

地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた
開発実証に係る観光・文化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
(MR技術を活用した新たな観光体験の実現)

報告書

概要版

令和3年3月31日

日本電気株式会社

実証概要

実証体制

- NECが全体企画・管理やローカル5Gシステム、免許取得を担当。
課題解決システムは、新たな歴史文化体験を凸版印刷、新たな移動体験をマクニカとコトバデザインが担当。
技術実証はNECがローカル5Gシステム機器準備、NECネットエスアイが測定実施。
地域課題を持つ奈良県と密に連携を行い、さらに地域の観光関連の企業や団体に地域実証に関わる助言を受けて実証事業を推進。

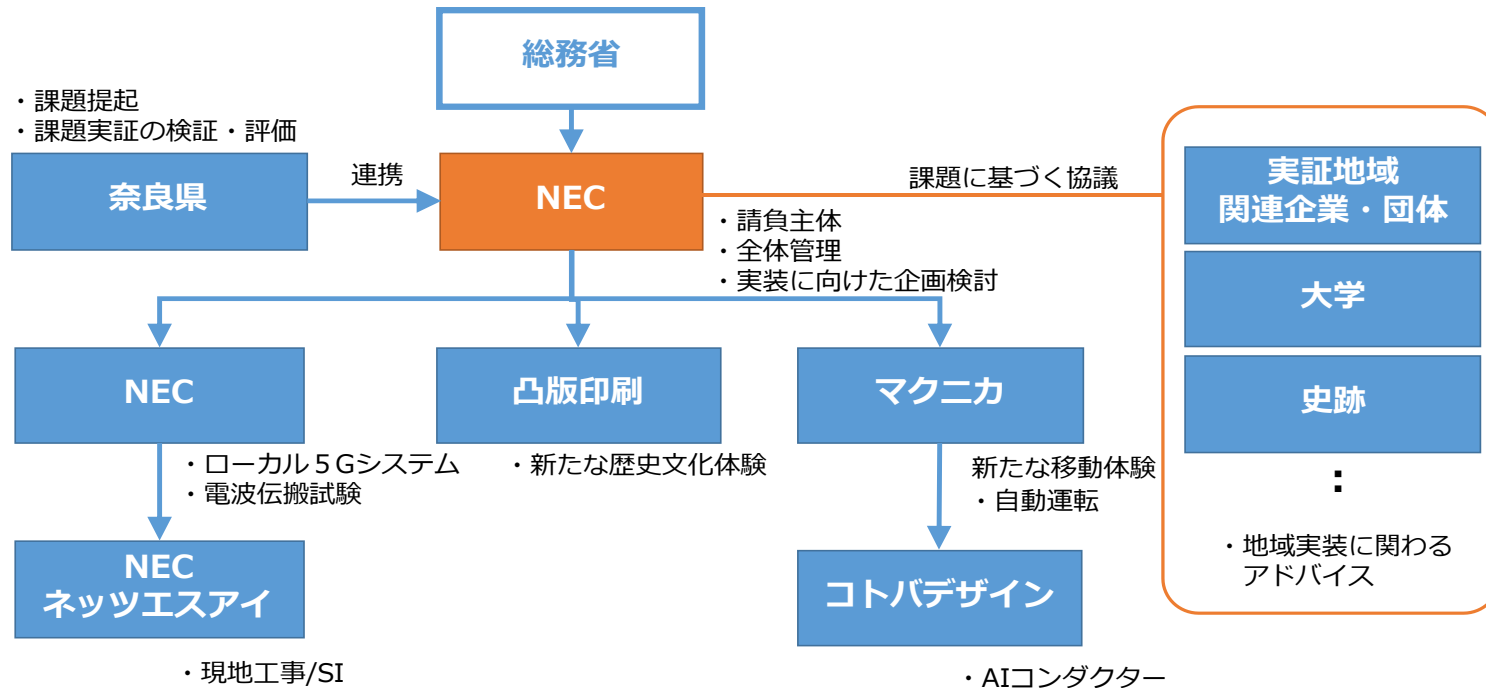


図. 実証体制

対象とした地域等課題及び本実証の課題解決システムとの関係性

- 多数の歴史文化資産を持ちながら、観光客の集客に課題を持つ奈良県において、『新たな歴史文化体験』『新たな移動体験』の2つの課題解決システムを通して、「奈良時代を今に感じる」体験を提供し「楽しい」「行きたい」観光価値を高める。

対象とした地域課題

奈良県には圧倒的な歴史文化資産

- ・世界遺産 3件 (全国1位)
- ・重要文化財 1,327件 (全国3位)
- ・国宝 203件 (全国3位)
- ・国指定史跡 114件 (全国1位)

- 隠れた観光資源が多く、認知度や関心が低い

- ✓ 遺構や史跡が多い
- ✓ 復原や資料館建設は、コスト面や史跡保護の観点から設備しきれない

- 観光ポイントが離れている。各観光ポイントも広大。観光での移動が大変

- ✓ 観光ポイントが点在しているため、観光地間に距離がある
- ✓ 一つ一つの観光地が広く、施設内の移動にも時間がかかる

点在する歴史文化資源の魅力や価値を向上して
魅力ある観光体験を創出。

『また皆で来たい！と思う体験をつくる』

本実証での課題解決システム

132haに渡る広大な敷地に復原建造物や資料館が点在する平城宮跡歴史公園において、下記の2つの課題解決システムを実証

新たな歴史文化体験

リアル世界の観光資産(施設や風景)と、バーチャルな表現を組み合わせることで、魅力ある歴史文化体験。

新たな移動体験

施設間の移動の際にも、来訪者の体験に合わせたパーソナライズしたおもてなし体験

地域課題の解決に対する本実証の位置づけ

- ローカル5Gの大容量・低遅延通信でリッチなコンテンツ配信で実現した『新たな歴史文化体験』と『新たな移動体験』を通して「奈良時代を今に感じる」体験を提供し「楽しい」「行きたい」観光価値を高める。

【目指したい姿】

奈良県の史跡等の観光地への集客、観光客の回遊性の向上

史跡保護の観点から
有線ネットワークを
設置しづらい

観光客の満足度を高めたいが
歴史遺産保護の観点から
リアルな建造物を造りづらい

エリアに観光施設が点在して
移動の負担が大きく
複数の史跡を訪問しづらい

ローカル5Gの
大容量・低遅延通信で
リッチなコンテンツ配信を実現

リアルな史跡とバーチャルな
映像をMR技術で組み合わせ
観光体験の価値を向上

施設間の移動の際にも、
パーソナライズした対話で
おもてなし体験

ローカル5Gネットワーク

新たな歴史文化体験

新たな移動体験

実証環境

- 本実証ではNSA構成を採用しており、5G回線でデータ通信、4G回線で制御信号の通信を行う。

※NSA構成は、4Gから5Gへ移行期において、従来の4G基地局を制御信号の通信として活用することを検討した方式。



図. 基地局およびエリアカバレッジ

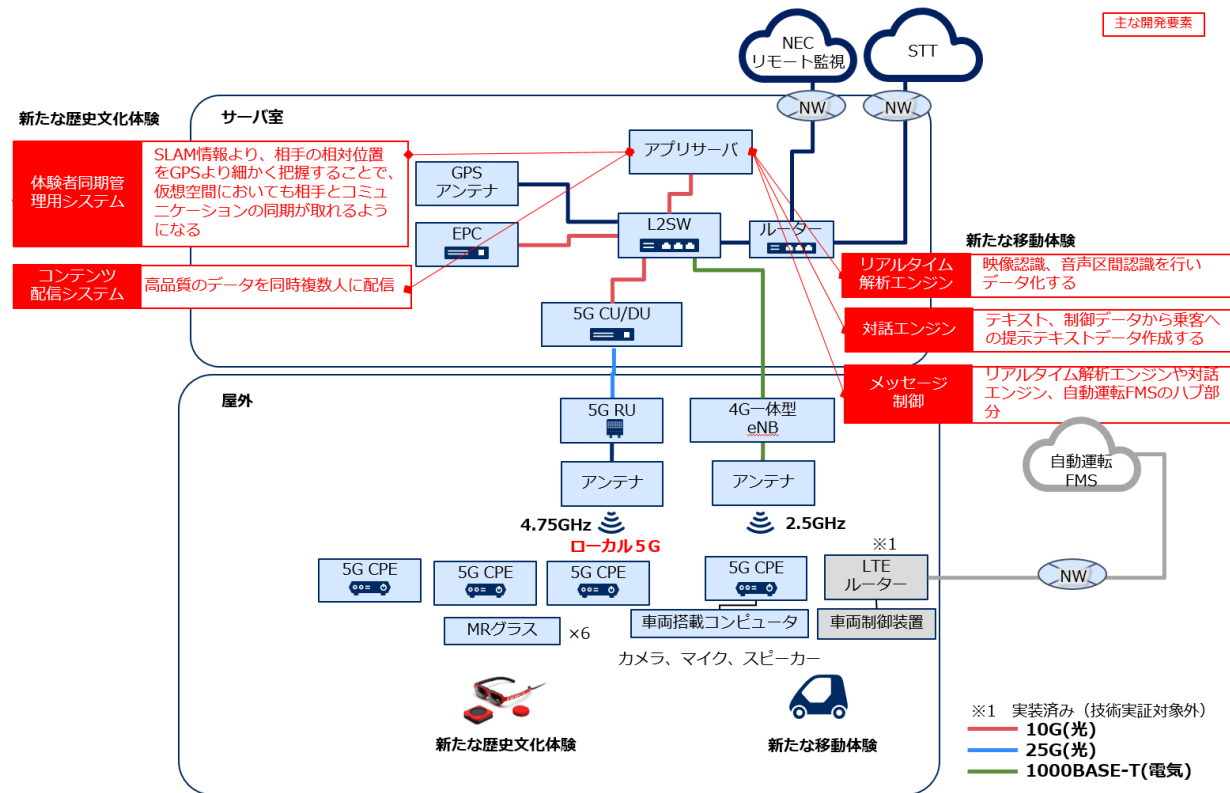


図. ネットワーク構成図

実証環境

● ローカル5Gシステムの主な技術的諸元(基地局)

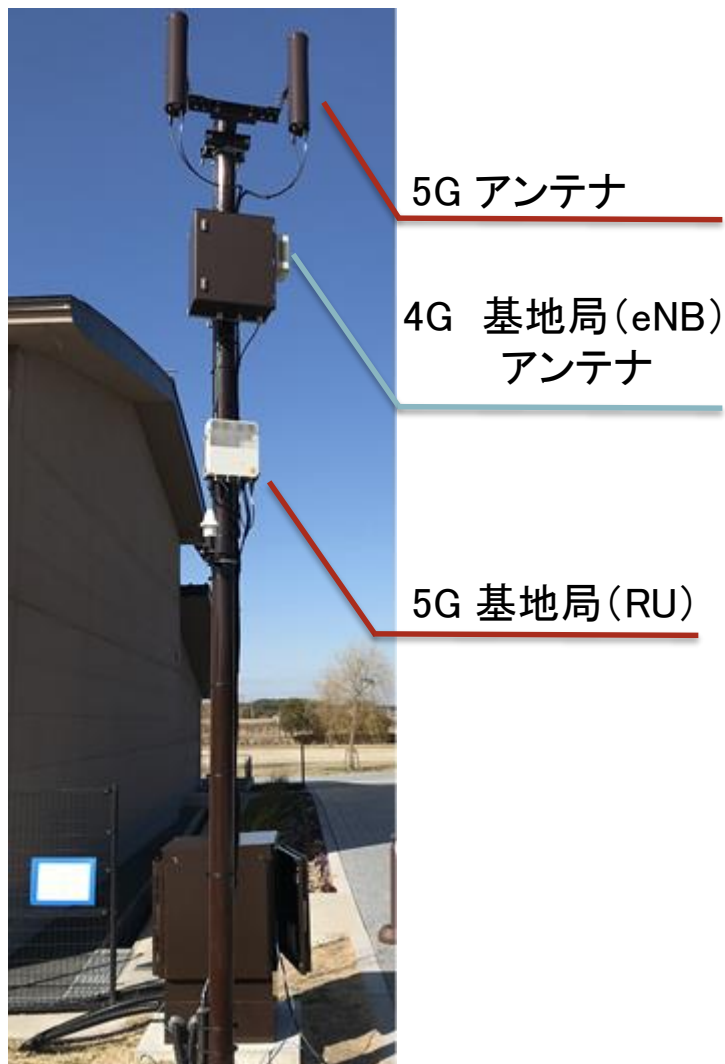


表. 5G 基地局とアンテナの諸元

項目	諸元
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
複信方式	TDD
帯域幅	100MHz (100MHz × 1CC)
中心周波数	4.75GHz
送信電力	2.77W(+34.4dBm) × 2
最大EIRP	+48.4dBm(1局合計 +51.4dBm)
アンテナ構成	指向性アンテナ × 2
アンテナ利得	17dBi
アンテナ高	5m

表. 4G 基地局とアンテナの諸元

項目	諸元
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
複信方式	TDD
帯域幅	10MHz
中心周波数	2.585GHz
送信電力	0.1W(+20dBm) × 2
最大EIRP	+24.0dBm(1局合計 +27.0dBm)
アンテナ構成	無指向性アンテナ × 2
アンテナ利得	4dBi
アンテナ高	4m

実証環境

● ローカル5Gシステムの主な技術的諸元(移動局)



基地局から発射される5Gおよび4Gの電波を受信

図. 移動局(CPE)

表. 5G 移動局とアンテナの諸元

項目	諸元
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
複信方式	TDD
帯域幅	100MHz (100MHz × 1CC)
中心周波数	4.75GHz
送信電力	200mW (+23dBm)
最大EIRP	+23.4dBm
アンテナ構成	無指向性アンテナ × 4
アンテナ利得	2.4dBi
同期方式	同期TDD

表. 4G 移動局とアンテナの諸元

項目	諸元
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
複信方式	TDD
帯域幅	10MHz
中心周波数	2.585GHz
送信電力	200mW (+23dBm)
最大EIRP	+23dBm
アンテナ構成	無指向性アンテナ × 4
アンテナ利得	1dBi

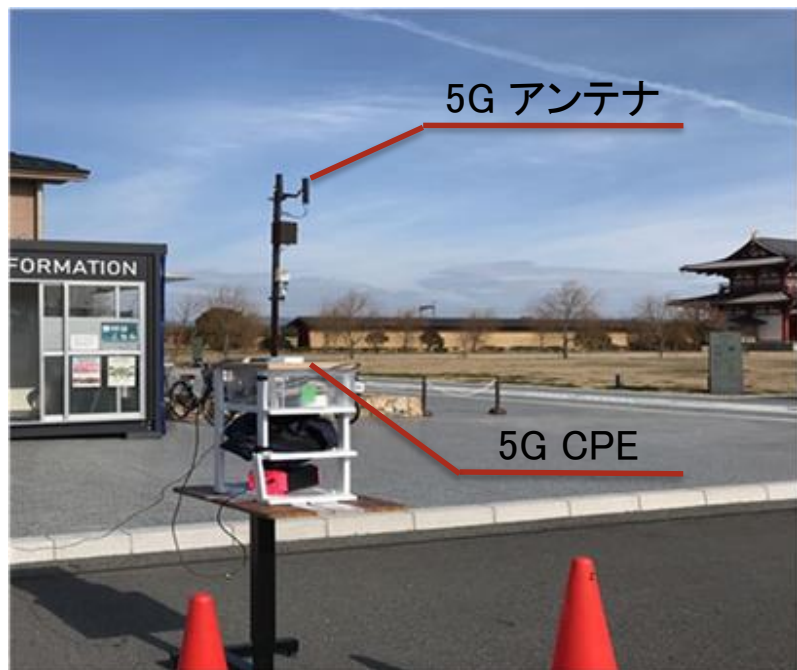


図. 実験局試験局

課題解決システムの実証

課題実証目標、実施概要

- ローカル5Gの大容量・低遅延通信を活用し、2つの課題実証を実施。

課題ア－1 新たな歴史文化体験

実証目標

- ・広大な公園内の歴史遺構をグループで同時に体験でき、個々の楽しみ方もできる MRによる歴史文化体験を提供し、その有効性を検証する。
- ・この地ならではの文化史跡を活用した歴史文化体験の充実により、「楽しい」「行きたい」と思える観光価値を高め、**観光客の入込を向上させること**を目指す。

実施概要

- ・屋外環境において、体験者が一体感を感じられるコンテンツが体験できるように、**MR技術とローカル5Gの高速大容量・低遅延の通信を活用する**ことで、体験者同士を繋ぐ仕組みを構築する。
- ・体験者は、グラス型MRデバイスを装着。MRデバイスを通して、体験者同士で1つの歴史体験を共有し、みんなで楽しめる体験、体験者の位置の移動やジェスチャーなどにより変化するインタラクティブなコンテンツ体験ができる。

課題ア－2 新たな移動体験

実証目標

- ・公園内の移動中もAIによる自然な会話で園内を案内するサービスを提供し、その有効性を検証する。
- ・観光スポット間の移動時にも、**歴史文化体験の世界観を分断しない・安心安全な移動案内**を行う新たな移動体験の提供を目指す。

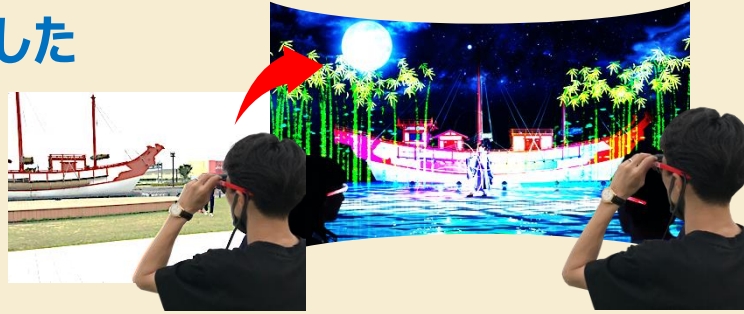
実施概要

- ・AIコンダクターがインタラクティブな観光ガイドを行うだけでなく、乗客の安全と快適のためにバスガイドのように乗客の挙動を見守り、乗客の状況に応じて乗客に注意を促す。車両の発進・停止や右左折などの車両状態を音声で乗客に案内する。
- ・AIコンダクターとの通信において**5Gによる低遅延な通信を活用**することで、利用者が違和感を感じないスムーズな対話を実現する。

課題アー1 新たな歴史文化体験 実施概要(体験イメージ)

現実空間と仮想空間が融合した MR体験

屋外にある文化史跡を前に、
その歴史を深くかつ楽しく理解するための
デジタルコンテンツが融合した
MRによる新しい文化観光体験



体験位置移動 による映像展開

体験者が自ら移動することで、
場面(仮想空間)
が移り変わりっていく体験



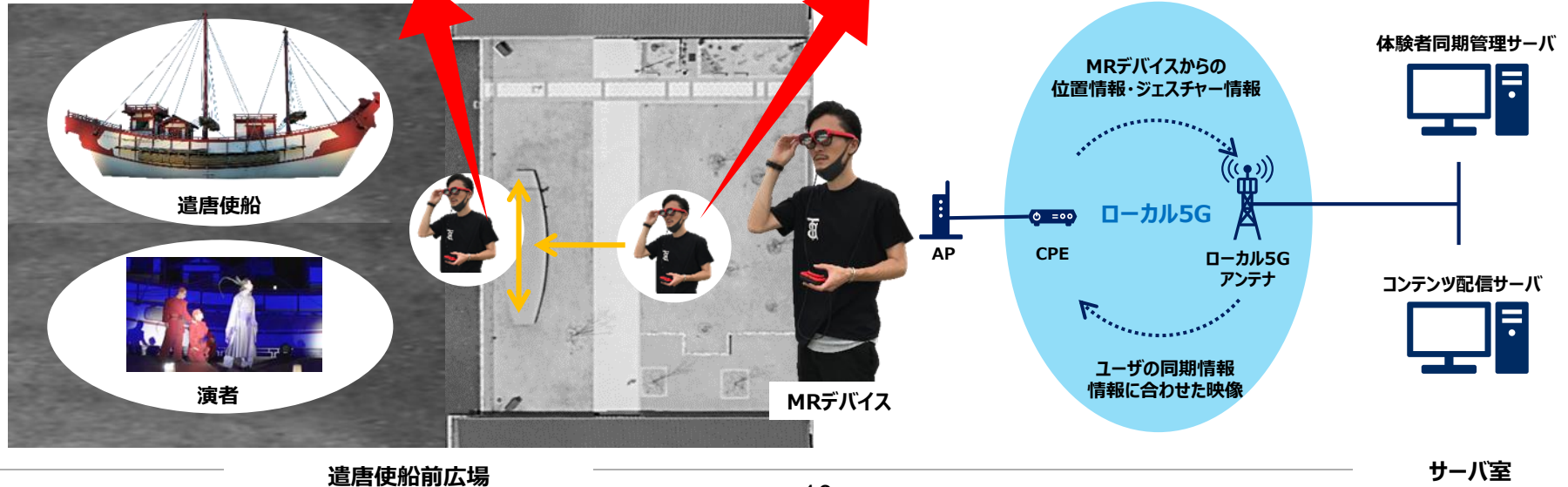
移動位置に合わせたMR映像

インタラクティブな 共有体験

体験者個々の動作だけでなく、
他の体験者の映像を共有するなど
インタラクティブな映像体験



手の動きで表れる映像の共有体験



課題ア-1 新たな歴史文化体験 評価・検証(効果検証)

- 実証期間4日間で72名に体験いただき、体験後アンケート調査を実施。
- アンケート調査より、MRによる体験価値の向上、歴史文化への理解度・興味の変化、再訪意欲の変化、他の参加者との共有体験等、新しい観光施策としての評価・分析。

分析項目	分析・考察
MR技術による 観光体験の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ MR体験は楽しかった（約95%） ・ 移動しながらの映像変化体験においては、8割以上が高い評価。 ・ 自らのジェスチャーによるインタラクティブな体験、他の体験者との共有体験において、8割以上が高い評価。 <p>➡低遅延なローカル5GによるMRコンテンツをリアルタイム同期体験の有効性が確認できた。</p>
体験を通じた歴史文化への理解度・興味の変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 体験者の7割以上が歴史文化への興味や理解度が増した。 ・ 奈良県民より県外在住者の方が、歴史文化への興味や理解度が増したという回答が多い。 <p>➡MR映像と文化史跡の融合が、歴史文化への興味や理解度向上に有効であることを確認。</p>
来訪の満足度・再訪・再体験意欲、地域の印象変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 体験者の9割以上が今回の実験場所（平城宮跡歴史公園）で新しいMR体験があればまた利用したい。 <p>➡MR歴史体験が、再訪意欲の向上に寄与することを確認。</p>
集客、回遊性促進の変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 体験者の9割以上が他の史跡でもMR体験ができるとしたら体験してみたい。 ・ 自由記述回答にて「歴史的背景を強く持つ場所で体験してみたい」「元の形が残っていないほど価値が出ると思う」といったコメントあり。 <p>➡MR歴史体験が、集客や地域回遊性促進に寄与することを確認。</p>

課題ア-1 新たな歴史文化体験 評価・検証(機能検証)

- 屋外において、体験者行動(体験位置の移動、ハンドジェスチャー)情報をローカル5Gネットワーク経由でサーバへ送信し、MRデバイスへ適切な映像コンテンツを配信する際の挙動及び表示までの処理にかかる時間を計測し妥当性を評価。

機能検証項目	検証内容	動作確認	目標値※1 (秒)	実測値 平均※2 (秒)	実測値 偏差の範囲 (秒)
応答速度①	位置移動したとき、位置判定からMRコンテンツ表示までの応答速度	正常動作を確認	1.7	1.276	+ 1.374 - 0.679
応答速度②	ハンドジェスチャーしたとき、ジェスチャー判定からMRコンテンツ表示までの応答速度	正常動作を確認	1.7	0.112	+ 0.086 - 0.051
応答速度③	コンテンツ再生開始したときのサーバから配信されるMRコンテンツの表示応答速度	正常動作を確認	0.7	0.228	+ 0.140 - 0.142
動作確認	他体験者のハンドジェスチャーによるコンテンツ配信とリアルタイム共有の挙動確認	正常動作を確認	他体験者のハンドジェスチャーに出される映像が自分のMRグラスで表示されるまで：0.1秒以下		

※1 技術実証前にコンソーシアム内で設定した数値

※2 MRデバイス6台、試行回数10回の平均値

- 位置情報に合わせたコンテンツ配信、ジェスチャーに合わせたコンテンツ共有、ストリーミングの映像配信は、目標値を満たすことができた。ローカル5Gによる低遅延での同期、映像配信が確認できた。
- 試験者の体感として違和感のない挙動及び表示速度との評価、本実証の体験者アンケートの中で動作不具合や表示遅延の指摘が無いことより、MR歴史体験として必要機能を実装できたと言える。

課題ア-1 新たな歴史文化体験 評価・検証(運用検証)

- 実用化を見据えて、屋外の新たな歴史観光体験としての、外部環境条件、体験者特性、体験デバイス特性、運用オペレーションで発生する課題について検証。

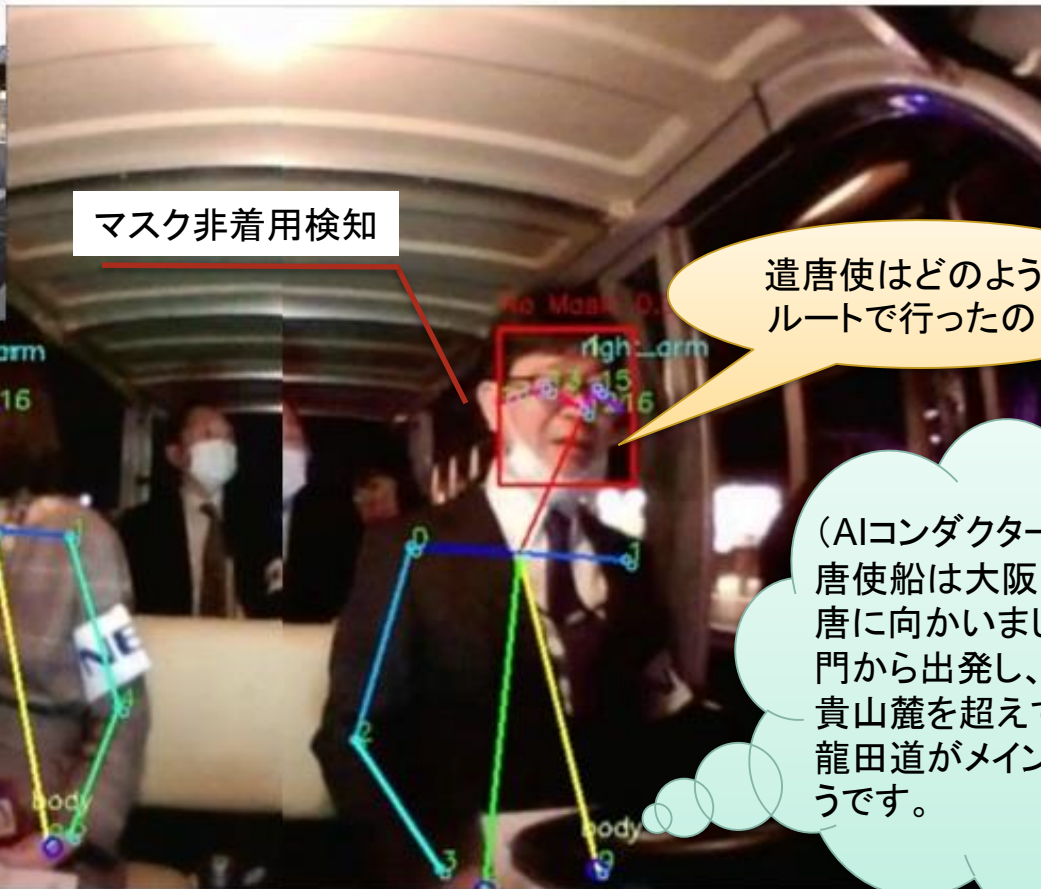
機能検証項目	検証内容	分析・考察
外部環境条件による 運用課題	屋外利用において、気候や時間帯によって変化する照度（外部環境光）の違いによる、MRデバイスの表示への影響の調査と対策の検討。	MR体験においては、環境光を一定に保つことが重要。日中は太陽光の明るさにより、MRグラス内のコンテンツが非常に見えづらい。遮光フィルターを使う等による対策・検討が必要。
体験者特性による 運用課題	年齢・性別・身長によりMRデバイス装着感、装着体験における疲労感の有無や、眼鏡の有無や視力によるコンテンツ視認性への影響を調査、課題を抽出。	20代～60代の男女を対象に調査。年代や性別、体格等に依存することなく、全員が同様な体験できることを確認。近視は眼鏡併用で体験が可能。老眼も影響なし。10分の体験では疲労感もなし。
体験デバイス特性による 運用課題	高解像度映像表示等の高負荷処理によって発生する機器の熱暴走やバッテリー消費連続安定稼働時間を計測し、機材面及び運用時の回避策を検討。	熱暴走対策として冷却ファンを装着することにより、連続安定稼働時間が2.2倍となる。 ・対策無し（平均44分）、対策あり（平均93分） ・数値は試行回数10回の安定稼働時間の平均値
運用オペレーション課題	運用オペレーション特性は、工程ごと（体験前、体験中、体験後）で発生する運用オペレーションの課題を検証。	検証・本番実証を実施し、オペレーションノウハウを蓄積。実用化に向けた課題では、運用人員の削減があり、特にMRデバイスの装着時の簡便化は継続課題。

課題ア-2 新たな移動体験 実施概要

- 自動運転車両での移動中、観光用AIコンダクターは、インタラクティブな観光ガイドを行うだけでなく、乗客の安全と快適のためにバスガイドのように乗客の挙動を見守り、乗客の状況に応じて乗客に注意を促す。



マスク非着用検知



遣唐使はどのようなルートで行ったの？

車外検知

着座検知

(AIコンダクター)

唐使船は大阪の難波津から唐に向かいました。ここ朱雀門から出発し、斑鳩、龍田、信貴山麓を超えて、大阪に入る龍田道がメインルートだったようです。

課題ア-2 新たな移動体験 評価・検証(効果検証・考察)

- 課題解決システムに関する検証及び評価・分析
課題解決にあたり、下記の分析項目に対する実証実験を実施。
アンケート分析の結果、7割以上が満足を得られたという結果が得られた。

分析項目	概要	分析結果
新たな移動体験の効果	施設間の移動の際にも歴史文化体験を提供し、世界観を分断しないような移動案内を行う	アナウンスタイミングは十分な時間で応答。 アナウンス内容は質問に回答してくれて面白いという声の他、話しかけるタイミングが分からないという声もあった。
安心、安全の評価	乗客の動作に対する、アナウンス、注意喚起提示までの時間	姿勢推定平均647ms、マスク非着用537msと十分短い時間で注意喚起を行った。
安定性の評価	ローカル5Gのネットワークが安定しており、通信が途切れず処理ができたか	機能検証に記載のとおり、従来ネットワークに比べ、高速で安定していた。
低遅延の評価	乗客の発話完了から、応答までの時間	平均348msと当初目標の3秒に対し十分短い時間で応答出来た。
無人自動運転の効果	乗降時やドライバのいない状況下における乗車中の体験(不安感はないか)	アンケート結果:安心だった 72%
感染防止への効果	6人乗りの乗合(バス)自動運転カートを活用した移動サービスのコロナ対策に関する安心感	アンケート結果:とても安心 81%

- アナウンス 応答速度は十分 であると回答、一人旅行が楽しめるなどの評価、システムとしての効果を確認。
- 一方で、対話のタイミングが難しいとの回答がみられ、AIコンダクターが話している時でも音声認識できるようにすべき等の課題を把握することができた。

課題ア-2 新たな移動体験 評価・検証(機能検証・運用検証)

● 機能検証

ローカル5Gの遅延は従来ネットワークの無線LANに比べ、平均、最大、最小とも低遅延で動作。
無線LANの場合はレイテンシに揺らぎを観測、ローカル5Gの場合、安定したレイテンシで動作。

表. ローカル5Gと無線LANの通信遅延比較

項目	ローカル5G	無線LAN
平均転送時間	88.75ms	170.56ms
最大転送時間	146.49ms	470.08ms
最小転送時間	23.59ms	78.44ms

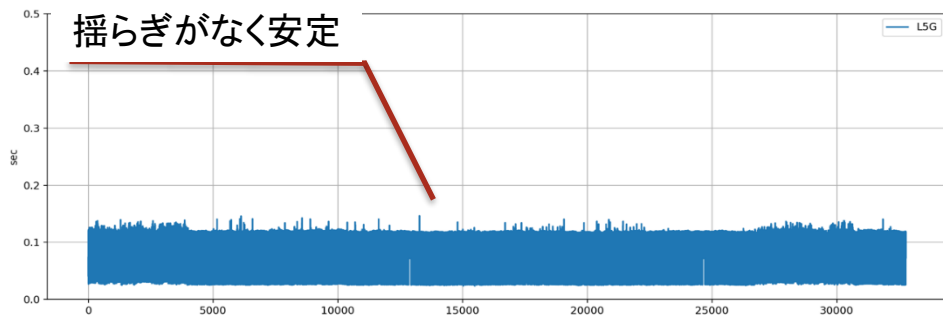


図. ローカル5G通信遅延(レイテンシ)

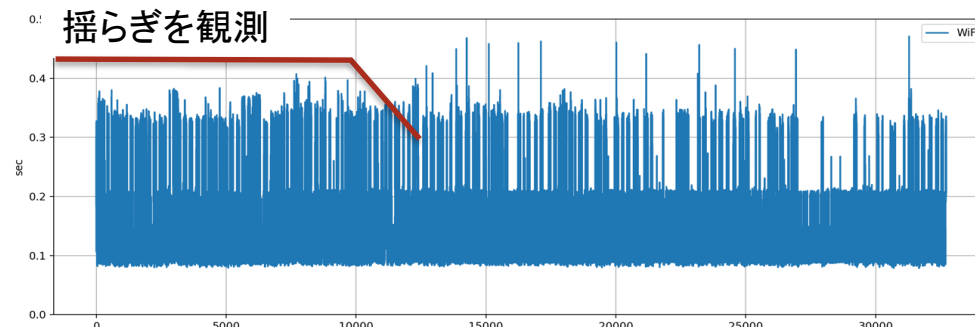


図. 無線LAN通信遅延(レイテンシ)

● 運用検証

検証結果	インフラの充実度は満足な結果を得られた。利用者の観点としてコンテンツとしての充実が必要。夜間の実証実験ということもあり、カメラ映像が不鮮明になったことによる解析結果誤りが多かった。
今後改善すべき課題	高速、低遅延でのネットワークがある前提で、コンテンツとしての充実を図りさらなるUXの向上を目指す。環境光による問題、マスク検知のさらなる向上、また光量が変わることに対し動的に輝度調整を行う。

ローカル5Gの性能評価等の技術実証

実証目標

技術的な課題	<ul style="list-style-type: none">・観光施設等において、ローカル5Gで高精細映像伝送を伴うMRのリアルタイム通信等を行うことを想定し、<u>所望エリアで所望通信品質が確保可能なローカル5Gエリア構築</u>を行う・観光施設等の環境における<u>カバーエリア算出法の精緻化</u>
技術基準の見直しに資する新たな知見	<ul style="list-style-type: none">・所望エリアで所望通信品質が確保可能なローカル5Gエリア構築を行う手法を確立する・ローカル5Gの無線局免許審査基準に記載されているカバーエリア算出法の精緻化について、検討・考察を行う
その他ローカル5Gに関する技術実証の提案	<ul style="list-style-type: none">・既存の電波伝搬モデルにおける<u>人体損失に応じた新たな係数・補正項</u>に関して、カバーエリア算出法への反映に向けた方向性・課題を整理する

ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等

- 受信電力、伝送スループット等の各種データをとりとまとめ、ローカル5Gの性能評価を行い、技術的課題を整理し、それら課題の解決方策等について考察を行った。

- 評価・検証方法

- 基地局から半径200m以内で、見通し内の地点や遮蔽物(遣唐使船)に電波が遮られる地点を含めて、**20カ所程度の測定地点を選定**した。
- 選定した測定地点において、**スループット、遅延、受信電力(RSRP)の測定**を行った。

- 計測指標

- 伝送スループット(下りリンク) : 180Mbps (30Mbps × 最大MRグラス6台相当)
- 遅延 : 100~200msec (システム全体の往復遅延時間※)

- 検証結果

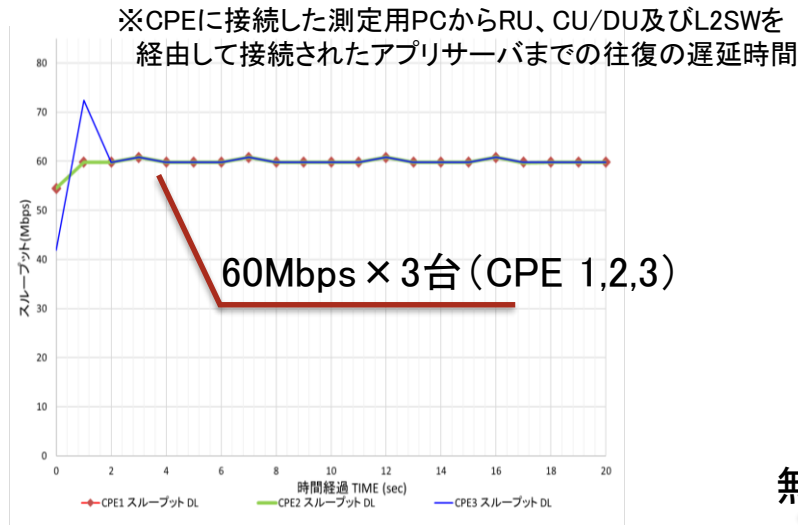


図. スループット時間変動(測定地点7)

表. ユースケースの要求性能

	新たな歴史文化体験	新たな移動体験
カバレッジ	約200m	
接続デバイス数	6台 MRグラス	1台 車両搭載コンピュータ
接続5G CPE数	3台	1台
DLスループット	180Mbps	1Mbps

DL負荷有の遅延(実線)

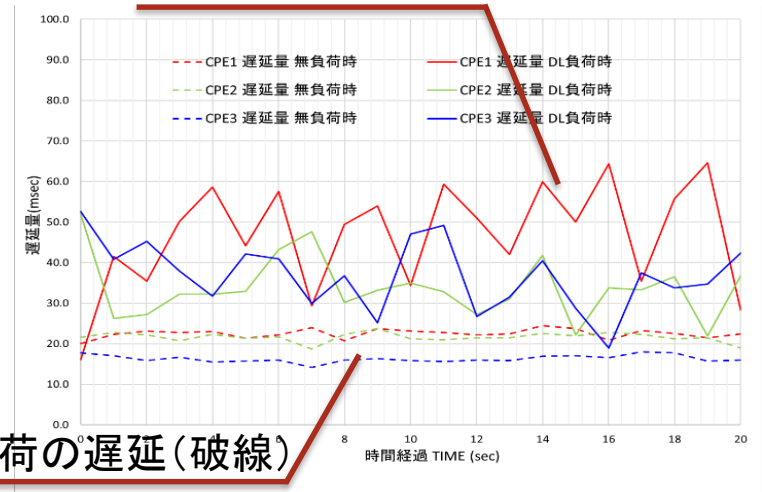


図. 遅延量時間変動(測定地点7)

ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等

● 考察

・高精細映像伝送

測定を実施した地点(測定地点2, 7, 12)において下りリンク最大180Mbpsの要求値を達成。
(180Mbps: 60Mbps × CPE3台/MRグラス6台相当)

・遅延

要求値: 100~200msec以下に対し、要求値を達成。

● 技術的課題の解決方策

技術的課題 の解決方策	<ul style="list-style-type: none">・観光施設のエリアに構築したローカル5Gの実証環境において電波伝搬特性の測定を行う。<ul style="list-style-type: none">①リアルタイム通信等に係る検証で低速フェージングの影響を調べるため、一部の測定地点において、僅かな場所の違いによる受信電力の変化を測定する。②ローカル5G基地局のアンテナチルトを変更した条件での受信電力の測定を行う。・既存の電波伝搬モデルによる計算値と測定値の比較等により、遮蔽損失による短区間中央値変動及び低速フェージング変動の標準偏差を求める。・通信品質と受信電力の関係(受信電力対伝送スループット特性)を求める。・短区間中央値変動及び低速フェージング変動の標準偏差を用いてエリア構築の際に確保すべきマージンを求め、受信電力対伝送スループット特性を用い、ローカル5G基地局のアンテナチルトの調整も加味したエリア構築の手法を提示する。
----------------	--

ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等

- 建物構造・遮蔽物の存在を前提とした観光施設内の通信特性、高精細映像伝送を伴うMR等のリアルタイム通信等に係る検証を行い、観光施設における最適なローカル5Gのエリア構築やシステム構成について、考察を行った。
 - 評価・検証方法
 - 屋外で建物や展示品等の遮蔽物が点在している観光施設においては、ローカル5G基地局の見通し内になるエリアが多い一方で、遮蔽物の近くでは、その遮蔽損失の影響を受ける。
 - 高精細映像伝送を伴うMR等のリアルタイム通信を行う場合、CPEを携帯した利用者が殆ど動かないことで生じる低速フェージング変動で受信電力が落ち込んだ状態となり、伝送スループットが不安定となる可能性もある。
 - これらの点を考慮し、ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等でとりまとめた各種データを用い検証実施。
 - 計測指標
 - 遮蔽損失による短区間中央値変動及び低速フェージング変動の各々に対して、エリア構築の際に確保すべきマージンを求めた。

● 検証結果

表. フェージング変動に関する標準偏差

測定地点	受信電力 (中央値) [dBm]	時間変動の標準偏差 (12ポイントの平均値) [dB]	場所変動の標準偏差 [dB]	標準偏差 (合成値) [dB]
12	-79.8	0.38	2.3	/
18	-85.7	0.63	2.6	
22	-95.5	0.67	1.7	
平均値	-	0.56	2.2	

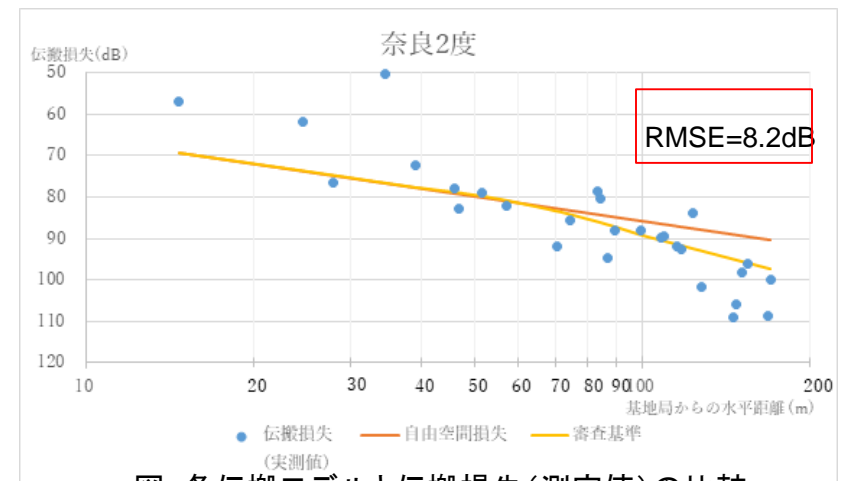


図. 各伝搬モデルと伝搬損失(測定値)の比較

ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等

● 所望エリアで所望通信品質が確保可能なローカル5Gエリア構築を行う手法

前提	<ul style="list-style-type: none">・電波伝搬モデルとして、無線局免許審査基準に記載のモデルを採用する。・短区間中央値変動の標準偏差：8.2dB・遮蔽損失、低速フェージング変動を含む総合的なフェージング変動の標準偏差：2.3dB
エリア手法	<ol style="list-style-type: none">(1) 要件整理を行う。(2) エリアの基準値を求める。 短区間中央値変動と総合的なフェージング変動を合成した変動の標準偏差σ_{all}※は、8.5dBとなる。(3) 所望エリア内のエリア品質を評価する。(4) エリアを最適化する。

※独立な 対数正規分布に従って変動すると考え、両者の分散の合計値の平方根として計算

短区間中央値変動と低速フェージング変動を合成した変動(8.5dB)をエリア構築の際に確保するマージンとして、エリア品質を評価することで、リアルタイム通信の安定を確保できるエリア構築ができる。

● 技術的課題の解決方策および更なる技術課題

技術的課題の解決方策	<ul style="list-style-type: none">・短区間中央値変動及び低速フェージング変動の標準偏差を用いてエリア構築の際に確保すべきマージンを求める。・受信電力対伝送スループット特性を用い、さらにローカル5G基地局のアンテナチルトの調整も加味したエリア構築の手法を整理する。
更なる技術的課題	<ul style="list-style-type: none">・木造以外の構造物による遮蔽損失の影響・特定のエリアに集まっている多数の観光客による遮蔽損失の影響・パレード等のために観光施設内を動き回る大型の車両による 遮蔽損失の影響・観光施設内に植えられている樹木による遮蔽損失の影響

その他ローカル5Gに関する技術実証

- 端末を利用者が携帯利用することを想定、電波伝搬における人体損失の影響を考察を行った。

- 評価・検証方法

- 基地局から見通し内の地点や遮蔽物に電波が遮られる地点を含め、4力所の測定地点を選定。
(測定地点2、7、12、18)
- 各測定地点で、**測定者が受信アンテナを持った状態で受信電力を測定。**
- 測定者が基地局アンテナ設置地点の方向から、**複数の方向を向いた状態で測定。**
- 測定者が受信アンテナを持たず**間近に人がいない状態での測定。**

- 計測指標

- 電波伝搬における人体損失の影響を定量化。

- 検証結果



図. 人体損失の測定

表. 人体損失の測定地点による比較

番号	測定地点			人体損失 [dB]
	距離 [m]	見通し	受信電力 (人体損失なし) [dBm]	
2	15	LOS	-73.3	0 ~ 11
7	74	NLOS	-70.2	1 ~ 16
12	118	NLOS	-74.1	2 ~ 20
18	151	NLOS	-92.2	-3 ~ 4

※測定地点2(LOS):見通しが取れる。

測定地点7と12(NLOS):一歩ずれば見通しが取れる。

測定地点18(NLOS):遣唐使船が遮蔽物となり、見通しが取れない。

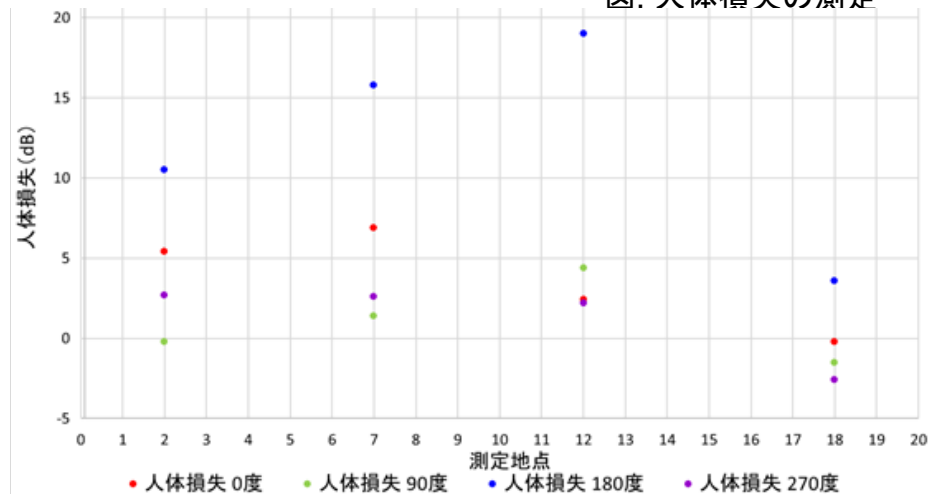


図. 各地点での人体損失の値

その他ローカル5Gに関する技術実証

● 考察

- ・位置と向きが可能な場合 : 見通し内(LOS)が9 dB、見通し外(NLOS)が0 dB
- ・位置と向きが不可能な場合 : 見通し内(LOS)が18 dB、見通し外(NLOS)が、4 dB

電波の受信環境	人体損失の影響	損失(dB)
直接波の影響が大きい地点 (測定地点2、測定地点7、測定地点12)	大きい	最大値:18dB、平均値:9dB (体の向きが180度)
俯角が大きい地点:基地局からの俯角15度 (測定地点2)	人体損失の影響は比較的小さい (反射波の影響が大きい)	最大値:11dB
複数の反射波が到来する地点 (測定地点18)	小さい	3~4dB

● 技術的課題の解決策および更なる技術的課題

技術的課題の解決策	<ul style="list-style-type: none"> ・審査基準の既存電波伝搬モデルにおいて人体損失に応じた新たな補正項をカバーエリア算出法へ反映。 <ul style="list-style-type: none"> — <u>審査基準</u>は、<u>人体損失として8dB</u>を見込んでいる。 — 本実証で得た直接波の影響が大きいと考えられる場所での<u>人体損失の平均値である9dB</u>と同等。 ・人体損失の最大値への考慮 <ul style="list-style-type: none"> — 利用者がCPE装着位置と利用者の向きの管理可否や見通しの有無に応じ、<u>最大18dB程度の人体損失を見込むことを認めるオプションを追加</u>することが、カバーエリア算出法への反映に向けた方向性となる 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>通常のエリア構築において、現行の審査基準における人体損失の値に対し、特に変更を加える必要性は考えられない。</p> </div>
更なる技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証で得た人体損失の値は、限られた実証環境で取得したデータにより算出されたものである。 ・無線局免許審査基準において用いる電波伝搬モデルに採用するためには、<u>さらに多くの環境においてデータを取得して、統計的信頼度(精度)を高める</u>ことが必要。 	

実装・横展開に関する検討

サービス化検討での想定ステークホルダーへのヒアリング

- ローカル5Gの観光・文化分野での社会実装を目指し、想定されるステークホルダーに、実用化に向けた期待・課題をヒアリング。課題解決システム実現に向けた情報を整理。

ヒアリング先	ヒアリング目的	実装・横展開への期待・意向
奈良県 (観光施策を推進する自治体)	自治体観光施策としての期待	「平城宮跡歴史公園 朱雀大路東側地区(歴史体験学習館整備計画)」(R2年度12月策定)に基づき、R8年度の歴体験学習館での実装を目的に検討したい。県の玄関口として整備し、県の観光客周遊を狙い。
地域金融機関 (地域産業育成)	地域での観光産業を包括的に見た期待	建造物の少ない観光地も多く、これらの魅力開発と発信に向けて本取り組みに期待。特に中南和地域。学校教育と組み合わせる観光×教育。
旅行代理店 (地域観光企画)	観光メニューとしての期待	新たなツアー開発に力を入れている。中南和地域(吉野、飛鳥、藤原京)の観光地魅力向上にも期待。
地域交通事業者 (地域観光企画)		観光バスでの活用にも期待。移動の車窓やトンネルの中でMRを活用した案内が充実できるとよい。
地域ネットワーク事業者	L5Gへの通信事業としての期待	観光や教育での5G活用や、地域BWAと連携した通信基盤として拡充し、多様な地域サービスへの拡大に期待
ディベロッパー	事業性という観点からの期待	新たな価値体験を提供ができる施設に関心あり。
広告代理店		5Gを起点とした新たな観光体験として魅力を感じる。

ヒアリング結果の考察、および実証実験で得られた実装の方向性

● 想定ステークホルダーへのヒアリング結果のサマリ

- サービスを実装するにあたって、関連を想定する各事業者から前向きな意見が得られた。
- 実装にあたっては、現在取り組んでいる平城宮跡での奈良県の事業との連携が有望で、ツアー客、学校教育との親和性が高いとの示唆を得られた。
- 県内への横展開先としては、中和・南和地域への展開や、観光バス内での体験などの具体的な可能性が示唆された。

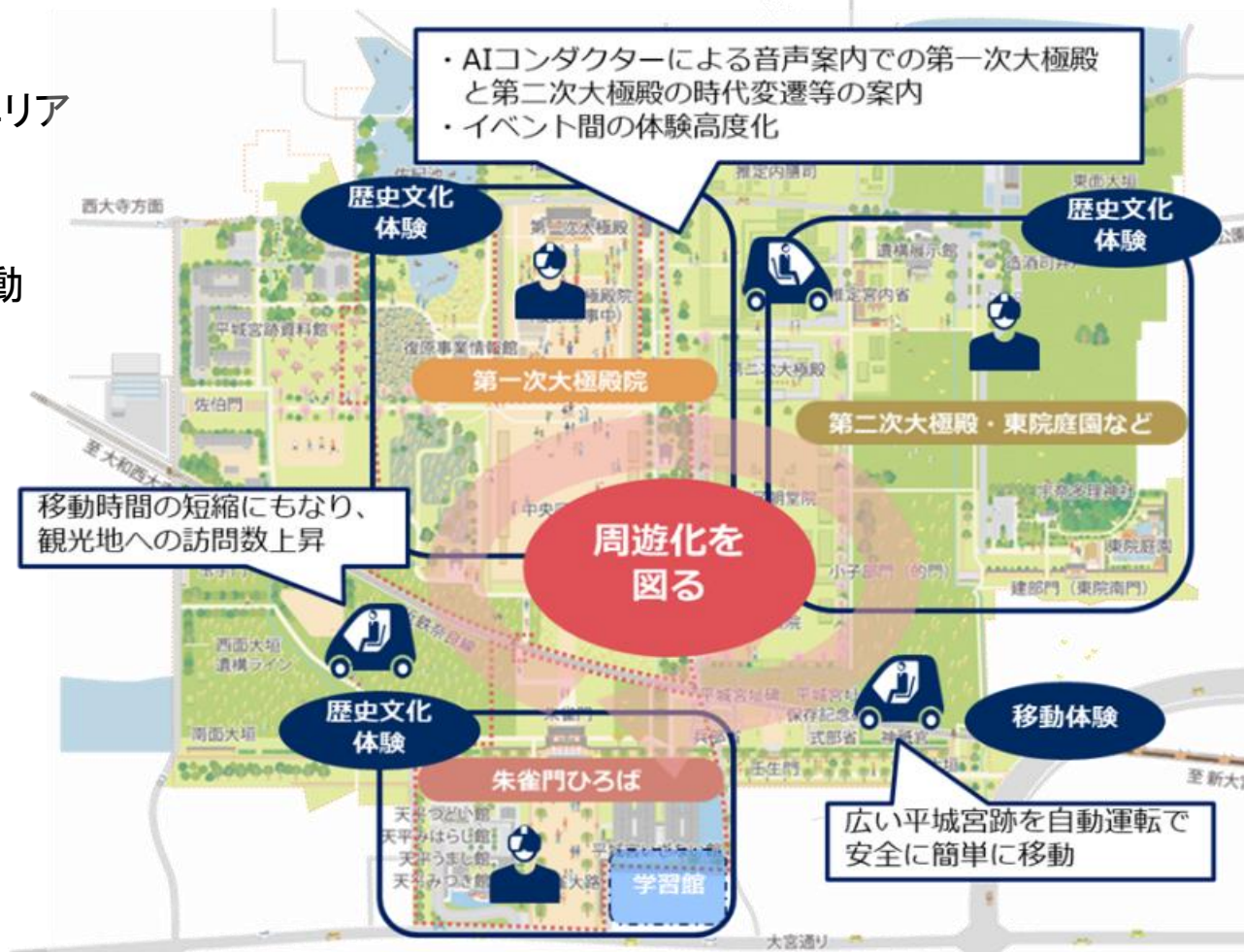
● 実証実験で得られた地域実装に向けた検討事項

- MR等で使用する機器の運用(貸し出し方法等)
⇒公園で運営する施設のサービスとして運用する方向で検討を進める。
- 具体的なマネタイズ設計
⇒実証実験アンケートでは歴史文化体験では2,000円/人程度、移動体験では1,000円/人・日程度の有償化が見込めた。
- 継続して調査を進めて精緻化を図っていく。

持続可能な事業モデルの概要

- 奈良県が令和8年度に開館を予定する歴史体験学習館での実装を想定。本実証での課題解決ソリューションを常設展示することを目指す。

- 平城宮跡歴史公園内の3つのエリアにて「新たな歴史文化体験」。
- エリア内および各エリア間の移動にて「新たな移動体験」。



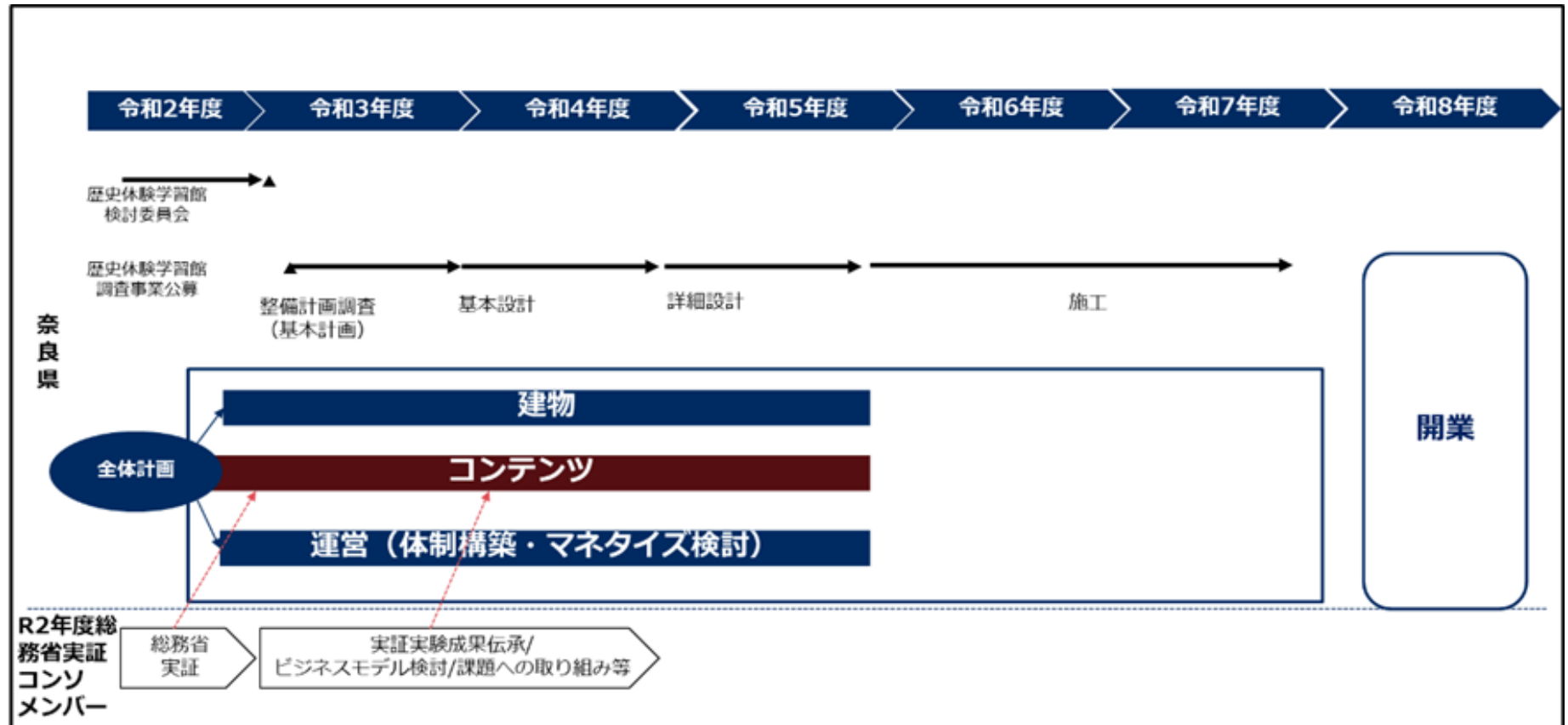
持続可能な事業モデルで提供するサービス

- 平城宮跡歴史公園エリアを訪問する学生旅行客、歴史周遊ツアー旅行客、グループ旅行を想定して、来訪した観光客が公園で丸1日程度滞在できるようサービスを設計。
- R3年度予定の歴史文化体験館の基本計画において更なる具体化を進めていく。



持続可能な事業モデル構築に向けた計画

- R3年度から予定される基本計画に対して、本実証で得られた成果を歴史体験学習館のコンテンツとして提案。
- コンテンツと並行して進められる建物施工や管理運営の動きとも連携しながら、自走化のためのビジネスモデル確立を進めていく。



横展開に資する普及モデルに関する検討

- アンケート調査で、全年代とも9割以上が他のエリアでもサービス利用したいとの回答。
 - ・奈良県内では、奈良公園、飛鳥歴史公園、藤原宮跡等への横展開の期待が高かった。
 - ・高取城、安土城等の城郭や、纏向遺跡等の遺跡など、歴史的な観光資産での体験希望も多数。⇒各地の歴史公園への展開を検討。また、展開に向けてサービスのパッケージ化も検討。

奈良を訪問する観光客への提供サービス

・想定エリア: 平城宮跡・西ノ京・奈良公園エリア(周遊時間1日)、奈良県広域での利用(周遊時間1~3日)

奈良以外にある歴史公園でのサービス

現存する建造物等が点在。文化財保護法等の規定により、建造物設置等の現状変更が困難

- MR技術を活用した新たな歴史文化体験、AIコンダクターによるパーソナライズガイドンス、歴史公園におけるローカル5G基地局設置・運用のノウハウをパッケージ化。
- サービス提供時に、各々の事業形態で組み合わせて事業展開ですることを目指していく。

『MR技術を活用した新たな歴史文化体験』

- ・ MR歴史文化体験 ソフトウェア
- ・ 体験シナリオ設計ノウハウ
- ・ 運用・保守 ノウハウ

ワンストップ
で機能提供

『AIコンダクターによるパーソナライズガイドンス』

- ・ パーソナルガイドンス ソフトウェア
- ・ ガイドスクリプト設計ノウハウ
- ・ 運用・保守 ノウハウ

ワンストップ
で機能提供

『歴史公園におけるローカル5G基地局設置・運用』

- ・ 歴史公園エリアでの基地局設計(高さ、景観対策等)のノウハウ
- ・ 景観制約のある風致地区でのアンテナ設置に向けた手続きガイド
- ・ 機器選定情報、運用・保守ノウハウ

ノウハウ
提供

横展開に資する普及モデルに関する検討

● マネタイズに関する検討

想定されるコスト

- ハードウェア及びソフトウェアの初期費用
 - ローカル5G免許申請費用
 - 運用等のランニング費用(ローカル5G電波利用料含む)
- ※ 機器は開発中のため具体的な金額は未算出

想定される収入

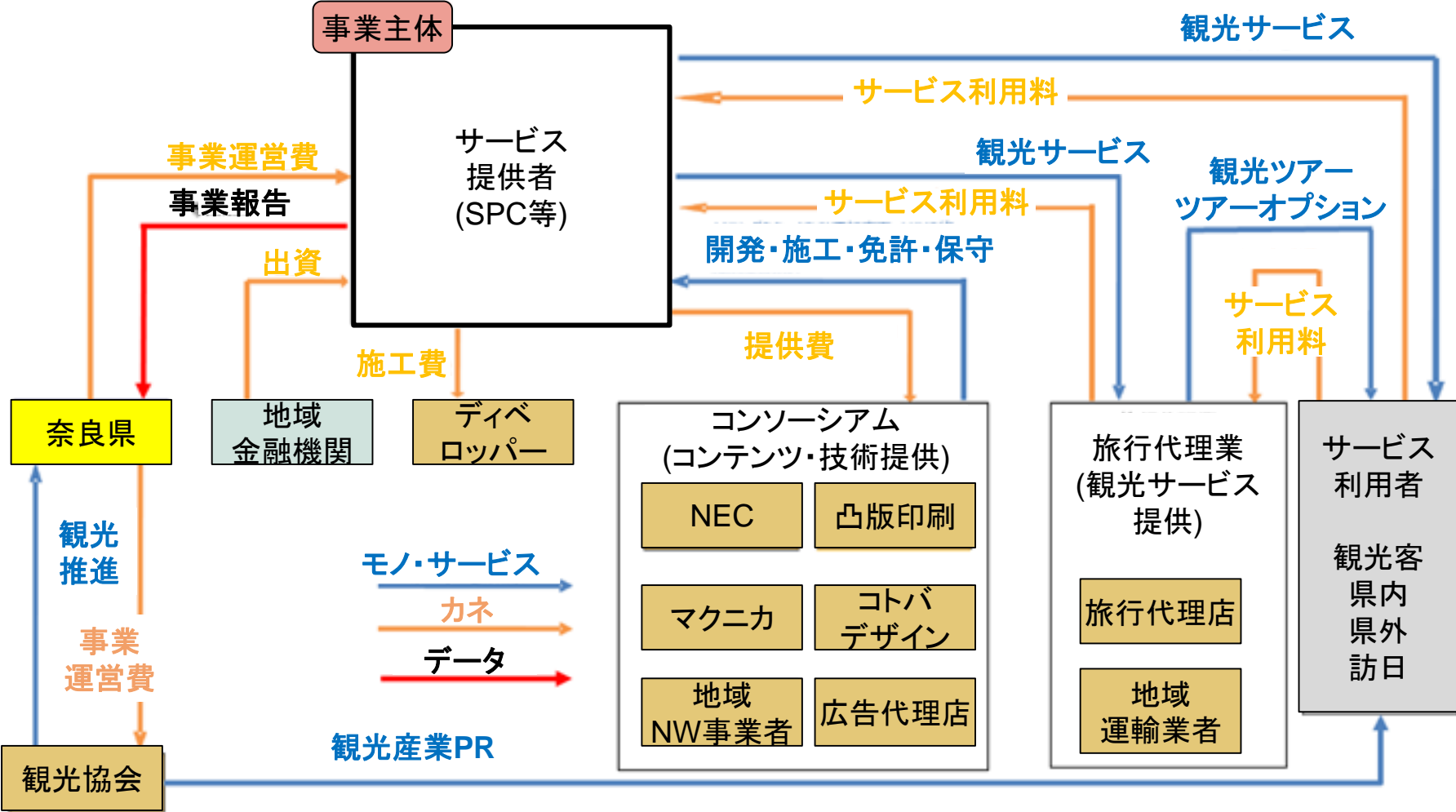
- 初期の諸費用は**県(及び国交省公園事務所)の予算**
- ランニング費用は、**体験者からの利用料**
- 誘導した近隣の飲食店や物販店からの**アフェリエイト**
- 観光地集客力向上の貢献として**県(及び国交省公園事務所)が運営費用の一部を負担**

● 体験者からの利用料試算

	想定年間収入額	説明
歴史文化体験	一般利用:年間 7,296,000円 [単価]2,000円/人 [営業]土日 8日/月、平日 20日/月 [利用数]土日 6人体験×3回、平日 4人体験×2回	アンケート調査によると1,000円が最多だが、美術館・博物館の企画展と同程度の2,000円以上との回答者が約28%おり、企画展入場料と同程度の2,000円と設定。
	修学旅行利用:年間 4,032,000円 [単価]1500円/人 [利用数]月12団体[団体規模]28名	利用料は一般向けの75%に設定。団体規模は中学校1クラス平均人数、修学旅行シーズン8ヶ月間として試算。
移動体験	一般利用:年間 7,440,000円 [単価] 1dayパス1,000円/人[営業]土日8日/月、平日20日/月 [利用数]土日 40人/日、平日 15人/日	アンケート調査で最多回答の1,000円に利用料を設定。
	修学旅行利用:年間 4,800,000円 [単価]500円/人 [利用数]月12団体[団体規模]100名	利用料は一般向けの50%に設定。団体規模は中学校1学年平均人数、修学旅行シーズンを8ヶ月間として試算。
	校外学習利用:年間 3,200,000円 [単価]500円/人 [利用数]月8団体[団体規模]100名	関西エリアの学校利用を想定。単価や団体規模は修学旅行と同じ

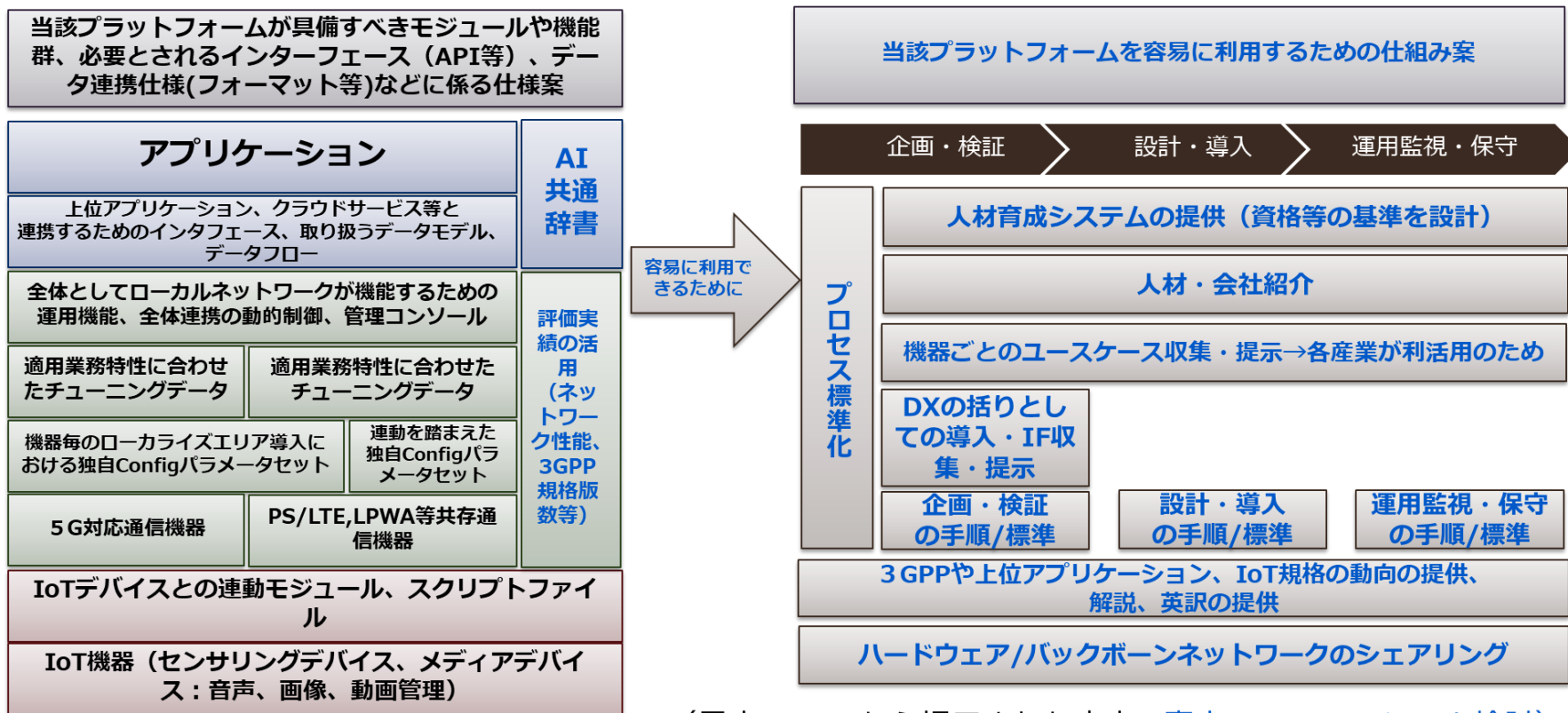
横展開に資する普及モデルに関する検討 想定される体制(案)

- 事業主体となるサービス提供者を中心とする地域を中心としたエコシステムを構築。コンソーシアムからは、コンテンツや技術を提供して横展開を推進。



共同利用型プラットフォームに関する検討

- ユーザー企業や開発主体がサービスを容易に展開できるように、共同利用型プラットフォーム機能の仕様案として、当該プラットフォームが具備すべきモジュールや機能群、必要とされるインターフェース(API等)、データ連携仕様(フォーマット等)の検討を実施した。当該プラットフォームを容易に利用できるようにするプロセスの必要事項を下記に示す。



(黒字 : PMOから提示された内容 青字 : コンソーシアム検討)

まとめ

まとめ

● 課題実証成果

● 新たな歴史文化体験

体験者9割が満足回答。史跡+CGの世界を自分が動かし周囲と共有するリアル体験で観光の楽しさや魅力が向上することを確認。

● 新たな移動体験

体験者7割が満足回答。自動運転車での安全確認やAIガイドとの会話が、今後の観光地の移動(周遊)促進に有用であることを確認。

● 技術実証成果

● 観光施設内(屋外)における電波の伝わり方を測定し、電波の強さの変動の大きさを把握し、端末が安定的に高精細映像を受信できるように、基地局アンテナの高さや向きなどを調整する手法を整理した。

● 利用者がMR端末を身に着けることを想定し、人体による電波減衰量の平均値や最大値のデータを取得し、そのデータを用いて上記の手法を改良した。

● 実装・横展開に関する検討

● R8年度に向けて平城宮跡歴史公園内の3つのエリアにて行う「新たな歴史文化体験」と各エリア間をつなぐ「新たな移動体験」活用する事業モデルとして検討。

● 他の歴史公園への横展開として、本実証で活用した技術のサービスのパッケージ化を検討。