

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

ローカル5Gを活用した精製物のAI粒度判定等
による
離島プラント工場の業務効率化の実現

成果報告書概要版

令和5年3月

株式会社ハートネットワーク

実証概要

| | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|
| 実施体制 <small>(下線：代表機関)</small> | (株)ハートネットワーク、住友金属鉱山(株)、(株)四阪製錬所、ソフトバンク(株)、NECネットエスアイ(株)、日本電気(株)、愛媛大学、(一社)日本ケーブルテレビ連盟、(株)地域ワイヤレスジャパン、新居浜市、新居浜地域スマートシティ推進協議会 | 実施地域 | 愛媛県新居浜市、今治市 (四阪製錬所、四阪島) |
|---|--|-------------|----------------------------|

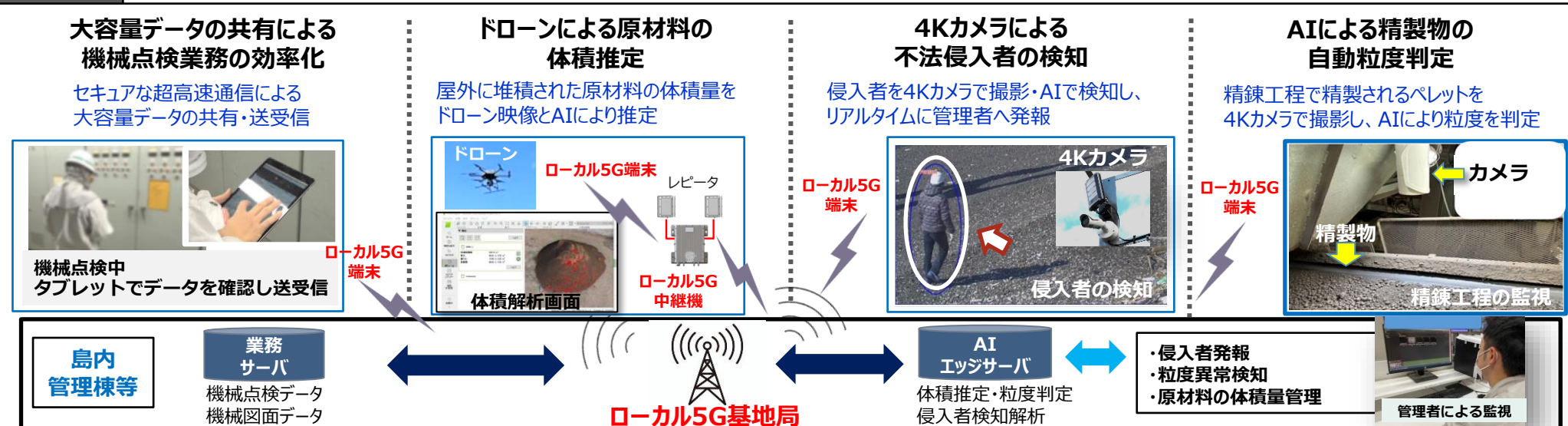
| | |
|-------------|--|
| 実証概要 | 屋内外に施設を有する大規模プラント工場においては、その構造上、有線・無線LANによる通信環境の整備が困難であるとともに、デジタル化が遅れていることによる業務効率の低下という課題が存在。 ▶ 離島のプラント工場にローカル5G環境を構築し、大容量データの共有による機械点検業務の効率化、ドローンによる原材料の体積推定、4Kカメラによる不法侵入者の検知及びAIによる精製物の自動粒度判定の実証を実施。 ▶ 地域のモノづくりのデジタル化による生産性向上や業務効率化を実現。 |
|-------------|--|

| | |
|-------------|--|
| 主な成果 | ▶ 大容量データの共有により機械点検業務の効率化は 現状の33%効率化 、4Kカメラによる不法侵入者の検知は 検知率100% を達成し、目視による監視を実施した場合の コストを33%削減 。更なるコスト削減のためにはカバーエリアの拡大が課題であることを確認。また、ドローンによる原材料の体積推定やAIによる精製物の自動粒度判定では、推定、判定の精度に課題が残り、引き続き改善が必要なことを確認。 |
|-------------|--|

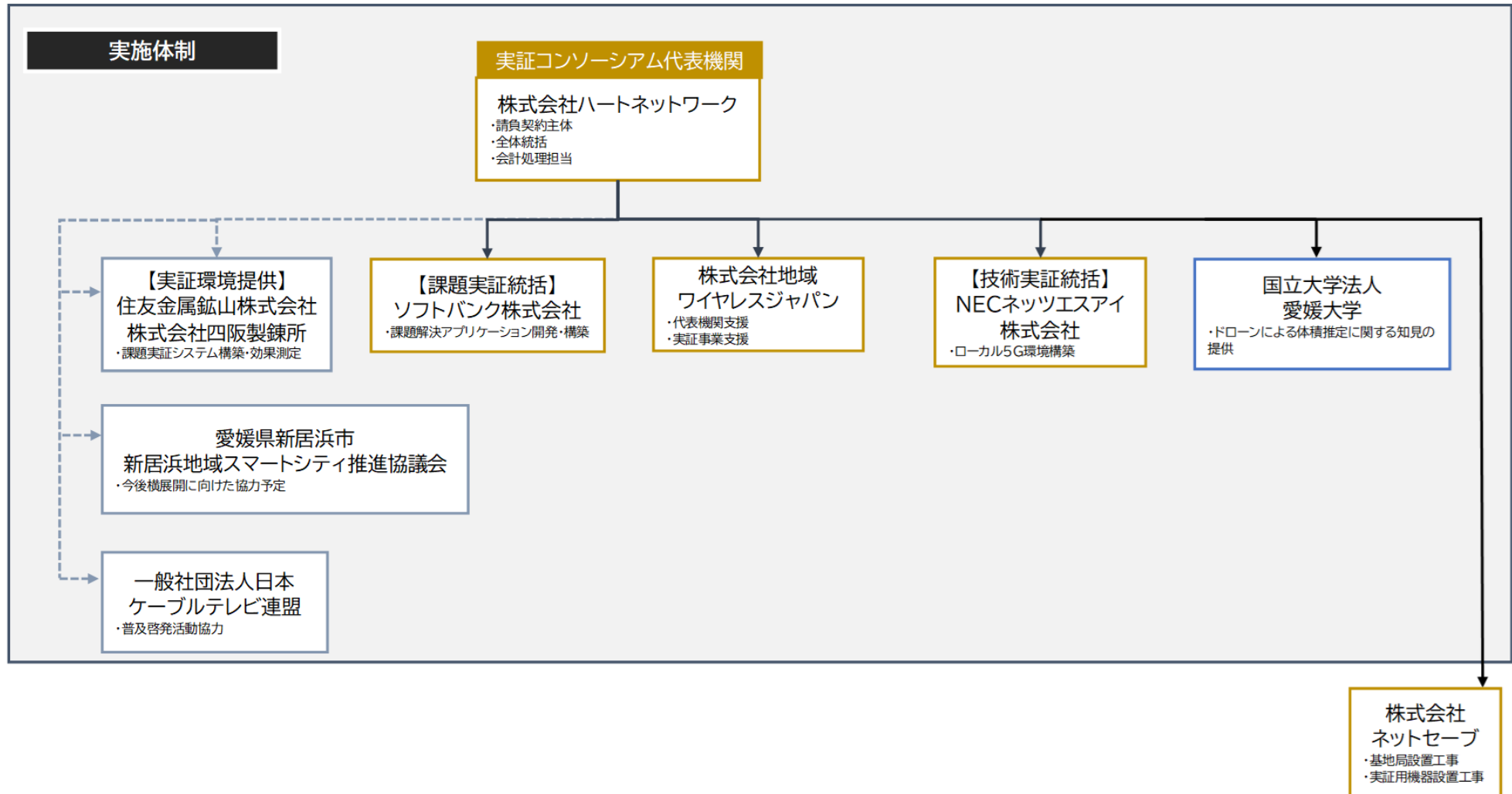
| | |
|-------------|--|
| 技術実証 | ▶ 離島に立地する大規模プラント工場において、丘陵斜面や建物、原料堆積場などの遮蔽物の影響を考慮した電波伝搬モデルの精緻化や、エリアカバーの拡張を目的に中継器によるエリア構築を実施。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯 (100MHz) 構成：SA方式 利用環境：屋外、半屋外、屋内 |
|-------------|--|

| | |
|-------------|--|
| 主な成果 | ▶ 【精緻化】丘陵高台エリアでは地形の傾斜角度によるエリア分けでK値の精緻化を実施し、 遠方において自由伝搬に従う ことを確認した。プラント工場エリアでは基地局との位置関係等でS値の精緻化を実施し、 プラントの密集度合いの違いによりS値の補正が大きく変化 することを確認した。 ▶ 【エリア構築】中継器を使用した場合、僅かではあるが上空のエリアの拡張を行うことができたが広範囲では顕著な改善は確認できなかった。 |
|-------------|--|

| | |
|--------------|--|
| 今後の展開 | 本実証成果の実装に向けては、カバーエリア拡大、AIの判定精度向上の検討が必要。 令和5年度は効果が確認できた一部のソリューションを実施地域で実装 、課題を確認したソリューションは令和6年度の実装を目指し引き続き検討を進める。また、令和6年度以降、住友金属鉱山グループ各社への展開に向け活動する。 |
|--------------|--|



実施体制



実証環境

実施環境

(1)実施場所 愛媛県今治市宮窪町四阪島(家ノ島)

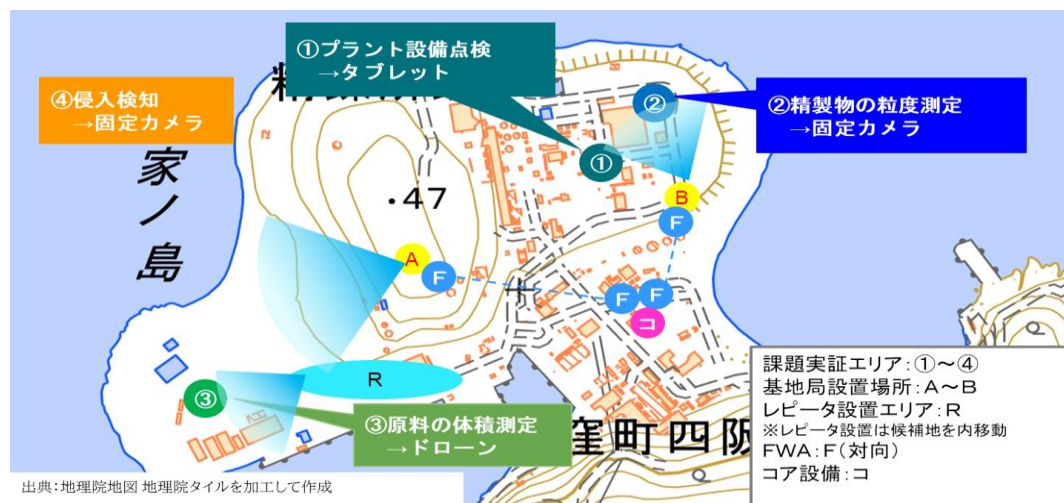
実証場所は、四方海に囲まれた離島で、屋内、半屋外、屋外の工場がある四阪製錬所プラントである。地形は、島中央部が小高い山になっており、頂上に向かう斜面に工場が建設されている。

(2)所有者 株式会社四阪製錬所

(3)敷地面積 約62万㎡

(4)実施環境の概要

- ・実証地である四阪島は工場プラント、原料、資材保管場所、事務棟等がある。
- ・実証エリアは島内図の①島北西部の湾岸、②島北東部の製錬所、③島北南部の堆積場とした。
- ・基地局設置場所は島北部側中央丘陵のAに1機設置、工場内プラント設備内のBに1機設置し堆積場付近にレピータを配置した。
- ・コア設備は島内の事務所棟に設置した。
- ・ローカル5G基地局と事務所棟間は高速無線LAN中継システムを使用した。



対象周波数、ネットワーク・システム構成

【対象周波数】

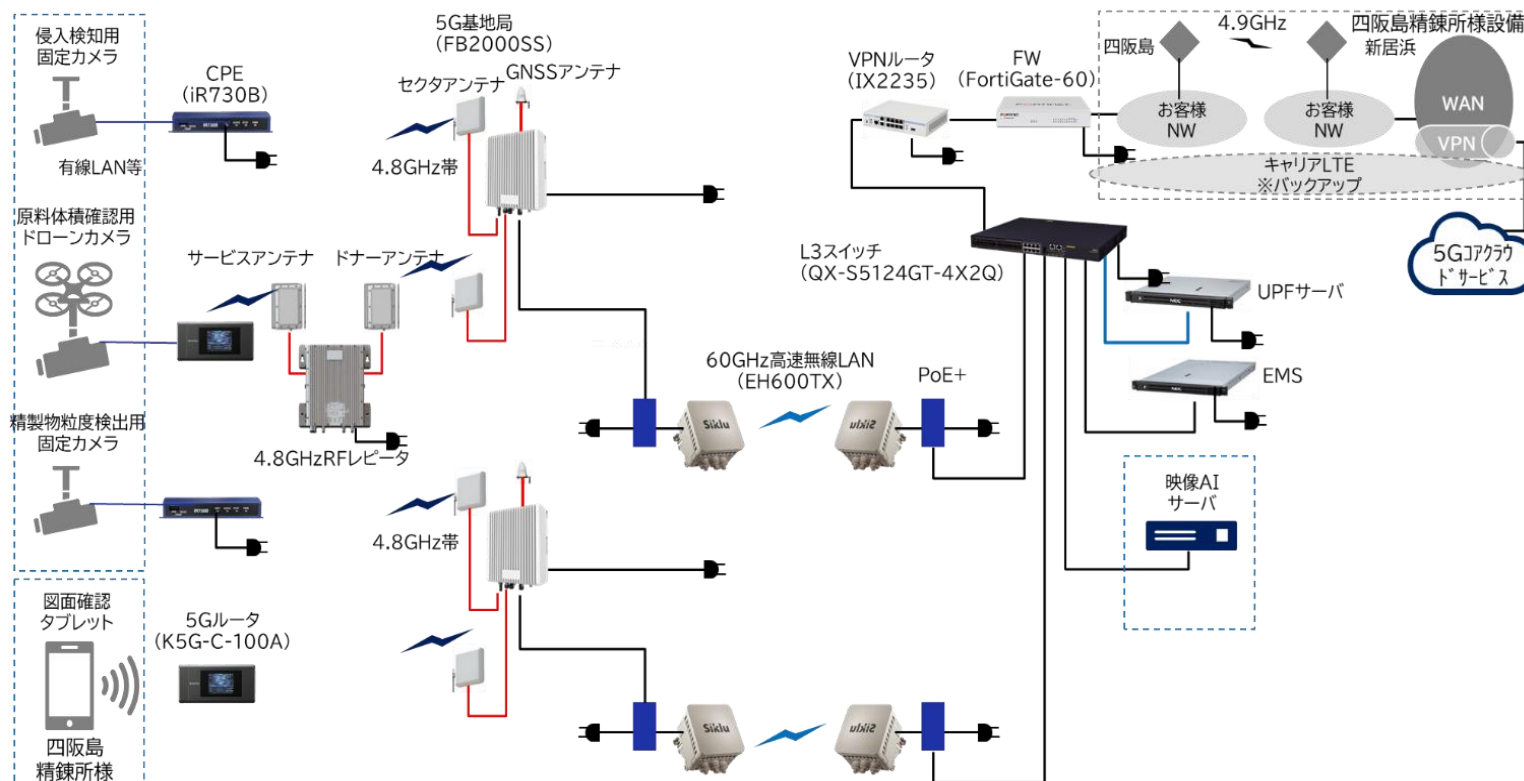
本開発実証のローカル5Gは、4.8GHz~4.9GHz帯を使用した。

周波数帯域幅は100MHz、運用モードはスタンド・アローン(SA)構成とした。

エリア補完を目的にレピータ4.8GHz~4.9GHz帯を使用した。

ローカル5G基地局および管理棟L3スイッチ間は、高速無線LAN中継システム60GHz帯を使用した。

【ネットワーク・システム構成】



システム構成・性能・要件


システムの性能は技術実証および課題実証の内容を満たすカバーエリアを設計でき、また課題実証に必要な十分な伝送速度を有する下記システムとした。

| ローカル5G基地局：NECマグナスコミュニケーションズ社製 (FB2000SS) | |
|--|--|
| 対応周波数帯 | 4.6GHz-4.9GHz (4.8GHz帯を使用) |
| 台数 | 3台 |
| SA/NSA | SA |
| 同期/準同期 | 同期 |
| 最大出力 | 30dBm (1W) × 4 |
| 空中線利得 | 17dBi |
| 占有帯域幅 (UL/DL) | 100MHz |
| MIMOレイヤ数 | ダウンリンク: 4MIMO、アップリンク: 2MIMO |
| 変調方式 | 最大256QAM |
| 最大スループット (理論値) | ダウンリンク1.3Gbps (同期TDD) アップリンク100Mbps (同期TDD) |
| ネットワーク接続方式 | SFP (10GBASE-SRまたは10GBASE-LR) × 1 有線LAN IEEE準拠 10GBASE-T/1000BASE-T × 1 2種の排他利用が可能 |
| 時刻同期方式 | GPSまたはPTP |
| 電源 | AC100/200V、50/60Hz |

| レピータ | | |
|--------------------|-----------------|---------------|
| 項目 | 仕様 (単位) | 備考 |
| 周波数範囲 | 4.8-4.9GHz | 帯域幅100MHz |
| 信号帯域幅 | 100MHz | |
| 通信方式 | 5G NR | |
| DL/UL Config ratio | 同期・準同期 | SSB SCS:30kHz |
| 送受信経路数 | 2TX/2RX | |
| 空中線 | 外付け | |
| 送信出力 | +10dBm/アンテナ | |
| ドナー入力電力 | -50dBm ~ -30dBm | アンテナ利得17dBi |
| サービス入力電力 | -25dBm以下 | アンテナ利得17.5dBi |

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)

技術実証テーマ I _電波伝搬モデルの精緻化 (1/2)

| | |
|----------------------|--|
| <p>技術的課題</p> | <p>丘陵高台エリアは傾斜が、プラント工場エリアは金属製の配管設備が高密度かつ多数あるため、電波の反射や散乱の環境要因を考慮したエリア設計が必要となる。システム変更などのコスト発生を低減するため、エリア設計の精緻化が求められる。</p> <p>今回基地局はA、Bの2か所に設置する。 基地局Aは指向性アンテナを侵入検知実証エリアおよび原料体積推定実証エリア(レピータ設置場所)に向け丘陵高台から“吹き下ろす”方向でエリア化する。 基地局Bについても指向性アンテナをプラント内に向けてエリア化した。丘陵高台エリアは傾斜が、プラントエリアは金属製の配管設備が高密度かつ多数あるため、電波の反射や散乱の環境要因を考慮したエリア設計が必要となる。</p>  <p>出典:地理院地図 地理院タイルを加工して作成</p> |
| <p>実証目標</p> | <p>電波法関係審査基準に記載の電波伝搬モデルの伝搬損失Lの中のパラメータKおよびパラメータSの精緻化を目標とする。 具体的には、丘陵高台エリアにおいてK値を、プラント工場エリアにおいてS値を精緻化する。</p> |
| <p>実証前の仮説</p> | <p>丘陵高台エリアにおいては、基地局から見て吹き下ろしとなるため、傾斜による見通しの悪化や、電波法関係審査基準の電波伝搬モデルで考慮されている基地局受信点間の水平距離と傾斜による3次元伝搬距離との乖離を補正するためにK値がマイナス値になることが想定される。 プラント工場エリアにおいては、建物専有面積率が10%以上であるため”市街地”S=0に近い値となることが想定される。</p> |
| <p>実証内容</p> | <p>受信電力(RSRP)を30地点以上測定し、電波法関係審査に記載の伝搬モデルと比較した。比較の差異は電波法関係審査の伝搬モデルは受信電力(RSSI)を用いているため、測定したRSRPとRSSIを変換したうえで比較、検証を行った。 なお、地形の影響を考慮するために国土交通省国土地理院のメッシュデータを活用した。植生については、本測定地は工場エリアのため殆どないため影響は少ないと考える。 丘陵高台エリアの場合は地形の変化に着目したK値の変化、プラント工場エリアは建物専有面積率や、基地局からの見通し等に着目したS値の変化を精緻化により検証した。</p> |

技術実証テーマ I _電波伝搬モデルの精緻化 (2/2)

実証結果と分析・考察

丘陵高台エリア：

緩傾斜環境においては、概ね仮説値によるカバーエリアと近い傾向が測定によって評価され、精緻化によるK値補正も-1.9dBで比較的小さな補正によって改善が見られた。急傾斜環境においては、精緻化によるK値補正は5.0dBとなり仮説と異なる結果となった。その原因は、基地局からの水平距離200m以上において自由伝搬損失に従うエリアがあり、当該エリアで精緻化後の算出式を超える大きな受信電力を示していたためである。自由伝搬損失に従うエリアを除いた急傾斜環境の精緻化では、K値補正が-2.1dBとなり、仮説の通り僅かながら緩傾斜環境より小さな値となった。今回の結果から、高台から吹き下ろす場合の電波伝搬においては地形の傾斜角度が影響を与えることを確認できた。また遠方で自由伝搬損失に従うエリアがあったことから、エリア設計の際は自由伝搬損失との比較評価を実施する等の慎重な運用が必要であると考えられる。

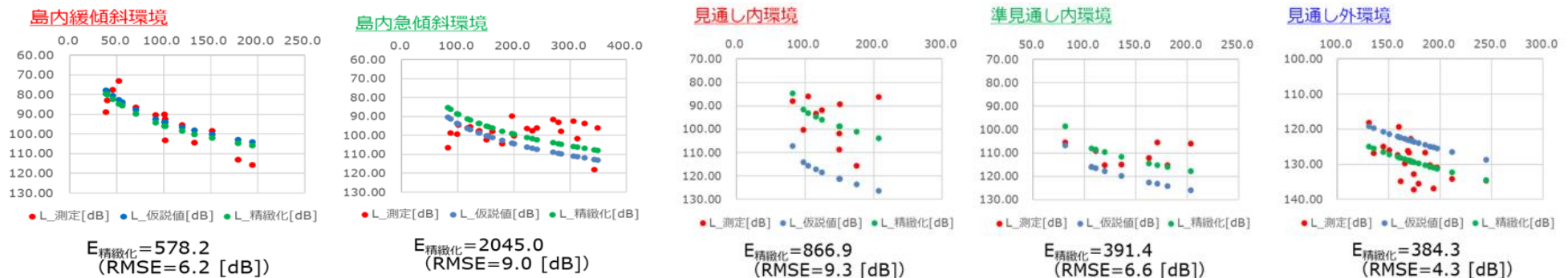
プラント工場エリア：

プラント工場が複数立ち並ぶ環境については、仮説値によるカバーエリアと概ね近い傾向が測定によって評価され、精緻化によるS値補正もS=0から±10dB以内の比較的小さな補正によって改善が見られた。

今回の結果から、プラント工場において、S値はほぼ市街地とほぼ同等のモデルを活用できる可能性を確認できた。

一方で見通しが良いエリアでは、精緻化によるS値補正がS=0から+20dB以上発生し、300m四方程度の範囲内でも基地局からの位置関係によっては大きな補正が必要となるため、周辺環境の見通し等を考慮したエリア設計を行う等、慎重な運用が必要であると考えられる。

精緻化による算出式の改善傾向



精緻化後

[丘陵高台エリア]

島内緩傾斜環境 : K=-1.9、S=32.5

島内急傾斜環境 : K=5.0※、S=32.5

※自由伝搬に従うエリアを除いた場合K=-2.1

[プラント工場エリア]

見通し内環境 : K=0、S=22.5

準見通し内環境 : K=0、S=8.1

見通し外環境 : K=0、S=-5.8

技術実証テーマⅡ_エリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象：☑不感地対策 ■他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ☑中継器 ■DAS ■LCX ■その他

エリア構築の課題 技術的課題

エリア構築のために基地局を複数設置するよりもレピータによりエリア構築ができることを確認できれば、新たな基地局を設置するよりも安価かつ短期間に構築できるが、上空をレピータを使用して計測した実績がないため、本実証にて検証を行う。

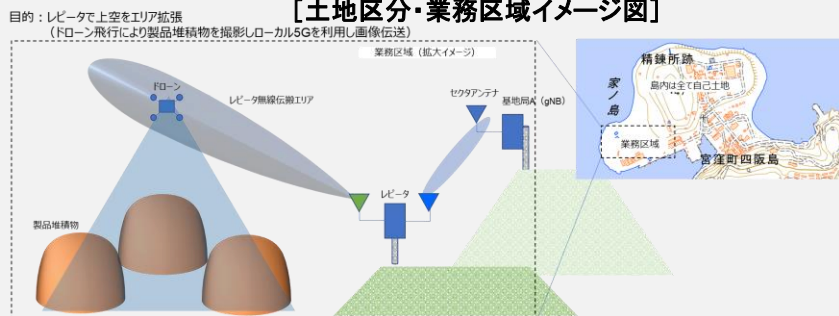
上記課題の 解決方策

課題解決前：基地局を配置してエリア構築を行うことが想定されるが、エリア構築には基地局の増加に繋がりコストに影響する。
課題解決後：基地局を増設せずレピータと組み合わせた活用をすることで、コストに大きく影響せずにエリア補完ができると考える。

業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

島内は全て自己土地である、今回の業務対象区域は原料堆積場の上空エリアである

【土地区分・業務区域イメージ図】



ローカル5Gの基地局は丘陵に設置し、原料堆積場の見通しは取れるが丘陵の斜面の影響や周辺の建物の影響もあり、以下の電波伝搬シミュレーションのように不感地帯、弱電界地帯が想定される。

【カバーエリアイメージ図】

※レピータは基地局の送信電力の高い場所を測定器で調査し設置場所を特定して設置するため
図中では仮設置場所を記載



エリア構築のシミュレーション

方法：[使用ツール名称、方法(手順)、(主要なパラメータ)]

レピータ(ドナー)に対し基地局gNBのアンテナ入射角度及びレピータ(ドナー)の入射角度、設置位置などをシミュレーションにて特定する。併せてレピータ(サービス)側のシミュレーションも行い上空の無線エリアについても高度、範囲を特定しておく。その情報に基づき、上空の無線エリアを測定する。

【上空50mのシミュレーション図】



評価：[実用性、優れる点、留意点等]

実用性：レピータにより電波の向きを変えサービスエリアの拡大、複数のパスを使用した電波の到達を行うことができ、少ない基地局にて効率よく必要な範囲に電波を伝搬させることが可能となる。

留意点：レピータ性能内でのエリア構築となる。

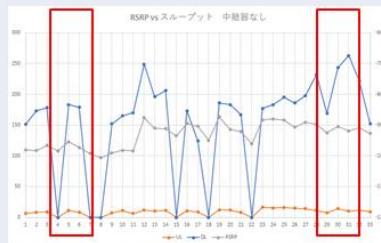
技術実証テーマⅡ_エリア構築の柔軟化 (2/2)

柔軟化の対象：☑不感地対策 ■他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ☑中継器 ■DAS ■LCX ■その他

レピータ未使用時 <課題解決前>

スループットvsRSRP

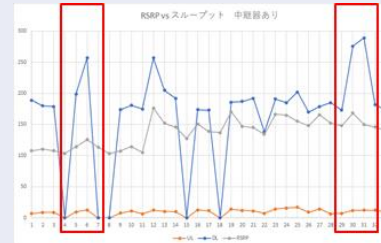


スループットvsSIR



レピータ使用時 <課題解決後>

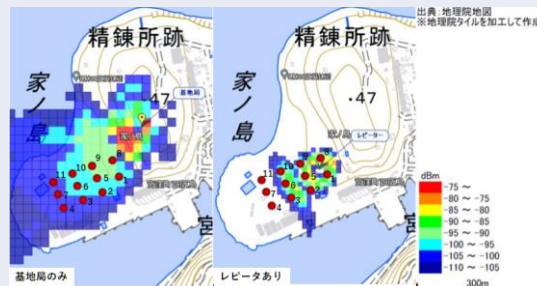
スループットvsRSRP



スループットvsSIR



実証結果



半数以上の測定点で、レピータを使用した場合スループットに改善傾向が見られる。
特にポイント番号6、30、31についてはスループットの改善傾向が顕著に見られた。

実証の成果

- ・得られた知見
- ・課題解決への貢献
- ・シミュレーション精度向上への貢献
- ・さらなる課題の提案

■レピータの有効性/課題

僅かではあるが上空のエリア構築を行うことができたが、広範囲で顕著な改善は確認できなかった。

■理由/要因

基地局からの直接波が想定よりも強く観察されたことでレピータの改善効果が見えづらくなったこと、利得の高いアンテナを用いたが、結果的に垂直方向のアンテナパターンが鋭くなった。

■今後の課題

今回使用したレピータの出力は0.01 W×2ポートであったが、より高出力な装置が今後開発されることに期待したい。

総務省「新世代モバイル通信システム委員会 技術検討作業班(第28回)」の検討のような送信出力のレピータの開発が進めば、より広い範囲のエリア化を実現できると考える。

写真

レピータ (サービスアンテナ・レピータ・ドナーアンテナ)



ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

実証概要

実証の舞台となる四阪島には、光回線が整備されておらず、携帯電話キャリア回線は、1社が1基地局のみで、5G化の予定がない。

島内にプラント設備が点在し、一部建物が老朽化していることもあって有線によるネットワーク整備は難しい状況で、IoTネットワーク化が進んでおらず、多くの業務が従業員の目視など、アナログな方法で行われている。

| ソリューション | 説明 | 実証目標 |
|------------------------|---|--|
| 大容量データの共有による機械点検業務の効率化 | 工場内外において、ローカル5Gによるクローズドネットワークを構築し、セキュアな高速通信下での工場内機械点検業務等に関する大容量データの伝送・共有の実現(工場内機会点検にかかる業務の効率化) | <ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5Gネットワークによる島内高速通信環境の実現 ・ネットワーク構築・運用コストを有線ネットワークの構築・運用と比較し、約50%の抑制 ・従業員の図面等のデータ活用による業務効率化 ・上記の実現による1日3時間程度の業務時間短縮 |
| 4Kカメラによる不法侵入者の検知 | ローカル5Gと連携しつつ4Kカメラ映像やAIを用いて、海岸線の常時監視及びAIを用いた不法侵入者の検知・アラート(パトランプによる点灯及び管理者へのリアルタイムな通知)の実現(監視システムの導入、監視コスト負担の軽減) | <ul style="list-style-type: none"> ・監視コスト(人件費等)の50%削減 ・映像検知率80%以上(正確性) |
| AIによる精製物の自動粒度判定 | ローカル5Gと連携しつつ4Kカメラ画像やAIを用いて、精製状況(画像)のリアルタイムな取得及びAIでの粒度(容積、重量)判定、品質結果の通知の実現(品質管理の向上、粒度判定にかかる業務効率化) | <ul style="list-style-type: none"> ・粒度の均一化、および、実証を行う四阪製錬所が計数管理上問題ないとする正確性80%以上の検知による製造工程の早期改善 ・品質管理改善による業務効率化 ・上記の実現により30%の作業時間削減 |
| ドローンによる原材料の体積推定 | ローカル5Gと連携しつつドローンや4Kカメラ画像を用いて、屋外に体積する原料のリアルタイムな画像取得及び画像データを用いた体積推定の実現(在庫管理にかかる業務の効率化) | <ul style="list-style-type: none"> ・在庫・製品管理の効率化による機会損失の改善 ・在庫量棚卸業務時間50%の削減 |

検証方法の説明

| ソリューション名 | 検証方法 | |
|----------------------------|------|---|
| セキュアな超高速通信による大容量データの共有・送受信 | 機能 | <ul style="list-style-type: none"> ■Wi-Fi経由でローカル5Gネットワークに接続したタブレットを用いて、業務用サーバとの接続、データの送受信が可能かを検証する |
| | 運用 | <ul style="list-style-type: none"> ■導入後の作業内容について担当者へのヒアリングを行い、移動時間削減が達成できたかを検証する ■実証エリア内で業務用サーバと接続し、必要なデータの確認ができたかを検証する |
| | 効果 | <ul style="list-style-type: none"> ■有線ネットワーク構築の場合のコストとソリューション導入の場合のコストを比較し、費用抑制が実現できたかを検証する ■担当者へのヒアリングを行い、実装により業務時間の短縮が実現したかを検証する |
| 製錬工程における精製物粒度判定 | 機能 | <ul style="list-style-type: none"> ■水分量を段階的に変化させたペレットを用いて、AIが粒度の状態を正確に判定できるかを検証する ■映像ビットレートを変更することで判定精度が向上したかを検証する |
| | 運用 | <ul style="list-style-type: none"> ■担当者へのヒアリングを行い、異常検知率の目標を達成できたかを検証する ■業務フロー、マニュアルを作成して運用を行い、監視業務の効率化が実現できたかを検証する |
| | 効果 | <ul style="list-style-type: none"> ■従来の作業体制と導入後の作業体制を比較し、業務の効率化が実現できたかを評価する |
| ドローンによる屋外堆積在庫の体積推定 | 機能 | <ul style="list-style-type: none"> ■平地に積んだ100tの原材料をドローンで撮影・アプリケーションで体積を推定し、算出された体積と実体積(100t)を比較することで目標の推定精度を実現できたかを検証する |
| | 運用 | <ul style="list-style-type: none"> ■ドローンの操作性、自動運転の正常性についてマニュアルを作成して運用し、運用状況を検証する ■ドローン操縦士の確保・育成について四阪製錬所が計画を策定し、計画の内容が担当作業員にとって妥当かどうかについて担当者へのヒアリングを行い、有効性を確認する |
| | 効果 | <ul style="list-style-type: none"> ■従来体制での作業工数を導入後に要する作業工数と比較し、業務の効率化が実現できたかを検証する ■担当者へのヒアリングを行い、推定作業の頻度の削減が実現できたかを検証する ■担当者へのヒアリングを行い、推定精度の向上により機会損失の軽減が実現できたかを検証する |
| 外部侵入者の検知 | 機能 | <ul style="list-style-type: none"> ■昼夜による明暗、服装の違いによる検知結果の比較を行い、目標とする検知率を達成できたかを検証する |
| | 運用 | <ul style="list-style-type: none"> ■マニュアル作成後、コンソ内で侵入者対応訓練を行い、侵入者の検知、および目標時間内の駆け付けが可能かを検証する |
| | 効果 | <ul style="list-style-type: none"> ■人間による監視業務を実施した場合と導入後の監視業務に要する時間および人数を比較し、コストの削減が実現できたかを検証する |

実証内容：ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証

検証結果サマリ①

| ソリューション名 | 評価・検証項目 | | 目標 | 検証結果 | 目標達成状況 | 考察及び対応策 |
|----------------------------|---------|--|--|---|----------------------|--|
| セキュアな超高速通信による大容量データの共有・送受信 | 機能 | 1. 通信可能エリア | 1. 実証エリア内で問題ない通信の実現 | 1. 必要なデータの送受信が可能 | 1. ○ | 1. 計画通りの結果。 |
| | 運用 | 1. 点検箇所での業務データ共有 2. 現地で確認可能にし移動時間を削減 | 1. 全データの確認を現地で可能にする 2. 移動時間0 | 1. 実証エリア内で全データ確認可能 2. 移動時間0達成 | 1. ○ 2. ○ | 1. 計画通りの結果。今後ローカル5GネットワークをベースにメッシュWi-Fiで対象エリアの補完を行い拡大を目指す。 2. 概ね計画通り。 |
| | 効果 | 1. ネットワーク構築・運用コストの抑制 2. 業務時間短縮による人件費削減 | 1. 有線ネットワークの構築・運用と比較し、約50%の抑制 2. 1日3時間程度の業務時間短縮 | 1. 地下埋設による敷設と比較し、構築費用を約63%抑制 2. 1日10分程度の業務時間短縮 | 1. ○ 2. × | 1. 目標以上の結果となった。 2. 今後、エリアの拡大により、さらなる業務時間削減を目指す。 |
| 製錬工程における精製物粒度判定 | 機能 | 1. 粒度の正常・異常に対する判定の精度 2. 映像ビットレートが精度に及ぼす影響 | 1. 2mm以下の割合が4.4%以下 2. ビットレート増加により精度が上がる | 1. 2mm以下の割合が20% 2. 精度向上は確認できなかった | 1. × 2. × | 1. AIに教師データを改めて学習させて、判定の閾値を適正化することで目標値を達成する見込み。 2. 教師データの追加学習による精度向上を目指す。 |
| | 運用 | 1. 異常検知率 2. 規定外検知時の伝達手段 3. 確認作業時間 | 1. 異常検知率80%以上 2. 有効な伝達手段の決定 3. 作業時間0 | 1. 規定値通り 2. 管理画面の通知により効率的に伝達可能 3. 確認作業時間0 | 1. ○ 2. ○ 3. ○ | 1. 設定した規定値通りの判定を実現。 2. 専任担当者無しで監視体制を実現。 3. 目標通りの結果。 |
| | 効果 | 1. 作業効率の改善 2. 人件費の削減 | 1. 作業時間30%削減 2. 95.72万円/年の削減 | 1. 作業時間78%削減 2. 102.4万円/年の削減 | 1. ○ 2. ○ | 1. 兼務していた行程のうち、一方(粒度判定)をAIに任せることにより、想定以上の業務効率が改善。 2. 目標以上の人件費削減効果。 |

検証結果サマリ③

| ソリューション名 | 評価・検証項目 | | 目標 | 検証結果 | 目標達成状況 | 考察及び対応策 |
|--------------------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--------------|---|
| ドローンによる屋外堆積在庫の体積推定 | 機能 | 1. アプリケーションが推定した体積の計算精度 | 1. 実体積と比較して90%以上 | 1. 実体積と比較して88%の精度 | 1. × | 1. 目標を下回る結果。堆積物の嵩比重値を見直すことで、誤差縮小が見込まれ、高めることで精度を向上させることができると考える。 |
| | 運用 | 1. 原材料推定作業頻度 | 1. 作業頻度50%削減 | 1. 作業頻度50%削減を可能とした | 1. ○ | 1. 目標とした作業頻度の削減を実現した。 |
| | 効果 | 1. 作業効率改善 2. 製造計画の精度向上 | 1. 作業時間50%の削減 2. 機会損失の削減 | 1. 作業時間33%増加 2. 推定精度が改善し、より精密な計画の策定が可能となり機会損失の削減が可能となった | 1. × 2. ○ | 1. 精度の向上による作業頻度の削減は実現したが、想定した業務の効率化は実現できなかった。ドローン操作の熟練、対象堆積物の増加などにより、費用対効果を改善することで、トータルとしての人件費削減は可能である。 2. 機会損失の改善には十分な成果があった。今後は、操作の熟練、対象堆積物の増加などにより、費用対効果を改善することで、より効率の改善が実現可能である。 |
| 外部侵入者の検知 | 機能 | 1. 侵入検知に対する精度 2. 映像ビットレートが精度に及ぼす影響 | 1. 侵入検知率80%以上 2. ビットレート増加により精度が上がる | 1. 侵入検知率100% 2. ビットレート増加による精度向上は確認できなかった | 1. ○ 2. ○ | 1. 目標を上回る結果。その一方で石や影を人として過剰検知してしまう事象が発生したため、チューニングによりさらなる精度改善を目指す。 2. 対象エリアの検知に関しては、適正値の映像レートで十分な情報が得られた。 |
| | 運用 | 1. アラート発出後の現地駆け付け時間 | 1. 20分以内 | 1. 検知後およそ5分での駆け付けを確認。 | 1. ○ | 1. 侵入を目視した社員からの連絡により現地に向かう従来の体制と比較して、より迅速な対応が可能となった。 |
| | 効果 | 1. 監視コスト削減 | 1. 監視コストの50%削減 | 1. 監視コスト33%の削減 | 1. × | 1. 侵入リスクのあるポイント全体をカバーしているわけではないため、目視による監視を実施した場合とのコスト比較は約33%減に留まった。今後カバーエリアの拡大により削減効果の拡大を目指す。 |

総評

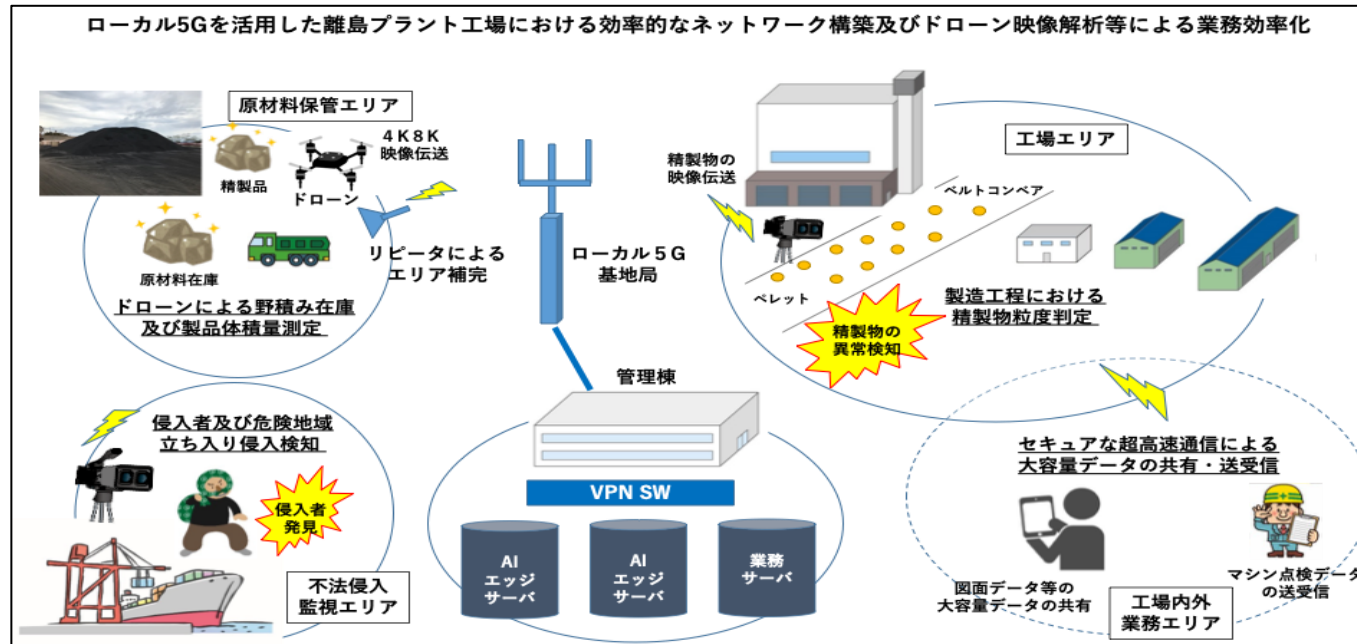
大容量データの共有による機械点検業務の効率化については、目標とした島内高速通信環境を実現した。有線ネットワークとのコスト比較については、プラントの構造上有線ネットワークの構築が不可能であることを確認し、結果的に通信インフラの整備は、無線設備での構築しか選択肢がないことが確認できた。業務時間の削減については、対象エリアでの不具合発生頻度が想定よりも低かったことから、目標を下回る結果となった。今後、ローカル5Gを基軸としたメッシュWi-Fiとのハイブリッド構成などにより、対象エリアの拡大を実現することで、さらなる削減を目指す。

4Kカメラによる不法侵入者の検知については、目標とした検知率80%を上回る検知率100%を達成した。一方で、監視コストの削減効果については、侵入リスクのあるポイントが、今回の実証エリア以外にも複数あるため、目視による監視の場合の監視コスト比は33%減に留まった。今後、カバーエリアの拡大を実現により目標の達成が可能となる

AIによる精製物の自動粒度判定については、検知率については目標となる80%を達成した。また、粒度判定をAIに任せることが可能となったため、他の業務の効率も改善し、作業時間の短縮は目標としていた30%を上回る43%となった。一方で、乾燥させた完成後の精製物については、2mm以下の比率を4.4%以下とすることを目標としていたが、実際の比率は20%となり、目標を下回った。また、映像ビットレートの変更による精度の向上は見られなかったため、今後、精製物の教師データをAIに追加学習させることで精度の改善を目指す。

ドローンによる原材料の体積推定については、目標値90%を若干下回る88%の精度となった。この結果は、推定した体積から体積物の重量を計算するために使用した嵩比重値が過少であったことによるものと考えられるため、嵩比重値を見直すことで改善できると考える。機会損失については、より精度の高い計画を策定できるようになり改善した。一方で、業務時間の削減については、作業頻度は50%削減できたものの、一回の作業にあたる人員が2名必要で、作業時間も想定よりもかかったこともあり達成できなかったが今後、作業の習熟などにより業務時間の削減を目指す。

ローカル5G活用モデルの実装性 活用モデルの全体像



①ドローンによる屋外堆積された原材料在庫の体積推定

製錬工場特有の屋外に堆積されている原材料をドローンにより多方向から撮影した高画質映像を、ローカル5Gを経由してエッジサーバに伝送し、AIにより堆積物の体積を正確に推定する。

②侵入者および危険地域立ち入り侵入検知

島内沿岸付近で、部外者の侵入リスクのあるエリアを定点カメラにてジオフェンス設定し、24時間監視。不法侵入者を検知した場合、管理者にアラートを通知することで、不法侵入者の監視を自動化する。

③セキュアな超高速通信による大容量データの共有・送受信

工場内外において、ローカル5Gネットワークを構築し、工場内機械点検業務のデジタル化の実現により、業務の効率化を実現する。

④製錬工程における精製物粒度判定

工場設備室内に4Kカメラを設置し、製錬工程において、ベルトコンベアで流れてくる精製物を高画質映像で撮影する。撮影した映像をローカル5Gを経由してエッジコンピュータに伝送し、精製物の粒度の監視並びにAIによる異常検知を実施し、製造工程の効率化を実現する。

ローカル5G活用モデルの実装性

実装性を高める手法の検討

本実証で取り組んだ各ソリューションは、四阪製錬所が所属する住友金属鉱山グループや、地域のものづくり企業への展開を想定している。

横展開を実現するにあたって、下記の3つの課題に関して検討を行った

| 評価検証項目 | 課題 | 検討結果を踏まえた解決策 |
|------------------|--|--|
| システム保守にか かる課題 | 導入企業の立地条件により、駆け付けのための交通手段やそのコスト、駆け付け時間などに課題があり、これを解決するため、立地条件などの影響を受けにくい保守体制を構築する必要がある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・保守の窓口を一本化する。 ・導入企業に対し一次切り分け、簡易な確認作業などの保守作業を教育し、自前保守を実施する。 ・ベンダーによるリモート保守を基本とし、現地での確認が必要な場合に駆け付け保守を行う。 |
| システムの拡張性 の課題 | ユーザーの要望などにより、ベースとなるソリューションのカスタマイズや、新たなソリューションの追加が必要となる場合があり、その拡張コストが効果にソリューションのもたらす効果と見合うものであるか(費用対効果)。 | 導入企業においては、システムの拡張や変更は該当企業の環境の変化により必要になる。システム拡張では、追加の投資が必要となるため、該当企業の課題、意向を精査し、それにかかるコストと導入までの期間を含めその効果が最大限となる提案を行うこととする。 |
| ローカル5G端末 の調達 | ローカル5Gに対応する端末の、対応機種、購入方法、価格等が把握できておらず、普及展開に向け実装ケース(ルータタイプ、モバイルタイプ、固定タイプ等)に応じた端末の提案ができるよう現時点で使用可能な端末を整理する必要がある。 | 本実施用中の調査では、ローカル5G端末は3機種が確認できた。それぞれの用途に応じて使い分けが可能ではある。しかし、端末のコストがキャリアの5G端末と比較しても4～5倍程度とかなり高く、複数台の端末を設置しユーザーの利用シーンに合わせた提案はコストメリットを明確にしなければ困難である。今後の普及によって端末のコストダウンが期待される。 |

実証内容

ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

四阪製錬所での実装における課題として、離島・通信回線の問題による**保守の難しさ**を確認した。

また、大容量データの共有については、より効果を高めるため、**カバーエリア拡大の必要性**を確認した。粒度判定においては、**判定精度**に課題が残る結果となった。ドローンによる体積推定では、**磁気の影響によりコンパスエラーが発生し、ドローンの自動走行エラーが発生**したほか、広範囲を飛行するため、**飛行エリアの一部でスループットが低下し、画像データの送信に影響**が出た。また、運用面でも、想定よりも準備等に時間を要したため**時間短縮効果**が得られなかった。侵入者検知については、判定精度は目標を達成したが、人為的に誤検知を発生させられなかったため、**誤検知の頻度等が確認**ができなかった。

実証を通じて抽出した各課題の解決策については下記の通りである。

| | 課題 | 解決策 |
|---------------|---|--|
| 保守方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・現地までの交通手段(所要時間を含む) → 緊急の場合駆け付けの時間が課題となる。 ・リモート保守の課題 → 現地で使用できるキャリア回線では、やや安定性に欠ける面もあり、保守可能範囲と保守時間を考慮する必要がある。 ・緊急時連絡体制 → 24時間操業しているが、24時間保守を実現すると保守費が高額となる | ベンダーによるリモート保守と四阪製錬所従業員による一次対応を組み合わせた運用を行う 一次対応を可能とするための保守マニュアルの作成と従業員への教育を行う。 |
| 大容量データの共有・送受信 | <ul style="list-style-type: none"> ・カバーエリア(ネットワーク利用エリア) | ローカル5G端末の配下で動作するメッシュWi-Fiとの組み合わせによりエリア拡張対応をしていく。 |
| 精製物粒度判定 | <ul style="list-style-type: none"> ・AI判定の精度 | 教師データの追加学習 |
| 屋外堆積在庫の体積推定 | <ul style="list-style-type: none"> ・ドローンのコンパスエラー ・ドローン飛行中のスループット低下 ・運用(業務時間短縮) | ドローン発着場、飛行ルート of 磁気調査・発着場の見直し。 ローカル5Gネットワークのエリア調整。 飛行訓練、準備フローの作成。 |
| 外部侵入者の検知 | <ul style="list-style-type: none"> ・対象物(侵入者)の誤検知 | 実装後のエラーの記録・AI調整。 |

①実装・普及展開シナリオ

目指すべき姿

令和5年度中に四阪製錬所での実装、令和7年度中に住友金属鉱山グループへの横展開を目指す。

四阪製錬所においては、実証において効果が確認できた『屋外における大容量データの共有』、『精製物の粒度判定』、『侵入者検知』の3つのソリューションについては、一部課題（保守方法やAI判定の精度等、詳細21頁参照）について令和5年度中に対応方法を検討したうえで、令和5年度中の実装を予定する。

一方で『体積推定』のソリューションについては、実証中に新たな課題（ドローン運用、コンパスエラー等、詳細21頁参照）が見つかったため、令和5年度も引き続き課題の検証を行い、令和6年度の実装を目指すものとする。

住友金属鉱山グループへの横展開は、四阪製錬所における実装を確実にしたうえで、四阪製錬所モデルを成功モデルとして、グループ各社に紹介を行い、令和7年度中の実装を目指す。

| 令和4年度 | 令和5年度 | 令和6年度 | 令和7年度 |
|----------|---|---------|-------------------|
| 本実証事業の実施 | 本免許取得 大容量データ共有：実装・伝播環境が悪い箇所への対応 粒度検知：実装・追加教師データの学習 侵入者検知：実装・エラーの記録、AIの調整 体積推定：ドローン発着所周辺の磁気調査・飛行ルート、運用検討 | 体積推定：実装 | ・住友金属鉱山グループ内への横展開 |

②実装計画の実施にあたっての実施体制

| 事業者 | 実装における役割 | 横展開における役割 |
|----------------|---|--|
| 株式会社ハートネットワーク | <ul style="list-style-type: none"> ・実装推進代表者 ・サービス提供統括 ・実装における課題の抽出、対応 ・免許人 ・ローカル5G普及促進グループ | <p>新居浜市が推進しているローカル工場DX化の一環として市内ものづくり工業団地(組合)への導入</p> <p>株主である住友グループ各社内での展開</p> <p>所属するRWJ、日本ケーブルテレビ連盟を通じてケーブルテレビ企業の取り組みモデルとして紹介し、全国への展開を図る</p> |
| ソフトバンク株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ・ソリューション提供 ・実装における課題の抽出、対応 ・ローカル5G普及促進グループ | <p>日本全国に営業可能な営業体制を活かした全国へのソリューション展開</p> |
| NECネットエスアイ株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5Gシステム提供 ・ローカル5G普及促進グループ ・実装における課題の抽出、解決 | <p>グループ各社の知見を活かした各ケースに応じた提案</p> |
| 株式会社ネットセーブ | <ul style="list-style-type: none"> ・保守窓口 ・実装における課題の抽出、解決 ・保守作業一次対応 ・ローカル5G普及促進グループ | <p>全国展開する工事会社として、全国各地域でのモデル紹介および展開先での工事・保守事例の紹介を行う</p> |

③実装計画・収支計画

| | | 令和4年度 (2022) | 令和5年度 (2023) | 令和6年度 (2024) | 令和7年度 (2025) | 令和8年度 (2026) | 令和9年度 (2027) |
|------------|---|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 実装計画 | セキュアな超高速通信による大容量データの共有・送受信 | 開発実証 | 四阪製錬所実装 | | 実装 グループ企業への横展開 | | |
| | 製錬工程における精製物粒度判定 | 開発実証 | 四阪製錬所実装 課題対応 | 実装 グループ企業への横展開 | | | |
| | ドローンによる屋外堆積在庫の体積推定 | 開発実証 | 課題対応 | 四阪製錬所実装 | 実装 グループ企業への横展開 | | |
| | 海上からの外部侵入者の検知、アラート通知 | 開発実証 | 四阪製錬所実装 | | 実装 グループ企業への横展開 | | |
| | ローカル5Gシステム | 開発実証 | 商用免許取得・実装 | | | | |
| 収支計画(千円) | (1)ユーザから得る対価 | - | 4,000 | 17,500 | 7,500 | 21,000 | 24,000 |
| | (2)補助金・交付金 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | (3)収入((1)+(2)) | - | 4,000 | 17,500 | 7,500 | 21,000 | 24,000 |
| | (4)ネットワーク設置費 | - | 0 | 8,000 | 0 | 8,000 | 8,000 |
| | (5)ネットワーク運用費 | - | 2,000 | 2,800 | 2,800 | 4,800 | 6,400 |
| | (6)ソリューション購入費 | - | 3,000 | 5,200 | 6,200 | 7,000 | 7,800 |
| | (7)ソリューション開発費 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | (8)支出((4)+(5)+(6)+(7)) | - | 5,000 | 16,000 | 9,000 | 19,800 | 22,200 |
| | (9)収支((3)-(8)) | - | -1,000 | 1,500 | -1,500 | 1,200 | 1,800 |
| 収入、支出の算定根拠 | <p>【収入】</p> <ul style="list-style-type: none"> ユーザーから得る対価 基地局提供価格:100万円/局/年 コア設備利用料:50万円/件/年 ソリューション:ソリューション利用料(年額) ソリューション提供価格:100万円/ソリューション/年 導入費:ローカル5Gシステムおよびソリューションの導入に係る初期導入費用(調査・設計・企画費等)1,000万円/案件 <p>【支出】</p> <ul style="list-style-type: none"> ローカル5G保守:提供側でローカル5G設備の保守にかかる想定経費(年額) ソリューション保守:提供側でソリューションの保守にかかる想定経費(年額) 導入費:ローカル5Gシステムおよびソリューションの導入に係る初期導入想定経費(調査・設計・企画費等)四阪製錬所において、実施計画として、ソリューションのフル実装を令和7年度中に行い、令和8年度より請求し売り上げに反映する計画である。 コンソ経費:営業・事務等に係る提供側で想定される経費 | | | | | | |

まとめ

まとめ

実証の成果と今後の課題

| | 検証成果 | 今後の課題 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|-------|-------|-------|---------|-----|------|------|-----|------|------|-------|------|---|------|-------|---|-----|------|---|------|---|
| 技術実証 | <p>・丘陵高台エリアにおいてK値を精緻化し、緩傾斜と急傾斜の補正値が異なることや、遠方において自由伝搬に従うことを確認</p> <p>・プラント工場エリアにおいてS値を精緻化し、見通し有無だけではなくプラントの密集度合いの違いによりS値の補正が大きく変化することを確認</p> <p style="text-align: center;">精緻化したK,Sの値</p> <table border="1" data-bbox="389 529 1025 682"> <thead> <tr> <th>エリア区分</th> <th>詳細区分</th> <th>K(dB)</th> <th>S(dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">丘陵高台エリア</td> <td>緩傾斜</td> <td>-1.9</td> <td>32.5</td> </tr> <tr> <td>急傾斜</td> <td>5.0※</td> <td>32.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">工場エリア</td> <td>見通し内</td> <td>0</td> <td>22.5</td> </tr> <tr> <td>準見通し内</td> <td>0</td> <td>8.1</td> </tr> <tr> <td>見通し外</td> <td>0</td> <td>-5.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>※自由伝搬に従うエリアを除いた場合 K=-2.1</p> <p>・レピータを使用した場合、僅に上空のエリア拡張を行うことができたが広範囲では顕著な改善は確認できず</p> | エリア区分 | 詳細区分 | K(dB) | S(dB) | 丘陵高台エリア | 緩傾斜 | -1.9 | 32.5 | 急傾斜 | 5.0※ | 32.5 | 工場エリア | 見通し内 | 0 | 22.5 | 準見通し内 | 0 | 8.1 | 見通し外 | 0 | -5.8 | <p>レピータの出力を補うため利得の高いアンテナを用いたため結果的に垂直方向のアンテナパターンが鋭くなったが、より高出力なものが今後開発されることで今回用いたアンテナよりもビームが鈍化な物を使用でき、広範囲をエリア化できると考える</p> |
| エリア区分 | 詳細区分 | K(dB) | S(dB) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 丘陵高台エリア | 緩傾斜 | -1.9 | 32.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 急傾斜 | 5.0※ | 32.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工場エリア | 見通し内 | 0 | 22.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 準見通し内 | 0 | 8.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 見通し外 | 0 | -5.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 課題実証 | <p>各ソリューションにおいて目標を上回るか、目標値に近い結果となった。</p> <p>一部改善が必要な事項もあるが、四阪製錬所において本実証で実施したローカル5G活用モデルは、実証の結果、同社工場のDX化および事業の課題解決において有効であると判断できる。</p> <p>ローカル5Gの実装において、最大の課題はランニングコストにあると判明した。</p> | <p>AIの精度改善 カバーエリアの拡大 ドローン操作の習熟 ドローンコンパスエラー 実装環境による運用の違い コストの削減</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

実装・普及展開

効果が確認できたソリューションについては、令和5年度中に四阪製錬所で実装したうえで課題対応を行う。新たな課題が見つかった『体積推定』については、引き続き課題の検証を行い、令和6年度中の実装を目指す。グループ企業については、四阪製錬所における課題を解決したうえで令和7年度の実装を目指す。