

令和4年度

5Gソリューションの横展開に向けた共用形態の有効性に係る

調査研究の請負

報告書

令和5年3月31日

NTTコミュニケーションズ株式会社

目次

1.	調査事業概要	1
1.1	目的	1
1.2	実施概要	7
2.	5G ソリューションの情報提供・情報共有に係る検証	10
2.1	カタログサイトの要件・設計	13
2.1.1	前提条件	14
2.1.2	サイト設計	14
2.2	検証内容	27
2.2.1	(A)5G ソリューション提供者アンケートによる検証	29
2.2.2	(B)利用者アンケートおよび(C)利用者アクセス解析による検証	32
2.3	カタログサイトの有効性検証結果	37
2.3.1	(A) 5G ソリューション提供者アンケート検証結果	37
2.3.2	(B) 利用者アンケート検証結果	42
2.3.3	(C) 利用者アクセス解析検証結果	57
2.4	検証結果のまとめと将来的発展形態の仮説	60
2.4.1	(A)5G ソリューション提供者アンケートによる検証結果	60
2.4.2	(B)利用者アンケート、(C)利用者アクセス解析による検証結果	62
2.4.3	将来的に必要な情報発信等の形態、求められる情報・機能	64
3.	5G ソリューションの共用形態に係る検証	67
3.1	検証概要・目的	68
3.1.1	SaaS 型アーキテクチャを用いた構成での実現性や課題の確認	69
3.1.2	SaaS 型での共用を行うための要素検討(汎用化検討)	70
3.1.3	実運用も含めた負荷軽減効果の確認	72
3.1.4	将来的な 5G 技術を活用した場合の共用形態における論点	73
3.1.5	分野横断的な 5G ソリューションの展開を見据えた共用形態の検証	74
3.2	5G ソリューションの選定及び検証環境の構築	76
3.2.1	5G ソリューションの選定	76
3.2.2	検証する実環境の構築	76
3.3	5G ソリューションに係る検証	112
3.3.1	SaaS 型での活用を想定した 5G ソリューションの検証	112
3.3.2	5G 特性(遅延性)を考慮した SaaS ソリューションの検証	127
3.3.3	SaaS 型での活用を想定した 5G ソリューションの検証まとめ	130
3.4	横展開可能な 5G ソリューションの各種検証	131

3.4.1	レベル1:ネットワーク/アーキテクチャに係る汎用性評価	131
3.4.2	レベル2:共通コア機能関連の汎用性評価	138
3.4.3	レベル3:AI コア機能関連の汎用性評価	147
3.4.4	各レベルの取り組みによる負担軽減効果の評価	191
3.4.5	横展開可能な 5G ソリューションの各種検証まとめ	194
3.5	将来的な 5G 技術を活用した共用形態の検証	198
3.5.1	評価項目	199
3.5.2	評価方法	203
3.5.3	評価結果	203
3.6	分野横断的な 5G ソリューションの横展開に求められる機能の検証	213
3.6.1	評価項目	215
3.6.2	評価方法	216
3.6.3	検証結果	220
3.6.4	分野横断的な 5G ソリューションの横展開に求められる機能検証まとめ	237
3.7	5G システム全体としての評価	248
3.7.1	ソリューション側のシステム評価	249
3.7.2	共用形態・接続方式のシステム評価	251
3.7.3	システム全体の分野横断的な横展開に関するシステム評価	253
3.7.4	サービス提供に必要となる作業範囲における分解点の評価	256
4.	5G ソリューションの横展開「鉄道業界に向けた取り組み」	259
4.1	鉄道協議会	260
4.1.1	協議会の進め方	260
4.1.2	参加者への事前ヒアリングの実施	263
4.1.3	協議会の開催	265
4.1.4	鉄道協議会のまとめ	292
4.2	次年度以降の取組に関するまとめ・展望	295
1.	第 3 回協議会の議事内容の確認	284
2.	実証試験結果の報告	284
3.	共通ソリューション化に係る今後の取組に関する意見交換	284
5.	本年度実施総括	297
5.1	5G ソリューションの情報提供・情報共有に係る検証	298
5.2	5G ソリューションの共用形態に係る検証	300
5.2.1	5G ソリューションに係る SaaS 型モデル実証実験	300
5.2.2	将来的な 5G 技術を活用した共用形態の検証	304

5.2.3	分野横断的な 5G ソリューションの横展開に求められる機能の検証	306
5.3	5G ソリューションの横展開「鉄道業界に向けた取り組み」	311
5.3.1	鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた具体的方策	311
5.3.2	鉄道事業者の鉄道 DX に係るニーズの把握、共通ニーズの発掘	313
5.3.3	鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムのイメージ 具体化	314
5.3.4	鉄道協議会の継続開催について	314

1. 調査事業概要

1.1 目的

5G を活用したソリューションの普及展開を進めるうえで、5G ソリューションの開発が一部の大企業など、先進的な取り組みを進めている団体以外、中堅中小・地方公共団体などにおいては時間とコストを先行投資し開発を実行する余力がない点、また、5G を活用したソリューションの利用事例については具体的な活用方法が利用者から認知されておらず活用検討の段階に入れていないことが多い点などが課題として挙げられる。

これらの普及展開課題を解決する方法として、5G を活用したソリューションの利用事例についての具体的な活用方法などを広く利用者に展開するために必要な情報も含めた情報提供・共有の場の在り方や有効性の検討（図 1.1-1 参照）、従来開発された B2B モデルの 5G ソリューションを新たな業種・業務に横断的に活用できるように汎用化を行い、これまで 5G ソリューションの導入に至らなかった利用者への導入のハードルを下げるような共用・提供形態の方法を検討することが重要である。

5G ソリューションの汎用化・共用形態の検討は、利用者だけでなく、ソリューション提供者においてもより幅広く利用者へ展開が可能となることにつながるため市場全体の活性化につながることを期待される。（図 1.1-2 参照）

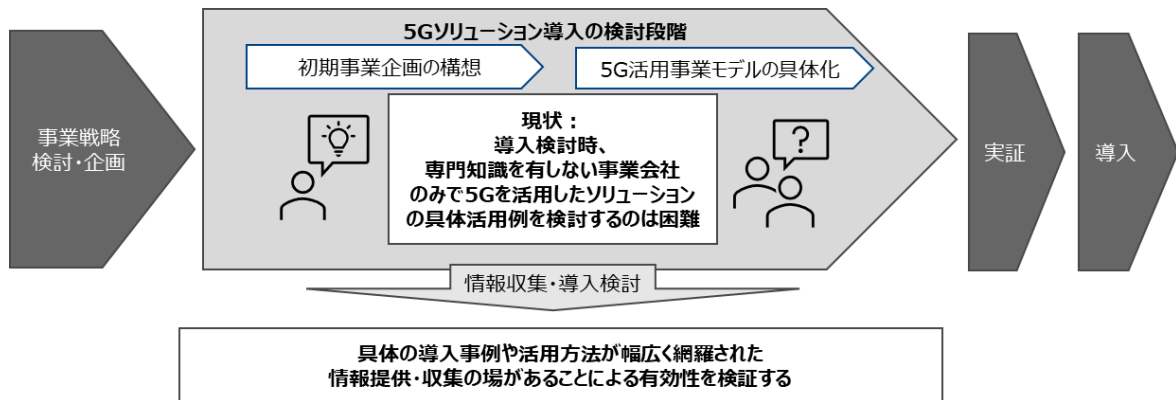


図 1.1-1 5G を活用したソリューションに関する情報提供・共有の場の在り方や有効性の検討

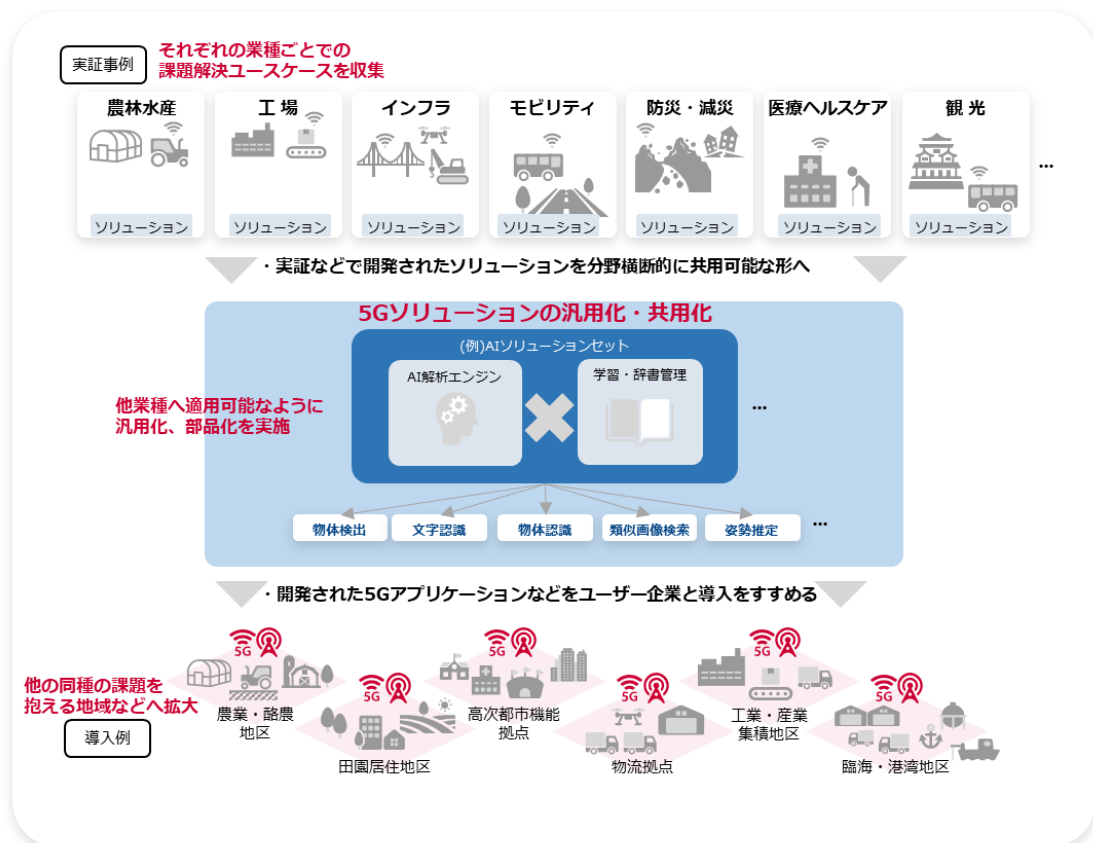


図 1.1-2 5G ソリューションの汎用化・共用化による展開方策イメージ

5G ソリューション¹の汎用化・共用方法に関する検証により多くの利用者へ有益に活用できる横展開の方法を明確化するという今年度事業の目的を設定するに先立ち、過年度の 5G ソリューションの開発や展開に向けた検討経緯について整理を行う。

令和元年 12 月に総務省により「地域ニーズや個別ニーズに応じて様々な主体が利用可能な第 5 世代移動通信システム」、すなわちローカル 5G の制度整備が行われた。また、「ローカル 5G」等を活用した地域課題解決を実現するための事業として令和 2 年度「地域課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」（以下、令和 2 年度 L5G 実証という。）が推進され、5G ならびにローカル 5G の特性を生かしたアプリケーション、ソリューションの開発ならびにユースケースの実装に向けた取り組みが民間事業者を含めて本格的にスタートした。（図 1.1-3 参照）

¹ 本事業の仕様書上「5G ソリューション」は「DX を支えるローカル 5G を含めた 5G を基盤とした産業用ソリューション」と定義されている。本報告書では、その定義に則しつつ、5G の特性を活かしたソリューションは AI を活用したものが多くを占め、横展開のニーズが高いとの想定の下、共用形態の有効性を検討する対象としての「5G ソリューション」をより具体化し、「5G ネットワークを使い、AI 等を活用したアプリケーションにより諸課題を解決しようとする」ものとして使用し、アプリケーション面、ネットワーク面を含めたものとしている。

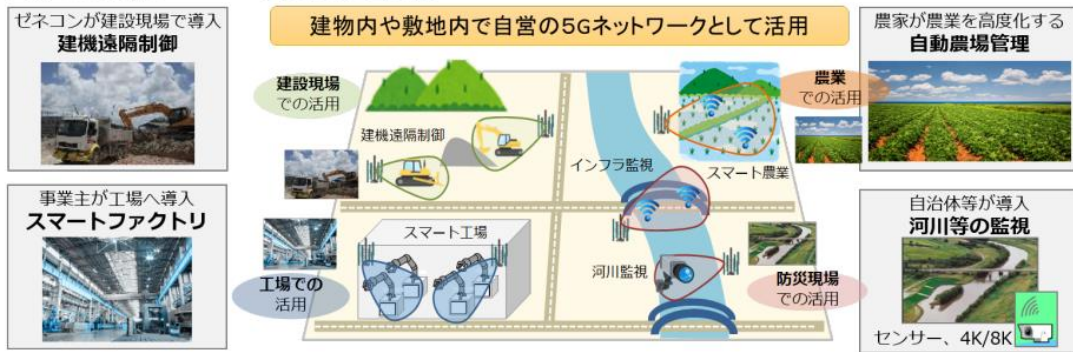
令和2年度 地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

【令和2年度当初予算： 37.4億円】

【事業概要】

- ✓ ローカル5G等について、5Gの「超高速」、「超低遅延」、「多数同時接続」といった特長と、都市部、ルール、屋内等の試験環境の異なる地域や、複数の周波数を組み合わせ、様々な利活用シーンで地域のニーズを踏まえた開発実証を実施。

＜具体的な利用シーンで開発実証を実施＞



＜今後のスケジュール＞



図 1.1-3 令和2年度「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」概要

前述の令和2年度L5G実証事業に採択された請負者においては、ローカル5Gの特性を最大活用とすることに重きを置いて検討が行われている傾向があり、多くがSI型²として実証が行われている。SI型は、5Gの特性活用の観点では利点がありつつも、利用するための初期コストや展開時に係る手間が課題となっていた。

令和3年度「5Gソリューション提供センター(5GSC)」の構築等に係る調査検討の請負(以下、「令和3年度5GSC実証」)において、ソリューション横展開の課題解決の方法として、性能を確保しつつも、効率的に展開可能な方法を模索し、DL型³を考案、実現性や効果等の確認について行った。これにより、性能を担保しつつもアプリケーションについては展開容易性があることを確認できたが、ネットワークインフラ、サーバインフラ等実行するインフラ基盤環境のインテグレーションは引き続き必要であり、コスト面や、事業会社におけるITノウハウ、対応可能な人員等の点が課題として挙げられた。(図1.1-4～図1.1-5)参照)

² 性能最大化を目的とし、スクラッチや個別カスタマイズ、オンプレミスでのソリューション提供形態

³ 開発アプリケーションをパッケージング(コンテナ化)し、頒布可能な状態として提供を行う形態

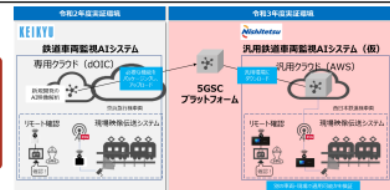
6-3. ダウンロード型利用環境における実証

- R2年度ローカル5G実証成果である「鉄道車両監視AIシステム」を5GSCのプラットフォームに格納し、実証協力企業（西鉄）の環境でダウンロード型での実証を実施。「実装可能性」「水平展開可能性」「実用性」の観点で有効性を確認できた。
- 導入側のシステム導入難易度や費用対効果面の課題があり、SaaS型での検証およびダウンロード型との比較検討が求められる。

	実証目標	実証結果
①実装可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンテナアプリケーションを活用した実証システムが利用者環境に構築できるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダウンロード型で提供されるコンテナアプリケーションを活用してシステムが構築できることを確認した。 ・ ただし、利用者のシステム導入難易度が高く課題あり。
②水平展開可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異なるシステム環境に実証システムを展開可能であるか。 ・ コンテナアプリケーションを活用することで工数の削減が実現できるか。 ・ システム構成要素のコスト低減が可能であるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該システムが異なる利用者環境でも動作可能であることを確認した。 ・ システム設計・開発フェーズでの工数削減効果も確認した。 ・ システム構成要素のコスト低減可能であった。 ・ ただし、システム運用時には性能補正の対処等は必要である。
③実用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証システムを活用して実際の業務に適用できるのか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該システムは業務効率化/安全性向上へ繋がる期待が高い。 ・ 課題は費用対効果面。定量的な効果測定の必要あり。

今後の課題

次年度以降、継続して鉄道協議会の協力も得ながら、更なる利用者負担の低減を目指し、より共用部分の多いSaaS型提供の実証を行うことで、最適な提供形態の検討を深めることが必要となる。



45

図 1. 1-4 令和3年度 5GSC 実証事業における DL 型の効果振り返り

6-5. 今後の検討

- 5Gソリューションの展開を一元的に担うプラットフォームの将来的な構築可能性はあるが、5Gソリューションの普及展開のためには、プラットフォームを構築する際もコアとなる共用形態の検証を、DL型のみならずSaaS型でも行う必要がある。
- また、他業種・他分野への拡大可能性や、将来的に活用が期待できる技術検討など、将来展開を視野に入れた検討も必要。

検討項目	検討ポイント	検討内容
(1) SaaS型サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄道車両監視AIシステムの共用化の検討 ・ END to ENDでのシステムパフォーマンスを考慮した最適ネットワーク構成、サーバー環境の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 横展開可能な共用形態の検討 ・ オンプレ型、DL型、SaaS型提供方式でのシステム性能や利用者の導入容易性の比較のため、鉄道車両監視AIシステムをSaaS型に実装して実証 ・ SaaS型提供方式におけるアプリケーションの汎用化について、鉄道キズ検知AIシステムを基に複数の鉄道事業者とシステム要求の検討 ・ 学習データ作成や検出精度調整の利用者による登録機能の検討 ■ 最適な構成の検討 ・ ネットワーク構成(インターネット/閉域利用)、サーバーリソースの違いによるレスポンス差異の確認 ・ システム全体として最適な構成の検討。SaaS型にてアプリケーション共用を行うための、提供者側・利用者側が構築すべき最低限の要件定義の整理及びユースケースに応じたシステム構成の提言
(2) カタログ共用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報提供/発信の場としてのカタログサイトの在り方の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 令和3年度・4年度の検証をふまえ、カタログサイトの位置付けや掲載情報等の整理の実施
(3) 将来展開に向けた検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ 他業種・他分野への拡大可能性の検討 ・ 5G SA、MECの活用による更なる低遅延ソリューションの検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 他業種・他分野への拡大可能性の検討 ・ 他業種・他分野へのAIシステム汎用化のためのAIエンジン機能の共用部分、固有部分の明確化 ■ 5Gの特徴である低遅延性をさらに活用するため、5G SAやMECの活用による課題解決の可能性の検討

47

図 1. 1-5 令和3年度 5GSC 実証事業で残課題とされた事項

そこで、本事業においては、横展開や共用をより容易にするための構成として、SaaS 型を考案する。SaaS 型⁴として、過去にパッケージング（コンテナアプリケーション化）した 5G ソリューションを SaaS 環境で動作可能とし、その影響や実現性等について確認を行う。以上の取り組みについて、提供形態の観点で下図 1.1-6 に要約する。

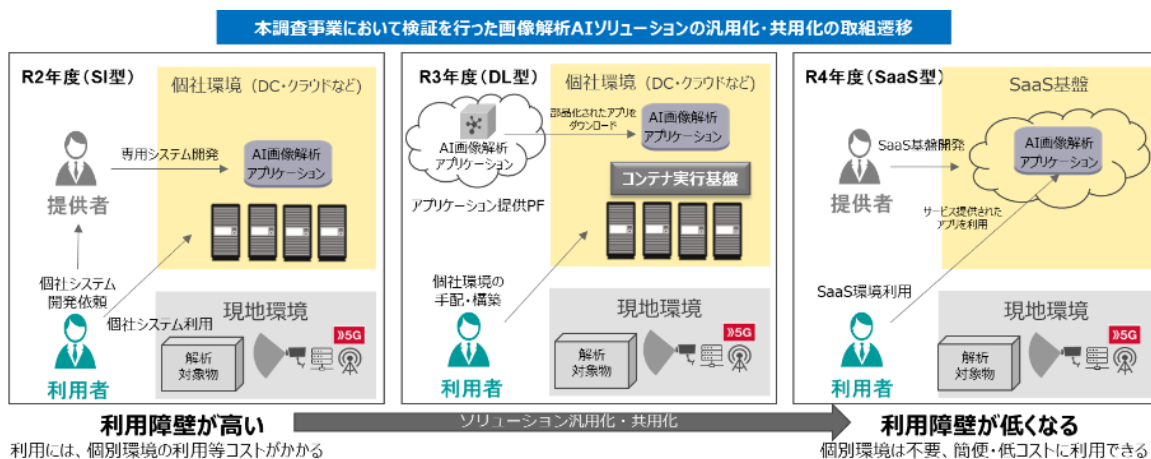


図 1.1-6 ソリューション汎用化・共用形態に向けた取組遷移

また、5G ソリューションの SaaS 型による共用化を進めるうえで、併せて検討すべきポイントとして、以下 2 点が挙げられる。

- (1) 利用者環境からクラウド環境への NW 接続形態
- (2) ソリューション汎用化・共用化を行ったユースケースの分野横断的な展開方策

- (1) 利用者環境からクラウド環境への NW 接続形態

一般に 5G ソリューションで選択されるソリューションは 5G の特性（大容量、低遅延、多数同時接続）を活用されることを前提に構成されているため、従来よりもデータ通信量が多いことや、より低遅延でのデータ処理を求められる点、またデータを送信する端末数の多さなどのソリューション特徴をあわせもつ。クラウド環境上でこのような特徴をもつ 5G ソリューションを実行する場合には NW 接続形態の選択についてもソリューションの性能要求を達成していくために検討が必要である。

従来、一般的によく利用されるクラウド環境の NW 接続形態としてインターネットを介した公衆網経由での接続形態があるが、これらのほかに、今後、本格的な導入が期待される 5GSA や MEC 技術を活用した接続形態についても机上検証を行うことで、5G ソリューションの普及展開を推進する上で、これら技術の活用がどのような有用性をもたらすのか確認する。

- (2) ソリューション汎用化・共用化を行ったユースケースの分野横断的な展開方策

5G ソリューションの汎用化・共用化の実現前提として、特定分野における課題解決効果が確認

⁴ アプリケーションだけでなく、実行環境も含めてサービス提供可能とする形態

されたユースケースが必要である。これらのユースケースの創出については令和 2 年度からのローカル 5G 実証事業やその他 5G ソリューション開発事業者などにおいて実証実験が行われ、鋭意、各事業分野におけるソリューション事例開発が行われ、社会実装に向けた取り組みが進められている。

一方で、これらのユースケースについては先進的な取り組みである側面が強いことや導入を進めるための初期開発コストの負担が大きいことで、条件が適う事業者のみでの広がりにとどまっており、他方、地域に根差す中小企業や地方自治体等の各産業分野の振興を担うステークホルダーでのソリューション導入は進んでいないという事業者間での導入に関する課題が生じている。

本実証においては、5G ソリューションの普及展開方策の波及範囲として、これまで 5G ソリューションの利用が、その導入障壁の高さにより敬遠されていた利用者層にも広げていくことで、5G ソリューションの社会普及につながっていくと考える。

そのためには、より広範にソリューション提供を行い、より簡便・安価に利用を広めていくため、従来開発を行ったユースケースの部品化、汎用化を行うことにより、汎用的な課題解決を行うコア機能を開発し、分野横断的にコア機能とそれらを効率的に横展開するための共同利用の共通機能を準備し、他分野においても同様の課題を抱える利用者に利用をしてもらい共同利用の形態をとることが、ソリューションの普及展開につながると考えられる。(図 1.1-7)

本実証においては、共用形態に関するソリューション面のほか、共同利用を進めていくために必要となる提供・利用形態、運用面、提供に必要となる技術面での検討を行い、実現性の具体化に向けた確認を行う。

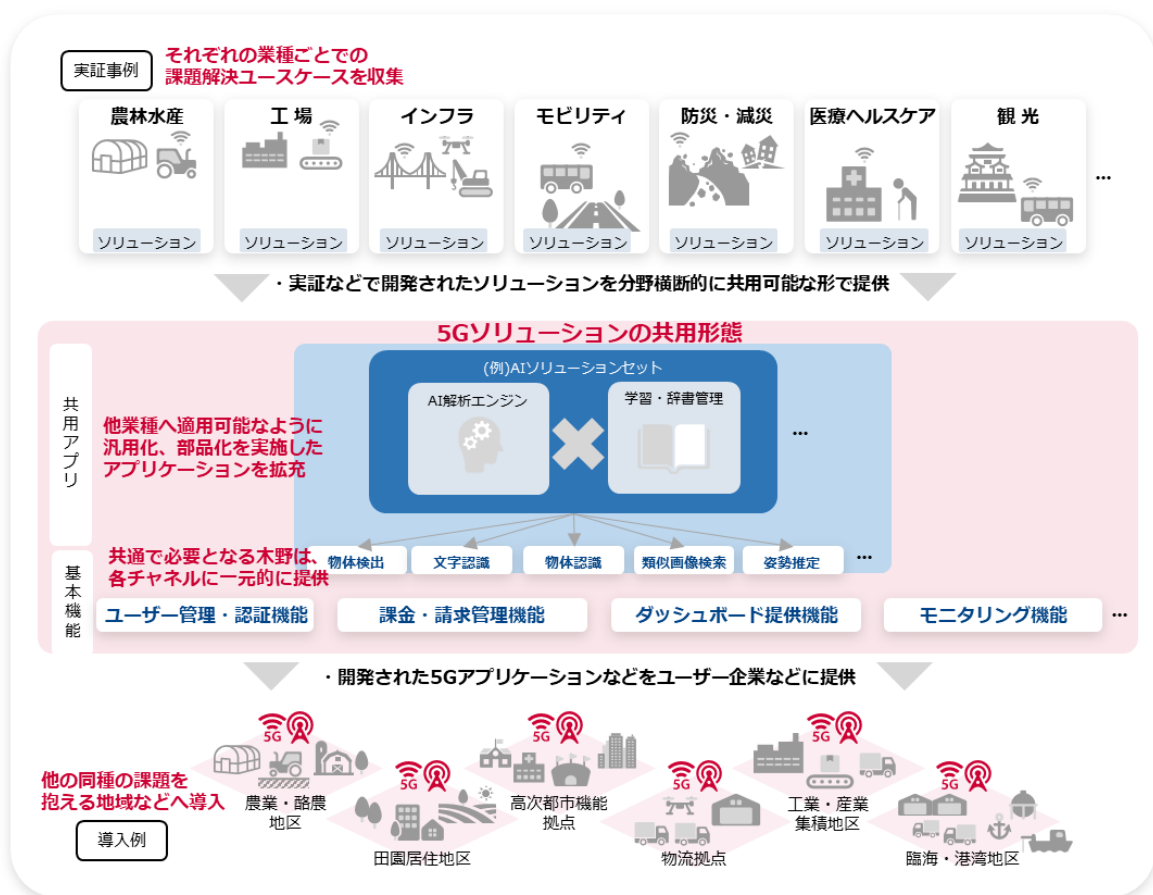


図 1.1-7 5G ソリューションの共用形態による分野横断的な展開方策イメージ

汎用化された 5G ソリューションを全国の利用者に一元的に提供するためにはプラットフォームを用いた効率的なサービス提供方式への転換なども今後、構想検討が必要になると想定されるが、今年度実証においては、ソリューション共用形態に重点をおき、その課題解決について検討を行い、ソリューションの汎用化、共用方法により多くの利用者へ有益に活用できる横展開の方法を明確化することを目標とした。

1.2 実施概要

本事業では、5G ソリューションの普及・展開を目指し、5G ソリューションに係る情報提供・共有の場の構築、現実のユースケース・ソリューションを選定の上で、複数事業者の実環境に展開・導入することで、5G ソリューションの共用形態やその課題等について検証する。

具体的には、5G ソリューションに係る情報提供・共有の場として、カタログサイトの在り方を検討した上で、総務省「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」の実証ユースケースの情報を掲載するカタログサイトを構築し、その有効性を検証する。

また、5G ソリューションの共用形態に関する調査検証として、鉄道分野をユースケースとした

SaaS 型 5G ソリューション実証システムを構築し、DL 型との比較において SaaS 型の導入効果を検証すると共に、5GSA や MEC 技術の将来活用を見据え、複数のネットワーク接続方式を用いて検討を実施する。

共用形態に係る検証結果を踏まえて、分野横断的な活用を考えた時の 5G システム全体としての評価及び SaaS 型ソリューション提供の最低限のシステム要件定義、ユースケースに応じた利用条件を取りまとめる。

また、鉄道分野における 5G ソリューション普及の検討のために令和 2 年度 L5G 実証及び令和 3 年度 5GSC 実証において設置した鉄道協議会を、本事業でも引き続き設置し、鉄道分野における SaaS 型 5G ソリューションの横展開可能性を検討する。(表 1.2-1 参照)

表 1.2-1 本事業における実施内容の概要

項目		実環境構築・検証	調査・考察
5Gソリューションの情報提供・情報共有に係る検証 (本報告書第2章)		<ul style="list-style-type: none"> ・カタログサイト構築・機能評価 ・令和4年度L5G実証事例情報掲載 ・カタログサイトの有効性検証 	5Gソリューションの展開に向けた情報提供・情報共有を行う場としてのカタログサイトの在り方の検討及びアンケートやWeb解析によるカタログサイトの有効性の検証 <ul style="list-style-type: none"> ・情報提供・共有を行うために必要となる要件、機能 ・利用者にとって有益となるコンテンツ内容の整理 ・サイト閲覧時の情報の到達性
5Gソリューションの共用形態に係る検証 (本報告書第3章)	5Gソリューションに係る検証 (3.3節)	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道分野の5GソリューションのSaaS型での構築 ・DL型との比較におけるSaaS型の導入効果検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・令和3年度5GSC実証におけるDL型鉄道車両監視システムのSaaS型導入可能性検証 ・DL型鉄道車両監視AIシステムとSaaS型鉄道車両監視AIシステムの比較
	共用形態に係る検証 (3.4節～3.6節)	5Gソリューションの共用形態提供に必要な機能の検証	<ul style="list-style-type: none"> ・共用形態の5Gソリューション提供に必要な機能の汎用化レベル1～3の定義及びレベルごとの検証の実施、結果のとりまとめ ・将来的な5G技術(SA/MEC)を活用した共用形態の有効性の検討 ・分野を問わず5Gソリューションを横展開するうえで必要なソリューション面での検討とソリューションを共同利用する際に必要な作業(分界点や運用、提供する基本機能など)の検討
	5Gシステム全体としての評価 (3.7節)	-	分野横断的な5Gシステム全体の総括的評価
5Gソリューションの横展開「鉄道業界に向けた取り組み」(本報告書第4章)		-	5Gソリューションの導入の先行業界である鉄道業界の鉄道協議会における横展開の可能性の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・SaaS型鉄道車両監視AIシステム及びその発展形システムの横展開可能性検討 ・鉄道業界共通の課題の共有及びその解決に向けた5Gソリューションの共同開発/共同利用の可能性の検討

それらの成果を踏まえ、地域や中小企業等の各産業分野の振興に資する効果的な 5G ソリューション等の普及展開方策を取りまとめた。(図 1.2-1 参照)

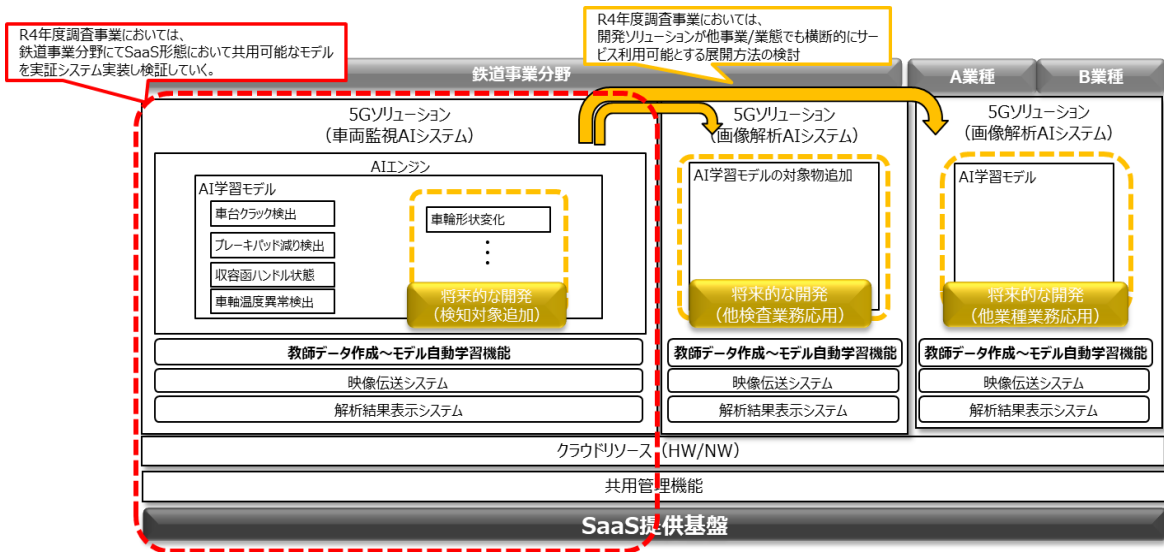


図 1.2-1 5G ソリューション展開案と本事業における実施範囲

2. 5G ソリューションの情報提供・情報共有に係る検証

<情報提供・共有の場の必要性>

様々な事業課題を抱えた企業が課題の解決策を検索していく中で、自社の課題解決に繋がるソリューションに出会う。5G はこれらのソリューションを効率的に活用・促進する一つの手段である。

5G を活用したソリューションが普及・展開していくには、これら自社に課題を抱えた企業に向け、効率的なソリューションの活用を促すような情報が企業の手が届く場にあるべきである。ただし、5G ソリューションの導入を検討し始めた段階の事業実施主体においては、5G に関する技術や AI/IoT などの先進的な ICT 技術に関する知見、DX による業務変革を行うための事業計画の具体化の術を有しておらず、外部の有識者や先駆者の情報・事例をもとに検討を進めていくケースが多い。(図 2-1) このため、事業実施主体単独で 5G 活用事業モデルの具体化を進めていき、後続の導入プロセスを進めていくことは困難である。

5G ソリューションの普及・展開を進めるうえでは、上記のような初期情報収集の段階にて利用者が専門的な技術・知見を有していないことも考慮し、5G ソリューションの有用性を理解しやすい情報提供・共有の場が求められる。

しかし、5G ソリューションの情報提供・共有の場の整備状況は、5G ソリューションの情報提供・発信が限定的な一部の範囲に限られて行われているのが実態である。

また、現状発信されているユースケースに関しては、各コンソーシアムによる共同開発によりコンソーシアムごとで解決されるべき特定の課題解決内容に限定され、かつ当該コンソーシアム内での活用を主として想定した 5G ソリューションのみとなっていた。

5G ソリューションの普及を広範に広げていくためには、多くの事業実施主体による活用事例の創出が重要であり、生み出された 5G ソリューションと共通のユースケースの存在する新たな事業分野や業種において、利用価値の転化や新たな価値の創出が行われることが継続的なユースケース創出や普及のためには必要である。(図 2-2 参照)

そのため、複数の事業者間で広く情報提供・共有が行われる場を創出することが喫緊の課題である。

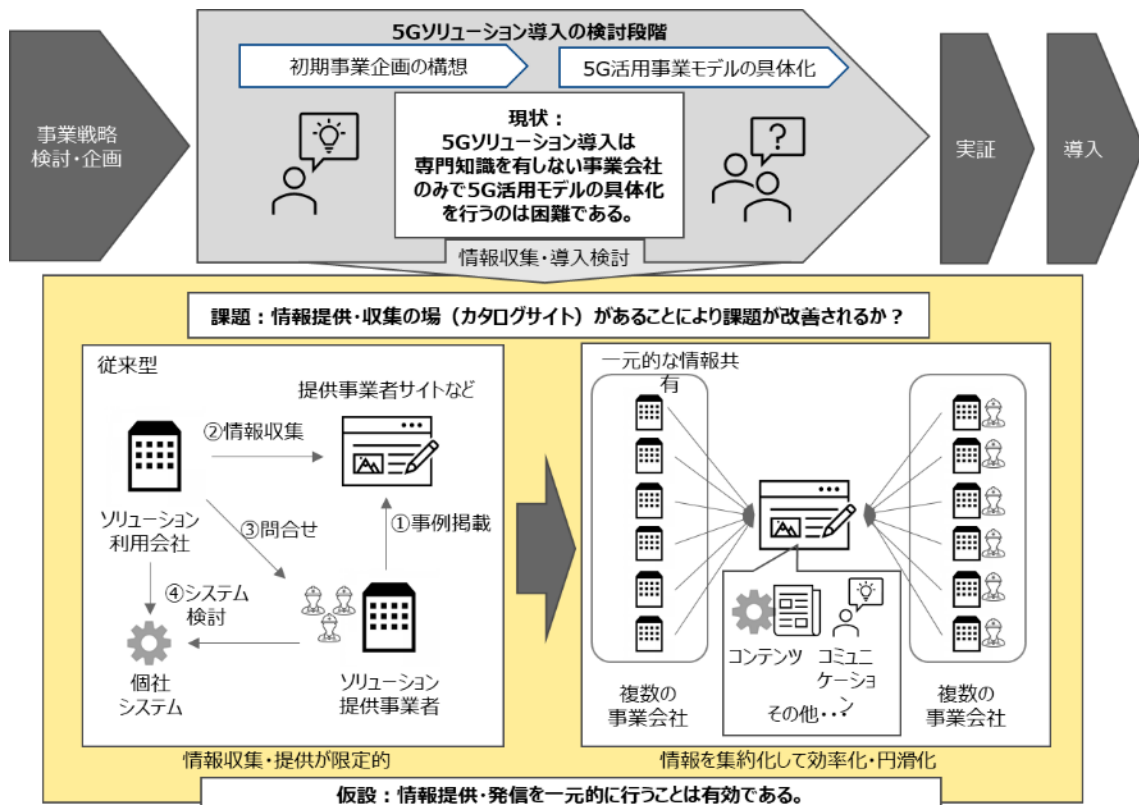


図 2-1 5G ソリューションの情報提供の改善イメージ

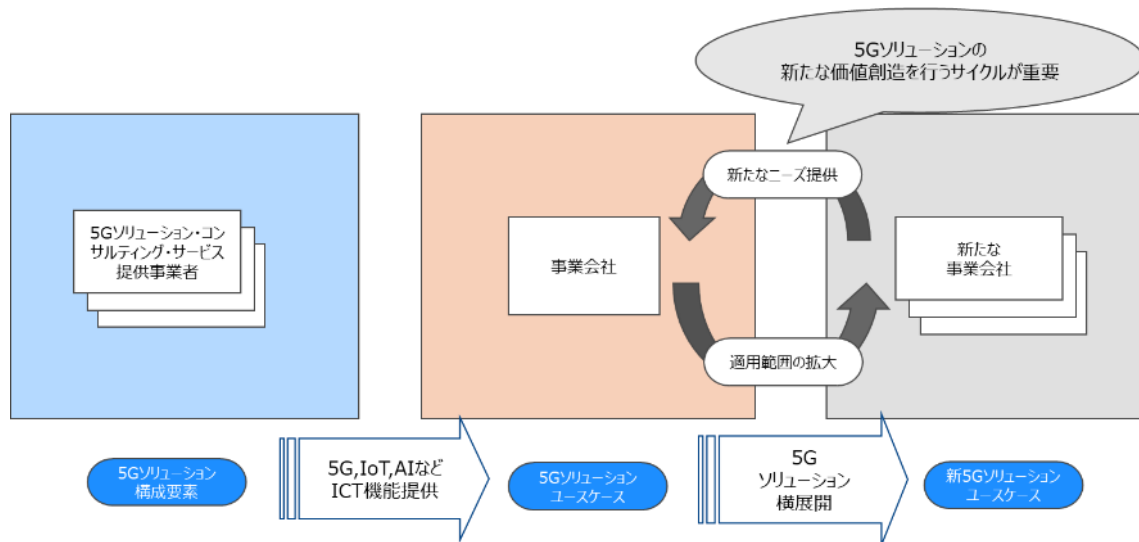


図 2-2 5G ソリューションの他分野への転化イメージ

<本検証における検証目的>

前述の通り、本実証では複数の事業者間で広く情報提供・共有が行われる場として、5G ソリューションに関する情報を集約し一元的に閲覧可能なカタログサイトの構築を行った。自社の課題解決に資するソリューションの検索者に専門的な技術・知見がないことを前提とすると、自身の抱

えている事業課題に対してソリューションに求めるニーズに気づかずに情報収集の段階で導入を頓挫させてしまう可能性がある。そのため、サイト上に掲載されているソリューションが自社の課題に紐づくものかをサイト来訪者が理解しやすく表示・表現し、潜在的なニーズに対しても応える必要がある。さらにサイト内での検索を進めるうえで、自社の抱える課題に即したソリューションにたどり着くためには、業種、技術、用途といった自身と関連する情報と紐づけた検索を進められるような工夫も必要である。

これらの要件をもとに、本実証ではサイト来訪者が自社の抱える事業課題と紐づくソリューションに気づき、自身と関連する情報と紐づけたサイト内検索を進められるといった、得られる情報の探しやすさ（「情報到達性」）を担保するサイトの在り方を把握することを検証目的とした。（図 2-3 参照）

また、情報提供・情報共有の場が整備されたうえで、次にソリューションの提供者がサイトへの掲載に意欲的であることも、5G ソリューションの継続的な普及には必要である。そのため、ソリューションを保有する提供者がサイトへのプロモーション効果へ一定の期待を持ち、継続的な掲載を行えるような作業負担の少ない情報提供、その際の提供できる情報等についても確認した。

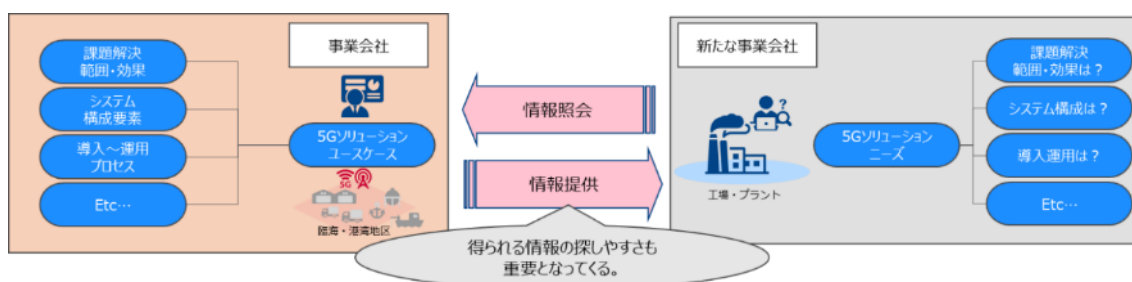


図 2-3 5G ソリューションの情報提供イメージ

<サイト閲覧後の 5G ソリューション導入プロセス構想>

5G ソリューションに関する情報提供・共有の場であるカタログサイトを経由し、広範囲、かつ一元的に情報を得た利用者に対しては、ソリューションの詳細検討を経て、実証・導入プロセスへの移行が期待される。情報提供・共有の発展形態として、将来的には情報提供以降の段階の提供プロセスをシームレスに提供できるような 5G ソリューション共用プラットフォームとの連携も視野に入れて検討していくことが望ましい。

カタログサイトは単なる情報提供の場としてのみでなく、5G ソリューションの共用の初期段階で利用者とのオムニチャネル形成にも有用となることが予測される。具体的には、5G ソリューションの導入段階において、利用者環境へのアプリケーション提供を連動して行えるアプリケーション共用プラットフォーム機能、SaaS 提供アプリケーションの拡充などの機能具備が考えられる。（図 2-4 参照） そのため、具体的に要望される機能等についても確認した。

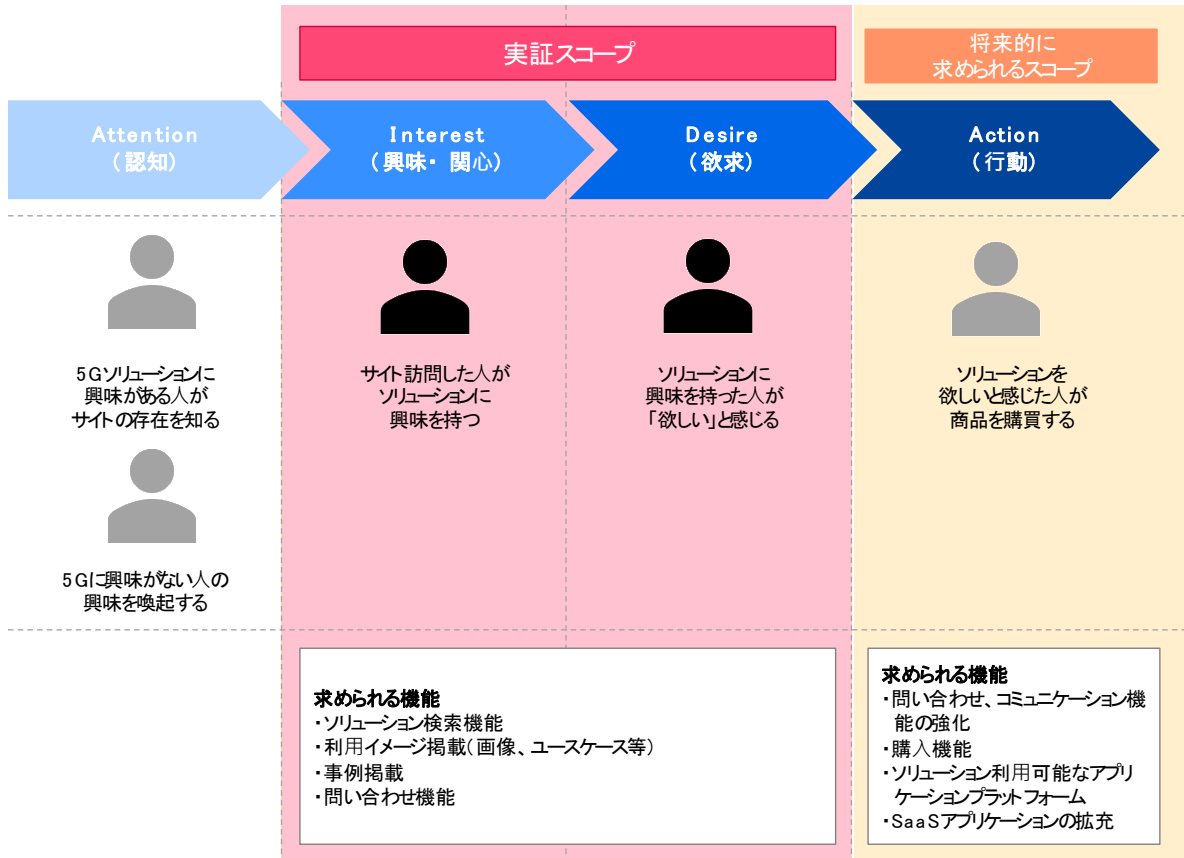


図 2-4 5G ソリューション導入プロセスでの実証範囲

2.1 カタログサイトの要件・設計

カタログサイトの有効性の検証を進めるために検証用「カタログサイト」の設計・構築を行った。

構築するカタログサイトは、コンセプトとする「情報への到達性」を考慮したサイト設計とした。「情報への到達性」とは、各業種・事業の5Gソリューション利用予定者が要望する5Gソリューションに関連する情報への明確な動線を提供することを指す。

構築したカタログサイトに5Gソリューションの特徴やユースケース等の情報コンテンツを掲載し、サイトに対する効果測定を行った。後述するカタログサイトの有効性検証の評価において、効果測定の結果も踏まえ、サイトに必要となる内容や課題を洗い出し、5Gソリューションの展開に向けたカタログサイトの有効性、将来的に必要となる情報発信等の形態、求められる情報・機能について考察した。(図 2.1-1 参照)

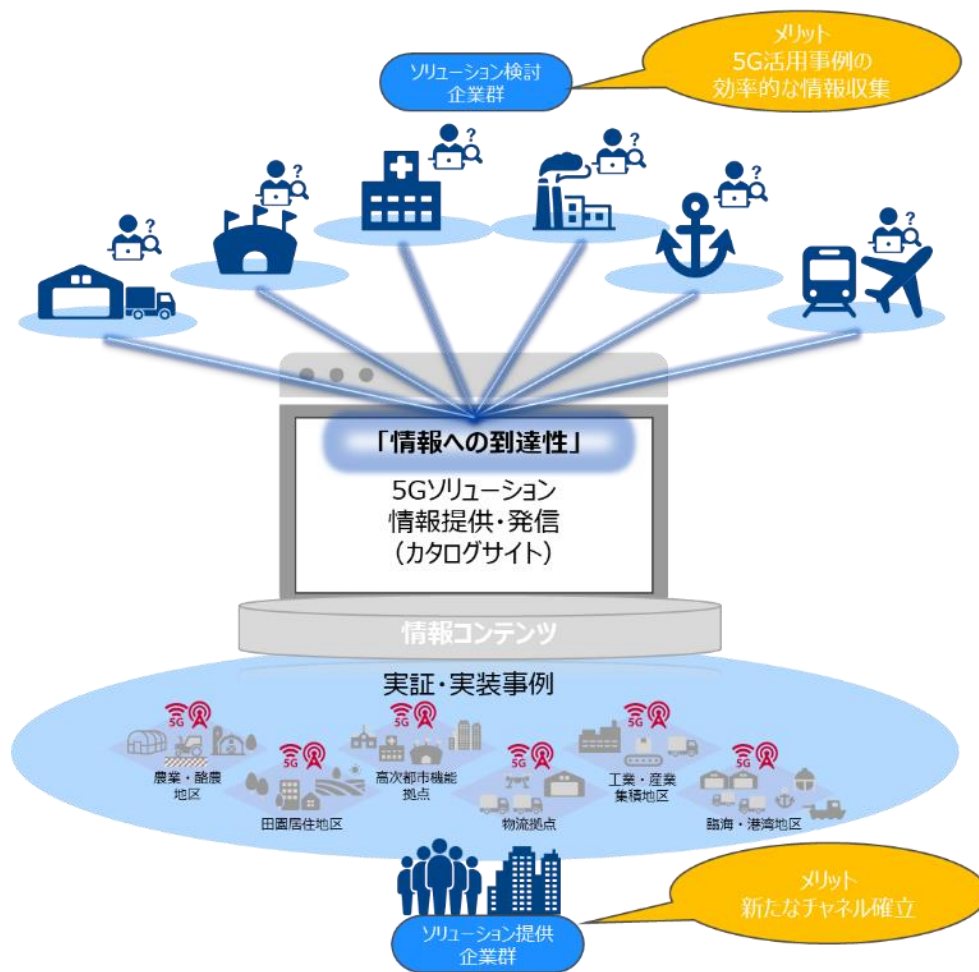


図 2.1-1 カタログサイトコンセプト

2.1.1 前提条件

カタログサイト公開に伴う前提条件として、以下の要件を満たすこととした。

(1) 情報掲載対象

令和4年度「課題解決型ローカル5G等の実現に向けたローカル5Gの電波伝搬特性やローカル5G等の活用に関する技術的検討及び調査検討の請負」（以下「令和4年度L5G実証」という。）において実証される5Gソリューションの特徴やユースケース等の情報を掲載できるように令和4年度L5G実証コンソーシアムとの連携を行い、掲載可能な内容、タイミングについて協議しながら掲載準備を進める。

(2) 公開範囲

インターネットを活用して広範にサイト閲覧可能となるよう構築する。

2.1.2 サイト設計

実証用カタログサイトの設計概要について記載する。

<カタログサイト検証における要件>

■ 掲載対象

前述の令和4年度L5G実証の参画団体を中心にソリューション提供を依頼した。実証段階のソリューションの掲載を行うため、掲載内容については提供可能な情報かつ、ソリューション提供者の掲載意欲を損なわないよう入力の手間がかかりすぎるものを避けた情報とした。

具体的には、ソリューションの特徴や概要、情報到達性を高めるためのカテゴリ検索を可能とする検索タグの設定、イメージ画像、問合せ窓口など一般公開可能な内容とした。

掲載情報の提供は、情報提供可否と提供方式を令和4年度L5G実証の請負者及び実証コンソーシアムと協議の上で進めることとした。

■ 掲載期間

2023年1月27日～2023年3月31日まで

■ 掲載項目

掲載ソリューションの特徴・概要

検索タグの設定

利用シーンやソリューション概要を示すイメージ画像

問い合わせ窓口

※問い合わせ窓口については、実証サイトのため実在の問い合わせ先ではなく、フォームに投稿された問い合わせをサイト運営事務局がソリューション提供者へ取り継ぐ運営とした。

■ 公開範囲

インターネット上で一般公開することとした。

■ 設計項目

以下の各項目に関する設計を行った。

- ・サイトマップ作成
- ・画面設計
- ・コンテンツ設計
- ・画面デザイン
- ・システム機能

<カタログサイト構築に向けた要件整理>

■ 構造、デザイン要件

サイト利用者の行動として、サイトの認知からソリューションの購入に至るまでのフローのイメージを図2.1.2-1に示す。本実証ではサイトに来訪した人が探している情報にたどり着けるかという「情報到達性」の高いサイト構成を把握することを目的としているため、サイトの認知を

促すフェーズおよびソリューションを実際に購入（導入）するかというフェーズについては分析の対象外とする。

よって、本サイトではサイトに来訪した人が直感的に情報を探し始めることができる構造、デザインを意識した作りとした。具体的には、ランディングページでカテゴリごとに検索を開始できるように業種名、技術名での動線を設ける、余分な情報を極力除いたシンプルなデザインと色合いを設定するといった設計を行なった。

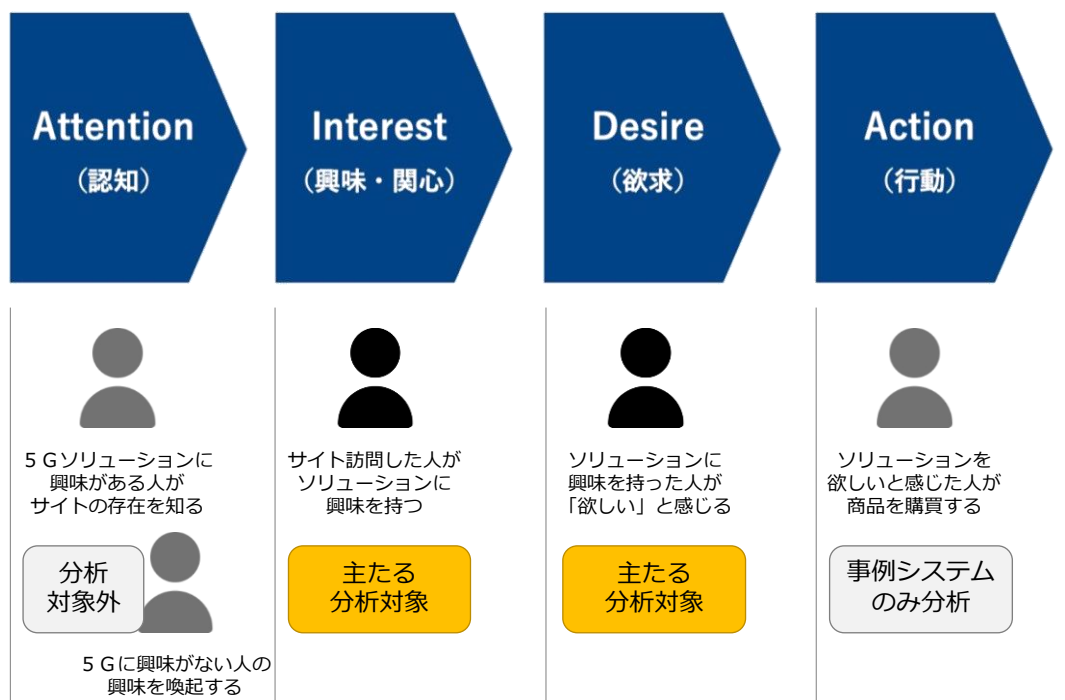


図 2.1.2-1 本事業におけるカタログサイト構成イメージ

■ サーバ要件

カタログサイトのコンテンツサイズやHTTPSによる暗号化により変動はあるが400PV/分程度のアクセス数を上限としたサーバを手配することとした。(表 2.1.2-1 参照)

表 2.1.2-1 サーバスペック要件

OS	CentOS 7
CPU	8コア
メモリー	64GB
ディスク容量	500GB

■ セキュリティ要件

カタログサイトのセキュリティ対策として、以下を実施することとした。

- ・サイトのインターネット公開時の境界防御対策として、FWなどの機能を利用したアクセス制御を実施し、特定コンテンツへのアクセス制限を行う。
- ・サイトへの不正アクセス時の改ざん検知、及び監査ログの取得・管理を行う。
- ・実証期間中、サイトへの不正アクセスが認められた場合には、FWなどの機能を利用したサイト閉塞対応を実施し、2次被害の拡大を抑える。

■ 実装環境

カタログサイトは、サーバ運用が軽微である点、外部公開時のセキュリティ対策機能が充足されている点から実証期間中に効率的にサイト運用が可能である、NTT コミュニケーションズのマネージド仮想専用サーバ(VPS)サービスである「Biz メール&ウェブ プレミアム」を利用することとした。(図 2.1.2-2 参照)

上述のセキュリティ要件を満たす機能として利用した「アクセス制御機能」のイメージを図 2.1.2-3、改ざん検知、ログ取得・管理機能として利用した「Web 改ざん検知機能」のイメージを図 2.1.2-3 に示す。

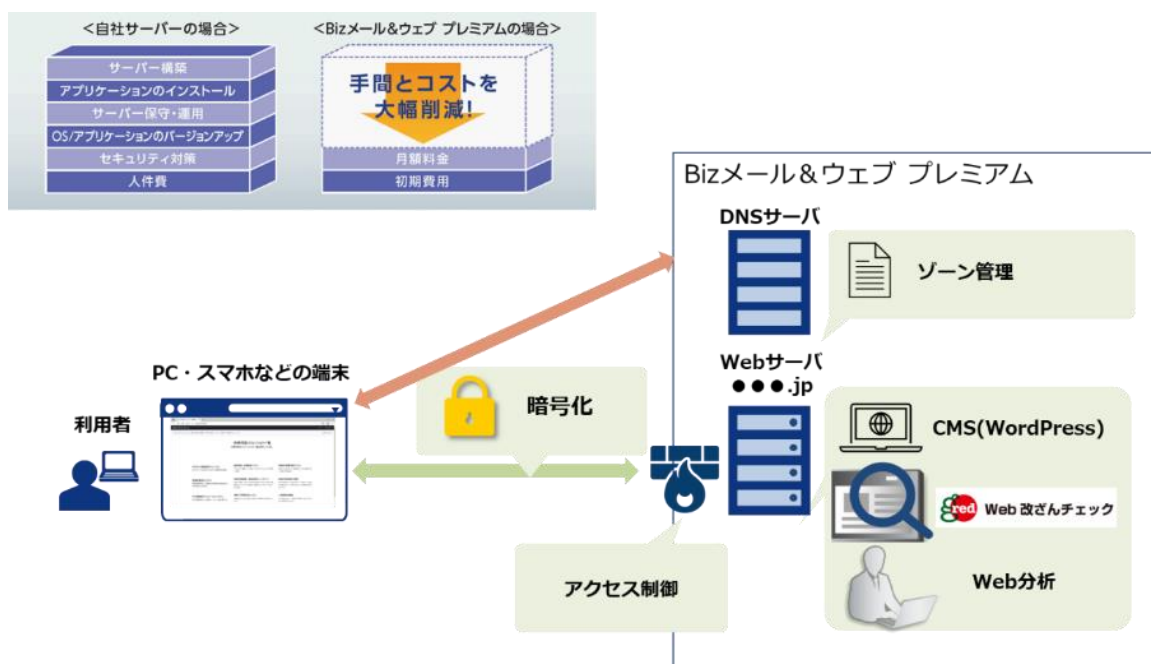


図 2.1.2-2 本事業におけるカタログサイト構成イメージ

ソフトウェアファイアウォール (iptables)	パケットフィルタリングで不要なアクセスを遮断可能
アクセス制御	IPアドレスによる制限が可能

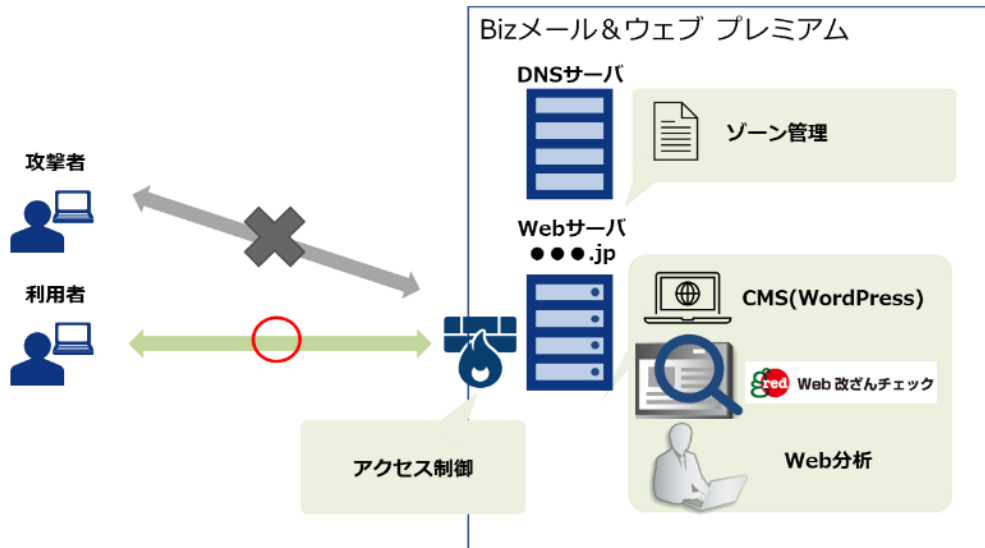
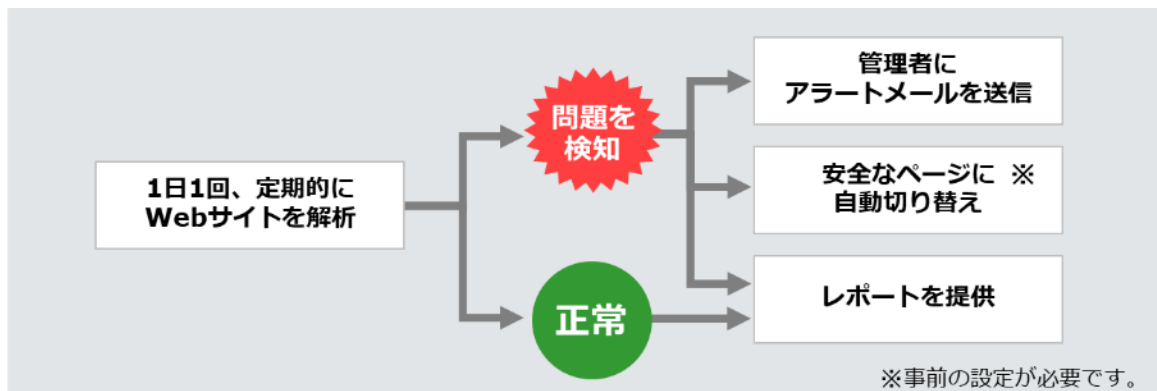


図 2. 1. 2-3 アクセス制御機能



巧妙なWeb改ざんも検知

ガンブラーなどによる改ざんも検知！

画面上ではわかりづらい、悪質なコードや不正な誘導リンクも検知！

1日1回 自動解析・診断

Webサイトの改ざん有無を1日1回の解析で診断、安全性の確保が可能！

信頼のgredを採用

高い実績を誇るセキュアブレイン社のWeb改ざんチェックを採用！

図 2. 1. 2-4 Web改ざん検知機能

<カタログサイトのコンテンツ設計>

■ カatalogサイトの画面遷移図、画面デザイン、機能

前述の実証用カタログサイトの要件を踏まえ、カタログサイトの情報設計として、サイトマッ

作成、画面設計、コンテンツリスト、画面デザイン、システム機能設計を行った。(図 2.2-1～図 2.2-2 参照)

本実証カタログサイトのコンセプトである「情報への到達性」を考慮したサイト設計となるよう、サイトの視認性に関してのデザインや機能設計を行った。(図 2.1.2-5 参照)

情報への到達性を高める工夫として、本サイトでは「業種」「技術」「詳細検索」の3つの検索機能を具備した。

通常ソリューションの検索を始める際には、自社と共通の業種や関連した業種を優先的に閲覧すると考えられる。また、5G を活用したソリューションの場合、最新技術として AI や IoT、ドローンといったワードから検索を進めるケースも多くなると想定した。

サイト来訪者がランディングページから即座に検索を開始できるよう、ホーム画面に「業種で探す」、「技術で探す」、「詳細検索」を表示する構成とした。(図 2.1.2-6:ランディングページ)。

多くのサイト来訪者が上記のようなカテゴリ別に検索、閲覧を進めることを想定しているため、業種、技術以外にもいくつか検索タグを設け、各ソリューションのサムネイルにはタイトルやイメージ画像をはじめとし、検索タグを表示することで、サイト利用者が自社に関連のある項目をより簡易に判断できるよう配慮した。

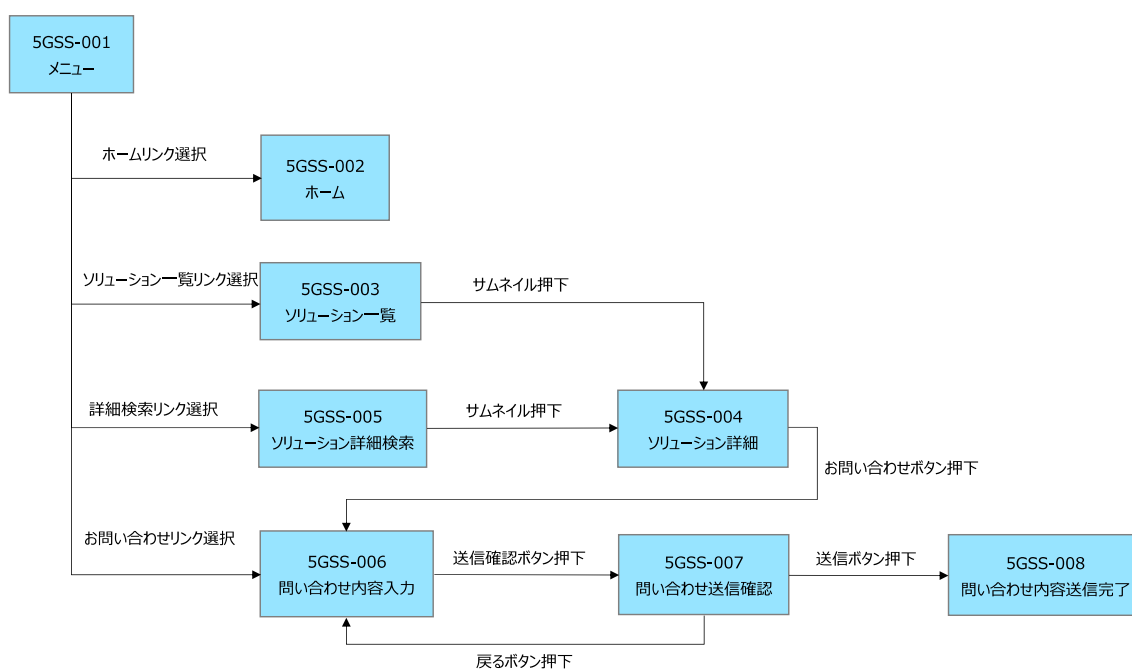


図 2.1.2-5 画面遷移図



図 2.1.2-6 ランディングページ

表 2.1.2-1 機能一覧

No.	機能名	機能概要	画面ID	画面名
1	メニュー	直感的なUIによるカタログサイトのページ構成を把握する。	5GSS-001	メニュー
2	ホーム	5Gソリューション情報の概要を示し、サイト利用者の目的に応じた画面遷移を誘導する。 また提供されるコンテンツ情報を掲載し、ソリューションの展開を行う。	5GSS-002	ホーム
3	ソリューション紹介	サイト内に掲載されているコンテンツ情報の概要が業種別あるいは技術別に表示される。 業種、技術ごとのカテゴリ別にソリューションの概要を表示し、一目でわかりやすい表示を行う。	5GSS-003	ソリューション一覧
		提供されたコンテンツ情報の詳細を、外部公開する。 ソリューションの情報を具体的に紹介する為に、複数の画像や詳細説明を用いて説明する。 提供会社の概要も一部表示する。	5GSS-004	ソリューション詳細
		利用者の目的に沿った業種別のカテゴリ、技術別のカテゴリで絞り込みを行い、検索したいソリューションが検索可能とする。またフリーワード検索により自由入力の検索を可能とし、検索ヒット率を向上する。 検索結果は同一ページの下部に示し、検索結果からより詳細な情報を示す画面へ誘導する。	5GSS-005	ソリューション詳細検索
4	問い合わせ	利用者とのコミュニケーションツールの一つとしてソリューション閲覧時にリアルタイムにサイト運営者にソリューション内容の詳細な問い合わせとしてコミュニケーションを取る。	5GSS-006	問い合わせ内容入力
			5GSS-007	問い合わせ送信確認
			5GSS-008	問い合わせ内容送信完了
5	検証協力企業一覧	5GSCカタログサイト運営検証の協力企業を、法人・個人問わずに紹介する。	5GSS-009	検証協力企業等一覧

新着ソリューション

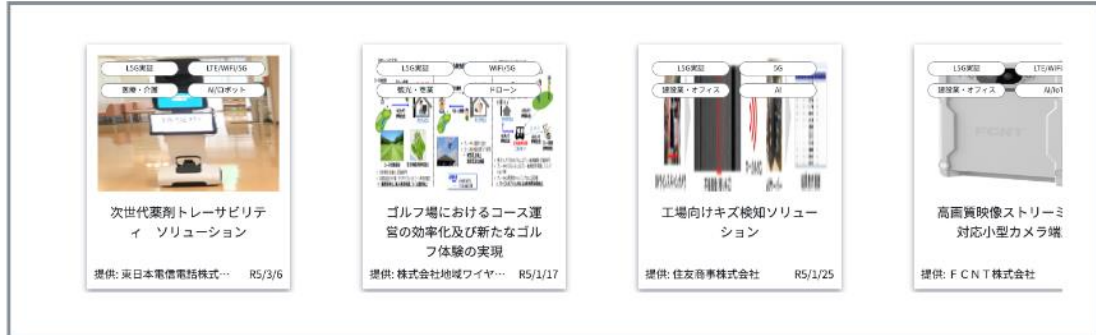


図 2. 1. 2-7 ランディングページにおける新着ソリューション欄

交通・モビリティ



図 2. 1. 2-8 ソリューション一覧ページ

■ 業種、技術区分の設定

ホーム画面の「業種で探す」、「技術で探す」ボタンをクリックすると、同ページの 6 区分の業種、技術名ボタンが並ぶ位置まで移動する仕様とし、来訪者がページ遷移をせずに自社に関係のある業種、技術を選択できる形とした。(図 2. 1. 2-9, 2. 1. 2-10 参照)



図 2.1.2-9 業種での検索ページ



図 2.1.2-10 技術での検索ページ

■ 「詳細検索」における検索タグの設定

ホーム画面の「詳細検索」ボタンをクリックすると、事前に各ソリューションに設定された検索タグ（図 2.1.2-11 参照、各タグについては後述）が表示された詳細検索ページへ遷移し、利用者が各タグをチェックボックスで選択すると該当のソリューションが検索結果として表示される形とした（図 2.1.2-12：「業種：建設業・オフィス」、「技術：AI」での検索結果画面参照）。同ページではフリーワードでの検索も可能となっており、利用シーンやサイト利用者がピンポイントで求めるワードでソリューションを検索できるよう配慮した。

検索条件			
業種	<input type="checkbox"/> 観光・商業	<input type="checkbox"/> 建設業・オフィス	<input type="checkbox"/> 交通・モビリティ
	<input type="checkbox"/> 農林水産・酪農/畜産	<input type="checkbox"/> 防災・セキュリティ	<input type="checkbox"/> 医療・介護
技術	<input type="checkbox"/> AI	<input type="checkbox"/> IoT	<input type="checkbox"/> ロボット
	<input type="checkbox"/> 自動運転	<input type="checkbox"/> ドローン	<input type="checkbox"/> 建設機械
掲載区分	<input type="checkbox"/> ソリューション	<input type="checkbox"/> L5G実証	
無線種別	<input type="checkbox"/> 5G	<input type="checkbox"/> LTE	<input type="checkbox"/> WiFi
フリーワード	<input type="text" value="ローカル5G 監視カメラ映像伝送"/>		
<input type="button" value="検索"/>			

図 2. 1. 2-11 詳細検索ページ

検索結果：6件		
 <p>工場向けキズ検知ソリューション</p> <p>提供: 住友商事株式会社 R5/1/25</p>	 <p>ドローンを用いたインフラ点検および災害現場検証ソリューション</p> <p>提供: シヤープ株式会社 R5/1/16</p>	 <p>高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末</p> <p>提供: F C N T 株式会社 R5/1/13</p>
 <p>火力発電所のスマート保安の実現</p> <p>提供: 九州電力株式会社 R5/1/13</p>	 <p>工場向けAIによる精製物の自動粒度判定システム</p> <p>提供: 株式会社ハートネット R5/1/13</p>	 <p>高精度映像測位ソリューション</p> <p>提供: 富士通株式会社 R5/1/13</p>

図 2. 1. 2-12 : 「業種：建設業・オフィス」、「技術：AI」での検索結果画面

■ 各ソリューションの詳細ページにおける掲載項目

ソリューションのサムネイルをクリックすると、各ソリューションの詳細ページに遷移する(図 2.1.2-13 参照)。ソリューションの「概要」、「詳細」は利用シーンや課題解決方法を明示しつつも、画面スクロールが多くなり利用者が閲覧を止めてしまわない文量、表示を意識した構成とした。

④以降の項目はサイト利用者の情報への到達性を高める工夫として、自社に関連する項目を一目で判断できる、かつ詳細検索画面での検索ができる【検索タグ】として設定・掲載した。

①タイトル

ソリューションの利用シーンが伝わるタイトルを 30 字以内で記載する形とした。

②概要

サイトの利用者が閲覧し、自社に関係があると感じてもらうための説明文として、以下の内容を含めて、150 字以内で記載する形とした。

- ・ターゲットとしている業界・業種
- ・解決できる課題
- ・利用されている技術(手段)

③詳細

掲載企業がなぜこのソリューションを提供しているのか、ソリューションの強みや新規性などを伝え、閲覧したサイト利用者が興味を持ち、最終的には問い合わせに至ってもらうための説明文。以下の内容を含めて、300 字以内で記載する形とした。

【必須項目】

- ・課題とその解決方法
- ・導入効果・機能
- ・既存のソリューションとの違い、強み

【任意項目】

- ・導入事例

【検索タグ】

④業種(6区分)

掲載ソリューションの業種区分を「観光・商業」、「建設業・オフィス」、「交通・モビリティ」、「農林水産・酪農/畜産」、「防災・セキュリティ」、「医療・介護」より単一で設定する形とした。業種として設定した 6 区分は、令和 3 年度「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」実証事業成果概要を参考に設定した。

⑤技術(6区分)

掲載ソリューションに用いられている技術を「AI」、「IoT」、「ロボット」、「自動運転」、「ドローン」、「建設機械」より複数設定可能な形とした。技術として設定した 6 区分は、幅広い領域の事

例を創出している「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」ならびにその他 5G 実証の事例⁵を分類分けすることで設定した。

⑥掲載区分（2 区分）

今回のカタログサイトでは、ローカル 5G 実証参加団体にソリューション掲載にご協力いただいたため、掲載ソリューションの実装状況として、「実装済のソリューション」、「ローカル 5G 実証での実証段階」のいずれかを設定する形とした。

⑦無線種別（3 区分）

掲載ソリューションを提供するうえで利用されている無線種別について、「5G」、「LTE」、「Wi-Fi」より複数設定可能な形とした。

⑧提供会社

ソリューションの提供元を掲載した。サイト利用者によっては提供会社名がソリューション閲覧の一要因となることも考えられる。

⑨掲載日

今回の掲載期間は実証期間中の短期ではあるものの、掲載日を表示し新規ソリューションについてはホーム画面の「新着ソリューション」欄に表示される形とした。

⑩関連 URL

ソリューション提供者の掲載意欲を高め、サイト利用者がより深く検索を進める目的で、掲載ソリューションに関する専用ページ、プレスリリース、その他メディアでの発信等の URL を掲載した。

⑪その他

その他、ソリューション提供者からの補足情報等がある場合の掲載欄を設けた。

⑫問い合わせボタン

各ソリューションへの問い合わせボタン（後述）

⁵ 総務省 GO!5G | 第 5 世代移動体通信システムの普及と利活用(2018 年)

① 鉄道車両監視AIシステム

② **概要** 高精度カメラで撮影した鉄道車両の台車部分の画像を、クラウド上でリアルタイムにAI画像解析し、異常を検出し遠隔監視拠点に通知することで、早期の異常発見、および現場駆け付け等の対応の迅速化に貢献します。

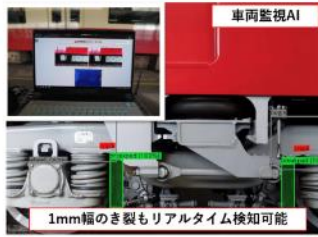
③ **詳細** システムを原などに設置することにより、定期的な点検の合間にも車体監視を行うことができ、微細な台車き裂の検出により、点検の合間に運行が進行するリスクを軽減する等の導入効果が見込めます。台車き裂のほかにも、ブレーキパッド（物輸子）の厚み、機器取付ボルトの隙間のほか、サーマルカメラ映像解析による車輪の温度異常を検出することができ、走行中に発生する異常の早期発見につなげ、安全性の向上に貢献します。

④ **業種** 交通・モビリティ


⑤ **技術** AI/IoT

⑥ **区分** ソリューション

⑦ **種別** WiFi/5G



1mm幅のき裂もリアルタイム検知可能



⑧ **提供会社** NTTコミュニケーションズ

⑨ **掲載日** R4 / 12 / 15

⑩ **関連URL** https://www.ntt.com/content/dam/nttcom/hq/jp/business/lp/5g/pdf/topics_201120_01.pdf

⑪ **その他** 当ソリューションに限らず、鉄道協議会を通じて、共同開発スキームを検討しています。

⑫ お問い合わせ

図 2. 1. 2-13 ソリューションの詳細ページ

■お問い合わせフォーム

お問い合わせフォームは2つの動線から表示可能とした。(図 2. 1. 2-14 参照)

1つがメニューバーに表示された「問い合わせ」ボタン、もう1つが前述した各ソリューション詳細ページの下部に表示された「問い合わせ」ボタンである。

どちらもサイト運営事務局宛に問い合わせ内容を送信する形式であり、各ソリューションへの問い合わせがあった際には、サイト運営者からソリューション提供者への問い合わせの引き継ぎを行う運営体制とした。

お問い合わせフォームでは、サイト利用者に係る検証を行う目的で、サイト訪問の目的と自社の課題に対する取り組み状況をカテゴリ選択していただく形とした。それぞれ以下で補足する。

①訪問目的選択

基本的に本カタログサイトの利用者は自社にDX課題を感じている企業を想定しているため、その仮説を検証する目的で問い合わせ時に選択する形とした。

- ・ 自社導入のため
- ・ 顧客提案のため

②カテゴリ選択

次節 2.2 で後述するサイト利用者へのアンケート調査において、利用者が自社で抱える課題に対する取り組み状況を把握する目的で、利用者が問い合わせ時に以下を選択する形とした。検証内容については、次節で詳述する。

- ・ 決済のための見積もりが欲しい
- ・ 比較検討のための詳細な検討材料が欲しい
- ・ 自社(または顧客)の課題解決につながるか否か確認したい
- ・ 他社がどのような取り組みを行なっているか把握したい

問い合わせ内容

会社名*	<input type="text" value="株式会社5Gソリューションズ"/>
お名前*	<input type="text" value="吉夢 太郎"/>
メールアドレス*	<input type="text" value="email@email.com"/>
① 訪問目的選択*	<input type="text" value="- ご訪問の目的を選択してください -"/>
② カテゴリ選択*	<input type="text" value="- お問い合わせのカテゴリを選択してください -"/>
内容*	<input type="text" value="お問い合わせ内容をご記入ください。"/>

図 2.1.2-14 問い合わせフォーム

2.2 検証内容

本実証では、当サイトが将来的に実運用された場合を見据え、5G ソリューション提供者がソリューション掲載に意欲的であり、掲載にかかる負担が許容できるものかというソリューション提供者側の観点と、サイトへ来訪した方が求めている情報は何か、探している情報にたどり着けるかというサイト利用者側の観点での検証を行った。

サイト利用者側の検証については、アンケートでの定性的な分析に加え、補填的に Web アクセ

ス解析ツールを用いた定量的な分析も実施した。それぞれの実施フローについては、図 2.2-1 に示す。

- (A) 5G ソリューション情報提供ベンダーへの掲載意欲及び掲載負担に関するアンケート
(以下、5G ソリューション提供者アンケート)
- (B) カタログサイト利用者へのアンケート (以下、利用者アンケート)
- (C) カタログサイト利用者のアクセス解析 (以下、利用者アクセス解析)

(A) 5G ソリューション提供者アンケートでは、掲載情報を提供いただいたベンダーが掲載したい情報を掲載できたか、掲載にかかる負担は許容できるものだったか、掲載負担に対するサイトのプロモーション効果への期待度は見合うものだったか、今後の掲載に向けた意向等をアンケート調査により把握した。以下、2.2.1 で詳述する。

(B) 利用者アンケートでは、カタログサイトに来訪した方が求める情報は何か、その情報にたどり着けたか、どの情報を見て自社に関連があると判断し各ソリューションを閲覧したか、今後も当サイトを活用した情報収集を行いたいかな等をアンケート調査により把握した。

(C) 利用者アクセス解析では、Google Analytics4(以下 GA4 と略す)を用いて、ページ遷移を追うことで閲覧したページや、サイト上で表示している業種/技術といった探し方をどれだけの利用者が活用したかといった分析を行った。以下、2.2.2 で詳述する。

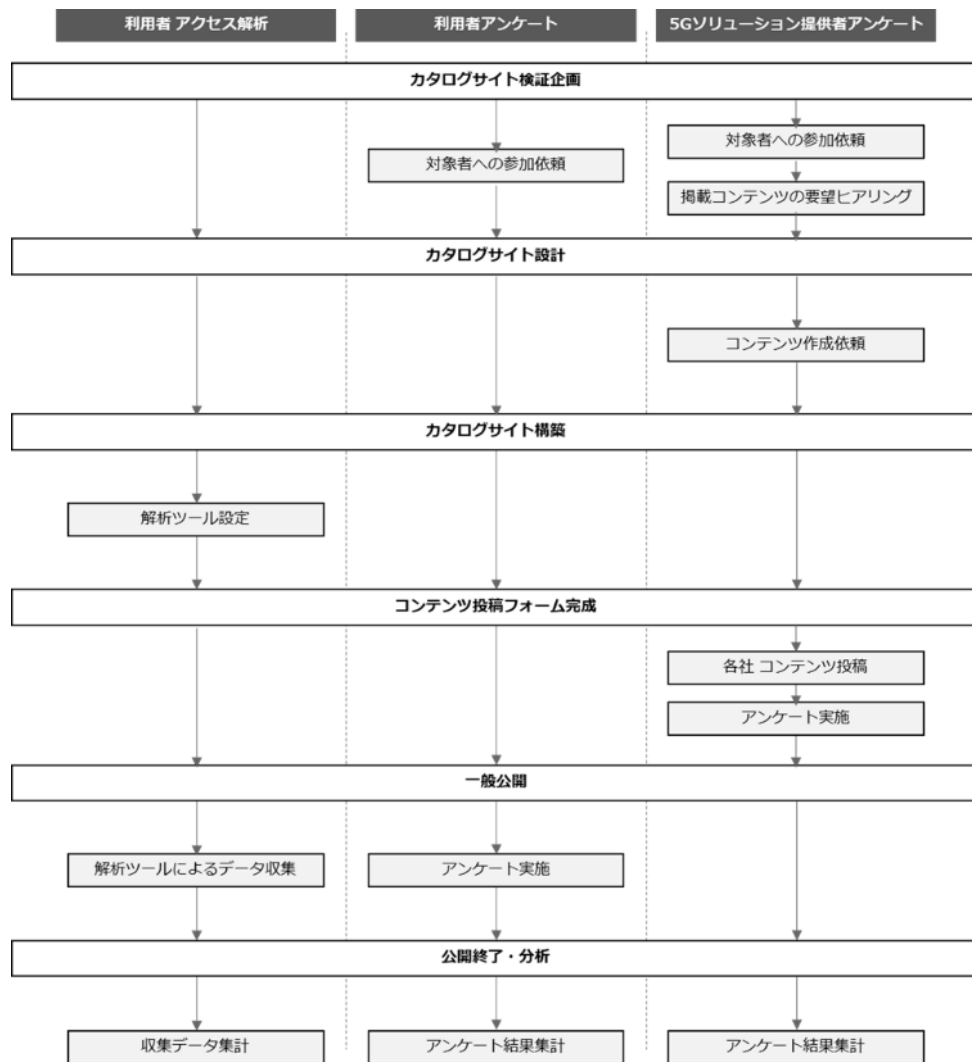


図 2. 2-1 カタログサイトの有効性検証実施フロー

2.2.1 (A) 5G ソリューション提供者アンケートによる検証

(1) 情報掲載企業の選定

1) 情報掲載企業の選定方法

最新の 5G ソリューションを掲載するカタログサイトとすべく、令和 4 年度 L5G 実証の参画団体を中心とした事業者より、ソリューションの情報を収集した。

同実証の代表機関向けに Web 会議にて本実証のコンセプトのご説明、ソリューション提供の協力依頼を実施した。各団体より提供情報の入力フォームへソリューション情報の記入依頼を行い、ソリューション情報の掲載はカタログサイト実証運営事務局側で対応する運営方法をとった。各団体から入力フォームのご記入後、サイトのプロモーション効果への期待度合いや、入力にかかった負担等についてアンケートを実施した。アンケートの内容については、2.2.1 (3) にて詳述す

る。

2) 掲載企業

提供されたソリューションは令和4年度 L5G 実証で構築したソリューションに閉じず、過年度で構築されたソリューションや実装が済んでいるソリューションについても掲載を行った。(表 2.2.1-1 参照)

表 2.2.1-1 掲載企業とソリューション

提供会社	ソリューション名
シャープ株式会社	最適経路によるロボットトラクターの遠隔制御システム
東日本電信電話株式会社	収穫適期判定、遠隔指導、自動収穫及び遠隔ショッピングシステム
NTTデータ経営研究所	ゆず生産スマート化システム
西日本電信電話株式会社	AI画像解析や見回りロボットによる高品質和牛の肥育効率化
株式会社ZTV	ブリ養殖における自動給餌システム
株式会社秋田ケーブルテレビ	洋上風力発電ブレード点検効率化ソリューション
富士通株式会社	設備点検作業の自動化・省人化
富士通株式会社	高精度映像測位ソリューション
株式会社ハートネットワーク	工場向けAIによる精製物の自動粒度判定システム
九州電力株式会社	火力発電所のスマート保安の実現
東日本電信電話株式会社	空港制限区域内ターミナル連絡バスの複数台遠隔型自動運転
西日本電信電話株式会社	港湾向けトレーラー待機場の混雑状況等可視化ソリューション
株式会社地域ワイヤレスジャパン	ゴルフ場におけるコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現
株式会社地域ワイヤレスジャパン	河川監視システム
株式会社地域ワイヤレスジャパン	IP映像配信によるテレビ受信障害の応急復旧システム
KDDIエンジニアリング株式会社	屋内スポーツにおける魅力的な映像コンテンツを提供するソリューション
シャープ株式会社	ドローンを用いたインフラ点検および災害現場検証ソリューション
株式会社NTTデータ関西	高精細4K映像リアルタイム伝送による防災業務ソリューション
東日本電信電話株式会社	遠隔高度医療支援サービス

東日本電信電話株式会社	次世代薬剤トレーサビリティ ソリューション
トランスコスモス株式会社	病院特化型映像共有ソリューション
NTTコミュニケーションズ株式会社	救急搬送中患者の遠隔データ連携システム（仮称）
株式会社アルム	救急病院間における遠隔画像伝送ソリューション
国際航業株式会社・日本電気株式会社・西尾レントオール株式会社・電気興業株式会社	災害時のリアルタイム状況把握と迅速な応急復旧ソリューション
首都高速道路株式会社	電波環境の維持管理効率化ソリューション
住友商事株式会社	工場向けキズ検知ソリューション
住友商事株式会社	鉄道車両ドア閉扉判断の高度化ソリューション
住友商事株式会社	車両前方カメラによる鉄道沿線の異常検知ソリューション
アイテック阪急阪神株式会社	AI搭載・ネットワーク対応型車内防犯カメラ
F CNT株式会社	高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末
シャープ株式会社	ローカル5G対応防水・防塵・小型USB Dongle 端末

(2) 情報提供のご依頼とアンケートの実施期間

2022年12月21日～2023年1月6日

(3) 検証内容

1) 検証項目

①5G ソリューション提供者はカタログサイトへのコンテンツ投稿に意欲的であるか、②カタログサイトへのコンテンツ投稿の稼働負担が大きく、5G ソリューション提供者の継続的な情報アップデートの意欲を損なうことがないか、という2つの観点から検証を行った。前述の通り、情報入力後にアンケートを実施することで将来当サイトが実運用される際に、ソリューションを提供するだけのポテンシャルを感じていただけるか、入力稼働など運用上の課題がないかといった観点でサイトの有効性を確認した。（表 2.2.1-2 参照）

表 2.2.1-2 5G ソリューション提供者向け検証項目

検証により明らかにする問い	質問の前提となる仮説	検証項目
①5Gソリューション提供者はカタログサイトへのコンテンツ投稿に対して意欲的であるか	カタログサイトを通じた5Gソリューションのプロモーション活動に対して一定のニーズが存在する	カタログサイトへのコンテンツ投稿に意欲的か
		どのような企業を自社のターゲットと捉えているか
		掲載したい情報は何か
②カタログサイトへのコンテンツ投稿の稼働負担が大きく、5Gソリューション提供者の継続的な情報アップデートの意欲を損なうことがないか	5Gソリューション提供者に投稿を求めるコンテンツが、既存の提案資料やプロモーションコンテンツに近い内容であれば、コンテンツ投稿に協力してもらえる	既存の提案資料やプロモーションコンテンツを活用して投稿することができたか カタログサイトへの情報掲載によるプロモーション効果への期待に対して、今回のコンテンツ投稿にかけた稼働は見合うものであったか。

2) アンケートにおける質問項目

各検証項目を満たす設問表として以下のアンケートを実施した。

Q2 ではソリューション提供者が、サイトへの来訪を想定している方の業種を把握する目的で設定した。Q3～5、8、9 では将来的な実運用を見越し、当サイトへのプロモーション期待度合い、掲載情報の提供にかかる作業量を鑑みたくえでソリューション提供者が掲載を続けるかを把握する目的で設定した。Q6、7 では今回設定した掲載情報の入力フォームの内容に関して、ソリューション提供者が掲載したい情報を充足していたかを把握する目的で設定した。足りない項目があればソリューション提供者の掲載意欲に資する可能性がある要素のため、今後の検討に加える必要があると言える。Q10、11 ではソリューション提供者目線で今後のサイトに実装することで便利になる機能、また掲載ソリューションが購入可能なサイトとなった場合の決済に関しての設問を設けた。(表 2.2.1-3 参照)

表 2.2.1-3 ソリューション提供者向けアンケートにおける質問内容

#	ご質問項目	対応する検証項目
Q1	ご所属の企業様名	-
Q2	今回カタログサイトに掲載した情報は、どのような業種の方に閲覧して欲しいか	自社のターゲット
Q3	当カタログサイトのコンセプトをお聞きして、サイトに多くの利用者が来訪し、貴社のプロモーションに繋がることをどの程度期待しているか	稼働とプロモーション効果の期待度合いが見合うか
Q4	今回の入力作業とプロモーション効果の期待度合いを鑑みて、今後も当サイトへの情報掲載をしたいと思うか	稼働とプロモーション効果の期待度合いが見合うか
Q5	(今後継続掲載を見送りたい場合)掲載を見送りたいと判断した理由	稼働とプロモーション効果の期待度合いが見合うか
Q6	今回の入力フォームの項目では、掲載したい情報をすべて掲載することができたか	掲載したい情報
Q7	今回の入力フォームの項目に加えて、掲載しなかった情報	掲載したい情報
Q8	掲載情報の入力にかかった作業時間への所感	稼働とプロモーション効果の期待度合いが見合うか
Q9	掲載文と画像について、既存のプロモーションコンテンツを利用して入力できたか	既存のコンテンツを活用して投稿できたか
Q10	将来当サイトにどのような機能が実装されるとより便利だと思うか	今後のサイトに求められる機能
Q11	(将来的にはサイト利用者が当サイト上でソリューションを購入できるサイトを構想しているため) サイト来訪者がソリューションを当サイト上で購入できるようになった際の決済方法について	今後のサイトに求められる機能

2.2.2 (B) 利用者アンケートおよび (C) 利用者アクセス解析による検証

(1) サイト公開の告知

1) サイト公開の告知先

カタログサイトへの情報提供を行った令和4年度 L5G 実証の参画団体に、公開したカタログサイトの利用および利用者アンケートへの回答依頼を行った。併せて、実証関連団体以外の一般のサイト来訪者を誘致するためにメールマガジンでサイト公開の告知、利用者アンケートへの回答依頼を行った。

2) サイト公開の告知方法

令和4年度 L5G 実証参加団体については、掲載ソリューションの掲載状況確認依頼と併せて、各代表機関へサイトの利用依頼と利用者アンケートの回答依頼を行った。

また、短期間で一般のサイト来訪者を誘致する手段として、幅広い属性の閲覧者（特に、ビジネスユーザ）から認知を得るために、BtoB のメールマガジンを利用した。

メールマガジンのサービスとしては、NTT コミュニケーションズのサービスとして運用している ICT Business Online、OPEN HUB という2つの媒体を用いた。双方ともに全国のビジネスパーソンの約40万人がメールマガジンに登録している。特に ICT Business Online は中小企業に勤めるビジネスパーソンを、OPEN HUB は大企業に勤務するビジネスパーソンを、それぞれターゲットとしており、ターゲットの分散を図るよう工夫した。また、メールマガジンは文面を自由に設計できるため、文面から利用者アンケートフォームへの動線を短縮する（閲覧～回答への歩留まりを高くする）ことができた。

表 2.2.2-1 利用したメールマガジンとその会員の属性

媒体名	会員数※	会員属性
ICT Business Online	約40万人	主に中小企業に勤めるビジネスパーソン
OPEN HUB	約40万人	主に大企業に勤めるビジネスパーソン

※メルマガ購読会員数

(2) サイト公開の告知期間および分析対象期間

令和4年度 L5G 実証参加団体には2023年1月27日にサイト公開の告知および利用者アンケートへの回答依頼を行った。メールマガジンに関しては、配信枠の取得ができた以下の日程で配信を行った。

- ・ ICT Business Online
2023年2月10日（金）
- ・ OPEN HUB
2023年2月13日（月）

アンケートおよびアクセス解析の分析対象期間は、令和4年度 L5G 実証参加団体にサイト公開の告知を行った2023年1月27日から、2023年2月24日までの約1か月間とした。

(3) 検証内容

1) 検証項目

- ①カタログサイト利用者の来訪目的は何か
 - ②来訪目的毎にカタログサイト利用者が求める情報は何か
 - ③カタログサイト利用者が閲覧するコンテンツは何か
 - ④コンテンツを閲覧した結果、カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向は高まったか
- という4つの観点から検証を行った。(表2.2.2-2参照)

前述の通り、サイト公開後に令和4年度L5G実証参加団体については、掲載ソリューションの掲載状況確認依頼と併せて、各代表機関へサイトの利用依頼と利用者アンケートを実施し、一般利用者へはメールマガジンの配信によりサイト公開の告知とアンケート回答を促した。

表 2.2.2-2 サイト利用者検証項目

検証により明らかにする問い	質問の前提となる仮説	検証項目
①カタログサイト利用者の来訪目的は何か	<ul style="list-style-type: none"> ・自社の課題解決につながるソリューションを探したい ・顧客に提案できるソリューションを探したい 	カタログサイト利用者の属性情報
②来訪目的毎にカタログサイト利用者が求める情報は何か	<ul style="list-style-type: none"> ・決裁のための見積もりが欲しい ・比較検討のための詳細な検討材料が欲しい ・自社（または顧客）の課題解決につながるか否か確認がしたい ・他社がどのような取り組みを行なっているか把握したい 	カタログサイト利用者の求める情報
③カタログサイト利用者が閲覧するコンテンツは何か	<ul style="list-style-type: none"> ・決裁のための見積もりが欲しい ・料金体系、利用条件・規約、導入フロー、事務手続きフロー ・比較検討のための詳細な検討材料が欲しい ・機能一覧、機能詳細、必要環境、料金体系、導入後の改善イメージ・シミュレーション、サポート情報、Q&A、他ツールとの比較 ・自社の課題解決につながるか否か確認がしたい ・導入後の改善イメージ、導入事例、他解決手段との比較表 ・他社がどのような取り組みを行なっているか把握したい ・導入事例 	カタログサイト利用者の抱える課題に則した情報であれば閲覧されるか
		<ul style="list-style-type: none"> ・カタログサイト利用者は必要な情報にたどり着くことができたか ・どのようなカテゴリ区分であるとカタログサイト利用者が必要な情報にたどりつきやすいか
④コンテンツを閲覧した結果カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向は高まったか	<ul style="list-style-type: none"> ・カタログサイト利用者が求める情報を掲載することで、カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向が高まる 	カタログサイト訪問前後でのカタログサイト利用者のソリューション利用意向の変化

2) (B) 利用者アンケートにおける質問項目

各検証項目を満たす設問表として以下のアンケートを実施した(表2.2.2-3参照)。

Q1~4ではメールマガジンの配信によりサイトにアクセスし、アンケートに回答する層の属性を把握する目的で設定した。自社の抱える課題に対する対応状況により、サイトに求める情報が異なると仮説立てたため、Q5~7ではサイトにアクセスする方の来訪目的と抱える課題、その課題に対する対応状況を確認した。Q8、9、11、13、14といった設問で、求める情報が何か、その情報にたどり着けたか、閲覧後さらに深く求める情報は何かを確認した。Q10、12では情報到達性を高める目的で設定した業種や技術、検索タグでの検索が適しているかを確認するため、情報にたどり着きやすいか、どんな情報を見て各ソリューションのページをクリックしたかという設問を設けた。Q15では閲覧を進めた結果、ソリューションの導入意向が高まるのかを確認した。Q16~18では5Gソリューションの検索を行う媒体として、当サイトを活用してもらえるのか・有効なのかを確認するために、今後の検索に利用したい媒体とその理由といった設問を設けた。

表 2. 2. 2-3 サイト利用者アンケートにおける設問

#	ご質問項目	対応する検証項目
Q1~4	ご所属の企業様名、業種、部署、役職	利用者属性
Q5	当サイトへの来訪理由	利用者属性
Q6	現在自社(または顧客)が抱えている課題	利用者属性
Q7	Q6の課題に対する対応状況	利用者属性
Q8	当サイトで課題解決につながる情報を見つけられたか	求める情報にたどり着けたか
Q9	見つけられた情報はどんな情報だったか / 見つけられなかった情報はどんな情報だったか	求める情報
Q10	課題解決につながる情報にたどり着きやすかったか	求める情報にたどり着けたか
Q11	閲覧したソリューションはどれか	課題に則した情報であれば閲覧されるか
Q12	どんな情報を見て閲覧するソリューションを決めたか	どんなカテゴリ区分であれば情報にたどり着きやすいか
Q13	当サイトで問い合わせを行ったか	求める情報
Q14	(問い合わせを行った方)問い合わせにより詳しく知りたいと感じた理由 / (問い合わせを行っていない方)閲覧したソリューションについて、詳しく知りたいと感じた情報はるか	求める情報、ソリューション利用意向変化
Q15	当サイトを閲覧して、気になったソリューションの利用意向は高まったか	ソリューション利用意向変化
Q16	今後5Gソリューションを調べる際に利用したい情報ソースは何か	サイト有効性
Q17	Q16で選択した情報ソースを利用したいと回答した理由	サイト有効性
Q18	掲載ソリューションが更新された際、再度当サイトを利用して情報収集したいか	サイト有効性

3) (C) 利用者アクセス解析における分析内容

利用者アンケートによる定性的な分析を補填する目的で、サイトへのアクセス解析を行った。アクセス解析では取得できる情報が限られているものの、アンケートに回答していないサイト来訪者の回遊を把握するため分析手法として適用した。そのため、アンケートだけではサイト利用者の特性が把握しきれない検証項目に関して、アクセス解析を用いた分析を行った。

アクセス解析ツールはGA4を活用し、サイト利用者のページ遷移データをもとに回遊行動を取得することとした。具体的には、「レポート」や「探索」といったサイト利用者の行動が自動でグラフ化される機能を主に活用し、一部特定のページへの遷移をカウントする「カスタムイベント」機能を活用した。表 2. 2. 2-4 に GA4 により分析した項目を示す。

各検証項目に対して、GA4 で計測可能な項目について以下で詳述する。

検証項目における「カタログサイト利用者の求める情報」を把握する目的でアクセス数の多い技術名を計測した。

検証項目における「カタログサイト利用者の抱える課題に則した情報であれば閲覧されるか」を把握する目的で、各ソリューションの詳細ページの閲覧率、ソリューション一覧ページからの離脱率が極端に高くないかを計測した。離脱率に関しては、ソリューション一覧ページでソリューションのタイトルやサムネイル、検索タグとして設定した情報を見て、サイト利用者が自社に関連するソリューションだと判断し、ソリューション詳細ページへ遷移すれば、利用者の抱える課題に則した情報により閲覧されたと言える。一方で自社の課題に即した情報でないと判断されれば、ソリューション一覧ページからの離脱率が高くなると考えられる。

検証項目における「カタログサイト利用者は必要な情報にたどりつくことができたか」を確認する目的で、ソリューション詳細ページに表示された関連 URL のクリック数と、ソリューション詳細ページの滞在時間を計測した。利用者の求めるソリューションが見つかり、より詳細な情報を得るために関連 URL のリンクをクリックしたとみなす。また、滞在時間が一定以上あれば、ソリューションの閲覧を進めて

おり、一定自社に関連する情報にたどりつけたとみなす。

検証項目における「どのようなカテゴリ区分であるとカタログサイト利用者が必要な情報にたどりつきやすいか」を把握する目的で、業種、技術、詳細検索それぞれの利用率と、業種、技術、詳細検索後のソリューション詳細ページの閲覧数を計測した。それぞれの利用率については、業種、技術から探す場合の動線がサイト内に複数あるため、GA4 でカウントが可能な1つの動線のみを計測した。ランディングページの「業種から探す」カテゴリで、業種名をクリックし、選択した業種のソリューション一覧ページに遷移した数を計測した。計測した動線に至る画面イメージを図 2.2.2-1 に示す。

表 2.2.2-4 サイト利用者アクセス解析における計測項目

検証により明らかにする問い	質問の前提となる仮説	検証項目	計測項目
①カタログサイト利用者の来訪目的は何か	<ul style="list-style-type: none"> ・自社の課題解決につながるソリューションを探したい ・顧客に提案できるソリューションを探したい 	カタログサイト利用者の属性情報	—
②来訪目的毎にカタログサイト利用者が求める情報は何か	<ul style="list-style-type: none"> ・決裁のための見積もりが欲しい ・比較検討のための詳細な検討材料が欲しい ・自社（または顧客）の課題解決につながるか否か確認がしたい ・他社がどのような取り組みを行っているか把握したい 	カタログサイト利用者の求める情報	・アクセス数の多い技術名
③カタログサイト利用者が閲覧するコンテンツは何か	<ul style="list-style-type: none"> ・決裁のための見積もりが欲しい -料金体系、利用条件・規約、導入フロー、事務手続きフロー ・比較検討のための詳細な検討材料が欲しい -機能一覧、機能詳細、必要環境、料金体系、導入後の改善イメージ・シミュレーション、サポート情報、Q&A、他ツールとの比較 ・自社の課題解決につながるか否か確認がしたい -導入後の改善イメージ、導入事例、他解決手段との比較表 ・他社がどのような取り組みを行っているか把握したい -導入事例 	カタログサイト利用者の抱える課題に則した情報であれば閲覧されるか	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリューション詳細ページの閲覧率 ・ソリューション一覧ページからの離脱率
		カタログサイト利用者は必要な情報にたどりつくことができたか	<ul style="list-style-type: none"> ・関連URLクリック数 ・ソリューション詳細ページの滞在時間
④コンテンツを閲覧した結果カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向は高まったか	<ul style="list-style-type: none"> ・カタログサイト利用者が求める情報を掲載することで、カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向が高まる 	どのようなカテゴリ区分であるとカタログサイト利用者が必要な情報にたどりつきやすいか	<ul style="list-style-type: none"> ・業種、技術、詳細検索それぞれの利用率 ・業種、技術、詳細検索後のソリューション詳細ページの閲覧数
		カタログサイト訪問前後でのカタログサイト利用者のソリューション利用意向の変化	—

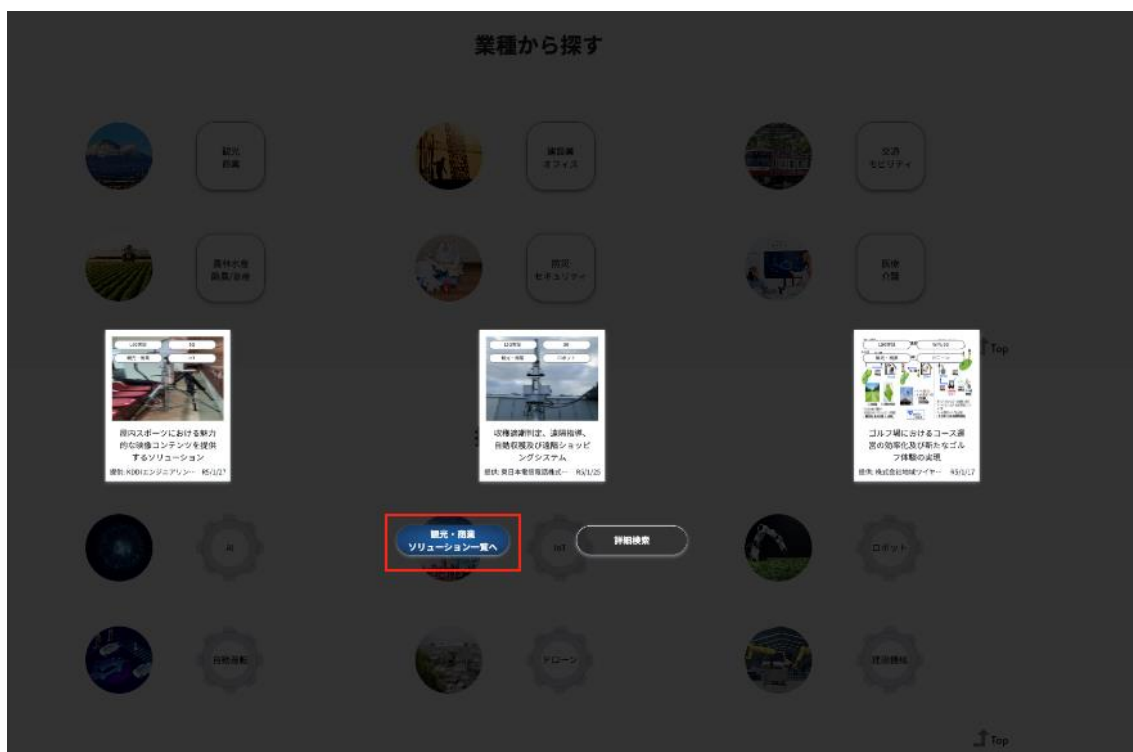


図 2.2.2-1 ランディングページで「業種から探す」をクリックした直後の画面

2.3 カタログサイトの有効性検証結果

2022年12月21日～2023年1月6日で回答いただいた(A) 提供者アンケートおよび、2023年1月27日～2023年2月24日の期間を対象として分析を行った(B) 利用者アンケート、(C) 利用者アクセス解析の分析結果を示す。

2.3.1 (A) 5G ソリューション提供者アンケート検証結果

Q1. 今回カタログサイトに掲載した情報は、どのような業種の方に関覧して欲しいですか (n=26)

掲載企業がどのような業種の方に関覧してほしいのかを確認することを目的とした質問である。結果として、選択肢として設定した6業種を回答した企業は約75%であり、約25%の回答者からは設定した業種とは異なる業種の回答が得られた。このことから、当初想定したよりも幅広い業種の方に関覧して欲しいという企業が一定存在したことが分かる。よって、業種区分については再検討が必要と考えられる。その他の業種として回答されたものとして、製造業や情報通信等の業種は多く、これらの業種は5Gソリューションの選択軸としても一般的であると考えられるため、追加検討が必要と思われる。

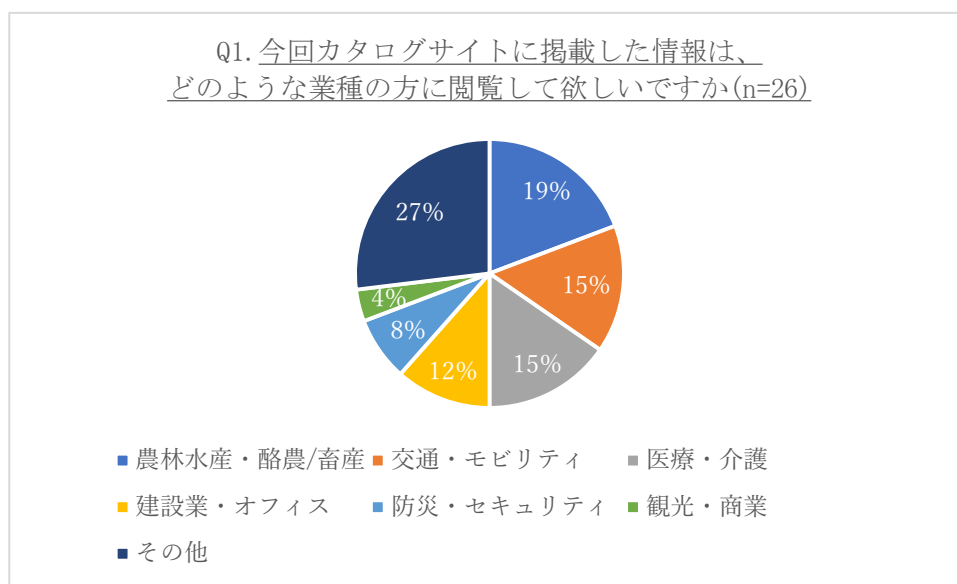


図 2.3.1-1 提供者アンケート「ソリューションのターゲット業種」

Q2. 当カタログサイトのコンセプトをお聞きして、サイトに多くの利用者が来訪し、貴社のプロモーションに繋がることをどの程度期待していますか (n=26)

サイトに対するプロモーションの期待度合いを確認することを目的とした質問である。結果として、やや期待している以上が95%以上であり、サイト掲載によるプロモーション効果への一定の期待がされていることが確認できた。プロモーションとして、他業種のソリューション等と並べられることにより、自社ソリューションが幅広い層に認知されることを期待していると考えられる。

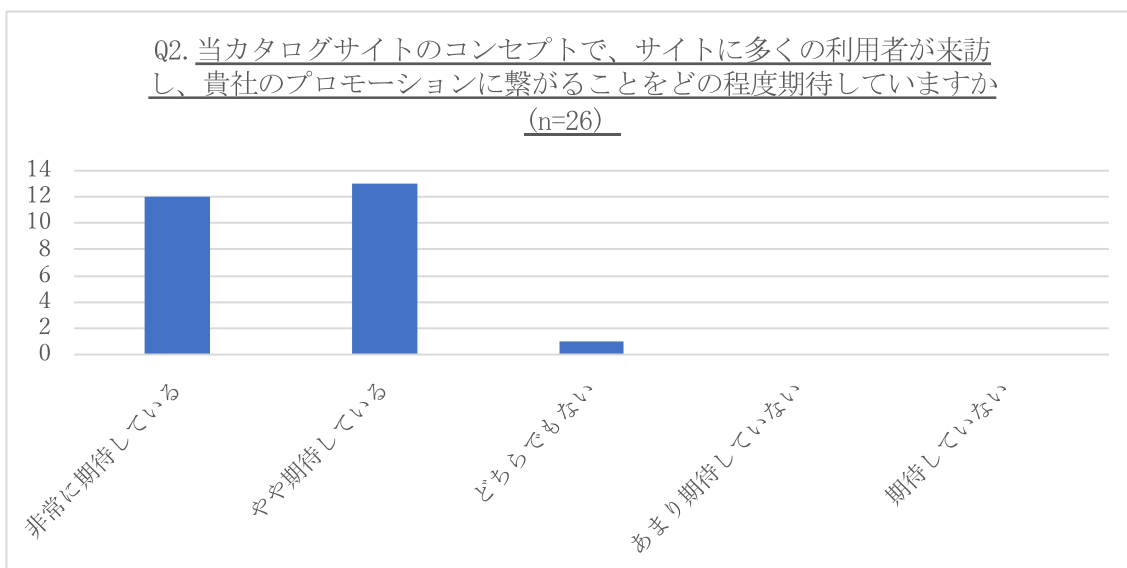


図 2.3.1-2 提供者アンケート「当サイトに対する期待」

Q2-A-1. 今回の入力作業とプロモーション効果の期待度合いを鑑みて、今後も当サイトへの情報掲載をしたいと思いますか (n=25)

Q2 の質問で「非常に期待している」「やや期待している」と回答した方を対象に、今後の情報掲載の意向を確認し、掲載の障壁となる要素を確認した。

結果として、92%が今後も掲載を行いたいと回答し、概ね掲載継続の意向を維持できたと言える。一方今後の掲載は見送りたいと回答した企業が 2 件存在した。

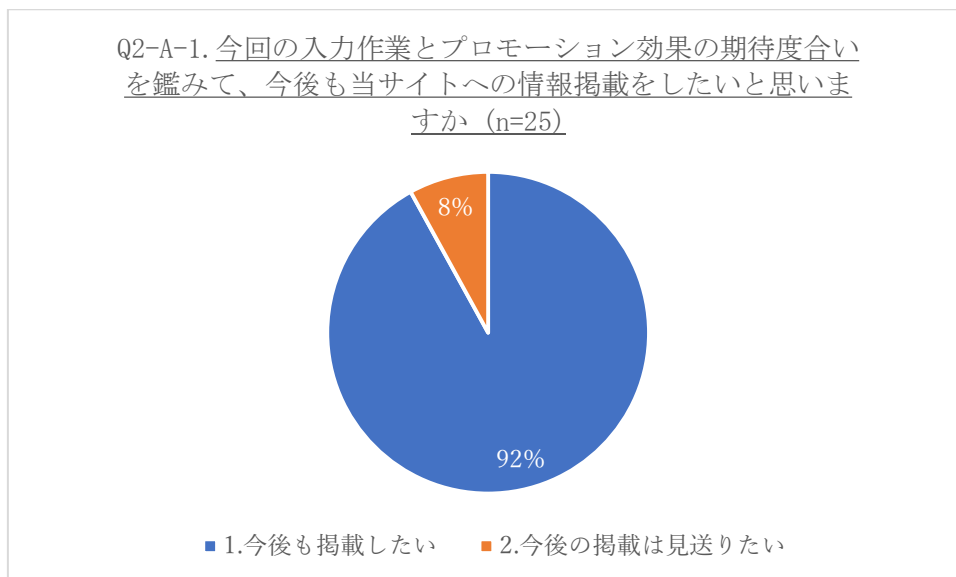


図 2.3.1-3 提供者アンケート「継続的な情報掲載の意向」

Q2-A-2 掲載を見送りたいと判断した理由を教えてください(n=2)

Q2-A-1 の質問に「今後の掲載は見送りたい」と回答した方を対象に、その理由を確認した。

結果として、「実装まで足の長い事業であること」「状況を見ながら判断したい」という回答があり、実際にプロモーションとして効果を発揮する実装時まで効果が確認しづらいことや、試験的なサイトであり効果が予測できないことが掲載継続の意向を抱かない原因であると考えられる。カタログサイトの実運用時には、実装間近なものや既に販売されているソリューションの掲載が主となるため、実運用上では大きな課題はないと考えられる。

Q3. 今回の入力フォームの項目では、掲載したい情報をすべて掲載することができましたか (n=26)

ソリューションを提供・プロモーションする立場として、掲載したい情報を掲載しているのかを確認することを目的とした質問である。

結果として、73.1%が掲載したい情報を掲載できたと回答しており、概ねサイト上に掲載すべき情報を入力フォームに設定することができたと考えられる。ソリューション提供者が不足していると感じた情報については次の設問で整理する。

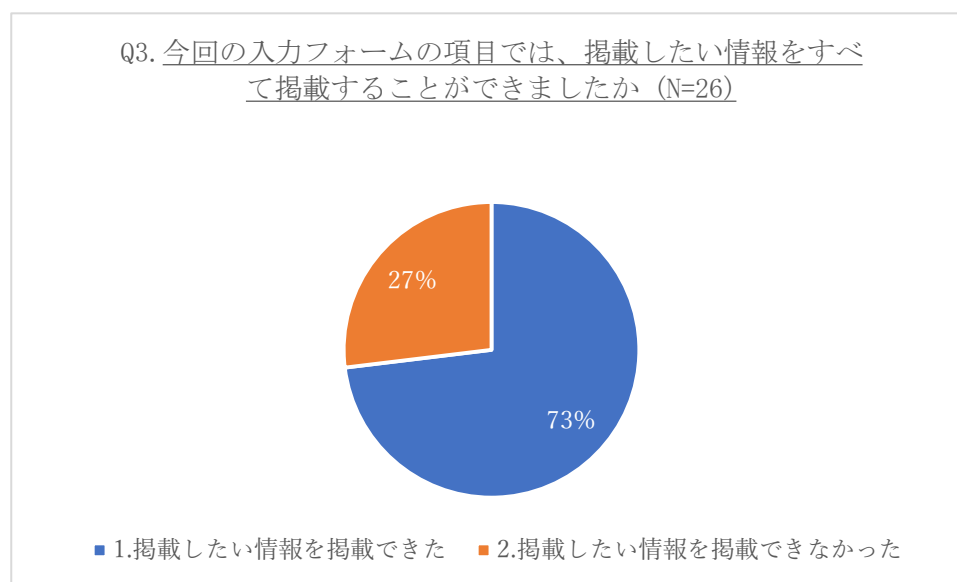


図 2.3.1-4 提供者アンケート「掲載情報量の確認」

Q3-A-1. 今回の入力フォームの項目に加えて、掲載したかった情報を教えてください (n=7)

Q3で「掲載したい情報を掲載できなかった」と回答した企業に、不足している情報を確認することを目的とした質問である。

結果として、「動画や画像の掲載」「業種区分の不足」「特徴等の訴求」等があった。動画やより多くの画像はソリューションの説明や訴求において重要であり、カタログサイトの実運用時には対応が必要である。

業種区分の不足に関しては、本実証ではL5G実証団体を中心にソリューションの掲載を依頼しており、ソリューション数が制限されることから掲載されない業種がないように調整を行っていた。そのため、実運用時に想定される区分よりも制限された業種区分しか存在しなかったことが、業種区分が不足して

いると判断された原因であると考えられる。カタログサイトの実装時には、Q1 で整理した製造業等の一般的な業種区分を追加することで解決されると考えられる。

特徴等の訴求に関しては、文字数の関係上大規模な訴求を行える項目を設定していなかったことが原因と考えられる。ソリューション提供者側の入力にかかる負担度合いとサイト利用者にとって適切な文量のバランスを考慮したうえで、文量の調整を行う必要がある。

Q4. 掲載情報の入力にかかった作業について、最も当てはまるものを以下よりお選びください (n=26)

入力作業の負担について確認することを目的とした質問である。結果として、92.3%が「現在の入力の作業時間であれば負担には感じない」との回答であり、掲載企業の負担は少なかったと考えられる。

提供者アンケートでは Q3-A-1 で「実際の利用イメージや動画」等の情報をより多く掲載したいとの回答があった。一方、利用者アンケートでは「サービス例」「効果的な費用削減策」等の情報が求められていた。双方ともに、より多くの情報を掲載/閲覧する要望がある事と、情報量を削減したい/して欲しいとの要望が無い事から、現状よりは情報量を増やす方向性で検討を進める必要がある。ただし、Q3 の通り提供者が掲載に協力できる範囲での負担となるよう、最適な情報量を考慮することが求められる。

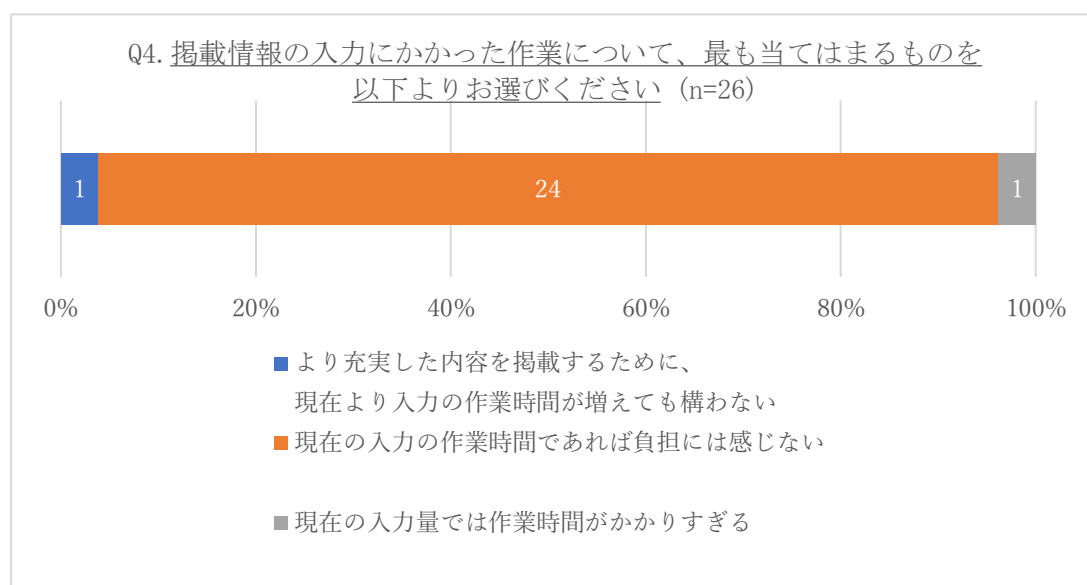


図 2.3.1-5 提供者アンケート「情報掲載の負担確認」

Q5. 掲載文と画像について、既存のプロモーションコンテンツを利用して入力できましたか(n=26)

今回設定した入力項目が、どこまで掲載企業の既存のプロモーションコンテンツと親和性があるかを確認し、実運用の際にも負担なく入力できるのか確認する目的で設定した質問である。

結果として、多くの企業が「既存のプロモーションコンテンツをやや修正する必要があった」と回答した。今回設定した文字数制限に完全にマッチする形で既存のプロモーションコンテンツを作成していた企業は少ないと考えられるため、想定していた回答結果であった。

実態として、Q4 でほとんどの企業が入力を負担には感じないと回答しているため、許容可能な範囲での修正であったと考えられる。一から作成が必要な項目があったと回答した企業も Q4 で入力を負担ではないと回答しており、許容可能な修正作業であった。

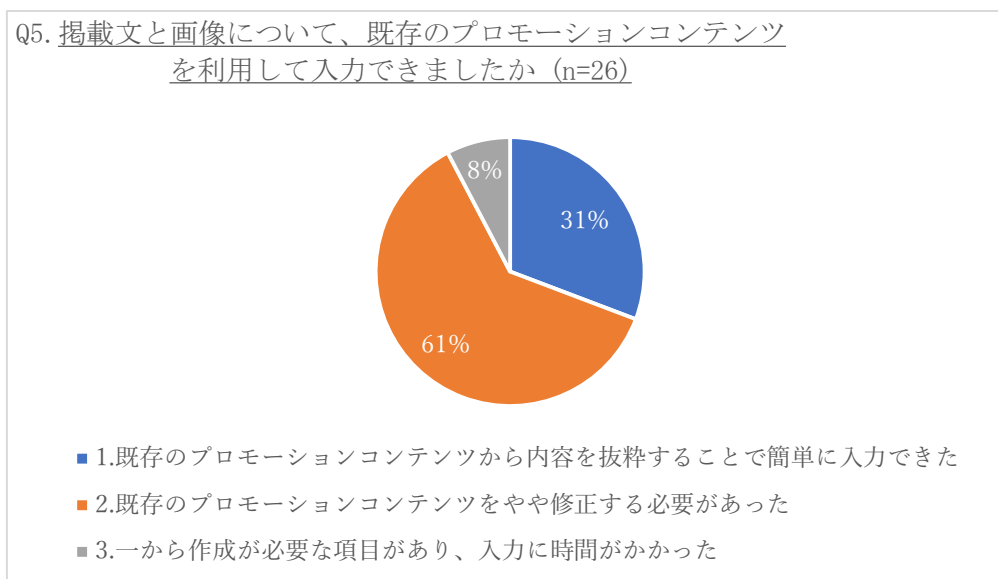


図 2.3.1-6 提供者アンケート「情報掲載方法の確認」

Q6. 将来当サイトにどのような機能が実装されるとより便利だと思いますか (n=14)

掲載企業側が求める機能を確認することを目的とした質問である。多様な回答をいただいております、

- ・「より強力な検索機能」
- ・「比較機能」
- ・「簡単見積もり機能」
- ・「問い合わせ等コミュニケーション機能」
- ・「リンク一覧」等が主であった。

より強力な検索機能は、より多くのソリューションを掲載することになるカタログサイト実装時には必要となると考える。掲載企業側が想定した用途に関連し、かつ閲覧者の目に留まる検索機能が重要となる。

比較機能は、複数の同じ目的のソリューションが掲載される際に利用者側の利便性が向上すると考えられる。一方で、どの項目を比較するのかを検討し、公平な判断を行えるようにする必要性があり、実装には十分な検討が必要である。

見積もり機能については、どこまでの役割をカタログサイトに持たせるかの検討が必要である。環境により工数が大きく変化することの多い 5G ソリューションを一律で見積もることは難しく、多くの情報を登録してもらう必要があるため、機能を具備する場合にはソリューション提供者の入力可能な項目の確認が必要となる。

問い合わせ等のコミュニケーション機能に関しては、問い合わせフォーム自体は存在するため、より高度な問い合わせ関連機能を求められている。例示されていたものでは、問い合わせが来た際に通知が来るような設計等が挙げられていた。他に検討できることとしては、チャットボット等を用いた誘導等

が考えられる。リンク一覧については、実装における課題は少ないが、何に関するリンクを一覧化すべきか検討する必要性がある。

Q7. 貴社のソリューションを当サイト上で購入できるようになった際の決済について、以下のどちらが望ましいと感じますか (n=26)

決済機能に関する利用意向を確認することを目的とした質問である。

結果として、申し込み機能の方が好ましく、サイト上での決済機能は求められていないことが明らかになった。周辺環境により総工費が変化する関係上一律の金額を設定することが難しくオンライン決済に向いていないことや、決済フローが既に社内で決まっておき、サイト独自の決済機能を活用するにはかえって手間がかかってしまう企業が多い可能性があることなどが原因であると考えられる。

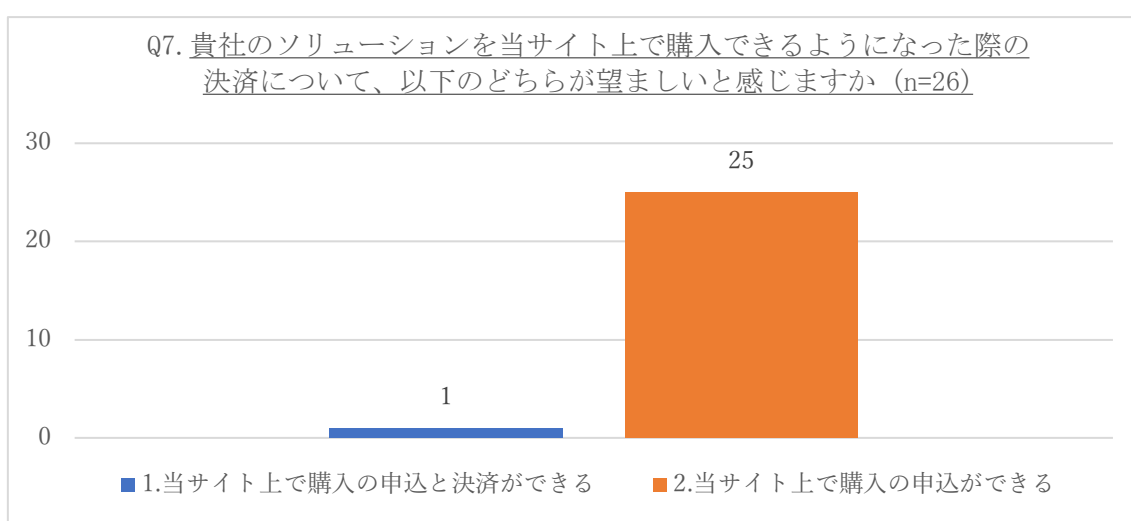


図 2.3.1-7 提供者アンケート「決済機能の提供範囲確認」

2.3.2 (B) 利用者アンケート検証結果

Q1. 回答者様の企業名を教えてください

問い合わせがあった際に突合を行う想定で実施した質問である。L5G 実証参加企業からの回答が含まれるが、多種多様な企業からの回答があった。大手企業に限らず中小企業からも回答があり、5G ソリューションの導入を検討する企業は特定の領域に限られないことが示唆されている。

Q2. 回答者様の業種を教えてください (n=44)

サイト来訪者の業種を確認し、サイトに来訪する方が掲載した業種区分と概ね整合しているかを確認する目的で実施した質問である。

結果として、当初の想定よりも多様な業種の方からの回答があった。特定の業種の方のみが 5G ソリューションに対し関心を持っている訳ではなく、多様な業種の方からの関心があることが示唆された。

一方、設定した6つの区分に当てはまらない回答が多く、製造業、不動産、コンサルティング、放送、公務員等計17の業界からの回答もあり、より詳細な業種区分が必要と考えられる。掲載ソリューションは実証を行っているものを中心に掲載していたため、6つの区分に絞って掲載を行ったが、掲載できない業種区分が多数発生することとなった。提供者アンケート分析のQ1で前述したとおり、製造業は事前に適切な区分を設定可能だったため実運用時には設定が必要と考える。その他業種に関しては5Gソリューションが現在よりも幅広い業種で構築されていく中で追加していくべきだと考えられる。

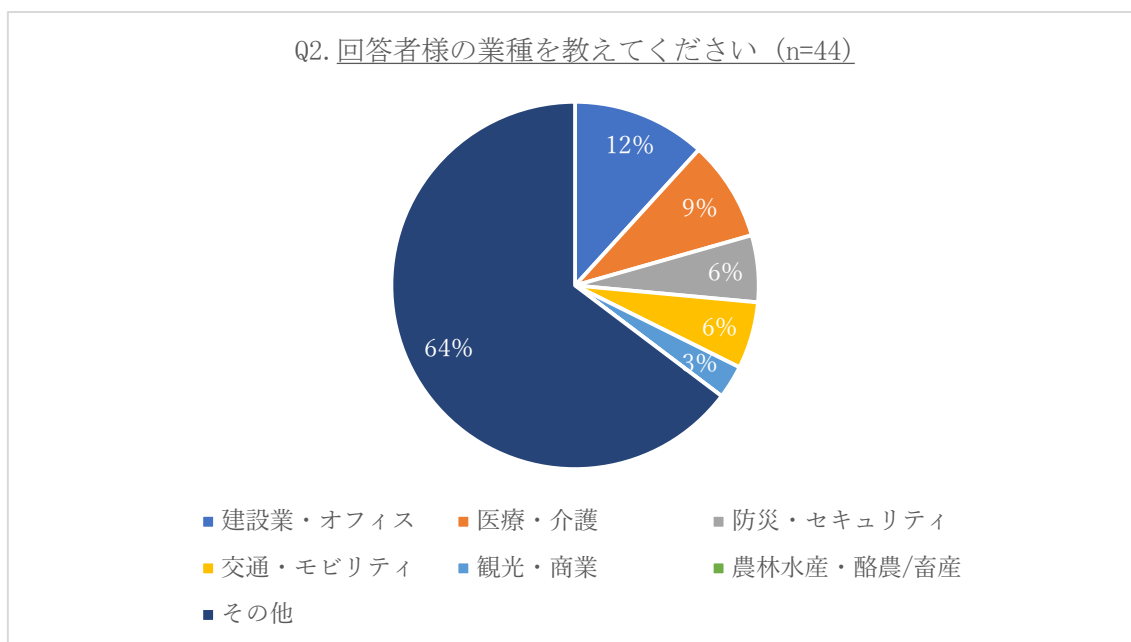


図 2.3.2-1 利用者アンケート「サイト利用者の業種確認」

Q3. 回答者様の部署を教えてください (n=44)

サイト来訪者の部署を確認し、主な対象を特定する目的で実施した質問である。

結果として、経営管理や営業本部等の管理部門が最も多く、ICT 事業部等の実際にソリューション開発や販売を行っている部署等も多く存在した。業種のみならず、部門も様々であった。このことから、当初想定したよりも幅広い属性の閲覧者を募ることができたと言える。

Q4. 回答者様の役職を教えてください (n=44)

サイト来訪者の役職を確認し、主な対象を特定する目的で実施した質問である。

結果として、管理職以上の割合が高く約42%となった。こちらについても、部署同様当初想定したよりも幅広い属性の閲覧者を募ることができたと言える。

Q5. 当サイトに来訪した理由を教えてください (n=44)

サイト来訪者の来訪目的を確認し、当サイトの使用場面を特定する目的で実施した質問である。

結果として、約55%が顧客への提案を目的としてソリューションの調査を行っており、残りの約45%が自社への導入を目的としてソリューション調査を行っていることが明らかになった。当初は、自社

への導入を目的とする方が多くなると想定していたが、実際は顧客への提案の方が主流となっていた。これは、自社への導入を目的とした調査は特定の分野に関する調査にとどまるのに対し、顧客への提案では広く調査を行うケースがある事が原因として考えられる。

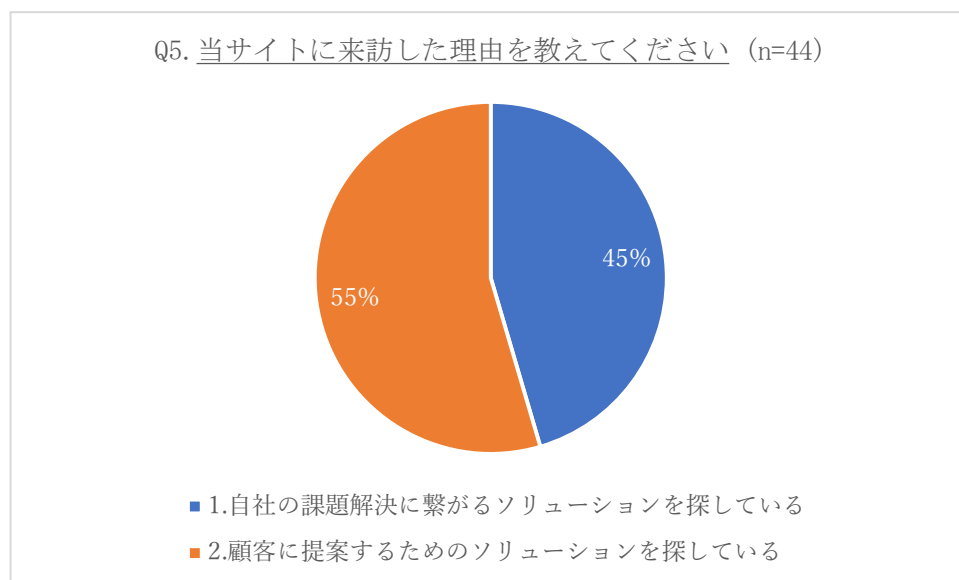


図 2.3.2-2 利用者アンケート「サイト利用目的の確認」

Q6. 貴社(顧客)の現在抱えている課題の中で最も当てはまるものをお選びください(n=44)

サイト来訪者の課題を確認し、当サイトの掲載情報との関連性の確認を目的として実施した質問である。

結果として、業務の効率化が約 34.1%、新規顧客の開拓が約 25.0%、サービス向上が約 13.6%、働き方改革が約 11.4%となった。これらが約 85%を占めているため、5G ソリューションに興味を持つ企業の主な課題は以上 4 項目である可能性が高いと考えられる。

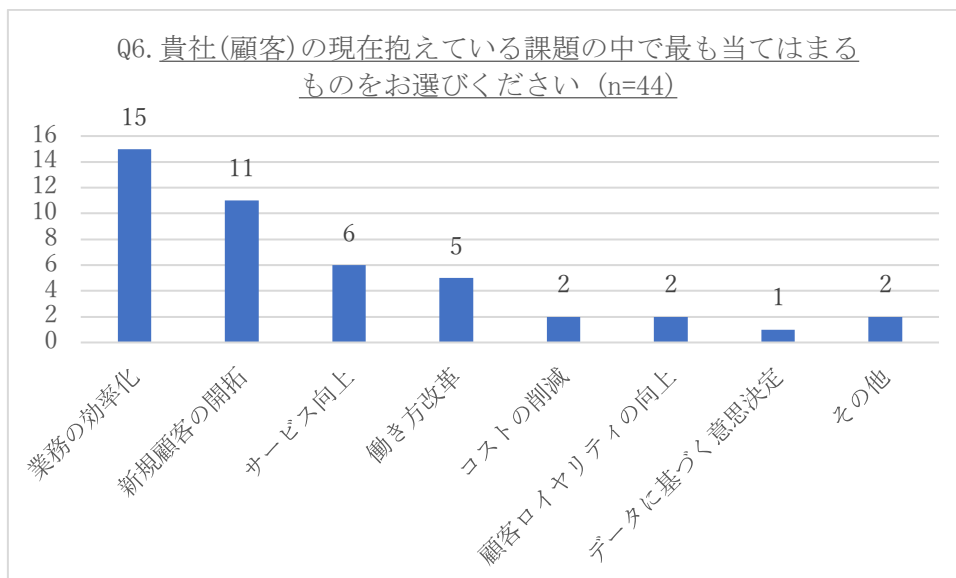


図 2.3.2-3 利用者アンケート「解決したい課題の確認」

Q7. 抱えている課題に対する対応状況を教えてください(n=44)

サイト来訪者の課題に対する対応状況を確認し、当サイトの掲載情報で求められる内容の確認を目的として実施した質問である。

結果として、課題解決に向けて具体的な解決手段が定まってきている層が約 27%程度、技術に目途がついてきた層が 36.4%、目途が立っていない層が 36.4%となった。具体的な解決手段を見つけられていない方が多数派であると確認できた。

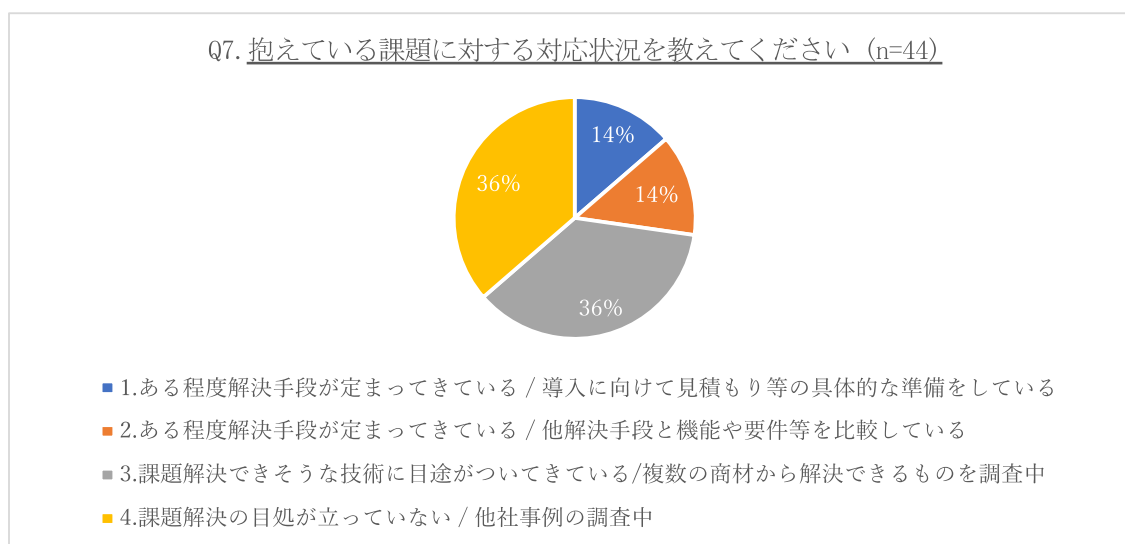


図 2.3.2-4 利用者アンケート「課題の検討フェーズ確認」

Q8. 当サイトで自社(顧客)の課題解決につながる情報を見つけられましたか (n=44)

サイト来訪者の課題解決に繋がったかを確認し、当サイトの掲載情報で求められる内容の確認を目的として実施した質問である。

結果として、約 43%が課題解決に繋がる情報を見つけることができ、約 57%が見つめることができなかったと回答した。過半数が探している情報にたどり着けていないため、Q8-B-1における情報にたどり着けなかった利用者が、当サイトに求めていた情報を整理することで、原因を考察する。

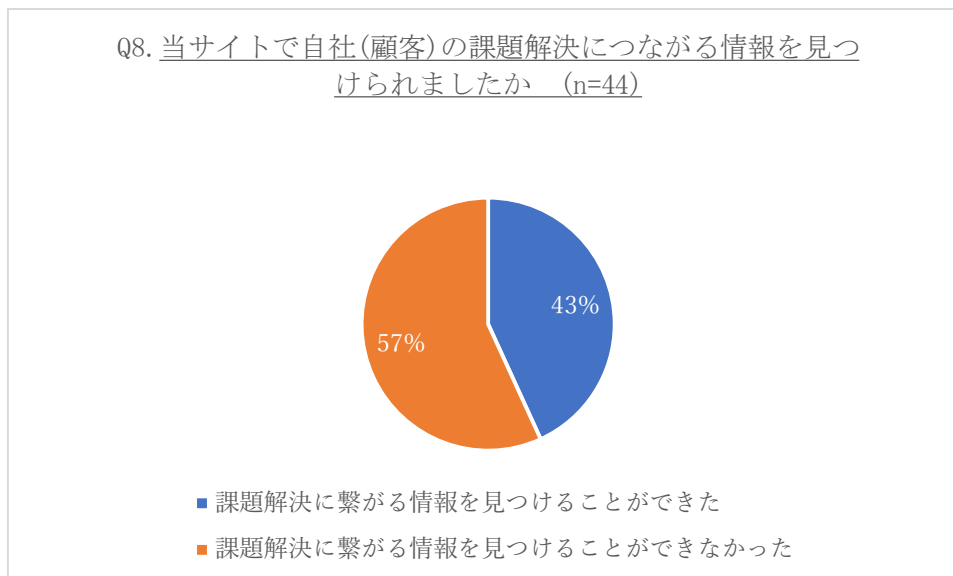


図 2.3.2-5 利用者アンケート「課題の解決に繋がったか確認」

Q8-A-1. 見つけられたものはどんな情報でしたか (n=19)

Q8 の質問に「課題解決に繋がる情報を見つけることができた」と回答した方を対象に、サイト来訪者の課題解決に繋がる情報が何だったのかを確認し、当サイトの掲載情報で求められる内容の確認を目的として実施した質問である。

結果として、「IoT デバイスを用いたソリューション機器等」、「近くの実業者の情報の確認」、「L5G を活用した様々な分野でのユースケース」等が挙げられていた。各業種における利用可能なソリューションの実例を知りたいという意向が主だと考えられる。他、特定ソリューションに関する情報を回答されているケースもあり、ピンポイントで課題解決に繋がった例であると考えられる。

Q8-A-2. 課題解決につながる情報にはたどり着きやすかったですか(n=19)

Q8 の質問に「課題解決に繋がる情報を見つけることができた」と回答した方を対象に、サイト来訪者の課題解決に繋がる情報へのたどり着きやすさを確認し、当サイトの掲載情報の掲載・表示方法が情報到達性の高いものだったかを確認することを目的として実施した質問である。

結果として、約 74%がたどり着きやすいもしくは、どちらかといえばたどり着きやすいと回答しており、残りの約 26%がどちらともいえないとの回答であった。このことから探している情報にたどり着けた利用者にとっては、当サイトの掲載・表示方法が概ね問題ない形であったと判断できる。

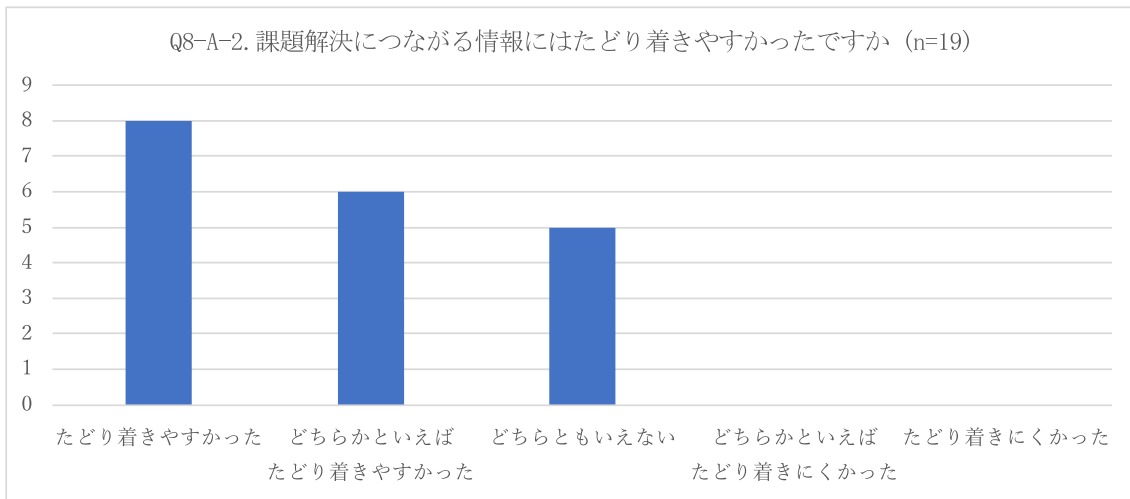


図 2.3.2-6 利用者アンケート「情報への到達性確認」

Q8-B-1. どんな情報をお探しでしたか(n=25)

Q8の質問に「課題解決に繋がる情報を見つけることができなかつた」と回答した方を対象に、探していた情報を確認し、当サイトで掲載すべきであった情報を確認することを目的として実施した質問である。

結果として、「小売業の業務に関する情報」等の特定業界やより小規模な事業者に向けた情報を求める意見と、「オフィスの効率的な利用と利用者のモチベーションの向上」など解決したい課題に紐づく情報を求める意見等があった。これらは、当サイトの掲載・表示方法などの情報到達性に起因するものではなく、掲載されているソリューションのバリエーション不足による意見といえる。

これらのよりニッチな業種、規模感の課題解決のできるソリューション自体が今後増えていくことに加え、ユースケースの明示、導入事例の拡充により対応可能と考えられる。

Q9. ご覧になったソリューションや実証事例を以下よりお選びください(複数選択可)(n=44)

サイト来訪者の閲覧したソリューションを確認し、当サイトの利用者の関心を確認することを目的として実施した質問である。

結果として、特定のソリューションが閲覧されないということはなく、全ソリューションが閲覧されており、今回掲載したソリューションに対する関心が確認された。利用シーンの限られるソリューションよりも幅広く利用できると思われるソリューションを閲覧される傾向が高くなっていた。

表 2.3.2-1 利用者アンケート「アクセスしたソリューションの確認」

ソリューション名	回答数
#001 NTTコミュニケーションズ株式会社「鉄道車両監視AIシステム」	15
#002 シャープ株式会社「最適経路によるロボットトラクターの遠隔制御システム」	8
#003 NTTデータ経営研究所「ゆず生産スマート化システム」	5
#004 西日本電信電話株式会社「AI画像解析や見回りロボットによる高品質和牛の肥育効率化」	5
#005 株式会社ZTV「プリ養殖における自動給餌システム」	4
#006 株式会社秋田ケーブルテレビ「洋上風力発電ブレード点検効率化ソリューション」	3
#007 富士通株式会社「設備点検作業の自動化・省人化」	13
#008 富士通株式会社「高精度映像測位ソリューション」	6
#009 株式会社ハートネットワーク「工場向けAIによる精製物の自動粒度判定システム」	2
#010 九州電力株式会社「火力発電所のスマート保安の実現」	3
#011 東日本電信電話株式会社「空港制限区域内ターミナル連絡バスの複数台遠隔型自動運転」	3
#012 西日本電信電話株式会社「港湾向けトレーラー待機場の混雑状況等可視化ソリューション」	4
#013 株式会社NTTデータ関西「高精細4K映像リアルタイム伝送による防災業務ソリューション」	8
#014 東日本電信電話株式会社「遠隔高度医療支援サービス」	10
#015 トランスコスモス株式会社「病院特化型映像共有ソリューション」	7
#016 NTTコミュニケーションズ株式会社「救急搬送中患者の遠隔データ連携システム（仮称）」	7
#017 株式会社アルム「救急病院間における遠隔画像伝送ソリューション」	5
#018 国際航業株式会社・日本電気株式会社・西尾レントオール株式会社・電気興業株式会社 「災害時のリアルタイム状況把握と迅速な応急復旧ソリューション」	6
#019 首都高速道路株式会社「電波環境の維持管理効率化ソリューション」	2
#020 アイテック阪急阪神株式会社「AI搭載・ネットワーク対応型車内防犯カメラ」	8
#021 F C N T株式会社「高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末」	8
#022 シャープ株式会社「ローカル5G対応防水・防塵・小型USB dongle端末」	6
#023 シャープ株式会社「ドローンを用いたインフラ点検および災害現場検証ソリューション」	7
#024 株式会社地域ワイヤレスジャパン「ゴルフ場におけるコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現」	5
#025 株式会社地域ワイヤレスジャパン「河川監視システム」	4
#026 株式会社地域ワイヤレスジャパン「IP映像配信によるテレビ受信障害の応急復旧システム」	1
#027 東日本電信電話株式会社「収穫適期判定、遠隔指導、自動収穫及び遠隔ショッピングシステム」	4
#028 住友商事株式会社「工場向けキズ検知ソリューション」	3
#029 住友商事株式会社「鉄道車両ドア閉扉判断の高度化ソリューション」	1
#030 住友商事株式会社「車両前方カメラによる鉄道沿線の異常検知ソリューション」	4
#031 KDDIエンジニアリング株式会社「屋内スポーツにおける魅力的な映像コンテンツを提供するソリューション」	3

Q10. ソリューションや実証事例のどの情報を見てクリックしましたか(n=44)

サイト来訪者が何を根拠にソリューションを閲覧するのかが確認し、当サイトの利用者の判断材料を確認することを目的として実施した質問である。カタログサイトの設計においては、業種一覧（市場・ニーズ）と技術一覧（シーズ）、双方からソリューションへの動線を用意することで、閲覧者の情報収集の嗜好性を検証する狙いがあった。

結果として、業種名が 27.3%と最多であり、次いで実証段階か実装済みのソリューションかという掲載区分 25%、タイトルから想定される利用シーン 20.5%、技術名 11.4%となった。業種、技術の2項目で見ると、シーズ起点より、課題解決のためのアイデアを市場・ニーズから探す傾向が示唆された。ソリューションの情報掲載においては、「利用される業種や解決する課題」を優先し、「利用される技術や構成等」は劣後させることが望ましい。

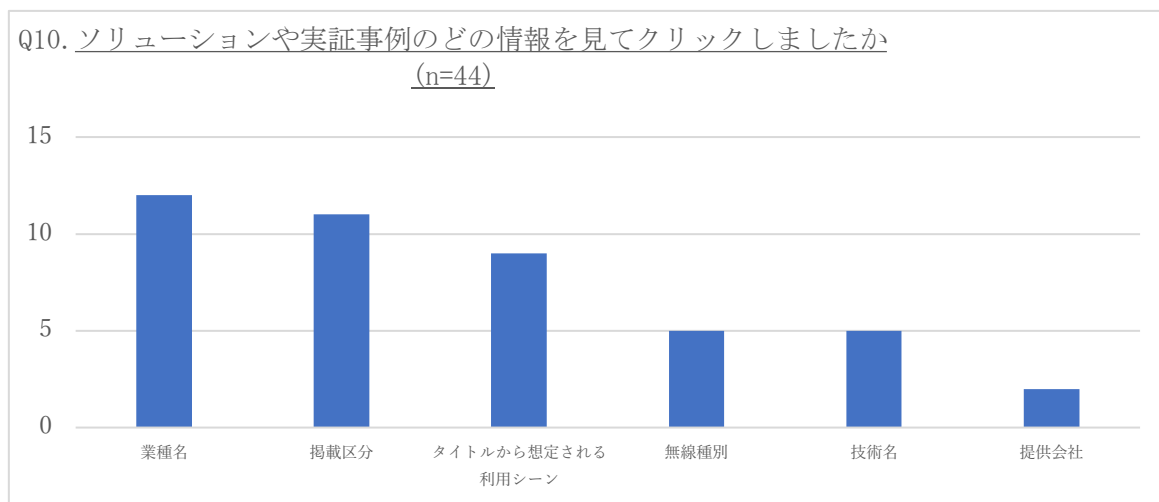


図 2.3.2-7 利用者アンケート「情報へのアクセスを決定する要素の確認」

Q11. 当サイトで問い合わせを行ったか教えてください(n=44)

カタログサイトの基本機能（問合せ機能）の実際の利用を確認する質問である。本実証では、実証事業用のウェブサイトであることを事前周知しており、掲載内容への積極的な問い合わせは発生しない想定であった。一方、その中でも問い合わせをする閲覧者については、状況や問い合わせ事項を把握する必要があると考え、本質問を設定した。

結果として、本実証期間を通じてサイト運営事務局としては1件の問い合わせを受領した。内容は協業の申し出1件、その他サイト運営事務局以外への問い合わせ3件であった。

Q11-A. ご覧になったソリューションや実証事例について、問い合わせを行いより詳しく知りたいと感じた理由として最も当てはまるものを以下よりお選びください(n=3)

サイト来訪者が問い合わせを行う目的を確認し、当サイトの利用者が求める情報を確認することを目的として実施した質問である。Q11で問い合わせを実施したと回答した方を対象とした。

結果として、「本格的な導入の検討を行いたい」が2件と「比較検討を行いたい」が1件であった。実際に、当サイトでソリューションの情報を獲得し、導入を検討したいと考えるまでに至るケースがあることが確認できた。

Q11-B-1. ご覧になったソリューションや実証事例について、より詳しく知りたいと感じた情報はございますか。以下より最も当てはまるものをお選びください(n=41)

サイト来訪者が求めている情報を確認し、当サイトの利用者が求める情報を確認することを目的として実施した質問である。Q11で問い合わせを行わなかった方を対象とした。

結果として、他社導入事例を求める方が61.0%、より詳細な機能を求める方が17.1%となった。特に他社導入事例を求める方が多かった背景としては、導入検討時参考とする用途や、具体イメージを知るといった用途での利用が多いことが想定される。

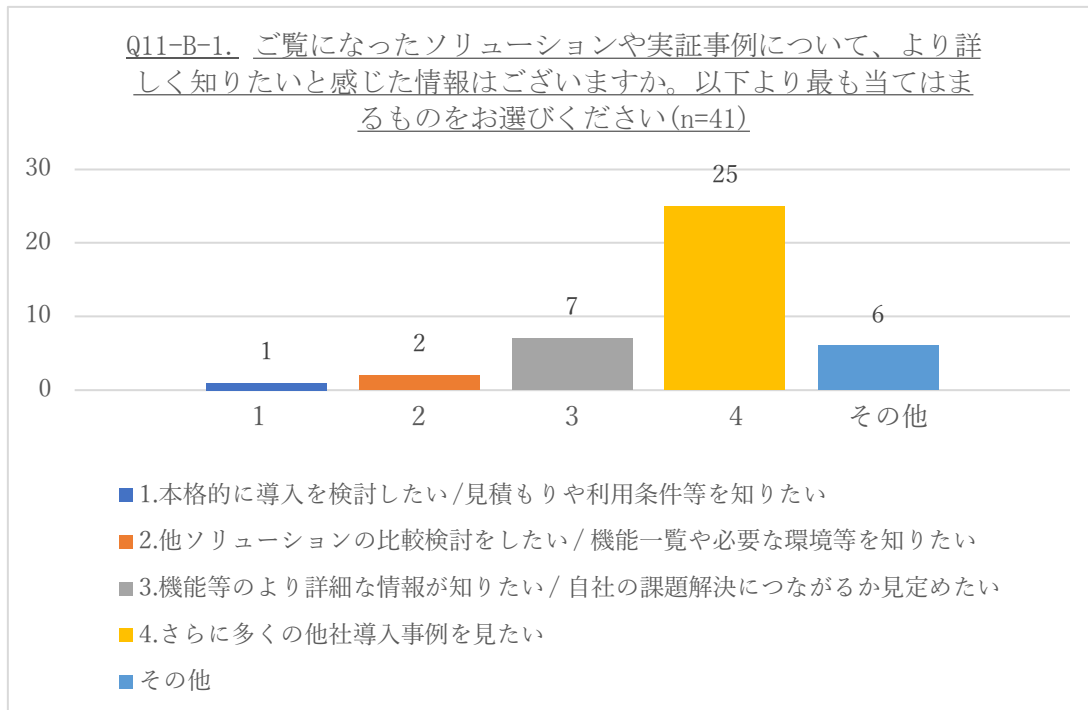


図 2.3.2-8 利用者アンケート「より深く知りたい内容の確認」

Q12. 当サイトを閲覧して、気になったソリューションや実証事例を利用したいというご意向は高まりましたか(n=44)

サイト来訪者が当サイトで利用意向が向上するかを確認し、当サイトの方向性で実際の導入促進が行えるのかを確認することを目的として実施した質問である。

結果として、高まったとやや高まった合計で 47.4%、変化なしが 50%となった。おおむね効果があったといえるが、やや低くなったとの意見も 1 件在した。

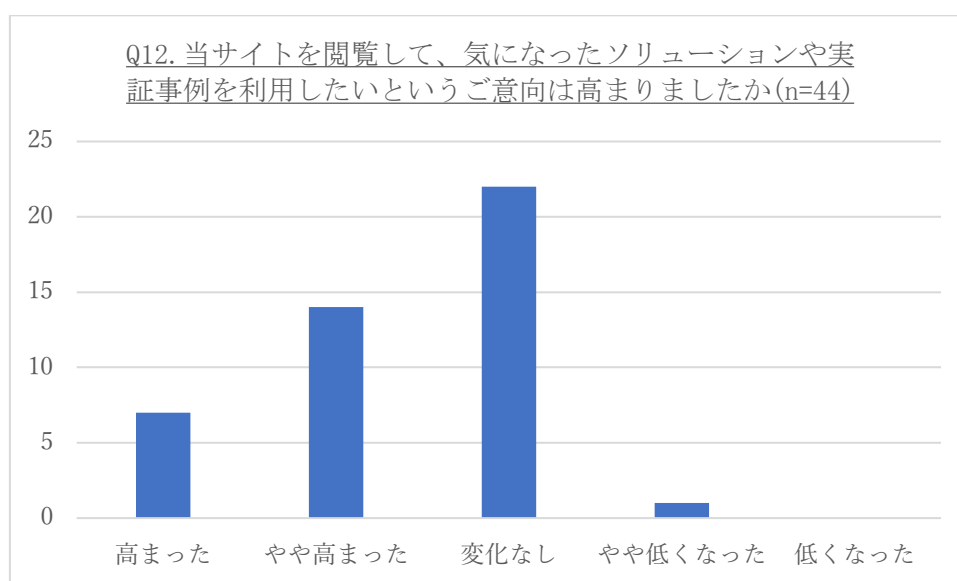


図 2.3.2-9 利用者アンケート「利用意向の変化確認」

Q13. 今後 5G ソリューションを調べる際に利用する情報ソースとして、以下より利用したいものをお答えください（複数選択可）（n=44）

サイト来訪者が求める情報ソースを確認し、当サイトのようなポータルサイトの需要を確認することを目的として実施した質問である。

結果として、約 71%の方が利用したいと回答しており、需要は高いと考えられる。

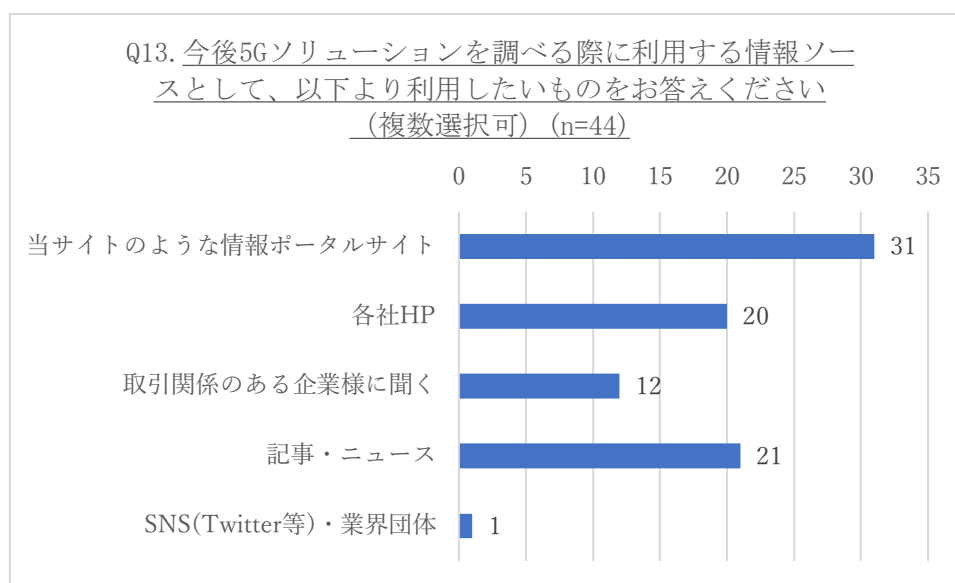


図 2.3.2-10 利用者アンケート「情報源としての役割確認」

Q14. 今後最も利用したい情報ソースについて、利用したいと感じた理由を教えてください(n=26)

サイト来訪者が求める情報ソースを確認し、サイト利用者が当サイトのようなポータルサイトの役割をどう捉えているか確認することを目的として実施した質問である。

結果として、情報を広く獲得する目的等でポータルサイトを選択されることが多かった。記事やニュース、各社 HP も利用意向が高く、理由としては広く浅く情報が掲載されているポータルサイトに対し、速報性の高いニュースや客観性の高い記事、詳細な各社 HP と情報ソースごとに利用目的が異なるためだと考えられる。

Q15. 掲載ソリューションや実証事例が更新された際に、再度当サイトを利用して情報収集をしたいと思いますか(n=44)

サイト来訪者の当サイトの利用意向を確認し、当サイトのようなポータルサイトの価値を確認することを目的として実施した質問である。

結果として、「そう思う」と「どちらかといえばそう思う」合計で 81.9%となっている。そのため各社 HP やニュースと併用して当サイトも情報収集ツールとして活用される可能性が示唆された。

Q15. 掲載ソリューションや実証事例が更新された際に、再度当サイトを利用して情報収集をしたいと思いますか(n=44)

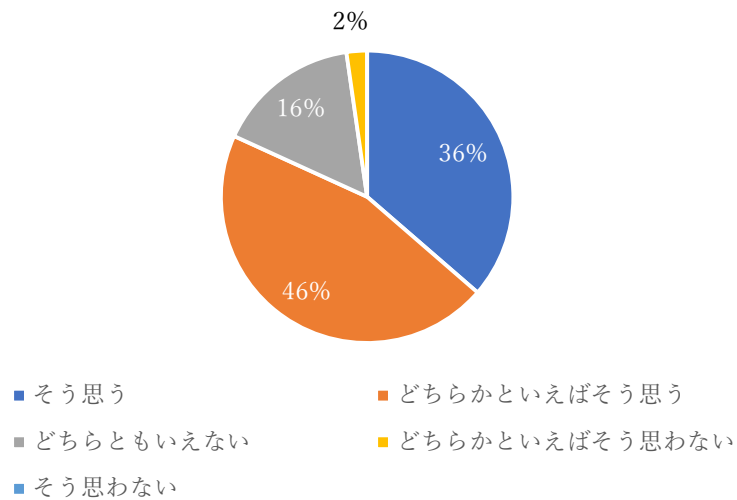


図 2.3.2-11 利用者アンケート「サイト利用意向の確認」

以下では、利用者の属性をより深く把握すること、検証項目である課題への対応状況ごとにサイトに求められる情報は何か、課題に即した情報が掲載されていればソリューションが閲覧され、ソリューションの導入意向が高まるのかといった項目を確認するため、それぞれの設問のクロス集計を行った。

Q2×Q7 利用者の業種×課題と感ずる項目

サイト来訪者の業種ごとの自社の抱える課題の傾向を確認した。特定の業種において課題が明確に偏ることはなかった。これは、業界によらず課題は個社別に存在することによると考えられる。

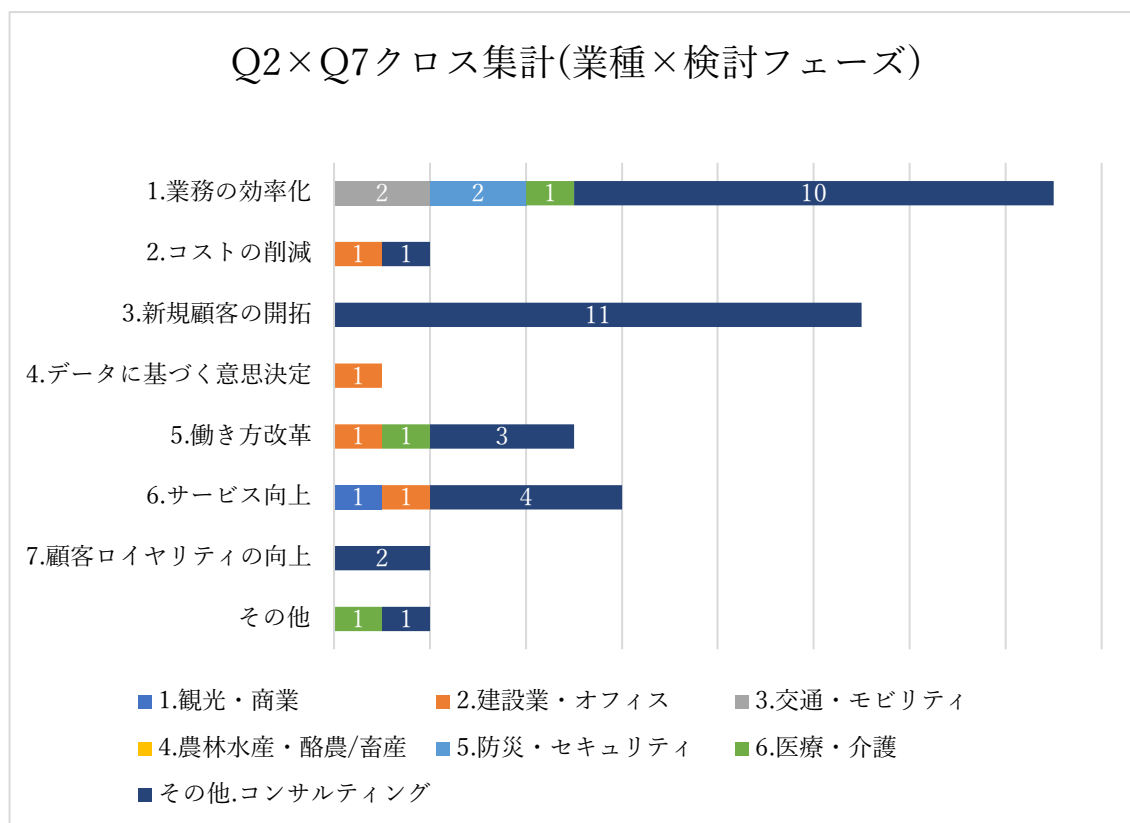


図 2.3.2-12 利用者アンケート「来訪者の業種と課題に対する検討フェーズ」

Q5×Q6 自社/提案×課題（自社側の課題：n=17）

過半数が業務の効率化を課題としており、次いでサービスの向上や働き方改革が選択された。自社の喫緊の課題として業務効率化を目的としている方が多く、それらの課題の解決に 5G ソリューションが期待されていることが明らかになった。

Q5×Q6 自社/提案×課題（顧客への提案の課題：n=24）

顧客への提案を行う際には、主な課題を新規顧客の開拓としている企業が最も多く、業務の効率化は二番手となっている。その他、コンサルティング業種の方など顧客に提案する目的でソリューションの閲覧を行なっている方が多いため、新規顧客の開拓、サービス向上が選択される方が多かったと考えられる。

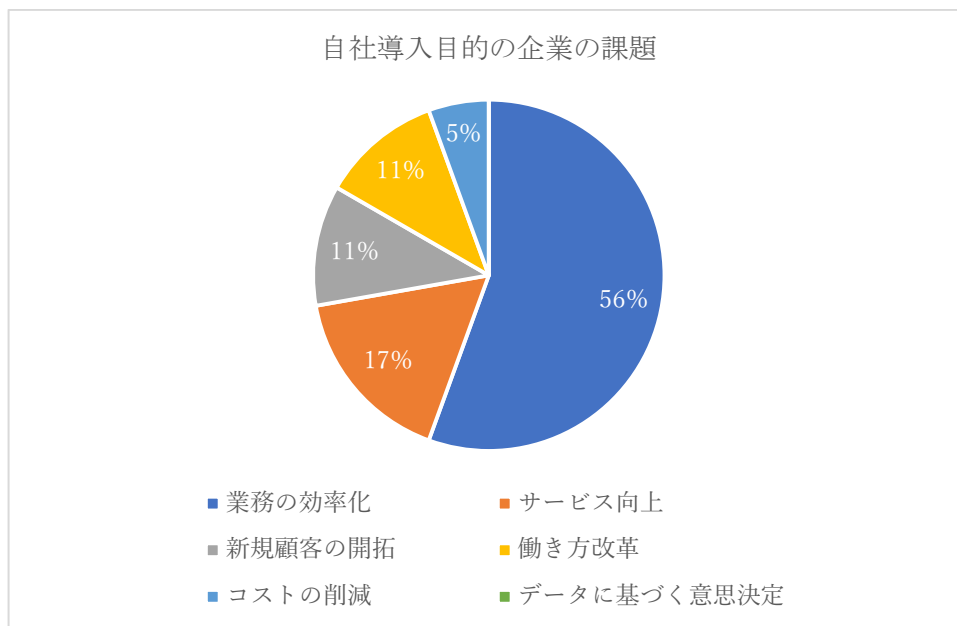


図 2.3.2-13 利用者アンケート「自社導入目的の企業の課題」

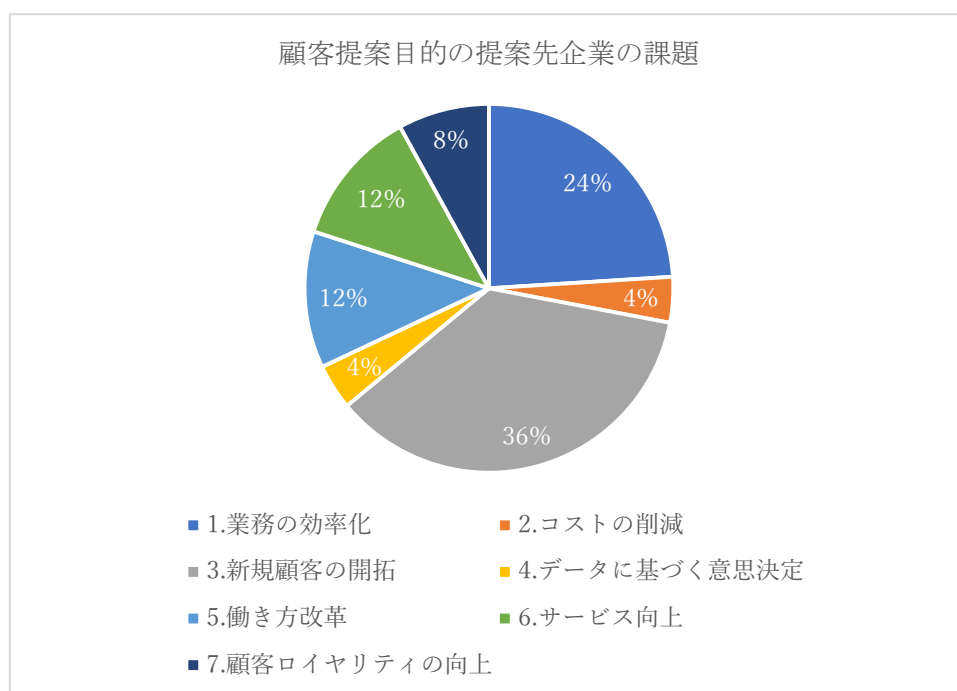


図 2.3.2-14 利用者アンケート「顧客提案目的の提案先企業の課題」

二つの結果より、自社への導入を目的とする企業と顧客への提案を目的とする企業では関心を持つ課題が異なることが明らかとなった。原因としては、業務の効率化は社内で解決可能な課題として認識されており、新規顧客の開拓は多くの企業で課題となっていると認識されている可能性が高いことが挙げられる。

Q7×Q9 ‘課題に対する対応・検討フェーズ×求める情報

「1. ある程度解決手段が決まっている/導入に向けて見積もり等の具体的な準備をしている」のフェーズの方は、「製品カタログ」や「業務効率化の方向性」に関する情報を求めて来訪していた。

「2. ある程度解決手段が定まってきた / 他解決手段と機能や要件等を比較している」のフェーズの方は、「ロボット」や「カメラソリューション」に関する情報を求めて来訪していた。「3. 課題解決できそうな技術に目処がついてきている / 複数の商材から解決できるものを調査中」のフェーズの方は、「ユースケース」や「医療ソリューション」に関する情報を求めて来訪していた。「4. 課題解決の目処が立っていない / 他社事例の調査中」のフェーズの方は、「製品カタログ」や「各種ソリューション」に関する情報を求めて来訪していた。傾向としては、検討が進むにつれその他に含まれる情報が増えていることから、求める情報が多様化している。

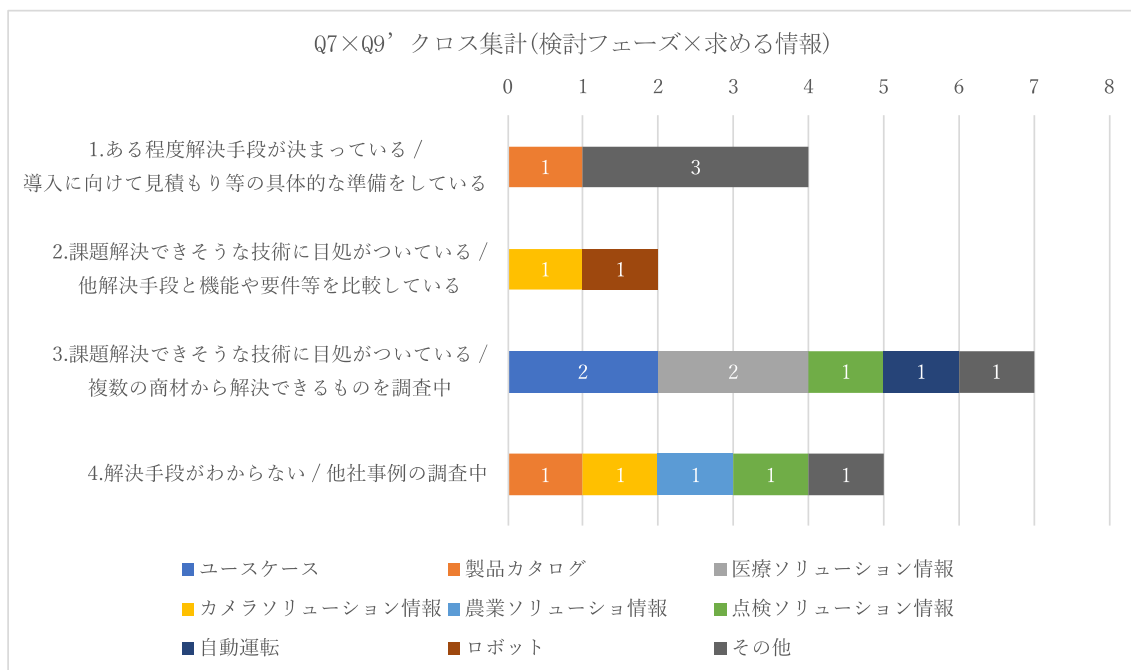


図 2.3.2-15 利用者アンケート「課題に対する検討フェーズと求める情報」

Q7×Q18 課題に対する対応・検討フェーズ×継続利用の意向

80%以上の方が継続利用したいかという問いに「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答していただいている。極めて高い水準で継続利用の意向があった理由の分析として、自社の抱える課題への対応・検討フェーズが進むほどサイトの継続利用意向が高まるのかを確認した。

結果として、「課題解決できそうな技術に目途がついている/他解決手段と機能や要件等を比較している」と回答した方のうち 80%が当サイトを継続利用したいと考えている。これは、本サイトが比較する際の情報集積に適していると捉えられているからだと考えられる。

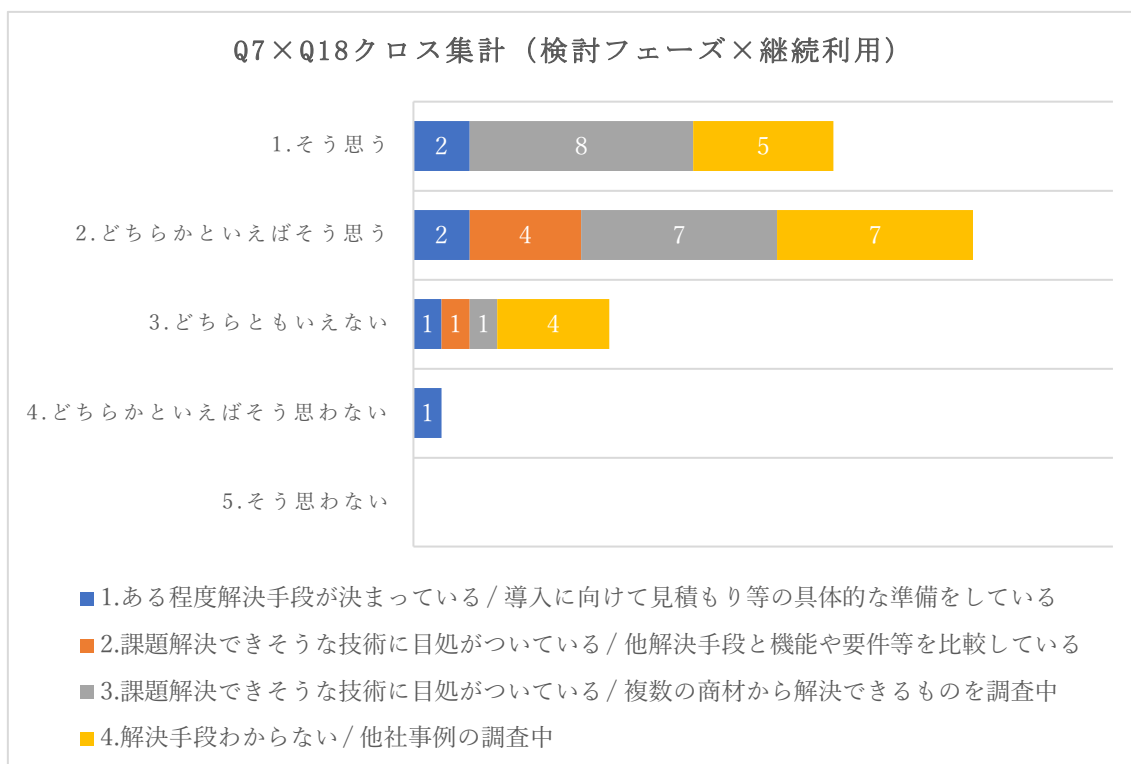


図 2.3.2-16 利用者アンケート「課題に対する検討フェーズとサイトの継続利用意向」

Q8×Q15 情報へたどり着けたか×ソリューション導入意向の変化

課題解決に繋がる情報を見つけることが5Gソリューションの利用意向に影響を与えるかを確認した。結果として、課題解決に繋がる情報を見つけることが出来た層は、5Gソリューションの利用意向が「高まった」と回答した方の中で86%を占めており、利用意向と情報を見つけることが出来たかは密接に関係していると考えられる。一方、課題解決に繋がる情報を見つけることが出来なかった層は、5G利用意向が「変化なし」「やや低くなった」に多く分布している。注目したいのは、「課題解決に繋がる情報を見つけることが出来なかった」方で、利用意向が「高まった」「やや高まった」が存在することである。求めていた情報ではないが、利用意向に影響する情報を見つけられたと考えられる。どの情報に触れたことが利用意向に関連するのかを明らかにすることが出来れば、より利用意向の向上に適したサイトとなる可能性がある。

Q13での当サイトの情報源としての役割確認とQ14での今後の情報ソースとして活用したい理由の集計結果と合わせて検討すると、ポータルサイトに求められる役割は幅広く多くの事例に関する情報の提供であることから、自社として最も欲しい情報だけではなく、同業他社の取り組みなどを提供できたことが利用意向の向上に影響した可能性がある。

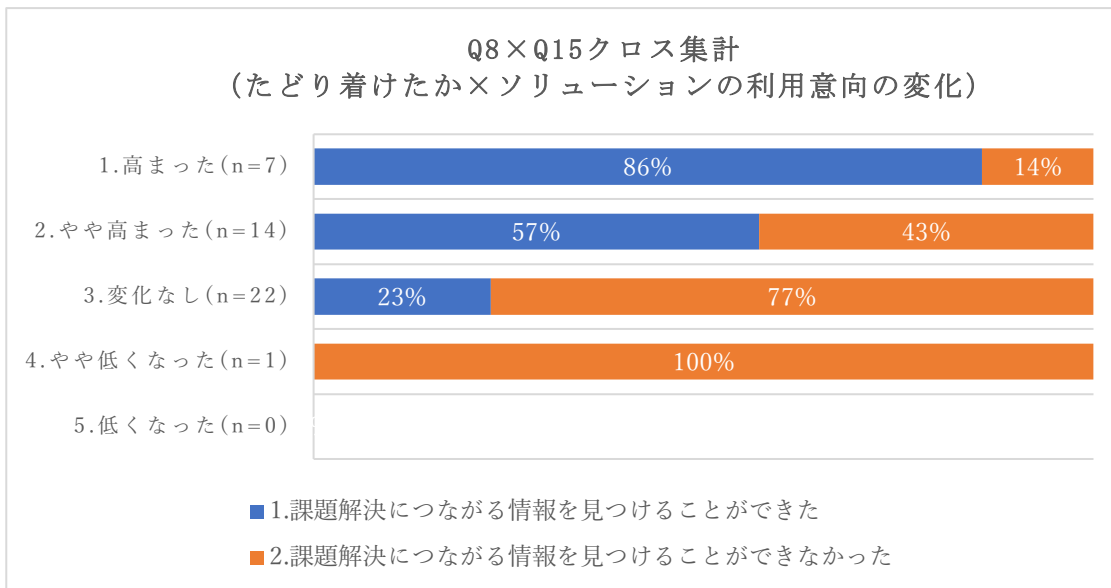


図 2.3.2-17 利用者アンケート「情報到達とソリューション利用意向の変化」

2.3.3 (C) 利用者アクセス解析検証結果

分析対象期間の 2023 年 1 月 27 日から、2023 年 2 月 24 日までの約 1 か月間で当カタログサイトへの総アクセスユーザは 606 ユーザであった。

各検証項目に対して GA4 にて計測可能な項目の計測結果を以下に示す。

検証項目：カタログサイト利用者の求める情報

・アクセス数の多い技術名

「技術から探す」カテゴリで設定した 6 つの技術名のそれぞれのクリック数を確認した。技術から探す場合の動線がサイト内に複数あるため、GA4 でカウントが可能な 1 つの動線のみを計測した。ランディングページの「技術から探す」カテゴリで、技術名をクリックし、選択した技術のソリューション一覧ページに遷移した数を計測した。

結果として、AI のクリック数が 38%と最も多く、次いで IoT が 22%、その他 4 区分については 10%程度と横ばいであった。

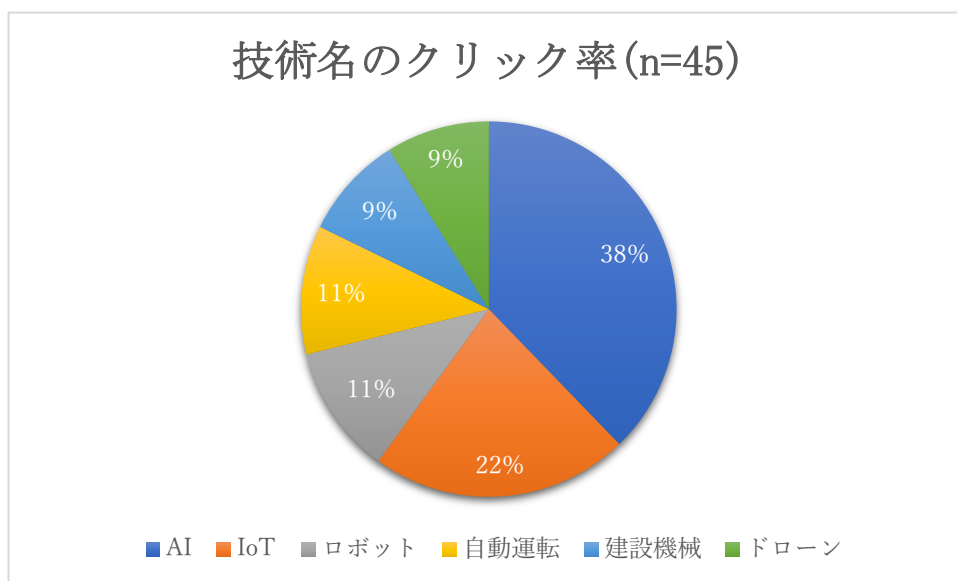


図 2.3.3-1 利用者アクセス解析「技術名ごとのクリック率」

検証項目：カタログサイト利用者の抱える課題に則した情報であれば閲覧されるか

・ソリューション詳細ページの閲覧率

ソリューション詳細ページを閲覧した利用者数の計測を行った。全体の 606 ユーザに対し、ソリューション詳細ページを閲覧したユーザは 31.0%の 188 人であった。

・ソリューション一覧ページからの離脱率

ソリューション一覧ページでソリューションのタイトルやサムネイル、検索タグとして設定した情報を見て、サイト利用者が自社に関連するソリューションだと判断し、ソリューション詳細ページへ遷移すれば、利用者の抱える課題に則した情報により閲覧されたと言える。一方で自社の課題に即した情報でないと判断されれば、ソリューション一覧ページからの離脱率が高くなると考えられる。よって、ソリューション一覧ページからの離脱率が極端に高くないかを計測した。

結果として、サイト全体の離脱数 746 件に対し、ソリューション一覧ページから離脱した件数は 15.6%の 117 件となった。ソリューションの閲覧を終えてソリューション一覧ページを再度確認してから離脱した件数も含まれていることを加味すると、ほとんどの利用者が閲覧を進めた可能性がある判断できる。

ページタイトルとスクリーン名	↓離脱数
合計	746 全体の 100%
1 5GSharingSolutions	444
AI搭載・ネットワーク対応型車内防犯カメラ - 5GSharingSolutions	3
AI画像解析や見回りロボットによる高品質... - 5GSharingSolutions	1
IP映像配信によるテレビ受信障害の応急復... - 5GSharingSolutions	3
5 お問い合わせ内容入力 - 5GSharingSolutions	10
6 お問い合わせ内容確認 - 5GSharingSolutions	0
7 お問い合わせ完了 - 5GSharingSolutions	1
ゆず生産スマート化システム - 5GSharingSolutions	2
ゴルフ場におけるコース運営の効率化及び... - 5GSharingSolutions	11
10 ソリューション一覧 - 5GSharingSolutions	117

図 2. 3. 3-2 利用者アクセス解析「ソリューション一覧ページからの離脱率」

検証項目：カタログサイト利用者は必要な情報にたどりつくことができたか

・関連 URL クリック数

利用者の求めるソリューションが見つかり、より詳細な情報を得るために関連 URL のリンクをクリックしたとみなす。

結果として、ソリューション詳細ページに表示されている関連 URL のクリック数は 15 件であり、ソリューション詳細ページを閲覧した 188 人のうち約 8%がより詳細な情報を求めていることが分かる。

・ソリューション詳細ページの滞在時間

ソリューション詳細ページの滞在時間として、セッションあたりの平均エンゲージメント時間を計測した。

結果として、平均 31 秒間ソリューション詳細ページが閲覧されていることが分かった。全体で 33 ソリューションが閲覧されたが、うち滞在時間が極端に短いものとして 10 秒程度のソリューションが 5 件ほどあったが、概ね掲載情報を閲覧し切るだけの滞在をしていたと判断できる。

表 2.3.3-1 利用者アクセス解析「各ソリューションページの平均滞在時間」

ページタイトルとスクリーン名	セッションあたりの平均エンゲージメント時間
AI搭載・ネットワーク対応型車内防犯カメラ - 5GSharingSolutions	34
AI画像解析や見回りロボットによる高品質和牛の肥育効率化 - 5GSharingSolutions	32
IP映像配信によるテレビ受信障害の応急復旧システム - 5GSharingSolutions	47
ゆず生産スマート化システム - 5GSharingSolutions	27
ゴルフ場におけるコース運営の効率化及び新たなゴルフ体験の実現 - 5GSharingSolutions	25
ソリューション一覧 - 5GSharingSolutions	48
ドローンを用いたインフラ点検および災害現場検証ソリューション - 5GSharingSolutions	21
ブリ養殖における自動給餌システム - 5GSharingSolutions	32
ローカル5G対応防水・防塵・小型USB dongle端末 - 5GSharingSolutions	21
収穫適期判定、遠隔指導、自動収穫及び遠隔ショッピングシステム - 5GSharingSolutions	30
屋内スポーツにおける魅力的な映像コンテンツを提供するソリューション - 5GSharingSolutions	22
工場向けAIによる精製物の自動粒度判定システム - 5GSharingSolutions	37
工場向けキズ検知ソリューション - 5GSharingSolutions	18
救急搬送中患者の遠隔データ連携システム（仮称） - 5GSharingSolutions	30
救急病院間における遠隔画像伝送ソリューション - 5GSharingSolutions	13
最適経路によるロボットトラクターの遠隔制御システム - 5GSharingSolutions	32
検証協力企業等一覧 - 5GSharingSolutions	19
河川監視システム - 5GSharingSolutions	9
洋上風力発電ブレード点検効率化ソリューション - 5GSharingSolutions	41
港湾向けトレーラー待機場の混雑状況等可視化ソリューション - 5GSharingSolutions	13
火力発電所のスマート保安の実現 - 5GSharingSolutions	78
災害時のリアルタイム状況把握と迅速な応急復旧ソリューション - 5GSharingSolutions	19
病院特化型映像共有ソリューション - 5GSharingSolutions	31
空港制限区域内ターミナル連絡バスの複数台遠隔型自動運転 - 5GSharingSolutions	35
設備点検作業の自動化・省人化 - 5GSharingSolutions	32
車両前方カメラによる鉄道沿線の異常検知ソリューション - 5GSharingSolutions	12
遠隔高度医療支援サービス - 5GSharingSolutions	47
鉄道車両ドア閉扉判断の高度化ソリューション - 5GSharingSolutions	38
鉄道車両監視AIシステム - 5GSharingSolutions	81
電波環境の維持管理効率化ソリューション - 5GSharingSolutions	22
高画質映像ストリーミング対応小型カメラ端末 - 5GSharingSolutions	24
高精度映像測位ソリューション - 5GSharingSolutions	28
高精細4K映像リアルタイム伝送による防災業務ソリューション - 5GSharingSolutions	11
平均滞在時間	30.6

2.4 検証結果のまとめと将来的発展形態の仮説

構築したカタログサイト及び搭載した情報、今回検証を行った(A)5Gソリューション提供者アンケート、(B)利用者アンケート、(C)利用者アクセス解析の結果を踏まえ、カタログサイトの有効性、将来的に必要な情報発信等の形態、求められる情報・機能等について取りまとめる。

2.4.1 (A)5Gソリューション提供者アンケートによる検証結果

(A)5G ソリューション提供者アンケートでは、①カタログサイトに対し、5G ソリューション提供者にコンテンツ投稿に対して意欲的であるかを確認した。具体的にはコンテンツの投稿に意欲的か、提供するコンテンツのターゲットユーザの業種、カタログサイトに投稿したい情報は何かを把握することで意欲を確認した。また、②カタログサイトへのコンテンツ投稿への意欲が稼働負担により損なわれることがないかを確認した。具体的には既存提案資料やプロモーションコンテンツを活用して投稿ができたか、カタログサイトへのプロモーションの期待度合いに対してコンテンツ投稿にかけた稼働が見合うものだったかを確認した。③カタログサイトに対し、求める機能についても確認した。これにより、本実証で構築したカタログサイトの機能は十分だったか、将来的にカタログサイトに求められる機能は何かを確認した。

以下①～③での検証結果をまとめる。

①5G ソリューション提供者のコンテンツ投稿に対する意欲

協力依頼に対しほぼ全ての企業が掲載に前向きであった。提供者アンケート Q2 でも集客効果に対し期待しているとの回答が多く、広く閲覧してほしいと考えている企業が多いと考えられる。

サイト運営側が設定する業種区分と提供者のターゲットとする業種区分に一部差があり、実証を行っている業種に限らず複数の業種に掲載を行いたい提供者や、より詳細な業種区分を求める提供者が存在する。幅広い用途で利用できるソリューションでは、業種に縛られないケースがある事などが原因であると考えられる。製造業等を含めることでより一般化した業種区分とすることが出来ると考えられる。

掲載したい情報は、70%以上の提供者が掲載できたと回答している。掲載しなかったが今回掲載できなかった情報としては、「動画や画像の掲載」「業種区分の不足」「特徴等の訴求」等が挙げられており、利用者により深く理解してもらうための情報と、見つけてもらう為の情報が主であるといえる。実運用の際には、掲載可能とする情報量の調整が必要となる。

②コンテンツ投稿の稼働負担

提供者アンケート Q5 で 90%以上の提供者は既存の提案資料やプロモーションコンテンツをそのままもしくは一部修正して使うことが出来たと回答している。流用を行う事で、既存のプロモーションと並行してカタログサイトにも掲載するような利用方法が行われると考えられる。

プロモーション効果への期待度合いと入力作業にかかる負担のバランスについては、提供者アンケート Q2-A-1 より継続掲載を行いたい企業が 90%以上となり、期待度合いが大きかった。今回の入力作業を負担に感じたかを確認した提供者アンケート Q4 と合わせて検討すると、入力作業の負担がほとんどないことから継続掲載に前向きな結果が出たと考えられる。掲載情報量を増やしたいという意見もあり、バランスを検討する必要がある。また、今回掲載したのは実証中のソリューションが中心であり、実運用時は販売されているソリューションが多くなると考えられる。ソリューション提供者の持つプロモーションコンテンツが実証時よりも充実していることが予想され、負担の軽減が見込めるケースもあると考えられる。

③カタログサイトに求める機能

機能要望として、「より強力な検索機能」「比較機能」「簡単見積もり機能」「問い合わせ等コミュニケーション機能」等が挙げられており、提供者ごとに有用と考える機能に差がある事が分かった。実運用ではソリューション数が増加することが予想され、検索機能や比較機能が求められると考えられる。見積もり機能は 5G ソリューション環境の利用者ごとに見積条件が煩雑になる懸念があることから、汎用的に利用可能か検討が必要と考えられる。問い合わせ機能を強化する場合、提供者-利用者間のチャット機能やチャットボット等の活用が考えられる。提供者アンケート Q7 では、サイト利用者がソリューションの導入を決定した際にも、提供者としてはサイト内での決済機能が不要であることが分かった。自社で既に決済フローが決定しており、サイト内の決済機能を利用することでかえって時間がかかってしまうケースがあるためだと考えられる。

表 2.4.1-1 提供者アンケートによる検証結果と考察

検証により明らかにする問い	検証項目	考察
①5Gソリューション提供者はカタログサイトへのコンテンツ投稿に対して意欲的であるか	カタログサイトへのコンテンツ投稿に意欲的か	協力依頼に対しほぼ全ての企業が掲載に前向きであった。集客効果に対し期待しているとの回答が多く、広く閲覧してほしいと考えている企業が多いと考えられる。(Q2)
	どのような企業を自社のターゲットと捉えているか	サイト運営側が設定する業種区分と提供者のターゲットとする業種区分に一部差があり、実証を行っている業種に限らず複数の業種に掲載を行いたい提供者や、より詳細な業種区分を求める提供者が存在する。幅広い用途で利用できるソリューションでは、業種に縛られないケースがある事などが原因であると考えられる。製造業等を含めることでより一般化した業種区分とすることが出来ると考えられる。(Q1)
	掲載したい情報は何か	掲載したい情報は、70%以上の提供者が掲載できたと回答している。掲載しなかったのが今回掲載できなかった情報としては、「動画や画像の掲載」「業種区分の不足」「特徴等の訴求」等が挙げられた。実運用の際には、掲載可能とする情報量の調整が必要となる。(Q3、Q3-A-1)
②カタログサイトへのコンテンツ投稿の稼働負担が大きく、5Gソリューション提供者の継続的な情報アップデートの意欲を損なうことがないか	既存の提案資料やプロモーションコンテンツを活用して投稿することができたか	90%以上の提供者が既存の提案資料やプロモーションコンテンツをそのままもしくは一部修正して投稿できた。(Q5)
	カタログサイトへの情報掲載によるプロモーション効果への期待に対して、今回のコンテンツ投稿にかけた稼働は見合うものであったか。	継続掲載を行いたい企業が90%以上となり、期待度合いが大きかった。(Q2-A-1) 入力作業の負担がほとんどないことから継続掲載に前向きな結果が出たと考えられる。(Q4) 掲載情報量を増やしたいという意見もあり、バランスを検討する必要がある。(Q3-A-1) 実運用時には販売されているソリューションが多くなり、プロモーションコンテンツが実証時よりも充実していることが予想され、負担の軽減が見込めるケースもあると考えられる。
③カタログサイトに求める機能は何か	提供者側の機能要望はあるか	機能要望として、「より強力な検索機能」「比較機能」「簡単見積もり機能」「問い合わせ等コミュニケーション機能」等が挙げられた。(Q6) 実運用ではソリューション数が増加することが予想され、検索機能や比較機能が求められると考えられる。見積もり機能は5Gソリューションの環境構築に依存する特性上汎用的に利用可能か検討が必要と考えられる。問い合わせ機能を強化する場合、提供者-利用者間のチャット機能やチャットボット等の活用が考えられる。サイト利用者がソリューションの導入を決定した際にも、提供者としてはサイト内での決済機能が不要である。(Q7) 自社で既に決済フローが決定しており、サイト内の決済機能を利用することでかえって時間がかかってしまうケースがあるためだと考えられる。

2.4.2 (B)利用者アンケート、(C)利用者アクセス解析による検証結果

(B)利用者アンケート、(C)利用者アクセス解析では、カタログサイトへの需要があるのか、①カタログサイトの来訪者が何を目的に来訪しているかを確認した。具体的には、自社で抱える課題を解決できるソリューションを検索しているのか、顧客等他社の課題解決ができるソリューションを検索しているのかといった来訪者属性を確認した。②来訪目的毎にカタログサイトに求める情報も確認した。これらの求める情報がカタログサイトに掲載されている場合、③利用者がカタログサイトで閲覧するコンテンツは何かを確認した。具体的には、利用者の課題に即した情報であれば閲覧されるのか、求めていた情報にたどり着いたのか、どのようなカテゴリで表示されていれば情報にたどり着けるのかを確認した。④コンテンツを閲覧した結果、訪問前後でソリューションを利用したいという意向が高まったかも確認した。

以下①～④での検証結果をまとめる。

Google Analytics (GA4) によると訪問者数は計測期間の1ヶ月間で606ユーザとなり、自社・顧客に

課題を抱えている企業や5Gソリューションに興味を持つ方にとって関心の高いサイトであると言える。利用者アンケート Q2 の回答より利用者の業種も幅広く、5G ソリューションについて情報を獲得したいニーズは高いと言える。利用者アンケート Q13 や Q15 より今後 5G ソリューションを探す際に、当サイトのようなポータルサイトを利用したい意向が高く、各社 HP やニュースと併用することを期待していると考えられる。利用者アンケート Q7 と Q18 を合わせて分析すると、自社・顧客の課題解決に向けた調査を目下行っている方は、当サイトを継続的に利用する価値があるものだと捉えている。

①カタログサイト利用者の来訪目的

主な来訪目的としては、「顧客に提案可能なソリューションの調査」となる。一方、「自社の課題解決に繋がるソリューションの調査」も 45%程度であった。自社への導入だけでなく、顧客に提案を目的とする層がアクセスすることから、効率よく情報を伝播するためにも有効なサイトであったと考えられる。

②来訪目的毎にカタログサイト利用者が求める情報

「顧客に提案可能なソリューションの調査」「自社の課題解決に繋がるソリューションの調査」とともに、追加で求めている情報として機能や項目ではなく「より多くの事例」が挙げられていることから、基本的に必要な情報は概ね問題なく掲載されていると考えられる。利用者が求めている情報はより多くの事例であり、詳細は各社 HP 等で確認するような使い方も考えられる。

③情報への到達性

利用者アンケート Q8 で過半数が求める情報にたどり着けなかったと回答した。原因を把握するため、Q8-B-1 を確認すると小規模向けのソリューション等が求められており、当サイトの掲載・表示方法などの情報到達性に起因するものではなく、掲載されているソリューションのバリエーション不足によるものであったと言える。

利用者アンケート Q8-A-2 によると、情報にたどり着けた層の 74%がたどり着きやすかったと回答していることから、概ね情報到達性は高いサイトであったと言える。

タイトルやサムネイルをもとに求めている情報と異なると判断され、離脱しているケースがないか確認する目的で、GA4 による離脱ページの分析を行った。サイト全体の離脱数 746 件に対し、ソリューション一覧ページから離脱した件数は 15.6%の 117 件となった。ソリューションの閲覧を終えてソリューション一覧ページを再度確認してから離脱した件数も含まれていることを加味すると、ほとんどの利用者が閲覧を進めた可能性があるかと判断できる。

④5G ソリューションの利用意向変化

利用者アンケート Q12 より、当サイトを見て 5G ソリューションの利用意向が高まった割合が約 50%であり、情報提供により一定の層に対しては利用意向を高めることが可能であると考えられる。特に、他の情報源があるにもかかわらず、当サイトで利用意向が高まった事より、詳細な情報を知るだけでなく網羅的な情報提供による調査の第一歩の支援が求められている可能性がある。

表 2. 4. 2-1 利用者アンケート、アクセス解析による検証結果と考察

検証により明らかにする問い	検証項目	考察
カタログサイトの需要はあるのか	カタログサイトの需要	訪問者数は計測期間の1ヶ月間で606ユーザーとなり（アクセス解析）、自社・顧客に課題を抱えている企業や5Gソリューションに興味を持つ方に需要があった。利用者の業種も幅広く、5Gソリューションについて情報を獲得したいニーズは高い。（Q2） 今後5Gソリューションを探す際に、当サイトのようなポータルサイトを利用したい意向が高く、各社HPやニュースと併用することを期待していると考えられる。（Q13, Q15） 自社・顧客の課題解決に向けた調査を目下行っている方は、当サイトを継続的に利用する価値があるものと捉えている。（Q7, Q18）
①カタログサイト利用者の来訪目的は何か	カタログサイト利用者の属性情報	主な来訪目的は、「顧客に提案可能なソリューションの調査」となる。一方、「自社の課題解決に繋がるソリューションの調査」も45%程度であった。自社への導入だけでなく、顧客に提案を目的とする層がアクセスすることから、効率よく情報を伝播するためにも有効なサイトであったと考えられる。（Q5）
②来訪目的毎にカタログサイト利用者が求める情報は何か	カタログサイト利用者の求める情報	「顧客に提案可能なソリューションの調査」「自社の課題解決に繋がるソリューションの調査」ともに、追加で求めている情報として機能や項目では「より多くの事例」が挙げられている。したがって基本的に必要な情報は概ね問題なく掲載されていると考えられる。利用者が求めている情報はより多くの事例であり、詳細は各社HP等で確認するような使い方も考えられる。（Q8-B-1）
③カタログサイト利用者が閲覧するコンテンツは何か	カタログサイト利用者の抱える課題に則した情報であれば閲覧されるか	サイト全体の離脱数746件に対し、ソリューション一覧ページから離脱した件数は15.6%の117件となった。（アクセス解析）ソリューションの閲覧を終えてソリューション一覧ページを再度確認してから離脱した件数も含まれていることを加味すると、ほとんどの利用者が閲覧を進めた可能性があると判断できる。
	どのようなカテゴリ区分であるとカタログサイト利用者が必要な情報にたどり着きやすいか	過半数が求める情報にたどり着けなかったと回答した。（Q8） 小規模向けのソリューション等が求められており、当サイトの掲載・表示方法などの情報到達性に起因するものではなく、掲載されているソリューションのバリエーション不足によるものであったと言える。（Q8-B-1） 情報にたどり着けなかった層の74%がたどり着きやすかったと回答していることから、概ね情報到達性は高いサイトであったと言える。（Q8-A-1）
④コンテンツを閲覧した結果カタログサイト利用者の5Gソリューション利用意向が高まったか	カタログサイト訪問前後でのカタログサイト利用者のソリューション利用意向の変化	当サイトを見て5Gソリューションの利用意向が高まった割合が約50%と、情報提供により利用意向を高めることが可能であると考えられる。（Q12） 特に、既知の情報源である各社HP等があるにもかかわらず、当サイトで利用意向が高まった事より詳細な情報を知るだけでなく網羅的な情報提供による調査の第一歩の支援が求められている可能性がある。

2. 4. 3 将来的に必要なとなる情報発信等の形態、求められる情報・機能

①業種区分の充実

本実証では、掲載するソリューションを令和4年度L5G実証団体のソリューションに絞ったため、掲載されない業種等は省いたが、実際の運用では網羅的な業種区分の実装が求められる。利用者が閲覧するソリューション決定の際に確認する事項は利用者アンケートQ10より、業種区分が最多である。そのため、今回の実証では掲載ソリューションがなく省かれた業種に関しても掲載を行い、わかりやすく分類することで利用者の利便性が向上すると考えられる。提供者がターゲットとしている業種および利用者の業種を加味すると、製造業や金融、通信等が一般に求められる区分であると考えられる。

②掲載文章量の調整

より多くの情報を掲載したいという提供者がいる一方、提供者の入力作業にかかる負担と利用者側から見た適切な文章量の設定が必要となる。加えて、本実証では提供者より情報を受け取り実証団体が代替して入力を行ったが、実運用では提供者が自ら投稿フォーム等を用いて情報提供を行う形式になることも考えられ、その際に負担にならないかを検討する必要がある。

③情報量の調整

文章以外の情報として、画像や動画等の掲載に関してまとめる。提供者より画像や動画を用いた情報提供を行いたいという意見があった。提供者が直接投稿できる仕組みにする際には、データアップロード機能を実装し、任意項目とすることで対応は可能である。しかし、情報の量・質ともにソリューションごとのバラつきが出ることが予想され、どの内容を任意項目とするかは十分に検討が必要と考えられ

る。

④ログイン機能（提供者）

ソリューション情報を提供者が入力する形式とする場合、提供者毎の情報管理のため必須となると考えられる。加えて、長期的に掲載を行う際には、掲載情報の更新等も必要となることが予想される。そのため、提供者が定期的に情報を更新しやすい仕組みも合わせて検討する必要がある。

⑤ログイン機能（利用者）

実運用時に問い合わせ、資料請求、ソリューションのお気に入り登録や購入等の機能を実装する際に必要となると考えられる。本実証ではアクセス解析やアンケートによる情報収集を行ったが、実装時には利用者情報を獲得する手段を用意しなければ利用者の各種要望に対する対応が困難であると考えられる。

⑥問い合わせ機能の強化

提供者より問い合わせ機能の強化を求める意見があった。問い合わせ機能には複数の手法があり、問い合わせメールの送信機能、サイト内でのチャット機能、チャットボット等が想定される。また、見積もり機能の要望もあったが、5Gソリューションの特性上、利用者環境による価格の変化等があり一律の価格を提示する仕組みはそぐわないと考えられ、チャットベースで気軽に相談が可能となるような形式が望ましいと考えられる。

⑦比較機能

利用者より類似ソリューションの比較機能を求める意見があった。本実証では、実証団体のソリューションを中心とした掲載であり、ソリューション数が限られていたため問題とならなかったが、実運用時はより多くのソリューションが掲載されることが想定される。その際、同様の課題解決を目的とするソリューションが多数掲載されるケースが想定され、利用者が検討に適した情報を求めることが考えられる。異なるアプローチ等でも比較を行うための比較軸の検討が必要となる。

表 2.4.3-1 将来追加で求められる検討要素および機能

将来のサイトに求められる情報、機能	詳細
①業種区分の充実	利用者が閲覧するソリューション決定の際に確認する事項は業種。(利用者アンケートQ10) 今回の実証では掲載ソリューションが無く省かれた業種についても掲載を行い、わかりやすく分類することで利用者の利便性が向上すると考えられる。具体的には、製造業や金融、通信等が一般に求められる区分であると考えられる。
②文章量の調整	より多くの情報を掲載したいという提供者がいる。(提供者Q3、Q3-A-1) 提供者の入力作業にかかる負担と利用者側から見た適切な文章量の設定が必要となる。利用者は機能等のより詳細な情報が知りたい等を17%が選択した。(利用者Q11-B-1)より多くの情報を求める層が一定数存在するといえる。本実証では提供者より情報を受け取り実証団体が入力を行ったが、実運用では提供者が自ら投稿フォーム等を用いて情報提供を行う形式になると考えられ、その際に負担にならないかを検討する必要がある。
③情報量の調整	提供者より画像や動画を用いた情報提供を行いたいという意見があった。(提供者Q3、Q3-A-1) 提供者が直接投稿できる仕組みにする際には、アップロード機能を実装し、任意項目とすることで対応は可能である。しかし、情報の量・質ともにソリューションごとのバラつきが出るのが予想され、どの内容を任意項目とするかは十分に検討が必要である。
④ログイン機能 (提供者)	ソリューション情報を提供者が入力、更新する形式とする場合、ログイン機能が必須となる。提供者が定期的な情報を更新しやすい仕組みも合わせて検討する必要がある。
⑤ログイン機能 (利用者)	実運用時に問い合わせ、資料請求、ソリューションのお気に入り登録や購入等の機能を実装する際に必要となる。実装時には利用者情報を獲得する手段としてアカウント情報を活用する。
⑥問い合わせ機能の強化	提供者より問い合わせ機能の強化を求める意見があった。(提供者Q6) 問い合わせ機能には複数の手法があり、問い合わせメールの送信機能、サイト内でのチャット機能、チャットボット等が想定される。また、見積もり機能の要望もあったが、5Gソリューションの特性上、利用者環境による価格の変化等があり一律の価格を提示する仕組みはそくわないと考えられ、チャットベースで気軽に相談が可能となるような形式が望ましいと考えられる。
⑦比較機能	提供者、利用者ともに比較機能を求める意見があった。(提供者Q6、利用者Q11-A) 本実証では、実証団体のソリューションを中心とした掲載であり、ソリューション数が限られていたため問題とならなかったが、実運用時はより多くのソリューションが掲載されることが想定される。その際、同様の課題解決を目的とするソリューションが多数掲載されるケースが想定され、利用者が検討に適した情報を求めることが考えられる。異なるアプローチ等でも比較を行うための比較軸の検討が必要となる。

3. 5G ソリューションの共用形態に係る検証

1.1 節の目的でも詳述した 5G ソリューションの共用形態に係る検証を実施する経緯の概要を以下に記載する。

令和 2 年度 L5G 実証にて、鉄道事業者（京浜急行電鉄株式会社、以下「京急」）が実際に抱える課題の解決をめざした 5G ソリューションの一部として、オンプレミス型（SI 型）で「鉄道車両監視 AI システム」を構築した。実証の結果、「鉄道車両監視 AI システム」は鉄道車両の異常検知に資することが確認できた。

「令和 3 年度 5GSC 実証」において、5G ソリューションの水平展開のユースケースを設定し、ダウンロード型（以下、DL 型）の「鉄道車両 AI システム」を構築し、西鉄の協力を得て実証した。その結果、「実装可能性」「水平展開可能性」「実用性」の観点で DL 型の 5G ソリューションの有効性を確認できた。一方で、導入側のシステム導入難易度や費用対効果面の課題があり、SaaS 型での検証および DL 型との比較検討が求められた。

今年度事業では、「鉄道車両監視 AI システム」を SaaS 型で構築し、その有効性を検証することで、ネットワークレベル及びアプリケーションレベルにおける 5G ソリューションの実装可能性をさらに向上させるとともに、鉄道分野及びその他の分野に横展開の可能性を検討していくこととした。

汎用化された 5G ソリューションを全国の利用者に効率的に提供するためにはプラットフォームを用いた一元的なサービス提供方式への転換なども今後、構想検討が必要になると想定されるが、今年度実証においては、5G ソリューション共用形態に重点をおき、その課題解決について検討を行い、ソリューションの汎用化、共用方法の策定および、5G-SA サービスや MEC の高度化などの技術の活用により多くの利用者へ有益に活用できる横展開の方法を明確化することを目標とした。（図 3-1 参照）



図 3-1 ソリューション共有化に向けた取り組み

3.1 検証概要・目的

本事業においては、まず、以下の観点を中心として 5G ソリューションの共有形態に関する検証を行う。

- ・ SaaS 型アーキテクチャを用いた構成での実現性や課題確認

他提供形態（SI 型、DL 型）と比較して導入のハードルが低減される見込みの SaaS 型提供形態であるが、アプリケーションが外部クラウド環境上に配置されるため、従来の SI 型や DL 型と比較し、様々な環境要因による処理の遅延などが発生しやすいと想定される。本事業において、実地からクラウドまで含めた End To End の実証を行い、5G ネットワークの接続形態（5G ネットワークとクラウド基盤の接続方式）やサーバやアプリケーション側における遅延緩和策などシステム・リソース要件など、今後の SaaS 型の事業者での検討に活用できるよう SaaS 型の提供形態を採用する場合に起こりうる事象や課題について、様々な観点で実証を行い、以下、3.3 節にて結果を取りまとめる。

- ・ SaaS 型で共有を行うための要素検証（汎用化検討）

SaaS 型の共有形態は、利用者側の負担軽減を目指すうえで有効な形態と見込んでいるが、複数のユーザによる利用を前提とするため、それに沿った機能開発やアーキテクチャの見直しが必要となる。共有のための仕組みや方策を検討し、その実現性や有用性の確認を行い、以

下、3.4 節にて結果を取りまとめる。

- ・実運用も含めた負荷低減の効果の確認

SaaS 型アーキテクチャの導入並びに共用に必要な機能の開発は、実際の負荷軽減効果につながっている必要がある。本事業においては、アーキテクチャの実現性や機能検討だけでなく、実際に開発した汎用化、共用するための機能を事業会社に実際に利用いただいた上で運用した場合の負荷の確認等も行い、SI 型や DL 型と比較し、利用者観点としても効果的な 5G ソリューション等の普及展開方策となりうることを確認するため、検証を行い、以下、3.4.4 項にて結果を取りまとめる。

上記を踏まえ、現実のユースケースを想定した 5G ソリューションとして令和 2 年度 L5G 実証事業で SI 型として開発が行われ、令和 3 年度 5GSC 実証事業にて DL 型の検証もすでに検証が完了している「鉄道車両監視 AI システム」をモデルケースとして選定し、以下 3.1.1～3.1.3 までの検証に向け実際の利用者（鉄道事業者 2 社）の実環境に導入し、5G 環境にて共用形態に係る検証を行った。

また、構築・検証した共用形態（SaaS 型アーキテクチャの検証、5G ネットワークとクラウド基盤の接続方式）を踏まえ、さらに高度化されていく 5G 技術と共用形態の親和性についても明らかにするため、5G 技術として今後活用が期待される 5GSA や MEC 技術を活用した場合における、5G ソリューションの展開・共用に資する有効性、論点、今後必要となる検証点について以下、3.5 節にて机上検証を行った。

加えて、本事業における実証でモデルケースとして選定する 5G ソリューションで、当該ソリューションの一部コア部分または汎用化アーキテクチャ等が他分野へ展開可能であることが確認された場合、そのケースをさらに分野横断的な 5G ソリューションとして、SaaS 提供による横展開を進めていくために必要となる論点や課題を明らかにしていく必要がある。

これらの論点や課題を整理し、共用に向けた実現可能性や有効性を向上させる観点でそれらの実行を計画し遂行することが、今後、5G ソリューションを広く普及させるという目的に対して提供者が検討すべきポイントである。

以下、3.6 節において、SaaS 型でのソリューション提供を進めていくために必要となる論点として、ソリューション、共用形態で必要となる利用者/提供者での運用面の整理に関する論点や IT サービス提供に関する技術的な課題に関する検討を行った。

3.7 節においては、SaaS 型でのソリューション提供を進めていくために必要となる論点を整理した結果を踏まえ、鉄道事業分野以外での本ユースケース活用を想定した際のシステムアーキテクチャの再評価および、提供形態や今後の提供に向けて必要となる検証に関して机上検証をおこなった。

3.1.1 SaaS 型アーキテクチャを用いた構成での実現性や課題の確認

5G ソリューションに係る検証において、実環境に導入して 5G 環境での共用形態に係る検証を

行う前段階の作業として、選定された 5G ソリューションが、SaaS 型でも提供可能であることを確認し、5G ソリューションの構築に関する作業や課題等を明らかにする必要がある。

その確認のため、SaaS 型のソリューション提供環境を準備し、アーキテクチャ変更を行った上、SaaS 型の一般的な方式としてインターネット接続方式にて正常に動作が可能かどうかの検証を行った。

具体的には、3.1 節で本実証の選定する 5G ソリューション「鉄道車両監視 AI システム」を SaaS 型として動作出来るよう設計を見直し、検証環境において SaaS 型で構築し、その環境におけるシステム性能及び正常性を確認する。DL 型から SaaS 型へ提供形態変更を行った上でも 5G ソリューションが問題なく動作出来るかを実証し、選定したソリューションのアーキテクチャ変更及びリアルタイムの映像を用いた AI 解析を行う本ソリューションが、SaaS 型として実現可能かを確認した。

この際、特に、SaaS 型の論点となりうる観点を深掘って検証するため、DL 型で構築した場合との比較検証やクラウド上の処理リソースを変化させた際のシステム動作検証も取り入れ、SaaS 型システムで共用を行う際に論点となりうる「遅延性」の観点について、実環境を用いて影響の確認を行った。

3.1.2 SaaS 型での共用を行うための要素検討（汎用化検討）

本事業で選定する 5G ソリューションを一例として、機能面について、5G を活用した同種のソリューションを汎用的に利用することを想定することとした。そのため、本システムは汎用性を意識したアーキテクチャ及び検証項目を設計することとした。具体的には、現地設備から提供者側クラウドへの接続、AI 解析の検知性能確認、処理リソースの共用利用等、複数の利用者で共用することを想定したシステム検証項目・方法を設計し、導入した。特に、DL 型との比較検証を通じて、SaaS 型の長所・短所を明確化する。

共用形態に係る検証においては、以下の汎用化レベルの定義に従い、各レベルにおける汎用化の効果の検証を行い、検証結果の分析と課題を整理した。

汎用化レベルは、下記の通り定義する。(図 3.1.2-1 参照)

- レベル 1 NW/アーキテクチャ (SaaS 共用形態、接続形態)
 - SaaS 共用形態
汎用的な機能・アーキテクチャを用いたサービス提供形態
 - 接続形態
異なる接続形態の長短所のまとめ
- レベル 2 共通コア機能 (マルチテナント管理機能)
 - マルチテナント管理機能
 - ・複数利用者のデータを独立して管理する仕組み
 - ・複数利用者が共通のシステムを利用し、適切にリソースを活用する仕組み
- レベル 3 AI コア機能 (追加学習機能/特化型汎用モデル)

- 追加学習機能
専門家でもなくとも AI モデルを運用・維持管理できる仕組み
- 特化型汎用モデル
汎用性を維持しながらも、利用者ごとに特化した学習が可能な仕組み

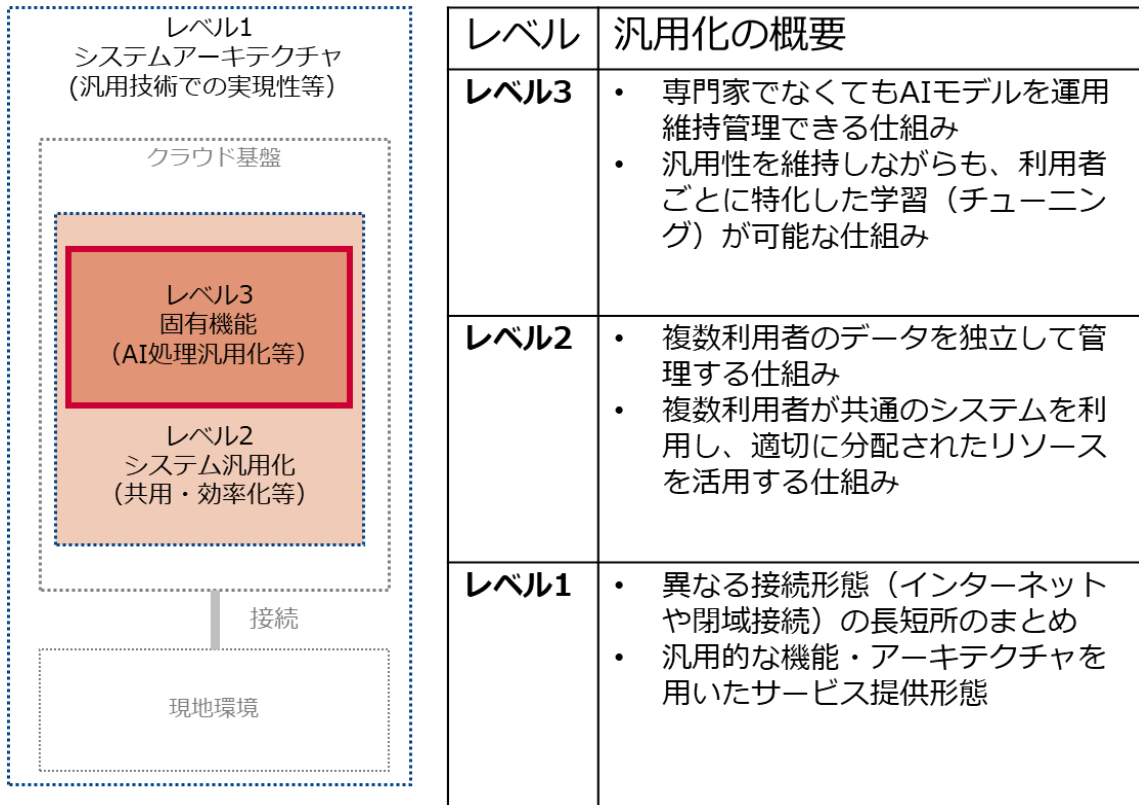


図 3.1.2-1 汎用化検討のレベル別分類イメージ

まず、汎用化レベル 1 では、システムの NW/アーキテクチャの観点で汎用性及び利用者負担の軽減度合いを評価する。特に汎用性については、SaaS 型での共用で横展開を行う際に、NW/アーキテクチャが原因となり、そのシステムが今回選定した AI ソリューションのような特定分野のみに限定されるものでなく、その他の種類のソリューションにも適用可能であることを確認する。

本事業の AI ソリューション（モデルケース）は、汎用的な SaaS 型のアーキテクチャを取り入れて設計・構築する。また、クラウドへの接続形態やクラウド内部の NW 構成・リソース利用状況も明示的に評価する。これにより他の事業者は、SaaS 型 5G ソリューションを実装する際に、本事業の汎用的な知見を活用することができる。

なお、本項の評価は、3.4.1 項の検証結果に基づいて実施する。

次に、汎用化レベル 2 では、SaaS 型システム内部での分野横断的なコア機能について、汎用性及び利用者負担の軽減度合いを評価する。特に汎用性については、今回選定した AI ソリューションだけでなく、その他の種類のソリューションにも適用可能であることを確認する。

本事業の AI ソリューション（モデルケース）には、SaaS 型システムにおいて汎用的かつ効果的なコア機能を実装する。例えば、複数ユーザごとに独立したデータ格納領域を管理する機能（マ

マルチテナント管理) や、複数ユーザが同時にシステムを利用する並列処理機能等を明示的に評価する。これにより他の事業者は、SaaS 型 5G ソリューションを実装する際に、本事業の汎用的な知見を活用することができる。

なお、本項の評価は、3.4.2 項の検証結果に基づいて実施する。

最後に、汎用化レベル 3 では、SaaS 型 AI システムに関するコア機能について、汎用性及び利用者負担の軽減度合いを評価する。特に汎用性については、今回選定したソリューションだけでなく、その他の AI ソリューションにも適用可能であることを確認する。

今日、AI 技術 (ディープラーニング) は、人の認知に到達する、または超越する技術として、人間中心社会の課題解決型システムの根幹を担うトレンド技術である。特に、人口減少や少子高齢化による「担い手不足」、「技術継承」に課題を持つ業界から注目を浴びている。5G ソリューションの付加価値としても注目され、実際に令和 2 年度～4 年度総務省ローカル 5G 実証でも複数の事例が生まれている。

AI システムは、検知対象に特化した専用モデルを構築し、学習させる必要がある。そのため、汎用的なモデルを提供するだけでは、検知対象について高い検知精度が期待できず、SaaS 型での提供には不向きとされてきた。これは、AI システムの高コスト化 (利用者の負担増大) に直結し、ソリューションの浸透を妨げる重大な課題である。

そこで、本事業の AI ソリューション (モデルケース) には、SaaS 型で活用するための汎用的かつ効果的なコア機能を実装する。特に、マルチテナント管理に基づいた SaaS 型での特化型汎用モデルの導入と、利用者による追加学習機能 (アノテーション支援、学習機能) を提供し、評価する。これにより他の事業者は、将来的に SaaS 型で AI システムを実装する際に、本事業の汎用化の知見を活用することができる。

なお、本項の評価は、3.4.3 項の検証結果に基づいて実施する。

3.1.3 実運用も含めた負荷軽減効果の確認

SaaS 型でサービスを提供する主な利点は、利用者側のシステム利用に係る負担の軽減である。提供者側インフラ環境に構築したソリューションを、複数の利用者が直接利用する形態を取ることによって、これまで SI 型や DL 型では利用者側で実施する必要のあったシステム構築、特にサーバインフラや、ネットワーク設計、導入後の運用等に関する利用者側の対応負担軽減が期待される。

例えば、3.1 節で選定する「鉄道車両監視 AI システム」においては、DL 型で利用する場合は、現地設備 (5G エリア、センシング機材、モニター等) に加え、利用者側でシステムを稼働する環境を整備してシステムをデプロイする必要がある。具体的には、専用のクラウド環境を設け、ダウンロードしたシステムを展開した上で、ネットワークの構築及び安定運用に向けた検証等が必要となる。利用者側がシステム構築に関する知識と経験がある場合は事業者の内製により対応可能であるが、そうでない場合は有スキル者の確保ならびに、場合によってはインフラ構築・運用のためのアウトソーシングが必要となり、利用者の負担 (利用障壁) となりうる。

一方、本システムを SaaS 型で利用する場合は、利用者側は現地設備 (5G 接続用回線、センシング機材、モニター等) のみ配備すればシステム利用可能となる。そのため、利用者側の負担が少な

く、少稼働で廉価に、素早くシステムを利用することができる。(図 3. 1. 3-1 参照)

システム構成要素		DL型提供方式	SaaS型提供方式	特に求められるスキルレイヤ・作業
システム 基盤	アプリケーション	事業者 提供	事業者 提供 (汎用技術)	<ul style="list-style-type: none"> 必要な作業 <ul style="list-style-type: none"> システム要件定義、設計等 求められるスキル <ul style="list-style-type: none"> 上位レイヤ (NW・サーバ) IT専門ではない事業者には有スキル者がおらず、対応が難しい
	コンテナ			
	ミドルウェア	利用者構築		
	OS			
5GNW環境	通信キャリア構築・提供	通信キャリア構築・提供	<ul style="list-style-type: none"> 必要な作業 <ul style="list-style-type: none"> 端末設置、接続等 求められるスキル <ul style="list-style-type: none"> 物理配置スキル IT専門ではない方でも対応可能な領域が多い 一部専門性が必要な部分もマニュアルにより対応をフォローすることで実現出来る想定	
システム導入環境	利用者構築	利用者構築		
カメラ機材類				
ファシリティ				

図 3. 1. 3-1 SaaS 型提供形態による利用者負担軽減イメージ

実際の負荷軽減効果については、過年度に行った結果等を参照としながら、導入負荷軽減効果を検証しつつ、前述の汎用化機能を含めた一連のシステム運用を鉄道事業者に体験頂くなど、より実態の沿った形での検証を行った。本結果は 3. 4. 4 項にまとめる。

3. 1. 4 将来的な 5G 技術を活用した場合の共用形態における論点

1. 1 項で前述したとおり、5G ソリューションは、5G の特性 (大容量、低遅延、多数同時接続) を活用されることを前提に構成されているため、従来よりもデータ通信量が多いことや、より低遅延でのデータ処理を求められる点、またデータを送信する端末数の多さなどの特徴をもつ。

クラウド環境上でこのような特徴をもつ 5G ソリューションを実行する場合には NW 接続形態の選択についてもシステム全体の性能要求を満足させるうえで検討が必要となる。

一般的に利用されるクラウド環境の NW 接続形態としてインターネットを介した接続形態があるが、これらのほかに、今後、本格的な導入が期待される 5GSA や MEC 技術を活用した接続形態についても机上検証を行うことで、5G の NW 品質向上や機能追加がより柔軟な NW 接続形態の構成につながるか、5G ソリューションの普及展開への寄与効果を確認する。本結果は、3. 5 項にまとめる。

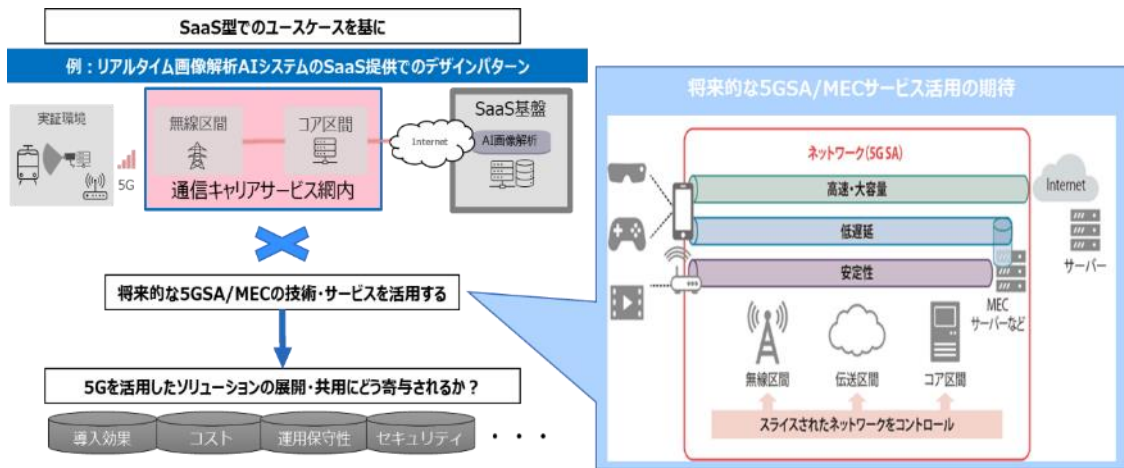


図 3.1.4-1 5GSA/MEC 技術の活用による共用形態での論点

3.1.5 分野横断的な 5G ソリューションの展開を見据えた共用形態の検証

1.1 項で前述したとおり、5G ソリューションの汎用化・共用化の実現前提として、特定分野における課題解決効果が確認されたユースケースが必要である。これらのユースケースの創出については、令和 2 年度から実施されているローカル 5G 開発実証の成果や、5G ソリューション開発事業者などにおいて実証実験が行われ、各事業分野におけるソリューション事例開発が進められ、社会実装に向けた取り組みが検討されている。

これらのユースケースについては先進的な取り組みである側面が強いことや、導入を進めるための初期開発コストの負担が大きいことで、条件が適う事業者のみでの広がりにとどまっている。

また、地域に根差す中小企業や地方自治体等の各産業分野の振興を担うステークホルダーでのソリューション導入は進んでいないという事業者間での導入に関する課題が生じている。

本実証においては、5G ソリューションの普及展開方策の波及範囲としてこれらの 5G ソリューションの利用が、その導入障壁が高いことで敬遠されていた利用者層にも広がることで、5G ソリューションの社会普及につながっていくと考え検討を行った。

幅広い利用者層にソリューション提供を行い、より簡便・安価に利用を広めていくため、従来開発を行ったユースケースの部品化、汎用化を行うことにより、汎用的な課題解決を行うコア機能を開発し、分野横断的にコア機能とそれらを効率的に横展開するための共同利用可能な機能を準備し、他分野においても同様の課題を抱える利用者に利用をしてもらい共同利用の形態をとることが、ソリューションの普及展開につながると考える。(図 3.1.5-1)

本実証においては、共用形態に関するソリューション面の検討のほか、共同利用を進めていくために必要となる提供・利用形態、運用面、提供に必要な技術面での検討を行い、実現性の具体化に向けた確認を行う。本結果は、3.6 節にまとめる。

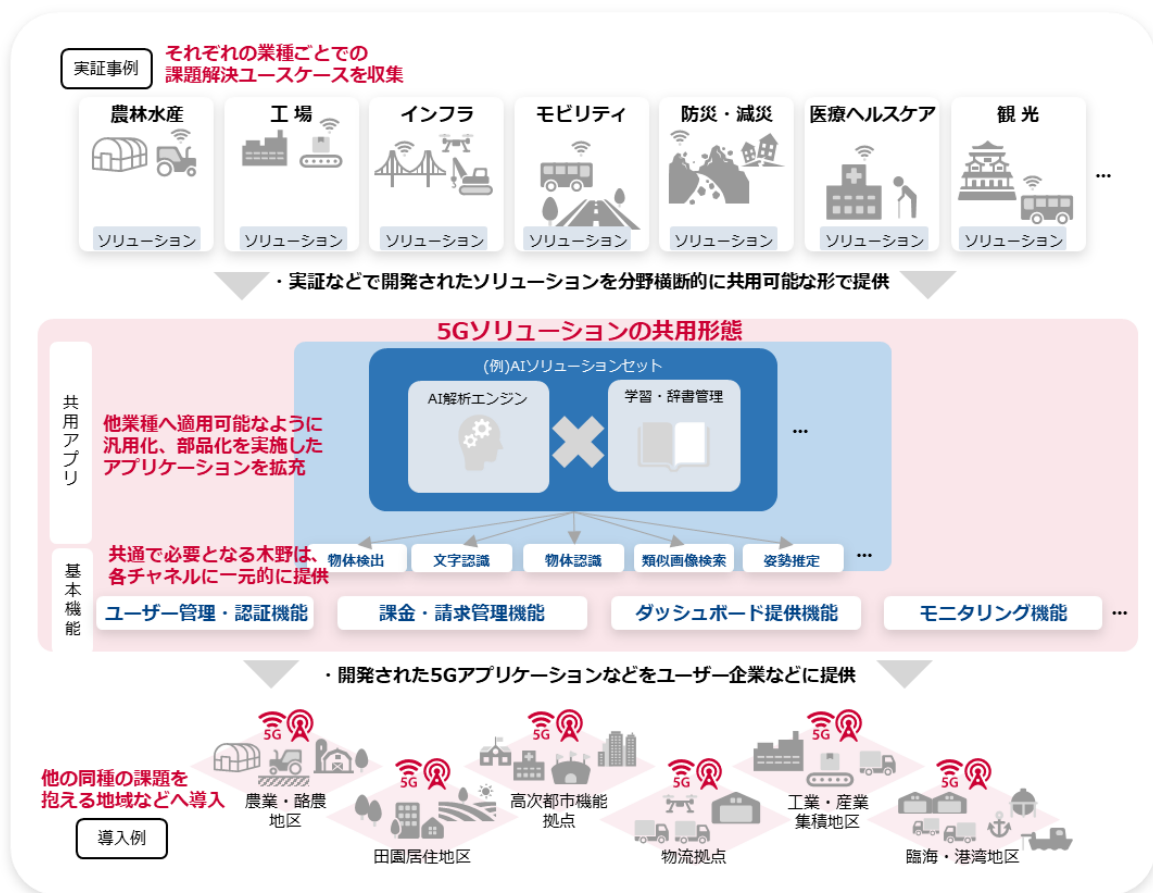


図 3.1.5-1 5Gソリューションの共用形態による分野横断的な展開方策イメージ

3.2 5G ソリューションの選定及び検証環境の構築

本節においては、主に前述の 3.1.1～3.1.3 の検証を行うために必要となる環境整備について述べる。

3.2.1 5G ソリューションの選定

検証する具体的な 5G ソリューションとしては、鉄道分野における「鉄道車両監視 AI システム」を選定した。

「鉄道車両監視 AI システム」は、令和 2 年度 L5G 実証にて、鉄道事業者（京浜急行電鉄株式会社）が実際に抱える課題の解決をめざして開発を行ったソリューションの一部である。

本ソリューションは、令和 3 年度 5GSC 実証において、同様の課題を有する業界他社（鉄道事業分野）でのユースケースとして設定し、業界他社へ水平展開が可能であることが実証され、同一業界複数ユーザから実装化への期待やニーズが確認できている。

また、ソリューション共用形態毎（SI 型、DL 型、SaaS 型）での導入障壁の変化や実装効果の差異の効果測定を行うにあたっては、本ソリューションは令和 2 年度 L5G 実証ではオンプレミス型（SI 型）、令和 3 年度 5GSC 実証では DL 型での実証を行っていることから、本年度 SaaS 型との比較に際し、効率的な検証を行うことが可能である。

3.2.2 検証する実環境の構築

SaaS 型における「鉄道車両監視 AI システム」は、各利用者環境から 5G ネットワークを介し、インターネット経由ならびに閉域網経由双方から接続可能な NTT ドコモのクラウドサービスである docomoMEC 基盤上（以下、docomoMEC という。）に配置した。

また、SaaS 型でシステムを共用する場合、特に「遅延性」については重要な論点となると想定された。ソリューション提供上の End to End の遅延は様々な要素が複合的に影響するものであるが、本事業では特に接続方式の観点で、遅延低減が期待される技術を用いた場合での影響を検証する。その検証のために、5G ネットワークとクラウド基盤との接続方式について、複数の接続方式を準備し、接続方式が及ぼす遅延性などの影響も含めて確認を行った。

過年度実証との比較を行う上では、クラウドサービスそのものの差異や、同一サービスにおいてもリージョンの差異、実証時の通信環境の差異など、様々な変動要素があり、比較可能な環境の整備は困難である。そのため、今年度実証において、同一のクラウドサービスを利用し、複数の実環境から、前述した複数の接続方式を用いて接続し比較を行った。

5G ネットワークとクラウド基盤の接続にはインターネット経由によるパブリック接続方式（以下、インターネット接続方式）と、インターネットを介さず、キャリア網内で直接ソリューションクラウド基盤と閉域接続が可能な「MEC ダイレクト」サービスを用いた通信キャリア網内での閉域接続方式（以下、閉域接続方式）の環境を手配し、検証を行った。接続方式や提供形態について、下図に一覧としてまとめる。

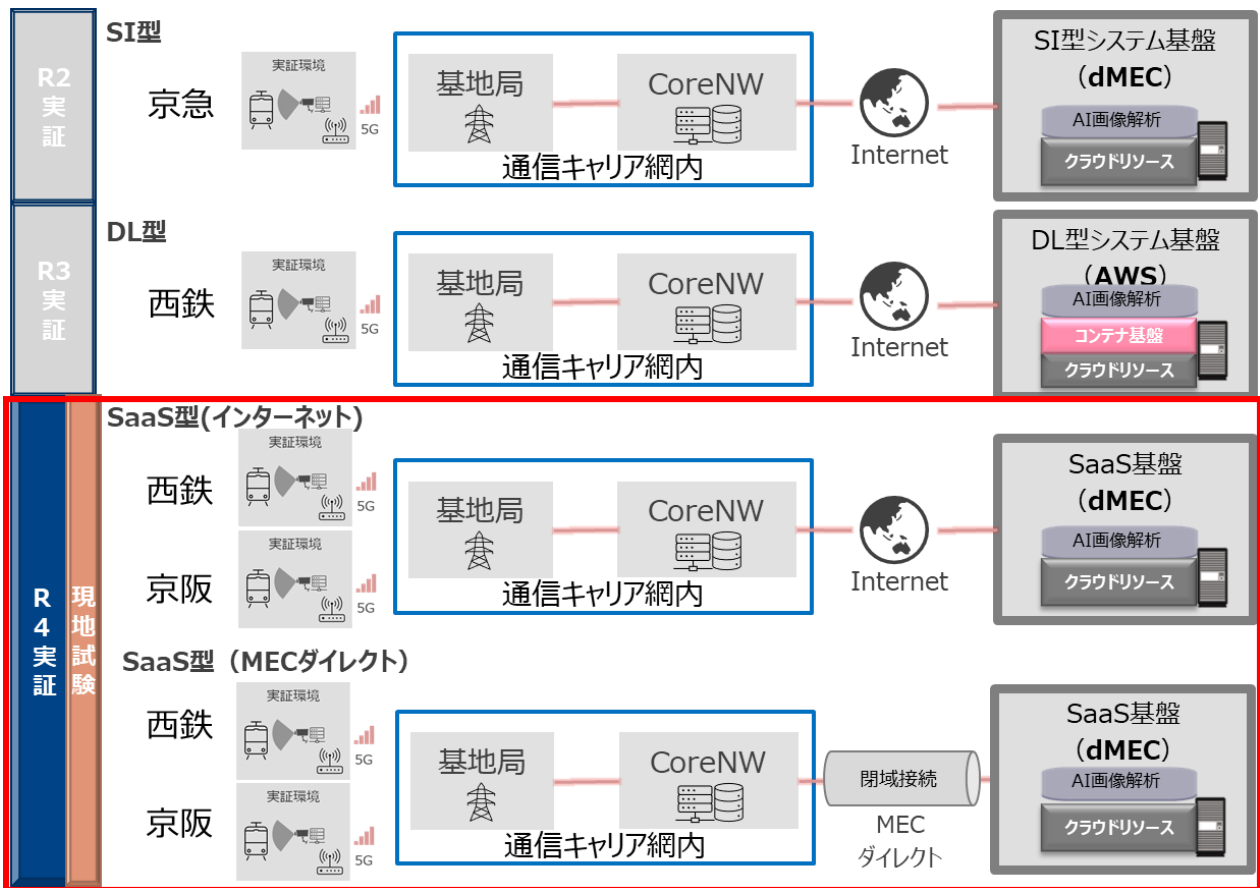


図 3.2.2-1 クラウド環境とのNW接続形態図

表 3.2.2-1 クラウド環境とのNW接続形態一覧

接続形態	接続概要
SI 型	インターネット経由による事業者システム環境への接続
DL 型	インターネット経由による事業者 DL 型開発システム環境への接続
SaaS 型（インターネット接続方式）	インターネット経由による SaaS 環境への接続
SaaS 型（閉域接続方式）	通信キャリア網内経由による SaaS 環境への接続

本事業においては、令和3年度5GSC実証において、DL型で実装された「鉄道車両監視AIシステム」の実証に関するご協力をいただいた西日本鉄道株式会社（以下、「西鉄」）、及び令和3年度5GSC実証において、鉄道協議会の参加事業者としてご協力いただいた京阪電気鉄道株式会社（以下、「京阪」）の鉄道事業者2社より実環境の提供を受け、docomoMEC上に構築された鉄道車両監視AIシステムのユースケースの検証（5Gネットワークとクラウド基盤の接続方式）がSaaS型で行える環境を構築した。（図3.2.2-2参照）

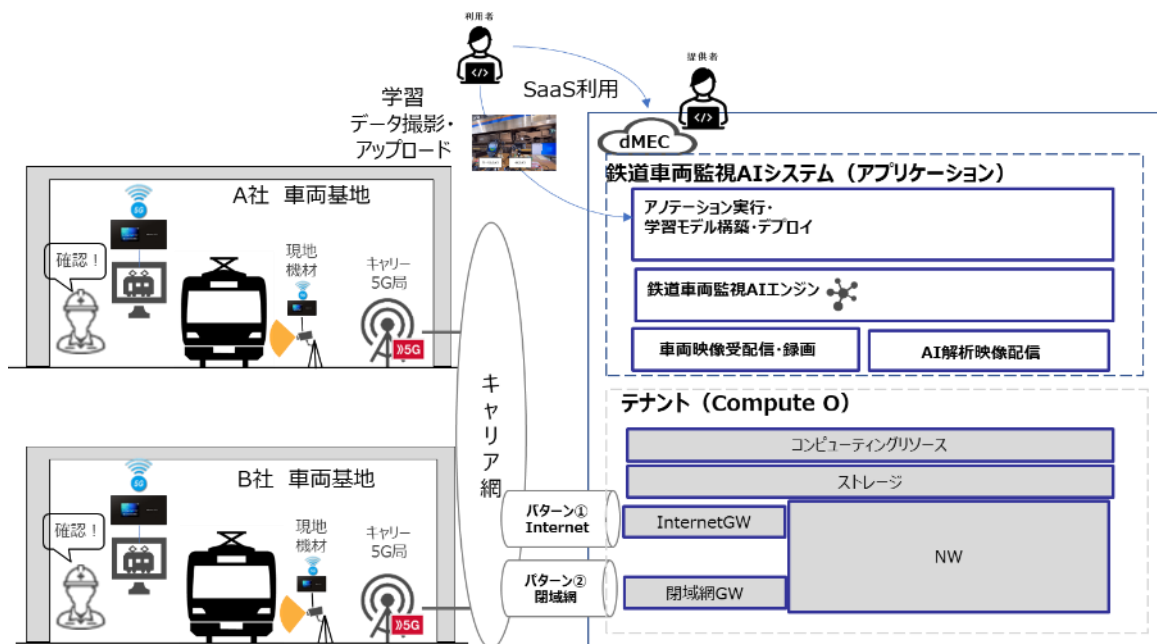


図 3. 2. 2-2 SaaS 型の鉄道車両監視 AI システム構築イメージ

(1) クラウド基盤における SaaS 環境の構築

前述の通り、本事業において、接続方式による特に「遅延性」に関する差異を確認するため、複数のネットワーク接続方式でクラウド基盤と接続を行う。接続方式は、遅延の低減効果が期待される方式である閉域接続方式と、一般的な方式であるインターネット接続方式の双方に対応した構成として比較検証を行う。

今回、それぞれの接続方式を実現できるクラウド基盤として「docomoMEC」を選定している。

同クラウド基盤において 仮想マシン、仮想ネットワークなどのコンピューティングリソースを提供している。また、NTT ドコモ網との直結及び全国に複数拠点配置により MEC (Multi-access Edge Computing) の特徴を持つクラウドサービスでもある。(図 3. 2. 2-3～図 3. 2. 2-4 参照)

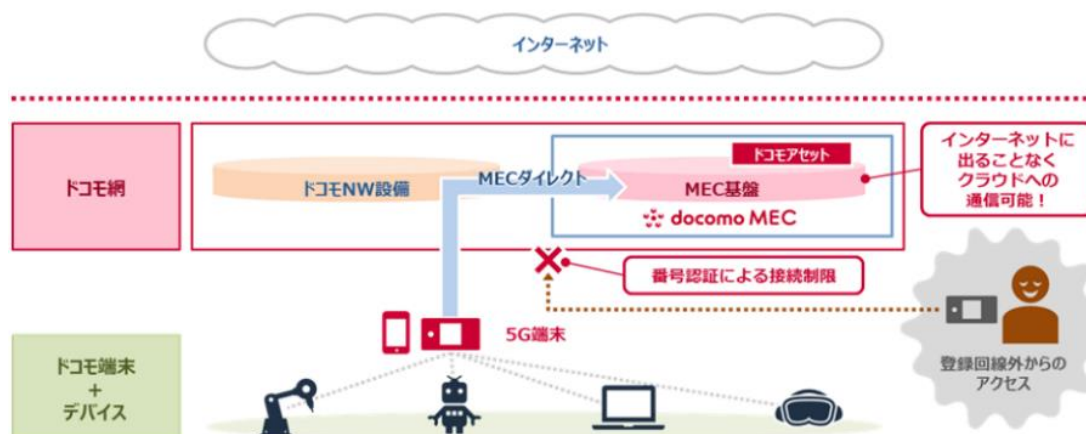


図 3. 2. 2-3 「MEC ダイレクト」サービス概要

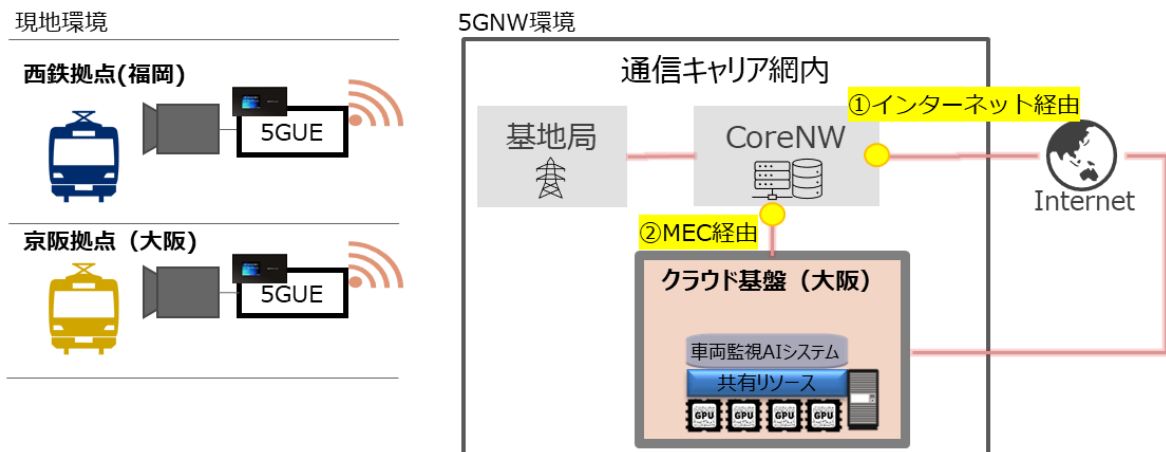


図 3. 2. 2-4 docomoMEC との NW 接続形態図

1) クラウド基盤設置拠点の選定

docomoMEC のクラウド基盤は以下種別にて、令和 4 年度時点において合計 11 拠点から選択可能であるため、サービス種別ならびに拠点の選別を行う必要がある。(図 3. 2. 2-5 参照)



図 3. 2. 2-5 docomoMEC 提供の各基盤の利用可能拠点

クラウド基盤の設置拠点の選別にあたり、本実証の閉域接続方式として利用する必要のある「MECダイレクト」サービスに対応している点、過年度実証と仮想化基盤環境を同一とする観点で、OpenStack 基盤を活用した「Compute O」が利用可能である点、さらに、MEC サービスを利用するうえでは低遅延性を重視した環境を選定する必要があるため、実証フィールドとクラウド基盤は近接することが望ましい点も加味し、今年度の実証フィールドがそれぞれ西日本であることから、実証フィールドに近接する docomoMEC 「Compute O」大阪環境を選択した。

2) マルチテナント構成の実装

今年度のシステム構成において「マルチテナント」と呼ばれる複数ユーザーのデータ格納領域を定義して独立的に管理するコア機能として実装することとした。

マルチテナント管理機能は、「鉄道車両監視 AI システム」のみならず、分野横断的に多くのシステムで利用可能な汎用技術である。これにより、利用者は、他の利用者が同時に利用していることを意識すること無く、システムを共同利用することができることから SaaS 型でのシステム構成においては必須となる機能である。

令和 2 年度 L5G 実証における SI 型環境及び令和 3 年度 5GSC 実証における DL 型環境と今年度実証における SaaS 型環境とのマルチテナント管理機能に関する比較を図 3.2.2-6 に示す。

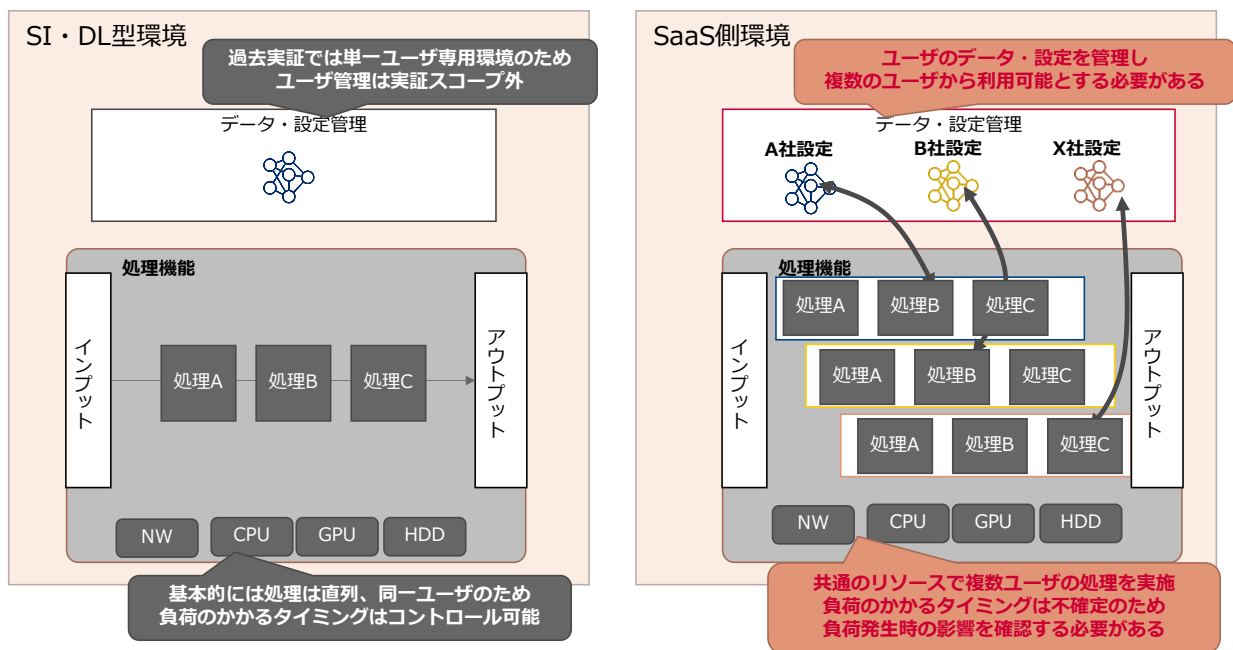


図 3.2.2-6 SI 型環境・DL 型環境と SaaS 型環境の比較

「鉄道車両監視 AI システム」でのマルチテナント管理機能の実証イメージを図 3.2.2-7 に示す。

AI 処理機能に関しては、複数ユーザーでの並行処理を実装するために各事業者に対して AI 解析を行う際には共有 GPU リソースから処理リソースを割り当てることとした。

データ管理についてもユーザーごとに作成された AI 学習モデルや解析データについては各社独立したモデル管理を行えるように保管場所を分割することとした。

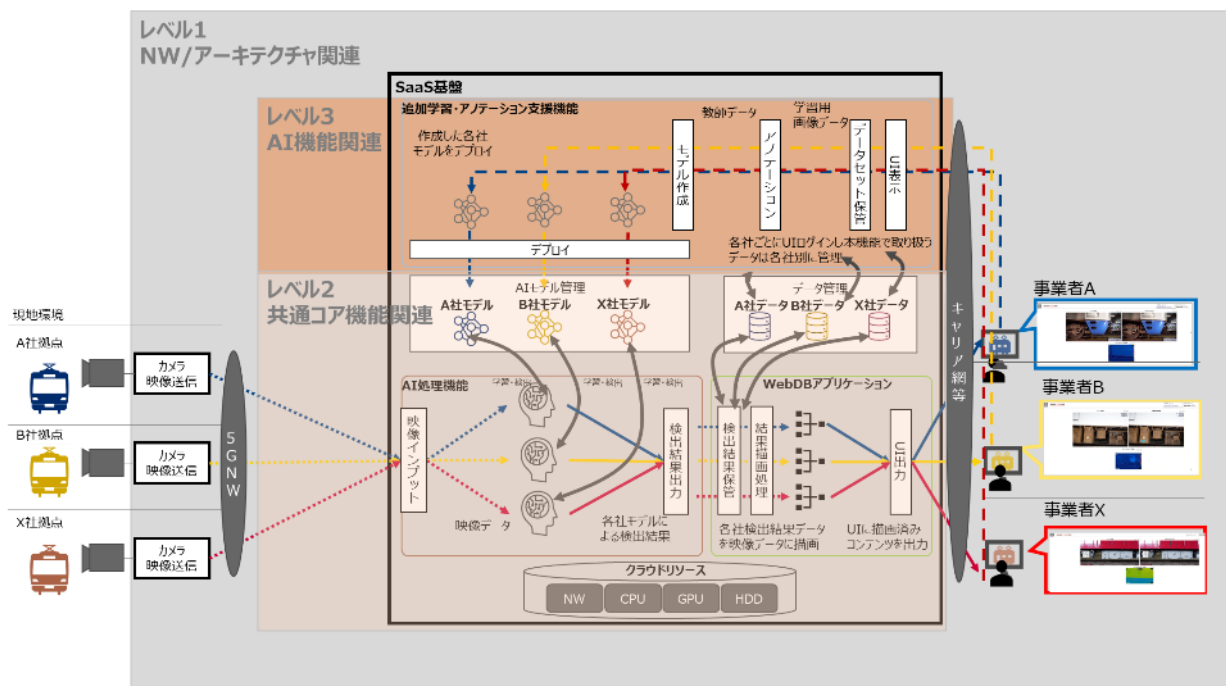


図 3.2.2-7 SaaS 型「鉄道車両監視 AI システム」の全体イメージ

(2) 鉄道事業者現地実証環境の構築

本事業において協力をいただいた西鉄、及び京阪の鉄道事業者 2 社より提供を受けた車両検査基地において構築した実証環境について記載する。

1) 「西日本鉄道株式会社」

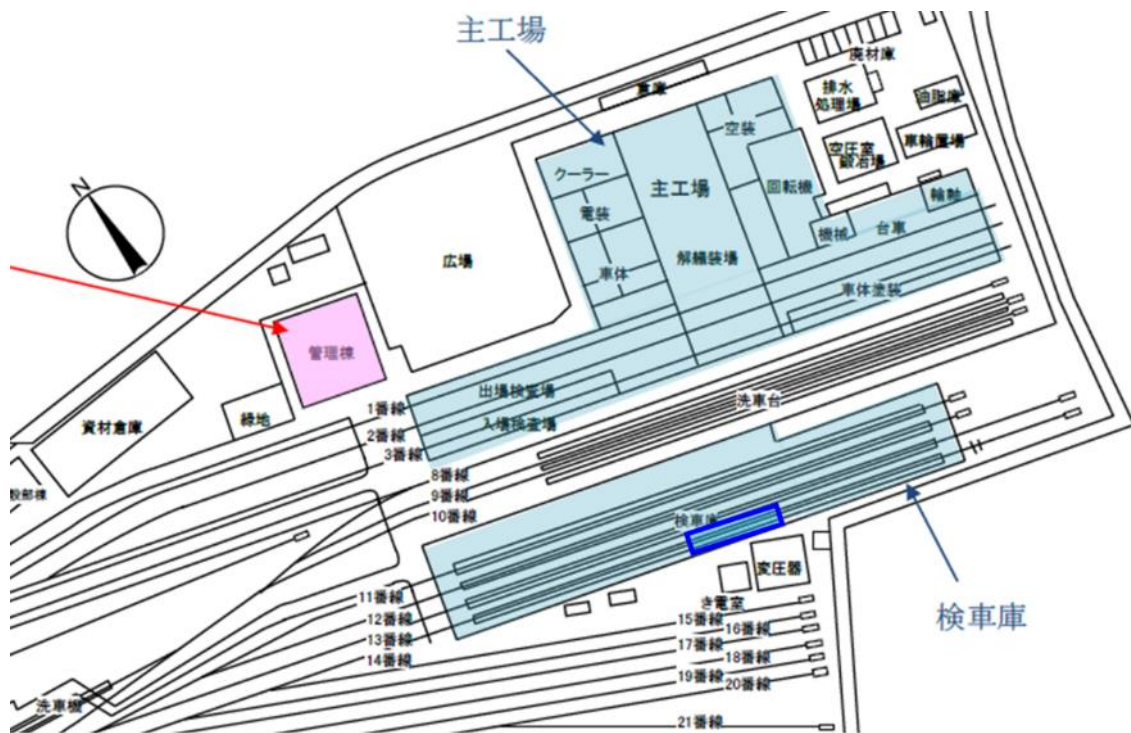
西鉄の筑紫車両基地において、可搬型キャリア 5G 基地局（以下、キャリア5G という。）を構築し、SaaS 型で実装された「鉄道車両監視 AI システム」の検証を実施した。

キャリア5G とは、キャリア 5G のエリア化がされてない環境下において、一時的にキャリア 5G エリアを構築、提供する NTT ドコモの通信サービスである。本サービスを用いることにより、常設のキャリア 5G 基地局を設置するよりも短納期で、かつピンポイントで希望する場所に一時的なキャリア 5G エリアを構築することが可能となる。

本実証では、キャリア 5G ネットワークを利用するが、実証環境として選定した西鉄の筑紫車両基地の検車庫内（屋内）は、現状の 5G エリア構築状況では十分な受信環境を確保できない。そのため、本実証においてはキャリア5G を用いて実証期間中にキャリア 5G エリアを構築することとした。

a. 現地環境構築

西鉄筑紫車両基地（福岡県筑紫野市下見 673-3）内の検車庫で実証環境を構築した。14 番線中央部の南側にキャリア5G、及び実証機材を設置した。（図 3.2.2-8～図 3.2.2-12 参照）



■ キャリア5G構築予定エリア

図 3. 2. 2-8 西鉄筑紫車両基地での実証環境構築場所

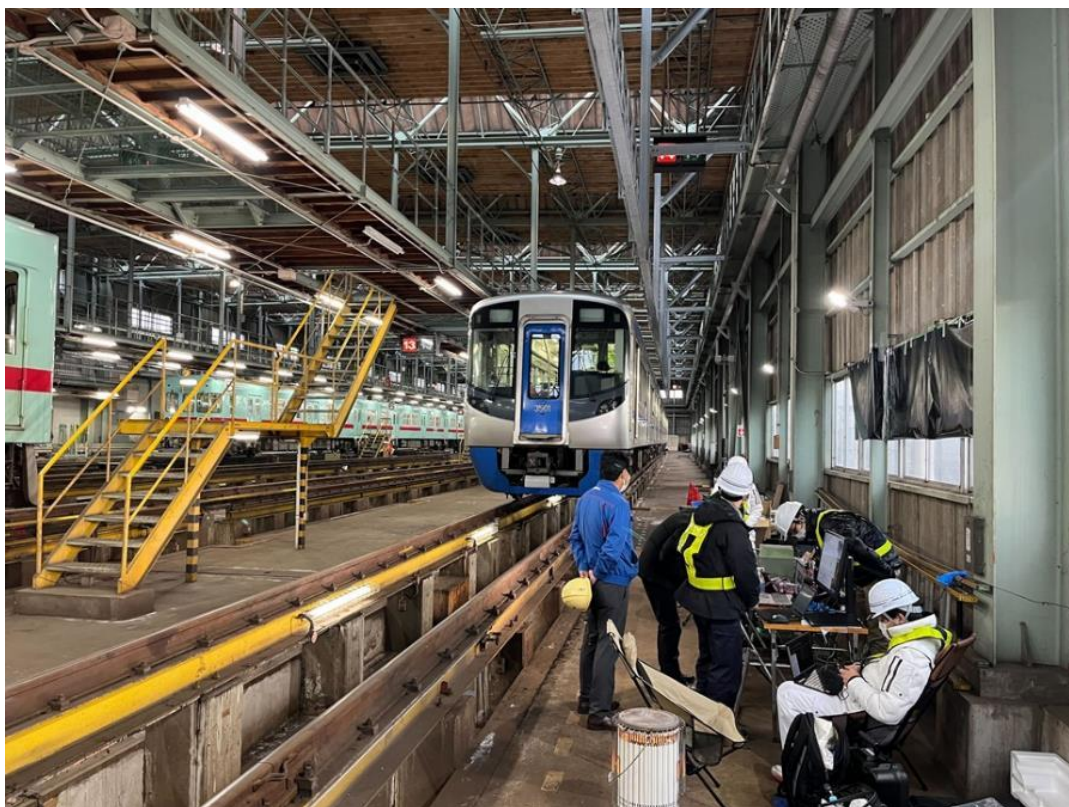


図 3. 2. 2-9 筑紫車両基地内検査庫内の検証実施場所



図 3. 2. 2-10 筑紫車両基地内検査庫のキャリア5G 設置状況



図 3. 2. 2-11 筑紫車両基地内検査庫の機材配置状況



図 3.2.2-12 筑紫車両基地内検査庫の車両への疑似き裂（クラックシール）貼付作業状況

西鉄の現地環境におけるシステム構成を図 3.2.2-13～図 3.2.2-14 に示す。

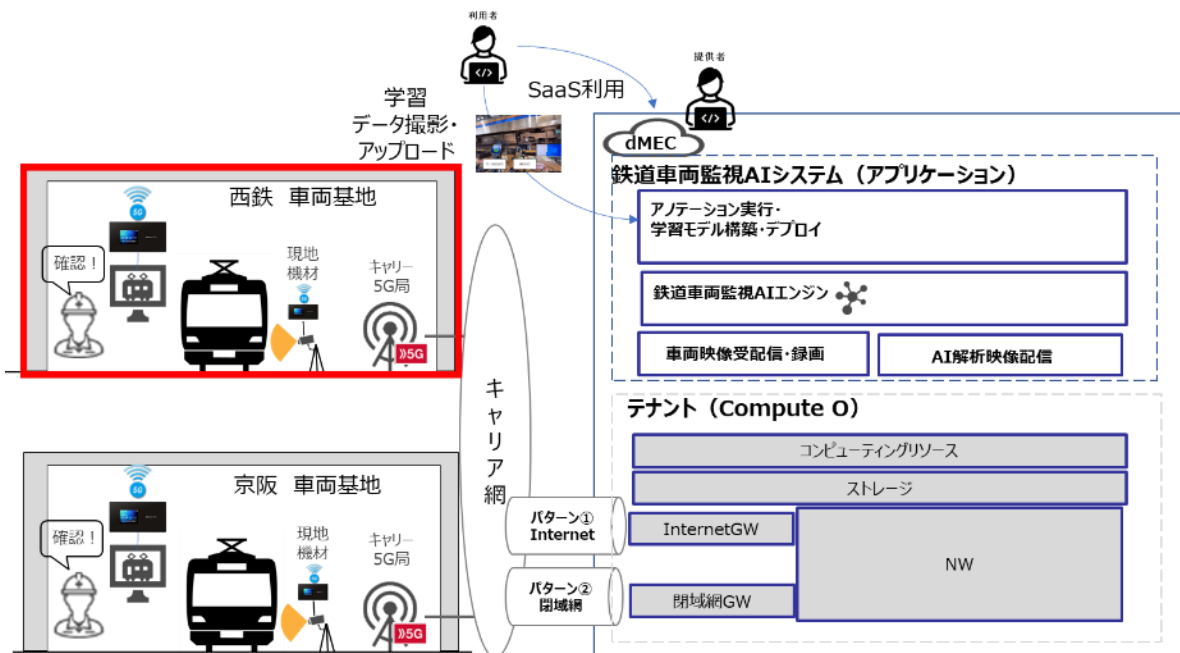
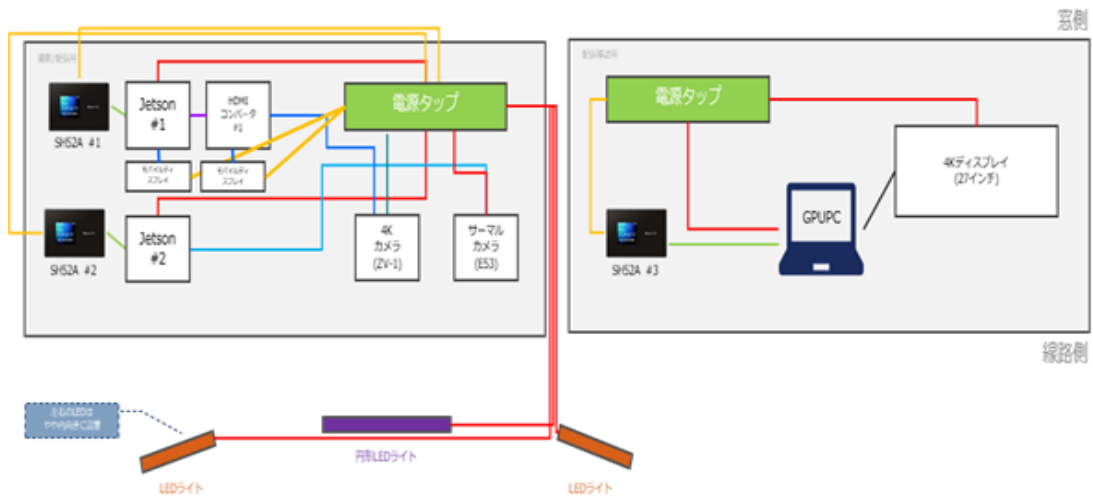


図 3.2.2-13 システム構成記載範囲



凡例	物品	長さ	必要本数	備考
	LANケーブル	2m	3本	
	USBmicro to USBA		1本	4Kカメラ給電
	USBC to USBC もしくは USBC to USBA		4本	サーマル給電、 SH52A(3台)給電にはUSB A to USB Cを使用
	HDMI to HDMI		2本	サーマル-コンバータ接続、 PC-モニター接続
	microHDMI to HDMI		1本	4Kカメラ-コンバータ接続
	USBC to USBA		1本	サーマル用伝送
	USBA to USBB		2本	コンバータ-Jetson接続
	電源ケーブル		4本	Jetson(2本)、GPU PC、 ディスプレイ、サーマル、

図 3.2.2-14 現地システム物理構成

b. 検査車両の手配

本実証では、西鉄が保有する 3000 系統の 3 両編成車両を使用し検証を実施した。
なお、検出対象物である、き裂、収容函ハンドル、ブレーキパッドの厚み、車軸温度においては検査車両に図 3. 2. 2-15～図 3. 2. 2-18 の通りダミーを用いて瑕疵を模擬した。



図 3. 2. 2-15 台車のき裂検出における擬似き裂シール添付場所(垂直・平行・斜め)



図 3. 2. 2-16 収容函ハンドルの開閉場所

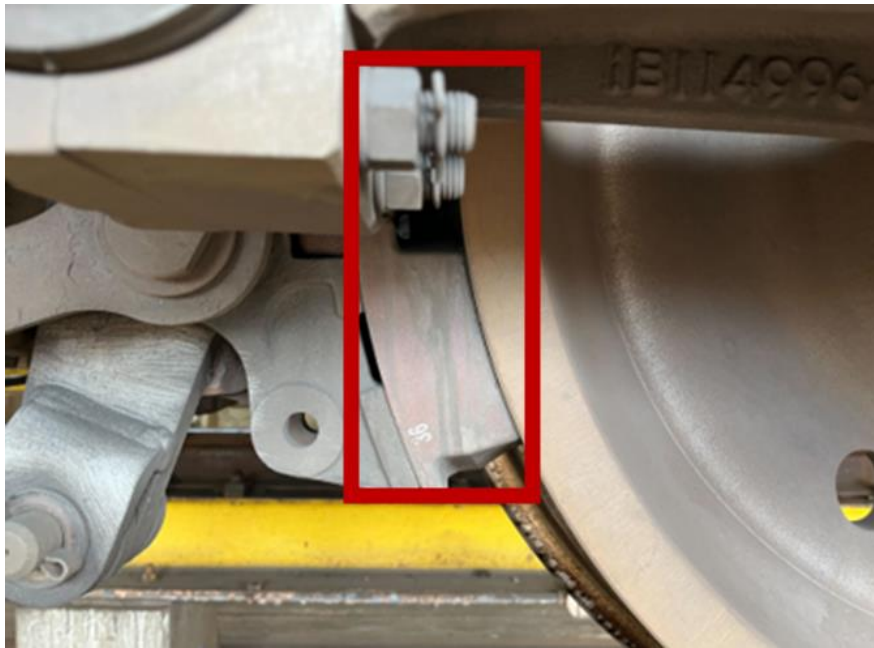


図 3. 2. 2-17 新品ブレーキパッドへの交換箇所



図 3. 2. 2-18 車軸の温度異常検出用サーマルカイロ設置箇所

2) 「京阪電気鉄道株式会社」

京阪の寝屋川車両基地内において、キャリア5Gを構築し、SaaS型で実装された「鉄道車両監視AIシステム」の検証を実施した。本実証では、キャリア5Gネットワークを利用するが、実証環境として選定した京阪の寝屋川車両基地の検車庫内(屋内)は、現状の5Gエリア構築状況では十分な受信環境を確保できない。そのため、本実証においてはキャリア5Gを用いて実証期間中にキャリア5Gエリアを構築することとした。

a. 現地環境構築

京阪の寝屋川車両基地(大阪府寝屋川市木田元宮2-1-1)内検車庫で実証環境を構築した。検車庫内4番線中央部の東側にキャリア5G、及び実証機材を設置した。(図3.2.2-19～図3.2.2-23参照)

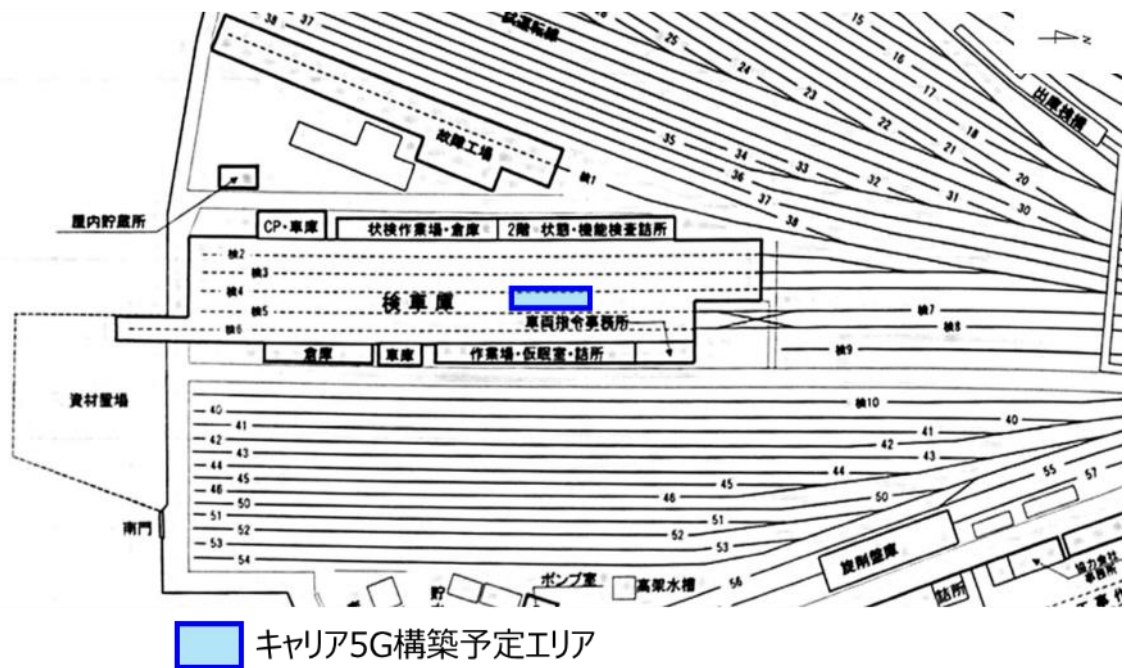


図 3. 2. 2-19 京阪寝屋川車両基地内検車庫での実証環境構築場所



図 3. 2. 2-20 寝屋川車両基地内検査庫のキャリア5G 状況

寝屋川車両基地内検査庫での実施場所の詳細イメージは以下のとおりである。なお、キャリア5G 装置と、5G 受信端末やカメラ等の実証機材は数メートル以内に隣接して設置した。

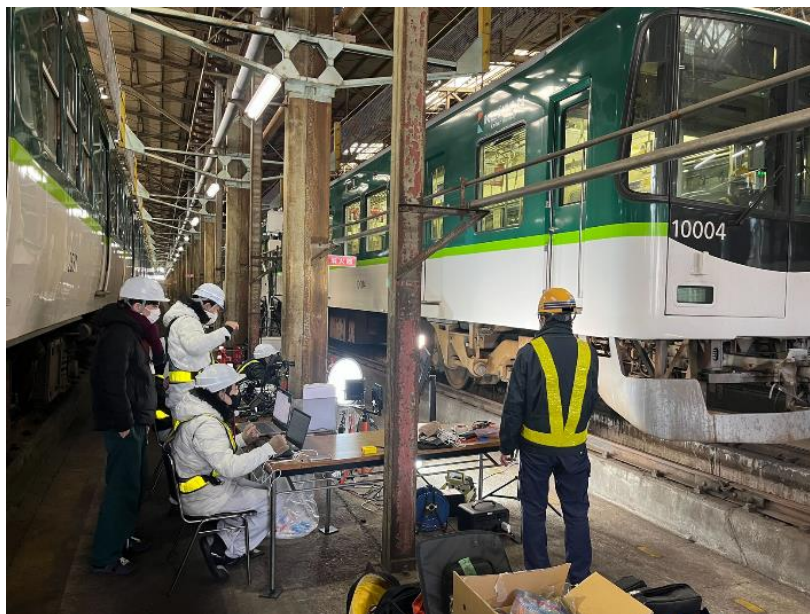


図 3. 2. 2-21 寝屋川車両基地内検査庫内の検証実施場所



図 3. 2. 2-22 寝屋川車両基地内検車庫の実施場所詳細及び機材設置

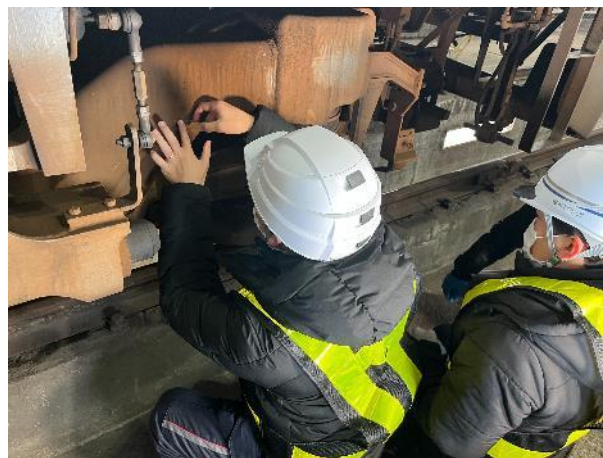


図 3. 2. 2-23 寝屋川車両基地内検査庫の車両への疑似き裂（クラックシール）貼り付け作業状況

b. 現地システム構成

京阪での現地環境におけるシステム構成を図 3. 2. 2-24～図 3. 2. 2-25 に示す。

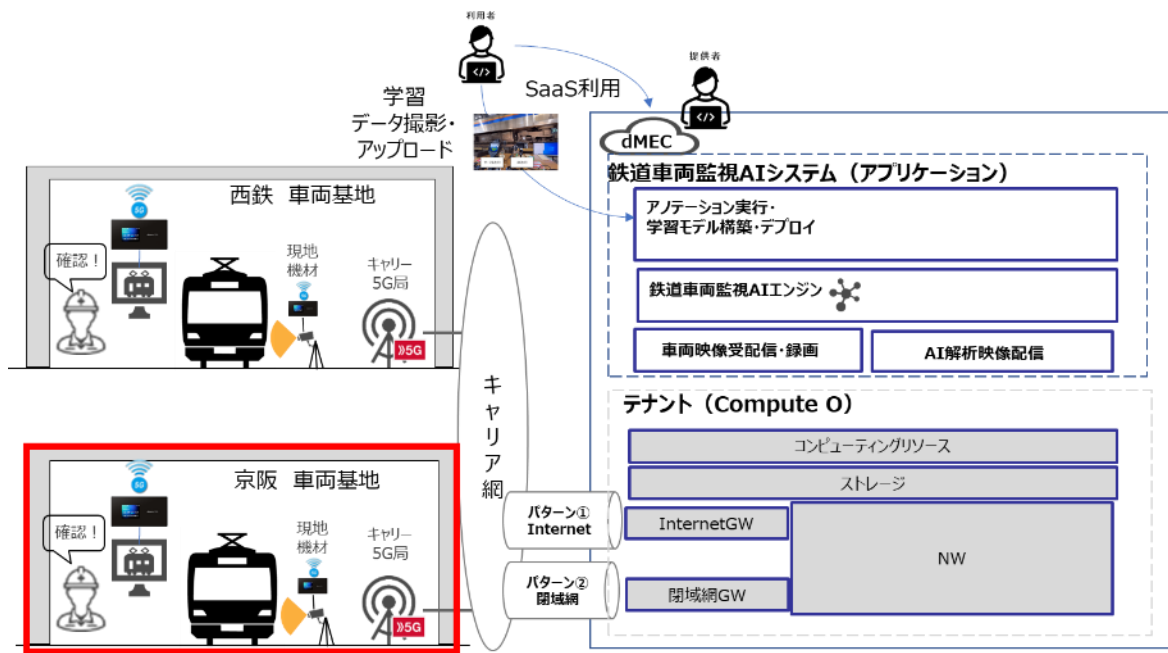
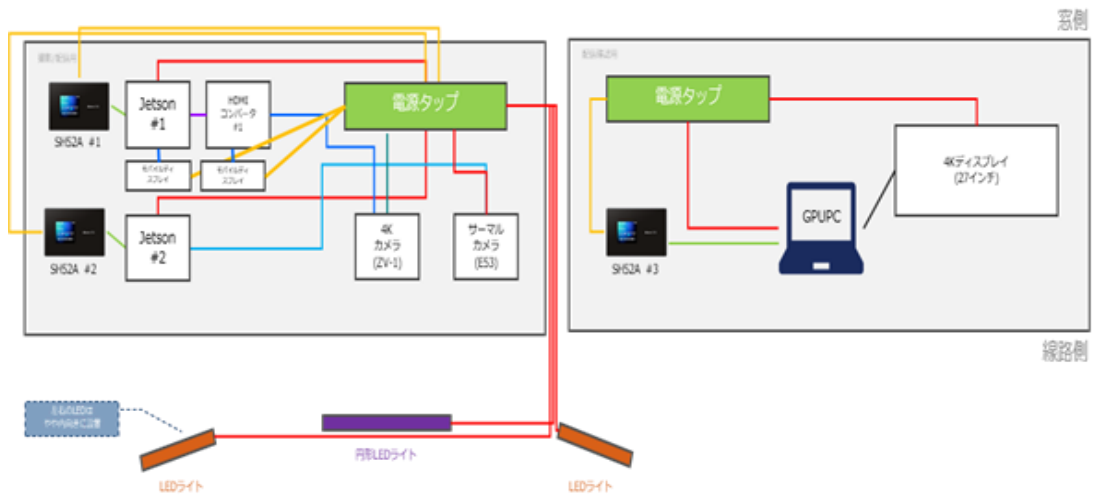


図 3.2.2-24 システム構成記載範囲



凡例	物品	長さ	必要本数	備考
	LANケーブル	2m	3本	
	USBmicro to USB A		1本	4Kカメラ給電
	USBC to USBC もしくは USBC to USB A		4本	サーマル給電、 SH52A(3台)給電にはUSB A to USB Cを使用
	HDMI to HDMI		2本	サーマル-コンバータ接続、 PC-モニター接続
	microHDMI to HDMI		1本	4Kカメラ-コンバータ接続
	USBC to USB A		1本	サーマル用伝送
	USB A to USB B		2本	コンバータ-Jetson接続
	電源ケーブル		4本	Jetson(2本)、GPU PC、 ディスプレイ、サーマル、

図 3. 2. 2-25 現地システム物理構成

c. 検査車両の手配

本実証では、京阪が保有する 10000 系統の 4 両編成車両を使用し検証を実施した。
 なお、検出対象物である、き裂、収容函ハンドル、ブレーキパッドの厚み、車軸温度においては検査車両に図 3. 2. 2-26～図 3. 2. 2-29 の通りダミーを用いて瑕疵を模擬した。



図 3. 2. 2-26 台車のき裂検出における擬似き裂シール添付場所(垂直・平行・斜め)



図 3. 2. 2-27 収容函ハンドルの開閉場所

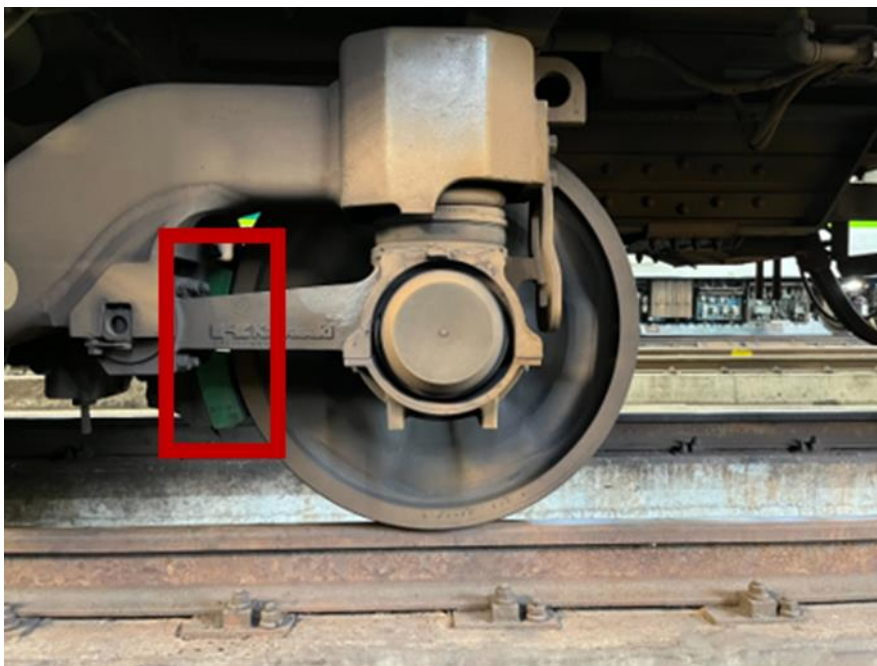


図 3. 2. 2-28 新品ブレーキパッドへの交換箇所

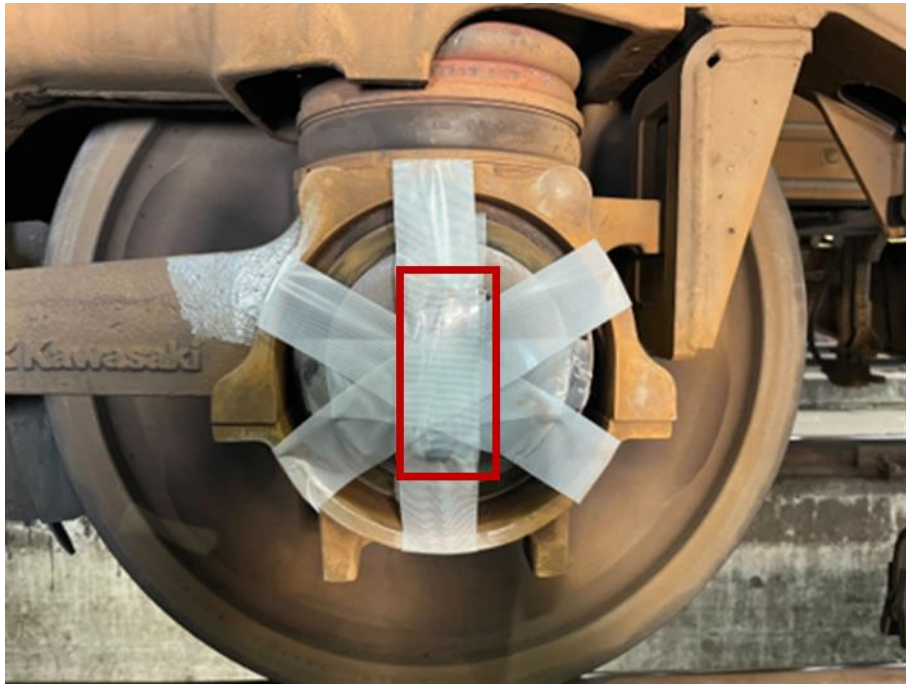


図 3. 2. 2-29 車軸の温度異常検出用サーマルカイロ設置箇所

(3) 「鉄道車両監視 AI」システム機能・性能・要件

1) クラウド基盤

docomoMEC「Compute 0」で提供される各インスタンスのリソース仕様を表 3.2.2-2 に示す。

表 3.2.2-2 docomoMEC「Compute 0」提供インスタンスの仕様

仮想インスタンス						GPU		
仮想サーバの種類		仮想CPU	仮想メモリ	ルートディスク	一時ディスク*		T1 (V100サーバ)	Q1 (Quadro P5000サーバ)
タイプ	サイズ	(-)	(MB)	(GB)	(GB)	CPU	Xeon Silver 4114×2	Xeon Silver 4114×2
	tiny	1	3968	10	0	メモリ	512GB	512GB
	small	2	7936	10	20	ディスク	960GB×2(RAID1)	960GB×2(RAID1)
標準インスタンス (Standard)	medium	4	15872	30	0	GPU	V100	Quadro P5000
	large	8	31744	30	50	GPU数	4枚	8枚
	xlarge	16	63488	30	170	コア数	20,480 (5,120×4)	20,480 (2,560×8)
	2xlarge	31	126976	30	400	最大クロック数	1,380	1,733
	tiny	1	3968	50	300	メモリ容量	16GB×4	16GB×8
大容量ストレージ インスタンス (LSVM)	small	2	7936	50	600	単精度性能 (TeraFLOPS)	62.8 (15.7×4)	71.2 (8.9×8)
	medium	4	15872	50	1200			
	large	8	31744	50	2400			
	xlarge	16	63488	50	4800			
	2xlarge	31	126976	50	9300			

2) ネットワーク構成・システム構成

docomoMEC 上には、図 3.2.2-30 及び表 3.2.2-3 に示す「鉄道車両監視 AI システム」を構成する各インスタンスを配置した。

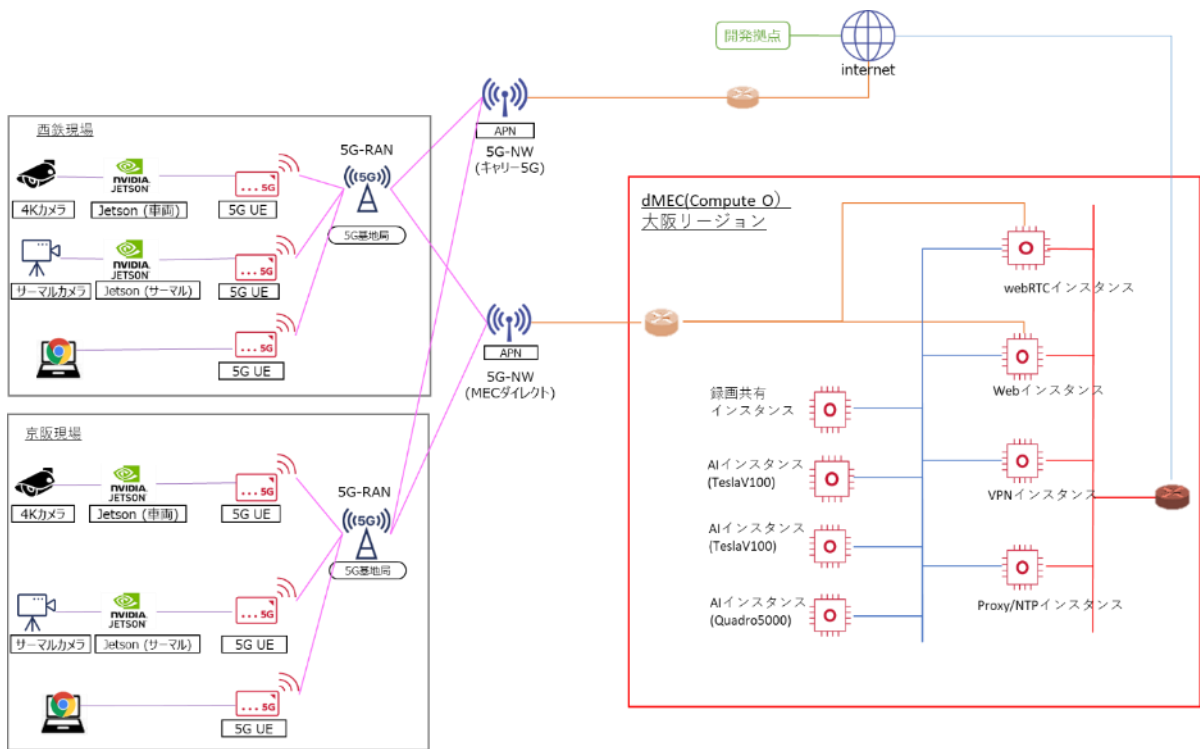


図 3. 2. 2-30 SaaS 型「鉄道車両監視 AI システム」インスタンス配置図

各インスタンスでの機能要件を表 3. 2. 2-3 に示す。

表 3. 2. 2-3 インスタンス機能要件

項番	インスタンス名	概要
1	WebRTC	WebRTC を利用した映像配信用インスタンスを実装。 複数の実証フィールドからの映像データを受信し、各インスタンスや監視端末へ映像の配信・録画を行う
2	Web サーバ	Web アプリケーションを実装。AI インスタンスで検出した異常検知情報を基にリアルタイム映像および、録画映像の監視 UI を提供する 映像配信アプリケーションを実装。録画映像と AI 解析結果の矩形位置情報を DB 化し、クライアントへ配信する
3	録画共有	WebRTC インスタンスで受信録画された映像を保存する機能を実装する
4	AI (車両解析)	AI 画像解析エンジンを実装した GPU インスタンス。 WebRTC インスタンスから受信した映像を基に AI 解析を行い、異常検知情報を出力する
5	AI (追加学習)	AI 追加学習機能におけるアノテーション支援～学習モデル自動作成・適用機能を実装した GPU インスタンス

6	VPN	外部 Internet 環境から VPN 接続により内部インスタンス等を構築・開発するための VPN 接続機能を実装する
7	Proxy/NTP	クラウド基盤内部インスタンスから外部リポジトリなどへのパッチ更新などの管理通信を行う際に利用することを想定した Proxy 機能を実装する 内部インスタンスの時刻同期を行うための NTP 機能を実装する

実証で使用するものとして選定した各種機器及びソフトウェア、そしてそれらの選定理由は表 3.2.2-4 に示すとおりである。

表 3.2.2-4 選定した使用する各種機器及びソフトウェア、それらの選定理由

機器等名	選定した機材	選定理由・妥当性
車両検査用高精度カメラ	SONY ZV-1	<ul style="list-style-type: none"> ・動画記録フォーマット XAVC[4K:30p(3,840x2,160/30p)]で撮影可能である。 ・HDMI 端子、USB 端子でリアルタイム出力が可能である。
車両検査用サーマルカメラ	FLIR E53	<ul style="list-style-type: none"> ・-10℃～100℃の温度範囲を計測が可能である。 ・USB 端子でリアルタイム出力が可能である。 ・一般的なサーマルカメラは温度情報のみを出力するため、対象やその周辺の温度が同程度であった場合に物体の輪郭がぼやけ、対象物を確認することが困難になるが、選定機種はデジタルカメラを搭載し、熱画像と同じ画角の可視画像を同時に出力するため物体の輪郭を捕らえることが可能である。
映像配信用シングルボードコンピュータ	Jetson Xavier NX	<ul style="list-style-type: none"> ・USB 端子で映像をリアルタイムに受信が可能である。 ・H.264 のエンコードに対応しており、NVIDIA Volta GPU を実装している。 ・株式会社時雨堂が提供する Apache License 2.0 のオープンソースソフトウェアとして登録されている「WebRTC Native Client Momo」を実装予定であり、動作確認機種として本製品が公開されている。
5G 端末(ルータ機材)	SH-52A	<ul style="list-style-type: none"> ・アップロード時最大 480Mbps の機能を有している。 ・有線 LAN(1000BASE-T)を有しておりシングルボードコンピュータと LAN で接続が可能である。 ・ダウンロード時最大 4.1Gbps の機能を有している。

		<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi 規格、IEEE802. 11a, b, g, n, ac, ax に対応している。
5G 基地局	NTT ドコモ 5G 4. 5GHz 基地局	4. 5GHz の周波数帯で通信するキャリア基地局である。
クラウド基盤	NTT ドコモ docomoMEC	<ul style="list-style-type: none"> クラウド基盤として各システム機能が十分に挙動可能なりソースを提供可能なクラウドサービスである。 GPU インスタンスが利用可能である。
映像受配信システム	時雨堂 WebRTC SFU Sora	<ul style="list-style-type: none"> シングルボードコンピュータへ搭載予定の WebRTC Client Momo と互換性のあるソフトウェアであり AI 解析システムへ送信可能である。 映像を WebRTC SFU サーバ経由で配信元に代わって配信が可能である。 多地点からの要求に対し、WebRTC SFU サーバ経由で配信元に代わって配信が可能なシステム構成である。 一般的な配信において高ビットレートでの配信時、映像の解像度が引き下げられてしまう場合があるが、株式会社時雨堂が提供する WebRTC SFU sora は、クライアントに対し上限値を引き上げるように通知することで解像度を担保した映像配信が可能である。
車両検査用映像 AI 解析エンジン	<ul style="list-style-type: none"> 高精度映像 異常検出エンジン NVIDIA Quadro P5000*8 Tesla V100*4 	<ul style="list-style-type: none"> 高精細映像を AI 解析し、異常箇所を特定した座標情報をリアルタイムに出力することで検出座標データ配信を行う。
映像配信サーバ	Web サーバ	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム映像と AI 解析した結果の異常位置を示すバウンディングボックス等を合成可能な状態でクライアントに配信することで、低遅延で配信可能である。 また、AI 解析した結果の異常位置を示すバウンディングボックス等のデータは、映像配信サーバに MQTT ブローカーを配置してクライアントに配信することで、高頻度で配信可能である。 映像配信サーバに録画映像のデータベース及び Web

		サーバを配置し、Web サーバから AI 解析結果をファイル形式で配信することで映像配信可能である。
アノテーション支援機能	Web サーバ ・ NVIDIA Quadro P5000*8 ・ Tesla V100*4	<ul style="list-style-type: none"> ・ブラウザ上で使用可能な WebUI (アノテーション支援ツール) が提供可能である。 ・アノテーション支援ツールで取り扱うデータの内、ユーザ固有データについては、特定キーに基づき分割管理が可能である。 ・アノテーション支援ツールで閲覧/編集可能なデータは、ログインユーザ単位で制御可能である。
アノテーション支援機能処理サーバ	Web サーバ ・ NVIDIA Quadro P5000*8 ・ Tesla V100*4	<ul style="list-style-type: none"> ・複数ユーザ同時利用時でのアノテーション (教師データ作成) 及び AI モデル構築/反映処理が可能である。 ・AI モデル反映については、本ツールで構築した AI モデルを車両検査用映像 AI 解析エンジンに反映可能である。
AI 解析結果表示 PC 等	・ ノート PC ・ タブレット	<ul style="list-style-type: none"> ・ chrome ブラウザが動作可能な PC であり、http アクセスにより Web サーバへ接続することで配信要求と解析結果の表示が可能である。 ・高性能グラフィックボードを搭載しており 4K・30 フレームが再生可能である。 ・有線 LAN を有しており、ルータ機材と LAN で接続可能である。

3) 鉄道車両監視 AI システム

SaaS型で提供される5Gソリューションにおいても、要求される低遅延性は様々であるものの、ミッションクリティカルなシステムで超低遅延性が必要な業務への適用も視野に入れた検証を実施する。そうすることにより、5Gソリューションの横展開をする場合の差別化ポイントにもつながる。

本事業で検証する「鉄道車両監視 AI システム」は、インフラである「5GNW 環境」、「クラウド基盤」や映像を伝送するための「映像配信システム」、AI 処理に関する「AI 解析エンジン」、「解析結果表示用 Web アプリケーション」で構成されている。また、今年度は SaaS 型でのサービス提供を実現するために、AI 処理に関する「追加学習機能 (教師データ作成～学習モデル作成・適用の自動化)」、「マルチテナント管理機能 (複数事業者対応の Web アプリケーション/DB のユーザテナントの分割管理)」の追加検討、開発を行った。

以下に、主要な機能の概要を記載する。

a. 映像配信システム

本実証において、実証フィールドである京阪の検車庫及び、西鉄の車両基地内の車両台車を撮影し、映像をクラウド基盤へ送信するために図 3. 2. 2-31 に示す構成で機材を設置する。

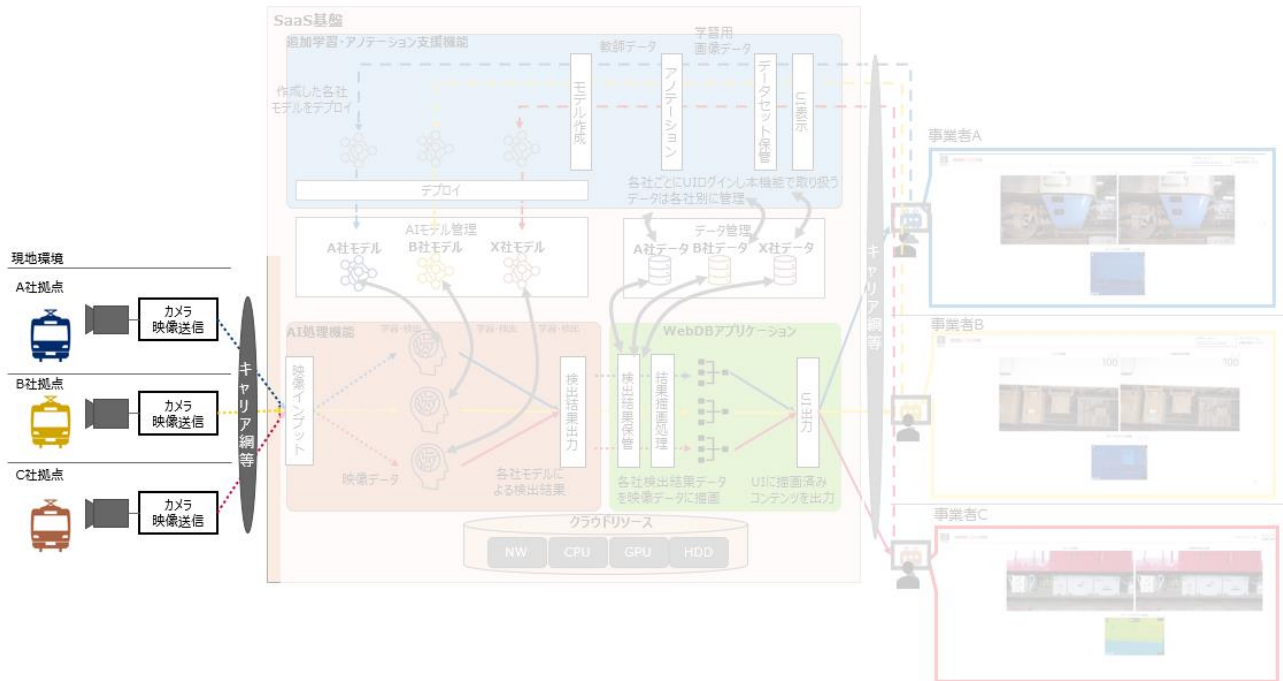


図 3. 2. 2-31 映像配信システム機能イメージ

4K カメラとサーマルカメラで車両台車を撮影し、映像データを、5GUE を用いて 5G ネットワークで、クラウド基盤の WebRTC インスタンスに送信する。その際、シングルボードコンピュータ上に配置する WebRTC クライアントにて映像フレームにタイムスタンプを付加してデータ送信を行う。

WebRTC インスタンスは、現地からの映像を受信し、同じく現地の（映像閲覧用）PC 閲覧要求を受けた際、ブラウザ UI を通じてストリーミング映像を配信する。

b. AI 解析エンジン機能

WebRTC インスタンスから取得する現地の撮影映像に対し、AI インスタンス内の AI 解析エンジンにより AI 解析を行う。4K カメラ映像の解析により、台車異常（き裂、収容函ハンドルの開閉、ブレーキパッドの摩耗）を検出し、検出物の座標情報を Web サーバインスタンスに送信する。サーマルカメラ映像解析では、車軸の温度異常（閾値を超過する温度上昇）を検出し、同様に Web サーバインスタンスへ送信する。（図 3. 2. 2-32 参照）

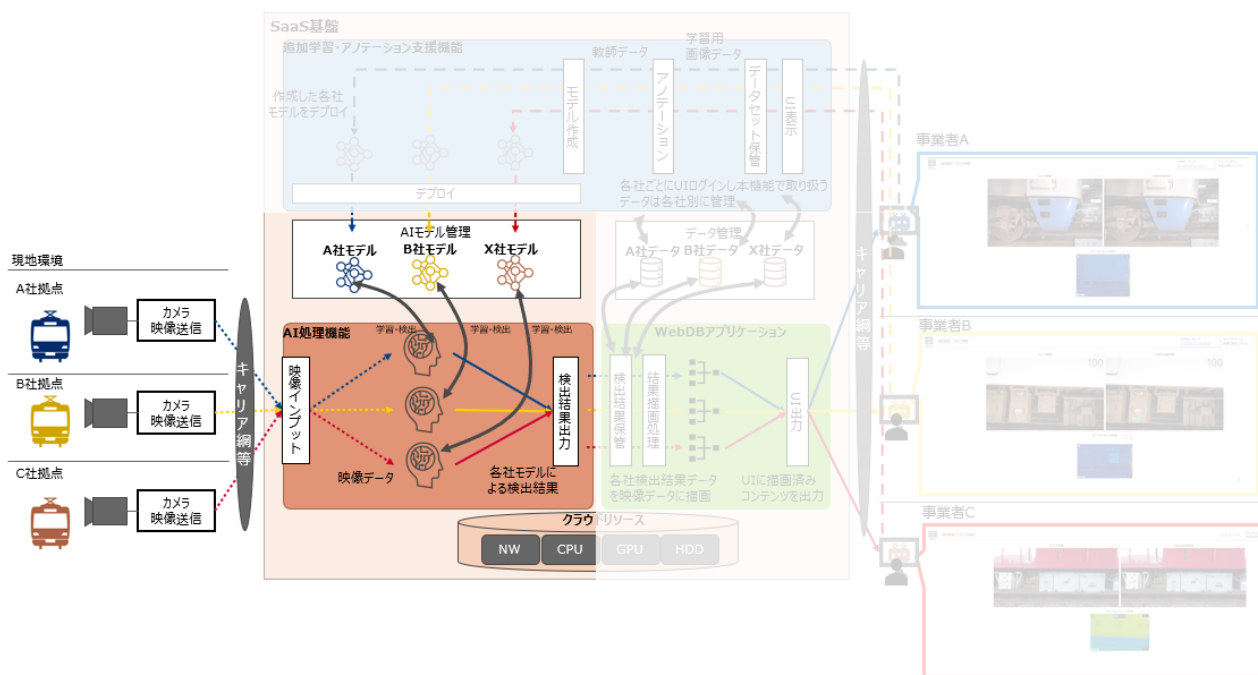


図 3. 2. 2-32 AI 解析エンジン機能イメージ

c. 解析結果表示用 Web アプリケーション

WebRTC インスタンスから配信されるストリーミング映像や、録画映像をブラウザ上で閲覧できる WebUI を提供する。Web サーバインスタンスで稼働するアプリケーションにより実現する。

生映像の他、AI 解析結果付きの映像（AI 解析エンジンのアウトプット情報より、検知対象に対して矩形を重畳させた映像）も閲覧可能とする。

また、本 UI へのアクセス・ログイン時には、アカウント/パスワード認証を実装する。マルチテナント構成に則し、WebUI に表示する映像（ストリーミング映像、録画映像、AI 解析結果付き映像）はログインユーザ自身に紐づくものに制御する。各映像データや AI 解析結果データなどは DB 上ユーザ単位となるよう特定のキーで分割管理する。（図 3. 2. 2-33 参照）

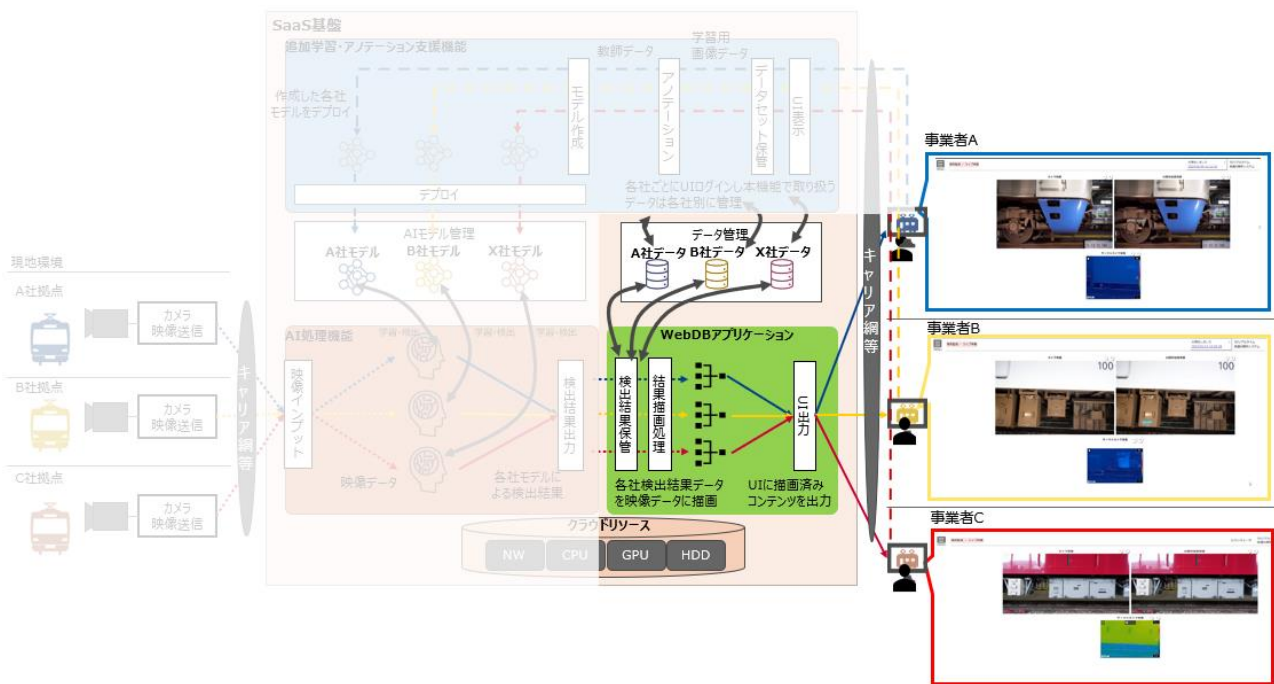


図 3. 2. 2-33 解析結果表示用 Web アプリケーション機能イメージ

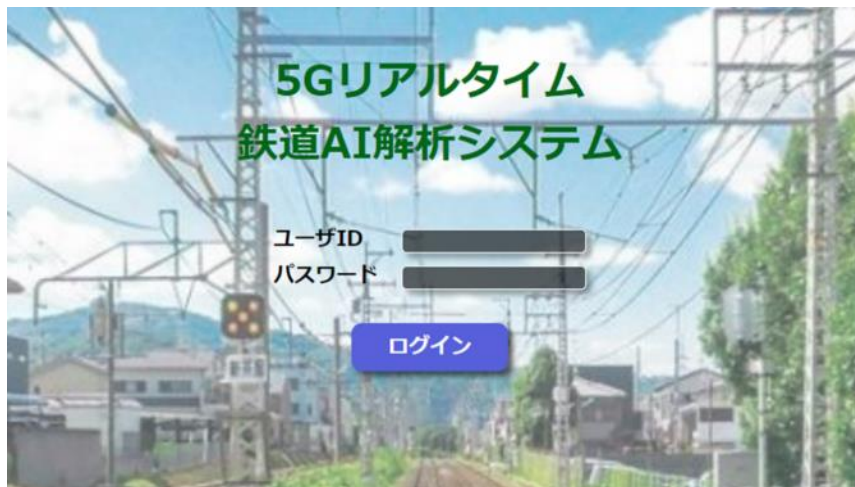


図 3. 2. 2-34 解析結果表示用 Web アプリケーション ログイン画面

d. 追加学習機能

アノテーションとは、AI に学習させたいデータに対して意味付け（タグ付け）を行う作業のことを指す。「鉄道車両監視 AI システム」において、カメラ映像（静止画の連続）を AI 解析し検知する対象の一つに「き裂（クラック）」があるが、AI がクラックを検知できるように学習させるためには、AI に対して「何がき裂（クラック）なのか」と教えるための「教師データ」が必要となる。

その教師データを作成することが「アノテーション」であり、本システムのような画像解析 AI モデルの構築において不可欠なプロセスである。(図 3.2.2-36 参照)

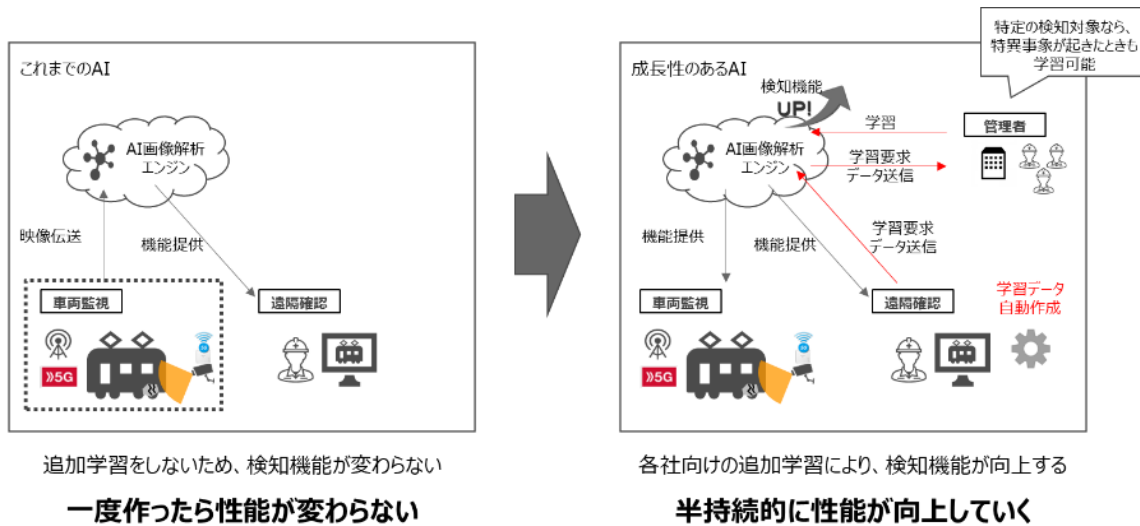


図 3.2.2-35 AI 追加学習機能 (教師データ作成～学習モデル作成・適用の自動化)

AIモデル構築のプロセス

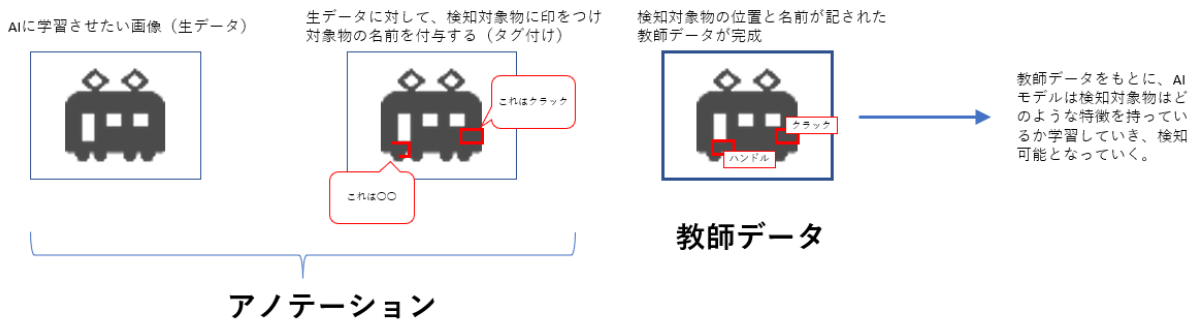


図 3.2.2-36 アノテーション作業イメージ

前述のアノテーションに関する一連のプロセスを、鉄道事業者をはじめとした事業会社でも簡素に行えるようにするための支援機能として、以下 3 つの主要機能を具備するツール「アノテーション支援ツール」(Web アプリケーション) を WebUI で提供する。(図 3.2.2-37 参照)

- 教師データ作成 (アノテーション)
- AI モデル構築
- AI エンジンにモデルを反映

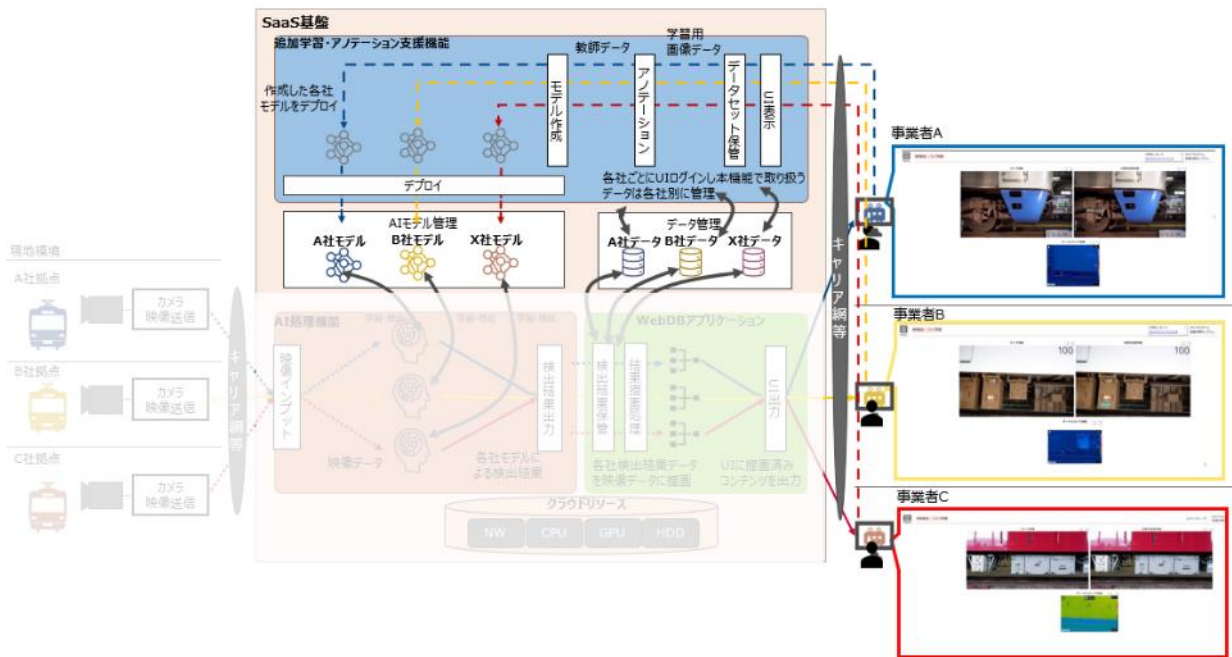


図 3. 2. 2-37 AI 追加学習機能イメージ

以下に、それぞれの機能の概要や画面イメージ等を詳述する。

● 教師データ作成（アノテーション）

ユーザは、データセット（画像データ群）を登録し、データセットの各画像に対してアノテーション作業を実施する。アノテーション作業の生成物が「教師データ」を呼ばれるデータであり、本データをもとに AI モデルを構築する。

本機能に係るアノテーション支援ツールの UI イメージを図 3. 2. 2-38 に示す。

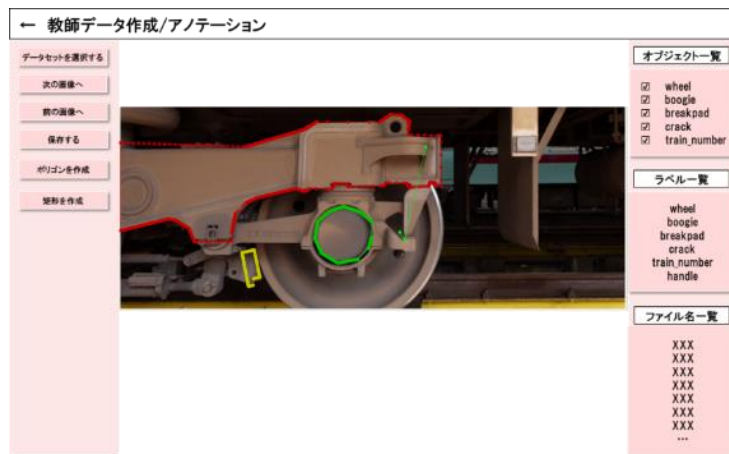


図 3. 2. 2-38 アノテーション支援・自動 AI モデル構築/反映機能イメージ

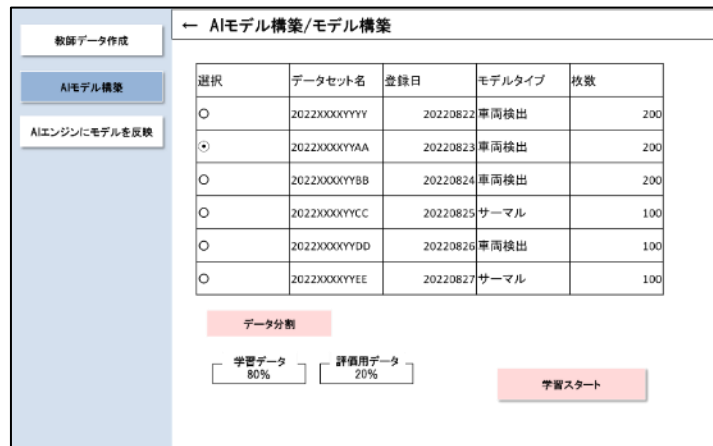
● AI モデル構築

アノテーションで作成する教師データセットの一覧から、モデル学習に用いるデータセットを選択し、学習を実行するとモデルが構築される。構築されたモデルに対して、モデル性能評価指

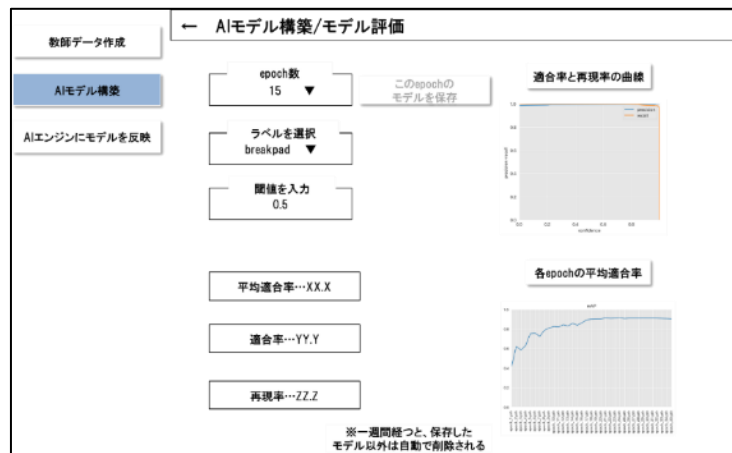
標や、画像予測結果を参照できる機能も具備しているため構築したモデル性能を、AI エンジン反映前に確認することが出来る。

本機能に係るアノテーション支援ツールの UI イメージを図 3. 2-39 に示す。

【AI モデル構築/モデル構築】



【AI モデル構築/モデル評価】



【AI モデル構築/画像予測結果】

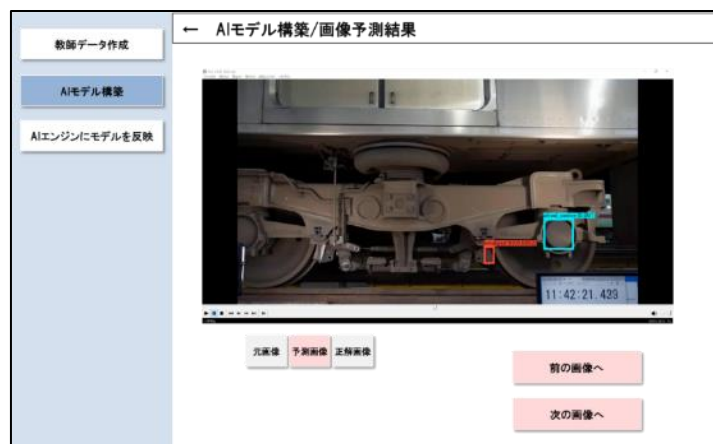


図 3. 2. 2-39 アノテーション支援ツールにおける AI モデル構築の UI イメージ

- AI エンジンにモデルを反映

構築するモデルを AI インスタンス上の AI エンジンに反映する。

本機能に係るアノテーション支援ツールの UI イメージを図 3.2.2-40 に示す。

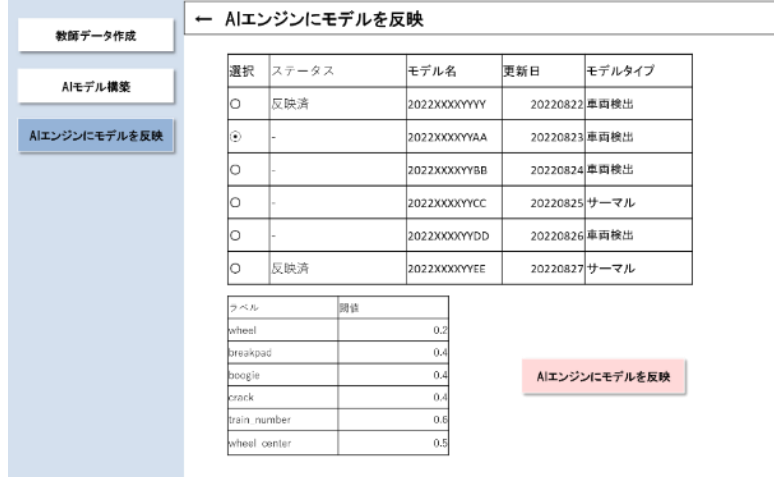


図 3.2.2-40 アノテーション支援ツールにおける AI エンジンへのモデル反映の UI イメージ

e. マルチテナント管理機能

マルチテナント管理機能として実装した複数事業者対応の Web アプリケーション/DB のユーザテナントの分割管理化についての機能概要を記載する。

【リアルタイム映像配信（車両映像）】

カメラマスタ領域より、会社コードをもとにユーザに紐づくカメラ ID を取得する。

取得したカメラ ID をもとに、ユーザに紐づく車両監視リアルタイム映像を取得し、表示する。

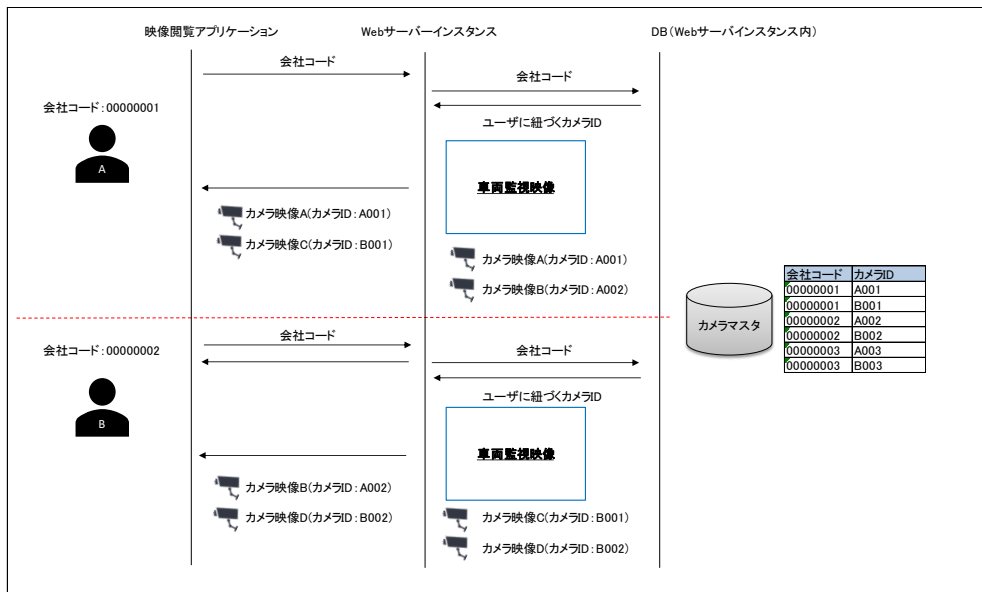


図 3.2.2-41 ユーザ切り替え機能_リアルタイム映像(車両監視)イメージ

【リアルタイム映像配信 (矩形情報)】

カメラマスタ領域より、会社コードをもとにユーザに紐づくカメラ ID を取得する。

取得したカメラ ID をもとに、ユーザに紐づく車両監視の矩形データを取得し、リアルタイム映像と合成する。

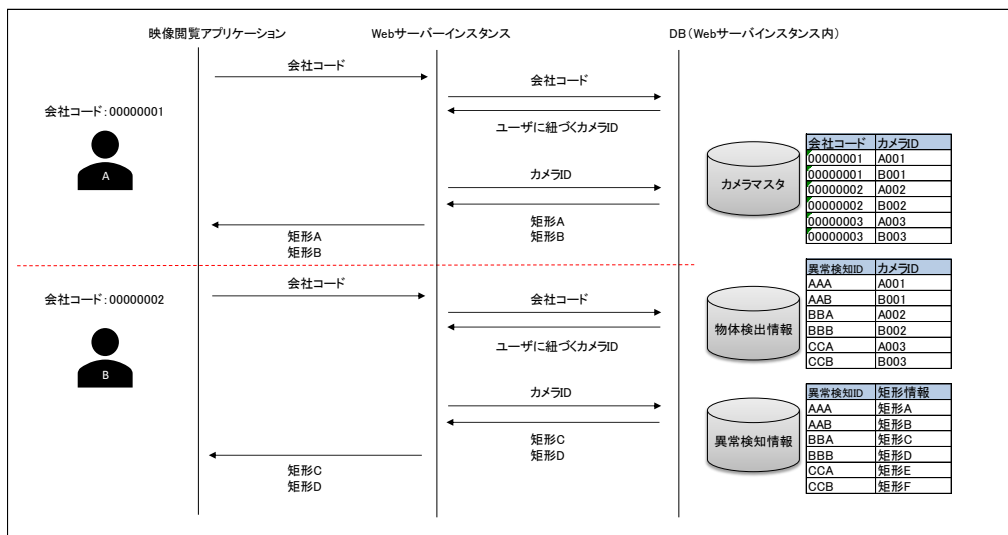


図 3.2.2-42 ユーザ切り替え機能_矩形データ、ポリゴン(車両監視)イメージ

【録画映像配信時】

カメラマスタ領域より、会社コードをもとにユーザに紐づくカメラ ID を取得する。

取得したカメラ ID をもとに、ユーザに紐づく車両監視の録画映像を取得し、表示する。

矩形データの情報に関してはリアルタイム映像同様にカメラ ID、録画映像開始時刻を元に取得し、表示する。

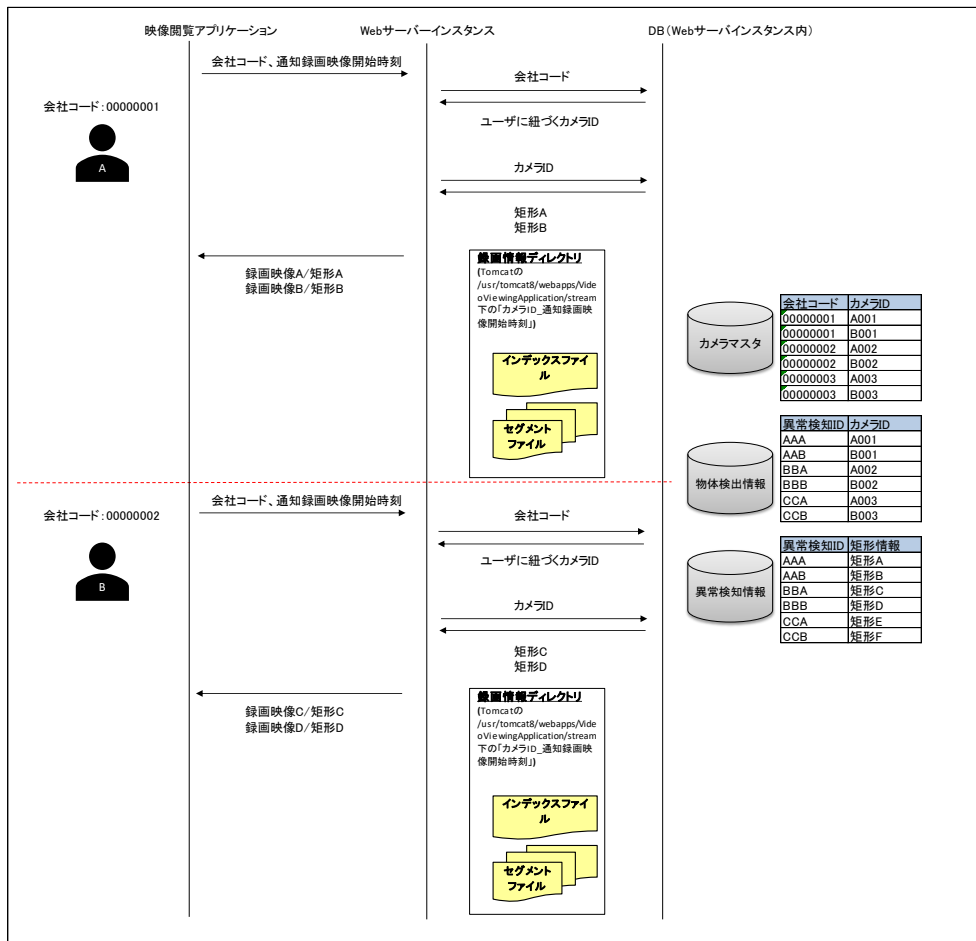


図 3. 2. 2-43 ユーザ切り替え機能_録画映像(車両監視)イメージ

4) セキュリティ要件

実証システムのセキュリティ要件を表 3. 2. 2-5 に示す。

表 3. 2. 2-5 セキュリティ要件

項番	項目	要件
1	ユーザ認証	Webアプリケーションへのアクセス時にはユーザ認証を行い特定ユーザのみログイン可能な状態とする。
2	通信暗号化	Webアプリケーションへのアクセス時には通信経路をSSL/TLSによる暗号化を行い秘匿する。
3	境界防御	クラウド基盤と外部環境との境界にはアクセス制限を行い、実証関連ユーザ以外のアクセスを制限する。
4	機密情報の保管	クラウド基盤上には個人情報を含む機密情報を保管しないこと。

5) 商用 5G ネットワーク

本実証において使用する商用 5G ネットワークは、制御信号に LTE を利用するノンスタンドアロン方式である。(図 3.2.2-44 参照)

5G の無線アクセスネットワーク(RAN:radio Access NW)を収容するコアネットワークは、交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワークであり、端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

インターフェースとして、eUTRAN(LTE/LTE-Advanced の RAN)を収容する既存コアネットワークである EPC(Evolved Packet Core)、及び RAN-コアネットワーク間のインターフェースとして、eUTRAN-EPC 間は S1 インターフェースを流用する構成となる。EPC では、ユーザユーザの認証、ユーザデータパケットの転送経路の設定、QoS 制御、移動制御などの機能を提供している。呼制御方式としては、常時接続である「Always-ON」コンセプトを採用し、移動端末の電源 ON と同時に IP アドレスが割り振られ、固定網と同様に通信が可能となる。

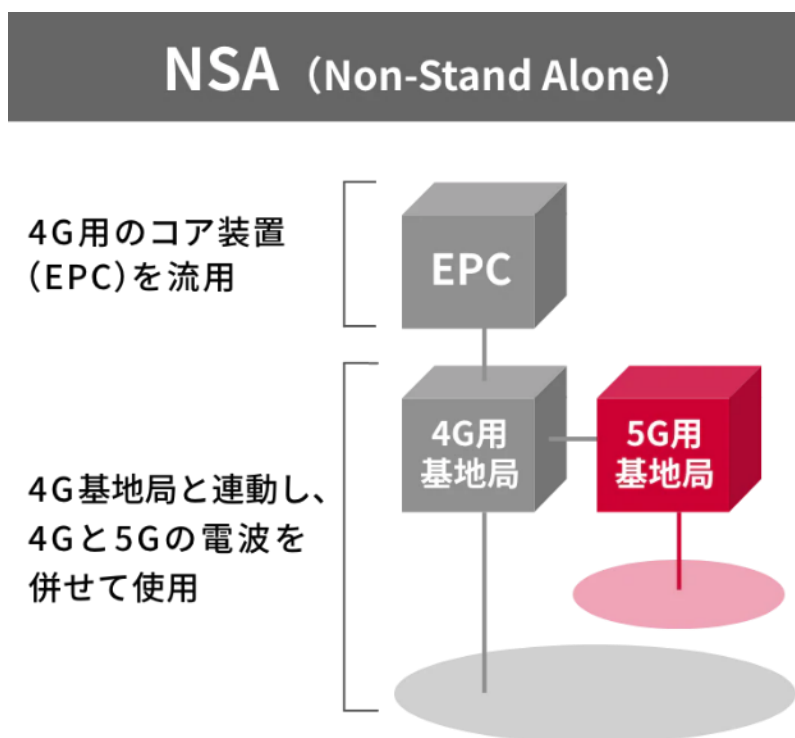


図 3.2.2-44 5G NSA 構成のイメージ

(4) 無線局の免許等

本事業において実証に協力いただく鉄道事業者 2 社 (西鉄、京阪) から提供されるフィールド環境にキャリア 5G を用いてエリア化した。

NTT ドコモのキャリア 5G 基地局 (4.5GHz) を九州 (西鉄)、関西 (京阪) それぞれのエリアで構築した。各基地局の免許申請情報は表 3.2.2-6~表 3.2.2-7 に示すとおりである (出所:総務省電波利用ホームページ)。

なお、次年度以降の継続的なソリューション実装に向けての5G基地局の設置については、利用者における接続形態の検討もおこなった上で置局要否を判断していくこととする。

表 3.2.2-6 九州（西鉄）エリアで構築する基地局の免許申請情報

包括免許人の氏名又は名称	株式会社NTTドコモ		
包括免許人の住所	*****		
特定無線局の種別	基地局		
特定無線局の目的	電気通信業務用	包括免許の番号	*****
包括免許の年月日	令4.10.1	包括免許の有効期間	令9.9.30まで
無線設備の設置場所とすることができる区域	九州総合通信局管内	運用開始の期限	
通信の相手方	免許人所属の陸上移動局		
包括免許人の事務所	東京都千代田区		
電波の型式、周波数及び空中線電力			
99M9X7W	4550.01 MHz	1.1487 kW	

表 3.2.2-7 関西（京阪）エリアで構築する基地局の免許申請情報

包括免許人の氏名又は名称	株式会社NTTドコモ		
包括免許人の住所	*****		
特定無線局の種別	基地局		
特定無線局の目的	電気通信業務用	包括免許の番号	*****
包括免許の年月日	令4.10.1	包括免許の有効期間	令9.9.30まで
無線設備の設置場所とすることができる区域	近畿総合通信局管内	運用開始の期限	
通信の相手方	免許人所属の陸上移動局		
包括免許人の事務所	東京都千代田区		
電波の型式、周波数及び空中線電力			
99M9X7W	4550.01 MHz	574.35 W	

(5) その他の要件

1) 国際規格等への対応

実証環境の構築にあたっては、今後の ICT の技術的發展を柔軟に取り込めるよう、国際規格やオープンな技術に依拠し、普及段階において機能拡張が可能な設計とした。

5G 基地局については、3GPP で策定作業が進められている 5G 無線アクセスの仕様の最新の標準化状況を踏まえた無線インターフェースを用いた（キャリア準拠）。

2) サプライチェーンリスク対策

本実証にて用いるキャリア 5G 設備は、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）に基づく開発供給計画認定に係る設備である。（表 3.2.2-8 参照）

表 3.2.2-8 認定開発供給計画（全国 5G）

	事業者名	認定省庁	開発供給計画認定番号	認定開発供給計画の概要・備考
1	日本電気株式会社	総務省 経済産業省	2020 開 1 総経第 0001 号-1	令和 2 年 11 月 13 日認定
2	富士通株式会社	総務省 経済産業省	2020 開 1 総経第 0002 号-1	令和 2 年 11 月 13 日認定

3.3 5G ソリューションに係る検証

本節では、3.1.1 項にて述べた事項を確認するため、3.2 節にて構築した環境を用いた実証を行った結果について取りまとめる。

3.3.1 SaaS 型での活用を想定した 5G ソリューションの検証

過年度に SI 型ならびに DL 型での検証が実施されている「鉄道車両監視 AI システム」を、SaaS 型で提供可能かどうかを確認するため、SaaS 型の一般的な方式としてインターネット接続方式にてシステム動作検証を行った。具体的に本項では通信性能（クラウド接続時の通信）とシステム性能（ソリューション構成機能）を評価した。

(1) SaaS 型におけるシステム動作検証

1) SaaS 型で構成されたシステムにおけるネットワーク性能確認

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを SaaS 型として提供するための影響、課題をネットワーク観点で確認することである。現地環境-クラウド間のネットワーク環境が正常に動作するかの確認を行い、設計・構築したアーキテクチャが SaaS 型システムとして動作上問題が生じないことを確認する。

検証の評価項目として、DL 型での検証時に実施した評価項目を踏襲し、以下を測定した。（表 3.3.1-1 参照）

表 3.3.1-1 SaaS 型で構成されたシステムにおけるネットワーク性能検証内容

評価項目	測定項目
上りスループット TCP/UDP	bandwidth、jitter、lost/total パケット数 ※3 回の計測値、またその平均を用いる
下りスループット TCP/UDP	bandwidth、jitter、lost/total パケット数 ※3 回の計測値、またその平均を用いる
応答時間 (RTT)	min/avg/max/stddev ※3 回の計測値、またその平均を用いる

パラメータについては、以下の通り。

- 試験方法 : iperf / ping
- 試験区分 : UL (上り) / DL (下り)
- パケットサイズ (byte) : 1300
- スループット (Mbps) : なし / 30 / 100
- 送信時間 (sec) : 60

上記のパラメータをもとに、現地から 5G ネットワークを経由したクラウド基盤までの接続区間においてネットワーク性能を測定した。(図 3. 3. 1-1 参照)

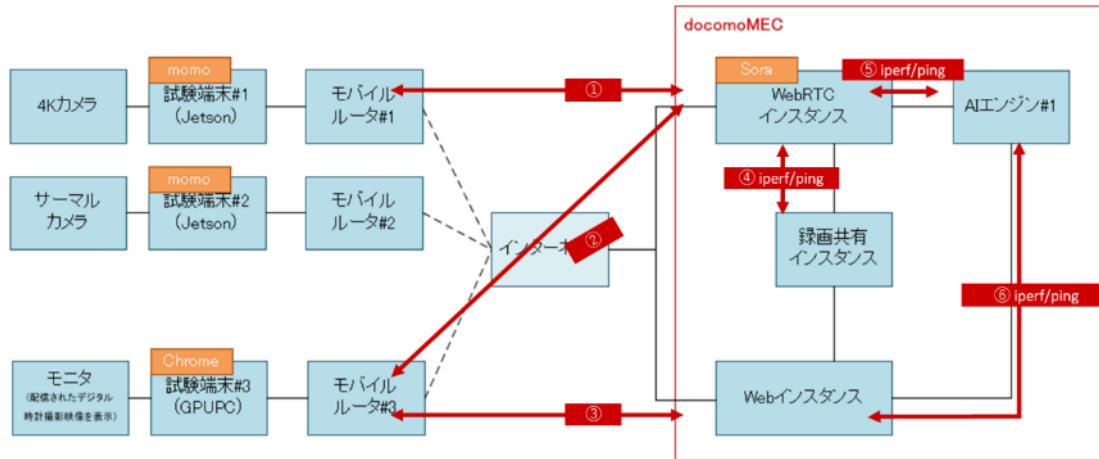


図 3. 3. 1-1 SaaS 型で構成されたシステムにおけるネットワーク性能検証イメージ

【検証結果】

本検証の結果を表 3. 3. 1-2 に示す。

表 3. 3. 1-2 SaaS 型で構成されたシステムにおけるネットワーク性能検証結果

測定区間	試験	プロトコル	試験区分	パケットサイズ	送信時間 (sec)	スループット (Mbps)	bandwidth (Mbps) (3回平均値)	jitter (ms) (3回平均値)	lost/total パケット数 (3回平均値)	応答時間の最小値 (ms) (3回平均値)	応答時間の平均値 (ms) (3回平均値)	応答時間の最大値 (ms) (3回平均値)	応答時間の標準偏差値 (ms) (3回平均値)
①4K Jetson (Ubuntu) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	21.07	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	58.00	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.44	1.27	0.04	-	-	-	-	
		下り	1300	60	30	29.97	0.11	0.00	-	-	-	-	
	UDP_100M	上り	1300	60	100	23.96	1.65	0.77	-	-	-	-	
		下り	1300	60	100	76.67	0.40	0.23	-	-	-	-	
②監視用GPUPC (Windows) -WebRTCインスタンス間	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	54.03	72.34	263.81	28.34
				1300	60	-	-	-	-	-	-	-	-
	iperf	TCP	上り	1300	60	-	24.93	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	21.57	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.95	2.14	0.00	-	-	-	-	
		下り	1300	60	30	29.96	0.08	0.00	-	-	-	-	
UDP_100M	上り	1300	60	100	36.93	0.96	0.63	-	-	-	-		
	下り	1300	60	100	81.72	0.11	0.18	-	-	-	-		
③監視用GPUPC (Windows) -Webインスタンス間	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	52.67	75.00	435.67	-
				1300	60	-	-	-	-	-	-	-	-
	iperf	TCP	上り	1300	60	-	13.86	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	42.28	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	28.27	1.81	0.06	-	-	-	-	
		下り	1300	60	30	25.31	0.26	0.16	-	-	-	-	
UDP_100M	上り	1300	60	100	37.43	0.60	0.62	-	-	-	-		
	下り	1300	60	100	78.63	0.11	0.21	-	-	-	-		
	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	54.33	71.67	114.33	-

本結果より現地環境-クラウド基盤間のネットワーク性能の影響観点について、過年度検証済みのソリューションを SaaS 型アーキテクチャに変更をしても問題なく動作可能であることを確認

できた。今年度実証システムにおいては、ネットワーク性能のうち、スループットの観点として 5G を用いることで、高精細映像の伝送を行うために必要となる上りスループット（1 拠点あたり上り 30Mbps 程度）が確保できていることを性能指標としたが、NW 帯域について、UDP プロトコル 30Mbps でのスループット測定時において現地環境からクラウド基盤間では 30Mbps 程度の帯域を確保できていることが確認できた。

応答時間の観点としては、ICMP による遅延測定結果から平均遅延時間についてはアーキテクチャ変更による影響はみられず、問題なくシステム動作可能であることを確認出来た。

2) SaaS 型で構成されたシステムにおける映像伝送性能検証

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを SaaS 型として提供可能かを End-to-End の映像伝送の観点で問題ないことを確認することである。映像遅延量及び映像伝送時に経由する各コンピュータのリソース情報を測定し、SaaS 型として設計・構築したことに伴う、映像伝送品質の低下などのデメリットが特段ないことを確認する。

検証における評価項目としては、令和 3 年度 5GSC 実証システム (DL 型) に対して実施した評価項目を踏襲し、以下を測定した。(表 3.3.1-3 参照)

表 3.3.1-3 SaaS 型で構成されたシステムにおける映像伝送性能検証内容

評価項目	測定項目
映像遅延時間	タイマーによる差分時間 ※3 回の計測値、またその平均を用いる
映像伝送品質情報	解像度、再生中フレーム数、受信フレーム数、デコードフレーム数、ドロップフレーム数 ※3 回の計測値、またその平均を用いる
コンピュータリソース 対象コンピュータ： ・試験端末 ・各インスタンス	CPU、MEM、GPU のリソース量の推移 ※3 回の計測値、またその平均を用いる

パラメータについては、下記の通り。

- ・ 測定種別 : 4K カメラ / サーマルカメラ
- ・ スループット (Mbps) : 15 (4K カメラ) / 2.5 (サーマルカメラ)

上記のパラメータをもとに、5G ネットワークとクラウド基盤の接続においてインターネット接続方式 (キャリア 5G) を用いて、各試験結果の平均値を測定した。(図 3.3.1-2 参照)

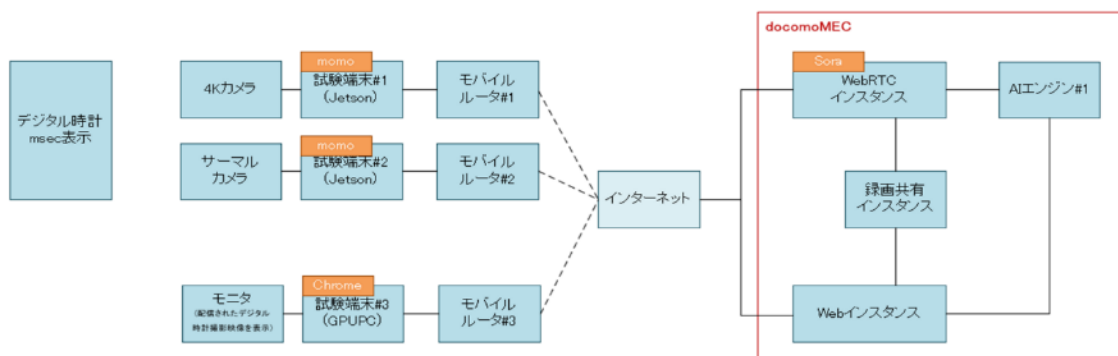


図 3.3.1-2 SaaS 型で構成されたシステムにおける映像伝送性能検証イメージ

【検証結果】

本検証の結果を表 3.3.1-4 に示す。

表 3.3.1-4 SaaS 型で構成されたシステムにおける映像伝送検証結果
(インターネット接続方式)

測定種別	試験区分 (コーデック)	スループット (Mbps)	試験回数	タイマー 遅延時間 (ms)	各インスタンスのリソース情報												
					Jetson			WebRTCインスタンス		GPUPC							
					CPU%	MEM%	GPU%	CPU%	MEM%	CPU%	MEM%	GPU%	解像度(px)	受信フレーム数 (fps)	デコードフレーム数 (fps)	ドロップフレーム数 (fps)	
4Kカメラ	H.264	15	1	3046	29.5	34%	0.0	2.4	3.1	5.0	33.0	41.0	3840x2160	29.6	1262.0	0.0	
	H.264	15	2	2000	26.3	34%	0.0	2.6	3.1	7.0	33.0	41.0	3840x2160	30.2	1352.0	0.0	
	H.264	15	3	2088	26.3	34%	0.0	2.3	3.1	6.0	33.0	41.0	3840x2160	30.2	1472.0	0.0	
	※avg			2378.0	27.4	34%	0.0	2.4	3.1	6.0	33.0	41.0	--	30.0	1362.0	0.0	
サームルカメラ	H.264	2.5	1	--	16.8	29%	3.0	0.0	3.0	3.0	28.0	2.0	320x240	22.7	2235.0	0.0	
	H.264	2.5	2	--	18.5	29%	0.0	0.0	3.0	3.0	28.0	3.0	320x240	23.1	2421.0	0.0	
	H.264	2.5	3	--	24.0	29%	9.0	0.0	3.0	3.0	28.0	3.0	320x240	23.1	2632.0	0.0	
	※avg			--	19.8	29%	4.0	0.0	3.0	3.0	28.0	2.7	--	23.0	2429.3	0.0	

本結果より、過年度検証済みのソリューションを SaaS 型アーキテクチャへの変更による End-to-End の映像伝送の性能の観点でも問題ないことを確認出来た。映像フレームの劣化も見られず、End-to-End の映像伝送品質に影響を及ぼすことはなかった。これにより、令和 3 年度 5GSC 実証システム(DL 型)を SaaS 型構成として設計・構築したことに伴う、映像伝送品質の低下などのリソース観点での影響が特段ないことが確認できた。

なお、End-to-End の映像伝送の観点で影響を及ぼす機器類のリソース使用状況についても、測定が可能なポイントでモニタリングを行った。表中に記載の通り、メモリや CPU 使用率は上限値から比較的余裕のある状態で測定が行えていることが確認できており、ネットワークリソース並びにコンピューティングリソースが最大限活用できた測定結果であることもここに補足する。

3) SaaS 型で構成されたシステムにおける映像視認性検証

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを SaaS 型として提供可能かをユーザーインターフェースの観点で問題ないことを確認することである。SaaS 型システムの、映像コンテンツ

閲覧におけるユーザインターフェース（以下、WebUI という。）の挙動及び視認性が、DL 型と比較し同等であることを確認し、SaaS 型として設計・構築したことに伴う、WebUI 上の挙動や映像視認性に関するデメリットが特段ないことを確認する。

検証の評価項目としては、令和 3 年度 5GSC 実証システム(DL 型)に対して実施した評価項目を踏襲し、以下を測定した。(表 3.3.1-5 参照)

表 3.3.1-5 SaaS 型で構成されたシステムにおける映像映像視認性検証内容

評価項目	測定項目
4K30 フレーム映像が正常表示されているか	<p>以下の場合における解像度、フレームレート(chrome デバッグ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・WebUI (chrome ブラウザ) 上でストリーミング配信される映像品質 ・WebUI (chrome ブラウザ) 上で再生される録画映像品質
<p>ストリーミング映像の描画</p> <p>録画映像の描画</p>	<p><ストリーミング映像></p> <ul style="list-style-type: none"> ・WebUI 上で該当リンクをクリックした時に、ストリーミング映像が再生されること（目視確認） ・WebUI 上で該当リンクをクリックしてから、ストリーミング映像が再生開始されるまでの時間（タイマー計測） <p><録画映像></p> <ul style="list-style-type: none"> ・WebUI 上で対象リンクをクリックした時に、録画映像が再生される。画面に映った時計の日時が対象リンクの日時と合っていること（目視確認） ・WebUI 上で対象リンクをクリックしてから、録画映像が再生開始されるまでの時間（タイマー計測）
映像に重畳する AI 解析結果（バウンディングボックス）の位置	<p><ストリーミング映像/録画映像></p> <ul style="list-style-type: none"> ・意図的に異常状態を作り適切な場所にバウンディングボックスが表示されること ・WebUI 上で再生される 2 つの映像(元映像・AI 検出映像)が、同じ時間軸で再生されていること（目視確認）
シークバーによる再生位置指定の挙動	WebUI 上で再生される録画映像がシークバーによって任意の再生位置を指定できること
映像種別ごとの画面レイアウト切り替え時間	・任意で選択した映像種別のレイアウトが切り替わること（目視確認）

	<ul style="list-style-type: none"> 任意で映像種別を選択した際に、レイアウトが切り替わりきるまでの時間（タイマー計測）
--	---

上記表に記載の通り、特定の画面操作を行い、評価を実施した。（図 3. 3. 1-3）

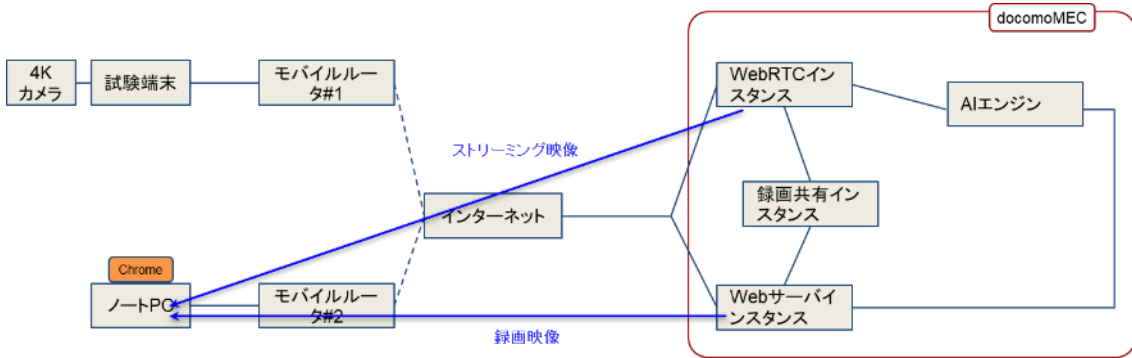


図 3. 3. 1-3 SaaS 型で構成されたシステムにおける映像視認性検証イメージ

本検証の結果を表 3. 3. 1-6 に示す。

表 3. 3. 1-6 SaaS 型で構成されたシステムにおける視認性検証結果

【4K30 フレーム映像が正常表示されているか】

測定区間	映像種別	4Kカメラ映像配信規格	確認方法	経過時間	解像度 (px)	フレーム数
PC - WebRTCインスタンス	ストリーミング配信映像	4K30fps	chromeデバッグ	1分後	3840x2140	25
				5分後	3840x2140	25
				10分後	3840x2140	25
PC - Webインスタンス	録画映像	4K30fps	-	3840x2140	25	

【ストリーミング配信の描画/録画映像の描画】

対象UI	確認端末	確認方法	該当映像が再生される(○/×)	再生が開始されるまでの時間(s)
ストリーミング配信	閲覧PC	該当リンククリック	○	3.3
録画配信	閲覧PC	該当リンククリック	○	3.4

【映像に重畳する AI 解析結果（バウンディングボックス）の位置】

対象UI	確認端末	確認方法	異常個所数 (1画像当たり)	バウンディングボックスが適切な位置に表示される(○/×)
ストリーミング配信	閲覧PC	意図的に異常状態を作り、適切な位置にバウンディングボックスが表示されるか目視で確認	1か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)
			2か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)
			3か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)
録画配信	閲覧PC		1か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)
			2か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)
			3か所	△(4K)、○(サーマル,FHD)

【シークバーによる再生位置指定の挙動】

対象UI	確認端末	確認方法	時間軸の同期がとれている(○/×)
録画配信	閲覧PC	シークバーを任意の場所へ移動したとき、生映像と矩形付き映像が同じ時間軸で再生されることを確認	○

【映像種別ごとの画面レイアウト切り替え時間】

対象UI	確認端末	確認方法	クリック対象の映像種別	映像が切り替わるまでの時間(s)	該当の映像種別が正常に切り替わる(○/×)
ストリーミング配信	閲覧PC	該当の映像種別をクリックレイアウトが切り替わる(フェードアウトすることを確認)	生映像	0.1	○
			解析結果付き映像	0.1	○
			サーマル映像	0.1	○
録画配信	閲覧PC	該当の映像種別をクリックレイアウトが切り替わる(フェードアウトすることを確認)	生映像	0.1	○
			解析結果付き映像	0.1	○
			サーマル映像	0.1	○

本検証により、過年度検証した DL 型と過不足のない WebUI 動作を示していることが確認できた。これによって、実証システムを、SaaS 型として設計・構築したことに伴う、WebUI 上の挙動や映像視認性に関するデメリットが特段ないことを確認でき、SaaS 型としてアーキテクチャを変更した結果、ユーザインターフェースの観点でも問題ないことが確認できた。

なお、4K 映像を用いた場合の評価が「△」である点を補足する。4K 解像度の場合、UI 表示上、映像と矩形表示に一定のズレが発生していたが、これは過年度実証システムにおいても発生していた事象である。また、配信映像の解像度を 4K から FHD に変更することで UI 表示も改善出来ることが判明している既知の事象であった。あくまでも UI 表示上の影響であり、内部的な AI 検知性能自体には影響があるものではなかったが、実証見学時等快適な閲覧環境が必要な場面において、一時的に解像度の変更の運用対処を行った旨を補足する。

(2) DL 型形態と SaaS 型形態における AI エンジン性能検証

1) DL 型で構成されたシステムにおける AI エンジンと SaaS 型で構成されたシステムにおける AI エンジンの検知性能検証

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを SaaS 型として提供した場合の AI 検知性能への影響を確認することである。DL 型と SaaS 型での比較を行い、SaaS 型の提供形態が AI ソリューション提供時にも問題ないことを確認した。

検証の評価項目として、DL 型、SaaS 型それぞれにて、一定の処理リソースを割り当てた環境における AI の検知性能（検出率・網羅率）を計測した。これにより、各構成における AI エンジン

の性能を確認することができる。以下に検出率・網羅率について、詳述する。

● 検出率：

1回の試行あたりにシステムが出した結果を積み上げ、「システムが検出したもののうち、真に正しい結果の割合」を評価する。

● 網羅率：

1回の試行あたりにシステムが出した結果を積み上げ、「システムが検出すべきと定めた事物のうち、それを少なくとも1回、システムが検出した割合」を評価する。

検知対象ごとのパラメータについては、下記のとおりである。

- クラック： 方向（タテ・ヨコ） 幅（0.1 / 0.2 / 1.0 / 2.0mm） 長さ（20 / 60 / 80cm）
- 収容函のハンドル開閉： 角度（正常/異常）
- ブレーキパッドの厚さ： （すり減り度合いを計測し、異常値を検出）
- 車軸の温度異常： （一部の車軸温度を上昇させ、異常値を検出）

鉄道車両の走行速度（5km/h，10km/h）に応じて、上記のパラメータを網羅した映像を取得し、その映像を、実験環境にデプロイされたDL型 / SaaS型の各構成のAIエンジンを用いて解析することで、それぞれの環境で動作するAI検知性能に有意な差がないことが確認した。（図3.3.1-4～図3.3.1-10参照）

き裂発生位置		溶接端に生じたき裂(並行き裂：P)		
		き裂長(mm)		
		20	60	80
き裂幅 (mm)	0.1	P-0.1-20	P-0.1-60	P-0.1-80
	0.2	P-0.2-20	P-0.2-60	P-0.2-80
	1.0	P-1.0-20	P-1.0-60	P-1.0-80
	2.0	P-2.0-20	P-2.0-60	P-2.0-80

き裂発生位置		溶接端に生じたき裂(垂直き裂：V)		
		き裂長(mm)		
		20	60	80
き裂幅 (mm)	0.1	V-0.1-20	V-0.1-60	V-0.1-80
	0.2	V-0.2-20	V-0.2-60	V-0.2-80
	1.0	V-1.0-20	V-1.0-60	V-1.0-80
	2.0	V-2.0-20	V-2.0-60	V-2.0-80

き裂発生位置		溶接端に生じたき裂(斜めき裂：D)		
		き裂長(mm)		
		20	60	80
き裂幅 (mm)	0.1	D-0.1-20	D-0.1-60	D-0.1-80
	0.2	D-0.2-20	D-0.2-60	D-0.2-80
	1.0	D-1.0-20	D-1.0-60	D-1.0-80
	2.0	D-2.0-20	D-2.0-60	D-2.0-80

図 3.3.1-4 台車のき裂検出における擬似き裂（クラックシール）のパターン

		←西鉄福岡方向												停車位置方向→																												
試験セット	ptn	速度	走行回数	方向	抑圧時間	3両目						2両目						1両目																								
						先頭台車			後続台車			先頭台車 ※新品ブレーキパッド			後続台車 ※交換レールブレーキパッド			先頭台車			後続台車																					
						前側(mm)	後側(mm)	方向	前側(mm)	後側(mm)	方向	前側(mm)	後側(mm)	方向	前側(mm)	後側(mm)	方向	前側(mm)	後側(mm)	方向	前側(mm)	後側(mm)	方向																			
1	クワック水平 + ハンドル、ブレーキパッド	5km/h	1	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		5km/h	2	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		5km/h	3	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
	クワック垂直 + ハンドル、ブレーキパッド	5km/h	1	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		10km/h	2	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		10km/h	3	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
	2	クワック垂直 + ハンドル、ブレーキパッド	5km/h	1	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ
			10km/h	2	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ
			10km/h	3	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ
クワック水平 + ハンドル、ブレーキパッド		5km/h	1	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		10km/h	2	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
		10km/h	3	往	5分	0.1	20	コ	0.1	60	コ	0.1	80	コ	0.2	20	コ	0.2	60	コ	0.2	80	コ	1	20	コ	1	60	コ	1	80	コ	2	20	コ	2	60	コ	2	80	コ	
3		クワック水平 + ハンドル、ブレーキパッド	5km/h	1	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ
			5km/h	2	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ
			5km/h	3	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ
	クワック水平 + ハンドル、ブレーキパッド	5km/h	1	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ	
		10km/h	2	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ	
		10km/h	3	往	5分	0.1	20	ナ	0.1	60	ナ	0.1	80	ナ	0.2	20	ナ	0.2	60	ナ	0.2	80	ナ	1	20	ナ	1	60	ナ	1	80	ナ	2	20	ナ	2	60	ナ	2	80	ナ	

図 3. 3. 1-5 西鉄現地実証における車両走行パターン



図 3. 3. 1-6 台車のき裂検出における擬似き裂シール添付場所



図 3. 3. 1-7 収容函ハンドルの開閉異常検知場所



図 3. 3. 1-8 ブレーキパッドすり減り検知



図 3. 3. 1-9 車軸の温度異常検出

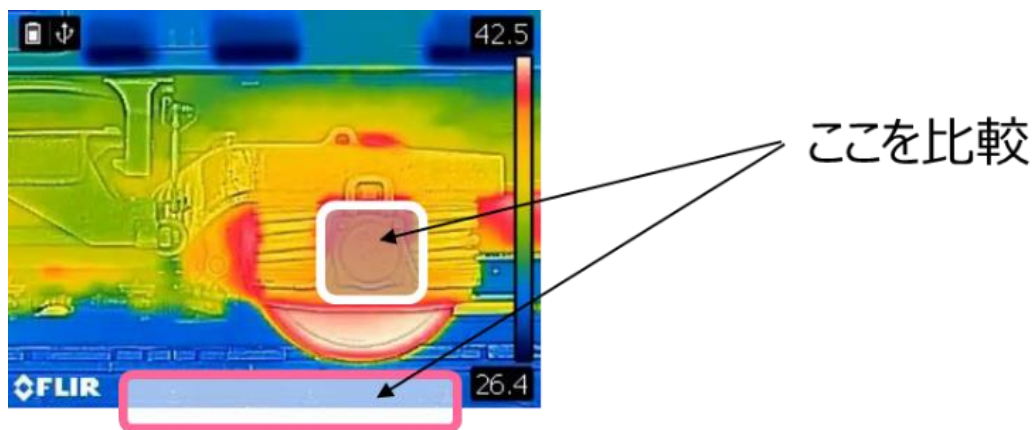


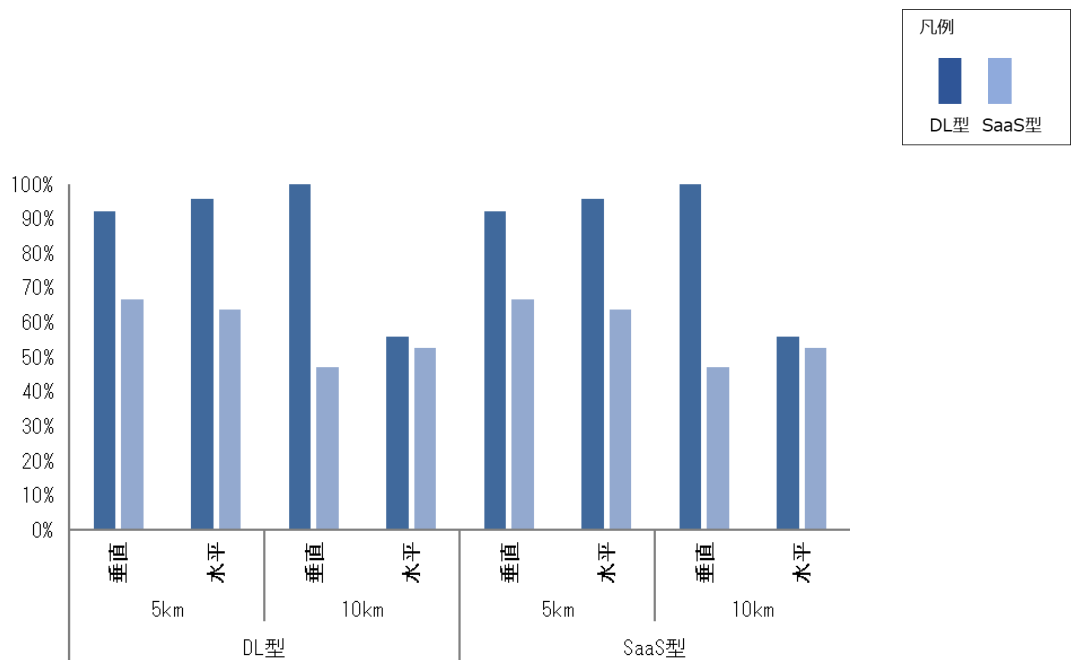
図 3. 2. 1-10 車軸の温度異常検出時の温度比較場所

【検証結果】

本検証の結果を表 3.3.1-7～表 3.3.1-10 に示す。

表 3.3.1-7 疑似き裂検出結果 (DL 型×SaaS 型)

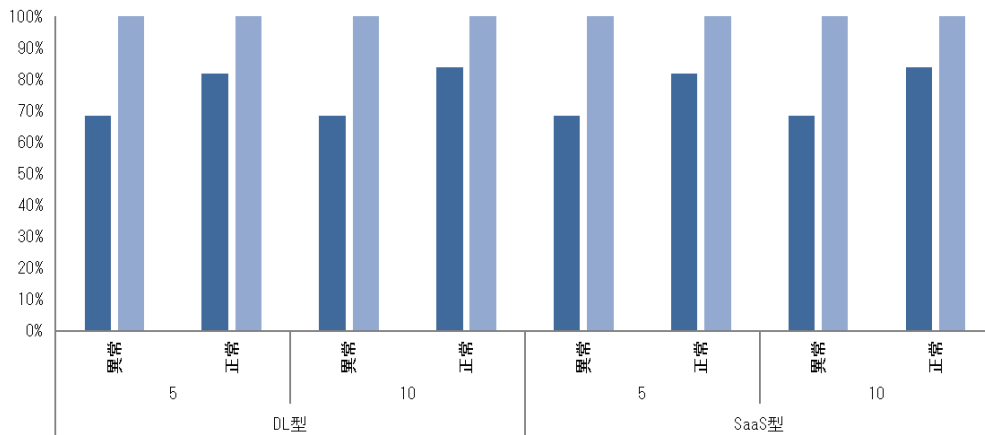
	走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
DL型	5km	垂直	92.3%	66.7%
		水平	95.8%	63.9%
	5 集計		94.0%	65.3%
	10km	垂直	100.0%	47.2%
		水平	55.9%	52.8%
	10 集計		70.6%	50.0%
DL型 集計			82.2%	57.6%
SaaS型	5km	垂直	92.3%	66.7%
		水平	95.8%	63.9%
	5 集計		94.0%	65.3%
	10km	垂直	100.0%	47.2%
		水平	55.9%	52.8%
	10 集計		70.6%	50.0%
SaaS型 集計			82.2%	57.6%



疑似き裂検出結果は、DL 型と SaaS 型で差異は見られなかった。

表 3.3.1-8 収容函ハンドルの開閉異常検出結果 (DL 型×SaaS 型)

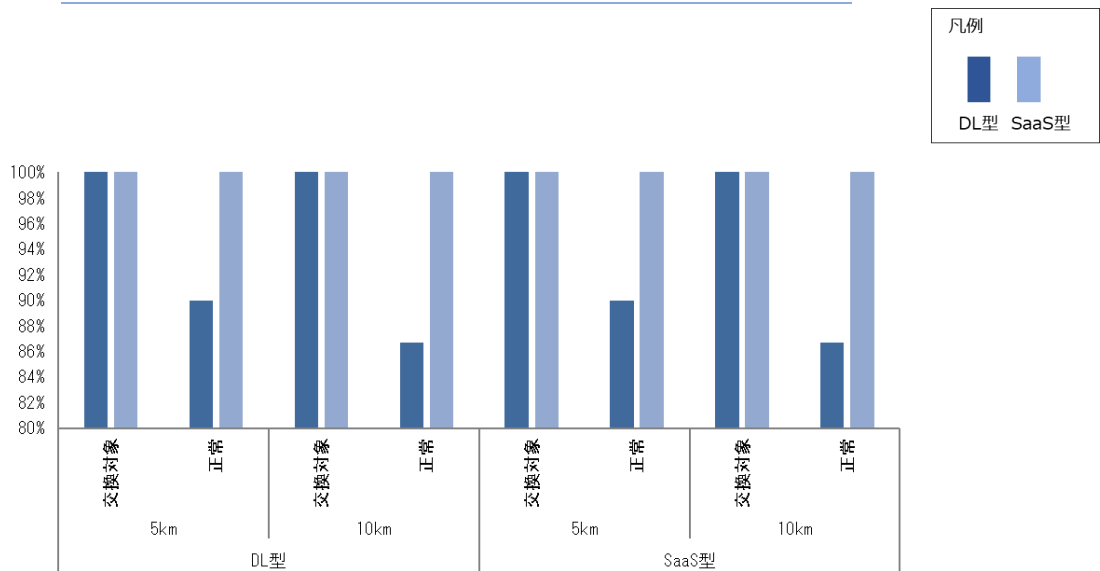
パターン	走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
DL型	5km	異常	69%	100%
		正常	82%	100%
	5km 集計		76%	100%
	10km	異常	69%	100%
		正常	84%	100%
10km 集計		77%	100%	
DL型 集計			76%	100%
SaaS型	5km	異常	69%	100%
		正常	82%	100%
	5km 集計		76%	100%
	10km	異常	69%	100%
		正常	84%	100%
10km 集計		77%	100%	
SaaS型 集計			76%	100%



収容函ハンドルの開閉異常検出結果は、DL 型と SaaS 型で差異は見られなかった。

表 3.3.1-9 ブレーキパッドすり減り検知結果 (DL 型×SaaS 型)

パターン	速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
DL型	5km	交換対象	100%	100%
		正常	90%	100%
	5km 集計		92%	100%
	10km	交換対象	100%	100%
		正常	87%	100%
	10km 集計		89%	100%
DL型 集計			90%	100%
SaaS型	5km	交換対象	100%	100%
		正常	90%	100%
	5km 集計		92%	100%
	10km	交換対象	100%	100%
		正常	87%	100%
	10km 集計		89%	100%
SaaS型 集計			90%	100%



ブレーキパッドすり減り検出結果は、DL 型と SaaS 型で差異は見られなかった。

表 3.3.1-10 車軸の温度異常検出結果 (DL 型×SaaS 型)

DL 型			SaaS 型		
検出対象	検出率	網羅率	検出対象	検出率	網羅率
走行速度			走行速度		
5km	100%	100%	5km	100%	100%
10km	100%	100%	10km	100%	100%

車軸の温度異常検出結果は、DL 型と SaaS 型で差異は見られなかった。

本検証結果より、DL 型と SaaS 型において AI 検知性能の差異は見られなかった。そのため、DL 型から SaaS 型へシステム構成を変更したことによる AI モデル検知性能への影響はなく SaaS 型の提供形態が AI ソリューション提供時にも問題ないことが確認できた。

2) DL 型で構成されたシステムにおける AI エンジンと SaaS 型で構成されたシステムにおける AI エンジンの処理性能検証

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを SaaS 型として提供した場合の AI の処理性能の面で、問題なく実現可能であることを確認することである。DL 型と SaaS 型において、AI エンジンの処理性能を比較し AI ソリューションを SaaS 型で実装することで、同リソース条件下において AI エンジンの処理性能に潜在的なデメリットがないことを確認する。

検証の評価項目としては、一定の処理リソースを割り当てた各構成で、AI の処理性能（処理時間・fps⁶）を計測した。これにより、各構成における AI エンジンの処理性能を評価することができる。（表 3.3.1-11 参照）

表 3.3.1-11 DL 型/SaaS 型で構成されたシステムにおける AI エンジンの処理性能検証内容

評価項目	測定項目
AI 処理時間	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンへ映像が到達後の画像取得時間、及び AI 解析処理終了時間
処理フレーム数	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンで処理する画像フレーム数 (fps)

試験データを入力し、実験環境にデプロイされた DL 型 / SaaS 型の各構成の AI エンジンを用いて解析することで、それぞれの環境で動作する AI 処理性能に有意な差がないことを確認した。

⁶ frames per second の略称。1 秒間当たりのフレーム画像数を表す。

【検証結果】

本検証結果を表 3.3.1-12 に示す。

表 3.3.1-12 DL 型で構成されたシステムにおける AI エンジンと SaaS 型で構成されたシステムにおける AI エンジンの処理能検証結果

【DL 型 (4K カメラ)】

試行回数	fps	AI解析時間
1	25	0.170
2	25	0.170
3	25	0.170
4	25	0.170
5	25	0.170
平均		0.170

【DL 型 (サーマルカメラ)】

試行回数	fps	AI解析時間
1	14	0.130
2	14	0.130
3	14	0.130
4	14	0.130
5	14	0.130
平均		0.130

【SaaS 型 (4K カメラ)】

試行回数	fps	AI解析時間
1	22	0.280
2	23	0.280
3	23	0.290
4	23	0.270
5	24	0.280
平均		0.280

【SaaS 型 (サーマルカメラ)】

試行回数	fps	AI解析時間
1	14	0.130
2	14	0.130
3	14	0.130
4	14	0.130
5	14	0.130
平均		0.130

検証結果より、DL 型と SaaS 型で結果に差異は見られたが、両者の AI 処理に使用される処理リソースの差異により発生したものと考えられる。AI 検出に求める性能の観点で影響のある差異は見られず、SaaS 型構成でも問題なく実現できることが確認できた。

サーマルカメラ映像については AI 処理時間及び処理フレーム数に差異は無かったが、4K カメ

ラ映像については SaaS 型の方が、処理フレーム数が少なく処理時間の増加が見られた。しかしながら、3.3.1(2)2)より、本検証で見られた処理時間の差異は、AI の検知性能に著しく影響を与えているとは言えず、あくまでもデータ取得時に利用されているリソースの性能差異によって処理性能も順当に差異が出たと捉えることができる。

実証システムを、SaaS 型へのアーキテクチャ変更すること自体が、AI エンジンの処理性能に有意な差を及ぼすことがないことが確認できた。

3.3.2 5G 特性（遅延性）を考慮した SaaS ソリューションの検証

ここでは、特に SaaS 型で構築するシステムの論点となる「遅延性」に関して、後述する 3.4.1 項 に包含される「接続方式ごとの通信性能」を除く因子について検証する。具体的には、過年度実証にて未検証である、クラウド環境において利用可能な処理リソースの多寡に応じた、ソリューションの動作や応答速度を検証する。また、「ソリューション側のクラウド等のリソース」が接続方式に与える影響についても分析する。

SaaS 型のシステム構築・運用においては、クラウド環境の適切な処理リソースを設計する必要がある。なぜなら、複数の利用者が、提供者側の環境に構築されたシステムを同時に利用するため、利用者数に応じて利用可能なリソースが制限され、システムの応答速度が変化するためである。

3.1 節で選定した「鉄道車両監視 AI システム」を SaaS 型で構築した上で、複数事業者で同時利用したシーンを想定し、クラウド環境の処理リソースを変化させたときの AI 解析機能を評価することで、SaaS 型構成での 5G ソリューションの性能、特に遅延に関する影響を検証する。

(1) SaaS 型形態で構成されたシステムにおけるクラウド上の処理リソース変動に対する AI 処理性能の検証

本検証の目的は、SaaS 型構成のシステムにおいて、クラウド上の処理リソースを変動させ、AI エンジン処理性能の変化を確認することである。本検証を通じて、SaaS 型構成の場合の、GPU リソースと AI 処理性能の関係性を把握し、SaaS 型ソリューションの普及展開のための「リソース要件」検討に活用する。

検証の評価には、AI 解析時間、解析可能な処理フレーム数を用いる。

表 3.3.2-1 に示す評価項目を測定し、GPU リソース変動における AI 処理性能の変化を確認した。

表 3.3.2-1 SaaS 型で構成されたシステムにおけるクラウド上の処理リソース変動に対する AI 処理性能の検証内容

評価項目	測定項目
AI 処理時間	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンへ映像が到達後の画像取得時間、及び AI 解析処理終了時間

処理フレーム数	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンで処理する画像フレーム数 (fps)
---------	---

パラメータについては、下記の通り。

- GPU 割り当りソース (GPU カード枚数) : 5 / 8 / 16

上記のパラメータをもとに、評価項目を測定し GPU リソース変動における AI 処理性能の変化を確認した。(図 3.3.2-1 参照)

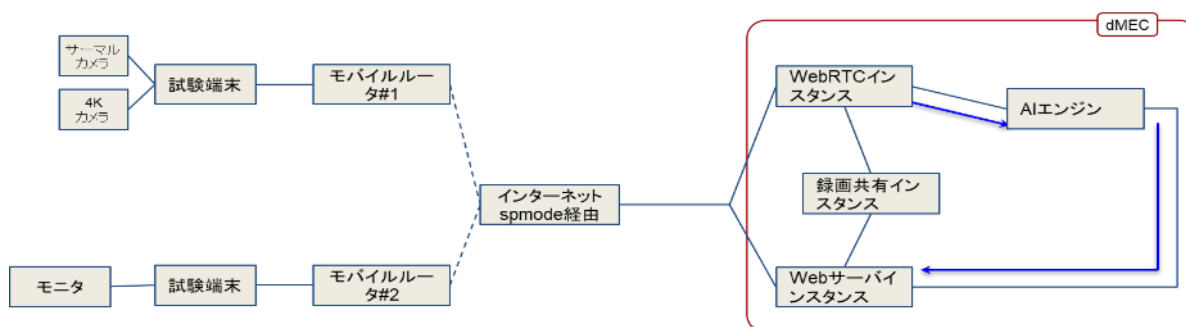


図 3.3.2-1 SaaS 型で構成されるシステムにおけるクラウド上の処理リソース変動に対する AI 処理性能の検証イメージ

【検証結果】

AI 解析処理可能なフレーム数については以下の計算式とパラメータ (表 3.3.2-2 参照) を用いて机上計算結果を以下に記載する。

$$\text{解析処理可能フレームレート} = \text{活用する API 数} \div \text{処理速度(msec)} \times 1 \text{ 枚当たり活用する API 数}$$

表 3.3.2-2 AI 解析処理可能なフレーム数算出に用いた値
(GPU 割り当りソース=5 枚の時)

解析対象	活用 API 数 (= GPU 数)	処理速度	1 枚当たり活用する API 数
車両検知	3	350msec	1
車体番号検知	1	500msec	1
サーマル	1	150msec	1

(GPU 割り当てリソース=8 枚の時)

解析対象	活用 API 数 (= GPU 数)	処理速度	1 枚当たり活用する API 数
車両検知	5	350msec	1
車体番号検知	1	500msec	1
サーマル	2	150msec	1

(GPU 割り当てリソース=16 枚の時)

解析対象	活用 API 数 (= GPU 数)	処理速度	1 枚当たり活用する API 数
車両検知	10	350msec	1
車体番号検知	2	500msec	1
サーマル	4	250msec	1

机上での GPU 割り当てリソース毎のフレームレート（理論値）は以下となる。

GPU 割り リソース	解析対象	測定種別	活用 API 数 (= GPU 数)	フレームレート (理論値)
5 枚 (内、車体番号検 知に 1 枚)	車両検知	4K カメラ映像	3	8
	サーマル	サーマルカメラ映像	1	6
8 枚 (内、車体番号検 知に 1 枚)	車両検知	4K カメラ映像	5	14
	サーマル	サーマルカメラ映像	2	13
16 枚 (内、車体番号検 知に 2 枚)	車両検知	4K カメラ映像	10	28
	サーマル	サーマルカメラ映像	4	16

本検証の結果を表 3.3.2-3～表 3.3.2-4 に示す。

表 3.3.2-3 SaaS 型形態で構成されたシステムにおけるクラウド上の処理リソース変動に
対する AI 処理性能の検証結果（4K カメラ）

測定種別	測定区間	GPU 割り当てリソース (GPU カード枚数)	処理フレーム数 (fps)	処理速度 (sec)
4K カメラ映像	WebRTC インスタンス - AI インスタンス	5 枚	7	0.28
		8 枚	13	0.27
		16 枚	23	0.28

表 3.3.2-4 SaaS 型形態で構成されたシステムにおけるクラウド上の処理リソース変動に対する AI 処理性能の検証結果（サーマルカメラ）

測定種別	測定区間	GPU割り当てリソース (GPUカード枚数)	処理フレーム数 (fps)	処理速度 (sec)
サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス	5枚	5	0.16
		8枚	12	0.14
		16枚	14	0.13

本測定により、SaaS 型構成において、複数事業者が同時に利用する場面を想定した遅延影響が実際の数値として確認できた。結果としては、リソース変動が AI 検知性能面で若干の変動を及ぼすことは確認できたが、「遅延性」の観点においては、後述するソリューションの End to End の遅延の合計値を鑑みるに非常に小さな数値であることが確認できた。このことから、適切な設計で SaaS 型構成とすることで、DL 型と比較しても遅延性の観点では、ソリューション提供に大きな影響を及ぼさないことが確認できた。

補足として、特に処理フレーム数については、実測時にも机上計算と同様の傾向が見て取れた。また、4K 映像とサーマルカメラ映像間で処理速度に差が生じているが、アルゴリズム間の違いや、処理映像サイズに起因するものである。4K カメラ映像、サーマルカメラ映像の解析を行った場合に、双方ともに GPU 割り当てリソース（GPU 数）の減少に伴い、処理フレーム数も併せて減少することが確認できた。割り当てリソースの減少に伴い、処理フレームは減少するが GPU 割り当てリソース数から導かれる机上計算での理論値の近似値を取っていることを確認できた。また割り当てた GPU リソースの変動に対しても、解析処理速度は処理可能なフレーム数が増加することで処理にかかる時間が増加する傾向にあるが、処理速度の大幅な劣化がない点を確認できた。よって、複数事業者が同時に利用した際には検知性能面の上で処理フレーム数の考慮は必要となるが、処理速度についての影響は限定的であると言える。

3.3.3 SaaS 型での活用を想定した 5G ソリューションの検証まとめ

5G ソリューションに係る検証において、検証環境において構築した SaaS 型での 5G ソリューションの構築に関する検証結果のまとめを記載する。

結論として、過年度 DL 型で構築したソリューションを SaaS 型として再構築した場合においてもシステムは正常動作可能であり、本事業で選定したソリューションは SaaS 型アーキテクチャにて問題なく提供可能であることを確認できた。

仮説時点の懸念として、SaaS 型にアーキテクチャを変更することにより、処理負担の大きい GPU リソースに関して処理性能など劣化する恐れがあったが、リソース変動による性能低下は問題がないレベルであることを確認した。

残課題として、実際にサービス提供される際の GPU リソースの物理的な機種の違いによる影響があるが、「鉄道車両監視 AI システム」全体で生じる遅延に対して AI での解析処理遅延が与える影響については軽微であった。詳細は、後続の「横展開可能な 5G ソリューションの各種検証」において複数事業者が本システムを利用した場合での実証試験結果にて記載する。

また、設計における留意事項として、「鉄道車両監視 AI システム」における AI エンジンは、解析リソース数に応じて解析性能が増減することから、解析処理遅延も、解析リソースが多い場合に処理遅延が減少し、解析リソースが少ない場合には処理遅延が増加する傾向にある。

共同利用時のリソース設計については、限られたリソースを複数ユーザに効率的に分散させていくことが重要であるため、後述する複数事業者が活用することを想定した場合での実証実験において、複数事業者でのシステム共同利用時に各事業者に割り当てを行ったリソースにおけるシステム全体の処理性能の変化、解析性能および、AI 検知結果を測定することとし、利用者単位において設計したリソース利用分に対してシステム性能の評価結果からまとめる。

3.4 横展開可能な 5G ソリューションの各種検証

本節では、3.1.2 ならびに 3.1.3 項にて述べた汎用性および、利用者負担の軽減効果を確認するため、3.2 節にて構築した環境を用いた実証を行った結果について取りまとめる。

3.4.1 レベル 1：ネットワーク/アーキテクチャに係る汎用性評価

本検証の目的は、汎用的に利用可能なネットワーク/アーキテクチャを用いて SaaS 型形態を提供することによる汎用性を明らかにすることである。(表 3.4.1-1 参照) なお、SaaS 型形態の共用システムにおけるネットワーク/アーキテクチャに関する汎用性とは、SaaS 型の共用システムで使用しているネットワーク/アーキテクチャが特定分野でのみ使えるものではなく、横展開可能なものであることを意味する。

表 3.4.1-1 ネットワーク/アーキテクチャに係る汎用性評価内容

評価項目	測定項目
汎用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 汎用的な NW/アーキテクチャを活用して、SaaS 型提供形態を実現出来るか ・ 本事業以外の他ソリューションにも適用可能か

ここでは、SaaS 型の「鉄道車両監視 AI システム」をもとに、他分野への 5G ソリューション展開を見据え、SaaS 型の有効性、ソリューションの汎用化、SaaS や接続方式等の技術的課題、今後必要な検証等について取りまとめる。

今年度、実証システムとして構築した SaaS 型の「鉄道車両監視 AI システム」のネットワーク/アーキテクチャに関する汎用性について記載する。

- ・ ネットワーク

現地環境からクラウド環境間の 5G ネットワーク構成として国内通信キャリアが提供する 5G 商用通信サービスを活用している。

また、通信キャリアが提供する 5G 商用通信サービスからクラウド環境への接続区間においては、国内通信キャリアのインターネット接続サービス経由および、通信キャリア網内での閉域クラウド接続サービスでの接続方式を活用した。

現地環境からクラウド環境間の 5G ネットワーク構成として 5G の 3GPP 仕様に準拠した 5G 商用サービスを活用しており、他ユースケースにおいても同 5G ネットワークによる接続方式を活用することが可能である。

課題としては、現地環境により 5G ネットワークエリアの形成状態がサービスを提供する通信キャリアによって異なる可能性がある。その場合は他の通信キャリアでのサービス代替を検討する。または、ソリューション利用、エリア形成が一時的な場合においては可搬型 5G 基地局の利用によるスポット的な 5G サービスの利用が可能である。

クラウド環境への接続方法は、通信キャリア網を通じたインターネット接続、通信キャリア網内での閉域接続の双方で、全国で汎用的に利用可能である。

ただし、本ソリューションでは大きな影響とならなかったが、現地環境とクラウド環境との物理的な設置位置の距離に依存した遅延値の増大がソリューションの性能に影響する可能性がある点はソリューション設計時に考慮する必要がある。

- ・ アーキテクチャ

本実証で採用したクラウドサービス (docomoMEC) は、国内通信キャリアが提供するクラウドサービスを利用している。当該クラウドサービスで提供される汎用コンピューティングリソース及びクラウド基盤の仮想化技術についても OSS である「OpenStack」を採用したサービスとなっている。

他分野への展開を見据えた場合に、本システムが他分野への展開が可能か汎用性の観点において評価した。

当該のクラウドサービス (docomoMEC) を活用した他分野における導入事例は複数存在しており、合わせて、鉄道車両監視 AI システムにおけるクラウドサービスの利用においてもサービスにおいて標準提供されるクラウドリソースを活用してアーキテクチャを構成したことから汎用性があることが確認できた。

本システムを他分野へ展開する際には本クラウドサービスが提供する標準クラウドリソースにおいて、他分野展開時に追加実装が必要となるクラウドリソースが提供できない場合は、代替クラウドサービスの利用検討及び、外部クラウドサービスとの連携によるアーキテクチャの見直しを図る必要がある点は懸念事項となる。

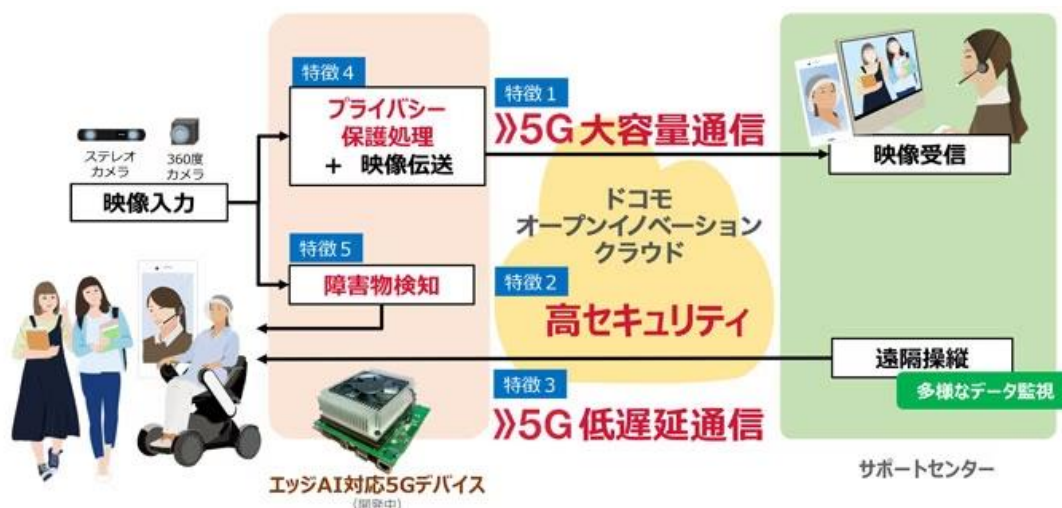


図 3.4.1-1 docomoMEC での 5G ソリューション導入事例（遠隔支援システム⁷）

なお、先に述べた汎用的な技術の内、接続方式については SaaS 型で論点となる「遅延」を軽減する手段として期待の寄せられる技術（閉域接続方式）が存在する。今後の遅延低減の方策の参考とすべく、接続方式の違いが及ぼす低遅延性への影響について、以下で検証を行った。

(1) SaaS 型で提供されるネットワーク接続形態ごとの伝送性能検証

本検証では、ネットワーク接続形態毎の伝送性能を実環境で確認し、特に遅延低減効果に着目し接続方式および、接続拠点の位置との関連をネットワーク観点で確認する。

検証の評価項目として、協力鉄道事業者各社の車両基地の検車庫内に構築するキャリア 5G エリアにおいて、閉域接続方式、インターネット接続方式それぞれの場合において、5G 受信端末に接続される試験用 PC から、クラウド（SaaS 基盤）に構築するサーバ間で、iperf 及び ping により一定容量のデータを送信したときの所要時間、スループットを計測した。（表 3.4.1-2 参照）

表 3.4.1-2 SaaS 型で構成されたシステムにおけるネットワーク性能検証内容

評価項目	測定項目
上りスループット TCP/UDP	bandwidth、jitter、lost/total パケット数 ※3 回の計測値、またその平均を用いる
下りスループット TCP/UDP	bandwidth、jitter、lost/total パケット数

⁷ NTT コミュニケーションズ「docomoMEC での 5G ソリューション導入事例（遠隔支援システム）」

<https://www.ntt.com/business/lp/5g/column/009.html>

	※3回の計測値、またその平均を用いる
応答時間 (RTT)	min/avg/max/stddev ※3回の計測値、またその平均を用いる

パラメータについては、下記の通り。

- 試験方法 : iperf / ping
- 試験区分 : UL (上り) / DL (下り)
- パケットサイズ (byte) : 1300
- スループット (Mbps) : 30 / 100
- 送信時間 (sec) : 60

【検証結果】

本検証の結果を表 3. 4. 1-3～表 3. 4. 1-4 に示す。

表 3. 4. 1-3 ネットワーク接続形態ごとの伝送路性能検証結果 (西鉄)

【インターネット接続方式】

測定区間	試験	プロトコル	試験区分	パケットサイズ	送信時間 (sec)	スループット (Mbps)	bandwidth (Mbps) (3回平均値)	jitter (ms) (3回平均値)	lost/total パケット数 (3回平均値)	応答時間の 最小値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 平均値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 最大値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 標準偏差値 (ms) (3回平均値)
①4K Jetson (Ubuntu) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	30	89.29	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	63.28	-	-	-	-	-	-
		UDP_30M	上り	1300	60	30	29.91	0.82	0.00	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	29.98	0.16	0.00	-	-	-	-
		UDP_100M	上り	1300	60	100	99.92	0.32	0.00	-	-	-	-
			下り	1300	60	100	99.42	0.77	0.01	-	-	-	-
②監視用GPUPC (Windows) -WebRTCインスタンス間	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	39.79	86.48	440.97	84.70
	iperf	TCP	上り	1300	60	30	22.43	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	33.87	-	-	-	-	-	-
		UDP_30M	上り	1300	60	30	30.01	1.46	0.00	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	29.89	0.11	0.00	-	-	-	-
		UDP_100M	上り	1300	60	100	70.63	0.54	0.29	-	-	-	-
下り			1300	60	100	98.66	0.23	0.01	-	-	-	-	
③監視用GPUPC (Windows) -Webインスタンス間	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	47.33	66.67	176.00	-
	iperf	TCP	上り	1300	60	30	17.15	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	34.79	-	-	-	-	-	-
		UDP_30M	上り	1300	60	30	30.00	1.12	0.00	-	-	-	-
			下り	1300	60	30	29.92	0.22	0.00	-	-	-	-
		UDP_100M	上り	1300	60	100	57.16	0.72	0.38	-	-	-	-
下り			1300	60	100	99.96	0.19	0.00	-	-	-	-	
	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	54.33	74.33	236.67	-

【閉域接続方式】

測定区間	試験	プロトコル	試験区分	パケットサイズ	送信時間(sec)	スループット(Mbps)	bandwidth(Mbps) (3回平均値)	jitter(ms) (3回平均値)	lost/total パケット数 (3回平均値)	応答時間の 最小値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 平均値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 最大値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 標準偏差値 (ms) (3回平均値)
①4K Jetson (Ubuntu) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	88.75	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	366.22	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.97	0.88	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	28.50	0.17	0.05	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	98.56	0.39	0.01	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	86.46	0.58	0.14	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	38.41	59.91	179.23	18.12	
②監視用GPUPC (Windows) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	24.30	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	41.60	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.74	1.08	0.01	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.64	0.16	0.01	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	89.96	0.77	0.10	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	96.85	0.19	0.03	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	38.33	57.67	209.00	-	
③監視用GPUPC (Windows) -Webインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	22.96	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	42.01	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.38	1.67	0.02	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.83	0.18	0.00	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	90.14	0.76	0.10	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	98.90	0.29	0.01	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	39.33	56.33	190.67	-	

表 3. 4. 1-4 ネットワーク接続形態ごとの伝送路性能検証結果 (京阪)

【インターネット接続方式】

測定区間	試験	プロトコル	試験区分	パケットサイズ	送信時間(sec)	スループット(Mbps)	bandwidth(Mbps) (3回平均値)	jitter(ms) (3回平均値)	lost/total パケット数 (3回平均値)	応答時間の 最小値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 平均値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 最大値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 標準偏差値 (ms) (3回平均値)
①4K Jetson (Ubuntu) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	134.76	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	470.32	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.94	0.81	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	28.26	0.03	0.06	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	99.92	0.32	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	90.49	0.03	0.10	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	28.58	50.47	82.10	9.12	
②監視用GPUPC (Windows) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	29.68	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	38.43	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	30.00	0.35	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.47	0.04	0.02	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	99.99	0.32	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	96.18	0.12	0.03	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	44.67	58.33	86.00	-	
③監視用GPUPC (Windows) -Webインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	27.68	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	33.76	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.92	0.37	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.84	0.04	0.00	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	100.01	0.91	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	99.90	0.08	0.00	-	-	-	-	-
ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	46.33	63.67	81.33	-	

【閉域接続方式】

測定区間	試験	プロトコル	試験区分	パケットサイズ	送信時間(sec)	スループット(Mbps)	bandwidth(Mbps) (3回平均値)	jitter(ms) (3回平均値)	lost/total パケット数 (3回平均値)	応答時間の 最小値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 平均値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 最大値 (ms) (3回平均値)	応答時間の 標準偏差値 (ms) (3回平均値)
①4K Jetson (Ubuntu) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	129.53	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	489.05	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.78	0.12	0.01	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	28.41	0.04	0.05	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	97.35	0.22	0.03	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	90.23	0.05	0.10	-	-	-	-	-
	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	25.43	39.47	171.85	18.18
②監視用GPUPC (Windows) -WebRTCインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	41.79	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	62.55	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.47	0.46	0.02	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.84	0.06	0.00	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	97.25	0.50	0.03	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	99.31	0.08	0.00	-	-	-	-	-
	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	25.33	44.00	196.67	-
③監視用GPUPC (Windows) -Webインスタンス間	iperf	TCP	上り	1300	60	-	42.97	-	-	-	-	-	-
			下り	1300	60	-	62.94	-	-	-	-	-	-
	UDP_30M	上り	1300	60	30	29.83	0.20	0.00	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	30	29.81	0.04	0.00	-	-	-	-	-
	UDP_100M	上り	1300	60	100	97.49	0.34	0.02	-	-	-	-	-
		下り	1300	60	100	99.10	0.14	0.01	-	-	-	-	-
	ping	ICMP		1300	60	-	-	-	-	29.33	44.67	163.67	-

本結果より、接続方式の違い、利用拠点とクラウドとの距離が、遅延性能（平均応答時間）に影響があることが確認できた。その他指標（bandwidth等）の差異は測定時の誤差程度であり、各接続方式を利用する上での大きな差は認められない。

3.3.1(1)1)での事前検証、上記の西鉄での現地実証、京阪での現地実証の各検証を実施した日時、5G 基地局設置状況が異なっているため、帯域（bandwidth）等の測定結果にバラつきがあるものの、それぞれのケースにおいて、インターネット接続方式と閉域接続方式を比較すると、閉域接続方式のほうがインターネット接続方式よりも平均応答時間が小さくなり閉域接続方式のほうがインターネット接続方式よりもリアルタイム性が求められる伝送において優位といえる。

また、西鉄と京阪の平均応答時間を比較すると、京阪の平均応答時間が総じて小さい。これは、本実証において構築したクラウド環境が大阪に立地するため、

- ・西鉄： 福岡（現地） ↔ 大阪（クラウド）
- ・京阪： 大阪（現地） ↔ 大阪（クラウド）

の距離の差による影響と考えられる。

今後、MEC が推進され、クラウドとの接続拠点が全国に拡大していくと、利用拠点と 5G ソリューションを提供するクラウドとの遅延性能の向上、安定が期待される。

(2) SaaS 型提供を構成するアーキテクチャ観点での汎用性の評価

本実証で採用したクラウドサービス (docomoMEC) のアーキテクチャとしての汎用性を評価する。当該クラウドサービスで提供されるコンピューティングリソース及びクラウド基盤の仮想化技術は OSS である「OpenStack」が採用されている。

他分野への展開を見据えた場合に、本システムが他分野への展開が可能か汎用性の観点におい

て評価した。

当該のクラウドサービス (docomoMEC) を活用した他分野における導入事例は複数存在しており、合わせて、鉄道車両監視 AI システムにおけるクラウドサービスの利用においてもサービスにおいて標準提供されるクラウドリソースを活用してアーキテクチャを構成したことから汎用性があることが確認できた。

本システムを他分野へ展開する際には本クラウドサービスが提供する標準クラウドリソースにおいて、他分野展開時に追加実装が必要となるクラウドリソースが提供できない場合は、代替クラウドサービスの利用検討及び、外部クラウドサービスとの連携によるアーキテクチャの見直しを図る必要性がある点は懸念事項となる。

(3) レベル 1 検証まとめ

汎用化レベル 1 では、システムのネットワーク/アーキテクチャの観点で汎用性を評価した。

本事業の AI ソリューション (モデルケース) は、他のソリューションに展開をする際に制約がある技術やサービスは利用しておらず、本システムのネットワーク/アーキテクチャは、今回、選定した鉄道車両監視 AI システムだけでなく、その他の種類のソリューションにも本アーキテクチャを適用可能であることを確認した。

課題として、他のユースケースにおいてシステム要求に差異が生じる場合、同様のネットワーク/アーキテクチャを活用する場合に性能要求が本アーキテクチャを構成する標準サービスで満たせない際に、代替サービスやリソースの増強を検討する必要があるなど個別要求への対応の点が挙げられる。

クラウドとのネットワークの接続方式による遅延性の差異についても、5G 基地局設置状況、接続する docomoMEC の拠点までの物理距離等バラつきがあるものの、各検証結果が示す通り、閉域網接続のほうがインターネット経由接続よりも概ね遅延時間が短くなり、リアルタイム性が求められる伝送において優位であることが確認できた。(図 3.4.1-3) また、NW 接続方式によるソリューション全体への影響としては、本事業で選定している 5G ソリューションにおいては、End to End で発生する遅延の中で NW の接続形態に関する影響は、限定的であった。他ユースケースに展開する際において、より低遅延性を要求された場合には、今回検証を行った結果からも NW 接続形態を閉域接続方式とすることが遅延低減策の一つとして効果が発揮できる。

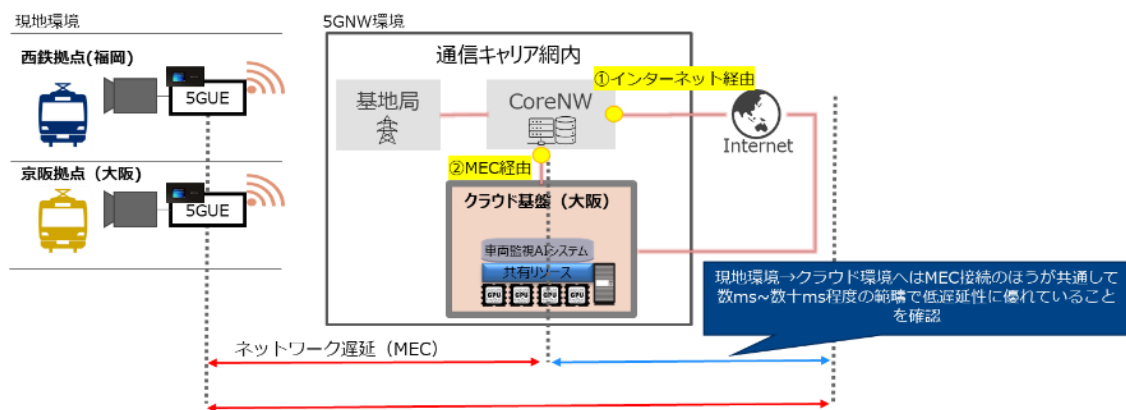


図 3.4.1-3 ネットワーク接続形態での遅延量の差異

3.4.2 レベル2：共通コア機能関連の汎用性評価

本検証の目的は、今回選定した 5G ソリューションを事例として、SaaS 型にて 5G ソリューションを提供する場合に必要な機能として、仮説設定し新たに開発を行った「共用コア機能」について、動作の正常性や有意性を確認し、SaaS 型提供形態における共用コア機能の知見を汎用化することである。共通コア機能として、複数ユーザのデータ格納領域を定義して独立的に管理する機能等を搭載し、SaaS 共用における有効性を検証した。(図 3.4.2-1 参照)

マルチテナント管理機能は、「鉄道車両監視 AI システム」のみならず、分野横断的に多くのシステムで利用可能な汎用技術である。

SI 型や DL 型では、利用者毎にシステムパッケージを構築、またはデプロイして運用することが前提であり、システムを同時に共用する設計思想とはなっていなかったが、SaaS 型で共用を行う上では必須の機能である。SaaS 型提供形態として本機能を実装することで、利用者は、他の利用者が同時に利用していることを意識すること無く、システムを利用することができる。

複数の利用者が同一のシステムを共用する場合、技術的には並列的な処理と独立したデータ管理が必要となる。そこで、ここではマルチテナントの並列的な処理とデータ格納領域の定義について検証する。その上で、実際に現地設備と SaaS 型システムを連動させる実証試験を通じて、複数システムの並列処理性能を検証する。

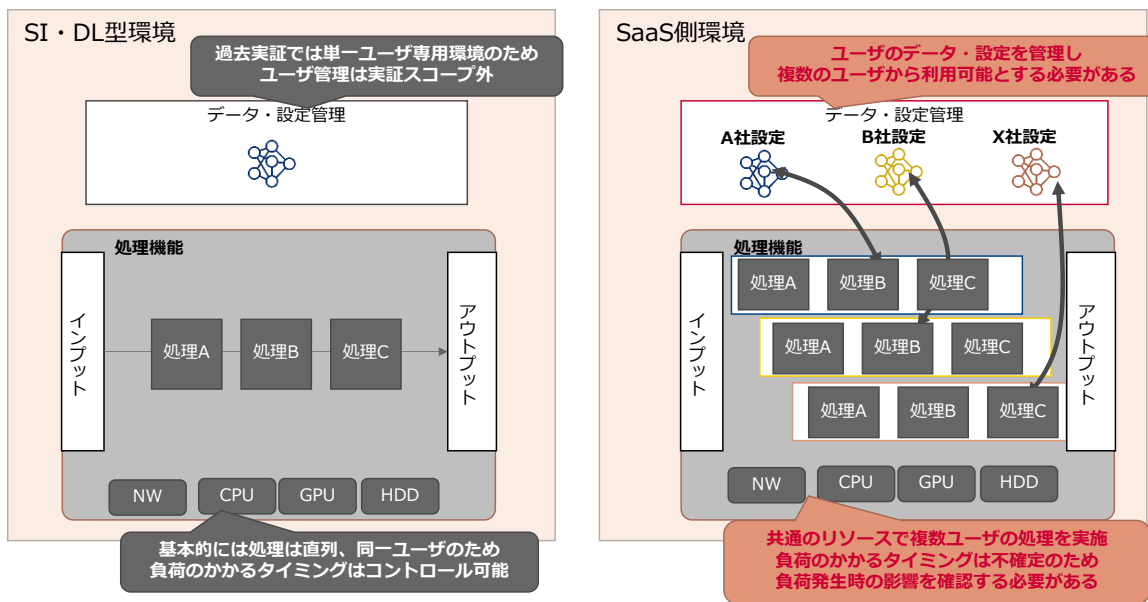


図 3. 4. 2-1 マルチテナント構成のイメージ

マルチテナント管理機能により、提供者側の同一のクラウド環境内で複数利用者のデータを独立して扱うことができる。これにより、処理リソースを有効活用するだけでなく、利用者は他の利用者を意識せずにシステムを利用することができる。(表 3. 4. 2-1 参照)

利用者負担軽減効果については、3. 4. 4 項にてレベル毎の評価を取りまとめる。

表 3. 4. 2-1 共通コア機能関連の汎用性評価内容

評価項目	測定項目
汎用性	・本事業以外の他ソリューションにも適用可能か
利用者負担軽減効果	・運用時のコスト削減効果（リソース効率化等）

(1) 並列処理機能の正常性確認

本検証の目的は、マルチテナント管理機能を用いて実装する鉄道車両監視 AI システムについて、考案した設計で問題なく動作出来ることを AI 処理性能の観点で確認することである。複数利用者が共用する際のシステム挙動を確認し、マルチテナント構成が設計仕様に準拠した性能を発揮することが推察される。マルチテナント構成により、複数ユーザでの利用（複数映像インプット）に対して、それぞれ並列的に AI 解析が実行されることを確認する。

検証として、以下の評価項目に対し測定を行った。(表 3. 4. 2-2 参照)

表 3. 4. 2-2 並列的な処理機能の検証項目

評価項目	測定項目
複数系統 (1 / 2 / 3 系統の 3 通りを模擬) からの映像入力時の AI 処理時間	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンへ映像が到達後の画像取得時間、及び AI 解析処理終了時間 ※各映像入力単位
複数系統 (1 / 2 / 3 拠点の 3 通りを模擬) からの映像入力時の処理フレーム数	4K カメラ及びサーマルカメラの映像に対し、AI エンジンで処理する画像フレーム数 (fps) ※各映像入力単位

設定する入力系統のパラメータについては、下記のとおりである。

- 測定種別 : 4K カメラ / サーマルカメラ
- 拠点数 : 1 / 2 / 3

上記パラメータをもとに、複数拠点からの入力構成を実験環境下に構築し、マルチテナント構成におけるシステム挙動を測定した測定を実施した。(図 3. 4. 2-2 参照)

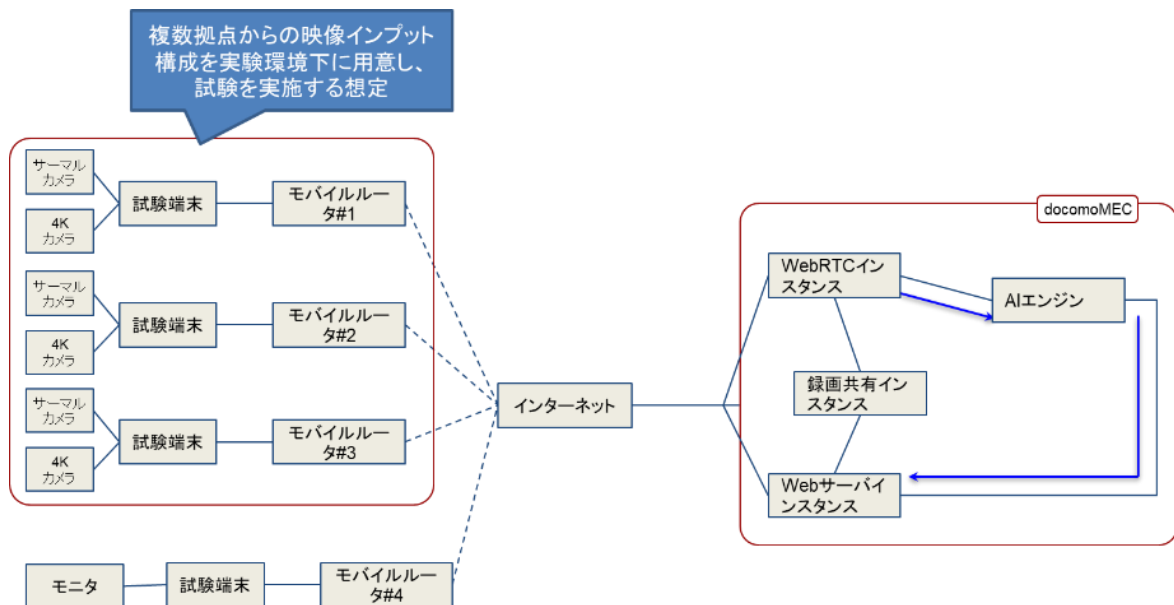


図 3. 4. 2-2 並列的な処理機能の検証イメージ

本検証の結果を表 3. 4. 2-3 に示す。

表 3. 4. 2-3 並列的な処理機能の検証結果

拠点数	割当GPU枚数 (/拠点)	入力システム (チャンネルID)	測定種別	測定区間	処理フレーム数 (fps)	処理速度 (sec)
1	16		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	23	0.28
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	14	0.13
2	8		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	13	0.27
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	12	0.14
			3 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	10	0.38
			4 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	10	0.14
3	5		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	7	0.28
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.16
			3 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	6	0.39
			4 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.16
			5 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	7	0.25
			6 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.17

検証結果より、想定通りに並列処理が行え、考案した設計が問題なく実装可能であることがわかった。

拠点数が増加するにつれて、入力システム単位で見た時の処理フレーム数は減少しているが、処理速度は系統ごとに一律の値となっている。拠点数=ユーザ数と見た時に各ユーザ間で4Kカメラ映像とサーマルカメラそれぞれの処理フレーム数及び処理速度に著しい差異は見られないため、マルチテナント構成によって適切にリソースが分散され並列にAI処理されていることが分かる。また、本検証ではリソースは有限であることから複数ユーザにリソース分散する際はAI解析の処理速度を一定に保つこととし、その分処理フレーム数が減少する仕様としており、設計通りの挙動を示していると言える。

(2) データ格納領域の独立性確認

本検証の目的は、マルチテナント管理機能を用いて実装する「鉄道車両監視AIシステム」について、考案した設計で問題なく動作出来ることをデータ保存処理の観点で確認することである。本機能は、複数利用者が共用する状況下において、利用者ごとのデータを独立した格納領域で管理し、WebUIの表示内容を連動的に制御する。そこで、本検証では、マルチテナント管理に基づく利用者ごとのデータ管理及びWebUI表示内容の切り替えについて確認する。

検証として以下の評価項目に対し測定を行った。(表 3. 4. 2-4 参照)

表 3. 4. 2-4 データ格納領域の正常性検証項目

評価項目	測定項目
複数系統 (1 / 2 / 3 拠点の3通りを模擬) からの映像入力時のデータ格納	以下のデータが、ユーザ毎に格納領域が分割される形でデータベースに格納されていること。 <ul style="list-style-type: none"> 録画映像データ AI解析結果 (矩形座標、車両番号、時間情報)
複数ユーザ同時利用時の、各ユーザのWebUI表示内容	複数ユーザが同時に、以下が可能であること。 <ul style="list-style-type: none"> WebUIに同時アクセス可能である

	<ul style="list-style-type: none"> • WebUI 上の操作が可能である <p>ログインユーザに紐づく以下データが UI に表示されること</p> <ul style="list-style-type: none"> • 生映像 • 解析結果付き映像 • 録画映像
--	---

システムのデータベース領域における、複数系統のデータ格納状況を確認した。

また、複数利用者が同時にログインし、特定の画面操作を行い、WebUI で利用者ごとに閲覧可能なデータが切り替わることを確認した。(図 3. 4. 2-3 参照)

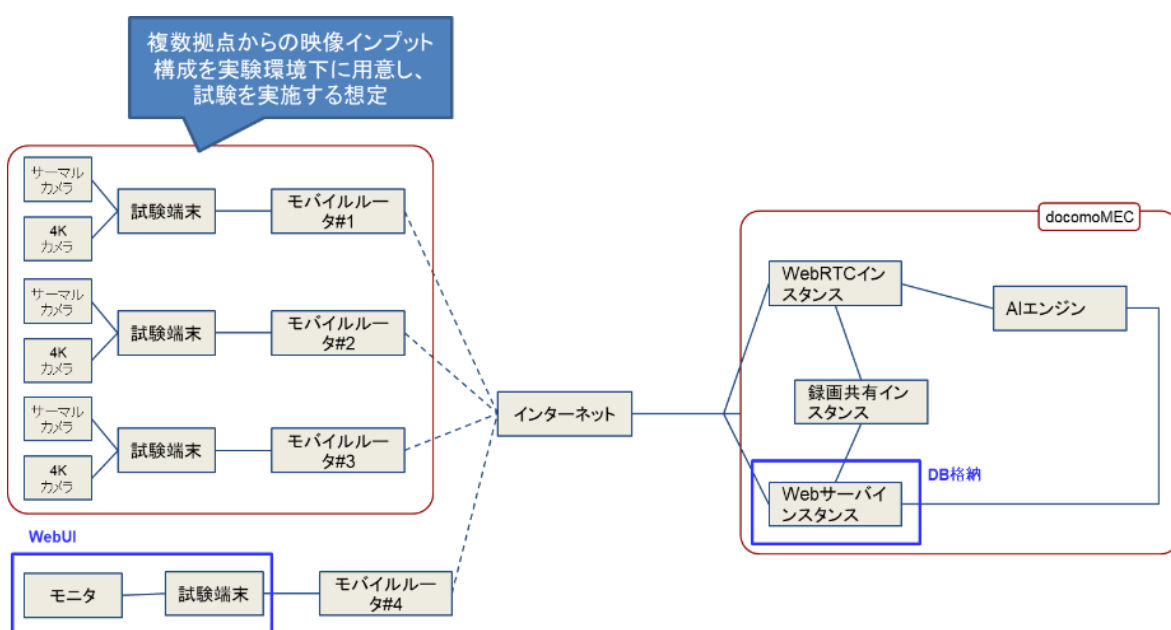


図 3. 4. 2-3 データ格納領域の正常性検証イメージ

【検証結果】

本検証の結果を表 3. 4. 2-5 に示す。

表 3.4.2-5 データ格納領域の正常性検証結果

【マルチテナント時の DB 確認】

入力システム数	チャンネルID	測定種別	測定区間	確認方法	録画ファイルが正常に所定のDBディレクトリに格納されていること(○/×)	AIアウトプット情報(座標、車両番号、タイムスタンプ)が適切に所定のDBディレクトリに格納されていること(○/×)
3		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	DBにアクセスし、チャンネルID単位で所定のDBディレクトリにデータが格納されていることを確認	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)			
	2	4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	DBにアクセスし、チャンネルID単位で所定のDBディレクトリにデータが格納されていることを確認	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)			
	3	4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	DBにアクセスし、チャンネルID単位で所定のDBディレクトリにデータが格納されていることを確認	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)			

【マルチテナント時の UI 確認】

入力システム数	チャンネルID	測定種別	測定区間	確認方法	ログインユーザに紐づく生映像しか見れないこと(○/×)	ログインユーザに紐づく解析結果付き映像しか見れないこと(○/×)	ログインユーザに紐づく録画映像しか見れないこと(○/×)
3		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	UIにアクセスし、ログインユーザに紐づくチャンネルIDのデータしか表示・参照できないことを確認	○	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)				
	2	4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	UIにアクセスし、ログインユーザに紐づくチャンネルIDのデータしか表示・参照できないことを確認	○	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)				
	3	4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	UIにアクセスし、ログインユーザに紐づくチャンネルIDのデータしか表示・参照できないことを確認	○	○	○
		サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)				

入力システム数	チャンネルID	確認方法	同時アクセス・操作が可能なこと(○/×)
3		1 複数ログイン時、各ユーザ操作・機能利用が相互に影響を及ぼすことなく適切に可能であることを確認	○
		2 複数ログイン時、各ユーザ操作・機能利用が相互に影響を及ぼすことなく適切に可能であることを確認	○
		3 複数ログイン時、各ユーザ操作・機能利用が相互に影響を及ぼすことなく適切に可能であることを確認	○

検証結果より、データ保存処理の観点でも、考案した設計で問題なく動作出来ることを確認できた。システムのデータベース領域における、複数システムのデータが格納され、また、複数利用者が同時にログインし、特定の画面操作を行い、WebUI で利用者ごとに閲覧可能なデータが切り替わり、マルチテナント構成が設計仕様に準拠した性能を発揮することが確認できた。

(3) 複数システムの並列処理性能確認

本検証の目的は、マルチテナント管理機能を用いて実装する鉄道車両監視 AI システムについて、考案した設計で複数システムでの並列処理が問題なく行えるか、実フィールド含む複数拠点から

同時にクラウドリソースにアクセスしたときの AI エンジンの処理性能を確認することである。AI のシステム処理性能は、複数系統での同時処理において、各系統に一定の処理リソースを割り当てたとき、系統数に応じて変化しないことが期待される。これにより、SaaS 基盤として複数の利用者による同時利用が可能であることを確認する。

参考として、前述した複数拠点から同時にクラウドリソースにアクセスした場合の、AI のシステム処理性能（処理時間・fps）を表 3.4.2-6 に再掲する。

表 3.4.2-6 共通コア機能（マルチテナント管理機能等）の有効性検証結果（ラボ）

【複数系統の確認：ラボでの事前検証（再掲）】

拠点数	割当GPU枚数 (/拠点)	インプット系統 (チャンネルID)	測定種別	測定区間	処理フレーム数 (fps)	処理速度 (sec)
1	16		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	23	0.28
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	14	0.13
2	8		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	13	0.27
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	12	0.14
			3 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	10	0.38
			4 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	10	0.14
3	5		1 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	7	0.28
			2 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.16
			3 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	6	0.39
			4 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.16
			5 4Kカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(台車)	7	0.25
			6 サーマルカメラ映像	WebRTCインスタンス - AIインスタンス(サーマル)	5	0.17

本結果はあくまでもすべて実映像の配信ではなく、録画映像のストリーミングによる検証であるため、実環境からの映像配信も含む実現性を以下にて確認を行った。SaaS 型システムを連動させる実証試験を通じて、複数系統の並列処理性能を検証するため、鉄道事業者の現地環境とラボ環境を組み合わせた場合にも同様に AI のシステム処理性能を計測した。本検証の結果を表 3.4.2-7 に示す。

表 3.4.2-7 共通コア機能（マルチテナント管理機能等）の有効性検証結果（現地+ラボ）

【複数系統の確認：現地（西鉄/京阪）+ラボでの検証】

4K カメラ@西鉄

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	9	1系統	西鉄 1系統	0.24
2	8	1系統	西鉄 1系統	0.25
3	10	1系統	西鉄 1系統	0.24
4	11	1系統	西鉄 1系統	0.26
5	11	1系統	西鉄 1系統	0.24
負荷1系統 西鉄1系統 平均				0.25

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	7	2系統	西鉄 1系統	0.26
2	7	2系統	西鉄 1系統	0.26
3	7	2系統	西鉄 1系統	0.26
4	7	2系統	西鉄 1系統	0.25
5	7	2系統	西鉄 1系統	0.27
負荷2系統 西鉄1系統 平均				0.26

サーマルカメラ@西鉄

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	11	1系統	西鉄 1系統	0.13
2	11	1系統	西鉄 1系統	0.13
3	13	1系統	西鉄 1系統	0.13
4	12	1系統	西鉄 1系統	0.13
5	13	1系統	西鉄 1系統	0.13
負荷1系統 西鉄1系統 平均				0.13

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	5	2系統	西鉄 1系統	0.17
2	4	2系統	西鉄 1系統	0.19
3	3	2系統	西鉄 1系統	0.19
4	4	2系統	西鉄 1系統	0.16
5	4	2系統	西鉄 1系統	0.18
負荷2系統 西鉄1系統 平均				0.18

4K カメラ@京阪

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	9	1系統	京阪 1系統	0.38
2	9	1系統	京阪 1系統	0.39
3	9	1系統	京阪 1系統	0.38
4	9	1系統	京阪 1系統	0.36
5	9	1系統	京阪 1系統	0.36
負荷1系統 京阪1系統 平均				0.37

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	4	2系統	京阪 1系統	0.39
2	4	2系統	京阪 1系統	0.40
3	4	2系統	京阪 1系統	0.40
4	4	2系統	京阪 1系統	0.41
5	4	2系統	京阪 1系統	0.41
負荷2系統 京阪1系統 平均				0.40

サーマルカメラ@京阪

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	10	1系統	京阪 1系統	0.15
2	10	1系統	京阪 1系統	0.14
3	10	1系統	京阪 1系統	0.14
4	10	1系統	京阪 1系統	0.14
5	10	1系統	京阪 1系統	0.14
負荷1系統 京阪1系統 平均				0.14

No.	fps	開発拠点	現地	AI解析時間
1	5	2系統	京阪 1系統	0.17
2	5	2系統	京阪 1系統	0.17
3	5	2系統	京阪 1系統	0.16
4	5	2系統	京阪 1系統	0.16
5	5	2系統	京阪 1系統	0.17
負荷2系統 京阪1系統 平均				0.17

検証結果より、実環境でも複数系統での並列処理が考案した設計にて概ね想定通りに行えることが確認できた。AI のシステム処理性能に関して、複数系統での同時処理において、各系統に一定の処理リソースを割り当てたとき、系統数に応じて一律の解析時間を要することが確認でき、これにより、SaaS 基盤として複数の利用者による同時利用においても利用者ごとの解析処理時間の差分が生じさせずに AI システムを共同利用できることが確認できた。

(4) レベル2 検証まとめ

共通コア機能として検証したマルチテナント管理機能の検証結果をまとめる。

並列処理機能については、共有のリソースを各社に対して分散利用する設計としたことでリソースを1社占有で活用した際よりも処理性能は落ち込んだ点は机上の想定通りであった。

また、複数系統での同時処理においては、各系統に一定の処理リソースを割り当てたとき、系統数に応じて一律の解析時間となることが確認でき、事業者が SaaS 型ソリューションを利用する際に必要となる複数系統での同時並列処理が想定通りに動作することが確認できた。

データ格納領域の定義についても、複数ユーザのデータ格納領域を新規に定義して独立的に管理する機能等を搭載することで、各社で独立したデータ保管領域をもち、それらをユーザ ID などの利用者を判別する個社判別情報と紐づけを行いデータの入出力を行うことでシステム共同利用時においても利用者ごとのデータ保存の独立性を担保可能であることを確認できた。

アプリケーション処理のリソース分散設計や並列処理での同時利用、データの独立性の担保の手法については、「鉄道車両監視 AI システム」のみならず、分野横断的に多くのシステムでも転用可能な汎用技術として活用することが可能である。

今後の論点として、導入後の運用も見据えたマルチテナント管理手法としては、より効率的なリソース活用を行うために常時、クラウド基盤のリソースを過不足なく効率的に稼働させていくこと、また、リソースに不足が見込まれる場合にはその予兆を検知し、柔軟にクラウド基盤のリ

ソースを提供し利用者のサービス利用を途絶えさせることなくサービスを継続させるように管理・計画を立案していく必要がある。

3.4.3 レベル3：AIコア機能関連の汎用性評価

ここでは「特化型汎用モデルの導入」「利用者による追加学習機能」に関する汎用性及び利用者負担の軽減度合いを検証する。(表 3.4.3-1 参照)

利用者負担軽減効果については、3.4.4 項にてレベル毎の評価を取りまとめる。

表 3.4.3-1 AI コア機能関連の汎用性評価内容

評価項目	測定項目
特化型汎用モデルの導入	汎用性（他の AI システムへの適用可能性）があること（システム評価、アンケート） <ul style="list-style-type: none"> ・機能面 ・運用面 ・コスト面 利用者負担が軽減されること（机上検証、アンケート） <ul style="list-style-type: none"> ・稼働 ・コスト ・システム習熟度等
利用者による追加学習機能（アノテーション支援機能等）	汎用性（他の AI システムへの適用可能性）があること（システム評価、アンケート） <ul style="list-style-type: none"> ・機能面 ・運用面 ・コスト面 利用者負担が軽減されること（机上検証、アンケート） <ul style="list-style-type: none"> ・稼働 ・コスト ・システム習熟度等

SaaS 型で AI ソリューションを提供するにあたり、AI を複数の利用者が同時に利用（共用）する場合は、以下の観点で慎重に取り扱う必要がある。

- AI の運用観点

AI は、日々の追加学習プロセスなどアップデートやメンテナンスが必要であり、その作業にはシステムの一部停止が必要である。AI を複数の利用者が共用する場合、システムの一部停止が複

数の利用者のサービスを停止し、利便性の低下につながる。また、不具合発生時のロールバックなどの処理手順が複雑化するなどの影響も想定される。

- AI の機能観点

過年度実証では京急、西鉄の車庫での実証を行ったが、2社のシステム利用環境（照度等）はかなり異なり、同じ検出対象物でもそれぞれの利用者ごとに特化して AI を学習させる必要があった。これにより、微細な検出対象であってもより正確に検知することができる。もし、各社で共通化した学習データが混在した状況で AI を学習させると、各社の学習データが他社の AI 検知精度に影響を及ぼすこととなる。クオリティコントロール（QC）の観点から、AI は利用者ごとに特化した学習をさせることが望ましい。

上述の通り、AI 共用においては、運用面と性能面を両立するための検討が必要であり、本項においては、これらを踏まえた解決方法の検討や実現性及びその有用性について確認する。

「特化型汎用モデルの導入」

AI のモデルについては、ベースとなるモデル（汎用モデル）を用意し、利用者ごとに特化して学習させる「特化型汎用モデル」の方式を導入する。これにより、汎用的に AI モデルを活用しながらも、高い検知精度を実現することができる。

これまで、AI ディープラーニングのシステムは、その高い検知精度を得るために検出対象に特化したモデル構築・学習が必要とされた。そのため、一般的には複数利用者によるシステム共用は困難であり（後述、※補足 1 参照）、システム構築・運用の高コスト化（利用者負担の増大）につながっていた。

そこで、本事業では、共通的な汎用モデルを構築し、それを利用者ごとに特化して学習させることで、高い検知精度と汎用性を実現したい。具体的には、汎用モデルを利用者ごとに学習させ、同一環境内で複数の AI エンジンと並列利用する設計を考案した。これにより利用者は、SaaS 型でシステム共用しながらも、高い AI 検知性能を享受することができる。（図 3.4.3-1 参照）

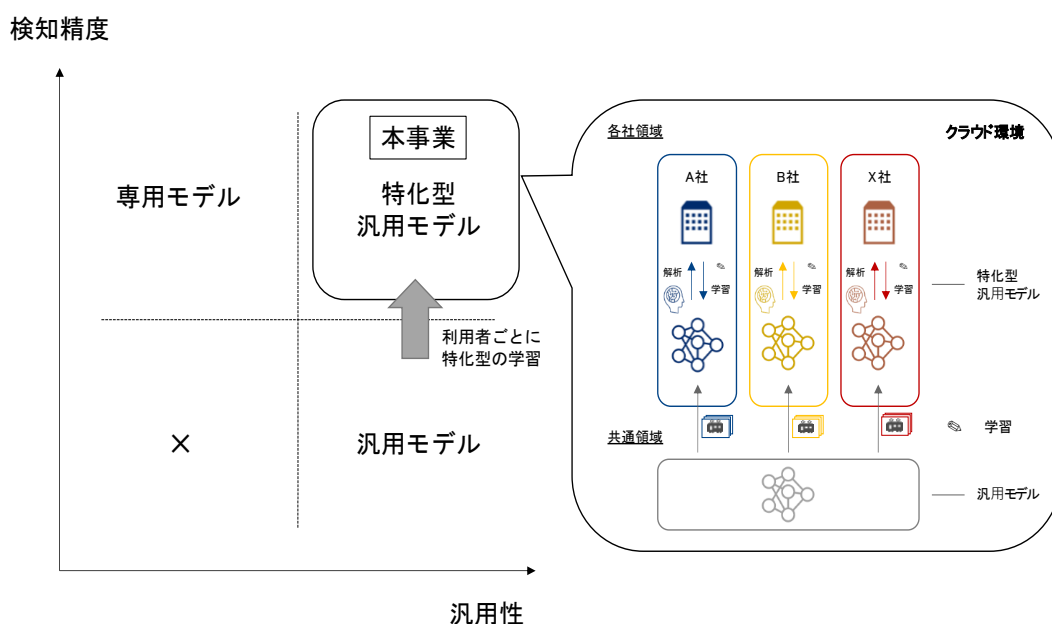


図 3.4.3-1 AI コア機能の工夫点：特化型汎用モデルの並列利用

※補足 1：AI ディープラーニングの学習について

「学習」とは、学習用のデータ（検知対象の正解を示すデータ）に基づき、多面的に特徴量を分解し、正否判定に係る数値的な重みを、システムを構成する数千～数万のノードに自動反映していく作業である。これは、学習データ（正解データ）から逆算的にノードの数値（重み）を改正するため、バックプロパゲーション（逆伝搬）と呼ばれる典型的な学習プロセスである。

例えば、A 社の特徴量を学習することで、（指定しなければ）すべてのノードの数値が改正される。もし、同システムが B 社の専用モデルであった場合、B 社の専用で構築したシステムのノードの数値が改正されてしまうため、B 社の検知精度に影響を及ぼすことから、一般的に共同利用が困難となる。

「利用者による追加学習機能」

特化型汎用モデルに関して、利用者の都合にあわせた低コストな追加学習（チューニング）が可能となる。これにより、通常の汎用モデルでは実現不可能な、継続的な機能向上を見込んだ運用が可能となり、高機能な AI システムを汎用的に利用するために不可欠な機能である。

一般的に、AI ディープラーニングのシステムは、実運用を通じて定期的な改善プロセス（追加学習）を適用する。これにより、より AI 検知の誤りや漏れをなくし、よりの確に対象を検知できるように性能を向上させていく。なお、追加学習は、一般的にシステム提供会社が行い、追加コストが必要となる。そのため、ユースケースに応じて、その頻度（サイクル）は年に 0 回～多くても数回程度となることが多い。

本来は、利用者が、AI 検知の誤りや漏れに気づいた場合、すぐにでも学習データを生成して、追加学習させることが望ましい。しかし、学習データの生成や追加学習プロセスは、システム提供会社に依存することやコスト増の影響もあり、対応が後手に回ることが多い実情がある。

そこで、本事業では、利用者自身が、利用者の特化型モデルを追加学習できる機能を構築する。これにより、SaaS 型システムの設計思想（利用者負担の軽減）に寄り添った、共同利用型 AI ソリューションを提供する。（図 3. 4. 3-2～図 3. 4. 3-4 参照）

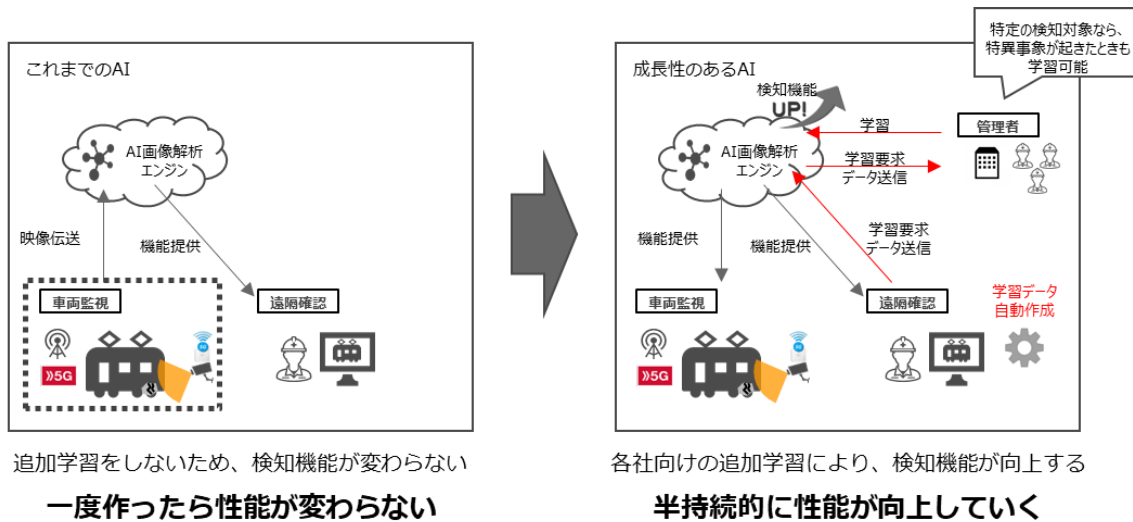


図 3. 4. 3-2 アノテーション支援ツールによる成長性のある AI のイメージ(再掲)

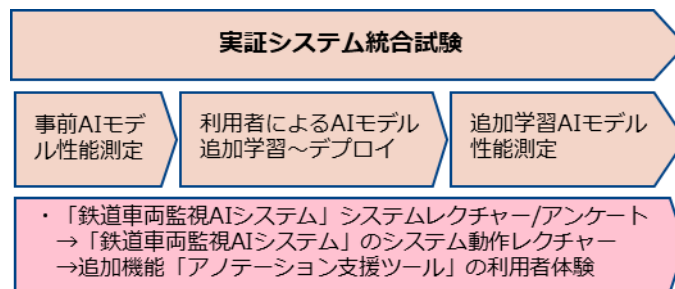


図 3. 4. 3-3 アノテーション支援ツール利用による追加学習 AI モデルの構築フロー



図 3. 4. 3-4 アノテーション支援ツール利用による検出動作の改善イメージ

(1) 「特化型汎用モデルの導入」に関する検証

本検証の目的は、共用における運用面、機能面での課題を解消すべく本事業にて考案した「特化型汎用モデル」が正常に動作できるか、正常動作した上で性能に影響はないか等を確認し、AIを共用する上での必要機能となりうるかを確認することである。

汎用モデルをベースに利用者に特化して学習（チューニング）する「特化型汎用モデル」を導入することで、汎用的にAIモデルを活用しながらも、検知精度も上げられることも確認する。そのために、過年度検証を行った、複数社の教師データが学習済みの「混濁モデル」と特化型汎用モデルで検知性能を比較した。（表 3.4.3-2 参照）

表 3.4.3-2 実証で利用したモデルの定義

	混濁モデル	特化型汎用モデル	特化型汎用モデル（追加学習）
概要	R3年度5GSC実証にて収集した2社の撮影データも用いた学習モデル	R4年度事前撮影データなどを基に各事業者毎で新規作成した学習モデル	R4年度現地実証において特化型汎用モデルに学習データを追加学習をさせた学習モデル
教師データ	混濁モデル ・ R2京急車両画像 ・ R3西鉄車両画像 ・ R4西鉄車両画像	西鉄単独モデル ・ R3/R4西鉄車両画像 京阪単独モデル ・ R4京阪車両画像	西鉄単独モデル ・ R3/R4西鉄車両画像 京阪単独モデル ・ R4京阪車両画像

まず、新たに構築したモデル（特化型汎用モデル）が正常に動作することを、ラボ環境で確認する。その際に併せて、過年度構築したモデル（混濁モデル）との差分も確認を行う。

本検証の評価項目として、事業者毎に特化型汎用モデルとしてモデルを分岐し、正常動作できるかとともに、混濁モデル、特化型汎用モデルの両モデルに対するAIの検知性能（検出率・網羅率）を計測した。

検知対象ごとのパラメータについては、下記の通り。（No4と同様）

- クラック： 方向（タテ・ヨコ） 幅（0.1 / 0.2 / 1.0 / 2.0mm） 長さ（20 / 60 / 80cm）
- 収容函のハンドル開閉： 角度（正常/異常）
- ブレーキパッドの厚さ： （すり減り度合いを計測し、異常値を検出）
- 車軸の温度異常： （一部の車軸温度を上昇させ、異常値を検出）

鉄道車両の走行速度（5km/h，10km/h）に応じて、上記のパラメータを網羅した映像を用いて測定を実施した。

【検証結果】

本検証結果を表 3.4.3-3～表 3.4.3-11 に示す。

表 3. 4. 3-3 混濁モデルの評価結果 (疑似き裂)

走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	垂直	92.3%	66.7%
	水平	95.8%	63.9%
5km 集計		94.0%	65.3%
10km	垂直	100.0%	47.2%
	水平	55.9%	52.8%
10km 集計		70.6%	50.0%
混濁モデル 集計		82.2%	57.6%

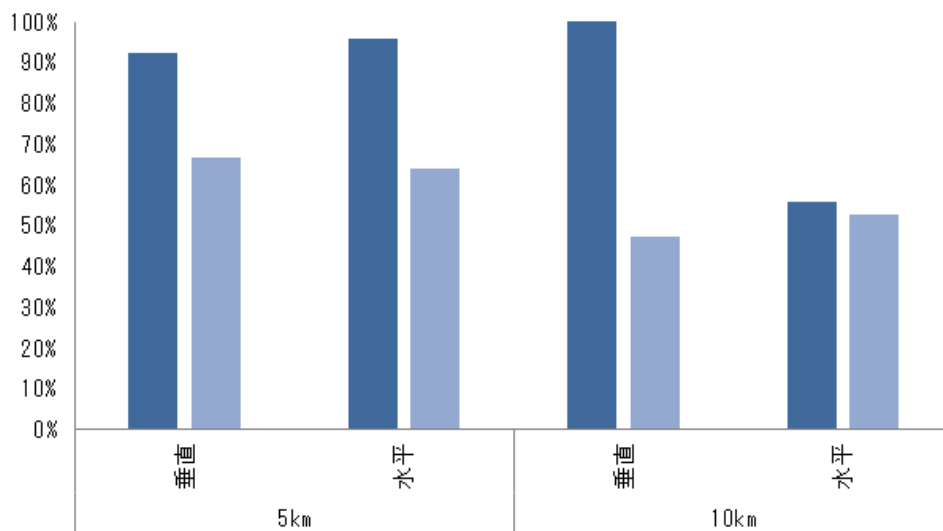


表 3. 4. 3-4 混濁モデルの評価結果 (収容函ハンドルの開閉異常)

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	69%	100%
	正常	82%	100%
5km 集計		76%	100%
10km	異常	69%	100%
	正常	84%	100%
10km 集計		77%	100%
混濁モデル 集計		76%	100%

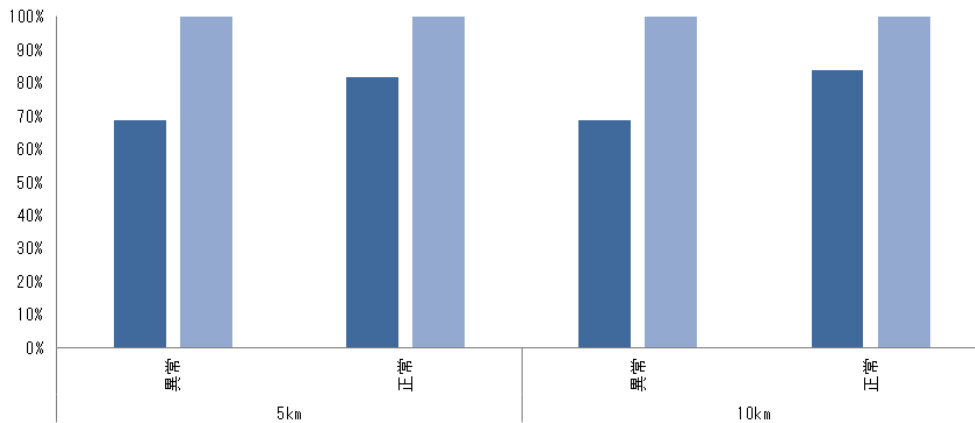


表 3.4.3-5 混濁モデルの評価結果（ブレーキパッドすり減り）

速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	90%	100%
5km 集計		92%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	87%	100%
10km 集計		89%	100%
混濁モデル 集計		90%	100%

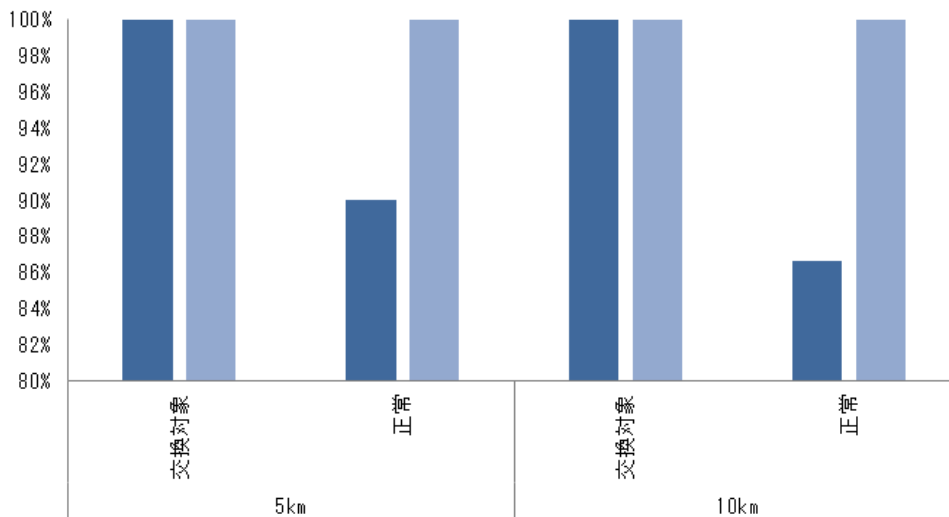


表 3.4.3-6 混濁モデルの評価結果（車軸の温度異常）

混濁モデル		
検出対象	検出率	網羅率
走行速度		
5km	100%	100%
10km	100%	100%

表 3.4.3-7 特化型汎用モデルの評価結果（疑似き裂）

走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	垂直	92.6%	69.4%
	水平	96.2%	69.4%
5km 集計		94.3%	69.4%
10km	垂直	100.0%	50.0%
	水平	52.8%	52.8%
10km 集計		68.5%	51.4%
特化型汎用モデル 集計		81.3%	60.4%

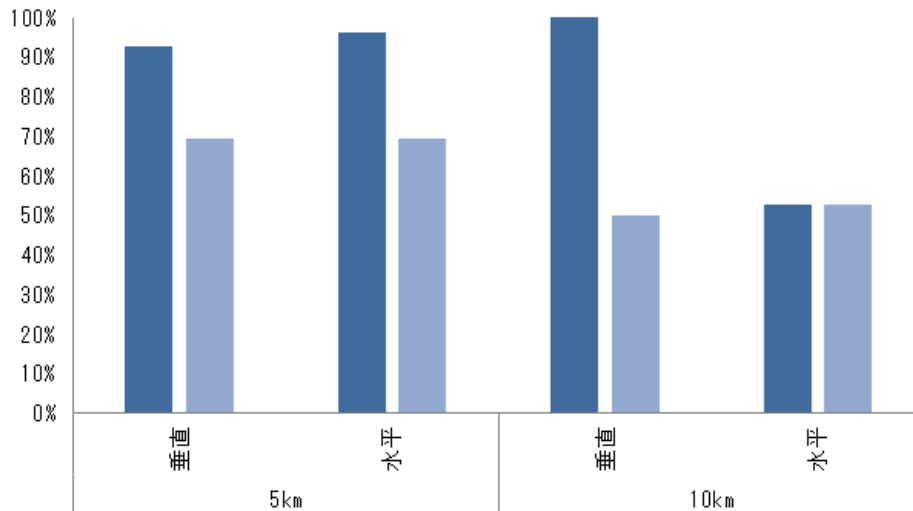


表 3. 4. 3-8 特化型汎用モデルの評価結果（収容函ハンドルの開閉異常）

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	69%	100%
	正常	82%	100%
5km 集計		76%	100%
10km	異常	69%	100%
	正常	84%	100%
10km 集計		77%	100%
特化型汎用モデル 集計		76%	100%

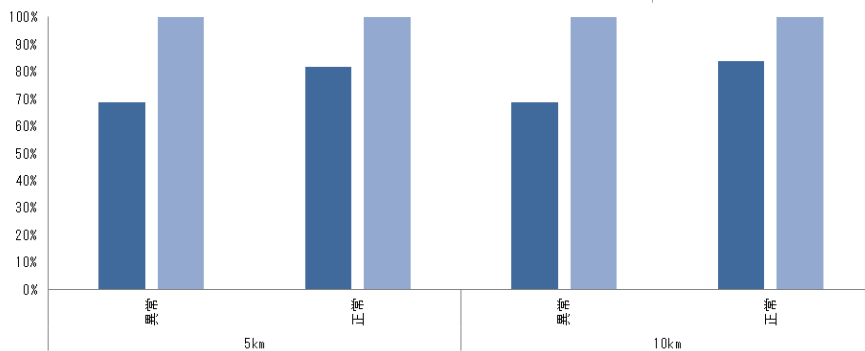


表 3. 4. 3-9 特化型汎用モデルの評価結果（ブレーキパッドすり減り）

速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	90%	100%
5km 集計		92%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	87%	100%
10km 集計		89%	100%
特化型汎用モデル 集計		90%	100%

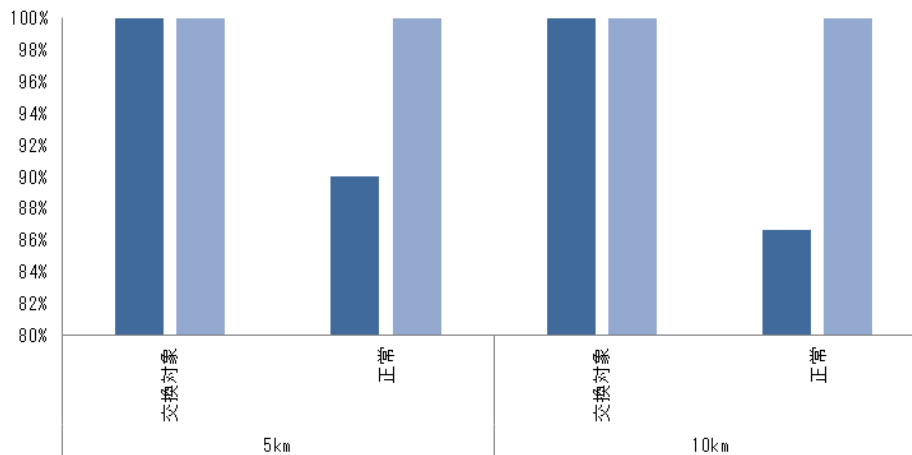


表 3.4.3-10 特化型汎用モデルの評価結果（車軸の温度異常）

検出対象	検出率	網羅率
走行速度		
5km	100%	100%
10km	100%	100%

表 3.4.3-11 混濁モデルと特化型汎用モデルの比較検証結果

モデル	検知対象物	検出率	網羅率
混濁	クラック	82%	57%
特化型汎用		81%	60%
混濁	ハンドル	76%	100%
特化型汎用		76%	100%
混濁	ブレーキパッド	90%	100%
特化型汎用		90%	100%
混濁	車軸温度上昇	100%	100%
特化型汎用		100%	100%

この結果から、考案した「汎用特化型モデル」は、問題なく動作し、検知が行えていることが確認できた。また、鉄道事業者 2 社（西鉄、京急）のデータを学習した混濁モデルと鉄道事業者 1 社（西鉄）のデータを学習した特化型汎用モデルにおいて、西鉄車両映像に対してそれぞれ AI 解析を行った際の検出率及び網羅率は、特化型汎用モデルのほうがクラック検知において若干良いことが確認できた。その他、検知対象物での比較では差異が見られなかった。

次に、ラボ環境ではなく、複数の鉄道事業者の現地環境からリアルタイムで伝送される映像においても問題なく検出ができるかを確認する。その際に併せて、過年度構築したモデル（混濁モデル）との差分も確認を行う。

検証内容としては、両モデルに対する AI の検知性能（検出率・網羅率）を計測した。

検知対象ごとのパラメータについては、下記の通り。

- クラック： 方向（タテ・ヨコ）幅（0.1 / 0.2 / 1.0 / 2.0mm）長さ（20 / 60 / 80cm）
- 収容函のハンドル開閉： 角度（正常/異常）
- ブレーキパッドの厚さ： （すり減り度合いを計測し、異常値を検出）
- 車軸の温度異常： （一部の車軸温度を上昇させ、異常値を検出）

鉄道車両の走行速度（5km/h ， 10km/h）に応じて、上記のパラメータを網羅した映像を現地で取得し測定を実施した。

本検証結果を表 3.4.3-12～表 3.4.3-19 に示す。

表 3.4.3-12 西鉄環境における特化型汎用モデルの評価結果（疑似き裂）

走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	垂直	69.2%	50.0%
	水平	88.9%	44.4%
5km 集計		77.3%	47.2%
10km	垂直	73.9%	47.2%
	水平	92.9%	36.1%
10km 集計		81.1%	41.7%
特化型汎用モデル(西鉄) 集計		79.0%	44.4%

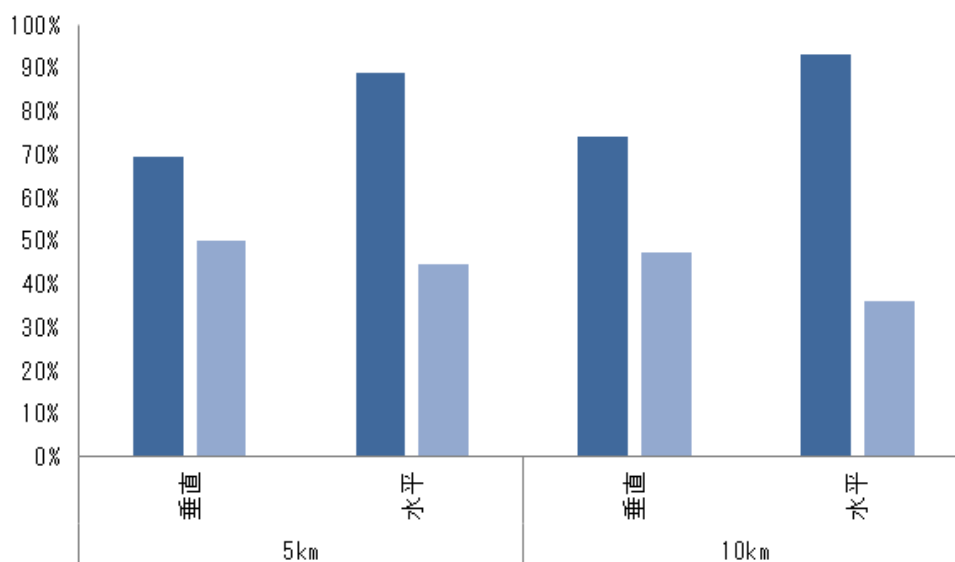


表 3.4.3-13 西鉄環境における特化型汎用モデルの評価結果（収容函ハンドルの開閉異常）

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
5km 集計		100%	100%
10km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
10km 集計		100%	100%
特化型汎用モデル(西鉄) 集計		100%	100%

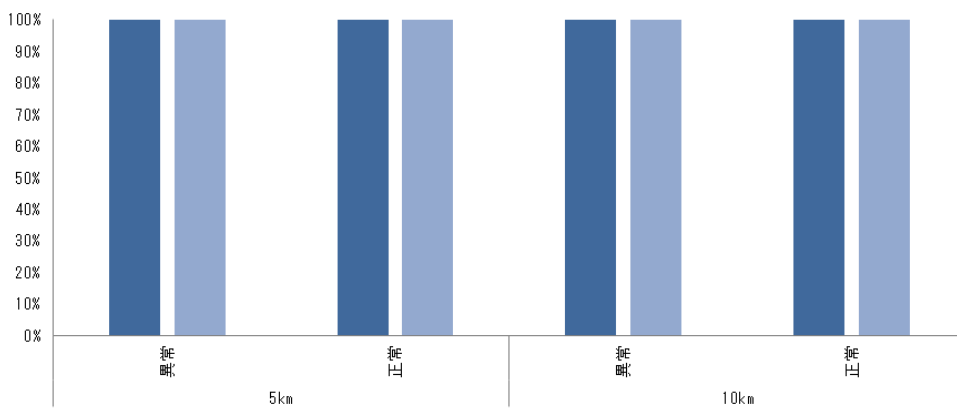


表 3.4.3-14 西鉄環境における特化型汎用モデルの評価結果（ブレーキパッドすり減り）

速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	88%	100%
5km 集計		92%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	83%	100%
10km 集計		89%	100%
特化型汎用モデル(西鉄) 集計		90%	100%

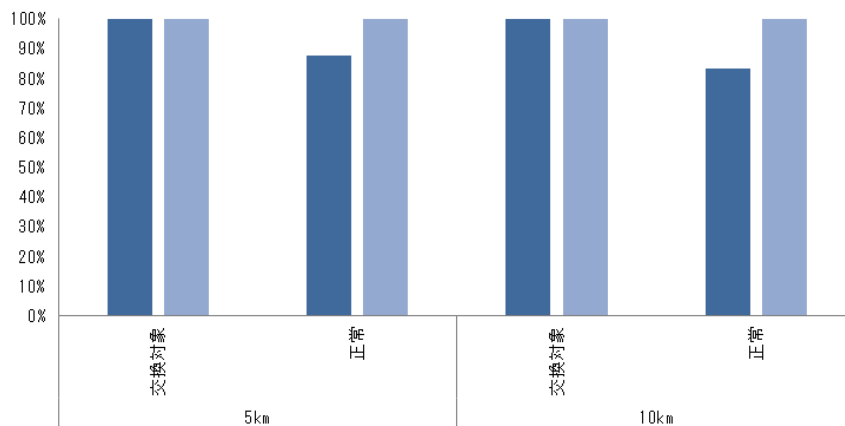


表 3.4.3-15 西鉄環境における特化型汎用モデルの評価結果（車軸の温度異常）

検出対象	検出率	網羅率
走行速度		
5km	100%	100%
10km	100%	100%

表 3.4.3-16 京阪環境における特化型汎用モデルの評価結果（疑似き裂）

走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	垂直	56.3%	50.0%
	水平	100.0%	52.8%
5km 集計		72.5%	51.4%
10km	垂直	85.7%	33.3%
	水平	94.4%	47.2%
10km 集計		90.6%	40.3%
特化型汎用モデル(京阪) 集計		79.5%	45.8%

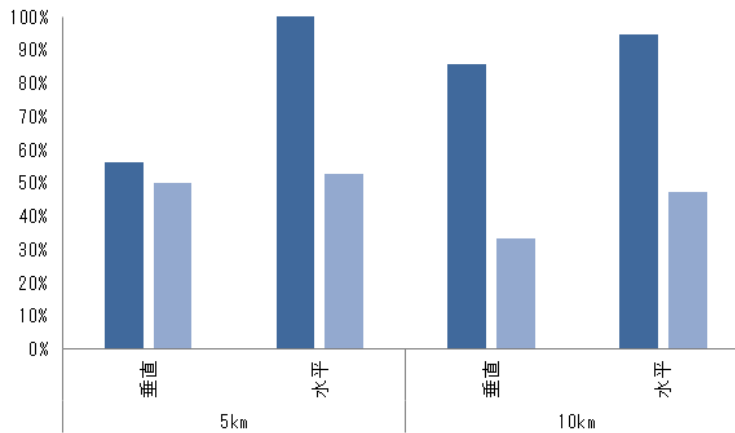


表 3.4.3-17 京阪環境における特化型汎用モデルの評価結果（収容函ハンドルの開閉異常）

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
5km 集計		100%	100%
10km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
10km 集計		100%	100%
特化型汎用モデル(京阪) 集計		100%	100%

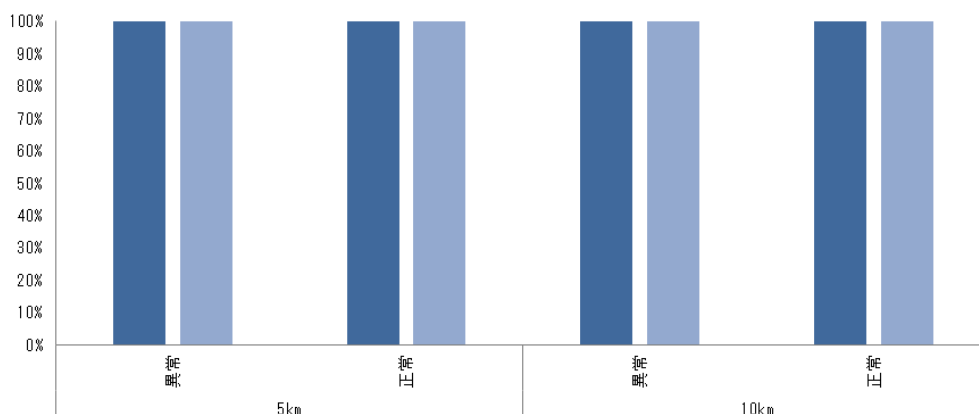


表 3.4.3-18 京阪環境における特化型汎用モデルの評価結果 (ブレーキパッドすり減り)

速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	84%	100%
5km 集計		85%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	82%	100%
10km 集計		83%	100%
特化型汎用モデル(京阪) 集計		84%	100%

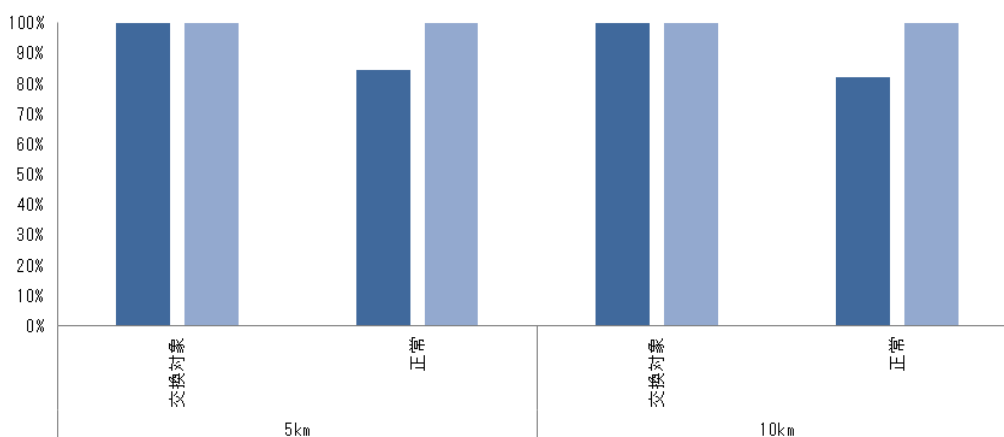


表 3.4.3-19 京阪環境における特化型汎用モデルの評価結果 (車軸の温度異常)

特化型汎用モデル(京阪)		
検出対象	検出率	網羅率
走行速度		
5km	100%	100%
10km	100%	100%

本結果より、特化型汎用モデルを利用することで、複数の事業者の環境下から実際に伝送される車両映像を検知出来ることを確認できた。なお、検知対象物ごとの検知性能の差異として、ハンドルやブレーキパッドのような大きく、かつ、形状が類似の「汎用的な物体」については、追加学習前の状態でもある程度検知が出来ており、アノテーション時の参考とすることも出来た。

今回、京阪車両のブレーキパッドは人の検査でチェックする箇所がカメラの画角からは隠れている為、すり減り具合の検知が出来ないという懸念があったが、検証結果では西鉄同様の精度となった。(AI 解析を行った解析画像においてブレーキパッドが一部認識できる部分において摩耗の影響があり、AI による判断が可能であった。)

一般に、教師データの量や多様性に比例してモデルの精度が向上していくことが知られているが、特化型汎用モデルは混濁モデルに対して教師データが少ないにもかかわらず同等以上の精度となった。よって、他事業者の学習データを追加することによる精度の向上は示せず、特化型汎用モデルによる運用の実現可能性が期待される。

なお、一部き裂(クラック(特に細いもの))等に若干の検知性能影響が本データ上は見られるが、ラボ環境(録画映像)では問題なく検出出来ていることから、モデルの影響ではなく、実証当日の天候条件やカメラの設定等、外部要因に大きく左右されたことによる差分と考えられる。この観点については、後述する「アノテーション支援機能」等を利用し、利用者側で追加学習を継続的に行うことで外部要因の影響を軽減できると想定される。

また、補足として上記検証の追加学習は同一人員にて行っており、混濁モデル構築時のデータ品質は事業者間にて差が少なくなるよう努めた。実際に複数事業者で同一モデルへ学習を行った場合、発生しうる事象として低品質な教師データによる学習等が考えられるが、学習の癖や低品質な教師データによる学習が与える影響を実際に確認するため、以下についての検証も行った。

・追加検証パターン

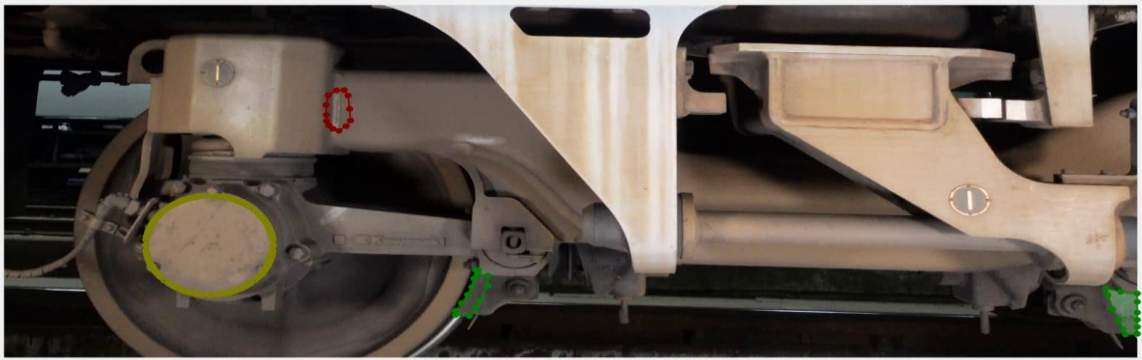
混濁モデルを想定した際、複数事業者の教師データが混在することになるため、リスクとして特定事業者にとって意図せず低品質となる教師データが学習されてしまう可能性がある。その場合、特定事業者における混濁モデルの AI 検知性能は悪化すると考えられるため、この仮説が正しいか検証する。

・検証方法

混濁モデルに対し意図的に低品質な教師データを学習させた「混濁モデル(低品質)」を構築し、特化型汎用モデルと検知性能を比較する。

低品質な教師データを作成する際のアノテーション例を図 3.4.3-5 に示す。

対象物に対して広く囲む



対象物と枠がずれている



クラックではない所に付けている

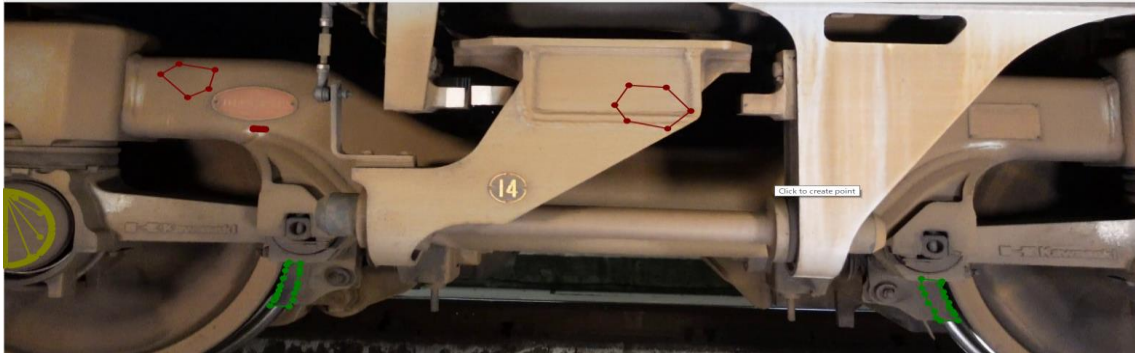


図 3. 4. 3-5 低品質なアノテーション例

- ・ 評価方法

評価指標には検出率、網羅率を用い、「車両の走行速度:5km」「タテクラック」の場合を取り上げ評価する。

- ・ 評価結果

表 3. 4. 3-20 特化型汎用モデルと混濁モデル(低品質)の AI 検知性能の比較結果

162

No.	走行速度 (km/h)	対象物	変数1	変数2	変数3	備考	特化型汎用モデル		混濁モデル(低品質)	
							検出率	網羅率	検出率	網羅率
1	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 20mm	西鉄のみ	100	100	0	0
2	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100	100	-	0
3	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 80mm	西鉄のみ	60	100	100	33
4	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 20mm	西鉄のみ	-	0	-	0
5	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100	67	100	33
6	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100	100	-	0
7	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 20mm	西鉄のみ	-	0	-	0
8	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100	100	0	0
9	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100	100	100	66
10	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 20mm	西鉄のみ	-	0	-	0
11	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100	67	100	33
12	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100	33	100	33

表 3. 4. 3-20 に示す簡易検証の結果より、混濁モデル(低品質)の方は全体的に検出率、網羅率ともに下がってしまうことが確認できた。このことから、SaaS 型構成で事業者が共通のモデルを利用した場合の懸念については、実際に発生しうることが確認できた。

もう 1 つの補足検証として、学習の癖や低品質な教師データによる学習が与える影響がない状況で、令和 2 年度の京急、今年度の西鉄と京阪の 2 事業者を合わせた 3 事業者の混濁モデルによる AI 検知性能の検証を行った。

・追加検証パターン

混濁モデルを想定した際、複数事業者の教師データが混在することになるため、2 事業者の混濁モデル、3 事業者の混濁モデル、1 事業者の特化型汎用モデルとの間で AI 検知性能の比較を行う。事業者数が増えることによる混濁モデルの AI 検知性能の変化と特化型汎用モデルとの AI 検知性能との差を確認する。

・検証方法

2 事業者の混濁モデルに対し 3 事業者目の教師データを学習させた「混濁モデル」を構築し、特化型汎用モデルと AI 検知性能を比較する。(表 3. 4. 3-21 参照)

表 3. 4. 3-21 補足検証で利用したモデルの定義

	2 社の混濁モデル	3 社の混濁モデル	特化型汎用モデル
概要	R3年度5GSC実証にて西鉄実証実験で作成した学習モデル	R3年度5GSC実証にて西鉄実証実験で作成した学習モデルにR4年度京阪事前撮影データを加えて新規作成した学習モデル	R4年度現地実証において特化型汎用モデルに学習データを追加学習をさせた学習モデル
教師データ	混濁モデル ・ R2京急車両 ・ R3西鉄車両	混濁モデル ・ R2京急車両 ・ R3西鉄車両 ・ R4京阪車両	西鉄単独モデル ・ R3/R4西鉄車両

表 3. 4. 3-22 特化型汎用モデルと混濁モデル(2事業者、3事業者)のAI検知性能の比較結果

No.	走行速度 (km/h)	対象物	変数1	変数2	変数3	備考	混濁モデル(R3) 西鉄、京急		特化型汎用モデル(R4) 西鉄		3事業者混濁モデル 西鉄、京阪、京急	
							検出率	網羅率	検出率	網羅率	検出率	網羅率
1	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 20mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	5	クラック	方向 タテ	幅 0.1mm	長さ 80mm	西鉄のみ	60%	100%	60%	100%	60%	100%
4	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 20mm	西鉄のみ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100%	67%	100%	100%	100%	67%
6	5	クラック	方向 タテ	幅 0.2mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 20mm	西鉄のみ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
9	5	クラック	方向 タテ	幅 1mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 20mm	西鉄のみ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
11	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 60mm	西鉄のみ	100%	100%	100%	100%	100%	100%
12	5	クラック	方向 タテ	幅 2mm	長さ 80mm	西鉄のみ	100%	33%	100%	33%	100%	33%
平均							72%	67%	72%	69%	72%	67%

表 3. 4. 3-22 に示す簡易検証の結果より、今回の検証では、事業者が2社の混濁モデルと事業者が3社の混濁モデルとの間でAI検知性能の差は確認できず、特化型汎用モデルの方は事業者が2社の混濁モデル及び3社の混濁モデルよりも若干AI検知性能が高いことが確認できた。

今回の簡易検証では事業者が2社の混濁モデルと事業者が3社の混濁モデルとの間でAI検知性能の差は確認できなかったが、SaaS型構成で事業者が共通のモデルを利用する事業者の数が増えるに従い、AI検知性能が少しずつ下がっていくのではないかと推測される。特化型汎用モデルの方は事業者が2社の混濁モデル及び3社の混濁モデルよりも若干AI検知性能が高いことが確認できており、SaaS型構成で共通のモデルを利用する事業者の数が増えるに従い、この特化型汎用モデルの優位性はさらに高まっていくものと想定される。

(2) 「利用者による追加学習機能」に関する検証

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの機能検証

本検証の目的は、利用者の負担軽減やAIシステムの汎用性向上を実現するために考案した追加学習機能・アノテーション支援ツールについて、各機能が設計通りに動作することを確認することである。

評価項目として、以下を測定した。(表 3. 4. 3-23 参照)

表 3. 4. 3-23 追加学習機能/特化型汎用モデルの有効性検証項目

評価項目	測定項目
アノテーション機能確認	以下機能の処理時間 <ul style="list-style-type: none"> ・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIエンジンにモデルを反映
マルチテナント時の処理性能確認	以下機能の処理時間 <ul style="list-style-type: none"> ・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIエンジンにモデルを反映

マルチテナント時の DB 確認	アノテーション支援ツールの生成データが、ログインユーザに紐づき DB で管理されていること。
マルチテナント時の UI 確認	複数ユーザの同時アクセス、及び WebUI 上の操作が可能であること。
マルチテナント時の同時アクセス・操作性確認	ログインユーザは自身の ID に紐づく情報のみ表示されること。

パラメータについては、下記の通り。

- 機能：教師データ作成 / AI モデル構築 / AI エンジンにモデルを反映
- GPU 割り当てリソース (GPU カード枚数) : 0 (教師データ作成) / 1 (AI モデル構築) / 0 (AI エンジンにモデルを反映)
- データ枚数 : 50 ※機能「AI エンジンにモデルを反映」は除く
- 同時使用ユーザ : 3

上記パラメータをもとに、追加学習機能・アノテーション支援ツールの各機能が設計どおり動作することを確認した。

本検証の結果を表 3.4.3-24 に示す。

表 3.4.3-24 追加学習機能・アノテーション支援ツールの機能検証結果

【アノテーション機能確認】

確認	機能	測定区間	GPU割り当てリソース (GPUカード枚数)	データ枚数	処理時間 (sec)
アノテーション機能確認	教師データ作成	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	0枚	50枚	50分前後
	AIモデル構築	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	1枚	50枚	9分30秒
	AIエンジンにモデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	0枚	-	10sec

【マルチテナント時の処理性能確認】

確認	拠点数	インプット系統 (チャンネルID)	機能	測定区間	データ枚数	処理時間 (sec)
マルチテナント	3	1	教師データ作成	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	50分前後
			AIモデル構築	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	9分30秒
			AIモデル構築エンジンにモデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	-	10sec
	2	2	教師データ作成	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	50分前後
			AIモデル構築	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	9分30秒
			AIモデル構築エンジンにモデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	-	10sec
	3	3	教師データ作成	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	50分前後
			AIモデル構築	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	50枚	9分30秒
			AIモデル構築エンジンにモデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	-	10sec

【マルチテナント時の DB 確認】

確認	拠点数	インプット系統 (チャンネルID)	機能	測定区間	確認方法	アノテーション支援 ツールの生成データ が適切に所定のDB ディレクトリに格納さ れていること(○/×)
マルチテナント DB確認	3		1・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	DBにアクセスし、チャネ ルID単位で所定のDB ディレクトリにデータが格 納されていることを確認	○
			2・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	DBにアクセスし、チャネ ルID単位で所定のDB ディレクトリにデータが格 納されていることを確認	○
			3・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	DBにアクセスし、チャネ ルID単位で所定のDB ディレクトリにデータが格 納されていることを確認	○

【マルチテナント時の UI 確認】

確認	拠点数	インプット系統 (チャンネルID)	測定種別	測定区間	確認方法	ログインユーザに紐づ く情報しか表示され ないこと(○/×)
マルチテナント UI確認	3		1・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	UIにアクセスし、ログイン ユーザに紐づく情報しか 表示・参照できないこと を確認	○
			2・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	UIにアクセスし、ログイン ユーザに紐づく情報しか 表示・参照できないこと を確認	○
			3・教師データ作成 ・AIモデル構築 ・AIモデル構築エンジンに モデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	UIにアクセスし、ログイン ユーザに紐づく情報しか 表示・参照できないこと を確認	○

【マルチテナント時の同時アクセス・操作性確認】

確認	拠点数	ログインユーザID	確認方法	同時アクセス・操作が可能なこと(○/×)
マルチテナント	3		複数ログイン時、各ユー ザ操作・機能利用が相 互に影響を及ぼすことなく 適切に可能であることを 確認	○
			複数ログイン時、各ユー ザ操作・機能利用が相 互に影響を及ぼすことなく 適切に可能であることを 確認	○
			複数ログイン時、各ユー ザ操作・機能利用が相 互に影響を及ぼすことなく 適切に可能であることを 確認	○

検証結果より、追加学習機能・アノテーション支援ツールの各機能が設計通りに動作することが確認できた。1 ユーザが操作した場合と複数ユーザが操作した場合で追加学習機能・アノテーション支援ツールの各機能にかかる処理時間がすべて同じであることが確認できた。また、各ユーザ固有のデータはDB 上分割して管理されることが確認できた。

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの UI/UX

本検証の目的は追加学習機能・アノテーション支援ツールの UI/UX が設計通りに実装されてい

ることを確認することである。

検証内容は、実験環境としてクラウド上に SaaS 型構成のシステムを構築し、追加学習機能・アノテーション支援ツールにアクセスし、測定項目に沿って画面を操作した。これにより、利用者向けの画面構成や挙動、体感を評価する。(表 3.4.3-25 参照)

表 3.4.3-25 追加学習機能/アノテーション支援ツールの UI/UX 検証項目

評価項目	測定項目
画面レイアウト・文言・ボタンアクション	設計通りであること
画面遷移	設計通りであること

測定項目を評価するにあたり、追加学習機能/アノテーション支援ツールの設計内容を図 3.4.3-6 に示す。

【画面一覧】

画面一覧

機能	内容	項番
ログイン	ログイン画面	1
データセット管理 アノテーション管理	データセット一覧画面	2
	画像一覧画面	3
	アノテーション画面	4
モデル管理	モデル構築状況一覧画面	5
	予測結果一覧画面	6
	予測結果プレビュー画面	7
ユーザ管理	ユーザー一覧画面	8

【画面遷移図】

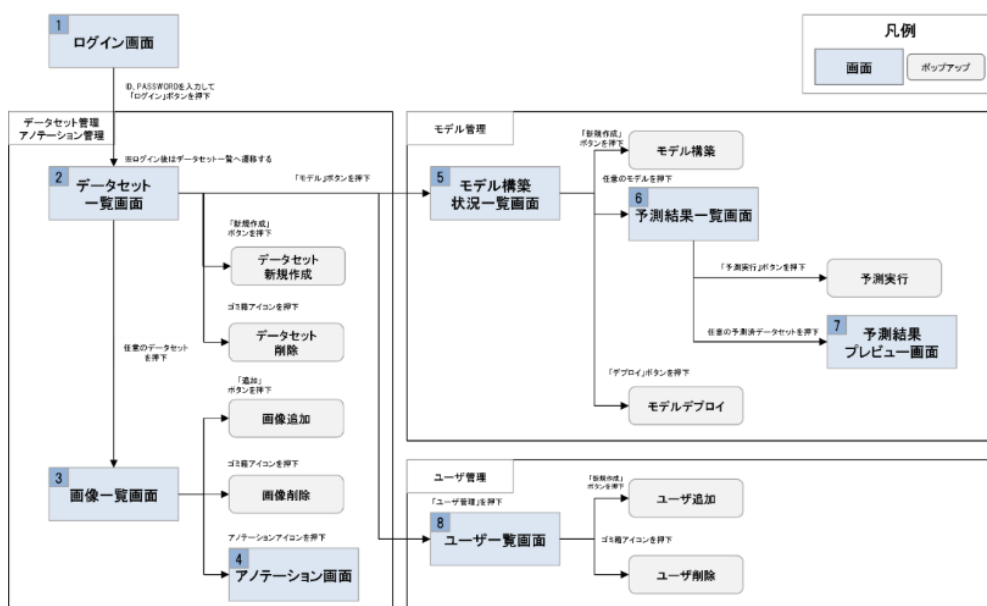


図 3.4.3-6 追加学習機能・アノテーション支援ツールの設計内容

本検証の結果を表 3. 4. 3-26 に示す。

表 3. 4. 3-26 追加学習機能・アノテーション支援ツールの UI/UX 検証結果

確認	対象UI	確認端末	レイアウトが設計どおりであること(○/×)	文言やタイトルが設計どおりであること(○/×)	その他
アノテーション UI/UX確認	アノテーション	閲覧用PC	○	○	○

対象	分類	テスト内容	確認項目	結果
ログイン	画面/API	正しいユーザID、パスワードの組み合わせを入力し、ログインボタンを押下	ホーム画面へ遷移すること	○
ホーム	画面	ホーム画面を表示	「データセット一覧」の導線が表示されていること	○
	画面		「モデル一覧」の導線が表示されていること	○
データセット一覧	画面/API	データセット一覧を表示	ログインユーザに紐づいたデータセットのみが表示されていること	○
	画面	「データセット作成」を押下	データセット作成画面へ遷移すること	○
	画面	任意のデータセットを押下	データセット詳細画面へ遷移すること	○
データセット作成	画面/API	データセットの作成	データセット作成後に、データセット一覧にデータセットが追加されること	○
データセット詳細 (画像一覧)	画面/API	任意のデータセット詳細画面を表示	データセットに紐づく画像の一覧が表示されていること	○
	画面	「画像追加」を押下	画像追加画面へ遷移すること	○
	画面	任意の画像を押下	画像詳細画面へ遷移すること	○
画像追加	画面/API	任意の画像を追加	画像追加後に、画像一覧に画像が追加されること	○
画像詳細	画面/API	任意の画像詳細を表示	画像のプレビューが表示されること	○
	画面	「アノテーション」を押下	アノテーション画面へ遷移すること	○
アノテーション	画面/API	アノテーションの実行	アノテーション保存ボタンを押下後、アノテーション実施日時が埋まること	○
	画面/API	ブラウザのズーム機能を使って作業	どのサイズでも正しい箇所にアノテーションされること	○
モデル一覧	画面/API	モデル一覧を表示	ログインユーザに紐づいたモデルのみが表示されていること	○
	画面	「モデル作成」を押下	モデル作成画面へ遷移すること	○
	画面	任意のモデルを押下	モデル詳細画面へ遷移すること	○
モデル作成	画面/API	モデルの作成	モデル構築完了後、ステータスが利用可能になり、学習完了日、AP値が埋まること	○
モデル詳細	画面/API	任意のモデル詳細画面を表示	モデルの詳細情報が表示されること	○
	画面	「予測実行」を押下	予測実行画面へ遷移すること	○
	画面	「デプロイ」を押下	デプロイ画面へ遷移すること	○
予測実行	画面/API	任意のモデルを使って予測	予測完了後、予測完了日時が埋まること	○
デプロイ	画面/API	任意のモデルをデプロイ	デプロイボタン押下後、モデルオブジェクトがサーバー内の適切なディレクトリ配下に置かれること	○
ユーザー一覧	画面/API	ユーザー一覧を表示	ログインユーザに紐づいたクライアントに作成されたユーザのみが表示されていること	○
	画面	「ユーザ追加」を押下	ユーザ追加画面へ遷移すること	○
	画面	任意のユーザを押下	ユーザ詳細画面へ遷移すること	○

検証結果より、アノテーション支援ツールの利用者向けの画面構成や挙動、体感が設計どおりであることが確認できた。画面構成や各画面及びボタン、アイコンの文言、ボタンアクション時の挙動（画面遷移やサーバ内データ格納等の処理）が設計通りであることが確認できた。

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率

本検証の目的は、追加学習機能・アノテーション支援ツールによる追加学習、AI モデル生成が実現できることを確認することである。

検証内容として、「鉄道車両監視 AI システム」において従来、AI の検出対象物として検出するべきと利用者が設定した事物において検出を見逃していた検出対象物を追加学習させ、AI 検知性能の向上傾向を確認し、これまでの開発会社の技術者による学習方法と比較検証した（表 3. 4. 3-27 参照）

表 3. 4. 3-27 追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率検証項目

評価項目	測定項目
モデル性能	AP 値 (Average Precision) ※

※AP 値

AP 値は、物体検出 AI モデルを評価する際に一般的に活用される指標で、アノテーション画像

(正解画像)と AI モデル予測結果を比較し、予測結果がどの程度一致しているかを表すものである。0~1 の範囲を取り数字が高いと精度が高いことを示します。高精度/低精度の目安はケースによる為、既存モデルとの比較での評価が推奨される。

本検証結果を表 3.4.3-28 に示す。

表 3.4.3-28 追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率検証結果

業務プロセス	アノテーション支援ツールを使用する際の機能	測定区間	学習データ枚数	所要時間(ツール利用時)	AIモデル性能(AP値)(ツール利用時)	所要時間(ツール未利用時)	AIモデル性能(AP値)(ツール未利用時)
教師データ作成	教師データ作成	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)	100	100分前後(1枚辺り1分)		100分前後(1枚辺り1分)	
AIモデル構築	AIモデル構築	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)		18分30秒	0.67	約40分	0.68
AIエンジンにモデルを反映	AIエンジンにモデルを反映	PC Webインスタンス - AIインスタンス(アノテーション)		10sec		10sec	

アノテーション支援ツールを利用した疑似き裂の検出改善を行った場合での各プロセスの所要時間と、アノテーション支援ツールを使用せずに行った場合の所要時間の比較結果から、AI モデル構築に要する時間はアノテーション支援ツールを利用した場のほうが半分以下となる結果となり、AP 値もほぼ同じで、モデル性能は同様の性能となることが確認できた。

検証結果より、「追加学習機能・アノテーション支援ツール」による追加学習、AI モデル生成が実現できることを確認できた。また、追加学習機能・アノテーション支援ツールを使った追加学習による AI 検知性能がこれまでの AI 開発会社の専門家、有スキル者による学習方法と遜色がなく、かつ、追加学習にかかる所要時間短縮も可能であったため、アノテーション支援ツールが AI システムの追加学習に関する利用者の利便性向上に貢献できることが確認できた。

一定の学習データ枚数に対し、追加学習機能・アノテーション支援ツールを使った追加学習による AI 検知性能がこれまでの開発会社の技術者による学習方法とほぼ差異がないことが確認できた。(AP 値の比較)。また、モデル学習 (モデル構築) の所要時間は、技術者が従来通り実施した場合に対し本機能・ツール利用した場合は半分以下に削減されたことが確認できた。

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの有効性 (利用者調査)

本検証の目的は運用時に実作業を行う利用者 (鉄道事業者の現場作業員) が、アノテーション支援ツールを用いて実際に追加学習を行うことができるかを確認することである。

検証として、鉄道事業者 (西鉄、京阪) に事前に準備したマニュアルを用いてアノテーション支援ツールの説明を行い、アノテーション支援ツールを使った追加学習操作を実施いただいた。

アンケート項目は、以下のとおり導入容易性、導入可能性、改善点を観点とする項目とした。(表 3.4.3-29 参照)

表 3.4.3-29 追加学習機能・アノテーション支援ツールの有効性検証項目

観点	項目
導入容易性	事前のユーザ環境の手配・対応は容易か
	アノテーション支援ツールの利用マニュアルは十分か
	アノテーション支援ツールを使用可能となるまでの程度かかったか
	アノテーション支援ツールの利用場所としては複数拠点、遠隔拠点での操作が可能であるといいか
導入可能性	導入可能性はどの程度か
	導入にあたり障壁となる要素は何か
改善点	改善してほしい既存機能はあるか
	追加してほしい機能はあるか

アノテーション支援ツールに関し、アンケートを行い、アノテーション支援ツール利用による追加学習の有用性を確認した。(図 3.4.3-7 参照)

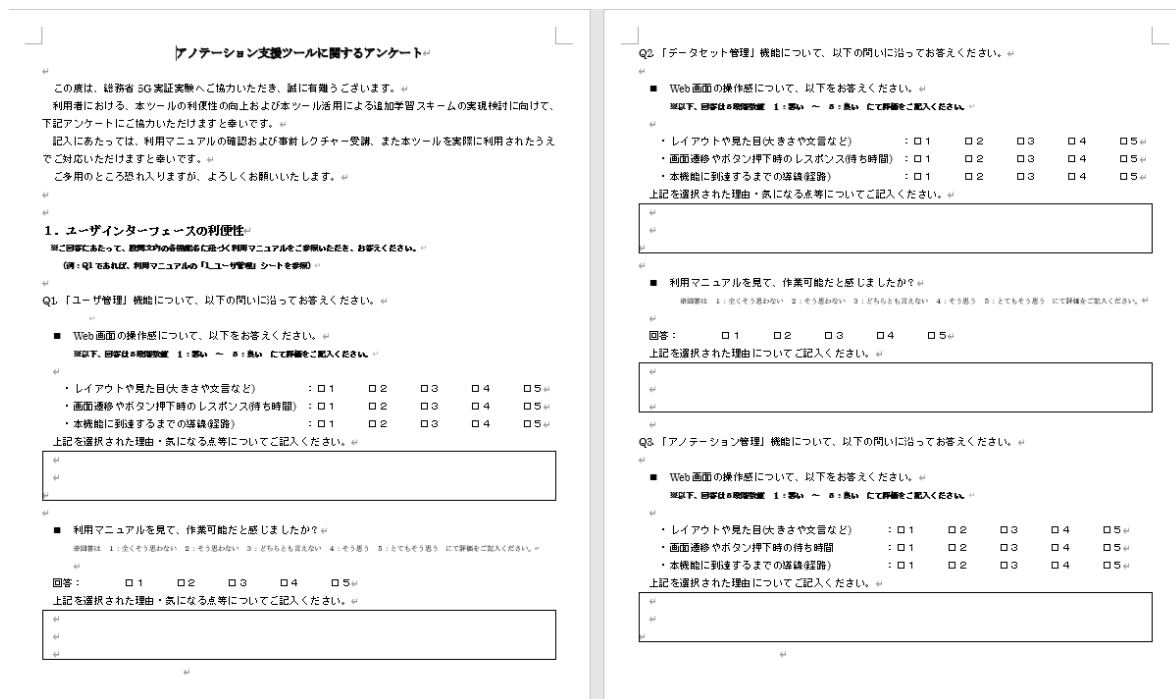


図 3.4.3-7 アノテーション支援ツールに関するアンケート

鉄道事業者（西鉄、京阪）でのアノテーション支援ツールのマニュアルを使った説明を聞いていただき、アノテーション支援ツールを使った追加学習による AI 検知性能の向上のトライアルをしていただいた後のアンケート結果が示す通り、アノテーション支援ツールが AI システムの追加学習に関する利用者の利便性向上貢献できるそうであることが確認できたとともに、機能改善等様々なコメントもいただいた。以下で、「UI/UX の使いやすさ」「導入の可能性・期待値」「導入・運用に向けて」のそれぞれのカテゴリ別に詳述する。

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの UI/UX（利用者調査）

本検証の目的は、UI/UX の観点でツールが使いやすいこと、ならびに使いやすくするための改善点を確認することである。現地で追加学習機能・アノテーション支援ツールを利用した利用者（鉄道事業者）から、UI/UX に関するアンケートを通じてフィードバックを得ることで、追加学習機能・アノテーション支援ツールに関する UI/UX 面の改善・要望や今後の導入に向けた課題などを確認した。

検証として、鉄道事業者（西鉄、京阪）に事前に準備したマニュアルを用いてアノテーション支援ツールの説明を行い、アノテーション支援ツールを使った追加学習操作を実施いただいた。なお、操作体験では実際の追加学習も行い、これまで検出できなかった対象物が検出可能になることも併せて確認いただいた。アンケート項目は、以下のとおりレイアウト・見た目、使用感、改善点の観点とする項目とした。（表 3.4.3-30 参照）

表 3.4.3-30 追加学習機能・アノテーション支援ツールの UI/UX (利用者調査) 項目

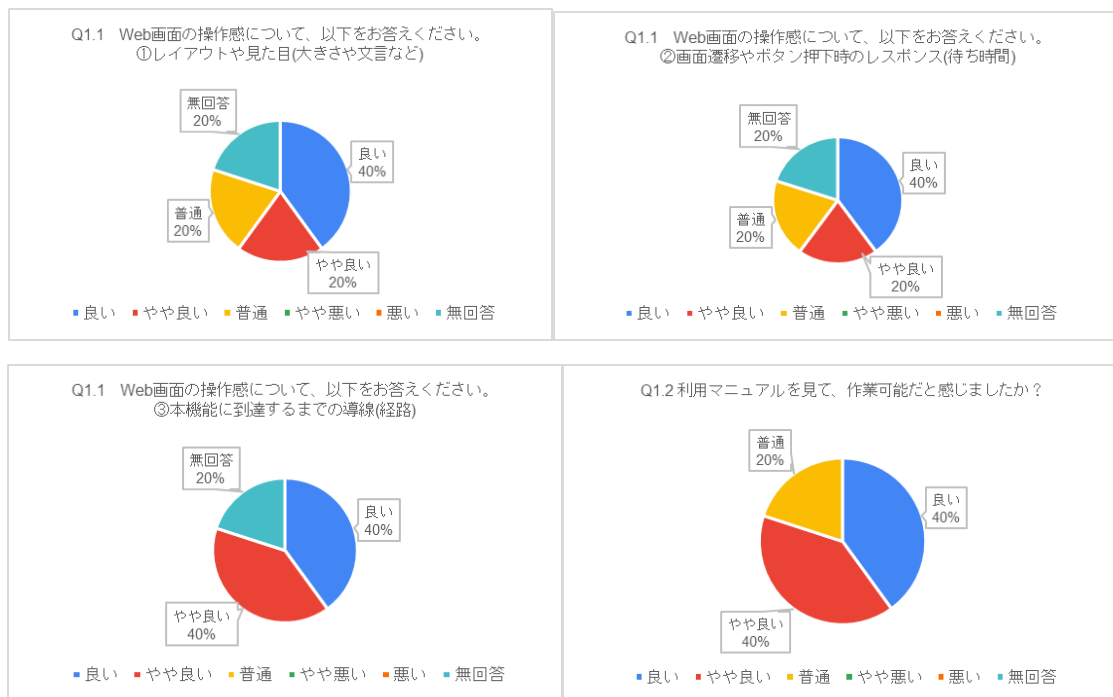
評価項目	測定項目
レイアウト・見た目	・タイトルやボタン文言・大きさ、配色、レイアウトは分かりやすいか
使用感	・画面遷移やボタンのレスポンスはストレスないか ・メニューから目的の作業に移る導線は分かりやすいか
改善点	・改善点や要望はあるか

本検証の結果を表 3.4.3-31 に示す。

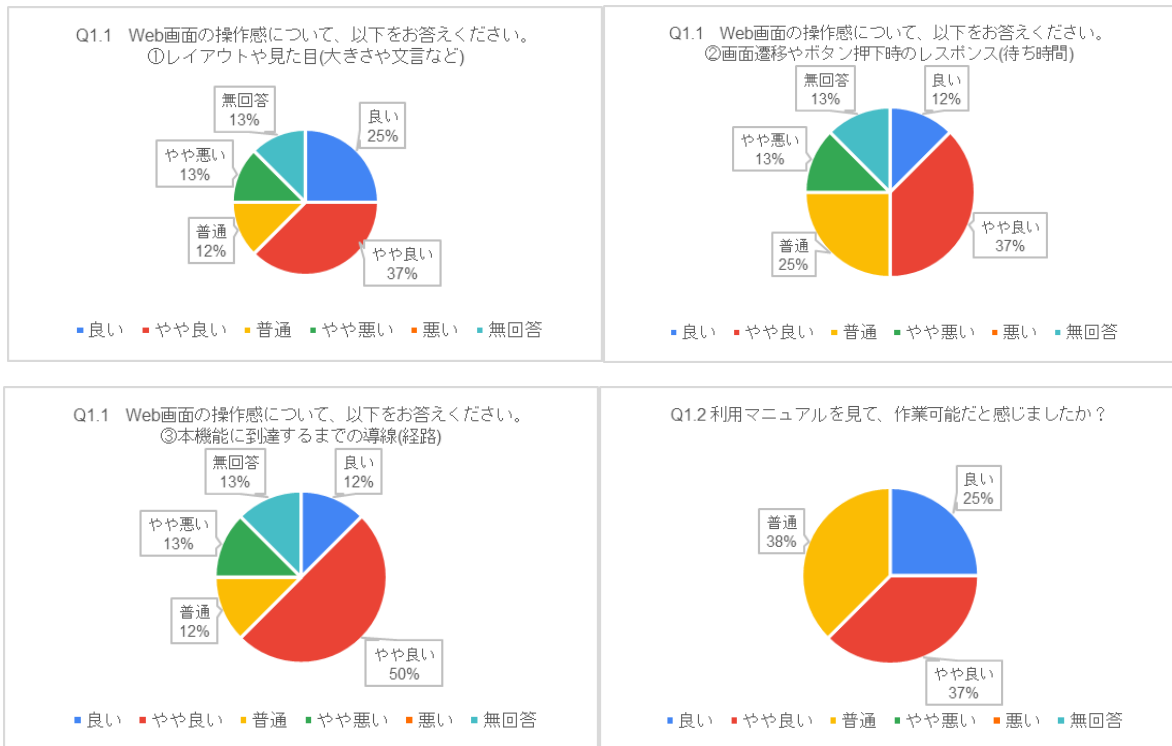
1. ユーザインターフェースの利便性

Q1. 「ユーザ管理」機能

【西鉄】

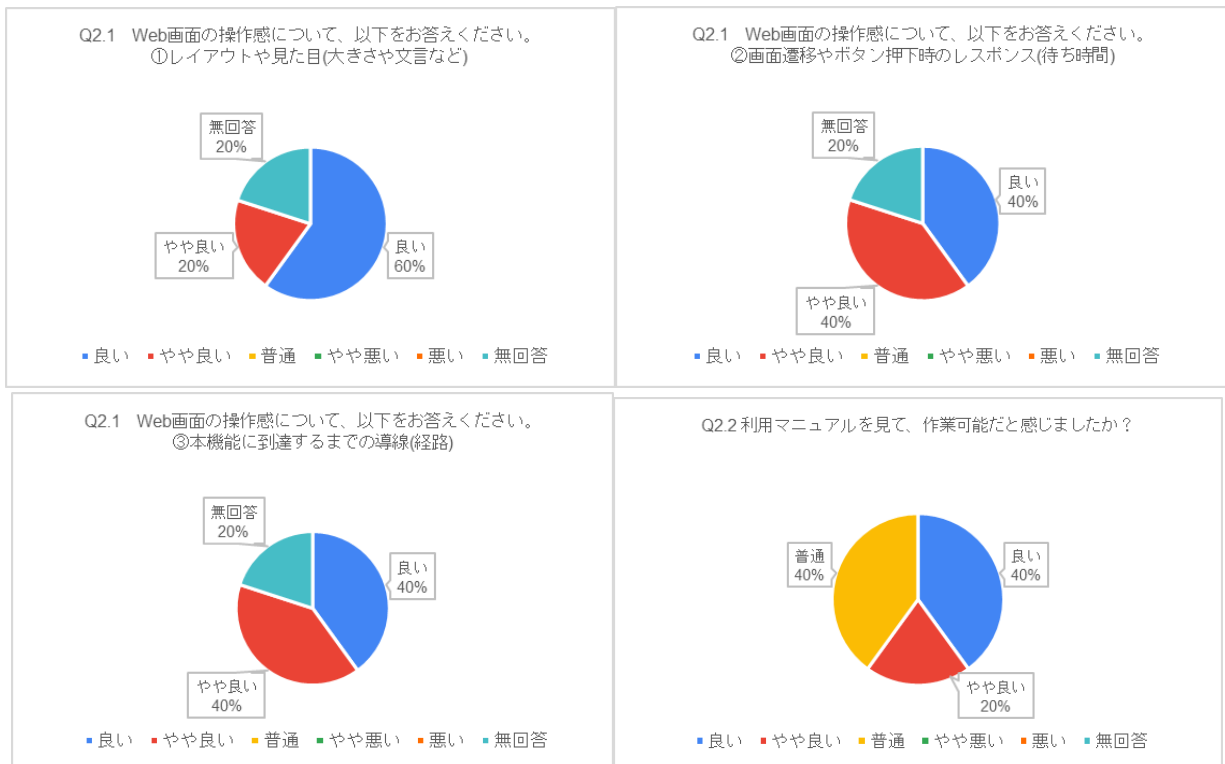


【京阪】

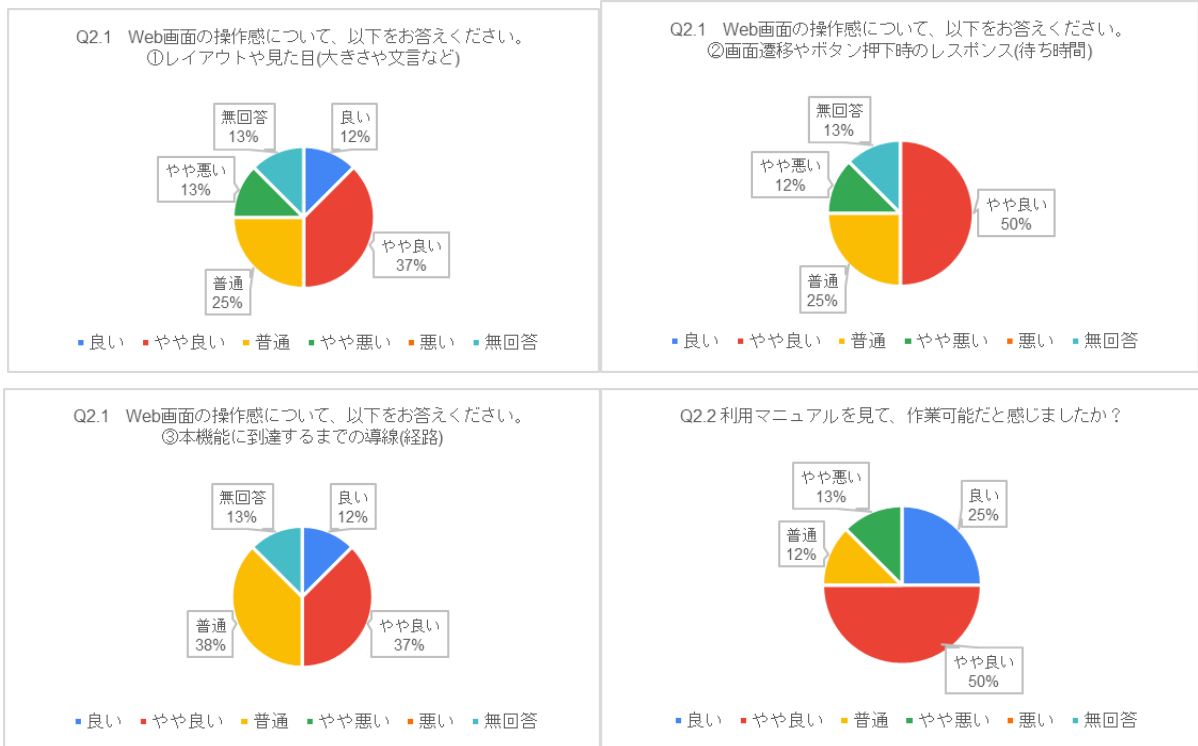


Q2. 「データセット管理」機能

【西鉄】



【京阪】



(フリーアンサー抜粋)

Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・ボタンやアノテーションタイプの選択表記は日本語にして欲しい。

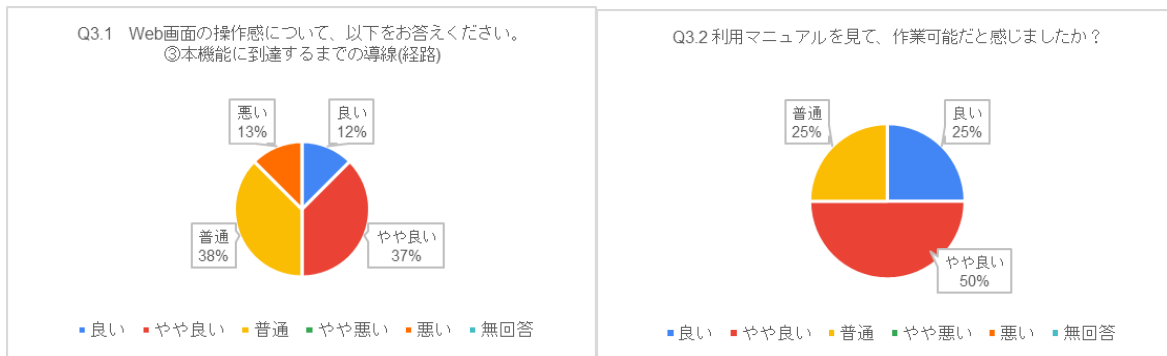
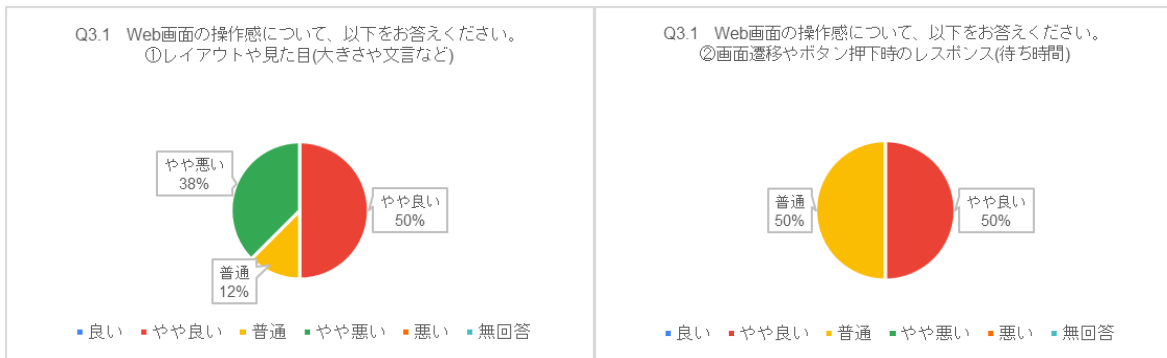
Q3. 「アノテーション管理」機能

【西鉄】





【京阪】



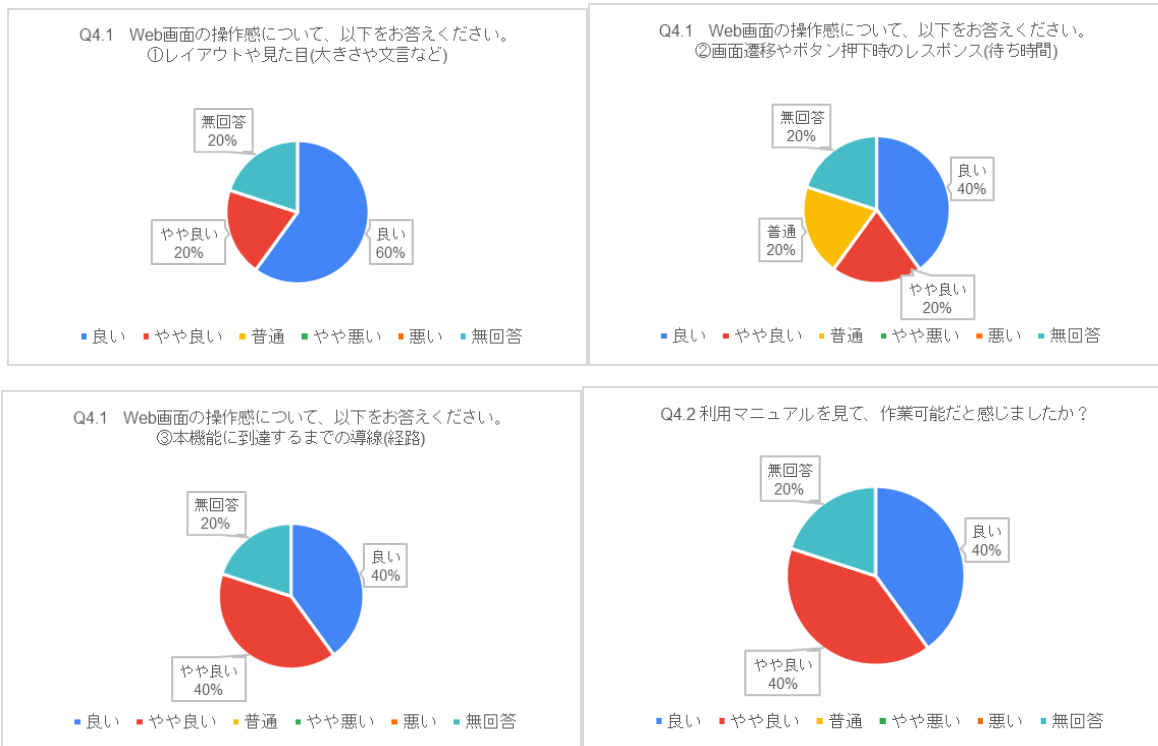
(フリーアンサー抜粋)

Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・ 画面が荒く範囲選択が大変に感じた。
- ・ 拡大縮小やドラッグ等で、マウスの作業が手間なので写真をデスクトップ全体に表示できれば見た目も良くなり、作業しやすくなると思う。
- ・ 別の画像をアノテーションする場合に、都度アノテーションタイプを選択し直す手間が省けると操作性が良くなると思った。

Q4. 「AI モデル管理」機能

【西鉄】



【京阪】

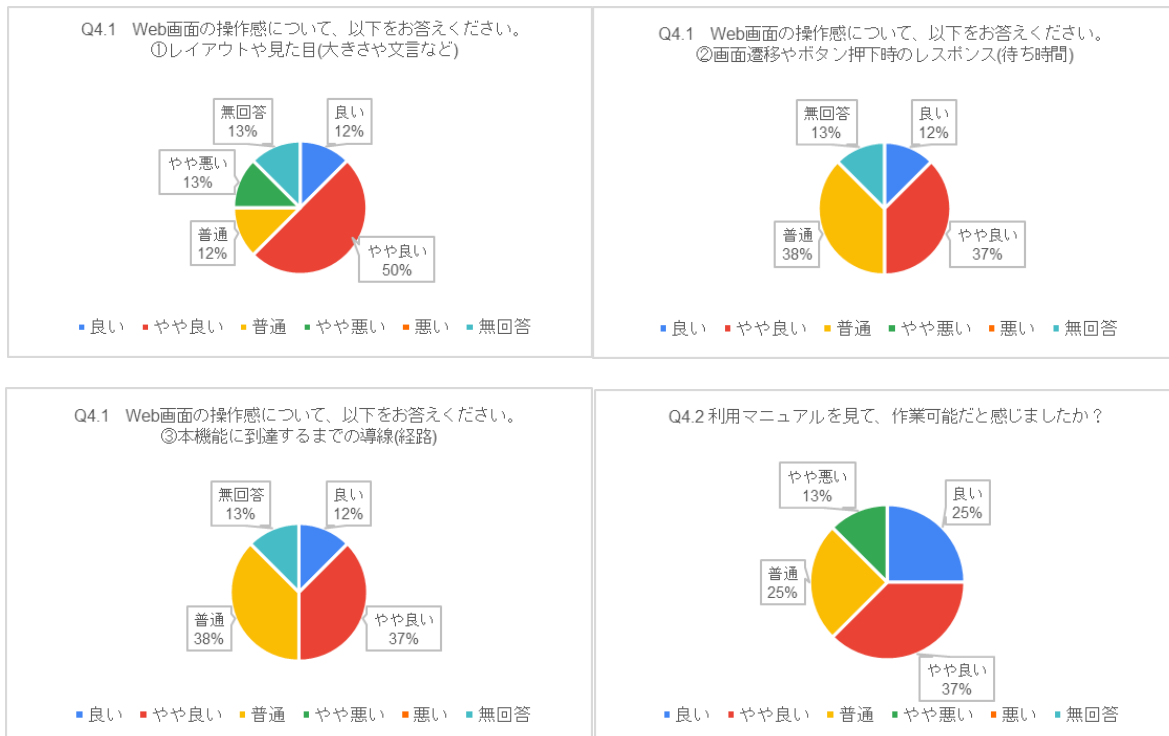


図 3.4.3-8 追加学習機能・アノテーション支援ツールのUI/UXに関する利用者アンケート調査結果(西鉄、京阪)

アノテーション支援ツールの「UI/UX の使いやすさ」に関するアンケート結果を以下にまとめる。

UI については、画面レイアウトの見やすさや各アイコンが大きく操作しやすい点などが挙げられ、概ね問題なく利用できると評価いただいた。一方、現状だと同一の対象物の追加学習時に別の画像をアノテーションする際、都度アノテーションタイプの選択（「ポリゴンタイプ」を選択した後、“wheel”，“break pad”，“crack”，“handle”のいずれかを選択）する必要があるため改善してほしいという意見もあったためこれを改善することでより操作性の向上に期待できると考えられる。

マニュアルについては各鉄道事業者ともマニュアルを参考に操作可能であるといった意見が多かった。また、マニュアルを用いたアノテーション支援ツールの操作説明の実施後に、各鉄道事業者の代表者に実際に操作してもらったが、概ね問題なくマニュアル通りに作業可能であることを確認することができた。

以上より、アノテーション支援ツールの UI/UX が、実際に利用する鉄道事業者の現場作業員の観点からも使い勝手に問題はなく、運用できうるものであることが確認できた。

さらに、アノテーション支援ツールの「導入可能性・期待度」に関するアンケートを行った。

■ 利用マニュアルを見て、作業可能だと感じましたか？
回答例は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う にて詳細をご記入ください。
 回答: 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由についてご記入ください。

Q4. 「AIモデル管理」機能について、以下の問いにお答えください。
 ■ Web 画面の操作性について、以下をお答えください。
※以下、回答は5段階評価 1:悪い 2:やや悪い 3:普通 4:やや良い 5:良い にて詳細をご記入ください。
 ・レイアウトや見た目(大きさや文字など) 1 2 3 4 5
 ・画面遷移やボタン押下時の待ち時間 1 2 3 4 5
 ・本機能に到達するまでの画面(画面) 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由についてご記入ください。

■ 利用マニュアルを見て、作業可能だと感じましたか？
回答例は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う にて詳細をご記入ください。
 回答: 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由についてご記入ください。

2. 導入可能性・期待度について

Q1. 本ツールのようなものがあれば、現場での追加学習の実施が可能だと感じますか？
(ご説明時に用いた隣接者画面をご参照ください)
回答例は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う にて詳細をご記入ください。
 回答: 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由についてご記入ください。

Q2. 追加学習結果を踏まえ、追加学習において本ツールを利用することは効果的だと感じましたか？
回答例は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う にて詳細をご記入ください。
 回答: 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由についてご記入ください。

Q5. 現状の状況に対して、現場で導入できる可能性を感じられましたか？
※以下、回答は5段階評価 1:悪い 2:やや悪い 3:普通 4:やや良い 5:良い にて詳細をご記入ください。
 回答: 1 2 3 4 5
 上記を選択された理由について3つ以内でご記入ください。(1~5を選択された場合は、問題・要望を添えて下さい)

Q6. 導入した場合、追加学習させたい線種や対象物や追加学習する線種について懸念するものはありますか？
 3つ以内で理由も含めてご記入ください。

対象対象物の懸念について

① (理由:)
 ② (理由:)
 ③ (理由:)

追加学習する線種の懸念について

① (理由:)
 ② (理由:)
 ③ (理由:)

Q7. 導入にあたり、障壁となる可能性のある要素について懸念するものはありますか？
 3つ以内で理由も含めてご記入ください。(例:運用の確実さ、社内システム導入における障壁など)

① (理由:)
 ② (理由:)
 ③ (理由:)

3. 導入・運用に向けて

Q1. 今回対象物の検知データ取得に際し、利用マニュアルに記載された「検出枠」は現場にて対応可能だと感じましたか？「検出枠」…利用マニュアルの『ツール概要』シートを参照ください。

※回答は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う ※複数選択可

回答: 1 2 3 4 5

上記を選択された理由について3つ以内でご記入ください。

Q2. 利用マニュアルについて、以下の問いにお答え下さい。
(利用マニュアルを参照いただき、全体を通して感じたことをご記入ください)

■ 言葉やポリウムなど、読みやすさについて気になった点はありましたか？理由も合わせてご記入ください。

■ 敬語やご要望はありますか？理由も合わせてご記入ください。
(例:外国語対応、提供形式[本書ファイル、動画ファイル、...]など)

Q3. 作業の習熟に際して、以下の問いにお答え下さい。
※回答は 1:全くそう思わない 2:そう思わない 3:どちらとも思えない 4:そう思う 5:とてもそう思う ※複数選択可

■ 今回レクチャーについて、以下をお答えください。

レクチャーは必要でしたか? 1 2 3 4 5

レクチャー時間は必要でしたか? 1 2 3 4 5

上記を選択された理由についてご記入ください。

■ 敬語やご要望はありますか？理由も合わせてご記入ください。

■ 事前レクチャー受講時間を除き、作業可能となるまでどのくらい時間が必要と感じますか?

回答: 1時間未満 1～3時間 4～8時間 7～9時間 10時間以上

上記を選択された理由についてご記入ください。

■ 今回レクチャーを受講いただいた方が、今回のレクチャー内容が使用したマニュアル等を参考に、今後現場の進捗に伴ってレクチャーを実施していただくことにより、本ツール活用スキルの向上をしていくことは可能だと感じますか？理由も合わせてご記入ください。

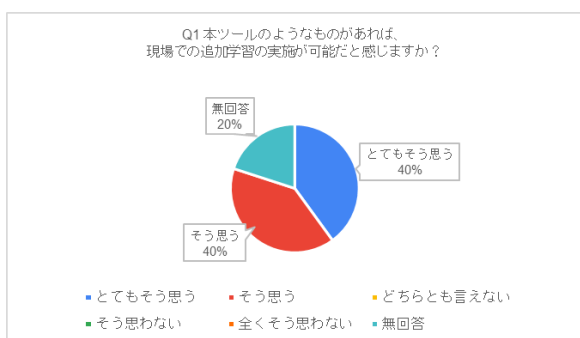
Q4. 本ツールを用いて運用する事を想定し、以下の問いにお答え下さい。

■ 本ツールの導入・運用により、習熟によりAIモデルを随時更新していただき、従前所基地以外の車両状態もまとめて学習させることにより、車両検査作業の効率化につなげていくことは可能だと感じますか？理由も合わせてご記入ください。

図 3. 4. 3-9 アノテーション支援ツールの導入可能性・期待度に関するアンケート

2. 導入可能性・期待度について

【西鉄】

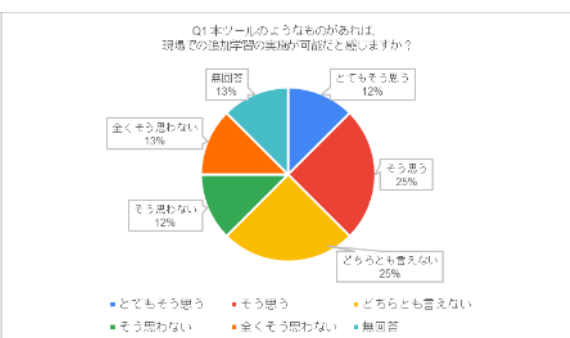


(フリーアンサー抜粋)

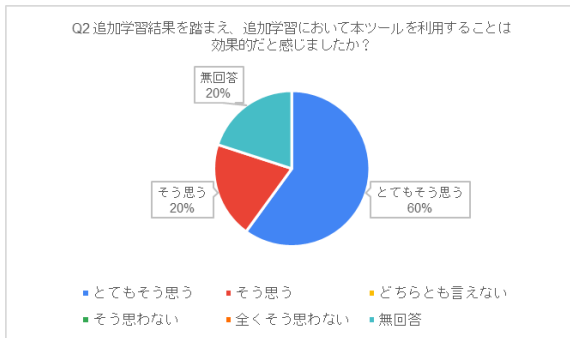
Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・今回対象検知物とした項目以外にも実作業にて点検箇所が多くある為、項目を適宜追加できれば作業効率化に期待できる。
- ・現場で頻りに追加学習の実施は難しいため、追加学習作業を行う専任の担当がいれば実現可能だと思う。

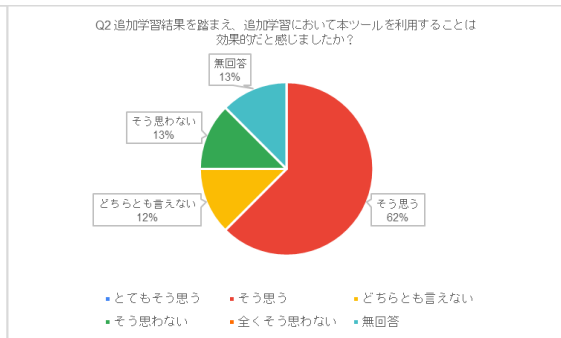
【京阪】



【西鉄】



【京阪】

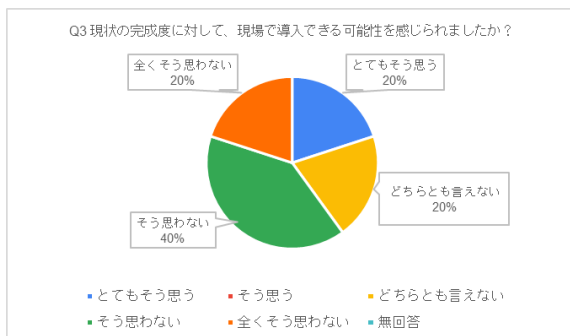


(フリーアンサー抜粋)

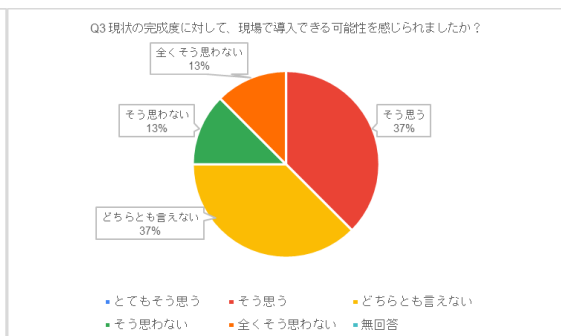
Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・ 想定している以上に追加学習すれば効果は大きいと思うが、作業するには時間が必要。
- ・ 消耗品の減り等は日常的に確認しやすいため効果が期待できる。

【西鉄】



【京阪】



(フリーアンサー抜粋)

Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・ ブレーキパッドや収納箱のハンドルについては現状の精度でも十分利用可能と思われる。サーマルカメラによる確認については他の部位（モータなどの回転機器）にも活用できそうである。
- ・ 検査項目を事業者側で追加できる仕組みが望ましい。
- ・ 事前準備、故障再現して追加学習するには時間と人がどれだけ必要か未知数なため、どちらともいえない。
- ・ 追加学習させるサンプルが少ない枚数で対応できるようになればよい。

以下に、アノテーション支援ツールの「導入可能性・期待値」についてのアンケート結果をまとめる。

導入可能性については、特に追加学習後に、これまで検出出来ていなかった特徴が異なるクラックを検出出来るようになった結果から効果的であり、導入可能性があるという評価であった。

導入した場合の期待値としては、車両点検の作業効率化が挙げられた。実際に車両点検の際は、今回検知対象物とした項目以外にも多く点検箇所がある、かつ、各車両の台車ごとに点検箇所が

異なる為、アノテーション支援ツールを用いることにより、より日常の車両点検の効率化が図れることが想定され、そのためにも検知対象物の対応品目を追加する機能拡張が必要とされていることがわかった。

一方、アノテーション支援ツールを使った追加学習を導入するには、現在の仕様では、ある程度の学習データ枚数の手動による1枚ごとの登録が必要になることから、登録作業実施者の負担軽減のためにもより少ない枚数で十分検知ができるようにしてほしいといった意見も挙がった。

そのため、導入後の負荷軽減が図れるように学習データの枚数を少なくするなどの対応も必要であることがわかった。

以上のように、アノテーション支援ツールの効果としては概ね一定の満足度はあり、実導入の可能性や期待値が高いものの、目視での点検業務も含めた点検作業全体の作業フローを含めて鉄道事業者で再検討し、その一部を自動化するためのパーツとして本ツールを位置づけ、必要とされる機能を、鉄道事業者と連携して検討していく必要性が有ることがわかった。

最後に、アノテーション支援ツールの「導入・運用に向けて」に関するアンケートを行った。

3. 導入・運用に向けて

【西鉄】

【京阪】

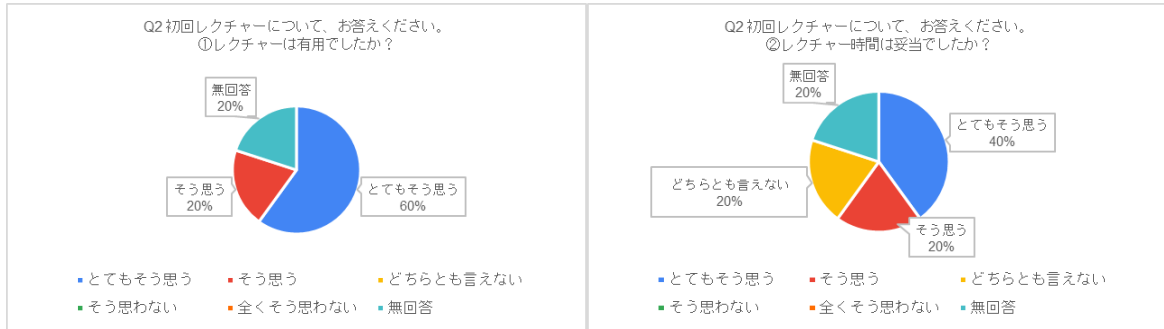


(フリーアンサー抜粋)

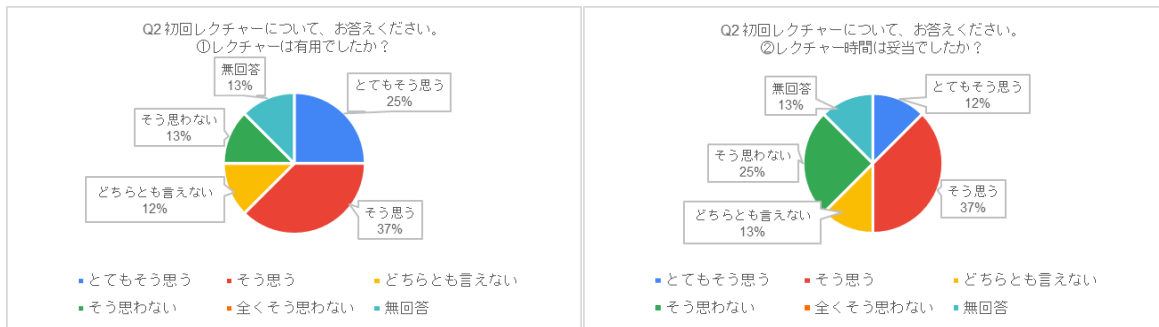
Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・追加学習のための画像を取集するのが大変だと感じる。
- ・導入する際の条件（カメラ画角・天気・気温・明暗）などが多いため、カメラ設置場所について検討が必要である。
- ・実際に台車等でき裂を発見した場合、何度も車両を走行させることはしないので、走行しての画像ではなく静止状態の画像で追加ができることが望ましい。

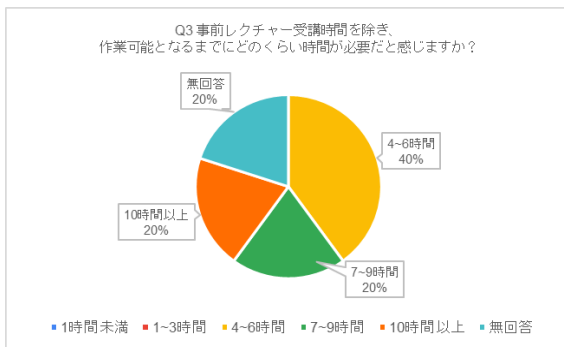
【西鉄】



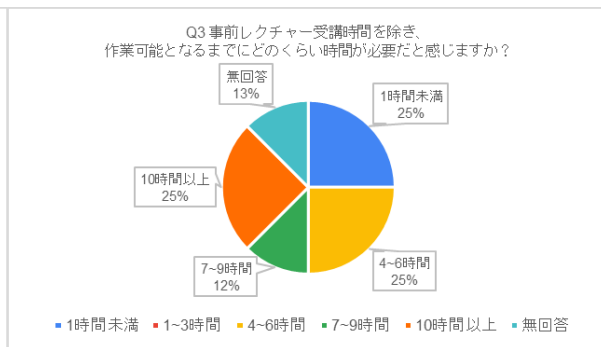
【京阪】



【西鉄】



【京阪】



(フリーアンサー抜粋)

Q 上記を選択された理由・気になる点等についてご意見ください。

- ・マニュアルを見ながら作業回数をこなさないと覚えられないと思う。
- ・操作方法のレクチャーも必要だが、モデルの精度をどうやって高めていのかシステムの概要も含めて理解するにはある程度の時間を要す。

Q 今回のレクチャー内容及び使用したマニュアル等を参考にして、今後現場の他メンバーに対するレクチャーを実施していただくことにより、本ツール活用スキルの横展開をしていくことは可能だと感じますか？

- ・マニュアルを活用すれば可能だと思う。
- ・通常業務と併用しなければ習熟しなければならないため横展開には時間が掛かりそう。

Q 本ツールの導入・運用により、皆様に AI モデルを随時更新していただき、車両基地以外の車両状態もまとめて学習させることによって、車両検査作業の効率化につなげていくことは可能だと感じますか？

- ・全く同じ台車形式であれば可能だと思うが、それ以外の形式では非常に難しいと思われる。一方で、車両メーカーが同じであれば、各社多少の違いはあっても、各社の最新の台車形式を採用していることから、可能と思われる。
- ・初期学習の作業が大変そうなことを除くと、最終的には作業効率化を図れることが期待できそう。

「導入・運用に向けて」に関するアンケート結果を以下にまとめる。

運用を想定した質問についてはマニュアルを用いることで現場での運用及び作業へのレクチャーが可能であるという意見が多く挙げられたが、前述の結果同様に運用を想定すると少ないデータ枚数で学習ができることが要望として挙げられている。また、撮影データに関しては車両走行時の画像ではなく静止状態の画像でアノテーション作業を実施できれば、撮影のために車両走行を都度実施せずにより効率よく運用ができるのではないかという意見もあった。

その他、今後追加学習させたい検知対象物についての集計結果を表 3.4.3-32 に、また、導入にあたり障壁となる可能性のある要素についての集計結果を表 3.4.3-33 に示す。

表 3.4.3-32 今後追加学習させたい検知対象物についての集計

検知対象	選定理由
バンタグラフ摺板	・消耗品として毎回点検する箇所であるため
回転機系やモーター等の温度検知	・他機器と比較し、劣化や故障の早期発見につながる
ラッチやフック、コックのかけ忘れ検知	・点検時の際、戻し忘れを防ぐ為
落下物検知	・部品の落下による車両点検の効率化
隙間調整	・目視にてブレーキパッドと車輪の隙間確認を実施しているため
車輪	・車輪の偏摩耗を振動計などで測定し知らせることで異常振動、異音を防止する
ターンバックルの定位	・点検時に触るので戻し忘れを防ぐ為
排障器の傾き	・障害物と接触があったことの確認が可能

表 3.4.3-33 導入にあたり障壁となる可能性のある要素についての集計

要素	理由
機材設置場所	・検車庫の道が狭くカメラを複数台置くと作業に支障をきたす場合がある ・屋根上や床下の点検ができるカメラを設置するのが難しい
コスト	・初期導入費用ならびに維持管理費 ・費用対効果が未知数
撮影データの保管	・すべての車両となると膨大なデータを保管しなければならなくなるので管理が大変
現場運用	・運用していくにあたりシステムを理解した技術者の育成が必要
追加学習	・車系、台車形式毎にデータ収集する必要があるため撮影及び作業量が多い

【検証結果】

本検証の結果より、アノテーション支援ツールの導入可能性があり、導入への期待値も高いことを確認した。一方、具体導入に向けてはアンケート結果が示す通り課題も挙げられ、挙げられた課題に対し、今後改善に向け対策を検討していく必要があるが、以下に検討例を示す。

- ・ユーザインターフェースの操作性の改善。および、利用者へのトレーニング方法やマニュアル類のコンテンツの拡充によるユーザへの導入容易性を高める施策が必要である。
- ・より検査頻度が多い検知対象物へのツール適用を期待される声が鉄道事業者より上がっているため検知対象物の対応品目を追加する機能拡張の検討が必要である。
- ・学習データの収集については利用者によりデータを取得する手間が大きいと、より学習データの枚数を抑える方式や現地の撮影データのアクセスメントを行うサポート機能などの対応も望まれる。

上記記載の通り、今後具体導入に向けては利用者（鉄道事業者）が利用しやすいツールへと改善していく必要があることが確認できた。

◆追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率（利用者調査）

本検証の目的は、鉄道事業者が追加学習機能・アノテーション支援ツールを用いて、精度を担保したモデルを生成できるか、ならびにそれに係る負荷を確認することである。追加学習する際、そのために、ツール操作にかかる時間等を確認し、学習後の AI モデルを活用して解析性能を評価し、運用上問題ないかどうかを確認する。

検証内容は、鉄道事業者（西鉄、京阪）にアノテーション支援ツールのマニュアルを使った説明を聞いていただき、アノテーション支援ツールを使った追加学習による AI 検知性能の向上のトライアルを実施いただいた。また以下項目にて評価を行った。

表 3. 4. 3-34 追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率検証項目

評価項目	測定項目
実稼働時間	利用者がツール操作している時間
AI モデル性能	鉄道事象者と AI 専門事業者がそれぞれ作成する AI モデルの ・ AP 値 (Average Precision)

【検証結果】

本検証の結果を表 3. 4. 3-35 に示す。

表 3. 4. 3-35 追加学習機能・アノテーション支援ツールの学習効率検証結果

実施者	機能	追加学習：1 回目		
		学習データ枚数	所要時間	モデル性能 (AP値)
鉄道事業者	教師データ作成	100枚	200分前後(1枚辺り 2分)	-
	AIモデル構築		18分30秒	0.67
	AIエンジンにモデルを反映		10sec	-

本検証の結果より、アノテーション支援ツールを用いて追加学習をさせたとしても、一定のモデル性能は担保できることがわかった。本来 AI 開発事業者が開発ツールを用いて行う追加学習作業を、所要時間を要するが利用者が行うことができるのは、システムの実運用を行う上で内製化によるコスト削減効果が期待できる。削減効果の詳細については、3. 4. 4 項に詳述する。

次に、学習後の AI モデルを活用して解析性能の評価を行った。評価方法として、鉄道事業者に新たな検知対象物として疑似き裂として「ナナメクラック」を追加学習していただき、その後構築した AI モデルにおいて「ナナメクラック」が検知可能であるか確認した。

評価項目は追加学習した AI モデルの検知性能（検出率・網羅率）で検知対象ごとのパラメータは下記の通りである。

- クラック： 方向（タテ・ヨコ・ナナメ）幅（0.1 / 0.2 / 1.0 / 2.0mm）長さ（20 / 60 / 80cm）
- 収容函のハンドル開閉： 角度（正常/異常）
- ブレーキパッドの厚さ： （すり減り度合いを計測し、異常値を検出）

鉄道車両の走行速度（5km/h ， 10km/h）に応じて、上記のパラメータを網羅した映像を現地で取得し測定を実施した。

本検証の結果を表 3. 4. 3-36～3. 4. 3-41 に示す。

表 3. 4. 3-36 西鉄における特化型汎用モデル（追加学習）の評価結果（疑似き裂）

走行速度(km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	ナナメ	52.4%	91.7%
	垂直	76.2%	44.4%
	水平	100.0%	36.1%
5km 集計		63.9%	57.4%
10km	ナナメ	56.9%	80.6%
	垂直	92.9%	36.1%
	水平	91.7%	30.6%
10km 集計		68.8%	49.1%
特化型汎用モデル(追加学習)(西鉄) 集計		66.1%	53.2%

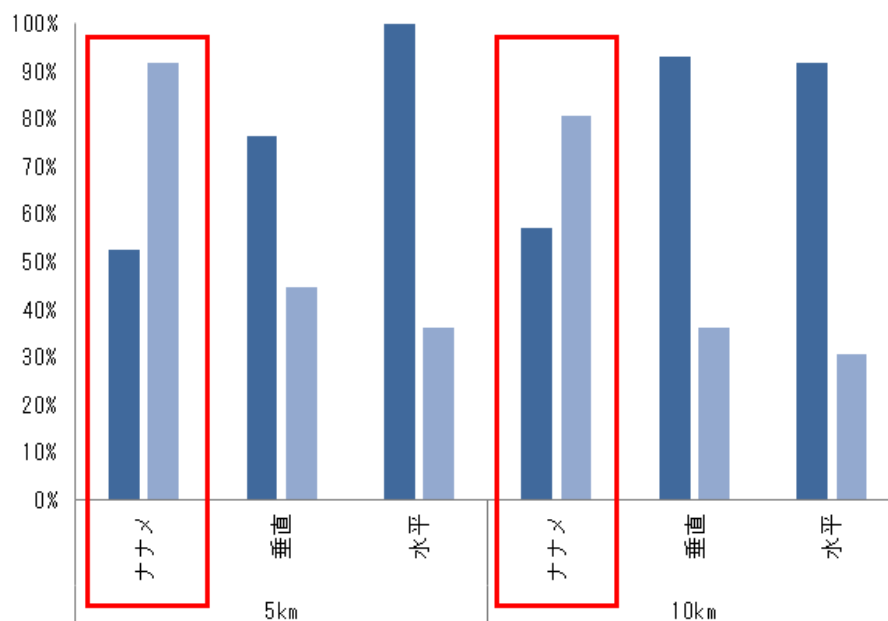


表 3. 4. 3-37 西鉄における特化型汎用モデル（追加学習）の評価結果（収容函ハンドルの開閉異常）

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
5km 集計		100%	100%
10km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
10km 集計		100%	100%
特化型汎用モデル(追加学習)(西鉄) 集計		100%	100%

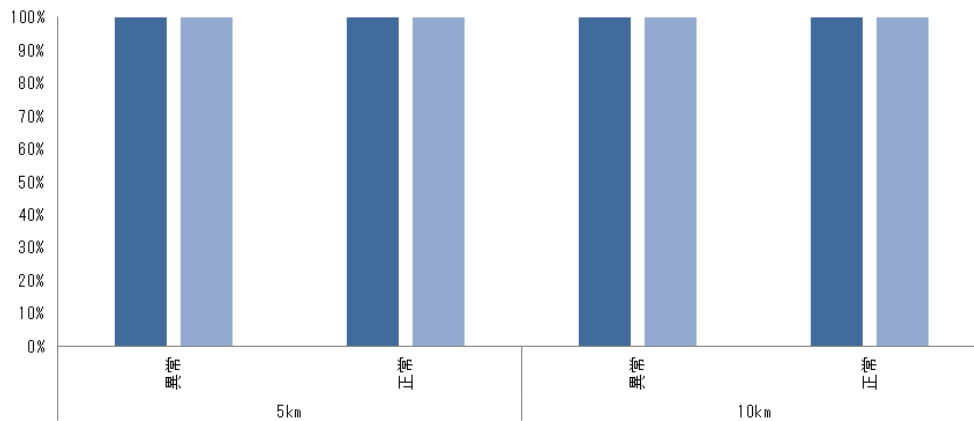


表 3.4.3-38 西鉄における特化型汎用モデル (追加学習) の評価結果 (ブレーキパッドすり減り)

速度 (km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	92%	100%
5km 集計		94%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	67%	100%
10km 集計		78%	100%
特化型汎用モデル(追加学習)(西鉄) 集計		86%	100%

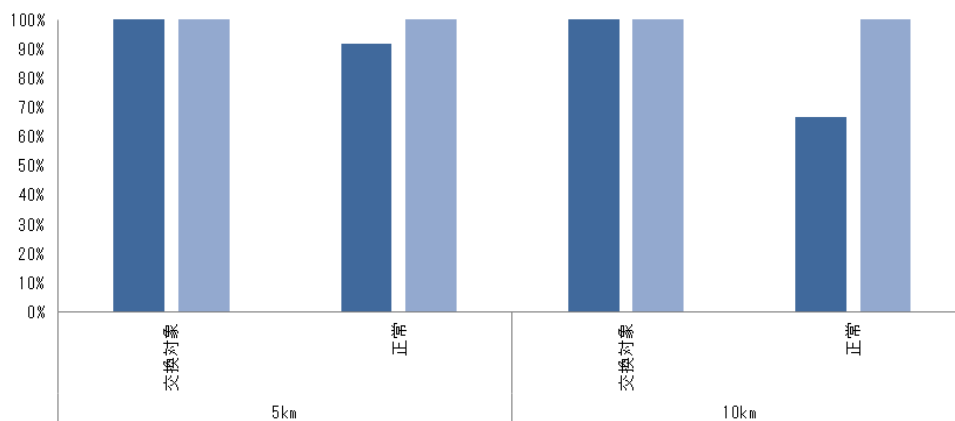


表 3.4.3-39 京阪環境における特化型汎用モデル (追加学習) の評価結果 (疑似き裂)

走行速度 (km)	向き	平均 / 合計 / 検出率	平均 / 合計 / 網羅率
5km	ナナメ	62.5%	69.4%
	垂直	51.9%	38.9%
	水平	85.7%	33.3%
5km 集計		63.8%	47.2%
10km	ナナメ	69.2%	50.0%
	垂直	62.5%	13.9%
	水平	100.0%	38.9%
10km 集計		77.1%	34.3%
特化型汎用モデル(追加学習)(京阪) 集計		68.8%	40.7%

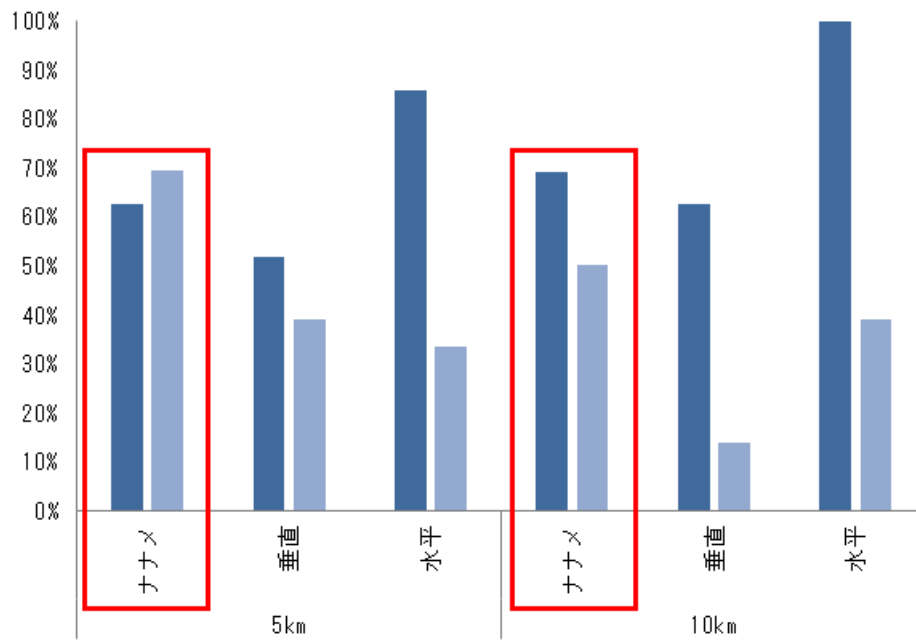


表 3.4.3-40 京阪における特化型汎用モデル（追加学習）の評価結果（収容函ハンドルの開閉異常）

走行速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
5km 集計		100%	100%
10km	異常	100%	100%
	正常	100%	100%
10km 集計		100%	100%
特化型汎用モデル(追加学習)(京阪) 集計		100%	100%

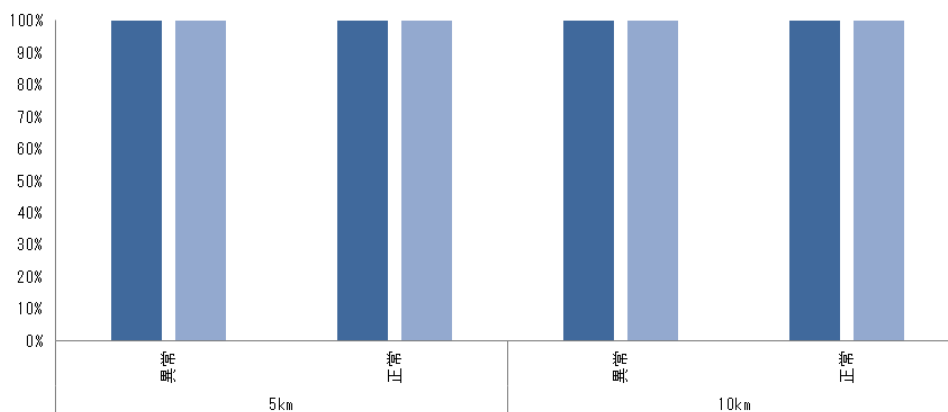
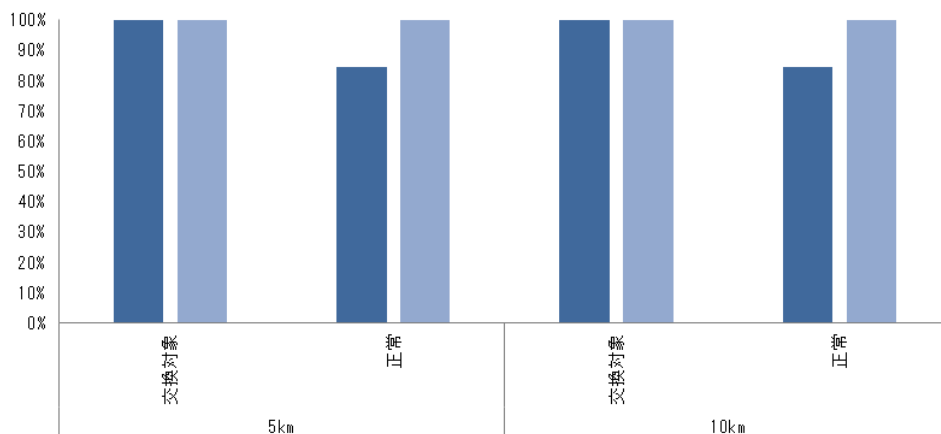


表 3.4.3-41 京阪における特化型汎用モデル（追加学習）の評価結果（ブレーキパッドすり減り）

速度(km)	補足	合計 / 検出率	合計 / 網羅率
5km	交換対象	100%	100%
	正常	84%	100%
5km 集計		85%	100%
10km	交換対象	100%	100%
	正常	84%	100%
10km 集計		85%	100%
特化型汎用モデル(追加学習)(京阪) 集計		85%	100%



本検証の結果より、鉄道事業者（西鉄、京阪）での追加学習機能・アノテーション支援ツールを利用した特化型汎用モデル（追加学習）を用いて、ナナメクラックを検出させた結果、追加検知対象物の検出は可能であった。

追加学習後、ナナメクラックの検知性能は向上したが、タテ・ヨコクラックの検知性能が低下した。クラックに対して新たなパターンの画像（タテ・ヨコ箇所にも何もない画像や、タテ・ヨコ箇所以外の箇所にクラックがある画像）が追加されたことで、予測確率が低めに出力されるようになった（自信を失ったモデル）と想定される。

本事象は学習データを増やしていくことで、安定した予測確率を出力するモデルとなり検知改善されることが推察される。

(3) レベル3 検証まとめ

AI 共用における解決方法の検討や実現性及びその有用性についての検証結果をまとめる。

「特化型汎用モデルの導入」

AI 共用におけるモデル構築・管理における汎用実現可否の検証結果を記載する。

今年度、考案した「特化型汎用モデル」は、問題なく動作し、各鉄道事業者の車両検知が行え

ていることが確認できた。また、混濁モデルと特化型汎用モデルでの検知性能の比較においては、特化型汎用モデルのほうが精微な検出パターンにおいて若干ではあるが、検知性能が良いことが確認できた。

この結果を基に、特化型汎用モデルについてさらに西鉄、京阪での現地環境での車両検出においても過年度の実証実験における検知性能の比較を行った。

検知性能としては、少ない教師データを学習させて構築した特化型汎用モデルで、より多くの教師データを学習させていた過年度、混濁モデルと比較しても同等程度の性能は発揮できることがわかった。

また、上述した通り、混濁モデルと特化型汎用モデルでの検知性能の比較においては、特化型汎用モデルのほうが精微な検出パターンにおいて検知性能が高いことが確認できている。

教師データの学習量、すなわちモデル作成における作業量が少なくとも、検知性能が確保できる特化型汎用モデルの構築をまず検討すべきであることがわかった。

混濁モデルにおいては、より多くのバリエーションに富んだ教師データを学習させ続けることでモデルの検知性能向上が期待される。ただし、複数事業者で共用を行った場合、運用の過程で教師データ追加を行う際、各社の検知対象物の特徴量に大きくばらつきが生じることでAIの判定基準に影響を及ぼし検知性能が劣化する可能性がある。また、各事業者によって、車台形状に非常に多くのバリエーションがあることがわかっており、個々の車台によって検知対象物の位置なども大きく異なっていることがヒアリングにより判明した。このことから、複数事業者の教師データをまとめて学習させる混濁モデルは、検出性能の維持、向上にあたって優位とはいえない。

ゆえに、特化型汎用モデルの構築を検討すべきことが一層裏付けられる。

学習モデルの機能面や性能面において、今年度、混濁モデルと特化型汎用モデルにおいて顕著な機能差分は発生しなかったが、システム導入後の共同運用を各事業者が相互にモデルを構築・運用することを想定した時の影響を想定し、特化型汎用モデルでの運用がより汎用性が高く実用性も高くなると判断できる。

なお、今年度の特化型汎用モデルでの検出結果において、一部クラック(特に細かいもの等)等に若干の検知性能影響が本データ上は見られるが、ラボ環境(録画映像)では問題なく検出出来ていることから、AIモデルの影響ではなく、実証当日の天候条件やカメラの設定等、外部要因に大きく左右されたことによる差分と考えられた。

この観点については、現地の撮影協環境において照度の調整や、カメラの撮影条件などのチューニングにより改善を図る点も効果的な対処ではあるが、併せて、利用者側で追加学習を継続的に行うことでAIモデルの高度化においても影響を軽減できる。

表 3.4.3-42 特化型汎用と混濁モデルでの機能/運用面での評価

観点	利用パターン① 特化型汎用モデル	利用パターン② 混濁モデル
機能面	各社の目的や環境に特化したAI学習が可能	1つのAIモデルに対して各事業者が共同で追加学習を行うため、AIモデルの状態を管理する機能が追加で必要となる

運用面	AI 機能改修時、対象の事業者のみ利用停止して更新作業を行うため、各社の希望するタイミング・頻度で改修作業を行える	AI 機能改修時、全利用事業者の利用を停止して更新作業を行う必要があるため、頻繁に改修作業を行うことができない
コスト	モデルの管理/運用コストは各社の運用頻度により決定するためコストを抑えることが可能	利用事業者が多くなる分、不具合発生リスクを加味して監視・対応コストを加算する必要がある
リスク	AI 機能起因の不具合発生時の影響範囲が小さい（1 利用事業者に影響あり）	AI 機能起因の不具合発生時の影響範囲が大きい（全利用事業者に影響あり）

「利用者による追加学習機能」

利用者自身が、利用者の特化型汎用モデルを追加学習できる機能を新たに鉄道車両監視 AI システムに機能を実装した。

従来 AI 開発事業者において事業者の開発環境において実行されていた AI 追加学習プロセスをシステム機能設計とユーザインターフェースの定義などから追加機能開発を行い、実装された機能が正常動作することを確認できた。

追加機能の有効性および、導入可能性を確認するため、今年度、鉄道事業者 2 社において実際に各社における追加学習ケースとして、「検出すべきと設定していたが、AI が検出を見逃して検知対象物の検出改善」のパターンを設定し、追加学習機能のデモ・アンケート評価を行った。

まず、追加学習機能のデモについては、定量的に検出ができていなかった検知対象物の学習データ 100 枚を本機能により追加学習させることで、検知性能の改善および、利用者においても AI 開発者と同程度の AI モデルの学習精度を達成することができ、本ツールの有効性を確認できた。

また、利用者における本ツール導入時には、初学者でも作業可能とするためにツール操作マニュアルと 1 時間ほどの利用トレーニングを行い利用者に実際に本機能を利用してもらいアンケートによるツールの評価を行った。

ツールの利用者からの評価結果については、本ツールを利用することで利用者での追加学習は可能であることが期待される結果を得ることができた。

一方で、本ツールを導入することに対して今後の課題として挙げられたことから、今後必要とされる検討方針を以下に記載する。

- ユーザインターフェースの操作性の改善。および、利用者へのトレーニング方法やマニュアル類のコンテンツの拡充によるユーザへの導入容易性を高める施策が必要である。
- より検査頻度が多い検知対象物へのツール適用を期待される声が鉄道事業者より上がっているため検知対象物の対応品目を追加する機能拡張の検討が必要である。
- 学習データの収集については利用者によりデータを取得する手間が大きいため、より学習データの枚数を抑える方式や現地の撮影データのアセスメントを行うサポート機能などの対応も望まれる。

- 追加学習後、追加学習させた対象物の検知性能は向上したが、それまで高い精度で検出できていた対象物の検知性能が低下した。新たなパターンの画像が追加されたことで、一時的に予測確率が低めに出力されるようになったと想定され、本事象は学習データを増やしていくことで、安定した予測確率を出力するモデルとなり検知改善されることが推察される。

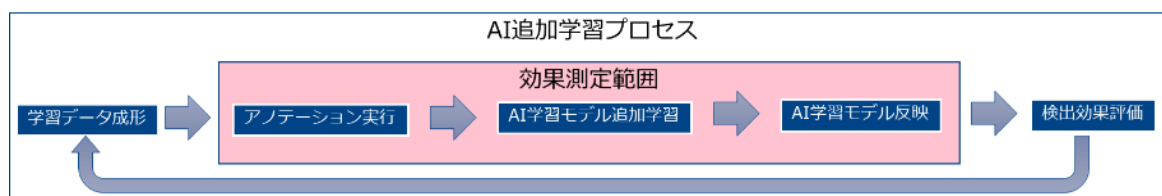


図 3.4.3-10 AI 追加学習プロセス

3.4.4 各レベルの取り組みによる負担軽減効果の評価

共用形態に係る検証において、汎用化レベルの定義に従い、各レベルにおける汎用化の効果の検証を行い、その有効性を確認した。合わせて、SaaS型でソリューションを提供する主な利点となる利用者側のシステム利用に係る負担の軽減効果として、本項では、SaaS型での初期導入や導入後の運用等に関する利用者側の対応負担軽減効果について各レベルでの検証結果を記載する。

■レベル1 ネットワーク/アーキテクチャ関連

本実証で、汎用的なSaaS型のアーキテクチャを取り入れて設計・構築した環境においては、従来SI型やDL型と異なり、SaaS型環境の開発・利用に係るコストについては開発や運用の総コストを利用者それぞれが按分した形で負担することになる。

今回、鉄道事業者へのSaaS型提供での負担軽減効果を試算するために利用者企業が見込まれた場合でのコスト削減効果についても試算を行う。

(試算に当たっては、簡易な試算のため、環境依存となる運用コストなどは含まず計算を行う)

SaaS型の「鉄道車両監視AIシステム」の初期開発コストを仮に5,000万円とし、

本システムを利用する利用事業者を今年度、鉄道協議会に参加した共用形態での利用に意欲的な私鉄10社を利用者として想定する。

利用者である私鉄各社の車両基地などのシステム適用環境については1社あたり2拠点での導入、システム遠隔監視拠点に関しては各社1拠点用意することを想定した。

また、システム利用環境に設置するシステム構成は本年度実証に用いた各拠点の現地構成と同様とする。

総拠点数 : システム適用環境 (10社×2拠点) + 遠隔監視拠点 (10社×1拠点) = 30拠点

初期開発コスト : SaaS型「鉄道車両監視AIシステム」開発コスト

※5GNW 調達、現地システム類の調達コストは除く。

従来形態であれば、利用 1 社において開発コストは全負担をする必要であるが、

SaaS 型の場合は、開発コストについては、各社でそのコスト按分をすることになるため、単純計算において、初期開発コストを 10 社で按分した場合、9 割のコスト負担軽減が期待されることから、従来形態よりも導入の敷居が下がる点は明白である。

コスト構造においての課題として、利用者の拠点数が増加するにつれてクラウドリソース費用などの提供者側の運用コスト負担が増加するため、実際には利用者の拠点数増加に応じてコスト負担率を加算して按分を検討する必要がある。

実際の運用にあたっては、例として 10 拠点ごとに開発コストの 5%程度の追加開発コストを組み込む必要がある場合において、それらを一律利用者への負担増とするか、利用頻度の多いユーザに従量負担するかなど、共同利用の事業継続性の観点で初期開発コストだけでなく、運用コスト面も含めた収支計画の検討を行う必要性がある。

また、現地における環境構築について、ソリューションをパッケージモデル化できることから現地での機器構成の設計や選定の稼働低減が期待できる。

その他、汎用的な SaaS 型のアーキテクチャを取り入れて設計・構築する場合においては、各社でクラウドリソースを分散して利用することで以下のような負担軽減効果を享受することが期待される。

- ・各社で個社環境を構築する手間・稼働の削減

初期導入の段階で、従来必要であったアプリケーションを実行するインフラ環境を各社個別で設計・調達・開発を行う工程が不要となり、これらにかかっていた利用者での稼働コストの削減が見込まれる。

- ・システム利用開始のリードタイムの短縮

各社がクラウド上のアプリケーションを利用する形態をとることで、初期導入時のシステム開発にかかる時間を削減することができ、より早く現場でのアプリケーション利用を行うことが可能となる。

■ レベル 2 共通コア機能関連

本実証では、システム構成において「マルチテナント管理」と呼ぶ複数ユーザのデータ格納領域を定義して独立的に管理する仕組みをコア機能として実装した。

マルチテナント管理機能は、「鉄道車両監視 AI システム」のみならず、分野横断的に多くのシステムで利用可能な汎用技術である。

これにより、利用者は、他の利用者が同時に利用していることを意識すること無く、システムを共同利用することができることから SaaS 型でのシステム構成においては必須となる機能である。

SaaS 型利用における「マルチテナント管理」によって、各社でクラウドリソースを分散して利

用することで以下のような負担軽減効果を楽しむことが期待される。

- ・ システム利用の頻度が増えてきた場合の柔軟なリソース追加
 利用者は、提供者が手配する各種コンピューティングリソースを共同利用することになり、従来、リソース追加に必要であった調達・基盤への組み込み工程が利用者単位での対応不要となり、システムの利用頻度に応じて柔軟にクラウドリソースを増減することが可能となる。必要なときに、必要なだけリソースを使用することができるため、従来のような固定費の削減が見込める。

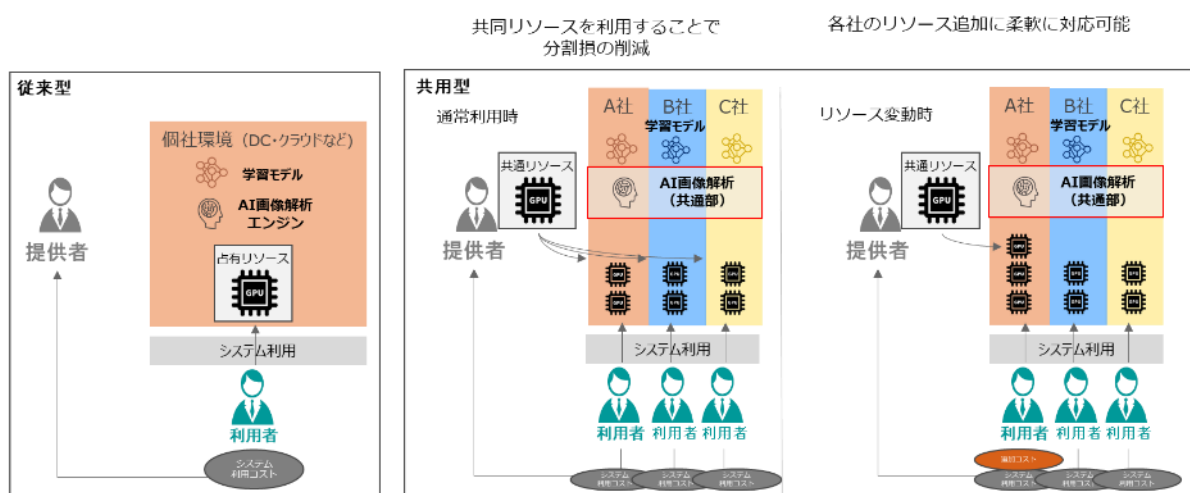


図 3. 4. 4-1 マルチテナント管理によるリソース共有

■ レベル 3 AI コア機能関連

AI システムの高コスト化(利用者の負担増大)に直結する課題であった AI システムの汎用化について、本事業の AI ソリューション (モデルケース) においては、SaaS 型で活用するためのマルチテナント管理に基づいた「特化型汎用モデル」の導入と、「利用者による追加学習機能」(アノテーション支援・学習機能) を実装した。

「特化型汎用モデル」の採用によって、利用者は各社専用の学習モデルに対して「アノテーション支援・学習機能」を活用し、より精度の高い AI システムを各社で汎用的に活用可能となる。本項においては、AI システムの汎用化におけるコスト削減効果についての検証結果を記載する。

今年度、3. 4. 3(2) で評価を行った「アノテーション支援・学習機能」(追加学習) を利用した疑似き裂の検出改善を行った場合での各プロセスの所要時間と、従来、AI 開発事業者が同様の疑似き裂の検出改善を開発事業者の環境、手法で行った場合の所要時間の比較を図 3. 4. 4-2 に記載する。

比較結果から、従来 AI 開発事業者が行った作業に対して、本実証では、追加学習機能を利用者において実施した場合には、学習データのアノテーションに要する時間は利用者のほうが 2 倍必要となる結果となった。合計所要時間に関しても利用者が開発者に対して 1.56 倍のとなったが、モデル性能は双方同様の性能となる学習結果となった。

この結果から、従来、利用者が AI システムの追加学習を行うために AI 開発事業者にアウトソースしていたコストに関して利用者で代替が可能であることが確認された。また、利用者において AI の専門性がない場合にはアノテーション作業の所要時間が AI 開発事業者で行うよりも効率が悪いように見受けられるが、モデル追加学習の所要時間は半分程度となるため、アノテーション作業者の作業の熟練度向上や UI の改善によりアノテーションに必要な合計所要時間は軽減されていくこと期待され、コスト対効果については改善されることが予想される。

従来の AI 開発事業者において専門性が高く、工数がかかる作業を利用者で内製対応することで継続的な運用コスト低減が期待される。

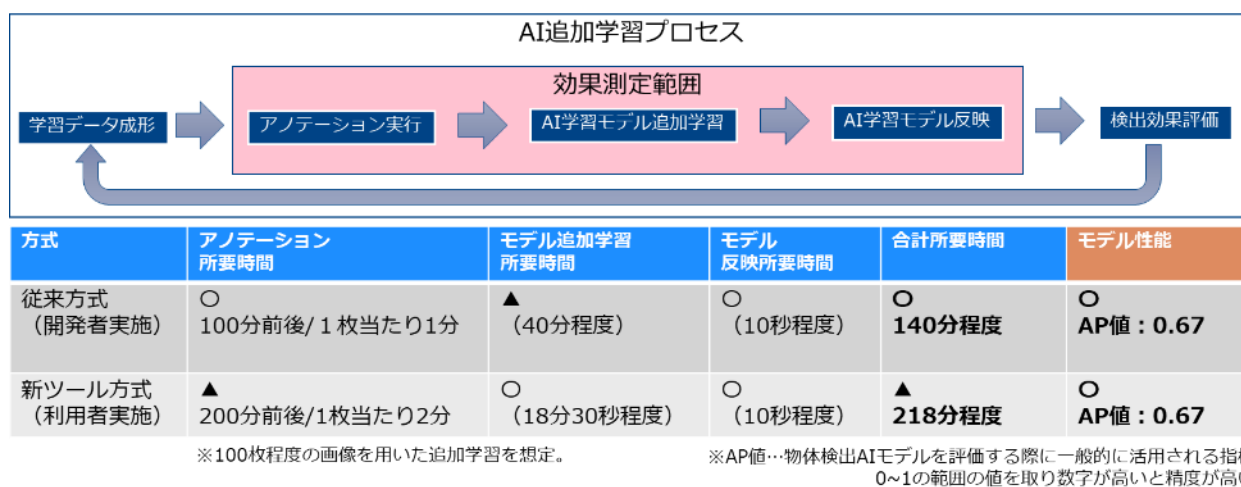


図 3.4.4-2 AI 追加学習プロセスの所要時間比較

3.4.5 横展開可能な 5G ソリューションの各種検証まとめ

5G を活用した同種のソリューションを汎用的に利用するために、ロールモデルとした 5G ソリューションにおける汎用性を意識したアーキテクチャの検討及び検証のまとめを記載する。

共用形態に係る検証においては、以下の汎用化レベルの定義に従い、各レベルにおける汎用化の効果の検証を行い、検証結果の分析と課題を整理した。

汎用化レベルは、下記の通り定義する。(図 3.4.5-1 参照)

- レベル 1 NW/アーキテクチャ (SaaS 共用形態、接続形態)
 - SaaS 共用形態
 - 汎用的な機能・アーキテクチャを用いたサービス提供形態
 - 接続形態
 - 異なる接続形態の長短所のまとめ
- レベル 2 共通コア機能 (マルチテナント管理機能)
 - マルチテナント管理機能
 - ・複数利用者のデータを独立して管理する仕組み

- ・ 複数利用者が共通のシステムを利用し、適切にリソースを活用する仕組み
- レベル3 AI コア機能 (追加学習機能/特化型汎用モデル)
 - 特化型汎用モデル
汎用性を維持しながらも、利用者ごとに特化した学習が可能な仕組み
 - 追加学習機能
専門家でなくても AI モデルを運用・維持管理できる仕組み

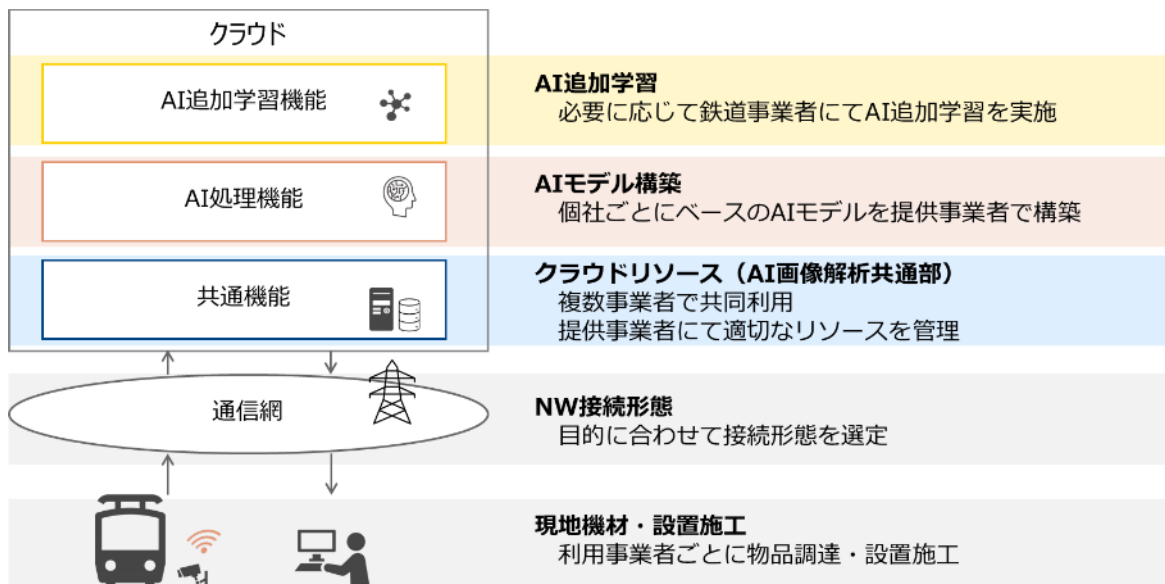


図 3.4.5-1 5G ソリューションの汎用レベル毎の作業結果

レベル1では、システムのネットワーク/アーキテクチャの観点で汎用性を机上で評価した。

本事業の AI ソリューション (モデルケース) について、他分野にソリューションを展開する際に制約がある技術やサービスは利用しておらず、本システムの NW/アーキテクチャは、今回選定した「鉄道車両監視 AI システム」だけでなく、その他の種類のソリューションにも同じアーキテクチャを適用することが可能であることを確認した。

展開時の課題として、他ユースケースにおいてソリューションに対してのシステム要求が異なる場合、同様のネットワーク・アーキテクチャを活用する場合にシステム性能要求が今回のアーキテクチャを構成する標準サービスで満たせない場合には、代替サービスやリソースの増強を検討する必要があるなど個別要件への対応が必要となる。

クラウドとの NW の接続方式による遅延性の差異についても、5G 基地局設置状況、接続するクラウド基盤までの物理距離等バラつきがあるものの、各検証結果が示す通り、閉域網接続のほうがインターネット経由接続よりも概ね所要時間が短くなり、リアルタイム性が求められる伝送において優位であることが確認できた。(図 3.4.5-2)

NW 接続方式によるソリューション全体への影響としては、本事業で選定している 5G ソリューションにおいては、End to End で発生する遅延の中で NW の接続形態に関する影響は、限定的で

あった。

他ユースケースに展開する際において、より低遅延性を要求された場合には、今回検証を行った結果からも NW 接続形態を閉域網経由での接続形態を選択することが遅延低減策の一つとして効果が発揮できる。

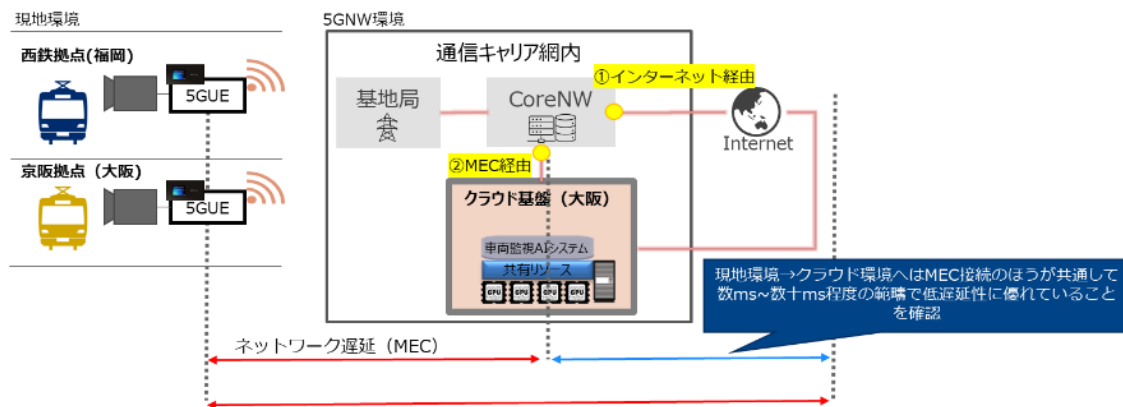


図 3.4.5-2 ネットワーク接続形態での遅延量の差異

レベル 2 では、共通コア機能として「マルチテナント管理機能」を評価した。

並列処理機能については、共有のリソースを各社に対して分散利用する設計としたことでリソースを 1 社占有で活用した際よりも処理性能は落ち込んだ点はあるが、一定の処理リソースを割り当てたとき、系統数に応じて一律の解析時間であることが確認でき、事業者が SaaS 型ソリューションを利用する際に必要となる複数系統での同時並列処理が想定通りに動作することが確認できた。

データ格納領域の定義についても、複数ユーザのデータ格納領域を新規に定義して独立的に管理する機能等を搭載することで、各社で独立したデータ保管領域をもち、それらをユーザ ID などの利用者を判別する個社判別情報と紐づけデータの入出力を行うことでシステム共同利用時においても利用者ごとのデータ保存の独立性を担保可能であることを確認できた。

アプリケーション処理のリソース分散設計や並列処理での同時利用、データの独立性の担保の手法については、鉄道車両監視 AI システムのみならず、分野横断的に多くのシステムでも転用可能な汎用技術として活用することが可能である。

また、今後の論点としては、導入後の運用も見据えたマルチテナント管理手法として、より効率的なリソース活用を行うために、常時クラウド基盤のリソースを過不足なく安定・効率的に稼働させていくこと、また、リソースに不足が見込まれる場合にはその予兆を検知し、柔軟にクラウド基盤のリソースを提供し利用者のサービス利用を途絶えさせることなくサービスを継続させるように管理・計画を立案していく必要がある。これら達成していくための SaaS システムの可用性向上に関する検討として、可用性向上に向けたアーキテクチャ設計とクラウド環境のサービス動作監視・スケーリングに関する検討が必要となる。

可用性向上に向けたアーキテクチャ検討としては、SaaS 型による利用者増加が見込まれる際に、よりサービス停止時間を短くする検討が必要である。このためには、クラウド基盤環境内のアプ

リケーション並列設置および、負荷分散の検討、クラウド基盤の分散設置などの設計が有効である。

また、クラウド環境のサービス動作監視・スケーリングに関する検討としては、提供しているシステムが正常に動作していることを監視するためにログ統合監視の機能設計および、サービス動作状態に異常が見受けられる場合にリソースを動的にスケーリングする機能が必要となる。

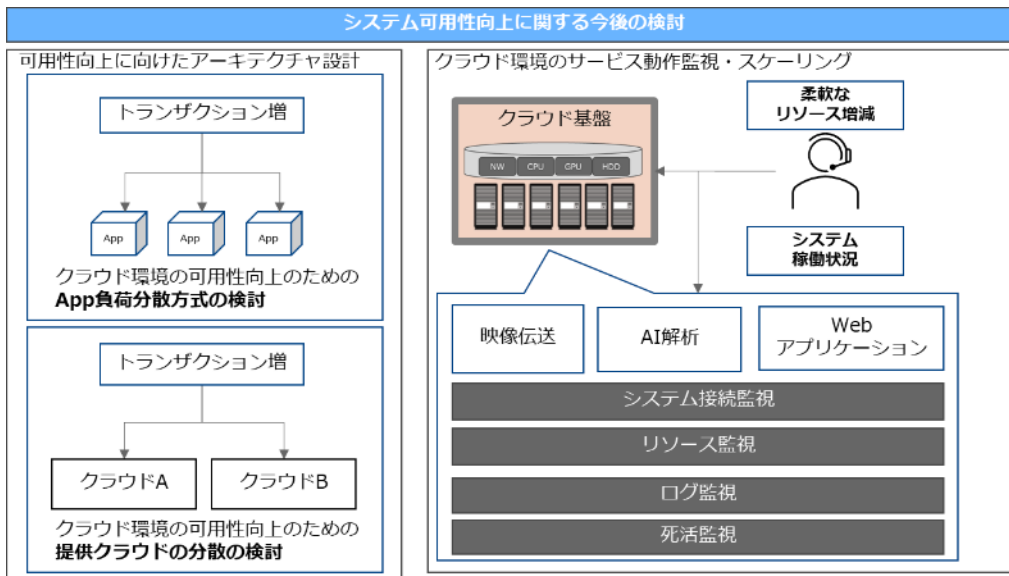


図 3.4.5-3 システム可用性向上に向けた今後の検討

レベル3では、AI 共用における解決方法の検討や実現性及びその有用性について評価した。

「特化型汎用モデルの導入」

今年度、考案したAI 共用において性能向上を考慮した「特化型汎用モデル」は、効果的に動作し、各鉄道事業者の車両検知が行えていることが確認できた。

併せて、利用者のAI 共同利用においては特化型汎用モデルでの運用がより汎用性が高く実用性が高くなると判断された。(表 3.4.5-1)

表 3.4.5-1 特化型汎用と混濁モデルでの機能/運用面での評価

観点	利用パターン① 特化型汎用モデル	利用パターン② 混濁モデル
機能面	各社の目的や環境に特化したAI 学習が可能	1つの AI モデルに対して各事業者が共同で追加学習を行うため、AI モデルの状態を管理する機能が追加が必要となる
運用面	AI 機能改修時、対象の事業者のみ利用停止して更新作業を行うため、各社の希望するタイミング・頻度で改修作業を行える	AI 機能改修時、全利用事業者の利用を停止して更新作業を行う必要があるため、頻繁に改修作業を行うことができない

コスト	モデルの管理/運用コストは各社の運用頻度により決定するためコストを抑えることが可能	利用事業者が多くなる分、不具合発生リスクを加味して監視・対応コストを加算する必要がある
リスク	AI 機能起因の不具合発生時の影響範囲が小さい（1 利用事業者に影響あり）	AI 機能起因の不具合発生時の影響範囲が大きい（全利用事業者に影響あり）

「利用者による追加学習機能」

利用者自身が、特化型汎用モデルを追加学習可能とする機能を新たに鉄道車両監視 AI システムに実装し、動作正常性を確認することができた。

追加学習機能の利用者からの評価結果については、本実証で開発したツールを利用することで利用者での追加学習は有効であるという結果を得ることができた。

一方で、事業化フェーズにおいて利用者による追加学習機能を導入することに対して今後継続的に必要とされる検討方針を以下に記載する。

- (1) ユーザインターフェースの操作性の改善。および、利用者へのトレーニング方法やマニュアル類のコンテンツの拡充によるユーザへの導入容易性を高める施策が必要である。
- (2) より検査頻度が多い検知対象物へのツール適用を期待される声が鉄道事業者より上がっているため検知対象物の対応品目を追加する機能拡張の検討が必要である。
- (3) 学習データの収集については利用者によりデータを取得する手間が大きいため、より学習データの枚数を抑える方式や現地の撮影データのアセスメントを行うサポート機能などの対応も望まれる。

3.5 将来的な 5G 技術を活用した共用形態の検証

本実証で構築・検証する共用形態（SaaS 型、5G ネットワークとクラウド基盤の接続方式）を踏まえ、さらに高度化されていく 5G 技術と共用形態の親和性について明らかにする。5G SA、MEC 技術を活用した 5G ソリューションの展開・共用を想定し、5G SA、MEC 構成とした場合での有効性、論点、課題、今後必要な検証等について取りまとめる。（図 3.5-1 参照）

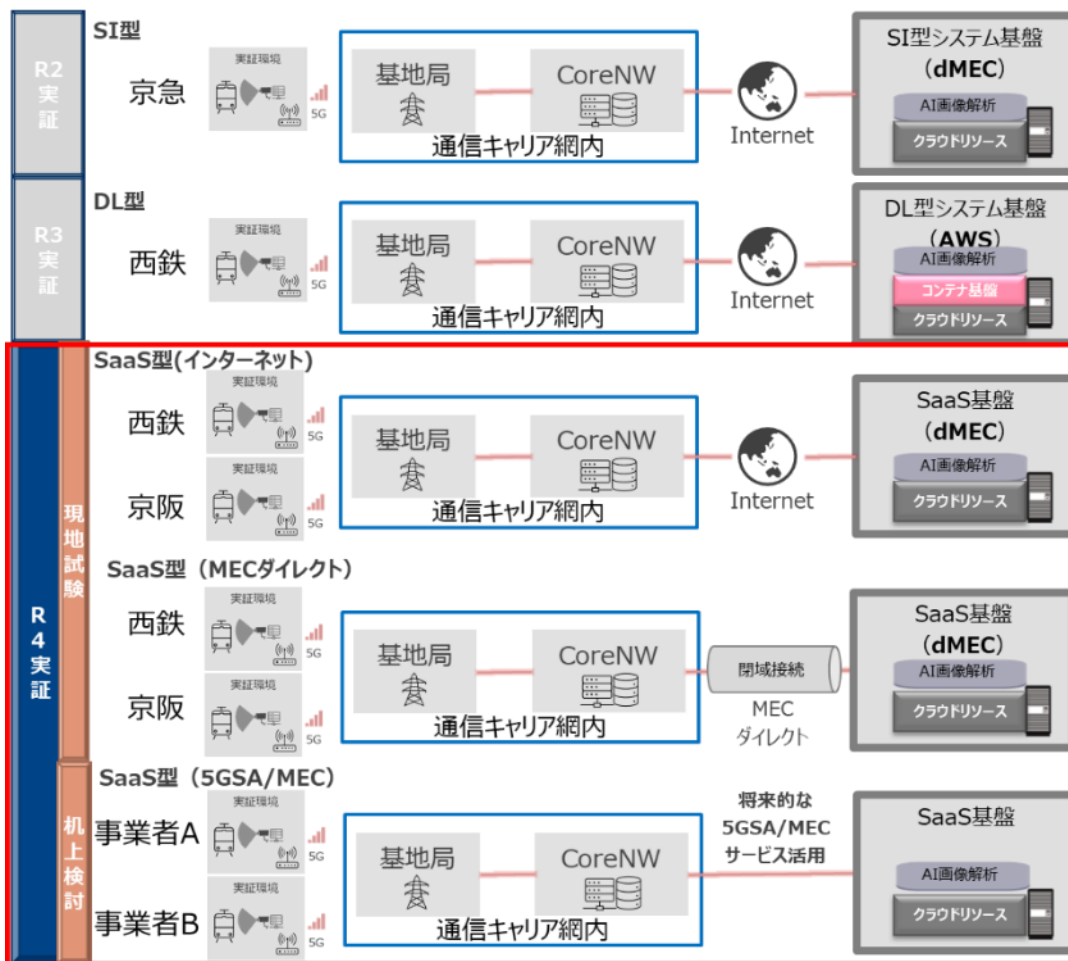


図 3.5-1 クラウド環境とのNW接続形態図

3.5.1 評価項目

本実証で構築した SaaS 型のソリューションを SA/MEC 技術を活用し提供する場合の有効性などを検証するにあたって評価項目を整理する。

(1) 評価項目の整理

それぞれの技術遷移として、5G NSA から 5G SA への変遷、および MEC (Multi-access Edge Computing) 技術を活用しないケースから MEC 技術を活用するケースへの変遷により、SaaS 型のソリューションが得られる効果、影響の観点を整理する。

図 3.5.1-1 に示すように現在の 5G 提供状態は 4G コアネットワークにより 4G の基地局と 5G の基地局を連携させて動作させる NSA (Non Stand Alone) 方式が中心であり、5G の特性の中で高速大容量のみが担保されている。各移動体通信事業者は今後、4G のコアネットワークとは独立した 5G のコアネットワークにより基地局を単独で動作させる SA (Stand Alone) 方式に順次切り替えを進めていく方針である。5GSA では、5G 特性である超高速大容量通信・超低遅延性・同時多数接続の性能が十分に活用できるようになる点が特徴である。

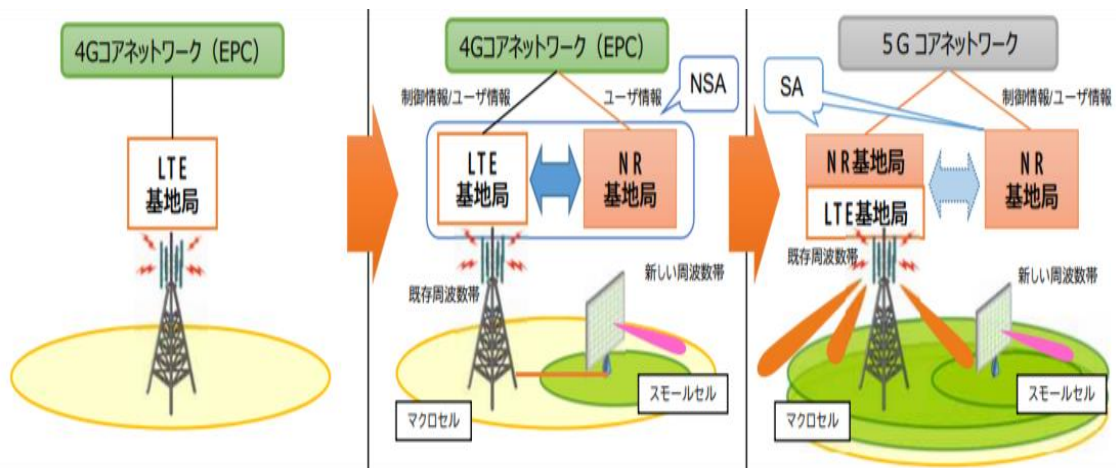


図 3.5.1-1 4G から 5G への移行

出展：総務省「5G（SA方式）時代におけるネットワーク提供に係る課題の検討」

また、MEC技術については、ユーザエンド端末の近くで分散処理を行うサーバを設置する内容を指す。通常、5Gのユーザエンド端末から基地局、基地局から移動体通信事業者のコアネットワークを経由してクラウドサーバへと通信を行う事が一般であるが、通信を行うユーザエンド端末の近くにサーバを配置するMEC(Multi-access Edge Computing)技術の導入を各移動体通信事業者やシステムインテグレータなどがサービスとして提供を開始し始めている。これにより、ネットワークホップ数が多くなるデメリットのある従来サーバ通信形式と比較し、物理的な通信距離が短いことや介在する中継機器が少ないことにより遅延性の改善や外部ネットワークとの接続点がなくなることでセキュリティ面の向上が見込まれる点が本技術の特徴として挙げられる。

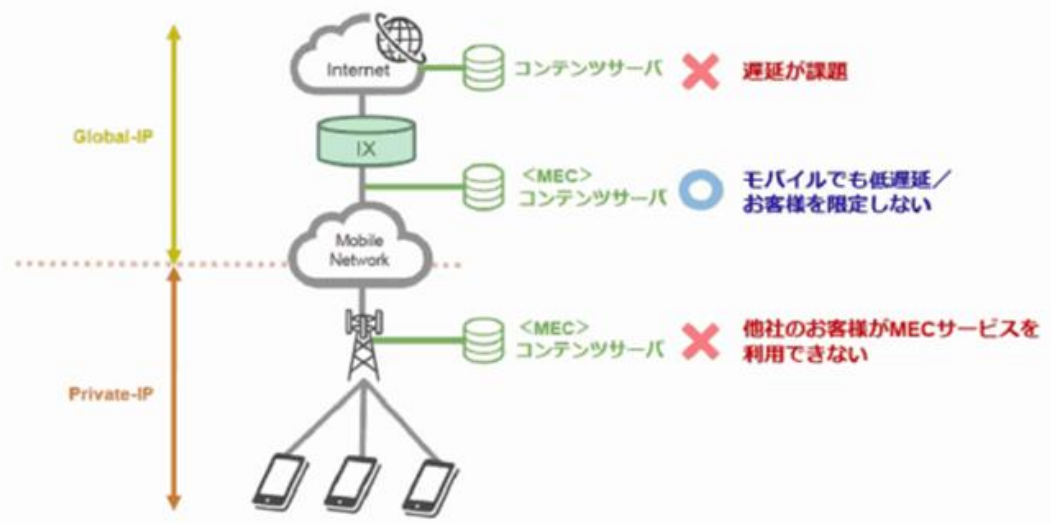


図 3.5.1-2 MECサーバの位置と遅延性の関係

出展：5G（SA方式）時代におけるネットワーク提供に係る課題の検討

上述より、5GSA に関しては、5G 特性である超高速大容量通信・超低遅延性・多数同時接続が 5G ソリューションの利用に対し与える影響や、セキュリティ面への影響を確認することとした。

MEC 技術に関しても、接続形態によるソリューションの遅延性やセキュリティ面への影響を確認することとした。

(2) 期待される効果の整理

また、本項で、1)ソリューション利用に際し 5G NSA、MEC 技術を活用しないケースにおける現状の課題を整理し、2)実際のユースケースで 5G ソリューションに求められる性能を確認することで、各通信技術の機能面に関して期待される効果の目標値を整理した。

1) 5G NSA および MEC 技術を活用しないケースにおける現状の課題

(A) 5G NSA の課題

5G NSA は 4G・LTE と比較し、高速大容量での利用に対応したが、課題として、超低遅延や多数同時接続に対応できないこと等が挙げられる。とりわけ取り立てて挙げられる課題としては、NSA 型では 4G コアを用いた通信を行うため、5G コアを用いた通信に比べ超高速大容量の通信が行えないこと、遅延が一定量発生すること、特定の地域で許容量以上の通信が行われた際に輻輳を防ぐことが出来ないこと等がある。

そのため、クラウド上に現地 5G 環境からのデータ通信を行うアーキテクチャとなる SaaS 型ソリューションでの利用ケースにおいて、5G NSA を用いる場合、通信量の制限、接続台数の制限、遅延や切断に備える必要がある。例えば、医療用ロボットのリアルタイム遠隔操作のような遅延や切断等が致命的となる活用領域では利用そのものが困難となることや、また、高精細の監視カメラ映像をリアルタイムにクラウドに映像配信するようなケースでも通信帯域により映像画質の制限を余儀なくされるといった課題が挙げられた。

(B) MEC 技術を活用しない場合の課題

MEC 技術を活用しない方式では、センシングデバイスなどの現地端末から処理を実行するサーバまでの物理的な距離や通信経路上のインターネットを中継する区間においてネットワーク全体の遅延量が増加する課題がある。クラウド上でのサーバ利用を前提とする SaaS 型ソリューションのアーキテクチャにおいては、遅延量の度合いにより利用困難な用途が存在する。具体的には、人間がリアルタイムで介入するような用途において、ネットワークの遅延により操作のリアルタイム制御が困難となる飛行ドローン、ロボットの遠隔操作等が例として挙げられた。

2) 5G NSA から 5G SA への移行および MEC の利用で期待される機能面の目標値

5G ソリューションについて期待される NW 性能の目標値について各実証ユースケースの活用例を踏まえて記載する。

① 超高速での利用

超高速通信に関して、複数のカメラデバイスを利用し AI を活用して映像解析を行うケースなどが想定される。令和二年の情報通信白書⁸によると、「河川等に設置した固定の高精細カメラやドローンに搭載したカメラからの高精細映像を、5G でリアルタイムに伝送することで、災害状況や遭難状況の把握が可能になり情報行動の効率化等を図ることができる。」とされており、千葉県では 30 河川 41 箇所⁹に監視カメラが設置されているような事例⁹もある。この事例において、監視カメラを一律 4K カメラで実装するとした場合、一台当たりが必要となる通信帯域を 25Mbps (※4K30fps 相当での配信を想定) と仮定すると、映像アップロードに必要な通信帯域の合計は約 1Gbps 程度が必要となってくる。

② 超低遅延での利用

低遅延性に関して、医療用ロボット等の制御を遠隔で行うケースにおいて、国立保健医療科学院の公表している遠隔手術ガイドラインの検討¹⁰では、「操作の遅延が 70msec を超えると、誤操作が生じる比率が高くなることが明らかとなった。」とされており、ネットワーク全体で遅延時間が 70msec 以下の遅延性に優れたネットワークが求められるということが示唆されている。

③ 多数同時接続

多数同時接続に関して、スタジアム等の局所的に大量の端末が同時に通信を行うケースにおいて、5G 基地局一台あたりに対しユーザエンド端末や IoT 機器類なども含めると数千台～数万台の接続が求められるケースも生じる。2018 年に行われた国立研究開発法人情報通信研究機構の実証¹¹では、多数同時接続に関する確認が行われ、「100 台程度の端末であっても一斉に接続を試みると接続できなくなる場合があること」も確認されていた。

(A) 5G SA の目標値

「IMT ビジョン勧告 (M. 2083)」¹²によれば、5G SA の発展により見込まれる通信性能の向上として、3.5.1 で評価項目としても設定した以下 3 点の期待・目標値が述べられている。

① 超高速通信 (eMBB)

⁸ 総務省令和 2 年度情報通信白書より引用

⁹ 千葉県雨量・河川水位・河川映像の情報提供 河川監視カメラについて

¹⁰ 厚生労働行政推進調査事業費補助金 遠隔手術ガイドラインの検討(2018 年)

¹¹ 国立研究開発法人情報通信研究機構 5G 実証試験において端末約 2 万台の同時接続を確認

¹² 総務省 5G の利用シナリオと主な要求条件より引用

4Gにおいては、通信速度が下りで最大1Gbps程度、上りで最大数百Mbps程度であったのに対し、5Gの要求条件では、下りで最大20Gbps程度、上りで最大10Gbps程度となっており、4Gの10倍以上の速度となることを見込まれている。4G以上の高速大容量通信によって、4K/8Kなどの高精細映像をはじめとした大容量コンテンツであっても高速に伝送されることが期待される。

② 超低遅延通信 (URLLC)

5Gにおける遅延は1msec程度とされており、4Gの10分の1程度に短縮されることが見込まれている。これにより、4Gでは安全性の観点から実現が難しいとされていた自動運転や遠隔でのロボット操作（リアルタイムでの操作やミッションがクリティカルなものなど）も5Gでは実現可能性が高まり、様々な産業・分野において移動通信システムの用途が広がっていくことが期待される。

③ 多数同時接続 (mMTC)

4Gにおいては、1km²あたり10万台程度の端末が同時に接続できるとされていたのに対し、5Gでは1km²あたり100万台程度の端末が同時に接続できるようになることを見込まれている。IoT時代において膨大な数のセンサーや端末が存在する場合（例：スマート工場、スマートメーター、インフラ維持管理）であっても、通信に支障が生じないことが期待される。

3.5.2 評価方法

(1) SaaS型ソリューションにおけるMEC利用形態の検討

5GソリューションはMECサーバの設置場所や提供形態による影響を受ける（3.5.3(1)にて詳述）。ここでは、主にMECサーバの設置場所による影響と、提供形態の2点について評価を行い、SaaS型でのソリューション提供を踏まえて最も適した形式を机上検討した。

(2) SaaS型ソリューションにおけるSA/MEC活用評価

5G SAやMEC技術活用がSaaS型の5Gソリューションに寄与する事項や程度について評価を行った。

3.5.3 評価結果

(1) SaaS型ソリューションにおけるMEC利用形態の検討

1) MEC活用事例の特徴

5G SA、MEC技術が5GソリューションをSaaS型で提供していくうえでどのような影響を与えるかを確

認するにあたり、各移動体通信事業者が現在提供している 5G SA および MEC 技術を活用した接続形態を整理した。それぞれの接続形態の主要な設備や機材といった構成要素、各接続形態の特徴を確認し、SaaS 型ソリューションへの活用可能と想定される事項を抽出した。

各接続形態の特徴として具体的には、5G 通信の利用が可能か、MEC 技術活用のエリアカバレッジを捉えるための MEC サーバのリージョン数、クラウド基盤がユーザにとって使い慣れたものか、外部システムとの連携が容易かといった観点でのクラウド基盤の柔軟性を確認した。MEC 接続可能なクラウドサービスの種類は各サービス内容に準拠するが、システムを導入する際には MEC 接続を行うクラウドサービスの選択はアーキテクチャの設計を行う上で重要なポイントになる。提供者としてクラウドサービスで提供されるリソースやサービスの仕様に応じて機能開発の柔軟性が取れる点やエンドユーザとなる利用者のシステム基盤や外部のサービス基盤との連携性の高さについてもクラウドサービスを活用した 5G ソリューションを設計する中で重要である。

A) NTT 東日本「地域エッジクラウド」

NTT 東日本の提供する接続形態の特徴として、MEC サーバの拠点数の多さが挙げられる。後述するが、MEC サーバの設置位置および距離はネットワークの遅延性に影響するため、全国に満遍なく MEC 接続環境が展開された当サービスのような MEC 接続サービスの利用は全国的なソリューションの普及・展開に影響を与えるものだと考えられる。

現時点（2022 年 7 月 25 日）では当サービスにおいて、キャリア 5G での MEC 接続形態を提供していないように見受けられるが、現地拠点から MEC サーバまでの区間を有線接続することで低遅延かつセキュアな通信を提供している点もポイントであると考えられる。

クラウド基盤についても国内でも広く利用されユーザにとって、より馴染みの深い「Microsoft Azure」の活用によりクラウド基盤の柔軟性を持たせているものと考えられる。パブリッククラウドサービスを活用することで、利用者としては自社の従来クラウド環境とのギャップが少なく、開発難度が下がることにつながると想定される。

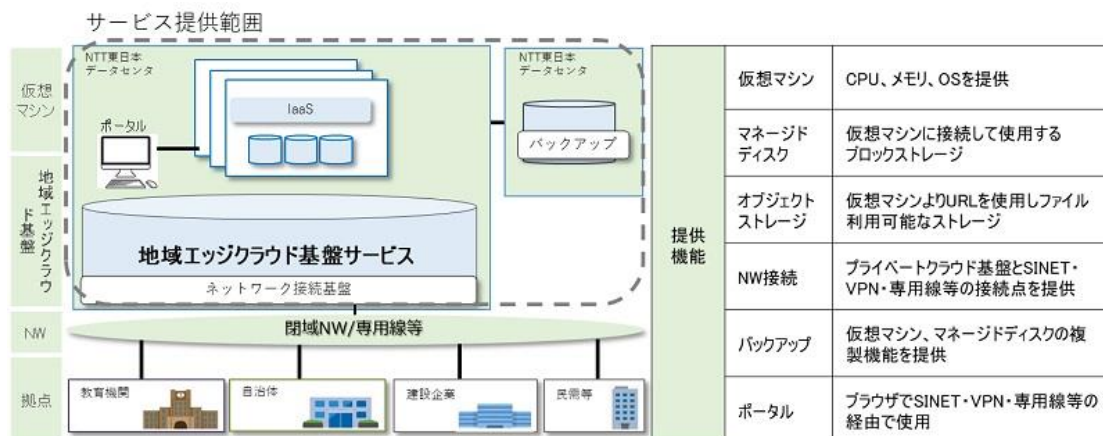


図 3.5.3-1 NTT 東日本 MEC 接続形態

B) NTT ドコモ「docomoMEC」

NTT ドコモの提供する docomoMEC の接続形態の特徴として、5G SA の利用が可能かつ MEC サーバの拠

点数も全国主要都市に展開されており比較的多いと言え、MEC 接続可能なエリアカバレッジも担保されている点の特徴である。

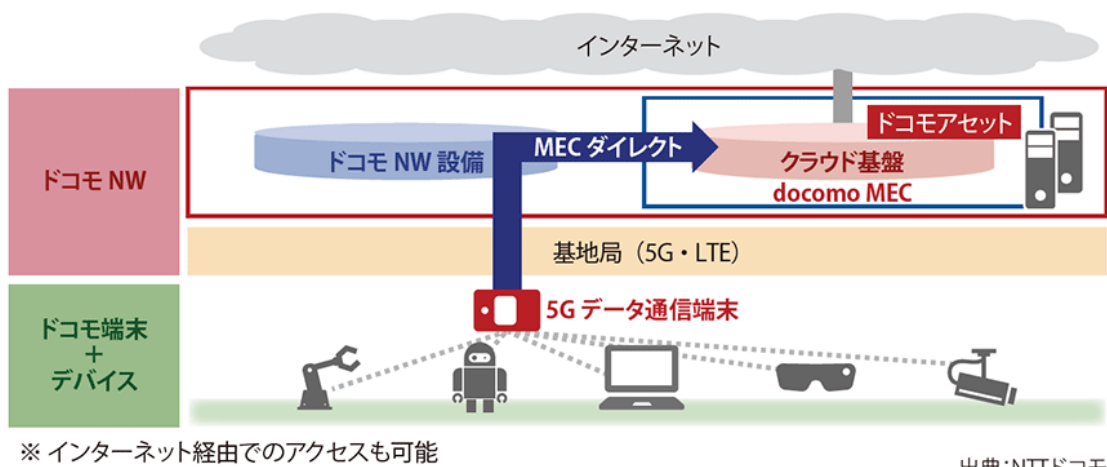


図 3.5.3-2 NTT ドコモ 5G SA、MEC 接続形態

C) KDDI 「AWS Wavelength」

KDDI の提供する接続形態の特徴として、5G 通信の利用が可能であり、NTT 東日本同様パブリッククラウドサービスである「Amazon Web Services」を活用しているため、クラウド基盤の柔軟性を持たせているものと考えられる。一方で、現状 MEC サーバの拠点は東京、大阪リージョンのみに限定されている。

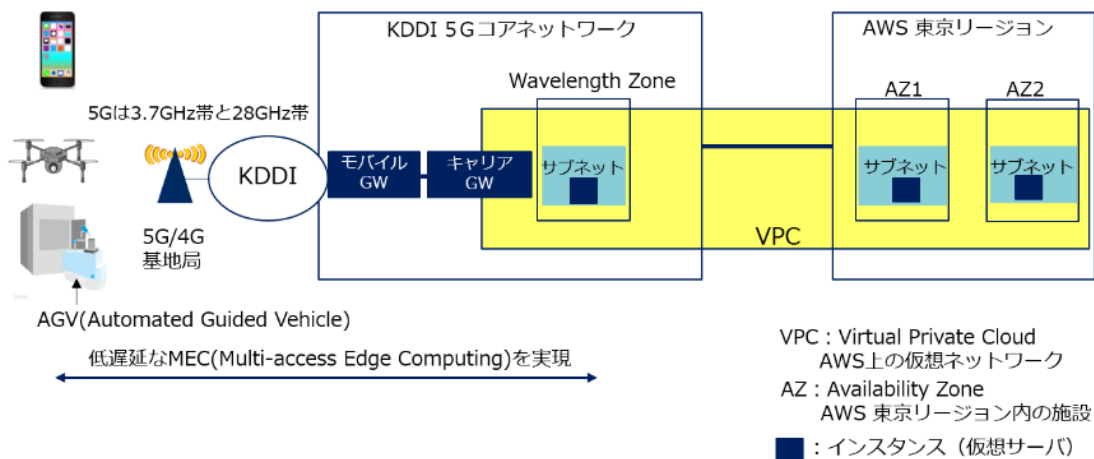
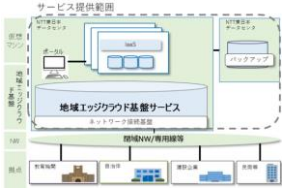
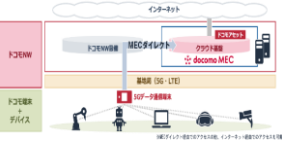
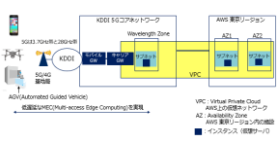


図 3.5.3-3 KDDI 5G SA、MEC 接続形態

表 3.5.3-1 各社 5G SA、MEC 接続形態一覧

モデル名	NTT東日本 MECダイレクトモデル	NTTドコモ MECダイレクトモデル	KDDI MECダイレクトモデル
構成要素	閉域NW, データセンター、ネットワーク接続基盤、地域エッジクラウド基盤サービス、仮想マシン、マネージドデスク	基地局、5Gデータ端末、MECダイレクト、ドコモNW設備、クラウド基盤、インターネット	基地局、AWS Wavelength Zone、AWS VPC、キャリアGW、モバイルGW、AWS AZ、インスタンス、KDDIモバイル網 (au 5Gネットワーク)
構成			
企業名 (サービス名)	NTT東日本 (地域エッジクラウド)	Docomo (docomoMEC)	KDDI (AWS Wavelength)
5G対応	×	○	○
エリアカバレッジ (リージョン数)	37	9	2
クラウド基盤	Azure	docomoMEC	AWS
参考URL	https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20220725_01.html	https://www.mec.docomo.ne.jp/	https://biz.kddi.com/5g/aws_wavelength/

前述の通り、各社の接続形態での違いは、5G通信の利用可否、MEC サーバの拠点数、クラウド基盤の柔軟性がポイントとなる。(表 3.5.3-1) ソリューション利用時にネットワークの遅延性への影響要因として挙げられる MEC サーバの設置位置に関しては、各社で大きな違いは見られなかった。

2) MEC の設置検討

市場で提供されているサービスも踏まえて SaaS 型ソリューションでの MEC サーバの設置パターンについて以下に記載する (図 3.5.3-5 参照)。

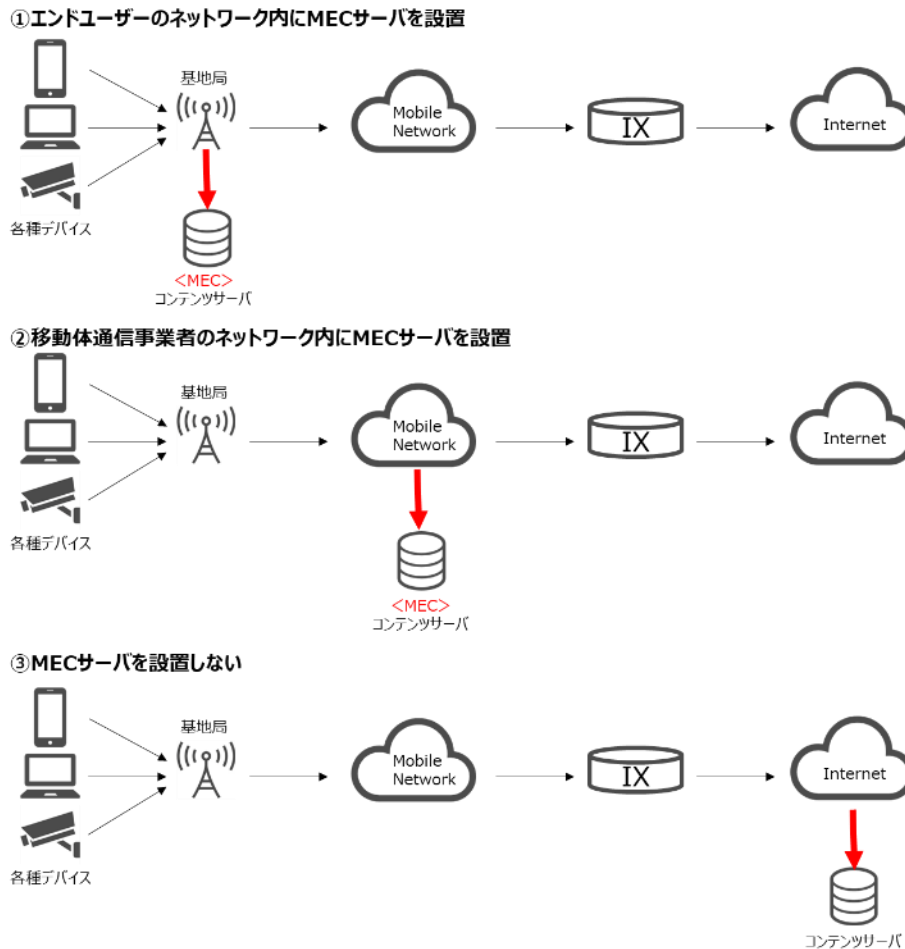


図 3. 5. 3-4 MEC サーバの設置位置のパターン

<①エンドユーザのネットワーク内(閉域網)に MEC サーバを設置する場合>

物理的な距離が近く、目的に即したシステム構成を行えるため最も遅延量の削減等が期待できる。しかし、利用者毎にオンプレミスで MEC サーバおよびアプリケーションの実装を行うことが基本となることから、複数事業者での共同利用が行えず、利用者毎に機材を設置するため導入コストが高くなる傾向がある。また、基本的にシステム保守・運用を利用者自身が行うことになり、運用面での負担も大きくなると考えられる。

<②移動体通信事業者のネットワーク内に MEC サーバを設置する場合>

従来では、エンドユーザのネットワーク内もしくはインターネット上にサーバを設置する必要があったが、通信事業者のネットワーク内に設置することで遅延を最低限に抑えつつ、コストの削減を行う事が可能となった。インターネット上に設置するケースでは、インターネットの速度が律速となるのに対し、通信事業者のネットワーク内に設置するケースでは閉域網で接続することで、5G 回線のみで通信を行う事が可能となる。

<③MEC サーバを設置しない場合>

実績もあり従来の SaaS 型アーキテクチャは多くの場合、この形式での接続形態を採用している。し

かし、インターネットを利用するため、遅延の発生やセキュリティリスクが比較的高くなる課題が存在した。

SaaS 型システムの共用という観点で考えた際、最も適した形は上記 2 点目で紹介した移動体通信事業者のネットワーク上に MEC サーバを設置する形式であると考えられる。

①エンドユーザのネットワーク内(閉域網)に MEC サーバを設置する場合のように利用者自身で導入から保守・運用が必要となる点は SaaS 型のコンセプトとは相違がある。

また、③MEC サーバを設置しない場合においても、従来、ネットワークの遅延やセキュリティに課題を抱える点が残置される。これらの点を踏まえ、クラウド上の MEC サーバへの閉域接続が可能であり、ネットワークの低遅延性、セキュリティ面でのメリットがある②移動体通信事業者のネットワーク内に MEC サーバを設置する方式を選択していくことが SaaS 型ソリューションでの接続形態においては優位性がある。

(2) SA/MEC のソリューションへの影響評価

以下で、実際に 5G SA や MEC 技術の活用が SaaS 型 5G ソリューションに寄与する事項や程度について評価する。

1) 5G SA の利用による改善

① 超高速大容量での利用

現在主流となっている NSA 型では、超高速大容量での利用に対応できない事が課題となる。例えば、複数の監視カメラを利用するケースにおける接続台数の増加や高精細映像を用いたアプリケーションとの連携によるソリューションの高度化による点などが考えられる。

5G SA の導入により NTT ドコモでは現段階(2023年2月7日時点)で下り最大 4.9Gbps/上り最大 480Mbps の通信サービスを提供している。5G ソリューションの普及にはより高速大容量での利用に耐える必要性があるが、現状でも実用に耐えるユースケースも多数開発されている。

また、性能面以外でも NSA では行えなかったネットワークスライシング¹³技術の導入等により、用途に応じた帯域の設定により高速大容量等への対応が行われる。

今後、高速大容量化に関して導入が検討される見通しのある主な技術を以下に示す。最も大きな変化として考えられるものは、上述した用途別に帯域を分けることが可能となるネットワークスライシングである。重要な通信に対しより帯域を多く割り当てることにより高速大容量に適した環境を作り出すことに繋がる。また、従来利用されていた技術である、帯域をまとめて利用するキャリアアグリゲーション

¹³ ネットワークスライシング：「低遅延・高信頼・高セキュリティ等、様々な要求条件が求められる 5G において、ネットワークを仮想的に分割(スライス)することで、お客さまが利用するサービスの要求条件に合わせて効率的にネットワークを提供する技術」。単純化すると、用途別にネットワークを分割し、目的に適したネットワークを提供する技術である。

ン¹⁴や複数のアンテナで通信を行い通信可能なデータ量を増やす MIMO¹⁵等を 5G SA で活用することも検討されている。

これらの技術の発展後もなお残る課題としては、高画質である 4K/8K 等に対応した監視カメラの利用等では接続台数などの利用条件により、5G SA の通信量でも不足が想定される。この対策については、スライシング技術の活用により NW 帯域がひっ迫するタイミングにおいて、帯域を制限し配信ビットレートを落とすような制御方法の検討・導入が有効であると考えられる。また、現状では 5GSA が利用可能な地域が少ないことが課題として存在するが、今後、移動体通信事業者のサービス提供が加速されることで利用可能な地域も拡大されると考えられる。

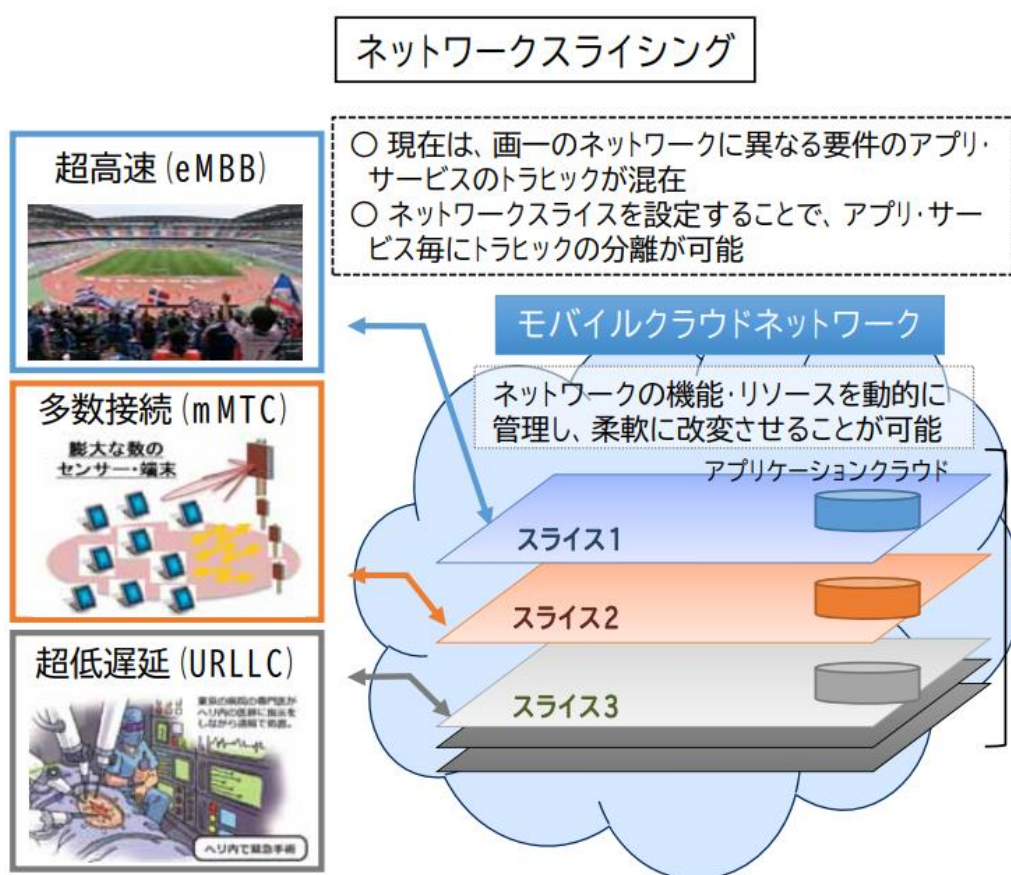


図 3.5.3-5 ネットワークスライシングの模式図

出展：総務省「5G (SA 方式) 時代におけるネットワーク提供に係る課題の検討」

¹⁴ キャリアアグリゲーション：「複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより、既存の LTE とのバックワードコンパチビリティを保ちながら広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術」。単純化すると、複数の帯域を束ねて利用することで、見かけ上の帯域を広げ高速伝送を実現する技術である。

¹⁵ MIMO (Multi-Input Multi-Output)：「同一時間、同一周波数において、複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い、通信品質および周波数利用効率を実現する信号伝送技術」。単純化すると、複数のアンテナを用いて通信を行う事で、情報欠損を防ぎつつより多くの通信を行う技術である。5G 通信では、特に超多素子アンテナを用いる Massive MIMO を用いることで、「伝搬損失補償により通信可能なエリアを拡大できることに加えて、各ユーザに異なるビームを向けることで多数ユーザを同時接続させるユーザ多重により、高周波数帯セルのシステム容量を増大させる」ことが検討されている。

② 超低遅延での利用

NSA 型では、一定の遅延が発生することが課題となっている。例えば、医療用ロボット等の制御を遠隔で行うケースなどである。NSA 型で遅延が発生する要因は大きく 2 つある。一つ目は、通信開始時に端末-基地局間で通信許可を求め、基地局からグラントの発行が行われるステップを踏む必要があること。二つ目は、低遅延の少ないネットワークの構築が行われていないこと。

一つ目のグラント発行による通信のロスに関しては、グラントの発行を行わないグラントフリーのシステムの導入が検討されており、初期通信のロスが発生しない改善が見込めると考えられている。(図 3.5.3-6 参照)

二つ目に関しては、ネットワークスライシング技術の導入により、低遅延の通信に適したネットワークを提供可能となり、より効率的な通信が実現される見込みである。具体的には、QoS により優先的な通信を分離することで他通信処理の存在による遅延を排除する事や、スライスされた通信のネクストホップを通常インターネットに送信するものをエッジデータセンタにローカルブレイクアウトさせる事が考えられる。

残る課題としては、5G 区間内は 1msec の遅延での通信が完了されることになるが、システム全体での遅延に関する設計考慮は継続して対応が必要である。

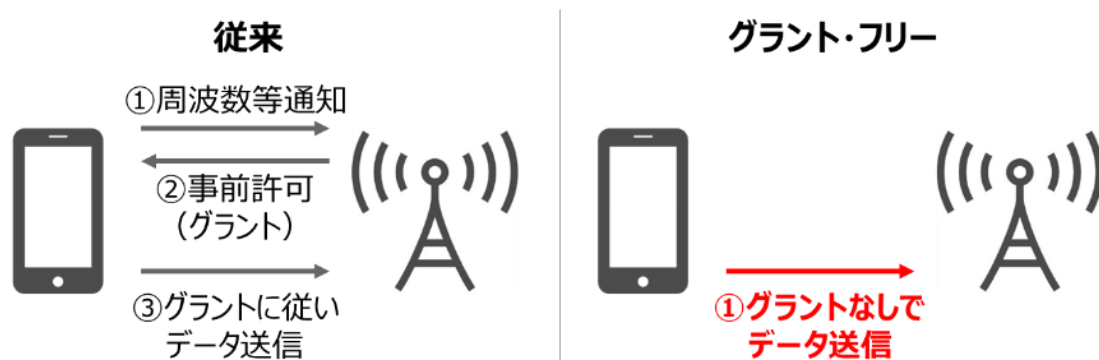


図 3.5.3-6 グラントフリーの模式図

③ 多数同時接続での利用

NSA 型では、多数同時接続の需要拡大に対応しきれないことが課題となっている。例えば、スタジアムでのイベント等で大量のカメラの接続が行われると、通信インフラ側が対応しきれず通信に失敗するようなケースが挙げられる。2018 年に行われた国立研究開発法人情報通信研究機構の実証(5G 実証試験において端末約 2 万台の同時接続を確認 | NICT-情報通信研究機構)では、「100 台程度の端末であっても一斉に接続を試みると接続できなくなる場合があること」が確認されている。

5G SA 環境では前述のグラントフリーやネットワークスライシングの導入が検討されており、同時接続数の向上も期待されている。グラントフリーでは初期通信での事前承認が不要になることで、接続数が増加することは上記の実証で示されており、2 万台の端末からの通信を 70 秒程度で処理可能であったとされている。また、ネットワークスライシングは特定の通信を切り分けることが出来るため、通信が集中した場合でも接続に失敗しないように優先制御のスライシングを構築可能となると考えられてい

る。また、複数のアンテナを利用して通信を行う MIMO の導入により、接続数の増加を目指す研究も進んでおり、より多くの端末の接続が実現される見込みである。

2) MEC 技術の活用による改善

① 低遅延での利用

MEC 技術を活用しないケースでは、利用現場からデータセンターやデータ処理サーバまでの通信が必要であり、遠方の場合に遅延が発生することが課題となっていた。

その解決策として、MEC サーバを各地に設置するケースが増えている。利用現場から最も近い MEC サーバに接続することにより、距離的な課題が軽減され、遅延の減少につながる。NTT ドコモでは 5G 通信網と MEC をダイレクトに接続することで、遅延を減らす工夫等もなされている。

残る課題としては、現地と MEC 環境の物理的距離が遠い場合については、遅延の軽減効果が限定的になるケースも存在すると考えられる。

② セキュリティ性の向上

MEC 技術を活用しないケースでは、基本的にインターネット経由で通信が行われるため、セキュリティリスクが課題となっている。具体的には、インターネットを経由するため機密情報の送信等を行う際に傍聴、攻撃のリスクが存在した。

MEC 技術の活用により、閉域網を利用することで通信区間が外部から傍聴、中間攻撃を受ける可能性が減少する。そのため、クラウド環境を利用する場合のセキュリティリスク低減につながると考えられる。

(3) 5G SA、MEC 技術の有効性の評価まとめ

今後 SaaS 型でのソリューション提供において有効性の評価をまとめる。

・ SA 技術の有効性

SA 型となることによる性能の向上と SA 型となることで利用が増加する技術による変化については、ネットワークスライシング技術の実装によって、用途に適したネットワークを提供可能となる。これにより、従来提供が困難であったサービスに対し SaaS 型のソリューション提供が行われる可能性がある。従来利用が困難であった画像認識 AI を用いたソリューション等に対し、ネットワークスライシングで高速大容量に適したネットワークや低遅延に適したネットワーク、多数同時接続に適したネットワーク等を提供することで対応し利用促進に繋がると考えられる。多数同時接続が課題とされているケースは確認できなかったが、より多くの多数同時接続が実現されることにより利用の幅は広がると考えられる。例えば、スマートファクトリーにおける全機器の情報連携、スタジアムでの大量の IoT デバイスの通信等が挙げられる。

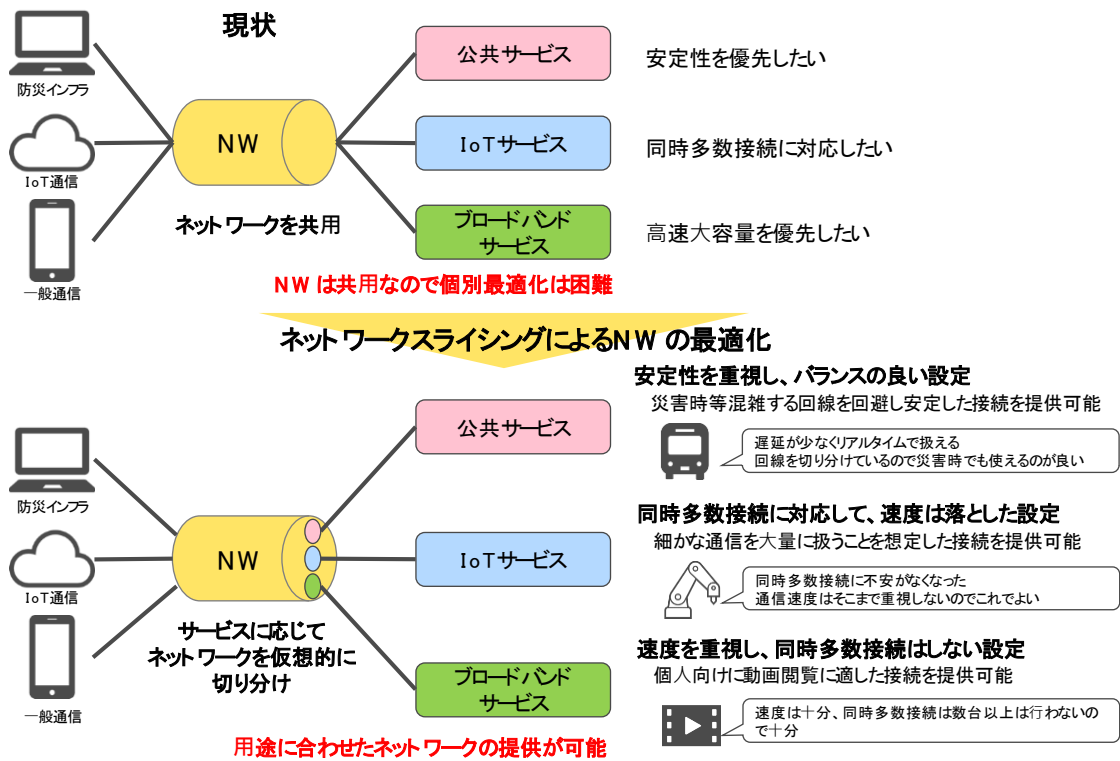


図 3.5.3-7 ネットワークスライシングの活用イメージ

・ MEC 技術の有効性

MEC 技術の活用により、従来発生していた遅延の軽減が予想されており、遅延が課題となりオンプレミス環境で利用されていたソリューションの SaaS 化が促進されると考えられる。また、インターネットを経由しないことから、セキュリティ性の向上も見込まれている。遅延等の理由から人間のリアルタイムでの操作が必要な医療用ロボット等の用途では利用が制限されていたが、ネットワークスライシングで低遅延に適したネットワークを提供する事や、MEC を利用することで低遅延化することによっても利用範囲が広がると考えられる。



図 3.5.3-8 MEC の活用イメージ

・ 今後の課題

新規の 5G 技術により性能面の向上は行われているが、実際に利用されていくためには、技術の活用事例がより利用者層に認知される必要がある。現在は、先進的なユースケースに取り組んだ事例が先進事業者から共有されていく必要がある段階と考えられる。

3.6 分野横断的な 5G ソリューションの横展開に求められる機能の検証

これまで総務省の「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」の中では、単一事業者や特定の現場での利用に閉じた 5G ソリューションの実証実験が行われてきた。これらの先進的な 5G ソリューションが、他分野共通の用途・業務において、幅広い現場、分野で共用されていくことが、5G ソリューションの普及・展開の方策として必要となる。今年度実証を行った SaaS 型ソリューションを具体的な分野・業種に横展開していく際に生じる論点として、ソリューション面での論点のほか、ソリューションを共同利用する際における必要な作業（分界点や運用、提供する基本機能など）の検討が必要である。

上記を踏まえ、以下で分野横断的な 5G ソリューションの横展開を見据えて今後、共用形態に求められる機能に関する評価項目、評価方法、アウトプットのそれぞれについて詳述する。

鉄道車両監視 AI システムをモデルケースとしたソリューション側のシステム評価結果、SaaS 型共用形態のシステム評価結果を踏まえ、鉄道事業分野以外の分野での活用を想定した際のシステム全体評価を行う。(図 3.6-1 参照)

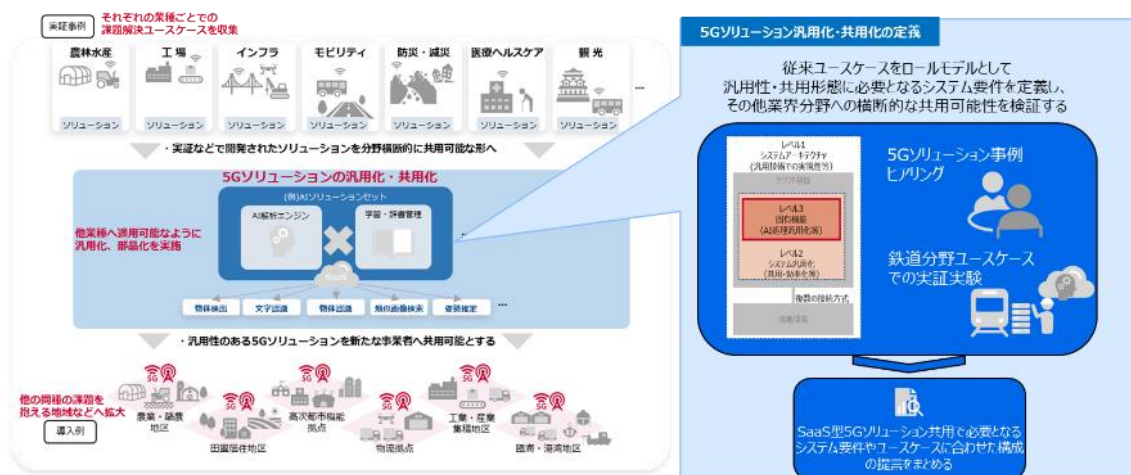


図 3.6-1 分野横断的な共用形態の検証イメージ

5G ソリューションでよく利用される技術の区分としては、AI、IoT、ビッグデータ解析や XR (Cross Reality) などが挙げられるが、IoT を単体で利用されるケースは少なく、膨大な IoT データを分析できるビッグデータ分析基盤と AI 技術は併用されるため、実態としては IoT に関連するソリューションは AI ソリューションの中に内包されて利用されるものとも考えられる。このため、5G の特性を活かした

ソリューションはAIを活用したものが多くを占めると想定される。XRについても、スポーツやエンタメ等一部の業界・業種に利用されるが、より多分野に共用可能性が高いのは、AIソリューションであると想定される。

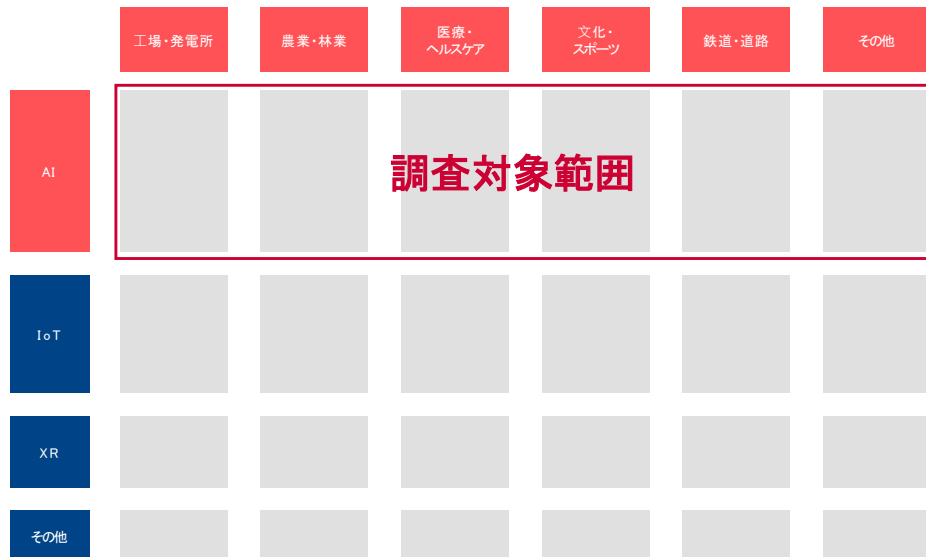


図 3.6-2 業界×5G ソリューション分類図

AI アルゴリズムの分類には画像認識 AI、音声認識 AI、予測 AI、姿勢推定 AI、言語処理 AI など多くの分類が存在するが、本実証で構築された鉄道車両監視 AI システムでも用いられた画像認識 AI は点検、顔認証、従業員の安全行動サポート、生鮮食品の品質把握、路面情報の取得といった数多くの利用シーンが想定され、AI ソリューションの中でも特に共用可能性が高いアルゴリズムである。実態として、令和 2-4 年度における総務省の「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」でも画像認識 AI を構築された実証が多い。(表 3.6-1 参照)

表 3.6-1 令和 2-4 年度 L5G 開発実証における業界ごとの実証ソリューションの内訳

業界	実証対象ソリューション				
	画像認識AI	音声認識AI	IoT	XR	計
工場・発電所	9	2	13	1	25
農業/林業	7	0	11	2	20
医療・ヘルスケア	3	0	8	0	11
文化・スポーツ	2	0	7	0	9
鉄道・道路	9	0	5	0	14
防災・減災	5	0	6	0	11
スマートシティ	2	0	7	1	10
空港・港湾	3	0	4	0	7

AI ソリューションのニーズが見込める市場として、表 3.6-2 に示す 5G デバイス・ソリューションの需要が見込めるエネルギー、製造、公共サービス、ヘルスケア、公共交通といった業界が想定される。

例として、製造業界では工場の製造ラインで製造された機械・部品・タイヤなどを、目視により品質を管理していた従来の業務から画像認識 AI での置き換えを行うといったケースや、公共インフラの維

持管理における点検業務において目視や人の手で確認がなされていた従来の方法を画像認識 AI で置き換えるといったケース、公共交通での顔認証による決済などの利用シーンでの活用が期待される。

本検証の中で、以下 3.6.1 にて詳述する評価項目により、共用可能性が高い業界の検討・考察を行う。

表 3.6-2 国内 5G デバイス・ソリューション市場予測（単位：千億円）

出典：KPMG コンサルティング「5G がもたらす B2B2X 市場の将来予測」

業種	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
エネルギー	3.4	3.9	4.8	6.1	8.0	10.8	14.6
製造	2.3	2.8	3.6	4.8	6.6	9.4	13.3
公共サービス	2.5	2.9	3.5	4.4	5.7	7.7	10.4
ヘルスケア	2.7	3.0	3.6	4.4	5.6	7.4	9.8
公共交通	2.3	2.6	3.1	3.9	5.1	6.8	9.1
自動車	1.3	1.5	1.9	2.4	3.2	4.3	5.9
金融	1.1	1.2	1.5	1.9	2.4	3.2	4.3
メディア・放送	1.0	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.6
小売・流通	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6
ゲーム・スポーツ	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9

3.6.1 評価項目

前述の通り、5G ソリューションでよく利用される技術として、画像認識 AI がより多くの分野でのユースケースに対応できるものと考えられるため、横展開のニーズが高いと想定できる。分野横断的な共用を進める上での各業界の制約や課題、それら課題に対する共用化を進めるための工夫、ソリューションに求められる性能面の評価、ソリューションを運用していく上で発生する作業などサービス提供面の評価といった項目を整理する。

これらの情報を整理したうえで、ソリューションの提供に際して検討すべき事項を検証項目として設定した。（表 3.6-2 参照）検証項目の大分類については、独立行政法人情報処理推進機構の非機能要求グレード¹⁶を一部参照し、「信頼性・可用性」、「性能・拡張性」、「移行性」、「運用・保守性」、「セキュリティ」、「導入効果」の 6 分類を設定した。これらの大分類を、5G ソリューションが共用されるうえで検討が必要な項目として、分解したものを中分類として設定した。

¹⁶ 独立行政法人情報処理推進機構 非機能要求グレード 2018 利用ガイド[解説編]より一部引用

表 3.6.1-1 分野横断的な 5G ソリューションの評価項目

大分類	評価項目詳細
信頼性・可用性	利用者が汎用的なクラウドインフラの信頼性を受容可能か
	上記を受容できない理由、および代替手段
セキュリティ	利用者が汎用的なクラウドインフラのセキュリティ性を受容可能か
	上記を受容できない理由、および代替手段
性能・拡張性	利用者毎に異なる環境下において性能を発揮させるための取り組み
	利用者から特に評価されている機能
移行性	新規利用者に展開する際に必要となる稼働
	稼働低減のための取り組み
運用・保守性	利用者にソリューションを安心して利用してもらうための保守サポート内容
	利用者のソリューション活用を促すために必要なサポート
	運用保守にかかる稼働の低減ための取り組み

3.6.2 評価方法

(1) ヒアリングの実施

分野横断的に 5G ソリューションが普及・展開していくために、各業界のユースケースや課題感、ソリューションの導入に際して検討・配慮が必要となる観点についてまとめる。実際にソリューションを構築している団体・ベンダーであれば、エンドユーザの要望を最前線で聞いており、ソリューション導入における検討事項を把握していると考え、ヒアリングを実施して情報を整理することとした。

ヒアリングシートについては 3.6.2 (2)にて詳述する。

(2) ヒアリングの協力団体

ヒアリングは以下の 2 つの団体に協力を依頼した。

- a. 令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体
- b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダー

a. 令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体へのヒアリング

各業界で 5G ソリューションの導入に向けた現地実証を行なっている令和 2 年度、3 年度「課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」（以下、令和 2、3 年度 L5G 実証）参画経験のある団体にヒアリングを実施した。

実証参加団体は特定の現場におけるユーザの要望を確認し、システム要求を整理したうえでソリューションを構築しているため、業界のユースケースや課題感を把握しており、ソリューション構築・導入に際する検討・配慮をヒアリングできると考えた。前述の通り画像認識 AI が多くの分野での用途・業務でのニーズに応える技術であることから、画像認識 AI を用いたソリューションを構築された団体を

中心にヒアリングを実施した。また、過年度の実証報告書内で他業種や他業務への横展開を検討しているという言及があった団体を中心に、各業界から1団体ずつにヒアリングを実施した。

上記に該当する団体の中で、他業種よりも他業務への横展開を検討しているケースの共用可能性は高いと判断した。「他業務への横展開」は、ユースケースが異なる場合でも展開できることを意味し、単に業務が共通・同様のユースケースで横展開ができる「他業種への横展開」よりも共用できるシーン・現場数が多いと考えられるためである。

例えば、画像認識 AI を用いた適用業務を製造ラインにおける検品と人流予測に用いているようなユースケースを「他業務への横展開」としている。

令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体のうち、ヒアリングを実施した実証参加団体・企業を図 3.6.2-1 に示す。空港・港湾の分野では、協力依頼を行ったもののスケジュールの都合上ヒアリングの実施ができなかった。よって、後述する AI ベンダーへのヒアリングを行うことで業界におけるユースケースや要件に関する情報を補填する形とした。

表 3.6.2-1 ヒアリングを実施した令和 2、3 年度 L5G 実証団体一覧

業界	ヒアリングの協力企業
工場・発電所	住友商事株式会社
農業・林業	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所
医療・ヘルスケア	トランスコスモス株式会社
文化・スポーツ	株式会社電通九州、株式会社電通国際情報サービス
鉄道・道路	清水建設株式会社
防災・減災	中央復建コンサルタンツ株式会社
スマートシティ	株式会社長大、パナソニック コネクト株式会社
空港・港湾	—

ヒアリング項目を図 3.6.2-2 に示す。

設問 1「ソリューション利用対象」については、各団体が過年度で構築したソリューションを単一事業者のみが利用することを想定していたか、もしくは複数の事業者が利用することを想定した設計を行ったかを確認した。

設問 2「他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況」では、そのソリューションを横展開できる可能性があるかを確認した。想定している場合には、どんな用途・業務が共通であるために共用可能性があるのかを把握する目的で、具体的にどの業種・分野への展開を想定しているか、その業種・分野への展開が考えられる理由を確認した。また、その業種・分野へ展開する際に課題となる事項についても追加で確認した。

設問 3「システム実装形態」では、ソリューションがオンプレミスで構築されたものか、クラウド上に構築されたものかを確認した。現場の特性や業界特有の制約により、その構築形態が選択された理由があると考え、それぞれの構築環境を選択した背景も追加で確認した。特定の業界によってはクラウド上へのデータのアップロードが難しいといった制約や、セキュリティ性に不安があるといったユーザの

意見もあるかと考え、クラウド上への構築の場合にはインターネットでの公衆回線での接続か専用線などでの閉域回線での接続かについても確認した。また、ソリューション構築にかかる稼働や共用部分を把握する目的で、実証内で独自で開発した部分と既存システムを活用して構築されている部分についても確認した。

設問 4「現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み」では、実証完了後から現在にかけて継続した横展開可能性の検討を行なっているかを確認し、よりユーザに受け入れられるための汎用性向上に向けた工夫点についても確認した。

設問 5「横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題」では、設問 4 からさらに詳細な課題や要件をお聞きする目的で、システム機能面・サービス提供面双方での課題や検討・配慮が必要な事項について確認した。

表 3.6.2-2 令和 2、3 年度 L5G 実証団体へのヒアリング項目

#	質問項目	質問内容詳細
1	ソリューション利用対象	<u>【R2、R3年度ソリューションについて】</u> 実証ソリューションの提供範囲は、 ・特定事業者などの単一事業者のみが利用することを想定したものか ・複数の事業者がソリューションを利用することを想定した設計・開発などを検討されたものか
2	他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況	<u>【R2、R3年度ソリューションについて】</u> 実証ソリューションは、 ・他業種や他分野にもソリューションを横展開していくことを想定されていたものか
3	システム実装形態	<u>【R2、R3年度ソリューションについて】</u> 実証ソリューションの配置先は、 ・構築した環境は、オンプレミスの環境か、クラウドか ・クラウドを利用した場合の環境への接続方式（インターネット経由、専用線接続、など） <u>【R2、R3年度ソリューションについて】</u> 実証ソリューションの、 ・構築における独自開発部分と、既存システムの活用部分
4	現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み	<u>【R4年度以降・現在について】</u> ・実証完了後から現在も継続してソリューションの横展開、事業展開に向けた取り組みはされているか <u>【R4年度以降・現在について】</u> ・汎用化の観点でのソリューション構築における工夫点
5	横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題	<u>【R4年度以降・現在について】</u> 今後、または、現在横展開を検討されている場合、 ・水平展開を想定したときのソリューション構築における技術的な課題 ・その他の課題（非機能要件含む）について想定される事項

b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング

令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体でのソリューション導入は実証段階であり、特定の現場や単一事業者への個別最適なソリューション開発が行われている最中である。一方でソリューションが社会実装されており、実際に多くのユーザにソリューションの導入が進んでいる企業にもヒアリングを行うことで、業界における幅広い課題感や要件を把握できると考えた。また、令和 2、3 年度 L5G 実証の中で各業界の課題、社会実装の障壁として挙げた事項に対しても、実証の段階から社会実装に至るうえでの検討観点について示唆が得られると考え、ヒアリングを実施した。

令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体同様、画像認識 AI ソリューションを構築している企業にヒアリングを実施すべく、以下に該当する企業に協力を依頼しヒアリングを実施した。特に、売上規模が大きい企業や国や自治体などの協力を得ているソリューションは、より幅広い事業者向けに開発が行われている

と想定されるため、企業・ソリューション検索の際に留意した。

各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーのうち、ヒアリングを実施した企業およびヒアリング対象のソリューション名を図 3.6.2-3 に示す。スマートシティ分野においては、社会実装されているソリューションの検索段階で、スマートシティ分野は様々やユースケース、ソリューションが集合する分野であり、スマートシティならではのユースケースや要件が存在するわけではなく、それぞれのユースケースは他分野で挙げられているものと同様または類似していることが分かった。そのため、他分野でのヒアリングを通して得られる情報により共用形態を検討することとした。

表 3.6.2-3 ヒアリングを実施した AI ベンダー一覧

業界	ヒアリングの協力企業	対象ソリューション/サービス
工場・発電所	株式会社フツパー	メキキバイト
農業・林業	1 社（企業名非公開）	非公開（AI を活用した空撮ドローン、営農ソリューション等）
医療・ヘルスケア	エルピクセル株式会社	EIRL
文化・スポーツ	株式会社 NTT Sportict	スポーツ映像ソリューション
鉄道・道路	DataRobot Japan 株式会社	DataRobot
防災・減災	株式会社 Spectee	Spectee Pro
スマートシティ	—	—
空港・港湾	丸紅ネットワークソリューションズ株式会社	TRASCOPE-AI

ヒアリング項目を表 3.6.2-4 に示す。

設問 1「他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況」では、そのソリューションを横展開できる可能性があるかを確認した。想定している場合には、どんな用途・業務が共通であるために共用可能性があるのかを把握する目的で、具体的にどの業種・分野への展開を想定しているか、その業種・分野への展開が考えられる理由を確認した。

設問 2「システム実装形態」では、ソリューションがオンプレミスで構築されたものか、クラウド上に構築されたものかを確認した。現場の特性や業界特有の制約により、その構築形態が選択された理由があると考え、それぞれの構築環境を選択した背景も追加で確認した。業界によってはクラウド上へのデータのアップロードが難しいといった制約や、セキュリティ性に不安があるといったユーザの意見もあると考え、クラウド上への構築の場合にはインターネットでの接続か専用線での接続かについても確認した。

設問 3「汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点」では、ソリューションの導入を進めるための工夫、運用上での工夫等を確認した。本設問では、令和 2、3 年度 L5G 実証団体へのヒアリングを通して、各団体共通で挙げられていた収益性確保や運用保守の観点等を、実際に複数のユーザにソリューションを提供する中で把握していると想定し確認した。

設問 4「5G インフラ普及により期待できるサービスの発展性について」では、5G 通信基盤が進歩、普及・展開することで、享受できる大容量、低遅延性、多数同時接続の実現によってサービスがアップデートされ、さらに共用が進むケースが考えられるかという点を確認した。

表 3.6.2-4 AI ベンダーへのヒアリング項目

#	質問項目	質問内容詳細
1	他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況	【貴社のソリューションについて】 ・横展開を行っている/想定している他業種や他分野
2	システム実装形態	【貴社のソリューションについて】 ソリューションの配置先は、 ・構築した環境は、オンプレミスの環境か、クラウドか ・クラウドを利用した場合の環境への接続方式（インターネット経由、専用線接続、など）
3	汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点	【提供中のソリューションについて】 ・汎用化の観点でのソリューション構築における工夫点 ・水平展開をずる際のソリューション構築における技術的な課題（収益性確保、運用保守の観点など） ・その他の課題（非機能要件含む）について想定される事項
4	5Gインフラ普及により期待できるサービスの発展性について	【提供中のソリューションについて】 ・5Gの大容量、低遅延、多数同時接続の進歩により、サービスの共用が進むことが想定されるケース

3.6.3 検証結果

(1) 各社ヒアリング結果

a. 令和 2 年、3 年度 L5G 実証参加団体と b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーに対して、分野横断的に 5G ソリューションが普及・展開していくために、各業界のユースケースや課題感、ソリューションの導入に際して検討・配慮が必要となる内容を確認した結果を以下に示す。

a. 令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体へのヒアリング

問 1,2 に関する各社の回答を表 3.6.3-1 にまとめる。

問 1：ソリューション利用対象

問 2：他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況

表 3.6.3-1 令和2、3年度実証団体へのヒアリング回答内容
 問1「ソリューション利用対象」、
 問2「他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況」

#	問1：ソリューション利用対象、問2：他業種・他分野へのソリューション横展開の想定状況
【工場・発電所】 住友商事	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。 最初は特定事業者をターゲットとするのもちろんだが、水平展開しないと価格が見合わないため。 当時の水平展開はまずは別のコイルセンター拠点への展開、その先にコイル以外を扱う工場への展開というイメージ。 画像解析ソリューションはコイル以外を監視する用途でも活用することを目指した。
	問2 工場分野全般 <展開順> ・同製品の別工場 ・他製品の工場
【農業・林業】 NTTデータ経営研究所	問1 実証事業としてソリューションの構築をしている現時点では、単一事業者のみが利用することを想定。 まずは特定の一事業者に対して導入効果を実証し、導入いただくことが農水省実証の目標。
	問2 乳用牛を対象としているが、肉用牛も視野に入れている。 跛行検知ソリューションについては牛のみを想定している。 個体識別・検索ソリューション、遠隔指導ソリューションに関しては、牛以外の家畜についても展開の余地があると想定。 遠隔診療は人間向けにも利用可能と考えられる。 <展開順> ・乳用牛 ・肉用牛 ・牛以外の家畜（遠隔指導ソリューションのみ）
【医療・ヘルスケア】 トランスコスモス	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。 R3年度時点では聖マリアンナのみを対象にしている。 R3年度実証の結果を踏まえ、R4年度実証で構築するソリューションを横展開していくことを考えていきたい。
	問2 ・大規模病院（3次救急のある病院） 救急の現場では、複数の診療科でのコミュニケーションが必須となるため、ソリューションの訴求・導入が進みやすいと考えている。 大規模な医療機関を対象に想定したソリューションのため、今後は広く医療機関に展開していきたい。 ・その他病院 ・消防（災害現場・防災） 映像の共有、主観的に見る、俯瞰的に見るという用途が共通しているため。 <展開順> ・市民病院 ・消防
【文化・スポーツ】 電通九州、電通国際サービス	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。 障害者のリモートコーチングというテーマで、1事業者として田川市からスタート。 テーマが同様であれば複数の事業者、拠点で利用されることを想定していた。 事業者ごとの運用の視点を重視しつつも、それを想定した設計はしていなかった。
	問2 用途が似通っている以下のようなユースケースでの展開が見込めると想定。 ・機械修理を遠隔指導 ・姿勢推定で重い荷物を持ち上げるシーンを監視、工場内の車両と作業員の接触・事故検知 <展開順> ・障害者スポーツでの横展開の後に、健常者スポーツ ・工場 ・エンタメ等
【鉄道・道路】 清水建設	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。 まずは単一現場を対象として構築したが、有効性が実証されれば、他の現場においても展開していきたい。 コンセプトとしては全国展開を想定。
	問2 港湾等、安全管理が求められる場所 同じく安全管理の用途で、港湾等の安全管理にも応用すること見込める。 8K映像 安全管理の課題が同様に存在する。 <展開順> 現時点では特になし。
【防災・減災】 NTTコミュニケーションズ	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。
	問2 他業種・他分野への展開を想定していた。
【スマートシティ】 パナソニック	問1 複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。
	問2 流通、オフィス、交通、製造、金融、官公庁・自治体、道路、エネルギー、交通、道路 <展開順> 移動体を使って人を見守ることは難しいが、道路の落下物等、人以外のものでは展開が見込める。 5Gと画像認識を活用した街空間演出に横展開している。（実証実験）

問3に関する各社の回答を図表 3.6.3-2 にまとめる。

問3：システム実装形態

表 3.6.3-2 令和 2、3 年度実証団体へのヒアリング
問 3 「システム実装形態」

#	問3：システム実装形態
【工場・発電所】 住友商事	<p>問3</p> <p><オンプレミス環境かクラウド環境か> 目視検査AI：オンプレミス環境 遠隔作業支援：クラウド環境</p> <p><選択した理由> 目視検査AI：大容量の4K映像に対して画像解析を行なっていくため、クラウド環境で構築した場合はアップロードにかかる従量課金が高額になってしまうことが想定されたため。 遠隔作業支援：AWS上の既存サービスを活用したため</p> <p><クラウドの場合の接続方式（インターネット、専用線接続etc.）> インターネット</p> <p><独自開発/既存システムの活用> 遠隔作業支援ツールのアプリケーション部分はAWSを活用。</p>
【農業・林業】 NTTデータ経営研究所	<p>問3</p> <p><オンプレミス環境かクラウド環境か> オンプレミス構成</p> <p><選択した理由> 一旦は1事業者に導入いただくことを目標としているため、より開発コストの安いオンプレミスを選択。 実用化に向けた今後の開発ではオンプレミス環境とするかクラウド環境とするかを検討中である。</p> <p><独自開発/既存システムの活用> ・識別システム：北海道インダ株式会社で独自で開発。NTTコモサーバを利用。 （別事業者が利用する際にベースモデルの追加学習が必要） ・追跡システム：北海道インダ株式会社が別ベンダーへ開発委託。既存ライセンスで販売。 ・遠隔診療：TeamViewer Frontlineの製品を利用。</p>
【医療・ヘルスケア】 トランスコスモス	<p>問3</p> <p><オンプレミス環境かクラウド環境か> R3年度ではクラウド環境。R4年度ではオンプレミス環境。 現地にはセンシングデバイスを設置し、データの処理、解析はクラウド側で実施する形。 横展開を想定しているのはR4年度のオンプレ構築のソリューション。</p> <p><選択した理由> R3年度実証において、クラウド構成で実装したところ、映像が安定しない事象が見られた。 そのため、R4年度ではオンプレミスかつ、既に製品化されている安定した映像処理システムを採用することとした。</p> <p><クラウドの場合の接続方式（インターネット、専用線接続etc.）> R3年度実証の形態でクラウドでの構築も可能。（ただし、前述の課題あり）</p> <p><独自開発/既存システムの活用> R3年度：独自開発部分が多い。R4年度：既存システム中心。 R3年度ではスクラッチでシステムを構築したのに対し、R4年度では汎用性を考慮し、製品として世に出ているものをベースにカスタマイズを行った。</p>
【文化・スポーツ】 電通九州、電通国際サービス	<p>問3</p> <p><オンプレミス環境かクラウド環境か> 多視点映像・ホワイトボード：映像処理サーバをオンプレミス構築 姿勢推定：映像処理サーバをオンプレミス構築（上記と同サーバを利用） VR：ヘッドマウントディスプレイ側でデータを保持、することを基本に、一部処理をクラウド構築</p> <p><選択した理由> コスト、セキュリティ、レスポンスを鑑み、オンプレミス構成とした。技術的にはクラウド上で構築することも可能。</p> <p><独自開発/既存システムの活用> 多視点映像：電通国際サービスの既存システム活用。 VR：アプリは独自開発。 姿勢推定：ほとんどのパーツを既存システム活用。ビューワーのUI、一部コードの分割を独自開発。</p>

#		問3：システム実装形態
【鉄道・道路】 清水建設	問3	<p><オンプレミス環境かクラウド環境か> クラウド環境</p> <p><選択した理由> 目指す発展形として、リアルタイムモニタリングステーションを構築し、俯瞰映像に対して様々な用途での画像解析を加えることを当初から想定して構築していたため、後付けでの機能追加がしやすいクラウド環境を選択した。</p> <p><クラウドの場合の接続方式（インターネット、専用線接続etc.）> 1Gbpsのインターネット接続を選択。 各建設現場でも、データ通信をするためのインフラを整えるようにしている。</p> <p><独自開発/既存システムの活用> 元々解析プログラムはシャープ社が構築しており、工事現場に合わせた学習をさせて使用した。 8K映像から必要なポイントの映像を2K画質で切り出す機能は独自開発をした。</p>
【防災・減災】 NTTコミュニケーションズ	問3	<p><オンプレミス環境かクラウド環境か> クラウド環境</p> <p><クラウドの場合の接続方式（インターネット、専用線接続etc.）> 基本的には専用線にて外部接続した。 一部、インターネット経由で閲覧する。この場合は、事前に指定のグローバルIPアドレスを設定して、その経路でのみアクセス可能な状態になっています。（セキュリティ対策のため）</p> <p><独自開発/既存システムの活用> 既存システムとして、路面の瑕疵検知には、RoadManager（UrbanX Technologies）の特別改修版を利用している。 上記AIシステムをEnd2Endでインテグレートするにあたって、映像伝送・蓄積、ジオフェンス、UI（伝送状況確認、振り回り映像確認）などを独自開発・実装した。</p>
【スマートシティ】 パナソニック	問3	<p><オンプレミス環境かクラウド環境か> オンプレミス環境</p> <p><クラウドの場合の接続方式（インターネット、専用線接続etc.）> 一部遠隔の映像伝送については、VPNで行っている。 移動体向けのシステムの普及加速、実装性を高めるためにシステムのクラウド化も必要があると考えている。</p> <p><独自開発/既存システムの活用> 顔認証のFaceProサーバ、コムLiveサーバ、スマホ用のコムLiveアプリ、AIは現場向け画像解析パッケージ(プロトタイプ)を既存システムとして活用した。</p>

問 4, 5 に関する各社の回答を表 3. 6. 3-3 にまとめる。

問 4：現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み

問 5：横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題

表 3.6.3-3 令和 2、3 年度実証団体へのヒアリング

問 4「現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み」、問 5「横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題」

#	問4：現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み、 問5：横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題
【工場・発電所】 住友商事	問4 <p><現在の状況> 展開の取り組みは断念しており、横展開はできていない。 工場分野を思い描いていたが、結果として別拠点のコイル工場への展開に留まっていた。</p> <p><工夫点> 遠隔監視ソリューションに関しては、利用者は4KストリーミングサーバをAmazonと契約してもらっただけで利用開始できる。 工場のデータが外に出ることを懸念されるケースがあったが、管理方法を説明することで理解を得られた。</p>
	問5 <p><継続断念した理由> 実証後1年間は費用対効果、AIの改善検討を実施。 大阪工場の商材変更があり、人手をかけたにもかかわらず製造ができるコイルに替わってしまい、費用対効果が合わなくなった。</p> <p>アプリケーションに関しては、現地工場としては導入したいという気持ちがある。 一方で、ライン変更が発生しないモビリティ性が求められないような工場の場合、無線化するメリットが高くない。 無線化する需要のある工場がL5Gにマッチすると考えている。</p> <p><課題> ・アプリケーションに関しては、現地工場としては導入したいという気持ちがあるものの、 上述のようにライン変更が発生しない工場の場合、無線化するメリットが高くない。 ・4K映像垂れ流しの従量課金を、料金的に継続利用できる利用者がいないと思われる。 ・工場側でインフラ構築を内製するのは難しい。カメラを置くべき場所などを判断するのが難しいのではないかと想定される。 ・多拠点へのソリューションの移設を狙ったが、現場の感覚と費用対効果が合わず。 同じコイルでも、色の違い等によってAIが機能しなくなってしまう。 ・工場によって省人化効果が異なる。 ・ルール、基準も工場ごとに異なる。</p>
【農業・林業】 NTTデータ経営研究所	問4 <p><現在の状況> R3-4年度の2か年の農水省実証を通じて、1事業者での費用対効果を出せるソリューションの形を検証中。 どれだけの効果が出るのかを経営データと照らし合わせている。 通信インフラを含めない、ソリューション単体での導入に向け実証事業を継続。費用対効果が認められれば横展開も検討。</p>
	問5 <p><課題> ・通信インフラについては専門家に委託の必要あり。 L5Gの場合、不具合が起こった際に事業者自身で解決することは難しい。 Wi-Fiでの提供であれば比較的導入障壁が低くなると想定。 ・農業分野では僻地でのソリューション利用が基本であるため、通信インフラの整備が必須。 システム全体に占めるL5G基地局の占める費用が大きい。 農家は費用対効果をシビアに考えているため、通信インフラ整備の費用はクリティカルな導入検討観点となる。</p> <p><キャリア5G利用/SaaS化の可能性> ・キャリア5Gは検討の軸としてはあるが、未検証。 ・SaaS型でクラウド側で処理・保存するデータ容量が大きくなるため、将来的に多くのユーザーが利用した場合には膨大なクラウドリソースを確保する必要があり、クラウドサーバーの従量課金が高額になってしまうことを懸念している。</p>
【医療・ヘルスケア】 トランスコスモス	問4 <p><現在の状況> R4年度の実証を通じて横展開可能性を検証中。 R3ソリューションに対する病院側から運用を想定した以下の要望があり、追加開発を行った。 －映像を巻き戻して確認できると良い。 －ズームイン/アウトできると良い。 －アプリケーションができないと現場では使いづらい。</p> <p><工夫点> ・機材等を汎用性の高いものを使用している。 ・映像を主観的・俯瞰的双方で確認できる点を評価されている。 ・映像巻き戻し、ズームイン/アウト、アプリケーション機能を評価されている。 ・5～10分で使い始めることができる。説明がなくても分かりやすいUIで利用者が自然と使いこなしている印象。</p>
	問5 <p><課題> ・映像の蓄積に関して、オンプレミス、クラウドともにセキュリティ要件をクリアしないといけない。クラウドでも対策を伝え、院内のポリシー（稟議委員会）をクリアすればOKというところだが、病院によって要件は異なる。 ・不具合対応、マニュアル整備が必要。 ・カメラ台数が適切かを検討しなければならない。 ・ヘッドマウントディスプレイ・スマートグラスが布製だと衛生的でない。 ・収入の構造上、病院の収入を増やすことは難しい。そのため、いかに運用面でコスト削減するかが重要となる。 業務全体のフローを改善しないとなかなか導入が進まない印象(BPR)。医療技術の高度化と効率化を同時に推進しながらも、費用対効果を上げるためには医療業務全体を通じたコスト管理をしなければならない。 ・特定の診療科のみに導入するのは費用対効果面で難しく、複数診療科に導入していくソリューションである必要がある。 ・病院によって導入するカメラの価格帯なども異なることが想定されるため、ソリューションに利用できる機器の幅を持たせることが重要と考えている。</p> <p><キャリア5G利用/SaaS化の可能性> L5Gとの費用対効果、セキュリティ要件の比較した検討が必要。 現時点では未検討。病院ごとの要件を確認しつつ、実現可能か見定めていきたい。</p>

#	問4：現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み 問5：横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題
【文化・スポーツ】 電通九州、電通国際サービス	<p>問4</p> <p><現在の状況> ソリューションの構成パーツ毎に横展開に向けた取り組みを継続。 多視点映像：スポーツに閉じず、エンタメイベントにも転用している。 ホワイトボード：スポーツ系をターゲットにしているため、実証に特化していた。まだ導入事例はない。 VR：エンドユーザーへの体験共有、製品共有を通して検証を継続。 姿勢推定：AIのアルゴリズム検証を進めている。PoCに取り組み中。</p> <p><工夫点> 多視点映像： ・リアルな視点を再現するべく、カメラの首振りを実現する。 ・ターゲットユーザーに合わせて視聴できるデバイスを変えられるような対応。 ・メーカーによって仕様の違いがあるため、それらを汎用化するような動きをしている。 VR： ・ホワイトボードの様子とVR空間のリンクを意識した。VR空間にいなくても映像が見られるようになる。 （メディア間の連携、シームレスな基盤） ・スループットが不安定で取得するデータのフレームレートが一律でないような課題が挙げられた。 工夫として、ネットワークのパラメータ変更、ビットレート最適化に対応した。</p> <p>問5</p> <p><課題> 多視点映像： ・利用するデータがセンシティブなものになるケースもあるため、利用者が増えた際のデータ管理等セキュリティの観点を持つことが必要。 ・L5Gではスループットが安定せず映像が乱れる場面がある。 VR： ・ヘッドマウントディスプレイ装着の負荷への配慮が必要。 ・数msecの遅延性回線を利用者が体感できないため、5G特性を有効に活用するユースケースは未だない状況である。 ただし、VRを活用した遠隔操作等、よりリアルタイム性を求められるソリューションであれば5Gが必要が高まるのが想定される。 姿勢推定： ・利用者の動き方と分析の仕方が変わってくるのがポイント。 ・現時点のソリューションではHD画質の映像でも姿勢推定できており、5G特性を有効に活用するユースケースは未だない状況。 大きなスタジアムや、大規模工場等で、遠い距離にいる人物の姿勢を推定する場合には4K画質が必要になることは考えられる。 ・ビジネスモデルとして成立しないことが大きな課題、お金を生み出すソリューションでないため、エンドユーザーにROIが伝わりにくい。 ・L5Gの構築費用に見合うソリューションを1用途単体で創出することは難しいため、L5G上で動作する複数のソリューションが同時に利用される環境が必要である。</p>
【鉄道・道路】 清水建設	<p>問4</p> <p><現在の状況> 展開の取り組みは断念。同ソリューションでの横展開はできていない。</p> <p><工夫点> ・8K高精細カメラと5FA通信網の大容量通信を活用し、建設現場の高精細かつ広範囲な俯瞰映像を取得した。 ・データ容量が大きく、扱いづらい8K映像から必要な範囲のみを2K画質で切り出して閲覧できる仕組みにした。</p> <p>問5</p> <p><継続断念した理由> 映像の付加価値を高めるための複眼での映像取得を構築したが、技術的な課題があった。 映像伝送をスムーズに行うことができなかった。この機能をさらに開発するための予算確保が難しく、展開を進めるためのプロジェクトは一旦停止している。</p> <p>前提として、キャリア回線で構築できれば機材配置、カメラの配置替えがしやすくなるため、理想的であるものの、今回の実証場所ではキャリア回線が届かない場所であった。 キャリア回線が届かない場所で工事をすることも少なくないこと、キャリア回線が届く場合でも、通信の安定性を考慮し、光回線を現場まで引き込むことが現在は主流である。</p> <p>シャープ社の試作システムであるため、不具合が発生した際にトラブルシューティングに時間がかかる。5Gシステムの専門家が現場にいないといけないため、ハンドリング性が悪くなる。</p> <p>AIの学習についても同様で、運用中の学習による精度向上の仕組みを構築したかったが、その部分の対策については改善意欲はありつつも取り組むことは叶わなかった。</p> <p><課題> ・ハードの課題が大きいと想定。工事現場にL5Gを構築、屋外であること、プロジェクトごとに必要機材の調達が必要という条件となる。その土地土地で必要な機材を揃え、2～5年の期間で費用対効果を出さなければいけないことが難しさである。 ・管理する上での技術者数不足も挙げられる。 AI解析： ・現状は現場ごとに精度を高めるための学習をさせている。 ・別の現場で同じ学習モデルをそのまま使う場合は追加学習が必要だと考えている。今後は業界全体でデータプール等を準備して学習の準備にかかる稼働を削減する工夫も考えられる。</p>

#		問4：現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み、 問5：横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題
【防災・減災】 NTTコミュニケーションズ	問4	<p><現在の状況> 展開に向けた活動は一旦ストップし、機を見ている。</p> <p><工夫点> 汎用化観点での工夫点としては、ローカル5G端末と一部の設備を保有していれば、複数の利用者が利用でき、多拠点から情報を収集できる。 これをクラウド上で蓄積、分析、活用することで、中枢システムの高度化にも活かすことが可能。システムを高度化することで、より正確な分析ができ、深い示唆を得ることができると考えている。 ユーザが増えることで中枢システムのリソース不足が考えられるが、環境の増設をすることで解決可能だと考えている。</p>
	問5	<p><継続断念した理由> 道路予算が必要、R3年度末に国会予算審議に起案あり。 国土交通省への提言はR3年度末に実施済。受益者である国土交通省や予算配先の道路管理者（自治体等）の動きを見ている状況。</p> <p><課題> ・道路管理者の予算獲得（費用捻出の原資） ・半導体不足による必要機材の欠品 ・利用者へのナレッジトランスファー</p>
【スマートシティ】 パナソニック	問4	<p><現在の状況> いくつかの定点カメラの監視ソリューションをサービスインしている。 移動体カメラについては、人を見守ることが難しく展開に苦戦している。 5Gと画像認識を活用した街空間演出に横展開している。</p> <p><工夫点> ・現在展開しているサービスについても、WebAPIで連携して使われることが多い。 ・SaaS提供形態としての実装の工夫： コスト面については、アプリケーションの要求品質を落とすために、解析画像の画質、フレームレートを落として細切れ画像で解析した。これにより、トラフィックとトラフィック量を落とし、基盤側のランニングコストを低減する仕組みをとった。</p>
	問5	<p><課題> ・人を見守る場合には、被写体の合意が必要であるため、カメラを固定設置し、映る範囲に利用目的の掲示が必要となる。 ・すべての映像をクラウドにアップロードすると負荷が大きすぎる。10分単位での静止画の処理を行うことで負荷軽減している。 ・混雑状況可視化ソリューションは、ユーザー毎の利用方法がシーン毎に異なり、その利用用途・現場環境に合わせた性能を出すための設定、カメラ設置を型化していく点が難しい。 ・移動体カメラを画像認識に使う場合、人のプライバシー保護が難しい。ロバスト性を高める等の画像処理が必要。 ・設置場所によっては導入による費用対効果が見込めないものもある。 ・道路は利用用途が限定的で費用対効果が見込めないとと言われることが多い。L5G、5Gともに市場に普及してくることで展開が進むものと思われる。リアルタイム信号処理のような一部連携機能は5Gとの親和性が高いと想定している。</p>

b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング

問1に関する各社の回答を表3.6.3-4にまとめる。

問1：ソリューション展開状況

表 3.6.3-4 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング回答内容
問1「ソリューションの展開状況」

#	問1 ソリューションの展開状況
【工場・発電所】 フツバー	製造業を主要顧客としているが、物流業界や、農作物等の第一次産業の検品といった用途でも利用されている。 人の目による判断を置き換えるという用途が共通していれば、製造以外の業種でも活用することは可能。 特徴的な利用分野では、安全行動の分析や、体験型イルミネーションの照明演出に活用された事例もある。
【農業・林業】 企業名非公開	農業用ソリューションとして展開しているが、作物の生育/収穫予測の技術が、食品流通や物流業と連携する可能性はあり得ると考えられる。 農業用ドローンでジオデータの測量分野への活用、ドローンによるインフラ点検等の用途に展開することも考えられるが、農業用ドローンとインフラ点検用(産業用)ドローンでは、求められるスペックや用途ごとの航空法での規制が異なる為、一概に技術転用(ノウハウ含め)が可能とは言えない。
【医療・ヘルスケア】 エルピセル	基本的には医療分野でのAI画像診断支援用途での展開を想定している。 大規模な病院だけでなく、クリニック等の小規模な事業者にも展開できるよう、新サービスの提供を始めている。 上記以外では、製薬系の企業と共に、創薬にAIを活用する取り組みを行っている。
【文化・スポーツ】 NTTSportict	基本的にはスポーツ領域に集中して取り組むことを考えているが、一部で文化活動や運動会等も催物などへの展開も視野にいれている。 スポーツ領域の中では、配信用途だけでなく、練習、分析、コーチング等の用途でも使用できるように機能拡充を行なっている。 現在のソリューションだけでなく、複数カメラでの多視点映像を自動撮影できるソリューションの構想もある。
【鉄道・道路】 DataRobot	製造、小売、通信、金融、建設、教育、ヘルスケア等、様々な業界で導入されている。 一部上場企業など大規模事業者中心。 スタートアップの利用者もいるが、その場合AIやデータ分析に明るい人材が社内にいることが多い。
【防災・減災】 Spectee	自治体等の公共機関がメインユーザーであるが、民間企業においても、建設、製造、報道、物流と様々な業界で活用されている。特に報道関係の企業においては業界内の大部分の方々にご利用が広がってきている。ただし、報道機関を除いた民間企業の利用者は大規模事業者が中心となっている。 活用用途については、防災の用途から広げる予定はないが、取得データや分析結果をマーケティング等の用途に利用したいという要望がある。そういった要望に応えるためにAPIを公開し、他事業者が別用途でデータを活用できる状態を整えている。
【空港・港湾】 丸紅ネットワークソリューションズ	鉄道、道路、製造、商業施設、マーケティング等、様々な業界、用途で導入されている。

問2に関する各社の回答を表3.6.3-5にまとめる。

問2：システム実装形態

表 3. 6. 3-5 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング回答内容
問 2 「システム実装形態」

#	問2 システム実装形態
【工場・発電所】 フタバ	<p><システム構成> ・オンプレミス環境とクラウド環境を併用している。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・処理スピード・サーバー側の従量課金コストを考慮して、AIによる判断はエッジ（オンプレミス）側に構築し、学習データ蓄積、モデル構築の仕組みはクラウド側に構築している。学習データ蓄積・モデル構築はリアルタイム性が求められないため、メンテナンス性が高いクラウドでの実装を選択している。 ・セキュリティの観点でクラウド利用を懸念されることは直近3年でほとんどなくなってきた。 ・セキュリティ性ではなく、決裁の通しやすさの観点から、サブスク型ではなく、買い切り型を好まれることは度々ある。製造業界にはランニングコストを払うという文化がなく、買い切りで購入した上で、5年間で減価償却したいと要望されることがあり、そういった利用者からはオンプレミス環境を求められることがある。</p>
【農業・林業】 企業名非公開	<p><システム構成> ・提供中の農業向けデータ連携プラットフォームはオンプレミス環境、クラウド環境のいずれでも実装することは可能。 ・農業用ドローン自体に画像解析ができる機能は持たせていない。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・データの取得と解析をドローン側でリアルタイムで行う場合、膨大なデータ量を処理する必要があり、費用面や環境面で実現が難しいと考えられるため。</p>
【医療・ヘルスケア】 エルピクセル	<p><システム構成> ・EIRL Server（大規模・中規模病院向けサービス）はオンプレミス環境 ・EIRL Cloud（小規模病院・クリニック向けサービス）はクラウド環境</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・大病院では院内のネットワークをクラウドに接続する際に、病院ごとのセキュリティ要件に準拠する必要がある。そのため、病院毎のカスタマイズがしやすいEIRL Serverが選択されることが多い。 ・大病院では大量の画像を当システムで処理することになるため、院内のPACSと接続して自動的に当システムにデータ転送される仕組みを構築することが多いが、EIRL CloudはPACSとの接続に非対応なため、大病院ではEIRL Serverが選択されやすいと考える。 ・一方で、EIRL Cloudはクラウド環境で提供することで、導入費用と導入時の作業負担を減らし、小規模病院やクリニックでも利用しやすいサービスとして設計している。 *PACS：医療用画像管理システム</p>
【文化・スポーツ】 NTT Sportict	<p><システム構成> ・常設モデルはオンプレミスにてAI映像処理を行い、その後、映像管理についてはクラウドにて管理。可搬モデルはクラウドにてAI解析及び管理される。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・現場にいる選手やコーチ等により高精細な映像を見られるように、圧縮前の映像を閲覧できる仕組みを整えている。 ・屋外で有線ネットワークがない状態で利用されることも想定されるため、モバイルルータでもアップロードできる程度の通信帯域（10Mbps以下）があれば十分に伝送できる容量まで映像を圧縮する構成としている。 ・クラウド利用時のセキュリティ性に対する懸念について、利用者様ごとのアカウント管理にて映像は管理されており、エンドユーザー側から指摘されたことはない。</p>
【鉄道・道路】 DataRobot	<p><システム構成> ・オンプレミス環境、クラウド環境双方に対応可能。利用者指定の環境でも構築の手間を減らせるよう、DL型に対応。構築後のAIモデルはエッジ側の端末にインストールすることができ、オフラインで解析を行うことも可能。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・SaaS型での提供を行いながら、DL型も選択できるようにしている理由は、利用者毎のセキュリティ性、可用性に関する要求の違いに柔軟に対応するため。異なる環境下であっても少ない工数で実装できるようにDL型にて提供している。 ・ヘルスケア業界や、製造業界、通信業界等ではSaaSではなくDL型を選択されやすい傾向にある。 ・エッジ端末側で処理をさせることのメリットとして、セキュリティ性以外にも、処理結果をリアルタイムに出力できるという点もある。検査等の用途ではリアルタイム性が求められるケースがあり、例えば、ベルトコンベア上に流れてくる加工品に対して仕分けをするような処理の場合、遅延が発生すると仕分けタイミングがズレてしまうため、検知した加工品ではなく、その後ろに流れている物を誤って仕分けしてしまう恐れがある。 ・同様に、打音検査にAIを活用する際にも、異常検知タイミングと打音発生タイミングが大きすぎてしまうと検査精度・効率が悪くなる懸念があるため、リアルタイム性が求められる。</p>
【防災・減災】 Spectee	<p><システム構成> ・クラウド環境で構築している。一部の映像データ解析を利用するエンドユーザーにおいては、映像データのアップロード量を低減するために、分析機能をエッジ側に持たせる構成で構築することもある。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・災害情報に関するビッグデータを解析し、分析結果を提供するというサービス特性上、一元的に情報を集約する必要があるため、クラウド環境が適している。</p>
【空港・港湾】 丸紅ネットワークソリューションズ	<p><システム構成> ・オンプレミス環境、クラウド環境双方に対応可能。 ・AIを搭載しエッジ処理を行うカメラと、AIを搭載していないカメラで映像をアップロードする形式双方を、利用者の要望に合わせて提供している。</p> <p><現在のシステム構成を選択した理由> ・利用者によりAIの要否が異なるため、AIを搭載しているものとしていないもの双方を提供できるようにしている。 ・クラウド利用時のセキュリティ性に対する懸念について、利用者側から指摘されたことはない。</p>

問 3 に関する各社の回答を表 3. 6. 3-6 にまとめる。

問 3：汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点

表 3. 6. 3-6 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング回答内容
問 3 「汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点」

#	問3 汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点
【工場・発電所】 フツバー	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・各社毎の基準に合わせたモデルを素早く構築するために、少ない正解データで精度を高められる仕組みを整えている。 具体的には、ネジならネジだけに特化したデータセットを元にベースモデルを作ることで、利用者から提供される正解データが少なくても素早く精度を上げることができる。 様々な物体を判定できるAIのベースに対して、ネジの不良品検知までさせようとすると、膨大なデータが必要となる。 ・GUI上で利用者が正解画像をアップロードすることで追加学習させることが可能。極力利用者側の負担を減らすため、日々の運用の中で学習できるようにサービスに仕立てている。</p> <p><異なるユーザー環境に柔軟に対応するための工夫について> ・カメラ、照明の設置・調整は画像認識の精度に大きく影響する。そのため光学技術を有したエンジニアが最適な環境を構築する。そのノウハウがあれば同商品の隣のラインへの展開が可能。 ・同じものを作っている会社や納品先によって、不良、合格の基準が異なるため、検査AIは汎用化が難しい。 ・利用者側の品質検査の判断基準を、明確化することが重要。判断基準のルールを決めていても、実際の現場の運用は異なっていることがあり、そこを明確化しないと機械が決められたルールと実際の運用のどちらの基準で学習するかが明確化出来ない。 ・最初の段階で要件定義をしっかりと行っているので、スムーズに進むケースが多いが、お客様の要望で後から要件が変更となって作り直す場合は想定より効果発現に時間がかかる。どのような検査がしたいかの要件はしっかりと事前に決めると良い。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・各企業毎のモデルを構築しており、各社のモデル・データが他社のもものと混ざることがないように構造にしている。</p> <p><その他> ・モデルの構築は1～3ヶ月程度で行えることが多いが、運用する中で判断基準の変更が発生することが少なくない。それらの調整をしていると、5-9ヶ月ほどの期間を要することとなる。 ・データ収集のためのシステムや、ノーコードで追加学習を行うための仕組みをAPI化して、他のAIベンダーに提供することもある。</p>
【農業・林業】 企業名非公開	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・運用保守課題を解決するというよりも、どのような環境であれ、農業者及び農業関係者がソフトウェアを活用する事自体が難しいと考えている。理由としては、導入負担においては、予算がなく導入や教育を受ける事が難しい点と、ソフトウェアを自身で活用するという意識の醸成が現場ではさほど高くない印象であるため。</p> <p><異なる利用者環境に柔軟に対応するための工夫について> ・品種や天候等、前提条件のパターンが無制限に近いため、偏ったデータ（品種、地域）にならないよう広域でパートナーと連携している。 ・基本的に、ソリューションの利用時間帯を統一することで撮像時の明暗の影響を受けないようにしている。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・現時点では特になし。農業関係者がソフトウェアを導入するケース自体が少ない為、システム保守による障壁まで課題感が到達していない。</p>
【医療・ヘルスケア】 エルピクセル	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・検査画像の管理システムであるPACSと連携を可能とすることによって、当システムに対して利用者が手動でデータを投入する手間を削減している。</p> <p><異なるユーザー環境に柔軟に対応するための工夫について> ・病院にシステムを納入する際には、各病院ごとのセキュリティ要件に準拠する必要がある。そのため、病院向けにはカスタマイズしやすいオンプレミス型で提供している。それに対して、導入コストや運用保守の手間が導入ハードルとなるクリニックに対しては、手軽に導入しやすいクラウド型を提供することで、幅広い利用者ニーズに対応できるように工夫している。 ・医用画像規格「DICOM」に準拠することで、他社の医療機器との連携を取りやすくしている。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・EIRL-Cloudにおいては、いくつかメトリクスに応じてオートスケーリングを行っている。</p>
【文化・スポーツ】 NTT Sportict	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・映像配信PFを提供。撮像開始タイミングを日時予約して利用する形をとっている。 ・常設カメラの場合は現地でキャリブレーションが必要。設置・キャリブレーションはNTT Sportict側で行う。一度設定してしまえばその後は調整を必要としない。 可搬カメラの場合は利用者側にてコートサイズに合わせるためのキャリブレーション作業は不要であり、スマホアプリで少し操作を行う程度で済むように設計している。 利用者がキャリブレーション作業で苦戦することはほとんどない。 ・配信PFの利用方法の事前レクチャー、運用支援、トラブルシューティングもやっている。 ・導入後の利用者の準備物としては、インターネット環境、メールアドレス程度。利用者様にてページに関するディテールも設定可能。 ・アーカイブ用のストレージでは1年間映像の保存が可能。映像の保存容量は無制限。</p> <p><異なる利用者環境に柔軟に対応するための工夫について> ・色調調整も自動で行うように作られているため、大きな影響はない。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・全機器ではないがモニタリングしている。通信不通の場合にアラートが鳴るような設定も行っている。 ・ハードウェア故障時の場合、問題の切り分け、シューティングを即時オンサイトで支援している。動産保険の加入による代替機での運用も行っている。 ・トライアル対応もしている。実際に設置する環境で試したいと要望されるケースも少なくないため、柔軟に対応している。 ・比較的高コスト保有がある等企業や放送局は常設カメラが中心。施設をもたない事業者、団体は可搬式カメラも検討する。費用面の課題をクリアするため、補助金、助成金を活用しながら、小規模な事業者やチームにアプローチすることもある。</p>

#	問3 汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点
【鉄道・道路】 DataRobot	<p><利用者負担を低減する工夫について> 以下3つの機能が特徴である。 ・モデル構築の簡便性（データサイエンティストでない方でもノーコードでモデル構築が可能） ・モデル運用・管理・検証の効率性（作成したモデルの管理・検証から再構築までを素早く行うことができる） ・構築したモデルの説明性（影響する特徴量が可視化されるため現場/他部署に仕組みを説明しやすい） 加えて、データクレンジングを行うアプリケーションや、実装後モデルの運用管理アプリを提供し、一気通貫でサポートしている。 ・ソフトウェアの提供に留まるのではなく、各業界に特化した専門知識を持った伴走支援メンバーを利用者のAIプロジェクトにアサインさせている。業界特有の課題・優先事項を理解していることや、複数部署を巻き込むためのプロジェクト推進方法等を熟知したメンバーが利用者をサポートすることでプロジェクトの成功確度を高めている。 ・利用者側の推進者にデータを活用に関するノウハウを身につけてもらうことも重要であると考えており、プロジェクト内で講習を行ったり、教育支援プログラムの提供を行っている。</p> <p><異なるユーザー環境に柔軟に対応するための工夫について> ソリューションとしては以下の工夫を行なっている。 ・帰帰、分類、異常検知、監視、etc.と様々な利用シーンに対応可能 ・データについても数値、カテゴリ、画像、位置情報、テキスト、etc.と様々な形式に対応 ・利用者のセキュリティ要望に柔軟に対応するためにSaaS型とDL型の双方に対応</p> <p>その他、AIの学習精度を高めることが難しい事例に対しても、以下のようなアプローチにより対応している。 現場環境の変化により画像認識の精度が大きく左右される場合： ・学習に使用するデータにあえてブレを持たせることによって、環境の変化に影響を受けにくいAIモデルを構築することができる。具体的には、ボカして撮影する、角度を変える、中心から対象物をずらす等。</p> <p>失敗データが少なく、学習に使用するデータの取得が困難な場合： ・失敗をどのように定義するかによって、データの取りやすさが異なる。設備保全の用途であれば、故障そのもののデータは取得しにくい、故障原因となる箇所の損傷具合に関するデータであれば取得しやすい。そのため、失敗の定義を工夫することで学習データを収集できることもある。</p> <p>・どうしてもデータが少ない場合は以下の2パターンのアプローチに大別される。 失敗データがまったくない状態： →教師なし異常検知という手法で対応。</p> <p>少なからず失敗データがある状態（不均衡データの取り扱い）： →失敗データに対しての学習に重みづけする。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・エンドユーザーのセキュリティ要望に柔軟に対応するためにSaaS型とDL型の双方に対応している。 ・構築後のAIモデルはエッジ側の端末にインストールすることができ、オフラインで解析を行うことも可能。 ・クラウドサービス提供者に求められる標準的なセキュリティ認証の取得を行う。</p> <p><その他> ・AI導入プロジェクトを成功に導くために、当ソリューションを活用して、乗り越えようとしている課題は何か見極めることを重要視している。 AIを活用するべき課題なのか、他のソリューションの方が向いているのか、費用対効果がどの程度あるのか等 ・AIプロジェクトで取り組むテーマを決定する際には、DataRobot独自のフレームワークを活用し、取り組むべきテーマの優先順位付けを行っている。大きな軸では、ビジネスインパクトと実現性の2軸で評価を行う。 ビジネスインパクトの軸は、単に金額の大小を評価するわけではなく、各企業毎に大切にしている指標（労災の発生率やお客様満足度等）を把握し、軸の中に取り入れることが必要だと考えている。</p>
【防災・減災】 Spectee	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・災害発生時には日常的に当サービスを利用しない方もアクセスすることになるため、そういった利用者でも直感的に利用できるUIを整備することにこだわっている。 具体的には、日常的に利用しているメッセージアプリを通して利用できるようにしたり、災害情報の通知に関してはログイン不要で閲覧できるようにする等の工夫を行っている。</p> <p><異なる利用者環境に柔軟に対応するための工夫について> AIを活用するビッグデータは、情報の所有者によって形式が異なるものが多いため、データクレンジングには非常に手がかかる。 監視カメラ等の画像データにおいては、環境やカメラの種類によって色合い等も変化するため、AIの分析前に画像処理を加える等、柔軟に対応できるような仕組みを構築している。 他の例では、各自自治体で作成するハザードマップのフォーマットにも、色付けや、表記方法等の差分があり、データクレンジングを行う必要があった。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・利用者にとって情報の正確性は重要な要素となっており、情報の正確性を担保するためにはAIだけでは難しく、人間の目を通すフローにすることで利用者のニーズを満たすレベルの正確性を担保している。 ・災害発生時に利用するツールであるため、可用性を高めることに注力している。 災害発生時にアクセスが集中することによるサーバー負荷に関しては、toBのサービスとして提供していることもあり、アクセス数が急激に増えて処理が追いつかなくなるといったことは発生しにくい。アクセスが集中した場合にも、クラウドサーバー側で必要な処理能力に合わせてリソースを増減させられるようにオートスケーリングに対応した構成としているため、利用者数の増加があっても問題なく運用できよう準備している。 ・大規模災害が発生した場合により懸念されるのは、災害情報がネット上に多数発信されることによる、インプット情報の増加である。こちらについてもオートスケーリングへの対応と、負荷分散の仕組みを構築することで大規模災害発生時にもサービスを継続提供できる体制を整えている。</p>
【空港・港湾】 丸紅ネットワークソリューションズ	<p><利用者負担を低減する工夫について> ・道路等の現場で利用する場合、100Vの電源と三脚を用意するだけで利用可能。 ・撮影したデータはカメラ内のSDカードに格納している。利用者の用途に合わせて容量を選定できる形をとっている。</p> <p><異なるユーザー環境に柔軟に対応するための工夫について> ・AIは特定の対象物を監視することに特化したモデルを提供している。利用者からクラウドにアップロードされた画像をクラウド側で追加学習して、汎用化モデルの精度向上を図ったうえでアップデートされたモデルをデプロイしている。 一方で、対象物がユニークであったり、画角が通常と異なるようなケースにおいても特定の現場・事業者ユニークなモデルの提供を行っている。 ・撮影環境については特に注力した。車両のヘッドライトが入り込みハレーションを起こすようなケースや、画角が適切でないケースがあるため現地の環境構築が重要となる。</p> <p><利用者に安心して利用してもらうための工夫について> ・死活監視を行なっている。ハードの故障、不備については利用者の要望に合わせて予備機器を購入してもらい、センドバックで対応している。 基本的にはクラウドとなるため、要望に合わせて遠隔での運用保守対応をしている。 ・トライアルも実施している。ケースバイケースだが、有償で行うことが多い。</p>

問4に関する各社の回答を表3.6.3-7にまとめる。

問4：5Gインフラ普及により期待できるサービスの発展性について

表 3.6.3-7 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング回答内容
問 4 「5G インフラ普及により期待できるサービスの発展性について」

#	問4 5Gインフラ普及により期待できるサービスの発展性について
【工場・発電所】 フツバー	・不良画像から不良発生原因を特定し、原因となった生産ラインを修正するところまで自動化したいという構想がある。その場合に通信スピードもボトルネックの一つとなるため、5G通信の普及によって通信スピードが向上した際にはこのようなユースケースが期待できる。
【農業・林業】 企業名非公開	・ドローン画像より、衛星画像の方がデータ取得に関わる運用が簡易。一方、衛星画像の解像度では解析粒度が粗くならざるを得なく、営農判断まで至らないケースがほとんどである。カメラ側の技術問題もあるが、衛星画像の高解像度化及び、大容量通信を安価に提供可能となると大きくソリューションの運用課題解決、クオリティ向上、普及が加速すると考えられる。
【医療・ヘルスケア】 エルビクセル	・特にEIRL Server(オンプレミス)の施設において、オンプレミスでの解析ではなく、データをクラウドに送ってクラウドで解析、その後オンプレミスで結果をダウンロードする、等がより容易になる。
【文化・スポーツ】 NTTSportict	・フルリモートプロダクション（複数カメラの設置に伴う自動スイッチングやリモート実況）を行うソリューションが発展しやすくなると想像している。
【鉄道・道路】 DataRobot	<ul style="list-style-type: none"> ・使えるデータの幅が広がることで、AIを活用できるテーマの幅が広がることが期待できる。 ・さらには、使えるデータの幅が増えることによって解析した結果見えてくるインサイトの解像度が高まることが考えられる。 例え、5Gの特長である大容量、多端未接続といった点を活用し、交通、建設、製造といった現場において、IoTとAIを組み合わせた大規模データ処理を行うということは検討の余地があると考えている。 ・ただし、使えるデータが増加することによって、それに見合ったサービスの提供体制、運用体制が求められる。 例えば、データ量が増加することにより、利用者の手元でのモデリング、予測処理に時間がかかることは想定されるため、バッチ処理等の工夫により、処理を高速化する仕組みが求められる。 ・SaaSのリソース負荷も増加することが見込まれるため、負荷分散をさせるための工夫がベンダー側には求められると考えている。DataRobotとしてはこういった想定を元にサービス設計をしている。 ・データが膨大になることによって、データから何を導きたいかが不明確になることも想定されるため、AIプロジェクトのテーマ設定、プロジェクト設計等の重要性がより増していくことが考えられる。そのため、外部のデータサイエンティストが主導する形だけではなく、利用者の内部にデータ活用に長けた人材を育成していくことが必要になってくるのではないかと考えている。
【防災・減災】 Spectee	・災害時に物流の被害を把握する上で、物流のトラックなどからの情報取得が必要になる。また、物流のトラックには冷蔵車など積荷の温度データの管理が必要なものなどがあり、こういった車両では走行中に継続的に温度データを取得したいというニーズがある。その際にはトラックに搭載されたセンサーデータをモバイル通信網で取得する必要があり、5Gの普及により多端未接続が一般化された際にはこういったユースケースが期待できる。
【空港・港湾】 丸紅ネットワークソリューションズ	<ul style="list-style-type: none"> ・現在行っているエッジでの解析がクラウドに集約し管理が容易になる。 ・帯域を気にせず高画質の画像を送ることができるため精度が向上する。 ・リアルタイムのレスポンスが必要な案件に対応する事ができるようになる。

(2) ヒアリング結果の整理および各社の傾向

a. 令和2年、3年度 L5G 実証参加団体と b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーに対して、分野横断的に 5G ソリューションが普及・展開していくために、各業界のユースケースや課題感、ソリューションの導入に際して検討・配慮が必要となる内容を確認した。以下では、ヒアリング結果を整理、および各社の傾向をまとめる。

a. 令和2、3年度 L5G 実証参加団体へのヒアリング

問 1. ソリューション利用対象

ヒアリングを実施した 8 団体中 7 団体が「複数の事業者がソリューションを利用することを想定した。」と回答。「単一事業者のみが利用することを想定。」と回答した 1 団体に関しても、実証中事業の中で費用対効果が実証された場合は複数の事業者に展開していきたいという意向を持つ。

上記より、複数事業者での共用化を見込む団体を対象としてヒアリングができたと言える。

問 2. 他業種・他分野へのソリューション横展開への想定状況

想定する業種・分野は各団体のソリューション毎に様々であったが、他業種、他分野への展開方法として、大きく以下の 3 パターンに分けられた。

A. 同業種への横展開

B. 他業種、同用途への横展開

C. ステークホルダー内の他業種への横展開（病院→消防など）

問 3. システム実装形態

ヒアリングを実施した団体のソリューションの 14 個のうち、9 ソリューションがオンプレミスでの実装であった。

オンプレミスを選択した理由として、以下が挙げられた。

- ・実装コスト
- ・運用性
- ・L5G の低遅延性を活かす構成
- ・クラウドにした場合の従量課金コストへの懸念

一方で、クラウドを選択した 5 つのソリューションについて、クラウド実装を選択した理由として以下が挙げられた。

- ・将来の機能拡充のしやすさ
- ・利用者が大幅に拡大することを想定した際のコストメリット
- ・利用者側の環境整備負担低減

問 4. 現在のソリューション横展開や事業展開などの実装に向けた営み

5G ソリューションとして、インフラ～アプリケーションまでのシステム全体の展開に向けた営みを継続できているのは、14 個のソリューションうち、1 ソリューションという結果となった。

一方、アプリケーションもしくは、アプリケーション内の 1 パーツの有効性が認められ、横展開に向けた営みを継続できているものであれば、14 個のソリューションうち、10 ソリューションとなった。

横展開の営みが継続されているソリューションの傾向をまとめると以下となる。

- ・クラウド形態でサービスが実装されており、API を活用して他システムと連携しやすい形態で提供されている（電通九州：姿勢推定）
- ・映像伝送、双方向でのコミュニケーション 等のシンプルかつあらゆる用途での利用が見込めるアプリケーション（トランスコスモス、電通九州：多視点映像、遠隔指導、パナソニック）

問 5. 横展開、事業展開において、機能・非機能要件といった要件を設定するうえでの観点や課題

◆横展開における課題

横展開、事業展開をしていく中で課題となる事項は、大きくソリューションの提供を行う際に起きる課題と、通信インフラに関わるものの 2 つに大別された。

<ソリューション提供>

ソリューションを提供していくうえでの課題として、以下 3 点が挙げられた。

- ・画像認識の性能に関するもの

- ・ SaaS 型にすることによるもの
- ・ セキュリティの観点

画像認識については、異なる現場環境（天候や日照条件、デバイス、人の判断基準）への柔軟な対応の必要性が高い点を挙げる団体が多かった。また、AI の精度が発現し、実運用開始に至るまでに膨大な AI の学習データが必要であることも課題として挙げられた。

SaaS 型でソリューションを提供していく際に、大容量データの保存、処理にかかる従量課金の費用が大きくなってしまいうことも課題として挙げられた。

セキュリティ性の担保の観点では、機密情報の保全が重要であり、その要件が事業者ごとに異なる点も留意する必要があるとの回答があった。また、特に画像認識をするケースでは第三者が写り込む可能性のある場所での運用に留意しなければならないという回答もあった。

<通信インフラ>

通信インフラに関する観点として、以下 3 点が挙げられた。

- ・ 現状 L5G のコストが高いため、コストに見合うだけの必要性もしくは、多目的での利用が必要となる。
- ・ 現場での取り回しの悪さ（現場に 5G の無線技術を理解したエンジニアが必要）
- ・ 通信の不安定さ

L5G のインフラ整備コストについては、単独のユースケースに対して通信インフラを構築するには、価格が見合わないこともあり、L5G の通信インフラ上で活用するソリューションを可能な限り集積し、複数のユースケースに対応可能とすることによるコスト低減の方策が必要であるという回答があった。

通信インフラを課題解決の現場に構築することにより、インフラ機材の故障やトラブルが起きた際に事業者自身でトラブルシューティングすることが難しいことが課題として挙げられた。仮に、この運用・保守を続ける場合には 5G 通信インフラを理解したエンジニアの運用支援が必要になるという回答があった。

通信の不安定さについては、画像認識や映像伝送などのデータ通信を行う場合に無線区間のスループットが安定せず、映像のフレームレートが一定にならないことも課題として挙げられた。特に、リアルタイム性が求められるシーンでは映像の乱れが影響してくるため、特に留意が必要な点と考えられる。

◆横展開させるために行った工夫

横展開を進めていくうえでの工夫点として、以下の項目が挙げられた。

- ・ 直感的な UI
- ・ あらゆるデバイスに対応できる接続性
- ・ Web ブラウザ等の汎用的なデバイスで利用できるアプリにする

- ・ Web API を公開することで他社のソリューションと連携して使用できるサービス形態とする
- ・ システム全体としてではなく、特定のアプリケーション毎の機能強化・精度向上に取り組む
- ・ アプリケーションの要求品質を落とすために、解析画像の画質、フレームレートを落として細切れ画像で解析。これにより、トランザクションとトラフィック量を落とし、基盤側のランニングコストを低減する仕組みをとる

ユーザビリティや汎用性を高める工夫として、直感的な UI、あらゆるデバイスへの互換対応、Web ブラウザ等での利用対応といったものが挙げられた。アプリケーションそのものの機能だけでなく、UI/UX への配慮もソリューションを展開していくうえで重要な要素であると捉えられる。また、高解像度の俯瞰映像に対する基本的な操作（ズーム、移動、巻き戻し）や、絵や文字の書き込み等の付加価値のある機能を実装することで、さらなる価値向上が見込めるものと想定する。

Web API の公開や、特定のアプリケーションの機能強化については、インフラも含めたシステム全体の横展開として捉えるのではなく、利用が見込まれる機能から徐々に展開を進めていくというアプローチである。

コスト面については、アプリケーションの要求品質を落とし、インフラ側のトランザクション量を軽減していくという手法が見られた。この際、ユーザのニーズを充足する範囲内で品質を落とすことが重要である。

b. 各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング

問 1. ソリューションの展開状況

ヒアリングを実施した AI ベンダーの中には、以下 3 パターンの AI ソリューションの提供方法が見られた。提供形態によって他業種・他分野への展開のしやすさが異なっていることが読み取れた。それぞれのモデルの特徴を表 3.6.3-8 に示す。

- A：複数の利用者に対して一つの共通のモデルを展開する
- B：利用者毎に個社毎のモデルを構築する
- C：利用者のモデル構築を支援する

A のモデルの場合、現在展開中の分野内での利用拡大を目標としている回答者が多く見られたことから、多分野への展開し難い方法と考えられる。一方で、大規模事業者に限らず、小規模な事業者にも展開を進めている回答者も存在していることから、利用者側の費用面及び、稼働面の導入負担を減らすことに適している提供方法であると考えられる。AI の判断基準に利用者毎の差異がないことが条件での展開になる。

B のモデルは、本実証で構築した鉄道車両監視 AI と同様の提供スキームである。当モデルに該当する

企業は、フツパー1社のみであったが、製造業を利用者の中心としつつ、物流、第一次産業等において、人の目による判断を置き換えるという汎用性の高い用途で利用されている実績がある。このことから、同用途に限定されるものの、Aの提供方法と比較すると多分野に展開しやすい方法と考えられる。当モデルの場合、仮に学習データとなる教師データが少ないケースでも学習が可能なベースモデルの構築が求められる。Aと比較すると、モデルの導入後は利用者独自の追加学習が可能であることから、AIの判断基準のカスタマイズ性は高いものと言える。

Cのモデル該当する企業としては、DataRobot1社のみであったが、既に多数の業界での導入実績を有していることから、AとBの提供方法と比較すると最も多分野への展開がしやすい提供方法であると考えられる。ただし、利用者自身がモデルを構築することが求められるため、A、Bと比較すると利用者側の稼働・費用負担は大きくなりやすい傾向にあると考えられる。そのため、提供者側がより手軽にモデルを構築できるような体制作りを促していくことが求められる。利用者独自のモデルとなるため、3つの提供方法のうち最もAIの判断基準のカスタマイズ性が高い。

表 3.6.3-8 各モデルの特徴

	A	B	C
モデル提供スキーム	複数の利用者に対して一つの共通のモデルを展開	利用者毎に個社毎のモデルを構築	利用者のモデル構築を支援
汎用性・共用可能性	同じ用途限定で展開可能	同じ用途限定だがAよりも展開可能性が高い	用途によらず実装可能
利用者の支払う費用	低い	低い	高い
提供者の準備	汎用的なベースモデルの作成のみで問題ない	学習データが少ない場合でも利用可能なベースモデルの構築が必要	手軽に構築できるような体制作りが必要
判断基準のカスタマイズ性	利用者ごとの判断基準が共通である必要がある	個社独自で追加学習可能でありややカスタマイズ性が高い	個社最適な学習が可能

問2. システム実装形態

ヒアリングを実施した7社のAIベンダーのうち、6社はクラウド環境での構築に対応していた。残り1社のフツパーに関しては、クラウドとオンプレミスを併用する形態で提供しているとの回答であった。

7社中4社はエンドユーザの希望によってはオンプレ環境での構築が可能な柔軟性を持たせた上で提供されているということもわかった。

これらの結果から、汎用的なソリューションを提供する際にはクラウド環境で構築することが一般的であると考えられる。

クラウド環境でソリューションを提供することについては、概ねどの業界においても可用性、セキュリティ性の観点で受け入れられることがわかった。ただし、エルピクセルの回答より、病院向けに提供する場合、病院内のデータを院外に出さないような仕様を求められることが多く、オンプレミスでの構築や、エッジ側にAIモデルを配置する構成が必要となることが想定される。

また、可用性、セキュリティ性の観点で受け入れられている状況にありながらも、オンプレ環境を選択可能としているベンダーが多い理由として、処理結果をリアルタイムに出力することと、クラウドサーバの利用にかかる従量課金費用を抑えることの2点が挙げられる。フツパーがクラウド環境とオンプレ環境を併用している理由も同様であった。

問3. 汎用的に利用されるソリューションを構築するために工夫した点

ヒアリング結果を大きく分類すると、以下3点について言及されている傾向にあった。

- ①利用者側の環境に合わせたソリューション構築を速やかに行うこと
- ②短期間で利用者がソリューションを使いこなせる簡便性を備えていること
- ③安心して利用してもらえる提供体制を整えること

①については、利用者側・ベンダー側双方に負担をかけないで環境構築を行うための工夫と、異なる環境、要望に対して柔軟に対応するための工夫の2つのアプローチがヒアリングから確認できた。

利用者側・ベンダー側双方に負担をかけないで環境構築を行うための工夫については、SaaS型で導入時の負担を低減して提供することや、少ない学習データで識別精度を上げる仕組み（フツパー）、モデル構築を自動化する仕組み（DataRobot）等があった。

異なる環境、要望に対して柔軟に対応するための工夫については、多種多様なデータから分析可能なデータに整えるための工夫と、システムが対応可能なデータの範囲を広げる工夫の2つのアプローチが見られた。

分析可能なデータに整えるための工夫については、収集されたデータに対して人間の手やシステムによってデータクレンジングを行うことや、収集されるデータを均質化するために、センシングデバイスの設置・設定までをベンダー側の専門家が担当する等の取り組みが挙げられていた。システムによるデータクレンジングについては、取得した画像を鮮明化する処理を行うことや、データクレンジングツールをベンダー側が提供する等の対応が確認できた。

システムが対応可能なデータの範囲を広げる工夫については、画像、位置情報、音声、テキスト等複数のデータ形式に対応可能なようにシステムを構築することや、あらかじめブレのあるデータ（画像等）をAIに学習させることで、多少の環境条件の変動によるデータの差分にも対応可能なAIモデルを構築する等の対応が確認できた。

②については、直感的な操作感を持たせることと、利用者側が行う範囲を限定することの2つのアプローチがヒアリングから確認できた。

直感的な操作感を持たせることについては、説明書を読まずとも利用者が迷わないシンプルなユーザーインターフェースを整えることや、利用者が使い慣れたデバイスやアプリケーション上で動作するように設計すること等が挙げられていた。

利用者側が行う範囲を限定することについては、利用者側がAIの学習、設定に関わる必要がないよう、ベンダー側が一元的にこれらの作業を行う提供方法や、導入時の機器設置・設定についても事業者側が請け負うことができるようにサービス設計を行う等の工夫が見られた。ヒアリング回答者の7社中

5社、がベンダー側でAIの学習、設定を一元的に行う形態を取っていることから、利用者側が行う範囲を限定するという点は汎用的に利用されるソリューションを構築する上で重要な要素であると考えられる。利用者がAIの学習、設定を行う提供方法を選択しているフツパーとDataRobotの2社においても、自動でモデルが構築される仕組みや、ノーコードで追加学習ができる仕組み等、利用者側を補助する工夫が施されている。

③については、利用者のセキュリティ性・可用性に関する要望に柔軟に対応するためにSaaS型とDL型の方法に対応するという工夫と、ソリューション導入後の運用時にかかる利用者側の負担を軽減するための仕組みを整えるという工夫の2つのアプローチが見られた。

ソリューション導入後の運用時にかかる利用者側の負担を軽減するための仕組みとしては、システムの死活監視や、不具合発生時のオンサイトでの駆けつけサポート、運用中のAIモデルの精度監視システム等が挙げられている。

また、SLAを設定し公開することや、外部機関によるセキュリティ認証を取得することも利用者安心して導入してもらうために行なっているということが確認できた。

問4. 5Gインフラ普及により期待できる貴社サービスの発展性について

ヒアリングしたAIベンダーからは、5Gインフラの普及に対して、大別すると以下2通りの期待の声を聞くことができた。

- a. これまで収集することができなかった新たなデータの取得が可能となることによって、AIを活用できる用途がさらに広がることに期待する。
- b. 大容量データの低遅延での伝送が可能となることによって、クラウドサーバ側の膨大なリソースを活用した複雑なデータ処理が可能となることに期待する。

例として、道路上の運搬車に設置したセンサーからデータを取得し、クラウド側のビッグデータと掛け合わせて解析を行うことや、工場内のあらゆる機器にセンサーを設置し、取得するデータを横断的に分析することによって、不具合発生時に発生原因の追及と対策をAIが自動で行うこと等が挙げられていた。

3.6.4 分野横断的な5Gソリューションの横展開に求められる機能検証まとめ

(1) 5Gソリューションの汎用化に向けた課題整理

令和2、3年度L5G実証参加団体へのヒアリングを通して得られた、5Gソリューションの普及展開に向けた課題を整理すると、5Gソリューションそのものが利用者から求められている機能要件及び、非機能要件を満たすことができているかという点と、5Gソリューションの導入により得られる効率化の効果が、導入費用を上回っているかという点に大別できる。

<機能要件/非機能要件>

5G ソリューションそのものが利用者から求められている機能要件及び、非機能要件を満たすことができているかという点においては、以下のような課題が挙げられていた。

機能要件としては、2点あり、実運用開始までに膨大なAIの学習データが必要になる点と、天候、日照条件、デバイス毎の差異等の変化への柔軟な対応という声が多くあった。

非機能要件については、信頼性・可用性、セキュリティ性、運用保守性といった要素に分解しつつ、課題の整理を行なった。信頼性・可用性としては、L5G での無線区間でのスループットが安定しにくいという回答が見られた。セキュリティ性に関しては、機密情報の保全体制と、第三者が映り込む可能性のある場所での運用の仕組みの2点が挙げられた。運用保守性に関しては、現場での取り回しの悪さが課題として挙げられていた。(表 3.6.4-1 参照)

<費用対効果>

5G ソリューションの導入により得られる課題解決効果が、導入費用を上回っているかという点においては、大容量データの保存、処理にかかるクラウドサーバの従量課金費用が高くなりやすいという課題と、ローカル 5G のインフラ構築・運用コストが高額になりやすいという課題が挙げられていた。

表 3.6.4-1 令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体より挙げられた課題

大分類	要件
信頼性・可用性	L5G 無線区間のスループットが安定しにくい
セキュリティ	機密情報の保全 第三者が写り込む可能性のある場所での運用の仕組み
性能・拡張性	異なる現場環境（自然環境、デバイス、人の判断基準）への柔軟な対応 実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要
移行性	実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要
運用・保守性	現場での取り回しの悪さ（現場に 5G の無線技術を理解したエンジニアが必要）
導入効果	大容量データの保存、処理にかかる従量課金費用 ローカル 5G の構築・運用コストが高額になりやすい

(2) 分野横断的に利用可能な 5G ソリューションを開発するための要件

前項で整理した 5G ソリューションの普及展開に向けた課題に対して、令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体、各業界において導入実績の豊富な AI ベンダー（以降、AI ベンダー）へのヒアリングを通して得られた知見をもとに、(A) にて課題の解決策を検討する。AI ベンダーからは、課題に対する対策以外にも、汎用的に利用されるソリューションを構築するための工夫点をヒアリングすることができたため、後述

の (B) AI ベンダーの取り組みから普及展開に向けて活かせる工夫点では、AI ベンダーの取り組みから普及展開に向けて活かせる工夫点もまとめて記載する。

(A) 課題への対応

<機能要件/非機能要件>

利用者から求められる機能要件及び、非機能要件を満たすために挙げられた課題については、以下のような対策を講じることが有効ではないかと考えられる。(表 3.6.4-2 参照)

◇信頼性・可用性における L5G のスループットが安定しない

この課題に対しては、AI ベンダーからの対策手法が上がらなかった。

机上検討に留まるが、

- ・無線通信区間を経由する通信システムを冗長システムとし、NW の品質劣化時の可用性を向上する。
- ・データ欠損時の再送処理や欠損部分の補完処理をアプリケーション側で機能実装する。

などの解決策が考えられる。

また、将来的な観点としては、5GSA が広く利用できる状況となった場合には、5GSA のもつネットワークスライシング技術の活用によってスループットの安定が図れる可能性が考えられる。この点については、ネットワーク提供事業者の実装にも依存する仕様となるため、今後の実装状況を確認しながら、適用の検討を行うべきである。

◇セキュリティ性における機密保全や、第三者が写り込む可能性のある場所での運用の仕組み

この課題に対しては、以下のような対策が考えられる。

- ・各認証機関が掲げるセキュリティ認証を取得し、セキュリティ水準を担保すること。
- ・利用者によってセキュリティ要件が異なる場合に対応するべく、クラウドを活用する SaaS 型と現地および利用者の手元で利用するオンプレミス環境に対してアプリケーションを配布する DL 型の双方を備えておくこと。
- ・利用者のセキュリティ要件が厳しい場合には、AI の学習モデルをエッジデバイス上に構築しクラウド上へのデータアップロードは最小限とする。
- ・5GSA で実装が予定されているセキュリティ技術を活用してネットワークレイヤーのセキュリティを担保する。この点については、各ネットワーク提供事業者の 5GSA の機能向上の進捗を確認しながら、実装可能性を検討することが必要と考える。

◇性能・拡張性において異なる現場環境（自然環境、デバイス、人の判断基準）への柔軟な対応が必要であること、実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要となる。

この点に対しては、以下のような対策が考えられる。

- ・AI での処理・解析を行う前に色調調整などの画像鮮明化処理を施す。

- ・カメラの種類を選択・設置・調整を利用者にアドバイス/コンサルティングする。
- ・モデル構築の際に、学習データの収集・整理にかかる負担を軽減する仕組みを整える。
- ・あらゆるデバイスに対応できる接続モジュールとすることで、利用者の選択したデバイスによって使用不可となるケースを減らす。

◇移行性における実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要となる点

この点については、少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルを構築することによって、新規利用者に導入する際の双方の稼働負担を抑えることができると考える。

◇運用・保守性における現場での取り回しの悪さ（現場に 5G を理解したエンジニアが必要）

この点について、以下のような対策が考えられる。

- ・ソリューションの構築～設定までをベンダー側で実施する。仮に利用者が行う場合でも、設定の補助となる機能を具備する。
- ・死活監視、モデルの精度監視といったシステム異常の際のアラートが即座に出せるような保守性の担保を行う。

表 3.6.4-2 非機能要件に対する対策例

大分類	課題	対策
信頼性・可用性	L5G 無線区間のスループットが安定しにくい	<ul style="list-style-type: none"> ・無線区間を経由する場合は複数系統での冗長/バックアップを行う。 ・アプリケーションによりデータ再送制御や欠損補完の品質制御機能を実装する。
セキュリティ性	機密情報の保全 第三者が写り込む可能性のある場所での運用の仕組み	<ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティ認証を取得。 ・利用者のセキュリティ性・可用性に関する要望に柔軟に対応するために SaaS 型と DL 型の双方に対応。 ・セキュリティ要件の厳しい利用者の場合は学習モデルをエッジ側に構築可能とする。
性能・拡張性	異なる現場環境（自然環境、デバイス、人の判断基準）への柔軟な対応 実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要	<ul style="list-style-type: none"> ・AI での処理を行う前に色調調整の処理を通しておくことや、カメラの選択、設置、調整の部分をコンサルすることで識別精度を安定させる工夫を行なう。 ・AI のモデル構築を行う際に、学習データ収集、整理にかかる利用者側の稼働負担を軽減するような仕組みを整える。 ・あらゆるデバイスに対応可能な接続モジュールを設計する。
移行性	実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要	<ul style="list-style-type: none"> ・少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルを構築することにより、新規利用者に導入する際の双方の稼働負担を抑える。

運用・保守性	現場での取り回しの悪さ（現場に 5G の無線技術を理解したエンジニアが必要）	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリューションの構築、設定までベンダー側で行う（利用者が行う場合は機能的なサポートを加える） ・運用部分も系統的にカバーする（死活監視、モデルの識別精度監視）
--------	--	---

<費用対効果>

・費用の削減

費用対効果に関する課題について、費用を削減しつつ、導入効果をより大きくしていくというアプローチが必要であると考えられる。費用を削減するという点においては、費用を構成する要素に分解し、構成要素毎に作業の効率化もしくは、より効率化している企業へのアウトソーシングを検討することで、削減できる要素がないかを探る。

5G ソリューションを構成する要素としては、大まかに、システム基盤、5G インフラ、利用者側システム導入環境、運用保守サービスが考えられる。ただし、5G インフラに関しては、通信キャリアが提供することが一般的であり、ソリューションベンダーの立場からはより安く提供している通信キャリアを選定するといった費用削減方法に限られるため、ここではシステム基盤、利用者側システム導入環境、運用保守サービスについてのみ費用削減の方法を検討することとする。

システム基盤と利用者側システム導入環境については、ハードウェア費用や、ソフトウェアのライセンス料等も要素として挙げられるが、これらの費用に関しては他社から購入しているものであるため、大幅な削減は見込みにくい。対して、費用削減に取り組みやすい要素としては、システムの構築費用があり、これは「エンジニアの時給×稼働時間」で大まかに算出することができる。また、運用保守サービスに関しても同様に、「エンジニアの時給×稼働時間」で大まかに算出することができる。エンジニアの時給の削減と、稼働時間の削減によってシステム基盤、利用者側システム導入環境、運用保守サービスの費用削減を検討することとなるが、エンジニアの時給を削減する方法に関しては、人事領域の施策となり、本報告書の目的と異なるため、今回は取り扱わないものとする。

よって、システム基盤、利用者側システム導入環境、運用保守サービスにかかる稼働時間の削減について、以下で検討を行う。

システム基盤の構築については、大きく要件定義、基本設計、詳細設計、開発、テスト、リリースの 6 段階のフェーズに分かれており、提供するソリューションを都度全て自前で構築すると、膨大な時間が必要となってしまう。そこで、既に他社が実装している機能と共通する部分については、新たに自前で構築するのではなく、他社から提供を受け、パーツとしてシステム内に組み込むことによって、新たに構築が必要な箇所を減らすという工夫が考えられる。

利用者側システム導入環境の構築についても、システム基盤の構築と同様に大きく 6 段階のフェーズに分かれている。利用者側システム導入環境の構築については、SaaS 型としてシステム基盤を構築することで、利用者毎に独自のシステム導入環境を構築する必要がなくなり、この工程自体をほとんど省略

することができる。

運用保守サービスに関しては、大まかには定常時の監視、運用業務と、非常時の障害対応の業務があるが、いずれにしてもシステムへのアクセスを行なった上で作業することが必要である。システムがオンプレミス環境で構築されており、外部からのアクセスが許可されていない場合や、ハードウェアに対して問題が発生している場合は現地への駆けつけが必要となり、移動時間が発生することとなる。SaaS型としてシステム基盤を構築する場合、すべての利用者の運用保守サービスを一元的に行うことができ、移動も伴わないため、大幅な稼働削減に繋がることが見込まれる。さらには、サーバ自体の運用も、より安価に安定的に運用が可能なクラウドサーバ事業者側に委託することが可能なため、効率化が可能である。より効率的に運用保守サービスを行う場合は、機器の死活監視等の仕組みを組み込むことや、負荷に応じてクラウドサーバ側のリソースを自動で可変するオートスケーリングの仕組みを組み込むことでも運用保守の稼働時間削減に効果があると考えられる。

・効果の向上

導入効果を高めるという点においては、利用者にとってより重要度の高い課題を解決することによって導入効果を高める方法と、複数の課題を 5G ソリューションにより解決することで導入効果を高める方法とが考えられる。

しかしながら、現状の 5G インフラの導入コストに対して費用対効果を創出しようとする、重要度の高い課題であっても、単一の用途で費用対効果を発揮することは難しく、ヒアリングした多くの実証参加ベンダーが複数用途での 5G インフラの共用が必要であると回答している。そのため、複数用途で 5G インフラを共用していくことが求められるということが改めて確認された。

また、実用可否の面での要点とも関連するが、「利用者にとってより重要度の高い課題を解決する用途」においては、高い安定性、高い精度を求められる傾向にあり、実用可能と認められるまでに技術的な検証、運用面での検証、運用ルールの策定等、長期間を要することが考えられる。

そのため、上記 2 点を踏まえ、5G ソリューションを普及展開させる際には、ファーストステップとして、実用化までのハードルが低い用途での汎用ソリューションを複数開発・実装することにより 5G インフラ上において利用可能なソリューションの数を増やす。次にセカンドステップとして、ファーストステップにて開発したソリューションを高い安定性、高い精度が求められる用途に横展開した上で安定性に問題がないことを確認する。その後、サードステップとして、より導入効果の高い用途での汎用ソリューションの新たな開発を進めることが有効ではないかと考えられる。

ファーストステップでは、以下の条件を満たすソリューションの開発が考えられる。

- ・5G ならではの特徴を活かせる
- ・多業種・多分野で汎用的に活用されることが期待できる
- ・高い安定性、高い精度が必ずしも必要とされない用途

ソリューション例：

- 高画質カメラでの俯瞰映像配信
- 複数カメラでの多視点映像配信

セカンドステップでは、以下の条件を満たすソリューションの開発が考えられる。

- ・5Gならではの特徴を活かせる
- ・多業種・多分野で汎用的に活用されることが期待できる
- ・高い安定性、高い精度が求められる用途

ソリューション例：

- 医療現場での高画質カメラでの俯瞰映像配信
- 建設現場での俯瞰映像配信
- スポーツ、エンタメ領域での俯瞰および多視点映像配信

サードステップでは、以下の条件を満たすソリューションの開発が考えられる。

- ・ビジネスインパクトの大きな用途（稼働時間が大きい、人が不要になる、危険が伴う）
- ・5Gならではの特徴を活かせる
- ・多業種・多分野で汎用的に活用されることが期待できる

ソリューション例：

- 鉄道現場での運行中車両の無人点検
- 建設現場での建設機械自動操縦
- 医療現場での遠隔手術

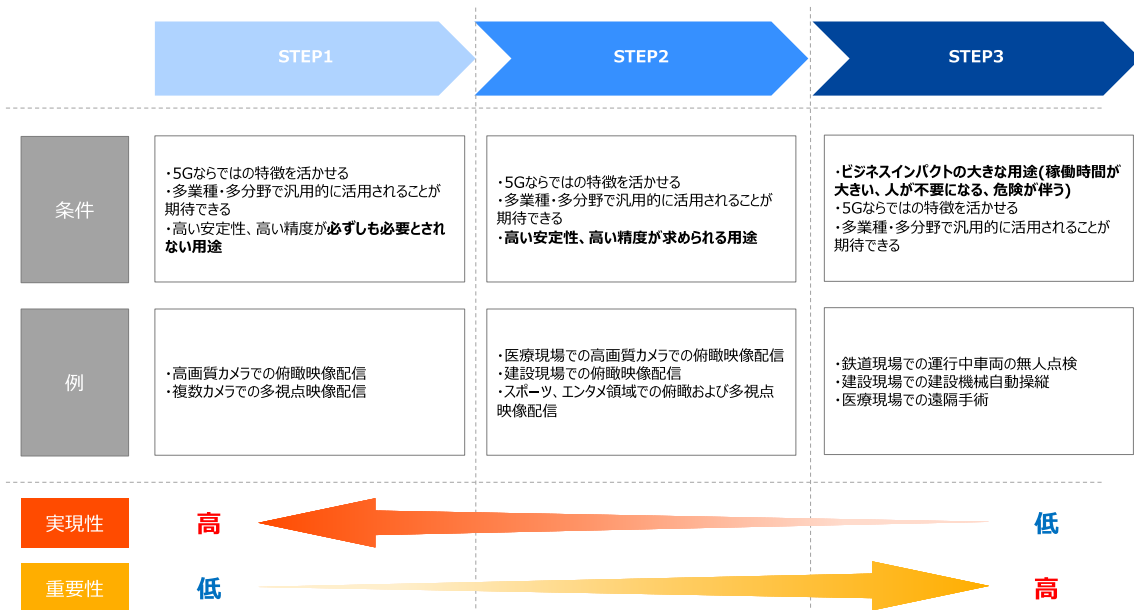


図 3.6.4-1 5G ソリューションの導入効果を発現する 3 ステップ

(B) AI ベンダーの取り組みから普及展開に向けて活かせる工夫点

利用者側のソリューションに求める機能要件、非機能要件を満たすという点については、利用者毎に細かな要件は異なるものの、実証ベンダー7社、AI ベンダー7社へのヒアリングを通して、複数業界で共通して求められる要件の抽出を行なうことができた。

表 3.6.4-3 複数業界で共通して求められる要件

大分類	要件
信頼性・可用性	<ul style="list-style-type: none"> ・SLA の設定、公開 ・システム負荷に合わせたリソース調整の自動化 ・いずれの業界でも SaaS を利用することは可能 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・利用者ごとに設定されている独自の社内規定に柔軟に対応するため、SaaS 型と合わせて DL 型での提供にも対応ができることが好ましい
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・外部機関によるセキュリティ認証の取得 ・いずれの業界でも SaaS を利用することは可能 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・利用者ごとに設定されている独自の社内規定に柔軟に対応するため、SaaS 型と合わせて DL 型での提供にも対応ができることが好ましい ・セキュリティ要件の厳しい利用者にも対応可能とする場合には学習モデルをエッジ側にも構築可能とすることが好ましい
性能・拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・あらゆるデバイスに対応可能な入出力モジュールの構築 ・画像、位置情報、音声、テキスト等複数のデータ形式に対応可能な AI エンジンの実装 ・説明書を読まずとも利用者が迷わないシンプルなユーザインターフェース ・利用者側で簡易に追加学習を行える仕組みの構築 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・学習データの収集・整理にかかる稼働を減らすための支援ツールの提供

	<ul style="list-style-type: none"> ・高解像度の俯瞰映像や、多視点映像を伝送する機能の構築 ・高解像度の俯瞰映像や多視点映像に対する基本的な操作（ズーム、移動、巻き戻し）を行う機能の構築 ・撮影時の外部環境による検知性能への影響を抑えるための画像鮮明化処理を加える機能の構築 ・Web ブラウザやメール、チャットアプリ等、利用者が使い慣れているアプリケーションやデバイス上で動作する仕組み
移行性	<ul style="list-style-type: none"> ・SaaS 型でのサービス提供 ・API の公開 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルの構築
運用・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔地からの機器の死活監視や、トラブル発生時の問題箇所の切り分けを行う仕組みの構築 ・センシングデバイスの設置、設定までをベンダー側の専門家に委託可能な仕組みの提供

また、既に有償でサービスを展開している AI ベンダーに対してヒアリングを行なったことで、実証実験段階では顕在化しにくい課題に対する工夫点についてもいくつか確認することができた。これらの観点も加え、要素としては、導入プロジェクトを成功に導くためのプロジェクトマネジメント方法、利用者への学習コンテンツの提供の 2 点が挙げられる。

導入プロジェクトのマネジメントについては、利用者が AI を活用したいと考えている課題が、本当に自社の AI ソリューションを活用すべき課題なのかをよく見極めた上で取り組み始めるという進め方の工夫について、DataRobot と、フツパーより言及があった。

両者とも、AI の識別精度が何%であったらビジネスに実装可能かをプロジェクトの関係者と明確に定める等、ゴールを明確化した上で、乗り越えるべき壁を洗い出し、ゴールまでの実施スケジュールを計画するという点において共通していた。

利用者への学習コンテンツの提供については、利用者にわかりやすいサービス設計にすることは多くのベンダーが工夫していた点であったが、その上で、利用者により有効にソリューションを活用してもらうためのレクチャーや、学習コンテンツを提供しているベンダーも一部で見られた。ソリューションが広く普及展開された際には、利用者企業内の様々な関係者がソリューションを利用することになるが、その際に問い合わせへの対応稼働が逼迫する可能性もあり、利用者に広く活用方法を伝えるためのレク

チャーや、e-learning 等の学習コンテンツをあらかじめ準備しておくことも有効であると考えられる。

(C) 普及展開可能な 5G ソリューションを開発するための要件

普及展開を阻む課題として、費用対効果が創出しにくいという点と、利用者側がソリューションに求める機能要件、非機能要件を満たせていないという問題があることが前項で整理された。

これらの課題解決方法を検討し、整理することによって、普及展開可能な 5G ソリューションの要件として取りまとめを行う。

◇費用対効果を創出しやすくするための取り組みとして、SaaS 型でソリューションを提供すること、他社が既に開発している機能をパーツとしてソリューションに組み込むことによって開発工数を削減することで費用を抑えた開発・運用を行うこと、複数用途で 5G インフラを活用することにより導入効果を高めることを解決方法として述べた。また、複数の 5G ソリューションを実装するための方法として、実用化ハードルの低い用途にて複数のソリューションを開発した後に、徐々に利用者にとって重要度の高い用途に対応するソリューションを開発していくという開発ステップをまとめた。

利用者側のソリューションに求める機能要件、非機能要件を満たすという点については、利用者毎に細かな要件は異なるものの、実証ベンダー7社、シェアの高い AI ベンダー7社へのヒアリングを通して、複数業界で共通して求められる要件を抽出し、要件表としてまとめた。

これらの条件を全て満たした上でソリューションを提供することができれば普及展開の可能性は高まると考えられるが、各ベンダーが各々で複数の利用者を集め、複数のアプリケーション構築を進めることは難易度が高いように考えられる。

そこで、各ベンダーが個別に SaaS 型ソリューションを構築するのではなく、1つの SaaS 共用基盤を構築し、その基盤上に複数のベンダーがアプリケーションを共用可能な形で公開することによって、単体のベンダーでは難しかった 5G ソリューションの普及展開の実現に近づけることができると考えられる。

その際に SaaS 共用基盤に求められる要件と、基盤上に構築するアプリケーションに求められる要件を以下にまとめる。

<SaaS 共用基盤に求められる要件>

普及展開可能な 5G ソリューションに求められる要件に対応するために、必要な要素を押さえた上で SaaS 共用基盤を構築することにより、基盤上に構築するアプリケーションが要件を満たすために意識・対応しなければならないポイントを減らし、開発工数を削減することが期待できる。

そのため、信頼性・可用性、セキュリティ性に関する要素は SaaS 共用基盤側で要件を満たしつつ、アプリケーション開発ベンダーが流用できる形で公開することが重要である。また、性能・拡張性において推奨要件として記載してあるポイントについて、SaaS 基盤側にて構築し、アプリケーション開発ベンダーがパーツとしてそれらを利用できる形で公開することにより、アプリケーションの開発工数をさら

に削減することが期待できる。

表 3.6.4-4 ソリューションの共用のために SaaS 共用基盤に求められる要件

大分類	要件
信頼性・可用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SLA の設定、公開 ・ システム負荷に合わせたリソース調整の自動化
セキュリティ性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外部機関によるセキュリティ認証の取得 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ セキュリティ要件の厳しい利用者にも対応可能とする場合には学習モデルをエッジ側にも構築可能とすることが好ましい
性能・拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・ あらゆるデバイスに対応可能な入出力モジュールの構築 ・ 画像、位置情報、音声、テキスト等複数のデータ形式に対応可能な AI エンジンの実装 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 学習データの収集・整理にかかる稼働を減らすための支援ツールの提供 ・ 高解像度の俯瞰映像や、多視点映像を伝送する機能の構築 ・ 高解像度の俯瞰映像や多視点映像に対する基本的な操作（ズーム、移動、巻き戻し）を行う機能の構築 ・ 撮影時の外部環境による検知性能への影響を抑えるための画像鮮明化処理を加える機能の構築
移行性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主要なサービスと簡易に連携可能な API モジュールの提供
運用・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遠隔地からの機器の死活監視や、トラブル発生時の問題箇所の切り分けを行う仕組みの整備

<基盤上に構築するアプリケーションに求められる要件>

SaaS 共用基盤側が普及展開可能な 5G ソリューションに求められる要件に対応するために必要な要素を押さえた上で構築されている場合、基盤上に構築するアプリケーション側が要件を満たすために意識しなければならないポイントを減らすことが期待できる。

信頼性・可用性、セキュリティ性の要件を満たすための稼働を削減し、性能・拡張性、移行性、運用・保守性といった、利用者の利便性向上に繋がりがやすい要素に稼働を集中させることができる。

表 3.6.4-5 ソリューションの共用のためにアプリケーションに求められる要件

大分類	要件
信頼性・可用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SLA の設定、公開 ・ システム負荷に合わせたリソース調整の自動化

セキュリティ性	<ul style="list-style-type: none"> 外部機関によるセキュリティ認証の取得 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> セキュリティ要件の厳しい利用者にも対応可能とする場合には学習モデルをエッジ側にも構築可能とすることが好ましい
性能・拡張性	<ul style="list-style-type: none"> あらゆるデバイスに対応可能な設計とする 画像、位置情報、音声、テキスト等複数のデータ形式に対応する 説明書を読まずとも利用者が迷わないシンプルなUI（ユーザインターフェース） 利用者側で簡易に追加学習を行える仕組みの整備 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> 学習データの収集・整理にかかる稼働を減らすための支援ツールの提供 高解像度の俯瞰映像や、多視点映像を伝送する機能の構築 高解像度の俯瞰映像や多視点映像に対する基本的な操作（ズーム、移動、巻き戻し）を行う機能の構築 撮影時の外部環境による検知性能への影響を抑えるための画像鮮明化処理を加える機能の構築 Web ブラウザやメール、チャットアプリ等、利用者が使い慣れているアプリケーションやデバイス上で動作する仕組み
移行性	<ul style="list-style-type: none"> SaaS 型でのサービス提供 API の公開 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> 少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルの構築
運用・保守性	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔地からの機器の死活監視や、トラブル発生時の問題箇所の切り分けを行う仕組みの構築 センシングデバイスの設置、設定までをベンダー側の専門家に委託可能な仕組みの提供

3.7 5G システム全体としての評価

5G ソリューションの汎用化等の検討の結果、SaaS 型にて 5G ソリューション共用を行うための、提供者及び利用者が構築すべき最低限のシステム要件定義（汎用的・分野横断的に使えるかもしれないという部分を活用したい場合に利用者が整備しないといけない最低限のシステム要件）を整理するとともに、ユースケースに応じたシステム構成の提言を行う。

(1) 評価項目

3.3 節ならびに 3.4 節項で得られた検証結果等より、SaaS 型を使うためのシステム全体の総括評価（SaaS を使うための最低限のシステム要件とユースケースに応じた要件）を行う。（表 3.7.1-1 参照）

表 3.7.1-1 5G システム全体の評価項目

No.	評価項目	評価項目の詳細
1	SaaS 型コア機能・アプリケーションでのシステム評価	機能：当該ユースケースにて、SaaS 型提供形態で求められるシステム構成の妥当性評価 性能：当該ユースケースで求められる性能を発揮出来る SaaS 型提供形態のシステム構成、スペック等の評価
2	共用形態・接続方式のシステム評価	機能：本実証で定義した汎用化レベルごとに、当該ユースケースの汎用化に必要な機能の要件、システム構成、実現方法の妥当性の評価 性能：本実証で定義した汎用化レベルごとに、3.4.1 で検証を行う要素の性能評価 接続方式：当該ユースケースにて求められるソリューション全体の遅延性評価及び接続方式による遅延性への影響評価 導入効果：本実証で定義した汎用化レベルごとに、共用形態実現における機能の導入効果、運用上の必要性等の評価
3	システム全体の横展開に関するシステム評価	当該ソリューションにおいて、SaaS 型提供形態でのソリューション横展開の難易度、事業者での導入効果等の評価
4	サービス提供上の分解点の評価	SaaS 型提供形態において、それぞれの構成要素の適切なモジュール/機能提供者、導入業者、運用保守実施者等の評価

3.7.1 ソリューション側のシステム評価

SaaS 型での提供時に必要となるシステム機能、性能に関する評価を行う。

今年度、SaaS 型ソリューションのロールモデルとした鉄道車両監視 AI システム（図 3.7.1-1）において、3.4 節で汎用化レベルを定義しシステム評価を行った結果を基に、SaaS 型ソリューションのシステム構成としての妥当性評価、性能スペック評価を行った結果を表 3.7.1-1 に記載する。

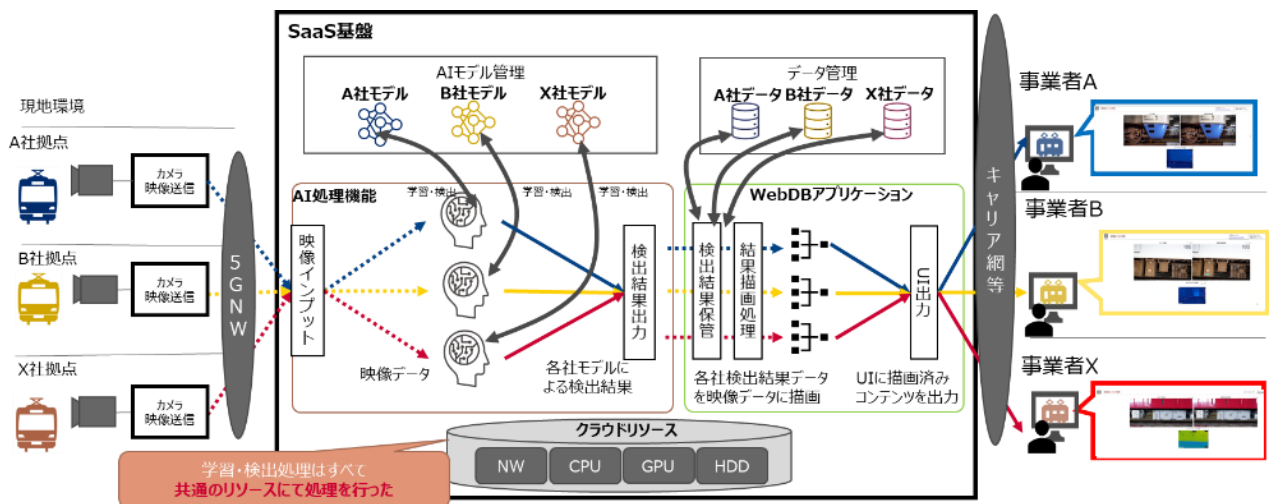


図 3. 7. 1-1 SaaS 型での鉄道車両監視 AI システム

表 3. 7. 1-1 5G ソリューションの汎用レベル毎の作業結果

No.	評価項目	評価結果
1	ソリューション機能	<ul style="list-style-type: none"> 当該ユースケースにて、複数事業者での利用に求められるシステム機能として、従来機能に加えて、複数事業者での AI システムの共同利用に必要なマルチテナント管理機能と AI 追加学習機能を実装し、複数事業者での実証実験において本ユースケースが共同利用可能となったことを確認した。
2	ソリューション性能	<ul style="list-style-type: none"> 複数事業者（3 社）での同時利用時において今年度のシステム構成では過年度と同程度の AI 検知性能を確認することができた。 1 事業者に必要な性能/リソースを確認することができたことから今後のリソースの増設時の指標として活用可能である。

以下、SaaS 型での提供時に必要となるシステム機能、性能に関するする提言をまとめる。

今年度、SaaS 型ソリューションのロールモデルとした鉄道車両監視 AI システムの構成として、仕様の制限などなくクラウド基盤を用いて複数事業者が AI ソリューションを活用することが可能なベースの形態となった。

今後多種のケースに対応するために提供者としては、同種の環境を提供する際に利用者との要件を決める際に、本アーキテクチャの流用が可能か、例として、以下のような点をヒアリングして確認するべきである。

- ・ 利用事業者数
- ・ 利用拠点数
- ・ AI 解析対象物の選定
- ・ 検知対象物の検知性能目標

- ・システム利用時間帯

これらの要件を基に、今回のマルチテナント管理機能や、AIモデルの共用化についても構成・機能に変更なく流用できるか、または、クラウドアーキテクチャの拡張性やその他の機能、非機能要件の検討が再度必要であるかを定める必要がある。

3.7.2 共用形態・接続方式のシステム評価

SaaS型での提供時における共用形態、接続方式に関する評価を行う。

3.4.1項で評価した汎用化レベルごとの汎用性の評価結果をもとに、鉄道車両監視AIシステムでのユースケースの汎用化に必要な機能の要件、システム構成、実現方法の妥当性の評価、当該ユースケースにて求められるソリューション全体の遅延性評価及び接続方式による遅延性への影響評価を行った。また、導入効果の観点でも共用形態実現における機能の導入効果、運用上の必要性等の評価を行った。

それぞれの評価結果を表3.7.2-1に記載する。

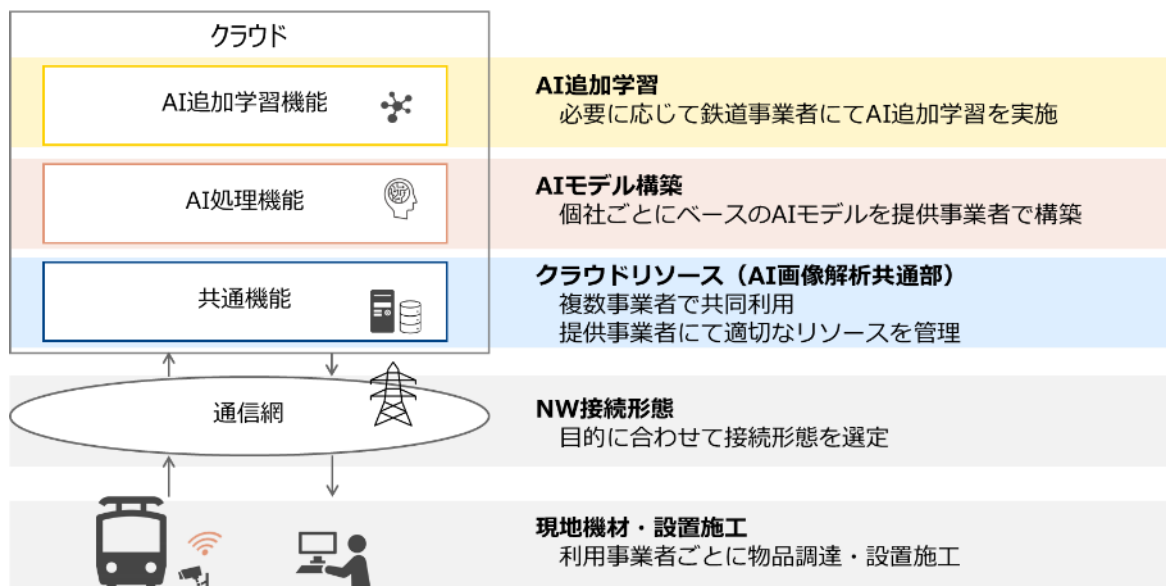


図 3.7.2-1 5Gソリューションの汎用レベル毎の作業結果（再掲）

表 3.7.2-1 汎用化に必要な機能要件の評価結果

汎用化 レベル	機能	接続方式	導入効果

<p>レベル 1</p>	<p>・当該ユースケースにて、SaaS 型提供形態で求められるシステム機能の汎用性を確認でき、分野横断的に本システム構成をベースとしたアーキテクチャが活用可能である。</p>	<p>・NW 接続方式によるソリューション全体への影響としては、本事業で選定している 5G ソリューションにおいては、End to End で発生する遅延の中で NW の接続形態に関する影響は、限定的であった。</p> <p>・他ユースケースに展開する際において、より低遅延性を要求された場合には、今回検証を行った結果からも NW 接続形態を閉域網遅延低減策の一つとして効果が発揮できる。</p>	<p>・複数事業者でのシステム利用においては導入コストの低減効果として、従来ソリューション提供形態である SI 型、DL 型のような個社環境手配を必要とする形態に比べて SaaS 型は利用者間での導入コストの按分可能である点でコスト負担面でのメリットが大きい。</p>
<p>レベル 2</p>	<p>当該ユースケースにて、SaaS 型提供形態において必須となるマルチテナント管理機能において、各アプリケーション処理のリソース分散設計や並列処理での同時利用、データの独立性の担保の手法について確認した。これらは、分野横断的に転用可能な汎用技術として活用することが可能である。</p>	<p>-</p>	<p>SaaS 型を採用することで、各社で個社環境を構築する手間・稼働の削減や、システム利用開始時のリードタイムの短縮以外にも、運用段階においてもシステム利用の頻度が増えてきた場合に柔軟にリソースの追加が可能となり、柔軟な利用形態が利用者のメリットとなる。</p>

レベル 3	当該ユースケースにて、SaaS 型提供形態で求められる AI の共用手法として特化型汎用モデルおよび、追加学習機能を用いる有効性を確認できた。これらの技術を活用することで SaaS 型においても高精度な AI 解析システムを共同利用可能である。	-	特化型汎用モデルを利用者において追加学習機能を用いた AI モデルの継続運用が可能となることで、利用者の内製による AI 運用の実現、および、運用コストの削減効果が期待される。
----------	--	---	--

以下、SaaS 型での提供時における共用形態、接続方式に共用形態・接続方式に関するレベルごとの提言をまとめる。

(レベル 1)

NW 接続形態および、クラウド環境を確定させる必要がある。現在どこかのクラウド環境を使っている場合に、5G システムを構築する際に他のクラウド環境への変更が可能か、また、NW 接続形態がそれに合わせて代替できるかについても決める必要がある。

とくに、MEC 環境を用意する場合において、利用されるユーザ拠点の環境数や位置関係により提供可能なクラウド環境は考慮して設定をしていくべきである。

これらは業種や業界に応じて条件が異なるため、利用者への提供環境の説明事項として盛り込むべきである。

(レベル 2)

マルチテナント管理機能については、テナント・ユーザ数の要件設定、および、各社に割り当てるテナント領域の確定のためにデータ保持期間などを要件として設定する必要がある。

本実証においては、検証を行っていないが、実運用の際には、機密データのクラウド保管可否やログイン認証方法について 2 要素認証を求めるか、情報の保持期間などセキュリティ面での要件を把握することも必要である。

(レベル 3)

AI 共用形態については、初期汎用モデルの構築に必要となる学習データの収集を行うこと、および、現地導入時の運用に関して AI 追加学習機能を利用するユーザにむけてのトレーニング要否やスポットでのトラブルシューティングの必要性を利用者の運用体制に応じて要件を設定することが重要である。

3.7.3 システム全体の分野横断的な横展開に関するシステム評価

SaaS 型にて提供する鉄道車両監視 AI システムを複数の鉄道事業者にて共用することについては、汎

用化レベル1～3それぞれにおいて共用可能であることが実証された。

ここでは、3.6節「分野横断的な5Gソリューションの横展開を見据えた共用形態の検証」において検証を行なった結果と、鉄道車両監視AIシステムを汎用化レベル毎に照らし合わせることによって、鉄道車両監視AIシステムの多業種・多分野への展開可能性を評価する。(表3.7.3-1参照)

汎用化レベル1の範囲においては、3.6.4項で普及展開可能な5Gソリューションの要件として設定した項目と照らし合わせると、以下の内容について今後追加検討が必要になると考えられる。

- ・可用性・安定性の観点から、SLAの設定、公開が必要となると考えられる。
- ・セキュリティ性の観点から、ISO等のセキュリティ認証の取得が求められる。
- ・性能・拡張性の観点から、キズ検知以外の用途での活用に向け、あらゆるデバイスに対応可能な入出力モジュールが求められる。具体的には、駅構内の俯瞰映像の取得や、多視点での安全確認、音声による指示の入出力等。
- ・運用保守性の観点から、遠隔地からの機器の死活監視や、トラブル発生時の問題箇所の切り分け等も必要になると考えられる。
- ・さらには、他社のソリューションと連携しやすくするためにAPIを公開することについても汎用化に向けて検討が必要になると考えられる。

表3.7.3-1 汎用化レベル1：NW/アーキテクチャ関連

汎用化・共用化結果	共用ヒアリング結果を踏まえた考察
<p>鉄道車両監視AIシステムは汎用的に利用可能なアーキテクチャを用いた上で、SaaS型システムとして実装可能であった。</p>	<p>今回調査を行なったいずれの業界でも汎用的なアーキテクチャを用いたSaaS型AIソリューションは実用化されていた。鉄道車両監視AIシステムで構築したアーキテクチャは多業界での共用が可能であると考えられる。</p> <p>ただし、ヘルスケア領域の病院へのソリューション導入の際は、クラウドサービスの利用が制限される病院も存在することが確認された。</p>
<p>Internet経由、MECによる閉域経由双方ともにSaaS型でのNW接続形態に活用可能である。現地からクラウドへのデータ送信・処理について低遅延性が要求される場合においては、MEC接続形態を選択することが望ましい。</p>	<p>今回調査を行なったいずれの業界でもSaaS型AIソリューションへのNW接続形態はInternet経由が基本の接続方法であった。ただし、製造業界、ヘルスケア業界においては、利用者によってはセキュリティ性・遅延性の観点からAIによる処理をエッジ側で行うシステム構成が求められる場合があることが確認されている。MECによる閉域経由の接続形態を用いることでもセキュリティ性・遅延性を改善することが可能なため、エッジ側でAIの処理を行うシステム構成以外の選択肢として活用が期待できる。</p>

汎用化レベル2の範囲においては、普及展開可能な5Gソリューションの要件として設定した項目と同様の内容が検討されていることが確認できた。(表3.7.3-2参照)

表 3.7.3-2 汎用化レベル 2 : 共通コア機能関連

汎用化・共用化結果	共用ヒアリング結果を踏まえた考察
<p>複数事業者（3 事業者）において、「鉄道車両監視 AI システム」の共同利用を行うことが可能であり、各事業者において AI 解析処理～Web アプリケーションによる出力結果の表示までを並列で処理可能であることを確認した。</p> <p>・システム性能上限についての課題</p> <p>AI 解析結果の検出総量が過剰となった場合に、現状のアーキテクチャにおいて Web アプリケーションでの受信処理上限超過により検出結果が正しく表示されなくなる（※録画映像配信における）動作影響が発生した。</p> <p>各システム性能上限到達時における今後の対策については、検討を行っていく必要がある。システム性能上限についての今後の検討ポイントとして、共用形態をとるうえではサービスの稼働状況および各社への適切なリソースの配備が挙げられる。SaaS 提供の実装検討に向けてはこれらの実現方法を継続課題として検討する必要がある。</p>	<p>各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリング対象として選出したソリューションは、いずれも SaaS 形態をとっており、マルチテナント管理に関して利用者側から懸念が示される等の言及はなかったため、SaaS 形態が認められる利用者においてはマルチテナント管理についても受け入れられると考えられる。</p> <p>システム性能上限の課題については、シェアの高い AI ベンダーからは、クラウドサーバ側に用意されているオートスケールの仕組みを活用し、システム負荷に合わせたリソースの調整を自動化することによって解消しているとの回答が多く見られた。その他には、処理を行う場所をエッジ側に移し、クラウドリソースにかかる負荷を分散させる手法をとっているとの回答も見られた。</p>
<p>AI 検知性能についての改善</p> <p>①過年度と同様に画像解析として精微なクラックについては外的環境要因での検知性能への影響が大きい。</p> <p>②この事象を改善するには、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣悪環境のデータも含んだ形での AI 追加学習による改善 ・現地撮影環境の安定化の実現がポイントとなる。 	<p>AI 検知性能が外的環境要因によって影響を受けてしまうという問題は、実証参加ベンダー、シェアの高い AI ベンダー双方にて、多くのヒアリング回答者から確認された。対策方法としては、鉄道実証結果の考察と同様のアプローチに加え、画像鮮明化（画像加工の前処理）を加えるという方法も行われていた。</p>

汎用化レベル 3 の範囲においては、普及展開可能な 5G ソリューションの要件として設定した項目と同様の内容が検討されていることが確認できた。

表 3.7.3-3 レベル 3 : AI 機能関連

汎用化・共用化結果	共用ヒアリング結果を踏まえた考察
-----------	------------------

<p>利用者ごとに特化可能な汎用型学習モデルの導入は、AI の検知性能を向上させることに有効であった。</p> <p>その際に必要となる追加学習の稼働については、アノテーション支援ツールを活用することにより、利用者側で自ら行うことが可能であることが確認できた。</p>	<p>ヒアリングを実施した各業界において導入実績の豊富な AI ベンダー7 社において、利用者ごとに特化した学習モデルを構築しているベンダーは2 社であった。</p> <p>利用者ごとの学習モデルを構築している2 社については、両社とも追加学習をノーコードで行える仕組みが整えられていたため、利用者ごとに特化した学習モデルを構築する場合は、簡易に利用者側で追加学習を行える環境を整えることが重要であると考えられる。</p>
<p>追加学習機能に関する課題</p> <p>学習データの収集にかかる利用者側の稼働負担や、ユーザインターフェースの操作性、マニュアル類のコンテンツ拡充が課題として確認された。</p>	<p>鉄道車両監視 AI システムの課題として挙げられている点については、ヒアリング回答企業ではそれぞれ以下のような対応がなされていた。</p> <p>学習データ収集の稼働負担を減らすための取り組みとして、データクレンジングツールの提供や、少ない学習データで識別精度を上げられる AI の学習方法等が挙げられていた。</p> <p>ユーザインターフェースの操作性を高めることについては、利用者が使い慣れたデバイスやアプリケーション上でシステムが動作するように設計することや、説明書を読まずとも利用者が迷わないシンプルなユーザインターフェースを整えるといった工夫が多く挙げられた。</p> <p>マニュアル類のコンテンツ提供については、ソリューションの複雑さにもよるが、e-learning のコンテンツを用意する、導入時にレクチャーを行う等の対応を行なっているベンダーも見られた。</p>

3.7.4 サービス提供に必要となる作業範囲における分解点の評価

多業種・多分野に普及展開可能な 5G ソリューションのあり方として、SaaS 型で提供することが鉄道分野においても、その他の業界においても有効であるという結果が見えてきた。ここでは、SaaS 型で 5G ソリューションを展開する際に、ソリューションベンダー側と利用者側との間でどこまでをそれぞれの実施責任範囲とすべきかを検討、評価する。

鉄道分野における実証を通じて得られた示唆としては、当初利用者側の実施範囲として想定していた、「現地環境の手配、運用」についても鉄道事業者側が対応しきれない作業が多いということがあった。現地設営や、システムの運用、トラブルシューティング、作業負担に関して懸念の声が上がった。これらについては、提供者側でも一定の導入時のフォローアップを行う、または、アウトソースとして SaaS

での提供外の運用保守スコープを提供者側にて請け負う形も考えられた。

システム構成要素		DL型提供方式	SaaS型提供方式 (当初仮説)	SaaS型提供方式 (検証後考察)
システム 基盤	アプリケーション	事業者提供	事業者提供 (汎用技術)	事業者提供 (汎用技術)
	コンテナ			
	ミドルウェア	利用者構築		
	OS			
5GNW環境		通信キャリア 構築・提供	通信キャリア 構築・提供	通信キャリア 構築・提供
システム導入環境		利用者構築	利用者構築	事業者提供
カメラ機材類				
ファシリティ	利用者構築			

図 3.7.4-1 SaaS 型提供形態による利用者負担軽減イメージ

令和 2、3 年度 L5G 実証参加団体、各業界において導入実績の豊富な AI ベンダーへのヒアリングを行なった際の結果についても鉄道実証における結果と同様であり、利用者側でシステム導入環境を構築することは難しいため、ベンダー側で設置・設定まで請け負っているというケースが多く見られた。その中でも特に課題となっていたのが、カメラ機材類の設置、設定であった。カメラの種類や、撮影位置によって、AI が判断に利用する画像にブレが生じてしまい、検知精度が落ちてしまうという問題が発生するため、AI が本来持つ検知精度を発揮するためには、ベンダー側がカメラの設置、設定を行うことが好ましいと考えられる。

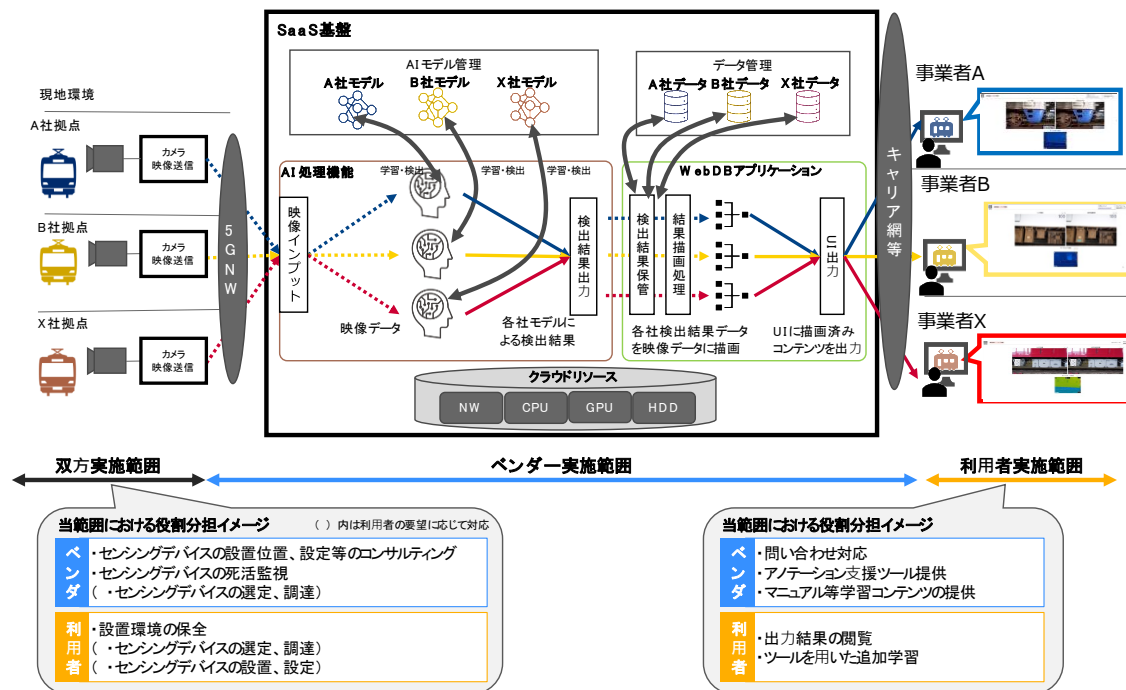


図 3.7.4-2 ソリューションの共用を進めるうえでの利用者作業・責任範囲イメージ

4. 5G ソリューションの横展開「鉄道業界に向けた取り組み」

鉄道業界におけるソリューションの横展開の議論は、令和2年より3か年にわたり実施しており、すでに鉄道事業者を交えた議論の場を形成している点で、他業界に先駆けた取り組みを実施しているといえる。

昨年度実施した鉄道協議会では、鉄道事業者の抱える課題が相当程度共通のものであること、列車検査システムをはじめとする鉄道事業者が共同で利用できるソリューションを開発することへの需要を確認した。そこで、今年度は過年度より参加いただいている鉄道事業者に加え、新たな事業者にも参加を呼びかけ、より多くの事業者を交えて議論を実施した。

今年度の議論では、各鉄道事業者の課題やニーズの中から共通のニーズを把握することに加え、課題を解決するためのソリューションの検討や各社で共有するためのスキーム等を議論することで今後の進め方の方法性を見出した。SaaS 共用ソリューションの実証を足掛かりとした今年度の議論を踏まえ、令和5年度以降の継続した事業者間での議論の場の運営、「事業実施主体との共同開発スキーム」の立ち上げを念頭に置く。

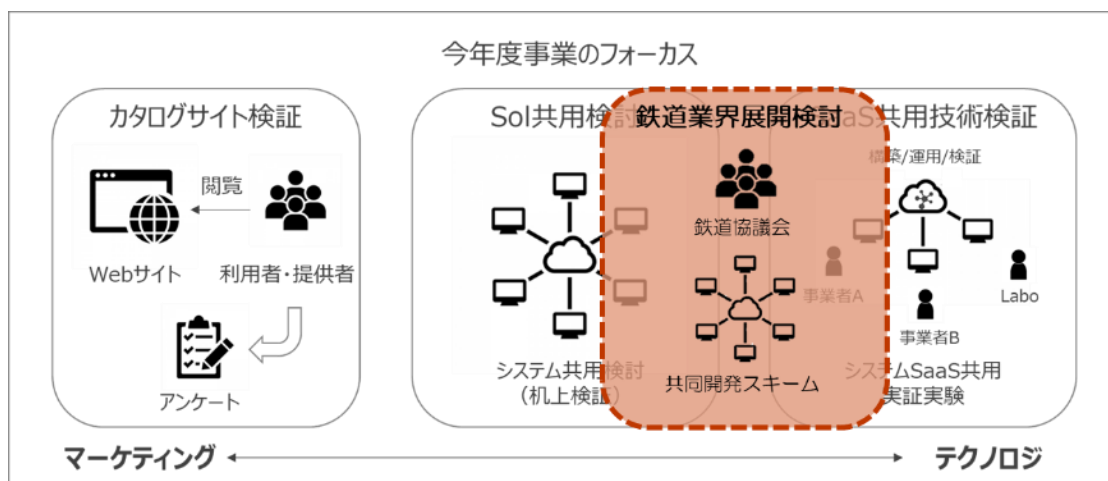


図 4-1 今年度の事業における「5G ソリューションの横展開『鉄道業界に向けた取り組み』」の位置づけ

4.1 鉄道協議会

令和3年度の協議会の継続として、本事業においても鉄道協議会を設置し、継続検討を行った。今年度の協議会は、参画する鉄道事業者の数を5社から10社に増やし、昨年度に引き続きより幅広く鉄道事業者の鉄道DXに係るニーズや各鉄道事業者の取組状況を把握した。

令和2年度より取組んでいる鉄道車両監視AIシステムについて、今年度の実証においてSaaS型で共同利用が可能なシステムを構築することから、この共用形態を複数の鉄道事業者で具体的にどのように運用可能か、共同開発・運用のスキーム、費用負担の考え方等について議論した。

また、昨年度の協議会にて、鉄道事業者より鉄道DXに資する様々なニーズ及び事業者間連携への期待が示されたことを踏まえ、鉄道車両監視AIシステム以外にも、鉄道事業の効率化や省人化に向けての共通のニーズを見出し、共用化が効果的な具体的なシステムの仕様イメージを共有するとともに、システムの開発段階から複数の鉄道事業者により共同開発を行う場合の共同開発スキームについても、議論した。

4.1.1 協議会の進め方

鉄道DX協議会実施の全体像を下図に示す。

本協議会では、①過年度までの検討結果を踏まえた鉄道車両監視AIシステムの実証試験と②鉄道事業者の共通ニーズを踏まえた共通ソリューション化に関する検討の2つを柱に議論した。



図 4.1.1-1 協議会の進め方

(1) 開催目的

令和3年度の協議会の継続として、本事業においても鉄道協議会を設置し、継続検討を行った。開催目的は以下のとおりである。

- ①鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた具体的方策の議論
- ②様々な鉄道事業者の、鉄道 DX に係るニーズの把握、共通ニーズの発掘
- ③鉄道車両監視 AI システム以外の、鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムのイメージ具体化

(2) 参加者

昨年度協議会に参加した私鉄 5 社と国土交通省鉄道局専門官（オブザーバ）に加え、他の鉄道事業会社にも参加を働きかけ、合計私鉄 10 社に参画いただいた。

なお、本協議会の目的を踏まえて、参画事業者の地域に極力偏りがないように（関東、東海、関西、中国、九州地方から事業者を選定）、また、事業規模の比較的小さい事業者を含めて幅広い事業者に参画いただくことを念頭に置いて、以下の鉄道事業者を選定した。

①委員

○鉄道事業者

- 西日本鉄道株式会社（昨年度委員、今年度実証実施）
- 京阪電気鉄道株式会社（昨年度委員、今年度実証実施）
- 京浜急行電鉄株式会社（昨年度委員）
- 東急電鉄株式会社（昨年度委員）
- 南海電気鉄道株式会社（昨年度委員）
- 近畿日本鉄道株式会社
- 伊豆急行株式会社
- 泉北高速鉄道株式会社
- 静岡鉄道株式会社
- 広島電鉄株式会社

②オブザーバー

- 総務省情報流通行政局地域通信振興課デジタル経済推進室
- 国土交通省鉄道局技術企画課 技術開発室

(3) 開催概要

協議会の開催概要は下表のとおりである。

表 4.1.1-1 協議会開催概要

協議会	開催日時	開催形態
第1回協議会	2022年12月21日(水)	Web
第2回協議会	2023年1月26日(木)	Web
第3回協議会	2023年2月16日(木)	対面+Web
第4回協議会	2023年3月15日(水)	Web

4.1.2 参加者への事前ヒアリングの実施

本年度の鉄道協議会では、本年度実証を実施した5Gを使った鉄道車両監視AIシステムの共用化の発展形、その他の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムの共用化に係るイメージの具体化を図るため、各鉄道事業者の抱えている課題やニーズを把握し、共通のニーズを抽出することが必要であった。そのため、計4回の協議会を円滑に進める観点から、第1回協議会開催前に各鉄道事業者に事前ヒアリングを行った。

(1) DXに係る課題・共通ニーズを把握するための事前ヒアリング

各鉄道事業者のDXに係る取組みの現況、課題・ニーズを把握するために実施した事前ヒアリングの概要を以下に示す。

1) ヒアリング方法

対面でのヒアリングを基本とした。(状況に応じてWEBでもヒアリングを実施)

2) 対象事業者

鉄道協議会への参加を承諾済み及び参加検討中であった以下の鉄道事業者10社を対象に、複数回ヒアリングを実施した。

表 4.1.2-1 ヒアリング対象事業者及びヒアリング実施日

ヒアリング対象事業者	ヒアリング実施日
伊豆急行株式会社	11/7、12/5
近畿日本鉄道株式会社	11/7、12/20
京阪電気鉄道株式会社	11/15、12/12
京浜急行電鉄株式会社	11/8
静岡鉄道株式会社	11/9、12/15
泉北高速鉄道株式会社	11/10、12/8
東急電鉄株式会社	10/24、12/16
南海電気鉄道株式会社	9/6、11/10、12/8
西日本鉄道株式会社	11/30、12/15

3) ヒアリング内容

各鉄道事業者への事前ヒアリングでは、主に鉄道 DX に係る取組みの現状（研究開発、具体的取組み事例など）、鉄道事業の抱える課題、効率化や省人化に係るニーズなどについて、会社全体としてだけでなく、土木、軌道、運転、車両、駅務、電気、その他の分野ごとに関しても可能な限り把握することに努めた。

■鉄道事業者に対するヒアリング事項

- ・鉄道 DX 等の取組み状況（研究開発・具体的取組み事例など）
- ・鉄道事業の抱える課題
- ・効率化や省人化に係るニーズ

4) ヒアリング結果

各鉄道事業者に対する事前ヒアリングにより把握した課題及び DX に係る現状の取組みを以下に示す。

なお、これらの現状の取組みについては、分野に関わらず、基本的には将来の働き手不足を見据えた施設・設備の維持管理の省力化・省人化、労働環境の改善などの課題の解決に資する取組みであることを確認した。

表 4.1.2-2 事前ヒアリング結果のまとめ

現状の課題		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道収入の減少 ・人手不足
現状の取組	土木分野	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁支承部の点検のドローン活用 ・高所等の立ち入りにくい箇所点検のドローン活用
	軌道分野	<ul style="list-style-type: none"> ・車載カメラ映像による軌道巡視の前方監視（山間部の樹木等、バラスト劣化、AI での落下物検知） ・ドローンを活用した軌道の巡視（バラスト劣化・振動など）
	運転分野	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転に資する前方監視
	車両分野	<ul style="list-style-type: none"> ・列車検査の画像、映像による異常の AI 判定 ・カメラによる車内監視
	駅務分野	<ul style="list-style-type: none"> ・白杖者・車いす利用者の察知 ・軌道転落者検知
	電気分野	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン・車載カメラを活用した電車線点検業務 ・鋼索線の無人運転化（車掌の無人化）

		・踏切内の立ち入りの確認
	その他	・新入社員の確保

4.1.3 協議会の開催

第1回協議会では、実証システムである鉄道車両監視 AI システムの概要や SaaS 型による 5G ソリューションの共用化の概要について説明するとともに、鉄道事業者各社の鉄道 DX に係るニーズを幅広く集め、共通ニーズ等について整理した。

第2回協議会以降は、鉄道車両監視 AI システムの共用化、共同開発・運用に関する具体化の議論を進める一方で、鉄道業界への横展開に向け、鉄道事業者の共通ニーズを踏まえた他の開発テーマについても、ソリューションシステムのイメージの具体化や共同開発のあり方について議論した。(表 4.1.3-1～表 4.1.3-4 参照)

(1) 第1回鉄道協議会での主な内容

1) 目的、議題および資料

第1回協議会の主な目的、議題及び資料は以下のとおりである。

■主な目的

- ①5G ソリューションの共用形態に係る本年度の実施概要の共有
- ②鉄道事業者における鉄道 DX 等に係る取組・課題、新技術等への期待等の共有・意見交換
- ③鉄道 DX 等に係る共通課題や新技術活用の可能性等を踏まえた共通ニーズの抽出・選定

表 4.1.3-1 第1回鉄道協議会 (2022年12月21日開催)

議題	1. 委員等紹介 2. 5Gソリューションの共用形態に係る調査事業、及び実証システムについて 3. 鉄道事業者における鉄道DX等に係る取組・課題、新技術への期待等 4. 鉄道DX等に係る共通課題や新技術活用の可能性に係る意見交換
資料	資料1-1：5G等を活用したインフラ点検システムの実装及び横展開に関する協議会名簿 資料1-2：5Gソリューションの共用形態に係る調査事業、及び実証システムについて 資料1-3：5G等を活用したソリューションの普及展開について～協議会における協議内容～ 資料1-4：分野ごとの取組状況やニーズのまとめ表

2) 鉄道事業者における DX 等に係る取組・課題、新技術等への期待等の共有・意見交換

各鉄道事業者から鉄道 DX 等に係る取組・課題、新技術等への期待などについて紹介があり、その内容を踏まえて意見交換を行った。主な意見交換等の内容を以下に示す。

各鉄道事業者の取組みや抱える課題のうち、特に画像・AI を用いた列車検査、車載カメラを用いた軌道巡視、GPS を用いた列車見張員の支援に対して複数の鉄道事業者から興味が示された。

- ▶カメラ（画像・映像）・AI を用いた列車検査について
 - ▶車両の検査業務の省力化・高度化を図るために、CBM（状態基準保全）への移行は必要不可欠。
 - ▶遠隔監視のために多数のセンサー類が必要になることや、摩耗部品については遠隔状態監視が困難という課題がある。そのため、遠隔状態監視だけではなく、AI による車両監視システムの導入が、省力化・安全性向上のために必要だろう。
 - ▶可能な限りデータを活用した検査に置き換えることによって、人材不足による作業効率の低下を補えるだろう。また、データの蓄積等によって、技術伝承や若い世代の作業補助・教育にも活用できるのではないか。
- ▶車載カメラを用いた軌道巡視（線路巡視）について
 - ▶車載カメラを用いた線路設備や電気設備の点検は、省人化・省力化の観点から興味がある／検討中である。（複数の鉄道事業者が検討中）
 - ▶ローカル 5G は通信速度の速さやデータ伝送の安定性が魅力である一方、導入コストの高さが課題。そのため、5G のアンテナ類を鉄道施設に取り付ける鉄道工事についても、システムの構成を可能な限りシンプルにして、かつ安価に取り付けられるような工事方法に見直すなど、環境構築に関わる全体的なコストの低廉化を検討する必要がある。
 - ▶車載カメラを用いたソリューションは、すぐに検査周期を延長したり、運用を変えたりはできない。AI が導いた結果が合っているかどうか確認しながら、合っていない場合は教え込むという作業を継続的に実施して、AI を育てていくという意気込みで実運用の中で精度を高める必要があるだろう。
- ▶GPS を用いた列車見張員支援システムについて
 - ▶列車見張員の安全確保の支援の観点から興味がある。（複数の鉄道事業者が興味あり）

3) まとめ

第 1 回協議会の主な目的に対する結果は以下のとおりである。

a. 5G ソリューションの共用形態に係る本年度の実施概要の共有

今年度事業では、各社が開発・保有している 5G を活用したソリューション事例を多くの利用者へ有益に活用できる横展開の方法として、ソリューションの汎用化、共用方法について具体的な検討を行うことを主目的として、過年度から実施してきた鉄道車両監視 AI システムに対して SaaS 共用実証実験を行い、5G ソリューションの情報提供・情報共有に係る検証及び 5G ソリューショ

ンの共用形態に係る検証を実施することを共有した。

b. 鉄道事業者における鉄道 DX 等に係る取組・課題、新技術等への期待等の共有・意見交換

各鉄道事業者が計画もしくは実施している鉄道 DX 等に係る取組み、抱える課題や新技術等への期待などについて共有した。

その結果、様々な取組みや課題のうち、特に以下の事項については複数の鉄道事業者が取り組んでおり、共通のニーズであることを確認できた。

■土木分野

- ▶ 構造物（橋りょう、トンネル）の点検におけるドローンの活用

■軌道分野

- ▶ 軌道巡視（バラスト劣化・振動など）に対するドローンの活用
- ▶ 車載カメラ映像による軌道巡視の前方監視
- ▶ 保守作業時の列車接近情報の把握

■車両分野

- ▶ 車両検査のデジタル化
- ▶ 列車検査の画像、映像による AI の異常判定
- ▶ パンタグラフのすり板摩耗の検知
- ▶ 異音検知
- ▶ 車両モニタリングデータの取得（常時監視）
- ▶ カメラによる車内監視

■駅務分野

- ▶ 白杖者・車いす利用者の捕捉
- ▶ 軌道転落者の検知

■電気分野

- ▶ 電車線点検業務に対するドローン・車載カメラの活用
- ▶ 鋼索線の無人運転化（車掌の無人化）
- ▶ 踏切内の立ち入り監視

■その他

- ▶ 新入社員の確保による人材確保

各鉄道事業者が抱えるニーズのまとめを次頁に示す。

c. 鉄道 DX 等に係る共通課題や新技術活用の可能性等を踏まえた共通ニーズの抽出・選定

前述したとおり、参画した鉄道事業者は多分野において様々なニーズを抱えており、複数の鉄道事業者に通じたニーズも複数あることを把握できた。開催回数が限られた中で、ソリューションシステムに関する具体的なイメージをもとに、鉄道分野におけるソリューションの共有化を図るためのスキーム等の議論を充実させるため（ソリューションシステムの横展開を図るための検討の具体化を図るため）、第2回以降でモデルケースとして取り上げるテーマ（深度化テーマ）を各社のニーズが特に高いテーマに絞ることとした。

具体的には、複数の鉄道事業者に通じたニーズのうち、ソリューションシステムの開発や実証試験が既に進んでおり、その目的や技術的な内容が明確である「車載カメラを用いた軌道巡視システム」及び「GPSを用いた列車見張員支援システム」、本年度に実証試験を実施した列車検査システムの発展形（本年度は台車周りを対象としていたが、対象範囲を屋根上等に拡大したシステム）の3つのテーマを選定した。

■第1回協議会で抽出・選定した共通ニーズ（深度化テーマ）

- ・車載カメラを用いた軌道巡視システム
- ・列車検査システムの発展形（台車周り以外へのシステムの拡大）
- ・GPSを用いた列車見張員支援システム

(2) 第2回鉄道協議会での主な内容

1) 目的、議題および資料

第2回協議会の主な目的、議題及び資料は以下のとおりである。

■主な目的

- ①5G ソリューションの共用形態に係る本年度の実証計画の共有
- ②深度化テーマ（共通ニーズ）に係る具体的なソリューションシステムのイメージの共有・意見交換
- ③ソリューションシステムの共通化に関する意見交換

表 4.1.3-3 第2回鉄道協議会（2023年1月26日開催）

議題	<ul style="list-style-type: none"> 1. 第1回協議会の議事内容の確認 2. 鉄道事業者における鉄道DX等に係る取組・課題、新技術への期待等 ・広島電鉄 3. 実証計画の概要 4. 深度化テーマ（共通ニーズ）に係る具体的なソリューションシステムのイメージ ・列車検査システム（実証システム）の発展形（事務局） ・車載カメラを用いた軌道巡視システム（東急電鉄） ・列車見張員支援システム（静岡鉄道） 5. 共通ソリューション化に関する議論
資料	<ul style="list-style-type: none"> 資料2-1：5G等を活用したソリューションの普及展開に関する協議会名簿（2023.1.26現在） 資料2-2：第1回協議会議事録（案） 資料2-3：広島電鉄プレゼン資料 資料2-4：実証計画の概要 資料2-5-1：列車検査システム（実証システム）の発展形について 資料2-5-2：車載モニタリングシステムについて 資料2-5-3：列車見張員支援システム 資料2-6：共同開発スキームイメージ

2) 鉄道事業者におけるDXなどに係る共通課題や新技術活用の可能性に係る意見交換

第2回から参画した鉄道事業者から鉄道DX等に係る取組・課題、新技術等への期待などについて紹介があり、その内容を踏まえて意見交換を行った。主な意見交換等の内容を以下に示す。

- 鉄道区間と軌道区間の両方を保有している事業者は、列車の検査基準は、鉄道と軌道で別々に申請しているが、鉄道の検査基準の方が厳しいため、鉄道の検査基準に合わせている。ただし、自動運転の場合は、併用軌道は安全管理上の基準が鉄道と異なるため、鉄道技術の運用が難しく、センサー類・機器類を変える必要がある。

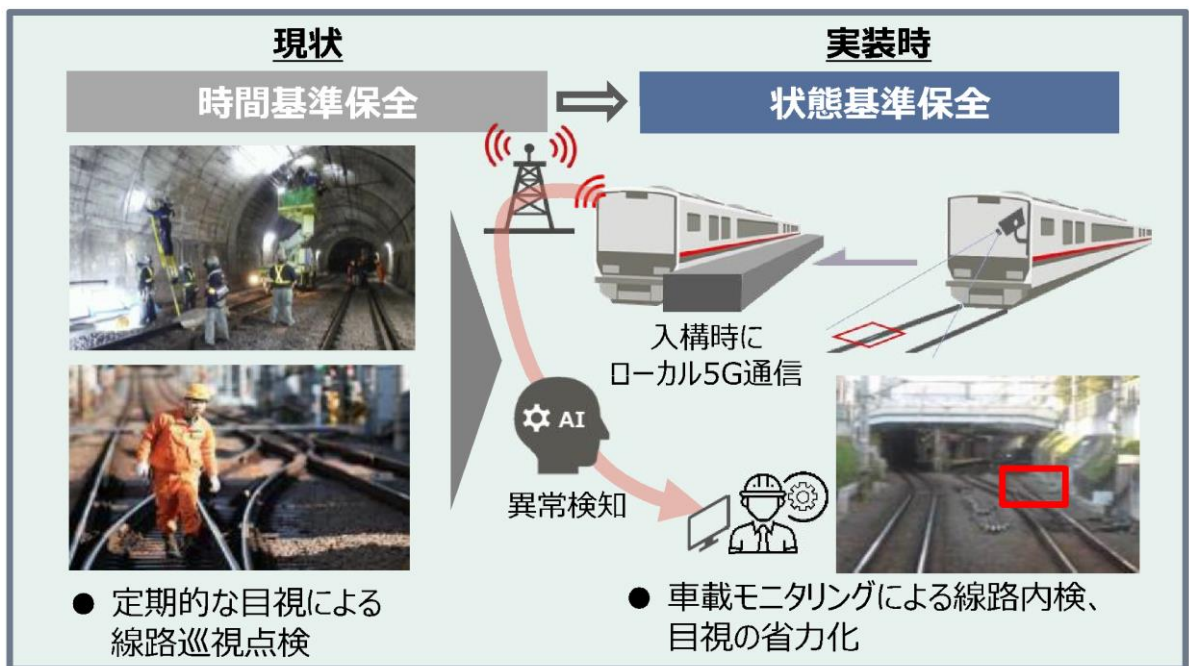
3) 深度化テーマ(共通ニーズ)に係る具体的なソリューションシステムのイメージの共有・意見交換

第1回協議会において深度化テーマ(共通ニーズ)として取り上げることとなった3つのテーマに対して、今後、ソリューションの共有化を図るためのスキーム等を議論するため(ソリューションシステムの横展開を図るための検討の具体化を図るため)、各ソリューションシステムの技術的な内容を中心に情報共有・意見交換を行った。

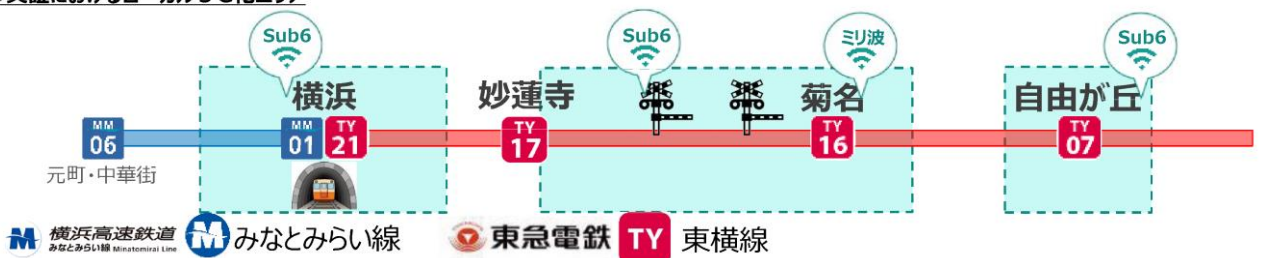
各ソリューションシステムの概要及び意見交換の内容を以下に示す。

a. 車載モニタリングシステム(東急電鉄)に係る意見交換について

車載モニタリングシステムは、車載モニタリングカメラとAIを活用して異常を自動検知し、線路内目視検査・巡視の負担を軽減することで、鉄道設備メンテナンス業務を高度化するものである。



■実証におけるローカル5G化エリア



資料：東急電鉄より提供

図 4. 3. 1-1 車載モニタリングシステムシステムについて

- ▶セマンティックセグメンテーションという技術の汎用性に関して
 - ▶架線への樹木接近に関して、セマンティックセグメンテーション(ディープラーニング式)を使った理由は、対象物が樹木であるため、異常な状態、画像で見える状態が常に同じではないことから、教師データを事前に覚え込ませる方式は適合しないだろうと判断。
 - ▶実証実験の実施の目的の1つは、架線に対する樹木の距離を見て、架線と樹木の接触の可能性を判断する際に、ディープラーニング式によって画像から架線への樹木の接近状態を検知できるか確認すること。
 - ▶架線に対する空や周辺建物との識別は、現時点で検知の精度が低い。精度を上げていく方法は検討の余地あり。
- ▶東横線での今後の取組みについて
 - ▶来年度の予定は、検知対象項目を増やすことと、精度を向上することに対して実用化までどの程度近づけるかを確認するために、東横線での実証実験を1年間通して実施して、データの蓄積・解析やアノテーション機能を社員に使用してもらうことを検討。また、武蔵小杉駅と渋谷駅において自前でローカル5Gの環境を構築して、渋谷駅～横浜駅間で営業列車を使った試験を行うことを検討。
 - ▶再来年度の予定は、他の事業者と実際に連携することの具体化を検討。車両に搭載する機器は、今回の実証試験で使っている機器のみのため、他の事業者の路線に実際に持ち込み、1回撮影してもらうことを検討。
 - ▶東急電鉄としては、ローカル5Gの使用を前提にしているが、必ずしも、ローカル5Gが必須ではなく、各事業者の判断に委ねる。

b. 列車検査システムの発展形(事務局)に係る意見交換について

列車検査システムの発展形は、列車検査の効率化・省人化や作業環境の改善・安全性向上を目的として、過年度まで実証試験の対象としていた台車周りだけでなく、列車検査項目のうち、現状の車外目視検査に対象を拡大して、カメラ（画像・映像）とAIを用いて遠隔点検、異常検知を行うものである。

1. システムの目的

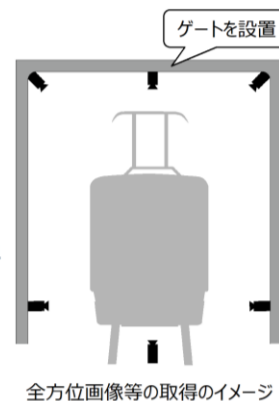
- 画像等とAIを用いた列車検査の効率化・省人化、作業環境の改善・安全性向上

2. 列車検査の実態

	鉄道事業者A	鉄道事業者B
列車検査の点検項目	145項目	46項目
目視のみによる項目	100項目 (69%)	20項目 (43%)
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">ここがターゲット！</div> 車外	82項目 (57%)	12項目 (26%)
車内	18項目 (12%)	8項目 (17%)

3. 列車検査システムの発展形（案）

- 車外目視項目に着目し、車両の全方位からの画像等を活用
- 理想とするシステムのイメージ
 - 車両が低速で通過する箇所にゲート等を設置（車庫内、入出庫線等）
 - 車両の全方位から複数の高精細カメラで撮影
 - 必要に応じてサーマルカメラや集音マイク等も設置
- システムの機能と運用のレベル感
 - STEP 1：画像伝送による遠隔点検
 - 高精細な画像を取得することにより、遠隔でも目視と同等の精度による点検を実現
 - 画像データのアーカイブにより、ふりかえりの確認が可能
 - STEP 2：AIの活用
 - 取得した高精細画像をAI解析することにより、異常を検知（自動判定）
 - 単に、検査項目がOK/NGだけでなく、「通常と異なる」状況も検知可能
 - 検知した異常をアラートで遠隔作業員に通知



4. システムの導入効果

- 労働環境の改善
 - 作業の効率化・円滑化により、作業時間が短縮される【物理的な作業負荷の軽減】
 - 列車検査の労力を軽減；たとえば、これまで100の労力であったものが、システムの支援により70に軽減される、など
 - 各検査項目の判断をシステムが支援することで、個々の判断の責任を分散できる【心理的な作業負荷の軽減】
 - 遠隔監視により、現場で作業する際の危険性がなくなる【作業員の安全性の向上】
- 効率化・省人化
 - 検査項目をシステムが一部代替することで、列車検査の必要人工を減らせる可能性
 - さらに、現地での検査の頻度低下による省人化により、直接的なコストメリットが生まれる
- 検査状況の記録
 - アーカイブすることで、振り返って確認することができる（どの状況で、どういった判断を下したのかという記録）
 - AIによる技術伝承（職人の暗黙知を形式知に変えること）が可能となる

5. 今後の進め方の提案

- これまで取り組んできた実証システムを発展させる
 - 共同開発スキームの枠組みで、列車検査システムを鉄道事業者共通のソリューションシステムとして育てていきたい
- 方向性
 - ① できること・やりやすいこと（技術的・費用的）
 - ② 効果が高いこと（鉄道事業者として）
 - ③ 各事業者共通のこと

からスタート
小さく生んで、大きく育てる
- 提案：先行着手対象の案
 - 屋根上、パンタグラフ（作業の負担が大きい、危険性高い）
 - ブレーキパッド、ハンドルレバー、収容ボックスの蓋（これまでの実証で検知精度を確認）

図 4. 1. 3-2 列車検査システムの発展形について

➤省力化・省人化に関して

- 将来の働き手の減少に対応するために、10日周期の列車検査を人による検査、AI等での状態監視による検査を交互に実施することで、実作業量を減らすことを検討。
- 屋根上の検査を対象に、システムを導入するにあたっては、絶対に必要な作業とそうでない作業(屋根上に上がるので、ついでに行っている作業)を今後明確に線引きすることが必要。
- 台車亀裂の検知のみのシステムだと費用対効果の面で導入が難しいと考えていたが、全方位にカメラを設置して、車両を状態監視する最終形のイメージであれば、検査項目を増やすことができ、非常に有効になるだろう。

➤各事業者間の連携に関する意見に関して

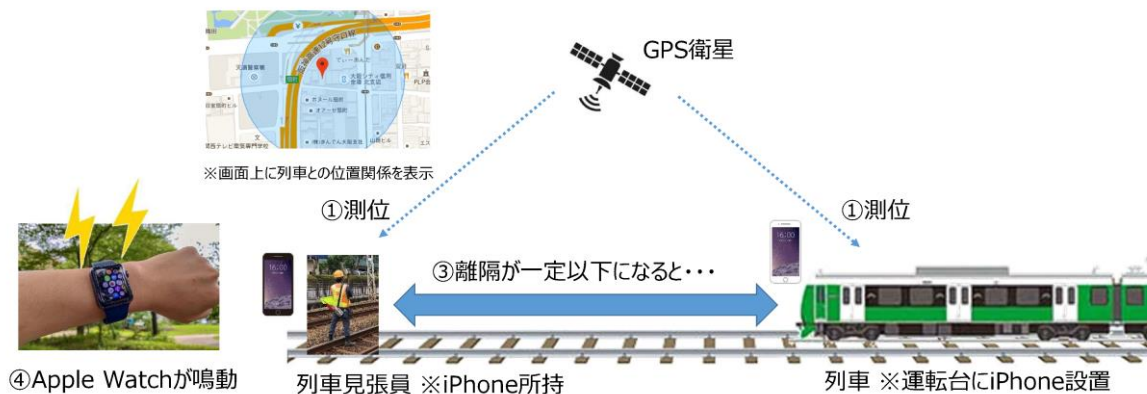
- 共通ソリューションの観点からは、事業者間で話し合い、最終的なゴールを決めないと、方向性を定められないだろう。
- AIによる画像解析のためには、教師データを大量に取得する必要があり、複数の事業者が共同で時間をかけて開発していくものである、と考えている。

➤今後への期待について

- これまで鉄道業界では、国鉄規格に則って、製品開発を行っていたため、大量製造でコストの面でメリットがあり、初期トラブルの早期解決を図ることができていた。製品に関しても今後そのような動きになっていけば良い。

c. 列車見張員支援システム(静岡鉄道)に係る意見交換について

列車見張員支援システムは、列車見張員の支援をすることを目的に、列車と列車見張員に携帯させたスマートフォンにより双方の位置を測位し、鳴動により退避を補助するものである。



資料：静岡鉄道より提供

図 4. 3. 1-3 GPS を用いた列車見張り員支援システムについて

➤技術的な内容に関して

- 列車見張員支援システムでは、列車接近の距離を見ている。一方、列車速度の計測は検討していない。
- 同システムでは、作業場所によって列車接近の通知が必要なタイミングが変わることから、距離(50m~300m)を任意に設定することが可能になっている。例えば、駅の真横で作業している場合、早めに通知が来てしまうと作業時間が減ってしまうため、作業場所に応じて列車通知の距離を調整できるように設定している。
- 同システムでは、車両側・作業員側でスマートフォンが1台ずつ+スマートウォッチ1台の構成である。2つの機器を利用する理由は、App Storeのスマートウォッチ用のアプリ開発に移行すると手間がかかるからである。スマートフォンとスマートウォッチを連携させることは、通信の時間差もそれほど発生せずに通知がくることが確認されたため、2つの機器の利用の有効性に関して示せた。
- 列車に載せるスマートフォンは列車の電源から充電し、スマートフォンの背面から充電する形式で検討中である。
- App Storeからインストール可能とするのは、弊社(静岡鉄道)の社員のみの予定として、全体公開する予定はない。ただし、お問い合わせいただいた事業者に対しては、限定的に提供することを検討している。
- スマートフォンの通信はキャリアのLTE等の回線を使用している。スマホ熱の問題は現時点でない。
- キャリア回線の通信障害が発生した場合も、見張員が目を確認しているため、安全は担保している。

➤ 複々線区間では、列車方向を識別することは可能だが、2本ある同方向の線路のどちらかを認識することは精度の面から保証できない可能性が高い。

4) ソリューションシステムの共通化に関する意見交換

共通ニーズに対する課題解決に資するソリューションシステムの共通化を図るために、各鉄道事業者が今後取り組むことが必要と考える事項、解決しなければならない課題などを明確にすることを目的として、事務局が目指しているソリューションの共通化の方法の1つとして考えられる共同開発スキームのコンセプト及び導入イメージを提示した上で、鉄道事業者との意見交換を行った。

共同開発スキームのコンセプト及び導入イメージを以下に示す。

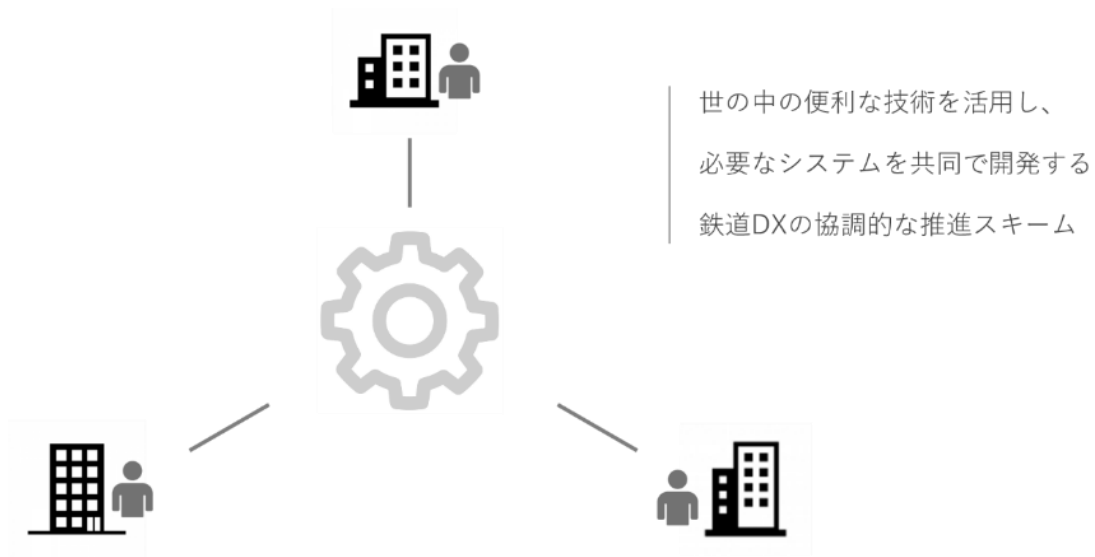


図 4.1.3-4 共同開発スキーム コンセプト

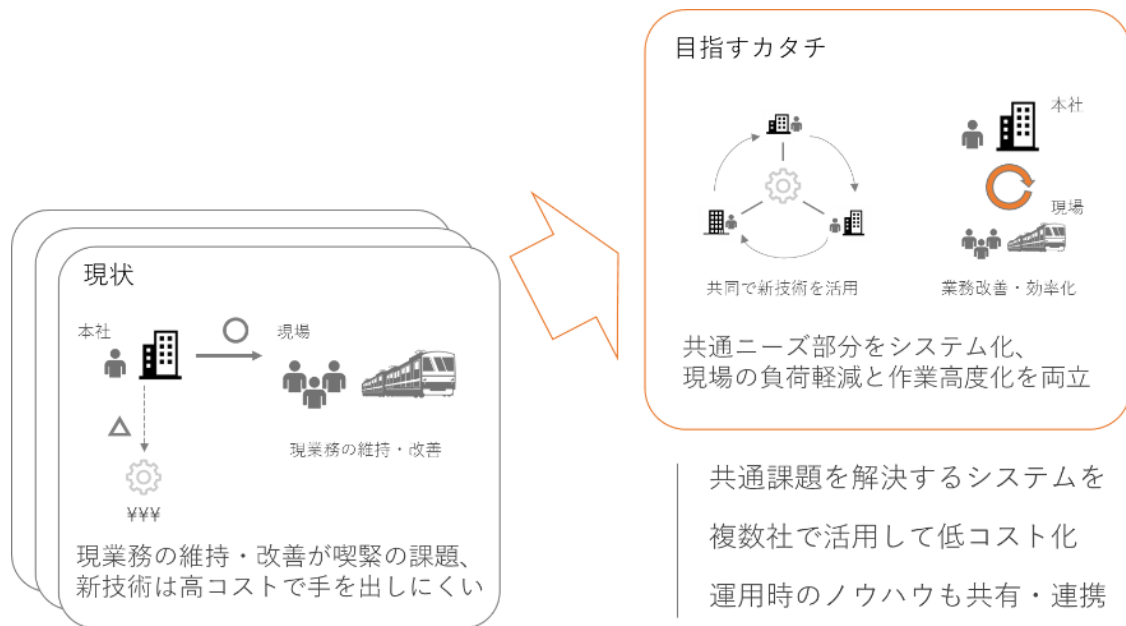


図 4.1.3-5 共同開発スキーム 導入イメージ

- ソリューションの共用化もしくは導入にあたっての費用対効果の効果に関する各社の意見
 - 投資に対してどの程度コスト削減を図れるかに尽きる。そのため、コスト削減をどの程度図れるかを見極めていくことが必要である。
 - 列車検査システムは、検査を人から機械に代替するので、人件費相当が費用対効果の効果になる一方、列車見張員支援システムは、見張員が減るわけではなく、安全に関わることであるため、納得できる費用であれば導入するという判断を検討する。
 - 働き手不足という課題を解決できれば、必ずしも人件費見合いである必要はないという考えである。加えて、技術継承ができる、職場環境が改善する、安全性が向上するなどの定性的な面も考慮して費用対効果を把握する予定である。
 - 列車見張員支援システムは、既存システムに上乘せする支援システムとして考えた場合、1つのシステムだけでは費用対効果が見込めない可能性があるが、3つ程度のシステムを載せることで企業価値を高めることを推進したい。

5) まとめ

第2回協議会の主な目的に対する結果は以下のとおりである。

a. 5G ソリューションの共用形態に係る本年度の実証計画の共有

本年度の鉄道車両監視 AI システムの実証計画の概要を共有した。

本年度の実証試験は、対象とする検査項目（ブレーキパッドのすり減り、台車の亀裂、収容函のハンドル角度、車軸温度）や実施内容（検査車庫において、4K カメラ・サーマルカメラで台車を撮影し、AI システムを用いて対象物を検知し、その検知精度や速度などを評価・検証する）は昨年度の実証試験の継続であるものの、新たな取り組みとして SaaS 構成でのシステム構築、特化型汎用モデルの構築、アノテーション支援ツールの追加を行うことを共有した。

b. 深度化テーマ（共通ニーズ）に係る具体的なソリューションシステムのイメージの共有・意見交換

第1回協議会で深度化テーマ（共通ニーズ）として選定した車載モニタリングシステム、列車検査システムの発展形、列車見張員支援システムについて、今後のソリューションの共有化を図るためのスキーム等を議論するため、技術的な内容を中心に情報共有・意見交換を実施した。

車載モニタリングシステムについては、セマンティックセグメンテーション（ディープラーニング式）による架線への樹木接近検知のように、必ずしも教師データを事前に覚え込ませた上で AI 検知する方式が最適ではない検知対象物があることを共有した。

列車検査システムの発展形については、検査対象物を拡大し車両を状態監視することに対しては、費用対効果の面からも有効なシステムになるとの見解があった。

列車見張員支援システムについては、スマートフォン3台のみの簡易なシステム構成であり、技術面・費用面での導入が比較的容易なシステムである一方で、複々線区間での各列車の識別精度が低いと想定されることなど、他の鉄道事業者への横展開を図るためには課題があることを確認した。

c. ソリューションシステムの共通化に関する意見交換

ソリューションシステムの共通化もしくは導入に関しては、省人化を図れる人件費相当が効果になるといった費用対効果が判断基準になるという見解が複数の鉄道事業者から示された。一方、将来の働き手不足の課題を解決できる場合は、必ずしも削減可能な人件費が効果としての判断基準ではなく、技術継承が可能になること、職場環境が改善すること、点検作業の安全性が向上することなどの“定性的な面”も含めた費用対効果を考慮するという意見もあった。

(3) 第3回鉄道協議会での主な内容

1) 目的、議題および資料

第3回協議会の主な目的、議題及び資料は以下のとおりである。

■主な目的

- ①5G ソリューションの共用形態に係る実証試験結果の速報の共有
- ②深度化テーマ（共通ニーズ）に係る共通ソリューション化のスキームに関する意見交換

表 4.1.3-3 第3回鉄道協議会（2023年2月16日開催）

議題	1. 第2回協議会の議事内容の確認 2. 実証試験結果の速報 3. 共通ソリューション化のスキームに関する意見交換 ・車載モニタリングシステムについて ・共同開発スキームについて（列車検査システムの発展形） ・列車見張員支援システムについて
資料	資料 3-1：5G 等を活用したソリューションの普及展開に関する協議会名簿 資料 3-2：第2回協議会 議事録（案） 資料 3-3：実証試験結果の速報 資料 3-4：ソリューションシステムの共用化に向けて 資料 3-5：車載モニタリングシステムについて 資料 3-6：ソリューションシステムの共用化に向けて～共同開発スキーム～ 資料 3-7：鉄道技術開発費補助金について

2) 5G ソリューションの共用形態に係る実証試験結果の速報の共有

鉄道車両監視 AI システムの実証試験結果の速報を行い、AI での検出結果の一部を共有するとともに、本試験の目的の 1 つである SaaS 型利用については、3 拠点からの同時利用を想定して、リアルタイム映像伝送・AI 解析処理が並列で行われるシステム構成で利用可能と確認したことを報告した。

また、本年度新たに追加したアノテーション支援ツール、及びソリューションの共有化にあたり AI モデルについて、以下の意見があった。

➤アノテーション支援ツールについて

- アノテーション支援ツールは、マニュアルに沿って容易に扱えた。
- 実際の運用に導入した際には、台車の種類が多いことと、雨や汚れなどが実証時に比べて劣悪な環境であり、その環境下において亀裂等が検知できるかが課題。台車の種類の多さは、AI に覚え込ませるための教師データが多く必要になることから、この点について改善できれば、より使いやすくなるだろう。
- アノテーション支援ツールの半自動化は、今の技術では実現は難しいが、現場の負担を軽減するためには必要な要素であると考えている。

➤AI モデルについて

- AI モデルを汎用化し、シェアリングすることでコストダウンが図れるのではないかと考えている。
- 昨年度は、京急、西鉄の混濁モデルで実証を実施。今年度は、混濁モデルと特化型汎用(西鉄)モデルの精度の比較を検討。
- AI モデルとクラウドシステムの両面からコスト縮減に関しての検証を検討。

3) 深度化テーマ(共通ニーズ)に係る共通ソリューション化のスキームに関する意見交換

a. 車載モニタリングシステム(東急電鉄)に係る意見交換について

車載モニタリングシステムについて、業務効率化の観点から鉄道事業者共通の課題を解決するソリューションを開発・シェアする仕組みや他事業者への展開といった将来構想コンセプトや事業モデル案が共有され、鉄道事業者から以下の意見があった。

- 東急の現時点の事業モデル案(SaaS 事業)に関しての各事業者の導入形式について
 - 参画事業者が増えると、導入コストが安価になると想定されることや、データが増え学習させることで AI が賢くなることにニーズがあること、また、アップデートが行われることを踏まえると、買い切り型よりサブスクリプション型が優位ではないか。
- サブスクリプション型の利用料に関して
 - 事業者によって求める内容が異なることから、それぞれに合った形で提供できれば、

会社規模を問わず導入可能だろう。

▶路線延長や設備数、検知対象物やカメラの台数など利用環境(都市型路線・山岳路線)に応じて価格設定するやり方を検討することが考えられる。また、AI やクラウドサーバ等の利用状況に応じて重み付けすることで、導入のハードルは下がるだろう。

▶機能ごとに価格が設定されていると分かりやすい。

▶東急の現時点の事業モデル案(SaaS 事業)の今後の展開について

▶東急電鉄との乗り入れ事業者を対象に Phase1 として広げていく計画である。

▶東急電鉄と乗り入れしていない事業者が参画する場合、Phase2 の 2027 年度からの参画が目安である。

b. 共同開発スキーム:列車検査システムの発展形(事務局)に係る意見交換について

列車検査システムの発展形について、今後のソリューションシステムの開発にあたっての課題や方向性に関して、鉄道事業者等から以下の意見があった。

▶システム全体に係る事項について

▶データの取得方法に関しては、ヘルメットにカメラを付けるのも一案だが、スマートグラスなどで足回りのデータを取るなど他にも工夫しようがあるのではないか。

▶今回初めて実証実験した中で、台車の亀裂は列車検査においては、付加価値の機能だと考えている。一方で、制輪子の摩耗は、検査項目であり代替は可能であるが、限度値以下であると交換作業が生じることは変わらない。

▶パンタグラフや高所での検査について

▶パンタグラフのすり板は手間がかかっている検査である。パンタグラフのすり板検査は製品化されているが、ニーズがあるため、開発していく余地がある。

▶パンタグラフのすり板の素材は合金素材やカーボン素材など複数種類があることから、それらを判別して異常を検知するシステムが必要である。

▶CBM 関係で台車にセンサーを付けて異常を感知させ、効率的なメンテナンスを図ろうとしているため、車両のパンタグラフすり板摩耗の検知は、優先順位はまだ低い。カメラやAI 等で確認したとしても、作業がなくなるわけではないため、どの程度省力化、効率化が図られるかが大切である。

▶ある程度 AI が検査できるようになり、10 日に1回のカメラを用いた屋根上の検査をAI と人で交互に実施することができるようになるのが理想である。

▶社内の当該部門において屋根上の高所作業が点検の中でどの程度の比重を占めているかの確認を今後実施。

▶現在パンタグラフのモニタリングとして駅にカメラを設置しているものの、人員削減には繋がっていない。AI 検知の実現で人員削減や検査の精度向上に繋がるだろう。

▶列車点検の現状について

- ▶列車点検に関しては、点検票のデジタル化など主に事務作業の効率化を進めている。
- ▶作業環境はピット線で実施しており、空調等はなく夏場は特に過酷。
- ▶今後の進め方や意義について
 - ▶新技術の開発は本社のメンバーで対応することが多いが、実運用を見据えると、開発段階から現場の社員を巻き込むことで早く運用に落とし込むことができるだろう。
 - ▶将来的に、現在かけているマンパワーをどこまで維持できるかという課題がある。現在の主力である50代付近の年齢層が抜けたときに、全般検査等の大きい検査は人が実施せざるを得ないものの、列車検査等の短い周期の検査をどこまでAIで対応できるかと思っている。

c. 列車見張員支援システム(静岡電鉄)に係る意見交換について

列車見張員支援システムについて、現状の報告があった。主な内容は以下のとおりである。

- ▶システム開発の現状について
 - ▶2月にテストを行い、仕様を変更。これまでは、列車が設定の距離まで近づいた際に、一度のみ通知を送るシステムとしていたが、複数回通知を送るように仕様を変更。今回のテストでは、作業員と列車の距離が100m～80mの間に一定間隔で複数回通知される仕様とした。
- ▶システムの横展開について
 - ▶他鉄道事業者への展開は、現在ベンダーと契約書をまとめている。横展開ができるように進める予定である。

d. 共通ソリューション化に関する議論について

ソリューションシステムの共用化または円滑な導入にあたっての課題やコスト以外の観点からの留意事項等に関して、以下の意見があった。

- ▶システムを共有化した際に、システムによる故障やエラーが生じた場合にどこが悪いかが誰が悪いかといった責任問題が生じる可能性があり、システムの運用を具体化する際には、リスク面のフォローが必要であるだろう。
- ▶団塊世代の大量退職を見据えた作業効率化が課題である。
- ▶将来的な人員確保を見据えて、技術職以外の人でも対応できるような精度・確度で判定できれば良いだろう。
- ▶導入が進まない理由は、安全性向上等の出口戦略が明確になっていないからだろう。将来の絵姿が見えていない中で技術だけ進歩している状態であり、ロードマップが見えてくると各事業者の合意が図れて、進めていけるのではないかと。
- ▶導入にあたっては、コストや従業員の満足度などが重要である。
- ▶悪いところを見つけるだけでなく、周期予測等も複数のデータを分析できれば対応できるようなCBMの観点から更に良くなるのではないかと。

- ▶高所作業の削減は、安全性の確保および職場改善となることから、離職率低下に繋がるのではないかと期待している。
- ▶将来の人手不足を考えると、単独でも進める必要があるくらいだと認識。
- ▶共同で開発するメリットは、1社で行うことより早く実現できることが期待されることと、他社の知見・ノウハウを得ながら進められることと、複数事業者のデータを基に、より安全性が担保できれば社内での意思決定も図りやすくなることの3点が考えられる。
- ▶共通ソリューションは、コスト、品質、納期が良ければ使っていくことになるだろう。
- ▶検査の精度が一定数を超えており、外部的に認められていると意思決定が図りやすい。サンプルでお試しができると、意思決定のハードルが下がるのではないかと。

4) まとめ

第3回協議会の主な目的に対する結果は以下のとおりである。

a. 5G ソリューションの共用形態に係る実証試験結果の速報の共有

本年度の鉄道車両監視 AI システムの実証試験結果の速報を共有した。

この鉄道車両監視 AI システムにおいて本年度新たに追加したアノテーション支援ツールに関しては、鉄道事業者から、マニュアルに沿って容易に扱えたといった好意的な意見があった一方で、実証環境と比較して実際の環境が劣る（雨天により車体が汚れている等）ことによる影響や実運用では教師データが膨大になることが想定されるという懸念が示された。

b. 深度化テーマ（共通ニーズ）に係る共通ソリューション化のスキームに関する意見交換

深度化テーマのうち、車載モニタリングシステムに関しては、他の鉄道事業者への横展開を図る事業モデル案が示された中、導入型式としては、コストや今後のシステム更新の面から買い切り型ではなく、サブスクリプション型が優位であるとの見解が示された。また、サブスクリプション型の利用料については、鉄道事業者によって路線環境が異なることから、各事業者の利用環境に応じた価格設定をすることで、導入のハードルが下がるとの意見があった。

列車検査システムの発展形については、台車周りだけではなく、屋根上など対象範囲を拡大する発展形への期待は示された一方で、部品交換などの画像や AI による代替が不可能な作業は残ることから、人による検査周期の延長など省力化・効率化がどの程度図られるかを明確にする必要があるとの見解が示された。また、同システムの円滑な導入にあたっては、実運用を見据えて、開発段階から現場作業員の意見を反映させることが必要との意見があった。

列車見張員支援システムについては、他の鉄道事業者への横展開を図る意向が示された。

上記の深度化テーマのようなソリューションシステムの共用化または円滑な導入にあたっては、コスト面でのメリットだけではなく、将来の労働力不足を見据えて、労働環境の改善や安全性の向上などのメリットや複数事業者が共同で進めることによる早期の導入に対する期待が示された。

また、複数事業者のデータにより安全性が担保されること、将来のロードマップが明確にされることなどが事業者の意思決定のハードルを下げるために必要であるとの意見があった。

(4) 第4回鉄道協議会での主な内容

1) 目的、議題および資料

第4回協議会の主な目的、議題及び資料は以下のとおりである。

■主な目的

- ①5Gソリューションの共用形態に係る実証試験結果の共有
- ②共通ソリューション化に係る今後の取組みに関する意見交換

表 4.1.3-5 第4回鉄道協議会（2023年3月15日開催）

議題	1. 第3回協議会の議事内容の確認 2. 実証試験結果の報告 3. 共通ソリューション化に係る今後の取組みに関する意見交換
資料	資料 4-1：5G等を活用したソリューションの普及展開に関する協議会名簿（2023.3.15 現在） 資料 4-2：第3回協議会 議事録 資料 4-3：5Gソリューションの共用形態に係る調査事業～実証結果～

2) 5Gソリューション共用形態に係る実証試験結果の共有

鉄道車両監視 AI システムの実証試験結果を共有した。

検知対象物によって検出率・網羅率に差異が見られたこと、単独モデルと混濁モデルでの検知精度に有意な差が見られなかったこと、AI 画像解析の共通部と AI モデル構築との違いなどについて、以下の意見交換があった。

➤台車き裂の検知について

- 弊社では超音波探傷検査やカラーチェックなどを用いた検査を行っており、き裂を目視で確認できる状態に至るまでに検知する努力をしている。一方で、そのような検査をすり抜けて、新幹線の台車亀裂のように目視できる亀裂まで進展するケースもあり、重大な問題となることがある。日常の点検ではカメラ画像（目視）で確認できないき裂に対して探そうとしていることから、この実証試験のシステムは最悪の状態を見つけようと

するものと感じた。

- ▶カメラで確認することは目視での確認と同じであるという指摘はそのとおりだと思う。また、台車の内側等のカメラ（目視）で確認ができない部分に対しては、マルチモーダルの方法（カメラ画像以外のものと組み合わせる）で検査するシステムを構築する可能性については今後も検討していきたい。

- ▶台車き裂とその他の対象物での検出率・網羅率に違いがあることについて
 - ▶台車き裂とその他の対象物（ハンドルレバー、ブレーキパッド）で検出率・網羅率に大きな差がある。AIは形があるモノを判別するのは得意であるが、一部の変化を発見するのは不得意であるというイメージを持った。将来的にブレーキパッドに対しては残存率だけでなく欠損の有無も判定したいと考えており、仮に一部の変化を発見することが不得意である場合は、このシステムの課題になると思った。
 - ▶詳細については分析中であるが、検出率・網羅率に対してはカメラ画像全体に対する対象物の大きさや見分けやすさが影響していると考えている。今回の実証試験の場合、ハンドルレバーは画像に占める領域が大きい一方で、台車亀裂は画像に占める大きさが小さく、目視でも見分けづらい。このことが、今回の検出率・網羅率の結果に繋がっていると想定している。ブレーキパッドの欠損も同様に、欠損の大きさによって検出精度に差が生じると想定する。

- ▶アノテーション支援ツールを用いた対象物の拡大について
 - ▶列車検査システムの発展形として、今後は対象物を台車周りだけでなく、パンタグラフ等へ展開していくとのことであり、それは複数の事業者で共同利用することをイメージされているとのことだが、もし新たに検知対象物を増やしたい時には、アノテーション支援ツールを用いて、各事業者で対象物を増やすことはできるのか。
 - ▶アノテーション支援ツールはベースとなるAIモデルに対して追加学習させていくツールである。そのため、教師データを用いてAIに覚え込ませていない、全く別の対象物については、新たにAIに覚え込ませてモデルを構築する必要がある、現在の仕組みではそれを事業者で行うことはできない。

- ▶特化型汎用モデルと混濁モデルで検知精度に有意な差が見られなかったことについて
 - ▶実証に使用した台車の種類は様々であり、素人の目でも明らかに異なる台車を使用していた。異なる事業者でも同じメーカーの台車を使用している場合もあり、特化型汎用モデルは、最適なモデル構築の観点では、事業者単位ではなく、台車単位でも考えられる可能性がある。地域によっては車両の標準化も進んでいることから、似たような台車でAIモデルを構築することも考えられる。
 - ▶弊社では古い車両から新しい車両まで、様々な形式・構造の台車を使用しているので、全く外見が異なる台車であっても特化型汎用モデルと混濁モデルで性能に大きな差がなかったことは有意義な結果だと考えている。

- AI 画像解析の共通部と個社の AI モデル構築との違い・仕切り線について
 - AI 画像解析の共通部と個社の AI モデル構築との違い・仕切り線について、共通部は AI を動かす部分を共有するイメージである。共有化するシステム全体の利用料金を低減するという観点では、個社モデルではない、共通部が影響すると思う。
 - 複数事業者におけるシステムの共用化にあたっては、AI の個別最適と共通化・共用化する部分は考える必要がある。個別の最適化はアノテーション等を用いて行い、AI モデル構築の範囲内でも共通でモデル構築できる部分は共通化する、ということについては今後検討していくべき課題である。
 - 今回の実証試験結果は、過年度の京急電鉄モデルに西日本鉄道のデータを追加して構築した AI モデルと西日本鉄道のみで構築したモデルを比較した結果、検知精度に有意な差がない結果となっている。今回の実証試験では、データを多く集めることが課題でもあった。今後、画像の枚数、取り込む鉄道事業者数の増加に応じて、特化型汎用モデルと混濁モデルでの差がより大きくなることも想定されるが、今後その検証をしていきたい。また、特化型汎用モデル・混濁モデルで差異が大きくなかった理由として、画像を AI に学習させる人やクラック形状が同じであり、これらにバラつきがなかったこともあると考えている。
 - 弊社で取り組んでいる軌道巡視システムについて、現時点までは、弊社内のデータのみを用いてモデル構築し、弊社内路線を対象に実証試験を行っている。今後、このモデルを他事業者の路線で試験した際の検知精度はどうか、他事業者のデータを追加して構築したモデルを他事業者で試験した場合に検知精度はどうか、更にそれを弊社内で試験した場合の検知精度はどうか、ということと比較していきたい。今回の実証試験結果により、複数事業者の画像データを用いて構築したモデルが、単独事業者のデータを用いて構築したモデルよりも、検知精度が劣る可能性があるという認識をした。
 - 単独事業者で学習させたモデルに他事業者の画像を追加学習させた場合、一度精度は低下するものの、更に画像の量を追加し、他事業者の画像も追加していくと最終的には検知精度が向上する可能性はあるのか、逆に、他事業者の画像枚数を追加していくほど、検知精度は下がる一方になるのかについては今後の検討課題である。
 - 必要な機能の範囲内での汎用性をどこまで持たせるかのスタンスによっても異なると思う。また、マルチモーダルと言われる複数のモノを同時に検知する AI も研究・開発が進んでおり、将来的にはこの活用可能性を含めて今後も検討が必要と考える。
 - 検知する対象及び特徴によって詳細な部分は異なることが考えられるが、共通化が図れる部分については最大限に共通化し、それに個社最適が必要な部分は追加することによって、システム全体としてのトータルコストを抑えるシステムを検討することが目指す方向性なのではないか。

3) 共通ソリューションに係る今後の取組みに関する意見交換

3つの深度化テーマについて、第3回協議会の共通ソリューション化のスキームの議論や事務局で実施した意向調査の結果を踏まえて、今後の取組みに関する意見交換を実施した。

a. 車載モニタリングシステムについて

事務局で実施した車載モニタリングシステムに関する意向調査の結果を受けて、次年度のシステム開発の進め方や協議会との連携について以下の意見等があった。

- ▶ 第3回協議会を受けて、事務局より車載モニタリングシステムに関する意向調査を実施した結果、多数の事業者が興味を持たれているとのことであった。東急電鉄の取組みに対しては本協議会参画事業者の注目度が高い印象である。
- ▶ 事務局より実施した意向調査では、来年度の総務省の実証事業に対して共同エントリーの意向がある事業者はいなかった一方、興味がある等の前向きな意向を持つ事業者が多くあったので、引き続き情報交換・意見交換をお願いさせていただきたい。主に保線部門ではあるが、この協議会を通して他社と意見交換ができるようになった。来年度の実証事業については、協業の可能性を他事業者に声掛けしている状況ではあるが、実証計画を具体化して実証を継続していきたいと考えている。
- ▶ 来年度も本協議会の活動は継続したいと考えており、可能な範囲で情報共有いただきたい。また、参画する他事業者を増やせるような場として活用いただきたい。

b. 列車検査システムの発展形について

列車検査システムの発展形について、事務局より今後の進め方を共有した。

- ▶ 具体的なシステム内容や費用感を示す予定としていたが、現時点で詳細な説明ができるような段階に至っていない。今後、興味のある事業者と議論・意見交換しながら、効率的かつ安価なソリューションシステム構築に向けて提案していく予定。
- ▶ これまで台車周りを中心としていたシステムからパンタグラフを含む屋根上等に広げてシステムを発展されていくことに関しては、技術的な観点からの検討を引き続き進めたいと思っている。その際には、鉄道事業者にとって有用なシステムを構築できるように、事業者と意見交換・議論しながら内容を詰めていきたいと考えている。

c. 列車見張り員支援システムについて

列車見張り員支援システムについて、以下の現状報告があった。

- ▶ 今年度末までの導入に向けて、システムの最終調整中である。具体的には、列車が接近してきた際に、設定した一定区間を列車が走行中は、通知が鳴り続け、列車見張り員が端末機器を操作すると通知が消える等の仕様変更を実施している。

- ▶他事業者への横展開は、現時点ではベンダーとの具体的な検討をできていないが、基本的には横展開していく方向性で検討している。電波を含めて路線環境は事業者によって異なると思うが、何らかの形で活用は可能ではないかと想定している。

d. 共通ソリューション化に係る今後の取組みに関する意見交換

3つの深度化テーマに関する今後の取組みに関して、鉄道事業者等から以下の意見があった。また、今後の共通ソリューション化を見据えて、本年度の協議会で選定した3つの深度化テーマ以外に、共通ニーズ（テーマ）として検討が考えられるテーマに関して鉄道事業者から以下の意見があった。

- ▶車載モニタリングシステム（東急電鉄）に係る今後の取組みに関する事業者の意見
 - ▶コンソーシアムに参画していることもあり、今後も引き続き協力していきたい。
 - ▶来年度の参画は難しいが、今後いずれ必要となるシステムであると感じており、重要なテーマと考える。
 - ▶人手不足解消の糸口になるのではないかと感じた。
- ▶列車検査システムの発展形に係る今後の取組みに関する事業者の意見
 - ▶弊社の保有車両の種類が幅広い（異なる年代の車両、直通運転しているJRの車両がある）ことから、共通化が難しいかもしれないと感じた。
 - ▶今後実現していきたい内容である。今年度の実証試験では、台車亀裂やハンドルレバー、ブレーキパッドを対象としていたが、今後は、事務局から提案のあったとおり、パンタグラフを含めた列車検査全てをカメラやAIを用いた点検に置き換えることができれば、更なる省力化が見込めると感じている。今年度の協議会で参画事業者との繋がりができたので、今後もこの協議会の場で、引き続き情報交換できればと考えている。
 - ▶列車検査システムを導入することで人による検査周期を延ばす等の検査の省人化・省力化に繋がるのであれば、実際の導入も考えられると思うが、現時点での状況を踏まえると、実際の導入までにはもう少し時間を要するのではないかと感じている。ただ、今後の人手不足に対して、AIを活用したソリューションは非常に有用であると感じている。
 - ▶台車亀裂の検査等、技術が必要であるとともに時間が取られるので、省力化が図れるのであれば将来的には有用だと考えているため、今後も引き続き取り組まれるのであれば、情報共有等をお願いしたい。
 - ▶本協議会の開催前から、車両の状態監視を通して列車検査の省力化を図る取組みをしてきたが、目視による検査が必要であることが課題だった。そのため、今回の列車検査システムはその課題解決に繋がると感じている。
 - ▶将来の人手不足への対策が切実な課題である。今年度の実証試験では側面からの検査を対象としていたが、これに加えて打音や高解像度の映像を含めて、どこまで人による検査を代替できるのかということに対して期待をしている。このような取組みについては

自社単独では実現が難しいため、本協議会のような情報共有の場があれば非常に助かる。

- ▶列車見張員支援システムに係る今後の取組みに関する事業者の意見。
 - ▶横展開も検討されているということだったため、その際には、お声がけいただきたいと考えている。
 - ▶横展開の可能性があるとのことだったので期待している。
 - ▶弊社では列車見張員の高齢化・人数不足の問題があり、工事の繁忙期は見張員の取り合いが生じ、工事を行いたいタイミングでできない状況も生じていることから、このようなシステムを導入することで補完・支援できるのであれば良いと思った。
- ▶今年度取り上げた3つの共通ニーズ以外に、本協議会で取り上げられることを期待するテーマに関する事業者の意見
 - ▶弊社では、ドローンや3次元点群データを用いた構造物の点検に関する取組みを行っている。土木構造物は事業者間で大きな差があるものではないため、共通項が多く、ソリューションの共有化も図れる可能性があると感じている。
 - ▶ホーム上及び踏切の安全が考えられる。ホーム柵設置が費用面等で難しい路線などに対して、AI画像処理を用いたソリューションがあれば助かるのではないかと。今後の検討に加えてもらえればと思う。
 - ▶AIやカメラを用いたホーム上・踏切の安全確認についても、省人化・省力化にどの程度効果があるかわからないが、鉄道会社として安全確保は重要事項であり、追加のテーマとして良いのではないかと。
 - ▶土木構造物、ドローンでの点検が挙げられるのではと思う。弊社でも土木構造物の検査のために、現場へのドローン配備、操縦者の教育を開始したところであるが、今後は、取得画像の活用方法が課題となると想定され、AI・画像処理による検知がその解決策の1つになるのではないかと感じた。
 - ▶将来の人手不足への対策が大きなテーマと考えている。事業者同士で、どのようなことを機械に代替させれば省力化に繋がるのかを話し合い、方向性を定めることで本協議会のような取組みが前に進むのではないかと考えている。今後も本協議会のような意見交換等ができる場があれば参加させてもらいたい。

e. 今年度の協議会の振り返り

本年度の協議会活動及び次年度以降の協議会の継続開催に関して、鉄道協議会・オブザーバーから以下の意見があった。

- ▶今年度の協議会での活動を振り返った事業者・オブザーバーの意見
 - ▶協議会参加前は、係員による列車巡視をAI画像処理に置き換えられると良いと感じていた一方、AI画像処理では係員の暗黙知が表れにくく、列車巡視全体を考えた時にAI画像処理へ置き換えることのゴール設定が難しいと思っていた。本協議会に参加したこ

とで、例えば、列車検査の項目の一つをAI画像処理に置き換えられるのであれば、その分の作業工数が減少し、省力化が図られる。全体のうち1つずつ置き換えていくことで効果があるということを学んだ。

- ▶ 今後も本協議会の参画事業者とは、様々なソリューションに関して意見交換させていただきたい。
- ▶ コロナ禍で利用者減少の影響が大きく、車両や機器などが高額で人件費を含めた固定費がかかるということを改めて実感している。技術を上手く活用して、固定費を下げるようなことができないか、数年前から社内でも取り組んできたところではあるが、単独ではシステムの導入コストが高く、日常の業務で手一杯で新たな取組みに人を充てることのできないような状況で、新たな技術の導入には至っていない。ただ、このような協議会の場で複数の鉄道事業者と情報交換をすることで、単独でやるよりも導入がしやすくなると考えている。このような協議会などの情報交換の場を通じて、鉄道業界全体で利益を生み出せるような、固定費を下げられるような取組みができればよいと考えている。
- ▶ 軌道巡視システムや列車検査システム（実証試験）に関しては、これまでそのような着眼点を持って考えたことがない分野であったので、大変勉強になっている。列車見張員支援システムについては、弊社でも同じような課題を感じていたので、今後進展があれば情報共有いただきたい。AI・システムを育てることは、人を育てるのと変わらず、時間や労力がかかるものであると感じた。このようなテーマに対しては、弊社も腰を据えて取り組む必要があり、そのような際に本協議会のような事業者間での情報共有の場があればよいと感じた。
- ▶ 鉄道事業者には共通のニーズ・課題があるものの、これらの課題解決等の取組みに関しては、各社が個別に検討をしてきたのがこれまでの状況であった。また、鉄道事業は固定費比率が高い事業であるが、コロナ禍を契機に利用者数の減少による減収のダメージを受け、設備の維持がより難しい状況となり、技術を活用してより少ない人数で現行の鉄道運行を維持するという考え方は各鉄道事業者が共通に持っていると思う。そのため、今後は鉄道事業者共通の課題は鉄道事業者間で協力して新しい技術等に挑戦していくことは必要だと感じている。この協議会などを通して、意見交換だけでなく、時には協力して活動していく場を提供いただければありがたい。
- ▶ この協議会を通じて他の事業者も似たような課題・ニーズがあることがわかり、また幅広く情報収集できて勉強になった。本協議会の開始前に、社内で各部署から課題・ニーズを収集したが、困ったことや課題はあるかという聞き方であった。本協議会でも議論の話題となったが、将来の人手不足は明らかである。次年度もこの協議会のような場に恵まれるのであれば、10～20年後の職場環境を見据えた時に、省力化が必要な業務は何か等の聞き方をして、社内での意見聴取をしたい。
- ▶ 本協議会を通して、現状の技術や技術的な課題がわかったので勉強になった。
- ▶ 人口減少に伴う人手不足、コロナ禍による経営状況の悪化などに起因した各社の課題を横串する本協議会の活動内容は、本来であれば国が行うべきことであり、線路巡視や列

車検査等のテーマに対して本協議会で各事業者が主体的に議論してもらい、勉強させていただいた。本日の意見交換の中でも、各社の抱えるニーズを捉えるという言及があったが、その点に関しては当課でも協力できると思う。また、列車検査システムは、今後も引き続き検討されるとのことであったので、技術開発費補助金、各社への声掛けなど、協力できることがあれば協力したい。

4) まとめ

第4回協議会の主な目的に対する結果は以下のとおりである。

a. 5G ソリューションの共用形態に係る実証試験結果の共有

本年度の鉄道車両監視 AI システムの実証試験結果を共有した。

単独事業者のデータにより構築した単独モデルと複数の事業者のデータにより構築した混濁モデルでは検知精度に有意な差が確認できなかったことに関して、事業者によっては様々な形式・構造の台車を使用していることから、これらのモデルで性能に大差がないことは有意義な結果であること、異なる事業者でも同じメーカーの台車を使用している場合もあり、事業者単位ではなく、台車単位でのモデル構築も考えられることなどの意見があった。

一方、今回の実証試験では教師データの量に限りがあったことや少人数により画像を AI に学習させたことから、教師データの量や学習させる人数が増えた場合に、単独モデルと混濁モデルの検知精度に差が生じる可能性があるとの意見もあった。

また、アノテーション支援ツールを活用した AI モデルに対する追加学習は、現時点では事業者で実施できないこと、長期的な使用により AI が学習するデータ量に応じて検知精度が向上するか否かなどについて検討課題であるとの見解があった。

b. 共通ソリューション化に係る今後の取組みに関する意見交換

3 つの深度化テーマに対しては、その開発・活用の必要性があるとの見解が鉄道事業者から示された。また、車載モニタリングシステム及び列車見張員支援システムに関しては、開発事業者により今後の横展開の検討の意向が示された。列車検査システムの発展形についても、複数の鉄道事業者による共通化を図るために、今後も継続的に検討を進める意向が示された。

本年度の深度化テーマ以外に、共通ニーズとして検討が考えられるテーマとしては、土木構造物（橋梁やトンネル）点検に対するドローンの活用やホーム上・踏切での安全対策が鉄道事業者より挙げられた。

c. 今年度の協議会の振り返り

本年度の協議会の活動に対しては、他の鉄道事業者が抱える課題・ニーズ、課題解決のための技術やそれら技術の課題などの把握・共有ができたとの意見があり、情報提供・共有の場としての意義・必要性を再認識した。

また、協議会の場を活用することで、他の鉄道事業者と協力できることや複数の鉄道事業者が協力することで、課題解決に資するソリューションシステムの開発・導入へのハードルが下がるなどの意見があり、複数の鉄道事業者が協力して取り組むこと、ソリューションシステムの共有化を図ることの意義・必要性を確認するとともに、協議会がこれらの取組みを促進する有効な場であることを確認した。

4.1.4 鉄道協議会のまとめ

本年度の鉄道協議会の開催目的等を踏まえた、活動結果のまとめを以下に示す。

(1) 鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた具体的方策

鉄道車両監視 AI システムに関しては、検知対象範囲を台車周りだけではなく、現状の列車検査項目のうち、主に目視による検査項目を対象に範囲を拡大させていくことに対して、鉄道事業者から以下の期待が示された。

- ・将来の人手不足への対策として、画像・AI を活用することで、各検査項目の作業の効率化、省人化・省力化とともに、人による列車検査周期の延長の可能性がある。
- ・高所作業の削減は、安全性の確保および職場改善となることから、離職率低下に繋がる可能性がある。
- ・AI モデルを汎用化し、シェアすることでコストダウンが図れる。
- ・共同開発することで、1社で行うことより早く実現できる可能性がある、他社の知見・ノウハウを得ながら進められる、複数事業者のデータを基により安全性が担保できれば社内での意思決定も図りやすくなる。
- ・検知する対象及び特徴によって詳細な部分は異なることが考えられるが、共通化が図れる部分については最大限に共通化し、それに個社最適が必要な部分は追加することによって、システム全体としてのトータルコストを抑えるシステムにできる可能性がある。

一方、この鉄道車両監視 AI システムの共用化を実現するにあたっては、鉄道事業者から以下の課題・懸念事項が示された。

- ・パンタグラフのすり板の素材や台車の型式・構造などは多種類あることから、多種類ある検査対象物に対して検知精度を確保するシステムとする必要がある。
- ・部品交換など画像・AI による代替ができない作業もあることから、システムを導入することによる作業の効率化、検査の省力化・省人化に対してはより具体的な、もしくは定量的な効果を把握することが重要である。
- ・実運用へ円滑に移行するためには、開発段階から現場との協働が大切である。
- ・システム導入後のアップデート（検知対象物の拡大など）を事業者で実施できるとより有効なシステムとなる。
- ・検査対象物によって検出率・網羅率が異なるため、対象物によってはシステムによる検査・

異常検知が難しい可能性がある。

以上のことを踏まえて、鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた今後の検討課題を以下に示す。

- ・鉄道事業者が導入の意思決定をするためには、コスト面での効果（省力化・省人化・作業の効率化）を定量的に把握し、費用対効果を示すことが必要
- ・定量的な効果の把握、検査対象物の拡大を図るためには、鉄道事業者との意見・交換を継続して、実態把握・検討の深度化が必要
- ・長期的な観点での検知精度向上及び汎用性の確認のため、単独モデル・混濁モデルの比較検討の深度化が必要
- ・低コストでの共通ソリューション化、モデルの最適化を図るため、AI 画像解析の共通部の最大化や、共通部・個別最適部の差別化に係る検討の深度化が必要

(2) 鉄道事業者の鉄道 DX に係るニーズの把握、共通ニーズの発掘

本年度の鉄道協議会は、約4カ月間で計4回の開催であったことから、複数の鉄道事業者の共通ニーズのうち、車載モニタリングシステム、列車検査システムの発展形、列車見張員支援システムの3つを深度化テーマとして選定し、ソリューションの共用化等について議論した。

一方で、鉄道事業者の鉄道 DX に係るニーズは、深度化テーマだけではなく、多岐の分野にわたって複数の共通ニーズがあることを把握できた。

具体的に、共通ニーズとして考えられる項目は以下のとおりである。

■土木分野

- ▶構造物（橋りょう、トンネル）の点検におけるドローンの活用

■軌道分野

- ▶軌道巡視（バラスト劣化・振動など）に対するドローンの活用
- ▶車載カメラ映像による軌道巡視の前方監視
- ▶保守作業時の列車接近情報の把握

■車両分野

- ▶車両検査のデジタル化
- ▶列車検査の画像、映像による AI の異常判定
- ▶パンタグラフのすり板摩耗の検知
- ▶異音検知
- ▶車両モニタリングデータの取得（常時監視）
- ▶カメラによる車内監視

■駅務分野

- ▶白杖者・車いす利用者の捕捉

- ▶ 軌道転落者の検知

- 電気分野

- ▶ 電車線点検業務に対するドローン・車載カメラの活用

- ▶ 鋼索線の無人運転化（車掌の無人化）

- ▶ 踏切内の立ち入り監視

- その他

- ▶ 新入社員の確保による人材確保

これらの共通ニーズについては、鉄道事業者の現状の取組みや既往技術などを踏まえながら、課題解決に資するソリューションシステムとしての共用化を検討することが考えられる。特に、土木構造物の点検に関しては、事業者によって点検項目等に大きな差異がないと想定されることから、共通ソリューション化を図ることで、より汎用性の高いシステムにできる可能性があるとともに、より多くの鉄道事業者にとってメリットがあると考えられる。

(3) 鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムのイメージ 具体化

鉄道車両監視 AI システム（列車検査システムの発展形）以外の鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムについては、複数の鉄道事業者から興味が示され、共通ニーズとして考えられたことやソリューションシステムの開発や実証試験が既に進んでおり、その目的・技術的な内容が明確であったことから、車載モニタリングシステム（軌道巡視システム）と列車見張員支援システムの2つを本年度の協議会では選定した。

車載モニタリングシステムについては、自社路線でのデータ取得による AI モデル構築及び自社路線での実証試験から、他事業者の路線での実証試験、他事業者でのデータを取り込んだ AI モデル構築（混濁モデル）及び自社路線での実証試験、混濁モデルを活用した他事業者の路線での実証試験と、段階的なモデル構築・実証試験を通じて、同システムの実運用を目指す方向性が示された。また、他事業者への導入型式としては、導入後のシステム更新等を考慮して、買い切り型ではなく、サブスクリプション型が望ましいとの見解が多数の事業者から示された。サブスクリプション型を想定した場合の価格設定に対しては、事業者によって路線環境・利用環境（路線延長、設備数、検知対象物など）が異なることから、これらの環境及び AI やクラウドサーバ等の利用状況に応じて価格設定することや、システム内の個別機能ごとに価格設定することなどの意見があった。

列車見張員支援システムについては、開発事業者の路線環境や低コストでの導入ニーズにより、簡易なシステム構成となっており、複々線区間での列車検知が想定されていないことなど、開発事業者による他事業者への横展開は検討されているものの、他事業者への汎用性には課題があることを確認した。

また、上記のソリューションシステム以外にも、土木構造物の点検へのドローンの活用やホー

ム上・踏切での安全対策への AI 検知の活用などが共通ニーズとして考えられるとの鉄道事業者からの意見があった。

以上のことを踏まえて、車載モニタリングシステム及び列車見張員支援システムに関しては、今後も協議会を活用して鉄道事業者間の情報共有を図り、複数事業者への横展開の取組みを促進するとともに、その他のテーマについても、より具体的な実態・ニーズの把握に努め、共有化を見据えたソリューションシステムの具体化を進めることが考えられる。

(4) 鉄道協議会の継続開催について

本年度の協議会では、過年度から参画事業者数を増やすことで、鉄道事業者が抱える様々な課題やニーズを把握することができたとともに、他事業者の課題・ニーズや DX に係る取組みの現状を共有できたことに対して鉄道事業者から好意的な意見が多数あり、鉄道協議会が情報提供・共有の場として意義・必要性があることを確認した。

また、事業者が単独でソリューションシステムを開発・導入することのハードルは高いが、他の事業者と協力することで、これらのハードルが下がるとの意見や、これらの取組みを進める上で協議会のような場の提供への期待が鉄道事業者から示された。

このことから、本年度の鉄道協議会は、次年度以降も継続して開催することとし、引き続き、共通ニーズの発掘や共通ソリューション化を見据えたソリューションシステムのイメージの具体化並びに複数の鉄道事業者で協働するスキーム等の検討を進めることで合意した。

4.2 次年度以降の取組に関するまとめ・展望

本事業の成果として、SaaS 型システム構成での共通システムの運用可能性や課題を明確化するとともに、鉄道 DX 協議会参加の複数の鉄道事業者の協力を得ながら、鉄道業界の課題解決に係る共通システムの共同開発スキーム（仮称「鉄道 DX 共同開発スキーム」）の実現性を確認した。

「鉄道 DX 共同開発スキーム」では、複数事業者による共同出資・共同での外部資金調達を行うことで、鉄道業界の課題解決に係るシステムを低コストに開発し、共同で利用することを想定する。この枠組みより、鉄道業界の DX を推進し、業界全体の課題を持続的に解決する、鉄道 DX 推進の起爆剤となることが期待される。（図 4.2-1 参照）

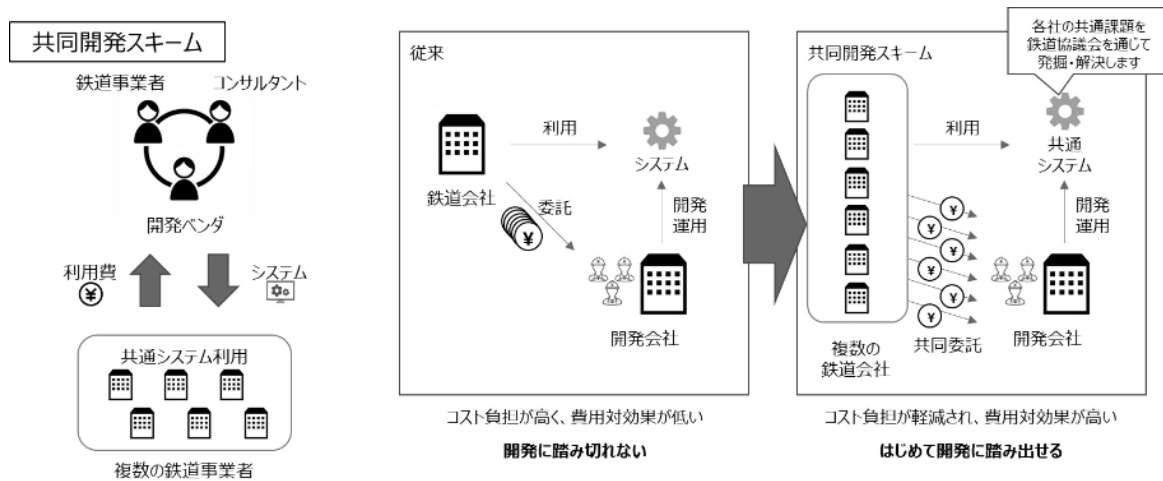


図 4.3-1 鉄道 DX 共同開発スキーム（仮称）のイメージ

今年度の鉄道協議会参加鉄道事業者を中心に他の鉄道事業者の参加も見据え、次年度以降も鉄道協議会を継続開催し、鉄道車両監視 AI システムの共用化の発展形、あるいはそれ以外にも鉄道事業者が共用形態で利用できるソリューションの共同開発に向けて、連携していくこととした。

5. 本年度実施総括

今年度事業では、大きく3つの検討・検証にフォーカスして調査検討を行った。

(1) 情報提供・共有の検証

5Gソリューションの情報提供・情報共有に係る検証として、情報の提供方法、共有の方法としてカタログサイトの活用による実施手法の検証および、その効果の調査検討を行った。

(2) 5Gソリューションの共用形態に係る検証

5Gソリューションの共用形態として、SaaS型での提供モデルの技術検討を行った。

検証の軸となるソリューションについては、令和2年度から5Gネットワークを活用したソリューションとして実証を重ねている「鉄道車両監視AIシステム」をSaaS型共用モデルとして再設計し、鉄道会社2社の協力を得ながらフィールドでの実証を行った。

(3) 将来的な5G技術を活用した共用形態・分野横断的な5Gソリューションの横展開の検討

(2)で検討したSaaS型提供モデルについて、5GSAとMECなどこれから普及展開を見据える技術を活用した展開・共用を想定し、5GSA、MEC構成とした場合での有効性、論点、課題、今後必要な検証等について調査、検討を行った。

また、5Gソリューションの分野横断的な横展開について、共用形態に必要な作業、課題、今後必要となる検討・検証等、サービス提供に関する論点に関して検討を行った。

(図5-1参照)

以降の項では、今年度、検証をおこなった各実証内容の結果をとりまとめ、今年度の実証に対する統括を記載する。

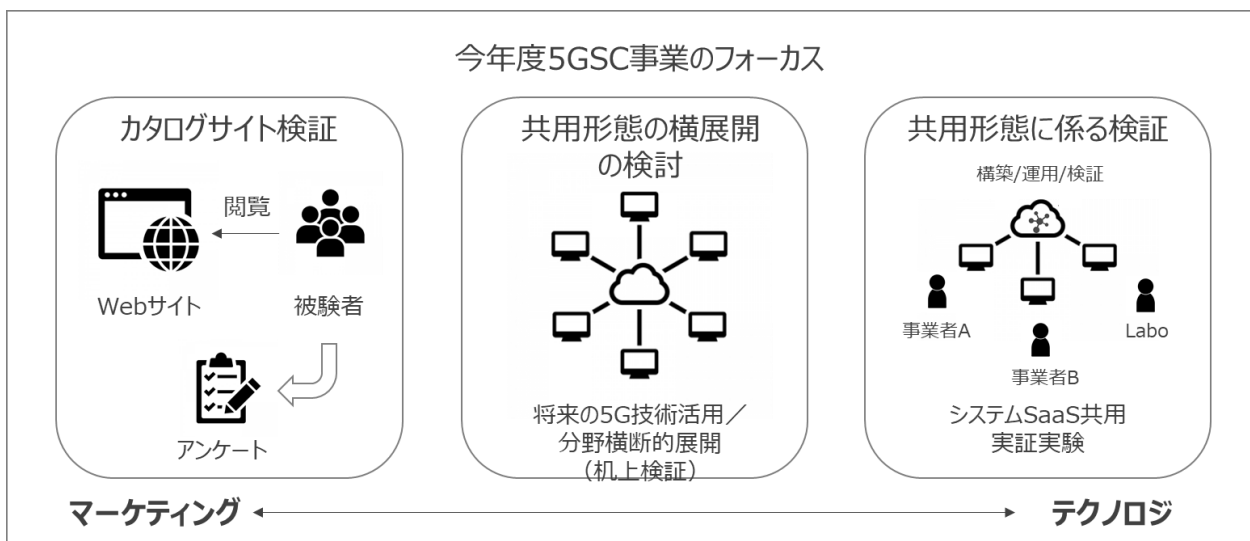


図 5-1 今年度実証でフォーカスされたポイント

5.1 5G ソリューションの情報提供・情報共有に係る検証

自社に課題を抱えた企業が課題の解決策を検索していく中で、自社の課題解決に繋がるソリューションに出会う。5G はこれらのソリューションを効率的に活用・促進する一つの手段である。

5G ソリューションが普及・展開していくには、これら自社に課題を抱えた企業に向け、効率的なソリューションの活用を促すような情報が企業の手が届くべきである。5G ソリューションの導入を検討し始めた企業においては、5G に関する技術や AI/IoT などの先進的な ICT 技術に関する知見、DX による業務変革を行うための事業計画の具体化の術を有しておらず、外部の有識者や先駆者の情報・事例をもとに検討されるケースが多い。そのため、事業実施主体単独で 5G 活用事業モデルの具体化を進めていき、後続の導入プロセスを進めていくことは困難である。

5G ソリューションの導入を検討し始めた企業において、企業単独で 5G 活用事業モデルの具体化を進める最初の段階での情報収集の場の整備として、本実証では、以下の 2 点に注目し、5G ソリューションの展開に向けた情報提供・情報共有を行う場としてのカタログサイトの有効性を実証し、将来的に必要な情報発信などの形態、求められる情報、機能などについて机上検討・考察をおこなった。

- ① 5G ソリューションの情報提供・発信を行うカタログサイトの有効性の確認
サイトで掲載するコンテンツに求められる機能や情報、また情報到達への簡素さ
情報収集の効率性の確認
- ② 今後必要となるカタログサイトの発展形態の検討
情報提供、発信を行うのみにとどまらず、より 5G ソリューションの導入に寄与するようなポイント、課題、今後求められる機能などのアーキテクチャの仮説を検討。

以下に、その調査・実証の結果サマ리를記載する。

(1) カatalogサイトの設計コンセプト

- ・情報提供・共有を行うために必要となる要件、機能について、利用者にとって有益となるコンテンツ内容の表示方法、情報の粒度の整理および、サイト閲覧時の情報への到達性にも留意し、サイト内の回遊性、情報到達動線を意識した設計を行った。

(2) カatalogサイトの公開

- ・カatalogサイトは、令和 4 年度ローカル 5G 開発実証ソリューションに関する情報コンテンツの掲載をおこない、インターネット上に一般公開した。
- ・実証期間中のアクセス向上を図るため、メールマガジンなどの媒体を用いてサイト誘導を実施した。

サイト訪問者・情報提供者の分析

- ・サイトの利用者・情報提供者に対して、アンケート取得及び、サイト閲覧時のアクセス分析を合わせて行い、利用者・提供者観点でのサイトの有効性に関する評価を行った。

◇カタログサイト利用者

- ・来訪目的として、「顧客に提案可能なソリューションの調査」「自社の課題解決に繋がるソリューションの調査」の2つが大半を占め、自社の課題解決だけでなく、顧客への提案を目的とする層からの期待が大きいことが確認された。
- ・半面、より多くの事例がほしいという要望も高く、本実証で掲載した情報以外にも掲載件数の増加と共に、掲載するジャンルの多様化も求められる内容であった。
- ・また、本カタログサイトの閲覧を通し、5Gソリューションの導入を検討したくなったというポジティブな反応が多数あり、このような情報提供サイトの存在が求められている状況であることが確認された。

◇情報提供者

- ・情報提供をいただいた各社からは、今後、当該サイトのようなものがサービス化された際には、情報の掲載を行いたいという声が多く、カタログサイトへの期待を感じる結果となった。
- ・提供者による情報掲載手順の負担については、負担は少なかった、適切である。というポジティブな反応が多く、情報掲載に関する情報の種類、粒度について、情報提供者への負担は適切であることが確認できた。ただし、利用者の声として掲載ジャンルの多様化などを求められる点を考慮すると、ジャンル情報の入力方法など、負担とのバランスを考慮した検討が引き続き必要と考えられる。
- ・本実証では、適切な掲載ジャンルが無いというご指摘もいただいた。これは、カタログサイト設計時の情報ソースの絞り込み不足に起因しているものである。サービス化を目指す際には、業種や業態の網羅性について再考する必要がある。

このようなカタログサイトの利用状況の分析および、利用者・提供者へのアンケート結果を踏まえ、サービス化を進めるにあたっては、下表のような点を考慮して、検討を行う必要があると考える。

表 5.1-1 将来追加で求められる検討要素および機能（再掲）

将来のサイトに求められる情報、機能	詳細
①業種区分の充実	利用者が閲覧するソリューション決定の際に確認する事項は業種。(利用者アンケートQ10) 今回の実証では掲載ソリューションがなく省かれた業種についても掲載を行い、わかりやすく分類することで利用者の利便性が向上すると考えられる。具体的には、製造業や金融、通信等が一般に求められる区分であると考えられる。
②文章量の調整	より多くの情報を掲載したいという提供者がある。(提供者Q3、Q3-A-1) 提供者の入力作業にかかる負担と利用者側から見た適切な文章量の設定が必要となる。利用者は機能等のより詳細な情報が知りたい等を17%が選択した。(利用者Q11-B-1)より多くの情報を求める層が一定数存在するといえる。本実証では提供者より情報を受け取り実証団体が入力を行ったが、実運用では提供者が自ら投稿フォーム等を用いて情報提供を行う形式になると考えられ、その際に負担にならないかを検討する必要がある。
③情報量の調整	提供者より画像や動画を用いた情報提供を行いたいという意見があった。(提供者Q3、Q3-A-1) 提供者が直接投稿できる仕組みにする際には、アップロード機能を実装し、任意項目とすることで対応は可能である。しかし、情報の量・質ともにソリューションごとのバラつきが出るのが予想され、どの内容を任意項目とするかは十分に検討が必要である。
④ログイン機能(提供者)	ソリューション情報を提供者が入力、更新する形式とする場合、ログイン機能が必須となる。提供者が定期的に情報を更新しやすい仕組みも合わせて検討する必要がある。
⑤ログイン機能(利用者)	実運用時に問い合わせ、資料請求、ソリューションのお気に入り登録や購入等の機能を実装する際に必要となる。実装時には利用者情報を獲得する手段としてアカウント情報を活用する。
⑥問い合わせ機能の強化	提供者より問い合わせ機能の強化を求める意見があった。(提供者Q6) 問い合わせ機能には複数の手法があり、問い合わせメールの送信機能、サイト内でのチャット機能、チャットボット等が想定される。また、見積もり機能の要望もあったが、5Gソリューションの特性上、利用者環境による価格の変化等があり一律の価格を提示する仕組みはそくないと考えられ、チャットベースで気軽に相談が可能となるような形式が望ましいと考えられる。
⑦比較機能	提供者、利用者ともに比較機能を求める意見があった。(提供者Q6、利用者Q11-A) 本実証では、実証団体のソリューションを中心とした掲載であり、ソリューション数が限られていたため問題とならなかったが、実運用時はより多くのソリューションが掲載されることが想定される。その際、同様の課題解決を目的とするソリューションが多数掲載されるケースが想定され、利用者が検討に適した情報を求めることが考えられる。異なるアプローチ等でも比較を行うための比較軸の検討が必要となる。

また、冒頭で触れたように企業による 5G ソリューションの普及展開に寄与するためには、

- ・幅広くカタログサイトの存在、情報共有の場が認知されてコミュニティとして活性化がされること
- ・また、情報収集以降の導入検討プロセスに対して円滑につながっていくための仕組み作りが将来的に必要となる。

これらが、事前に想定した情報提供・共有の場の課題に対しての改善の一助になることが期待される。

5.2 5G ソリューションの共用形態に係る検証

5.2.1 5G ソリューションに係る SaaS 型モデル実証実験

5G ソリューションの普及・展開を目指し、地域や中小企業等の各産業分野の振興に資する効果的な 5G ソリューション等の普及展開方策を検討するにあたり、鉄道事業分野における「鉄道車両監視 AI システム」をロールモデルとして SaaS 型提供モデルを構築し、検証を行った。

令和 2 年度 L5G 実証において、オンプレミス型 (SI 型) で構築した 5G ソリューション「鉄道車両監視 AI システム」の検証では、鉄道車両の異常検知に資することが確認できたものの、個別環境の構築及び利用等にかかるコストの大きさが課題とされた。

この課題を解決する可能性のあるものとして DL 型で構築した 5G ソリューション「鉄道車両監視 AI システム」の検証及び SI 型との比較検討が求められた。

令和 3 年度 5GSC 実証において、DL 型で構築した 5G ソリューション「鉄道車両 AI システム」の検証では、「実装可能性」「水平展開可能性」「実用性」の観点で DL 型の 5G ソリューションの有効性が確認できたが、導入側のシステム導入難易度や費用対効果の面で課題があることが確認さ

れた。それらを解決する可能性のあるものとして「鉄道車両監視 AI システム」を SaaS 型で構築し、5G ソリューションの共用形態に係る検証および DL 型との比較検討を行うことが求められた。

そのため、今年度はさらに、利用者にとってよりシステムの導入ハードルを低くするという観点で SaaS 型による、5G ソリューションのアーキテクチャの汎用化や複数事業者による共用化に関するシステム実証実験を行った。

この実証実験の目的を「5G ソリューションの汎用化・共用化」を行った場合に生じる技術的な課題をまとめることと、実証実験では、まず3つの汎用化レベルを定義した上で、それぞれの汎用化レベルに対応した実証スコープを設定し、検証を実施した。

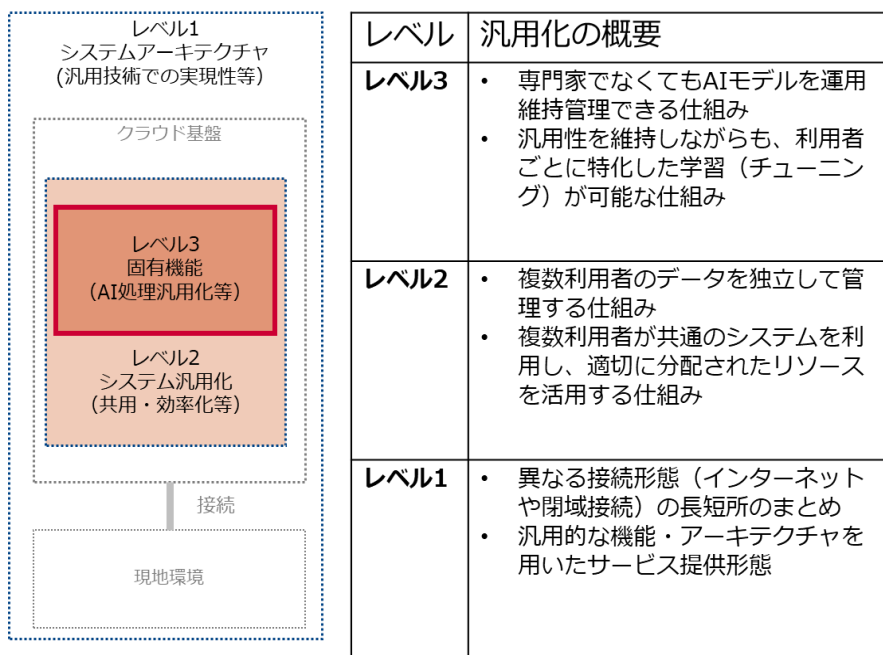


図 5. 2. 1-1 汎用化検討のレベル別分類イメージ（再掲）

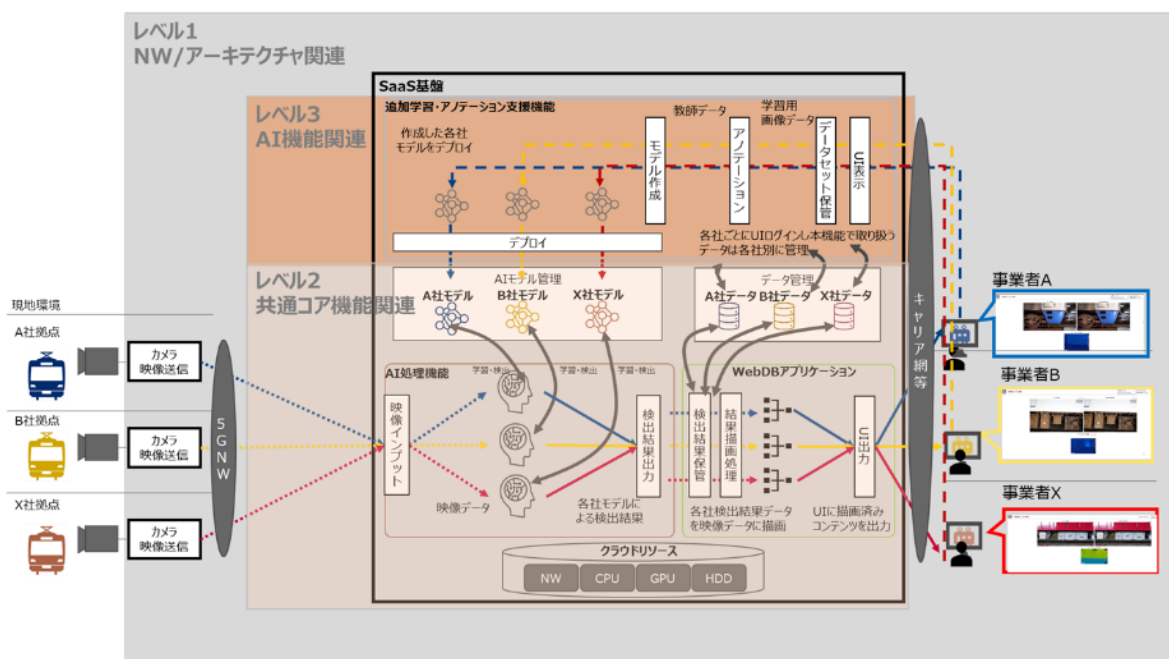


図 5.2.1-2 SaaS 型「鉄道車両監視 AI システム」の全体イメージ（再掲）

■レベル1 「システムアーキテクチャ」の検証結果

「汎用技術のみで構成可能か」という観点で実施したレベル1の検証結果は以下のとおり。

- ・クラウド上のアプリケーションを実行するうえで今年度構築した SaaS 型システムアーキテクチャと過年度の DL 型システムアーキテクチャと比較しての動作検証は問題なく完了。
- ・クラウドと現地環境の NW 接続形態については、ロールモデルにおいては双方の接続形態での活用が可能であることが確認され、より低遅延性を求められるユースケースでの活用時には、MEC による接続形態をとることが望ましい。

■レベル2 「システムの汎用化」の検証結果

「共用するため」や「利用効率を向上することが可能か」という観点で実施したレベル2の検証結果は以下のとおり。

- ・マルチテナント管理機能を実装した結果、複数事業者による同時利用が可能であった。
- ・複数事業者利用時における AI 検知性能について、SaaS 型に改修をおこなったことによる大きな課題は発生しなかった。ただし、過年度 DL 型システムアーキテクチャでの検証時と同様に撮影環境や映像伝送の乱れなどの外的要因により、AI 検知性能が落ち込むという継続課題やリソース共有による解析性能を1事業者あたり制限した場合において描画性能が制限を受ける点については、引き続き検討が必要である。
- ・クラウドでのデータ保管管理や、複数事業者によるデータ処理に関するリソース設計について問題なく動作することを確認できた。
- ・今年度アーキテクチャでは、クラウドリソースをあらかじめ確保して各社で共通リソースとしてシステム処理を行った。このため、リソースで処理可能なシステム性能の上限を超過する場合においてはシステム動作に影響を生じるケースがあった。
- ・このケースについては、事業者あたりのシステム性能要求を明らかにし、システム性能条件をシステム構築者にて設定し、この条件を超過する場合に対して、リソースの増設計画と合わせて可用性に関するアーキテクチャの見直しおよび、リソースのモニタリングによる稼働状況の可視化、など共用形態としてシステムのアーキテクチャを発展させる際のポイントが明瞭になった。

■レベル3 「固有機能」の検証結果

「AI 処理などの汎用性を持たせながらも各社に特化する内容についての検討」という観点で実施したレベル3の検証結果は以下のとおり。

- ・システムを複数事業者で共同利用する際に検討が必要となる、AI 学習モデルの管理に関して、特化型汎用モデルとして、「事業者毎にモデルを管理する」点が「複数事業者で共有のモデル管理をする」ことよりも望ましい。

※事業者毎に学習モデルに入力する画像データ内の検出対象物の分類や判定する範囲、位置などが異なることもあるため、これら複数事業者のパラメータ差異を含んだ学習モデルでは、検

知対象物の検知性能劣後が同一モデルを利用した利用者全体で発生する可能性があるため。

- ・学習モデルの在り方として、各社ごとにモデル管理を行い、学習データを事業者毎に特化させて検知性能を改善させていくチューニングを行えることが望ましい。そのため、「AI の追加学習プロセス」に関し、従来 AI システム開発者で実施をしていた内容をツール化（アノテーション支援・学習ツール）し、利用者におけるツールを用いた「AI の追加学習プロセス」の実行による自社の環境に合わせた特化モデル化が可能かを実証した結果、鉄道事業者によるツールのデモ、レクチャーを経ての実施により、有効に機能することが確認できた。

また、利用者負担軽減効果の観点からは、以下の点の効果を確認した。

■レベル1 ネットワーク/アーキテクチャ関連

本実証で、汎用的な SaaS 型のアーキテクチャを取り入れて設計・構築した環境においては、従来 SI 型や DL 型と異なり、SaaS 型環境の開発・利用に係るコストについては開発や運用の総コストを利用者それぞれが按分した形で負担することになる。

今回、鉄道事業者への SaaS 型提供での負担軽減効果を試算するために利用者企業が見込まれた場合でのコスト削減効果についても試算結果より、SaaS 型の場合、開発コストについては、各社でそのコスト按分をすることになるため、従来形態よりも導入の敷居が下がる。

コスト構造においての課題として、利用者の拠点数が増加するにつれてクラウドリソース費用などの提供者側の運用コスト負担が増加するため、実際には利用者の拠点数増加に応じてコスト負担率を加算して按分を検討する必要がある。

実際の運用にあたっては、共同利用の事業継続性の観点で初期開発コストだけでなく、運用コスト面も含めた収支計画の検討を行う必要がある。

■レベル2 共通コア機能関連

SaaS 型利用における「マルチテナント管理」によって、各社でクラウドリソースを分散して利用することで以下のような負担軽減効果を楽しむことが期待される。

- ・各社で個社環境を構築する手間・稼働の削減
初期導入の段階で、従来必要であったアプリケーションを実行するインフラ環境を各社個別で設計・調達・開発を行う工程が不要となり、これらにかかっていた利用者での稼働コストの削減が見込まれる。
- ・システム利用開始のリードタイムの短縮
各社がクラウド上のアプリケーションを利用する形態をとることで、初期導入時のシステム開発にかかる時間を削減することができ、より早く現場でのアプリケーション利用を行うことが可能となる。
- ・システム利用の頻度が増えてきた場合の柔軟なリソース追加
利用者は、提供者が手配する各種コンピューティングリソースを共同利用することになり、従来、リソース追加に必要であった調達・基盤への組み込み工程が利用者単位での対応不

要となり、システムの利用頻度に応じて柔軟にクラウドリソースを増減することが可能となる。必要なときに、必要なだけリソースを使用することができるため、従来のような固定費の削減が見込める。

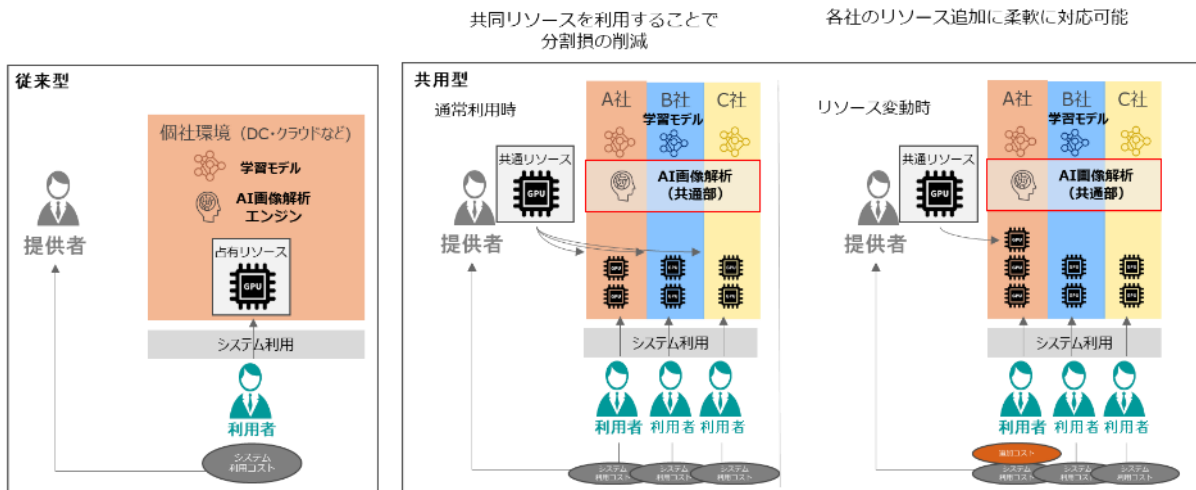
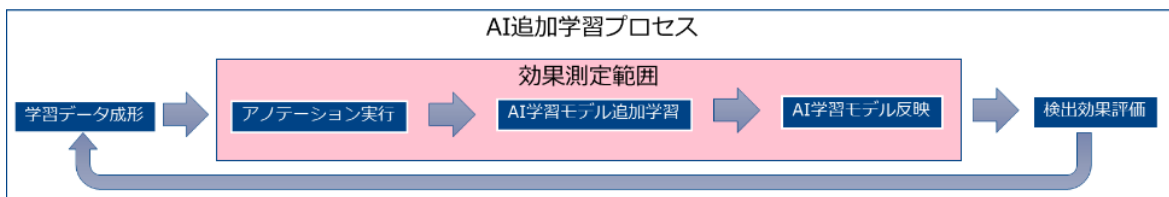


図 5.2.1-3 マルチテナント管理によるリソース共有

■ レベル 3 AI コア機能関連

従来、利用者が AI システムの追加学習を行うために AI 開発事業者にアウトソースしていたコストに関して、本実証で用いた追加学習機能を利用することで利用者にて代替可能であることが確認できた。従来の AI 開発事業者において専門性が高く、工数がかかる作業を利用者で内製対応することで継続的な運用コスト低減が期待される。



方式	アノテーション 所要時間	モデル追加学習 所要時間	モデル 反映所要時間	合計所要時間	モデル性能
従来方式 (開発者実施)	○ 100分前後/1枚当たり1分	▲ (40分程度)	○ (10秒程度)	○ 140分程度	○ AP値：0.67
新ツール方式 (利用者実施)	▲ 200分前後/1枚当たり2分	○ (18分30秒程度)	○ (10秒程度)	▲ 218分程度	○ AP値：0.67

※100枚程度の画像を用いた追加学習を想定。

※AP値…物体検出AIモデルを評価する際に一般的に活用される指標。0~1の範囲の値を取り数字が高いと精度が高い。

図 5.2.1-4 AI 追加学習プロセスの所要時間比較

5.2.2 将来的な 5G 技術を活用した共用形態の検証

5GSA、MEC など、これから普及展開を見据える技術を活用した 5G ソリューションの展開・共有を想定し、5GSA、MEC 構成とした場合での有効性、論点、課題、今後必要な検証等について調査・検討を行った。

各事業者で提供される 5GSA、MEC サービスや、5GSA、MEC を活用した実証事例やレポートなどの情報より、期待される課題解決効果と内容を確認した。

■5GSA による課題解決効果

5GSA は、ネットワークスライシング技術により、5GNSA より柔軟な通信環境が構築でき、アプリケーション利用用途に合わせた通信経路の分割が可能となることで利用者にとっては業務利用時におけるメリットがある。

遅延やロスが許容されない重要な通信については、帯域を他通信と分離させることで通信経路を優先することや、ソリューション利用拠点であるエッジで処理したデータをリアルタイムにクラウド環境にアップロードしたい場合において、データ送信の大きさ（スライス）を小さくすることでデータの送信完了のリードタイムを短縮することも可能である。

■MEC による課題解決効果

MEC 技術は、クラウドの機能を分散し、ソリューションを利用する現地環境により近い立地条件にクラウドを配置することで、低遅延性とセキュリティを担保する効果が期待される。

遠隔操作など、低遅延が求められるようなソリューションにおいて、現地のデバイスと MEC の位置関係は、より近い位置に置かれたほうが効果的である。

すでに MEC を導入しているソリューション利用者のケースでは、MEC を利用しているにも拘らずソリューションの演算処理はデバイス上での処理や、現地に設置したサーバにおいて行われているケースが多い。

これは、現状のクラウド／ネットワーク事業者が提供している MEC サービスでは全国に複数の MEC 拠点が設置されているものの、その立地は十分ではなく、地方都市のユーザからみると、MEC のメリットを享受できない状況にあることが原因である。

メリットを享受するためには、エッジの接続環境によらず全国一律で利用拠点から近い MEC サーバでのエッジデータ処理がされるような MEC 拠点の立地の多様化が望まれる。

また、MEC 環境で処理されたデータが MEC 拠点間やクラウド上などの 2 次データ処理場においてさらにデータ加工、アプリケーション処理として連携されるようなケースも想定されるため、MEC 間を接続するバックボーン NW についても日本全国で各事業者間が構築されている広域網を活用された接続形態であることが望ましい。

上記のような SA、MEC の将来の活用形態を踏まえ、本実証の鉄道車両監視 AI システムをユースケースとして考えると以下のような活用があると考えられる。

◇5GSA の活用

・ネットワークスライシング技術の活用により、リアルタイム性を優先したスライシング構成する。

・複数の 5G 利用業務システムが現地で共存される点を考慮して、通信の分離を行うなどの活用が考えられる。

◇MEC 技術の活用

本実証の実施環境よりもさらに近接した環境を選定することで描画遅延の緩和やより高精細な画像による画像認識の実装が可能となる。また、MEC 拠点の増加により、現状では SaaS 型での画像認識 AI などのソリューションの利用が難しかった地方の事業者などで、システムの導入可能性を検討するうえで、現地環境と MEC 環境の立地を考慮する必要性がなくなるなど、ソリューションの選択肢、構成の柔軟さに寄与できることが期待される。

5.2.3 分野横断的な 5G ソリューションの横展開に求められる機能の検証

分野を問わず、5G ソリューションの横展開を図っていくために、SaaS 型サービスを展開する上で生じる論点として、ソリューション面での論点のほか、共用形態に必要な作業、課題、今後必要となる検討・検証等、サービス提供に関する論点に関して検討を行った。

A) 分野横断的な 5G ソリューション検討のためのヒアリング

分野横断的に活用できる 5G ソリューションに必要な観点について、5G ソリューションを実装していくために生じていく課題、それらを解決する手法について以下の 2 つの属性の事業者・企業からヒアリングを行った。

- ① 特定ユースケースでの社会実装を目指す段階の L5G ソリューション実証コンソーシアム
- ② 既に社会実装されている事例を持ち、今後分野拡張が見込まれるサービスをもつ AI ベンダー

これらのヒアリング結果から 5G ソリューションを分野横断的に開発する要件として、以下が挙げられる。

(1) 機能要件に対する対策案

機能要件に対する対策案としては、

- ・ 実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要になる点
 - AI での処理・解析を行う前に色調調整などの画像鮮明化処理を施す。
 - モデル構築の際に、学習データの収集・整理にかかる負担を軽減する仕組みを整える。
- ・ 天候、日照条件、デバイス毎の差異等の変化への柔軟な対応が必要である。
- カメラの種類を選択・設置・調整を利用者にアドバイス/コンサルティングする。
- あらゆるデバイスに対応できる接続モジュールとすることで、利用者の選択したデバイスによって使用不可となるケースを減らす。

があげられた。

(2) 非機能要件に対する共通の対策案

非機能要件に対する対策としては、ソリューションによらず共通的に解決すべき課題が多く、それら課題に対する対策案について、ヒアリングの結果から下表のとおりまとめた。

表 5.2.3-1 非機能要件に対する対策案（再掲）

大分類	課題	対策
信頼性・可用性	L5G 無線区間のスループットが安定しにくい	<ul style="list-style-type: none"> ・無線区間を経由する場合は複数系統での冗長/バックアップを行う。 ・アプリケーションによりデータ再送制御や欠損補完の品質制御機能を実装する。
セキュリティ性	機密情報の保全 第三者が写り込む可能性のある場所での運用の仕組み	<ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティ認証を取得。 ・利用者のセキュリティ性・可用性に関する要望に柔軟に対応するために SaaS 型と DL 型の双方に対応。 ・セキュリティ要件の厳しい利用者の場合は学習モデルをエッジ側に構築可能とする。
性能・拡張性	異なる現場環境（自然環境、デバイス、人の判断基準）への柔軟な対応 実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要	<ul style="list-style-type: none"> ・AI での処理を行う前に色調調整の処理を通しておくことや、カメラの選択、設置、調整の部分をコンサルすることで識別精度を安定させる工夫を行なう。 ・AI のモデル構築を行う際に、学習データ収集、整理にかかる利用者側の稼働負担を軽減するような仕組みを整える。 ・あらゆるデバイスに対応可能な接続モジュールを設計する。
移行性	実運用開始までに膨大な AI の学習データが必要	<ul style="list-style-type: none"> ・少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルを構築することにより、新規利用者に導入する際の双方の稼働負担を抑える。
運用・保守性	現場での取り回しの悪さ（現場に 5G の無線技術を理解したエンジニアが必要）	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリューションの構築、設定までベンダー側で行う（利用者が行う場合は機能的なサポートを加える） ・運用部分も体系的にカバーする（死活監視、モデルの識別精度監視）

（3）費用対効果に対する課題への対応案

費用対効果に対する課題については、

- ◇システム基盤の構築
- ◇利用者側システム導入環境の構築
- ◇運用保守サービス

に大別される。詳細については、3.6.4 節でまとめているが、いずれの課題についても SaaS 型のような共用形態をとることにより、共通部分を持たせること、各事業者で独自に構築をするのではなく、共同の SaaS 基盤とすることで、ソリューションを構成するパーツレベルのアプリケーションを共同利用できる形にするなどの工夫で、大きく費用の圧縮が期待できることを確認した。

(4) その他ヒアリングに協力いただいた事業者からの普及展開への工夫

上述企業へのヒアリングを通して下表のような複数業界で共通して求められる要件の抽出を行なうことができた。

表 5.2.3-2 複数業界で共通して求められる要件（再掲）

大分類	要件
信頼性・可用性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SLA の設定、公開 ・ システム負荷に合わせたリソース調整の自動化 ・ いずれの業界でも SaaS を利用することは可能 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 利用者ごとに設定されている独自の社内規定に柔軟に対応するため、SaaS 型と合わせて DL 型での提供にも対応ができることが好ましい
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外部機関によるセキュリティ認証の取得 ・ いずれの業界でも SaaS を利用することは可能 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 利用者ごとに設定されている独自の社内規定に柔軟に対応するため、SaaS 型と合わせて DL 型での提供にも対応ができることが好ましい ・ セキュリティ要件の厳しい利用者にも対応可能とする場合には学習モデルをエッジ側にも構築可能とすることが好ましい
性能・拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・ あらゆるデバイスに対応可能な入出力モジュールの構築 ・ 画像、位置情報、音声、テキスト等複数のデータ形式に対応可能な AI エンジンの実装 ・ 説明書を読まずとも利用者が迷わないシンプルなユーザインターフェース ・ 利用者側で簡易に追加学習を行える仕組みの構築 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 学習データの収集・整理にかかる稼働を減らすための支援ツールの提供

	<ul style="list-style-type: none"> ・高解像度の俯瞰映像や、多視点映像を伝送する機能の構築 ・高解像度の俯瞰映像や多視点映像に対する基本的な操作（ズーム、移動、巻き戻し）を行う機能の構築 ・撮影時の外部環境による検知性能への影響を抑えるための画像鮮明化処理を加える機能の構築 ・Web ブラウザやメール、チャットアプリ等、利用者が使い慣れているアプリケーションやデバイス上で動作する仕組み
移行性	<ul style="list-style-type: none"> ・SaaS 型でのサービス提供 ・API の公開 <p><推奨要件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・少ない学習データで効率良く検知精度を高められるベースモデルの構築
運用・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔地からの機器の死活監視や、トラブル発生時の問題箇所の切り分けを行う仕組みの構築 ・センシングデバイスの設置、設定までをベンダー側の専門家に委託可能な仕組みの提供

これらの対策や工夫を組み合わせることで、既存、あるいは新規に開発される 5G ソリューションを一業種・事業者向けソリューションとせず、共通機能や基盤を活用することで、多様な分野に横断したソリューションの横展開の実現が可能と考える。

B) システム全体の横展開に関する評価

本実証において、開発、実証実験を行った鉄道事業分野における、「鉄道車両監視 AI システム」において、確認された横展開における観点について以下にまとめる。

(1) 汎用化作業により整理されたアーキテクチャの評価

SaaS 型共用を進める上での汎用化作業に基づいて構成されたシステムで実施した実証実験により、事業化を検討する際には、可用性のポイントにおいて、リソース管理やモニタリングなどのアーキテクチャの見直しが発生すること確認された。

(2) 分野横断的に活用できる 5G ソリューションに必要な要件に基づく評価

分野横断的に活用できる 5G ソリューションの必要要件表を本ユースケースに当てはめて評価を行った。

- ・外部システムとの連携として API や他アプリケーションとの接続インターフェースをもたせるべき。

・実運用を考慮すると、継続的に開発やメンテナンスを行うための開発環境を設置することを考慮する必要がある。

など、現状のシステム共用形態では未検討・未検証な点が確認された。

これらの評価による観点は今後の事業化に当たって考慮していく必要のある点である。

とはいえ、当初からすべてを組み込むことを進めるのではなく、コアとなるアプリケーションの開発を軸として、拡張する機能やそれに付随して必要となる共用形態として必要となる機能をつど検討を行い事業規模、利用者数などビジネス面の判断をもって開発計画を立てることが望ましい。

C) サービス提供上の分界点

共用形態を提供するうえで、当初想定した利用者においての導入負担を軽減する効果としてコスト削減効果については確認することができた。

この場合、サービス提供分界点はクラウド上のアプリケーションを提供者にて提供を行い、現地のデバイス準備やシステムの業務運用については利用者において担当をすることを想定した。

一方で、分野横断的なソリューションにおけるヒアリングを行った結果では、分界点の考え方は、導入時や、運用フェーズにおいてクラウド上のアプリケーションのみではなく、システム導入のコンサルティング支援における立ち上げの支援、導入時の現地環境の構築支援・人材トレーニング支援、運用後のシステムの運用保守のアウトソーシングのサービスを提供されているケースもあった。

SaaSとしての提供範囲を設定するとともに、ソリューション自体の導入～運用までの各フェーズが滞りなく進めることができるように、導入を進める際には実行体制の検討および、システムの運用を想定した場合に不足となる部分についての解消手段についてもコストとして想定し、全体のビジネスモデルを規定することが求められる。

5.3 5G ソリューションの横展開「鉄道業界に向けた取り組み」

鉄道業界における 5G ソリューションの横展開の議論は、令和 2 年度 L5G 実証時から 3 か年にわたり実施しており、すでに令和 2 年度 L5G 実証及び令和 3 年度 5GSC 事業に参画していただいた鉄道事業者を含む複数の鉄道事業者（私鉄 5 社）を交え、それぞれの実証事業において得られた知見や明らかになった課題を踏まえた議論の場を形成している点で、他業界に先駆けた取り組みを実施しているといえる。

昨年度 5GSC 事業実施時に開催した鉄道協議会では、鉄道事業者の抱える課題が相当程度共通のものであること、列車検査システムをはじめとする鉄道事業者が共同で利用できるソリューションを開発することへの需要を確認した。そこで、今年度は過年度より参加いただいている鉄道事業者に加え、新たな事業者にも参加を呼びかけることにより、より多くの事業者（今年度は私鉄 10 社）を交えて幅広い意見交換を行うこと、また、鉄道協議会を 4 回開催することにより、より深掘した議論を実施することを目指した。さらに、鉄道協議会参加の複数の鉄道事業者に鉄道協議会開催に先立ちヒアリングを実施し、鉄道協議会で検討するテーマとなる鉄道事業者に共通する課題をある程度絞り込むことにより、鉄道協議会で活発な議論が行われることを目指した。

本年度の鉄道協議会の開催目的等を踏まえた、活動結果のまとめを以下に示す。

5.3.1 鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた具体的方策

鉄道車両監視 AI システムに関しては、検知対象範囲を台車周りだけではなく、現状の列車検査項目のうち、主に目視による検査項目を対象に範囲を拡大させていくことに対して、鉄道事業者から以下の期待が示された。

- ・将来の人手不足への対策として、画像・AI を活用することで、各検査項目の作業の効率化、省人化・省力化とともに、人による列車検査周期の延長の可能性がある。
- ・高所作業の削減は、安全性の確保および職場改善となることから、離職率低下に繋がる可能性がある。
- ・AI モデルを汎用化し、シェアすることでコストダウンが図れる。
- ・共同開発することで、1 社で行うことより早く実現できる可能性がある、他社の知見・ノウハウを得ながら進められる、複数事業者のデータを基により安全性が担保できれば社内での意思決定も図りやすくなる。
- ・検知する対象及び特徴によって詳細な部分は異なることが考えられるが、共通化が図れる部分については最大限に共通化し、それに個社最適が必要な部分は追加することによって、システム全体としてのトータルコストを抑えるシステムにできる可能性がある。

一方、この鉄道車両監視 AI システムの共用化を実現するにあたっては、鉄道事業者から以下の課題・懸念事項が示された。

- ・パンタグラフのすり板の素材や台車の型式・構造などは多種類あることから、多種類ある検査対象物に対して検知精度を確保するシステムとする必要がある。
- ・部品交換など画像・AI による代替ができない作業もあることから、システムを導入すること

による作業の効率化、検査の省力化・省人化に対してはより具体的な、もしくは定量的な効果を把握することが重要である。

- ・実運用へ円滑に移行するためには、開発段階から現場との協働が大切である。
- ・システム導入後のアップデート（検知対象物の拡大など）を事業者で実施できるとより有効なシステムとなる。
- ・検査対象物によって検出率・網羅率が異なるため、対象物によってはシステムによる検査・異常検知が難しい可能性がある。

以上のことを踏まえて、鉄道車両監視 AI システムの共用化実現に向けた今後の検討課題を以下に示す。

- ・鉄道事業者が導入の意思決定をするためには、コスト面での効果（省力化・省人化・作業の効率化）を定量的に把握し、費用対効果を示すことが必要
- ・定量的な効果の把握、検査対象物の拡大を図るためには、鉄道事業者との意見・交換を継続して、実態把握・検討の深度化が必要
- ・長期的な観点での検知精度向上及び汎用性の確認のため、単独モデル・混濁モデルの比較検討の深度化が必要
- ・低コストでの共通ソリューション化、モデルの最適化を図るため、AI 画像解析の共通部の最大化や、共通部・個別最適部の差別化に係る検討の深度化が必要

5.3.2 鉄道事業者の鉄道 DX に係るニーズの把握、共通ニーズの発掘

本年度の鉄道協議会は、約4カ月間で計4回の開催であったことから、複数の鉄道事業者の共通ニーズのうち、車載モニタリングシステム、列車検査システムの発展形、列車見張員支援システムの3つを深度化テーマとして選定し、ソリューションの共用化等について議論した。

一方で、鉄道事業者の鉄道 DX に係るニーズは、深度化テーマだけではなく、多岐の分野にわたって複数の共通ニーズがあることを把握できた。

具体的に、共通ニーズとして考えられる項目は以下のとおりである。

■土木分野

- ▶ 構造物（橋りょう、トンネル）の点検におけるドローンの活用

■軌道分野

- ▶ 軌道巡視（バラスト劣化・振動など）に対するドローンの活用
- ▶ 車載カメラ映像による軌道巡視の前方監視
- ▶ 保守作業時の列車接近情報の把握

■車両分野

- ▶ 車両検査のデジタル化
- ▶ 列車検査の画像、映像による AI の異常判定
- ▶ パンタグラフのすり板摩耗の検知
- ▶ 異音検知
- ▶ 車両モニタリングデータの取得（常時監視）
- ▶ カメラによる車内監視

■駅務分野

- ▶ 白杖者・車いす利用者の捕捉
- ▶ 軌道転落者の検知

■電気分野

- ▶ 電車線点検業務に対するドローン・車載カメラの活用
- ▶ 鋼索線の無人運転化（車掌の無人化）
- ▶ 踏切内の立ち入り監視

■その他

- ▶ 新入社員の確保による人材確保

これらの共通ニーズについては、鉄道事業者の現状の取組みや既往技術などを踏まえながら、課題解決に資するソリューションシステムとしての共用化を検討することが考えられる。特に、土木構造物の点検に関しては、事業者によって点検項目等に大きな差異がないと想定されることから、共通ソリューション化を図ることで、より汎用性の高いシステムにできる可能性があるとともに、より多くの鉄道事業者にとってメリットがあると考えられる。

5.3.3 鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムのイメージ具体化

鉄道車両監視 AI システム（列車検査システムの発展形）以外の鉄道事業者の共通ニーズの解決に資するソリューションシステムについては、複数の鉄道事業者から興味が示され、共通ニーズとして考えられたことやソリューションシステムの開発や実証試験が既に進んでおり、その目的・技術的な内容が明確であったことから、車載モニタリングシステム（軌道巡視システム）と列車見張員支援システムの2つを本年度の協議会では選定した。

車載モニタリングシステムについては、自社路線でのデータ取得による AI モデル構築及び自社路線での実証試験から、他事業者の路線での実証試験、他事業者でのデータを取り込んだ AI モデル構築（混濁モデル）及び自社路線での実証試験、混濁モデルを活用した他事業者の路線での実証試験と、段階的なモデル構築・実証試験を通じて、同システムの実運用を目指す方向性が示された。また、他事業者への導入型式としては、導入後のシステム更新等を考慮して、買い切り型ではなく、サブスクリプション型が望ましいとの見解が多数の事業者から示された。サブスクリプション型を想定した場合の価格設定に対しては、事業者によって路線環境・利用環境（路線延長、設備数、検知対象物など）が異なることから、これらの環境及び AI やクラウドサーバ等の利用状況に応じて価格設定することや、システム内の個別機能ごとに価格設定することなどの意見があった。

列車見張員支援システムについては、開発事業者の路線環境や低コストでの導入ニーズにより、簡易なシステム構成となっており、複々線区間での列車検知が想定されていないことなど、開発事業者による他事業者への横展開は検討されているものの、他事業者への汎用性には課題があることを確認した。

また、上記のソリューションシステム以外にも、土木構造物の点検へのドローンの活用やホーム上・踏切での安全対策への AI 検知の活用などが共通ニーズとして考えられるとの鉄道事業者からの意見があった。

以上のことを踏まえて、車載モニタリングシステム及び列車見張員支援システムに関しては、今後も協議会を活用して鉄道事業者間の情報共有を図り、複数事業者への横展開の取組みを促進するとともに、その他のテーマについても、より具体的な実態・ニーズの把握に努め、共有化を見据えたソリューションシステムの具体化を進めることが考えられる。

5.3.4 鉄道協議会の継続開催について

本年度の協議会では、過年度から参画事業者数を増やすことで、鉄道事業者が抱える様々な課題やニーズを把握することができたとともに、他事業者の課題・ニーズや DX に係る取組みの現状を共有できたことに対して鉄道事業者から好意的な意見が多数あり、鉄道協議会が情報提供・共有の場として意義・必要性があることを確認した。

また、事業者が単独でソリューションシステムを開発・導入することのハードルは高いが、他の事業者と協力することで、これらのハードルが下がるとの意見や、これらの取組みを進める上

で協議会のような場の提供への期待が鉄道事業者から示された。

このことから、本年度の鉄道協議会は、次年度以降も継続して開催することとし、引き続き、共通ニーズの発掘や共通ソリューション化を見据えたソリューションシステムのイメージの具体化並びに複数の鉄道事業者で協働するスキーム等の検討を進めることで合意した。

冒頭で記したように、鉄道業界における 5G ソリューションの横展開の議論は、令和 2 年度 L5G 実証時から 3 か年にわたり実施しており、すでに令和 2 年度 L5G 実証及び令和 3 年度 5GSC 事業に参画していただいた鉄道事業者を含む複数の鉄道事業者を交え、それぞれの実証事業において得られた知見や明らかになった課題を踏まえた議論の場を形成し、それを今年度事業においてさらに拡大、深化させている点で、他業界に先駆けているとはいえ、鉄道業界に共通したニーズに対応した共用形態の 5G ソリューションを共同開発、共同利用していくフェーズに持って行くまでには様々な課題を解決していく必要が確認された。

しかし、3 ヶ年にわたる鉄道協議会での議論を通じ、それに向けたステップは明確になってきており、次年度以降も鉄道協議会を継続開催し、共同開発、共同利用を目指すテーマを絞り込み、その実現に必要なシステムを設計するとともに、必要な応募可能な実証事業への参画及び応募可能な補助などの活用により、そのテーマに関するソリューションを実現することが可能となる。まず、鉄道業界に共通する 1 つのテーマに関する共同開発。共同利用の成功モデルを作り、それを積み重ねるとともに、鉄道業界以外の業界にもそのノウハウを横展開することで、5G ソリューションの分野横断的な普及に貢献できるものと考えている。