドコモのキャリア 5 G は NSA 構成のため、5 G の周波数帯と併せて LTE の周波数帯も利用し、コア装置も LTE サービスのコア装置を利用しました。

本実証で利用するキャリア 5 G 端末はスマートフォンを 16 台準備しました。

図 3-23 キャリア 5 G 機器構成



本システムにて使用する機器は以下のとおりです。

表 3-19 キャリア 5 G 機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	キャリア 5 G 基地局システム一式	1	1
2	Galaxy S20 5G SC-51A (スマートフォン)	8	8
3	Wi-Fi STATION SH-52A	10	10

各物品の詳細は以下のとおりです。

① キャリア5G基地局システム

キャリア5G基地局システムは、NTTドコモの可搬型5Gシステムであるキャリア5Gを利用しました。

表 3-20 キャリア5G基地局システム仕様

項目	仕様	備考
外形寸法	最大 6m x 1.8m x 1.3m	
重量	約 90kg	

図 3-24 キャリア5G基地局システム外観



② Galaxy S20 5G SC-51A(キャリア5G対応スマートフォン)

Galaxy S20 5G SC-51A は、キャリア5Gネットワークの検証で使用するスマートフォンです。

表 3-21 Galaxy S20 5G SC-51A 仕様

項目	仕様	備考
ディスプレイ	約 6.7 インチ Quad HD+ / Dynamic AMOLED 有機EL	
カメラ	アウトカメラ: 約 1200 万画素 / 約 1200 万画素 / 約 6400 万画素 / ToF カメラ インカメラ: 約 1000 万画素	
通信速度	受信時最大: 5G 4.1Gbps / 4G (LTE) 1.7Gbps 送信時最大: 5G 480Mbps / 4G (LTE) 75Mbps	
バッテリー容量	4500mAh (内蔵電池)	
内蔵メモリ	RAM 12GB / ROM 128GB	
サイズ	約 162(H) × 約 74(W) × 約 7.8(D)mm	
重量	約 186g	
SIM カード	nanoUIM	
防水防塵	IPX5 / 8 IP6X	

図 3-25 Galaxy S20 5G SC-51A 外観



③ Wi-Fi STATION SH-52A(キャリア5G端末(5G-UE))

Wi-Fi STATION SH-52A は、キャリア 5 G ネットワークの検証で使用するキャリア 5 G 端末 (5 G-UE) です。

表 3-22 Wi-Fi STATION SH-52A 仕様

項目	仕様	備考
通信	5G : 受信時最大 4.1Gbps※1 / 送信時最大 480Mbps※1 4G : 受信時最大 1.7Gbps / 送信時最大 131.3Mbps	
サイズ	高さ 約 84mm×幅 約 157mm×厚さ 約 16mm	
重量	約 268g	
無線 LAN 規格 / 最大伝送速度 (規格値)	IEEE802.11a / 54Mbps IEEE802.11b / 11Mbps IEEE802.11g / 54Mbps IEEE802.11n (Wi-Fi 4) / 300Mbps IEEE802.11ac (Wi-Fi 5) / 867Mbps IEEE802.11ax (Wi-Fi 6) / 1201Mbps 2.4GHz 帯 / 5GHz 帯対応	
有線 LAN	IEEE802.3bz (2.5GBASE-T) IEEE802.3ab (1000BASE-T) IEEE802.3u (100BASE-TX)	
同時接続台数	18 台 (Wi-Fi: 16 台 / 有線 LAN: 1 台 / USB: 1 台)	
かんたん接続機能	WPS、QR コード接続	
バッテリー容量	4000mAh	
本体付属品	USB ケーブル A to C	
連続通信時間 (5G / PREMIUM 4G / LTE)	約 290 分 / 約 280 分 / 約 400 分	
LTE 連続待受時間 (静止時 [自動])	約 200 時間	
WORLD WING	LTE / 3G	
USB テザリング	対応	

図 3-26 Wi-Fi STATION SH-52A 外観



3.2.4 Wi-Fi6 の無線通信システム

本実証において、ローカル5 Gシステムとの比較検証として Wi-Fi6 (IEEE802.11ax) の無線通信システムを利用しました。

本システムにて使用する機器は以下のとおりです。

表 3-23 Wi-Fi6 機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	AT-TQ6602 (Wi-Fi6 対応無線ルータ)	1	既存利用

物品の詳細は以下のとおりです。

① AT-TQ6602 (Wi-Fi6対応無線アクセスポイント)
 AT-TQ6602 は、Wi-Fi6 対応の無線アクセスポイントです。

表 3-24 AT-TQ6602 端末仕様

項目	仕様	備考
無線部	準拠規格 (国際規格) IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax IEEE 802.11k Radio Resource Measurement of Wireless LANs, IEEE 802.11v Basic Service Set Transition Management Frames	
	周波数帯域 2.4GHz 帯 : 2400~2483.5MHz 5GHz 帯 : 5150~5350MHz, 5470~5730MHz	
	アンテナ本数 2.4GHz 帯 : 4 本 5GHz 帯 : 4 本	
	ストリーム数 : 4 ストリーム MIMO	
	データ通信速度 IEEE 802.11a/b/g/n/ac IEEE 802.11ax (2.4GHz) : 最大 1147Mbps IEEE 802.11ax (5GHz) : 最大 2402Mbps	
	空中線電力 : 10mW/MHz 以下	
	最大接続台数 : 200 台	
有線部	準拠規格 : 10BASE-T, 100BASE-TX, 1000BASE-T, 2.5GBASE-T/5GBASE-T IEEE 802.3x Flow Control※9 IEEE 802.3at Power over Ethernet+ IEEE 802.1Q VLAN Tagging	
	データ通信速度 : 10Mbps/100Mbps/1000Mbps/2.5Gbps/5Gbps	
	ポート : 10/100/1000/2.5G/5GBASE-T (PoE-IN、RJ-45 コネクター) ×1 オートネゴシエーション、MDI/MDI-X 自動認識	
電源部	定格入力電圧 : AC100-240V 入力電圧範囲 : AC90-264V 定格周波数 : 50/60Hz 定格入力電流 : 0.50A 最大入力電流 (実測値) : 0.42A 平均消費電力 : 16W (最大 20W) 平均発熱量 : 57kJ/h (最大 74kJ/h)	
環境条件	動作時温度 : 0~50℃ 動作時湿度 : 5~90% (結露なきこと) 保管時温度 : -25~70℃ 保管時湿度 : 5~95% (結露なきこと)	
外形寸法	205 (W) × 225 (D) × 51 (H) mm (突起部含まず)	
重量	1.6kg (ブラケット含まず)	

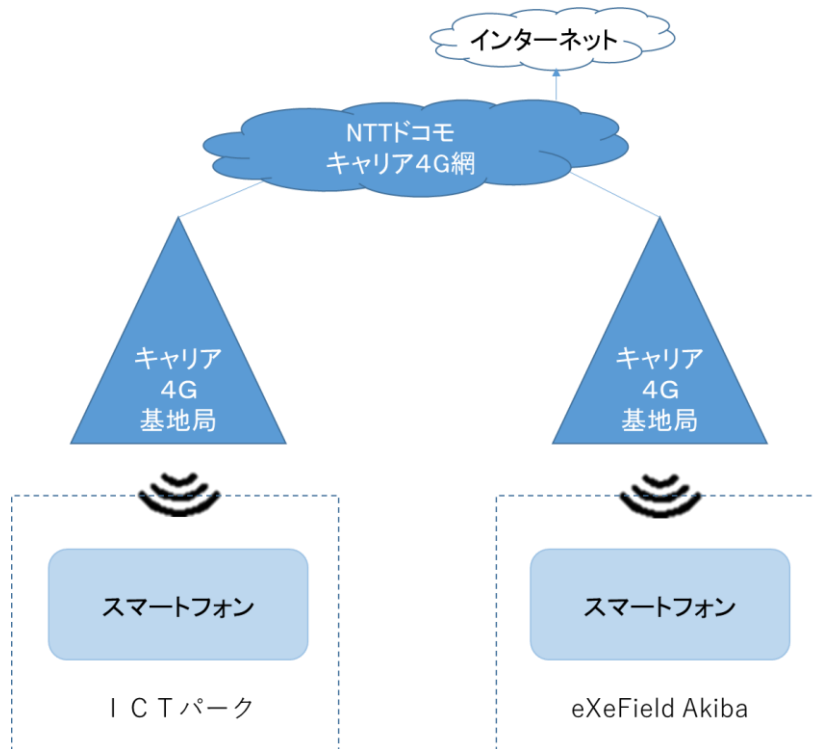
図 3-27 AT-TQ6602 外観



3.2.5 4G (LTE) の無線通信システム

本実証において、ローカル5Gシステムとの比較検証のためNTTドコモが提供するキャリア4Gサービスを利用します。キャリア4G基地局は建物外の既設の基地局を利用したため、本実証では新たな4G基地局の設置は行いませんでした。

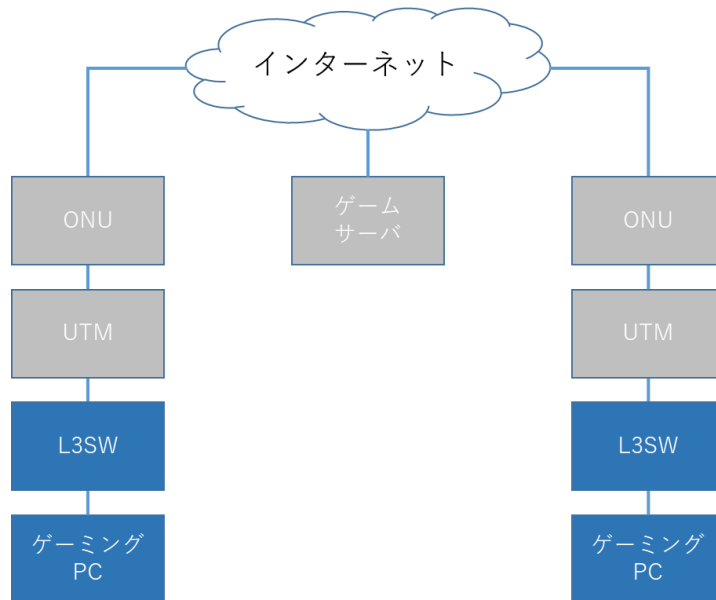
図 3-28 キャリア4Gネットワーク構成



3.2.6 有線通信システム

本実証の L3SW～端末間で利用する有線通信システムについては、LAN ケーブルを利用しました。有線通信システムは以下の 3-29 の構成で構築しました。

図 3-29 有線通信システム機器構成



本システムにて使用する機器は以下のとおりです。

表 3-25 有線通信システム機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	L3SW	1	既設利用

3.2.7 eスポーツゲーミングPC

本実証においてeスポーツ競技や映像伝送の検証に使用する機器です。

本システムにて使用する機器は以下の表のとおりです。

表 3-26 eスポーツ用ゲーム機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	GALLERIA XA7C-R70S (ゲーミング PC)	10	既設利用
2	VX2458-MHD-7 (ディスプレイ)	10	

各物品の詳細は以下のとおりです。

- ① GALLERIA XA7C-R70S(ゲーミング PC)
 GALLERIA XA7C-R70S は、本実証における e スポーツ用ゲーミング PC です。

表 3-27 GALLERIA XA7C-R70S 仕様

項目	仕様	備考
OS	Windows 10 Home 64 ビット	
CPU	インテル Core i7-10700 (2.90GHz-4.80GHz/8 コア/16 スレッド)	
グラフィック機能	NVIDIA GeForce RTX 2070 SUPER 8GB HDMIx1 , DisplayPortx3	
電源	650W 静音電源(80PLUS BRONZE)	
メモリ	16GB DDR4 SDRAM(PC4-21300/8GBx2/2 チャンネル)	
SSD	512GB NVMe SSD (M.2 2280, 読込速度 3200MB/s, 書込速度 2000MB/s)	
HDD	無し	
LAN	ギガビット LAN ポート x1(マザーボードオンボード)	
マザーボード	インテル H470 チップセット ATX マザーボード (PCI-E x 16/x 4 x 2, PCI-E x 1 x 4 / メモリスロット x 4(最大 64GB)/SATA3 x6/M.2 x3 (Key E×1))	
入出力ポート	前面:USB 3.2 Gen1 Type-A x4 背面:USB2.0 x2 USB 3.2 Gen1 Type-A x2 USB 3.2 Gen2 ×2 (Type-A×1+Type-C×1)	
外形寸法	220 (幅) ×440 (奥行き) ×480 (高さ) mm	
重量	約 14kg	
オフィスソフト	Office なし	

図 3-30 GALLERIA XA7C-R70S 外観



② VX2458-MHD-7(ディスプレイ)

VX2458-MHD-7はゲーミング PC で使用するディスプレイです。

表 3-28 VX2458-MHD-7 仕様

項目	仕様	備考
サイズ	23.6 型ワイド(16.9)	
パネルタイプ	TN / ノングレア	
解像度	Full HD (1920 x 1080)	
表示面積	521.28 x 293.22 mm	
画素ピッチ	0.2715 x 0.2715 mm	
最大輝度	300 cd/m2	
視野確度 (左右/上下)	170° / 160°	
コントラスト比	1000:1	
ダイナミックコントラスト比	80,000,000:1	
応答速度	1ms(GTG) *オーバードライブ時	
最大表示色	1677 万色	
リフレッシュレート	144	
入出力ポート	HDMI 1.4 x 2 / DisplayPort 1.2 x 1	
電源	AC100-240V±10% 50/60Hz	
消費電力	50W(最大) / 45W(標準) / 27W(エコ)	
外形寸法	558.7 x 422.4 x 229.65 mm	スタンドあり
重量	約 4.08kg	スタンドあり

図 3-31 VX2458-MHD-7 外観



3.2.8 映像配信システム

本実証において、e スポーツの対戦映像やカメラの映像の伝送に使用する機器です。

本システムにて使用する機器は以下の表のとおりです。

表 3-29 映像配信システム機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	Panasonic AW-UE100W	1	既設利用
2	GoPro HERO9 Black	10	
3	V-600UHD	1	
4	Absen ICON C220	1	
5	AJA HA5-4K	22	
6	Matrox MaeveX6150	2	
7	NTT Electronics MVE7000/MVD7000	2 (eXeField Akiba の装置を利用)	

各物品の詳細は以下のとおりです。

① Panasonic AW-UE100W (ステージ全体撮影用カメラ)

Panasonic AW-UE100W は、ステージ全体を撮影するために 4K30fps 以上に対応しています。

表 3-30 Panasonic AW-UE100W 仕様

項目	仕様	備考
電源	DC 12 V (10.8 V - 13.2 V) (AC アダプタ付属) DC 42 V - 57 V (PoE++ 電源)	
PoE++	IEEE802.3bt 準拠: DC42 V - 57 V (カメラ端) (ソフト認証 (LLDP 通信) 対応)	
消費電力	3.0 A (AC アダプタ付属)、1.0 A (PoE++ 電源)	
動作温度	0 °C ~ 40 °C	
重量	約 2.2 kg (飾りカバー、取付金具を除く) 約 2.3 kg (飾りカバー含む、取付金具を除く)	
外形寸法	幅 169.2 mm × 高さ 204.6 mm × 奥行 170.6 mm (突起部、飾りカバー、取付金具を除く)	
ズーム倍率	<ul style="list-style-type: none"> 電動光学ズーム: 24 倍 i.Zoom: UHD 28 倍、FHD 36 倍 デジタルエクステンダーズーム: 1.4 倍、2 倍 	
画角範囲	<ul style="list-style-type: none"> 水平画角: 74.1° (Wide 端) - 3.3° (Tele 端) 垂直画角: 46.0° (Wide 端) - 1.9° (Tele 端) 対角画角: 81.8° (Wide 端) - 3.8° (Tele 端) 	
出力フォーマット	SDI 出力 4K: 2160/59.94p、2160/50p、2160/29.97p、2160/25p、 2160/24p、2160/23.98p	
	SDI 出力 HD: 1080/59.94p、1080/50p、1080/29.97p、1080/29.97PsF、 1080/25p、1080/25PsF、1080/23.98p※4、1080/24p、 1080/23.98p、1080/23.98PsF、1080/59.94i、1080/50i、 720/59.94p、720/50p	
	HDMI 出力 4K: 2160/59.94p、2160/50p、2160/29.97p、2160/25p、 2160/24p、2160/23.98p	
	HDMI 出力 HD: 1080/59.94p、1080/50p、1080/29.97p、1080/25p、 1080/23.98p※10、1080/24p、1080/23.98p、1080/59.94i、 1080/50i、720/59.94p、720/50p	

図 3-32 AW-UE100W 外観



- ② GoPro HERO9 Black (プレイヤー撮影用カメラ)
GoPro HERO9 Black はプレイヤー撮影用カメラです。

表 3-31 GoPro HERO9 Black 仕様

項目	仕様	備考
画素数	20MP	
最大解像度	ビデオ : 5K 30fps HDMI 出力 : 1080p 240fps	
最大ビデオビットレート	100 Mbps (2.7K、4K、5K)	
バッテリー容量	1720 mAh リチウムイオン	
重量	158g	
接続機能	Wi-Fi + Bluetooth GPS 対応	
外形寸法	W71.8mm x H50.8mm x D33.6mm	

図 3-33 GoPro HERO9 Black 外観



③ Roland V-600UHD(映像スイッチャ)

Roland V-600UHD は、入力映像の切り替えを行う装置です。

表 3-32 Roland V-600UHD 仕様

項目	仕様	備考
ビデオ・プロセッシング	4:4:4 (Y/Pb/Pr)、10 ビット	
入力映像フォーマット	最大 4K60p	
出力映像フォーマット	最大 4K60p	
入力端子	HDMI IN 1~4 端子 : HDMI タイプ A (HDMI 2.0) SDI IN 5~6 端子 : BNC タイプ (12G/3G/HD-SDI、SMPTE 2082、424M (Level-A、Level-B)、292M 準拠) RGB IN 1 端子 : 15 ピン・ミニ D-sub タイプ (アナログ RGB、HDMI IN 1 か RGB IN 1 かをメニューで選択) AUDIO IN L/R 端子 : XLR-3-31 タイプ (バランス)	
出力端子	SDI OUTPUT 端子 : BNC タイプ (12G/3G-SDI、SMPTE 2082、424M (Level-A、Level-B) 準拠) HDMI OUT 1~3 端子 : HDMI タイプ A (HDMI 2.0) MULTI-VIEW 端子 : HDMI タイプ A (HDMI 1.4) AUDIO OUT L/R 端子 : XLR-3-32 タイプ (バランス) PHONES 端子 : ステレオ・ミニ・タイプ	
その他の端子	USB MEMORY 端子 : USB A タイプ (USB メモリ用) RS-232 端子 : 9 ピン D-sub タイプ (オス) (外部制御用) LAN 端子 : RJ45 タイプ、100BASE-TX (外部制御用) TALLY/GPI 端子 : 25 ピン D-sub タイプ (メス) (Tally : 16、GPI : 8)	
電源	AC100V (50/60Hz)	
消費電力	80W	
外形寸法	482 (幅) × 300 (奥行き) × 116 (高さ) mm ※ラック・マウント・アングルを取り付けた状態	
重量	5.3kg ※ラック・マウント・アングルを含む	

図 3-34 Roland V-600UHD 外観



- ④ Absen ICON C220(大型 LED ビジョン)
Absen ICON C220 は、会場用の大型 LED ビジョンです。

表 3-33 Absen ICON C220 仕様

項目	仕様	備考
ピクセルピッチ	2.54mm	
輝度	350 (cd/m2)	
外形寸法	H2794mm x W4930mm x D115mm	
解像度	1920 x 1080	

図 3-35 Absen ICON C220 外観



⑤ AJA HA5-4K(コンバーター)

AJA HA5-4K は、4K-HDMI から 4K-SDI への映像コンバーターです。

表 3-34 AJA HA5-4K 仕様

項目	仕様	備考
ビデオフォーマット	最大 4096x2160p	
デジタルビデオ入力	最大 4K60fps	
デジタルビデオ出力	最大 4K60fps	
デジタルオーディオ入力	HDMI エンベデッドオーディオ、24-bit、2 チャンネル	
デジタルオーディオ出力	SDI エンベデッドオーディオ、24-bit、2 チャンネル	
外形寸法	W146.31mm x D102.11mm x H22.86mm	
重量	0.3kg	
電源	安定化した 5-20VDC、10watts、電源アダプタ 100-240V、50/60Hz ユニバーサル入力	
動作環境	安全動作温度：0°C ~ 40°C (32°F ~ 104°F) 安全保管温度 (電源オフ時)：-40°C ~ 60°C (-40°F ~ 140°F) 動作相対湿度：10% ~ 90% (結露なきこと) 動作高度：3,000m 未満 (10,000 フィート未満)	

図 3-36 AJA HA5-4K 外観



⑥ Matrox MaeveX6150(エンコーダ)

Matrox MaeveX6150 は、4K ライブストリーミング用のエンコーダです。RTMP、RTSP、RTP、MPEG2-TS、SRT、HLS 等の一般的な各種プロトコルに対応しています。

表 3-35 Matrox MaeveX6150 仕様

項目	仕様	備考
映像入力数	4	
形状	スタンドアローン (ラックマウント対応)	
ビデオ入力	HDMI (Type A) x 4	
ビデオ出力 (パススルー)	HDMI (Type A) x 4	
ビデオ出力 (モニタリング)	DisplayPort 1.1 x 1	
最大キャプチャー解像度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3840 x 2160 @60Hz 2 系統または 4096 x 2160 @60Hz 2 系統 ・ 3840 x 2160 @30Hz 4 系統または 4096 x 2160 @30Hz 4 系統 	
カスタム解像度	対応可能	
フォーマット (コーデック)	ビデオ : H.264/MPEG-4 Part10 (AVC) オーディオ : MPEG4 AAC-LC/HE v1/HE 2	
クロマサブ・サンプリング	Baseline (BP)、Main(MP)、High(HiP)、High 10 (Hi10P)、High 4 : 4 : 2 (Hi422P)、High 4 : 4 : 4 (Hi444PP)、CAVLC 4 : 4 : 4 intra (44)	
エンコーディングレベル	5.2 まで	
ビットレート	50kbps~120Mbps、15Mbps(デフォルト)	
レートコントロール	CBR、VBR、品質優先 (デスクトップあるいは低遅延に最適化)、可変 GOP	
ネットワーク規格	100/1000 Base-T (半 2 重/全 2 重)、Auto コネクト	
サイズ	21.7 cm x 19.1 cm x 4.3 cm	
重量	1250g (本体のみ)	
動作条件	動作温度/湿度 : 0°C ~ 45°C / 20% ~ 80% (結露なし) 保管温度/湿度 : -40°C ~ 70°C / 10% ~ 90% (結露なし) 動作気圧 : 650hPA (3,580m) ~ 1,013hPA (0m) 保管気圧 : 192hPA (12,000m) ~ 1,020hPA (-50m)	
最大消費電力	45W	

図 3-37 Matrox MaeveX6150 外観



⑦ NTT Electronics MVE7000/MVD7000(エンコーダ/デコーダ)

NTT Electronics MVE7000/MVD7000 は、FHD ライブストリーミング用の IP エンコーダ/IP デコーダです。IP 回線において 1 フレーム遅延 33ms という低遅延で映像伝送が可能です。

表 3-36 Matrox Maeve6150 仕様

項目	仕様	備考
映像入出力フォーマット	3G-SDI (SMPTE ST 424) ※、HD-SDI (SMPTE ST 292)、SD-SDI(SMPTE ST 259) : BNC × 1 系統、HDMI (HDCP 非対応) × 1 系統	
映像符号化/暗号方式	H.265/HEVC Profile : Main 10 4:2:2 OP4、Main 10、Main / Level : 4.1、4.0、3.1	
	H.264/MPEG-4 AVC (デコーダのみ) Profile : High 4:2:2 (10bit)、High、Main Level : 4.2、4.1、4.0	
映像フォーマット	1080P (1920/1440/960 × 1080) @59.94Hz、50Hz ※ 1080I (1920/1440/960 × 1080) @29.97Hz、25Hz 720P (1280 × 720) @59.94Hz、50Hz 576I (720 × 576) @25Hz 480I (720 × 480) @29.97Hz	
音声入出力フォーマット	Embedded Audio (8ch) (SMPTE ST 299、SMPTE ST 272)、HDMI (HDCP 非対応)	
音声符号化/暗号方式	MPEG-1 Layer II (2ch) 最大 4PES MPEG-2 AAC-LC (2ch、5.1ch) 最大 2PES OP5 OP21 MPEG-4 AAC-ELD (2ch、5.1ch) 1PES OP5 OP21 SMPTE ST 302 (2ch) 最大 4PES	
システム入出力ストリーム形式	MPEG-2 TS (188/204 バイト) Advanced TS (192 バイト)	
システム入出力インタフェース	IP、DVB-ASI	
システム最大入出力 TS レート	エンコーダ : 50Mbps デコーダ : 80Mbps	
ネットワーク IP 伝送インタフェース	DATA1 : 100BASE-TX/1000BASE-T (RJ-45) DATA2 : 100BASE-TX/1000BASE-T (RJ-45)	
ネットワーク伝送方式	RTP/UDP/IP (SMPTE ST 2022-2:2007、RFC2250、RFC3550)、Unicast/Multicast	
ネットワーク機能	IPv4 : IGMP v2、NTP、DHCP、Ping、PPPoE ※ IPv6 : MLDv1	

ネットワーク エラー訂正機 能	FEC (SMPTE ST 2022-1:2007 / Pro-MPEG COP#3 R2)、 ARQ	
外形寸法 / 質 量	W : 208.7 × H : 42.1 × D : 360 (mm) (突起物含まず) / 2.6kg 以下	
電源	AC100V~240V、50/60Hz	
消費電力	65W 以下	
使用環境	-10~50℃(低温起動除く)、20~90%(結露なきこと)	
適合規格	RoHS、VCCI ClassA、FCC ClassA、EN55032 ClassA、EN61000-3-2、 EN61000-3-3、EN55024、ICES	

図 3-38 NTT Electronics MVE7000/MVD7000 外観



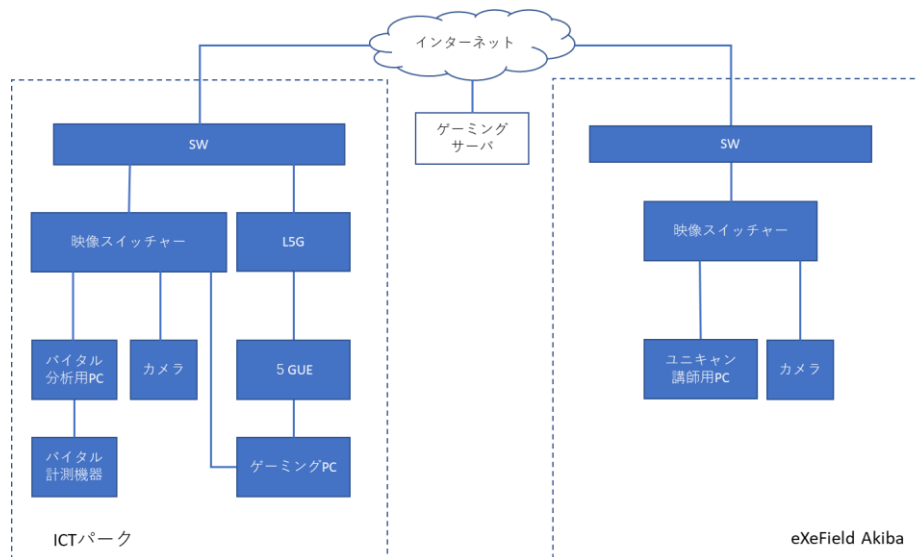
3.2.9 e スポーツ脳科学システム

e スポーツ競技において、選手のコンディション状態を可視化し、選手の特徴を客観的に理解することは、効果的なトレーニングや指導につながるため、選手のパフォーマンス向上には重要な要素です。

本検証ではゲームプレイ時におけるプレイヤーのバイタルデータを計測し、脳活動情報と心拍数等を可視化することで、パフォーマンスと身体の生理状態の関係を調査し、プレイヤーのパフォーマンス向上を目的とした支援ができるかを実施しました。

e スポーツ脳科学システムの構成は以下のとおりです。e スポーツ脳科学システムは、ゲーム時のプレイヤーのバイタルデータとして脳活動と心拍数を計測するために、脳活動計測機器と心拍計測機器を利用しました。e スポーツ脳科学システムについては以下の図 3-39 の構成で構築しました。

図 3-39 e スポーツ脳科学システム機器構成



本システムにて使用する機器は以下の表のとおりです。

表 3-37 e スポーツ脳科学システム機器一覧

No.	名称	数量(ICT パーク)	数量(eXeField Akiba)
1	バイタル分析用 PC	1	0
2	映像スイッチャ	1	0
3	ゲーミング PC 一式	3	1
4	脳活動計測機器	1	0
5	心拍計測機器	1	0

3.2.10 通信回線

本実証において利用した回線は以下のとおりです。

表 3-38 利用回線一覧

No.	用途	回線種別	プロバイダ	VPN
1	ローカル5G拠点間 閉域通信用	NTT 東日本 フレッツ光ネクスト プライオ 10 (10Mbps 帯域優先) ※1 通信速度：最大概ね 1Gbps	不要	VPN プライオ (※2)利用
2	オンラインゲーム通 信用	NTT 東日本 フレッツ光ネクスト プライオ 10 (10Mbps 帯域優先) ※1 通信速度：最大概ね 1Gbps	OCN IpoE ワイドプラン	なし
3	映像配信用	NTT 東日本 フレッツ光ネクスト プライオ 10 (10Mbps 帯域優先) ※1 通信速度：最大概ね 1Gbps	OCN IpoE ワイドプラン	なし

※1：フレッツ光ネクスト プライオ 10 <https://business.ntt-east.co.jp/service/prio/>

※2：フレッツ・VPN プライオ <https://business.ntt-east.co.jp/service/vpnprio/>

3.3 実証環境の運用

3.3.1 実証参加者への研修内容

実証を開始する前に、実証参加者等に対するシステム利用に関する説明会を行い、機器操作の習熟を図ることで、トラブルの事前防止を図りました。

表 3-39 説明会実施状況

実施日	人数	場所
2021年2月3日	10人	ICTパーク 3F

図 3-40 実証ゲーム (PUBG) 操作説明書

2月3日 実証ゲーム (PUBG) 操作説明書

ゲームの遊び方
 マウスとキーボードのみのマウス照準による操作方法を説明します。その他の操作方法に関しては、ゲーム内よりご確認ください。



射撃	左クリック	TPS/FPSの切替	V
ADS (スコープを覗く)	右クリック (単押し)	射撃モード変更	B
武器を構える	右クリック (長押し)	運転席に移動	Ctrl + 1
歩く	Ctrl	アクション	F
ダッシュ	Shift	マップ表示	M
ダッシュ (自動)	=	イベントリ	Tab
しゃがむ	C	ボイスチャット	T
伏せ	Z	ボイスチャットミュート	Ctrl + T
フリーロック	Alt		

3.3.2 ヘルプデスク体制

実証期間中は以下の図 3-41 のとおり、一時受付窓口（ヘルプデスク）を設置し、実証参加者を含む実証メンバーからの問合せ等に対応しました。また、不具合・問合せ内容に応じて、表 3-40 のとおり、役割分担を決め対応にあたりました。

なお、本体制は 2021 年 2 月 3 日～2021 年 3 月 31 日としました。

図 3-41 運用及び緊急連絡体制

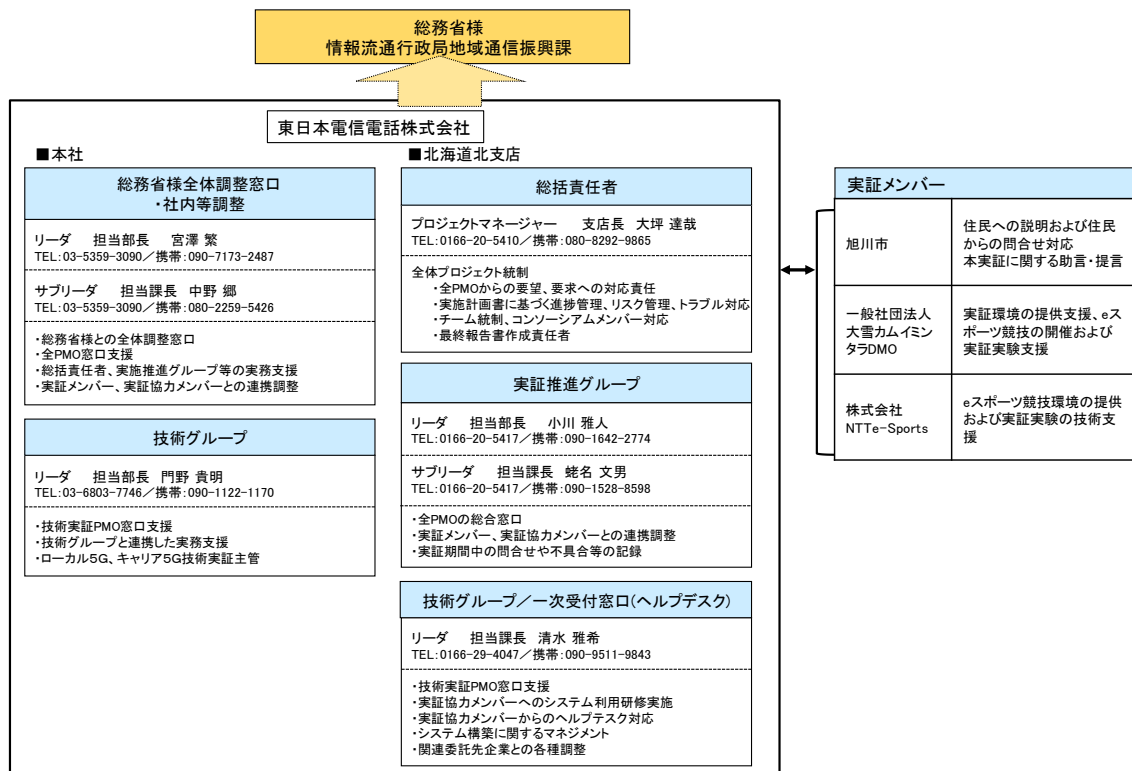


表 3-40 不具合・問合せ発生時の役割分担

不具合分類	不具合・問合せ内容	担当（問合せ先）
ローカル 5 G 機器	基地局、アンテナ等のローカル 5 G 機器に関する内容	エリクソン
ローカル 5 G 環境	ローカル 5 G 環境構築、技術実証に関する内容	ミライト
キャリア 5 G	キャリア 5 G 機器、環境構築に関する内容	NTT ドコモ
e スポーツ関連	eXeField Akiba 環境、課題解決システムにおけるイベントの企画等に関する内容	NTTe-Sports
環境関連	映像、音響等本実証調達機器以外で整備された環境に関する内容	日本コムシス ※再委託申請対象外

3.3.3 不具合・問合せ管理

以下の対応表を用い、不具合・問合せを管理しました。
不具合・問合せはありませんでした。

表 3-41 不具合・問合せ対応表

日付	時間	対応者名	分類	問合せ先	不具合・問合せ内容	対応内容	完了日

3.4 関連事業

該当なし

4. 課題解決システム

4.1 前提条件

旭川市等と地域の課題解決である中心街の空洞化等の解決に結びつけるべく、eスポーツ施設の有効活用策等について、課題解決システムの検討を重ねました。

eスポーツに関心を寄せる自治体関係者や民間事業者にもイベント等を通じ、本課題解決システムの一部を紹介し、期待がよせられており、またローカル5G及びeスポーツ施設への興味・活用への問合せが寄せられているところです。その意味でも、汎用性・拡張性が見込めると考えられます。

スポーツ施設での集客等にあたっては、新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大防止対策に最大限配慮、旭川市とも連携して進めて参りました。特にeスポーツは集客を伴う競技であるため、コロナ禍での実証実施につき、各課題解決システムにおいて留意が必要でした。

- ① ローカル5Geスポーツシステム、遠隔コーチングシステム
実証項目数が多く同一空間に多人数・長時間・長期間作業となることから、コンソーシアム内の内部実証としました。
- ② ライブビューイングシステム、高画質映像配信・マルチアングルシステム
使用ゲームタイトル（許諾）について集客を伴う実施形態では実施不可のパブリッシャーが多く、今回は許諾を得ることが出来たゲームにて対応致しました。
- ③ ライブビューイングシステム
受験生の保護者からの視聴・滞留の制限要望、ライブビューイング候補会場からの視聴時間制限要望（終日開催は不可）等は、最大限配慮しての実施としました。
（イベント実施時期を遅らせ3月実施に変更、視聴時間は11時～16時等）

なおeスポーツで無線利用を認めるためのクリアすべき条件について、北海道eスポーツ協会（専務理事）様と議論の上、以下コメントを頂戴しております。

「eスポーツの大会規定で無線利用に対し、禁止事項を定めているものでは無いが無線技術の回線品質を有線と遜色なく利用可能なことが証明できれば、今後、多様化するであろうゲームのコンテンツ、端末に対し、「多人数参加、多接続、大容量化」に対応可能なローカル5Gを積極的に活用できると考える。」

4.2 実証目標

e スポーツ施設の有効活用や利便性向上等による地域活性化の実現を目的として、ローカル5G無線通信システムを用いた無線環境下でのeスポーツの実現にむけ、課題解決システムでの目標を定め取り組みました。

4.2.1 ローカル5G eスポーツシステム

ローカル5G無線通信システムを用いた無線環境下でのeスポーツの実現にむけ

- ・ ローカル5Gでのeスポーツ競技に必要な条件の明確化
- ・ ローカル5G以外の有線・無線複数回線種別にて実証を行い、発生するであろう課題や特性がローカル5G特有なものか汎用なものかを明確化し競技品質を定める
- ・ 通信特性はもとより、設営等無線形態の優位性有無の評価

4.2.2 高画質配信・マルチビューイングシステム

新たな観戦スタイルの創出としての

- ・ ローカル5Gを活用した高画質映像（4K）及び固定画角以外の映像を切替え視聴できる仕組みの創出
- ・ カメラ映像に留まらない個人嗜好に合致する配信コンテンツ選択形態の創出
- ・ 本システム用のスマートフォン用アプリケーション開発

4.2.3 ライブビューイングシステム

街の賑わい創出に資する

- ・ ローカル5Gを活用した高画質映像（4K）配信、複数施設での視聴実現
- ・ 人の流れの創出、周辺施設への来場者・滞留時間増

4.2.4 遠隔コーチングシステム

施設の有効活用に資する

- ・ ローカル5Gを活用した遠隔講師・複数人生徒でもリアルタイムで遅延の無い映像配信によるコーチングの実現
- ・ 加えて脳活動量計測器を用いた、受講者の競技スキルアップ

4.3 課題解決システムに関する実証及び評価・分析

4.3.1 ローカル5G eスポーツシステム

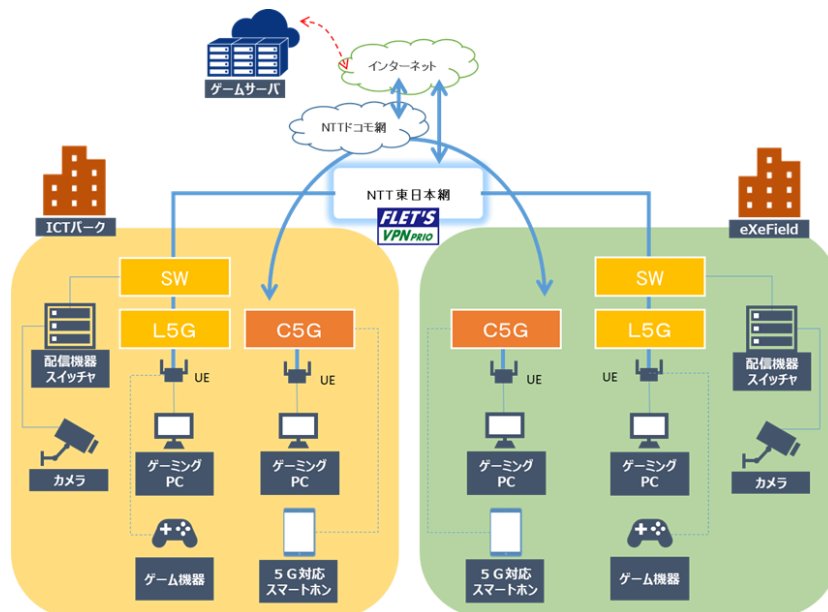
4.3.1.1 実証概要

eスポーツ大会等のイベントを模擬した実証環境、具体的には北海道旭川へ新たに完成したeスポーツ競技施設 ICT パークと東京秋葉原の eXeField Akiba にローカル5G及び各種回線を整備したeスポーツ環境を構築し、遠隔地間等でeスポーツ対戦を実証しました。実証にあたっては、5Gの超高速・大容量/超低遅延/多数同時接続の特性を活かし、eスポーツ大会等の競技品質の確保や向上、柔軟かつ機動的なイベント設営や運営の実現等の観点から評価・実証を行い、競技品質に関する評価・実証においては、プロプレイヤーのオピニオン評価を取り入れる等工夫したほか、ローカル5Gのみならず有線、無線の複数回線種別のネットワークや実環境を模擬するために負荷実証も併せて実施しました。

4.3.1.2 実証環境

ローカル5G eスポーツシステムについて実証環境は以下の図のとおりです。ICTパークとeスポーツ施設間の2拠点にてオンライン対戦を模擬して実証しました。

図 4-1 実証環境概要図



(1) 実証に用いる回線

実証に使用した回線種別は「ローカル5G (4.7GHz帯)、ローカル5G (28GHz帯)、キャリア5G (4.5GHz帯)、4G (LTE)、WiFi6、有線」です。

(2) ゲームタイトル

e スポーツ分野でのローカル5G活用の横展開も視野に入れ、幅広いシーンでの有用性を実証するため応答速度の要求水準が高く、多端末の接続及び多人数競技が可能である“PUBG”（CERO：D）“FORTNITE”（CERO：C）を内部実証で実施し、イベント・ライブビューイング等のユースケース実証においては全年齢対象で大会実績・国内人気が高く制限が少ない“ぷよぷよeスポーツ”（CERO：A）をイベント形式にて実施しました。ゲームタイトル選定根拠詳細は以下の表のとおりです。

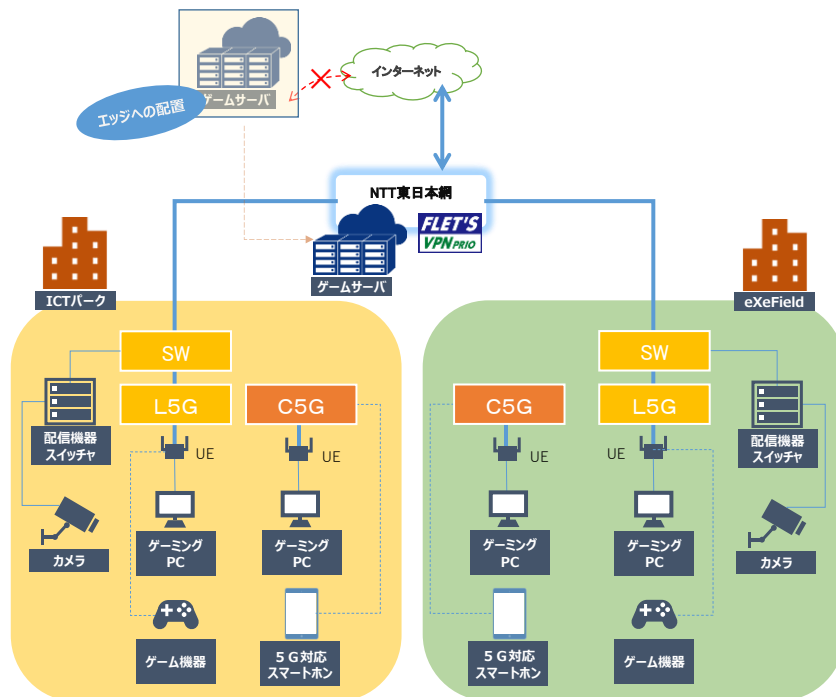
表 4-1 ゲームタイトル比較表

ジャンル	タイトル例	仕様書		競技要件			
		推奨 応答速度	10台以上 同時対戦	専用機 材の要否	競技 時間	マシン 負荷	年齢 制限
FPS	PUBG	高	○	不要	長	最重	厳 (CERO:D)
レーシング	グランツーリスモ	高	○	要	短	重	緩 (CERO:A)
パズル	ぷよぷよeスポーツ	中	×	不要	短	軽	緩 (CERO:A)
格闘	ストリートファイターV	高	×	不要	短	中	中 (B~C)
MOBA	League of legends	中	○	不要	長	中	中 (B~C)

(3) エッジ環境

また、インターネットを介さないネットワーク構成を実現することにより、eスポーツにおいて求められる応答速度の更なる向上が見込めるため、エッジを用いたeスポーツの実現に向けた実証も本実証の中で併せて行いました。ゲームタイトルについては、「ぷよぷよeスポーツ クラウド版」を用い、エッジ領域においたゲームサーバでの実証を実施しました。

図 4-2 エッジを用いたeスポーツの実現に向けた実証環境



なお、エッジとは「ゲームサーバをNTT東日本のデータセンタ（東京内）に設置し、フレッツ網（IPv6）を利用し、インターネット網に接続することなく、秋葉原・旭川へのデータ転送を実施できる環境」としています。

図 4-3 実証使用タイトル ぷよぷよeスポーツ クラウド版



4.3.1.3 実証内容

表 4-2 実証内容

実証項目	実証内容	実証方法 使用ツール	取得データ
(1) 回線性能	回線種別ごとの基準となる応答時間を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> fast.com (速度測定サイト) EXPing (トラフィックモニタ) 	応答速度 (Ping 値) ゆらぎ (Ping 値)
(2) 回線性能	回線種別単位の伝送速度を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> fast.com 	伝送速度 (ダウンロード及びアップロード)
(3) 公平性評価	旭川 2 台・秋葉原 2 台での e スポーツ実施時の通信データと旭川 5 台・秋葉原 2 台での e スポーツ実施時の通信データを比較する	<ul style="list-style-type: none"> EXPing 	応答速度 ゆらぎ
(4) 公平性評価	旭川 2 台・秋葉原 2 台での e スポーツ実施時の通信データと旭川 5 台・秋葉原 2 台での e スポーツ実施時の通信データに対し、回線が無負荷状態及び有負荷状態の通信を比較する	<ul style="list-style-type: none"> EXPing Hachi (トラフィックモニタ) 	パケットロス率 (無負荷時/背景負荷時のパケットロスの発生率)
(5) 遅延評価	送信側端末のゲーム画面での操作が、受信側端末の e スポーツ画面に出力されるまでの時間(エンドエンドでの遅延時間)を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> EXPing Hachi 	インターネット時報による時刻
(6) エッジ配信	エッジから画面転送型ゲームを用いて競技を実施し品質評価を行う。	<ul style="list-style-type: none"> EXPing Hachi 	応答速度
(7) 競技品質 (映像・音声)	プロプレイヤーによる体感の差をアンケートにより測定する	PUBG プロプレイヤーによるオンライン評価	アンケートサンプル数：3
(8) 会場の運用効率	有線または無線環境下での e スポーツ競技用のイベントの設営や運営 (設営時間・	<ul style="list-style-type: none"> タイマー 動画 (一部) 	有線・無線環境下の各設営時間・

	コストの削減、設営配置計画の自由度の向上等) の差異を評価する。		撤収時間
--	----------------------------------	--	------

(1) 回線性能 (応答時間・ゆらぎ) 測定

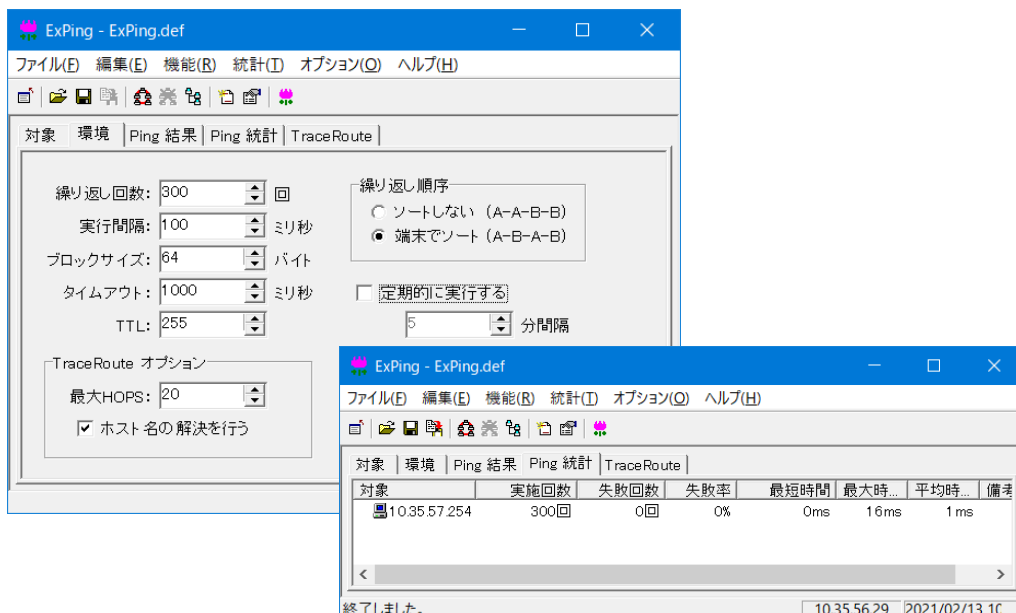
1) 実証概要

旭川、秋葉原の各拠点で回線種別ごとの基準となる応答時間を測定しました。以降の公平性試験、負荷試験時のような特定条件下と比較するための回線の本来能力値を計測し、eスポーツ競技に必要な回線要件を調査しました。具体的な実証内容については、以下の表のとおりです。

表 4-3 実証内容

1. 取得データ	Ping 応答時間の最大値、最小値、ゆらぎ
2. 実証方法	<p>特定サイトに対し、Ping を実施し通信データを計測する。</p> <p>宛先 : fast.com (インターネット)</p> <p>使用ツール : EXPing (ツール設定内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 繰り返し : 300 回 ・ 実行間隔 : 100ms ・ ブロックサイズ : 64 バイト ・ タイムアウト : 1000ms ・ TTL : 255 ・ 繰返順序 : 端末でソート、定期的に実行する : チェック外
3. 実証日時	2021.2.15~2021.3.6
4. 対象者	コンソメンバーによる内部実証 (NTT 東日本、NTTe-Sports)

図 4-4 ツール設定内容



2) 結果グラフ

図 4-5 Fast.com への Ping 値 (最小)

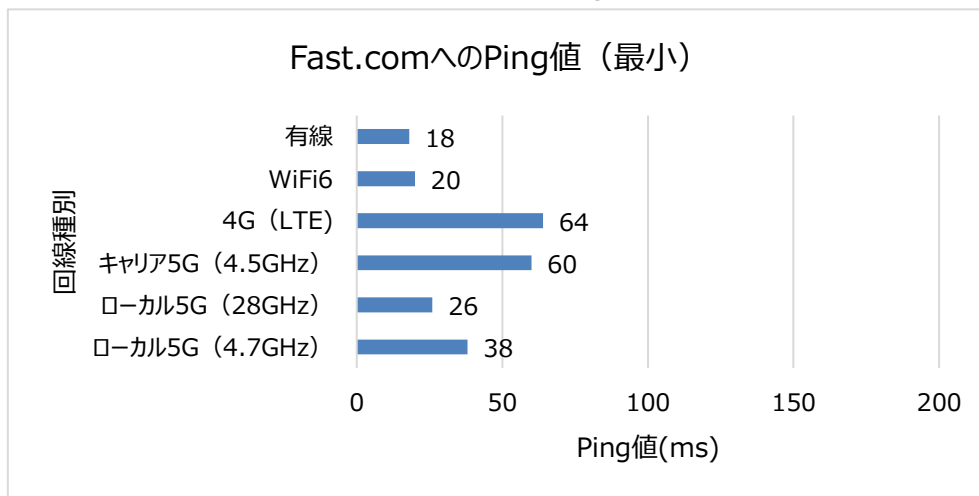


図 4-6 Fast.com への Ping 値 (最大)

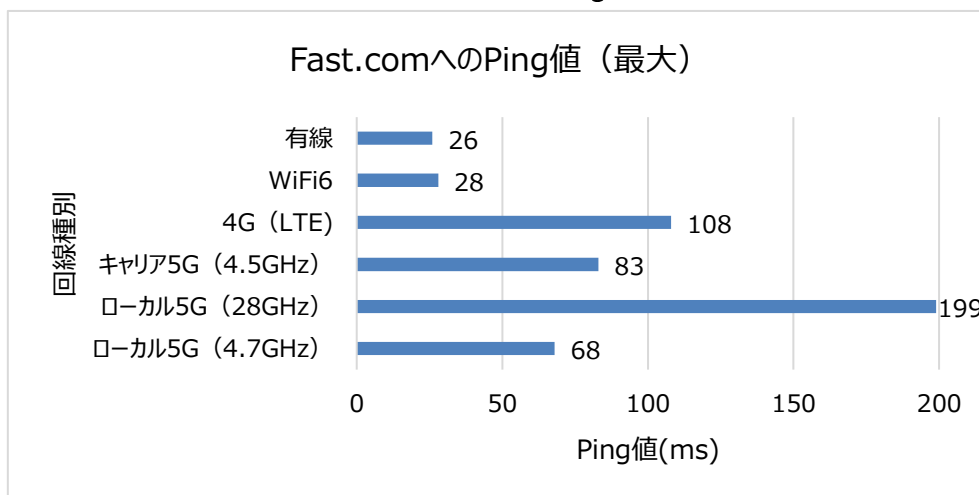
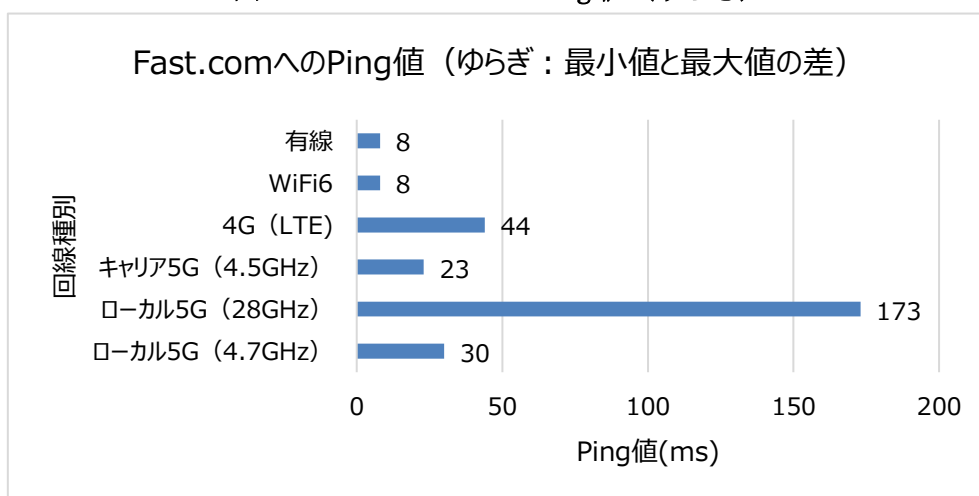


図 4-7 Fast.com への Ping 値 (ゆらぎ)



3) 分析と考察

グラフの Ping 値が小さければ小さいほど素早く応答があったことを表します。

応答が速い順に上位 3 回線で並べると Ping 応答速度 (最小) は、有線、WiFi6、ローカル 5 G (28GHz) の順、Ping 応答速度 (最大) は、有線、WiFi6、ローカル 5 G (4.7GHz) となりました。

この Ping 応答速度 (最小) と Ping 応答速度 (最大) の差が「ゆらぎ」となりこの値が小さければ小さいほど回線品質が一定の応答速度を保つこととなり、安定していると評価できます。

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると有線、WiFi6、キャリア 5 G となりました。

特に有線・WiFi6 は安定していると評価でき、ローカル 5 G (28GHz) は揺らぎが大きく出ておりました。

(2) 回線性能（伝送速度）

1) 実証概要

旭川、秋葉原の各拠点で回線種別ごとの伝送速度（スループット）を測定しました。eスポーツ競技で、必要な要件の一つと捉えられており、回線ごとの能力値を計測しeスポーツ競技に必要な回線要件を調査しました。具体的な実証内容については、以下の表のとおりです。

表 4-4 実証内容

1. 取得データ	伝送速度（ダウンロード及びアップロード）
2. 実証方法	特定サイトに対し、インターネットアクセスを実施し通信データを計測する。 宛先：fast.com（インターネット） <u>インターネット通信</u> インターネットブラウザで https://fast.com/ja/にアクセスし ダウンロード及びアップロードの伝送速度測定を行う
3. 実証日時	2021.2.12～2021.3.6
4. 対象者	コンソメンバーによる内部実証（NTT 東日本、NTTe-Sports）

2) 結果グラフ

図 4-8 Fast.com のスループット (ダウンロード)

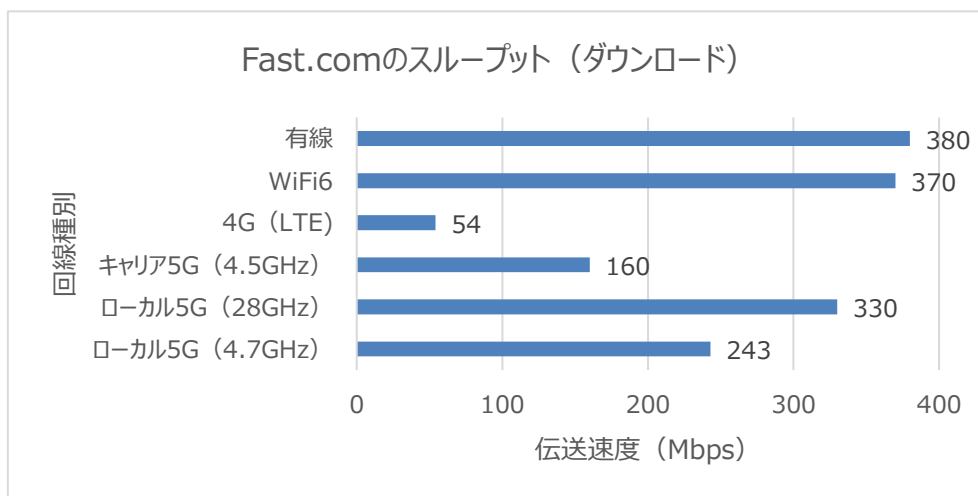
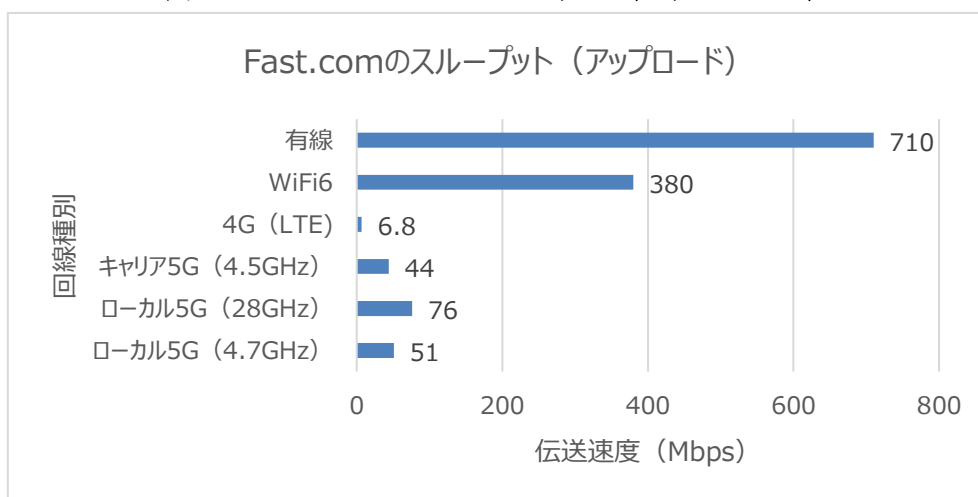


図 4-9 Fast.com のスループット (アップロード)



3) 分析と考察

グラフの値が大きければ大きいほど、多くのデータを伝送可能なことを表します。伝送能力が高い順に上位3回線で並べるとダウンロードは、有線、WiFi6、ローカル5G (28GHz) の順、アップロードは有線、WiFi6 となりました。

ダウンロードに関しては、上位3回線に次いで、ローカル5G (4.7GHz) の順で、キャリア5G (4.5GHz) も比較的高い数値となっており、アップロードに関しては、有線・WiFi6が高い値なのですが、その他の回線は低い傾向にありました。

(3) 公平性評価（ゆらぎ）

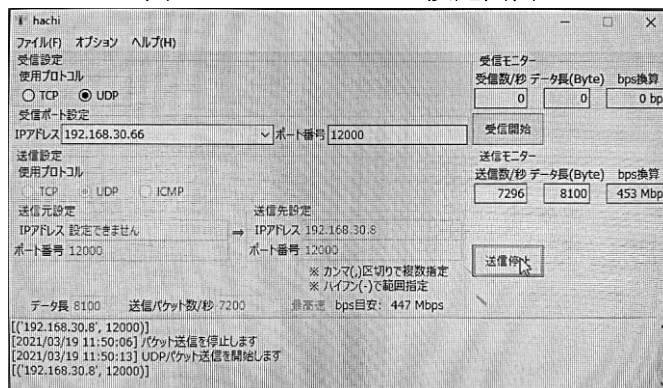
1) 実証概要

旭川、秋葉原の各拠点でeスポーツ競技を行う際に、拠点ごとの参加人数（接続台数）の違いが、競技品質に影響を与え有利不利を左右することがないかを実証しました。また参加拠点によってネットワークの品質が良好とは限らない場合を模擬し、回線に取って負荷を加えたパターンでも計測しました。具体的な実証内容については、以下の表のとおりです。

表 4-5 #3 実証概要

1. 取得データ	Ping 応答時間のゆらぎ
2. 実証方法	<p>【無負荷測定】</p> <p>① 旭川 2 台、旭川 5 台拠点単独で競技を実施しながら fast.com にツールを使用し、通信データを計測（各拠点単独測定）</p> <p>② 旭川 2 台、秋葉原 2 台で同時に競技を実施しながら、fast.com にツールを使用し通信データを計測（各拠点同一台数の測定）</p> <p>③ 旭川 5 台、秋葉原 2 台で同時に競技を実施しながら、fast.com にツールを使用し通信データを計測（各拠点異なる台数の測定）</p> <p>使用ツール：EXPING</p> <p>【有負荷測定】</p> <p>① ～③の条件に対し、ツールを用いて回線に負荷を加えて実施</p> <p>使用ツール：EXPING、hachi</p>
3. 実証日時	2021.2.12～2021.3.6
4. 対象者	コンソメンバーによる内部実証（NTT 東日本、NTTe-Sports）

図 4-10 ツール hachi 設定画面



2) 結果グラフ

図 4-11 単独拠点での回線別負荷試験：旭川 2 台

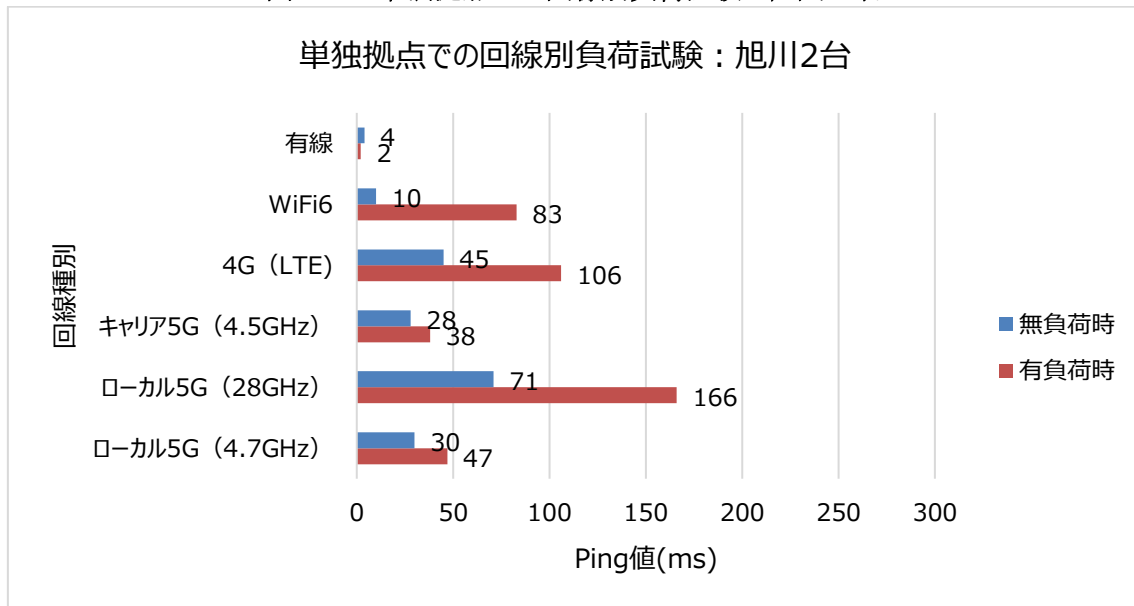


図 4-12 単独拠点での回線別負荷試験：旭川 5 台

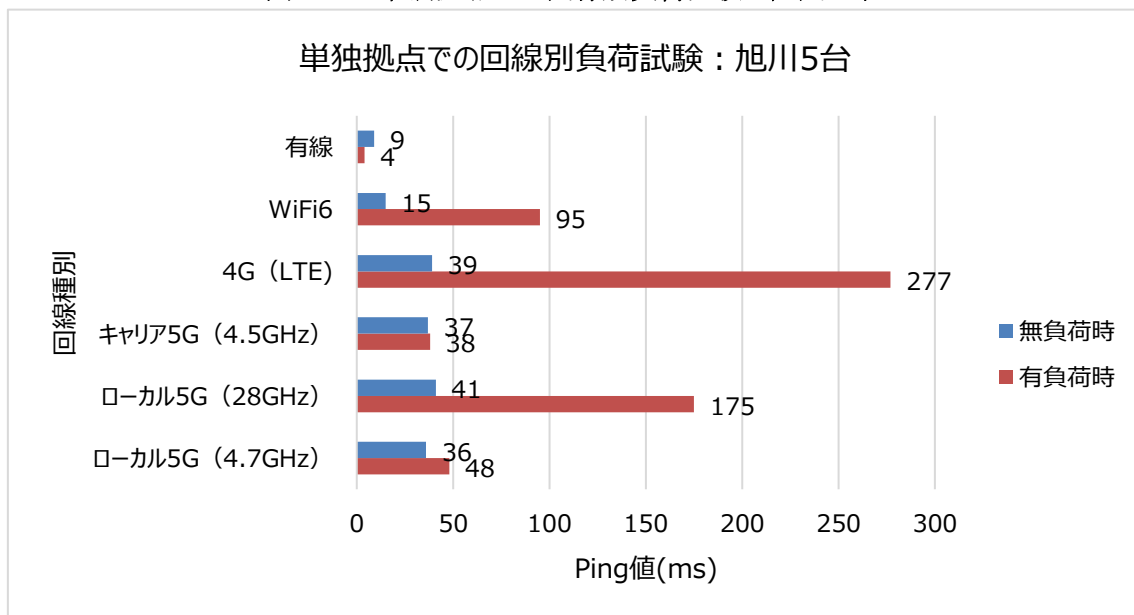


図 4-13 秋葉原（ローカル5G_4.7GHz帯）
旭川拠点の回線別負荷試験（旭川計測：旭川2台 秋葉原2台）

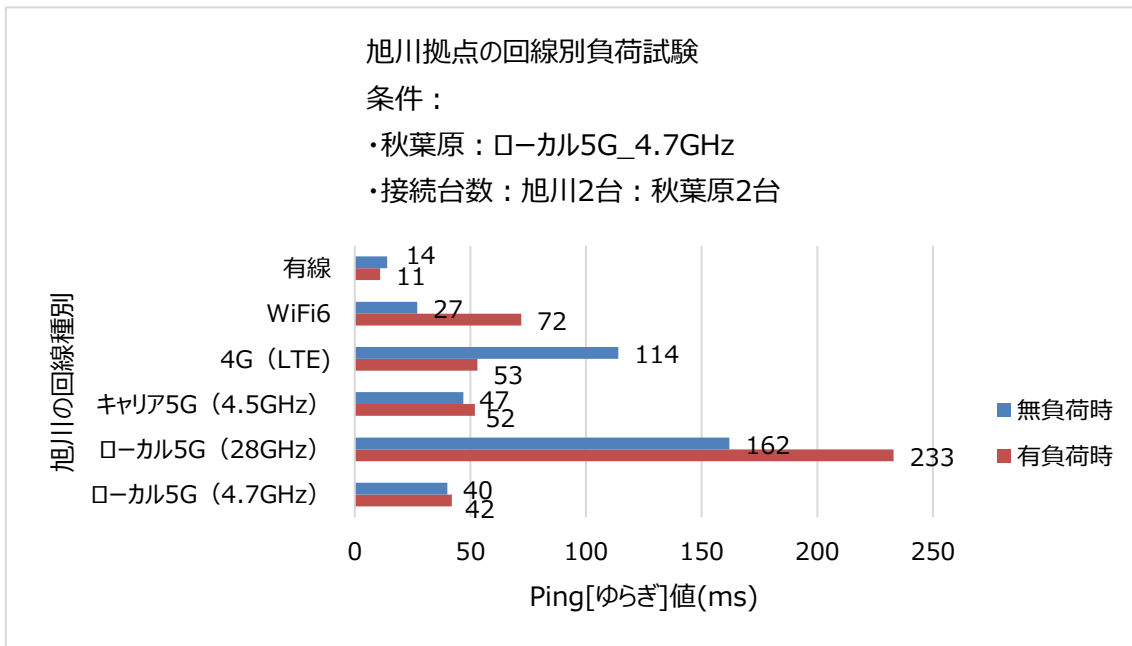


図 4-14 秋葉原（ローカル5G_4.7GHz帯）
旭川拠点の回線別負荷試験（旭川計測：旭川5台 秋葉原2台）

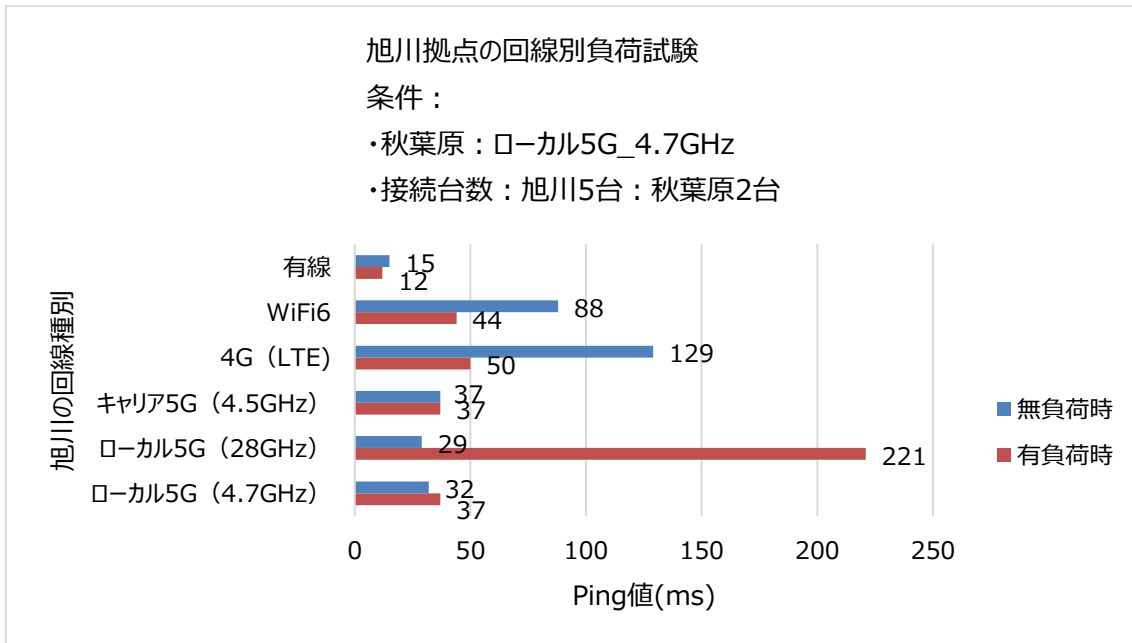


図 4-15 秋葉原（ローカル5G_28GHz帯）時の旭川拠点の回線別負荷試験（旭川計測：旭川2台 秋葉原2台）

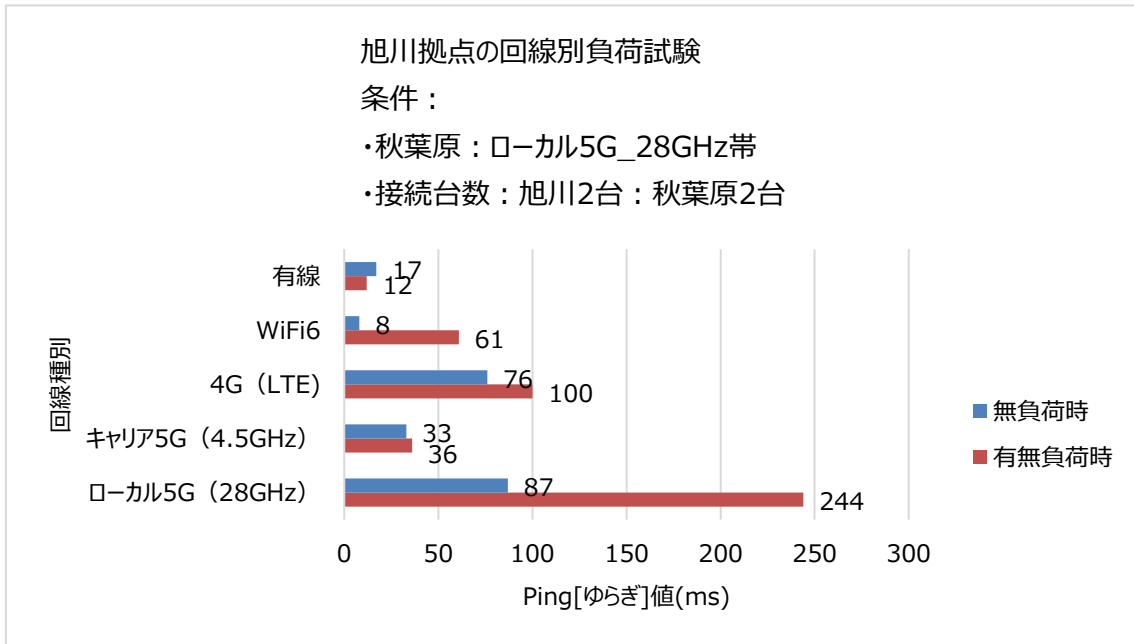


図 4-16 秋葉原（ローカル5G_28GHz帯）時の旭川拠点の回線別負荷試験（旭川計測：旭川5台 秋葉原5台）

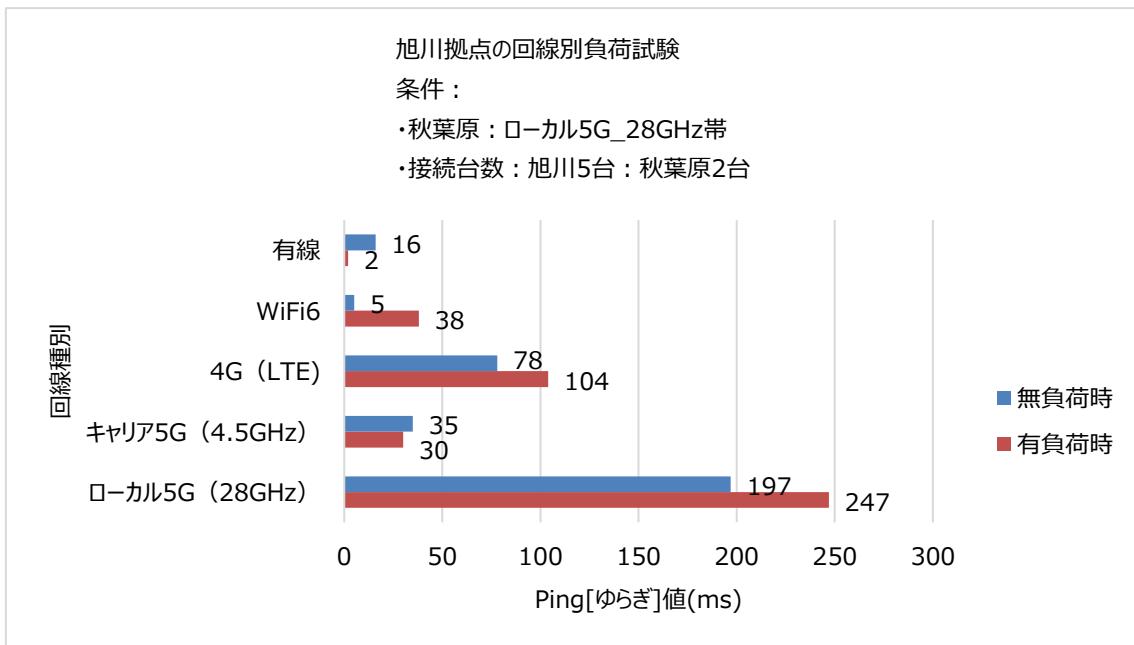
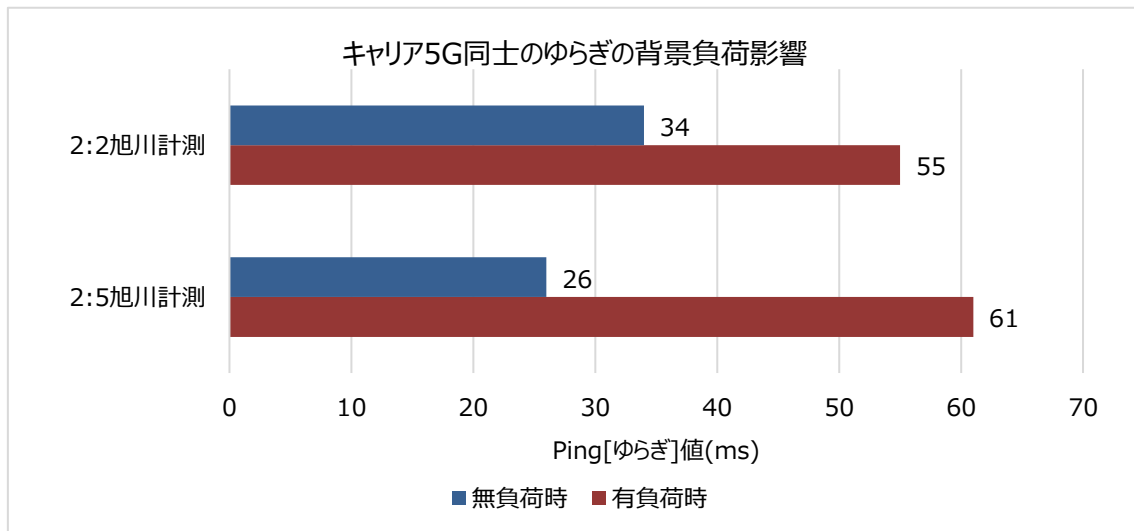


図 4-17 キャリア 5G 同士のゆらぎの背景負荷影響



3) 分析と考察

台数の違いによる影響（ゆらぎの発生）、またその条件下で更に負荷をかけた場合に、その影響が顕著になるか変化が発生しないかを回線ごとに調査しました。グラフの値が小さければ小さいほど、ゆらぎが発生しないことを表します。

各条件下の結果を考察していきます。

【単独拠点実証：旭川 2 台及び旭川 5 台】

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると、無負荷時は、有線、WiFi6、ローカル 5 G (4.7GHz) の順、有負荷時は、有線、WiFi6、ローカル 5 G (4.7GHz) となりました。

言い換えると、WiFi、LTE、キャリア 5 G、ローカル 5 G (28GHz) は負荷の影響を受けやすいことがわかります。特に LTE、ローカル 5 G (28GHz) は 2 台構成・5 台構成ともに有負荷時のゆらぎが大きくなりました。

【2 拠点実証：旭川 2 台・秋葉原 2 台[ローカル 5 G (4.7GHz 帯)]】

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると、無負荷時は、有線、WiFi6、ローカル 5 G (4.7GHz) の順、有負荷時は、有線、ローカル 5 G (4.7GHz)、キャリア 5 G となりました。ローカル 5 G (28GHz) は無負荷時、有負荷時ともにゆらぎが大きくなりました。

【2 拠点実証：旭川 5 台・秋葉原 2 台[ローカル 5 G (4.7GHz 帯)]】

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると、無負荷時は、有線、ローカル 5 G (28GHz)、ローカル 5 G (4.7GHz) の順、有負荷時は、有線、ローカル 5 G (4.7GHz)、キャリア 5 G となりました。

ローカル 5 G (28GHz) は無負荷時の 2 台構成時、有負荷時の 2 台構成・5 台構成どちらも他回線と比較しゆらぎが大きくなりました。

【2 拠点実証：旭川 2 台・秋葉原 2 台[ローカル 5 G (28GHz 帯)]】

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると、無負荷時は、WiFi6、有線、キャリア 5 G の順、有負荷時は、有線、キャリア 5 G、WiFi6 となりました。

ローカル 5 G (28GHz) は秋葉原[ローカル 5 G (4.7GHz 帯)]の試験同様、有負荷時に

ゆらぎが大きくなりました。

【2 拠点実証：旭川 5 台・秋葉原 2 台[ローカル 5 G（28GHz 帯）】

ゆらぎが小さい順に上位 3 回線で並べると、無負荷時は、WiFi6、有線、キャリア 5 G の順、有負荷時は、有線、キャリア 5 G、WiFi6 となりました。

ローカル 5 G（28GHz）は無負荷時・有負荷時ともにゆらぎが大きくなりました。

【キャリア 5 G 同士：旭川 2 台・秋葉原 2 台】

キャリア 5 G 同士接続した構成では、無負荷時、有負荷時ともに大きな変化は見られませんでした。

全体を通し、有線が最も負荷の影響を受けにくいですが、次いで WiFi6、ローカル 5 G（4.7GHz 帯）、キャリア 5 G は安定しておりました。ローカル 5 G（28GHz）は他回線比べて負荷の影響を受けやすいと考えられます。

(4) 公平性評価（パケットロス）

1) 実証概要

旭川、秋葉原の各拠点でeスポーツ競技を行う際に、拠点ごとの参加人数（接続台数）の違いが、競技品質に影響を与え有利不利を左右することがないかをパケットロスの観点から実証しました。eスポーツ競技への影響としては、遅延の場合は操作内容が遅れて反映されますが、パケットロスの場合は操作内容が伝わらず反映されない場合があります。具体的な実証内容については、以下の表のとおりです。

表 4-6 実証内容

1. 実証項目	パケットロス率 (無負荷時/背景負荷時のパケットロスの発生率)
2. 実証方法	【無負荷測定】 ① 旭川 2 台、秋葉原 2 台で競技を実施しながら、特定サイトに対し、Ping ツールを使用し通信データを計測 (各拠点同一台数の測定) ② 旭川 5 台、秋葉原 2 台で競技を実施しながら、特定サイトに対し、Ping ツールを使用し通信データを計測 (各拠点異なる台数の測定) 【有負荷測定】 ①②の条件に対し、ツールを用いて回線に負荷を加えて実施 使用ツール：EXPING、hachi なお計測環境としてクライアント間はインターネット VPN での接続とした。Ping の失敗回数と失敗率を参照し、端末台数の違いによるネットワークの影響を確認した。
3. 実証日時	2021.2.12～2021.3.6
4. 対象者	コンソメンバーによる内部実証（NTT 東日本、NTTe-Sports）

2) 結果表

表 4-7 パーク単独拠点パケットロス結果

回線種別 (ICTパーク)	ICTパーク単独:2台 (無負荷時)		ICTパーク単独:5台 (無負荷時)		ICTパーク単独:2台 (有負荷時)		ICTパーク単独:5台 (有負荷時)	
	失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率
ローカル5G(4.7GHz)	0	0.0%	0	0.0%	2	0.7%	0	0.0%
ローカル5G(28GHz)	0	0.0%	1	0.3%	0	0.0%	0	0.0%
キャリア5G(4.5GHz)	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
4G(LTE)	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.3%
WiFi6	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.3%
有線	1	0.3%	0	0.0%	1	0.3%	0	0.0%

表 4-8 拠点間パケットロス結果 (無負荷時)

回線種別 (eXeField Akiba)	回線種別 (ICTパーク)	eXeField Akiba:2台 ICTパーク:2台 無負荷時		eXeField Akiba:2台 ICTパーク:5台 無負荷時	
		失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率
ローカル5G(4.7GHz)	ローカル5G(4.7GHz)	1	0.3%	0	0.0%
	ローカル5G(28GHz)	0	0.0%	0	0.0%
	キャリア5G(4.5GHz)	8	2.7%	3	1.0%
	4G(LTE)	0	0.0%	0	0.0%
	WiFi6	0	0.0%	2	0.7%
	有線	2	0.7%	0	0.0%
ローカル5G(28GHz)	ローカル5G(28GHz)	0	0.0%	0	0.0%
	キャリア5G(4.5GHz)	4	1.3%	2	0.7%
	4G(LTE)	1	0.3%	11	3.7%
	WiFi6	0	0.0%	1	0.3%
	有線	3	1.0%	2	0.7%
キャリア5G(4.5GHz)	キャリア5G(4.5GHz)	13	4.3%	8	2.7%

表 4-9 拠点間パケットロス結果 (有負荷時)

回線種別 (eXeField Akiba)	回線種別 (ICTパーク)	eXeField Akiba:2台 ICTパーク:2台 背景負荷時		eXeField Akiba:2台 ICTパーク:5台 背景負荷時	
		失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率
ローカル5G(4.7GHz)	ローカル5G(4.7GHz)	0	0.0%	0	0.0%
	ローカル5G(28GHz)	2	0.7%	8	2.7%
	キャリア5G(4.5GHz)	12	4.0%	5	1.7%
	4G(LTE)	0	0.0%	0	0.0%
	WiFi6	0	0.0%	2	0.7%
	有線	1	0.3%	3	1.0%
ローカル5G(28GHz)	ローカル5G(28GHz)	0	0.0%	0	0.0%
	キャリア5G(4.5GHz)	3	1.0%	1	0.3%
	4G(LTE)	2	0.7%	1	0.3%
	WiFi6	3	1.0%	0	0.0%
	有線	11	3.7%	0	0.0%
キャリア5G(4.5GHz)	キャリア5G(4.5GHz)	9	3.0%	2	0.7%

3) 分析と考察

遅延等でネットワークが不安定になるとパケットロスが発生し、その場合操作データが途切れるので、競技者の操作がサーバに送られず、またサーバからも結果が送られてこないためゲーム画面内の自分以外のキャラクター等が止まる等競技に大きな影響を及ぼします。失敗回数が少なければ少ないほど安定していると言えます。

【単独拠点実証：旭川 2 台及び旭川 5 台】

2 拠点：無負荷時

ローカル 5 G (4.7GHz) とキャリア 5 G の組み合わせで失敗 8 回

キャリア 5 G 同士で失敗 13 回

ローカル 5 G 同士の失敗 0 回

2 拠点：有負荷時

ローカル 5 G (4.7GHz) とキャリア 5 G の組み合わせで失敗 12 回

ローカル 5 G (28GHz) と有線の組み合わせで失敗 11 回

キャリア 5 G 同士で失敗 9 回

ローカル 5 G (28GHz) 同士では端末台数にかかわらず失敗 0 回となりました。

全体を通し、キャリア 5 G では他回線に比べてパケットロスが多い結果となりました。ローカル 5 G (28GHz) 同士が最もパケットロスしにくいという結果となりました。ローカル 5 G (28GHz) はゆらぎが解消し回線品質の安定性があがれば e スポーツ競技に最も適した回線となる可能性があります。

(5) 遅延評価

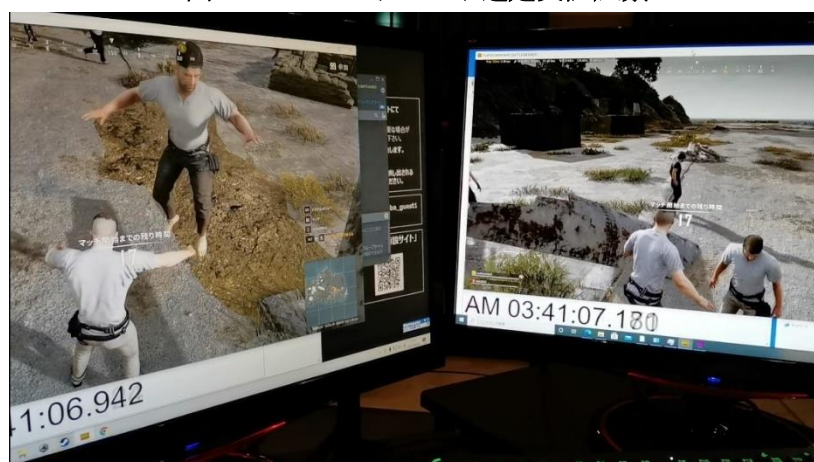
1) 実証概要

旭川、秋葉原の各拠点で e スポーツ競技を行う際に、各回線種別において片側拠点の操作が、もう一方の拠点に反映されるまでの時間を計測実証しました。環境時報を表示した画面を録画し、フレーム単位で解析しました。具体的な実証内容については、以下の表のとおりです。

表 4-10 実証内容

1. 実証項目	送信側端末のゲーム画面での操作が、受信側端末の e スポーツ画面に出力されるまでの時間(エンドエンドでの遅延時間)
2. 実証方法	<p><無負荷測定></p> <p>【同一拠点実証】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・同一拠点内で端末を 2 台並べる ・左右のゲーム画面の反映速度をはかる (動画撮影) <p>【拠点間実証】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 秋葉原でも e スポーツ競技画面に「インターネット時報」表示 ● 当該画面を秋葉原から送信、旭川で受信 ● 旭川で①②の画面を並べて動画撮影 ● 撮影映像から旭川の操作が秋葉原の画面に反映される時間を測定 (測定方法は aviutil を使用し、フレーム単位で確認) <p><有負荷測定></p> <p>上記に対し、ツールを用いて回線に負荷を加えて同様の測定実施 使用ツール：EXPING、hachi (ツール設定内容) 他の試験に同じ</p>
3. 実証日時	2021.2.12～2021.3.6
4. 対象者	コンソメンバーによる内部実証 (NTT 東日本、NTTe-Sports)

図 4-18 エンドエンド遅延実証風景



2) 結果グラフ

図 4-19 エンドエンド遅延 (旭川単独拠点)

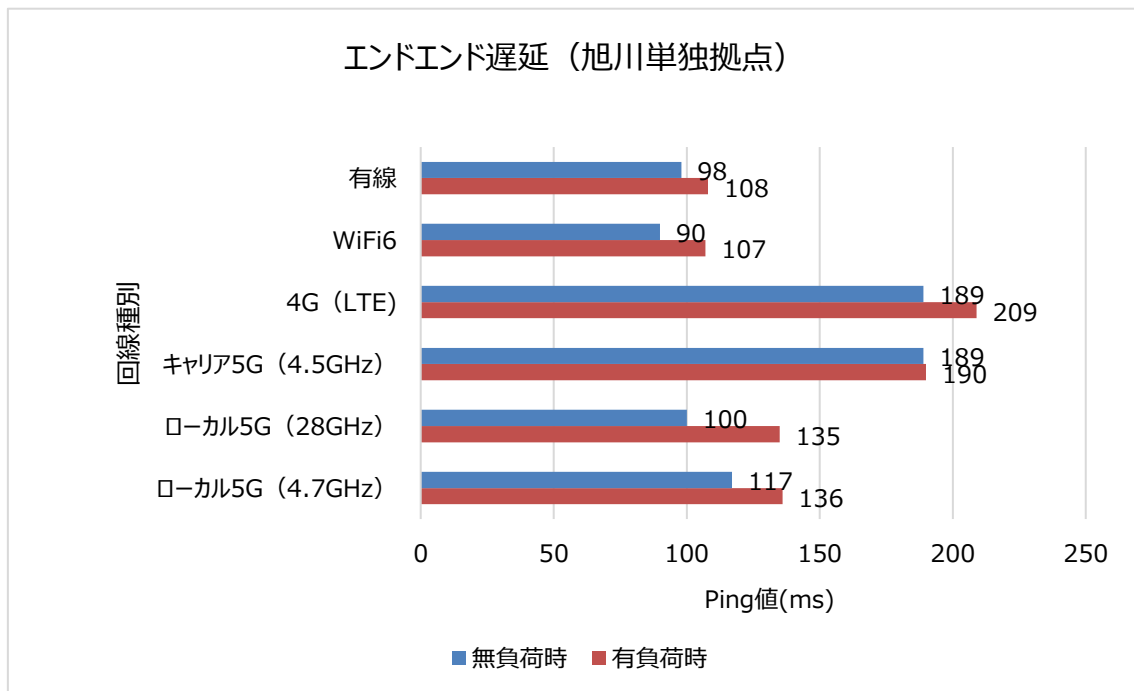


図 4-20 秋葉原ローカル5G (4.7GHz帯) 構成
旭川回線別遅延

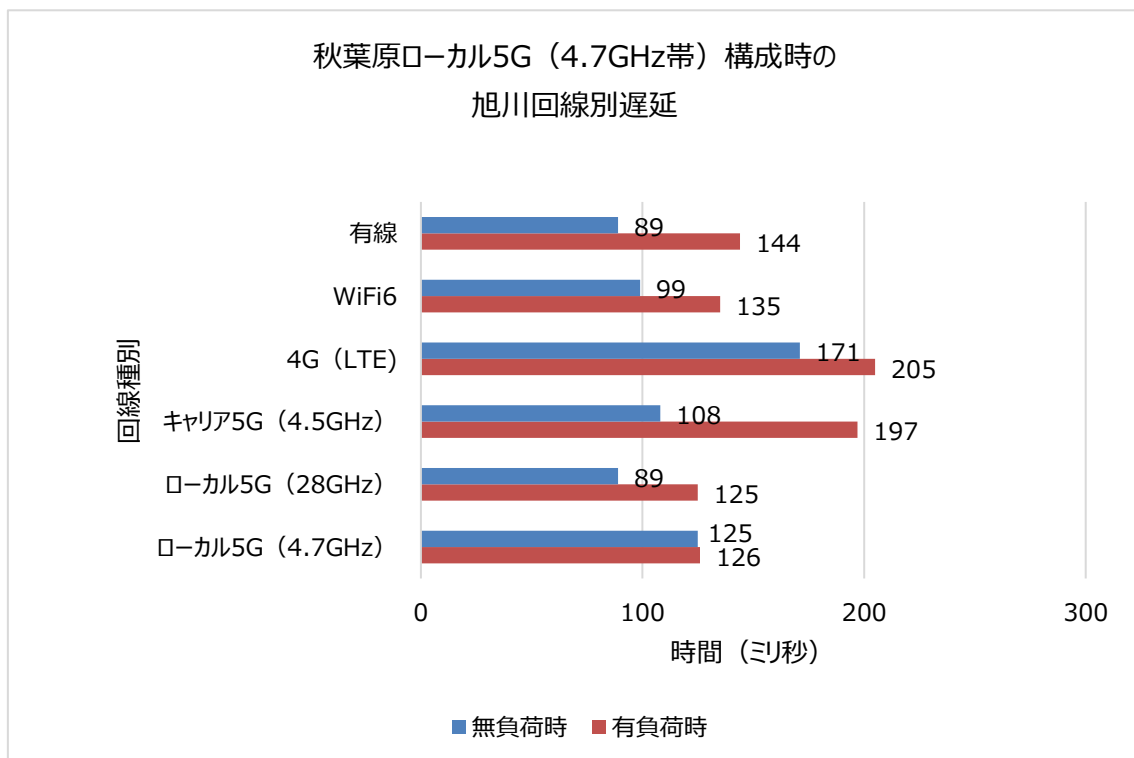


図 4-21 秋葉原ローカル5G（28GHz帯）構成
旭川回線別遅延

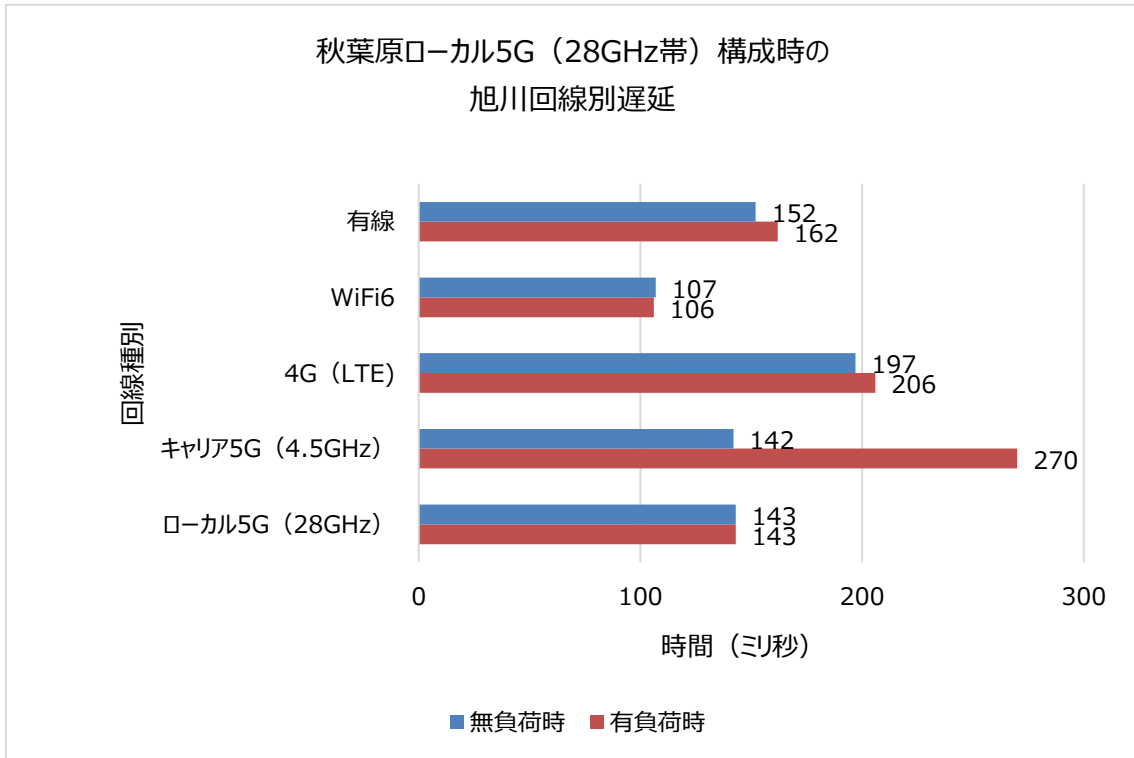
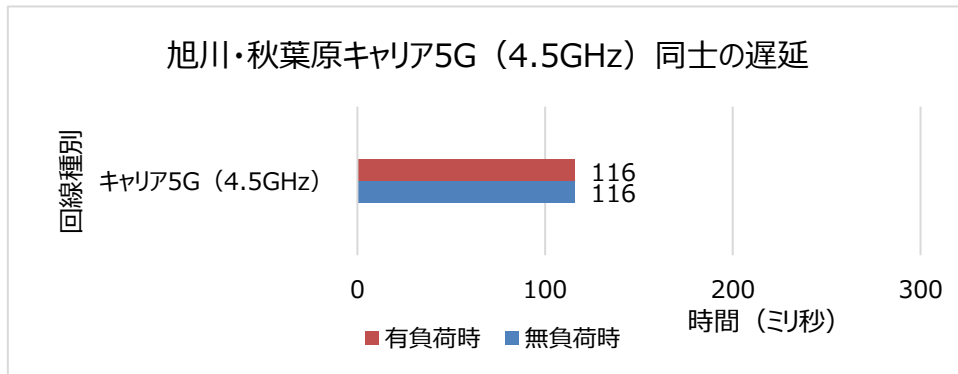


図 4-22 旭川・秋葉原キャリア5G（4.5GHz）同士の遅延



3) 分析と考察

【単独拠点実証】

すべての回線で、無負荷時よりも有負荷時で遅延が大きくなりました。

無負荷時と有負荷時の遅延差はキャリア 5 G が最も小さく、ローカル 5 G (28GHz) が最も大きくなりました。

遅延値そのものは WiFi6 が最も遅延が小さく、4 G (LTE) が最も遅延が大きくなりました。

【2 拠点実証：秋葉原ローカル 5 G (4.7GHz 帯)】

すべての回線で、無負荷時よりも有負荷時で遅延が大きくなりました。

無負荷時と有負荷時の遅延差はローカル 5 G (4.7GHz) が最も小さく、キャリア 5 G が最も大きくなりました。

遅延値そのものはローカル 5 G (28GHz) が最も小さく、4 G (LTE) が最も大きくなりました。

【2 拠点実証：秋葉原ローカル 5 G (28GHz 帯)】

WiFi6 以外の回線全てが、無負荷時よりも有負荷時で遅延が大きくなりました。

無負荷時と有負荷時の遅延差はローカル 5 G (28GHz) が最も小さく、キャリア 5 G が最も差が大きくなりました。

遅延値そのものは WiFi6 が最も小さく、キャリア 5 G が最も大きくなりました。

【キャリア 5 G 同士】

無負荷時、有負荷時で遅延に差がありませんでした。

全体を通し、通信負荷はゲームのデータ通信に遅延を発生させることが分かりました。また、WiFi6 及びローカル 5 G (28GHz) の遅延は、有線同等かやや良い結果となりました。ただ、有線よりも他回線が良い結果になるというのは、その時のゲームサーバの処理時間やネットワーク上の遅延影響が考えられます。コスト見合いで更に専用回線にする等しない限りはベストエフォート回線の影響を受ける可能性があります。(専用線にしてもゲームサーバの影響がある限り、影響はゼロにはなりません。)

(6) エッジ実証

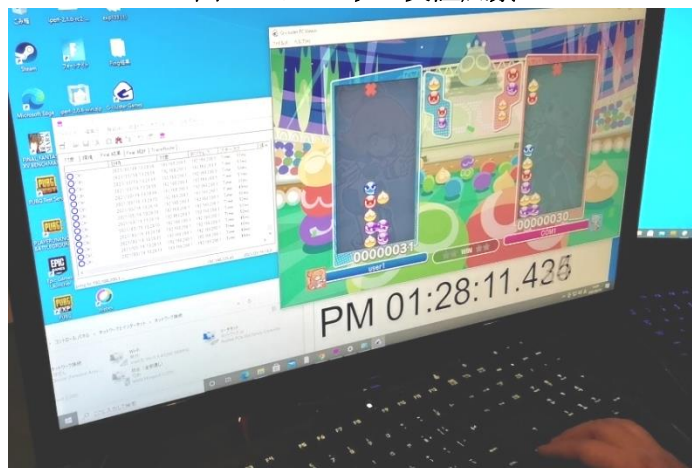
1) 実証概要

画面転送型 e スポーツ（ぷよぷよ e スポーツ クラウド版）を用いて、複数回線種別で競技を実施し、回線ごとの競技品質の評価を行いました。実運用を想定し、通信負荷をかけ競技環境への影響も併せて評価しました。

表 4-11 実証内容

2. 実証項目	画面転送型 e スポーツゲームの応答速度 <ul style="list-style-type: none"> ・エッジサーバまでの応答速度 ・操作反映～画面転送速度
3. 実証方法	<p><無負荷測定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・旭川で競技を実施しながら、エッジサーバに対し、Ping ツールを使用し通信データを計測 ・e スポーツ競技画面に「インターネット時報」表示し動画撮影。 ・操作（ボタン押下）時と、操作反映（画面転送）のタイミング計測 ・撮影映像から操作が画面に反映される時間を測定（測定方法は aviutil を使用し、フレーム単位で確認） <p><有負荷測定></p> <p>上記に対し、ツールを用いて回線に負荷を加えて同様の測定実施 使用ツール：ExPing、hachi</p> <p>VPN 上での試験のため、公衆網に初期状態で接続されてしまう、LTE 及びキャリア 5G では計測不可</p>
4. 実証日時	2021.3.10
5. 対象者	コンソメンバーによる内部実証（NTT 東日本、NTTe-Sports）

図 4-23 エッジ実証風景



2) 結果グラフ

図 4-24 エッジサーバまでの応答速度

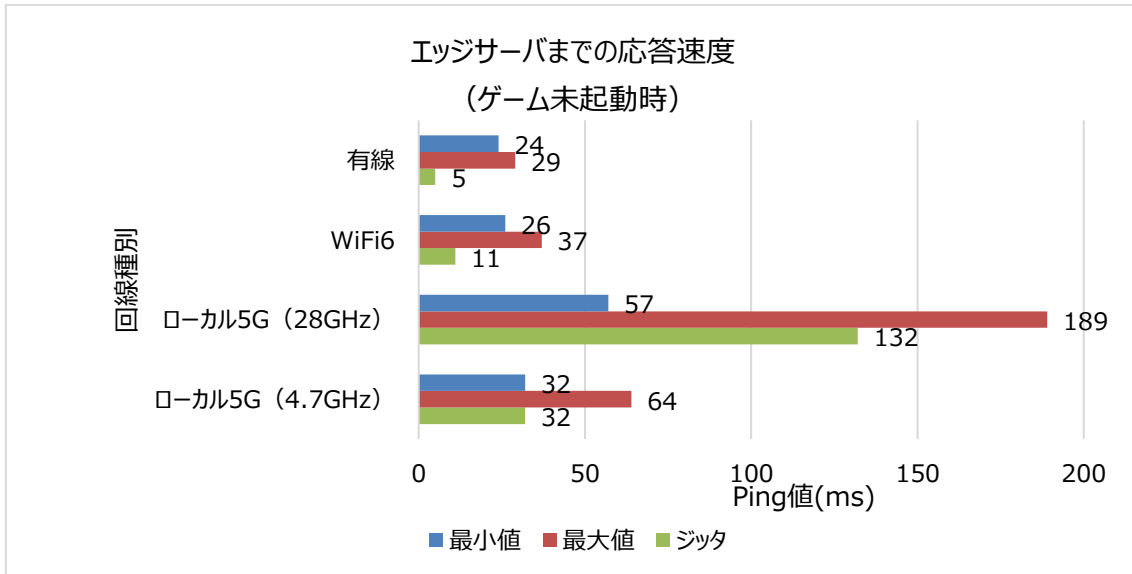


図 4-25 ゲームプレイ時のゆらぎ

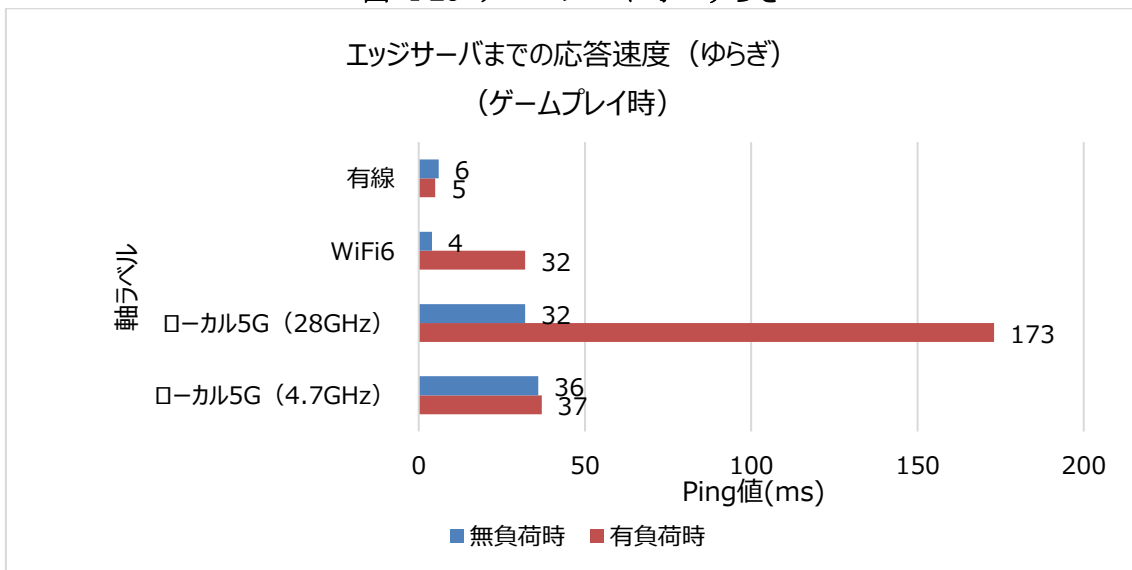


表 4-12 回線別パケットロス

回線種別	無負荷時		有負荷時	
	失敗回数	失敗率	失敗回数	失敗率
ローカル5G (4.7GHz)	0	0.0%	0	0.0%
ローカル5G (28GHz)	0	0.0%	0	0.0%
WiFi6	0	0.0%	0	0.0%
有線	0	0.0%	0	0.0%

3) 分析と考察

【ゲーム未起動のエッジルータまでの応答速度】

有線が最も速く、ゆらぎが小さい結果となりました。

ローカル5 G (28GHz) は最も遅く、最もゆらぎが大きくなりました。

【ゲームプレイ時のゆらぎ】

無負荷時：WiFi6 が最も小さくローカル5 G (28GHz) が最も大きくなりました。

有負荷時：有線が最も小さく、ローカル5 G (28GHz) が最も大きくなりました。

【ゲームプレイ時のパケットロス】

無負荷時、有負荷時ともにパケットロスは発生しませんでした。

全体を通し、無負荷時ではゲームプレイに大きな差はありませんでしたが、有負荷時のローカル5 G (28GHz) では応答速度の最大値及び、ゆらぎが大きくなりました。

(7) オピニオン評価

1) 実証概要

e スポーツプロ選手を招聘し、回線種別を明かさず競技を行っていただき、普段競技をしている基準環境と複数回線環境を比較し、体感差を評価してもらいました。(Mobile 版と PC 版の 2 タイトルで実施)

表 4-13 オピニオン評価

1. 実証項目	競技品質 (音声、映像、操作)
2. 実証方法	アンケート
3. 実証日時	2021.3.10
4. 対象者	プロ e スポーツ選手 (PUBG、PUBGMobile)

図 4-26 PUBGMobile 実証風景



図 4-27 プロ e スポーツ選手による PUBG 実証風景



2) アンケート結果

■ プロプレイヤー1

表 4-14 PUBG アンケート結果

【5段階評価】 I.とても感じた II.感じた III.普通 IV.比較的感じなかった V.全く感じなかった	基準環境 (有線)					ローカル5G (NSA)				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Q1.プレイ中の映像について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。										
①動きの滑らかさが失われ、ギクシャクして見えた					1		1			
②輝度レベルが変動し、ちらついて見えた					1					1
③動いている領域がぼけて見えた					1					1
④再生が途切れる/画面が停止した					1					1
⑤ノイズ(蚊が飛び回るようにみえるノイズ)があった					1					1
⑥画面の一部または全体的に原形を留めない程のゆがみがあった					1					1
Q2.プレイ中の音声について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。										
①音声が途切れることがあった					1					1
②音声がループバックすることがあった					1					1
③音声が聞こえるが、言葉が聞き取れないことがあった					1					1
④言葉は聞き取れるが、音質が悪く感じた					1					1
⑤同時に発声したときに一方の音声が伝達されないことがあった					1					1
⑥同時に発声したときに会話が止まることがあった					1					1
Q3.遠隔対戦による映像の乱れや音声の途切れはどれくらいありましたか	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回
映像	1					1				
音声	1					1				

表 4-15 PUBG Mobile アンケート結果

【5段階評価】 I.とても感じた II.感じた III.普通 IV.比較的感じなかった V.全く感じなかった	基準環境 (4G)					Wi-Fi6					キャリア5G				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Q1.プレイ中の映像について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①動きの滑らかさが失われ、ギクシャクして見えた					1					1		1			
②輝度レベルが変動し、ちらついて見えた					1					1			1		
③動いている領域がぼけて見えた					1					1	1				
④再生が途切れる/画面が停止した					1					1	1				
⑤ノイズ(蚊が飛び回るようにみえるノイズ)があった					1					1					1
⑥画面の一部または全体的に原形を留めない程のゆがみがあった					1					1					1
Q2.プレイ中の音声について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①音声が途切れることがあった					1					1	1				
②音声がループバックすることがあった					1					1					1
③音声が聞こえるが、言葉が聞き取れないことがあった					1					1					1
④言葉は聞き取れるが、音質が悪く感じた					1					1					1
⑤同時に発声したときに一方の音声が伝達されないことがあった					1					1					1
⑥同時に発声したときに会話が止まることがあった					1					1					1
Q3.遠隔対戦による映像の乱れや音声の途切れはどれくらいありましたか	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回
映像	1					1					1				
音声	1					1					1				

■ プロプレイヤー2

表 4-16 PUBG アンケート結果

【5段階評価】 I.とても感じた II.感じた III.普通 IV.比較的感じなかった V.全く感じなかった	基準環境 (有線)					ローカル5G (NSA)				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Q1.プレイ中の映像について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。										
①動きの滑らかさが失われ、ギクシャクして見えた					1					1
②輝度レベルが変動し、ちらついて見えた					1					1
③動いている領域がぼけて見えた					1					1
④再生が途切れる/画面が停止した					1					1
⑤ノイズ（蚊が飛び回るようにみえるノイズ）があった					1					1
⑥画面の一部または全体的に原形を留めない程のゆがみがあった					1					1
Q2.プレイ中の音声について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。										
①音声が途切れることがあった					1					1
②音声がループバックすることがあった					1					1
③音声が聞こえるが、言葉が聞き取れないことがあった					1					1
④言葉は聞き取れるが、音質が悪く感じた					1					1
⑤同時に発声したときに一方の音声が伝達されないことがあった					1					1
⑥同時に発声したときに会話が止まることがあった					1					1
Q3.遠隔対戦による映像の乱れや音声の途切れはどれくらいありましたか	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回
映像	1					1				
音声	1					1				

表 4-17 PUBG Mobile アンケート結果

【5段階評価】 I.とても感じた II.感じた III.普通 IV.比較的感じなかった V.全く感じなかった	基準環境 (4G)					Wi-Fi6					キャリア5G				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Q1.プレイ中の映像について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①動きの滑らかさが失われ、ギクシャクして見えた		1						1							1
②輝度レベルが変動し、ちらついて見えた					1					1					1
③動いている領域がぼけて見えた					1					1					1
④再生が途切れる/画面が停止した					1					1					1
⑤ノイズ（蚊が飛び回るようにみえるノイズ）があった					1					1					1
⑥画面の一部または全体的に原形を留めない程のゆがみがあった					1					1					1
Q2.プレイ中の音声について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①音声が途切れることがあった					1					1	1				1
②音声がループバックすることがあった					1					1					1
③音声が聞こえるが、言葉が聞き取れないことがあった					1					1					1
④言葉は聞き取れるが、音質が悪く感じた					1					1					1
⑤同時に発声したときに一方の音声が伝達されないことがあった					1					1					1
⑥同時に発声したときに会話が止まることがあった					1					1					1
Q3.遠隔対戦による映像の乱れや音声の途切れはどれくらいありましたか	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回
映像	1					1					1				
音声	1					1					1				

■ プロプレイヤー 3 (Mobile 部門のプロのため PC 版の評価は無し)

表 4-18 PUBG Mobile アンケート結果

【5段階評価】 I.とても感じた II.感じた III.普通 IV.比較的感じなかった V.全く感じなかった	基準環境 (4G)					Wi-Fi6					キャリア5G				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Q1.プレイ中の映像について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①動きの滑らかさが失われ、ギクシャクして見えた			1					1					1		
②輝度レベルが変動し、ちらついて見えた			1						1				1		
③動いている領域がぼけて見えた			1					1						1	
④再生が途切れる/画面が停止した				1						1					1
⑤ノイズ(蚊が飛び回るようにみえるノイズ)があった					1					1					1
⑥画面の一部または全体的に原形を留めない程のゆがみがあった					1					1					1
Q2.プレイ中の音声について①～⑥の項目について5段階で評価して下さい。															
①音声が途切れることがあった					1					1					1
②音声がループバックすることがあった					1					1					1
③音声が聞こえるが、言葉が聞き取れないことがあった					1					1					1
④言葉は聞き取れるが、音質が悪く感じた			1					1					1		
⑤同時に発声したときに一方の音声が伝達されないことがあった					1					1					1
⑥同時に発声したときに会話が止まることがあった					1					1					1
Q3.遠隔対戦による映像の乱れや音声の途切れはどれくらいありましたか	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回	0回	1回	2回	3回	4回
映像	1					1					1				
音声	1					1					1				

3) 分析と考察

PUBG についてはプロ 2 名とも有線とローカル 5 G の体感差は無いという評価でした。

PUBG Mobile については 1 名が WiFi6 については LTE 環境以上という評価でしたが、キャリア 5 G に関してやや競技影響を受けたという結果になりました。

他 2 名は WiFi6、キャリア 5 G ともに体感差は無い評価でした。

プロによるオピニオン評価を受けましたが、概ね普段競技をされている環境と変わらない品質での競技が 5 G でもできたという感想をいただきました。無線でも有線と変わりなく競技可能なことの一つの証明となりますが、大規模多接続等でローカル 5 G の性能を活かせる可能性があります。

(8) 競技施設の設営実証

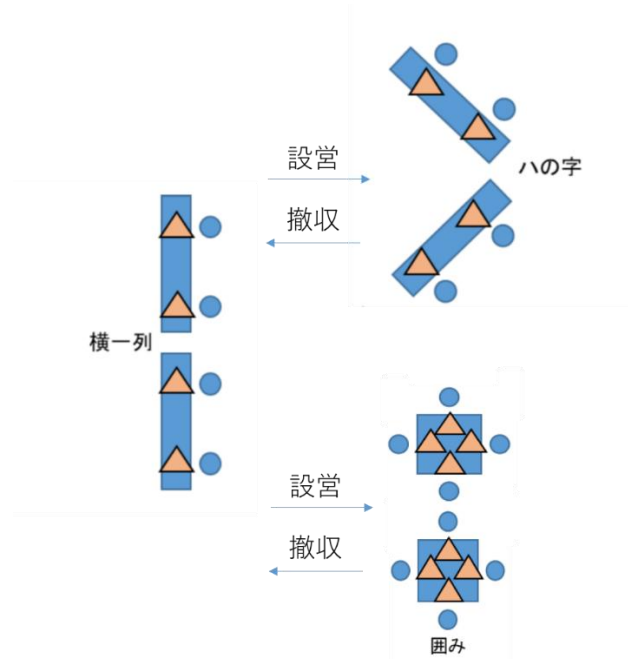
1) 実証概要

有線、無線（ローカル5G、WiFi6）にてeスポーツ大会等イベントを模した設営（撤収）を実際に行い、イベントの性質や規模、目的等で柔軟にステージ等を設営できる等の優位性があるかどうかを比較実証する。

表 4-19 会場の運用効率

1. 実証項目	有線・無線環境の設営・撤収の時間測定
2. 実証方法	<p>①eスポーツ競技場の通常設営（整頓）状態を横一列とし ア) 囲み イ) ハノ字 形態へ設営を行う</p> <p>②再度横一列状態へ戻す。（撤収） 撤収作業時間を測定する。なお2チーム制（3人一組、4人一組）で上記を実施し、人数による差異も測定する。</p> <p>前提条件 運用を考慮して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マウスやキーボード、モニタ等の周辺機器は設置済とする ・電源、映像・音響ケーブル・LANケーブル脱着ありとする ・設営は機器接続～ゲーム起動までとする。 ・無線認証・DHCP等は設定済みとする <p>③ 運営スタッフによるアンケート評価</p>
3. 実証日時	2021.2.7
4. 対象者	内部実証、運営スタッフ

図 4-28 設営形態



2) 計測結果（設営時間）

- パターン1：3人で設営する場合にかかる時間（横一列～囲み）

表 4-20 パターン1：横一列～囲みにかかる時間

（単位：秒）

パターン1：横一列～囲み	有線	Wi-Fi6	ローカル 5 G
机・椅子の移動	90	90	90
電源の装着	30	30	30
LAN用ケーブル結線	60	0	90
映像（PC・カメラ）用ケーブル結線	100	100	100
Windows ログイン～インターネット接続の 確認	15	15	15
STEAM にログイン、ゲームの起動	15	15	15
機器の電源 OFF	10	10	10
LAN 配線の取り外し・什器を横一列へ	60	60	60
合計	380	320	410

- パターン2：3人で設営する場合にかかる時間（横一列～ハノ字）

表 4-21 パターン2：横一列～ハノ字

（単位：秒）

パターン2：横一列～ハノ字	有線	Wi-Fi6	ローカル 5 G
机・椅子の移動	60	60	60
電源の装着	180	180	180
LAN用ケーブル結線	30	0	60
映像（PC・カメラ）用ケーブル結線	90	90	90
Windows ログイン～インターネット接続の 確認	15	15	15
STEAM にログイン、ゲームの起動	15	15	15
機器の電源 OFF	10	10	10
LAN 配線の取り外し・什器を横一列へ	60	60	60
合計	460	430	490

- パターン3：4人で設営する場合にかかる時間（横一列～囲み）

表 4-22 パターン3：横一列～囲み

(単位：秒)

パターン1：横一列～囲み	有線	Wi-Fi6	ローカル 5 G
机・椅子の移動	70	70	70
電源の装着	30	30	30
LAN用ケーブル結線	50	0	90
映像（PC・カメラ）用ケーブル結線	100	100	100
Windows ログイン～インターネット接続の確認	15	15	15
STEAM にログイン、ゲームの起動	15	15	15
機器の電源 OFF	10	10	10
LAN 配線の取り外し・仕器を横一列へ	60	60	60
合計	350	290	390

- パターン4：4人で設営する場合にかかる時間（横一列～囲み）

表 4-23 パターン4：横一列～ハノ字

(単位：秒)

パターン4：横一列～ハノ字	有線	Wi-Fi6	ローカル 5 G
机・椅子の移動	60	50	50
電源の装着	160	160	160
LAN用ケーブル結線	30	0	60
映像（PC・カメラ）用ケーブル結線	70	70	70
Windows ログイン～インターネット接続の確認	15	15	15
STEAM にログイン、ゲームの起動	15	15	15
機器の電源 OFF	10	10	10
LAN 配線の取り外し・仕器を横一列へ	60	60	60
合計	420	380	440

図 4-29 設営模様

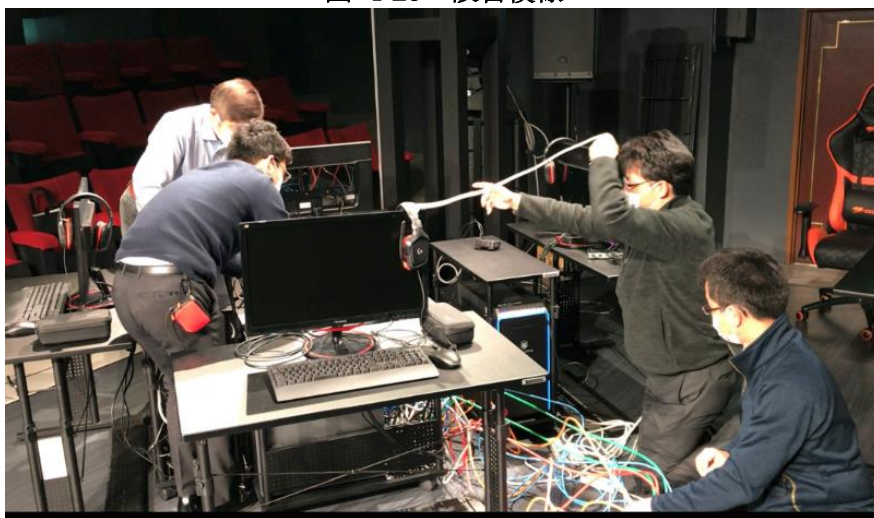


図 4-30 撤収模様



3) アンケート結果

表 4-24 運用スタッフアンケート結果

5段階評価アンケート	感じた	やや感じた	普通	やや感じない	感じない
Q1.有線環境と比較し、イベント設営・撤去等の時間の効率化が図られたと感じますか		4			
Q2.今後の施設運営において、柔軟かつ機動的なイベント開催に寄与できると感じますか	4				
Q3.イベント開催における費用負担の軽減に寄与すると感じますか	1	2	1		
Q4.レイアウト変更時の準備時間の軽減に寄与したと感じますか	2	2			
Q5.施設のイベント開催稼働率の向上に寄与すると感じますか		3	1		
Q6.設営や準備段階で課題だと感じることを記載願います。(一部原文抜粋)	ローカル5G以外に、電源・映像等の接続ケーブルがあるため、すべてを無線化できると更なる効率化が図れる。				
Q7.ローカル5Gの運用について期待することを記載願います。(一部原文抜粋)	・ローカル5G(UE)を直接接続できる商用端末の普及が必要だと感じました。				

4) 分析と考察

計測結果から WiFi6 が結線不要のため最も時間を要せず設営出来ました。ローカル5Gは直接受信できる端末が存在せず UE(機器)を経由し、UEと端末間は有線接続であるため、一部無線とはいえ、有線と比較し傑出したデータとはなりません。

しかしローカル5Gをダイレクトに受信できる機器が商用化されれば、WiFi6と同様の時間短縮を見込むことが出来ると考えます。運用スタッフアンケートからも設営時間の効率化やイベント稼働率の向上へ期待できるとの回答が8割を超えていることから、ローカル5Gのメリットを享受するには受信端末の開発が肝要であることがわかります。

4.3.2 高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム

4.3.2.1 実証概要

新たな観戦の形態として、スマートフォンでの YouTube を利用したマルチアングル視聴を可能とするアプリケーションを開発し、その動作・ニーズを実証しました。(最大 4 画面表示)

なお、カメラと YouTube チャンネルを紐づけているため、YouTube チャンネルの作りによって映像のみならず静止画の表示や他の動的コンテンツの配信も可能とした点、ならびに手元や表情のみならず、ステージ上の競技者を手元のスマートフォンで間近にいるかのようにみることが可能なこと、チャンネルの仕組みで映像以外を映し出すことが出来る点は新しい取り組みであったと考えます。

今後更に高品質な動的コンテンツが登場すれば 5G のメリットを更に享受できます。

4.3.2.2 実証内容

表 4-25 e スポーツにおける新たな観戦の創出実証内容

実証項目	実施内容	実証方法	取得データ
(1) 配信品質確認	4.3.1.3.(2)回線性能(伝送速度)の試験内容と同等のため実施無し	-	-
(2) 映像配信確認	試験のみならず、実運用を想定して YouTube へ動画を安定して配信可能なことを目視確認	ア-2 で実施 複数のカメラ映像を YouTube にライブ配信	配信時ビットレートを 4K 想定で設定し、配信映像の確認
マルチアングル画面の配信	スマートフォンでのマルチアングル視聴機能の開発	実機での視聴アングル切替え確認(連続切替え含む)	配信映像

(1) 配信品質確認

4.3.1.3.(2)回線性能（伝送速度）にて実証済、LTE 以外のいずれの回線も 4K アップロード速度として必要とされる約 30M の帯域を有していました。

(2) 映像配信確認

1) 実証概要

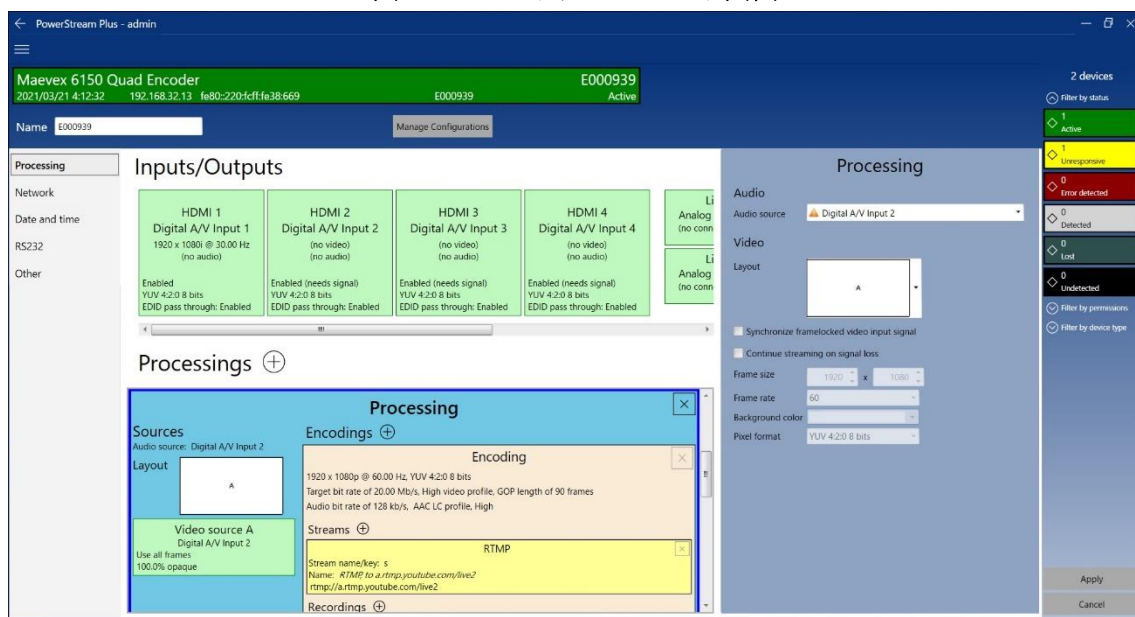
競技会場内の映像配信機器環境で 4K 相当の映像を安定して出力できるか品質評価を行いました。実運用を想定し、複数のカメラ映像を同一回線にて配信し、施設内外の視聴環境への影響も併せて評価しました。

表 4-26 映像配信の確認

1. 実証項目	e スポーツ施設内での図 4-31 の設定どおりの配信が YouTube 管理画面でのプレビュー・実環境での YouTube 視聴確認
2. 実証方法	<ul style="list-style-type: none"> 配信用アカウントでの YouTube 管理画面確認 PC/スマートフォンでの YouTube 視聴確認
3. 実証日時	2021.2.15～2021.3.6
4. 対象者	イベント実証

2) 設定画面

図 4-31 ストリームソフト画面



3) 確認結果

イベント実施時に 4K で配信出来ていることを確認しました。

図 4-32 配信先画質設定画面



4) 分析と考察

■ 評価分析方法

e スポーツ競技においては実測値に基づく技術的評価と e スポーツプロプレイヤーによる体感評価を実施し、会場設営においては実測値に基づく技術的評価と運用スタッフへの体感評価を実施しました。

【e スポーツ競技】

技術的評価項目：応答速度、ゆらぎ、スループット（ダウンロード、アップロード）、パケットロス発生率 等

ユーザ体感評価項目：映像のひずみ、音声の伝達性 等

【会場設営】

技術的評価項目：設営時間、撤去時間 等

ユーザ体感評価項目：設営・撤去の容易性、レイアウトの柔軟性 等

■ 評価と考察

応答速度、スループットにおいて、有線・WiFi6 に続きローカル5G（ミリ波、sub6）の順位となりました。

ローカル5Gで高い競技性（数値）を計測でき、ユーザ体感でも競技品質について有線と比べて遜色ないという評価を得られました。

ローカル5Gのコア共用を行いインターネットの出口を集約する場合、距離に準じた遅延が発生しました。

測定中稀に速度低下する場合もあり、安定性維持の品質向上が課題と考えます。

(3) マルチアングル視聴システム・機器

1) 実証概要

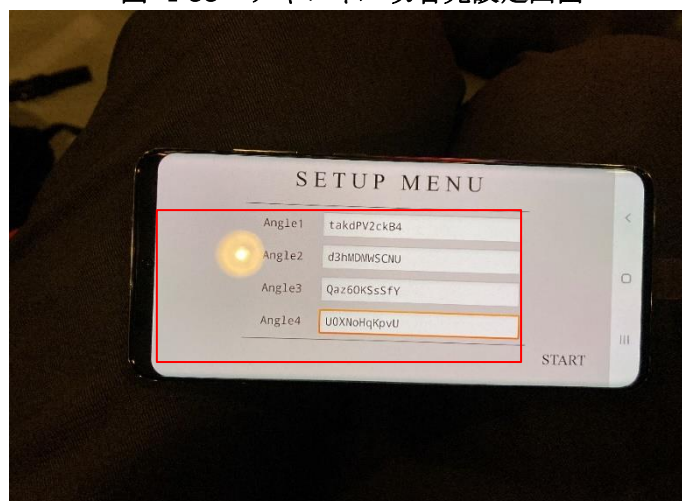
ローカル 5 G による高精細映像のリアルタイム配信能力を実証することでマルチアングル視聴等、新しい観戦スタイルが可能になるかどうかを実証しました。

- ・ ローカル 5 G により、4K 映像のリアルタイム配信
- ・ スマートフォン (Android) 用マルチアングル視聴用アプリケーションを開発
- ・ 複数の YouTube チャンネルに紐づけたカメラ等の映像を 1 画面で切替表示
- ・ 4K 映像表示

2) 設定画面

YouTube チャンネルの末尾 URL を投入することで個人にて簡単に好きなチャンネルを追加できます。(最大 4 チャンネル)

図 4-33 チャンネル切替先設定画面



3) 確認結果

ユースケースでの e スポーツイベント実施時に

「Angle1」「Angle2」「Angle3」「Angle4」ボタンで YouTube チャンネルを切替え可能なことを確認できました。

4) 分析と考察

■ 評価分析方法

イベント環境での映像解像度の目視確認に基づく技術的評価と e スポーツイベントにて一般観戦者へ配布しアンケート評価を実施しました。

技術的評価項目：YouTube 上での配信解像度が 4K であることを確認、開発アプリケーションの動作（映像切替）確認 等

ユーザ体感評価項目：アプリケーションの動作、映像品質 等

■ 評価と考察

本実証を通じてローカル 5G での 4K 映像配信及びマルチアングル視聴環境による新たな観戦スタイルを創出できました。4K 画質の映像配信と、自在な視聴アングルの切替え機能実装による個人の嗜好に合った観戦体験を提供するシステムを構築しました。アンケート結果においても映像品質やマルチアングル機能の必要性に高い評価を得ました。

一方、YouTube を使用すると、規定仕様に基づく視聴アングルの切替え回数制限や、同プラットフォームの急な仕様変更によるサービス品質低下のリスクが発生する可能性があり、安定的かつ 4K 対応の高品質な配信プラットフォームの構築が今後の課題となります。

4.3.3 ライブビューイングシステム

4.3.3.1 実証概要

ローカル5Gを用いて4K映像を配信、eスポーツ競技及びライブビューイング配信等の人々の関心等を実証することで、人の流れの誘導や街の賑わい創出が可能かどうか実証しました。

4.3.3.2 実証内容

ローカル5G×eスポーツの“街の賑わい創出”への訴求力を評価、加えて新たなeスポーツ等の観戦スタイルニーズを明らかにする。具体的な実施内容は以下の表のとおりです。なお実イベントと連携してデータを取得しました。

表 4-27 実証内容

1. 実証項目	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチアングル配信等新たな観戦スタイルの満足度評価 ・ライブビューイングの満足度評価
2. 実証方法	<ul style="list-style-type: none"> ①イベント形式で実施（民間事業者のイベントと合同実施） ②eスポーツ会場ではローカル5Gにてeスポーツ競技実施（一般参加者の自由対戦&トーナメント対戦） ③その模様をライブビューイング配信 <ul style="list-style-type: none"> ・イオンモール旭川駅前店 フードコート横 ・道の駅 フードコート横 ・ディノス旭川（遊戯施設） ④マルチアングルニーズや、賑わい効果等（売上・来客等含む）についてアンケートや店舗データを取得し評価を行う <ul style="list-style-type: none"> ・配信施設店舗の売上・集客 ・周辺施設の売上・集客 ⑤AI ビーコンを活用し人流解析を行う ゲーム：ぷよぷよeスポーツ 利用回線：ローカル5G <ul style="list-style-type: none"> ・回遊データ ・来店者数データ ・滞在数データ
3. 実証日時	2021.3.6
4. 対象者	周辺施設、ライブ会場の施設及び観戦者、コクゲキ観戦者

(1) イベント内容

民間事業者と合同で以下の表のとおり e スポーツイベントを実施しました。

表 4-28 3/6 イベント概要

	内容	備考
実施日時	3/6 (土) 10:00~17:00	
会場	一次予選会場：イオンモール旭川駅前店 4F	ゲームセンター前
	二次予選会場、本選会場：コクゲキ	
ゲームタイトル	ぷよぷよ e スポーツ	PS4
参加資格	制限なし (年齢、住まいの地域)	
競技内容 (一次予選)	<ul style="list-style-type: none"> ・当日エントリー方式 ・大会公式チャレンジモード ・スコアアタック形式 ・120秒内にて基準スコアクリアが予選通過条件 ・クリアプレーヤーにインビテーションカード付与 	PlayStation4 を2台準備 (競技用ライセンス含む)
競技内容 (二次予選) *ライブビュー	<ul style="list-style-type: none"> ・スコアアタック形式 ・インビテーションカード持参プレイヤーのみ参加 ・本選の高スコア者 8 名がトーナメント戦に進出 	プレイ人数は 20 人/時間×3.5 時間で 70 名程度の参加見込
競技内容 (イベント) *ライブビュー	<ul style="list-style-type: none"> ・eXeField Akiba とのオンライン対戦 ・トーナメント参加者 2 名+「ぶーけさん」の計 3 名 vs 秋葉原 	
競技内容 (本選) *ライブビュー	<ul style="list-style-type: none"> ・オンライン対戦 ・トーナメント形式 ・実況：道北 e スポーツ協会 ・解説：「ぶーけ」さん 	PlayStation4 を2台準備 (競技用ライセンス含む)
賞品	・旭川市の特産品	旭川家具 (小物)
その他	・YouTube チャンネルでライブ配信実施	
	コロナ対策実施 観客はソーシャルディスタンスに留意した席配置	

(2) ライブビューイング会場、AI ビーコン設置場所

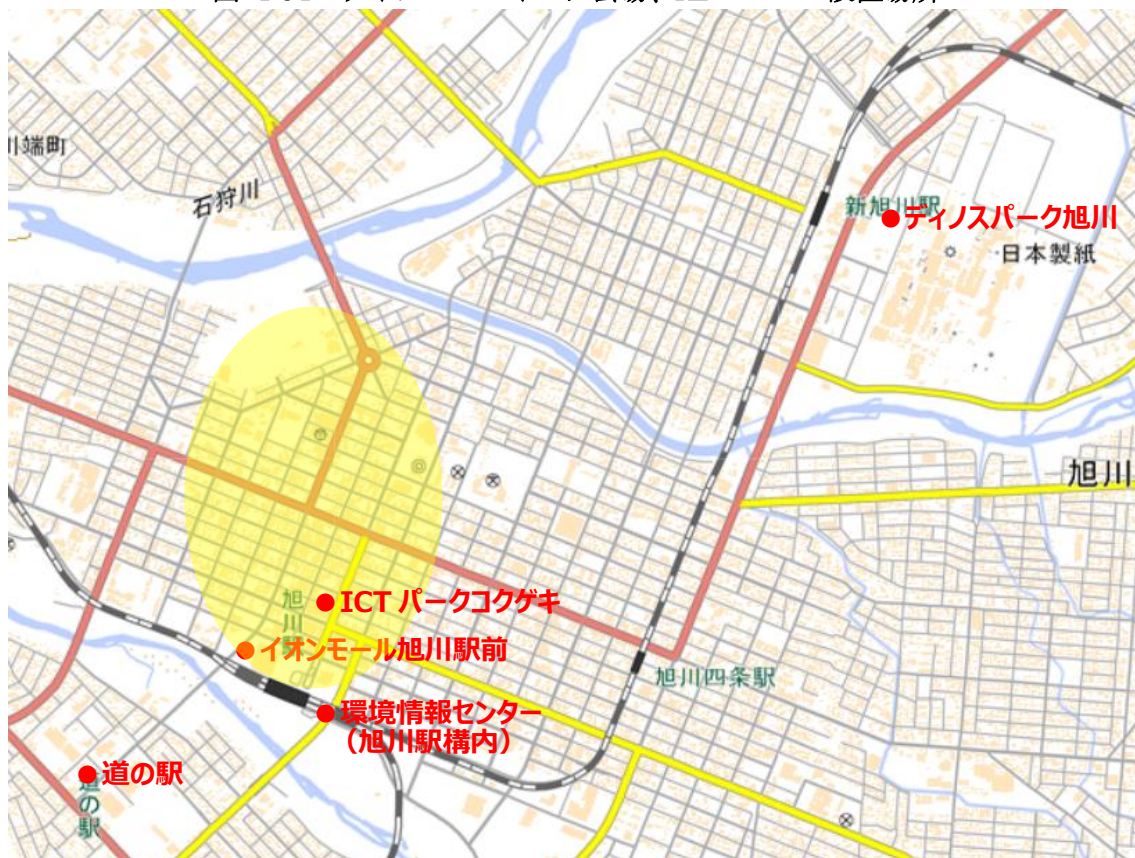
ディノスパーク旭川、イオンモール旭川駅前店 1階、道の駅 あさひかわの3施設において ICT パーク コクゲキでの二次予選、本選の様子をライブ配信した。

また賑わいの効果については、ライブビュー会場、及び ICT パークコクゲキでアンケート調査を実施するとともに、AI ビーコン装置を用い、ライブビュー施設の滞在時間や周遊等のデータ解析を実施しました。

AI ビーコンはイオンモール 1階 (3台)、4階 (1台)、旭川観光情報物産センター1台、ディノスパーク旭川 (1台)、あさひかわ道の駅 (1台) コクゲキ (1台) に設置しました。

なお AI ビーコンはスマートフォンの Wi-Fi 機能が ON になっているものを検知し測定する装置です。1台で半径約 90M の範囲をカバーします。

図 4-34 ライブビューイング会場、AI ビーコン設置場所



出典：地理院地図/GSI Maps 施設名・場所を追記して掲載

■ AI ビーコン設置場所

図 4-35 ICT パークコクゲキ図 ビーコン設置箇所

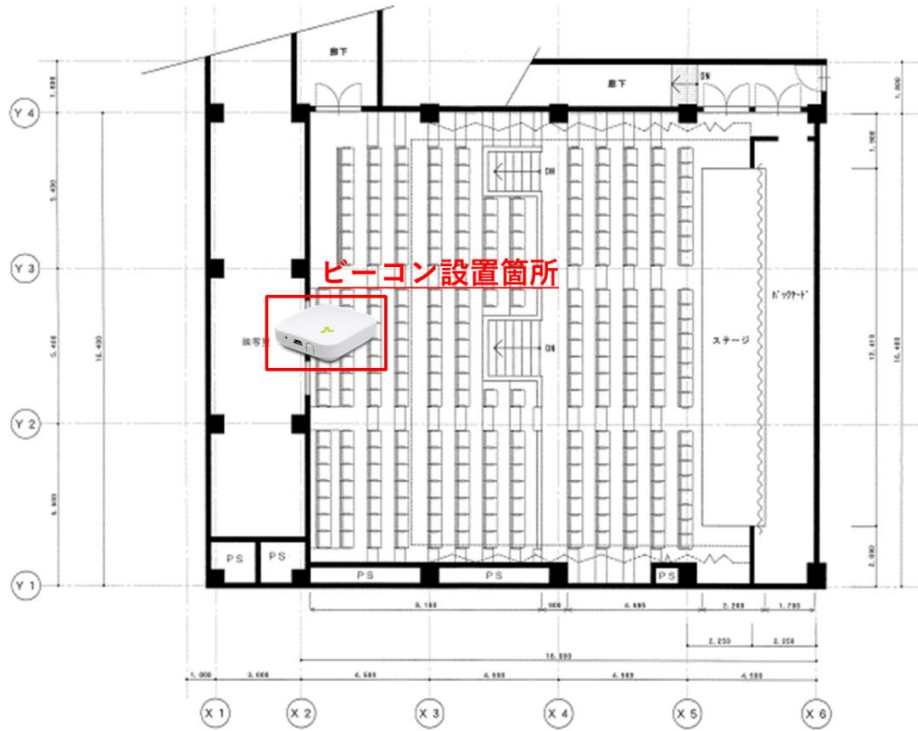
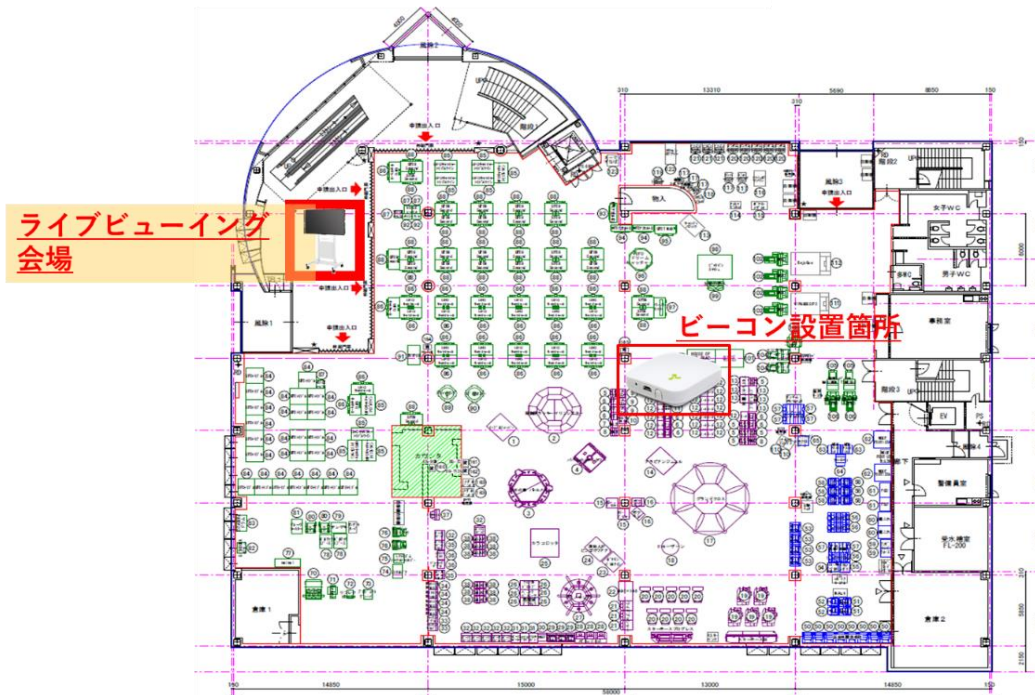


図 4-36 ディノスパーク旭川 ビーコン設置箇所



■ ライブビューイング実施場所

図 4-37 イオンモール1F ライブビューイング会場図



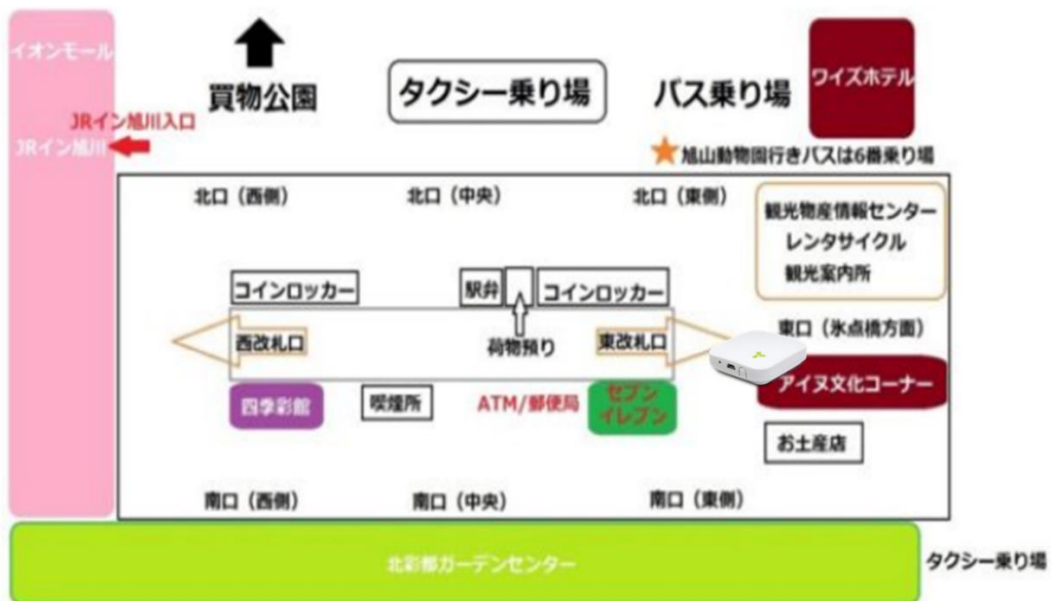
図 4-38 イオンモール4F ライブビューイング会場図



図 4-39 道の駅 あさひかわ ライブビューイング会場図



図 4-40 旭川観光情報物産センター(旭川駅) ライブビューイング会場図



(3) AI ビーコンの解析結果

1) 来館者数等データ

図 4-41 イベント実施日と前週日曜日との来館者数比較

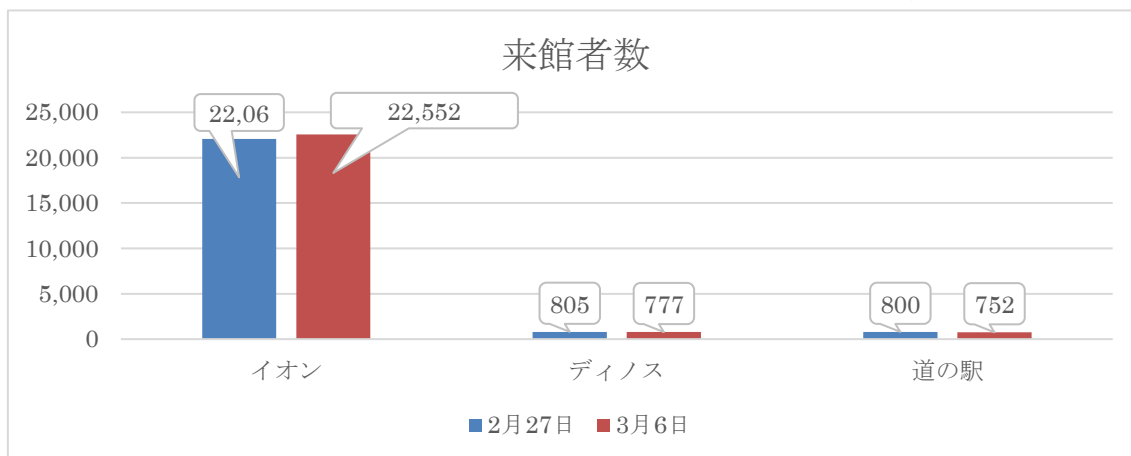


図 4-42 ライブビューイング施設の来客世代比率

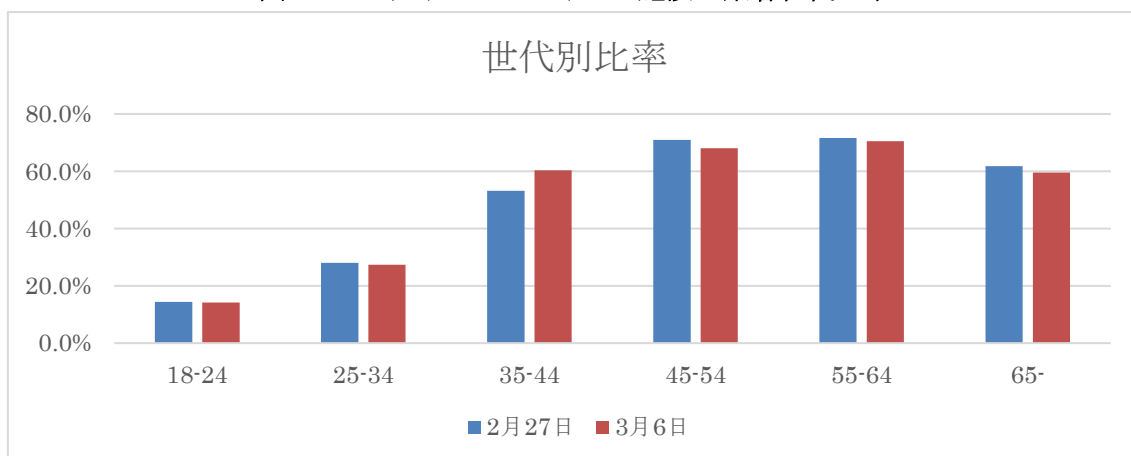
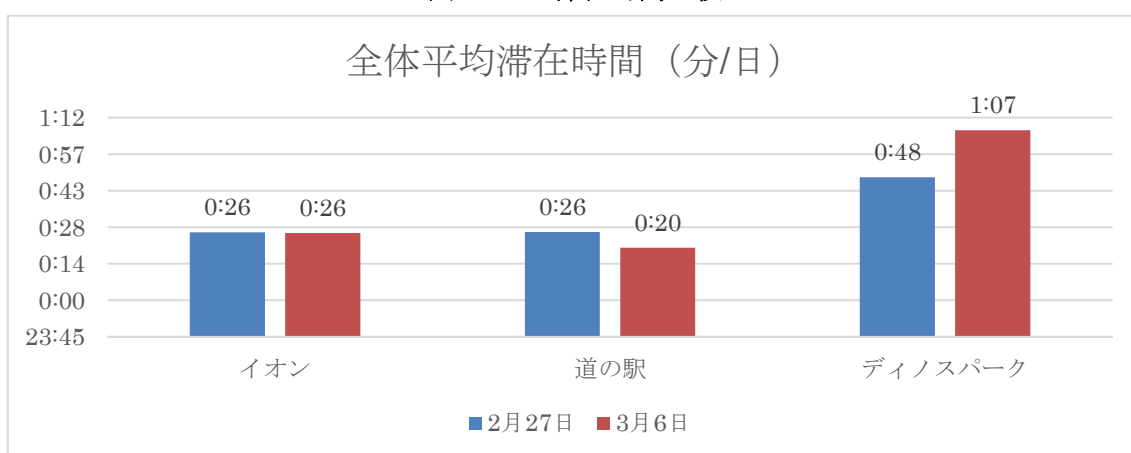


図 4-43 滞在時間比較



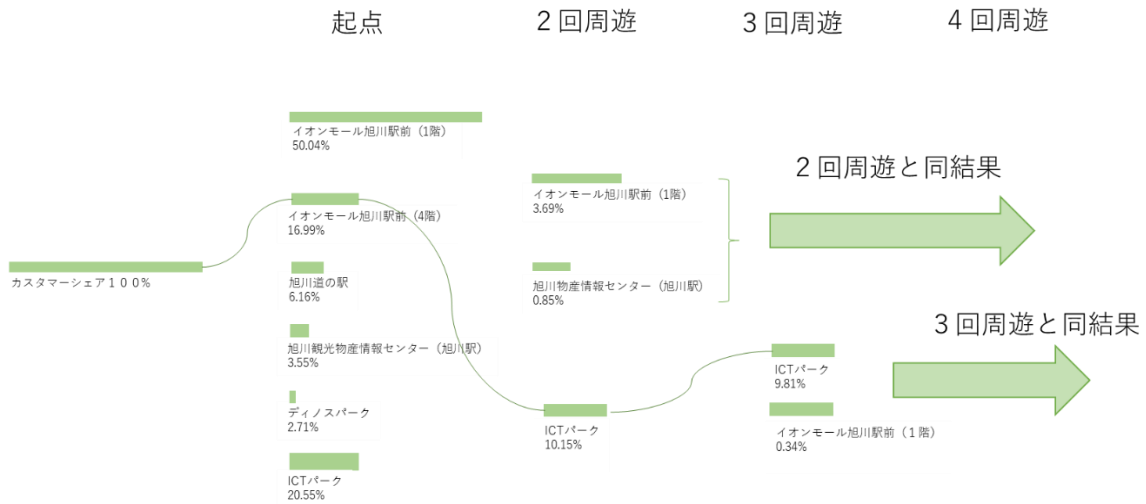
2) 来館者数等データの考察

ライブ会場施設である、イオンモール旭川駅前店、道の駅あさひかわ、ディノスパーク旭川での来館者数、世代比率、滞在時間を示しております。イベント未実施の2月27日(土)と比較した結果、来客数については、大きな変化は見られませんでした。同様に、滞在時間や世代についても、施設全体を通して大きな変化は見られませんでした。ディノスパークは他イベントも同時に開催していたことも影響したためか、少し数値が上がっています。このことから単独イベントではなく、他イベントとコラボ開催等での相乗効果を視野に入れることで、より集客が望めると想定できます。今回はイベント自体の告知はしていたものの、ライブビューイングについての告知をしていなかったため、集客に大きな変化はありませんでしたが、積極的な告知をしていくことにより更なる集客が見込めると考えます。

3) 周遊データ

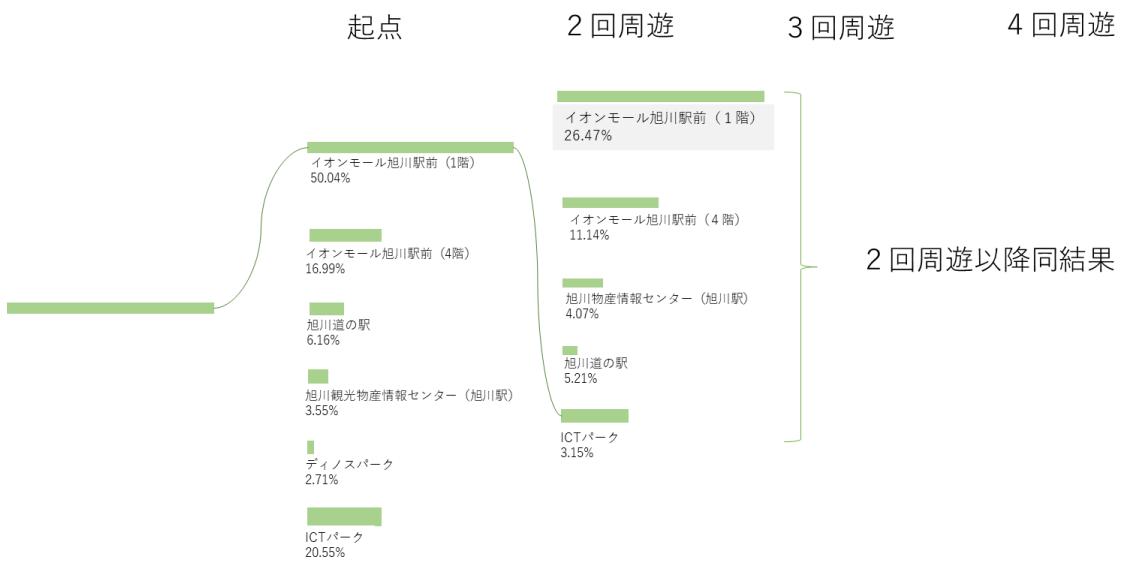
AI ビーコンで検知したユーザの周遊データを示します。周遊対象は、AI ビーコンを設置したイオンモール旭川駅前店、道の駅あさひかわ、ディノスパーク旭川、ICT パークコクゲキ、旭川物産情報センター（旭川駅）間となります。イベント本会場のイオンモール4階及び、ライブビュー会場をそれぞれ起点としたときの周遊結果を示します。

図 4-44 イオンモール旭川駅前4階 周遊データ



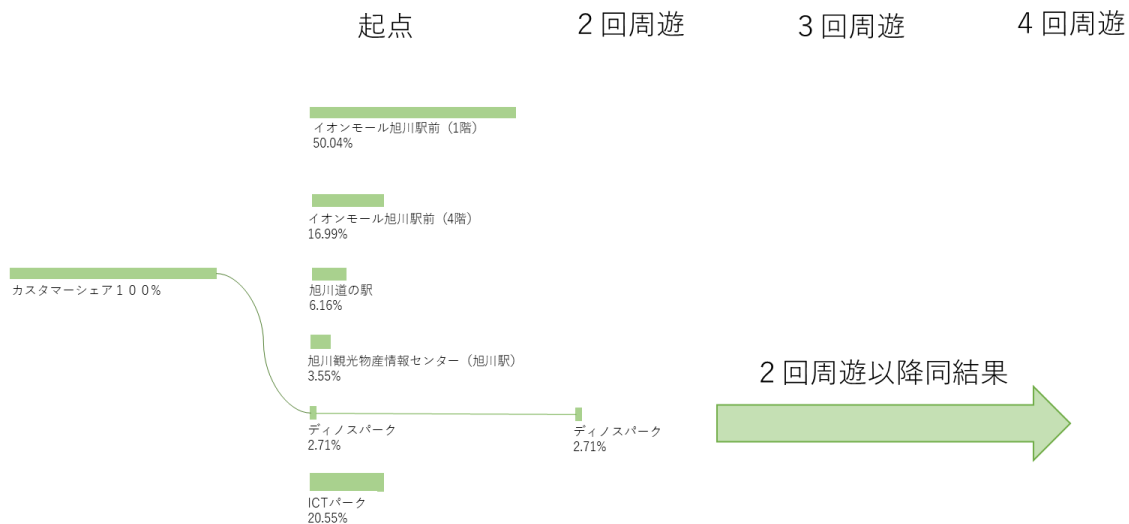
イベント本会場からは約 60%がコクゲキへ来場した結果となりました。インビテーションカードや事前告知も、誘導しやすい環境でありました。コクゲキの対戦後イオンモール旭川駅前1階へ戻り、ライブビューを観戦する方も見受けられました。

図 4-45 イオンモール旭川駅前1階 周遊データ



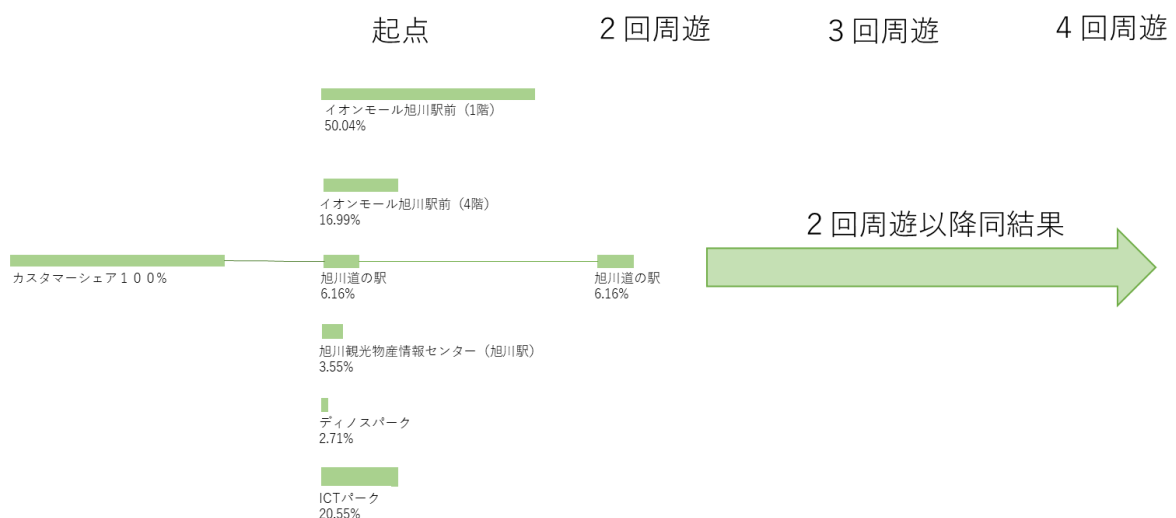
ライブビュー会場のイオンモール 1 階でライブビューイングを実施し、同施設内 4 階へのイベント会場への誘導は 11.14%で、ICT パークコクゲキへの誘導は 3.15%となりました。2 回目以降の周遊は特に変化がなく、それ以降の周遊は見られませんでした。

図 4-46 ディノスパーク 周遊データ



ディノスパークでは、施設のゲームコーナー及び映画館へ向かう方々が多く、ライブ映像の配信に足を止める方々は少数でした。また ICT パークへの距離は電車で 2 駅分と移動距離も影響したのか ICT パークやその他の施設への周遊は見られませんでした。

図 4-47 道の駅あさひかわ 周遊データ



道の駅もディノスパークと同様、ICT パークへは 2k mほどの移動距離があること、また道の駅に訪れる年齢層が高かったことも影響してか、その他の周遊は見られませんでした。

4) 周遊データの考察

周遊については、イベント会場とeスポーツ施設との移動手段や距離、近隣駐車場有無、また年齢層も考慮したライブビュー検討が重要です。また事前の告知も行うことにより、イベントに興味・関心がある人々の集客が見込めることから、今回はイベント告知も新聞等の媒体・SNSでの告知に留まりましたが、特に若者向けの媒体を積極的に活用・工夫した事前告知を実施していくことも検討事項です。

(4) アンケート結果について

1) 周辺施設へのアンケート結果

アンケート回答店舗数：56 店舗

Q1.3 月 6 日の店舗売上、来客数、お客様の滞在時間は 2 月 27 日（土）と比較し、どの程度変化がありましたか。

図 4-48 周辺施設への影響

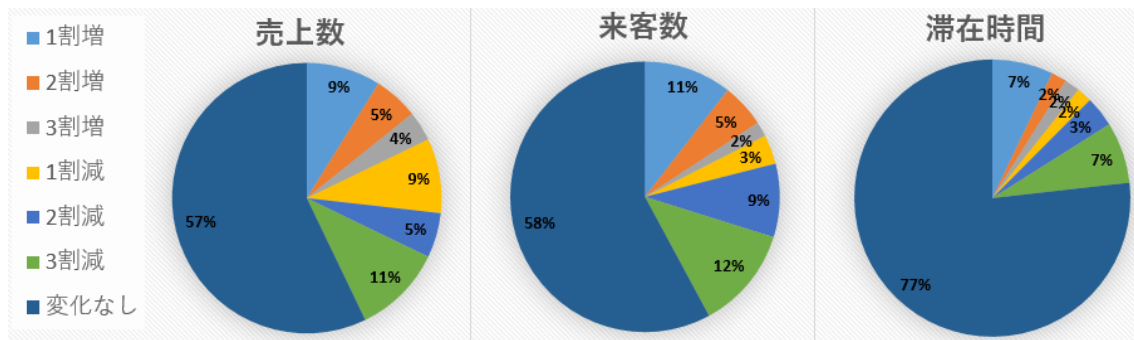


図 4-49 周辺施設への影響 客層の変化

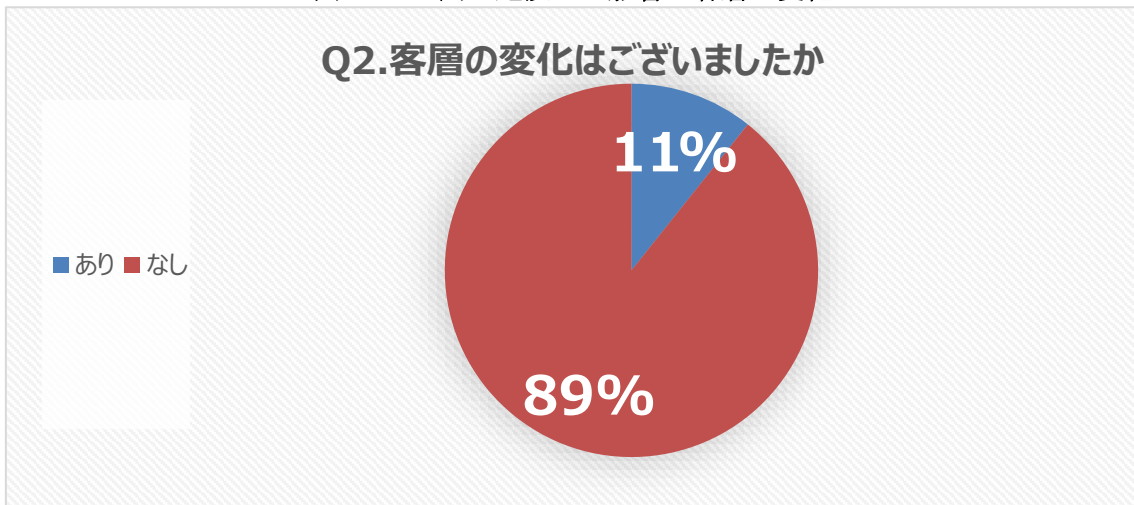


図 4-50 周辺施設への影響 客層の世代変化

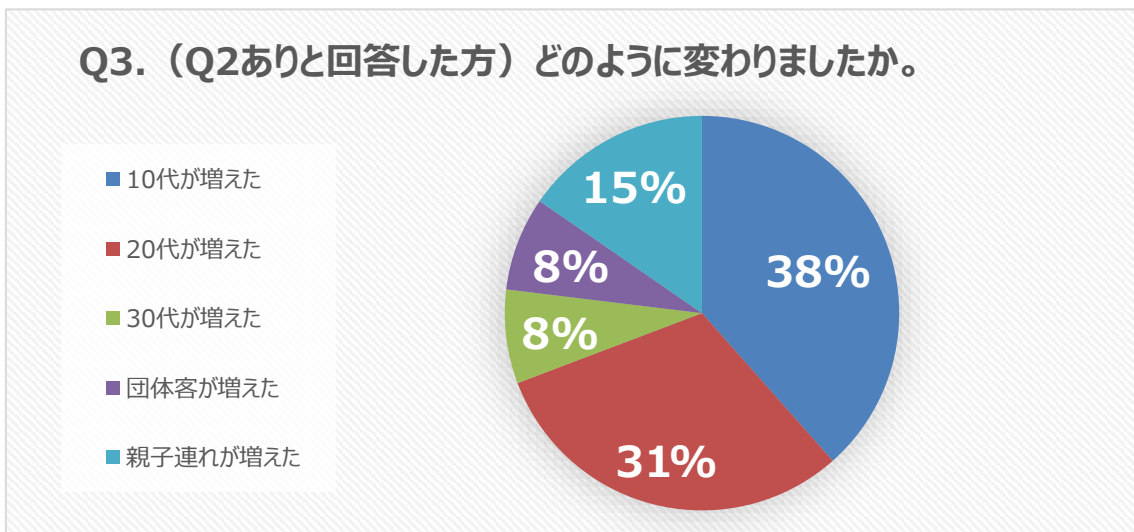


図 4-51 eスポーツイベントで売上拡大へ繋がるか

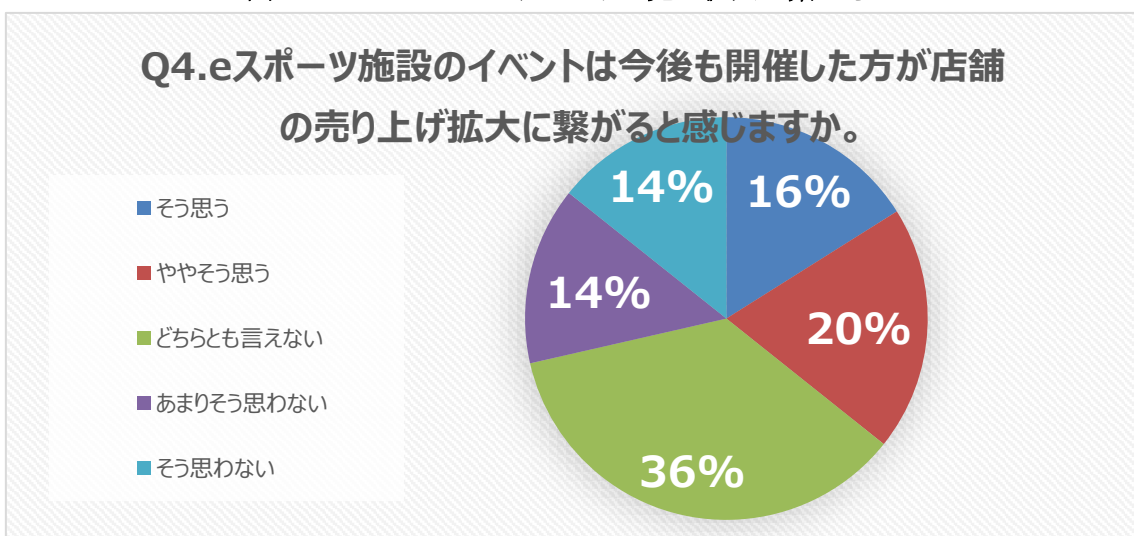
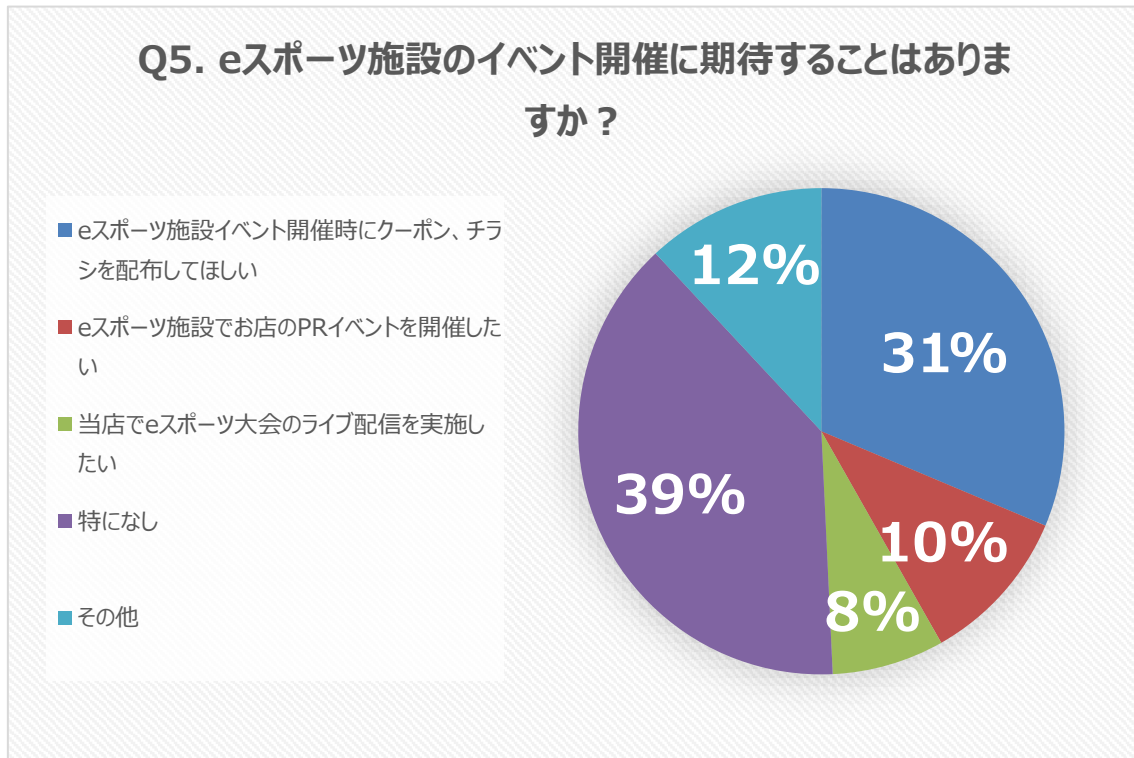


図 4-52 eスポーツイベント開催に期待すること



その他（自由記述/原文）

- ・ ICT パークと各商店街は間近に位置するので、合同で祭りのようなイベントを開催できれば若者層の認知度もアップすると思います。
- ・ 全国から旭川に集まるようなイベントとなって頂きたい旭川が e-sports の街となるくらい、力をいれて集客してほしい。
- ・ ポスター等の告知を積極的に実施し、認知度 UP に努める必要性有

2) 周辺施設へのアンケート結果の考察

イベント後の売上数、来客数、滞在時間については変化がほぼ見られませんでした。

一方、客層の変化があったと回答した店舗については10代～20代が増加しているためイベントにより、若者による周遊が増えたと言えます。ICT パークへの期待の声もあるため定期的なイベント開催等により、認知度を高め継続的・定期的な調査を実施することが望ましいと考えます。

3) 観戦者のアンケート結果

アンケート回答数：81 枚

イオンモール旭川駅前店、道の駅あさひかわ、ディノスパーク旭川、旭川 ICT パークコクゲキの 4 施設分

図 4-53 映像の乱れや遅延

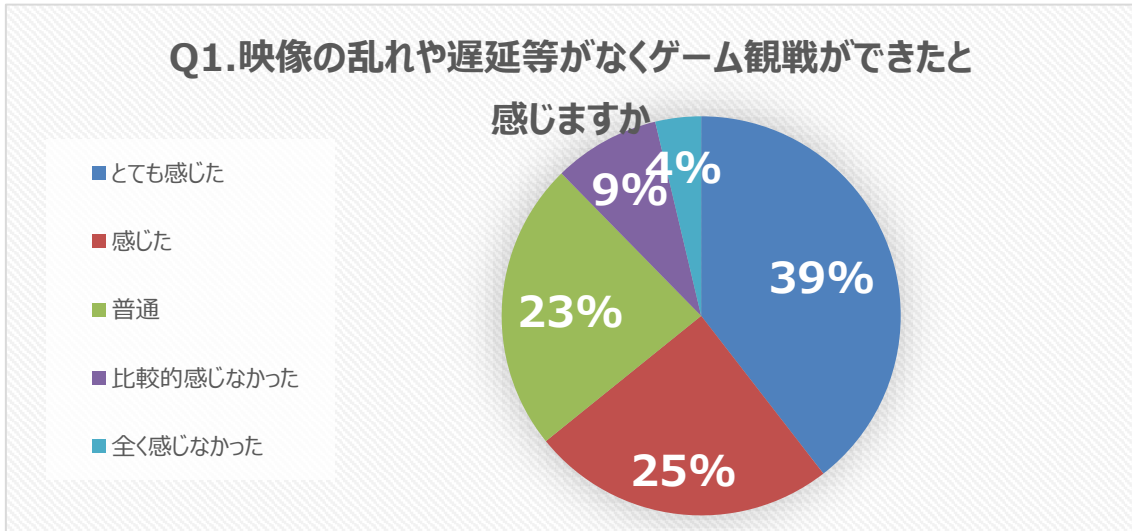


図 4-54 ゲーム観戦中の映像・音声品質

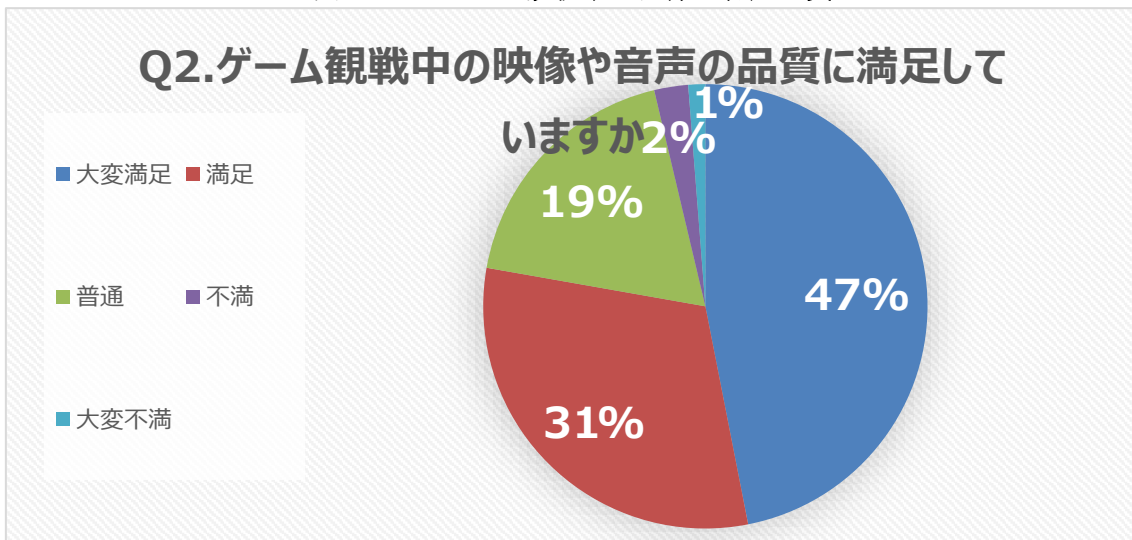


図 4-55 マルチアングル配信の見応え

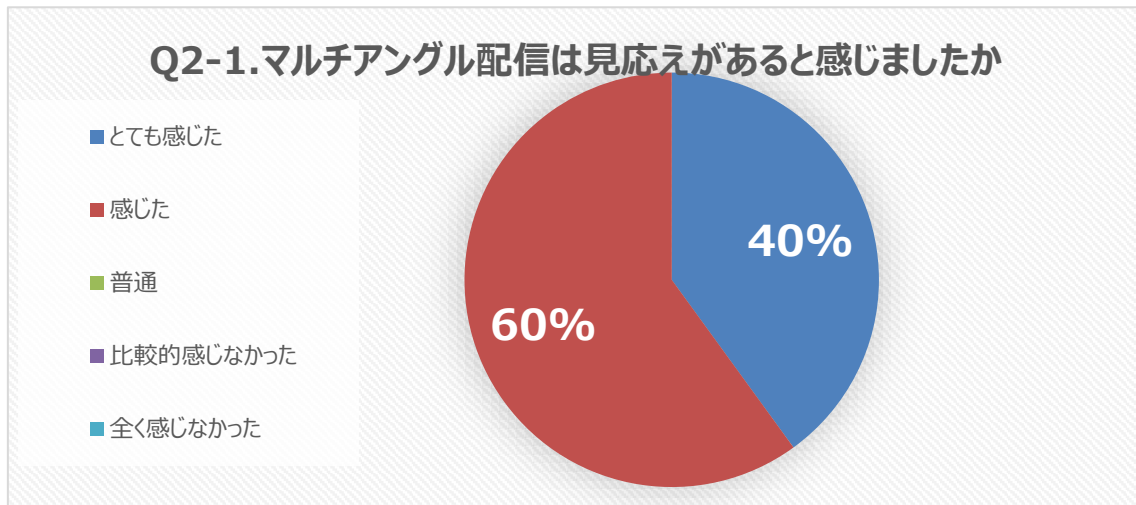


図 4-56 ローカル5Gの認知度

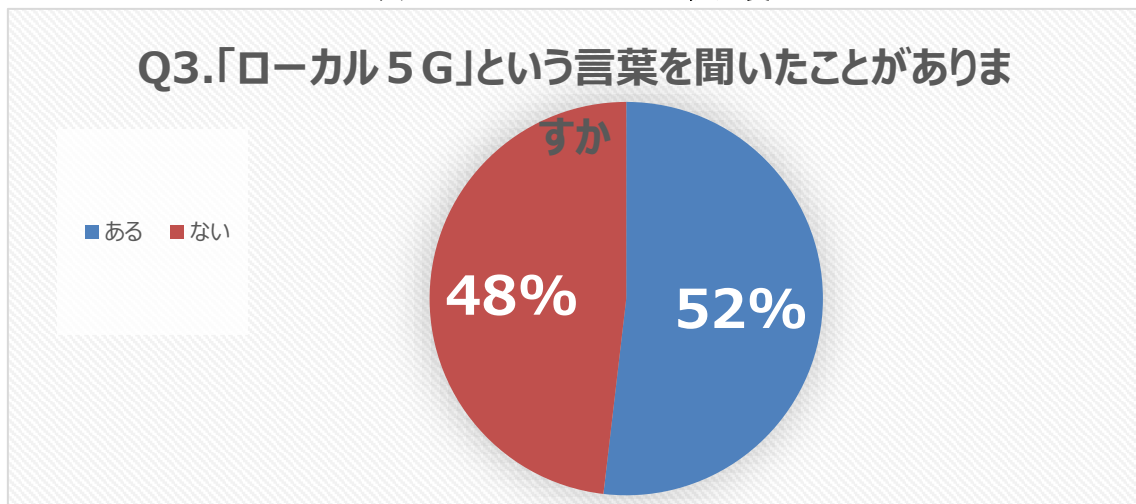


図 4-57 ローカル5Gをどこで聞いたか

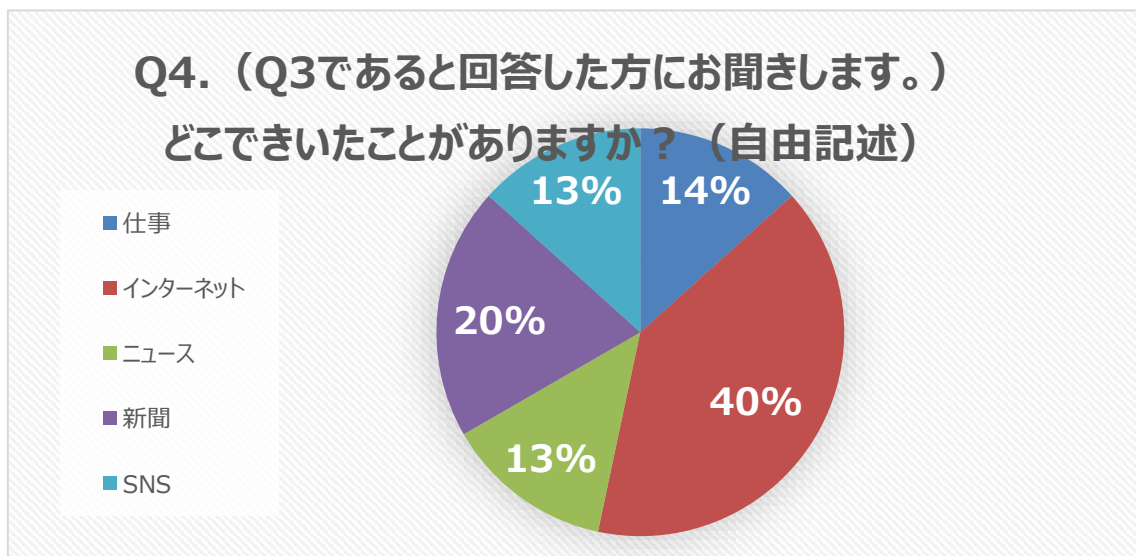


図 4-58 e スポーツイベントを今後も見たいか

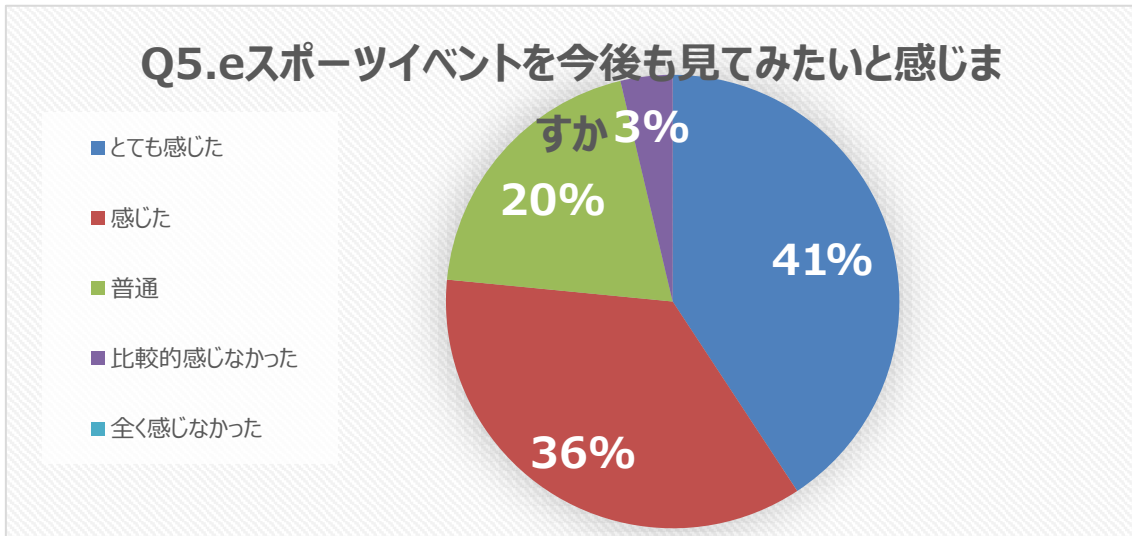
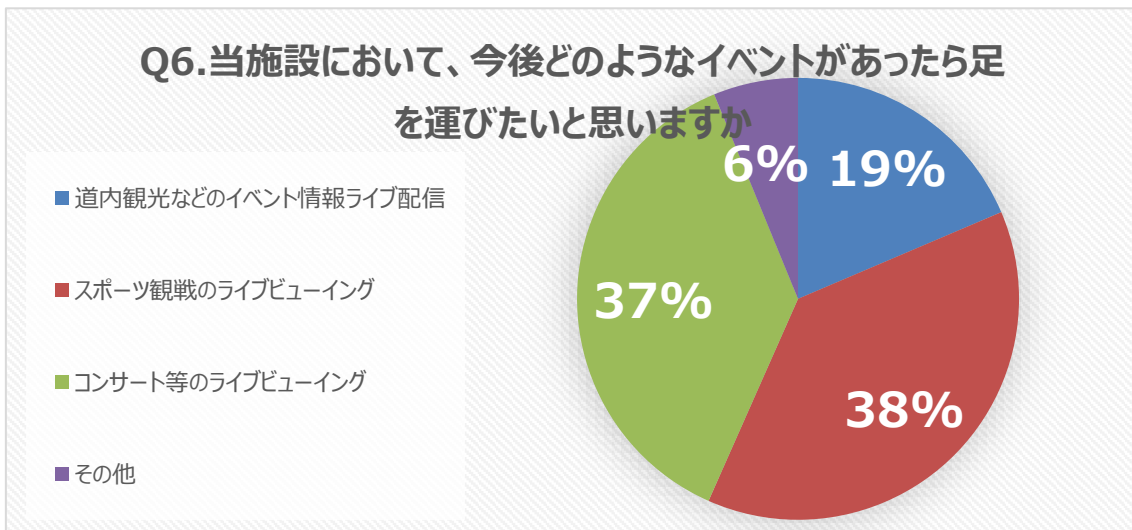


図 4-59 どのようなイベントがあれば足を運びたいか



その他（自由記述）

- ・ ゲームレクチャー
- ・ ハンドメイド
- ・ 演劇等（各1人ずつ）

4) 観戦者へのアンケート結果の考察

ローカル5Gを用いてYouTubeへ4K映像をアップロードしてのライブ配信であったが観戦者には品質が満足いくものであったことがわかります。マルチアングルについては概ね良好な回答を得たのでこれからの観戦スタイルとしての期待がもてます。ローカル5G×eスポーツイベントを知るきっかけの割合が一定していないことからイベント等の開催で互いの認知度に寄与し、様々な用途での使用ができる（特にeスポーツの他、リアルスポーツ・コンサート等）ことが考えられるので、継続してそのようなジャンルの利用についても実証していくことが望ましいと考えます。

5) 配信施設の店舗アンケート結果

アンケート回答店舗数：83 店舗（イオン 79 店舗、道の駅 3 店舗、ディノス 1 店舗）

Q1.3 月 6 日の店舗売上、来客数、お客様の滞在時間は 2 月 27 日（土）と比較し、どの程度変化がありましたか。

図 4-60 配信施設店舗へのアンケート結果

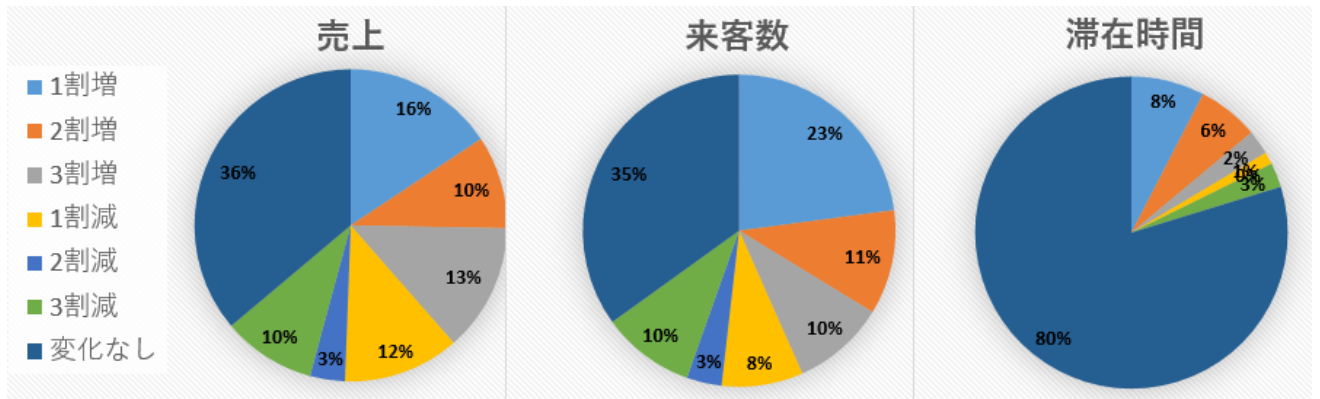


図 4-61 客層の変化

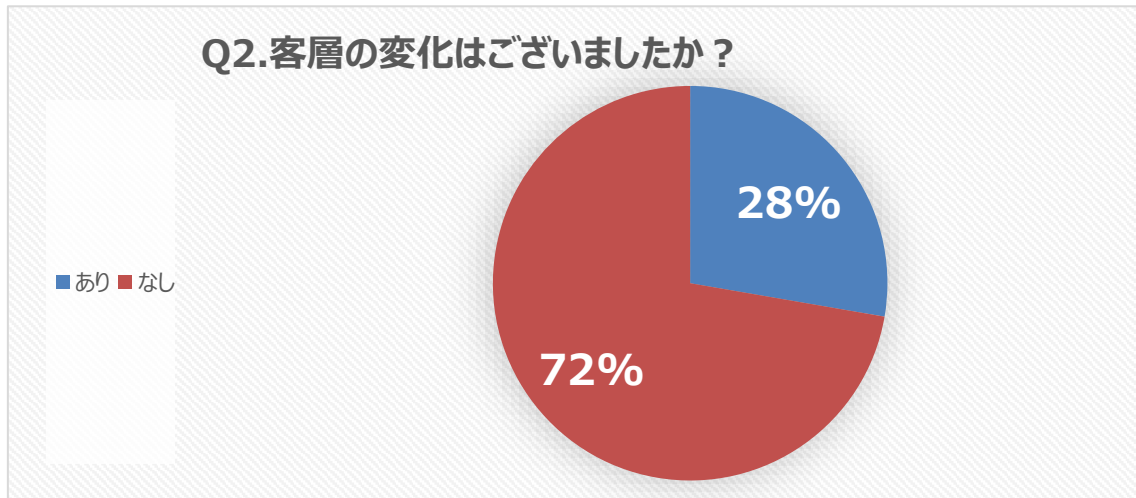


図 4-62 客層世代変化

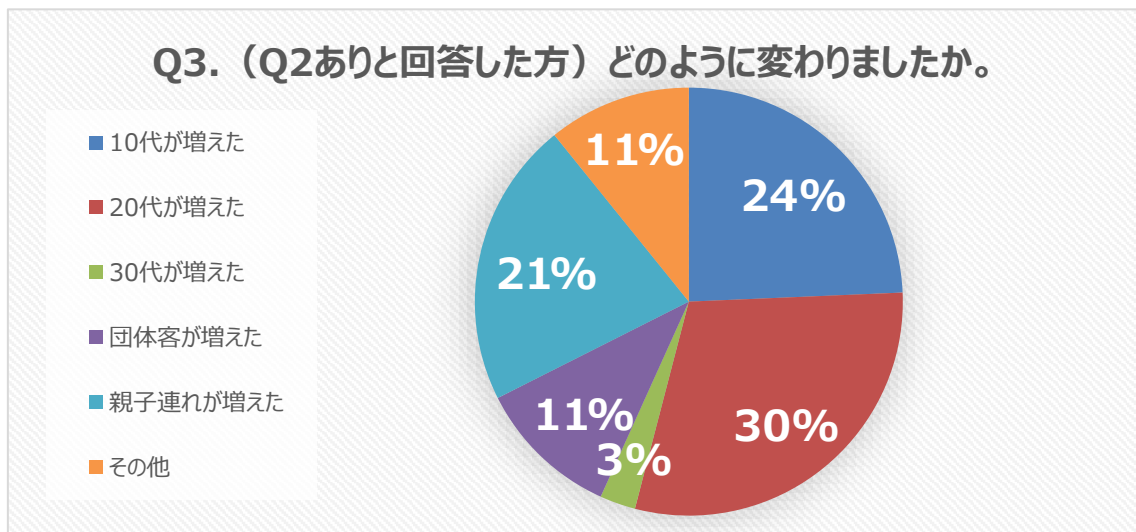


図 4-63 eスポーツイベントで売上拡大へ繋がるか

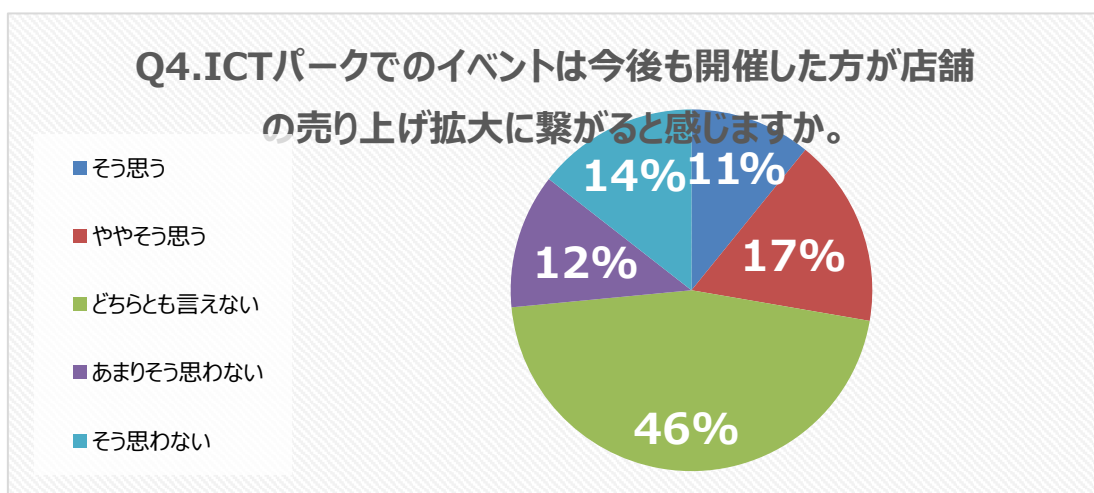
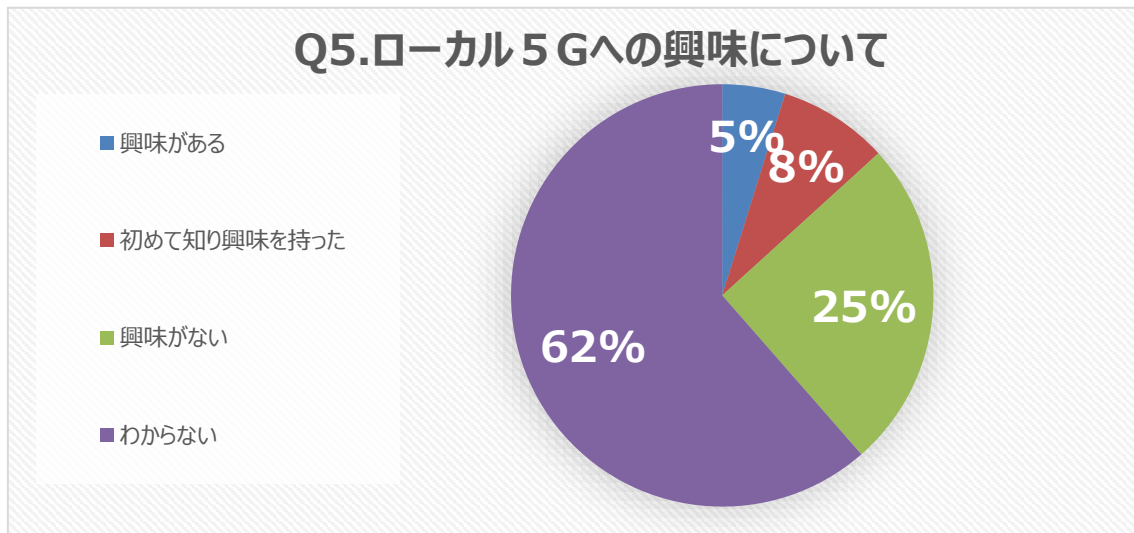


図 4-64 ローカル5Gへの興味



Q6. (Q5で、1.興味がある、2.初めて知り興味を持った を選択した方にお聞きします。) どういった内容に興味を持ちましたか。またローカル5Gを活用して解決できそうな貴社の課題やなりたい姿がございましたらお聞かせください。

解答一部抜粋 (原文)

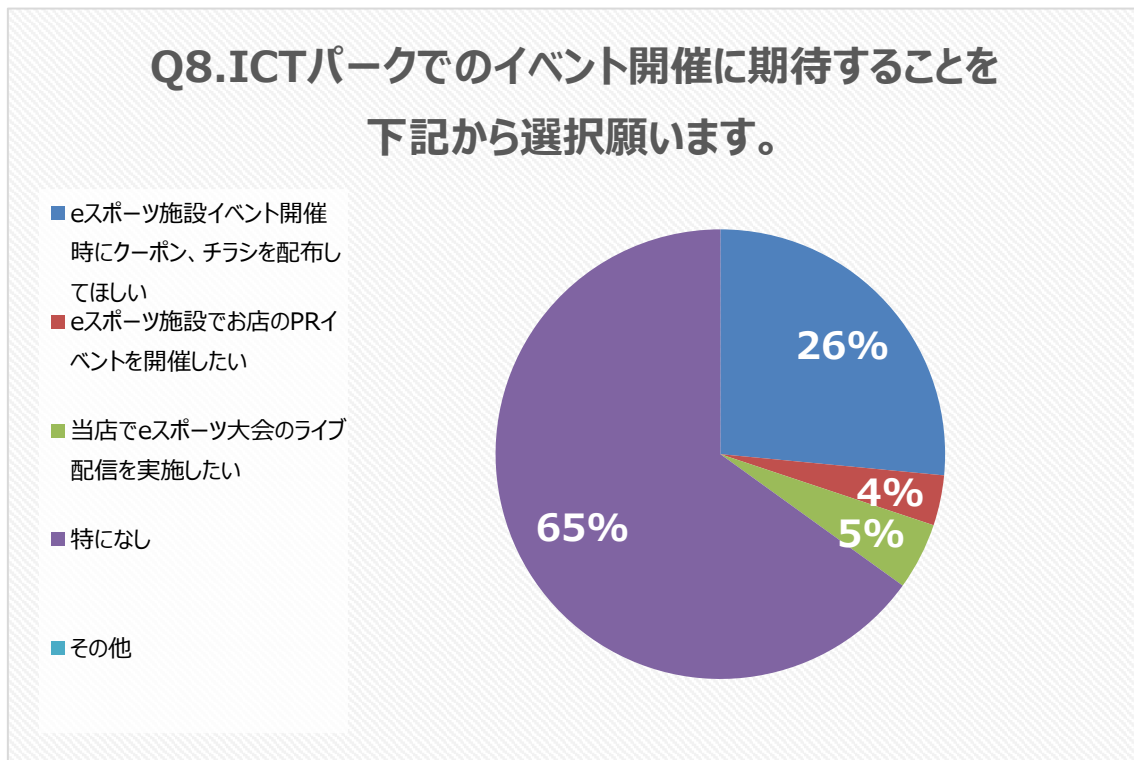
- ・ 店内の監視カメラの精度を上げたい
- ・ 次世代通信技術に興味はあるが、実際の活用例がわからずイメージがわからない
- ・ ローカル5Gのことがよくわかってないので、そこから知りたい
- ・ どのようなことができるのか知りたいと思った。

Q7.ローカル5Gに期待される機能やサービスがございましたらお聞かせください。

解答一部抜粋 (原文)

- ・ セキュリティ面での強化
- ・ 商品紹介、モール内での買い物にリンク
- ・ iPad等の回線をもっと強化してほしい

図 4-65 eスポーツイベント開催に期待すること



その他（自由記述）

解答一部抜粋（原文）

来店数（若年層）は増えたが、購入には繋がらないためあまり売り上げはあがっていない。クーポン等があれば是非。様々なイベント企画して、買物公園を盛り上げてほしい。

6) 配信施設への店舗アンケート結果の考察

ライブビュー会場について、売上、来客数、滞在時間や客層の変化等については大きな変化は見られませんでした。ローカル5Gの興味については具体的な利用シーンや活用事例がイメージできていない人々が多く、「何ができるか知りたい」という声があるため、今後のイベントを通してローカル5Gの認知度を高めていくことで街中の賑わいへの寄与が期待できます。また具体的に店舗の売り上げに関わる事例を特にローカル5Gの利用シーンとして今回の課題解決システムからもうひとつレベルを掘り下げた利用シーンを想定し実証していく必要性を感じました。

(5) 配信品質確認

4.3.1.3.(2)回線性能（伝送速度）にて実証済、LTE 以外のいずれの回線も 4K アップロード速度として必要とされる約 30M の帯域を有していました。

(6) 映像配信確認

4.3.2.2.(2)映像配信確認にて実証済

1) 確認結果

3つの会場でのライブビューイングが行われていることを確認しました。

図 4-66 ライブビューイング実施状況



2) 分析と考察

■ 評価分析方法

ライブビューイング会場での映像解像度の目視確認に基づく技術的評価と e スポーツイベントにて一般観戦者からアンケート評価を実施しました。

技術的評価項目：YouTube 上での配信映像の解像度が 4K であることを確認、AI ビーコンの人流計測数を確認しました。

ユーザ体感評価項目：ライブビューイング会場の画質・音質（ローカル 5 G を用いたオンライン対戦等の競技模様）等の確認をしました。

その他の評価項目：e スポーツ施設の周辺施設に対し購買行動等のアンケート評価を実施しました

■ 評価と考察

ローカル 5 G での 4K 映像配信及びライブビューイングによる街の賑わいを創出できるかどうかを実証、3 拠点でのライブビューイングを行いました。アンケートにより映像品質・音声品質に高評価を得ることができました。人の流れの誘導/滞留時間増は、コロナ禍及び施設の認知度や施設間の距離等複合要因が絡むため、一概に効果は判定できないと考えます。

4.3.4 遠隔コーチングシステム

4.3.4.1 実証概要

ローカル5Gを用いたeスポーツ競技のリアルタイムコーチングやバイタル表示の有効性を実証することでプレイヤーのスキル・満足度向上に繋がるか実証しました。

表 4-29 遠隔コーチング

1. 実証項目	複数映像及びバイタルデータをインターネット上にローカル5Gを用いてリアルタイムでデータ転送し表示することで、遠隔でも生徒の状況等を読み取って、より高度な指導を実施する。
2. 実証方法	<ul style="list-style-type: none">・使用システム (ユニキャン)・使用回線 (ローカル5G)・ゲームタイトル (Fortnite)・指導者1名、受講者数：3名
3. 実証日時	2021.3.10
4. 対象者	内部実証 (NTT 東日本*、NTTe-Sports) *生徒役はコンソメンバー外

図 4-67 遠隔コーチング風景



4.3.4.2 実証内容

(1) ユニキャン

図 4-68 ユニキャン概要



コンソーシアム構成員である株式会社 NTTe-Sports が提供するゲーム教育サービス「ユニキャン」におけるグループレッスン等において、大画面の分割投影による同時指導人数の拡大を実証するため、最大 9 画面分割での指導を実施しました。

図 4-69 指導者と受講者が映した Web 会議の様子



(2) 脳活動量計測機器

バイタルデータを競技施設の大型モニタへ投影し、研究機関による e スポーツ時の脳活動の科学的知見（脳の緊張状態の説明）と、競技解説者による競技への影響度合い等をフィードバックすることで、プレイヤーのパフォーマンス向上を支援しました。

図 4-70 脳波測定器を着用した遠隔コーチング受講者

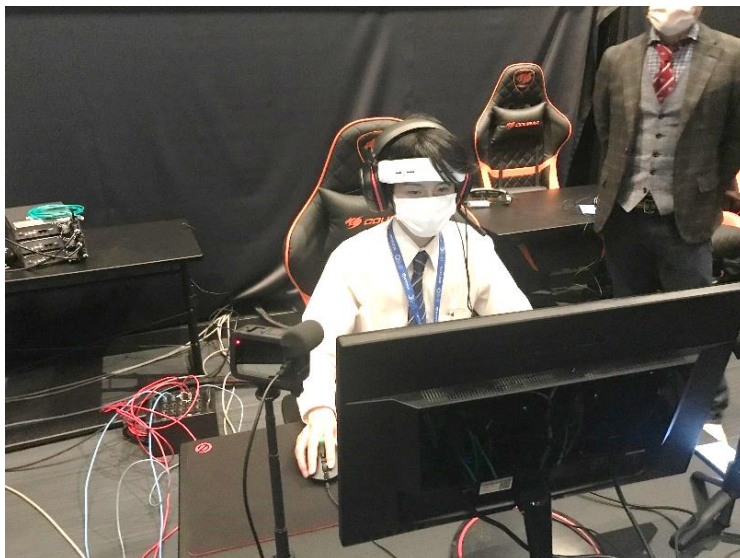
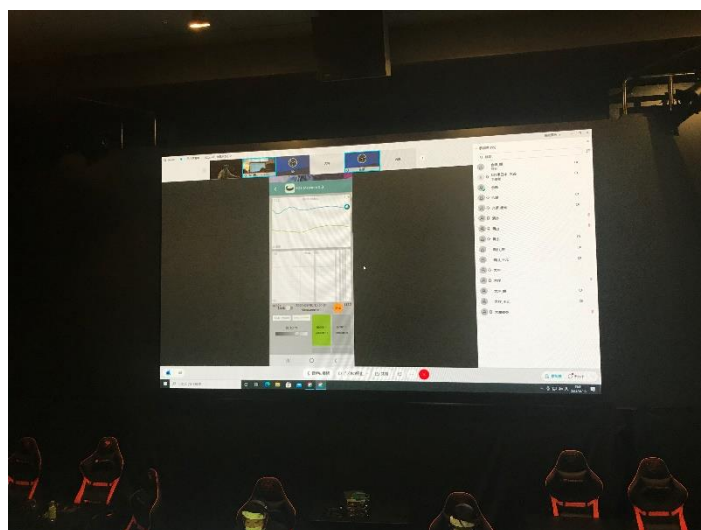


図 4-71 測定中の脳波



(3) アンケート結果

1) 指導者（実施者 1 名）

I. とても感じた（大変満足） II. 感じた（満足） III. 普通
IV. 比較的感じなかった（不満） V. 全く感じなかった（大変不満）の 5 段階評価

設問項目（表中数字は回答数）

表 4-30 遠隔コーチング指導者 アンケート結果

	I	II	III	IV	V
Q1.ゲーム指導中の操作においてストレスを感じなかったですか				1	
Q2.映像の乱れや配信遅延等がなく指導ができたと感じますか		1			
Q3.ゲーム指導中の映像や音声の品質に満足していますか	1				
Q4.ゲーム指導中の反応・動作速度は満足していますか		1			
Q5.指導中は疲れにくいと感じましたか			1		
Q6.遠隔によるゲーム指導は実施し易かったと感じますか		1			
Q7.遠隔によるコーチングは稼働効率の向上に繋がると感じますか	1				

Q8.その他（教育プログラム受講を通して感じたことを自由にお書き下さい）

遠隔+マスクをしていたこともあり、表情が読み取りづらかったです。

2) 受講者（実施者 3 名）

設問項目（表中数字は回答数）

表 4-31 遠隔コーチング受講者 アンケート結果

	I	II	III	IV	V
Q1.教育プログラム受講中の操作においてストレスを感じなかったですか		1			2
Q2.映像の乱れや配信遅延等なく教育プログラムを受講できましたか	3				
Q3.教育プログラム受講中の映像や音声の品質に満足していますか	2	1			
Q4.教育プログラム受講中の反応・動作速度は満足していますか	2	1			
Q5.教育プログラム受講中は疲れにくいと感じましたか			3		
Q6.ゲーム技術や戦績の向上に寄与すると感じますか	2		1		
Q7.遠隔による教育プログラムは受講し易かったと感じますか	1	1	1		
Q8.教育プログラムを今後も受講したいと感じますか	2		1		

Q9.教育プログラム受講を通して感じたことがございましたら自由にお書きください。

（要旨抜粋）

- 一言でいうと、大変有意義でした。
- 指導者は戦闘中においてどう動いた方がいいのか、具体的な導きをしてほしい。
- 脳波測定機器がヘッドセットと物理的に干渉してストレスになった
- 脳波測定で戦略等に役立つデータを取得することができた
- コーチングと脳波測定を合わせることで若年層だけでなく、シニア世代の e スポーツを活用した脳トレーニング（集中力向上）にも活用できる可能性が高い

3) 分析と考察

ローカル5Gを用いてインターネット上の多くの画面（参加者・カメラ画像）やバイタル情報等、複数の要素を同時視聴したコーチングにおいて、映像や音声の品質等については指導者・受講者ともに快適に実施できたという感想でした。コロナ過での実施ということもあり、マスクを着用していたため指導者は相手の表情がうまく読み取れないという課題が出たため、当該課題をクリアできる5G技術の検討・実証が今後望ましい。（マスク着用時でも別のバイタルサインで判断できる等、干渉しないウェアラブル機器）

総合的には「ゲームの戦績に寄与すると感じる」また「受講してみたい」といった声が多数であった。ローカル5G通信によってタイムリー（低遅延）に脳波測定の状態を見てき戦略に役立つデータの取得が瞬時に可能なこと等が寄与している。

4.4 課題解決システムに関する効果検証

4.4.1 実証概要

- ・ ローカル5G eスポーツシステム
- ・ 高解像度映像配信システム・マルチアングル視聴システム
- ・ ライブビューイングシステム
- ・ 遠隔コーチングシステム

の4つの課題解決システムに関するアンケート調査等により実証を行いました。

4.4.2 課題解決システムごとの実証

4.4.2.1 ローカル5G eスポーツシステム

(1) 実証概要

無線環境下でのeスポーツ競技の可能性に資する効果を実証及びプロのオピニオン評価にて確認しました。

(2) 実証結果並びに分析・考察

実証結果を以下の表のとおりです。

表 4-32 ローカル5G eスポーツシステムにおける効果検証

実証項目	実証結果並びに分析・考察
回線性能 ・ 応答時間 ・ ゆらぎ	有線の最小応答速度と比較すると、ローカル5G（28GHz）、ローカル5G（4.7Ghz）、WiFi6の差は小さいため、eスポーツ競技で運用が可能と考えられます。 ただし、ローカル5G（28GHz）は揺らぎが大きく安定性に課題があります。

回線性能 (伝送速度)	有線の伝送速度と比較すると、ローカル5G (28GHz)、ローカル5G (4.7GHz)、WiFi6では高いスループットとなっていますが、アップロードは有線ほどではありませんでした。しかしながら、オピニオン評価の結果から4G (LTE) 程度の速度があれば、問題なくeスポーツ競技で運用可能と考えられます。
公平性評価	有線では負荷の影響がほとんど出ないことと比較をすると、無線では総じて負荷の影響が出ていました。しかし、ローカル5G (4.7GHz)は無負荷・有負荷で影響が小さかったため、eスポーツ競技で運用可能と考えられます。
公平性評価	パケットロスの観点ではゲームデータ以外の負荷(映像配信等)を同一回線に加えなければ、eスポーツ競技が可能と考えられます。
遅延評価	有線の遅延と比較すると、4G (LTE)、キャリア5G以外では大きな差が出ず、ローカル5G (GHz)、ローカル5G (GHz)、WiFi6では特にeスポーツ競技で運用可能と考えられます。しかしながら、負荷をかけるといずれの回線も多少の遅延が見られたため、eスポーツ競技においてゲームデータ要の単独回線が推奨されます。
エッジ配信	有線の応答速度と比較し、ローカル5G (4.7GHz)とWiFi6では大きく違いがありませんが、ローカル5G (28GHz)では揺らぎが大きく安定性に課題があります。パケットロスはいずれの回線も無負荷時、有負荷時で発生せず、エッジを用いたeスポーツ競技が可能と考えられます。
競技品質 (映像・音声)	プロによるオピニオン評価を受けましたが、概ね普段競技をされている環境と変わらない品質での競技が5Gでもできたという感想をいただきました。無線でも有線と変わらない環境で競技可能なことの証明となりますが、更に大規模多接続あるいは低遅延を要する環境での実証が望ましいと考えます。
会場の運用効率	会場運用上、機器を毎回一から組み立てられる運用は考え難く、什器等の移動はあるもののPC等は周辺機器含め組みあがったもの、ネットワークは設定済(無線機器は自動認証、有線はDHCP)として想定した。配線部分に関して時間がかかるが、WiFi6は結線不要のため最も時間がかからなかった。ローカル5GはUE以降が有線接続であるため、今回は差をつけなかったが、ローカル5Gをダイレクトに受信できる機器が商用化されれば(されたと仮定すれば)WiFi6と同様の時間短縮を見込むことが出来る。設営にかかる時間を短縮可能なことにより、設営にかかる人件費の削減、イベント稼働率の向上が見込まれ費用対効果の向上も期待できる。

4.4.2.2 高解像度映像配信システム・マルチアングル視聴システム

(1) 実証概要

e スポーツイベントを 4K/Full HD 画質での配信を行い、マルチアングル視聴機能を搭載した Android 端末にて受信、映像品質や端末操作性、ニーズ等をアンケートにより評価しました。

■ アンケート数

高解像度映像配信システム・・・81

マルチアングル視聴システム・・・5

(2) 実証結果並びに分析・考察

実証結果は以下のとおりです

表 4-33 高解像度映像配信システム・マルチアングル視聴システムにおける効果検証

実証項目	実証結果並びに分析・考察
マルチアングル配信のニーズ確認	コクゲキ観戦者のアンケート結果より、「マルチアングル配信は見応えがあると感じましたか」の問に対し、満足回答が 60%を超えていたことからマルチアングル配信は観戦者にとって見応えがあるものと言える。
4K/Full HD 画質での映像	観戦者アンケート結果より、「映像の乱れや遅延等がなくゲーム観戦ができたと感じますか」、「ゲーム観戦中の映像や音声の品質に満足していますか」の問に対し、満足回答が 60%を超えていたことから、配信映像については良好だったと言える。

4.4.2.3 ライブビューイングシステム

(1) 実証概要

e スポーツイベントをライブビューイングシステムで配信を行い、大型会場での e スポーツ実施ニーズ、別会場となる e スポーツ施設とのオンライン対戦、観戦（マルチアングル）ニーズをアンケートにより評価しました。またライブビュー会場での告知による施設誘引効果等 e スポーツによる街の賑わい創出に関して AI ビーコンにより評価いたしました。

■ アンケート数

ライブビューイングシステム・・・220

(2) 実証結果並びに分析・考察

実証結果は以下のとおりです

表 4-34 ライブビューイングシステムにおける効果検証

実証項目	実証結果並びに分析・考察
AI ビーコンにより来場者数や周遊データを評価	<p>【来館者数等データ】 ライブ会場施設である、イオンモール旭川駅前店、道の駅あさひかわ、ディノスパーク旭川での来館者数、世代比率、滞在時間を示しております。イベント未実施の 2 月 27 日（土）と比較した結果、来客数については微増。滞在時間や世代については、施設全体を通して大きな変化は見られませんでした。ディノスパークは他イベントも同時に開催していたことも影響したためか、少し数値が上がっています。このことから単独イベントではなく、他イベントとコラボ開催等での相乗効果を視野に入れることで、より集客が望めると想定できます。今回はイベント自体の告知はしていたものの、ライブビューイングについての告知をしていなかったため、集客に大きな変化はありませんでしたが、積極的な告知をしていくことにより更なる集客が見込めると考えます。</p> <p>【周遊データ】 周遊については、イベント会場と e スポーツ施設との移動手段や距離、近隣駐車場有無、また年齢層も考慮したライブビュー検討が重要です。また事前の告知も行うことにより、イベントに興味・関心がある人々の集客が見込めることから、今回はイベント告知も新聞等の媒体・SNS での告知に留まりましたが、特に若者向けの媒体を積極的に活用・工夫した事前告知を実施していくことも検討事項です。</p>
イベント来場者等へアンケートにより評価	<p>【アンケート対象：周辺施設関係者】 イベント後の売上数、来客数、滞在時間については変化がほぼ見られませんでした。 一方、客層の変化があったと回答した店舗については 10 代～20 代が増加しているため イベントにより、若者による周遊が増えたと言えます。ICT パークへの期待の声もあるため定期的なイベント開催等により、認知度を高め継続的・定期的な調査を実施することが望ましいと考え</p>

ます。

【アンケート対象：イベント観戦者】

ローカル5Gを用いて YouTube へ 4K 映像をアップロードしてのライブ配信であったが観戦者には品質が満足いくものであったことがわかります。マルチアングルについては概ね良好な回答を得たのでこれからの観戦スタイルとしての期待がもてます。ローカル5G×eスポーツイベントを知るきっかけの割合が一定していないことからイベント等の開催で互いの認知度に寄与し、様々な用途での使用ができる（特にeスポーツの他、リアルスポーツ・コンサート等）ことが考えられるので、継続してそのようなジャンルの利用についても実証していくことが望ましいと考えます。

【アンケート対象：配信施設の来場者】

ライブビュー会場について、売上、来客数、滞在時間や客層の変化等については大きな変化は見られませんでした。ローカル5Gの興味については具体的な利用シーンや活用事例がイメージできていない人々が多く、「何ができるか知りたい」という声があるため、今後のイベントを通してローカル5Gの認知度を高めていくことで街中の賑わいへの寄与が期待できます。また具体的に店舗の売り上げに関わる事例を特にローカル5Gの利用シーンとして今回の課題解決システムからもうひとつレベルを掘り下げた利用シーンを想定し実証していく必要性を感じました。

4.4.2.4 遠隔コーチングシステム

(1) 実証概要

多人数・複数画面のeスポーツコーチングによる指導効率化が図れるか並びにウェアラブル機器を用いバイタル変化を見ながらのリアルタイム指導で選手のパフォーマンス向上が測れるかをアンケートにより評価いたしました。

- アンケート数
遠隔コーチングシステム・・・4

(2) 実証結果並びに分析・考察

実証結果は以下のとおりです

表 4-35 遠隔コーチングシステムにおける効果検証

実証項目	実証結果並びに分析・考察
コーチング体験者へアンケートにより評価	<p>ローカル5Gを用いてインターネット上の多くの画面（参加者・カメラ画像）やバイタル情報等、複数の要素を同時視聴したコーチングにおいて、映像や音声の品質等については指導者・受講者ともに快適に実施できたという感想でした。コロナ過での実施ということもあり、マスクを着用していたため指導者は相手の表情がうまく読み取れないという課題が出たため、当該課題をクリアできる5G技術の検討・実証が今後望ましい。（マスク着用時でも別のバイタルサインで判断できる等、干渉しないウェアラブル機器）</p> <p>総合的には「ゲームの戦績に寄与すると感じる」また「受講してみたい」といった声が多数であった。ローカル5G通信によってタイムリー（低遅延）に脳波測定の状態を見てき戦略に役立つデータの取得が瞬時に可能なこと等が寄与している。</p>

4.5 課題解決システムに関する機能検証

4.5.1 実施概要

「4.3 課題解決システムに関する検証および評価・分析」の「4.3.1 ローカル5G eスポーツシステム」、「4.3.2 高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム」及び「4.3.3 ライブビューイングシステム」の実証を通じて、課題解決システムについて評価・分析し、実装に必要な機能について検証しました。今後の横展開や社会実装を考慮に入れた場合、特殊な機能を要求するべきではないと考え、一般的な機能や最低限必要な機能を対象としました。

また、eスポーツ競技における無線通信ネットワークについては複数の手段が考えられるため、実証中に測定・比較し、それぞれのメリット・デメリット及び課題について整理し、課題解決システムとして最適な構成を検討しました。

表 4-36 課題解決システムに関する機能検証

1. 検証目的	課題解決システムの実装について必要となる回線・機器要件の整理
2. 検証項目	・各システムにおける必要な機能の検証
3. 検証方法	・検証項目に用いる機器等の動作 ・必要シーンに応じた利用用途の検討
4. 検証日時	2021.2.15～2021.3.6
5. 対象者	・内部検証（NTT 東日本、NTTe-Sports）

4.5.2 必要な機能と検証内容/方法と検証結果

4.5.2.1 ローカル5G eスポーツシステム

表 4-37 ローカル5G eスポーツシステム

必要な機能	検証内容	検証結果
通信機能	e スポーツ競技における必要な通信性能（スループット、遅延値、ゆらぎ、パケットロス率から判定）WiFi6、キャリア5G、有線など複数回線で確認。	e スポーツ競技において、応答速度が低遅延で揺らぎの少ない通信機能が最も重要。クライアントで映像処理されるためスループットは要さない。
エッジ機能	エッジ領域にゲームサーバを設置するゲームタイトル（クラウド版）と、市販のインターネットにゲームサーバを設置するゲームタイトルとの動作比較。	エッジ領域に設置したクラウド版ゲーム（画像転送型）において、揺らぎの少ないネットワーク機能が必要。一般的なクライアントで映像処理するゲームよりも遅延の影響を受ける。

4.5.2.2 高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム、ライブビューイングシステム

表 4-38 高解像度映像配信・マルチアングル視聴システム、
ライブビューイングシステム

必要な機能	検証内容	検証結果
映像伝送機能	<ul style="list-style-type: none"> ・4K 画質相当の映像伝送機能および遅延影響 ・配信機器（エンコーダ・デコーダ）の遅延値測定 	映像の解像度が高いと映像伝送遅延が発生。4K 配信対応の専用機と FullHD 対応の汎用機では能力もコストも異なる。利用用途に合わせた機能選定が必要。
配信機能	<ul style="list-style-type: none"> ・配信プラットフォーム選定における要件・コスト ・配信プラットフォーム運営会社にヒアリング 	YouTube 等の配信プラットフォームは急な仕様変更がある（マルチアングル機能の廃止等）。4K 配信対応のプラットフォームは高額なため共有化等の取組みが必要。
視聴機能	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチアングル視聴端末の開発、設定、動作 ・実機を用いて、実イベント内で配布、アンケート調査 	YouTube 利用において、サーバ負荷制約の観点から1秒間に10回という配信動画切り替え制限がある。アカウント取得数、操作制限を附帯するなどの仕組みが必要。

4.5.2.3 遠隔コーチングシステム

表 4-39 遠隔コーチングシステム

必要な機能	検証内容	検証結果
通信機能	・遠隔からのコーチングにおける映像品質・音質等 ・受講者からのアンケートで機能性確認	使用する会議システムによるが（今回はユニキャン=CiscoWebex）、リアルタイム性が重要なため、低遅延なシステムを推奨。
付加価値	・バイタル計測機器の活用 ・受講者からのアンケートで機能性確認	バイタル計測機器がヘッドセット等と干渉しない工夫が必要（受講側がイヤホンに変更する等）

4.5.3 考察

6.4.3.2 ローカル5G eスポーツシステム

(1) 必要通信機能

クライアント/サーバ型を採用した一般的なゲームタイトルでは、映像をクライアントで処理しています。そのためプレイヤーの操作等の制御データのみ通信帯域を利用し、高いスループットは不要ですが、速い応答速度、少ない揺らぎ及び少ないパケットロスといった通信機能は必要です。

ローカル5Gは応答速度が高速であるため、eスポーツ競技に適しています。しかし、ローカル5G（28GHz）は応答速度の揺らぎの安定性に課題があるため、より安定しているローカル5G（4.7GHz）を利用する等、利用用途によって使い分ける必要があると考えます。

(2) エッジ機能

エッジを利用したクラウド版ゲームのプレイにあたって、インターネットを経由しないため、一般的なインターネットを経由するゲームタイトルよりも応答速度に優位性があり、eスポーツ競技としては有効であると考えられます。

また、クラウド版ゲームは映像伝送型であり高いスループットも必要であるため、ローカル5Gの利用は適していると考えられます。

6.4.3.2 高画質配信・マルチアングル視聴システム、ライブビューイングシステム

(1) 映像伝送機能

映像伝送において、高いスループットと低遅延性が必要となります。YouTube 等への配信の場合は、YouTube 側でバッファとして遅延が 10 数秒必ず発生するため対処不可能です。

リアルタイムなライブビューイングや拠点間伝送の場合は、映像エンコード・デコードが超低遅延な専用機を利用することが望ましいです。しかし、伝送する映像の解像度が高く、伝送機器の処理能力が低い場合には処理遅延が発生するため、コストの関係から利用用途に合わせた機器選定が必要と考えます。

(2) 配信機能

YouTube 等の配信プラットフォームを利用する場合、配信要件や機能が急遽変更や廃止になる可能性があります。

利用用途によっては、カスタマイズ可能な有料の配信プラットフォームを利用することも選択肢の一つですが、4K 画質対応の配信プラットフォームが高額となる場合が多いため、システムの共有化などの取組みが必要と考えます。

(3) 視聴機能

YouTube 利用においては、サーバ負荷制約の観点から、映像の同時切換え数に制限があるため注意が必要です。特にマルチアングル視聴システムとしては、複数の映像（チャンネル）を切り替えて視聴する利用方法となるため、アカウント取得数、操作制限を付帯するなどの仕組みが必要と考えます。

6.4.3.2 遠隔コーチングシステム

(1) 必要通信機能

遠隔コーチングにおいて、会議システム（CiscoWebexMeeting）を利用し映像を伝送するため、ローカル5Gなどの低遅延で高いスループットの回線の利用が必要と考えます。

(2) 付加価値

遠隔コーチングにおいて、会議システムを用いてプレイ映像やプレイヤー本人の映像を見てコーチングを行いますが、脳活動量計を利用し脳活動量グラフから緊張度といった情報も利用してコーチングすることは、付加価値の観点から有効と考えます。

また、脳活動量計がヘッドセットタイプのため、スピーカー等のヘッドセットと干渉しないように、イヤホンを利用する等の工夫が必要と考えます。

4.6 課題解決システムに関する運用検証

4.6.1 実施概要

e スポーツ施設の運営状況等を踏まえ、あらかじめ実運用を想定して運用作業の洗い出しを行い、運用検証を実施しました。また実証を通じて、運用面に関する課題の抽出・解決策の検討を行うとともに、今後、e スポーツ施設の運営者がローカル5Gを導入するにあたって必要となる運用規定や安全対策等を検討しました。

ローカル5G等無線環境下での通信品質（伝送速度・遅延時間等）の実績位置を踏まえた協議品質に資する推奨値や条件（Ping 値等）、機器や端末の設置や接続の方法等に関して、e スポーツを実施する際の推奨環境として取りまとめ、検討に当たっては、他のe スポーツ施設や他地域への普及も踏まえ、できるだけ多くの地域で活用可能な運用を検討しました。

運用検証における具体的な検証項目や検証方法等の詳細は以下のとおりです。

表 4-40 課題解決システムに関する運用検証

1. 検証目的	・ローカル5G等無線環境下での e スポーツを実施する際の運用環境の整理
2. 検証項目	・競技品質 ・機器や端末の設置・接続方法 ・ローカル5Gの運用 ・基地局・機器等設備の盗難対策 ・情報セキュリティ対策 ・e スポーツ施設のセキュリティ対策 ・衛生対策（感染症対策）
3. 検証方法	実証を通じた運用面に関する課題の抽出・解決策の検討
4. 検証日時	2021.2.15～2021.3.6
5. 対象者	本コンソーシアムメンバー

4.6.2 競技品質

ローカル5Gが導入されたeスポーツ施設における、運営者が実施すべき競技品質の推奨値や条件の整備について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) 有線

eスポーツ競技にあたっては、通信品質の検証の結果、有線が無線に比べ応答速度が速く応答速度の揺らぎも小さく最もeスポーツ競技に適していると考えます。

(2) 無線（ローカル5G・キャリア5G・WiFi6）

eスポーツ競技にあたっては、通信品質の検証の結果、キャリア5G、WiFi6と比較しローカル5Gが応答速度の面で優れていました。ローカル5Gはeスポーツ競技の利用回線として適していると考えます。

(3) eスポーツ選手の使用感

eスポーツ競技にあたっては、オピニオン評価としてeスポーツ選手による回線別使用感のアンケート調査の結果、有線とローカル5Gの体感差は無いという評価でした。また、スマートフォンによるゲームプレイについては、WiFi6が4G（LTE）よりも優れていて、キャリア5Gについては映像が乱れたりする等、やや競技進行に影響があったという評価でした。

WiFi6は「4.3 課題解決システムに関する実証および評価・分析」の結果からも、ローカル5Gと同等かそれに次ぐ通信品質となっているため、ゲーミング端末がスマートフォン等のモバイル端末でeスポーツ競技を行う場合は、WiFi6が推奨される考えます。

4.6.3 機器や端末の設置・接続方法

ローカル5Gが導入されたeスポーツ施設における、運営者が実施すべきeスポーツ関連の機器や端末の設置・接続方法について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) 作業項目の洗い出し

eスポーツ施設におけるローカル5G機器の作業項目としては、電波を受信するUE (User Equipment) の設置・接続・取り外しが主な項目となります。UEの形状は一般的なモバイルルータと同様で小型の可搬型であるため、取り扱いは容易と考えます。

(2) 複数のレイアウト案で検証

eスポーツ施設におけるローカル5Gを用いたレイアウトの違いによる設営時間の検証を行いました。

ローカル5Gの受信機(UE)のゲーミングPCとのインターフェースとしてLANケーブルを採用しているため、基本的には有線との時間的な違いはありませんでした。しかし、ネットワークにおける利用する端末IPアドレスの設定に違い(固定かDHCPか)がある場合、ゲーミングPC上においてNW設定が伴う可能性もあるため、eスポーツ施設のネットワークの環境の違いから、有線からローカル5Gに切り替える際に時間が掛かるといったことが想定されます。

ローカル5Gの運用が継続的に行われる状況であれば、回線切り替え時間の観点から、ゲーミングPCとUEを接続したままUEをゲーミングPCラックに据え付けたままにしておく、という運用方法が推奨されると考えます。

4.6.4 ローカル5Gの運用

ローカル5Gが導入されたeスポーツ施設における、運営者が実施すべきローカル5Gの運用項目について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) ローカル5G免許取得・更新

ローカル5Gの運用にあたっては、他事業者との干渉調整を行ったうえで所管する地域の総合通信局に免許申請を行い、免許の交付を受ける必要がある。交付後5年を超えて運用する場合には有効期限内に再免許申請を行う必要があると考えます。

(2) 免許保持者が実施すべきローカル5G設備等に関する事項（設備の移動、電源管理等）

ローカル5Gの運用にあたっては、5年ごとの総合通信局または登録点検事業者の検査を受ける必要がある。検査に際しては当該無線局に選任されている無線従事者等の立ち合いが必要であり、また無線設備の操作を行う場合には当該無線局に選任されている無線従事者が操作を行う必要があると考えます。

(3) 利用者への注意喚起

ローカル5Gの運用にあたっては、ローカル5Gは利用状況にあわせチューニングが可能ではありますが、ローカル5Gの基地局等は専門知識や無線従事者による操作が必要であるため、保守業者等へ事前に連絡・調整することが必要と考えます。

4.6.5 基地局・機器等設備の盗難対策

ローカル5Gが導入されたeスポーツ施設における、運営者が実施すべきローカル5G基地局・機器等整備の盗難対策について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) ローカル5G、LTE基地局、キャリア5G設置方法（壁面固定等）

ローカル5Gの基地局は電波のエリアカバレッジの関係から、一般的に高所に設置されるため、低所に設置されている機器に対し盗難の恐れは少ないですが、盗難対策の観点から、壁面への固定や施設の施錠を確実に実施することが重要であると考えます。

図 4-72 ローカル5G、LTE基地局、キャリア5Gの壁面等固定状況



※架台ポール設置はキャリア5G基地局

図 4-73 e スポーツ施設の扉の施錠 (フランス落とし)

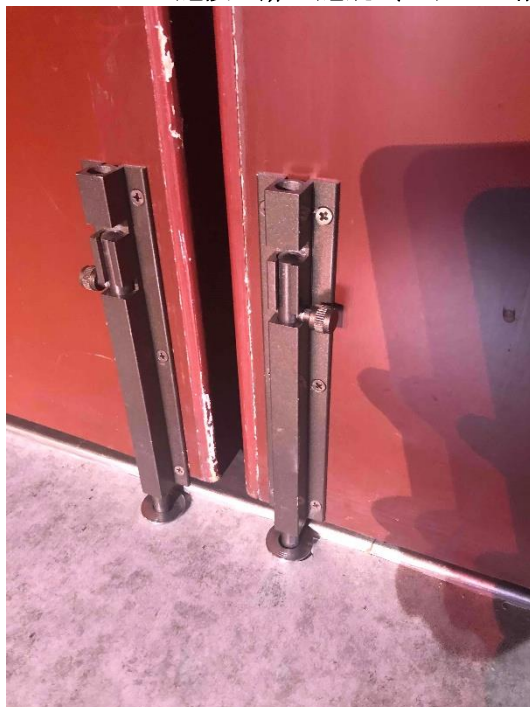


図 4-74 e スポーツ施設の扉の施錠 (鍵)



(2) サーバ等機器設置ラックの施錠

ネットワーク機器、サーバ等のケーブル接続及び設定が変更されると、通信不可となりeスポーツ競技の進行の妨げになることから、施錠可能な収容ラックを用いて、営業時間内は常時施錠しておく運用が必要であると考えます。

図 4-75 ネットワーク・サーバ等機器の収容ラック（鍵付き）



(3) ルータ、サーバ等機器設置場所の施錠

ネットワーク機器、サーバ等のケーブル接続及び設定が変更されると、通信不可となりeスポーツ競技の進行の妨げになることから、ネットワーク機器、サーバ等は施錠可能なマシンルームに設置することが必要であると考えます。

また、施設の実態上マシンルームが無い場合には、バックヤード等人目に付かない場所に設置し、サーバ等収容ラックは常時施錠しておくことが盗難防止につながると考えます。

(4) 施設内機器（ゲーム端末等）の利用者管理

eスポーツ施設において、施設内機器（ゲーム端末等）は不特定多数に利用されるため、ゲーム端末を含む周辺機器について入退室前後における数量確認が重要と考えます。

4.6.6 情報セキュリティ対策

ローカル5Gが導入された e スポーツ施設における、運営者が実施すべき情報セキュリティ対策について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) 利用者への情報セキュリティ教育の徹底

e スポーツ施設の利用者に対し、受付時に情報セキュリティについて記載した「施設利用規約」等の様式への署名や、「施設利用ガイド」等の資料で理解してもらう等の運用が望ましいと考えます。

(2) ローカル5G電波の第三者による利用制限

ローカル5Gでは電波を送受信する UE により、DNN (Data Network Name) を使用してネットワークを識別します。DNN が利用者へ漏れないように、UE 自体で操作ロック機能を有効にする必要があると考えます。

(3) 紙の資料や電子記録媒体の持ち込み対策

利用者が持ち込んだ紙の資料や電子記録媒体は、紛失やウイルス感染等の要因となることから、利用者向けの鍵付き保管 BOX の利用や、スタンドアロンで利用できるウイルス検査用の端末における検査の結果で利用許可を出す等の運用が必要と考えます。

(4) 端末へのウイルス対策ソフトの導入

e スポーツ施設利用者が持ち込んだ USB メモリやスマートフォン等の外部ストレージからウイルスが侵入しても、ネットワーク全体に影響が及ばないように、ウイルスを検知・駆除するためのウイルス対策ソフトをゲーミング PC 等の端末にインストールすることが必要と考えます。

(5) 端末への環境復元ソフトの導入

e スポーツ競技の特性上、利用者が持ち込んだデバイスのための設定をゲーミング PC 上で行う場合があり、その設定箇所は利用者しか把握していないことがあります。さらにウイルスに感染した場合でも、ゲーミング PC を再起動することにより短時間で環境を復元できる、環境復元ソフトの導入が望ましいと考えます。

4.6.7 e スポーツ施設のセキュリティ対策

ローカル5Gが導入された e スポーツ施設における、運営者が実施すべき施設のセキュリティ対策について、実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

(1) e スポーツ施設の入館管理

e スポーツ施設において、不審者の侵入による盗難対策や破壊行為等を防止するために、イベント等での利用時以外は、施錠し鍵管理することが必要不可欠と考えます。

(2) e スポーツ施設の利用者管理

e スポーツ施設において、不特定多数の利用者が入館するため、身分証の提示を含めた入館管理システム等を導入し管理することが利用者の安全の確保につながると考えます。

4.6.8 衛生対策（感染症対策）

ローカル5Gが導入されたeスポーツ施設における、運営者が実施すべき衛生対策（感染症対策）について実運用を想定して検証し、課題の抽出・解決策の検討を行いました。

特に、eスポーツ施設特有の集客性に配慮した運用を想定しています。

(1) 入館者へのマスク着用・検温・問診チェックの実施

eスポーツ施設において、会場の盛り上がりによる声援や、選手、観客同士のコミュニケーションが活発になります。感染症予防のために、マスク着用・検温・問診チェック等の実施が必要と考えられます。

図 4-76 感染防止対策の様子（検温）



(2) 共用スペース及び施設内機器（ゲーム端末等）の消毒

eスポーツ競技において、1つのキーボードやコントローラを不特定多数が利用することがありますが、感染症予防のため、プレイヤーの交代ごとにアルコール等で消毒することが必要と考えられます。

(3) 対面席への飛沫防止パネルの設置

e スポーツ競技において、競技内容によって対面レイアウトにする場合があります。感染症予防のため、飛沫防止パネルの設置が必要と考えられます。

図 4-77 感染防止対策の例（受付・飛沫防止パーティション）



(4) 新型コロナウイルス接触確認アプリ「COCOA」のインストール依頼

本実証期間中は COCOA の動作不具合の情報が広くニュースとして流れていたため、積極的なインストールの依頼はしませんでした。不具合が解消された場合は入館時に依頼することが望ましいと考えます。

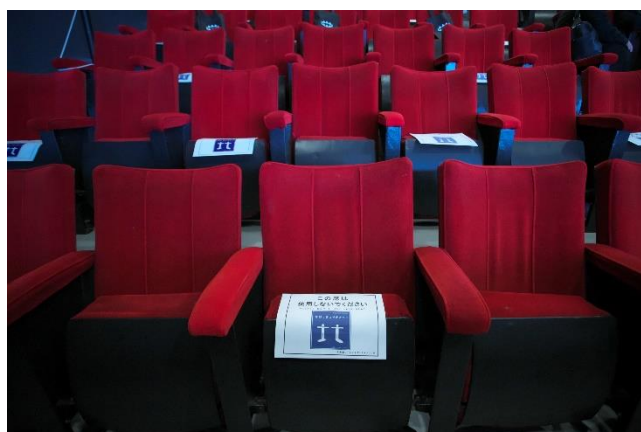
(5) 密回避対策（ソーシャルディスタンス・換気等）

来場者の受付前の待機スペースや観客席では、密集・密接し感染症リスクが高まるため、ソーシャルディスタンスを確保できる空間を確保することと、会場内の換気のため一定時間間隔で窓や扉の開放が必要と考えます。

図 4-78 感染防止対策の様子（受付・ソーシャルディスタンスマーク）



図 4-79 感染防止対策の様子（客席・ソーシャルディスタンスマーク）



4.7 独自提案

4.7.1 実施概要

アフターコロナ時代における施設の窓口業務の非接触化に向け遠隔操作型分身ロボット OriHime（オリヒメ）の有用性の実証を行いました。

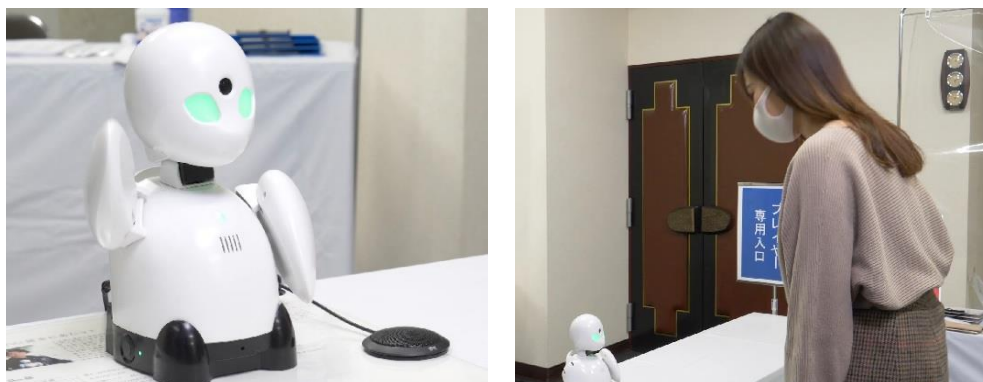
実証内容は、以下の表のとおりです。

以下の図に示すとおり e スポーツ施設のイベント時に OriHime（オリヒメ）を施設入り口に設置し、操作パイロット1名がタブレットを使用し操作しました。

表 4-41 独自提案に関する実証

1. 実証項目	<ul style="list-style-type: none">・ローカル5G環境における- 円滑なコミュニケーション可否- 来館者等への会話のリアルタイム性
2. 実証方法	・内部実証及びeスポーツ施設におけるイベント時の実運用
3. 実証日時	2021.3.6
4. 対象者	本コンソーシアムメンバー、来客者

図 4-80 OriHime 実証場面



4.7.2 考察

ローカル5G環境において、操作パイロットと来客者との円滑なコミュニケーションは実施できました。複数人が一度に来館された場合や、会場への入館制限等の際にリアルタイムに来客者へ指示を伝えられるか（あるいは検温依頼等）の実証のために複数台おいた場合の実証も必要と考えられます。また例えば会話だけでなく、施錠管理システム等と連動し、違反者がいた場合にドアを施錠し入館制限を行う、急病人がいる場合にドア開放連動する等のインタフェースの開発等も視野に入れるのも今後の課題です。

表 4-42 独自提案実証結果

実証項目	実証結果	課題	解決策
ローカル5G環境における円滑なコミュニケーションの可否	可能。音声途切れることなく利用できた。WiFi接続(802.11n)も行ったが、特にローカル5Gとの違いは感じられなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・イベント施設では人の声や音楽の音量が比較的大きいため、操作端末のマイクに雑音が入り、聞き手側で聞き取りづらい。 ・操作端末から発せられる音が聞き取りづらい 	操作端末側では指向性マイクや遮音性が高いカナル型イヤホン等を利用することで、聞き手側に雑音が入りにくくなり、操作者は相手の声が聞き取りやすくなる。
ローカル5G環境における可能となる案内業務等の内容	無線や低遅延を活かした可動式ロボット等、状況変化に対する即時性が求められるシーン（入室を止める指示等）でローカル5Gが有効と考えられる。	現状のローカル5Gでは応答速度の最小値（応答速度が速い）について優位性はあるものの、応答速度の揺らぎが有線と比較し大きいため、安定性について課題が残る。	低遅延性を求められる通信の使用については、固定式ロボットは有線、可動式ロボットはローカル5G(4.7GHz)もしくはWiFi6を利用する等、利用用途によって通信方式を選択する。

4.8 まとめ

4.8.1 分析と考察

現状の e スポーツ競技では、ゲームソフトウェアが使用する帯域は少なく、e スポーツ競技に影響するのは回線及びネットワーク遅延です。

ローカル 5 G は帯域面では十分な性能を有しているため、安定性の向上により、更なる無線環境下での e スポーツ競技・イベントを牽引できると考えます。なお、e スポーツ競技ではゲーム画面の高精細画像等を高価なゲーミング PC 上でレンダリングしておりますが、世の中がクラウド時代になっている情勢を踏まえると、今後、競技者に高価な機器購入を前提とするとなく、大容量帯域でのクラウド型ゲームの登場も期待でき、その時に高速大容量低遅延と街に根差したローカル 5 G の必要性が更に増すと考えます。

一方、遠隔地との対戦においても現状はゲームサーバがインターネットにあるため、各拠点がインターネット上でマッチングする等の形態が多くなっています。

ローカル 5 G の能力を最大限発揮するためにはエッジ環境での e スポーツ競技・コンテンツの開発・推進も肝要と考えます。

ローカル 5 G を活用した遠隔講師・複数人生徒でもリアルタイムで遅延の無い映像配信によるコーチングを実現し、受講者の競技スキルと満足度向上につなげることができました。

なお、本実証におけるイベント時のレイアウト変更は、ローカル 5 G の電波を直接受信できる e スポーツ用機器が無かったため、無線環境としてのメリットを享受しきれませんでした。ローカル 5 G 対応 e スポーツ用機器が商用化されれば、多接続の特徴を活かし無線環境の柔軟性を発揮できると考えます。

本実証では、実証地域における若者の流出及び地域経済の低迷の解決に向け、無線環境下での e スポーツ等のイベントの実施について技術的観点や e スポーツイベントの開催等によるユースケースを通じローカル 5 G の利活用について実証しました。

4.8.2 KPI 達成率

本実証の実証期間である令和2年度及び、その次年度にあたる令和3年度までの間に、実証場所におけるeスポーツ大会の開催回数、参加者数、観客者数をKPIに設定していました。コロナ禍での影響が大きく影響し、市民感情も含め競技施設の一般開放も延期を余儀なくされたこと、イベントごとに参加者数の設定は限定的(トーナメント等)になる場合があり、KPIの達成はなりませんでしたが、本実証ならびに本実証を通じた各種のイベント等の取り組みは、今後のeスポーツ分野におけるローカル5Gの活用に資する大きな第一歩であったと考えます。

表 4-43 令和2年度 KPI に対する実績

	目標	実績	達成率
大会回数	5回	3回	60%
参加者数*	250名	OP イベント：3名 一般イベント：63名 定期イベント：8名 計：74名	30%
観客者数*	250名	OP イベント：3名 一般イベント：81名 定期イベント：20名	41%

*一般参加者のみ関係者除く

5. ローカル 5 G の性能評価の技術実証

5.1 前提条件

本章では、ローカル 5 G に関する技術的課題について検証した内容を報告致します。

本実証では、4.7GHz 帯・SA 構成及び 28GHz 帯・NSA 構成の機器を用いてローカル 5 G の技術的課題について検証しました。

一般的な e スポーツの会場及び環境として下記のように定義し、本実証地域以外の地域での利用においても有益な成果が得られるように考慮しました。

- ・e スポーツを実施する施設としては一般的に屋内空間となります。これはゲーミング PC 等の精密機器が屋外の利用に弱いこと等が理由として挙げられます。

- ・本実証で使用する施設はステージと客席に分かれた構造になっており、同様の劇場型施設を活用した e スポーツイベントにおいて、本実証の結果は横展開が可能と想定しております。

- ・e スポーツイベントにおいて、ステージ上に競技者がいます。また、e スポーツ競技に用いるモニタ等を設置するために必要な机があります。これらは、無線区間の遮蔽物になることが想定されます。

本実証にて構築したローカル 5 G 機器は、以下の要件を満たすものを選定しました。

- ・ITU 及び 3GPP における 5 G の標準化に関する検討状況並びに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におけるローカル 5 G に関する検討状況を踏まえ実施しました。具体的には、SA 構成については 3GPP Release15 で定義されている 5GC アーキテクチャに基づくものを選定しました。

- ・既存の無線システムに影響を与えないよう検証を行いました。具体的には 1 章 5 節「免許申請の概要」に示すとおり、免許申請の過程において干渉調整を実施し、各既存の無線システムへの影響が無いことを事前に合意のうえで実証を行いました。

- ・測定機器類、測定環境等については請負者で準備しました。

(1) ユースケースに基づく性能要件の基本的な考え方（詳細は以降の各項目で記載）

対象とするユースケースとしては、1 章 2 節で定義した「【実証 1】無線環境下での e スポーツイベントの実現」となります。e スポーツ競技では、競技の様子を高精細映像で配信しつつ、ゲーム機器から制御信号を低遅延で送信する必要があるため、ローカル 5 G の通信要件として、高速大容量かつ低遅延であることが求められています。

そこで、e スポーツ競技施設において、4.7GHz 帯及び 28GHz 帯を用いたローカル 5 G における受信電力を測定することで電波伝搬特性の解明を実施しました。また、同周波数帯を用いた e スポーツ競技やイベントに用いる通信を想定した通信性能評価を行うことで、類似の環境におけるローカル 5 G 導入の一助となるよう各種データを明らかにしました。詳細な性能要件については、次項以降に記載しています。

(2) 実証環境

ローカル 5 G の実証環境（共通）は下記のとおりです。実証別に異なる項目は別途記載しました。

表 5-1 実証環境（共通）

項目	条件
ネットワーク ・システム構成	課題実証におけるシステムと同様のシステムを利用しました。
設置環境 (床からのアンテナ高、装置の設置場所等)	<p>【旭川】</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル 5 G (4.7GHz 帯) ステージ上： 3.97m 観客席後方： 6.91m (基準面高)、2.6m (床上高) ローカル 5 G (28GHz 帯)：3.28m (h_BS) キャリア 5 G：3.717m (h_BS) <p>【秋葉原】</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル 5 G (4.7GHz 帯)：2.91m (h_BS) ローカル 5 G (28GHz 帯)：2.63m (h_BS) キャリア 5 G：3.22m (h_BS)
測定ツール	<ul style="list-style-type: none"> 受信電力：エリアテスタ アンリツ社製 ML8780A 伝送速度：iperf2 遅延時間：ExPing
試験環境構成・試験区間	<ul style="list-style-type: none"> 受信電力：測定器で受信した RSRP 値。 伝送速度：測定する区間の両端 PC 間で、iperf2 にて測定したスループット 遅延時間：測定する区間の両端機器間で、ExPing にて測定した RTT 値
環境条件	・基地局と UE 間は人体遮蔽のない状態で測定しました。
特記事項	・5.4.2(4)に記載のとおり機器起因と思われる不具合がありましたが、5.2.4 以外の技術実証には影響がないことを確認しました。

図 5-1 ローカル 5Gシステム ネットワーク構成図

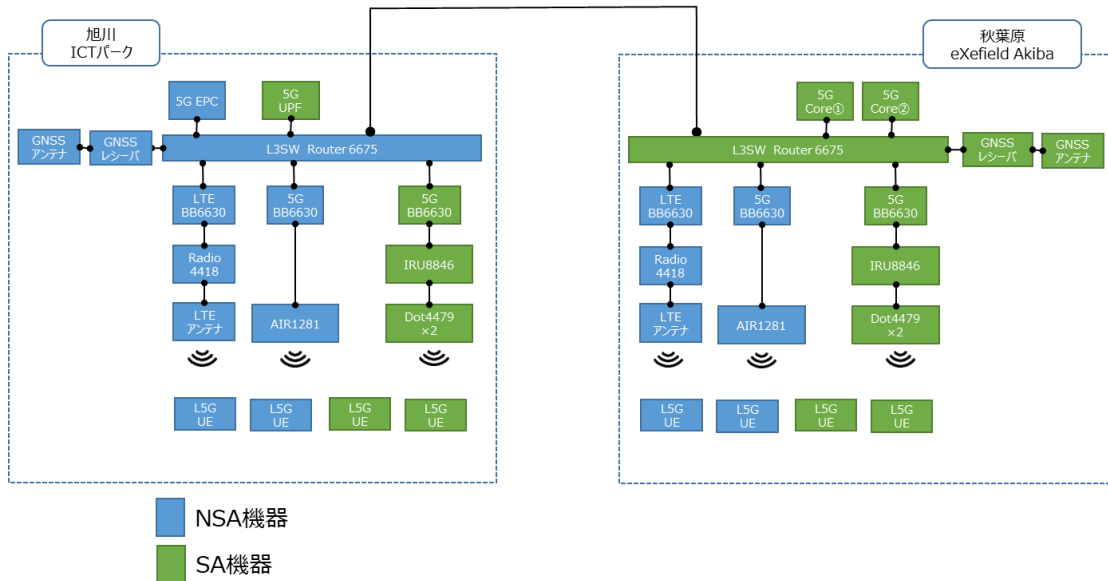


図 5-2 旭川 アンテナ配置図及び諸元

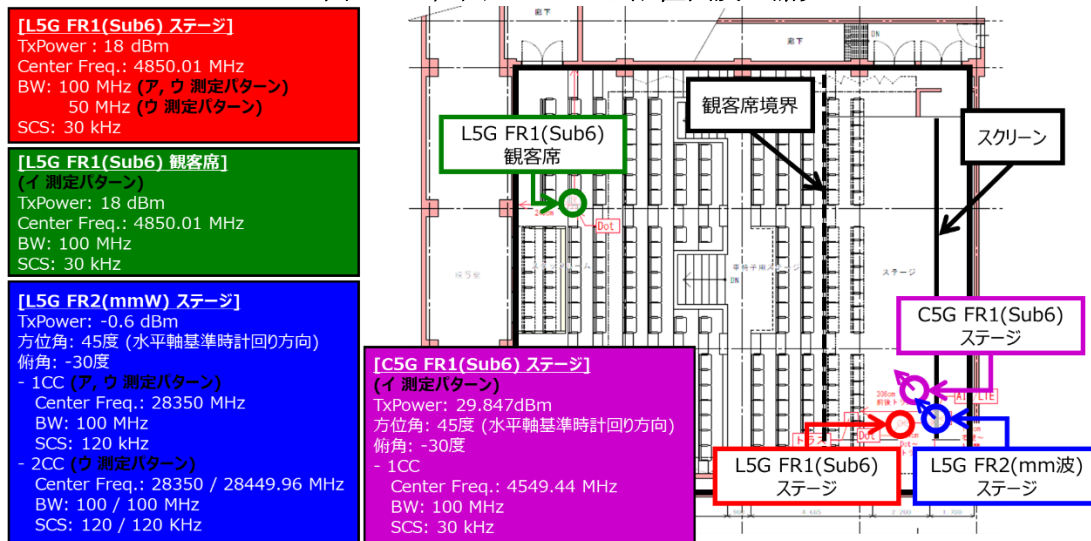


図 5-3 旭川 アンテナ配置図 (横)

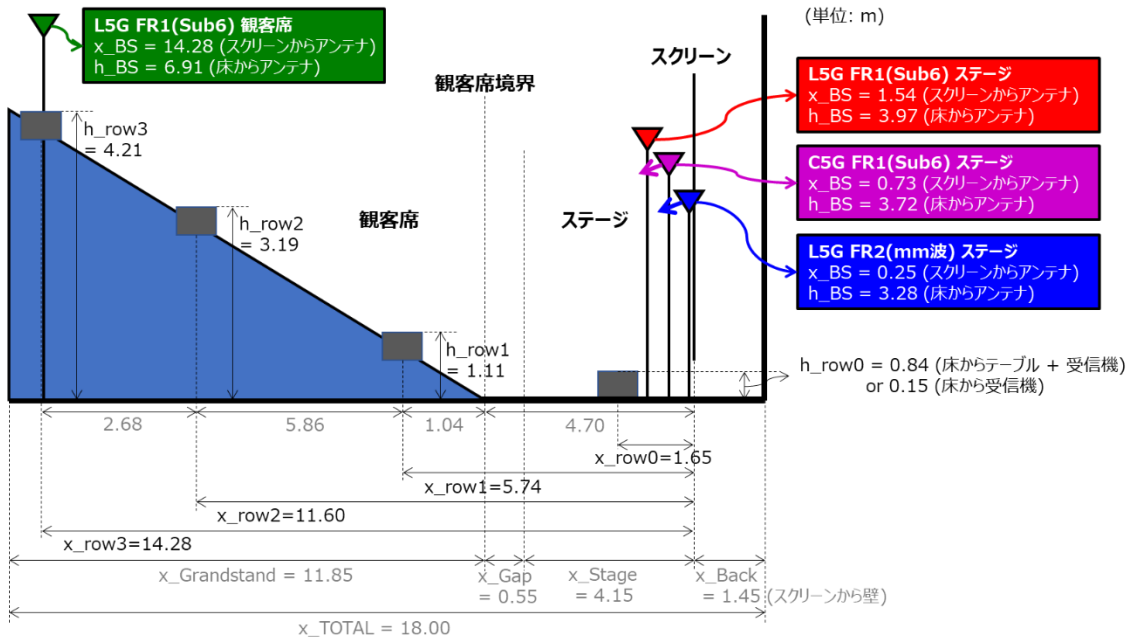


図 5-4 旭川 ステージ上アンテナ設置状況



図 5-5 旭川 ステージ上アンテナ設置状況



図 5-6 アンリツ社エリアテスタ ML8780A Area Tester



図 5-7 測定機仕様 (4.7GHz 帯)

5G NR TDD sub-6GHz測定ユニット MU878070A 規格



◆ 測定種別

➢ 5G NR TDD Sub-6GHz基地局測定

- 測定対象： SSS (Secondary Synchronization Signal)
DMRS for PBCH (Demodulation Reference Signal)
- Cyclic Prefix： Normal
- 測定項目： SS-RSRP, SS-RSRQ, SS-SIR, Transmission Power, RSSI
DMRS-RSRP, DMRS-SIR, フレームタイミング
- 測定PCI数： 最大40 (PCI: Physical Cell Identifier)
- チャンネル帯域幅： 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 MHz
- サンプリング時間： 1周波数測定 $N \times SS$ 周期 例：SS周期 = 5 ms、PCI数 = 1の場合、20 ms
例：SS周期 = 20 ms、PCI数 = 1の場合、40 ms
2周波数以上測定 1周波数あたり $N \times SS$ 周期 + 20 ms
例：周波数1：SS周期 = 20 ms、PCI数 = 3
周波数2：SS周期 = 20 ms、PCI数 = 5の場合、140 ms
- *SS周期が10ms以上の場合、Nは2以上の整数で $N \times PCI$ 数 $\times 10$ ms/SSを満たす値があり、測定周波数ごとに異なる。
SS周期が5msの場合の最短測定時間は、SS周期が10msのときの最短測定時間と同じ。
- その他の測定： RS遅延プロファイル

➢ CW

- 周波数： ライセンスされている周波数から1周波数 (0.01 MHz単位)、BW : 15 kHz
- サンプリング時間： 10 ms

➢ スペクトラムモニタ

- 周波数： ライセンスされている周波数から中心周波数を設定
- スパン： 100, 200, 400 MHz, Full
- ※Full: 中心周波数が属する周波数帯域(3.7, 4.5 GHz)全体の測定

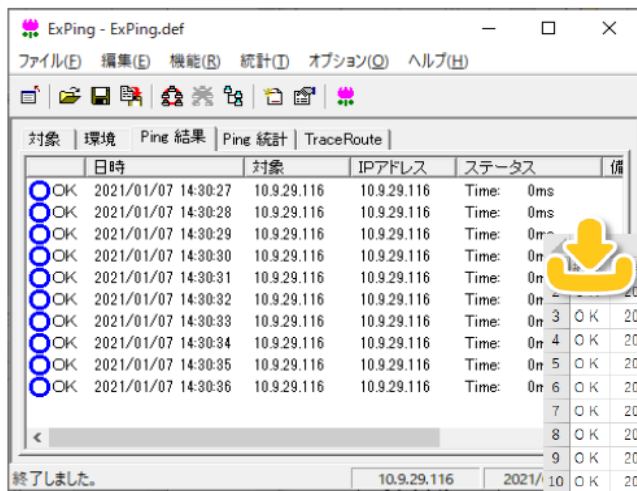
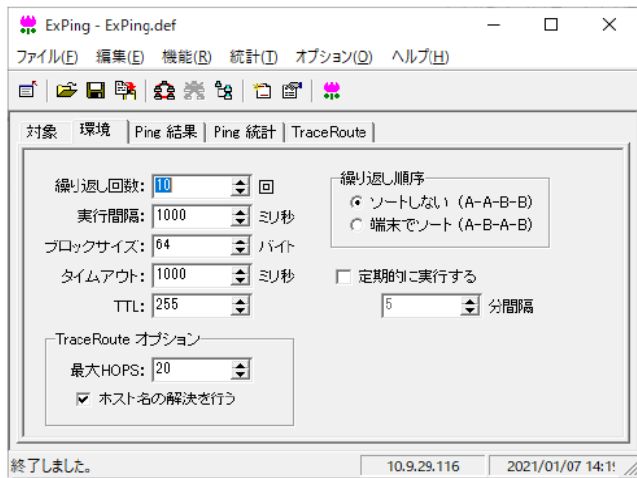
◆ 消費電力

9W以下 (MU878070A 1台あたり, ML8780A/81A は含まず)

図 5-8 測定機仕様 (28GHz 帯)

5G NR TDD mmWave測定ユニット MU878080A 規格	
◆ 測定種別	
➤ 5G NR TDD mmWave基地局測定	
測定対象：	SSS (Secondary Synchronization Signal) DMRS for PBCH (Demodulation Reference Signal)
Cyclic Prefix：	Normal
測定項目：	SS-RSRP, SS-RSRQ, SS-SIR, Transmission Power, RSSI DMRS-RSRP, DMRS-SIR, フレームタイミング
測定PCI数：	最大40 (PCI: Physical Cell Identifier)
チャンネル帯域幅：	50, 100, 200, 400 MHz
サンプリング時間：	1周波数測定 $N \times SS$ 周期 例: SS周期 = 5 ms、PCI数 = 1の場合、20 ms 例: SS周期 = 20 ms、PCI数 = 1の場合、40 ms 2周波数以上測定 1周波数あたり $N \times SS$ 周期 + 20 ms 例: 周波数1: SS周期 = 20 ms、PCI数 = 3 周波数2: SS周期 = 20 ms、PCI数 = 5の場合、140 ms
	*SS周期が10ms以上の場合、Nは2以上の整数で $N \geq PCI \text{数} \times 10 \text{ ms} / SS$ を満たす値であり、測定周波数ごとに異なる。 SS周期が5msの場合の最短測定時間は、SS周期が10 msのときの最短測定時間と同じ。
その他の測定：	RS遅延プロファイル
➤ CW	
周波数：	ライセンスされている周波数から1周波数 (0.01 MHz単位)、BW : 60 kHz
サンプリング時間：	10 ms
➤ スペクトラムモニタ	
周波数：	ライセンスされている周波数から中心周波数を設定
スパン：	400, 800, 1600 MHz, および Full ※Full: 中心周波数が属する周波数帯域(28 GHz)全体の測定
◆ 消費電力	11W以下 (MU878080A 1台あたり、ML8780A/81A は含まず)
Anritsu envision:ensure	
※詳細規格についてはカタログを参照してください	

図 5-9 ExPing 画面

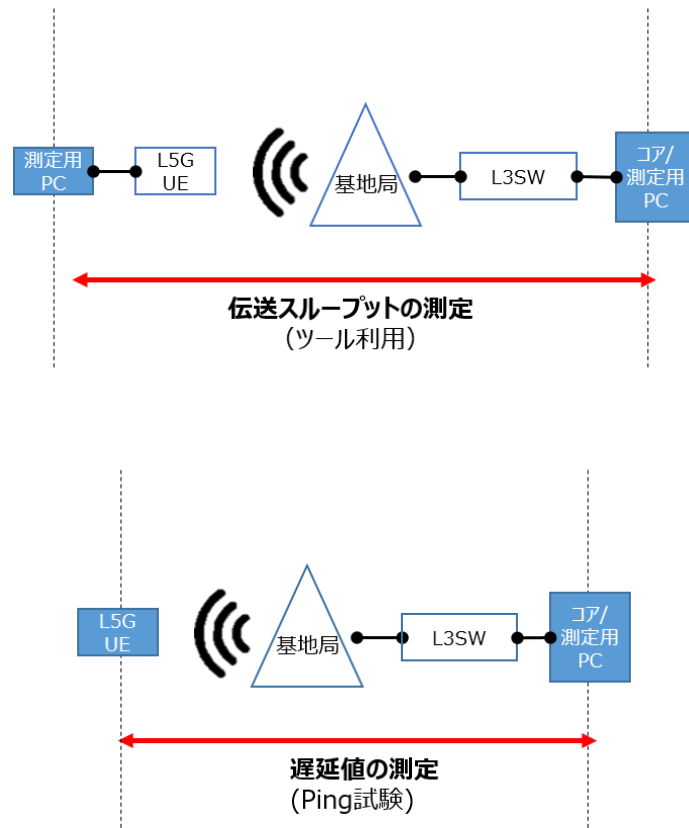


Log(CSV)



	B	C	D	E	F
	対象	IPアドレス	ステータス	備考	
1	2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
2	2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
3	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
4	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
5	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
6	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
7	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
8	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
9	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
10	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	
11	OK 2021/1/7 14:30	10.9.29.116	10.9.29.116	Time: 0ms	

図 5-10 無線区間における通信性能の測定区間 模式図



(3) 基本的な諸元

今回構築したローカル5Gの基本的な諸元(共通)は下記のとおりです。各実証の内容に応じて、個別に変更する項目がある場合は各項にて別途記載しました。

表 5-2 機器諸元表(共通)

項目	条件
使用周波数帯 (4.7GHz帯、28GHz帯)	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G(4.7GHz帯) : 4.8GHz-4.9GHz(100MHz幅) ・ローカル5G(28GHz帯) : 28.3GHz-28.4GHz(100MHz幅) ・キャリア5G : 4.5-4.6GHz(100MHz幅)
屋内外環境	屋内
遮蔽物・反射物の概要(静止・移動、素材等)	基地局と端末間は見通し内、静止状態(遮蔽ありパターン除く)
端末の台数、静止・移動環境	<ul style="list-style-type: none"> ・特記を除き1台利用 ・静止状態
基地局数(ローカル5G間、キャリア5G間共用条件の前提等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G(4.7GHz帯) : 2局/1拠点 ・ローカル5G(28GHz帯) : 1局/1拠点 ・キャリア5G : 1局/1拠点
同期・非同期運用	同期運用
DL : UL比率	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G(4.7GHz帯) : 13 : 4 ・ローカル5G(28GHz帯) : 4 : 1
SA/NSA構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G(4.7GHz帯) : SA構成 ・ローカル5G(28GHz帯) : NSA構成

送信電力の設定根拠（実験エリアをカバーするための回線設計）については、下記のとおりです。記載事項については免許申請時の原文のまま記載となります

【4.7GHz 帯】

（※免許申請時、「4.8GHz 帯」と記載しており下記原文のまま記載となります）

本実験では 4.8GHz 帯において、アクセス区間を 40m 圏内と想定しました。自由空間の伝搬損失推定式を用いて計算した伝搬ロスは約 94.9dB となります。

※計算パラメータは今回希望している最高周波数 4.9GHz を用いました。

表 5-3 送信電力の設定根拠（4.7GHz 帯）

項目	設定根拠
下りリンク	移動局の受信感度-90dBm、送信アンテナ利得 4dBi、受信アンテナ利得 2.4dBi、ケーブル損失 2dB であり、遮蔽物その他損失の合計を約 15dB とすると、基地局の所要電力は約 15.5dBm となります。 申請値として 1port 当たり送信電力 18.0dBm としました。（全体で 27dBm）
上りリンク	基地局の受信感度-87.6dBm、送信アンテナ利得 2.4dBi、受信アンテナ利得 4dBi、ケーブル損失 2dB であり、遮蔽物その他損失の合計を約 15dB とすると、移動局の所要電力は約 17.9dBm となるが、端末の設定値が 16.0dBm のため、申請値として送信電力 16.0dBm としました。

【28GHz 帯】

本実験では 28GHz 帯において、アクセス区間を 40m 圏内と想定しました。屋内での伝搬モデルを用いて計算した伝搬ロスは約 121.7dB となります。

※計算パラメータは今回希望している最高周波数 28.5GHz を用いました。

表 5-4 送信電力の設定根拠（28GHz 帯）

項目	設定根拠
下りリンク	移動局の受信感度-85.3dBm、送信アンテナ利得 25.8dBi、アンテナ利得 9.4 dBi、ケーブル損失 0 dB、遮蔽物その他損失の合計を約 20dB とすると、基地局の所要電力は約 21.2dBm となるが、機器の最大設定が 19.2dBm のため、申請値として送信電力 19.2dBm としました。
上りリンク	基地局の受信感度-103dBm、送信アンテナ利得 9.4dBi、アンテナ利得が 25.8 dBi、ケーブル損失は 0 dB、屋内浸透損失及び見通し外損失等の合計を約 20dB とすると、移動局の所要電力は約 3.5dBm となるが、端末の最小設定が 15.6dBm のため、申請値として送信電力 15.6dBm としました。

5.2 実証目標

(1) 技術実証の背景となる課題

e スポーツをローカル5G通信によって実施するにあたっての技術的課題は、施設構造や環境による課題と e スポーツ特有のゲームや映像配信の通信についての課題の二つに大別できます。

施設構造や環境による課題として、次の項目が挙げられます。

- ・ 机や人体等の遮蔽物による通信性能への影響が懸念される
- ・ 既に会場及びその周辺に構築されている無線通信との共用可否
- ・ 会場内でエリア化が必要な範囲のカバレッジ

ゲームや映像配信の通信についての課題として、次の項目が挙げられます。

- ・ e スポーツ競技に求められる通信性能が満たせるか
- ・ ゲームと映像配信を同一の無線通信で流せるか

本実証ではこれら課題及び仕様書記載の事項を念頭に、下記のとおり技術的課題の設定を行いました。

表 5-5 技術的課題及びその背景

項目	技術的課題及びその背景
ア	<p>・ e スポーツに必要となる性能目標に対する机や人体等の遮蔽物による影響</p> <p>e スポーツ競技において、実際の環境でローカル5Gを用いて必要な通信性能が達成できるか確認します。特に e スポーツ施設においては、基地局と端末間にはゲーミングデスク（机）や競技者等の遮蔽物があり、これら遮蔽物のある環境でも通信性能を満たせるかについても検証することが求められます。</p>
イ(1)	<p>・ キャリア5Gエリア内でローカル5Gを利用する場合の共用</p> <p>e スポーツ競技においては、イベント開催者が会場に用意したローカル5Gを用いてゲーム機器や映像機器を接続し、来訪者はキャリア5Gを用いてマルチアングル観戦をする、といった使い分けが想定されます。このようなケースを想定し、キャリア5Gエリア内でのローカル5G利用への影響を確認します。</p>
イ(2)	<p>・ 複数拠点でローカル5Gを利用する際の通信性能低下</p> <p>複数拠点にまたがるローカル5Gシステムを構築する場合、主に経済的観点から1拠点のコアから複数の基地局を収容することが想定されます。しかしNSA構成では、コアと基地局の距離等に起因する通信の性能低下があると考えられます。SA構成ではこの影響を受けにくくするため、ユーザプレーン分離を実装することが可能です。この構成の違いによる差が e スポーツ競技において必要な通信性能を満たすうえで有用かどうかを確認します。</p>
ウ(1)	<p>・ 帯域幅の変更による通信性能への影響</p> <p>電波は有限資産であり、適切な帯域幅における利用が必要です。28GHz帯においては、100MHz幅を超える帯域幅での運用が可能となったことから、これまで制度化されていた100MHz幅と追加で運用可能となった200MHz幅との比較を実施することで、e スポーツにおける通信性能を満たす帯域幅であるかを確認することを技術的課題と設定しました。また、4.7GHz帯においては隣接帯域が存在し、ガードバンドが必要となる場合が想定されます。他の無線通信への影響回避等を目的として帯域幅を100MHz幅よりも狭め50MHz幅とした場合、e スポーツにおける通信性能を満たす帯域幅であるかを確認することを技術的課題と設定しました。</p>

ウ(2)	<p>・ 28GHz 帯における見通し外のエリアでの受信電力低下</p> <p>e スポーツ施設では、基地局の設置位置制約によりカバーしたいエリア内を全て見通しとすることができない場合が想定されます。ミリ波は帯域幅を広くとることができ、超高速の通信が期待されている一方で、直進性が高くカバーエリア構築が難しいことが課題です。また 1 台の基地局でカバーできる範囲が狭く必要な基地局数が多くなり、導入コストの高騰も課題となります。基地局を増やさず見通し外エリアで通信性能を確保することで、コストを抑えつつカバーエリアを構築することが望ましいと考えます。</p>
ウ(3)	<p>・ 通信要件の異なるデータを同一の無線通信で伝送する場合の通信性能確保可否</p> <p>e スポーツ競技では、競技に用いるゲームのデータと競技中のゲームや競技者の映像データを同一のネットワークで伝送する場合、大容量の映像データによりゲームデータの PACKET ロスや遅延が発生する可能性があります。ゲームデータの通信が確保されないことは、e スポーツ大会における競技性や興行性が失われる原因となります。現状、一般的に有線よりも通信性能の劣る無線通信を利用する場合、より慎重なネットワーク設計が求められます。理想的には物理的にネットワークを分割することが望ましいですが、効率性やコストの面では不利となることから論理的に分割したネットワークを構築することが考えられます。</p>

(2) 各技術実証に対する実証目標と実施事項

本実証では、e スポーツ施設である屋内空間において、4.7GHz 帯及び 28GHz 帯の環境を構築し、電波伝搬特性を解明することを目標としました。また、同周波数帯を用いて、e スポーツ競技やイベントに関する伝送を想定したローカル 5 G の通信性能評価を行い、実証エリアでの実測データを明らかにしました。そして、e スポーツ競技環境として推奨されるローカル 5 G の受信電力や伝送速度、遅延時間や機器構成の知見を技術基準としてとりまとめ、e スポーツのユースケースでの結果として、e スポーツ団体等への情報提供を致します。

その他、競技環境として必要な物理的環境の情報（置局、机配置、UE 台数等）や無線パラメータに関する情報（干渉調整パラメータや帯域幅の参考モデル）をまとめました。

実証に当たり定めた実施目標は以下の表のとおりです。

表 5-6 実施事項と目標一覧

項目	実施事項と目標
ア	<p>・ e スポーツ施設（屋内空間）における 21 箇所の測定地点での受信電力、伝送速度、遅延時間の測定</p> <p>・ 遮蔽物における影響評価 （目標値：上り伝送速度 40Mbps、遅延時間 100msec）</p> <p>4.7GHz 帯及び 28GHz 帯において、21 箇所の測定地点における測定を行い、設定したローカル 5 G 性能目標と実測値の比較を行いました。設定した目標値については後述します。また、e スポーツ競技環境を想定した遮蔽物として机配置パターンや飛沫防止パネル、人体の有無による測定を行い、通信性能への影響について評価しました。屋内環境の e スポーツ施設においてローカル 5 G を利用する上で、性能目標を達成できるかの検証及び e スポーツ環境において想定される遮蔽物についての留意事項等の知見を得ることを目標としました。</p>
イ(1)	<p>・ キャリア 5 G エリア内におけるローカル 5 G の影響評価及び離隔距離短縮に対する影響の評価 （目標値：上り伝送速度 40Mbps、遅延時間 100msec）</p> <p>ローカル 5 G に加えて e スポーツ施設内をキャリア 5 G のサービスエリア内とし、各々の受信電力等の測定を行い、キャリア 5 G とローカル 5 G の相互に与える影響を評価しました。また、同エリア内でローカル 5 G を併用した場合の離隔距離の変更(2 m 程度及び 20m 程度)に伴う干渉の測定を行い、結果をまとめることで、e スポーツ施設におけるエリア構築の手法を導出することを目標としました。</p>
イ(2)	<p>・ SA (Stand Alone) 構成、NSA (Non Stand Alone) 構成のシステム構成の違いにおける影響の評価 （目標値：上り伝送速度 40Mbps、遅延時間 100msec）</p> <p>2 拠点の施設にローカル 5 G を構築し、旭川拠点に NSA のコア、秋葉原拠点に SA のコアを設置し、両拠点に各々の基地局を設置しました。また、SA 構成にはコアがない旭川拠点に UPF 機器を設置し、SA/NSA 構成の通信性能比較を行いました。そして、ローカル 5 G を導入するに当たり、ユースケースに限らず基地局の遠隔地にコアを設置した場合を想定した場合の SA/NSA 構成の通信性能比較に対する知見を得ることを目標としました。</p>
ウ(1)	<p>・ 帯域幅の変更によるローカル 5 G 性能への影響の評価(4.7GHz 帯及び 28GHz 帯) （目標値(200MHz 幅)：上り伝送速度 80Mbps、遅延時間 100msec）</p>

	<p>(目標値(50MHz 幅) : 上り伝送速度 20Mbps、遅延時間 100msec)</p> <p>28GHz 帯においては 100MHz 幅と 200MHz 幅の通信性能測定と比較を行い、期待される実測値を見出すことを目標としました。また、4.7GHz 帯において、ガードバンドを設ける必要性が発生した場合を想定した帯域幅を縮小しての通信性能の評価を行うため、100MHz 以下の帯域幅として 50MHz 幅に設定し 100MHz 幅との比較を測定することとしました。いずれも、理論値ではなく実測による比較を行うことで、ユースケースにおける適切な帯域幅の参考モデルを示すことを目標としました。</p>
ウ(2)	<p>・受信電力改善を目的とした反射板の影響の評価</p> <p>(目標：受信電力が低い地点での受信電力改善及び関連する制度への提言)</p> <p>反射板を設置することで、受信電力が低い場所において受信電力の改善をすることが可能かを確認するため。反射板の有無による受信電力の測定、比較を行いました。これにより、基地局数を抑えつつ反射板を活用してカバーエリアを構築するための知見を得ることを目標としました。</p>
ウ(3)	<p>・ネットワークスライシングの実装と評価</p> <p>(目標：既定の伝送速度をスライスに設定し、それ以外の通信帯域をすべてもう一方のスライスで使用可能なこと)</p> <p>同一の無線通信環境でのゲームデータ、映像データの効率的な伝送のため、ローカル 5 G の SA 構成で実装可能なネットワークスライシングを活用し、用途別の通信帯域を分けた構成の実装を行います。具体的には同一の RAN (無線アクセスネットワーク) を論理的に分割し、性能の異なる複数のネットワーク (スライス) を構成します。</p>

以上の技術検証を通じて、4.7GHz 帯及び 28GHz 帯、SA 構成及び NSA 構成の e スポーツ競技環境における電波伝搬特性及び同周波数帯を用いたゲーム・映像伝送を想定したローカル 5 G の性能に関する知見を得ることを目標としました。

5.3 ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等（技術実証ア）

（1）実施概要

構築したローカル5Gの実証環境において、遮蔽物による電波伝搬特性ならびに通信性能への影響を評価しました。スポーツ施設内の21箇所の測定地点において、机配置を変更しながら、受信電力、伝送速度、時間を測定しました。

（2）ユースケースに基づく性能要件

eスポーツ分野においては、ネットワーク性能要件をゲーム会社等がゲームタイトルごとに定めていることは少なく、多くは競技者の感覚値や大会運営者の経験に基づき、性能要件を決定し、eスポーツ用ネットワークを構築しています。今回の課題解決システム構築に当たり定めたeスポーツ分野におけるネットワーク性能要件は、以下の表のとおりです。

表 5-7 eスポーツ分野におけるネットワーク性能要件

項目	条件
遅延時間（RTT）	ゲーム端末からインターネット上のゲームサーバまでの間での往復の遅延時間（RTT）として、100msecを目標とします。 ゲームジャンルの中でも高いレベルの応答速度が求められるタイトルにおいて、遅延時間が少なく快適にゲームができる環境とされている値です。
伝送速度（上り）	上り通信で40Mbps以上の伝送速度を目標とします。 内訳はゲームデータと映像データに必要な伝送速度の合計となります。ゲームデータとしてはゲームのコマンド情報をインターネット上のゲームサーバ送信するために上り1Mbps程度を要するため、本実証環境において、最大10人の競技者を想定して合計10Mbps程度必要となります。また、映像データとしては、課題実証システムにおいて利用する4Kライブストリーミング用エンコーダ/デコーダの最大エンコードビットが30Mbpsとなることから、映像データでは上り30Mbps程度必要と想定します。

上記の課題解決システムの性能要件を満たすシステムとして、理論値の伝送速度を満たすシステムを構築しました。

表 5-8 ローカル5G 伝送速度理論値

項目	伝送速度理論値
ローカル5G（28GHz帯）	DL(下り)：531Mbps (100MHz, 64QAM, 2layers) UL(上り)：85Mbps (100MHz, 64QAM, 2layers)
ローカル5G（4.7GHz帯）	DL(下り)：1.5Gbps (100MHz, 256QAM, 4layers) UL(上り)：80Mbps (100MHz, 64QAM, 1layer)

(3) 評価・検証項目

評価・検証にあたっての測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-9 測定項目一覧

項目	条件
受信電力	測定器で受信した RSRP 値。
伝送速度 (上り)	伝送速度の上り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
伝送速度 (下り)	伝送速度の下り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
遅延時間	ExPingを使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。

(4) 評価・検証方法

測定的前提条件は、以下の表のとおりです。

表 5-10 測定条件一覧表

項目	条件
測定箇所	スポーツ施設内 21 箇所 (ステージ上 12 箇所及び観客席 9 箇所)
測定パターン	5 パターン ※遮蔽物の有無の測定を含む
測定区間	無線区間
計測評価方法	・受信電力 測定は 1 か所につき 1 秒ごと 100 サンプル測定しました。1 サンプルごとの中央値についての 100 サンプルの中央値を測定結果としました。 ・伝送速度、遅延時間 測定は 1 か所につき 60 回測定し、平均値を測定結果としました。

21 箇所の測定箇所及び測定パターンに関する条件は、以下の表のとおりです。

表 5-11 測定箇所に関する条件一覧表

項目	概要
ステージ上	e スポーツ競技の実際の配置パターンを想定し、競技者の着座位置を決定し、ローカル 5 G 端末を設置すると想定される位置で測定を行いました。
観客席	基地局から 5 m ごとをおおよその目安としつつ、e スポーツ観戦者の座位置を想定し座席ブロックに応じて選定しました。
机配置	e スポーツ競技実施時の机の配置パターンとして、「横一列」「八の字」「囲み」の 3 パターンで測定を行いました。

本実証における遮蔽物は、以下の表のとおりです。

表 5-12 遮蔽物一覧表

項目	概要
机	ステージ上に e スポーツ競技に用いるモニタ等を置くために必要な机。ローカル 5 G 端末の設置場所が、机上の場合と机下の場合の遮蔽物による影響を比較するため、図 5-3-4-1 に示す測定箇所の#1～#6 は机上、#7～#12 は机下としました。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 寸法：1000mm×600mm×590mm ・ 天板素材:合成樹脂化粧繊維板(芯材は木で表面に樹脂加工) ・ 脚部素材:スチール
パネル	アフターコロナ対策を考慮し、机上に飛沫防止パネルが設置されている状態を基本として測定しました。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 寸法：700mm×700mm×3mm ・ 3mm 厚ポリプロピレン製プラスチック段ボールを加工したもの
人体	e スポーツ競技者を想定した人物。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 人数：10 名 ・ 各机に 1 名ずつ着座状態

図 5-11 測定箇所の設置パターン 模式図

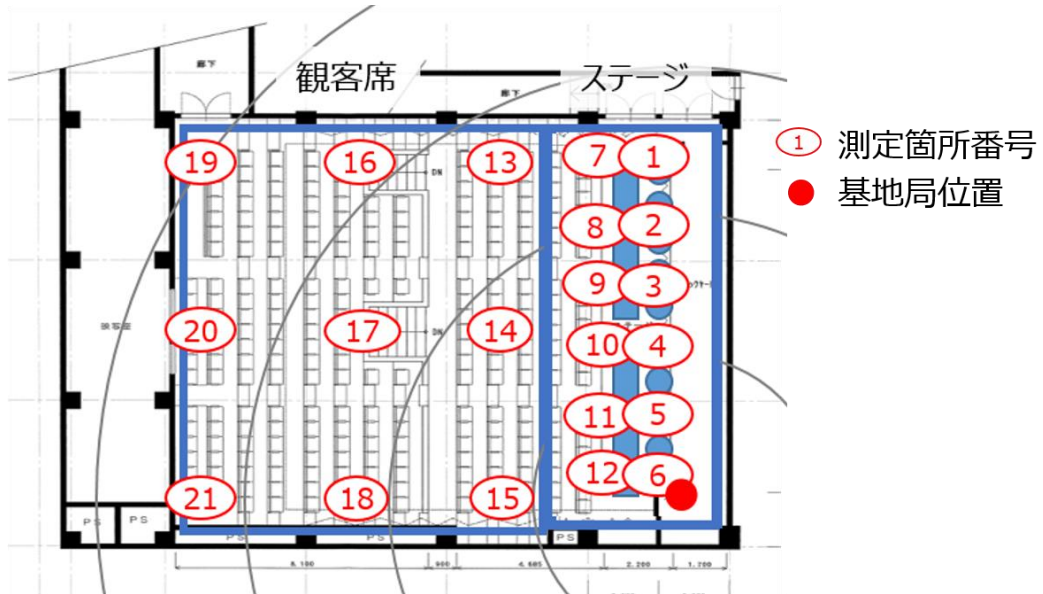


表 5-13 測定箇所と 4.7GHz 帯基地局からの距離

測定箇所	2D 距離 (m)	3D 距離 (m)
1	10.68	11.13
2	8.68	9.23
3	6.68	7.38
4	4.65	5.61
5	2.65	4.10
6	0.66	3.20
7	10.68	11.34
8	8.68	9.48
9	6.68	7.70
10	4.65	6.02
11	2.65	4.65
12	0.66	3.88
13	12.86	13.18
14	6.97	7.53
15	4.31	5.17
16	15.78	15.80
17	11.49	11.52
18	10.10	10.13
19	17.61	17.61
20	13.90	13.90
21	12.78	12.78

図 5-12 測定位置とアンテナの3次元配置図 (4.7GHz 帯)

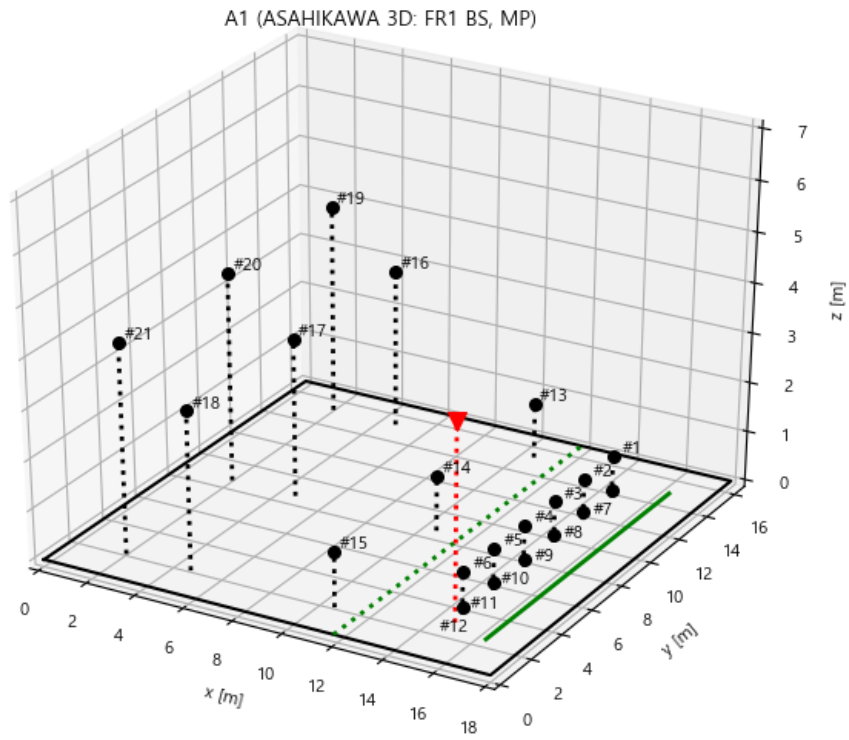


図 5-13 受信電力シミュレーション(LOSモデル) (4.7GHz 帯)

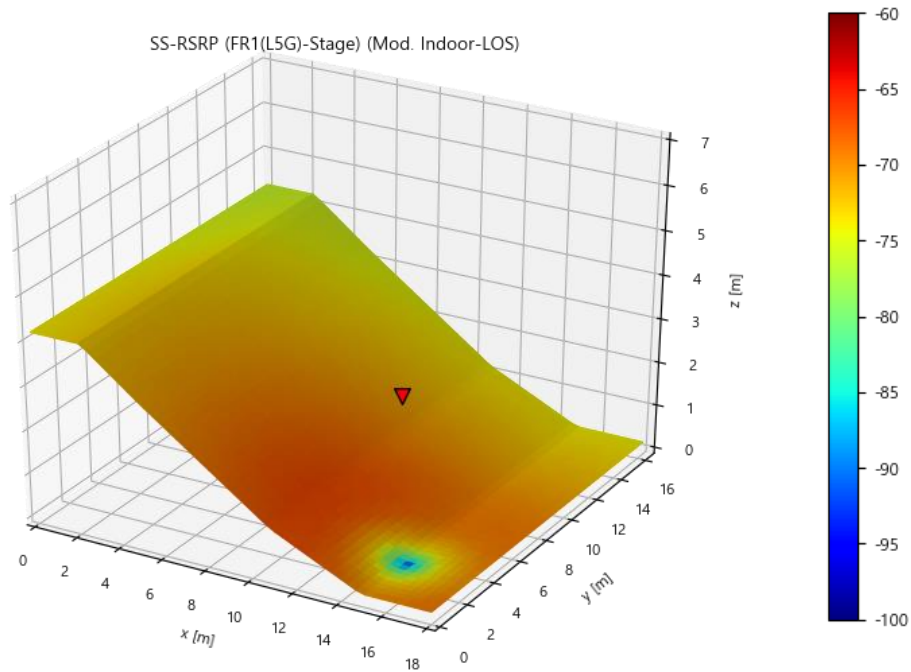


表 5-14 測定箇所と 28GHz 帯基地局からの距離

測定箇所	2D 距離 (m)	3D 距離 (m)
1	10.53	10.81
2	8.56	8.90
3	6.59	7.03
4	4.63	5.23
5	2.79	3.70
6	1.46	2.84
7	10.53	10.99
8	8.56	9.11
9	6.59	7.30
10	4.63	5.59
11	2.79	4.19
12	1.46	3.45
13	13.12	13.30
14	7.64	7.95
15	5.62	6.02
16	16.46	16.46
17	12.53	12.54
18	11.41	11.41
19	18.41	18.43
20	15.00	15.03
21	14.08	14.11

図 5-14 測定位置とアンテナの3次元配置図 (28GHz 帯)

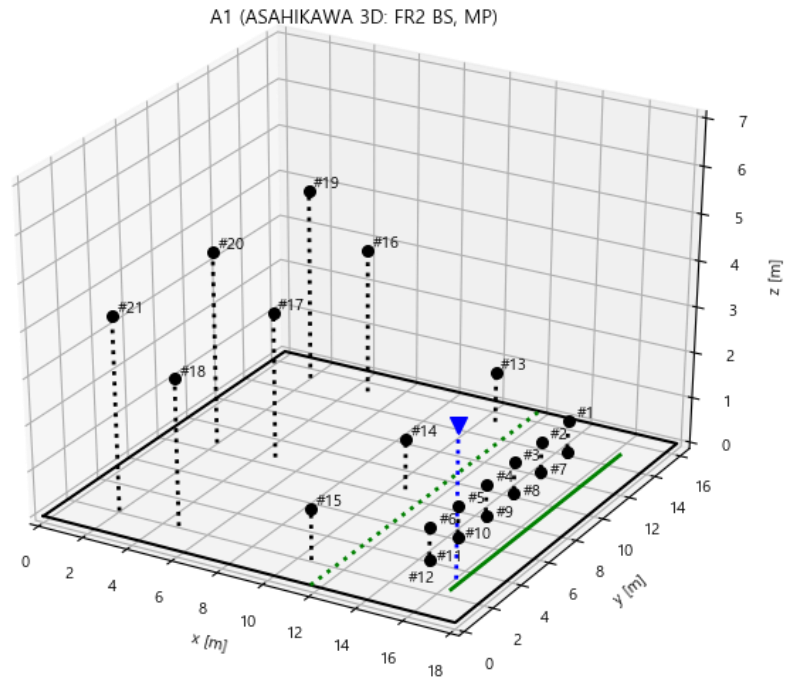


図 5-15 受信電力シミュレーション(LOS モデル) (28GHz 帯)

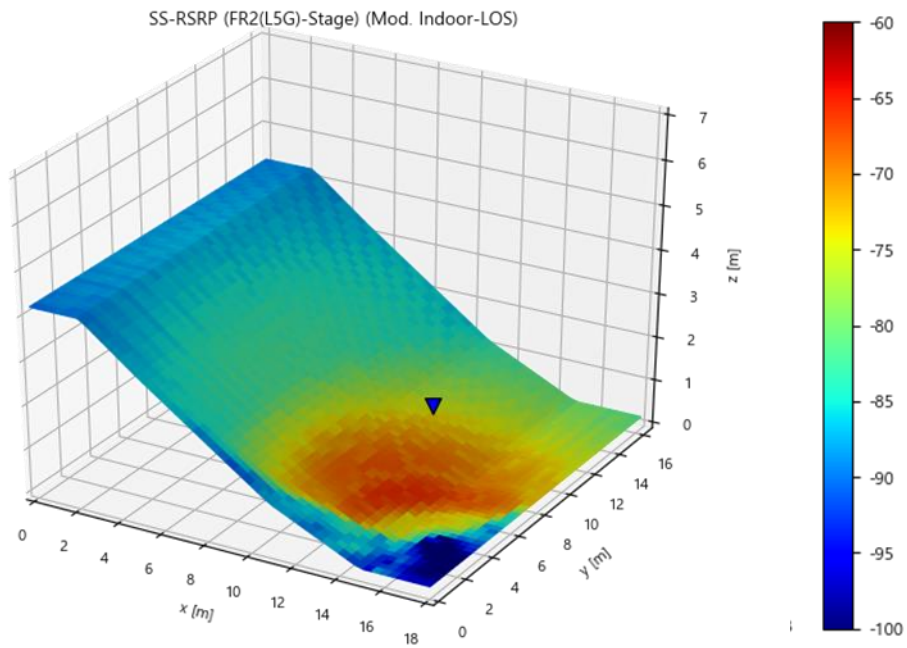


図 5-16 ステージ上に設置された机



机配置についての測定パターンは、以下の表のとおりです。

表 5-15 測定パターン表

パターン	机配置	パネル有無
ア-1	横一列	有
ア-2	八の字	有
ア-3	囲み	有

図 5-17 机配置と測定位置

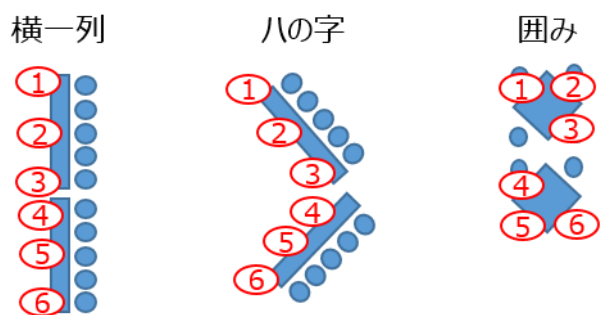


図 5-18 横一列



図 5-19 八の字

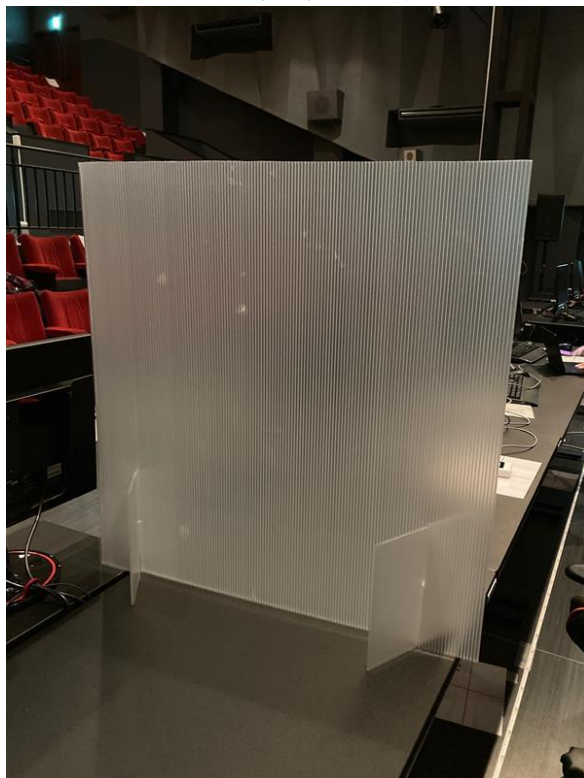


図 5-20 囲み



アフターコロナ対策を考慮し、机上に飛沫防止パネルが設置されている状態を基本として測定しました。

図 5-21 飛沫防止パネル



飛沫防止パネルの有無による通信性能への影響について比較検討するため、パターンア-4についてはパネルを撤去し、パネルの無い場合を想定した測定を実施しました。

表 5-16 パネルなしの測定パターン表

パターン	机配置	パネル有無
ア-4	横一列	無

基地局と UE 間は人体遮蔽のない状態としましたが、人体遮蔽による通信性能への影響について比較検討するため、パターン ア-5 についてはステージ上に 10 人横並びの状態で開催者が着座した状態を想定し測定を実施しました。

図 5-22 人体遮蔽に対する影響測定の様子



表 5-17 人体遮蔽の測定パターン表

パターン	机配置	パネル有無	人体遮蔽の影響
ア-5	横一列	無	ステージ上椅子に着座状態

机配置及び遮蔽物の測定パターンを整理すると、以下の表のとおりです。

表 5-18 測定パターン

パターン	机配置	パネル有無	人体遮蔽の影響
ア-1	横一列	有	無
ア-2	八の字	有	無
ア-3	囲み	有	無
ア-4	横一列	無	無
ア-5	横一列	無	ステージ上の椅子に着座

本検証に際して実施した測定手順は、以下の表のとおりです。

表 5-19 試験手順

工程	実施内容
1	机配置パターンの基本を「横一列」とし、机上に飛沫防止パネルを設置した状態で、ローカル5G（4.7GHz帯）を用いて測定ポイント#1-#21にて表5-3-4-1に定めた項目・測定回数を測定しました。各工程において利用しない基地局は停波した状態で測定を実施しました。
2	「横一列」において、机上の飛沫防止パネルを撤去し、再度同様の測定を実施しました。（ア-4）
3	ステージ上の椅子に着座状態とし、同様の測定を実施しました。（ア-5）
4	机配置パターンを変更し、「八の字」（ア-2）「囲み」（ア-3）の各パターンについても、（工程1）を実施しました。
5	ローカル5G（4.7GHz帯）を停波したのち、ローカル5G（28GHz帯）を用いて、（工程1）-（工程4）を実施しました。

(5) 類似の調査との比較

測定結果については、過去の総務省実証の類似調査と比較しました。以下の調査を参考にしており、測定パラメータ等の数値を参考にしています。

・「2018年G4：屋内において平均2Gbpsを超える超高速通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件等に関する調査検討」における「2.3 学校における評価環境の性能評価」の実証については、28GHz帯（700MHz幅）において、屋内空間環境下で基地局から端末までの距離を変更した際（10～20m程度）の測定を実施しています。

測定項目は、受信電力RSRP値や伝送速度（上り/下り）であり、距離20mの地点で上りリンク 伝送速度は0.2Gbps、DL 伝送速度は1.45Gbpsという結果が得られており、本実証では帯域幅による要件の違いを考慮しつつ、伝送速度（上り）として40Mbpsを目標としているため、差分が発生した場合には各パラメータを比較し要因分析することを検討しました。今回、本実証においては目標数値を概ね上回っていたことから、類似実証と比較した要因分析は実施しませんでした。

(6) 性能評価結果

e スポーツ施設内における 21 箇所の測定地点において、受信電力 (SS-RSRP)、伝送速度 (下り、上り)、遅延時間の測定を実施した結果となります。図内の UL は伝送速度 (上り)、DL は伝送速度 (下り) を示しました。

【4.7GHz 帯における測定結果】

- パターン ア-1 機配置：横一列、パネル有の性能 (基本パターン)

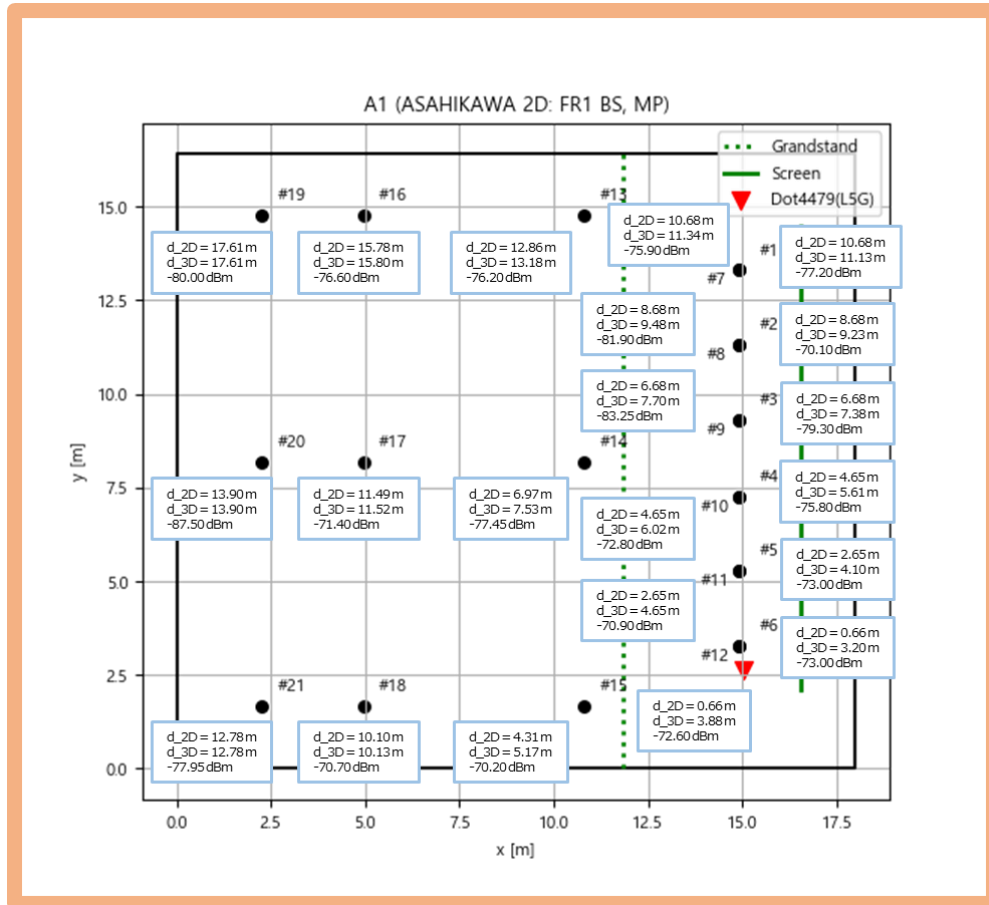
表 5-20 ア-1 測定結果 (4.7GHz 帯)

測定箇所	3D 距離 (m)	SS-RSRP(dBm)	伝送速度(Mbps)		備考
			下り	上り	
1	11.13	-77.20	903	70.7	パネル遮蔽有
2	9.23	-70.10	910	71.9	パネル遮蔽有
3	7.38	-79.30	912	71.3	パネル遮蔽有
4	5.61	-75.80	906	70.4	パネル遮蔽有
5	4.10	-73.00	905	71.4	パネル遮蔽有
6	3.20	-73.00	876	72.4	—
7	11.34	-75.90	869	70.5	机下
8	9.48	-81.90	900	71.8	机下
9	7.70	-83.25	876	71.3	机下
10	6.02	-72.80	896	71.4	机下
11	4.65	-70.90	941	71.1	机下
12	3.88	-72.60	945	71	机下
13	13.18	-76.20	800	71	—
14	7.53	-77.45	846	70.6	—
15	5.17	-70.20	884	70.2	—
16	15.80	-76.60	755	63	—
17	11.52	-71.40	767	69.2	—
18	10.13	-70.70	770	68.1	—
19	17.61	-80.00	633	58.5	—
20	13.90	-87.50	704	65.5	—
21	12.78	-77.95	726	70	—

- 受信電力について

ステージ・机上での平均は-74.73 dBm、ステージ・机下（床）での平均は-76.23dBm、観客席での平均は-76.44 dBm であり、殆どの空間で受信電力に大きな差がありませんでした。

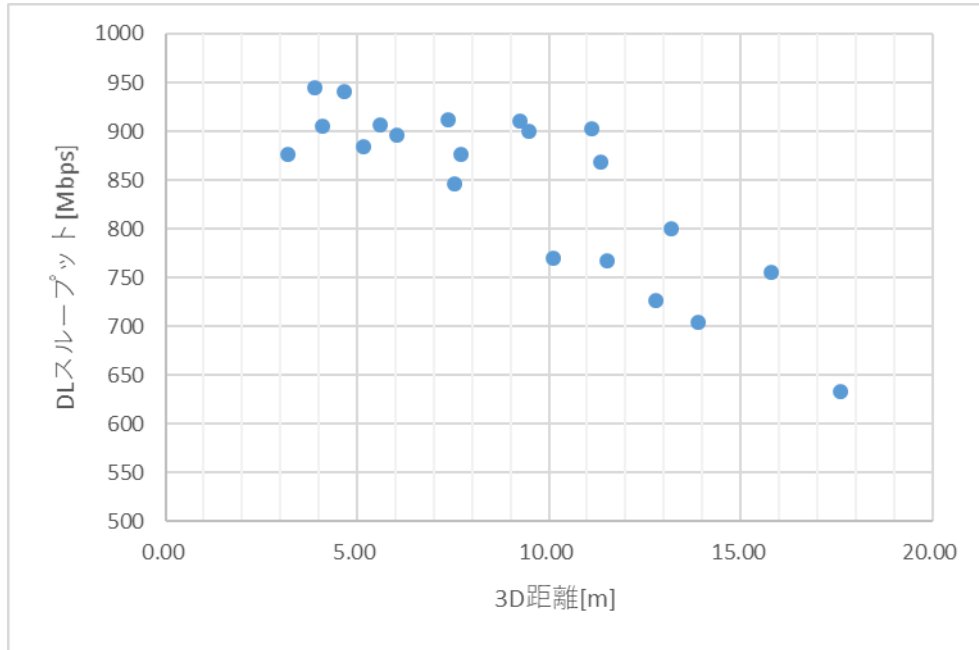
図 5-23 各測定位置における受信電力(4.7GHz 帯)



- 伝送速度（下り）について

ステージ上の測定地点（#1-#12）では平均値は903Mbpsでした。一方、観客席エリアの基地局からの3D距離が10mを超えた地点においては徐々に伝送速度が下がっており、観客席における平均値は765Mbpsとなりました。

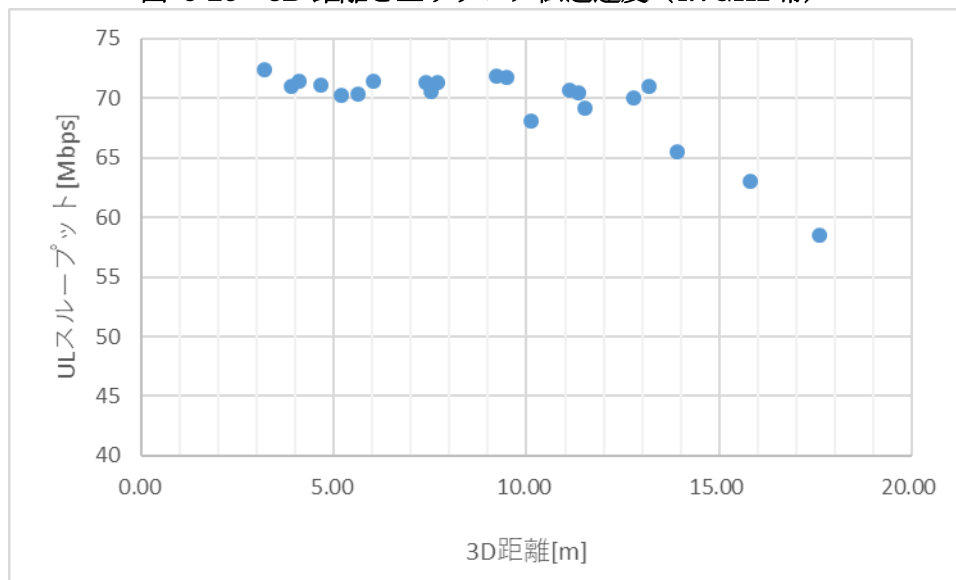
図 5-24 3D 距離と伝送速度(下り)(4.7GHz 帯)



- 伝送速度（上り）について

ステージ上の測定地点（#1-#12）では平均値が 71.3Mbps でした。一方、観客席エリアの基地局からの 3D 距離が 13.5m を超えた地点では徐々に伝送速度が下がっており平均値は 62.3Mbps となりました。

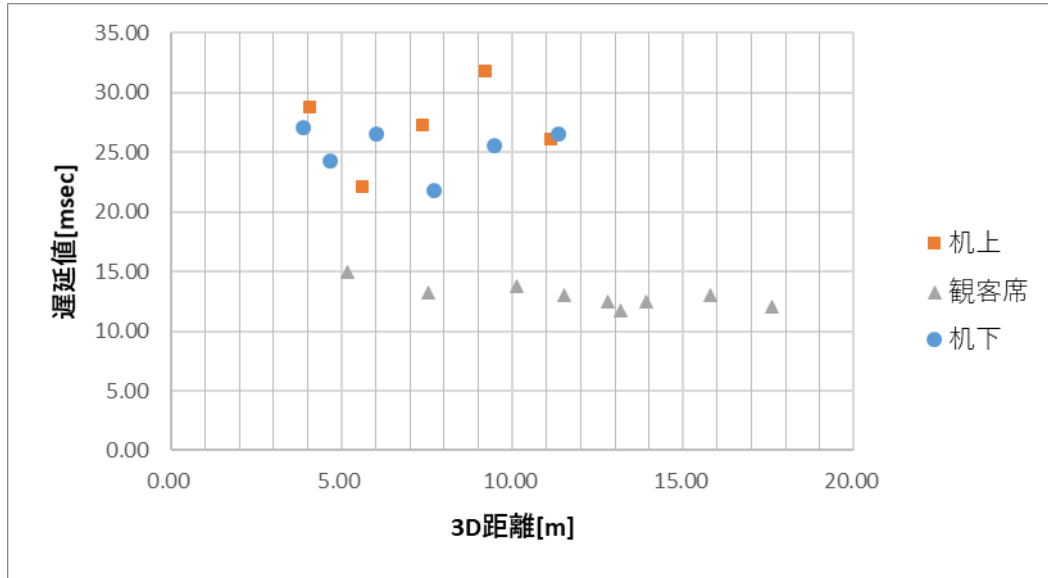
図 5-25 3D 距離と上りリンク伝送速度 (4.7GHz 帯)



● 遅延時間について

遮蔽物がない測定地点（観客席）では距離に関わらず平均 12.8msec でした。遮蔽物がある測定地点、ステージ上（机上・机下）では平均 26.1msec でした。

図 5-26 3D 距離と遅延時間(4.7GHz 帯)



- 机配置パターンの違いによる性能比較

ア-1 が横一列の机配置であることに対して、ア-2 は八の字、ア-3 は囲みの配置となります。机配置パターンによる差を比較します。測定地点は、横一列は#1-#12、八の字は#1,#3-#4,#6-#7,#9-#10,#12、囲みは#1-#12 としています。

- 受信電力について

受信電力については、横一列は平均-75.5dBm であるのに対し、八の字の平均は-77.7dBm、囲みは平均-77.0dBm となりました。差は軽微であり、机配置パターンによる影響は無いといえます。

机上よりも机下で受信電力が強くなる地点もありましたが、これは机背面に設置されている大型スクリーンによる反射波の影響であることが推察されます。

図 5-27 パターン ア-2(八の字)における受信電力(4.7GHz 帯)

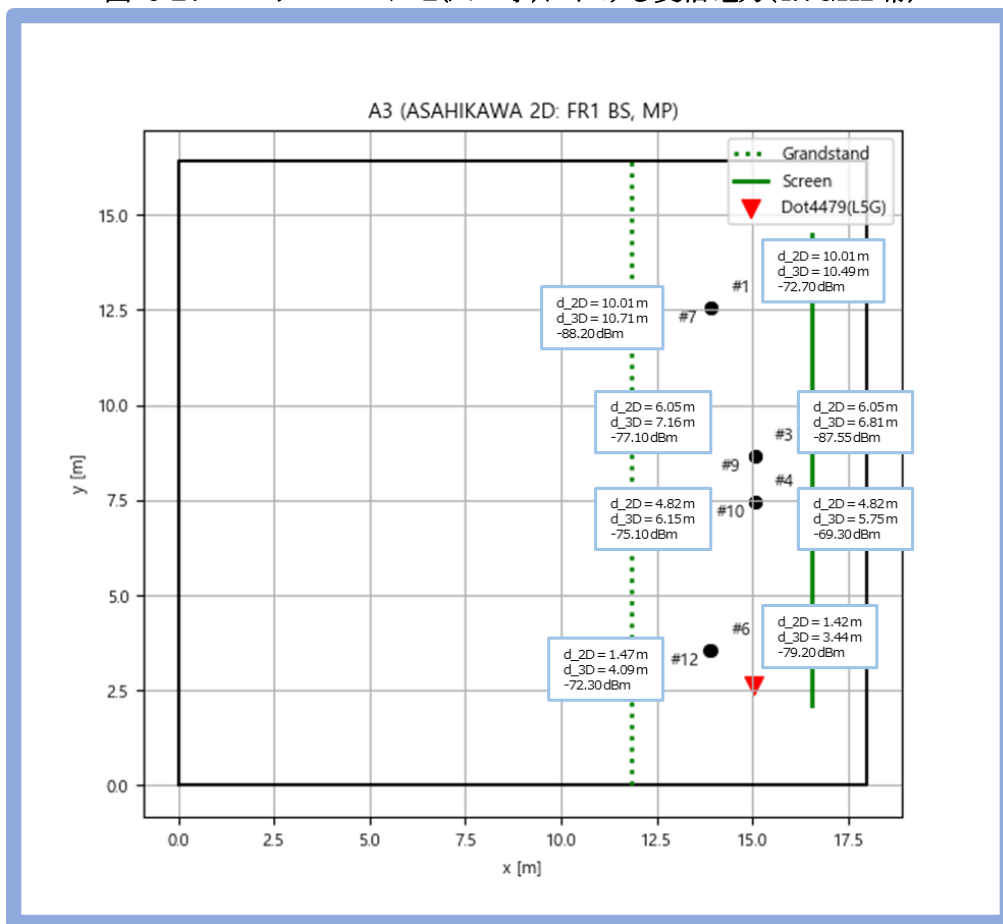
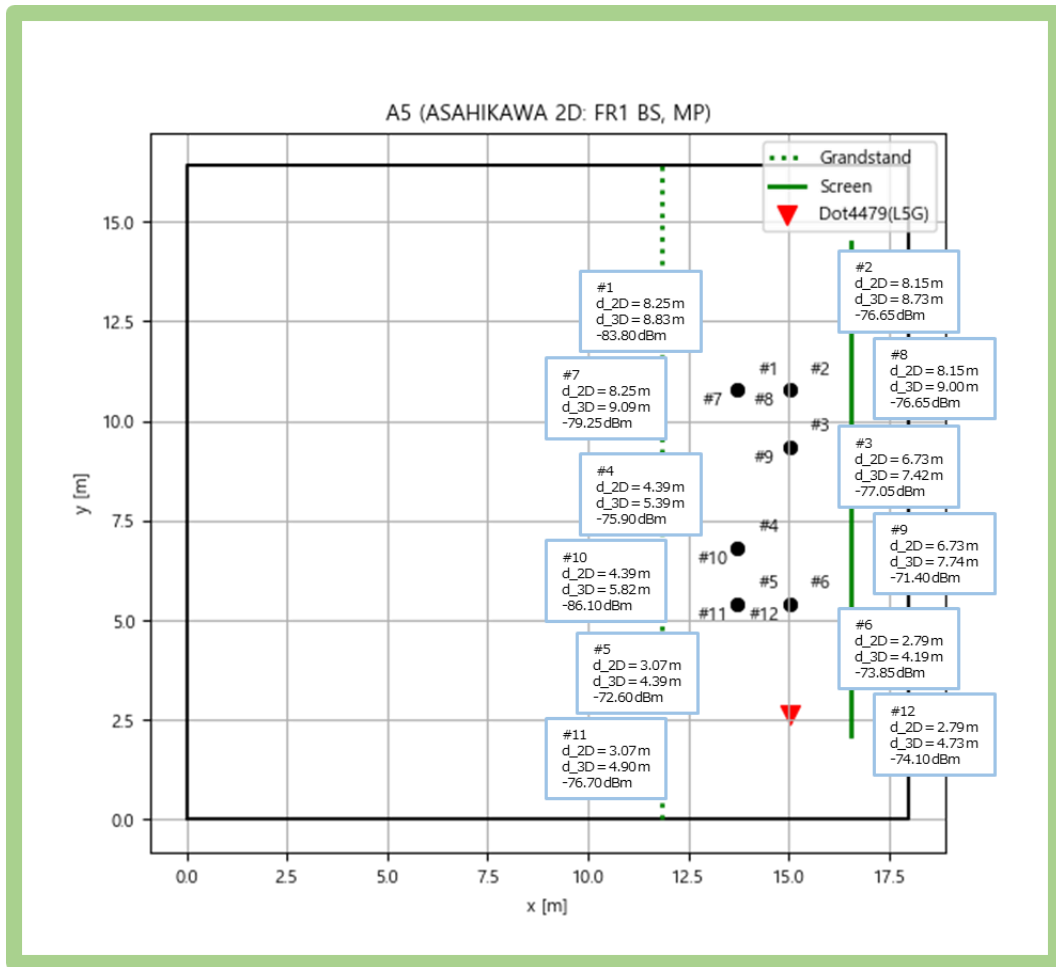


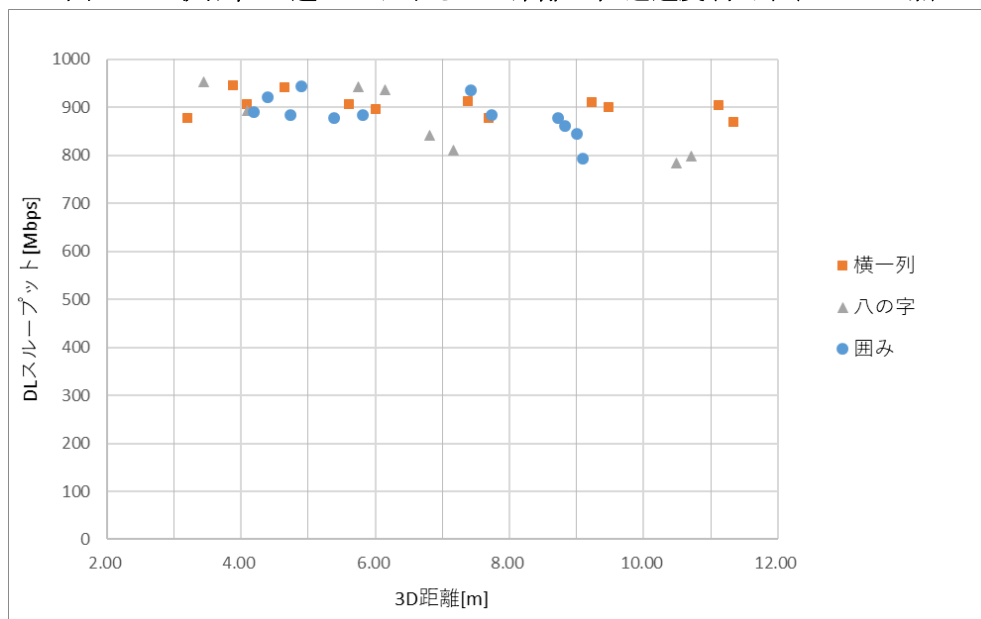
図 5-28 パターン ア-3(囲み)における受信電力(4.7GHz 帯)



- 伝送速度について

伝送速度(下り)については、横一列は平均 903Mbps であるのに対し、八の字の平均は 870Mbps、囲みは平均 882Mbps となりました。差は軽微であり、机配置パターンによる影響は無いといえます。

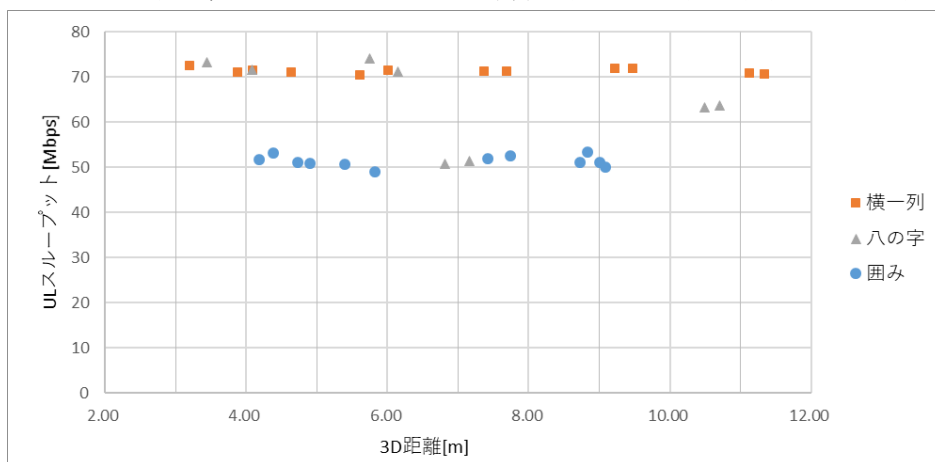
図 5-29 机配置の違いにおける 3D 距離と伝送速度(下り) (4.7GHz 帯)



伝送速度（上り）については、横一列は平均 71.3Mbps であるのに対し、八の字は平均 64.9Mbps、囲みは平均 51.4Mbps となりました。

プロットした結果、横一列と八の字の一部、八の字の残りとも囲みともに 70Mbps 前後と 50Mbps 前後にクラスタを形成していることがわかります。理論値において 64QAM で通信している場合、最大 80Mbps となることから 70Mbps 前後については 64QAM で通信しており、50Mbps 前後については 64QAM から 16QAM となると約 0.7 倍の伝送速度となりほぼ一致することから、変調方式の変化で伝送速度に差が出ていることが考えられます。変調については、どの変調方式で通信しているかの確認方法及び変調方式の切替ロジックについて機器メーカーからの開示を得られなかったため推察となります。

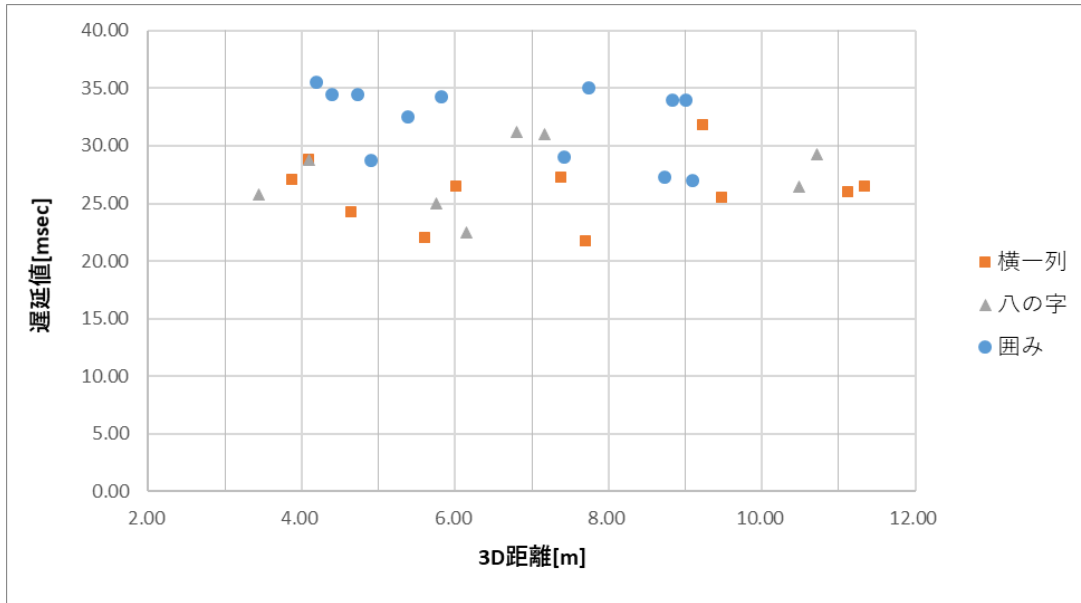
図 5-30 机配置の違いにおける 3D 距離と伝送速度(上り) (4.7GHz 帯)



● 遅延時間について

横一列は平均 26.1msec であるのに対し、八の字は平均 27.5msec、囲みは平均 32.2msec となりました。パターンにより若干の差はありますが、囲みにおける遅延時間が大きいことから、伝送速度（上り）同様、囲みの上り区間が低下の要因になっているものと考えられます。

図 5-31 机配置の違いにおける 3D 距離と遅延時間 (4.7GHz 帯)



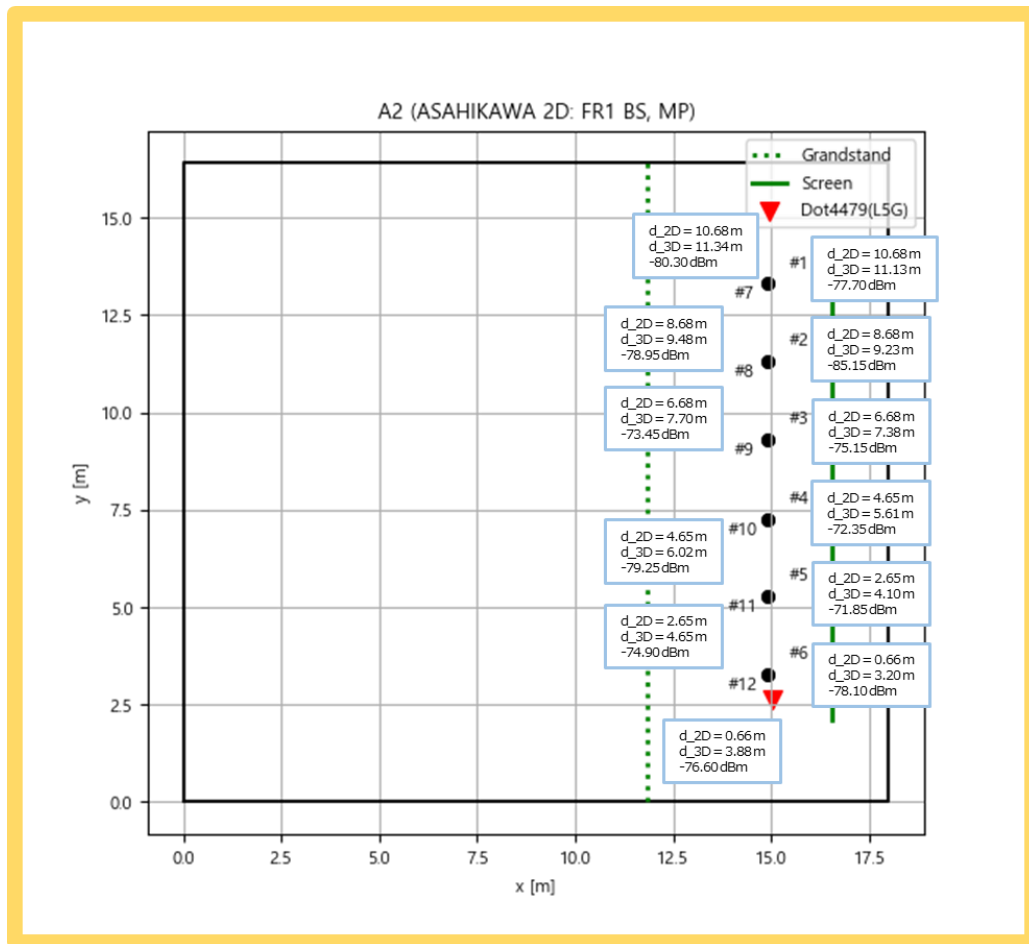
- パネルの有無による性能比較 (ア-4)

ア-1 がパネル有りであることにに対して、ア-4 はパネル無しとなります。パネルの有無による差を比較します。測定地点についてはパネルの有無による差が大きいと考えられる机上の#1-#6 における値としました。

- 受信電力について

パネル有りのパターン ア-1 の#1-#6 における受信電力平均は-74.7dBm、パネル無しのア-4 の#1-#6 における受信電力平均は-76.7dBm となりました。差は2.0dBであり、パネル有りのア-1 のほうが受信電力の値が良好な結果となりました。この差は、パネルによって受信電力が改善したわけではなく、測定の揺れの範囲であると考えられることから、パネルによる損失は無いと推定されます。

図 5-32 パターン ア-4(パネル無・横一列)における受信電力(4.7GHz 帯)



- 伝送速度について

伝送速度(下り)については、パネル有りのパターン ア-1 の平均が 902Mbps とパネル無しのア-4 の平均が 875Mbps となりました。伝送速度(上り)については、パネル有無に関係なくおよそ 70Mbps でした。伝送速度(下り)については、パネル無のア-4 のほうが良好な結果となりました。この差は測定の揺れの範囲であると考えられることから、パネル設置による伝送速度の低下は無いと推定されます。

図 5-33 パネルの有無における 3D 距離と DL 伝送速度 (4.7GHz 帯)

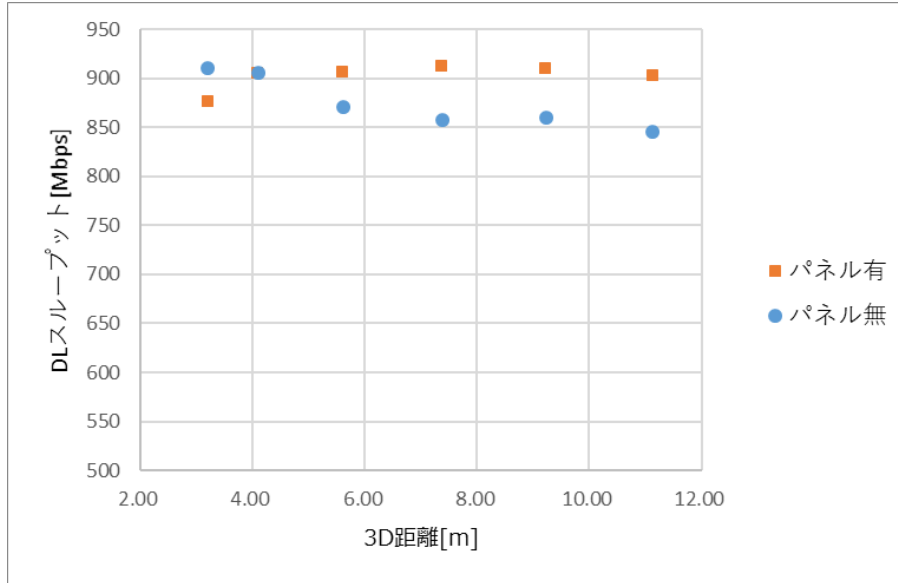
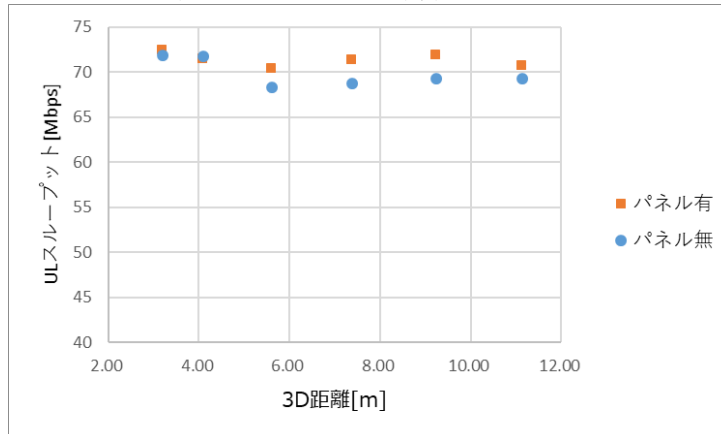


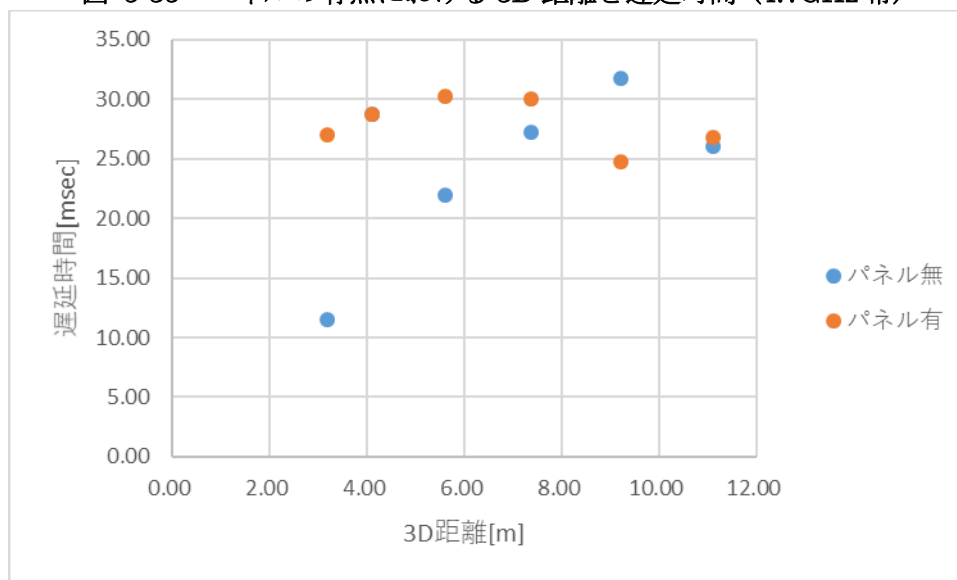
図 5-34 パネルの有無における 3D 距離と上り伝送速度 (4.7GHz 帯)



- 遅延時間について

遅延時間については、パネル有りのア-1の平均が24.5msec、パネル無しのア-4の平均が27.9msecでした。パネル有りに1箇所遅延時間が小さい点が見られることで平均の差は少し開いていますが、プロット全体を見るとパネル有無による差は軽微であることから、パネル設置による遅延時間への影響はないと推定されます。

図 5-35 パネルの有無における 3D 距離と遅延時間 (4.7GHz 帯)



- 人体遮蔽による性能比較 (ア-5)

ア-1 が人体遮蔽無しであることに対して、ア-5 は人体遮蔽有りとなります。人体遮蔽の有無による差を比較します。測定地点については机上及び机下の#1-#12 における値としました。

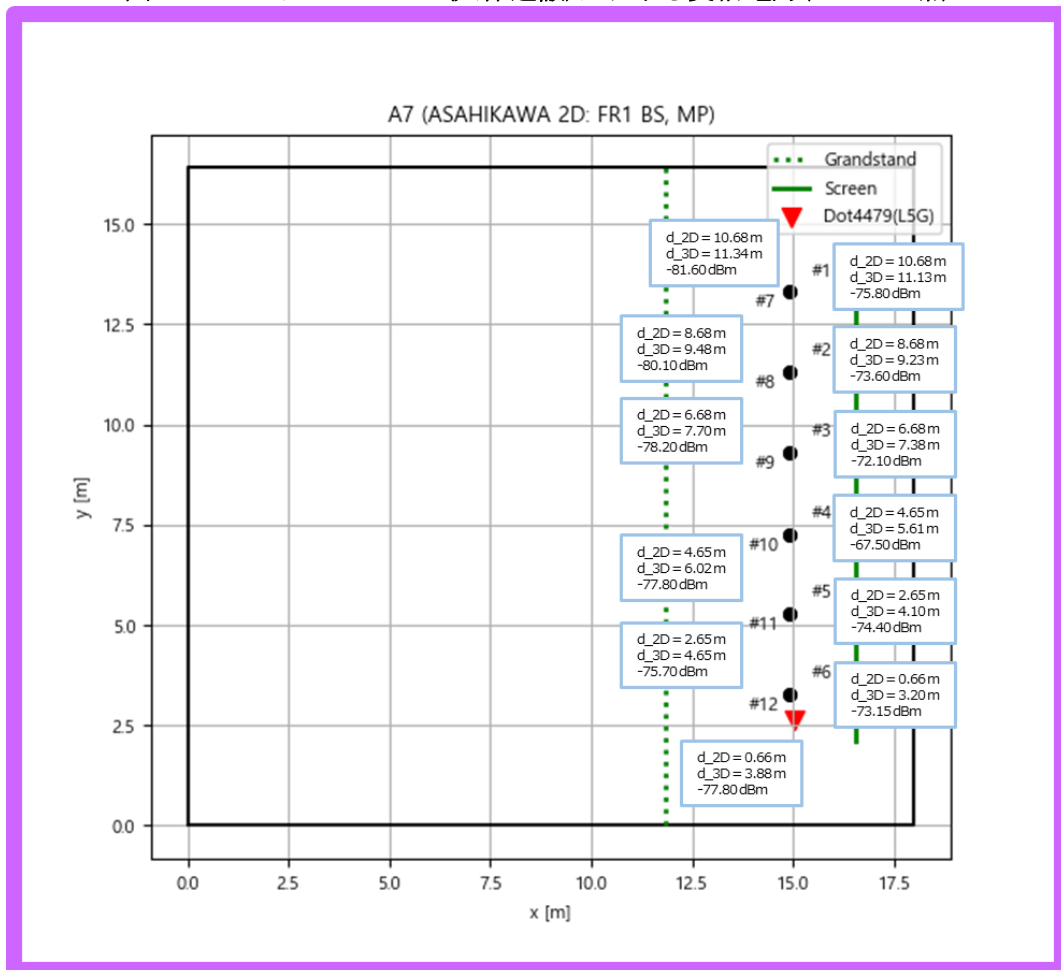
- 受信電力について

机上である#1-#6 において、人体遮蔽無しのア-1 の平均は-74.7dBm、人体遮蔽有りのア-5 の平均は-72.8dBm となりました。

机下である#7-#12 において、人体遮蔽無しのア-1 の平均は-76.2dBm、人体遮蔽有りのア-5 の平均は-78.5dBm となりました。

どちらも 2dB 程度と軽微な差であり、人体遮蔽による差はほぼ無いといえます。

図 5-36 パターン ア-5(人体遮蔽)における受信電力(4.7GHz 帯)



- 伝送速度について

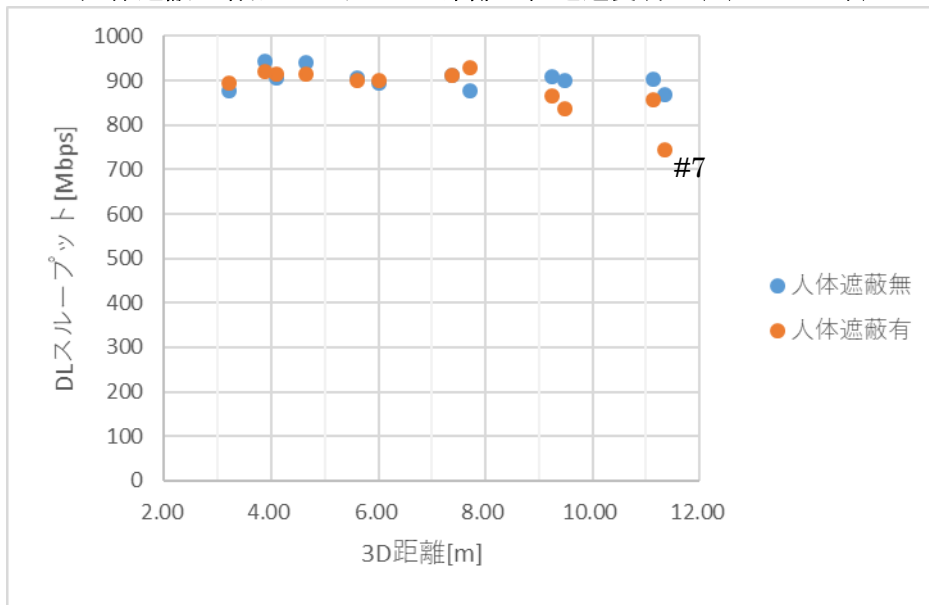
伝送速度(下り)について、

机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は902Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は891Mbpsとなりました。

机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は905Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は874.2Mbpsとなりました。ア-5のうち#7のみ低い値となったことで平均も下がっていますが、この地点はステージ上で基地局から最も遠い地点の机下であり、人体遮蔽以外の要因で低下していると考えられます。

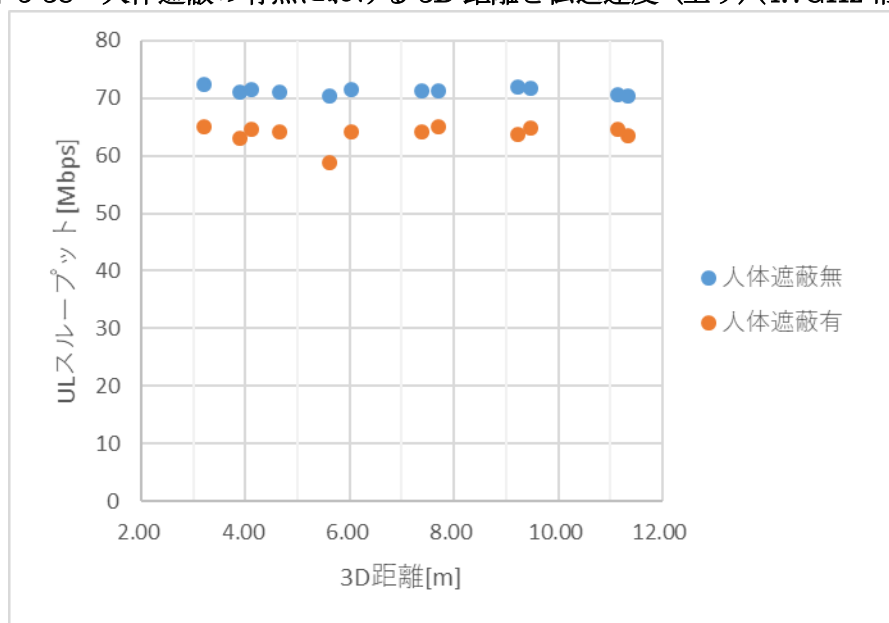
したがって全体を見ると軽微な差であることから、人体遮蔽による差はほぼ無いといえます。

図 5-37 人体遮蔽の有無における3D距離と伝送速度(下り)(4.7GHz帯)



また、伝送速度(上り)については、
 机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は71.4Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は63.5Mbpsとなりました。
 机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は71.2Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は64.1Mbpsとなりました。
 どちらも全体を通じて人体遮蔽有りの場合のみ7~8Mbpsの低下がみられることから、人体遮蔽の影響があると思われます。

図 5-38 人体遮蔽の有無における 3D 距離と伝送速度 (上り) (4.7GHz 帯)



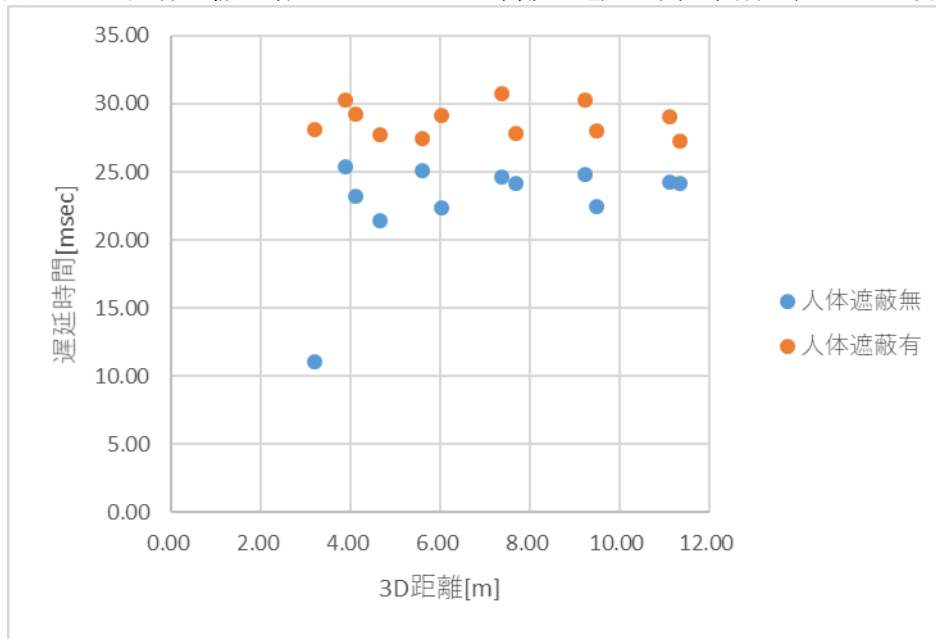
- 遅延時間について

机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は24.5msec、人体遮蔽有りのア-5平均は29.6msecとなりました。

机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は25.3msec、人体遮蔽有りのア-5の平均は29.4msecとなりました。

どちらも全体を通じて人体遮蔽有りの場合のみ5msec程度の低下がみられることから、人体遮蔽の影響があると思われます。

図 5-39 人体遮蔽の有無における 3D 距離と遅延時間の関係 (4.7GHz 帯)



【28GHz 帯における測定結果】

- パターン ア-1 机配置：横一列、パネル有の性能（基本パターン）

表 5-21 ア-1 測定結果 (28GHz 帯)

測定箇所	3D 距離 (m)	SS-RSRP(dBm)	伝送速度(Mbps)		備考
			下り	上り	
1	10.81	-78	512	97.6	パネル遮蔽有
2	8.90	-68.5	512	96.3	パネル遮蔽有
3	7.03	-67.4	471	77.2	パネル遮蔽有
4	5.23	-72.1	519	79.5	パネル遮蔽有
5	3.70	-74	500	82.6	パネル遮蔽有
6	2.84	-88.05	520	84.4	—
7	10.99	-75.7	519	87.6	机下
8	9.11	-71.5	520	77.5	机下
9	7.30	-67.3	519	83.5	机下
10	5.59	-83.75	519	68.1	机下
11	4.19	-82.9	517	68.2	机下
12	3.45	-87.05	425	49.8	机下
13	13.30	-83.2	517	60.3	—
14	7.95	-76.7	519	69.3	—
15	6.02	-74.5	422	52.2	—
16	16.46	-86.7	377	46.6	—
17	12.54	-85.9	351	39.2	—
18	11.41	-82.7	418	64.9	—
19	18.43	-89.8	417	46.8	—
20	15.03	-89.9	391	67.1	—
21	14.11	-90.4	422	74.7	—

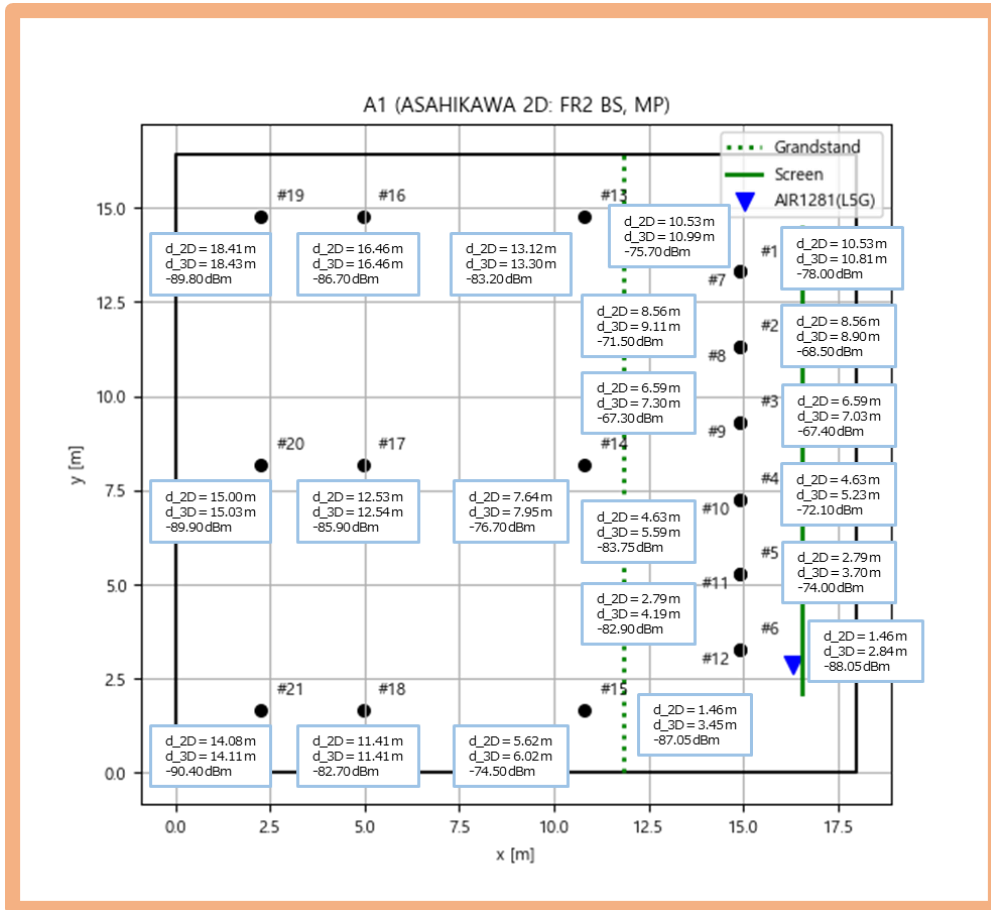
- 受信電力について

ステージ・机上での平均は-74.78dBm、ステージ・机下（床）での平均は-78.03dBm、観客席での平均は-84.42dBm でした。机下については机による遮蔽が影響した結果と考えられます。

#6 はステージ・机上で特に低い値となっていますが、受信電力シミュレーション (LOS モデル) (28GHz 帯) より、28GHz 帯基地局アンテナの指向性及び設置方向からシミュレーション上でも受信電力が低くなる地点です。机下の#10-#12 も同様のエリアであり、かつ机による遮蔽の影響が考えられます。

観客席で受信電力が低い測定地点についても受信電力シミュレーション(LOS モデル) (28GHz 帯) で示された数値と近似していることが分かります。

図 5-40 各測定位置における受信電力(28GHz 帯)

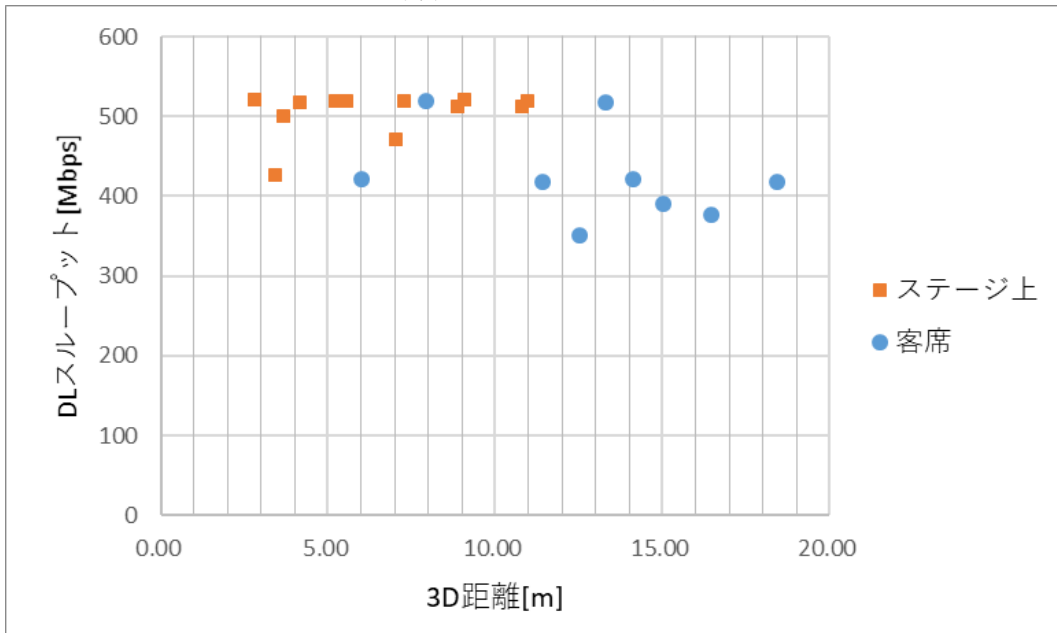


- 伝送速度（下り）について

ステージ上の測定地点（#1-#12）では平均値は 504Mbps でした。一方、観客席エリアの基地局からの 3D 距離が 10m を超えた地点においては徐々に伝送速度が下がっており、観客席における平均値は 426Mbps となりました。

プロットした結果、ステージ上と客席ともに 500Mbps 前後と 400Mbps 前後にクラスタを形成していることがわかります。変調方式が 64QAM で通信している場合、理論値は最大 531Mbps となることから 500Mbps 前後については 64QAM で通信しており、64QAM から 16QAM となると約 0.7 倍の伝送速度となりほぼ一致することから、400Mbps 前後については 16QAM で通信していると考えられ、変調方式の変化で伝送速度に差が出ていることが考えられます。これについて確認するため「どの変調方式で通信しているかの確認方法」「変調方式の切替ロジック」を機器メーカーへ照会しましたが、開示を得られなかったことから、推論となります。

図 5-41 3D 距離と伝送速度(下り) (28GHz 帯)

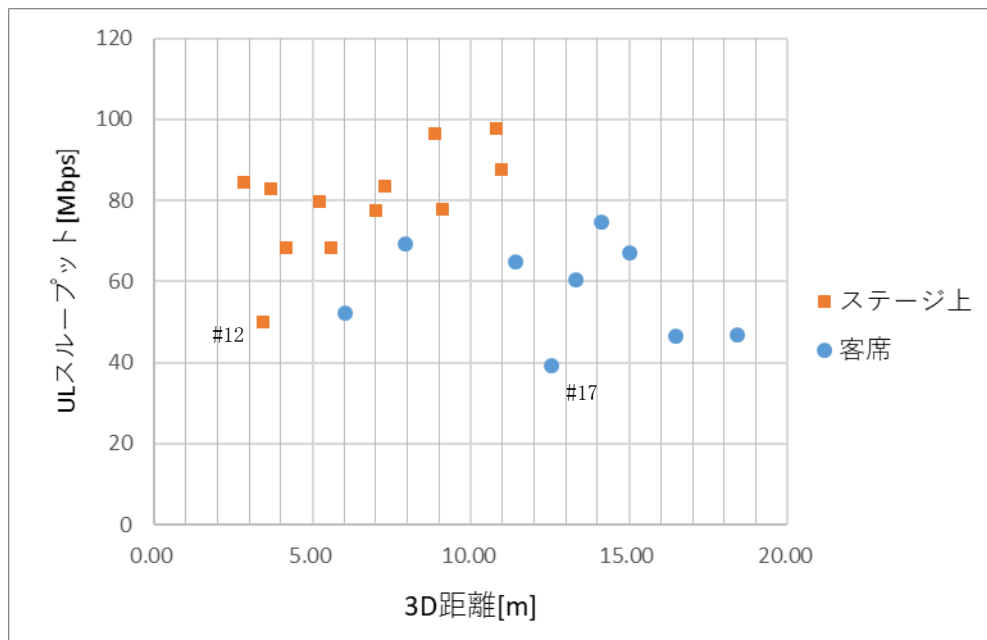


- 伝送速度（上り）について

ステージ上の測定地点（#1-#12）では平均値が 79.3Mbps でした。一方、観客席エリアでの平均値は 57.9Mbps となりました。

ステージ上では、机下の#12 が特に低い値となっています。この地点は、図 5-3-4-5 受信電力シミュレーション(LOS モデル) (28GHz 帯) より、28GHz アンテナ直下で受信電力の低い地点かつ机下になります。シミュレーション自体は基地局からの送信によるものとなりますが、基地局側の受信の利得も考慮すると、上りの通信についても伝送速度が低下する結果になったのではないかと考えられます。また客席では#17 が特に低い値となり、性能目標である上り 40Mbps を下回る結果となりました。この地点は伝送速度（下り）もア-1 の中で最も低い 351Mbps となっています。一方で受信電力については他の地点と遜色ないことから、変調方式が 64QAM から 16QAM になったことのほか何らかの理由があると想定されます。#17 の目の前には金属製の手すりがありその影響で反射波等が発生した可能性が考えられますが、原因特定には至りませんでした。

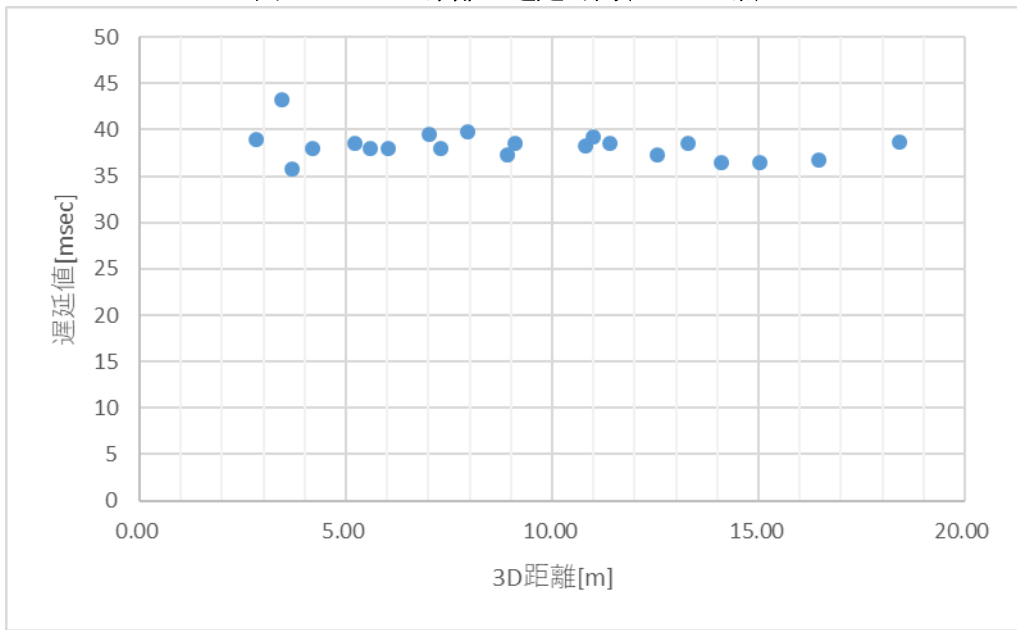
図 5-42 3D 距離と伝送速度(上り) (28GHz 帯)



- 遅延時間について

遅延時間については、平均 38.3msec となりました。遮蔽の有無や 3D 距離に関わらず、ある程度一定の値を示しました。

図 5-43 3D 距離と遅延時間(28GHz 帯)



- 机配置パターンの違いによる性能比較

ア-1 が横一列の机配置であることに対して、ア-2 は八の字、ア-3 は囲みの配置となります。机配置パターンによる差を比較します。測定地点は、横一列は#1-#12、八の字は#1,#3-#4,#6-#7,#9-#10,#12、囲みは#1-#12 としています。

- 受信電力について

受信電力については、横一列は平均-76.4dBm であるのに対し、八の字は平均-76.3dBm、囲みは平均-79.5dBm となりました。差は軽微であり、机配置パターンによる影響は無いといえます。机上よりも机下で受信電力が強くなる地点もありましたが、これは机背面に設置されている大型スクリーンによる反射波の影響であることが推察されます。

図 5-44 パターン ア-2(八の字)における受信電力(28GHz 帯)

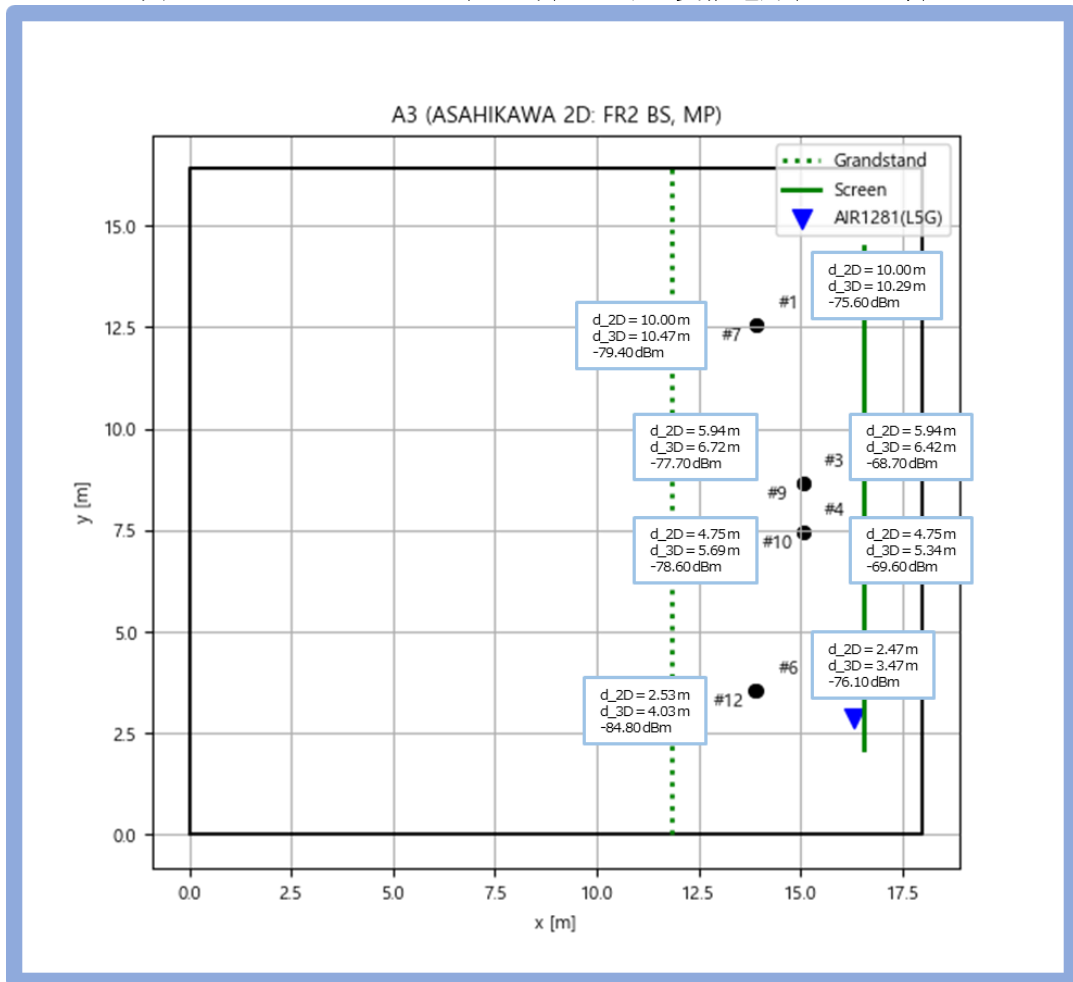
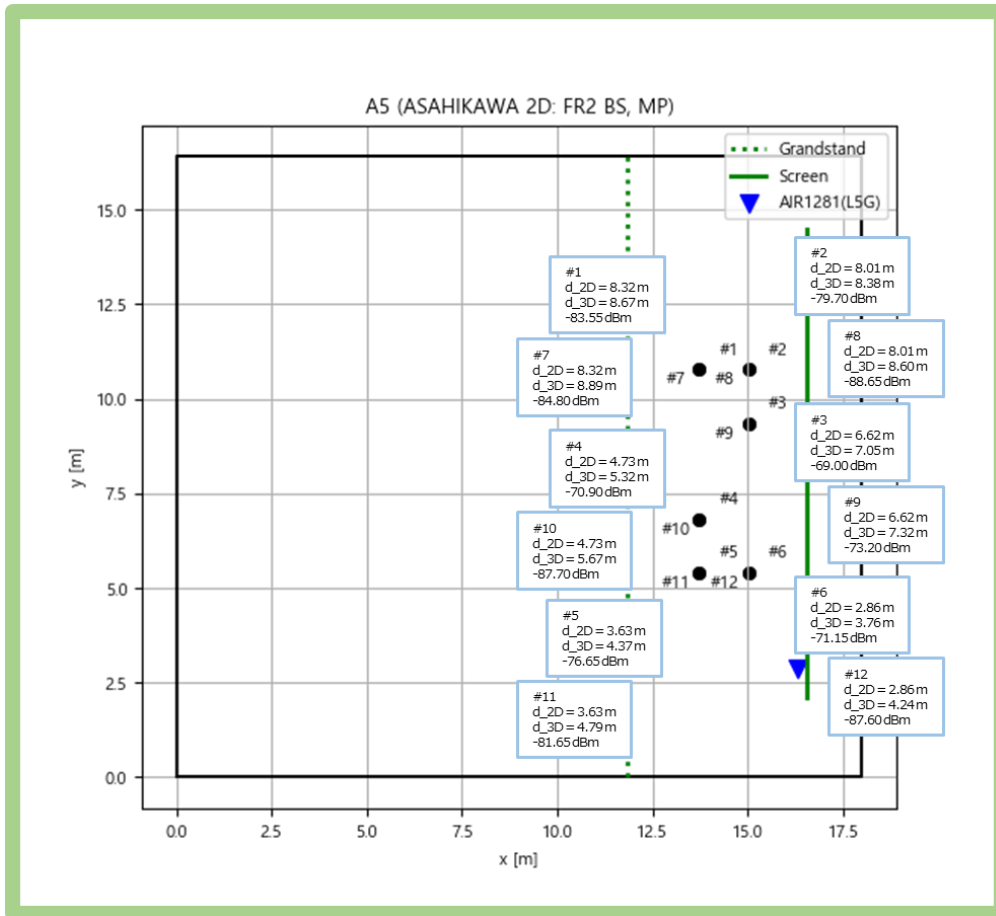


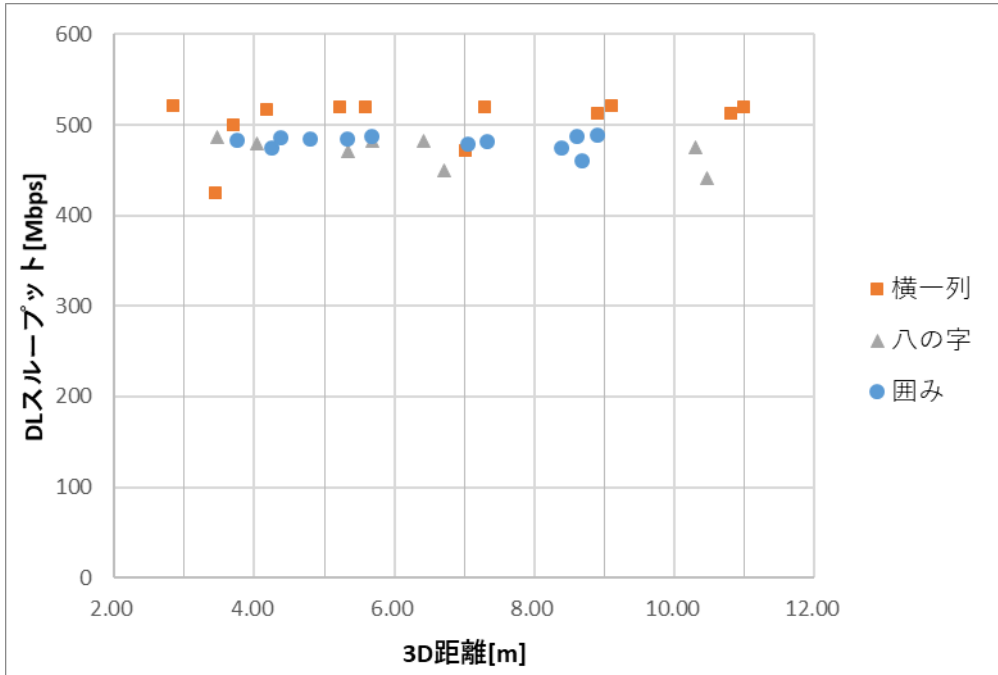
図 5-45 パターン ア-3(囲み)における受信電力(28GHz 帯)



- 伝送速度について

伝送速度(下り)については、横一列は平均 504Mbps であるのに対し、八の字は平均 471Mbps、囲みは平均 481Mbps となりました。差は軽微であり、机配置パターンによる影響は無いといえます。

図 5-46 机配置の違いにおける 3D 距離と伝送速度(下り) (28GHz 帯)

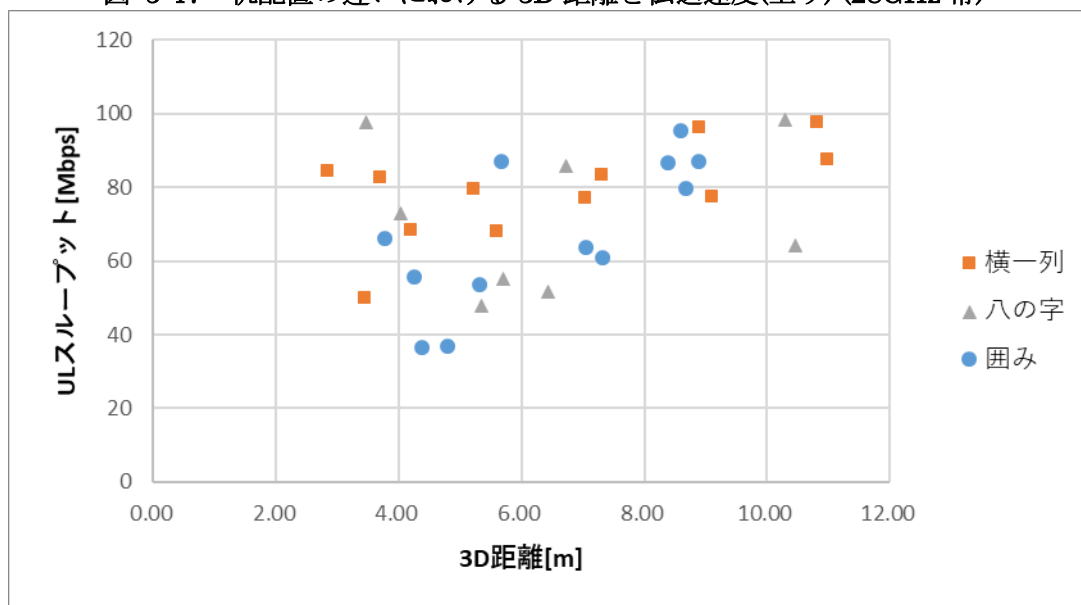


伝送速度（上り）については、横一列は平均 82Mbps であるのに対し、八の字は平均 82Mbps、囲みは平均 67Mbps となりました。

囲み配置が顕著に低下している理由として、遮蔽物により、UE からの送信が遮蔽されたことが原因であると考えられます。横一列及び八の字は、背面スクリーンによる反射波を受信できると想定されますが、囲みの場合、それに加えて机による遮蔽、反射が複雑になると想定されます。

伝送速度（下り）は基地局からの送信ですが、伝送速度（上り）は UE からの送信であり、相対的に出力が小さくなります。今回、受信電力の測定は基地局から UE 設置位置のみ測定しているため定量的な判断はできませんが、このことから基地局からの送信は遮蔽物の影響を受けない強度であったが、UE からの送信が遮蔽の影響で伝送速度が低下したと想定されます。

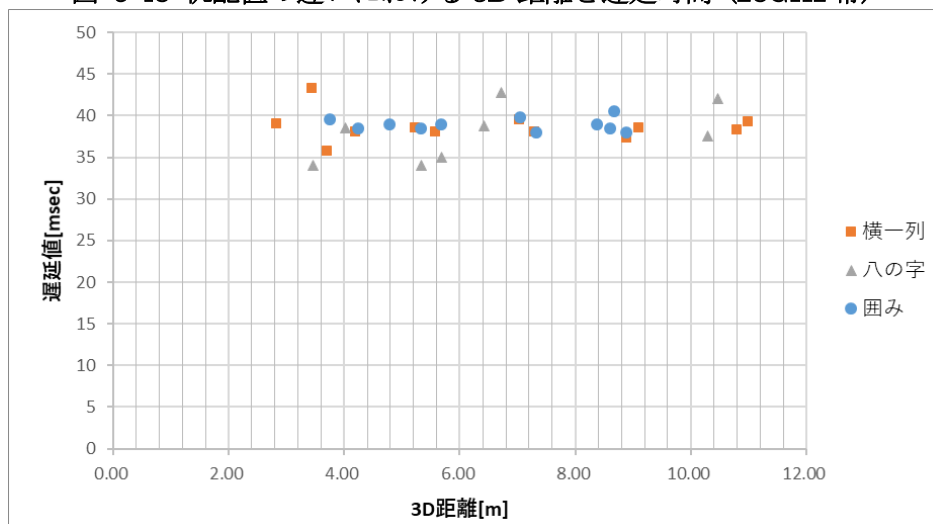
図 5-47 机配置の違いにおける 3D 距離と伝送速度(上り) (28GHz 帯)



● 遅延時間について

横一列は平均 38.6msec であるのに対し、八の字は平均 37.8msec、囲みは平均 38.9msec となりました。パターンによる差がほぼ無いことから、机配置による影響がないことが確認できました。

図 5-48 机配置の違いにおける 3D 距離と遅延時間 (28GHz 帯)



- パネルの有無による性能比較 (ア-4)

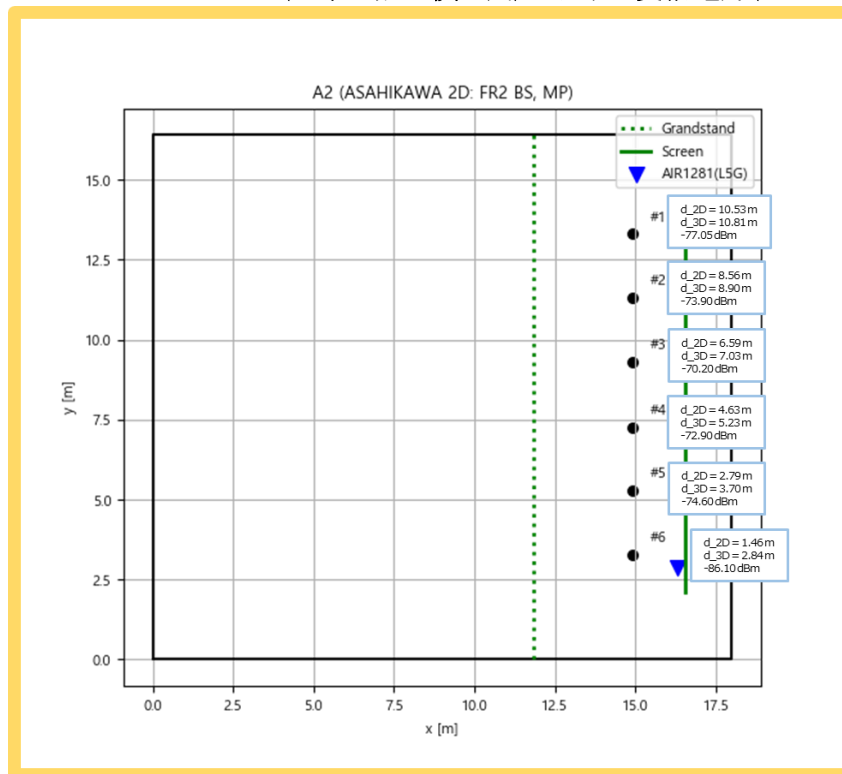
ア-1 がパネル有りであることに対して、ア-4 はパネル無しとなります。パネルの有無による差を比較します。測定地点についてはパネルの有無による差が大きいと考えられる机上の#1-#6における値としました。

- 受信電力について

パネル有りのパターン ア-1 の#1-#6における受信電力平均は-74.7dBm、パネル無しのア-4 の#1-#6における受信電力平均は-75.8dBm となりました。差は1.1dB であり、パネル有りのア-1 のほうが受信電力の値が良好な結果となりました。この差は、パネルによって受信電力が改善したわけではなく、測定の揺れの範囲であると考えられることから、パネルによる損失は無いと推定されます。

なお、参考として「アクリル板における透過減衰率」が 28GHz 帯でおよそ-0.9dB というデータがあります。今回使用したポリプロピレンのデータが無いため、参考として記載するものです。

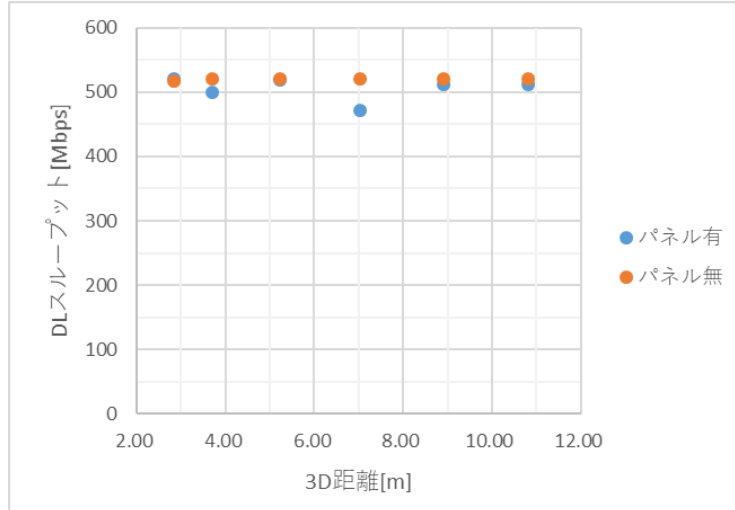
図 5-49 パターン ア-4(パネル無・横一列)における受信電力(28GHz 帯)



- 伝送速度について

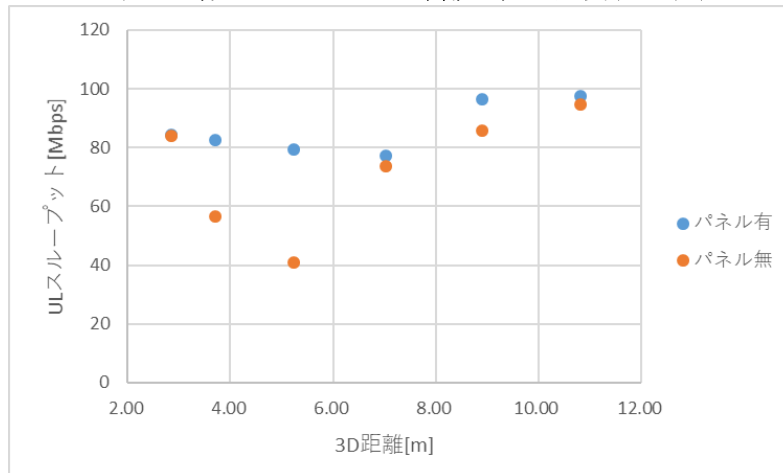
伝送速度(下り)については、パネル有りのパターン ア-1 の平均が 506Mbps とパネル無しのア-4 の平均が 520Mbps となりました。

図 5-50 パネルの有無における 3D 距離と伝送速度(下り) (28GHz 帯)



伝送速度(上り)については、パネル有りのパターン ア-1 の平均が 86Mbps とパネル無しのア-4 の平均が 72Mbps となりました。

図 5-51 パネルの有無における 3D 距離と伝送速度(上り) (28GHz 帯)

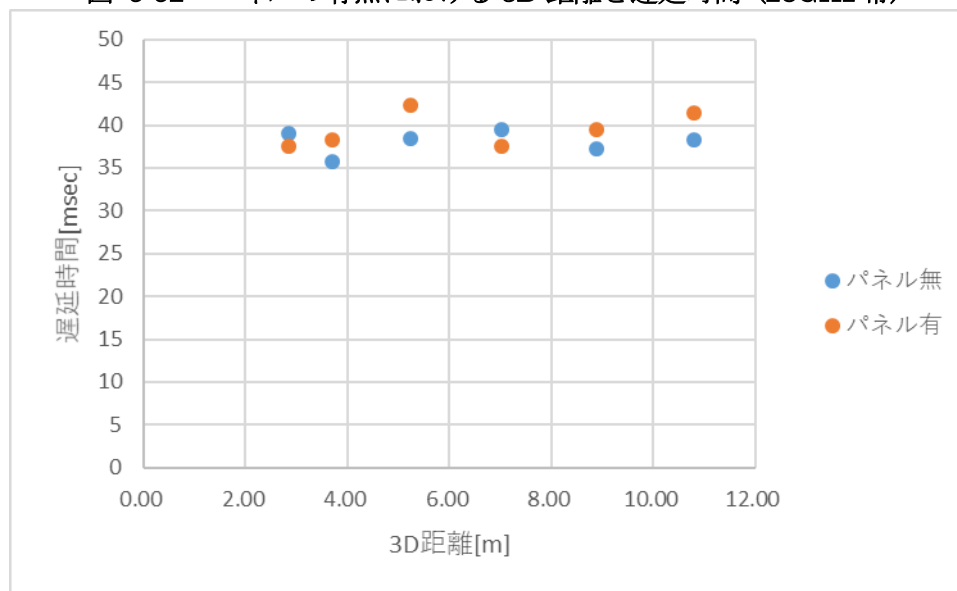


伝送速度 (下り)についてはほぼ差が無く、伝送速度 (上り)については、パネル無しのア-4 のほうがが良好な結果となりました。この差は前述の変調の差や測定の揺れの範囲であると考えられることから、パネル設置による伝送速度の低下は無いと推定されます。

- 遅延時間について

遅延時間については、パネル有りのア-1の平均が38.0msec、パネル無しのア-4の平均が39.4msecでした。パネル有無による差が軽微であることから、パネル設置による遅延時間への影響はないと推定されます。

図 5-52 パネルの有無における 3D 距離と遅延時間 (28GHz 帯)



- 人体遮蔽による性能比較 (ア-5)

ア-1 が人体遮蔽無しであることに対して、ア-5 は人体遮蔽有りとなります。人体遮蔽の有無による差を比較します。測定地点については机上及び机下の#1-#12 における値としました。

- 受信電力について

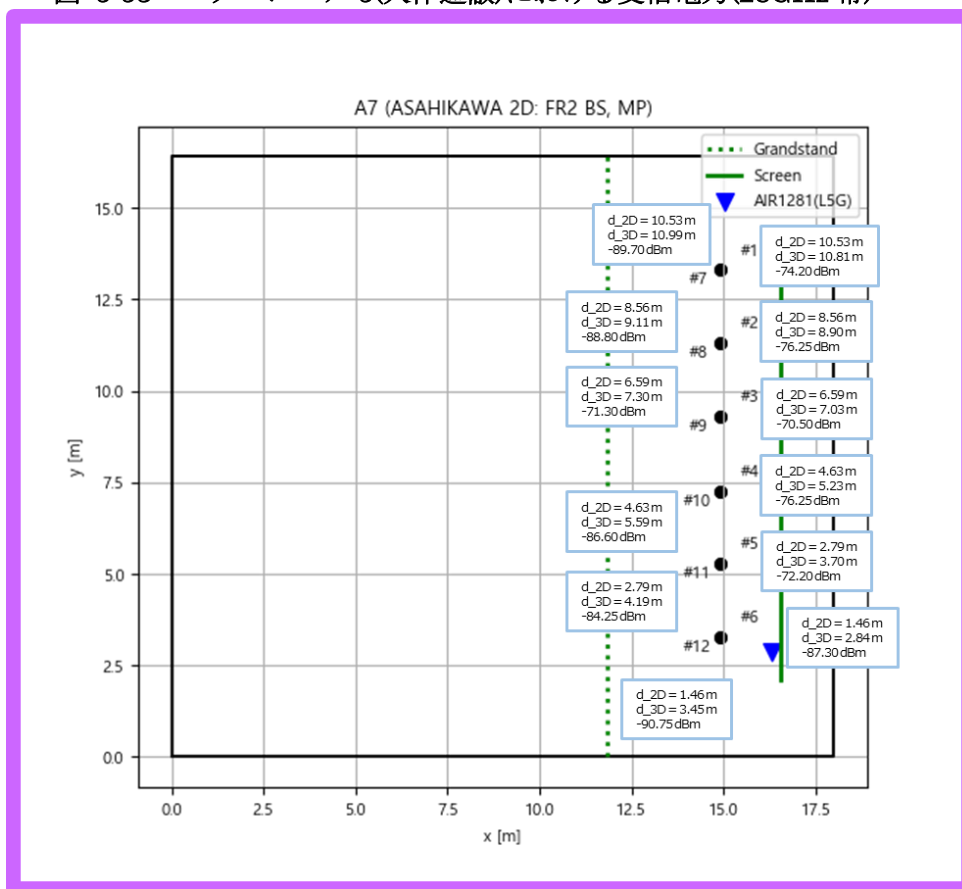
机上である#1-#6 において、人体遮蔽無しのア-1 の平均は-74.7dBm、人体遮蔽有りのア-5 の平均は-76.1dBm となりました。

机下である#7-#12 において、人体遮蔽無しのア-1 の平均は-78.0dBm、人体遮蔽有りのア-5 の平均は-85.2dBm となりました。

机上、机下ともに人体遮蔽有りの状態のほうが受信電力が低下する結果となりましたが、特に机下で顕著です。机上は 2dB 程度で軽微であるといえます。

これは机上では着座状態でも基地局と UE の間で見通しが効くため、実質ア-1 とほぼ変わらないのに対し、机下は机背面が人体で遮蔽され、机天板や机脚と併せて完全にふさがれた状態となるからと考えられます。

図 5-53 パターン ア-5(人体遮蔽)における受信電力(28GHz 帯)



- 伝送速度について

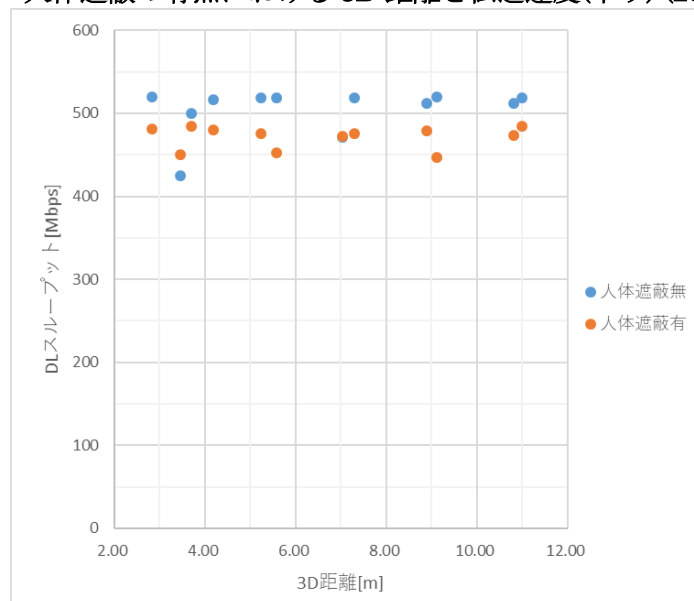
伝送速度(下り)について、

机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は506Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は477Mbpsとなりました。

机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は503Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は465Mbpsとなりました。

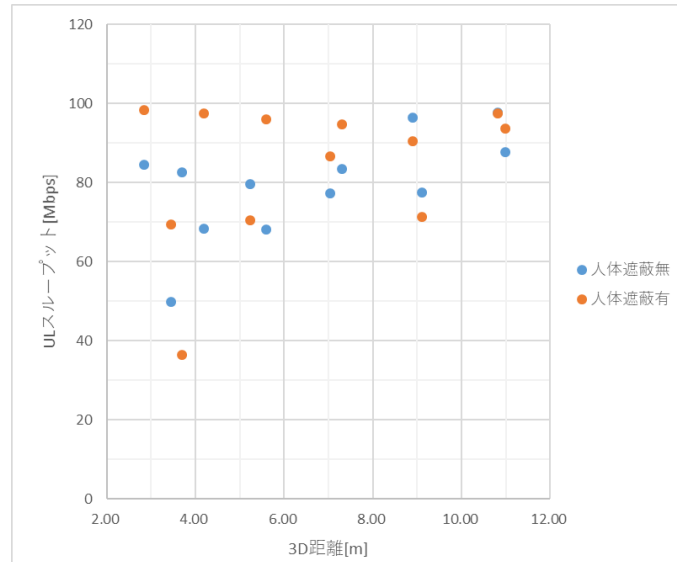
どちらも全体を通じて人体遮蔽有りの場合に30~40Mbps程度の低下がみられることから、人体遮蔽の影響があると思われます。

図 5-54 人体遮蔽の有無における3D距離と伝送速度(下り)(28GHz帯)



また、伝送速度(上り)については、
 机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は86.3Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は80.0Mbpsとなりました。
 机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は72.5Mbps、人体遮蔽有りのア-5の平均は87.1Mbpsとなりました。
 人体遮蔽の有無による差は見られませんでした。

図 5-55 人体遮蔽の有無における 3D 距離と伝送速度(上り) (28GHz 帯)



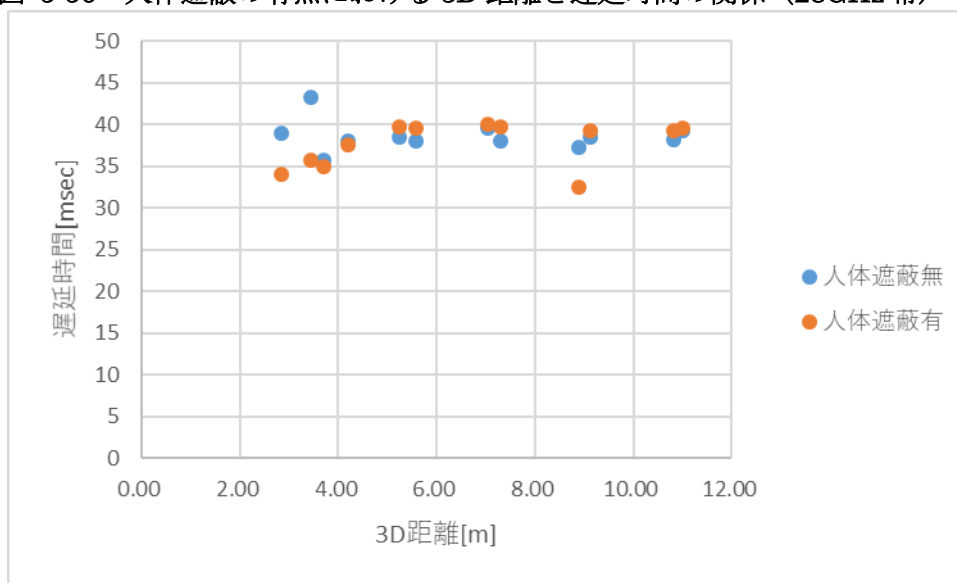
- 遅延時間について

机上である#1-#6において、人体遮蔽無しのア-1の平均は38.0msec、人体遮蔽有りのア-5の平均は36.8msecとなりました。

机下である#7-#12において、人体遮蔽無しのア-1の平均は39.2msec、人体遮蔽有りのア-5の平均は38.5msecとなりました。

人体遮蔽有無による差が軽微であることから、パネル設置による遅延時間への影響はないと推定されます。

図 5-56 人体遮蔽の有無における 3D 距離と遅延時間の関係 (28GHz 帯)



- 測定結果総論

- 目標：実環境において e スポーツの性能目標である伝送速度（上り）40Mbps、遅延時間 100msec の達成

【4.7GHz 帯】

・すべての測定地点及び測定条件において、目標としていた通信性能の伝送速度（上り）40Mbps、遅延時間 100msec を達成しました。遅延時間について、インターネット上のゲームサーバが集中すると想定される東京と、今回の測定地点である北海道の距離による遅延を 30msec と想定し、その値を足したとしても当初目標である 100msec を達成できる結果となりました。

・最高値はいずれも基地局から近距離のステージ上かつ机上にある測定ポイントでした。

表 5-22 測定結果（4.7GHz 帯）

	伝送速度(下り)	伝送速度（上り）	遅延時間
最高値	952Mbps (ア-2 #6)	74Mbps (ア-2 #4)	11.5msec (ア-1 #6)
最低値	633Mbps (ア-1 #19)	49Mbps (ア-3 #10)	35.5msec (ア-3 #6)
平均値	866Mbps	64Mbps	26.2msec

0内に測定パターン及び測定地点を示す

・観客席（基地局から距離が約 13m以上離れた地点）では、伝送速度（下り）平均 180Mbps、上り 9Mbps 程度伝送速度が低下し、おおよそ 20%程度の低下となりました。今回、実証アについては 2つ設置した 4.7GHz 帯の基地局のうちステージ脇のみから電波発射をしております。本基地局装置の推奨距離は半径 12.5m となることから、それを超えカバーエリアの端となり伝送速度が低下したものと考えられます。

【28GHz 帯】

・概ね目標としていた通信性能の伝送速度（上り）40Mbps、遅延時間 100msec を達成しました。遅延時間については、インターネット上のゲームサーバが集中すると想定される東京と、今回の測定地点である北海道の距離による遅延を 30msec と想定し、その値を足したとしても当初目標である 100msec を達成できる結果となりました。

・最高値はいずれも基地局から近距離のステージ上かつ机上にある測定ポイントでした。

表 5-23 測定結果 (28GHz 帯)

	伝送速度(下り)	伝送速度 (上り)	遅延時間
最高値	520Mbps (ア-4 #2,#4,#5)	98Mbps (ア-2 #1)	32.5msec (ア-5 #2)
最低値	351Mbps (ア-1 #17)	36.4Mbps (ア-3 #5、ア-5 #5)	43.2msec (ア-1 #12)
平均値	478Mbps	72Mbps	38.3msec

0内は測定パターン及び測定地点

・伝送速度(上り)は 4 つの測定ポイントにおいて 40Mbps を下回る結果となりました。

・ア-1 横一列 #17 39.2Mbps

この地点は伝送速度（下り）もア-1 の中で最も低い 351Mbps となっています。一方で受信電力については他の地点と遜色ないことから、変調方式が 64QAM から 16QAM になったことと、その他何らか理由があると想定されます。#17 の目の前には金属製の手すりがあり、その影響で反射波等が発生した可能性が考えられますが、明確な原因特定には至りませんでした。

・ア-3 囲み #5 36.4Mbps,#11 36.8Mbps

この 2 地点は同じ場所の机上、机下で基地局から 4.4m の地点となります。受信電力及び伝送速度（下り）についてはどちらも他の地点と遜色ありませんでした。ア-1 とは測定地点の配置が異なることから単純比較はできませんが、近似の地点としてはア-1 の#6,#12 が挙げられます。この場所はシミュレーションによると 28GHz 帯基地局の指向性から外れる地点であり受信電力が他に比べ低いことから、場所起因によるものと考えられます。

・ア-5 横一列・人体遮蔽 #5 36.4Mbps

この地点はステージ・机上で基地局から 3.7m の場所です。本測定箇所では人体遮蔽無しであるア-1 の同じ地点と比較し、受信電力は 1.8dB 向上、伝送速度（下り）は 16Mbps(3%) 低下、遅延時間は 0.8msec 短い、というように大きな差はなく、伝送速度（上り）のみ 44% 低下する結果となりました。ほかの地点ではこの地点のように極端な伝送速度（上り）の低下は見られなかったことから、人体遮蔽の有無による差でもないといえます。したがって測定のタイミングで変調方式が 64QAM から QPSK になり、1/3 程度まで低下したと想定されます。

➤ 机配置パターンや競技者等の遮蔽物の影響による通信性能低下

・4.7GHz帯において、遮蔽物による受信電力、伝送速度及び遅延時間への影響は以下のとおりです。

人体：伝送速度（上り） 7～8Mbps 程度低下
人体：遅延時間 5msec 程度増大

表 5-24 遮蔽物による影響有無（4.7GHz帯）

	受信電力	伝送速度（下り）	伝送速度（上り）	遅延時間
机	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
パネル	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
人体	影響なし	影響なし	影響あり	影響あり

・28GHz帯において、遮蔽物による受信電力、伝送速度及び遅延時間への影響は以下のとおりです。

机：伝送速度（上り） 15bps 程度低下
人体：受信電力 7.2dB 程度低下
人体：伝送速度（下り） 30Mbps～40Mbps 程度低下

表 5-25 遮蔽物による影響有無（28GHz帯）

	受信電力	伝送速度（下り）	伝送速度（上り）	遅延時間
机	影響なし	影響なし	影響あり	影響なし
パネル	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
人体	影響あり	影響あり	影響なし	影響なし

(7) 考察

技術的課題の解決方策と技術的課題については下記のとおりです。

● 技術的課題の解決方策

・通信性能

距離が離れるにつれて受信電力や伝送速度、遅延時間が下がっていることから、UE を使用する位置と基地局を設置する位置から、必要な伝送速度や遅延時間を満たすエリア設計の検討が必要になります。また変調方式の状態によっても伝送速度への影響が大きいといえます。変調方式は機器側で自動的に変わってしまうことから、なるべく効率の良い変調方式が利用できる状態が望ましいといえ、その一例として受信電力の値を高く保つことが挙げられます。e スポーツ施設のような屋内環境では可能な限りシミュレーションツール等を活用し、高度なエリア設計を行うことが推奨されます。

・机配置

机の遮蔽による大きな影響は見られませんでした。軽微ながら受信電力や伝送速度の低下がみられることから、基地局と UE の間は可能な限り机の遮蔽のない形での設置が望ましいといえます。e スポーツに用いられるゲーミング PC は机下に設置されることが多いですが、UE は机上に設置する等、設置に当たっては見通し確保の工夫をすることが必要と考えられます。

・飛沫防止パネル

新型コロナウイルス感染防止対策として、飛沫防止パネル（ポリプロピレン製プラスチック段ボール）を各競技者間に設置しましたが、このパネルによる受信電力や伝送速度、遅延時間の低下はみられませんでした。

・人体遮蔽

人体遮蔽の影響により 4.7GHz 帯においては伝送速度（上り）、遅延時間に、28GHz 帯においては受信電力、伝送速度（下り）の低下が確認できました。

特に 28GHz 帯での影響が大きいと想定しておりましたが 4.7GHz 帯についても影響があることから、使用する周波数帯に限らず基地局と UE の間は可能な限り人体遮蔽のない形での設置が望ましいといえます。e スポーツでは必ず競技者がいますが、例えば UE は机上に設置することで見通し確保する等の工夫が必要と考えられます。

● 更なる技術的課題

・各遮蔽物における損失のモデル化、蓄積

エリア設計に当たり机上で遮蔽の影響を事前検討するためには、人体遮蔽や、各素材における遮蔽損を考慮することが必要であり、特にローカル 5 G で用いられる周波数帯について、これらデータの更なる検証、蓄積が必要と思われます。

● 伝搬損失 (Path Loss) モデルの分析

本実証環境において、指定の伝搬損失モデルからの差分を分析し、e スポーツ施設のような屋内閉空間における電波伝搬モデル式の補正を行いました。

指定の伝搬損失モデル

・ 4.7GHz 帯基地局

$$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8$$

where Pr: 受信レベル(受信電力) [dBm]

Pt: 送信電力(基地局の空中線電力) [dB]

Gt: 送信アンテナ利得 [dBi]

Lf: 基地局の給電線損失 [dB]

Gr: 受信アンテナ利得 [dBi]

L: 伝搬損失(注) [dB]

・ 28GHz 帯基地局

$$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 4$$

where Pr: 受信レベル(受信電力) [dBm]

Pt: 送信電力(基地局の空中線電力) [dB]

Gt: 送信アンテナ利得 [dBi]

Lf: 基地局の給電線損失 [dB]

Gr: 受信アンテナ利得 [dBi]

L: 伝搬損失(注) [dB]

(注)中規模の屋内会場に閉じた電波伝搬となるため、伝搬損失 L は自由空間伝搬損失式により算出することとしました。

分析手順としては、下記の表のとおりです。

表 5-26 伝搬損失モデルの分析手順

項番	分析手順
1	測定ポイントごとの得られた受信電力から、帯域補正 (エリアテスタで得られる SS-RSRP 値はリソースエレメント帯域での受信電力であるため) を実施したのち、Friis 伝送方程式に従って、各測定ポイントの伝搬路損失 (パスロス) を算出しました。 ※本実証環境は、中規模の屋内会場に閉じた電波伝搬となるため、伝搬損失 L は自由空間伝搬損失式により算出することとしました。
2	算出に当たり Pt は 4.7GHz 帯、28GHz 帯でそれぞれ 24dBm・16.2dBm と設定しました。
3	Gt については、4.7GHz 帯は比較的アンテナの指向性が広く 4 つの送信機で全方位がカバーされることより一律 4dBi としました。また、28GHz については、垂直面内の指向性が特に強いため、測定ポイントごとに利得補正を実施しました。
4	各測定ポイントの伝搬路損失 (パスロス) を送信点からの 3 次元距離 (以下、3D 距離と表記) でプロットし、3D 距離との相関関係を統計的に分析しました。
5	参考のため各測定ポイントの受信電力 (エリアテスタで得られる SS-RSRP 値) も 3D 距離でプロットし、3D 距離との相関関係を統計的に分析しました。

6	測定ポイントは、送信点との間で見通しが取れる（LOS）ポイントと見通しが取れない（NLOS）ポイントが存在するため、測定ポイントを区分した分析も実施しました。
---	---

分析結果を下記に示します。

- ・測定サンプルの統計処理においては、指定の伝搬損失モデルに対する常数補正が、4.7GHz帯、28GHz帯でそれぞれ0.26dBと0.02dBであり、よく一致する結果となりました。
- ・測定サンプルにおいてLOSとNLOSが区別できる場合は、4.7GHz帯、28GHz帯でそれぞれ+6.29/-2.36、+5.26/-5.12dBの補正を加えることでRMSEを最小化しました。すなわち、本測定サンプルを得た屋内会場のような環境において、見通しが確保できる受信点においては、指定の伝搬損失モデルに対して、5-6dB程度受信強度が増す結果となりました。
- ・全測定サンプルを対象とした指定の伝搬損失モデルの最小二乗誤差（RMSE値）が4.7GHz帯で5.85dB、28GHz帯で6.57dBとなっており、一定のバラつきが出ていることが分かりました。
- ・原因としては、LOS/NLOSの混在の影響もあるが、その他にも複数の要因が考えられます。
 - ① 各受信点において、（任意のAZ角とEL角方向における送信アンテナの利得の開示がなされなかったため）対応する送信アンテナ利得の正確な把握が困難でした。
 - ② 送信基地局は、4.7GHz帯も28GHz帯も異なる偏波面の送信機を組み合わせしており、受信点における偏波識別度が多少影響している可能性があります。
 - ③ 屋内電波伝搬環境であり、天井・床・壁等からの（マルチパス伝搬による）反射波が受信点に到来している可能性が高いです。

以上の分析結果より、推定されるパスロスより大きめの損失が観測される地点では、NLOSによる遮蔽損に加え、本来考慮すべき偏波識別度を含めた送信アンテナ利得の差分が影響していると予想されます。逆に推定されるパスロスより小さめの損失が観測される地点では、LOSによる補正に加え、マルチパス伝搬による到来反射波の受信電力も重畳されている等の原因も考えられます。

補正されたIndoor適用モデルとして下記のとおり示します。

4.7GHz帯基地局

. LOS/NLOS 全体 モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8 + 0.26$
. LOS モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8 + 6.29$
. NLOS モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 8 - 2.36$

28GHz帯基地局

. LOS/NLOS 全体 モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 4 + 0.02$
. LOS モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 4 + 5.26$
. NLOS モデル:	$Pr = Pt + Gt - Lf + Gr - L - 4 - 5.12$

5.4 ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等（技術実証イ）

5.4.1 キャリア5Gエリア内におけるローカル5Gの影響評価及び離隔距離短縮に対する影響の評価（技術実証イ（1））

（1）実施概要と目標

構築したローカル5Gの実証環境において、20m程度及び2m程度離れた地点からそれぞれキャリア5Gとローカル5G、ローカル5G同士の電波を発射した状態で、様々な組み合わせパターンでの受信電力、伝送速度及び遅延時間を測定し、併用時の通信性能低下の有無を指標とした離隔距離の変更に伴う共用条件を検討しました。

eスポーツ施設においては、建物の都合により基地局の設置位置が制約されるケースも多く、近接が避けられない条件下においてもキャリア5Gとローカル5Gの併用が可能なことが望ましいと考えます。

ローカル5Gからキャリア5Gへの影響については、既存の無線システムに影響を与えないことが本実証の前提となっており、無線局免許申請の過程における事業者間干渉調整の結果に基づきローカル5Gからキャリア5Gへの影響がないことを机上で確認済みとなります。またローカル5G同士も周波数帯が離れていることから互いの通信に大きな影響は発生しないと想定されますが、5章3節（6）の検証で得られた受信電力等の結果と比較し、eスポーツ施設内での共用条件を考察しました。

図 5-57 離隔距離 20m 程度 側面図及び平面図

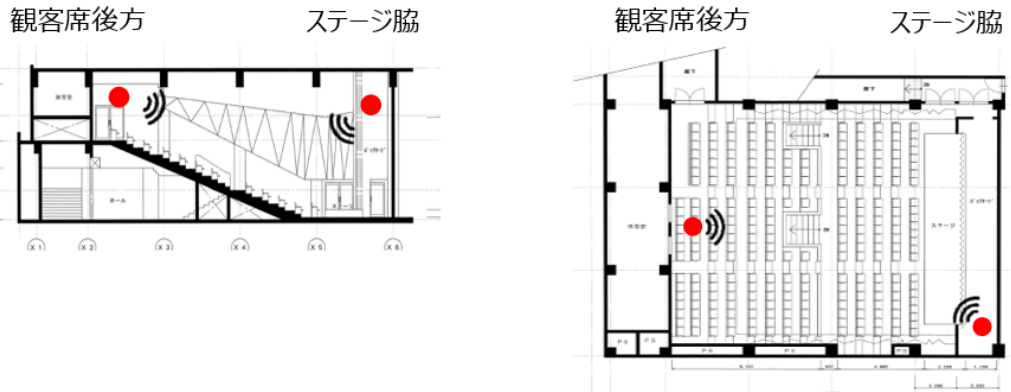
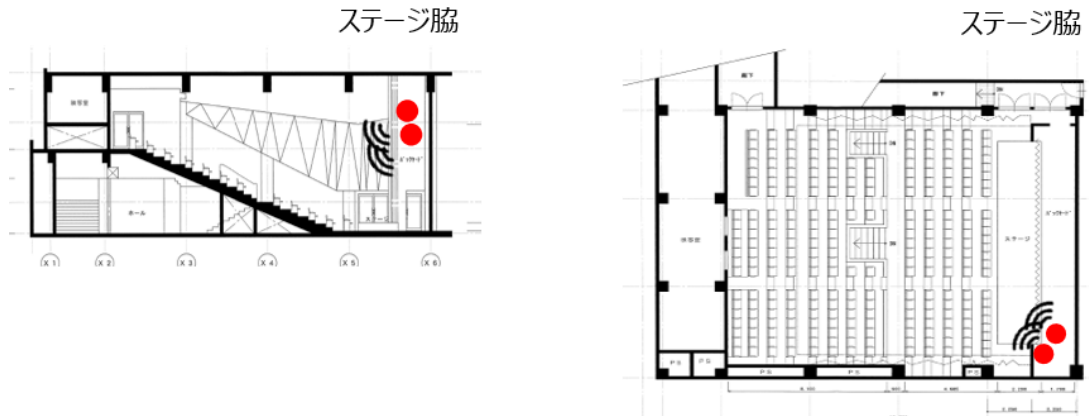


図 5-58 離隔距離 2 m 程度 側面図及び平面図



(2) 評価・検証項目

測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-27 測定項目一覧

項目	条件
受信電力	測定用端末で受信する RSRP 値。
伝送速度（上り）	伝送速度の上り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
伝送速度（下り）	伝送速度の下り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
遅延時間	ExPingを使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。

(3) 評価・検証方法

本検証に際しての条件は、以下の表のとおりです。

表 5-28 測定項目一覧

項目	条件
測定パターン	5パターン
測定箇所	e スポーツ施設内 12箇所
測定区間	無線区間
計測評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・受信電力 1か所につき 100 サンプル測定し、中央値を測定結果としました。 ・伝送速度、遅延時間 測定は 1か所につき 30 回測定し、平均値を測定結果としました。

離隔距離の条件は、以下の表のとおりです。

表 5-29 離隔距離に関する条件一覧表

離隔距離	概要
20m 程度	キャリア 5 G (4.5GHz 帯) 及びローカル 5 G (28GHz 帯) はステージ脇より電波を発射し、ローカル 5 G (4.7GHz 帯) は観客席後方より電波を発射しました。
2 m 程度	キャリア 5 G (4.5GHz 帯)、ローカル 5 G (4.7GHz 帯)、ローカル 5 G (28GHz 帯) はステージ脇より電波を発射しました。

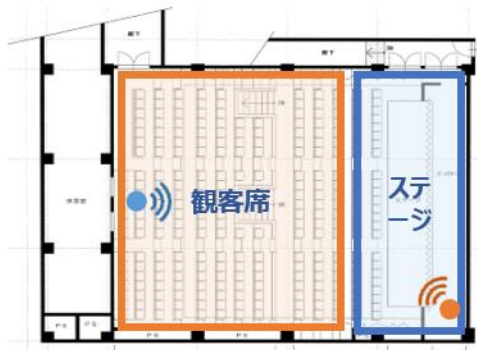
離隔距離短縮に対する無線性能評価について、電波の発射位置と種類別に 5 パターンの測定を行いました。本検証に際して実施した測定パターンは、以下の表のとおりです。

表 5-30 測定パターン

パターン	離隔距離	C5G	L5G 4.7GHz 帯		L5G 28GHz 帯
		ステージ脇	観客席後方	ステージ脇	ステージ脇
イ-(1)-1	20m 程度	発射	発射	—	—
イ-(1)-2	2 m 程度	発射	—	発射	—
イ-(1)-3	20m 程度	発射	発射	—	発射
イ-(1)-4	2 m 程度	発射	—	発射	発射
イ-(1)-5	2 m 程度	発射	—	—	発射

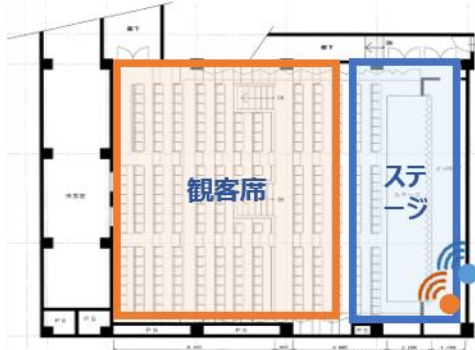
図 5-59 電波発射パターン

イ-(1)-1



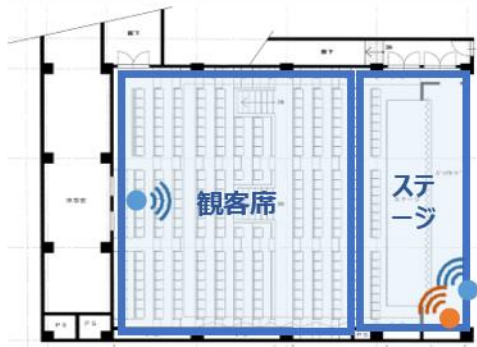
L5G(4.7GHz帯) C5G(4.5GHz帯)

イ-(1)-2



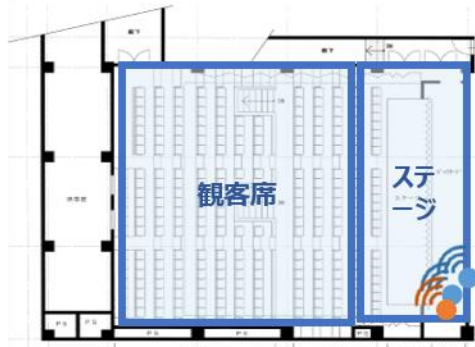
L5G(4.7GHz帯)
C5G(4.5GHz帯)

イ-(1)-3



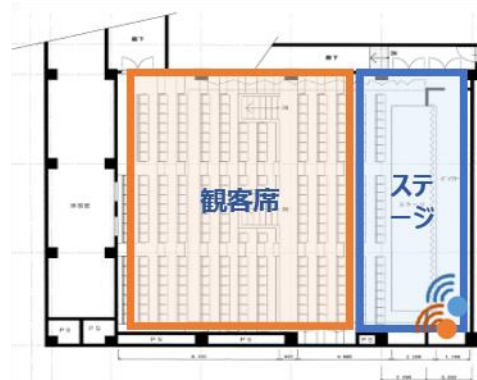
L5G(4.7GHz帯) L5G(28GHz帯)
C5G(4.5GHz帯)

イ-(1)-4



L5G(28GHz帯)
L5G(4.7GHz帯)
C5G(4.5GHz帯)

イ-(1)-5



L5G(28GHz帯)
C5G(4.5GHz帯)

図 5-60 測定箇所

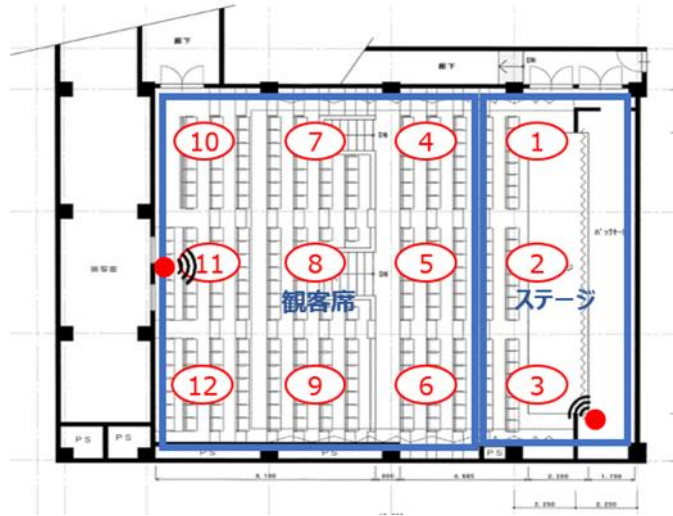


図 5-61 基地局と測定箇所の位置関係イ-(1)-1

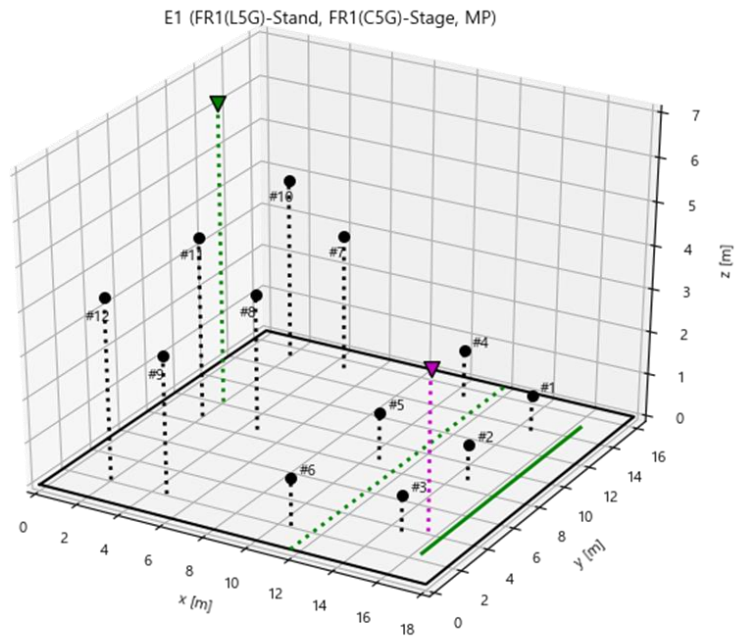


図 5-62 基地局と測定箇所的位置関係イ-(1)-2

E2 (FR1(L5G)-Stage, FR1(C5G)-Stage, MP)

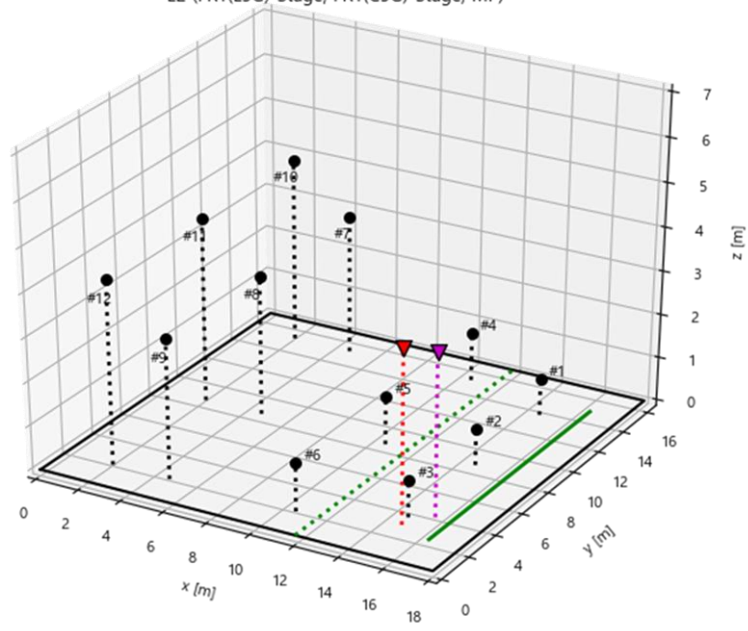


図 5-63 基地局と測定箇所的位置関係イ-(1)-3

E3 (FR1(L5G)-Stand, FR2(L5G)-Stage, FR1(C5G)-Stage, MP)

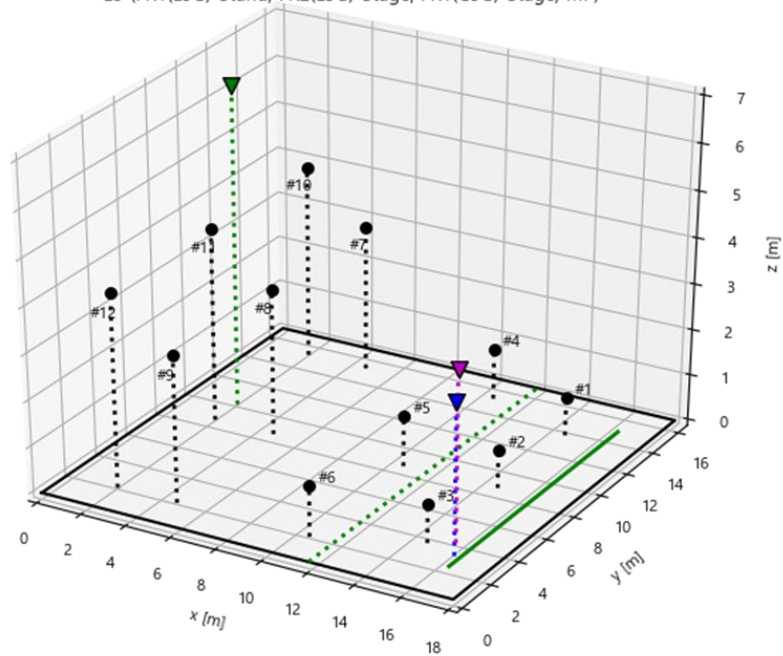


図 5-64 基地局と測定箇所との位置関係イ-(1)-4

E4 (FR1(L5G)-Stage, FR2(L5G)-Stage, FR1(C5G)-Stage, MP)

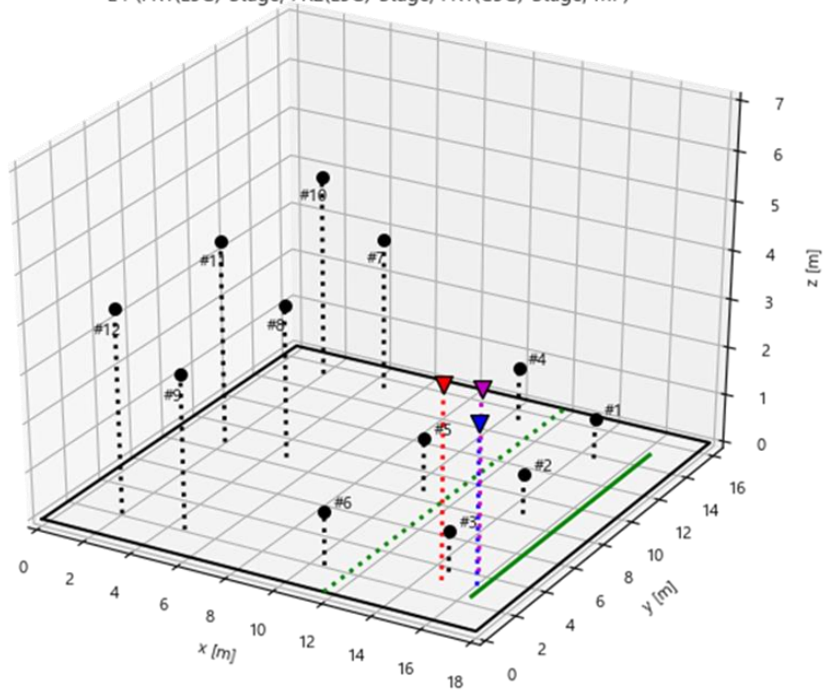
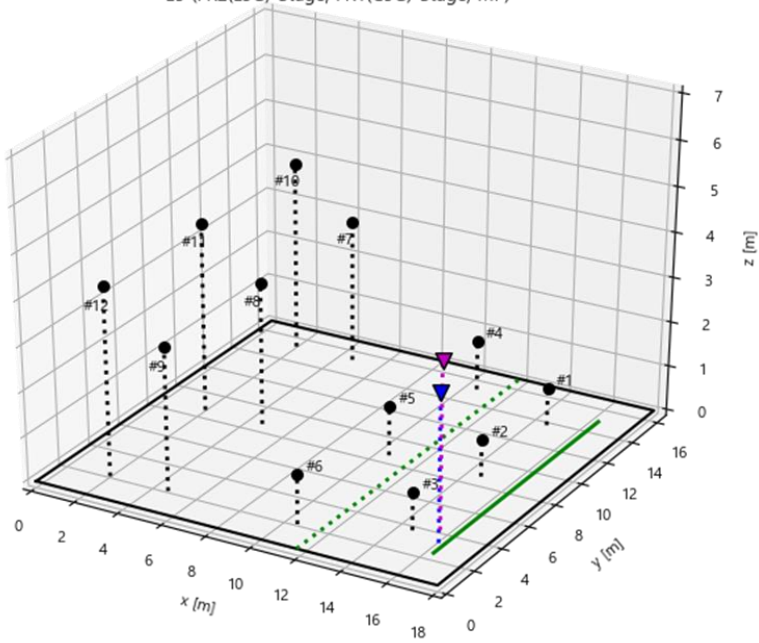


図 5-65 基地局と測定箇所との位置関係イ-(1)-5

E5 (FR2(L5G)-Stage, FR1(C5G)-Stage, MP)



本検証に際して実施した測定手順は、以下の表のとおりです。

表 5-31 試験手順

工程	実施内容
1	キャリア 5 G 基地局及び観客席後方のローカル 5 G (4.7GHz帯) 基地局から同時に電波を発射しました。
2	図5-4-1-3-2で定めた測定箇所、表5-4-1-2-1に定めた項目を測定しました。
3	観客席後方のローカル 5 G (4.7GHz帯) 基地局を停波したのち、ステージ脇のローカル 5 G (4.7GHz帯) 基地局より電波を発射し、(工程 2) を実施します。キャリア 5 G 基地局からの離隔距離が異なるローカル 5 G 基地局の電波発射有無を切り替えることで、離隔距離を変更しました。
4	電波発射する基地局の組み合わせを順次変更しながら、各パターンで(工程 2) を実施しました。

(4) 検証結果

➤ 受信電力について

測定パターンごとの受信電力値は、下記のとおりとなりました。

【4.7GHz 帯における測定結果】

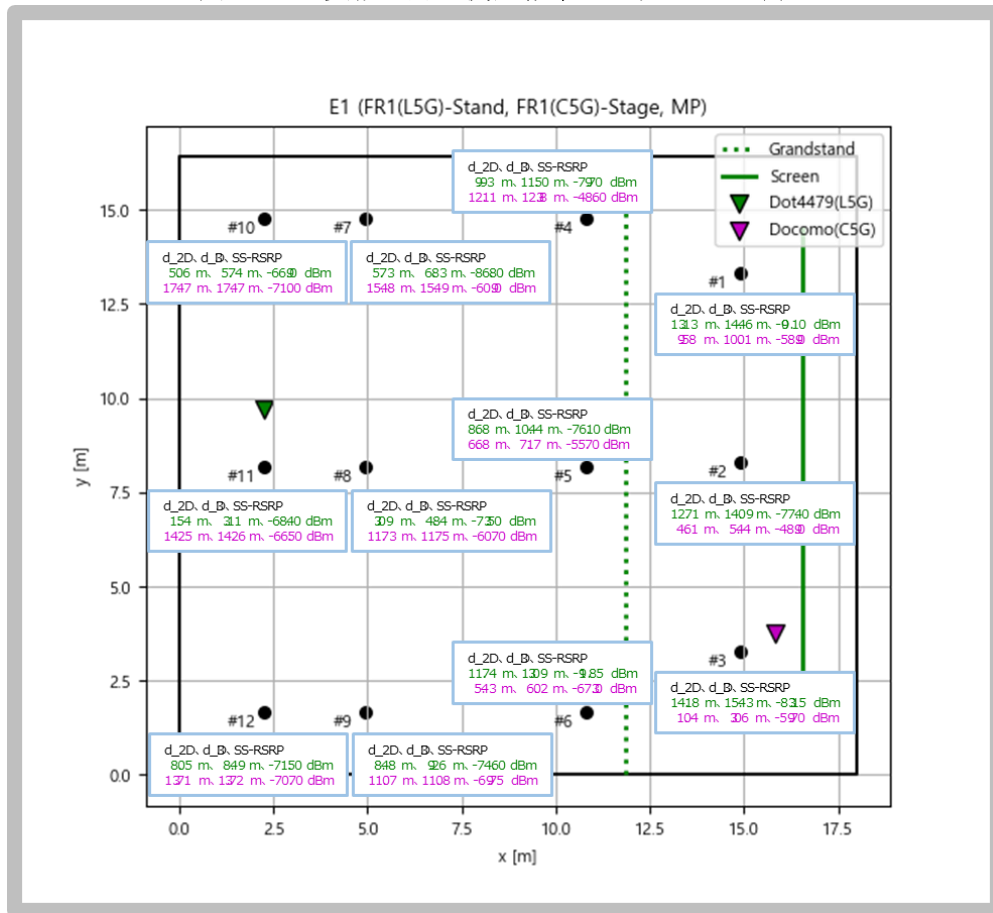
受信電力については、実証アのうち測定地点#1、#3、#6、#13-#21 における平均は-76.4dBm であるのに対し、イ-(1)-1 は平均-78.33dBm、イ-(1)-2 は平均-78.0dBm、イ-(1)-3 は平均-79.7dBm、イ-(1)-3 は平均-77.8dBm でした。差は軽微であり、キャリア 5 G やローカル 5 G (28GHz 帯) による影響は無いといえます。

【28GHz 帯における測定結果】

受信電力については、実証アのうち測定地点#1、#3、#6、#13-#21 における平均は-82.8dBm であるのに対し、イ-(1)-3 は平均-83.4dBm、イ-(1)-4 は平均-84.4dBm、イ-(1)-5 は平均-84.1dBm でした。差は軽微であり、キャリア 5 G やローカル 5 G (4.7GHz 帯) による影響は無いといえます。

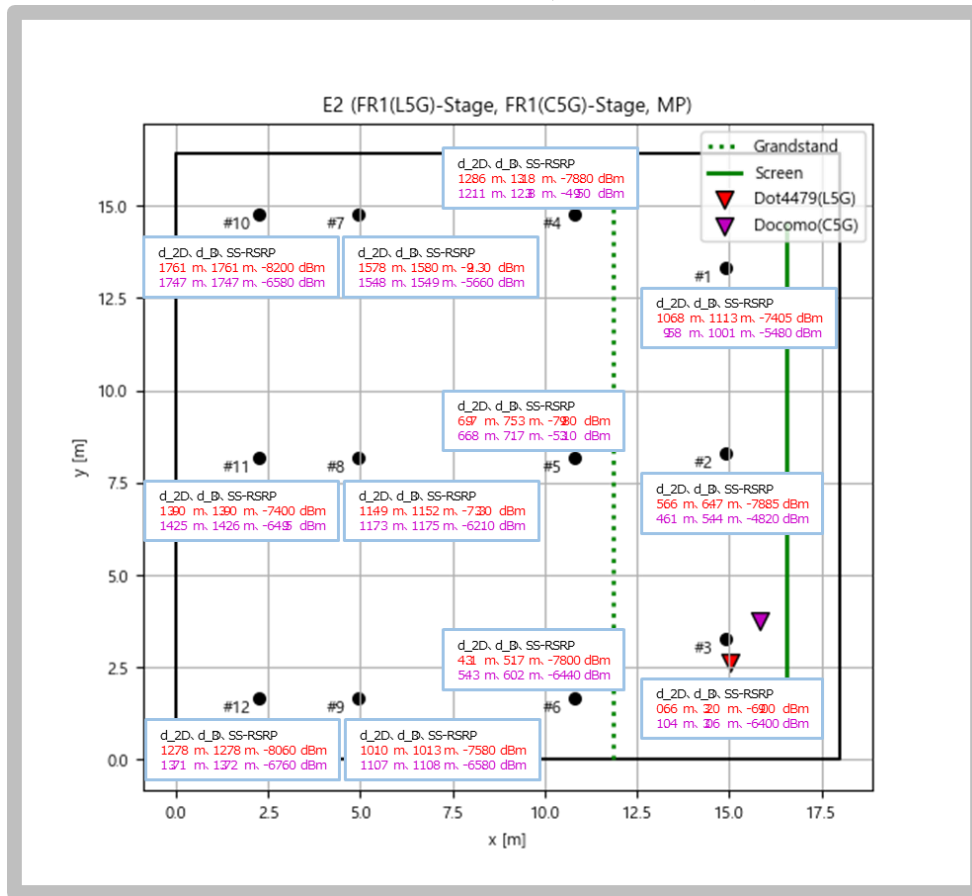
・イ-(1)-1

図 5-66 受信電力の測定結果プロット イ-(1)-1



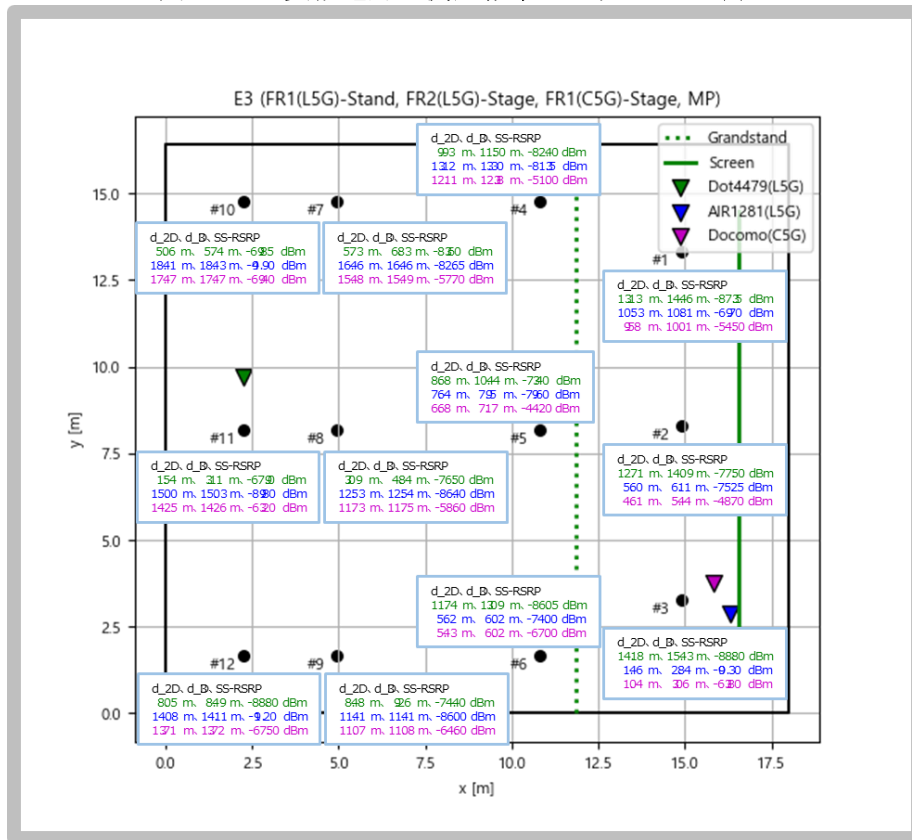
・イ-(1)-2

図 5-67 受信電力の測定結果プロット イ-(1)-2



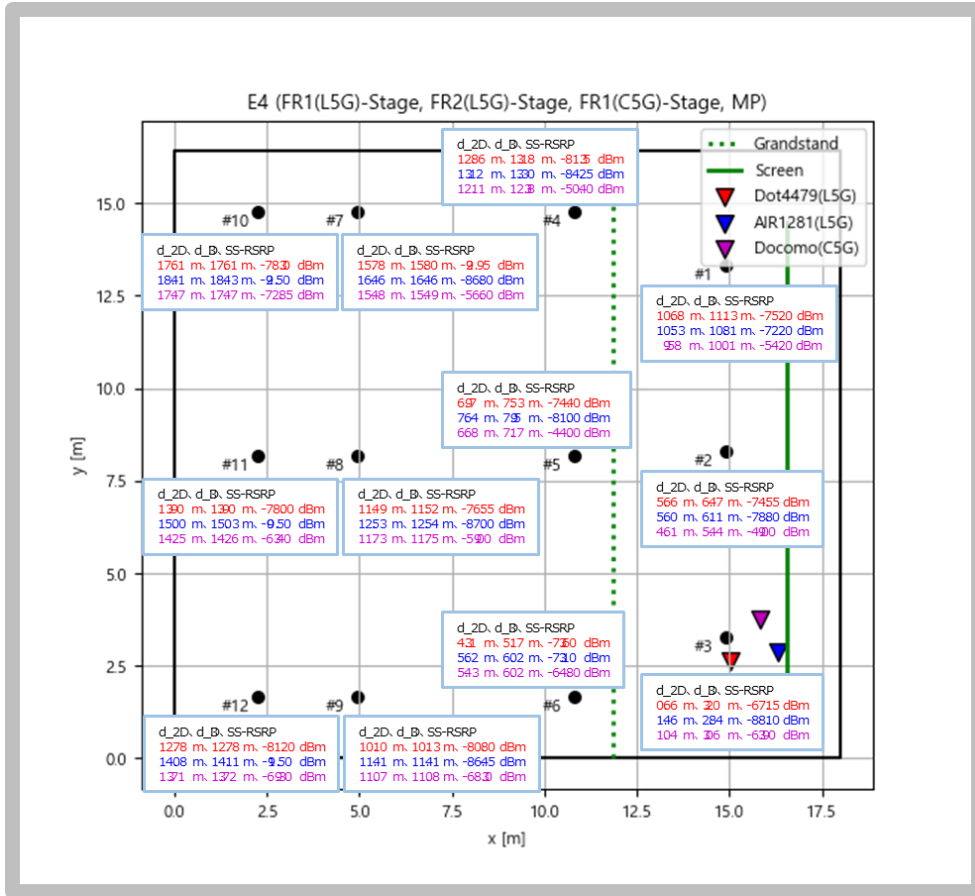
・イ-(1)-3

図 5-68 受信電力の測定結果プロット イ-(1)-3



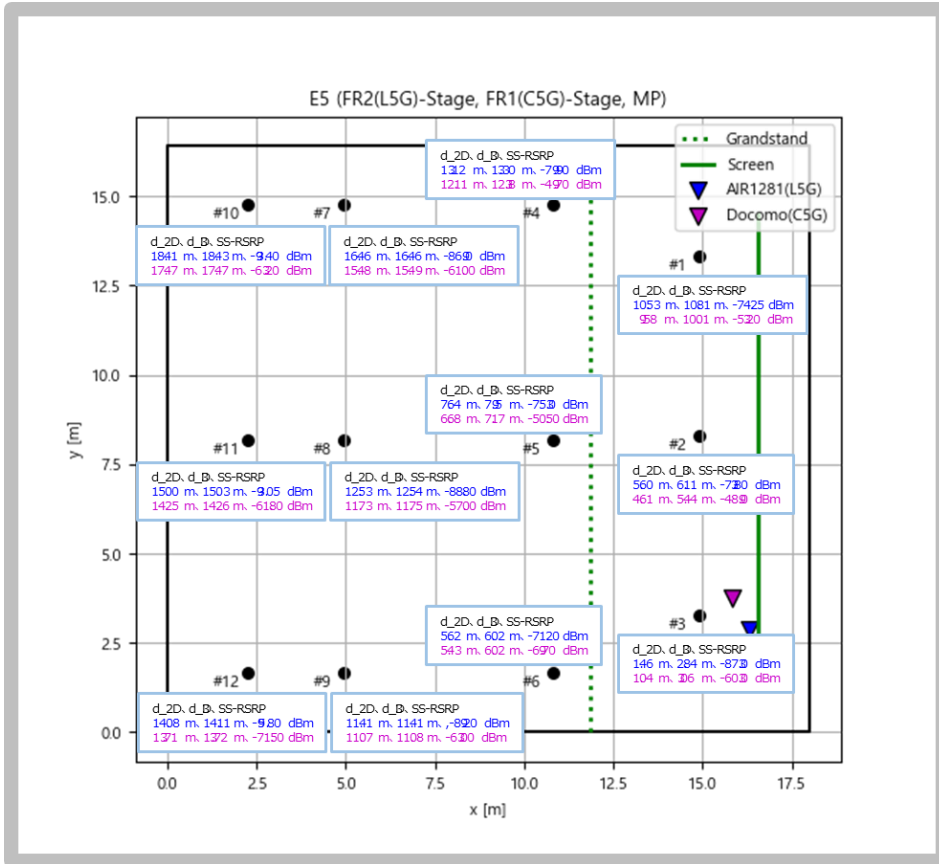
・イ-(1)-4

図 5-69 受信電力の測定結果プロット イ-(1)-4



・イ-(1)-5

図 5-70 受信電力の測定結果プロット イ-(1)-5



- 伝送速度について

測定パターン別の伝送速度比較結果は、以下の表のとおりとなりました。

表 5-32 共用環境下での伝送速度比較

パターン	スループット(Mbps)							
	C5G				L5G(4.7GHz帯)		L5G(28GHz帯)	
	DoCoMoスピードテスト		Googleスピードテスト		iPerf2 UDP		iPerf2 UDP	
測定ツール	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り
イ-(1)-1	91.55	724.16	79.66	530	80.3	875.75	—	—
イ-(1)-2	93.88	756.74	79.07	560.16	76.19	816.5	—	—
イ-(1)-3	99.45	776.06	76.1	341.24	77.22	885.08	68.97	446.08
イ-(1)-4	90	728.41	82.78	510.05	72.40	842	80.33	477.41
イ-(1)-5	91.64	656.76	84.1	344.03	—	—	82.48	500.25

※L5G(4.7GHz 帯)の緑字は 20m 程度(観客席後方)、赤字は 2m 程度(ステージ脇)となります。

【4.7GHz 帯における測定結果】

伝送速度の平均値は、ステージ脇発射(離隔 2m 程度)は下り:829Mbps、上り:74Mbps、観客席後方発射(離隔 20m程度)は下り:880Mbps、上り:79Mbps でした。キャリア 5 G を発射していない状態である技術実証ア(机上 6 箇所・客席 9 箇所)の平均値である下り:820Mbps、上り:69Mbps と比較して、ステージ脇発射時の数値(離隔 2m 程度)についてはほぼ差はありませんでした。キャリア 5 G 発射の差以外は同条件であることから、キャリア 5 G を発射したことによる伝送速度の低下は見られませんでした。

一方で観客席後方発射(離隔 20m程度)は下り 7%、上り 14%ほど伝送速度の平均値が向上する結果となりました。これは実証(ア)ではステージ脇の 4.7GHz 帯基地局のみを使用したのに対して、本測定のイ-(1)-1 及びイ-(1)-3 では観客席後方の 4.7GHz 帯基地局を使用したことで、ローカル 5 G 基地局と UE の間の距離及び見通し状況が短縮されたことが要因と考えられます。したがってキャリア 5 G を発射したことによる伝送速度の低下は見られませんでした。ステージ脇発射(離隔 2m 程度)、観客席後方発射(離隔 20m程度)の結果を比較し、どちらもローカル 5 G の伝送速度の低下は見られないことから、キャリア 5 G 基地局との離隔距離による伝送速度への影響は見られないと判断できます。

【28GHz 帯における測定結果】

伝送速度の平均値は、下り:475Mbps、上り:77Mbps でした。キャリア 5 G を発射していない状態である技術実証ア(机上 6 箇所・客席 9 箇所)の平均値である下り:458Mbps、上り:69Mbps と比較し、ほぼ差はありませんでした。したがって、キャリア 5 G を発射したことによる伝送速度に与える影響は見られないと判断することができました。

【(参考) キャリア 5 G における測定結果】

ローカル 5 G からキャリア 5 G への影響については、DoCoMo スピードテスト及び Google スピードテストでの伝送速度測定結果が、ローカル 5 G との離隔状況に関わらず大きな差分はないことから、ほぼ影響はないと判断することができました。

イ-(1)-1 からイ-(1)-5 の各パターンにおける伝送速度測定結果の詳細は、以下の表のとおりです。

・イ-(1)-1

表 5-33 共用環境下での伝送速度比較

	スループット(Mbps)					
	L5G 4.7GHz帯		C5G 4.5GHz帯			
	iPerf2 (UDP)		ドコモスピードテスト		Googleスピードテスト	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	74.8	839	122.5	727.3	89.5	369.6
2	74.7	895	93.3	603.5	85.9	503.4
3	77.7	838	116.3	661.5	75.4	596.3
4	82.1	838	113.7	722	95.3	608.7
5	82.8	871	58.3	589.2	85.7	366.5
6	82.4	886	76.2	781.3	70.6	415.1
7	82.2	810	86.3	666.8	55.7	377.5
8	79.8	855	94.3	831.4	73.3	624
9	81.6	918	75.9	846	86.2	672.8
10	80.8	826	60.3	622.6	86.2	672.8
11	81.6	919	101	779	79.5	779
12	83.1	933	100.5	859.4	72.7	859

表 5-34 共用環境下での伝送速度比較

	スループット(Mbps)					
	L5G 4.7GHz帯		C5G 4.5GHz帯			
	iPerf2 (UDP)		ドコモスピードテスト		Googleスピードテスト	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	80.7	874	107.1	733	62	534.2
2	82.5	894	97.1	907.5	65.2	638.2
3	82.7	945	96.1	834.5	91.5	597.9
4	78.4	837	99.2	816.3	87.2	624.2
5	73.9	885	103.2	677.3	86.8	508.9
6	75.9	847	78.4	841.6	83.8	579.6
7	67.3	741	91.8	674.1	84.3	608
8	74.9	788	95.2	654.8	86	549.3
9	74.3	815	86.2	761.6	76.5	490.7
10	75.1	684	84.2	767.1	65.7	539.5
11	74.5	777	84	687.9	74.6	545.6
12	74.1	711	104.1	725.2	85.3	505.9

表 5-35 共用環境下での伝送速度比較

	スループット(Mbps)							
	L5G (4.7GHz帯)		L5G (28GHz帯)		C5G(4.5GHz帯)			
	iPerf2 (UDP)		iPerf2 (UDP)		ドコモスピードテスト		Googleスピードテスト	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	77.2	842	54.1	451	114.7	909.8	99.3	363
2	76.9	894	62.6	439	98.2	966	83.5	304.2
3	76.7	820	67.4	517	100.5	841.1	78.7	363.7
4	76.3	843	72.5	430	107.3	886.2	81.8	329.9
5	77.3	881	76.6	443	109	630	84	288.8
6	78.3	869	75.9	453	99	876.5	66.6	364
7	77.5	937	75.4	412	95.1	749.5	69.1	354.8
8	77	925	67.4	420	96.2	648.7	66	358
9	77.3	841	72.5	441	108.2	672.7	80	359.9
10	77.2	927	76.6	441	88.8	642.3	67.4	324.8
11	76.8	948	75.9	453	97.1	785.3	69.8	331
12	78.2	894	75.4	453	79.3	704.7	67	352.8

表 5-36 共用環境下での伝送速度比較

	スループット(Mbps)							
	L5G (4.7GHz帯)		L5G (28GHz帯)		C5G(4.5GHz帯)			
	iPerf2 (UDP)		iPerf2 (UDP)		ドコモスピードテスト		Googleスピードテスト	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	71	851	81.2	473	90.1	789.7	86.7	586.3
2	74.3	944	33.3	483	65.9	689.8	81.3	640.4
3	75	901	94.5	484	73.3	678.2	89.2	464.4
4	71.2	849	95.2	493	104	702.4	75.2	399
5	73.8	917	71.6	476	75.6	614.4	89.8	360.5
6	73.4	891	76.1	479	96.3	696.1	86.7	634.5
7	72	752	76.9	479	94.2	681.1	84.7	442.7
8	73.6	835	53.6	444	86.5	812.1	73.8	379.4
9	75.7	832	82.5	484	110.9	681.8	85.3	626.7
10	64.8	772	79.1	467	83.7	805.2	72.1	588.7
11	69.8	782	84.1	481	93.9	877.2	80.5	441.5
12	74.3	778	84.5	486	105.7	713	88.1	556.5

表 5-37 共用環境下での伝送速度比較

	スループット(Mbps)					
	L5G (28GHz帯)		C5G(4.5GHz帯)			
	iPerf2 (UDP)		ドコモスピードテスト		Googleスピードテスト	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り
1	94.3	478	108.9	747.3	90.6	340.3
2	40.2	487	101.1	788.2	96.8	361.1
3	98	493	106.9	910.2	93.2	331.8
4	98.8	489	103.4	461.3	88.6	342
5	69.8	485	108.2	502.1	79.3	328.2
6	93.1	505	70.4	746.6	88.5	353.2
7	61.1	470	77.8	536.2	77.4	351
8	49.4	520	82.6	531.7	85.4	359.7
9	99	519	82.6	660	87.5	318.9
10	87	519	85.7	604.5	68.9	343.3
11	99.1	519	78.4	694.4	77	353
12	99.2	519	93.7	698.7	76	345.9

- 遅延時間について

測定パターン別の遅延時間比較結果は、以下の表のとおりとなりました。

表 5-38 共用環境下での遅延時間比較

パターン	C5G	L5G (4.7GHz帯)	L5G (28GHz帯)	Ping コア→UE		Ping UE→コア	
				4.7GHz	28GHz	4.7GHz	28GHz
イ-(1)-1	ステージ脇	観客先後方	-	24	-	25.91	-
イ-(1)-2	ステージ脇	ステージ脇	-	24.29	-	26.58	-
イ-(1)-3	ステージ脇	観客席後方	ステージ脇	27.91	50.5	27.95	42.12
イ-(1)-4	ステージ脇	ステージ脇	ステージ脇	27.16	43.95	28.83	41.95
イ-(1)-5	ステージ脇	-	ステージ脇	-	52	-	42

各パターン別の遅延平均からみると、キャリア 5 G の影響はキャリア 5 G の電波発射がない状態と場合と差がないと推定されます。

【4.7GHz 帯における測定結果】

遅延時間の平均値は、観客席後方発射（離隔 20m）は 26.4msec でした、ステージ脇発射（離隔 2m）は 26.7msec、でした。キャリア 5 G を発射していない状態である技術実証ア（机上 6 箇所・客席 9 箇所）の 26.2msec と比較し、ほとんど差がないことから、遅延時間においてキャリア 5 G からローカル 5 G へのサービス品質に与える影響はないと推定されます。

またキャリア 5 G との離隔距離の差に関わらず遅延時間の値に大きな差分はなく、離隔距離の差による遅延時間への影響はないと推定されます。

【28GHz 帯における測定結果】

遅延時間の平均値は、45.4msec であり、技術実証アの 38.3msec と比較して、7msec 増加する結果となりました。ただし、全 12 ポイントの測定値平均から確認すると差がほとんどないことから、遅延時間においてキャリア 5 G からローカル 5 G へのサービス品質に与える影響はないと推定されます。

遅延時間測定結果の詳細は、イ-(1)-1 からイ-(1)-4 の 4.7GHz 帯については表 5-4-1-4-7、イ-(1)-3 からイ-(1)-5 の 28GHz 帯については表 5-4-1-4-8 のとおりです。

表 5-39 共用環境下での遅延時間測定結果 (4.7GHz 帯)

		L5G(4.7GHz帯)遅延時間 (msec)							
パターン	イ-(1)-1		イ-(1)-2		イ-(1)-3		イ-(1)-4		
測定区間	Ping コア→UE	Ping UE→コア	Ping コア→UE	Ping UE→コア	Ping コア→UE	Ping UE→コア	Ping コア→UE	Ping UE→コア	
1	14	15	24.5	29	26	28	27	29	
2	27	28	21.5	29	28	28.5	28	28.5	
3	27	27	28	28	28	31	29	29	
4	28	28	14.5	15	28	28	26	32	
5	25	26.5	13	14	28	28	25	31	
6	28.5	28	30	30	29	28	25	30	
7	16	19.5	30	32	27.5	23	29	28	
8	28	27	30	29	27	27	27	28.5	
9	27	28	28	28.5	28	28	28	28	
10	23.5	28	24	28.5	27.5	28	27	28	
11	25.5	28	19	28	29	29	27	28	
12	18.5	28	29	28	29	29	28	26	

表 5-40 共用環境下での遅延時間測定結果 (28GHz 帯)

		L5G(28GHz帯)遅延時間 (msec)					
パターン	イ-(1)-3		イ-(1)-4		イ-(1)-5		
測定区間	Ping コア→UE	Ping UE→コア	Ping コア→UE	Ping UE→コア	Ping コア→UE	Ping UE→コア	
1	45	43	44	40.5	41.5	42	
2	47.5	40.5	45.5	41	44.5	42	
3	46	40.5	43	43	45.5	41.5	
4	46.5	44	46	43	47	43	
5	44	41	44	42.5	44.5	41	
6	44.5	41.5	43	41	45.5	43	
7	46	42	44	43	44.5	42	
8	107	43	44	43	64.5	43	
9	48	41	44	42	45.5	42.5	
10	42	44	44.5	42	40	39	
11	46.5	42	42.5	40.5	44	43	
12	43	43	43	42	117	43	

● 総論

キャリア 5G とローカル 5G を併用する場合、キャリア 5G とローカル 5G の基地局の離隔距離に関わらず、ローカル 5G の通信性能については技術実証 A で得られた測定結果 (受信電力、通信性能) と差がなく、影響がほぼ無いことが確認できました。

(5) 技術的課題の解決方策

● 技術的課題の解決方策

・同期運用であることを前提とした場合、キャリアとの干渉調整結果に基づく範囲内において離隔距離についての特段の考慮は不要であり、共用が可能であるということが確認できました。

・eスポーツ施設における、キャリア5Gとの共用を前提としたローカル5Gエリア構築の手法については、下記のとおりです。

【ローカル5G 4.7GHz 単独】

【ローカル5G 28GHz 単独】

既設のキャリア5G基地局が施設内にある場合、同期運用である限りは近接しての設置に問題はないといえます。非同期運用とする場合、キャリアとの干渉調整を実施の上、影響が無いよう指示に基づいた離隔距離を設けたうえで設置する必要があります。

【ローカル5G 4.7GHz 及び 28GHz 併用】

既設のキャリア5G基地局が施設内にある場合、同期運用である限りは近接しての設置に問題はないといえます。またローカル5G同士の離隔距離についても周波数帯が異なるシステム同士の近接については問題ないといえます。非同期運用とする場合、キャリアとの干渉調整を実施の上、影響が無いよう指示に基づいた離隔距離を設けたうえで設置する必要があります。

・キャリア5Gとローカル5Gを併用することが望ましい場合の要件については下記のとおりです。

【大容量の映像配信（アップロード）を伴う場合】

キャリア5Gとローカル5Gともに、上りの伝送速度については最大で100Mbps程度となります。無線通信の伝送速度はセルの中で共有されることから、複数台の接続を行った場合にはさらに低下することが想定されます。一方でローカル5Gの場合はインターネット接続にあたっては別途固定回線を通ることからその区間については更に早い伝送速度が期待できます。例えば映像配信はローカル5G、ゲームの通信はキャリア5Gというような併用をすることで、双方の通信に影響を与えずeスポーツ競技の円滑な運営が可能になります。

【会場内の観戦客向けの映像配信を行う場合】

会場内の観戦客が5Gスマートフォン等を用いて映像配信等を使用する場合、ローカル5Gでは端末の貸与等イベント運営者の運用負担が増えることが想定されます。またゲームの通信とセルを共有する場合、安定した通信を担保できなくなる場合が想定されます。このことから、観戦客は私物の5Gスマートフォンでキャリア5Gを使用し、eスポーツ競技はローカル5Gを用いて実施するといった併用をすることで、双方の通信に影響を与えずeスポーツ競技の円滑な運営が可能になります。

● 更なる技術的課題

・今回は同期運用下での近接した基地局を用いた実証となりましたが、非同期の場合については一定以上の離隔距離をキャリアから求められる場合もあることから、別途検証が必要と考えます。

5.4.2 SA (Stand Alone) 構成、NSA (Non Stand Alone) 構成の e スポーツの競技等における影響の評価 (技術実証イ (2))

(1) 実施概要

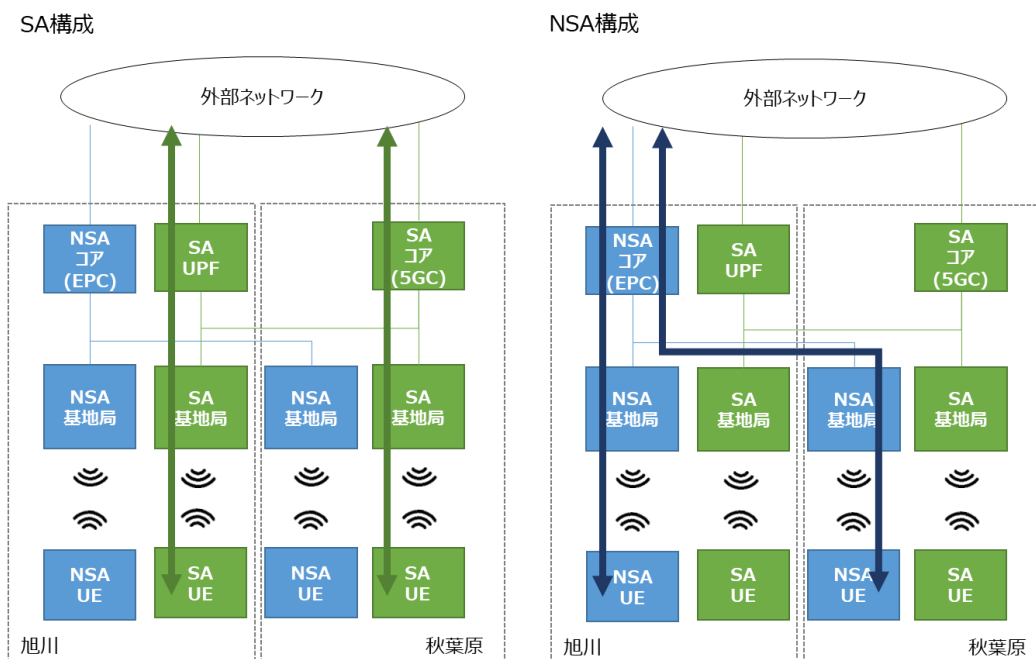
SA 構成及び NSA 構成の違いに基づく、伝送速度及び遅延時間の差異を測定し評価することで、複数拠点でローカル 5 G コアを共有しつつも低遅延の通信が可能となる構成について、検討を行います。

具体的には、SA 構成のみで実装可能となるユーザプレーン分離を活用することで、ローカル 5 G コアが設置されない遠隔拠点においても、ローカル 5 G コアを経由せずインターネット等の外部ネットワークへの通信や同一拠点内の UE 間等の折り返し通信をすることが可能になります。ユーザプレーン分離のため、各拠点には UPF を設置しています。したがって遠隔拠点に基地局を設置しても、距離による通信性能低下の影響を受けにくいことが想定されます。

一方、NSA 構成の場合は、ユーザデータは必ずローカル 5 G コアを経由して通信をする必要があります。したがって遠隔拠点に基地局を設置した場合、距離による通信性能低下の影響を受けることが想定されます。(図 5-71)

本実証で構築するローカル 5 G 環境は、SA 構成、NSA 構成ともに、ローカル 5 G コアと同一拠点及び遠隔拠点 (約 1,300km 離れた地点) にそれぞれ基地局を設置します。これによりシステム構成の相違による影響の評価が可能となります。

図 5-71 SA 構成及び NSA 構成におけるユーザデータの通信の流れ



(2) 評価・検証項目

測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-41 測定項目一覧

項目	条件
伝送速度（上り）	伝送速度の上り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）、同一拠点内のUE間、インターネット上のベンチマークサーバにおける計測を実施しました。
伝送速度（下り）	伝送速度の下り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）、同一拠点内のUE間、インターネット上のベンチマークサーバにおける計測を実施しました。
遅延時間	Pingを使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）、同一拠点内のUE間、インターネット上のベンチマークサーバにおける計測を実施しました。

(3) 評価・検証方法

本検証に際しての条件は、以下の表のとおりです。

表 5-42 条件一覧表

項目	条件
測定箇所	<p>【ICTパーク（旭川）】 第4章2項における測定箇所のなかで、ローカル5G（4.7GHz帯）及びローカル5G（28GHz帯）の電波伝搬特性に差が出ない地点を選定します。</p> <p>【eXeField Akiba（秋葉原）】 ローカル5G（4.7GHz帯）及びローカル5G（28GHz帯）の電波伝搬特性に差が出ない地点を選定します。 ※測定ポイントは受信電力等の値が近似するポイントを選定します。</p>
測定パターン	4パターン
測定区間	<p>(a)無線区間 (b)同一拠点内のUE間 (c)インターネット上のベンチマークサーバ宛 (Google「スピードテスト」)</p>
計測評価方法	<p>・伝送速度、遅延時間 (a)(b)測定は1か所につきUDPで30回測定し、平均値を測定結果としました。 (c)スピードテストサイトにおいて5回測定し平均値を測定結果としました。</p>

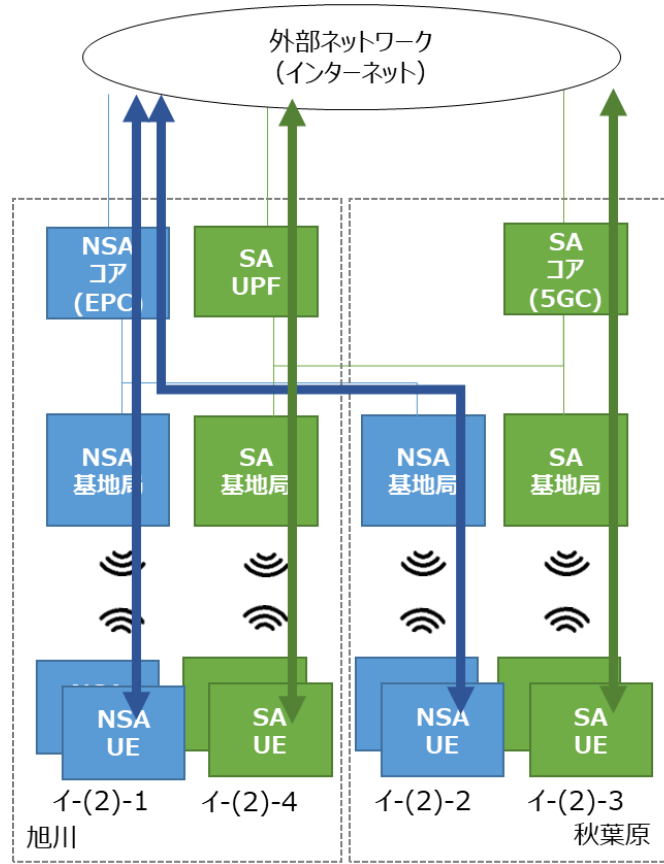
構成別（SA構成、NSA構成）及び設置位置別（ローカル5Gコアと基地局が同一拠点、ローカル5Gコアと基地局が遠隔拠点）に4パターンで測定を行いました。

本検証に際して想定している測定パターンは、以下の表のとおりです。

表 5-43 測定パターン

パターン	構成	位置関係	ローカル5G コア設置場所	ローカル5G 基地局設置場所
イ-(2)-1	NSA	コアと同一拠点	旭川	旭川
イ-(2)-2	NSA	コアと遠隔拠点	旭川	秋葉原
イ-(2)-3	SA	コアと同一拠点	秋葉原	秋葉原
イ-(2)-4	SA	コアと遠隔拠点	秋葉原	旭川

表 5-44 測定区間



本検証に際して実施した測定手順は、以下の表のとおりです。

表 5-45 試験手順

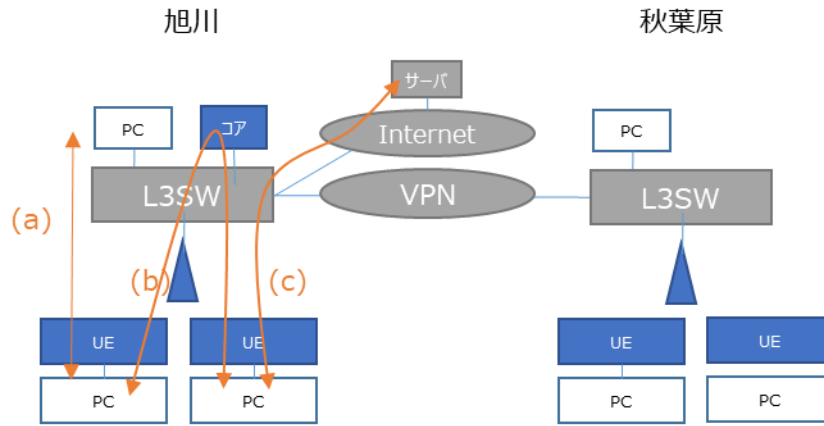
工程	実施内容
1	NSA構成かつ設置位置が同一の拠点(旭川)に設置したUEから対象装置(無線区間測定用PC、同一拠点内のUE、インターネット上の測定サーバ)の間で表5-4-2-2-1に定めた項目を測定しました。
2	NSA構成かつ設置位置が遠隔の拠点(秋葉原)に設置したUEから対象装置(無線区間測定用PC、同一拠点内のUE、インターネット上の測定サーバ)の間で表5-4-2-2-1に定めた項目を測定しました。
3	SA構成かつ設置位置が同一の拠点(秋葉原)に設置したUEから対象装置(無線区間測定用PC、同一拠点内のUE、インターネット上の測定サーバ)の間で表5-4-2-2-1に定めた項目を測定しました。
4	SA構成かつ設置位置が遠隔の拠点(旭川)に設置したUEから対象装置(無線区間測定用PC、同一拠点内のUE、インターネット上の測定サーバ)の間で表5-4-2-2-1に定めた項目を測定しました。

図 5-72 測定区間 (NSA) 詳細

NSA 28GHz

■イ-(2) -1 28GHz帯 コア (旭川)

同一拠点



■イ-(2) -2 28GHz帯 コア (旭川)

遠隔拠点

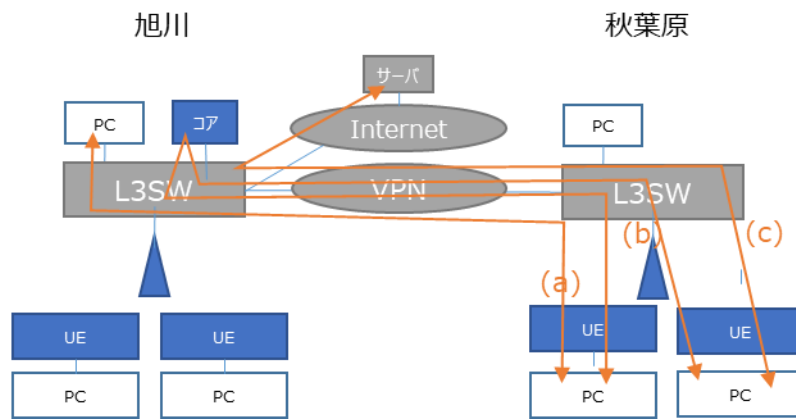
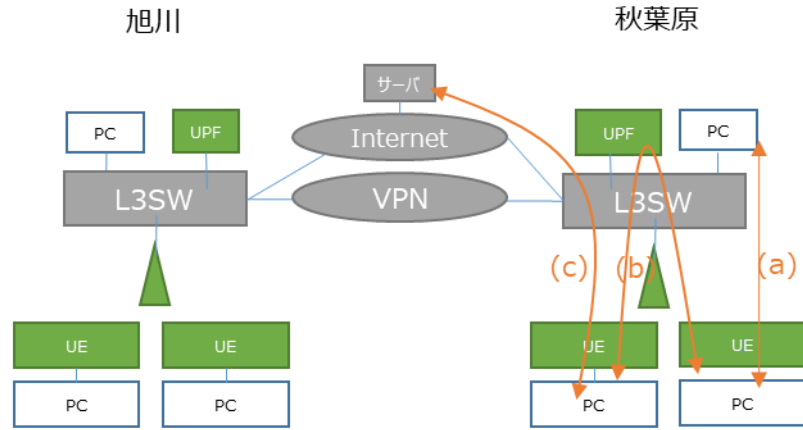


図 5-73 測定区間 (SA) (詳細)

SA 4.7GHz

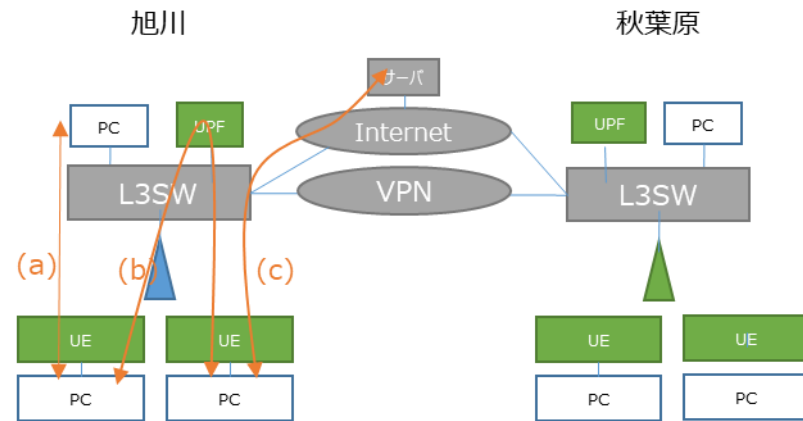
■イ- (2) -3 4.7GHz帯 コア (秋葉原)

同一拠点



■イ- (2) -4 4.7GHz帯 コア (秋葉原、UPFは旭川)

遠隔拠点



(4) 検証結果

- 伝送速度について

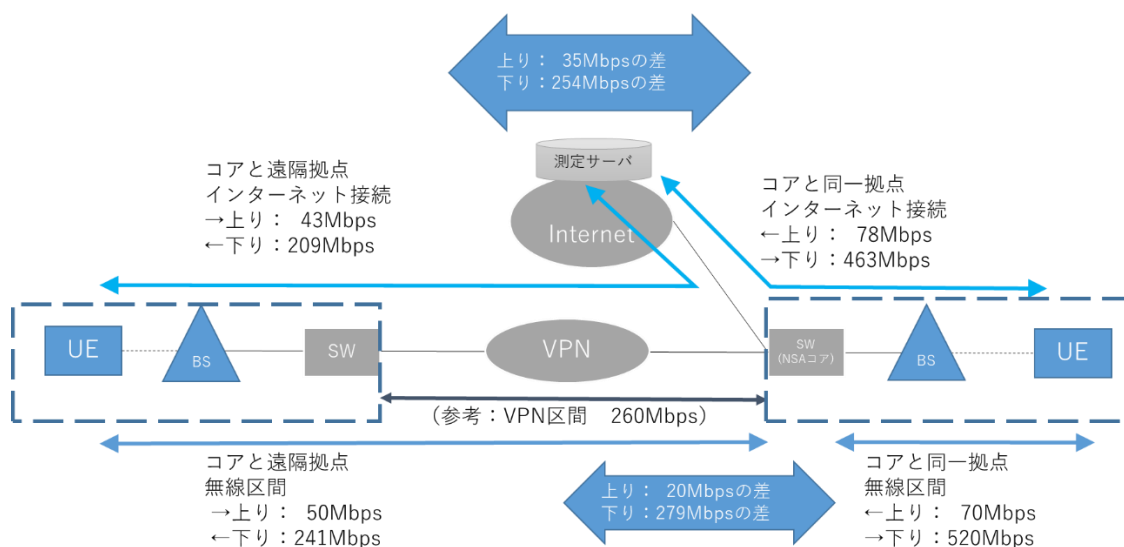
各パターンでの伝送速度測定結果は、以下の表のとおりです。

表 5-46 伝送速度測定結果

測定パターン	測定拠点	コアと基地局 設置拠点	測定区間	伝送速度[Mbps]	
				上り	下り
1 (NSA)	旭川	同一拠点	(a)無線区間	69.8	520
			(b)同一拠点内 UE	58	40.7
			(c)インターネット区間	78.17	462.5
2 (NSA)	秋葉原	遠隔拠点	(a)無線区間	49.6	241
			(b)同一拠点内 UE	79	48.2
			(c)インターネット区間	43.3	209.1
3 (SA)	秋葉原	同一拠点	(a)無線区間	66.3	895
			(b)同一拠点内 UE	74.6	69.7
			(c)インターネット区間	78.7	241.5
4 (SA)	旭川	遠隔拠点	(a)無線区間	78.6	889
			(b)同一拠点内 UE	—	—
			(c)インターネット区間	0.06	255.1

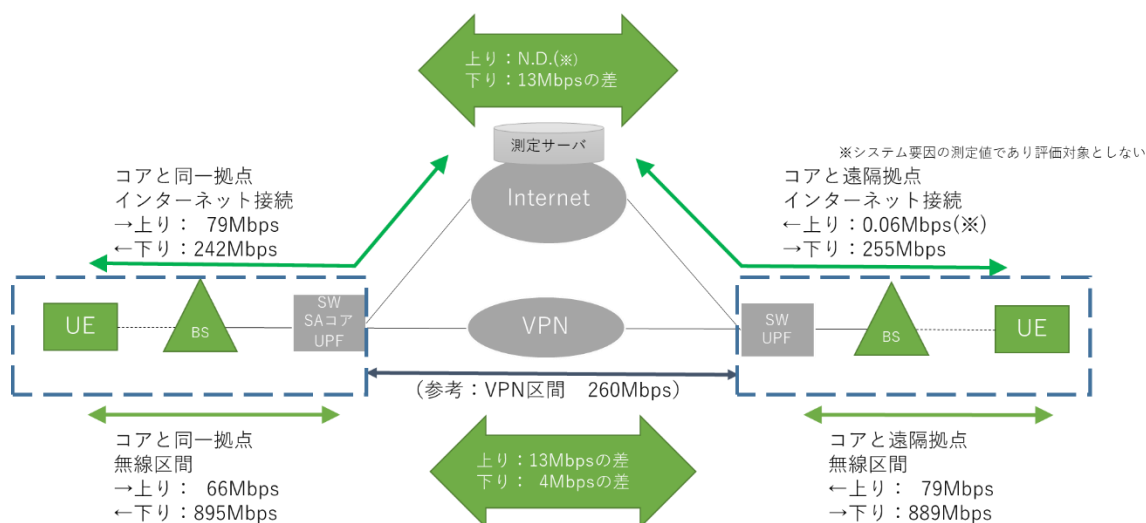
図 5-4-2-4-1 のとおり、NSA の同一拠点と遠隔拠点を比較したところ、(a)無線区間の上りで 20Mbps(30%)、下りで 279Mbps(52%)、(c)インターネット区間の上りで 35Mbps (45%)、下りで 254Mbps(55%)の低下が見られました。これは、遠隔拠点では VPN を経由することから、実効速度が 260Mbps 程度である VPN 区間がボトルネックになったと考えられます。一方で(b)については大きな差分がありませんが、これは UE から RU への拠点内上り区間が実効 80Mbps 程度であることからこの区間がボトルネックとなり、VPN を経由した影響は表れなかったものと想定できます。

図 5-74 区間ごとの伝送速度測定結果 (NSA)



以下の図のとおり、SAの同一拠点と遠隔拠点を比較したところ、(a)無線区間では遠隔拠点である旭川拠点のほうが上り13Mbps、下り4Mbps高い結果となりました。NSAと異なりVPN区間を通過しないことから、ボトルネックが存在しないため、測定環境要因の差があったと考えられます。一方で旭川においては(b)UE間について旭川ではメーカーのソフトウェア不具合の都合で測定が不可能、(c)インターネット区間について同じ要因で上り伝送速度が極端に低い値でした。しかしながら(a)無線区間が確認できたことから、今回の検証目的である同一拠点と遠隔拠点での差分についての検証は達成することができたと判断いたしました。

図 5-75 区間ごとの伝送速度測定結果 (SA)



- 遅延時間について

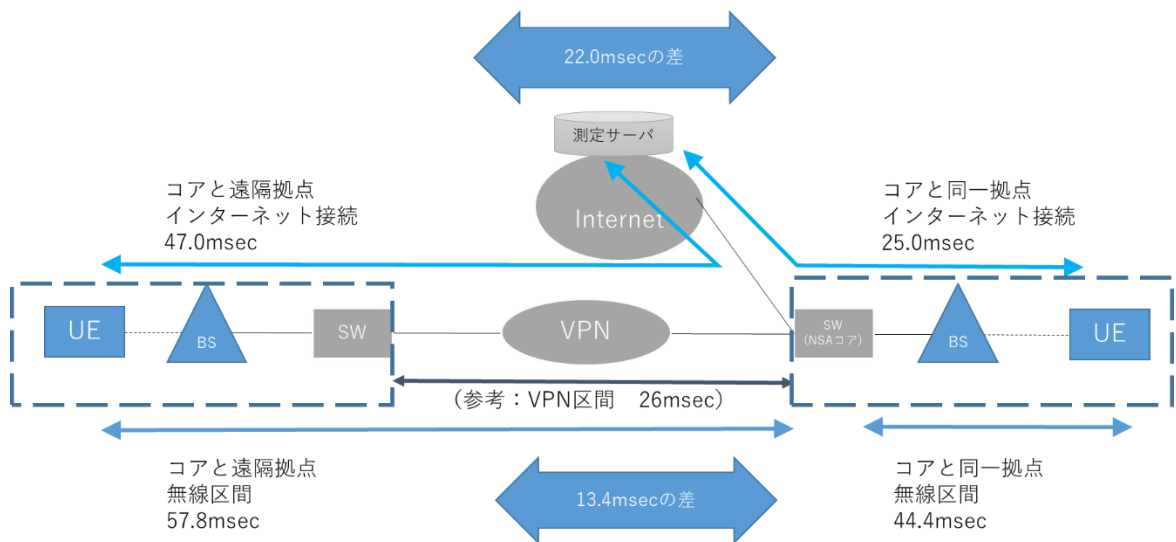
各パターンでの遅延時間測定結果は、以下の表のとおりです。

表 5-47 遅延時間測定結果

測定パターン	測定拠点	コアと基地局 設置拠点	測定区間	遅延時間 [msec]
1 (NSA)	旭川	同一拠点	(a)無線区間	44.4
			(b)同一拠点内 UE	112.7
			(c)インターネット区間	24.7
2 (NSA)	秋葉原	遠隔拠点	(a)無線区間	57.8
			(b)同一拠点内 UE	102.2
			(c)インターネット区間	47
3 (SA)	秋葉原	同一拠点	(a)無線区間	12.4
			(b)同一拠点内 UE	37.1
			(c)インターネット区間	13
4 (SA)	旭川	遠隔拠点	(a)無線区間	24.9
			(b)同一拠点内 UE	—
			(c)インターネット区間	29

以下の図のとおり、NSA の同一拠点と遠隔拠点を比較したところ(a)無線区間で 13.4msec 及び (c)インターネット区間で 22.3msec の差が見られました。これは遠隔拠点では VPN を経由することから、VPN 区間における装置及び距離の伝送時間が加えられ、遅延時間が増大したものと考えられます。(a)と(c)の増分に差異がありますが、VPN 区間についてはベストエフォート方式であり、その範疇での差分と考えられます。一方で、(b)UE 間については本来、同一拠点間の方が遅延時間短いにも関わらず、10.5msec 増加した結果となりました。同一拠点では 112.7msec となっており、技術実証アより得られた旭川拠点・28GHz 帯無線区間の遅延平均である 38msec を RTT の往復を考慮し 2 倍にした値である 76msec から、37msec 程上回っており、イ-(2)-1-(b)の数値は遠隔拠点にあるコアを経由することにより遅延値が増大した値であることが考えられます。

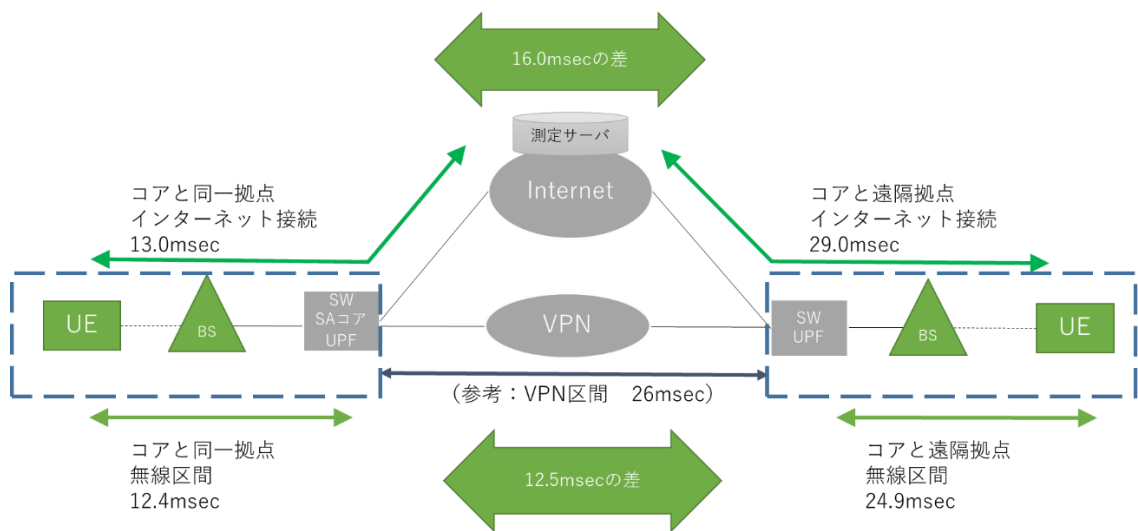
図 5-76 区間ごとの遅延時間測定結果 (NSA)



以下の図のとおり、SA の同一拠点と遠隔拠点を比較したところ、(a)無線区間で 12.5msec 及び (c)インターネット区間で 16msec の差が見られました。これに対して、技術実証アの 4.7GHz 帯では、ステージの平均値が 26msec、観客席の平均が 13msec であり、この技術実証イ(2)の無線区間における差に近い数字が出ているため、ユーザプレーン分離の効果があったと考えられます。

また、(a)無線区間(c)インターネット区間のいずれの結果においても、目標としていた遅延時間 100msec を下回りました。遠隔拠点では同一拠点と比べて遅延時間が増加しましたが、今回のユースケース目標値をクリアしており、増加分についても許容の範囲内であると考えられます。

図 5-77 区間ごとの遅延時間測定結果 (SA)



- 総論

同一拠点の端末間折り返し通信を用いる場合や、端末からインターネット上測定サーバまでの通信について、コアと基地局が同一拠点にある場合は NSA 構成と SA 構成における通信性能において、それぞれ拠点間での差がないことが分かりました。一方で、コアと基地局が遠隔地に設置されている場合、NSA 構成では遠隔拠点において伝送速度が低下する一方で SA 構成では伝送速度が低下しにくいことが確認できました。

これは SA 構成においてはユーザプレーン分離を可能にする機器である UPF を両拠点に設置していることから、コアを経由せずに端末間の折り返し通信やインターネット区間への通信が可能であるのに対して、NSA 構成については両拠点ともコアを経由しないとそれらが不可能なため、遠隔拠点からは VPN 及びコア設置拠点を経由する必要があり、通信距離及び経路が長くなっているためと考えられます。

今回、SA システムにおいては UPF の不具合と思われる要因により通信が不安定という事象が発生しました。イ-(2)-4 の(c)については本事象により本来意図した形での測定をすることができない状況となり、機器メーカーと協議の上で設定内容の見直しやソフトウェア修正パッチの適用等を試みましたが、実証期間における改善には至らない結果となりました。

仮に不具合が無かった場合の想定値として、遠隔拠点でのインターネット向け伝送速度について、今回想定外に低い値となったイ-(2)-4 の(c)は、イ-(3)-4 の(c)と同様の 70～80Mbps 程度になっていたであろうことが考えられます。

(5) 技術的課題の解決方策

- 技術的課題の解決方策

- ・伝送速度については、NSA 構成の場合、コアから遠隔拠点においては同一拠点と比べ低下する結果となりました。コアを複数拠点で共用する等の目的で複数拠点にまたがるローカル 5G システムの構築にあたっては、ユーザプレーン分離を活用するため、SA 構成を選定したうえでことが推奨されます。

- ・NSA 構成と比べ SA 構成のほうが全体的に遅延時間は小さい結果となりました。遅延時間にシビアな要件の場合は SA 構成を選定することが推奨されます。

- 更なる技術的課題

- ・ユーザプレーン分離のような、SA 構成ならではの先進的な技術については未だ発展途上であることが確認できました。今後の開発進捗が期待されるところです。

- ・遅延時間についてはばらつきが大きく、明確に遠隔拠点であることのみが理由とは言えない結果となりました。

5.5 その他ローカル5Gに関する技術実証（技術実証ウ）

5.5.1 帯域幅の変更によるローカル5G性能への影響の評価(4.7GHz帯及び28GHz帯) (技術実証ウ(1))

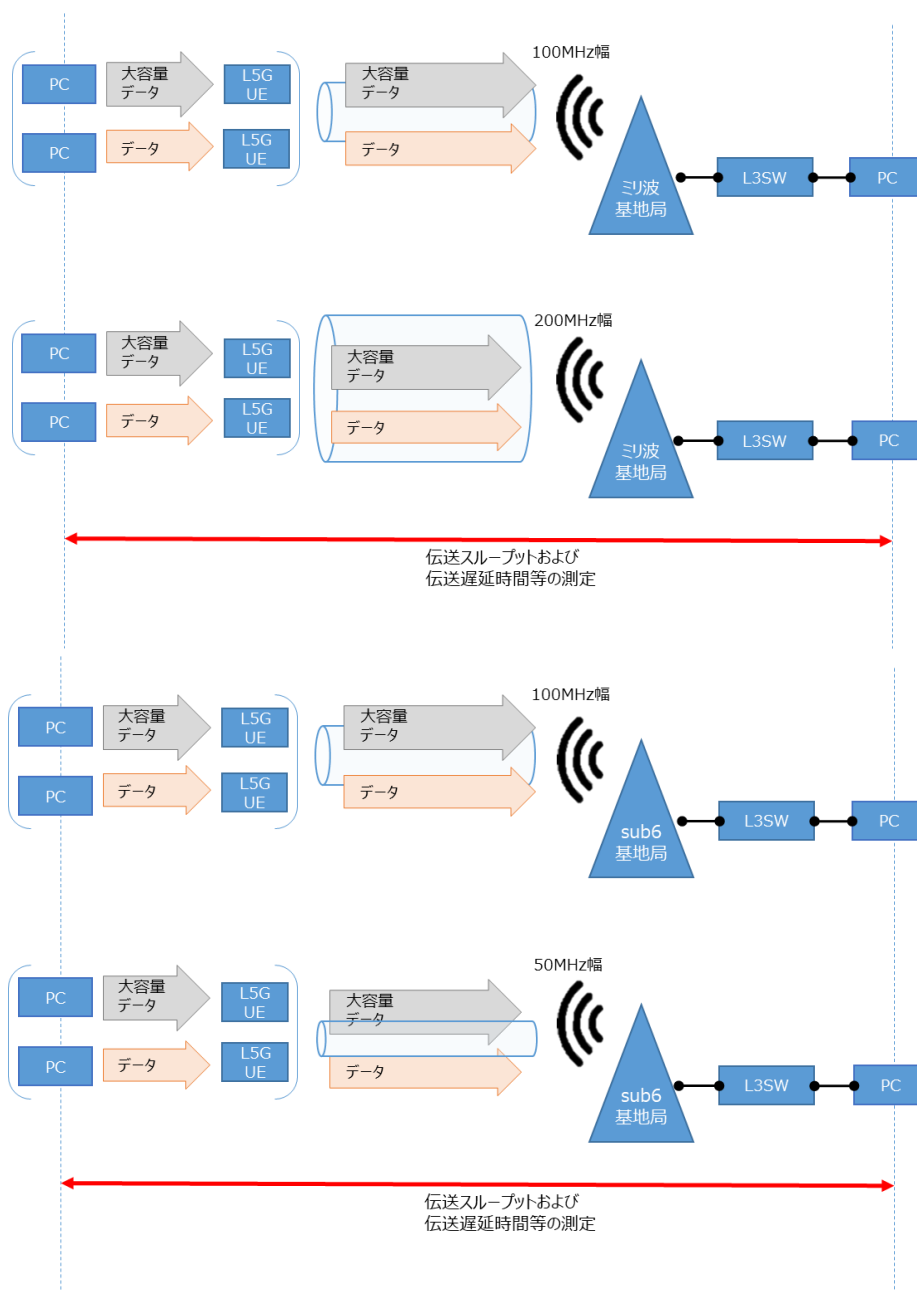
(1) 実施概要及び目標

eスポーツ大会の実施にあたって、上りはゲーム競技における通信や高精細カメラで撮影した映像を伝送する通信、下りは観客へ映像配信するための通信が発生します。本検証において、eスポーツ大会時の映像配信等を想定した帯域幅変更による通信性能への影響の検証を行いました。

ローカル5Gを含め、一般的に無線通信においては帯域幅を広くとるほど大容量の通信が可能となります。構築した課題解決システムにおいて、帯域幅の拡大によるデータ通信への影響を評価します。一方で他の無線通信との干渉回避等を理由として必ずしも広い帯域幅をとることができない状況も想定されることから、帯域幅を縮小させた場合のデータ通信への影響も評価しました。

具体的には、ローカル5G(28GHz帯)で使用する帯域幅を、100MHz幅と200MHz幅で比較し、通信性能の評価(伝送速度、遅延時間)を行いました。またローカル5G(4.7GHz帯)で使用する帯域幅を100MHz幅と50MHz幅で比較し、同様に通信性能評価を行いました。(図5-5-1-1-1)

図 5-78 帯域幅を変更したときの通信の模式図



(2) 評価・検証項目

測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-48 測定項目一覧

項目	条件
伝送速度（上り）	伝送速度の上り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
伝送速度（下り）	伝送速度の下り。 iperf2を使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。
遅延時間	ExPingを使用し、無線区間（UE側に取り付けた測定用端末～コア装置側に取り付けた測定用端末間）における計測を実施しました。

(3) 評価・検証方法

本評価に際しての条件は、以下の表のとおりです。

表 5-49 条件一覧表

項目	条件
周波数帯	・ローカル5G（28GHz帯）： 28.3-28.4GHz（100MHz幅） 28.3-28.5GHz（200MHz幅） ・ローカル5G（4.7GHz帯）： 4.8-4.9GHz（100MHz幅） 4.825-4.875GHz（50MHz幅）
測定パターン	4パターン
測定箇所	技術実証5章2項における測定箇所のうち、ローカル5G（28GHz帯及び4.7GHz帯）のそれぞれ受信電力の値が良い場所から1箇所を選定します
測定項目	通信性能：伝送速度、遅延時間
測定区間	無線区間
計測評価方法	・伝送速度、遅延時間 測定は1か所につき30回測定し、平均値を測定結果としました。

帯域幅の変更による通信性能の評価について、通信の向き（上り、下り）とトラフィック量を変更して測定を実施しました。

本検証における測定パターンは、以下の表のとおりです。

表 5-50 測定パターン

パターン	周波数帯	帯域幅	通信の向き
ウ- (1) -1	28GHz帯 (28.3-28.4GHz)	100MHz	上り
ウ- (1) -2	28GHz帯 (28.3-28.4GHz)	100MHz	下り
ウ- (1) -3	28GHz帯 (28.3-28.5GHz)	200MHz	上り
ウ- (1) -4	28GHz帯 (28.3-28.5GHz)	200MHz	下り
ウ- (1) -5	4.7GHz帯(4.8GHz-4.9GHz)	100MHz	上り
ウ- (1) -6	4.7GHz帯(4.8GHz-4.9GHz)	100MHz	下り
ウ- (1) -7	4.7GHz帯(4.8GHz-4.9GHz)	50MHz	上り
ウ- (1) -8	4.7GHz帯(4.8GHz-4.9GHz)	50MHz	下り

通信性能評価にあたって、試験のため印加するトラフィック量については、表 5-51 に示す e スポーツ機器の 1 式当たりが必要となる伝送速度を基準として、順次 40Mbps ずつ増加させて評価を行いました。これにより各帯域幅において推奨できる接続台数の検証を行いました。この値は、表 5-51 より e スポーツ競技に用いる機器として、ゲーム機端末 10 台、映像エンコーダ 1 台の所要伝送速度を一式と想定し、大会規模に応じて一式ずつ増加させたことを想定した値として設定しております。

表 5-51 e スポーツ機器の 1 式当たり必要伝送速度

パラメータ	1式当たり必要伝送速度	単位
ゲーム機端末一式(10台)	10Mbps	一式
ライブストリーミング用 エンコーダ/デコーダ	30Mbps	台

本検証に際して実施した測定手順は、以下の表のとおりです。

表 5-52 試験手順

工程	実施内容
1	ローカル 5 G (28GHz帯) の帯域幅を 28.3-28.4 GHz (100MHz幅) に設定します。
2	上り通信 (UE下部のPCから L3SW下部のPCへ) のパケットを印加し、トラフィック量が頭打ちになるまで順次40Mbpsずつ増大させながら、表5-5-1-2-1で定めた項目を測定します。
3	下り通信 (L3SW 下部の PC から UE 下部の PC へ) のパケットを印加し、トラフィック量が頭打ちになるまで順次順次 40Mbps ずつ増大させながら、表 5-5-1-2-1 で定めた項目を測定します。
4	ローカル 5 G (28GHz 帯) の帯域幅を 28.3-28.5GHz (200MHz 幅) に変更し、(工程 2) - (工程 3) と同様の測定を実施し、評価します。
5	ローカル 5 G (4.7GHz 帯) の帯域幅を 4.8-4.9 GHz (100MHz 幅) に設定し、(工程 2) - (工程 3) と同様の測定を実施し、評価します。
6	ローカル 5 G (4.7GHz 帯) の帯域幅を 4.825-4.875GHz (50MHz 幅) に変更し、(工程 2) - (工程 3) と同様の測定を実施し、評価します。

また測定ポイントについては実証ア(1)の中で受信電力の値が良好であったポイントを選定しております。詳細は図 5-79～図 5-82 のとおりです。

図 5-79 28GHz 帯 測定ポイント及び受信電力(2D)

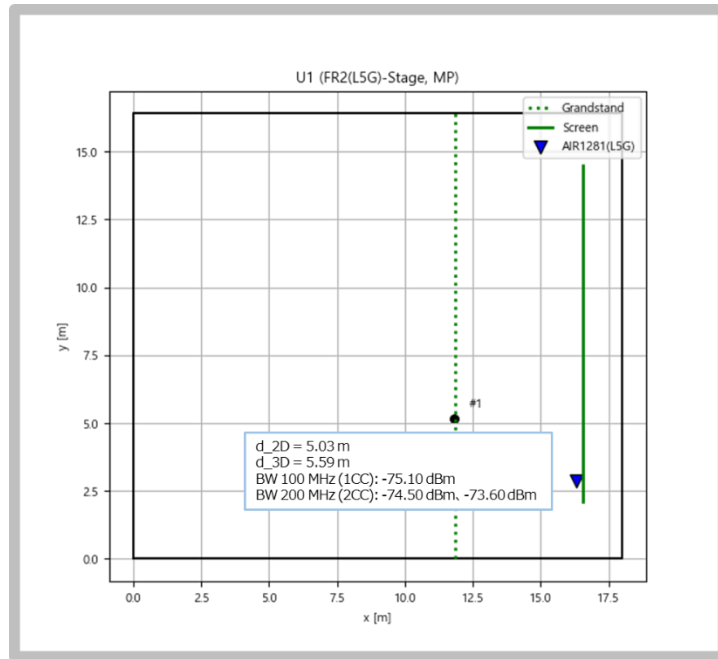


図 5-80 28GHz 帯 測定ポイント(3D)

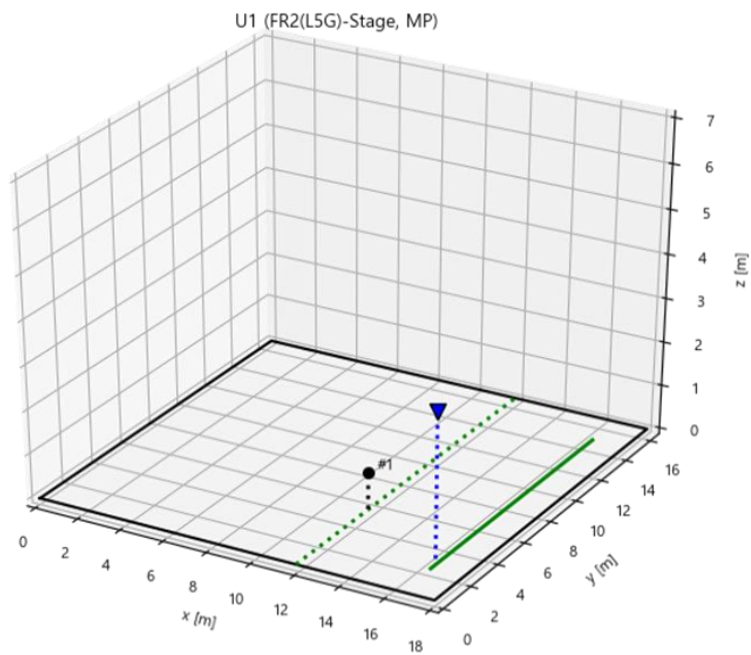


図 5-81 4.7GHz 帯 測定ポイント及び受信電力(2D)

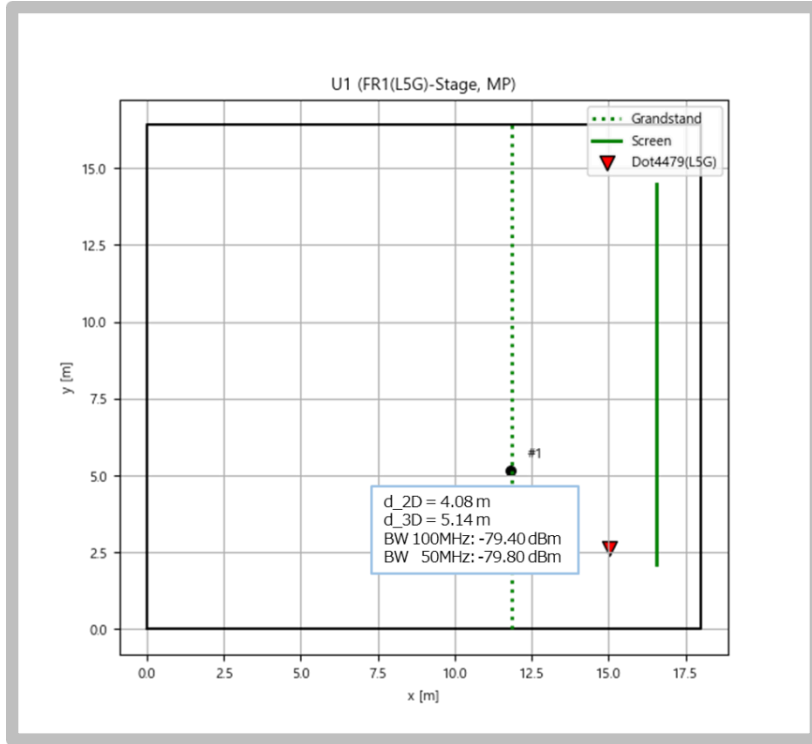
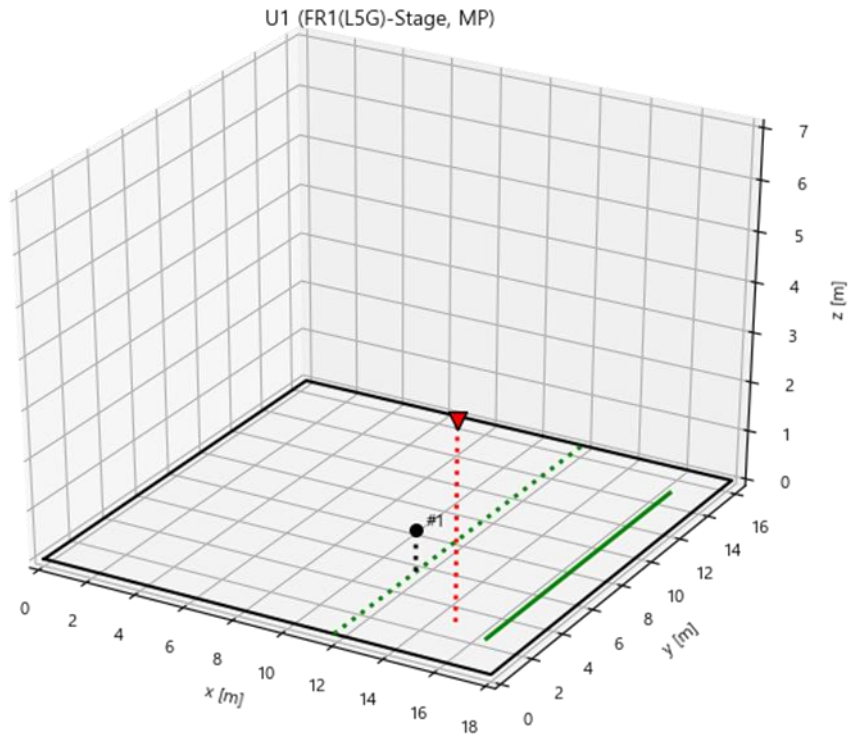


図 5-82 4.7GHz 帯 測定ポイント(3D)



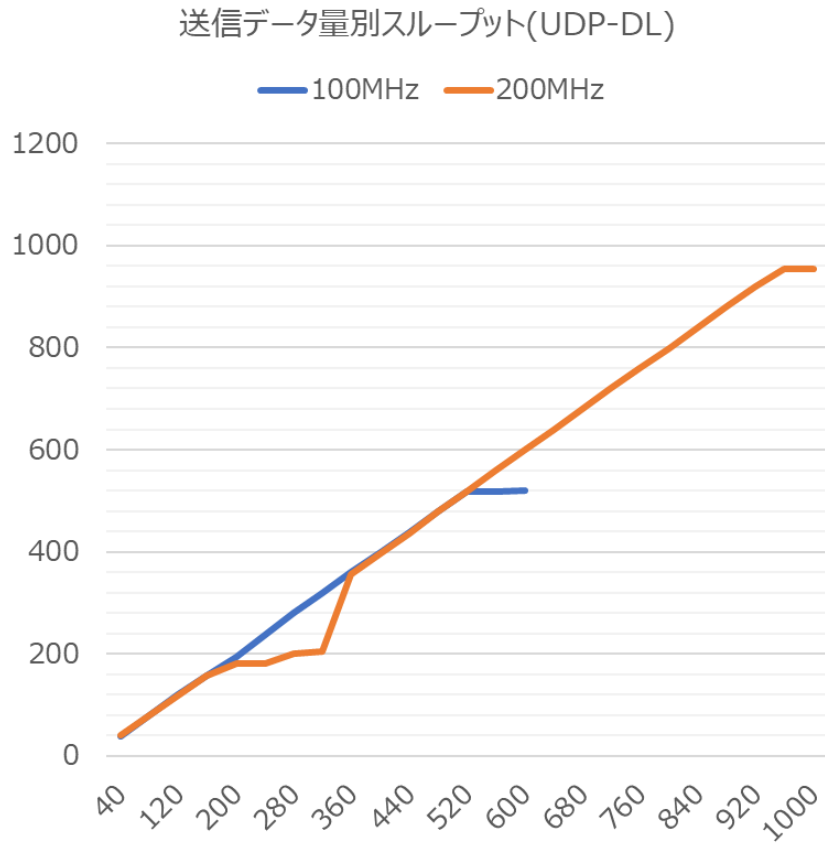
(4) 検証結果

28GHz 帯において、100MHz 幅から 200MHz 幅に帯域幅を拡大した結果、下り伝送速度の上限値は、100MHz 幅の伝送速度の約 2 倍程度の値となりました。上りについては同様に約 1.2 倍程度の値となっています。

表 5-53 28GHz 帯 伝送速度の結果

周波数	送信サイズ (MB)	帯域幅100MHz		帯域幅200MHz	
		上り	下り	上り	下り
28GHz帯	40	40	39.6	40	40
	80	80.1	79.7	80.1	79.7
	120	80	120	97.7	119
	160	80.1	158	97.7	157
	200		195	97.6	182
	240		237		181
	280		280		201
	320		320		205
	360		360		355
	400		400		398
	440		439		437
	480		480		479
	520		519		519
	560		519		559
	600		520		600
	640				640
	680				681
	720				721
	760				760
	800				799
840				840	
880				881	
920				920	
960				954	
1000				954	

図 5-83 28GHz 帯 伝送速度の結果(下り)



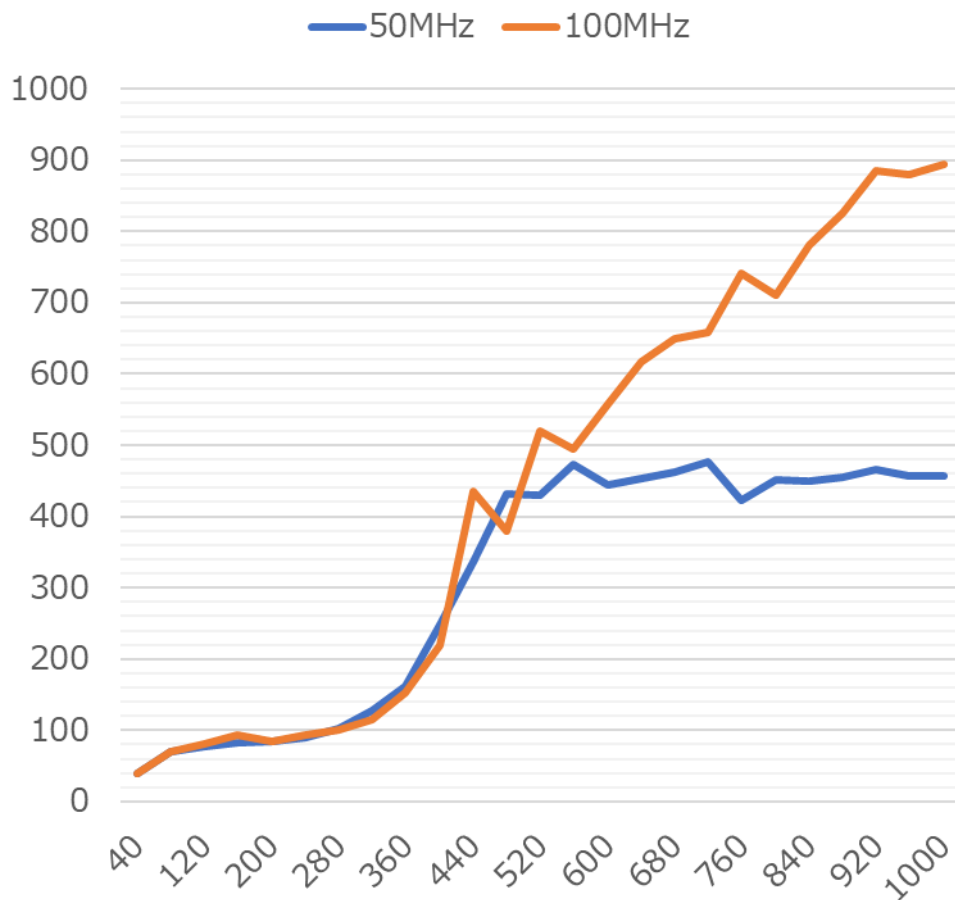
また遅延時間については 100MHz 幅の場合、上り 52msec、下り 34.5msec となり、200MHz 幅の場合、上り 49msec、下り 35msec となりました。このことから、遅延時間については帯域幅の拡大によって大きな変化が無いことが確認できました。

4.7GHz 帯においては、100MHz 幅から 50MHz 幅に帯域幅を縮小した結果、下り伝送速度の上限値は、100MHz 幅の伝送速度のおよそ 0.5 倍程度の値となりました。上りについては同様に 0.6 倍程度の値となっています。

表 5-54 4.7GHz 帯 伝送速度の結果

周波数	送信サイズ (MB)	帯域幅50MHz		帯域幅100MHz	
		上り	下り	上り	下り
4.7GHz 帯	40	39.5	39.4	39.9	39.7
	80	39.5	69.5	66.4	69.5
	120	39.5	77.7	58.2	80.1
	160		82.5		92.6
	200		83.5		84
	240		89.6		92.8
	280		103		101
	320		127		115
	360		161		153
	400		249		220
	440		337		436
	480		431		380
	520		429		520
	560		473		495
	600		444		558
	640		453		617
	680		462		650
	720		477		658
	760		422		742
	800		451		711
840		449		780	
880		455		826	
920		466		885	
960		457		879	
1000			456		895

図 5-84 4.7GHz 帯 伝送速度の結果(下り)



また遅延時間については 100MHz 幅の場合、上り 14msec、下り 17msec となり、50MHz 幅の場合上り 12msec、下り 13msec となりました。このことから遅延時間については帯域幅の縮小によって大きな変化が無いことが確認できました。

(5) 考察

● 技術的課題の解決方策

- ・ゲーム端末 20 台、映像配信端末 2 台程度の規模大会を実施する場合、80Mbps 程度の上り伝送速度が求められることから、4.7GHz 帯であれば 100MHz 幅以上、28GHz 帯であれば帯域幅を 200MHz 幅以上と設定することが最適となります。
- ・ゲーム端末 10 台、映像配信端末 1 台程度の規模の大会を実施する場合、40Mbps 程度の上り伝送速度が求められることから、4.7GHz 帯であれば 50MHz 幅以上、28GHz 帯であれば 100MHz 幅以上の帯域幅を設定することが最適となります。
- ・遅延時間については、帯域幅を変更しても大きな差が見られないことから、ローカル 5 G システムの構築にあたっては所要の伝送速度に応じて帯域幅の選定を行うことが望ましいといえます。
- ・今回構築した課題解決システムにおける伝送速度の実測値から算出したものであり、構築にあたっては、帯域幅だけでなく使用する機器の MIMO Layer 数や変調方式も合わせて考慮する必要があります。

表 5-55 e スポーツ大会規模に応じたローカル 5 G 推奨帯域幅

e スポーツ大会の規模	所要上り 伝送速度	推奨される帯域幅 (4.7GHz帯)	推奨される帯域幅 (28GHz帯)
ゲーム端末20台、 映像配信端末2台程度	80Mbps	100MHz幅以上	200MHz幅以上
ゲーム端末10台、 映像配信端末1台程度	40Mbps	50MHz幅以上	100MHz幅以上

● 更なる技術的課題

- ・伝送速度の更なる高速化にあたっては、帯域幅の拡大が有効であると考えられます。具体的には制度化済みの 28GHz 帯を用いた 400MHz 幅以上の利用や、キャリアアグリゲーションの活用といった方法が挙げられますが、ローカル 5 G 端末側の実装状況を注視しながら検討する必要があります。

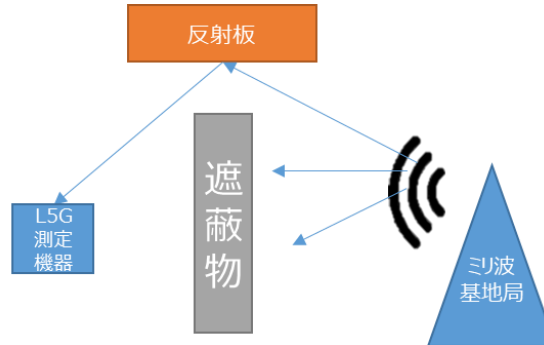
5.5.2 受信電力改善を目的とした反射板の影響の評価(28GHz 帯) (技術実証ウ (2))

(1) 実施概要及び目標

ローカル5G(28GHz帯)の特性として、電波の直進性が高いことが挙げられます。本特性により、基地局から端末の間に遮蔽物がある場合電波が到達しづらく、適切なカバーエリア構築が難しくなることから、多数のローカル5G基地局設置が必要になるという課題があります。eスポーツの環境においてもフロア形状や装飾物等による遮蔽が想定され、eスポーツ競技の運営に必要なカバーエリアの構築は他の無線通信システムと比較して困難であることが想定されます。本検証はその課題解決のため、見通し外となるがカバーエリアとしたい地点が存在する秋葉原拠点において、反射板を設置することで電波の反射を意図的に発生させ、遮蔽物を回り込むよう反射されることで受信電力を改善し、カバーエリアの拡大を図るものです。(図5-85)

本検証では、受信電力が低い地点に対して適切な位置に反射板を設置することで、受信電力の改善を図り、反射板の有用性を確認することを目標として評価を実施しました。

図 5-85 反射板の概念図



(2) 評価・検証項目

測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-56 測定項目一覧

項目	条件
受信電力	測定用機器で受信する RSRP 値。

(3) 評価・検証方法

本検証に際しての条件は、以下の表のとおりです。

表 5-57 条件一覧表

項目	条件
測定拠点	eXeField Akiba 施設内
周波数帯	ローカル 5 G (28GHz 帯) : 28.3GHz-28.4GHz(100MHz 幅)
測定箇所	フロア内で、ローカル 5 G (28GHz 帯) 基地局から見通し外の地点を 3 箇所選定しました。
測定区間	無線区間
計測評価方法	・受信電力 測定は 1 か所につき 1 秒ごと 100 サンプル測定しました。1 サンプルごとの中央値についての 100 サンプルの中央値を測定結果としました。
反射板	・素材：銅 ・寸法：400mm×400mm×1.5mm ※微細表面加工を施し、入射と異なる角度で電波を反射するメタマテリアルです。実証にあたっては反射板に厚さ 10mm 程度の石膏ボードを補強材として貼付し設置しました。

図 5-86 測定箇所及び反射板設置箇所

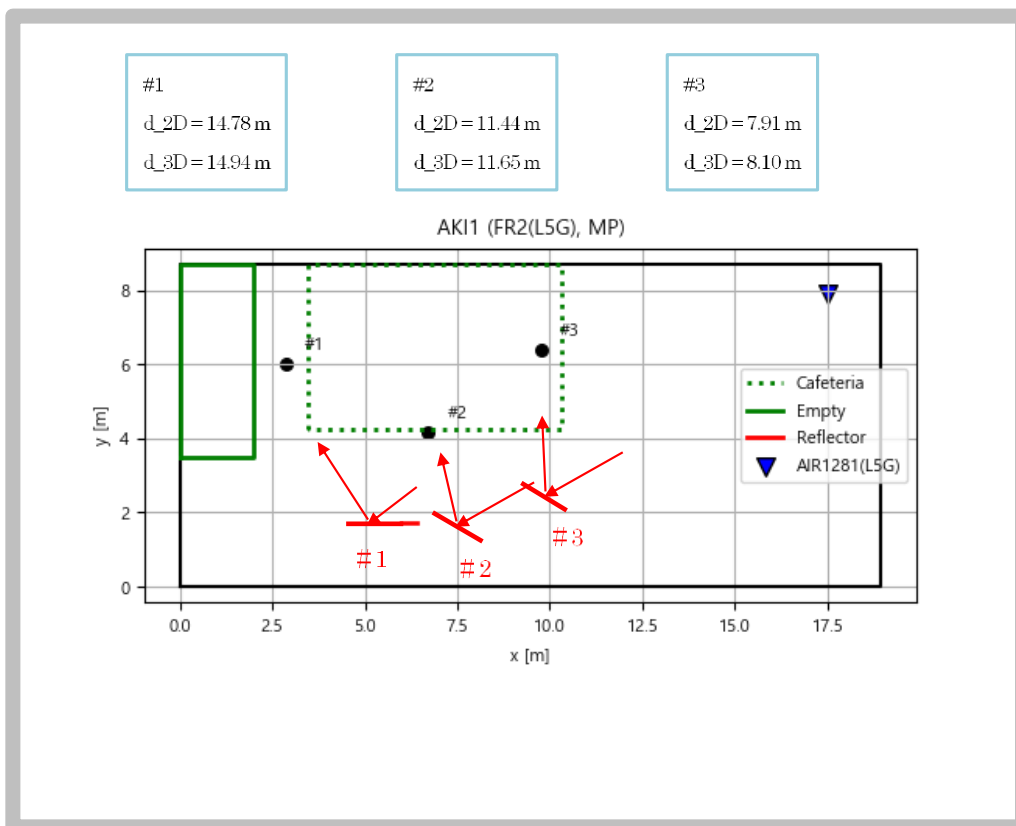


図 5-87 受信電力シミュレーション(NLOS モデル) (28GHz 帯)

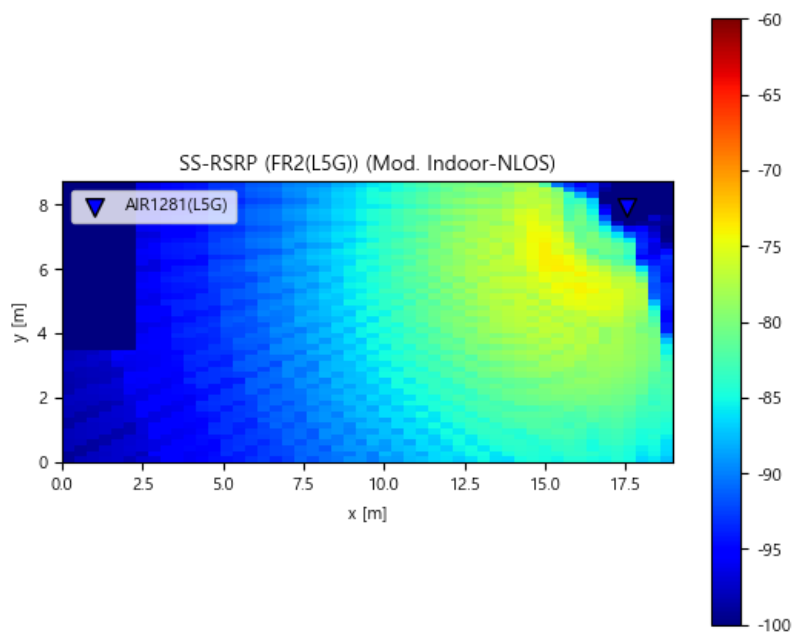


図 5-88 反射板

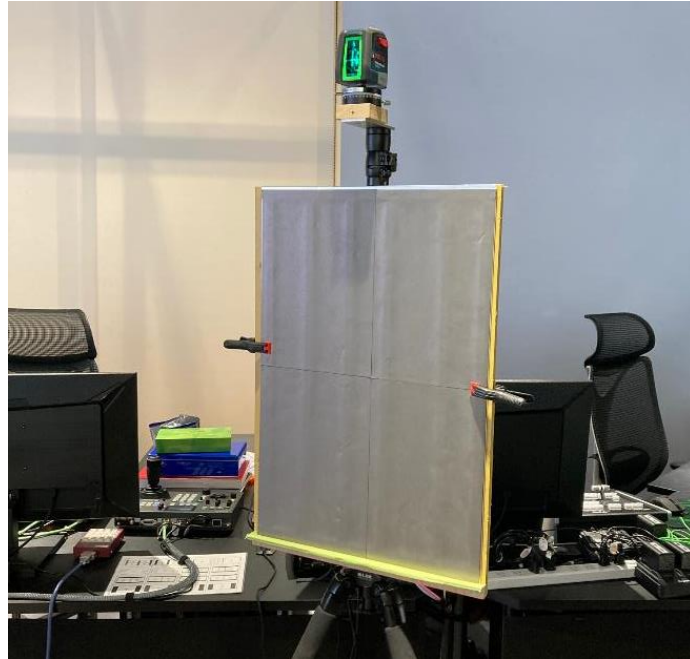


図 5-89 反射板の設置イメージ



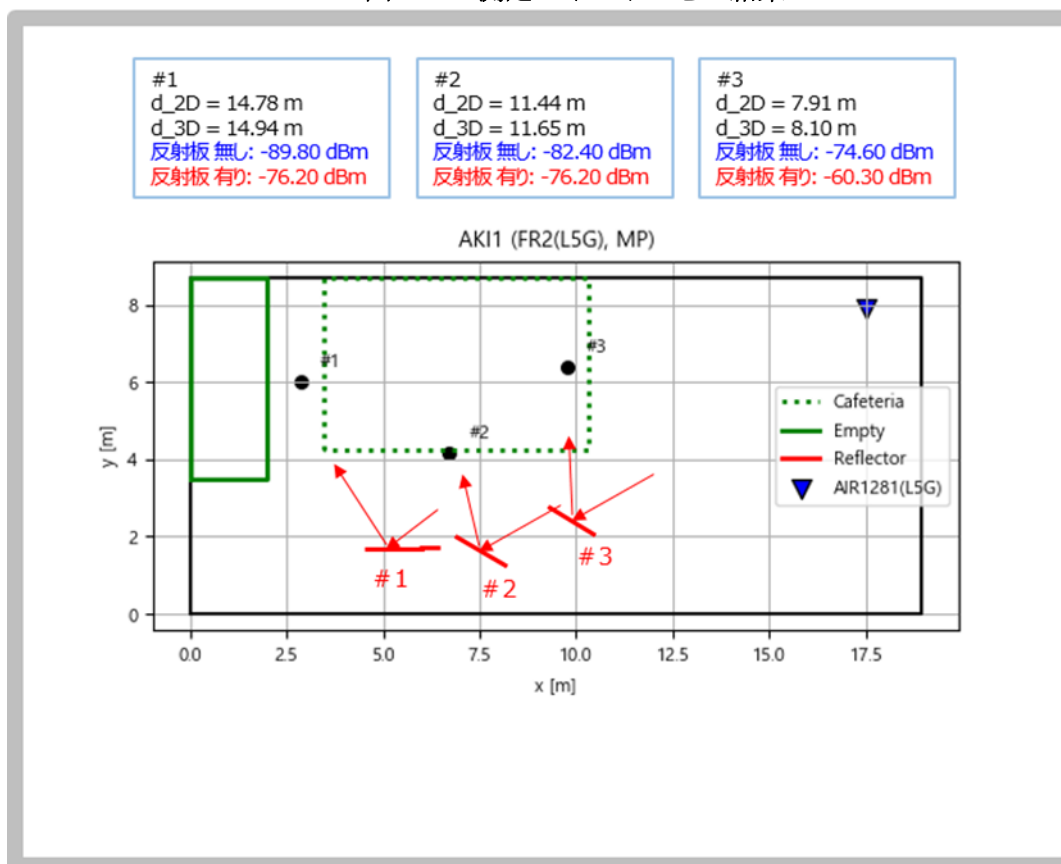
本検証に際して実施した測定手順は、以下の表のとおりです。

表 5-58 試験手順

工程	実施内容
1	ローカル5G（28GHz帯）基地局から見通し外で受信電力の値が小さくなる箇所を3箇所選定し、当該箇所に測定機器を設置しました。
2	反射板の角度や位置を調整し、受信電力及び伝送速度、遅延時間を測定し、改善効果が最大となる点を測定しました。
3	測定箇所のうち、残り2箇所に順次測定機器を設置し、同様に（工程2）を実施しました。

(4) 検証結果

図 5-90 測定ポイントごとの結果



反射板の設置により、見通し外であった 3 ヶ所の測定ポイントにおける受信電力は、各ポイントで 6.2dB~14.3 dB の 受信電力改善を確認することができました。

(5) 考察

● 技術的課題の解決方策

見通し外の測定地点で、28GHz 帯において、反射板の設置有無を比較したところ、反射板を設置した場合の受信電力改善を確認することができました。

反射板の活用によるカバーエリア構築にあたっては、ピンポイントで改善したい地点に対して効果が最大となる点を選定するため、実際の利用にあたっては伝搬シミュレーションによる設計や、基地局設置後の実測と微調整等を考慮することが必要です。

28GHz 帯のエリア構築においては必要となる基地局数が増えることによるコスト増が懸念されますが、反射板の活用により、比較的低コストでの 28GHz 帯エリア構築が期待できます。e スポーツ施設においては多く屋内施設であり遮蔽物が多い状況も想定されることから、基地局を必要以上に増やすことなく施設内の各所で良好な受信電力を確保するための活用ができるものと考えます。

● 更なる技術的課題

・更なるエリアカバー手法の習得

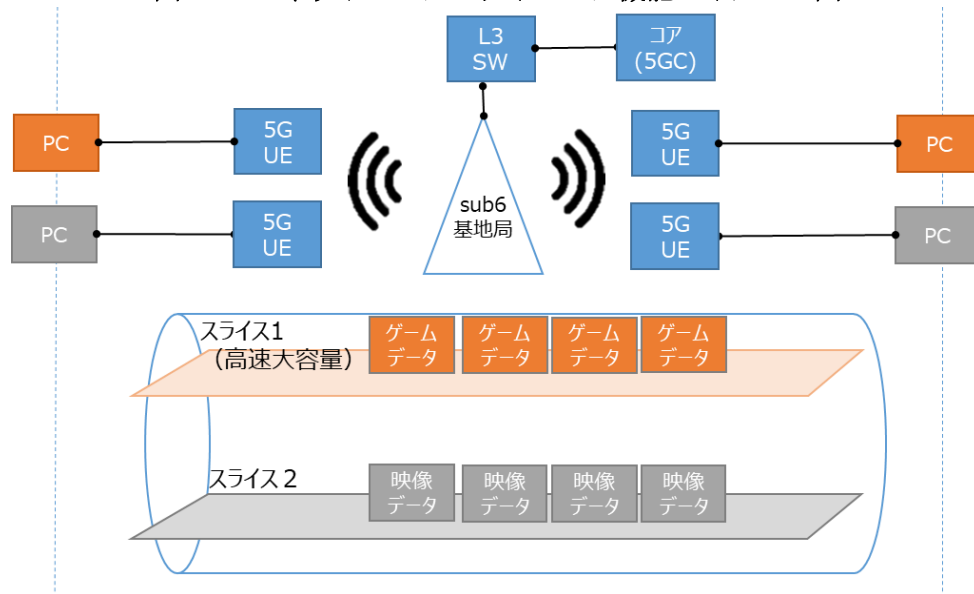
設置位置や工法については、利用する建物の状況に大きく左右されることから更なるユースケースの拡大によるノウハウ蓄積が必要です。例えば設置位置について、今回は実証として反射板の移動を伴うことから三脚に搭載して仮設としましたが、実際のユースケースにおいては壁面へ貼付けや天井からの吊り下げ等の方法が考えられます。

5.5.3 ネットワークスライシングの評価 (SA 構成) (技術実証ウ (3))

(1) 実施概要

ゲームデータと映像データを同じネットワークで伝送する場合、大容量の映像データによりゲームデータの packet loss や遅延が発生する可能性があります。通信の信頼性が確保されずゲームデータが途切れることは、e スポーツ大会における競技性や興行性が失われる原因となります。そこで本検証では、SA 構成ならではの機能であるネットワークスライシングを活用し、ゲームデータを映像データに影響されずに伝送できる通信環境を構成し、その有効性について評価します。

図 5-91 ネットワークスライシング機能のイメージ図



(2) ネットワークスライシング機能と技術的な課題

5G ならではのアーキテクチャで構成される SA 構成において、同一の RAN を仮想的に分割し、性能の異なる複数の論理ネットワークを構成するネットワークスライシングの実装が期待されています。

本機能は、3GPP Release15 で仕様化しているスライシング機能を取り入れることで実現ができます。具体的には、従来の LTE とは異なるスライス識別機能 (S-NSSAI によるもの) を持つことで、超高速・多数接続・超低遅延等といったより柔軟なサービスを提供可能となります。

しかし、3GPP Release16 の時点で仕様が策定段階であり、今後リリースされる Release17 にかけて新たな仕様が出てくることが想定されています。そのような状況下で、製品メーカー (5G システムメーカー及び端末メーカー、チップセットメーカー) の各社がともに協業しながらも、未だ開発途上の段階となっております。

本実証で使用する 4.7GHz 帯 SA システムにおいては、最新技術を用いたローカル 5G に適したプロトタイプシステムを採用しています。そのため、UE 機能を含め検証段階であることからネットワークスライシングの実現に向けて機能的な制限があります。

その中で本実証では、DNN を用いた U プレーンのスライシング構成を実装し、U プレーンに着目した検証を最小機能構成により効率的に実施します。

今後、3GPP 標準で提唱されているネットワークスライシングを実装するためには、UE を含めたエンド・ツー・エンドで S-NSSAI によるスライシング機能に対応する必要があり、2022 年頃の実装と予想されます。

(3) 評価・検証項目

測定項目は、以下の表のとおりです。

表 5-59 測定項目一覧

項目	条件
伝送速度（上り）	上りの伝送速度。 ・無線区間 iperf2を利用した計測を実施します。 測定は1回につき1秒ごと30サンプル測定し、平均値を測定結果としました。 ・インターネット区間 速度測定サイト等を利用した伝送速度測定を行います。

(4) 評価・検証方法

本検証に際しての条件は、以下の表のとおりです。

表 5-60 条件一覧表

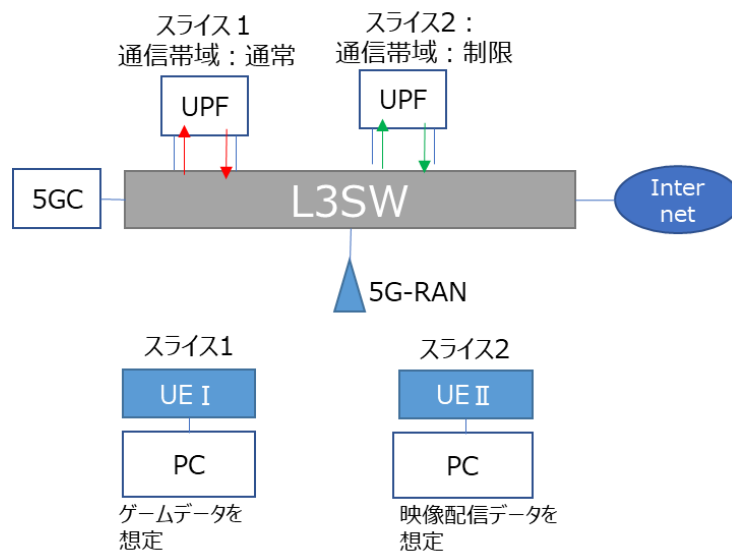
項目	条件
測定拠点	eXeFieldAkiba
周波数帯	ローカル5G（4.7GHz帯）： 4.8GHz-4.9GHz（100MHz幅）
測定箇所	ローカル5G（4.7GHz帯）の受信電力の値が良好な測定地点にて実施致します。
測定パターン	3パターン
測定ツール	・伝送速度： 測定する区間の両端PC間で、iperf2にて測定したスループット ・遅延時間： 測定する区間の両端機器間でのExPingにて測定したRTT値
端末数	2台

ゲーム用の端末と映像用の端末を、スライスを分けた別々の UE 経由で通信させている状況を想定し、伝送速度の差を測定しました。優先したいデータはゲームデータとし、優先ではないデータは映像データと想定しました。なお実証時は定量的に検証を行うためダ実際のゲームや映像データではなくスループット測定ツールによる測定用データを伝送しました。スライシング機能の検証として、一方のスライスの通信速度を制限することで、優先したいデータの必要帯域を保持できるような構成としました。

具体的には、上りの伝送速度理論値 80Mbps のうち、映像伝送に用いるスライスの上り通信帯域を 10Mbps に制限し、もう一方のスライスでは残りの通信帯域をすべてゲームデータに用いることを想定し、それぞれのスライスから同時にスループット測定ツールを用いて測定を行いました。

スライスを分けるにあたっては、DNN (Data Network Name) を分けて設定することで実装を行っています。

図 5-92 本実証におけるネットワークスライシング構成



測定パターンは以下の表のとおりです

表 5-61 測定パターン表

パターン	ゲームデータ	映像データ
ウ- (3) -1	スライス 1 (通常)	スライス 1 (通常)
ウ- (3) -2	スライス 1 (通常)	スライス 2 (10Mbps制限)
ウ- (3) -3	スライス 2 (制限)	スライス 2 (10Mbps制限)

本検証に際して想定している試験の手順は、以下の表のとおりです。

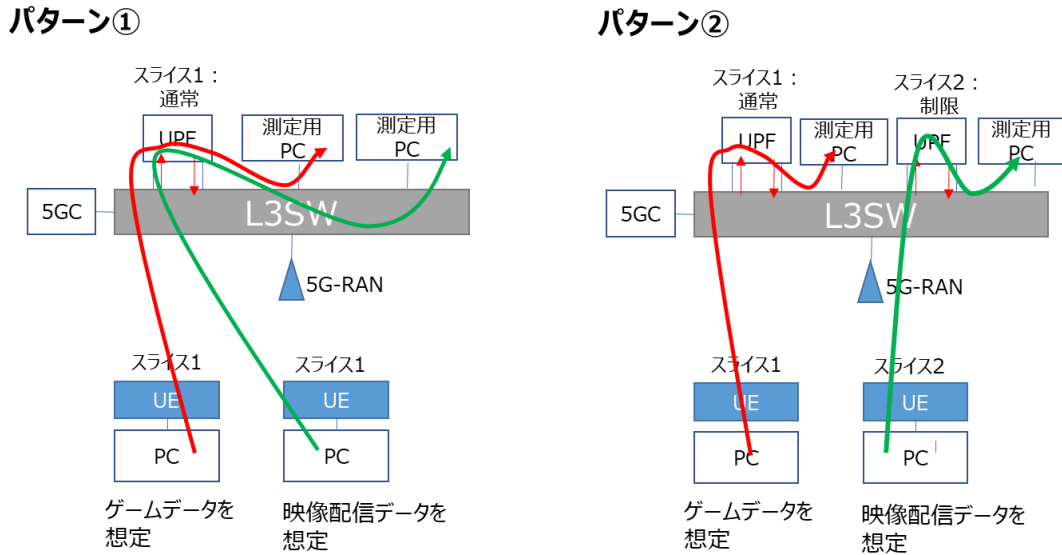
表 5-62 試験手順

工程	実施内容
1	ゲーム用端末及び映像用端末を、それぞれスライス1に設定し、通信性能を測定します。
2	映像用PCのみをスライス2に設定し、通信性能を測定します。
3	ゲーム用PC及び映像用PCをスライス2に設定し、通信性能を測定します。

- 無線区間の測定について

無線区間の測定イメージについては以下の図のとおりです。

図 5-93 無線区間の測定イメージ



測定におけるパケットの印加量については、実際のゲームデータや映像配信データを想定し決定しました。また、最大性能を測定するために理論値以上の負荷をかけた試験も実施しました。

無線区間の伝送速度（上り）について、スライス1（通常）及びスライス2（制限）を単独で測定した数値としては下記になります。

表 5-63 スライスごとの伝送速度

スライス	伝送速度（上り） [Mbps]
スライス1（通常）	60.7
スライス2（10Mbps制限）	11.9

- インターネット区間の測定について

2通りの方法を用いて伝送速度を測定致しました。タイミングとしては、端末2台から同時にアクセスを実施しています。

- ・スピードテストサイト

Google 検索「スピードテスト」においてトップ画面に表示される Google スピードテストサイトを利用しました。測定回数は5回で、平均値を測定結果としました。

図 5-94 Google 検索「スピードテスト」検索結果



図 5-95 インターネット速度テスト結果画面（見本）



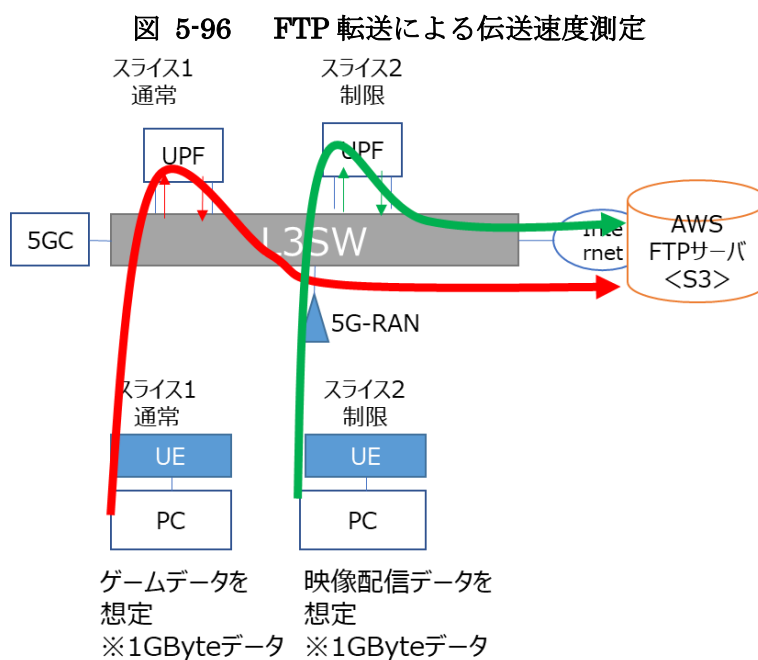
インターネット区間の伝送速度（上り）について、スライス1（通常）及びスライス2（制限）を単独で測定した数値は以下の表のとおりになります。

表 5-64 スライスごとの伝送速度

スライス	伝送速度（上り） [Mbps]
スライス1（通常）	68.0
スライス2（10Mbps制限）	9.8

・ FTP 転送

2台の端末から、1GByte のデータを同時にクラウド上の FTP サーバにアップロードすることで、その転送にかかった時間から伝送速度を算出しました。映像を模したデータとして 1Gbyte と設定した理由は、今後主流となる 4K・60fps の映像データ 1 分間分のファイルサイズ想定です。現状、ゲームデータは小容量の通信であり、大容量の通信は発生していませんが、近年のコンテンツの高精細化に伴いゲームデータにおいても大容量の通信が想定されることから、ゲーム通信についても同容量のデータを用いて測定を行いました。



(5) 検証結果

● 無線区間

ゲームデータ (10Mbps) に対して、映像データ (30Mbps、50Mbps) を印加したが、映像データの 10Mbps は一定の値を保つことができました。ただし、いずれのパターンにおいても維持できたため、スライスの有効性について明言できる結果ではないかと言えます。

また、印加する値を理論値以上にした場合は、PC 1 (ゲームデータ) と PC2 (映像データ) の合計値が無線区間における理論値を上限とする結果となりました。

表 5-65 無線区間の測定結果

		PC1 : ゲームデータを想定			PC2 : 映像データを想定		
		スライス	印加値	測定結果	スライス	印加値	測定結果
ウ- (3) -1	a	スライス1	10	9.9	スライス1	30	25.6
	b		10	9.9		50	16.7
	c		100	45.7		100	33
ウ- (3) -2	a	スライス1	10	9.9	スライス2	30	11.9
	b		10	10.0		50	11.6
	c		100	46.3		100	26.3
ウ- (3) -3	a	スライス2	10	9.9	スライス2	30	10.4
	b		10	9.4		50	10.9
	c		100	10.0		100	10.8

● インターネット区間の測定について

2台の端末から同時に同一容量のデータの送信を行ったところ、2台をスライス1（通常）に設定した状態よりも、1台をスライス2（制限）、もう1台をスライス1（通常）に設定した状態では、スライス1（通常）に設定した端末での伝送速度が向上する結果となりました。スピードテストサイトでは24.7Mbpsの向上（64%向上）、FTP転送では5.5Mbpsの向上（19%向上）が見られ、スライシングの設定により無線区間において、合計の伝送速度上限が決まっている中で一方を制限することにより、他方が残りの通信帯域を活かした通信ができています。これによりゲームデータ側の伝送速度を確保できたことが確認できました。

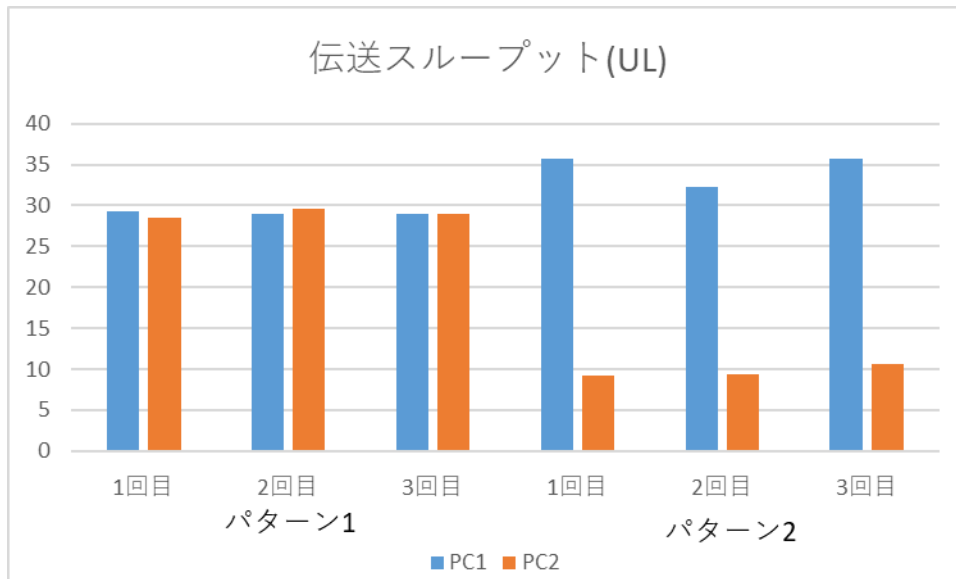
表 5-66 スピードテストサイトによる伝送速度(上り)の測定結果

	PC1：ゲームデータを想定		PC2：映像データを想定	
	スライス	測定結果	スライス	測定結果
ウ- (3) -1	スライス1	38.8	スライス1	33.2
ウ- (3) -2	スライス1	63.5	スライス2	11.4

表 5-67 FTP転送による伝送速度(上り)の測定結果

		PC1：ゲームデータを想定		PC2：映像データを想定	
		スライス	測定結果	スライス	測定結果
ウ- (3) -1	1回目	スライス1	29.25	スライス1	28.54
	2回目		28.94		29.57
	3回目		29.04		28.95
ウ- (3) -2	1回目	スライス1	35.77	スライス2	9.25
	2回目		32.25		9.44
	3回目		35.77		10.55

図 5-97 FTP転送による伝送速度(上り)



(5) 考察

- 技術的課題の解決方策

通信速度の異なる2つのスライスを用意してゲーム・映像配信を模したデータの通信測定を行った結果、インターネット区間では同じスライスを経由したときよりも、異なるスライスを経由した通信において、ゲームデータ側における速度の向上が見られ、要件の異なるデータ通信を行うに当たりスライシング機能は有効であることが分かりました。将来的に、ゲームデータより先に映像データの大容量化が進んだ際に、ゲームデータの通信を確保するために、パラメータ設定によってローカル5Gの本機能を活用することが推奨されると考えられます。

- 更なる技術的課題

本実証では、DNNによりスライシング機能を実装しましたが、本来3GPP標準で提唱されているネットワークスライシングを実装するためには、S-NSSAIによるUEを含めたエンド・ツー・エンドでのスライシング機能を実装していく必要があります。今回はネットワークの伝送速度の要件のみの制限されたスライスの実装でしたが、S-NSSAIによるネットワークスライシングにおいては、高速大容量・低遅延・多接続といった5Gならではの高い性能を有する様々な要件が期待可能なことから、今後の機器メーカーによる開発進捗が期待されます。

5.6 まとめ

今回のユースケースである e スポーツを、ローカル 5 G システムを用いて実施するに当たり、下記の技術的な課題に対する実証を実施しました。

● 技術的課題

- ・ e スポーツに必要な性能目標に対する机や人体等の遮蔽物による影響
- ・ キャリア 5 G エリア内でローカル 5 G を利用する場合の共用
- ・ 複数拠点でローカル 5 G を利用する際の通信性能低下
- ・ 帯域幅の変更による通信性能への影響
- ・ 28GHz 帯における見通し外エリアでの受信電力低下
- ・ 通信要件の異なるデータを同一の無線通信で伝送する場合の通信性能確保可否

● 実証内容と結論

【技術実証ア】

e スポーツ施設（屋内空間）における 21 箇所の測定地点での受信電力、伝送速度、遅延の測定、遮蔽物における影響評価

- ・ いずれの条件においても、ほぼ全ての測定地点で目標としていた通信性能の伝送速度（上り）40Mbps、遅延値 100msec を達成しました。
- ・ 4.7GHz 帯及び 28GHz 帯において、机、人体の遮蔽による受信電力や伝送速度、遅延時間の性能低下が見られました。この際、3 つの地点を除き伝送速度と遅延時間については設定した目標値を下回るものではありませんでした。
- ・ UE の設置場所については、可能な限り基地局からの見通しを確保し、机及び人体の遮蔽を避けることが望ましいといえます。
- ・ e スポーツに用いられるゲーミング PC は机下に設置されることが多いですが、UE は机上に設置し、着座位置を考慮して基地局からの見通し上において人体が遮蔽することのない場所を選定する等の配慮をすることが望ましいといえます。

□

【技術実証イ（1）】

キャリア 5 G エリア内におけるローカル 5 G の影響評価及び離隔距離短縮に対する影響の評価

- ・ いずれの条件においても概ね目標としていた通信性能の伝送速度（上り）40Mbps、遅延値 100msec を達成しました
- ・ キャリア 5 G によるローカル 5 G への干渉について、キャリア 5 G とローカル 5 G の基地局の離隔距離に関わらず、技術実証アで得られた測定結果（受信電力、通信性能）と差がなく、影響がほぼ無いことが確認できました。したがって同期運用であることを前提とした場合、キャリアとの干渉調整結果に基づく範囲内において離隔距離についての特段の考慮は不要であり、共用が可能であるということが確認できました。

【技術実証イ（2）】

SA (Stand Alone) 構成、NSA (Non Stand Alone) 構成のシステム構成の違いにおける影響の評価

- ・ いずれの条件においても概ね目標としていた通信性能の伝送速度（上り）40Mbps、遅延値 100msec を達成しました

- ・ コアと基地局が遠隔地に設置されている場合、NSA 構成では遠隔拠点において伝送速度が低下する一方で、SA 構成では伝送速度が低下しにくいことが確認できました。
- ・ 複数拠点でコアの共用をする等の目的で、コアから遠隔拠点においてのローカル 5 G 利用にあたっては、SA 構成を選定したうえでユーザプレーン分離を活用することが推奨されます。

【技術実証ウ（1）】

帯域幅の変更によるローカル 5 G 性能への影響の評価(4.7GHz 帯及び 28GHz 帯)

- ・ 伝送速度については帯域幅を拡大、縮小した場合、下りはおおよそその倍率に比して変化することが確認できました。上りも同様に変化しますが、倍率については下りに比べ緩やかな変化となります。
- ・ 遅延時間については帯域幅の拡大、縮小によって大きな変化が無いことが確認できました。
- ・ ゲーム端末 20 台、映像配信端末 2 台程度の規模大会を実施する場合、80Mbps 程度の上り伝送速度が求められることから、4.7GHz 帯であれば 100MHz 幅以上、28GHz 帯であれば帯域幅を 200MHz 幅以上と設定することが最適となります。
- ・ ゲーム端末 10 台、映像配信端末 1 台程度の規模の大会を実施する場合、40Mbps 程度の上り伝送速度が求められることから、4.7GHz 帯であれば 50MHz 幅以上、28GHz 帯であれば 100MHz 幅以上の帯域幅を設定することが最適となります。

【技術実証ウ（2）】

受信電力改善を目的とした反射板の影響の評価

- ・ 見通し外の測定地点で、反射板の設置有無を比較したところ、反射板を設置した場合は、受信電力の改善が確認できました。
- ・ 反射板の活用によるカバーエリア構築にあたっては、ピンポイントで改善したい地点に対して効果が最大となる点を選定するため、実際の利用にあたっては伝搬シミュレーションによる設計や、基地局設置後の実測と微調整等を考慮することが必要です。
- ・ 設置位置や工法については、利用する建物の状況に大きく左右されることから更なるユースケースの拡大によるノウハウ蓄積が必要です。例えば設置位置について、今回は実証として反射板の移動を伴うことから三脚に搭載して仮設としましたが、実際のユースケースにおいては壁面へ貼付けや天井からの吊り下げ等の方法が考えられます。

【技術実証ウ（3）】

ネットワークスライシングの実装と評価

- ・ 一方のスライスの通信速度を制限することで、もう一方のスライスの必要帯域を確保することが可能であることを確認できました。これにより優先したいデータの必要帯域を保持するためにスライシングが活用できることが可能であるといえます。

- 更なる技術的な課題
- ・ エリア設計に当たり、机上で遮蔽の影響を事前検討するためには、人体遮蔽、各素材における電波の反射率、透過率を考慮することが必要であり、これらデータの更なる検証、蓄積が必要です。
- ・ 今回の実証では、全て同期運用を行いました。eスポーツ分野においても今後各種データ容量の増大により、上りの比率を高めた非同期での運用が求められる可能性があります。具体例としては、ゲームコンテンツのVR対応に伴うゲームデータの大容量化、配信映像の高精細化に伴う大容量化等があげられます。そのため今後の干渉調整の簡素化やガイドラインの策定等が成されることが望ましいと考えられます。
- ・ 技術実証ウ(3)では、DNNによりスライシング機能を実装しましたが、3GPP標準で提唱されているネットワークスライシングを実装するためには、UEを含めたエンド・ツー・エンドでのS-NSSAIによるスライシング機能を実装していく必要があります。今回はDNNによるネットワークの伝送速度要件のみの制限されたスライスの実装でしたが、S-NSSAIでは高速大容量・低遅延・多接続といった様々な要件の実装が見込まれることから、更なるユースケースの広がりが期待できます。

6. 実装及び横展開に関する検討

6.1 前提条件

6.1.1 実装の考え方

本実証で活用したローカル5G機器は、実証を行なった中心市街地に創設されたICTパークで継続利用することとし、eスポーツによって若者たちが集う新たなコミュニティを形成し街の賑わいを創出するとともに、地域の活性化を推進するシンボリックな存在として新たな地方創生を目指します。

なお、ICTパークと秋葉原に設置したローカル5G(SA)装置は、NTT東日本が実証のために導入したものであるため、本実証終了後に撤去します。

【ローカル5Gの実装について】

	ICTパーク	eXeFieldAkiba
SA(秋葉原コア) sub6	継続しない	継続しない
NSA(旭川コア) mmW	継続する	継続しない

本実証で活用したローカル5G機器の実装及び横展開について、コンソーシアムメンバーと協議・ヒアリングし下記のとおり考えや意向をまとめました。

表 6-1 各ステークホルダーの実装及び横展開の考え・意向

ステークホルダー	考え・意向
旭川市	本実証の結果を踏まえ、ローカル5Gを活用したeスポーツ大会の開催やライブビューイング等の実施には地域の課題である街の賑わい創出に繋がれる可能性を見出すことが出来たため、引き続きローカル5Gを継続利用すべきと考える。横展開については、道北エリア独自でのeスポーツ大会の開催や全国・世界との対戦拠点としての活用、eスポーツプレイヤーの育成・支援や障がい者施設や高齢者施設等と連携したパラeスポーツ選手の育成、高齢者eスポーツ体験会等、障がいや年齢にとらわれないeスポーツの特徴を活かした取り組みを継続検討したい。
一般社団法人大雪カムイ ミントラ DMO	旭川市 ICT パーク 推進協議会からの e スポーツ事業運営主体として継続的・発展的に e スポーツ競技の運営効率化、地域活性化や観光面での集客・魅力の向上を目指す。
NTTe-Sports	e スポーツイベント企画、e スポーツ競技環境の提供を行っていく中において、適切な環境としてゲームサーバとの低遅延なネットワーク構築は、欠かせない検討要素となる。本実証の結果を踏まえると、ローカル5Gでは有線の低遅延を引き継ぐことが可能であるため、適用範囲が広がる。しかしながら、ローカル5G機器の調達、構築、安定運用には課題が見られることから、商業的な導入に向けて継続検討したい。
NTT東日本	本実証の結果を踏まえると、通信回線におけるローカル5Gと有線との間に大きな差異はなく、無線環境下でのeスポーツの実現は現実解であることを証明できた。一方、横展開を考えた時に、マネタイズ手法を決定づけるほどのノウハウや経験値が業界にはないこと、及びローカル5G機器も商用機の扱いが少なく機器の安定性・信頼性に改善の余地がある等、課題点が多数残ることも事実である。継続的な活用・実証を通じて課題点の解決を図ることや、類似モデルを検討・構築することにより、eスポーツならびにローカル5Gの普及を促進するべきと考える。また、eスポーツ

ゲームタイトルのクラウド化等を想定し共同利用型プラットフォームの実現に向けて、弊社のエッジクラウドの活用も視野に入れたビジネスモデル創出に取り組む考えである。

なお e スポーツにおける無線利用について、e スポーツ団体（北海道 e スポーツ協会 専務理事）様と議論の上、以下コメントを頂戴しております。

「e スポーツの大会規定で、無線利用に対し禁止事項を定めているものではないが、無線技術の回線品質を有線と遜色なく利用可能なことが証明できれば、今後、多様化するであろうゲームのコンテンツ、端末に対し、『多人数参加、多接続、大容量化』に対応可能なローカル 5 G を積極的に活用できると考える。」

上記のコメントを踏まえ、ローカル 5 G を活用した事業モデルや普及モデルの運営推進体制・スキーム・役割分担等を検討するに当たり、e スポーツ団体等と連携することを想定し「イベンター」や「支援者」としての役割を 6.2 節及び 6.3 節で整理します。

6.1.2 制約条件

ローカル 5 G 設備の機器及び保守運用が高額なことから、ICT パークでは e スポーツ大会を毎日開催することは困難であるため、e スポーツ関連の講演や医療関係の学会、観光客や修学旅行生等を対象とした観光事業による施設利用で収益の拡大を図るとともに国や道の事業費等を活用し、コスト回収負担を軽減させていくことを検討します。

また、実装における制約の課題とその解決に向けて検討していくことが必要であると考えます。

(1) ローカル 5 G 機器費用と保守費用の低廉

ローカル 5 G の導入実績が少なく現状においてまだ開発途上であることから、今後の普及拡大と安定運用に必要な保守運用要員の確保が必要です。

また、現状提供されている定額保守費用が高額であるため維持運用していくためには設備保有者の負担が大きく、今後、運用保守サービスメニューの細分化によりランニングコストの低減を行なう必要があります。

(2) 無線従事者の確保

ローカル 5 G を活用した e スポーツイベントの開催の都度、無線従事者の作業や立会いが必要となるため、運営事業者側での要員確保による効率的な運営体制の整備が必要です。

また、不具合に備えた対応として、バックアップ回線の準備と被疑箇所の特定のために無線技術者と有線技術者の準備が必要です。本件に関しては、両方の技術を有する通信事業者が担当することで解消されるものと考えます。

(3) 多様な e スポーツイベントへの対応

本実証における e スポーツでのローカル 5 G の活用については、一定の成果が得られ実運用に対応可能と考えられますが、今後は本実証で定義したモデル以外の各種大会での活用を検討する必要があります。

6.1.3 横展開の考え方

本実証を通じ、横展開に資する標準的な普及モデルが必要と考えます。

現状において、ローカル5G設備が構築コストのみならず、維持運用コストも高額であることから、実装においては、コストを最低限にした活動や、機器の共用化、更なる施設の効率運営の実施、国や道等の他の事業費等の活用により、可能な限りコスト回収負担を低廉化させていくことを検討しています。

また、他エリアへの横展開においては、ローカル5G設備そのものの低廉化やコア設備の共用等を前提とした横展開モデルを検討します。

横展開に当たっては、次の三つの要素を用いPDCAサイクルで評価することが必要です。第一に「創造性」は、横展開した際にその内容が斬新であったり、新しい取り組みに出会ったりすることが、横展開を実施するうえで必要であると考えます。第二として「再現性」は、横展開するからには、その影響をより多く認知してもらう必要があり、当然のことながら再現性の面で評価していく必要があると考えます。そして第三の「共感性」は、横展開した際、関係者に共感を持って受け入れてもらうことが成功につながるためです。

表 6-2 PDCA 区分に基づく横展開モデルの考え方

区分	創造性	再現性	共感性
P	<ul style="list-style-type: none"> オンラインによる距離/地理的制約の解消 会場と会場を繋ぐことでの臨場感の創造 	<ul style="list-style-type: none"> コスト（人員・費用）を最低限とした活動 機器等の共用化 既存ノウハウの流用（運用マニュアル等） 	<ul style="list-style-type: none"> 街の課題解決に資する取り組みを付加（例：eスポーツ部設立等、生徒の誘致、引きこもりの解消）
D	<ul style="list-style-type: none"> eスポーツ団体やイベントとの連携 	<ul style="list-style-type: none"> ICTパーク（本実証）ノウハウの提供 	<ul style="list-style-type: none"> 自治体等とのディスカッション
C	<ul style="list-style-type: none"> 実イベントへの参画による課題等の顕在化 	<ul style="list-style-type: none"> 既存ツールへのフィードバック <ul style="list-style-type: none"> ✓ メリット ✓ デメリット 	<ul style="list-style-type: none"> 参加者等へのアンケート実施
A	<ul style="list-style-type: none"> 顕在化した課題に対する対策点のディスカッションと解決に向けた取り組みを実施 	<ul style="list-style-type: none"> 更なる効率運営に向けた見直し・改訂の実施 	<ul style="list-style-type: none"> 改善を踏まえた継続的な取り組み、新規課題・外延課題の取得

6.2 持続可能な事業モデル等の構築・計画策定

6.2.1 実証終了後の継続利用

6.2.1.1 地域課題

新型コロナウイルス感染拡大によって、外出自粛やイベント開催制限等に伴う消費行動の変化、インバウンドの落込み等、地域経済は大きな影響を受けており、当初想定していた地域課題の現状は一層厳しいものとなっています。

このような先の見通しにくい状況のなか、ローカル5Gという新技術を活用した集客イベントや観戦体験は、ニューノーマル対応を見据えた新しい街の賑わい創出という相乗効果をもたらし、住民等の期待感を産み出すことにつながったと考えます。

それらを踏まえ、本実証で取り組んだ地域課題の内容、地域住民等のニーズ、当該課題の解決度や実証がもたらす効果について整理します。

表 6-3 地域課題に対し本実証がもたらす効果

当初の地域課題	実証結果がもたらす効果
<p>■e スポーツを活用し、中心市街地の活性化と集客</p> <p>中心市街地の過疎化が進み若者たちが集い賑わいを創出する施設として、e スポーツを核とした拠点 ICT パークを構築し、地域の活性化を進めています。また、まちなかの賑わいや滞在時間増による観光面での集客や魅力度の向上を図り、地域経済の活性化を図りたいと考えています。</p>	<p>■ローカル5Gを活用したeスポーツ拠点の構築効果</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gが整備された初のeスポーツ会場であることから、注目を集めた施設としてオープンすることができた。しかし、新型コロナウイルス感染症対策として集客を抑えたイベント開催実施のため、市民への馴染みが薄く敷居の高さがあった影響で来客数は想定より下回り、賑わいを創出するまで至らなかった。 しかし、4月以降の一般開放により、施設の利用が増え認知度も増し来客の増加が見込めるため、中心市街地及び地域経済の活性化に寄与できると考える。 本実証と通じ実施した周辺施設でのライブビューイングには、3施設に延べ24,081人の来客があり施設管理者によれば通常時より賑わいがみられたという。また、ライブビューイング会場視聴者の多数が、若年層や親子連れであったことからeスポーツが若者たちの集う新たなコミュニティの場となり街の賑わいを創出可能なことが実証された。 課題実証として実施した「マルチアングル映像配信」「人流分析」「遠隔コーチング」による効果は、第4章に示す。
<p>【本開発実証の対象外】</p> <p>■地域に根差す新たな産業形成</p> <p>若者たちが、プログラミング等先端技術に興味を持ち自ら学び成長していくほか、将来のIT企業人材となりこれからの地域中小企業の人手不足の解消と地域経済の活性化を図る。</p>	<p>【本開発実証の対象外】</p> <p>■ICT人材の育成とICT関連企業のつながる環境の整備</p> <p>本実証とは直接的な関与はないが、旭川ICTパークにはプログラミング教室を開催可能な場所として2か所（eスポーツトレーニングジム・NTT東日本スマートイノベーションラボ）が新たに併設され既に開講し、子供達が授業外でもICTに触れ、関心を持ち、親しむ機会を提供することができ、ICTをより身近に感じることが可能な環境を創出できた。</p>

6.2.1.2 地域住民等のニーズ

地域住民のニーズを把握するため、ローカル5Gを活用したeスポーツイベントの開催(3月6日)が街なかの賑わいや滞在時間増に寄与したかについて、ICTパークの周辺施設とライブビューイングの配信施設へのアンケート結果をもとに記載いたします。なお、アンケート結果については、第4章に示したとおりです。

感染症対策としての集客制限やICTパークの認知度が低いこともあり、周辺施設の店舗来客や売上に貢献しうるかの判断が現状では困難でした。しかし、ICTパークでのイベント開催には集客増に繋がるとの声や、eスポーツへの期待の声があることから今後のイベント開催や告知方法を検討し、認知度を高め魅力ある施設していく必要があると考えます。

また、ローカル5Gについては、具体的な活用イメージや利用シーンがイメージできないとの声が多かったため、ローカル5G活用イベントの開催を増やして行く必要があると考えており引き続き検討します。

6.2.1.3 課題解決システムの実証終了後の継続利用の見通し

本実証において、課題解決システムとして行なった「無線環境下のeスポーツ」、「マルチアングル配信」、「ライブビューイング」、「遠隔コーチング」の継続利用について、コンソーシアムメンバーにて以下のとおり検討しました。

(1) 維持管理費用

ローカル5G設備は、次年度以降もICTパークで継続利用していく予定であり、実証後のローカル5Gの免許人及び維持運用や費用負担は、旭川市が担う予定です。ローカル5G設備の維持管理費が高額であるため、マネタイズとのバランスを踏まえ活用方法について引き続き検討していきます。

(2) 性能評価

継続利用予定のローカル5G(mmW)は、eスポーツ競技及び各課題解決システムにおいて検証されていますが、ゲームタイトルや新たな利用シーンでの活用については今後検討を行ないながら進めていく予定です。

(3) 地域課題解決

無線環境下でのeスポーツは、効率的な設営及び運用コストの低減に効果があり、またライブビューイングや遠隔コーチングは、ICTパーク開設やeスポーツ分野に対する地域のニーズや期待感の高さを踏まえ、地域貢献や地域活性化につながるものと考えており、本実証終了後も継続利用していきます。

それらを踏まえ、課題解決システムの継続利用について以下の表のとおりまとめます。

表 6-4 課題解決システムの実証終了後の継続利用の見通し

課題解決システム	継続利用の見通し
ローカル5G環境下でのeスポーツシステム	継続利用する 一部の無線環境(ローカル5G、キャリア5G、Wi-Fi6)で有線同等にeスポーツ競技が実施可能なことが検証できたため、継続利用する。なお、競技への適用については引き続き検討を実施する予定である。 ※5Gの安定性・品質のばらつきには課題がある。
高画質映像配信・視聴システム	継続利用しない 配信プラットフォームにYouTubeを用いる場合は一定時間に切り替えて良い画面数に制約がある場合や急遽な仕様変更等が発生し、統一的な展開が容易とは言えない。他の配信プラットフォームも画質に比例して費用が高額になる等コスト面での課題が残る。配信アプリケーションもマルチプラットフォームやOSバージョンアップ時への対応を含め本格対応するためには更なる投資(需要)と開発が必要。独自開発ではなく、商用サービスとして利用可能な段階を見据えてから普及利用モデルを考えたい。
ライブビューイングシステム	継続利用する 配信施設と設備準備の調整が必要であるが、地域への貢献・事業宣伝を兼ね配信先の積極的参加を見込むことができる。
遠隔コーチングシステム	継続利用する 講師のアサインや機器費用に稼働は発生するものの、学校との部活動との連携や競技品質の向上(プレイヤーの技能向上)による参加者数増は必要要件であり、一定のニーズがあると考えられる。

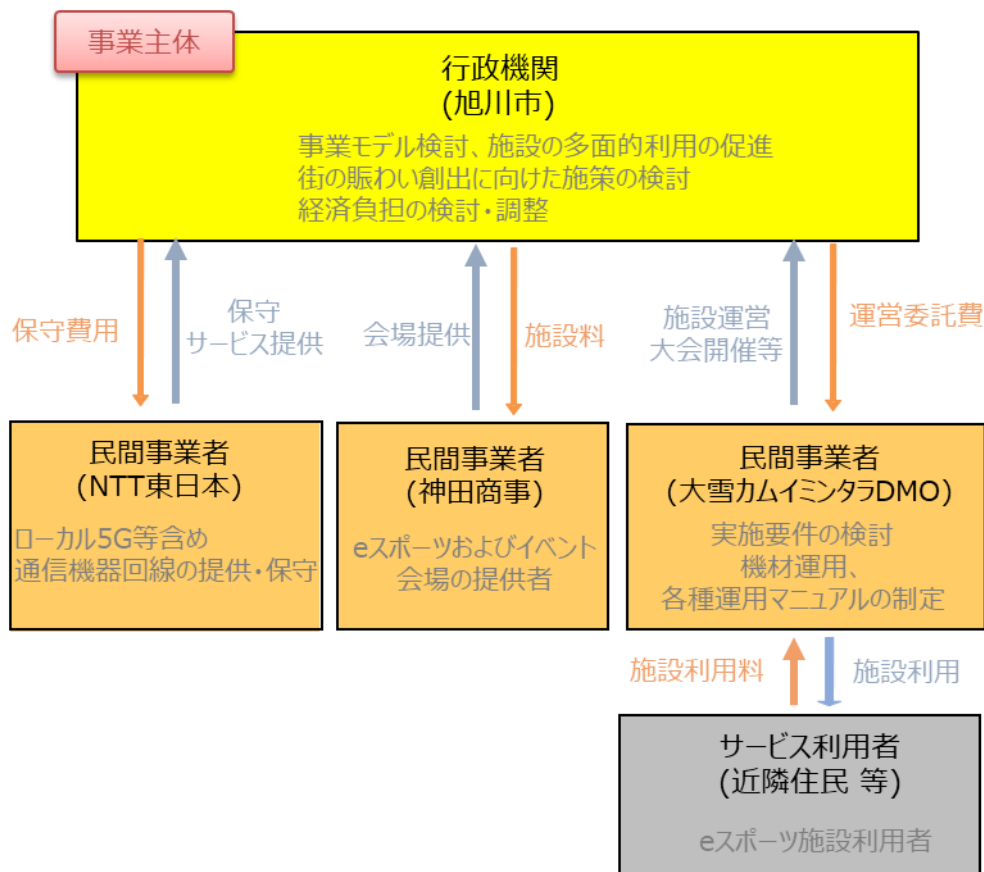
6.2.1.4 運営体制

本実証終了後の継続利用に向けた事業モデル（各ステークホルダーの役割）について、以下の図のとおり整理しました。

本実証は、自治体と協働しコンソーシアムを組んで進めたモデルであり、横展開に当たっても同様に自治体が主体的に実行することを前提としています。そのため、費用の多くは自治体等、公の機関の予算を活用することとしています。利用料の一部は一般の利用者から得るものとしています。

事業継続に向けて相互に連携しながら、eスポーツ競技人口の拡大（eスポーツ施設の創出）、魅力あるコンテンツの配信、地域のアピール（ライブビューイング）、ICT人材の育成実施（eスポーツ遠隔コーチング）を行い、実装及び横展開を推進します。

図 6-1 本実証終了後の事業モデル



6.2.1.5 課題解決システムを継続利用する場合の課題（技術面・運用面）

本実証終了後のローカル5G及びeスポーツを核とした事業モデルについて、技術面・運用面における課題を整理しました。

事業モデル	ローカル5G等の無線環境を活用し、eスポーツ等のイベントを地域の商店街や学校等と一緒に連携しながら多くの人々が参画可能な形態で開催し、街の賑わい創出（地域経済の活性化）ならびにリカレント教育を含めICT人材の育成を実施する。
-------	--

課題（技術面・運用面）について、以下のとおり整理しました。

無線環境下のeスポーツについては、技術面において「速度面で4G、LTEは不可」「5Gの安定性・品質のばらつき」が挙げられます。運用面においては、都度の無線従事者及び5G取扱い可能な技術者のアサイン（設定・不具合対応等）、有線と無線のネットワーク切替えリスク（時間・試験）、通信事業者が必要、設営事業者のみの実施が困難（汎用化が困難）という課題があります。

マルチアングル配信については、技術面においてマルチプラットフォーム等への対応が求められます。また、ライブビューイングについては、会場との設営/撤収の時間調整、環境（音・表示内容）の調整等が挙げられます。

表 6-5 課題解決システムを継続利用する場合の課題

課題解決システム	見通し	課題（技術面）	課題（運用面）
ローカル5G環境下でのeスポーツシステム	ローカル5G、キャリア5G、WiFi6、の無線環境でのeスポーツ競技の実施が可能（設営含む）	<ul style="list-style-type: none"> • LTE（4G）は、速度面で不可 • ローカル5G（mmW）で稀に速度低下 	<ul style="list-style-type: none"> • 都度の無線従事者ならびにローカル5Gを扱える技術者のアサイン（設定・不具合対応等） • 有線と無線のネットワーク切替えリスク（時間・試験） • 通信事業者が必要、設営事業者のみの実施が困難（汎用化が困難）
高画質映像配信・視聴システム	実施困難	<ul style="list-style-type: none"> • マルチプラットフォームへの対応 • YouTube仕様変更 • Youtube機能制限（1秒当たり10回までの切替え数制限） 	<ul style="list-style-type: none"> • OSバージョンアップ対応 • 機能向上開発
ライブビューイングシステム	実施可能	影響なし（YouTubeを想定）	<ul style="list-style-type: none"> • 会場との設営/撤収の時間調整、環境（音・表示内容）の調整 • 競技者の肖像権、画像等の二次利用（参加者の人数確保要）
遠隔コーチングシステム	実施可能	影響なし	<ul style="list-style-type: none"> • 参加者の数やレベルに合わせたカリキュラム • 多人数参加時の指導

6.2.1.6 継続見通しが立っていない場合の理由・解決策

マルチアングルアプリケーションの独自開発は、本実証事業の課題そのものとは主旨が異なると考えており、需要・コスト・その他の利用用途を踏まえて開発ベンダが作成すべきものと考えます。

YouTube のマルチアングル機能（複数映像を 1 画面に PinP 表示し切替え可能な機能）により実証を実施する予定でいたが、実証期間中に仕様変更が行われ（事前告知は無し）、当該機能が急遽使用できなくなりアプリケーション開発にて対処したことや、その他プラットフォームでは 4K 対応できていない状況（スポットで実施する場合は費用が高額）を踏まえると、商用サービスが展開されてから、その普及モデルを活用した新たな展開・活用を為すべきものと考えます。

6.2.2 事業モデル

6.2.2.1 事業内容

本実証結果を踏まえ、更なる地域課題の解決にむけた事業モデルの検討結果について記載します。

(1) 事業目的

ローカル5G等の無線環境を活用し、eスポーツ等のイベントを地域の商店街や学校等と一緒に連携しながら多くの人々が参画可能な形態で開催し、街の賑わい創出（地域経済の活性化）ならびにリカレント教育を含めICT人材の育成を実施する。

(2) 事業モデル内容

本事業はICTパーク内のeスポーツ会場「コクゲキ」のローカル5G環境と、ゲーミングPC等を設置している「トレーニングジム」を相互に活用し、ニューノーマル時代の新たな街の賑わい創出等、更なる地域活性化につながる運用を検討しております。

無線環境下での効率的かつフレキシブルな設営・運用や、eスポーツだけでなく地域の魅力を広く発信するライブビューイング、遠隔コーチング等によるICT人材育成等、今後も幅広い用途での活用を進めていきます。

対象エリアは、旭川市及び周辺エリア（上川管内）はもちろん、本実証でも接続した東京秋葉原eXeFieldを始めとする道内外のeスポーツ施設とのリモート接続も想定しております。

システムの維持管理は、コスト面の負担については旭川市が実施しますが、システム保守はNTT東日本が行い、他エリアとの連携も含め更なる普及・拡大に努めてまいります。

①eスポーツ競技人口の拡大

- ・地域密着型の小中規模都市で運営可能なeスポーツ施設の創出（リノベーションモデル）

②魅力あるコンテンツの配信、地域のアピール

- ・複数カメラ（視点）の動的ライブビューイング

③ICT人材の育成実施

- ・eスポーツ遠隔コーチング（リカレント教育）

6.2.2.2 対象となるユーザ(組織・機関・属性等)

ユーザは若年層だけではなくシニア層も加えた幅広い世代を志向します。

表 6-6 事業内容と対象となるユーザの関係

事業内容	対象となるユーザ
① e スポーツ競技人口の拡大	若年層、中年層、シニア層
② 魅力あるコンテンツの配信、地域のアピール	若年層、中年層
③ ICT 人材の育成実施	若年層

6.2.2.3 対象ソリューション、サービス、提供価値(類似事業との差別化)

本事業モデル実施拠点である ICT パークにおいて、以下のソリューションを提供していきます。

(1) ローカル 5G 環境下での e スポーツシステム

①オンライン対戦

オンライン対戦の実施により、距離の制約を解消することが可能になります。また、参加者は自宅からの参加や、会場同士を接続し対戦することも可能になるため、競技人口の拡大や地域の交流促進にもつながります。

②無線設営

無線設営を行うことで、会場設置や設備提供の期間を短縮することが可能になります。設備提供期間の短縮により、施設の回転率の向上に寄与します。

③施設リノベーション

地域の遊休資産や老朽設備を利用することにより、地域設備の保存、利活用及び住民理解の促進、街の再活性化へつながります。

(2) ライブビューイングシステム

複数画面での合成配信を行うことにより、より多くの方の誘客や視聴ニーズに対応することが可能になります。

(3) 遠隔コーチングシステム

競技スキルの向上により e スポーツ大会参加への障壁の撤廃を目指します。また、オンラインでの遠隔コーチングのため場所にとらわれず、幅広い方に参加頂くことが可能になります。

表 6-7 事業モデルに対するソリューションと提供価値

対象ソリューション	提供価値	内容
(1) ①オンライン対戦	・ 距離制約の解消	自宅からの参加
	・ 競技スペースの拡大	会場同士の接続
	・ 地域の交流促進	会場同士の接続
(1) ②無線設営	・ 施設利用回転率の向上	設備提供期間の短縮
(1) ③施設リノベーション	・ 地域設備の保存 ・ 住民理解の促進 ・ 街の再活性化	老朽設備利活用
(2) ライブビューイングシステム	・ 会場への誘客増 ・ 視聴ニーズの充足	複数画面合成配信
(3) 遠隔コーチングシステム	・ 参加障壁の撤廃	競技スキルの向上

6.2.2.4 事業モデルに対する運営体制と役割分担

本事業モデル実施拠点である ICT パーク（コクゲキ）でのソリューションやサービスの提供における運営体制と役割分担について、以下のとおり整理します。

- ・ ローカル 5 G 免許人：旭川市
- ・ ローカル 5 G 機器管理：旭川市
- ・ ローカル 5 G 及びスポーツ機器システム保守：NTT 東日本（旭川市と保守契約締結）
- ・ 費用分担：旭川市（ローカル 5 G 環境及び継続利用する課題解決システム）

表 6-8 本実証終了後の関係者間の役割分担

ステークホルダー	業種業態	役割
事業企画者 (旭川市)	自治体・民間事業者	・ 事業モデルの企画 ・ 地域との連携・調整
スポンサー (未定：地場業者等)	地場業者等	・ 協賛
イベンター (未定：地場業者等)	地場業者等	・ スポンサーならびに事業企画者との連携 ・ イベント企画・立案 ・ ゲームタイトル許諾取得
事業コンサルティング (未定：NTTe-Sports 等)	e スポーツ運営事業者	・ イベンターとの連携 ・ e スポーツ事業支援 ・ ゲームタイトル許諾取得
事業運営者 (未定：地場業者等)	地場業者等	・ e スポーツ会場・設備運営
設備提供者 (旭川市)	地場業者	・ ローカル 5 G 機器保有者 ・ e スポーツ会場提供
設備構築者 (NTT 東日本)	通信事業者	・ ローカル 5 G 免許申請者 ・ e スポーツ機器構築 ・ 通信回線提供、保守等
設備保守者 (NTT 東日本)	地場業者等	・ e スポーツ機器保守
支援者 (未定：地場業者等)	教育機関 公共機関 経済団体	・ 事業計画者との協力・支援

6.2.2.5 契約管理

本事業モデルで想定される必要な契約は以下のとおりです。

表 6-9 契約管理

契約	詳細
設備構築契約	ローカル5G環境及びeスポーツ環境整備（音響・照明・映像・配信・PC等）のシステム構築契約
保守契約	ハードウェア・ソフトウェアの保守契約
コンサル契約	eスポーツ大会やイベント企画に関するコンサルティング契約
ネットワーク回線契約	ローカル5G環境及びeスポーツ環境で利用するネットワーク回線契約
イベント契約	全体進行、照明/音響等の操作、MC/解説者の出演等eスポーツイベントを実施するための契約
賃貸借契約	eスポーツイベントで利用する会場の賃貸借に関する契約（光熱費含む）

6.2.2.6 費用負担

マネタイズの方法について整理します。

ローカル5G設備の維持費が高額であり、本事業によって得られる収入より維持管理に関わる費用が大幅に上回ることから、当面の間は国や自治体の一般財源や交付金の充当等が必要であるものの、本事業以外での収入源の確保も含め、収支差の最小化に取り組みます。

収入と支出はそれぞれ項目ごとに「定額・従量・臨時」とわけてその期待収支・支出影響レベルで表します。施設運営として期待収支より支出影響が高いことが見て取れます。

なお、eスポーツ関連機器は賃貸借契約で導入したため、イニシャルコストは発生しておりません。

収入項目と費用項目は以下のとおりです。

[収入項目]

- (1) 一般財源、交付金
- (2) 競技施設利用料
 - ① 定額利用(日単位での貸出し)
 - ② 従量利用(時間単位での貸出し)
 - ③ 臨時利用(機器のみの貸出し)
- (3) 協賛金等

[支出項目]

- (1) 施設・機器費用
 - ① ローカル5G保守費
 - ② 賃貸借料(eスポーツ関連機器)
 - ③ 施設使用料、光熱費等
 - ④ 通信費
- (2) 運営費用
 - ① 人件費(事業運営委託)
 - ② 大会運営費
 - ③ その他集客事業費

上記の収入項目と費用項目について、算出結果以下の表に整理します。

表 6-10 本実証後のコストシミュレーション (収入)

項目	年間費用	
(1)一般財源、交付金	約 6,300 万円	
(2)競技施設利用料	約 100 万円	
①定額利用(日単位での貸出し)	約 40 万円	1日貸切 15万円+大会参加料 1,000円×50人
②従量利用(時間単位での貸出し)	約 60 万円	2時間 1,000円×のべ50人/月 ×12ヶ月
③臨時利用(機器のみの貸出し)	0 万円	現在検討中
(3)協賛金等	約 200 万円	1社 40万円×5社
合計	約 6,600 万円	

表 6-11 本実証後のコストシミュレーション (支出)

項目	年間費用
(1)施設・機器費用	約 4,500 万円
①ローカル 5 G 保守費	約 1,000 万円
②賃貸借料(e スポーツ関連機器)	約 2,000 万円
③施設使用料、光熱費等	約 1,200 万円
④通信費	約 300 万円
(2)運営費用	約 2,800 万円
①人件費(事業運営委託)	約 600 万円
②大会運営費	約 2,000 万円
③その他集客事業費	約 200 万円
合計	約 7,300 万円

収支バランスを考えると、コロナ禍でのイベント入場制限等で集客が困難な状況もあり、収入項目における施設利用の落ち込みをカバーするため、当面の間は、一般財源だけでなく交付金の活用等が必要な場合が多いと想定されます。今後は、成長過渡期である e スポーツ競技人口の増加にあわせた更なる施設利用の拡大促進と、会員制度等を活用した固定客の確保、スポンサー企業等による協賛金収入増等、安定した収入確保が必要であると考えます。

加えて、有限な時間において 1 施設でのイベント収入は最大値が決まってしまうことから、収入モデルの変革(新たな収入源)を見据えていく必要があります。これらは競技人口の増加に比例して収入の増加が見込める可能性があります。

また機器投資・保守費用、施設運営の支出が少なくないため、サブスクリプションの仕組みへの対応を進める等も検討材料となります。

6.2.2.7 運用、管理等に係る仕組み

e スポーツ拠点の運用・管理等については、利用者及び運営者の規程・マニュアルに則り円滑な施設運用（ICT パーク）を図る必要があり、他地域でも利活用可能な汎用性の高い記載とすべきです。以下の規程・マニュアルの策定が望ましいと考えます。

なお e スポーツ大会の運営マニュアルについてはゲームタイトルにより規定が異なることが多いため、その特性を加味する必要があります。

表 6-12 運用・管理に必要な規定・マニュアル類

分類	規程・マニュアル名	記載項目例
利用者側	施設利用規程	<ul style="list-style-type: none"> 施設入退館方法 施設利用可能時間 施設利用料 ほか
	e スポーツ機器利用規程	<ul style="list-style-type: none"> ゲーム機器予約 ゲーム機利用方法 CERO 遵守 ほか
イベント運営者側	イベント運営規程	<ul style="list-style-type: none"> イベント参加方法・実施箇所 イベントルール（飲食等館内ルール） イベント注意事項等 新型コロナ対策周知
設備運営者側	設備運営管理マニュアル	<ul style="list-style-type: none"> 施設管理（受付、入退館管理） 機器貸出、非常時対応等
	情報セキュリティマニュアル	<ul style="list-style-type: none"> 情報セキュリティ制定 環境復元ソフト導入 他
	衛生対策マニュアル （新型コロナウイルス対策含む）	<ul style="list-style-type: none"> 利用者への検温 会議スペース及び施設機器の消毒

6.2.3 実装計画(実証の継続、実用に向けた工程とスケジュール等)

令和3年度以降の事業に係る費用計画及び展開計画(実証終了後5年間)について整理します。

6.2.3.1 展開計画

旭川 ICT パークのように地域の遊休施設をリノベーションしたモデルは地域住民の注目・協力を集めやすく、親しみを持たれる設備として老若男女の理解を得られ永続的な設備利用が見込めます。

これを好例とし、また通信設備(特にキャリア通信)が潤沢ではない地域でもローカル5Gを活用することでの利便性を享受してもらい、eスポーツを通じた新たな街の賑わい、価値の創出に繋げ地域をつなぐeスポーツ施設としての早期立ち上げが肝要と考えます。

(1) 事業展開計画

図 6-2 事業展開計画表

	2021年 (1年目)	2022年 (2年目)	2023年 (3年目)	2024年 (4年目)	2025年 (5年目)
ローカル5G環境下での eスポーツシステム	ICTパークでのeスポーツ大会(若年層)				
	北海道内の他施設とのオンライン対戦				
	ICTパークでのeスポーツ大会(中年層・シニア層)				
	遊休施設でのモデル事業展開				
ライブビューイングシステム	ライブビューイング				
コーチングシステム	eスポーツコーチング				

(2) 各事業の展開内容

下記の3事業を展開していくために、各ステークホルダーの役割を示します。

表 6-13 各ステークホルダーの役割

ステークホルダー	役割
事業主体 (旭川市)	<ul style="list-style-type: none"> 事業モデルの企画 地域との連携、調整や施設を活用したイベントの開催
一般社団法人大雪カムイ ミンタラ DMO	<ul style="list-style-type: none"> eスポーツシステムを提供する施設の運営、設備の維持 ライブビューイング、遠隔コーチングの実施、運営 ライブビューイング会場の拡大
NTT 東日本	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5G機器、各システムの運用や保守のサポート

①ローカル5G環境下でのeスポーツシステム

2021年度は、ICTパークでの若年層向けeスポーツ大会の開催を中心に活用します。2022年度以降では、北海道内の他のeスポーツ拠点とのオンライン対戦やICTパークでの高齢者向け大会の開催等幅広い人々が参加できる環境を提供します。また、実装における利用者の意見も踏まえ、必要に応じた機能拡張等についても検討していきます。

②ライブビューイングシステム

ICTパークでのeスポーツ大会のライブビューイングの実施は2021年度より継続して行います。また、eスポーツ大会の配信のみならず、宿泊施設や温泉施設を含め、街が「強み」としてもつ観光施設周辺の周遊も推進（インバウンドの対応も含む）可能な形で地域への貢献・事業宣伝を兼ね、2021年度以降、配信先の積極的参加、街の情報力発信効果を見込んでおります。

③遠隔コーチングシステム

地域の学校の部活動との連携（eスポーツ部を創立することによる廃校危機の高校への生徒誘因）や競技品質の向上（プレイヤーの技能向上）を図ると同時に、ICTへの興味・関心・意欲を沸かせ、街の発展に資するアイデア・人材の創出を目指します。遠隔でのコーチングにより、ICTパークにおいても旭川市内に閉じず、より高度な指導が受けられる環境を提供します。

6.2.3.2 費用計画

6.2.2.6 項「費用負担（マネタイズの方法）」にて記載した本実証拠点における支出の e スポーツ関連機器賃貸借料の支払が終了する 5 年目以降に自走化する事業を目指す。当面、地方創生交付金や一般財源、更なる e スポーツ関連企業や地元企業からの協賛金により事業継続していきます。

なお、本実証にて構築したローカル 5 G 機器を継続するために、実証参加者からの評価・ニーズをもとにして、システム構成の見直しを実施し、費用の圧縮しローカル 5 G 環境の維持に努めます。更に、費用削減のため、ローカル 5 G コア設備の共用による費用案分の検討を進めていきます。5 年間における収入と費用の内訳を以下の表のとおり検討しております。

表 6-14 費用計画表

単位万円

	2020 年 度	2021 年 度	2022 年 度	2023 年 度	2023 年 度	2024 年 度
■収入	3,424	6,600	6,900	5,200	5,700	4,600
市(一般財源等)	3,400	6,300	6,300	4,300	4,300	3,100
協賛金等	0	200	400	600	800	800
施設利用	0	100	200	300	600	700
■支出	3,400	7,300	7,300	7,300	7,300	4,500
施設機器費用	2,300	4,500	4,500	4,500	4,500	1,700
運営費用	1,100	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
収支差額	0	▲700	▲400	▲2,100	▲1,600	+100

表 6-15 マネタイズに関する想定<収入>

項目	収入	収支への影響
定額	競技施設利用料（日単位貸し）	一定の利用見込みあり
従量	競技施設利用料（時間貸し）	単金は低いが見込みあり
臨時	その他施設利用料（機器貸し）	単金は高いが見込みなし
その他	施設グッズ、飲食料金	少額

表 6-16 マネタイズに関する想定<新たな収入例>

項目	収入	収支への期待
定額	有料動画の提供	利用ニーズあり
臨時	有料 e スポーツ遠隔コーチングの実施	利用ニーズあり
臨時	e スポーツ以外のイベントへの施設貸し出し	利用予定あり
	セミナー・学会等	利用ニーズあり
その他	施設グッズ、飲食の充実化	少額

表 6-17 マネタイズに関する想定<支出>

項目	収入	支出への影響
定額	競技施設賃貸料 (月額)	固定費として必要
	人件費 (4人)	
	施設運営保守費	
	リース料金 (機器)	
	ローカル5G保守料金	
	通信費用	
従量	光熱費	変動要素あり
臨時	消耗品購買費	少額

6.2.3.3 実装計画の妥当性

旭川市の ICT パーク推進事業の柱である「e スポーツによるまちの賑わい創出」を目的とした事業展開に合わせ、ICT パークをローカル5G活用した e スポーツ拡大の重要拠点として位置付けることにより、旭川市が事業主体となって施設管理・e スポーツ運用・システム運用を実施し、本事業モデルの自走化を図っていきます。

遊休施設を利活用し、システム機器導入に賃貸借を活用する等、初期費用の低減化・年間支出の平準化に向けて工夫していきます。

収入面においては、施設利用料を徴収する等で賄うものとしませんが、平準化した支出が完了するまでの5年は、事業主体による資金提供があるものとし、それ以後は収支がプラスに転じるモデルであり持続が可能と考えます。それに加えて、運用を担う機関が地域アピール情報発信やスポンサーシップ締結等、事業主体と協働し収入確保に向けた取組みを継続していきます。

支出面においては、現時点で高額なローカル5G設備の維持費用について今後普及が広まり一層のコスト低減が図れることを想定し費用設定しましたが、更なる低廉化により一層の収益拡大の可能性もあると考えています。

運用・技術課題のうち、無線従事者及び5G取扱い技術者の確保については、運営体制に通信事業者が参画することによりノウハウを活用した確実な運営に取り組みます。

6.3 横展開に資する普及モデルに関する検討

6.3.1 普及モデル

6.2 節で述べた事業モデルを普及モデルとして設定します。

新事業 モデル	<p>① e スポーツ競技人口の拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域密着型の小中規模都市で運営可能な e スポーツ施設の創出 (リノベーションモデル) <p>② 魅力あるコンテンツの配信、地域のアピール</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数カメラ (視点) の動的ライブビューイング <p>③ ICT 人材の育成実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・e スポーツ遠隔コーチング (リカレント教育)
------------	---

6.3.1.1 想定される具体的な主体及びターゲット

北海道内の地方都市には老朽化した遊休施設が多く存在しており、旭川 ICT パークのようなリノベーションモデルは地域住民の注目・協力を集めやすく、親しみを持たれる施設として老若男女の理解を得られ、永続的な設備利用が見込めると想定しています。

さらに、通信設備 (特にキャリア通信) が潤沢ではない地域でもローカル 5 G を活用した高品質な通信環境があれば、e スポーツを通じた新たな街の賑わいや付加価値を創出する拠点として地域活性化に貢献することを想定し、本普及モデルの主なターゲットを以下のとおり設定します。

他地域への展開は、NTT 東日本が主体となり、全県に設置してある営業支店による活動に加え、自治体、各地域企業、及びコンソメンバである NTTe-Sports との連携により、幅広く推進してまいります。

表 6-18 想定されるターゲット

想定モデル	主なターゲット	
	地域	ステークホルダー
地方都市の遊休施設を利用し街の賑わいと地域活性化のリノベーションモデル	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道の中規模都市 (人口 10 万人強) →主な地方圏中規模都市 	<ul style="list-style-type: none"> ・遊休資産の活用を検討している自治体、民間企業 ・観光促進(誘客)・人材育成、若者の都市部への流出が課題である自治体 ・e スポーツを推進している民間企業 ・施設運営を担う地域企業

6.3.1.2 対象となるシステム

地域の活性化や観光促進・人材育成を可能とする事業モデルを目指すために、地域密着型であり、より魅力のあるコンテンツ発信、地域の学校との連携等が重要であると考えており、普及に資するソリューション及びシステムを以下の構成で検討しております。

表 6-19 普及モデルで導入するシステム

課題解決システム	導入方法
ローカル5G環境下でのeスポーツシステム	街中で有名な老朽化施設をリノベーション（施設の老朽化については地域課題として判明済）、ネットワーク敷設のリソース最小化と他用途への利用を鑑み、無線環境でのeスポーツ実施を実施する
ライブビューイングシステム	宿泊施設や温泉施設を含め、街が「強み」としてもつ観光施設周辺の周遊も推進（インバウンドの対応も含む）可能な形で地域への貢献・事業宣伝を兼ね、配信先の積極的参加、街の情報力発信効果を見込む
遠隔コーチングシステム	地域の学校の部活動との連携（eスポーツ部を創立することによる廃校危機の高校への生徒誘因）や競技品質の向上（プレイヤーの技能向上）を図ると同時に、ICTへの興味・関心・意欲を沸かせ、街の発展に資するアイデア・人材の創出を目指す

6.3.1.3 詳細な前提条件

本システムは特定地域や特定ユーザ固有のモデルではなく、汎用的なシステムとして普及が可能なシステムと想定しており、前述に記載したソリューション及びシステムの他地域への普及を推進してまいります。

標準パターンではより地域への普及を目指すべく、以下3点を前提条件と設定しました。地域の活性化や話題性において、ローカル5Gの設置は影響が大きいと考えます。また、自治体と連携することで、地域の巻き込みを図ることや、より様々な地方都市において参入障壁をさげるために、ローカル5Gの機器導入や保守費の価格低減は必要であると想定しております。

表 6-20 普及モデル導入のための前提条件

前提条件	理由
ローカル5G環境であること	<ul style="list-style-type: none"> ・キャリア5G等の無線環境が整備されていない地域において、高速かつ高品質なローカル5Gが必要である。 ・今後多様化するゲームコンテンツや端末に対し、ローカル5Gの特徴である「超高速・低遅延・多数同時接続」は競技者・観戦者の利用向上と、先駆的な技術導入が地方都市においてシンボリックな存在として地域の話題性や経済団体への影響をもたらし、地域に活力を与えるものである。
機器導入・保守費が低価格であること	<ul style="list-style-type: none"> ・街の規模に応じたスケラビリティを備えること（大都市クラスのスケール・スペックに倣うのではなく、身の丈にあう導入となること）
自治体連携すること	<ul style="list-style-type: none"> ・同様の地域課題をもつ自治体の先行事例としてフィードバックを受け検討の効率化等を図るとともに、街の連携による県等域としての発展・賑わい創出・相乗効果を促す。

6.3.1.4 課題解決システムの機能要件

各課題解決システムにおいて必要と考えられる機能要件は、以下のとおりです。

① ローカル5G環境下でのeスポーツシステム

- (ア) 様々なeスポーツ競技が快適に可能な機器を用意すること。
- (イ) eスポーツ機器は周辺機器を含め競技の障害にならないものとする。
- (ウ) 可能な限り競技に影響を及ぼさないネットワークとすること。
 - ・ 高速なインターネットアクセス回線（1ギガ以上）とすること。
 - ・ プロバイダから払い出されるIPアドレスは固定とすること。
 - ・ プロバイダとはIPoE接続とすること。
 - ・ゲーミングPCは無線接続（ローカル5G）とすること。
- (エ) 大型ディスプレイを導入し多数の参加者が観戦可能なようにすること。
- (オ) 音響機器を整えること。

② ライブビューイングシステム

(ア) eスポーツ競技場

- ・ カメラ映像はeスポーツ会場の大型ディスプレイに投影可能なこと。
- ・ eスポーツ会場に複数のカメラ（FullHD以上）を準備すること。
また、当カメラ群で複数のプレイヤーの表情・手元等のアングルを撮影可能なこと。
- ・ 映像配信（FullHD以上）が可能な機器を準備すること。
- ・ 配信機器は複数の映像を合成可能なこと。
- ・ 映像及び音声をインターネット（YouTube）に配信可能なこと。

(イ) ライブビューイング

- ・ 配信先ではYouTubeのライブ映像を大型ディスプレイ（画質FullHD以上、50インチ以上）へ投影可能なこと。
- ・ 配信先に光回線、または容量無制限のモバイルWiFiを準備すること。

③ 遠隔コーチングシステム

- ・ ユーザが複数拠点で接続可能なシステムとすること。
- ・ 講師との会話に必要な機器を準備すること。ソフトウェア、PCまたはスマートフォン、Webカメラ（機器内蔵も可）、スピーカーマイク。
- ・ リアルタイムに指導者と参加者間で双方向での映像共有及びコミュニケーションが可能なこと。
- ・ マルチデバイス対応とすること。
- ・ 可能な限りコーチングに影響を及ぼさないようなネットワークとすること。
- ・ 高速なインターネットアクセス回線（1ギガ以上）とすること。
- ・ 受講を希望する競技で使用する機材（PCやゲーム機器、ゲームソフト、ゲームアカウント）を準備する事。

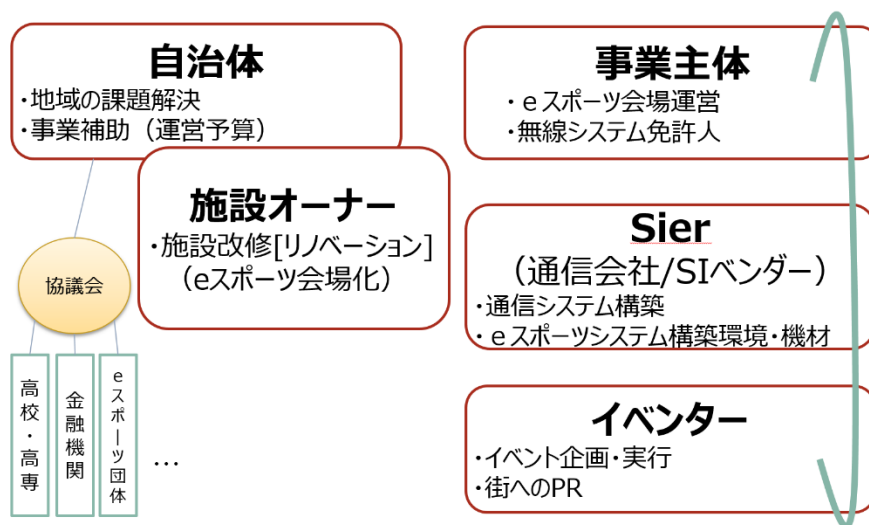
6.3.1.5 体制・事業スキーム、役割分担

事業を横展開するためには、利害関係者を巻き込んで、その専門性を有する役割を明確にしていく必要があります、下記の表に示します。

表 6-21 普及モデル横展開の体制

ステークホルダー	業種業態	役割
事業企画者	自治体・民間事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・事業モデルの企画 ・地域との連携・調整
イベンター	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・スポンサーならびに事業企画者との連携 ・イベント企画・立案 ・ゲームタイトル許諾取得
事業コンサルティング	e スポーツ運営事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・イベンターとの連携 ・e スポーツ事業支援 ・ゲームタイトル許諾取得
事業運営者	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・e スポーツ会場・設備運営
設備提供者	地場業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G機器保有者 ・e スポーツ会場提供
設備構築者	通信事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G免許申請者 ・e スポーツ機器構築 ・通信回線提供、保守等
設備保守者	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・e スポーツ機器保守
支援者	教育機関 公共機関 経済団体	<ul style="list-style-type: none"> ・事業計画者との協力・支援

図 6-3 普及モデル横展開の体制イメージ



e スポーツ事業の普及及びローカル5G設備の主な免許人は以下の表の2パターンを想定しております。

表 6-22 ローカル5Gの免許人の想定

パターン	免許人(想定)	利用シーン
①	施設所有者	e スポーツ施設にローカル5G設備を設置し、大会運営企業や施設利用団体へ貸出
②	e スポーツ施設運営者	自治体及び民間施設の一部を活用し、施設利用団体がe スポーツ機器の整備・運用等を実施する場合

ローカル5G設備を保有するに当たり、構築費や保守費等の費用が発生するため、今後、利用者等が資産を保有することが厳しい場合が想定されます。そのため、免許人については施設所有者、施設運営者の2パターンを想定しております。

また、中小企業向けにサービス提供としてビジネスが展開されていく場合においては、サービスを展開が想定されるSIerや通信事業者等が免許人になる事も想定します。

免許取得時の干渉調整の注意点及び必要な準備については以下のとおりです。

(1) 注意点

干渉調整を実施する際は、構築するローカル5Gシステムや無線通信一般についての知識が必要となります。

(2) 必要な準備

・調整先事業者の把握

免許申請を行う地域でどのような事業者がサービスを展開しているのか把握をする必要があります。現時点では、全国キャリア、BWAや地域BWA等については事前に調べ把握することができますが、今後ローカル5Gが普及すると先行のローカル5Gの免許人を探すのは難しく、干渉調整が難航する可能性があります。

・干渉調整ノウハウ

調整先事業者により必要書類や内容、納期が異なるため調整に時間を要します。また、事業者からの指示等に対応するためには、ローカル5Gシステムや無線通信一般に関する知識が必要なため非通信事業者が実施するには一定のノウハウが必要になります。

6.3.1.6 導入効果

(自治体の視点)

北海道内において同様の課題を抱える地域に本普及モデルをベースに導入した場合、以下の三つのような効果が見込まれます。

一つめとして、地域密着型の遊休施設リノベーション事業と併せてローカル5Gという新技術を活用したeスポーツ集客イベントや観戦体験を実現することは、ニューノーマル時代の新しい「まちの賑わい創出」と施設に集う幅広い年代層の「交流促進」という相乗効果を産み出すことが可能であると想定されます。

二つめはライブビューイングによる「魅力あるコンテンツの配信・地域のアピール」という観点において、eスポーツだけでなく、まちが強みとして持つ観光施設周辺の周遊も推進可能であり、地域の情報発信力の強化や認知度向上といった効果が見込まれます。

三つめとして、地域の学校・部活動等と連携したeスポーツ遠隔コーチング（リカレント教育）により競技品質の向上（プレーヤー技能向上）を図ると同時に、若年層に対しICTへの興味・関心・意欲を沸かせ、まちの発展に資するICT人材育成・アイデア創出につながる将来の効果が期待できます。

また今後も継続したKPI検証、更なるコスト低減、課題解決システムの機能充実等により、本モデルの成熟を図り、他エリアへの普及・展開を図っていきます。

6.3.1.7 課題と対応策

本モデルの普及・展開に向けた主な課題と対応策は以下のとおりです。

(1) ローカル5G設備の構築・運用コストの低廉化

ローカル5Gメーカーと連携した機器の小型化や機能の洗練、ビジネスモデルの普及・拡大による生産数の拡大、コア設備の共用化等によるコスト分散を図る事により、導入及び維持運営コストの低廉化を目指します。

(2) 施設の継続運営に向けた集客及び施設利用用途の拡大

施設ごとの地域特色のアピールや模範に留まらないオリジナリティのある取組みにより、多くの集客を目指します。また、eスポーツ施設に留まらず、地域の中心拠点としての利用用途の拡大による収入拡大を図ります。

(3) 課題解決システムの更なる高度化、共同型プラットフォーム展開

6.3.1.4 標準モデル（機能要件等）に記載したシステムの高度化及び6.4に記載の共同型プラットフォームの展開の実現を通じ、アプリケーション提供の優位性が機能的な認められる価格面やeスポーツ運営会社・アプリベンダのメリットを検討し、eスポーツ環境の充実を図ります。

6.3.1.8 課題解決システムに係る仕様・設計書等

(1) ローカル5G環境下でのeスポーツシステム

- ・様々なeスポーツ競技に対応できるゲーミングPCであること。
- ・ゲーミングPCは無線接続(ローカル5G、WiFi6)に対応可能なこと。
- ・1msの高速応答速度に対応でき、ブレやゴーストのない映像表示可能なこと。
- ・パソコン環境を再起動するだけで、元の正常な環境に復元可能なこと。
- ・データ送受信最大概ね1Gbpsの通信速度であること。
- ・プロバイダから払い出されるIPアドレスは固定(IPoE接続)であること。
- ・eスポーツ会場に設置される各機器(PC、映像配信機器等)が、セキュリティと通信速度を考慮しNW機器であること。

表 6-23 課題解決システムに掛かる仕様 (eスポーツシステム)

仕様	対応機器等
ゲーミングPC	OS : Windows 10 Home 64 ビット CPU : インテル Core i7-10700 相当 (2.90GHz-4.80GHz/8 コア/16 スレッド) グラフィック : NVIDIA GeForce RTX 2070 SUPER 8GB (HDMI x1, DisplayPort x3) 電源 : 静音電源 650W メモリ : 16GB DDR4 SDRAM (PC4-23400/8GBx2/2 チャンネル) SSD : 512GB NVMe SSD サウンド : 標準 オンボード HD サウンド LAN : ギガビット LAN ポート x1 (マザーボードオンボード) マザーボード : インテル H470 チップセット ATX 入出力ポート 前面:USB 3.2 Gen1 Type-A x4 背面:USB2.0 x2 USB 3.2 Gen1 Type-A x2 USB 3.2 Gen2 x2 Type-Ax1+Type-Cx1 画素数 : 20MP 最大解像度 ビデオ : 5K 30fps HDMI 出力 : 1080p 240fps 最大ビデオビットレート : 100 Mbps (2.7K、4K、5K) 接続機能 Wi-Fi + Bluetooth GPS 対応
ソフトウェア	環境復元ソフト (例) HD 革命
インターネットアクセス回線	1G以上のアクセス回線 (例) フレッツ・プライオ 10
プロバイダ	eスポーツ競技に対応したプラン (例) OCN 固定IP、IPoEプラン

<p>ネットワーク機器</p>	<p>1G L3 スイッチ 通信速度：10M/100M/1000M/2.5 G/5 G/10Gbps ポート：10/100/1000BASE-T x 20 100/1000/2.5 G/5 G BASE-T x 4 SFP/SFP+スロット x 4 スイッチング方式：ストア&フォワード 最大パケット転送能力（装置全体/64Byte）：119.04Mpps スイッチング・ファブリック：253Gbps メモリ容量：（フラッシュメモリー）256Mbyte （メインメモリー）1GByte MAC アドレス登録数：16K VLAN 登録数：4,094 個 IPv4 ホスト（ARP）登録数：4K IPv4 ルート登録数：13K</p>
	<p>1G L2 スイッチ 通信速度：10M/100M/1000Mbps ポート：10/100/1000BASE-T x 8 または x 16 SFP スロット x 2 スイッチング方式：ストア&フォワード 最大パケット転送能力（装置全体/64Byte）：14.88Mpps または 26.78Mpps スイッチング・ファブリック：40Gbps メモリ容量：（フラッシュメモリー）64Mbyte （メインメモリー）512MByte MAC アドレス登録数：16K VLAN 登録数：4,094 個</p>
	<p>RT 1G 対応 （インタフェース） LAN ポート：1 ポート（10 BASE-T /100 BASE-T X/1000BASE-T） ※4 ポート L2SW WAN ポート：1 ポート（10 BASE-T /100 BASE-T X/1000BASE-T） microSD スロット：1 スロット（SDHC 対応） USB ポート：1 ポート（USB 2.0 Type-A） コンソールポート（設定用）：2 ポート（RJ-45, USB Mini-B（5pin）, 9,600/19,200/38,400/57,600/115,200 bit/s） （メモリ） Flash ROM：32MB（ファームウェア：1 組, コンフィグ：5 組/履歴機能あり） RAM：256MB （性能） 内蔵 L2 スイッチ機能：ポート分離, LAN 分割（ポートベース VLAN）, ポートミラーリング 閉域網サービス用機能：タグ VLAN, IPv6 マルチキャスト（MLDv1, MLDv2, MLD プロキシ） タグ VLAN（IEEE 802.1Q）：LAN ごとに 32ID PPPoE セッション数：5 （ルーティング）</p>

	経路エントリー数：最大10,000 (スループット) スループット：最大2.0Gbit/s IPsec スループット：最大1.0Gbit/s
セキュリティ(UTM)	GbE RJ45 インタフェース：12 GbE RJ45 管理/HA/DMZ インタフェース：2/2/2 GbE SFP インタフェース：8 内蔵ストレージ：1 x 480 GB SSD IPS スループット：1.6Gbps NGFW スループット：800Mbps 脅威保護スループット：700Mbps ファイアウォールスループット (1518/512/64 バイト UDP パケット)：20/18/10Gbps ファイアウォールレイテンシ (64 バイト UDP パケット)：5μs ファイアウォールスループット (パケット/秒)：15Mbps ファイアウォール同時セッション (TCP)：1.5M ファイアウォール新規セッション/秒 (TCP)：56,000 ファイアウォールポリシー：10,000

(2) ライブビューイングシステム

- ・配信機器は、複数の映像を合成し配信可能なこと。
- ・FullHD 以上の映像配信が可能なこと。
- ・映像及び音声をインターネット (YouTube) へ配信可能なこと。
- ・配信先では、YouTube のライブ映像を大型ディスプレイ (画質 FullHD 以上、50 インチ以上) で投影可能なこと。

表 6-24 課題解決システムに掛かる仕様 (ライブビューイングシステム)

仕様	対応機器等
スイッチャー兼ストリーマー	5 ビデオ入力合計×4 ビデオ出力合計×2 Aux 出力合計×1 オーディオ入力合計 3.5mm ステレオミニジャック×2 HDMI ビデオ入力 HDMI タイプ A×4 HDMI プログラム出力×1 イーサネット 10/100/1000 BaseT コンピューターインターフェース USB タイプ C 3.1 Gen1 ×1 外部 12V DC 電源 ×1 (使用電力 30W) マルチビューモニタリング 10 ビュー ×1 マルチビュー・ビデオフォーマット HD ◆ストリーミング配信 [収録 (直接収録)] USB-C 3.1 Gen 1 拡張ポート x1 (AAC オーディオ付きの.mp4H.264 で直接収録)

	<p>[メディアフォーマット] exFAT (Windows/Mac) または HFS+ (Mac)</p> <p>[オーディオミキサー] 2チャンネルミキサー×6 入力 HDMI 入力</p>
エンコーダー	<p>ビデオ入力：HDMI (Type A) x 1 ビデオ出力：HDMI (Type A) x 1 (パススルー) ・HDMI (Type A) x 1 (モニタリング) ・HD15 (アナログ RGB) x 1</p> <p>オーディオ入力 ・HDMI LPCM 2ch ステレオ x 1 ・3.5mm マイク x 1</p> <p>オーディオ出力 ・HDMI LPCM 2ch ステレオ x 1 ・3.5mm ヘッドホン x 1 ・HDMI LPCM 2ch ステレオ x 1 ・3.5mm x 1</p> <p>RS-232C：IP to RS232C コントロール 最大解像度：1920 x 1080 @60Hz 1 系統または 1920 x 1080 @56Hz 1 系統</p> <p>◆エンコーディング フォーマット (コーデック) ・ビデオ：H.264/MPEG-4 Part10 (AVC) ・オーディオ：MPEG4 AAC-LC クロマサブ・サンプリング：4:2:0 (8bit) プロファイル：Main(MP) エンコーディングレベル：4.2 まで ビットレート：・50kbps～25、15Mbps(デフォルト) レートコントロール：CBR、VBR、品質優先、可変 GOP オーディオサンプリング周波数：32、44.1 及び 48kHz オーディオビットレート：96、128、192 及び 256KHz 画像合成：クロップ</p> <p>レコーディング仕様 ファイル形式：・MP4 タイムスタンプ：自動設定 ファイル名設定：開始日時、継続時間、最大ファイル長、 ファイル分割で指定 録画保存先：共有ネットワークドライブまたは NAS</p> <p>ネットワーク ネットワークコネクタ：RJ45 (ステータス LED インジケータ付き) ストリーミングプロトコル：RTSP/RTP/RTCP over UDP コマンド&制御：HTTP/HTTPS over TCP、UPnP ネットワーク規格：100/1000 Base-T (半 2 重/全 2 重)、 Auto コネクト IP アドレス設定：IPv4、DHCP(デフォルト) /固定 IP ア</p>

	<p>ドレス対応 IP ストリーム対応：ユニキャスト、マルチ・ユニキャスト、マルチキャスト</p> <p>管理ソフトウェア 機器を一元管理 ネットワーク上で接続されている機器、デバイス検索 マルチ・エンコーディング及びレコーディング管理 マルチ・プロトコル管理 フレームレート管理 解像度コントロール 管理者及びユーザ認証情報管理 RS-232C 接続管理</p>
大型モニタ(配信先)	<p>50 型モニタ (例) 画面サイズ 横×縦／対角 (cm) 50V 型ワイド (109.6×61.6/125.7) 外形寸法 幅×奥行×高さ (cm) HDMI 入力 (112.2×7.4×66.6) 画素数 水平×垂直 (3,840×2,160)</p> <p>フレッツ光ネクストギガライン 通信速度：データ受信・送信最大概ね 1Gbps。</p> <p>YouTube 表示 PC：別途用意 (HDMI 出力)</p>

(3) 遠隔コーチングシステム

- 複数拠点で接続可能なシステムであること。
- リアルタイムで指導者と参加者が双方向で映像共有及びコミュニケーションがとれること。
- 可能な限りコーチングに影響を及ぼさないようなネットワークであること。

表 6-25 課題解決システムに掛かる仕様 (遠隔コーチングシステム)

仕様	対応機器等
遠隔コーチングシステム	<ul style="list-style-type: none">◆Cisco Webex Meetings Suite 要件を満たすこと https://help.webex.com/ja-jp/nki3xrq/Webex-Meetings-Suite-System-Requirements◆GoPro HERO9 写真 20MP ビデオ 5K30+4K60、広角視野角◆フレッツ光ネクストギガライン 通信速度：データ受信・送信最大概ね 1Gbps。◆ゲームアカウント等：別途用意 (受講内容による)

6.3.2 推進対応方策

6.3.2.1 推進に資する仮説（課題、ニーズ等）

北海道内の地方都市に共通の地域課題として「市内中心部の活性化」「新たな観光資源の創出」「ICT教育の機会創出」があり、その要因のひとつとして、市内中心部から撤退した大型商業施設・映画館の跡地等といった「老朽化施設・遊休施設」が多く存在することが挙げられます。

本普及モデルは、遊休施設のリノベーション事業に、ローカル5G環境整備や最先端ICTソリューションサービス提供を組合せ相互に活用する「ローカル5Gと遊休施設の利活用モデル」であるとともに、新型コロナウイルス感染拡大等に大きな影響を受けた地域経済の厳しい現状を打破するための、ニューノーマル時代の「新たなまちの賑わい創出・地域活性化モデル」であると考えます。

ローカル5Gという新技術を活用したeスポーツイベントや観戦体験は、ニューノーマル対応を見据えた新たなまちの賑わい創出という相乗効果をもたらし、地域住民・経済等の期待に応え新しい付加価値を産み出す事業として地域活性化に貢献できると考えます。

また旭川ICTパークやその他のeスポーツ施設等との連携により、ライブビューイングでの地域の魅力発信アピール、遠隔コーチング等によるICT人材育成等、今後も幅広い用途での活用が見込めます。

普及モデルの横展開にあたっては、後述の6.3.3.4項に記載のステークホルダーを中心として、eスポーツ自体の地域への更なる認知度向上と幅広い年齢層への競技人口を増加させることに加え、他分野への施設の利活用も視野に入れ、地域社会（自治体・教育機関・経済団体・eスポーツ団体等）からの後押しが不可欠であると考え、地域との協力連携を重要なポイントとして横展開を推進します。

6.3.2.2 具体的な対応方策

地域の遊休施設を活用したeスポーツ拠点の創出、継続した施設運営に向けた遠隔コーチングやライブビューイング等の取組みによる遊休施設活用の普及モデルを開拓していきます。

実施主体としては、施設運営及びeスポーツ大会運営を実施する自治体及び民間企業やローカル5Gと拠点間を接続するネットワーク回線の最適な組み合わせのインテグレートを行う通信事業者、地域課題に対するソリューションモデルを提供可能な地域SIer等と想定しています。

6.3.3 横展開計画

本実証を通じて得られた実証結果について他地域でも広く普及させていく為に想定可能な事業を以下の表のとおり検討します。

展開計画例と同様のスケジュールとします。

表 6-26 想定可能な事業スケジュール

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
事業主体	・事業検討組 織の発足	・方針/方向 性検討 ・課題整理	・予算化 ・協議会発 足 ・協議会で 具体議論	・予算執行 ・企画検討 ・運用検討	・維持拡張 計画企画

6.3.3.1 サービスや事業展開等を通じた普及展開にむけた取組の考え方・ゴール

(1) ローカル5Gアプリケーションサービスとして他地域への提供

本実証における普及モデルを全国の共用利用モデルとしてマネタイズしていくために、本実証参加者から得られた評価や前述の「(標準的な普及モデル)」で述べた機能等の必要部分の実装を含め、他地域でのニーズを勘案しながら具体的な事業化を検討して参ります。

事業化の仕組みとしては、持続的且つ他地域からも共同利用できるモデルとして、eスポーツ創出に加え、ライブビューイングやeスポーツの遠隔コーチングによりマネタイズ化を図ります。

販路としては、地域に営業支店を有するNTT東日本の直販営業チャネルに加え、各地域企業(地域SIer等)との連携により、幅広く販路開拓を推進し、様々な地域の皆さまにご活用頂けるよう取り組みます。

(2) ローカル5Gの更なる普及に向けた貢献

現状ではローカル5Gの機器費用が高価であり、他地域での普及に向け、コストの低廉化が大きな課題となっているため、キャリア5Gグレードからローカル5Gグレードへの機能選別による基地局の小型化・低廉化、コア設備の複数ユーザによる共用化によるコスト分散、コア設備を含めたローカル5Gシステム全体のサービス化(サブスクリプションモデル)等を、メーカー等と協議しながら、コスト低廉化による普及拡大に貢献できるように検討します。

(3) 横展開に向けた目標

中核地方都市の課題である新たな街の賑わい創出と地域活性化に向け、NTT東日本が下記のターゲットに対し、ローカル5G環境整備と遊休施設の利活用による普及モデルを展開する。

ターゲット	選定理由
北海道の中規模都市 (人口10万人強) ⇒北海道外の県等域への展開	<ul style="list-style-type: none">・展開を考慮し、同一県等域で検討・地方都市課題である観光推進(誘客)・人材育成を掲げている・情報発信力を課題としている

6.3.3.2 横展開の主体（単独・複数）

他地域への展開は、NTT 東日本が主体となり、全県に設置してある営業支店による活動に加え、自治体、各地域企業及びコンソメンバーである NTTe-Sports との連携により、幅広く推進してまいります。

6.3.3.3 横展開のステップと取り組み

横展開のステップとして、まずは道内エリアでの展開をコンソーシアムメンバーと連携し推進していきます。また、横展開の主体である NTT 東日本は各支店の直営チャンネルと連携し、ローカル 5 G ビジネス創出に向けた取り組みを全国展開していきます。更に、今後の e スポーツの競技人口拡大に向けた取組や継続運営に向け、施設の効率利用の促進による収益の拡大に取り組めます。

表 6-27 事業展開のステップ別の取組

ステップ	取組み
STEP 1 北海道内への展開	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道内他地域への展開 ・旭川市やコンソーシアムメンバー（NTTe-Sports）と連携 ・ローカル 5 G コア装置やアプリケーションを共用し、コスト負担を抑えた展開を推進
STEP 2 他県を含めた全国展開	<ul style="list-style-type: none"> ・他県への展開 ・NTT 東日本の各支店直営チャンネルとの連携 ・他地域と連携した e スポーツ大会開催による集客 ・地域エッジクラウドを活用したアプリケーション共用モデルを検討
STEP 3 業種・業態の拡大	<ul style="list-style-type: none"> ① e スポーツ競技人口増加に向けた取組み <ul style="list-style-type: none"> ・e スポーツは年代や性別、障がいの有無に関わらず幅広い人々へ普及可能であるため、学校の部活動や介護施設、老人ホーム等での活用、競技人口の拡大を図る ② 施設の利活用・効率利用に向けた取組み <ul style="list-style-type: none"> ・施設の活用として e スポーツイベントだけではなく、会議やイベント等での実施による施設の効率利用、収益の拡大を図る

6.3.3.4 横展開の推進体制・事業スキーム等

本横展開モデルの展開にあたっての体制・事業スキームのモデルを以下の表のとおり整理します。

表 6-28 横展開モデルの推進体制

ステークホルダー	業種業態	役割
事業企画者	自治体・民間事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・事業モデルの企画 ・地域との連携・調整
イベンター	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・スポンサーならびに事業企画者との連携 ・イベント企画・立案 ・ゲームタイトル許諾取得
事業コンサルティング	eスポーツ運営事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・イベンターとの連携 ・eスポーツ事業支援 ・ゲームタイトル許諾取得
事業運営者	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・eスポーツ会場・設備運営
設備提供者	地場業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G機器保有者 ・eスポーツ会場提供
設備構築者	通信事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5G免許申請者 ・eスポーツ機器構築 ・通信回線提供、保守等
設備保守者	地場業者等	<ul style="list-style-type: none"> ・eスポーツ機器保守
支援者	教育機関 公共機関 経済団体	<ul style="list-style-type: none"> ・事業計画者との協力・支援

(1) 免許人：

e スポーツ分野における利用シーン及びローカル5G設備の主な免許人は以下を想定しております。

表 6-29 ローカル5Gの免許人の想定

利用シーン	免許人（想定）
e スポーツ施設にローカル5G設備を設置し、大会運営企業や施設利用団体への貸出	施設保有者
自治体及び民間施設の一部を活用し、施設利用団体がeスポーツ機器の整備・運用等を実施する場合	e スポーツ施設運営者

※今後、施設所有者等が資産を保有したくない場合やサービス提供としてビジネスが展開されていく場合においては、サービスを展開が想定される SIer や通信事業者等が免許人になる事も想定

(2) ネットワーク

- ・ e スポーツ環境のネットワーク構築を委託された SIer や通信事業者が、最適なネットワーク回線を選定

(3) システム構築・運用

- ・ e スポーツ環境を構築した SIer や通信事業者が、本課題解決システムの構築と運用を委託

6.3.3.5 展開にあたっての課題及び対応策

展開にあたっての課題・対応策について、以下の表のとおり整理します。

表 6-30 事業展開時の課題と対応策

課題	対応策
マネタイズ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器やアプリケーションの共用化により価格の低廉化（共用企業の開拓） ・ e スポーツイベントのみならず、会議やその他イベント等による利用用途での施設利用率の向上
ローカル 5 G 関連の内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ ローカル 5 G 設備の安定運用 ・ ローカル 5 G 設備の低廉化（導入コスト・維持コスト）
導入のし易さ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 普及を促進するための、ローカル 5 G 設備とアプリケーションを組み合わせた廉価なサービス提供モデルの確立
競技人口の拡大	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロモーション、PR によるイベントの集客 ・ 部活動等への推進

※ NTT 東日本では、本実証において e スポーツでの無線利用についてイベントおよび競技の実施が可能という結果は得られました。なお横展開する上で、更なるデータ収集・検証（ゲームタイトル特性、多人数競技、観戦時の無線ニーズ等の深掘り、新たな地域課題の解決、費用圧縮方法等）が必要であると考えため、ローカル 5 G 環境下で e スポーツが開催できるよう今後も継続的に開催される ICT パークでの大会やイベントを通して検証を継続し、データの蓄積を実施していく予定であります。

また、全国への展開に向け、e スポーツ団体（e スポーツ連合、e スポーツ協会など）への働きかけやセミナー等での講演により周知や啓発活動をしていきます。

6.4 共同利用型プラットフォームに関する検討

5Gソリューション提供センター（仮称）設計に向け、以下の表（図 6-4-1-1）1～9の項目に対し検討しました。1～6に関しては既に本成果報告書にて前述しております。該当箇所をご参照ください。本章では7～9の項目について記載します。

表 6-31 5Gソリューション提供センター（仮称）と実証報告書紐づけ

No.	必要整理事項・要請ドキュメント	概要/補足	該当する納品物	納品物における記載箇所・該当箇所
1	導入ユースケースの概要	-	成果報告書	1章
2	システム全体構成図	ソフトウェアの機能配置、ハードウェアやネットワークの構成	成果報告書	3章
3	システム基本設計ドキュメント群	上記全体構成図の各要素の繋がり、処理の構造がわかるもの	成果報告書	3章
4	システム詳細設計ドキュメント群	上記全体構成図の各要素の内部処理構造がわかるもの	成果報告書	3章
5	試験計画、試験結果ドキュメント群	上記全体構成図の各要素に生ずる負荷、システム全体の負荷、試験観点	成果報告書	3章
6	実装されたソフトウェア	導入ソフトウェア、上記全体構成図の各要素を接続するためのソフトウェアモジュール等（6・7整理も踏まえ）	成果報告書	3章、4章
7	5Gソリューションを構成する各種ソフトウェア、ハードウェアの具体的な提供イメージ、提供スキーム案	提供イメージや提供スキーム案の整理に対し、現状や今後に向けた課題や解決方針等を可能な範囲で記載いただきたい	成果報告書	6章4項
8	上記の提供イメージ、提供スキーム案と合致した既存の製品や知的財産を導入する際のパターンやビジネススキーム	製品や知的財産の提供管理に対し、現状や今後に向けた課題や解決方針等を可能な範囲で記載いただきたい	成果報告書	6章4項
9	その他「5Gソリューション提供センター」の企画・設立展開に資すると思われる要素、提言	なお、5Gソリューションとしてのユースケースにおける技術の固有特性等を意図したものであり業界・業務の標準化は対象外	成果報告書	6章4項

6.4.1 5Gソリューションを構成する各種ソフトウェア、ハードウェアの具体的な提供イメージ、提供スキーム案

NTT 東日本の経営戦略情報を含むため以下、文章を削除いたしました

6.4.2 5Gソリューションの提供イメージ、提供スキーム案と合致した既存の製品や知的財産を導入する際のパターンやビジネススキーム

NTT 東日本の経営戦略情報を含むため以下、文章を削除いたしました

6.4.3 「5Gソリューション提供センター」の企画・設立展開に資すると思われる要素、 提言

6.4.3.1 各事業者のビジネス展開性の観点

5Gソリューション提供センターの実現にあたっては、サービス提供側事業者がセンター上に自社のアプリケーションを提供するメリットを創出する必要があると考えます。しかしサービス提供側事業者の事業ドメインにより、ビジネス領域に差異があることが想定されるため、更なる検討が必要です。

表 6-32 各事業者ビジネス展開性の観点

主な想定サービス提供事業者	事業者の主な収入源	5Gソリューション提供センターの実現に向けた各事業者の検討課題
大手SIer等	各分野への従前からの知見・実績等を活かし、アプリケーションに加えハードウェア、インテグレーション、保守、運用等を囲い込み、1つのユーザからの収益最大化を目指す。	5Gソリューション提供センターへのアプリケーション提供には幅広い知見が必要のため一定のハードルがあると想定される。 分野ごとに持っている各社のノウハウの共有化については議論が必要であり、情報を開示するメリットを見出す必要がある。
固定通信、携帯電話事業者等	アクセス回線や接続回線の販売に資するアプリケーションの提供を行いネットワーク収入による収益最大化を目指す。	アプリケーション活用が自社のネットワーク販売に寄与するのであれば5Gソリューション提供センター上でのサービス提供の意欲は高いと想定される。 ネットワークやクラウド基盤を用いた拡張性等、通信事業者に対するメリットを見出す必要がある。
アプリケーション提供事業者	ソフトウェア販売、ライセンス提供にて収益最大化を目指す。	アプリケーション提供することで販売機会の増が見込めるのであれば5Gソリューション提供センターにサービス提供の意欲は高いと想定される。 しかし、業務ノウハウ、業務知見が含まれているアプリケーションのフロー、取得データ、データ構造等の開示については検討が必要である。

6.4.3.2 ユーザ利便性の観点

NTT 東日本の経営戦略情報を含むため以下、文章を削除いたしました

6.4.3.3 アプリケーションの性質によるサービス提供形態

NTT 東日本の経営戦略情報を含むため以下、文章を削除いたしました

6.4 まとめ

本実証で導入したローカル5G機器等を最大限活用して継続利用し、地域の活性化を実現していくため、提案当初に設定した仮説について本実証を通して検証し、他地域への横展開モデルを創造しました。

横展開モデルの実装計画の策定に当たり、本実証のコンソーシアムのステークホルダーと協議・議論を重ね、横展開を想定する地域で実際に発生している課題の真実性を検証しながら実装モデル策定を進めました。

横展開にあたっては、解決すべき課題や制約事項が多数あり、それらの解決が必須となります。しかしながら、ローカル5Gの技術要件及び運用分野における課題は前項で記載したとおりであります。ローカル5Gの地域への展開にあたっては、現時点におけるインシャルコスト及びランニングコスト（保守運用費用）等の低廉化やシステムソフトウェアの安定的な動作が必須となると考えます。

ローカル5Gの運用面においても、無線免許の資格者確保等、市場で一般的な無線機器にはない運用技術者等の確保が必要であり、そのような要員を地域で確保していくという課題は引き続き解決に向けて各地域で検討していく必要があります。

地域活性化が現実的なものであることの証明として、本実証では実際にイベントを開催し地域の人や企業・商店等、賑わいを期待する関係者にアンケートをとること等を実施しました。また、イベントの開催に当たり、ローカル5Gを活用した新たな観戦を創出し、イベントの実施を通して評価することとしました。

その結果、イベント実施後に期待する賑わいとイベントに係る経費のバランスを考慮し、ローカル5Gの特徴を生かした機能開発と市場で一般的なサービス利用を組み合わせることとしました。本実証で開発した機能は、必要な機能をカスタマイズし期待する結果をもたらしましたが、費用面で高額となりました。また、利用したサービスは映像配信分野に適用し、YouTubeを活用することで費用面でのメリットは得られたものの、利用するサービスの仕様変更等の影響や制約を受けることとなり、運用継続を狙う場合には、市場の動向を見据えることが可能なこと、または、アドバイスが可能な要員を巻き込む必要があると考えます。特に本実証のような自治体との連携モデルにおいては、運用面における費用の予算確保を確実に行う必要があります。自治体との密な連携が必須であると考えます。

7. まとめ

e スポーツの裾野は非常に広く、数十年を掛けて進化しながら楽しまれ続けて来たコンピュータゲームは、非常に多種多様に存在しています。殊にファミリーコンピュータが普及価格帯で投入されて以降は、子どもを持つ多くの世帯が同機を所持することになりました。この時期に様々なメーカーがしのぎを削り、多くのタイトルのゲームが市場に登場し、技術やアイデアが培われつつ急激に進化してきましたが、今となっては成熟し安定期に入ったと言えます。

我が国ではコンピュータゲームに対して潜在的にネガティブなイメージが持たれてきました。「ゲームは1日1時間まで」等言われ続けて来たため、罪悪感が付きまとい、コンピュータゲームをたしなむことさえ忌避される社会であったと言えます。

近年、都心部ではe スポーツ競技大会が一般的に開催されるようになってきましたが、地方都市ではまだまだ立ち上がりが遅い状況が続いています。e スポーツはネットワークを介して、多地域・多施設で競技大会を同時開催できる数少ない地方都市に有利なエンターテインメントです。しかし、e スポーツ競技場は地方都市にはそれほど多く存在せず、この施設は建物としては既存のもので十分ですが、専用の通信設備とそれを保守運用するチームが不可欠です。また、イベントを開催するためのノウハウを持った団体、イベント参加者達を労う各種商業施設が必要となり、一般的な地方都市では合意形成を行うことが難しい状況となっています。

本実証では、地域経済の活性化の課題を抱える地方自治体とその課題を解決し、ローカル5Gの性能評価と地域振興を実現することを目的に実証を進めました。

本実証を進める拠点として北海道旭川市中心部に位置するICTパークと・東京都千代田区秋葉原にあるeXeField Akibaを活用することとしました。(詳細は、2章を参照)

本実証の実施体制は東日本電信電話株式会社を代表機関としてコンソーシアムを構成し、その構成組織は、旭川市・一般社団法人大雪カムイミンタラDMO・株式会社NTTe-Sportsとなりました。また、後述する実装及び横展開に関する検討を行うために、ICT推進協議会を設立して連携し、本実証の拠点であるICTパークの施設管理者との協業をしていくこととしました。

実証環境は、ローカル5G基地局整備をすることから、ICTパークにNSAコア装置、eXeField AkibaにSAコア装置を設置し対向拠点の無線装置も収容する構成を取りました。(詳細は3章を参照)

課題解決システムでは、ローカル5G環境を活用して実証を実施しました。e スポーツ競技への適合確認を目的とした無線環境下でのe スポーツイベントの実施。また、高画質映像の配信や視聴の適合性を確認するため、e スポーツイベントの場を活用し、複数の映像を合成して4K配信とマルチアングル映像視聴を実施していきました。さらには、施設利用の利便性・機能性向上に資するユースケースの創出を狙いライブビューイング・遠隔でのコーチング等を行いました。

現時点での無線環境下でのe スポーツ競技では、e スポーツシステムとして利用するネットワーク帯域が少ないことから十分な性能を得られますが、遅延・安定性面については、現時点では課題を抱えている状況と言えます。なお、技術面ではイベント実施時のローカル5Gの無線区間は有線と比較しても遜色なく、e スポーツが行えることも確認できました。

高画質映像の配信や視聴では、e スポーツの新たな観戦創出を目指し、実証を進めました。実施に当たっては、観戦者にアンケート調査を行い、イベントで配信した映像・音声の品質については「満足している」との結果が得られました。

遠隔コーチングでは、講師は秋葉原から、生徒は旭川から接続し、遠隔地間でのコーチングを行いました。コーチングの実施に当たり遠隔環境としたことから WEB 会議システム等を活用し、講師から生徒へアドバイス・コーチングを行った結果、生徒からは非常に役に立ったという意見が集まり、ローカル 5 G を活用しての動作にはストレスがなかったという感想をいただきました。この結果からもローカル 5 G システムは、コーチングにも有用であることがわかりました。(詳細は 4 章を参照)

技術実証についてもローカル 5 G 環境で実証を行いました。

課題解決システムに基づくローカル 5 G の性能評価では、e スポーツ競技場内の場所による性能差異や遮蔽物による影響を確認していきました。また、ローカル 5 G のエリア構築やシステム構成の実証・検証では、検証に当たってキャリア 5 G も利用し、システム構成による差異・離隔距離による影響等を確認しました。そして、ローカル 5 G に関する技術実証として、帯域幅の変更・反射板の効果検証・ネットワークスライシングの実装等の確認を行いました。

課題解決システムに基づくローカル 5 G の性能評価では、場所による性能差異の評価等を行い e スポーツ施設内(21 箇所)で測定しましたが、場所による差異はないことがわかりました。

ローカル 5 G のエリア構築やシステム構成の実証・検証では、キャリア 5 G ・ローカル 5 G 同士は相互に影響しないことがわかりました。その他、ローカル 5 G システム構成要素(コア装置と基地局)が別拠点の場合には、通信性能の劣化が確認されました。これは、ローカル 5 G のシステム面によるものと拠点間のネットワーク遅延による影響を含むものと考えられます。

帯域幅の変更・反射板の効果検証等では、帯域幅の変更で NSA 環境において帯域幅の拡大変更によりスループットが増えるという結果が得られました。反射板の効果検証等においても、電波状況の改善や反射板の活用により比較的低コストでエリア構築が可能となることがわかりました。(詳細は 5 章を参照)

e スポーツ普及モデルに関する検討では、本実証のコンソーシアムと実装モデル策定を進めました。本実証では、普及モデルに必要な要素として定義した地域課題の顕在化・施設の確保等を進めましたが、自治体を巻き込んだ地域との一体化が見られ活性化という面で効果があったと言えます。(詳細は 6 章を参照)

本実証では、まちなかの賑わい創出、ICT 人材育成環境づくり、地域活性化・交流促進の場を創り出していくために、地域課題解決・地域活性化に必要な「ローカル 5 G × e スポーツ」の仕手とその役割を整理していきました。そして実証をとおり、ローカル 5 G を使用した課題解決システムの有効性を確認することができました。

技術側面では、e スポーツイベントの実施に当たり十分な性能が得られイベントを成功に導くことができました。

ただ一方で、ローカル 5 G システムの導入にかかる費用が大きく、今後の普及には、価格低減が必須となり、同様に運用維持費についても現時点で高額なため、費用面での価格低減と運用者の習熟等が求められます。

また、現時点のローカル 5 G には開発中の要素を含むことから動作安定に不安を抱え

ており、安定した動作環境の提供が必要であります。(5章を参照)

普及展開の面では、「ローカル5G×eスポーツ」の更なる普及に当たり、自治体との協業を確実に実施していくことや競技施設の確保が大きな課題となります。本実証において、遊休施設を改修し活用することができたため、各地域における施設利用のモデルとなることができたと考えられます。

また、各地域における集客においても、今後検討が必要になることが予想され、各地域において滞っていた人の流れを取り戻していく方法としてSNSの活用はもとより、各地域の新聞社やテレビ局等、既存のメディアの活用についても検討していく必要があります。さらにはeスポーツの競技人口の内、各地域における中高齢者の取り込み等も今後の普及モデルの検討には必須であり、中高齢層が利用する依存メディアの利用が必要になります。

以上、本実証を通して得られた知見を総合して地域活性化に貢献していく所存です。

8. 非公開とした箇所・範囲

本成果報告書公開にあたり、非公開とした箇所・範囲は以下の通りです。

表 8-1 非公開箇所・範囲一覧

	非公開箇所・範囲	補足情報
1	「6.4.1 5Gソリューションを構成する各種ソフトウェア、ハードウェアの具体的な提供イメージ、提供スキーム案」	NTT 東日本の経営戦略情報を含むため、一部文章を削除いたしました
2	「6.4.2 5Gソリューションの提供イメージ、提供スキーム案と合致した既存の製品や知的財産を導入する際のパターンやビジネススキーム」	NTT 東日本の経営戦略情報を含むため、一部文章を削除いたしました
3	「6.4.3.2 ユーザ利便性の観点」	NTT 東日本の経営戦略情報を含むため、一部文章を削除いたしました
4	「6.4.3.3 アプリケーションの性質によるサービス提供形態」	NTT 東日本の経営戦略情報を含むため、一部文章を削除いたしました