

地域社会DX推進パッケージ事業
AI検証タイプ
令和7年度 実証事例モデル集

令和8年3月31日

目次

はじめに	4
AIソリューションの実現に向け活用可能なAI技術・通信技術を理解する	6
実証事例モデル集の目的・利用方法、構成	7
AIソリューション実現に向けて活用した通信方式	9
AIソリューション実現に向けて活用したAI技術・ネットワーク技術	13
AIソリューション実現に向けた具体的な実証事例を把握する	18
AI01函館市	19
AI02仙台市	23
AI03小平市	27
AI04神戸市	31
AI05西予市	35
AI06高知県	39
AI07大分県	43
AIソリューションの実施方法等を把握する	47
参考資料	49

はじめに

急速な人口減少・少子高齢化が進行する中、地域社会の生産性や利便性を飛躍的に高めるデジタル技術は、地方が直面する社会課題の解決の切り札となるだけでなく、新しい付加価値を生み出す源泉となります。

様々な地域社会の課題に対して、AIといった新しいデジタル技術を活用することで、産業の高度化や省人化・省力化による労働生産性の向上を図るほか、地域社会の生活の質や利便性を高め、新たな付加価値を創出するといった地域社会DXを推進することが期待されています。

しかし、既存の通信インフラと組み合わせたAIの先進的なソリューション(AIソリューション)に関する検証は、未だ途上にあり、他地域に横展開されるような優良モデルは多くありません。

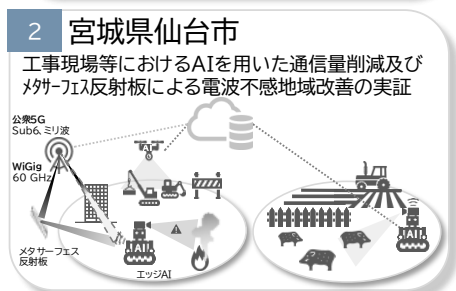
こうした考えのもと、総務省は令和6年度補正予算を活用し、「地域社会DX推進パッケージ事業」における新たな施策として、省人化・省力化による地域社会課題の解決に資する通信システムを用いたAI等の検証を行いました。

地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ) 実証概要

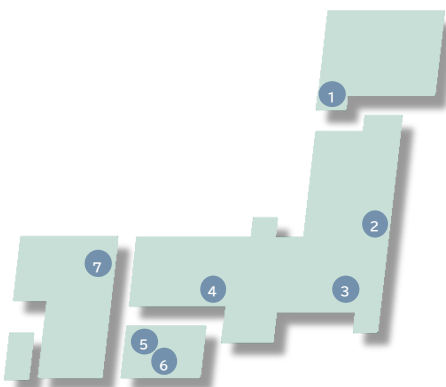
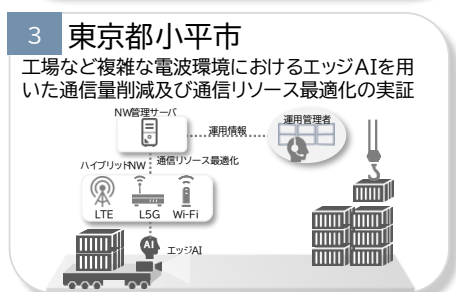
1 北海道函館市
観光地における連合学習を用いた多地点混雑予測AIの学習データ多様化の実証



2 宮城県仙台市
工事現場等におけるAIを用いた通信量削減及びメタサーフェス反射板による電波不感地域改善の実証



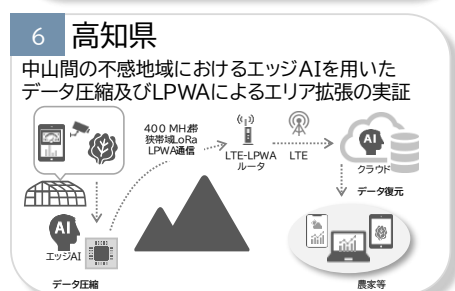
3 東京都小平市
工場など複雑な電波環境におけるエッジAIを用いた通信量削減及び通信リソース最適化の実証



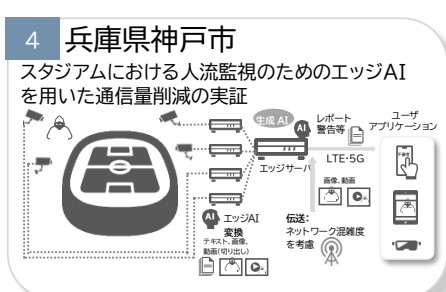
7 大分県
有人地域におけるドローン運航のためエッジAIを用いた通信量削減の実証



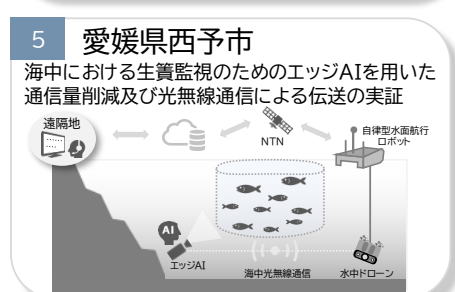
6 高知県
中山間の不感地域におけるエッジAIを用いたデータ圧縮及びLPWAによるエリア拡張の実証



4 兵庫県神戸市
スタジアムにおける人流監視のためのエッジAIを用いた通信量削減の実証



5 愛媛県西予市
海中における生質監視のためのエッジAIを用いた通信量削減及び光無線通信による伝送の実証



※以降の本資料では、本図で示した各地域での実証案件を、AI01函館市、AI02仙台市、AI03小平市、AI04神戸市、AI05西予市、AI06高知県、AI07大分県としてそれぞれ示します。

地域社会課題の解決や新たな付加価値創出に資するAIソリューションの実現に向けた検証の位置づけ

AIを活用した通信負荷の低減や通信量の確保などを通じ、地域社会課題の解決や付加価値創出をするAIソリューションの実現を目指した検証は、これまでにない新たな取組です。検証対象の範囲は、技術の高度化、地域社会課題の解決、研究開発と実証等の連携、新たな社会的価値やビジネスの創出、中長期的な展開の基盤構築といった様々な視点があります。

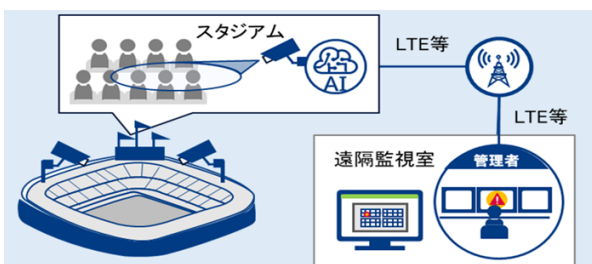
省人化・省力化による地域社会課題の解決や新たな付加価値の創出に資するAIソリューションの実現および段階的な社会実装を見据えた場合、通信技術とAI技術の連携・融合に係る基礎的な技術検証も含め、AI技術が現在の通信インフラ領域、さらには次世代の通信やコンピューティング環境において果たす役割や可能性を、技術的チャレンジを含む広範なユースケースを通じて検証することが望ましいです。

令和7年度実施の地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)では、AI技術と通信インフラの連携・融合を通じた課題解決に向けて、情報の圧縮による通信インフラの負荷低減、RAN制御による帯域確保、ネットワークとAI・コンピューティングの融合による新たな顧客体験や社会価値の創出を、AIを用いて実現するユースケースを4類型に整理しました。そして、これら4つのユースケースのいずれかまたは複数に対応する技術実証を本事業として取り進め、本資料ではそれらの結果をまとめました。

地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)で取り扱ったユースケースの4類型

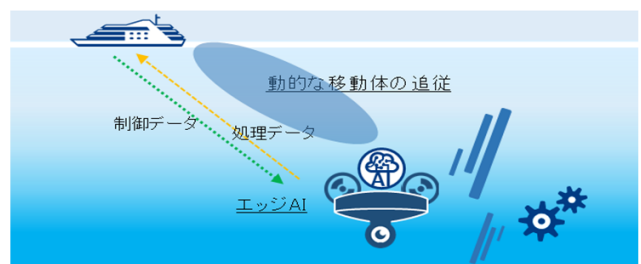
①: エッジAIによる通信量の低減

エッジデバイスなどが周囲の通信環境の動的な変動を予測・推定し、その結果に基づいて、アップロードする映像データの解像度やフレームレートを制御したり、特定の領域に限定して画質を向上させたり、また、エッジデバイス間で連携することを通じて送信データ量を削減する技術の検証



②: 不感地域における通信の確保

デバイス、ネットワーク、アプリケーション間の情報処理や情報流通をエンド・ツー・エンドかつシームレスに連携させることで、高速かつ大容量の通信環境が構築されていない海中や山間部など不感地域における通信環境の構築に関する技術検証



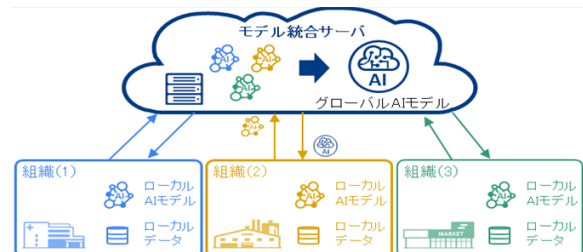
③: 多様デバイス通信最適化

工場などにおける製造工程を安定的に稼働させるために必要な通信容量を、同一の無線ネットワークに同時接続するすべての端末に対して安定的に割り当てることで、通信を活用したスマート工場等の社会実装を加速するための技術の検証



④: 分散ネットワークでのAI活用

高いプライバシー保護が求められる状況において、AIを活用して分散ネットワークから異なるデータ形式を含む情報を収集・統合するとともに、ネットワーク負荷を削減し、ソリューションサービスに応じたリアルタイム性と精度を両立する新たなソリューションの創出に向けた技術の検証



AIソリューションの実現に向け活用 可能なAI技術・通信技術を理解する



実証事例モデル集の目的・利用方法、構成

■ 本資料の目的・利用方法

本資料は、総務省令和6年度補正予算「地域社会DX推進パッケージ事業」における新たな施策として、省人化・省力化による地域社会課題の解決に資する通信システムを用いたAI等の検証結果を分かりやすくまとめ、広く周知することで、AI技術と既存通信環境および既存のシステムを組み合わせたAIシステムや通信等のデジタル技術の進化や、将来的なビジネスモデルの発展に貢献することを目的としています。

地域社会や産業の課題に対して、AIを用いた通信負荷低減および通信量の確保等を通じたAIソリューションの実現を目指した取組事例を、当該ソリューションの活用メリットを明らかにしつつ、前提条件や計測結果などの成果を共有することで、通信システムにおけるAI活用の参考となるような情報として簡潔にまとめています。

なお、AIソリューションが産業や地域社会の課題に与える影響や効果はAIソリューション実行のための通信システムや収集するデータ、活用するAI技術の複雑な組み合わせにより変化することに注意が必要です。本資料で紹介したAIソリューションの性能や品質が、必ず再現できるわけではないことにご留意ください。

また、本資料の事例はあくまでも実証事例の紹介として参考に留めるものとしてください。例えば、AIソリューション実現のためのデータ収集や機器の導入等といった取り組みの一部には許認可が必要なものや当該地域または産業の関係者との調整を要するものがあります。AIソリューション導入に伴い必要とされる措置等に関する判断は、必ず責任主体が行うこととしてください。

参考 本資料の活用例

技術を導入する事業者

地方公共団体(DX推進担当部局等)、AIソリューションの実現に関する課題に直面する事業者 等

既存通信環境および稼働中のシステムを踏まえ導入するデジタル技術の検討に資する情報を得る。さらに、具体的な実証事例に基づき整理したAI×通信技術等のソリューション実現に係る留意点・意識しておくべき事項等を参考情報として得る。

技術を提供する事業者

AIベンダ、システムベンダ、通信事業者 等

デジタル技術導入を進める地域・事業者等の様々なケースにおいて求められるサービス・技術について、定量的な結果等を合わせて把握する。

■ 本資料の構成

本資料は、「AIソリューションの実現に向け活用可能なAI技術・通信技術を理解する」、「AIソリューション実現に向けた具体的な実証事例を把握する」、および「AIソリューションの実施方法等を把握する」の3部構成となっています。これらを通じて、総務省令和6年度補正予算「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」で実施した、実証事例について前提となる技術から実証の内容とその結果、さらに同様のAIソリューションを実施する場合の許認可手続き等の参考情報をまとめます。

「AIソリューションの実現に向け活用可能なAI技術・通信技術を理解する」のパートでは、実証を通じて検証したAIソリューションで用いられたAI技術および通信技術について簡潔な解説を付けています。

「AIソリューション実現に向けた具体的な実証事例を把握する」のパートは、全国7地域の実証事例をまとめたものです。当該地域・産業の課題やAIソリューションを目指し取り組む実証の全体像をまとめつつ、実証の前提条件や検証結果などをAIソリューションの実現に向けた参考情報となるよう簡潔にまとめています。なお、実際にAIソリューションを創出して社会実装する場合は、対象とする地域や産業の前提条件の違いを十分に考慮し、本資料で紹介する内容を含めた幅広いAI技術・通信技術の組み合わせを別途検討する必要があります。

「AIソリューションの実施方法等を把握する」のパートは、7地域の実証事例に関連して、同様のAIソリューションの実施に向けて必要となる関係省庁等の許認可手続きやAI技術の活用に関するガイドラインなどの参考となる情報を付けています。

AIソリューションの実現に向け活用可能なAI技術・通信技術を理解する

7地域の実証事例で実際に活用したAI技術および通信技術を解説



AIソリューション実現に向けた具体的な実証事例を把握する

7地域の実証事例について、実証の背景や前提条件、検証結果を具体的に紹介

- 地域・産業が抱える課題
- 既存の通信システムでは実現が難しいこと
- AIソリューション実現を目指した実証の全体像
- 導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素
- AIソリューションの導入に向けて実現・解決できること
- 導入時の留意事項・意識しておく事項等
- 実証による評価結果(ご参考)
- 参考事例等



AIソリューションの実施方法等を把握する

AIソリューションの導入に関連して、関係省庁等の許認可やガイドラインを紹介

AIソリューション実現に向けて活用した通信方式

本実証にて活用する通信方式として、「モバイル通信」、「ローカル5G」、「Wi-Fiなど」、「LPWA(Low Power Wide Area)」、「OCC」の概要や特徴を整理する。

■ モバイル通信(4G/5G)

概要

- 携帯通信事業者が環境整備・運用する4G(LTE)や5Gの通信ネットワーク。
- 700MHz帯から4.5GHz帯までの携帯電話向けの周波数帯やミリ波帯の28GHz帯を利用。
- 通信事業者との契約で利用できるキャリア回線として、携帯電話・タブレット・IoTデバイス等の幅広い通信端末で利用される。

特徴

- ✓ 携帯電話回線を契約することで、通信事業者が全国で環境整備・運用する通信網を活用できる。
- ✓ 導入にあたり、通信事業者や通信機器ベンダ等のサポートを受けられるため、導入の障壁は低い。
- ✓ 一般のユーザ端末と同じ無線通信リソースを分け合って活用するため、イベントで混雑する等、狭いエリアで通信の需要が増大した場合は、端末(携帯電話・IoT端末・エッジサーバ等)と基地局の間の無線通信に輻輳が生じ、安定的な通信が困難になる場合がある。
- ✓ 都市部等の人口密集地域や人の居住のある地域を中心に、通信事業者の助力のもと、広く携帯電話通信環境は整備されているが、山間地などの人の居住や立ち入りが少なく、通信の需要が小さい地域では、通信環境が整備されておらず、通信接続が困難または不可能な場合がある。

実証での活用例

- 最も一般的かつ汎用的な通信環境として、本実証の複数の地域で活用。

■ ローカル5G

概要

- 特定のエリア内で利用するために企業や自治体が独自に環境構築・運用する5G通信ネットワーク。
- 4.5GHz帯、4.7GHz帯およびミリ波帯(28GHz)を利用。
- 製造業や農業、医療等の様々な産業分野において、他キャリア通信に影響を受けない高品質な通信環境整備の手段として活用されている。

特徴

- ✓ 一般の携帯電話回線とは異なる周波数帯を利用しており、一般ユーザ端末(携帯電話等)からの干渉を受けず、高品質で安定的に通信できる。
- ✓ 用途に応じて低遅延性、大容量性、多数接続性の5G通信の特性を調整しながら確保できる。
- ✓ ネットワークを独自に構築・運用できるため、高いセキュリティ性を確保できる。
- ✓ 複数の通信方式(モバイル通信等)を組み合わせ、通信状況に応じて事前に最適なハンドオーバーを実行することで、途切れのない通信を実現できる。
- ✓ 基地局の設置や運用設備に関する初期投資が発生。
- ✓ 基地局当たりのカバーエリアが狭く、広域展開には複数基地局の設置が必要となる。
- ✓ 利用にあたっては、総務省より免許の取得が必要である。

実証での活用例

- 工場における通信回線の混雑に向けた冗長回線の一つとして活用。(AI03小平市)

■ Wi-Fiなど(IEEE 802.11規格準拠の免許不要の無線規格)

概要

- IEEE 802.11規格に基づく無線通信技術で、Wi-Fi (4/5/6/6E/7 ※世代を示す)、WiGig、Bluetoothという名称で商用化されている。
- Wi-Fiは、2.4GHz帯、5GHz帯および6GHz帯の免許不要帯域を利用し、家庭、オフィス、商業施設、公共エリア等の幅広い場所で、比較的短距離(~数十m)な通信に利用される。
- WiGig(802.11ad規格準拠)は、免許不要の60GHz帯ミリ波を用い、広い周波数帯を活用して大容量通信を可能にする規格。光ファイバが敷設できない地点で、バックホール回線として活用できる。ただし、直進性の高いミリ波を用いるため、送受信機間に遮へい物があると、通信品質が悪化する。
- Bluetoothは、2.4GHz帯の免許不要帯域を利用し、家庭、オフィス、商業施設等、公共エリア等の幅広い場所で、短距離(~10m)の通信に利用される。

特徴

- ✓ 免許不要帯域を用いる無線通信で、市販のアクセスポイントやルータを設置するだけで通信環境を構築可能であり、導入が容易である。
- ✓ Wi-Fiは、アクセスポイントやルータが比較的安価でありモバイル通信とは異なり通信キャリアとの契約が不要なため、導入における初期コスト、運用コストが小さい。
- ✓ WiGigは、モバイル通信とは異なり通信キャリアとの契約が不要であるが、運用コストは小さいものの、導入に係る一定のコストを要する。
- ✓ Wi-Fiにおいて、屋外利用可能な周波数帯である2.4GHz帯、5.6GHz帯では、他の電波利用の影響を受け、性能を十分に発揮できない場合がある。
 - 2.4GHz帯:Bluetooth等の他通信にも用いられ、それらと干渉する場合がある。
 - 5.6GHz帯:各種レーダー(船舶、航空)による利用が優先され、通信機器がレーダー波を検知したら、通信を停止して、干渉しない周波数を探す。
- ✓ Wi-Fi、WiGigを活用する場合、電波の到達距離が数十mオーダのため、機器当たりの通信エリアが限定的となり、広域展開が難しい。
- ✓ Bluetoothは通信可能な距離が10m程度までで長距離通信は困難。また、Wi-Fiによる無線通信(2.4GHz)を検知すると通信を停止し、異なる周波数チャンネルを利用するよう動作するため、Wi-Fiとの混在環境では、通信速度が低下する場合がある。

実証での活用例

- 不感エリア対策においてメタサーフェス反射板と連携して活用。(AI02仙台市)
- 工場における通信回線の混雑に向けた冗長回線の一つとして活用。(AI03小平市)

■ LPWA(Low Power Wide Area)

概要

- 低消費電力で長距離通信を実現する無線通信技術。数kmから数十kmの距離で通信が可能。
- 広域のセンサデータ収集といったIoT活用における通信方式として活用できる。

特徴

- ✓ 消費電力が少ないため電池交換等の機器メンテナンスの頻度を低減でき、長距離の伝送ができることから1台の基地局で広範囲をカバーできる。
- ✓ 無線免許を必要としない周波数帯で運用できるため、独自に通信ネットワークを構築できる。
- ✓ LPWAのカテゴリとして様々な通信規格がリリースされており、用途・目的に応じて選定できる。
- ✓ 通信速度が最大で1Mbps程度のため、十数Mbpsやそれ以上の通信速度が求められるような高精細な動画の伝送等への活用は難しい。

実証での活用例

- 携帯電話不感地帯である山間部のビニールハウスから、エッジ端末でデータ圧縮した農作物に関する情報を伝送するのに活用。(AI06高知県)

■ OCC(Optical Camera Communication)

概要

- Optical Camera Communicationの略。光源が発する光の明滅を、カメラを介して信号として取り出すことで通信する手法。
- LED光源とカメラといった組み合わせで、光による無線通信が実現できる。

特徴

- ✓ カメラが検知できる可視光を中心とした光を用いるため、電波が透過できない環境において、光による無線通信を実現できる。
- ✓ 光源の明滅をカメラが捉える必要があるため、光源からの光が届かなくなるような環境や、光源の明滅がカメラで認識できなくなるような別の光源がある環境では通信できない。

実証での活用例

- 海中において、水中ドローン、中継器、エッジ端末間の通信に活用。(AI05西予市)

AIソリューション実現に向けて活用した AI技術・ネットワーク技術

本実証にて活用したAIの学習手法やAIモデルといったAI技術や、エッジコンピューティング等のネットワーク技術は、7地域の実証の取組から次の3つの観点に整理されました。

①通信量削減

通信負荷が高いAI・映像処理等のAIソリューションについて、通信量そのものを減らす技術。

②大容量化

通信の環境や負荷に応じた動的な通信・ネットワーク制御を通じて、AIソリューション全体としての通信容量を大容量化する技術。

③計算資源の分散化

通信および計算処理の負荷分散を目指したエッジ・クラウドの処理分散や、データを集約せずにAI活用するデータ主権型アプローチといった分散型のAI運用技術。

7地域で活用されたAI技術およびネットワーク技術は、これら3つの観点を通じて以下のようにまとめられます。

技術(五十音順)	通信量削減	大容量化	計算資源の分散化
異常検知	●※	●	
SLM	●		
エッジAI(エッジ端末)	●	●	●
F-RAG			●
強化学習		●	
差分検知(画像分野)	●		
YOLO(物体検知)	●	●	
連合学習			●

※「●」はAI技術およびネットワーク技術について、総務省令和6年度補正「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」における実証事例で確認された利用目的を表す。なお、各技術は通信量削減・大容量化・計算資源の分散化だけでなく、幅広い活用目的を設定できることにご留意ください。

※機械学習(主に教師あり学習)は複数の地域で広く活用され、具体的なAIモデルは様々です。具体的なAIモデルの構成やその学習方法といったAIそのものの情報・解説は令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の7地域の成果報告書にありますので、ご参照ください。

■ 異常検知

概要

- データセットの中から通常とは異なるパターンのサンプルを異常として検出する技術。
- データセットのサンプルとは著しく異なる外れ値を検出するだけでなく、統計学やAIといった手法を用いることでデータの持つ文脈や時系列的な整合等を踏まえた異常値を検知することが可能。

特徴

- ✓ セキュリティ分野やインフラ、様々な産業など幅広い分野で活用され、トラブル等の事象を検知するための情報処理技術として活用されている。
- ✓ AIを活用することで、動画像といった数値以外のデータや、時系列データといった大量のデータを一度に処理しながら異常を検出できる。

実証での活用例

- 警備分野における侵入者異常検知や、通信品質の変化の察知といった幅広い用途で、複数の地域の実証で活用。

■ SLM

概要

- Small Language Modelの略。自然言語の文章を処理、理解、生成できるAIモデルで、大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)よりも規模が小さい。
- AIモデルを端末向けに最適化することで、PCやスマートフォン、小型のエッジ端末で動作できる場合がある。

特徴

- ✓ 自然言語の処理を含む反復的な処理(例:コマンド解析、要約など)を、少ない計算資源で実行する用途に適しているとされる。
- ✓ 多様かつ広範なタスクを単一モデルで汎用的に処理する場合、LLMと比較して性能上の制約が生じることがある。

実証での活用例

- AIカメラで検知したテレメトリデータを要約し、警備員への報告(テキスト)を生成することに活用。(AI04神戸市)

■ エッジAI(エッジ端末)

概要

- 通信ネットワークの末端にあたるエンドユーザ近くに配置された端末(エッジ端末)上で動作するAI。
- インターネットで接続されたクラウドの計算資源と通信せず、エッジ端末でAIの処理を完結させることができる。

特徴

- ✓ 通信を介したクラウドの計算資源によるAI(クラウドAI)で生じる通信等の遅延時間がない分、高速にAI処理を実行できる場合がある。
- ✓ データをクラウドに送る必要がないため、エッジ端末のユーザのプライバシーを守るような活用が実現できる。
- ✓ エッジ端末として用いる計算機の性能や確保できる電力に制約がある場合、エッジAIとして実行できるAIモデルの規模や処理の速度といったAIの性能にも制約が生じる場合がある。

実証での活用例

- AIと通信を融合させるための基礎的な技術として、本実証の複数の地域で活用。

■ F-RAG

概要

- 利用者の質問に対して、外部の情報源(社内データベース、Webなど)から関連情報を検索し、それをもとに自然な文章で回答を生成するRAGのうち、外部の情報源が分散・隔離されている状況で機能するもの。

特徴

- ✓ 一般的なRAGのように情報源となるデータを集約しないため、プライバシーやセキュリティを担保できる。
- ✓ 医療分野や金融分野、企業内部データのような情報の外部流出への配慮が必要な情報源に対して活用可能。

実証での活用例

- 複数の観光施設のそれぞれで蓄えられる混雑の程度の将来予測データや地域の天候や交通情報を情報源とし、当該地域を訪れる観光客向けの情報提供に活用。(AI01函館市)

■ 強化学習

概要

- コンピュータが一定の環境の中で試行錯誤を行うことが学習用データとなり、行動に報酬を与えるというプロセスを繰り返すことで、何が長期的に良い行動なのかを学習させる機械学習の手法。
- 試行錯誤を通じたロボット操作における制御方法の獲得等に利用される。

特徴

- ✓ 変化する環境に対して適応し、試行錯誤を通じた経験からAIとしての知見を得るため、対象とするタスクによって汎用性の高いAIとして学習できる場合がある。
- ✓ 報酬関数を様々な目的にあわせて調整でき、実現したい対象に応じたパフォーマンスの最適化を目指すことができる。

実証での活用例

- メタサーフェス反射板と呼ばれる電波反射の様子を変えることができる機器の制御において、不感エリアの通信端末に向けた電波反射方向制御の最適化のために活用。(AI02仙台市)

■ 差分検知(画像分野)

概要

- 異なる時点の画像の差分(変分)を用いることで、当該画像に生じた変化を検知する手法。
- AIの入力データとして用いることで当該画像の対象に生じた意味的な変化(人の出現、損壊の程度等)を推論できる。

特徴

- ✓ ダムや鉄道などの屋外のインフラにおける損壊等の検知や工場といった施設における異常検知において、損壊や異常がない平時のデータを活用する差分検知が効果的な場合がある。
- ✓ 差分をとるための2つの画像に位置ずれが生じる場合、変化等の誤検知を生じさせる場合がある。

実証での活用例

- ドローン(無人航空機)の着陸時に、着陸地点周辺の安全確認として人物検知および物体検知に活用。(AI07大分県)

■ YOLO(物体検知)

概要

- 画像から物体の位置と分類(物体の種類)を単一の推論で同時に予測する単段(one-stage)物体検出モデルの系統。リアルタイム用途を意識した速度と精度のバランスを重視して設計されている。
- 2016年のYOLOv1の発表以降、複数の改良版(例:YOLOv2/YOLO9000、YOLOv3、YOLOv4 など)や派生版のモデルが継続的に提案されている。

特徴

- ✓ 画像から物体の位置と種類を検知するあらゆるタスクに活用でき、リアルタイム性が求められる場面で利用できる。顔検出や監視(異常検知を含む)、車両センサ支援や製造業における製品検査といった幅広い場面・産業で利用実績がある。
- ✓ YOLOの系統として様々なAIモデルが提案されており、対象とするタスクや用意する計算資源といった条件に応じたモデル選択が可能。

実証での活用例

- カメラ画像からの人や獣等のオブジェクト検出、動きベクトルを入力に用いた不定形(煙)検出に活用。(AI02仙台市)
- 飛行中のドローンにおける、地上の人・物体等のリスク検知に活用。(AI07大分県)

■ 連合学習

概要

- エッジ環境ではデータを活用したAI学習を実施し、クラウド環境データを集約せず、エッジ環境で学習を行ったAIモデルを集約して活用する技術。
- データをAIの利用者側のエッジ環境に留め置き秘匿性を保持つつ、AIモデルを介した間接的な手法で情報の連携を実現できる。

特徴

- ✓ クラウド環境への集約が難しいプライバシーデータや機密データ等のデータをAI学習に活用できるようになる。
- ✓ エッジごとに得られるデータに偏りがある場合、予測精度が低下してしまう場合がある。

実証での活用例

- 複数の観光施設でそれぞれ設置されたカメラデバイスが出力する人数データを、クラウドに集約することなく利用して混雑度の将来予測するAIの学習に利用。(AI01函館市)

AIソリューション実現に向けた 具体的な実証事例を把握する



AI01函館市



観光地域における連合学習を用いた 多地点混雑予測AIの学習データ多様化の実証



地域・産業が抱える課題

実証地域では、地域公共交通（路面電車）が観光客および地域住民の移動を支えている。観光客の割合が高い人流は将来予測が困難で、観光地での人的リソースの安定的な確保・提供が課題。



既存の通信システムでは実現が難しいこと

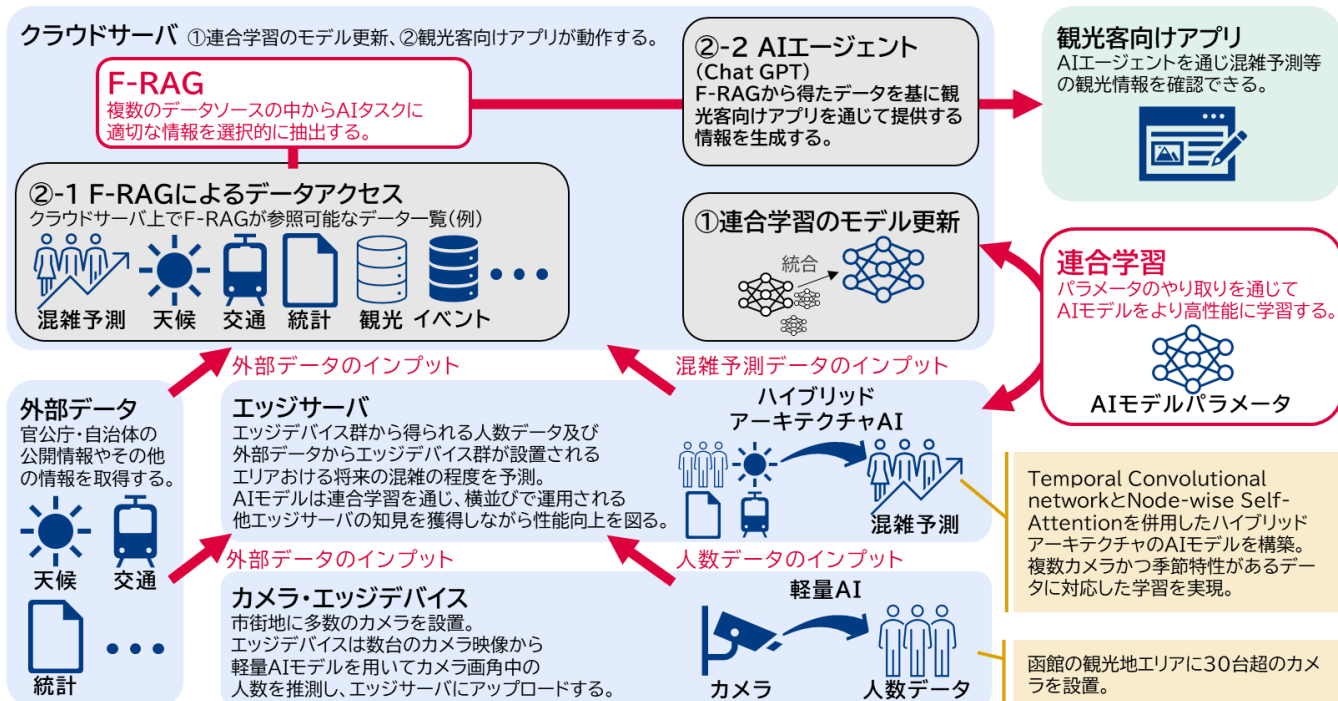
複数の観光ランドマークや公共交通の混雑の程度を将来予測するにあたり、地域各所に設置したカメラデバイスを主な情報源とする場合、高精度な予測には複数地点の映像情報の統合的な活用と、地域特有の情報※を組み合わせることが望ましい。しかし、これにはセキュリティ・プライバシーへの配慮や高度な計算および通信の資源が必要となるため、実現は困難となる。

※天候や公共交通の利用実績、その他自治体の統計データ等



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

函館市の観光エリアに、カメラ、エッジデバイス、エッジサーバからなるデータ連携基盤を構築した。エッジデバイスでカメラ映像から人数データを推定し、エッジサーバで外部データと組み合わせて混雑の将来予測を行う。エッジサーバとクラウドサーバ間では連合学習を用い、映像データを共有せずに基盤全体のAI学習を実現した。クラウドサーバでは、混雑の将来予測を含む複数のデータに対しF-RAGを適用し、観光客に適切な情報提供を行う。



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- ・ 連合学習を用いた人流将来予想システム
- ・ F-RAGを用いた複数データソースからのデータ抽出システム

観光地域における連合学習を用いた多地点混雑予測AIの学習データ多様化の実証

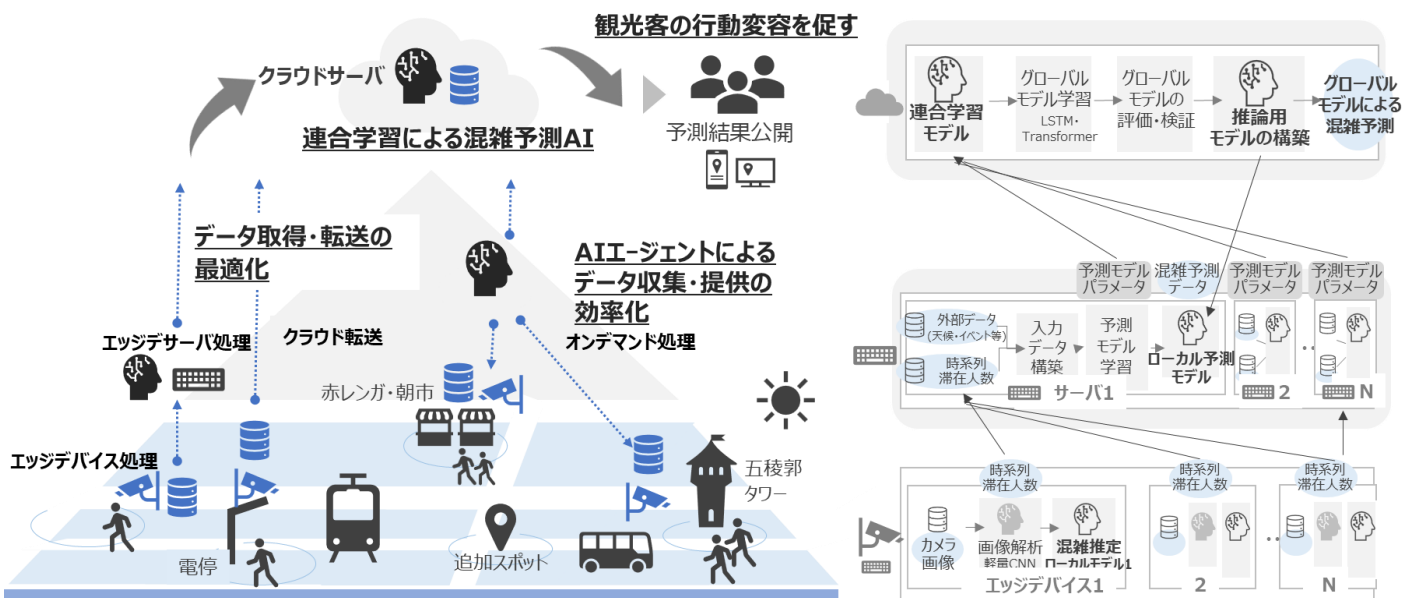
連合学習やエッジAI等を用いた分散ネットワークを活用した観光エリア混雑将来予測とF-RAGによる情報抽出に基づく観光客向け案内の検証

技術要素の検証の目的・論点	連合学習とエッジAIを活用した学習用データをやり取り・共有しないAI学習による20%以上の通信コストの削減を目指す。さらに、観光客向け案内の有効性を確認する。
通信方式	4G/5G
AI技術	連合学習、F-RAG、エッジAI、AIEージェント

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

函館市市街地に30台以上のカメラを設置し、エッジデバイス、エッジサーバ、クラウドサーバからなる三層構成の分散ネットワーク型AIシステムを構築した。エッジデバイスで人数推定を行い、エッジサーバとクラウドサーバ間は連合学習を用いることで、カメラ映像を直接やり取りしない学習を実現した。その結果、映像をクラウドに集約する方式と比べ通信量を99%以上削減し、映像を送信せずエッジデバイス自身のデータを用いる従来方式と比べて学習性能を80%以上向上させた。

さらに、混雑将来予測結果を含む都市データをF-RAGで抽出し、観光客向けに提供することで行動変容に関する示唆を得た。



事例 観光地混雑予測に向けたカメラ設置

カメラは電柱や路面電車の駅舎といった既存の構造物に装着する形で設置している。観光地におけるカメラ取り付けのため、周囲の景観や周辺観光客の安全性確保等の観点から施工している。

これらカメラからは映像はアップロードされず、接続されるエッジデバイスとの連携の下、当該画角内の人数(推論結果)のみをエッジサーバにアップロードする。



導入時の留意事項・意識しておく事項等

- カメラ設置では当該地点の管理者等との調整を通じ、設置許諾や設置に係る条件整理等を進めなければならない。
- カメラ設置条件によってはAI活用に向けたカメラ画像として、AI性能に影響を与えるような、画角や明るさ等の制約が生じることに留意が必要。

実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

函館市の観光エリアおよび公共交通機関(路面電車駅)の合計4スポットに合計34台のカメラを設置した。



※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。

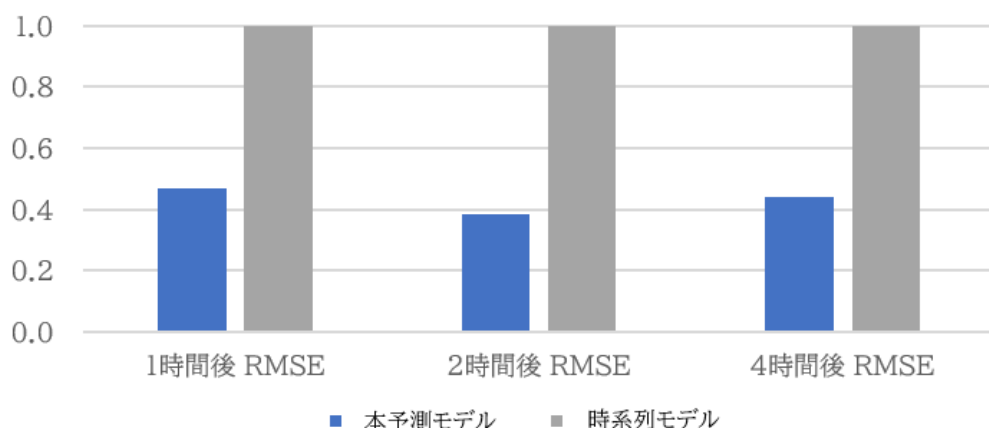
カメラ・エッジボックス設置のインシヤルコスト	五稜郭タワー(カメラ14台)	設備・機器費	227万円
		設置工事費	268万円
	電停3駅(カメラ6台)	設備・機器費	89万円
		設置工事費	136万円
	クルーズターミナル(カメラ3台)	設備・機器費	30万円
		設置工事費	66万円
エッジデバイス映像解析実装開発のインシヤルコスト	函館朝市エリア(カメラ11台)	設備・機器費	176万円
		設置工事費	300万円
エッジデバイス映像解析実装開発のインシヤルコスト	[小計] 4スポット(カメラ34台)	設備・機器費	522万円
		設置工事費	770万円
エッジデバイス映像解析実装開発のインシヤルコスト	エッジAI解析モジュール開発		890万円
データ連携基盤運用	クラウドサービス利用料・6か月間		50万円
アプリケーション開発	開発初期費用		300万円
			合計 2,532万円

実証による評価結果(ご参考)

● 五稜郭タワーにおける混雑度の将来予測

連合学習を利用して合計30台超のカメラ画像をクラウドに集めることなく学習させたAIモデル(青色)とカメラ映像を集めることなくエッジで学習させた従来AIモデル(灰色)の性能比較として、従来AIモデルのRMSE(二乗平均平方根誤差)を1としたときの本検証手法のRMSEを図示。1時間先の予測から従来AIモデルでは性能低下が著しい4時間先の予測まで6割程度の性能改善が確認された。

従来手法と検証手法の性能比較(一例)



AI02 仙台市



工事現場等におけるAIを用いた通信量削減およびメタサーフェス反射板による電波不感地域改善の実証



地域・産業が抱える課題

建設や農業等の労働集約型の産業では、危険箇所での作業や、広範な領域にまたがる業務遂行が求められることから、省力化・省人化に繋がり、現場でのリアルタイム監視や自動制御の安定化を実現するようなAIやロボットの利活用が期待される。



既存の通信システムでは実現が難しいこと

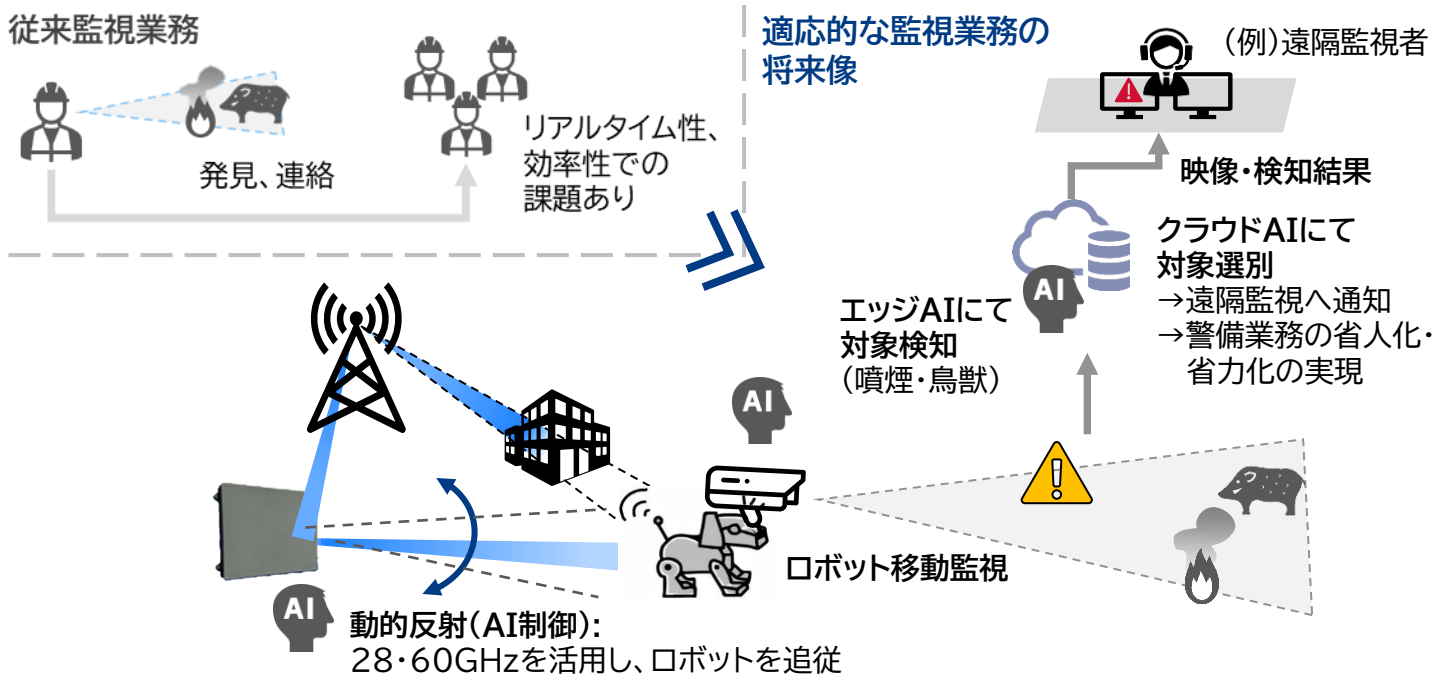
省力化・省人化を目的としたAI利活用システムの実現、およびこれらの技術を効果的に運用するためには、AI自体の性能向上に加えて、リアルタイム性の確保のため、安定した通信ネットワーク環境を構築することが不可欠である。

映像などの大容量データをクラウドに送信し分析を行う際には、通信負荷や帯域確保が技術的課題として顕在化している。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

エッジAI・クラウドAIの連携により、データ通信量を効果的に削減するとともに、メタサーフェス反射板等を活用し、電波強度等の改善を通じた通信安定化の実現により、移動可能な監視ロボットを様々な場所で活用可能にし、警備業務の省人化・省力化を実現する。



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- エッジAI・クラウドAIの効果的な連携によるデータ通信量の削減およびメタサーフェス反射板(静的・動的)による不感エリアへの電波強度改善

工事現場等におけるAIを用いた通信量削減および
メタサーフェス反射板による電波不感地域改善の実証

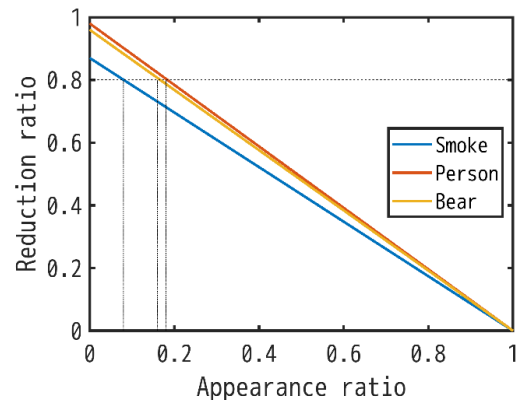
エッジAI・クラウドAIの効果的な連携によるデータ通信量の削減および メタサーフェス反射板(静的・動的)による不感エリアへの電波強度改善

技術要素の検証の目的・論点	クラウドへのデータ送信量の削減量80%以上およびメタサーフェス反射板の有無での通信速度と受信電界強度傾向の差分を評価
通信方式	5G (Sub6帯・ミリ波帯)、WiGig(ミリ波帯)
AI技術	オブジェクト検出(YOLO)、強化学習(反射板)

AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

エッジAI・クラウドAI連携による検出性能とデータ通信削減量

- 連携システム上で、“見落とし”を防止するため、エッジAIは再現率を重視する設定が必要。
- 目標検出に効果的なエッジAIにより、データ削減量が期待される一方、検出精度の担保とデータ通信量削減効果は相反する部分もある。
- AIの学習データを増やすことや適用場所等に特化してチューニングを行うことでさらなる改善が期待。



検出性能とデータ削減量の関係

メタサーフェス反射板による 電波不感エリアの改善

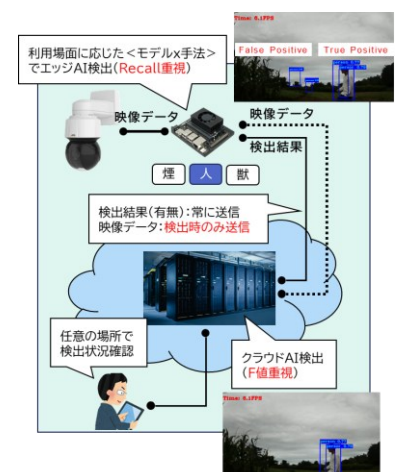
- 60GHz動的反射板で示されたように、高周波数帯側になるにつれ、電波の直進性が高まるため、反射板の効果が得られやすい。
- 一方、動的反射板自体が新しい技術であり、引き続きの技術開発や設置方法の検討・実証が必要。

周波数	種類/場所	スループット [Mbps]		受信電界強度 [dBm]	
		設置前	設置後	設置前	設置後
4.5GHz	静的反射板/@キャンパス	3.5	5.5	-110	-75.3
4.5GHz	静的反射板/@工事現場	3	4.1	-110	-102
28GHz	金属反射板/@キャンパス	-	4.1	-	-82
28GHz	動的反射板/@キャンパス	-	-	-	-
60GHz	動的反射板/@キャンパス	-	5.5	-	-60

事例 エッジ・クラウドAI連携

- エッジAIにより対象物が検出された場合のみ、クラウドAIでの検知対象となるため、エッジAI次第で大幅な送信データ量削減が実現できる。
- 一方、エッジAIで“見落とし”たり、検出対象として認識できなかったりすると、監視システムとして要求水準を満たせない可能性もあり、検知を担うAIのチューニングや高性能化は必須。

※実証結果の詳細については、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」成果報告書を参照。





導入時の留意事項・意識しておく事項等

- 画像認識AIの既存モデルをそのまま適用する場合は検出精度不足となる恐れがあり、追加データ取得およびファインチューニングが求められる。
- 28GHz動的反射板に係る実験局は、運用中の商用局オペレーターと干渉調整を実施する必要があり、実験局免許を取得するまでに時間を要する。



実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

システム/機器	要件	内容	金額	備考
AI検知システム	クラウド	監視画面構築	100万円	
		クラウド利用料	60万円	(月額)
	エッジ	電源、架台等構築	190万円	
		PTZカメラ	43万円	
		エッジ処理PC	5万円	
メタサーフェス反射板(静的)	4.5GHz	設計・構築費	970万円	20枚
	28GHz	設計・構築費	200万円	10枚

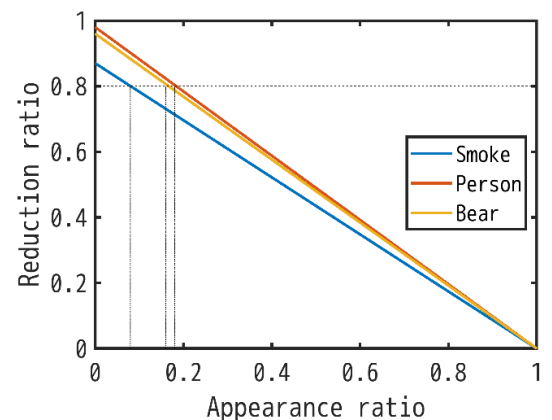
※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検知タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。



実証による評価結果(ご参考)

● 特定の対象物/環境の自動監視業務における削減効果 / クラウドへのデータ送信量の削減量80%以上

- エッジで24時間常時監視中の場合、監視範囲内に、対象物が出現する時間が245分以下であれば、クラウドへのデータ送信量は80%以上削減される。
- 一方、開発したエッジAIのみの解析では”見逃し”が発生することから、クラウドでの再確認が必要となるため、監視業務では通信量削減効果は限定的。



検出性能とデータ削減量の関係

● メタサーフェス反射板による電波不感エリアの改善

- 反射板を用いた実証では、不感地域へ異常反射/鏡面反射させることを通じて、本実証で用いたシステムが所要した通信速度3 Mbpsを上回る箇所が95%を超える結果も得られた。
- 一方、メタサーフェス反射板に入感する電波強度が芳しくない場合や高周波数帯であれば電波の直進性が高いため、反射板を介した通信を確立することが難しいケースも存在。

AI03小平市



工場など複雑な電波環境における エッジAIを用いた通信量削減および通信リソース最適化の実証



地域・産業が抱える課題

少子高齢化に伴う人手不足を背景に、産業のデジタル化・スマート化が加速し、ワイヤレスの重要性が高まる中、特に製造業や物流等の分野では、複数のネットワークや多様なアプリケーションが同時に稼働する複雑な電波環境が一般化しつつある。



既存の通信システムでは実現が難しいこと

複数のネットワークや多様なアプリケーションが同時に稼働する複雑な電波環境では、大型の重機や構造物等の電波遮へい物等に起因する通信途絶・障害が作業停止を招き、生産性の低下につながるという課題がある。公衆網、Wi-Fi、ローカル5G等のネットワークを組み合わせることで可用性・冗長性向上が期待されるものの、トラヒック状況やアプリケーションごとの要求品質に合わせて最適なネットワーク選択や制御を高品質・リアルタイムかつ自動的に行うことは困難である。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

監視カメラや無人搬送機（AGV）など複数のアプリケーションが同時稼働する環境において、①無線環境データを常に収集・分析し異常発生を予測する**異常検知AI**と、②異常検知AIの推定結果と無線環境データに基づいて最適な通信回線への自動切替や通信設定（QoS）の調整を実行する**通信制御AI**を導入する。これにより、デバイスごとに最適な通信環境を安定して提供し、産業におけるワイヤレスの活用を促進する。



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- ・ハイブリッドネットワークの異常検知と通信制御による通信リソース最適化

工場など複雑な電波環境におけるエッジAIを用いた通信量削減
および通信リソース最適化の実証

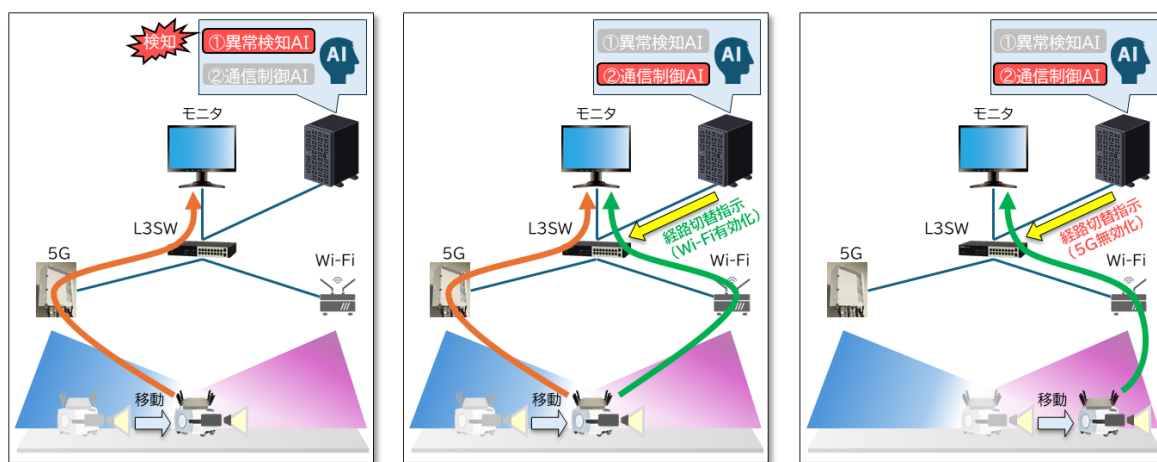
ハイブリッドネットワークの異常検知と通信制御による通信リソース最適化

技術要素の検証の目的・論点	公衆網、ローカル5G、Wi-Fiが混在するハイブリッドネットワークにおいて、電波環境の変化や通信回線の混雑により一部ネットワークの通信品質が低下した場合でも、異常検知AIによる予測的な検知と通信制御AIによる自動切替により、安定した通信品質を維持できるかの検証を目的とした。
通信方式	公衆網(LTE/5G)、ローカル5G、Wi-Fi
AI技術	勾配ブースティング(Random Forest、LightGBM)

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

異常検知AIと通信制御AIを組み合わせたハイブリッドネットワーク制御により、ローカル5GとWi-Fiが混在する環境では、通信経路を切り替えても映像品質の劣化がなくサービス不稼働率0を達成した。

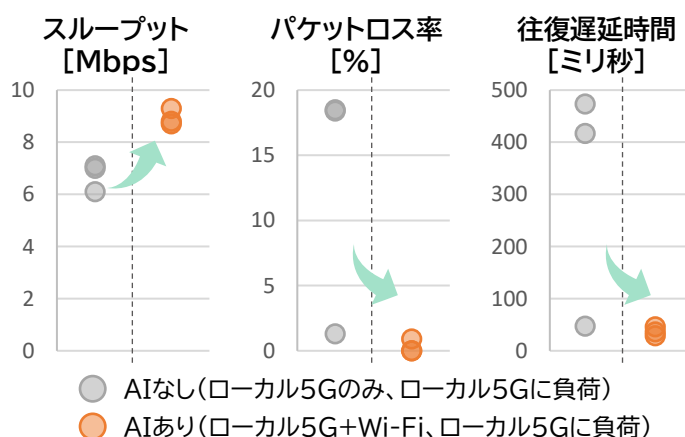
具体的には、ローカル5GとWi-Fiが混在する環境で、パケットロス率0.0~0.4%、スループット約6.4Mbps以上を維持するなど、高画質な映像を安定して伝送可能な通信品質を実現した。



事例 AIによる通信品質の維持

ローカル5GとWi-Fiが混在する環境では、異常検知AIと通信制御AIを適用すると通信品質(スループット、パケットロス率、往復遅延時間)の安定的な改善が見られた。

※実証結果の詳細については、令和6年度補正総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)成果報告書」を参照。





導入時の留意事項・意識しておく事項等

- 学習に用いたデータは、異常状態が少ない不均衡データのため、データ分布の偏りを考慮した前処理・評価設計を実施した。また、特定の環境条件に偏ったデータとならないよう、実環境/電波暗室等の条件を変えた複数環境でデータを収集した。
- 本手法では、切り替え先となる通信ネットワーク自体の品質が著しく低い場合、AIによる切替を行っても通信品質の維持が困難となる場合がある。



実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

本手法で使用するWi-Fiアクセスポイントは、AI学習・推論に活用できるデータをリアルタイムに取得するため特定の要件を満たす必要がある。

Wi-Fiアクセスポイントが満たすべき要件

- リアルタイム監視実現: 1秒間隔のデータ取得が可能
- 詳細データ取得: 「電波発射時間率」等を提供しており、AI入力データとして活用可能

※活用できないWi-Fiアクセスポイントの仕様例

- 端末情報取得が10分に1回のみ
- 「電波発射時間率」等の詳細データが取得不可



実証による評価結果(ご参考)

● 複数のアプリケーションが同時稼働する環境における通信品質維持

ローカル5GとWi-Fiの間で通信経路を切り替えても伝送している映像品質に途切れ、乱れは見られなかった。他方で、ローカル5Gから公衆網やWi-Fiから公衆網への切り替えでは途切れが見られた。

回線切り替え	映像品質
ローカル5GとWi-Fiの間で切替確認	途切れ、乱れなし
ローカル5Gから公衆網への切替確認	ローカル5Gから公衆網へ切り替わり時に途切れあり
Wi-Fiから公衆網への切替確認	Wi-Fiから公衆網へ切り替わり時に途切れあり

● 総合的なサービスレベル指標維持

ローカル5GとWi-Fiが混在する環境では、AI適用前後で映像切断・途切れ回数が減少している効果が見られた。

環境	映像切断・途切れ回数(AIなし)	映像切断・途切れ回数(AIあり)
ローカル5G+Wi-Fi	7回以上/試行	4~5回/試行
ローカル5G+公衆網	1回/試行	1回/試行
Wi-Fi+公衆網	2回/試行	2~4回/試行

AIO4神戸市



スタジアムにおける人流監視のための エッジAIを用いた通信量削減の実証



地域・産業が抱える課題

警備分野での人員不足と最低賃金上昇に伴う人件費高騰により、スタジアムにおける警備人員が十分に確保できず、他業務との兼任等による不十分な監視体制は、安全上のリスクを高める恐れがある。



既存の通信システムでは実現が難しいこと

警備分野では、AIカメラでの監視が進められているが、クラウドAI利用はデータをインターネット経由で送信する必要があり、トラヒックの逼迫を招く要因となる。

多用途化が進む施設では、警備すべき場所や条件が頻繁に変わり、固定カメラよりも設置場所を柔軟に変更できる可搬式カメラの方が効果的。また、多数の来場者が携帯電話を高頻度に利用するため、施設運営用の携帯電波周波数帯域が限られる。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

スタジアムの監視カメラ映像をエッジAIで処理し異常を検知、リスクや通信混雑状況に応じて送信データ量を動的に削減し、状況を警備員等へ通知するソリューションの有効性を検証

AIによる通信量削減の検証



社会実装に向けた検証

システム可搬性の検証



AI高性能化の検証



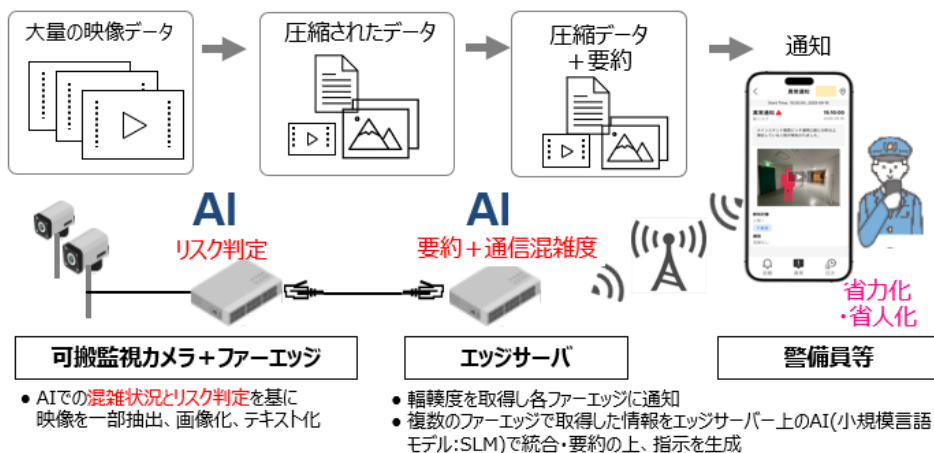
スタジアム等大規模施設・課題

- セキュリティ・警備業界は、労働力不足と人件費高騰に直面。監視カメラ映像の監視においてDXでの省人・無人化が急務
- クラウドAI監視では、大容量映像データ伝送による通信負荷増大

AIによるリスク判定 伝送データ量削減

通信輻輳度 伝送データ量削減

張り付かない警備の実現 円滑な初動対応



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- 高性能AIカメラによる検知したイベントのリスクレベル・ネットワーク混雑度に応じた送信データ圧縮および生成AI(SLM)レポートによる、二段階AIでの動的送信データ量の削減ならびに高速通知システム

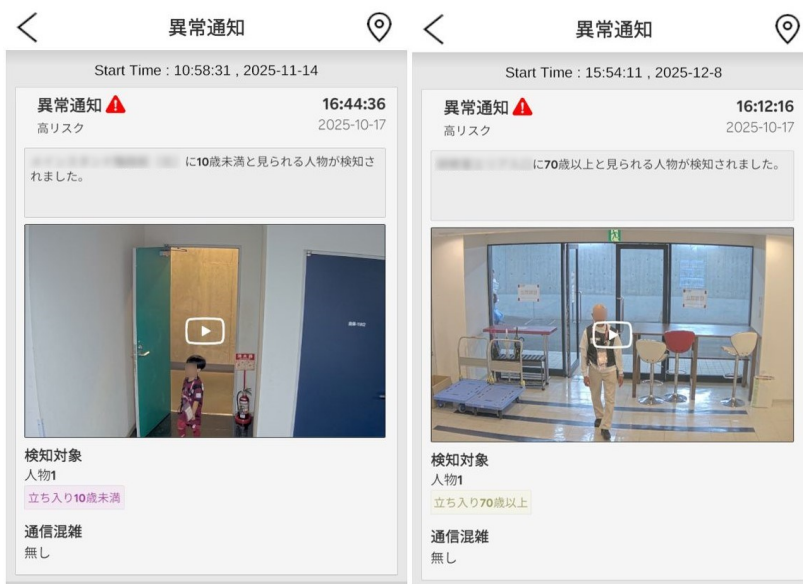
スタジアムにおける人流監視のためのエッジAIを用いた通信量削減の実証 ファーエッジAIの高性能化および 二段階AIによる通信負荷に応じた動的データ送信量削減

技術要素の検証の目的・論点	二段階エッジAIによる送信データ量削減、システム全体での検出イベント通知時間の低遅延化、多種類イベントの高検出率
通信方式	LTE(商用局・スモールセル)、有線
AI技術	AIカメラ、リアルタイムAIパイプライン(AWL Engine Agent)、AI異常レポート要約エージェント(SLM・Rakuten AI 2.0 Mini)

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

エッジAIによる通信量低減効果と、ネットワーク状況に応じて圧縮方式を変更する手法の有効性を検証

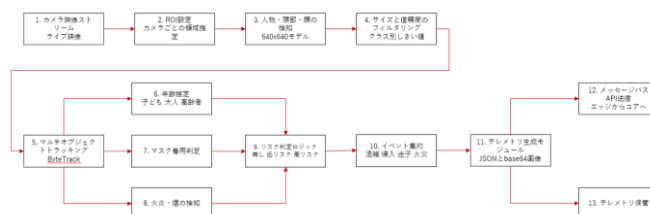
- エッジAIによるデータ送信量の低減効果は、検出したイベントリスクに応じた圧縮率(超高圧縮、高圧縮、中圧縮)の使い分けにより、継続的な映像送信に比べ、97%以上と、非常に大きな削減率を示した。また、ネットワーク輻輳時には中圧縮方式を避け、必要最低限の情報を確実に送る設計にすることで、データ削減率は95.43%(目標値は79.47%)となった。



実際のアプリケーション画面の例

事例 リアルタイムAIパイプラインによるAI検知

- エッジ端末上のリアルタイムAIパイプラインはライブカメラ映像を処理し、人物検出・追跡・リスク分類および各種タイプ(マスク着用、侵入時間、混雑、年齢推定、火災/煙検知など)を判断。
- 事前学習済みモデルが高性能のため、実証中には計算負荷の高いモデルの再学習ではなく、パラメータ調整による適応アプローチを採用。
- 一部モデルの更新等が必要な部分はあるものの、大規模な再学習を必要とせずとも高性能な検知を達成でき、異なる地域間で再現可能なAIシステムの展開を実現する手掛かりに。



リアルタイムAIパイプラインフロー

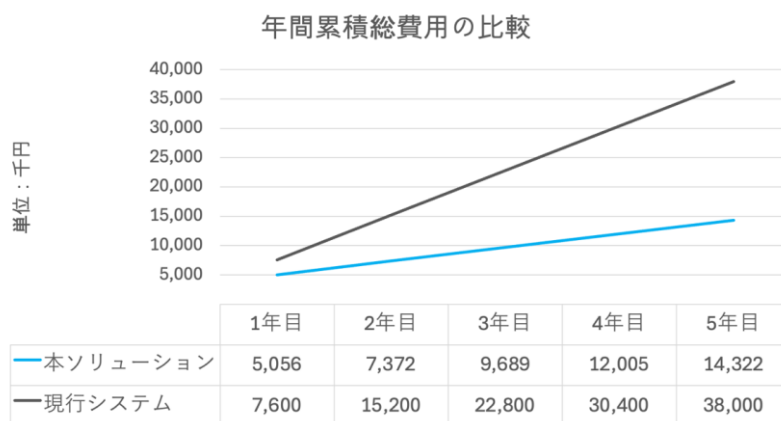
※実証結果の詳細については、令和6年度補正総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」成果報告書を参照。

導入時の留意事項・意識しておく事項等

- 開発したエッジAI検知システムの導入を試みる際には、早期に現場テストを実施することや、モジュール式パイプライン(検出→追跡→分析)を採用することで、事前の対策を容易にでき、システム運用に影響を与えずに改良できる。
- SLMの最適化も重要課題であり、AI出力結果の精度のみならず、限られたリソース環境下で負荷に耐えうるロバスト性の確保も重要。

実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

コスト	中項目	小項目	数量	金額
初期導入	基地局	既設のため、不要		0万円
		IPカメラ	10台	64万円
	AIカメラシステム (設備・機器費用)	ファアーエッジ	10台	112万円
		カメラポールマウント	10台	15万円
		SDカード(映像保存)	10台	14万円
		スイッチングハブ(5ポート)	10台	4万円
		機器収納ボックス	10台	3万円
		エッジサーバ(GPU込み)	1台	48万円
		LTE/5Gルータ	1台	20万円
		スイッチングハブ(8ポート)	1台	0.8万円
		LANケーブル(300m)	2個	10万円
運営	通信量	1年	4万円	
	AIカメラシステム	Azure VM(クラウド)	1年	8万円
		ソフトウェアライセンス	1年	8万円
合計				310.8万円



● 経済性

一般的な固定式監視システム/ローカル5G新設型と比較して5年間(初期導入費+運用費)で約1,198万円/3,913万円の削減効果。

※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。

実証による評価結果(ご参考)

● エッジAIによる通信量の低減

二段階のエッジAIでデータ量を圧縮することにより、大幅なデータ通信量の削減を達成。

(ユーザからのアクションに依存するが、)動画配信込みで約40%、テキストのみで約93%の削減。

● 拡張性・可搬性の実証

- 将来的な機能強化やモデル高度化に継続的かつ効率的に取り組めるスケーラブルな基盤が確立
- 固定式のカメラシステムでは実現困難な高い運用柔軟性を発揮(カメラ1台当たりの設置時間が約16分、撤去が3~4分)

AI05西予市



海中における生簀監視のためのエッジAIを用いた通信量削減 および光無線通信による伝送の実証



地域・産業が抱える課題

日本国内の海洋産業は業務効率化によるコスト圧縮や担い手不足への対応を迫られており、洋上風力発電設備の海中点検や養殖生簀の生産管理など多岐にわたるユースケースで、海中の映像やセンサ情報など大量のデータを取得して海上や陸上のシステムで活用するDX化が喫緊の課題となっている。



既存の通信システムでは実現が難しいこと

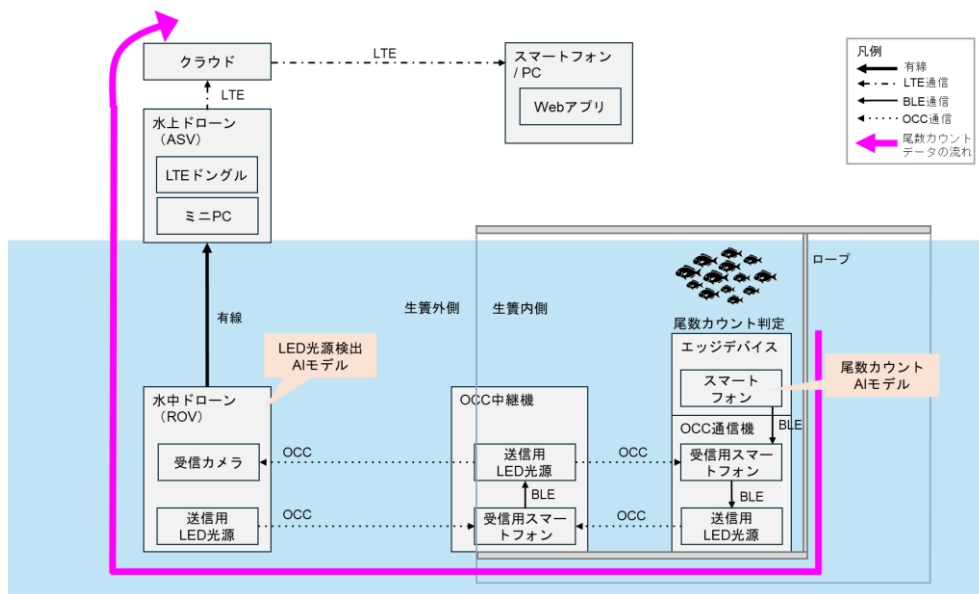
海洋産業のDX化を実現するにあたっては、水中ドローンや水中エッジデバイスの位置や稼働状況を正確に把握し、高速・低遅延でリアルタイム制御や情報収集を行うための海中無線通信技術が必要となるが、従来の音響通信は外来ノイズや船底や海面・海底などの反射の影響を受けやすく、帯域が狭く遅延が大きい。

また、高出力レーザーを用いた光無線通信は高速・低遅延なリアルタイム通信が可能である反面、濁度の影響を受けやすく通信が不安定であり、音響通信のような長距離通信が難しいことに加え、非常に高価であるため、実用・普及には至っていない。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

携帯電話網の不感地帯である海中において、安価で多対多の通信が可能である光無線通信（OCC通信）を採用し、LED光源の検出に安定した通信を行うため、AIを活用することで、安定した通信を実現する。



生簀におけるOCC通信システムの全体像



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- 物体検知モデルを用いたLED光源検出AIモデルによる、LED光源の検出

海中における生簀監視のためのエッジAIを用いた通信量削減および光無線通信による伝送の実証

LED光源検出AIモデルによるLED光源の検出

技術要素の検証の目的・論点	OCC通信のために撮影する映像を画像に切り出し、LED光源検出AIモデルによってLED光源を検出する。
通信方式	光無線通信(OCC)
AI技術	YOLOX-NANO

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

画像からLED光源を検出するAIシステムを光無線通信(OCC)に導入した。開発したAIシステムにより、携帯電話網の不感地域である水中から生簀内の養殖魚の尾数をカウントしたデータを、陸上で確認できた。

今回の実証では海の揺動によって、LED光源の光軸がずれて、LED光源検出AIの検出精度が顕著に低下した。

今後、社会実装を推進するためには、海の揺動にも対応する水中ドローン、水上ドローンの開発や、LED光源検出AIのさらなる開発が求められる。



尾数データを確認するアプリ上の画面

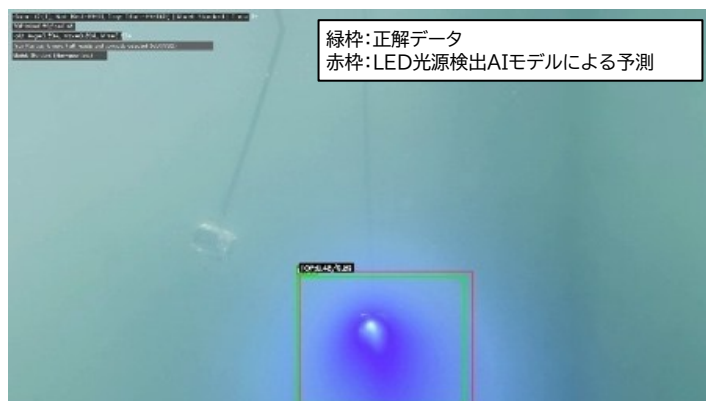


実証で使用した水上ドローン

事例 LED光源の検出

海中ではLED光源が散乱し、輪郭がぼやけるが、LED光源検出AIが、正確にLED光源を検出できている。

※実証結果の詳細については、令和6年度補正総務省「地域社会DX推進パッケージ事業（AI検証タイプ）」成果報告書を参照。



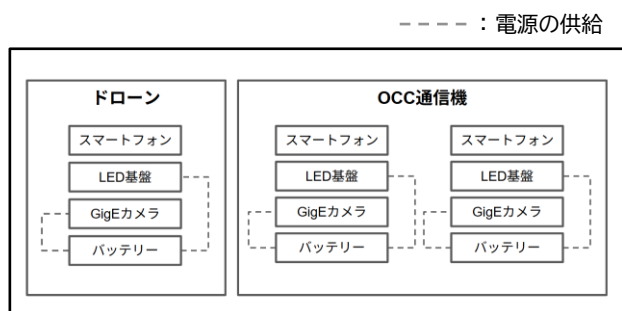
LED光源検出AIがLED光源を検出している様子

導入時の留意事項・意識しておく事項等

- LED光源は海中の濁度によって、視認可能な範囲が大幅に変動するため、LED光源の検出AIモデルによるLEDの検出性能も低下する点に留意が必要。
- 生簀内は網、回遊する魚類、ならびに設置作業を行うダイバーが近接する環境であることから、鋭利な突起による損傷リスクを最小化することを最優先とし、鉄製部材等の硬質材料の使用を避け、柔軟で突起が生じにくい材料を採用。

実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

海中におけるOCC通信はエッジデバイスであるスマートフォンやGigEカメラから構成される。



海中におけるOCC通信の機器構成

海中におけるOCC通信の機器構成費用

スマートフォン	本体機器費用	3台	30万円
GigEカメラ	本体機器費用	3台	21万円
OCC通信機用耐圧容器	本体費用	1台	28万円
LED基盤	基板実装イニシャルコスト	1式	50万円
	基盤制作費用	1式	5万円

※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。

実証による評価結果(ご参考)

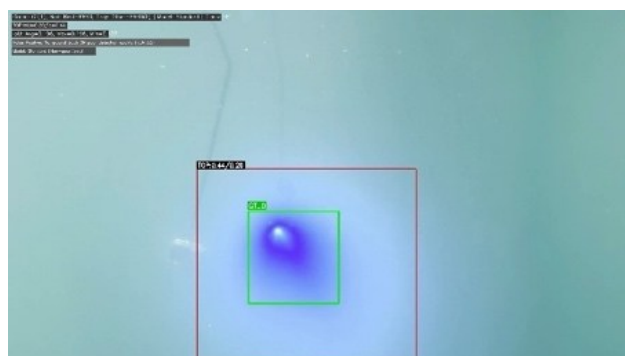
LED光源の検出AIモデルの検出性能

物体検出の総合性能を示すmAP@50-95は0.14と低い値を示した。これは、LED光源は一般的な物体と異なり、発光によるにじみや反射、飽和の影響で輪郭が明瞭でない場合が多く、LED光源自体は検出できていたとしても、正解データとAIの予測によるデータに差異が発生してしまうためである。

なお、Recallが0.954と高いことから、光源が画面内に存在する場合には高い精度で検出できていることが確認できる。

海中におけるOCC通信の性能

評価項目	結果
mAP@50-95	0.14
Precision	0.516
Recall	0.954



正解ラベルに対してAIによる予測に差異がある場合

AI06高知県



中山間地の施設園芸農業における省力化に向けた作物の画像監視



地域・産業が抱える課題

施設園芸農業は露地栽培と比べて労働時間が長い農業の形態※。特に中山間地では作物の確認等のための監視巡回の負担が大きく、省力化が課題となっている。

※農林水産省「施設園芸をめぐる情勢(2024年5月)」



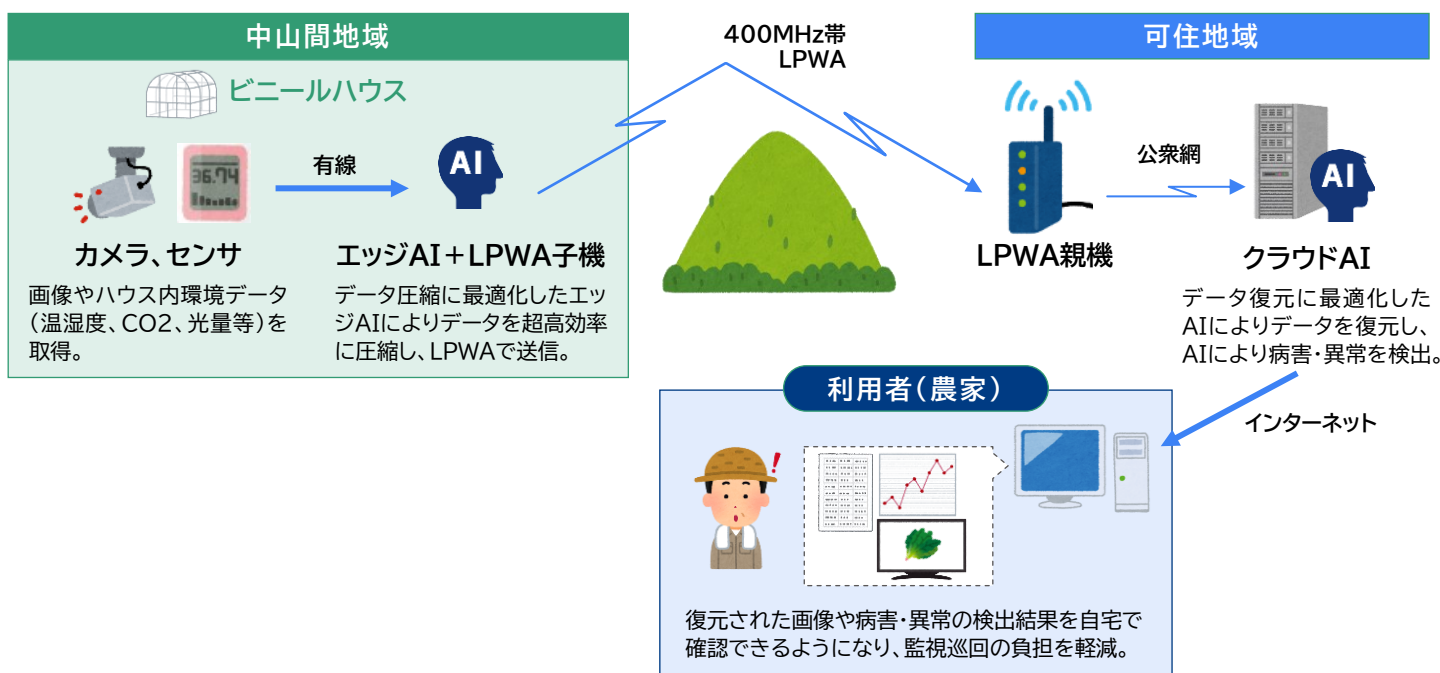
既存の通信システムでは実現が難しいこと

省力化ソリューションとして遠隔監視を目指すとして、携帯電話不感地域では通信環境整備が必要。コスト面から利用料が高額な衛星通信や大規模なインフラ整備を伴う基地局設置等を避ける場合、中山間地域での導入実績があるLPWA規格が有効。ただし通信速度が1kbps程度と極めて小さいため、画像等(数MB程度)を含むデータの遠隔拠点やクラウドサーバへの伝送は困難。このような通信環境の制約により、遠隔拠点やクラウドサーバと連携する省力化ソリューションの導入が難しい。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

携帯電話不感地域を含む実証フィールドにLPWAによる通信環境を整備し、低速な通信速度でも作物の監視画像を送信できるよう、AI画像圧縮・復元システムを導入する。エッジデバイスの画像圧縮用AIモデルでは、作物の特徴(枯れている、青々している等)を抽出する。クラウドサーバでは画像復元AIおよび病害異常判定システムが動作し、利用者(農家)の作物確認に係る負担を低減する。



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- ・ 高圧縮率かつ軽量に動作する画像・環境データの圧縮・復元AI

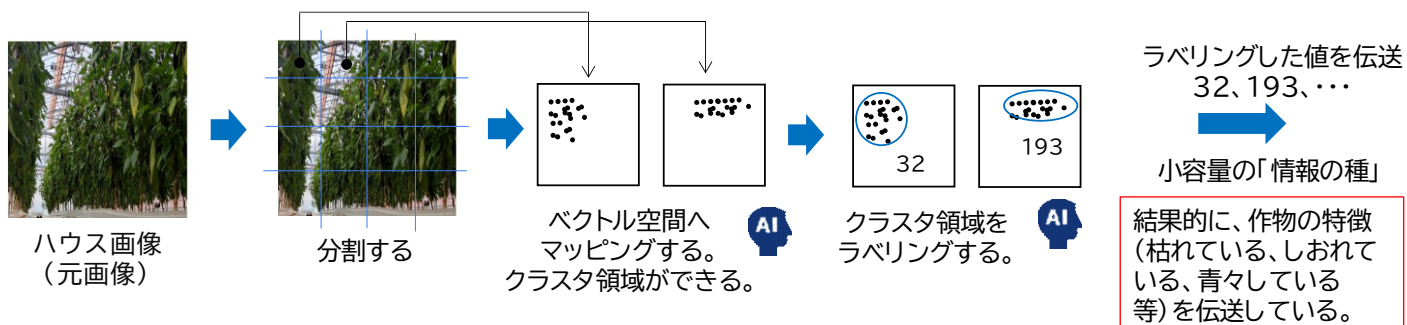
高圧縮率かつ軽量に動作する画像・環境データの圧縮・復元AI

目的	実証フィールドにおいて0.3-1kbpsの通信路を複数施設で共用し、作物向け監視データとして約192KB/枚の画像データおよび環境データ(温湿度等)を各施設48回/日(30分に1回)伝送することを目的とする。なお1回の伝送では画像1枚、環境データ7種×30時点を送送する。
通信方式	LPWA(400MHz帯、時分割周波数共用)
AI技術	クラスタリング

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

画像や環境データを圧縮し、LPWAで伝送後に復元するAIシステムを導入した。これにより、非圧縮で192KBの画像データを2Byteまで圧縮しつつ、肉眼では目立った差異が見られない精度での復元を実現した。

画像や環境データの圧縮では、中山間地の園芸施設での持続運用を見据え、安価かつ低消費電力のボードコンピュータで利用可能な軽量のAIモデルとし、クラスタリングの技術を活用することで情報抽出精度を高めた。



事例 高効率な画像・環境データの圧縮

本手法では、園芸施設で撮影された画像をLPWAで伝送するため、256x256のカラー画像を約10万分の1のデータサイズに圧縮。

約14~28分の1に圧縮する既存のJPEGによる画像圧縮と比較して高効率。

また、本手法では温度、湿度、CO2濃度等の環境データも約30分の1のデータサイズに圧縮。

※実証結果の詳細については、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」成果報告書を参照。

本手法と既存手法(JPEG)の圧縮サイズ

	画像データ (256x256)	環境データ (7種×30時点)
元サイズ	192,000 Byte (非圧縮)	840 Byte
本手法で 圧縮後	2 Byte	28 Byte
(参考) JPEGで 圧縮後	7,000~ 14,000 Byte	—

導入時の留意事項・意識しておく事項等

- 本手法では作物ごとに学習データを収集する必要があり、今回は作物ごとに約3,000枚以上の画像データ、約9万時点分の環境データを収集し学習に利用した。
- カメラと監視対象作物の間に障害物が入り込んだ場合や、カメラの固定位置がずれてしまった場合など、学習に用いた画像と異なる状況が生じると、画像復元の精度が低下することがある。

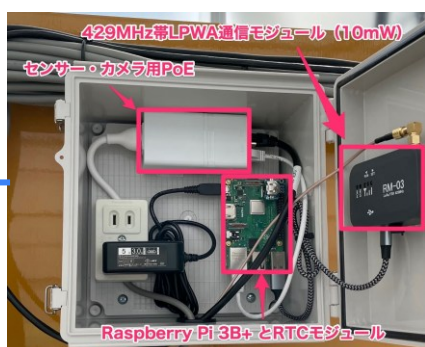
実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)

- 園芸施設側に設置するカメラ・センサ、エッジデバイスは有線で接続する。
- 実証結果を踏まえ、量産時にはエッジデバイス1台あたり5.7万円と見込まれる。

カメラ・センサ



エッジデバイス(LPWA子機含む)



有線

エッジデバイス1台の価格(量産時)

設備・機器費	LPWA無線機1台 (筐体、組立費含む)	5万円
	ESP32用 温湿度センサ	0.1万円
	ESP32用 CO ₂ 濃度センサ	0.4万円
	ESP32本体 (カメラ内蔵)1台	0.2万円
計		5.7万円

※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。

実証による評価結果(ご参考)

● 農作物監視映像の圧縮と復元の評価結果

元の画像(192KB)を2Byte(圧縮率10万倍)に圧縮したデータから復元した画像を以下に示す。目視においても両画像が十分に類似していることが確認できる。

元の画像と復元後の画像の横並び比較(赤枠内で中央部分を拡大)

元の画像

復元後の画像



AI07大分県



有人地帯におけるドローン運航のための エッジAIを用いた通信量削減の実証



地域・産業が抱える課題

人手不足や少子高齢化といった社会課題は、特に地方において点検や配送業務、災害時の被災状況の確認への影響が懸念されており、ドローン技術の社会実装が急務である。2022年12月には有人地帯での目視外飛行を可能とするレベル4飛行の制度が開始したが、現状は地上リスクの検知・回避のためにオペレーターが機上カメラが撮影する映像の遠隔監視を行っており、稼働負担が大きい。



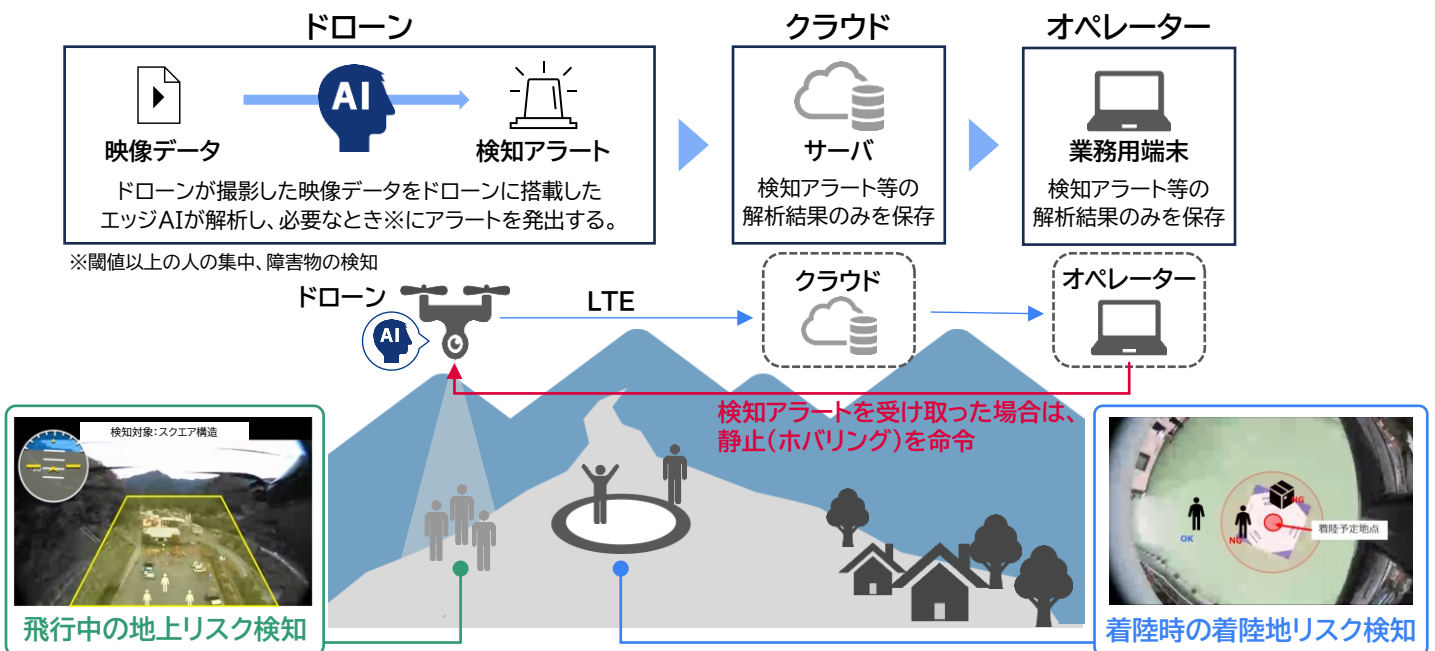
既存の通信システムでは実現が難しいこと

現在、ドローンの目視外飛行における遠隔監視にはLTE通信が活用されているが、山間部等の電波が届かないエリアでは、通信環境に制約があり、機上カメラによる遠隔監視の実施が困難である。こうしたエリアにおいては、衛星との直接通信の活用が期待されるが、通信帯域が限られていることから、高解像度の映像伝送を伴う遠隔監視の実施は困難である。



AIソリューション実現を目指した実証の全体像

高解像度の映像をオペレーターに伝送せずに、地上リスクの検知・回避を行うため、機上カメラが撮影した映像を、ドローンに搭載したエッジAIにより処理し、人物・障害物の検知を行う。飛行中と着陸時にシナリオを分けてそれぞれでAIモデルを開発し、人物・障害物を検知した情報を伝送することで、通信量を削減する。



導入を目指すAIソリューションにおけるAIおよび通信の技術要素

- 飛行時: 物体検知AIモデルによる人物の検出
- 着陸時: 差分検知による人物、障害物の検出

有人地帯におけるドローン運航のためのエッジAIを用いた通信量削減の実証

飛行時:物体検知AIモデルによる人物の検出

技術要素の検証の目的・論点	ドローンの機上カメラが撮影した映像を飛行中の地上リスク検知AI、着陸時の着陸地リスク検知AIによって処理し、通信量を90%以上削減することを目的とする。
通信方式	LTE
AI技術	YOLOX-S、差分検知

👍 AIソリューション導入に向けて実現・解決できること

飛行中の地上リスク検知AI

YOLOX-Sを用いて映像を処理し、検知精度90%以上の高精度な人物検知を行うとともに、落下分散範囲内の人物を抽出するAIシステムを導入した。また、推論速度の高速化のため、TensorRTによる量子化を用いたAIモデル軽量化を実施した。

着陸時の着陸地リスク検知AI

離陸時と着陸時の画像データについて特徴点マッチングを行ったうえで、差分検知を行うことで、検知精度90%以上の高精度な人物・障害物検知を行うAIシステムを導入した。

飛行中のリスク検知AI、着陸時のリスク検知AIはどちらも平均推論速度1s以内を達成し、リアルタイムなリスク検知処理を可能とした。

また、従来は人物、障害物検知のために約8MBの映像データを伝送する必要があったが、エッジ端末で映像を処理することにより、操縦のための映像(約0.6MB)のみの伝送で十分となり、90%以上の通信量削減を達成した。

事例 飛行中のリスク検知AIによる人物の検知

エッジで撮影した映像を飛行中のリスク検知AIにより人物検出が高い検知精度で実施できることを確認。

赤枠は検知した人物を示しており、画像内に存在する3名の人物を検知できていることが分かる。



飛行中の地上リスク検知AIにより、人物を検出している様子

※実証結果の詳細については、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」成果報告書を参照。

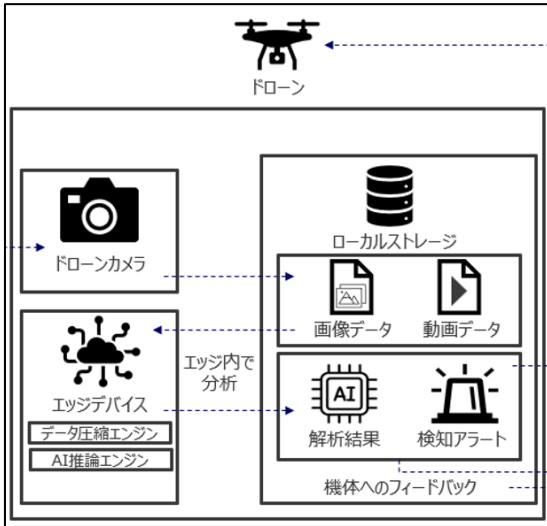


導入時の留意事項・意識しておく事項等

- 2026年1月現在、無人地帯における目視外飛行であるドローンのレベル3.5飛行では、機上カメラにより飛行経路下の歩行者等の有無を確認する必要がある。また、有人地帯の目視外飛行であるレベル4飛行でも映像を遠隔監視するため、現在は映像を伝送して飛行する必要がある。



実証で用いた機器・システムについての補足(ご参考)



構築したドローンシステムに関連する機器の費用

設備・機器費	機器	費用
設備・機器費	ドローン	220万円
	バッテリー関連機器	74万円
	タブレット	5万円
	制御用アタッチメント	130万円
	ランディングマット	8万円
AIシステム	ワークステーション	150万円
運航管理システムの運用	システム利用(上空電波SIM込み)/月	5万円
	タブレット通信地上SIM/月	0.5万円
	ネットワークRTK/月	2万円

構築したドローンシステムに関連する機器の構成

※費用の概算は、令和6年度補正 総務省「地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)」の実証事業における個別事例であることに留意。実際の費用は導入規模や求めるAI性能等により大きく変化する。

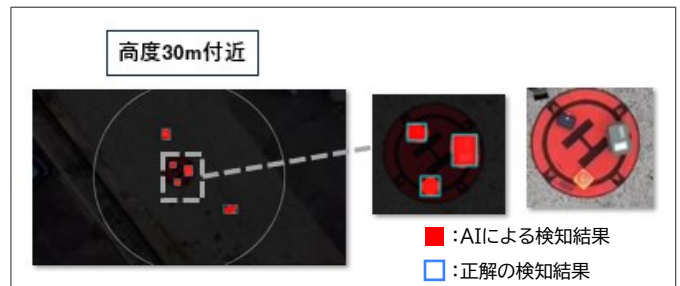


実証による評価結果(ご参考)

開発したAIによる人物・障害物の検知精度、推論速度平均

開発した各種AIの性能を、実証期間中に撮影した評価用のデータセットを用いて評価した。

下表に示す通り、検知率は90%以上、推論速度平均は1s以下を実現できた。なお、他の評価用データセットでも、同様に検知率は90%、推論速度平均は1s以下であった。



着陸時の人物・障害物検知の様子

開発した各種AIの性能

	検知率※ (Recall、IoU=0.5)	推論速度平均
飛行中の地上リスク検知AI	0.92	21[ms]
着陸時の着陸地リスク検知AI	0.95	651[ms]

※検知率は、実証期間に撮影した評価用のデータセットにおける数値を示す

AIソリューションの実施方法等を 把握する



AIソリューション実現に向けた手続き等

AIソリューション実現に向けたAI技術や通信技術の導入にあたっての手続き等について、関係省庁が公開する手引き・ガイドラインを紹介する。

タイトル	総務省電波利用ポータル
公開元 / 公開年	総務省 / 公開中
URL	https://www.tele.soumu.go.jp/
概要	無線局の設置や導入を検討している方に向けて無線局免許の取得手続きや制度、無線機器に関する制度等の情報を提供する。特に、無線局免許の手続きに関しては、必要書類の様式や、手続きの手順の詳細を説明し、電子申請の窓口となっている。

タイトル	ローカル5G導入に関するガイドライン
公開元 / 公開年	総務省 / 2023年(最終改定)
URL	https://www.soumu.go.jp/main_content/000897566.pdf
概要	ローカル5G及び自営等BWAの無線局免許の申請手続きや、電気通信事業として導入する場合の考え方について、電波法(昭和25年法律第131号)及び電気通信事業法(昭和59年法律第86号)の適用関係について明確化し、ローカル5G及び自営等BWAに関係する制度の枠組みの透明化を図ることを目的としている。

タイトル	AI事業者ガイドライン
公開元 / 公開年	総務省 経済産業省 / 2025年3月 1.1版
URL	https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/ai_network/02ryutsu20_04000019.html (総務省) https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/ai_shakai_jisso/20240419_report.html (経済産業省)
概要	政府・自治体等の公的機関を含むAIを活用する事業者が安心安全なAI活用のために望ましい行動に繋がる指針を整理。AIの事業活動を担う主体として、「AI 開発者」、「AI 提供者」及び「AI 利用者」の 3つに大別し、それぞれのAI 開発・提供・利用にあたって必要な取組についての基本的な考え方を示すものである。

參考資料



用語集

用語	用語解説
4G/LTE	4th Generation Long Term Evolutionの略。LTE方式による第4世代(4G)携帯電話・移動体データ通信サービス。
5G	第5世代携帯電話・移動体データ通信サービス。
AGV	Automated Guided Vehicleの略。無人搬送車。一定の領域において、自動で走行し、荷など人以外の物品を搬送する車両で、道路交通法に定められた道路では使用しないもの。
AI	Artificial Intelligence。人工知能。
AWS	Amazon Web Servicesの略。Amazon社が提供するクラウドコンピューティングサービス。
Azure	Microsoft社が提供するクラウドコンピューティングサービス。
bps	Bits Per Secondの略。通信速度の単位で、1秒間に何ビットのデータが送れるかを表す。
CNN	Convolutional Neural Networkの略。畳み込み(Convolution)という入力データからの情報抽出手法を用いたニューラルネットワークの総称。
F-RAG	Federated RAG。RAGのうち、情報源のデータを集約することなく活用し、生成AIの文書生成に活用する。
GigEカメラ	GigE(Gigabit Ethernet)のデータ転送能力を具備したカメラ。
LAN	Local Area Networkの略。
LightGBM	Light Gradient Boosting Machineの略。機械学習におけるアルゴリズムの一つ。勾配ブースティングという分析アルゴリズムを、データ処理を高速化して実装したもの。

用語集

用語	用語解説
LPWA	Low Power Wide Areaの略。低消費電力で長距離通信を実現する無線通信方式。数kmから数十kmの距離で通信が可能。
mAP	mean Average Precision の略。平均適合率 (Average Precision) を平均した値を指す。0から1までの実数を取り、1に近づくほどよい。物体検出の評価指標として用いられる。
OCC	Optical Camera Communicationの略。光源が発する光の明滅を、カメラを介して信号として取り出すことで通信する手法。
Precision	適合率。二値分類において正と判定したケースのうち、正だったものの割合。
QoS	Quality of Serviceの略。通信回線において、通信内容に応じて適した品質を確保すること。またそのための技術。
RAG	Retrieval Augmented Generationの略。検索拡張生成。生成AIが利用者の質問に対して、外部の情報源(社内データベース、Webなど)から関連情報を検索し、それをもとに自然な文章で回答を生成する技術
Random Forest	機械学習におけるアルゴリズムの一つ。複数の決定木(学習器)を相関を低くするように学習し、推論では複数の決定木の出力を平均して最終的な結果とする。
Recall	再現率。二値分類において実際に正のケースとなったもののうち、正と判定できた割合。
RMSE	Root Mean Squared Errorの略。二乗平均平方根誤差。機械学習や統計学における推定精度の指標。
SLM	Small Language Modelの略。自然言語の文章を処理、理解、生成できるAIモデルで大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)よりも規模が小さい。

用語集

用語	用語解説
TensorRT	NVIDIAが提供する、学習済み深層学習モデルの推論処理をNVIDIA GPU向けに最適化するためのソフトウェア開発キット。学習済みモデルに対してGPU上での実行に適した形へ変換・最適化を行い、推論時のGPUの計算資源やメモリ等の利用効率を高めることができる。
Wi-Fi	IEEE 802.11規格に基づく無線通信技術の一つ。2.4GHz帯、5GHz帯、および6GHz帯の免許不要帯域を利用し、家庭、オフィス、商業施設、公共エリア等の幅広い場所で、比較的短距離(~数十m)な通信に利用される。
WiGig	IEEE 802.11ad規格に準拠する無線通信技術。免許不要の60GHz帯を利用し、大容量通信が可能。
YOLO	You Only Look Onceの略。画像から物体の位置と分類(物体の種類)を単一の推論で同時に予測する単段(one-stage)物体検出モデルの系統。リアルタイム用途を意識した速度と精度のバランスを重視して設計されている。
エッジ	情報通信におけるエッジとは、通信ネットワークの末端にあたる、外部ネットワークとの境界や端末などが接続された領域を指す。
エッジAI	エッジにおいて動作するAI。
機械学習	コンピュータがデータセットからルールや知識を学習し、タスクを遂行する能力が向上する技術。
強化学習	コンピュータが一定の環境の中で試行錯誤を行うことが学習用データとなり、行動に報酬を与えるというプロセスを繰り返すことで、何が長期的に良い行動なのかを学習させる機械学習の手法。
クラスタリング	データのサンプル間に定義した類似度もしくは非類似度に基づいて、各サンプルをクラスタと呼ばれるグループに分割する、統計学におけるデータ解析手法。
勾配ブースティング	機械学習におけるアルゴリズムの一つ。精度の低いモデルを多数組み合わせ、高度なモデルを構築するもの。

用語集

用語	用語解説
スループット	throughput。単位時間当たりの処理能力やデータ転送量のこと。伝送速度。
生成AI	AIシステムの一つで、文章や動画像などのまとまった量の新しい情報を生み出すことができるもの。
チューニング(ファインチューニング)	学習済みのAIモデルに対して、新たなデータを用いて追加で学習する技術。汎用的なAIモデルを特定の分野に特化させることができる。
トラフィック	ネットワーク上を移動する音声や文書、画像等のデジタルデータの情報量のこと。通信回線の利用状況を調査する目安となる。
ドローン	Drone。無人航空機。構造上、人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作または自動操縦により飛行させることができるもの。
パケットロス	ある通信主体から発信されたパケットが、ネットワーク上の転送経路上で喪失すること。
ファーエッジ	エッジ端末のうち、センサ端末のようなデータ収集源に最も近い位置にあるもの。
メタサーフェス反射板	波長に対して小さい構造体を周期配置して任意の誘電率・透磁率を実現する人工媒質(メタマテリアル)の一種のメタサーフェスを用い、入射した電波の反射方向の制御を可能とする素子。
ルータ	コンピュータネットワークにおいて、異なるネットワーク間でデータを中継する通信機器。
連合学習	エッジ環境ではデータを活用したAI学習を実施し、クラウド環境データを集約せず、エッジ環境で学習を行ったAIモデルを集約して活用する技術。
ローカル5G	地域や産業の個別のニーズに応じて、地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる5Gシステム。

令和6年度補正 総務省地域社会DX推進パッケージ事業(AI検証タイプ)
地域社会DX推進パッケージ事業 AI検証タイプ
令和7年度 実証事例モデル集
令和8年3月31日

発行者 総務省情報流通行政局 地域通信振興課
〒100-8926 東京都千代田区霞が関2-1-2

請負者 株式会社三菱総合研究所
〒100-8141 東京都千代田区永田町2-10-3