

令和7年度 地域社会DX推進パッケージ事業
(実証事業 先進無線システム活用タイプ)

空港事業者におけるローカル 5G等を活用した除雪 車両の省力化・自動化の実現 成果報告書

2026年3月31日

NTTドコモビジネス株式会社

成果報告書 目次

I. 地域の課題と目指す姿

1. 地域の課題と目指す姿
2. これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ
3. 過年度の実証内容と本年度の実証内容の差分
4. 実証の必要性
5. 成果 (アウトカム) 指標
ロジックツリー
成果 (アウトカム) 指標の設定:
本実証
成果 (アウトカム) 指標の設定:
実装・横展開

II. ソリューション

1. 活用ソリューション
ソリューションの概要
活用している先進技術
2. ネットワーク・システム構成
 - a. ネットワーク・システム構成図
 - b. 設置場所・基地局等
 - c. 設備・機器等の概要
3. ソリューション等の採用理由
 - a. 他ソリューションに対する優位性・新規性
 - b. 無線通信技術の優位性
4. 期待効果/費用対効果
期待効果/資金計画_導入先
期待効果/資金計画_販売主体
期待効果の根拠_販売主体
費用対効果

III. 実証

1. 実証計画
 2. 検証ポイント・検証方法
 - a. 効果面
 - b. 技術面
 - c. 運営面
 - d. 展開先
 3. 実証スケジュール
 4. リスクと対応策
 5. PDCAの実施方法
 6. 実証の実施体制
- 実証
- 実証・実装・横展開

IV. 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

1. スケジュール (実績)
2. 検証項目ごとの結果
3. 実装・横展開に向けた準備状況
4. 実装・横展開に向けた課題および対応策
5. (参考) 実証視察会
 - a. 概要
 - b. 質問事項と対応方針

V. 実装・横展開の計画

1. 実装の計画
 - a. 実装において今後目指す状態
 - b. 今後3年間で実施するアクション
 - c. 実装の体制
 - d. ソリューション (変更点)
2. 横展開の計画
 - a. 横展開の体制
 - b. ビジネスモデル
3. 期待効果/資金計画
 - a. 販売主体
 - b. 導入先
4. 資金計画

VI. 指摘事項に対する反映状況

1. 実証過程での指摘事項に対する反映状況
2. 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

① 地域の課題と目指す姿

本事業の対象とする地域課題

対象者	内容
<p>a 空港運営事業者 積雪地域にある空港の運営事業者</p>	<p>安定した空港運営</p> <ul style="list-style-type: none"> 高齢化と人材確保の困難：生産年齢人口の減少に伴い、空港業務従事者の人材不足が深刻化 滑走路や誘導路の除雪が遅れると、航空機の遅延や欠航が発生し、乗客や航空会社に多大な影響を及ぼす。 除雪が不十分な場合、滑走路上の積雪や凍結により、航空機の離着陸時に事故のリスクが高まる。
<p>b 除雪作業従事者 冬期除雪作業を実施する会社</p>	<p>除雪作業の人手確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 除雪作業に従事するオペレーターの高齢化が進み、新規雇用が困難 深夜・早朝の作業が多く、労働環境が厳しいため、人材確保が難しい 1回の除雪作業に多くの人員が必要で、効率的な運用が求められる
<p>c エアライン 積雪空港に就航する航空会社</p>	<p>安定・安全運航、定時運航率の向上（欠航・遅延の低減）</p> <ul style="list-style-type: none"> 降雪による滑走路や誘導路の除雪作業の遅れにより、フライトの遅延・欠航が発生しやすい。 除雪作業が安定化することにより運航が改善され、予定便のダイバードや欠航を回避でき、航空会社による当該機の次の行き先空港への回航費用が節約される
<p>d 空港利用者 冬期、積雪空港の利用者</p>	<p>フライト定時運航率向上による利便性の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> 遅延・ダイバード・欠航により、旅行やビジネスの計画変更が発生する。 定時運航率が向上することで、スケジュール変更のリスクが軽減され利便性が向上する。

目指す姿

作業の省力化・省人化

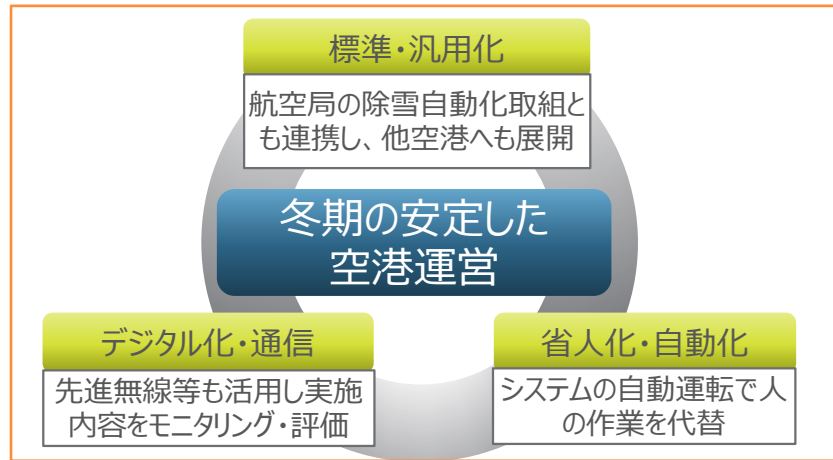
- 自動運転技術を活用した除雪車両の導入により、除雪作業の省力化・効率化を実現、将来的には隊列走行のオペレータを減らし省人化を実現

冬期の安定した空港運営、全国積雪空港への展開

- 労働力不足を解消し、定時運行を向上させることで空港運用の安定性を確保
- 最終的に全国の積雪地域の空港への展開を目指す

空港制限区域内における自動走行車両との協調

- 空港制限区域内の各種自動化が促進されており今後整備が進む共通インフラ（FMSデータ）とも協調できるよう整備を進める。



② これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ

これまでの取り組み

2023~

2024~

STEP1
支援装置開発 → STEP1:省人化着手

STEP2
作業装置開発

STEP2:作業装置の自動化着手

STEP3
走行装置開発



走行操作	オペレータ
作業操作	オペレータ
気象に応じた操作	オペレータ
緊急対応	オペレータ

走行操作	オペレータ
作業操作(開始)	システム
気象に応じた操作	オペレータ
緊急対応	オペレータ

助手減による省人化 (熟練者によるワンマン運用化)

これまでの2人乗りから助手を減らし、安全支援装置等を導入し1人乗り(熟練オペレータのみ)の運用

- 安全支援装置の導入
- その他助手作業減となるに当たり必要な装置を確認し導入

※1最終ゴール非熟練者の対応

装置自動化による熟練減(熟練者で操作を省力化) 基本操作をシステムが実施し、オペレータは気象に応じた操作および緊急時に操作

- 航空局が開発した装置自動化システムをHAP車両(ブラウ)で上下操作を実証

目指す姿に向けた実現ステップ

(: 本補助金に関わる対応 : 本補助金以外の別途取組・開発)

2025

2026~2029頃

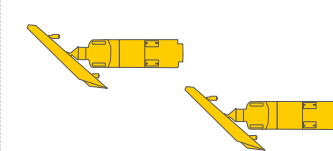
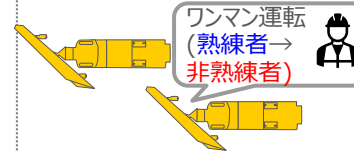
2030年以降

作業装置の開発・実証・導入 (2030年頃を目標に導入)

走行操作自動化に向けた開発・実証

実証を踏まえた改良・適用箇所拡大に向けた検討

横展開 (最終的なゴール)



走行操作(開始)	システム
作業操作(追加改良※2)	システム
気象に応じた操作	オペレータ
緊急対応	オペレータ

走行操作(追加改良※3)	システム
作業操作(追加改良※2)	システム
気象に応じた操作	オペレータ
緊急対応	オペレータ

走行操作	システム
作業操作	システム
気象に応じた操作(開始)	システム
緊急対応(開始)	システム

走行操作の自動化実証実験 (一部車両・箇所・条件を限定した走行操作の自動化)

一部車両を対象に、箇所や条件を絞り実証実施

- 自動運転精度の検証、実証課題の整理
- 遠隔監視システムの検証
- 実証箇所・車両、適用空港拡大に向けた課題の整理

有人自動化(熟練者→非熟練者)

走行装置自動化の改良、台数・箇所の拡大 検証結果よりシステムを改良し適用箇所や台数を拡大※3

- HAP(北海道エアポート(株))管理他空港への実証拡大
- 対象台数の拡大
- 積雪空港への展開を見据えシステムを汎用化
- 追従走行の実証

無人運転 (一部有人・追従走行) による運用開始

全ての操作をシステムが実施し、システムの不具合発生時に運転監視のオペレータが遠隔で操作を実施

- 追従走行の実証を経てHAP7空港への順次運用開始
- 他空港への展開

- ※2: 作業操作(装置)自動化: 他車種や車速連動等の検討・開発・検証 (本補助とは別に検証)

【ポンチ絵上の凡例】

無色 : 改良無

緑色 : 改良開始、改良・検証中期間

赤色 : 運用開始

実証の必要性

実装する上での課題(今のままでは実装できない理由)

自動運転技術を活用した除雪車両の導入により、除雪作業の省力化・効率化を実現、将来的には隊列走行のオペレータを減らし省人化を実現するにあたり実装に向けて以下課題の解決が必要である。

- 技術面：現在の自動運転では降積雪環境下等は自動運転の運行設計領域（ODD）から除外されている場合が多く、十分な検証がされていない。実装に向けては冬の悪天候下の条件も加味して技術の適用可否の検証が必要である。
- 効果面：空港毎に滑走路の雁行除雪方法（台数・速度）、除雪目標（完了目標時間）も異なるため、これら方法や目標も参考に適用できる空港数や適用方法等も確認することが必要である。
- 実装や横展開に向けて、除雪作業に携わるオペレータの作業省力化や人員の削減に向けた具体計画が必要である。
- 運営面：省人化に向けた技術の導入方法（適用車両の導入に向けた運用ルール、自動運転車両・非自動運転車両の混在環境下での運用方法）や非常時の対応等の安全面の考慮が必要である。
- 展開先：稚内空港での結果からHAP内空港の展開をはじめ、今後の収益を考慮し、他の積雪空港における適用条件の整理（降積雪環境かの違い）や、空港以外の展開可能性も視野に入れた汎用性の検証が必要である。



左記課題をクリアするために、実証事業を通じて検証すること

省力化、自動化の導入による効果量及び、技術面・運用面での実現性を見立て、実装可否検証

技術面

・降積雪環境下での自動運転(非除雪作業時)技術の精度(位置測定誤差±10cm以内)と車両制御の安定性向上(95%以上)を検証
・ローカル5G網の通信安定性(ULスループット75Mbps(定点)1Mbps(走行中)、遅延500msec以下)を検証

効果面

・実運用が可能かどうか、除雪作業目標時間(除雪目標新千歳空港20分*)を検証
・除雪自動化(自動運転箇所)が実運用可能か検証(滑走路及び誘導路の除雪への適用)
・作業の省力化に向けた具体導入計画作成にあたり適用箇所（現在の除雪方法に対する適用箇所数）の整理

運営面

自動化走行の実装可能な除雪方法（空港内の適用箇所、自動化実施条件）を検証する(滑走路除雪作業自動化への適用可否)

展開先

降雪地域の観点で、HAP管理他空港、他管理空港への適用可能性を検証
メーカーや車種が種々ある中での汎用性の検証として、「車両のバイワイヤ化は車種毎に異なりますが、自動運転システムを共通化した上で基本マニュアルの整備等を図る」ことを横展開の指標とすることが考えられます。

* (RWYチェック除く)

③ 成果 (アウトカム) 指標

ロジックツリー

①実装・横展開、②実証の成果 (アウトカム) 指標として
定量的かつ今後測定していく指標を色枠でハイライト

 :実装・横展開の成果指標

 :実証の成果指標

目標の方向性 (増減) は矢印で記載



最終アウトカム

中間アウトカム

空港除雪の自動化による
航空機の就航維持・向上
(欠航による損失回避)

空港除雪の自動化による
安全性の向上

空港除雪の自動化による
効率性の向上

適用の箇所・適用車両・空
港の拡大/技術の標準化

空港運営の維持

除雪車両の自動化により除雪体制を維持
することでオペレータ不足による危機的状況
を回避

冬期航空ダイヤの安定化

これまでと同等またはこれまで以上の仕
上がり精度の確保

除雪作業の省人化

滑走路の雁行隊列除雪を先頭車両のみ有
人とし、他の車両を無人化する (オペレ
ータ数削減、人件費削減)

適用箇所・適用車両の拡大・積雪
地域の空港への導入

作業品質の保持

除雪作業品質の保持(将来的には数値化による向上)

走行全車両における通信

無人走行する全車両に対し
て必要な通信帯域をカバー

短期・中期：非熟練者によ る人員確保

長期：作業員の減
高度操作の減、作業員の減

同等の作業時間/
または目標時間短縮
作業時間同等(将来向上)

技術導入できる箇所・
空港数、適用車両の拡大

技術面①
降積雪環境下での自動運転技
術の精度/安定性の向上

技術面②
通信の安定性 (ローカル5G網
における高スループット、低遅
延)

効果面①
1回あたりの滑走路除雪にかかる
人員の減 (14人中11人減)

運営面
除雪自動化の適用条件とし
ODD (運行設計領域) の整理
と運用ルール作成

効果面②
自動運転適用箇所 (滑走路→
誘導路) の拡大

展開先
HAP管理他空港、積雪地域の
他管理空港の適用可能性検証

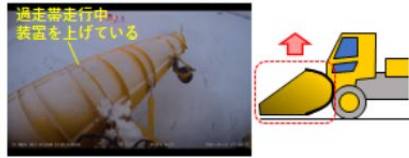
【参考】作業時間の設定に対する考え方（資料の根拠・出典※）

- 空港内の除雪は、滑走路・誘導路・エプロン・道路（GSE通行帯・場周道路・保安道路・構内道路）とあり、今回の実証実験は一番パターン化しやすく冬季管理空港で共通で導入しやすい滑走路除雪の適用から実施することを予定しています。
- ただし、省人化できるのは、滑走路の雁行走行（次ページ参考）のうち、雁行2台目の間車両を無人化できた場合によりやく効果が発揮できるため短期（1年目のスタート）で、数値的な効果（省人化効果）を試算することは難しいと考えています。

※ただし滑走路除雪が航空機の離発着には大きく関わる部分となります。

【定型的な操作①】

過走帯に進入してUターンする時に雪の抵抗を避けるため、ブロー装置を一旦一番上まで上げ、Uターン後に装置を下げる



【定型的な操作②】

滑走路末端灯を破損させずに除雪するため、灯器に引っかからない程度にブロー装置を上げる
通過後はすぐに装置を下げる

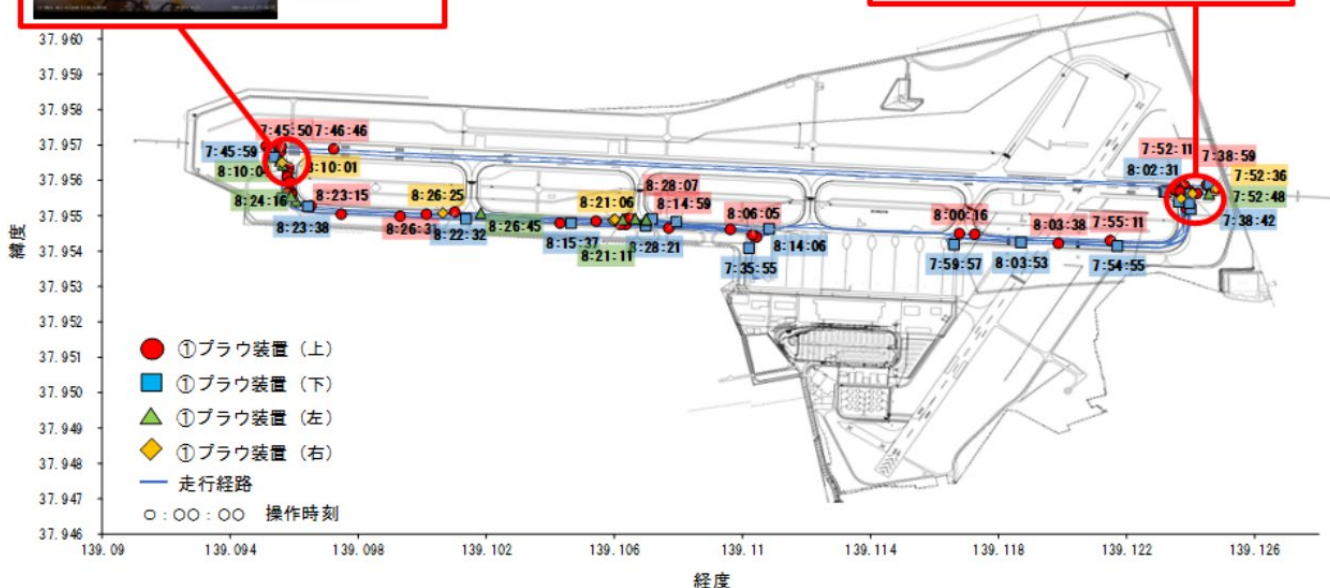
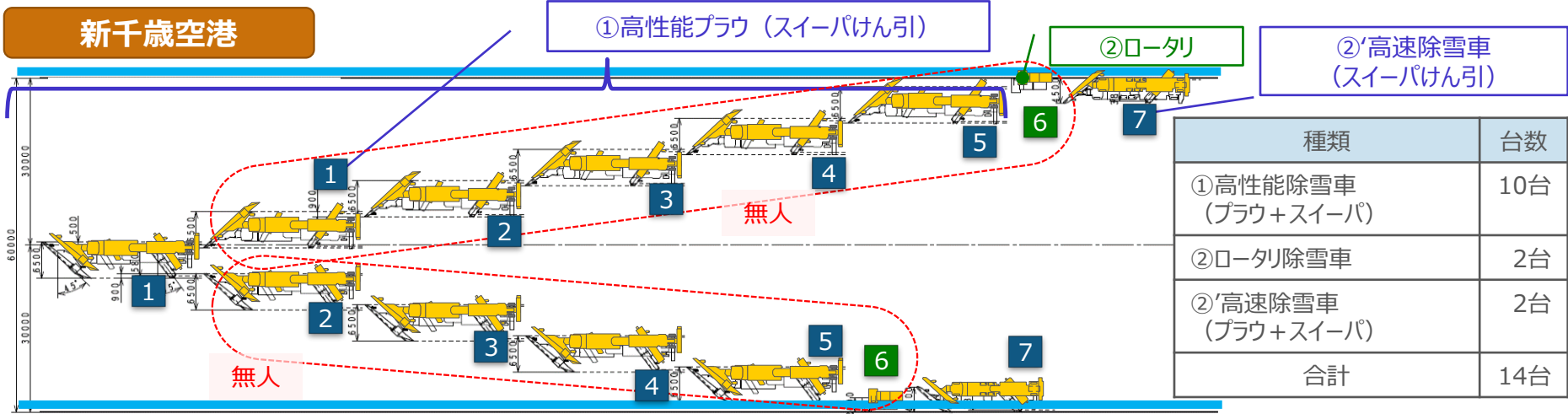


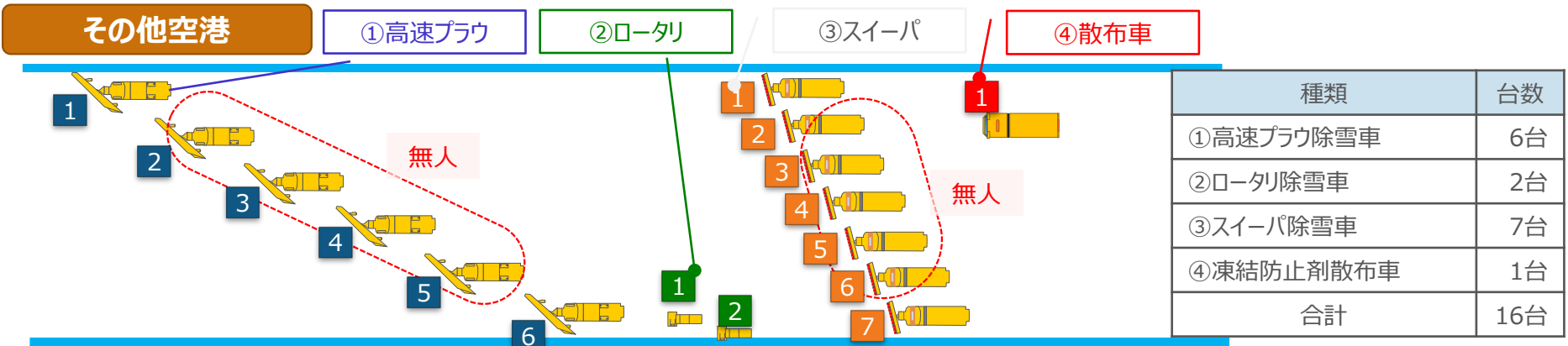
図-30 操作の整理結果例（ブロー 雁行隊列の2台目：2021/1/2 7:30-8:40）

※国土交通省 国土技術政策総合研究所
「空港除雪の自動化・省力化のための除雪
車両走行・操作データの分析」
<https://www.ysk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks1241.pdf>

【参考】滑走路除雪の隊形



同車種の前頭、最後尾を有人とし、間車両を無人化する。
 (異なるメーカー間 (異なる車両種類完) での協調はすぐには難しいと考えられるため、短期的には同車種間で制御することを想定。)
 ・プラウ除雪車1台目・5台目を有人、**2~4台目を無人**とする。



同車種の前頭、最後尾を有人とし、間車両を無人化する。
 (異なるメーカー間 (異なる車両種類完) での協調はすぐには難しいと考えられるため、短期的には同車種間で制御することを想定。)
 ・プラウ除雪車1台目・6台目を有人、**2~5台目を無人**とする。
 ・スーパー除雪車1台目・7台目を有人、**2~6台目を無人**とする。

実証内容

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
<p>技術面① 降積雪環境下での自動運転技術の精度/安定性の向上</p>	<p>・通常車両を用いた位置推定誤差 ±50cm以内 (R3国交省試験)</p>	<p>●位置測定誤差 ±10cm以内 ●車両制御の安定性 95%以上</p>	<p>・直線および曲線路での車線中央維持能力を評価 滑走路の灯火への接近を考慮し誤差範囲を設定。 ±10cm以内の誤差であれば一般道を走行する場合においても車線から逸脱することがないとする。 ・車両制御における安定性としては、 ①急なハンドル操作がないこと(横方向の変化量$<3m/s^2$) ②急な加減速がないこと(直進方向の変化量$<3m/s^2$) といった快適性、安全性(他車両への危険回避)への配慮が必要となる。 これら不安定制御を排除し、安定性100%の制御を行うことが望ましいが専用オペレータおよび専用道であることを鑑み、95%以上を目標とする。</p>	<p>・位置測定誤差(±10cm以内) 予め計測した車線中央の経路情報と自動走行時の位置推定値の差分 ・車両制御の安定性(95%以上) 走行中の車両制御における上記①②の制御の割合を算出</p>
<p>技術面② 通信の安定性(ローカル5G網における高スループット、低遅延)</p>	<p>・なし</p>	<p>ULスループット(走行中) 1Mbps以上 ULスループット(定点) 75Mbps以上</p>	<p>●ULスループット(走行中) 自動運転車両からの映像による遠隔監視においては過去実証によりfullHD30pの映像に対して1Mbps以上のスループットが確保できていれば問題ないことが分かっている。そのため、その数値に準じて走行中の通信スループット目標値を設定。 参考) 令和6年度総務省地域社会DX推進パッケージ事業(自動運転レベル4検証タイプ)神奈川県横浜市混雑発生地域における安全な高度通信技術・路車協調システムの実証 p86が該当 https://pubpjt.mri.co.jp/pjt_related/rcsad-info/eqghpc000000030i-att/20240714rcsad-info_houkoku_kanagawa_yokohama.pdf ●ULスループット(定点) 将来的に、死角が多数存在し、作業中の作業員が存在する可能性が高い車庫から、車両が入出庫する際の遠隔監視も必要とする。具体的には、1台当たり約15Mbps程度の高精細映像をアップロードする。実装後には、1車庫あたり最大5台(車両4台+監視映像1台)のアップロードが走るため、定点カメラからのスループット目標値は75Mbps以上とする。</p>	<p>・iPerfコマンド等によりスループットや遅延情報を測定。</p>

I 地域の課題と目指す姿

実証内容

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
技術面② 通信の安定性 (ローカル 5 G 網における高スループット、低遅延)	・なし	遅延時間 500ms以下	●遅延時間 本実証で使用するプラウが滑走路内で走行する速度は平均30km/hとなる。500ms (0.5s) の遅延が発生した場合、その間に約4m程度進行することになる。また、冰雪路面においてブレーキを踏んでから静止するまでの距離が30km/hで走行している車両ではおおよそ13m程度になる。同時に走行している前方車両との車間距離は通常ミニマムでも50m以上に保っているため、目標値で設定した通信遅延以内に抑えることができれば、通信遅延による前方車両との事故など発生せず十分遠隔管制に活用できると考える。 参考) 500ms (0.5s) 間に進む距離 $30\text{km/h (平均速度)} \times 1,000\text{m}/3,600\text{s (単位変換)} \times 0.5\text{s (通信遅延)} = \text{約}4\text{m}$ 参考) 30km/hで走行する車両が冰雪路面において危険を検知してから静止するまでの距離 $8.3\text{m/s (走行速度)} \times 0.75\text{s (人が危険を検知してからブレーキを踏むまでの時間)} + 8.3^2\text{m}^2/\text{s}^2/2 \times 9.8\text{m/s}^2 \text{ (重力加速度)} \times 0.25 \text{ (摩擦係数)} = \text{約}13\text{m}$	・iPerfコマンド等によりスループットや遅延情報を測定。

I 地域の課題と目指す姿

実証内容

成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
<p>効果面① 1回あたりの滑走路除雪にかかる人員の減 (14人中11人減)</p>	<p>全車両有人 (熟練者による有人)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 除雪操作の省力化(数値はP.7参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 短期: 省力化・無人化に向けた対応策・適応技術の調査 中期: 除雪作業の省力化による非熟練者による対応 長期: 新千歳空港滑走路全14台の対応から先頭(1台)・後方(2台)を残し、雁行間車両を無人化 (14人中、11人減) 	<ul style="list-style-type: none"> 除雪時の操作内容をオペレータにヒアリング 省力化に向けた要望と対応できる技術の整理
<p>効果面② 自動運転適用箇所 (滑走路→誘導路) の拡大</p>	<p>自動運転適用箇所無</p>	<ul style="list-style-type: none"> 誘導路の除雪への適用 	<ul style="list-style-type: none"> 滑走路除雪の自動化を実現しそこで得られた技術を誘導路除雪へも応用 直進走行の自動化(自動運転)の検証 スラローム走行の自動化(自動運転)の検証 	<p>除雪方法をパターン化し、適用箇所、また展開できる空港を整理</p>
<p>運営面 除雪自動化の適用条件としODD (運行設計領域) の整理と運用ルールの作成</p>	<p>空港毎に運用時間(新千歳空港は24時間運用、その他空港は日中運用)や除雪作業時間・体制が異なる</p>	<ul style="list-style-type: none"> 適用箇所の拡大(空港毎の作業時間、速度の確認) 	<ul style="list-style-type: none"> 他空港への展開も見据え、開発車両の適用条件として除雪体制(台数・作業速度)や除雪目標時間(就航便の間隔に応じて、除雪作業からランウェイチェックを完了する迄の目標時間)を確認し、今回の自動化車両が適用できる作業条件を整理 ※一番除雪目標時間がシビア(時間制限が短い)な新千歳空港(完了目標30分)を最終目標値として開発を進める。 自動化適用にあたって空港規定・ルールの確認 	<p>空港の除雪作業の速度や作業方法を整理し、自動化の適用できる作業条件を整理</p>
<p>展開先 HAP管理他空港、積雪地域の他管理空港への適用可能性を検証</p>	<p>国内の積雪地域の空港において適用実績無</p>	<ul style="list-style-type: none"> 積雪空港への適用 適用できる車両(シャーシ)の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 国内積雪空港への開発車両の適用、運営面で記載の除雪体制も確認し他空港へ適用するための条件も併せて整理 他空港は各種車両メーカーも異なり車両の年式も各種あるため、これら車両を自動化するため導入している車両の種類(シャーシメーカー)を確認する。 	<p>積雪空港へのヒアリングを行い、導入意向を確認 自動化車両を適用できない作業条件(ODD対象外)を確認整理 他空港の導入車両種類の確認(電子制御化車両の確認含む) 今回の自動化技術が適用できる車両条件の整理</p>

II ソリューション

① 活用ソリューション

ソリューションの概要

ソリューションの概要

除雪車両の自動運転化を実現するため、以下の技術を導入する

- 既存除雪車両のワイヤ化
既存の除雪車両のステアリングやブレーキ制御をワイヤ化（機械的機構→電子制御）にすることで、物理的な人の関与を排除し、ソフトウェア制御による自動運転を可能とする
- 既存除雪車両の自動運転化
GNSSやIMUなどのセンサーを利用し、車両の位置姿勢を推定することで車両の速度や操舵角の制御を可能とする
- 既存除雪車両の遠隔監視化
自動運転中の運転手視点の映像を遠隔監視および録画することにより走行中の安全監視、インシデント発生時の原因分析を可能とする

上記技術の導入にあたって必要となる機器

- 既存除雪車両のワイヤ化
モータによってハンドル操作を行うためのEPS(Electric Power Steering)
- 既存除雪車両の自動運転化
GNSS、IMUおよびセンサー情報から車両制御情報を生成するためのPC
- 既存除雪車両の遠隔監視
映像伝送手段としてはローカル 5 Gおよび LTE網を利用
ローカル 5 GとLTEの切り替えに回線ボンディングの技術を使用

本ソリューションにおけるステークホルダー



中間アウトカム（実証）

定量アウトカム

- 通信の安定性:
ULスループット
1Mbps以上
(走行中の車両からの映像)
75Mbps以上 (定点)
遅延500ms以下
- 位置測定誤差:±10cm以内
- 車両制御の安定性:95%以上

定性アウトカム

- 積雪空港での省力化に向けた連携強化
- 作業時のオペレータ操作の低減 (省力化)

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- 通信の安定性の向上
 - これまでLTEでのエリア化しかされていなかった稚内空港敷地内にローカル 5 Gを敷設することで高速大容量低遅延な無線通信が可能となる
- 除雪作業の省力化（非熟練者での対応可）
 - 熟練オペレータの減少に伴い対応できる人員確保が困難となることに対し、今回の実証により既存除雪車両を自動化することで、除雪オペレータは非熟練でも対応可能となる。

II ソリューション

① 活用ソリューション

活用している先進技術

概要

AI	活用無し
IoT	ローカル 5 GおよびLTEの通信インフラ技術を活用し、自動運転中の車両の位置情報やカメラ映像を管制塔に配信し、車両の遠隔監視を実現
ドローン	活用無し
ロボティクス	Electric Power Steeringを用いてステアリングを制御
自動運転	Robot Operating System2ベースの経路生成および自車位置推定機能

AI技術に関する詳細情報

AIの活用としては、車両・歩行者・信号・障害物のような物体検出が考えられるが、本年度の実証では空港の制限区域内ということもあり、物体検出の機能は実装しない。

予め定められた経路にそって、GPS、IMUのセンサー情報および車両情報を用いて、MPC（Model Predictive Control）にて自動運転制御を行う予定である。

最終ゴールである無人化にむけてはAIは必要と考えており、その際のAI活用内容としては以下のように想定している。

- ・活用の目的
 - ➔障害物検出
- ・何をインプットとして、どのような学習／推論を行い、どのようなアウトプットを得ているか
 - ➔映像データをインプットとし、YOLOv5/v8を用いて車両・歩行者などを検出
- ・使用している技術の概要（例：LLM、画像生成、自然言語処理など）
 - ➔リアルタイム物体検出アルゴリズム（CNN）
- ・使用しているモデル・フレームワーク名（例：ChatGPT、Stable Diffusion、BERTなど）
 - ➔YOLOv5/v8
- ・データの取り扱いや学習環境（オンプレ／クラウド、ファインチューニングの有無など）
 - ➔オンプレにて学習予定

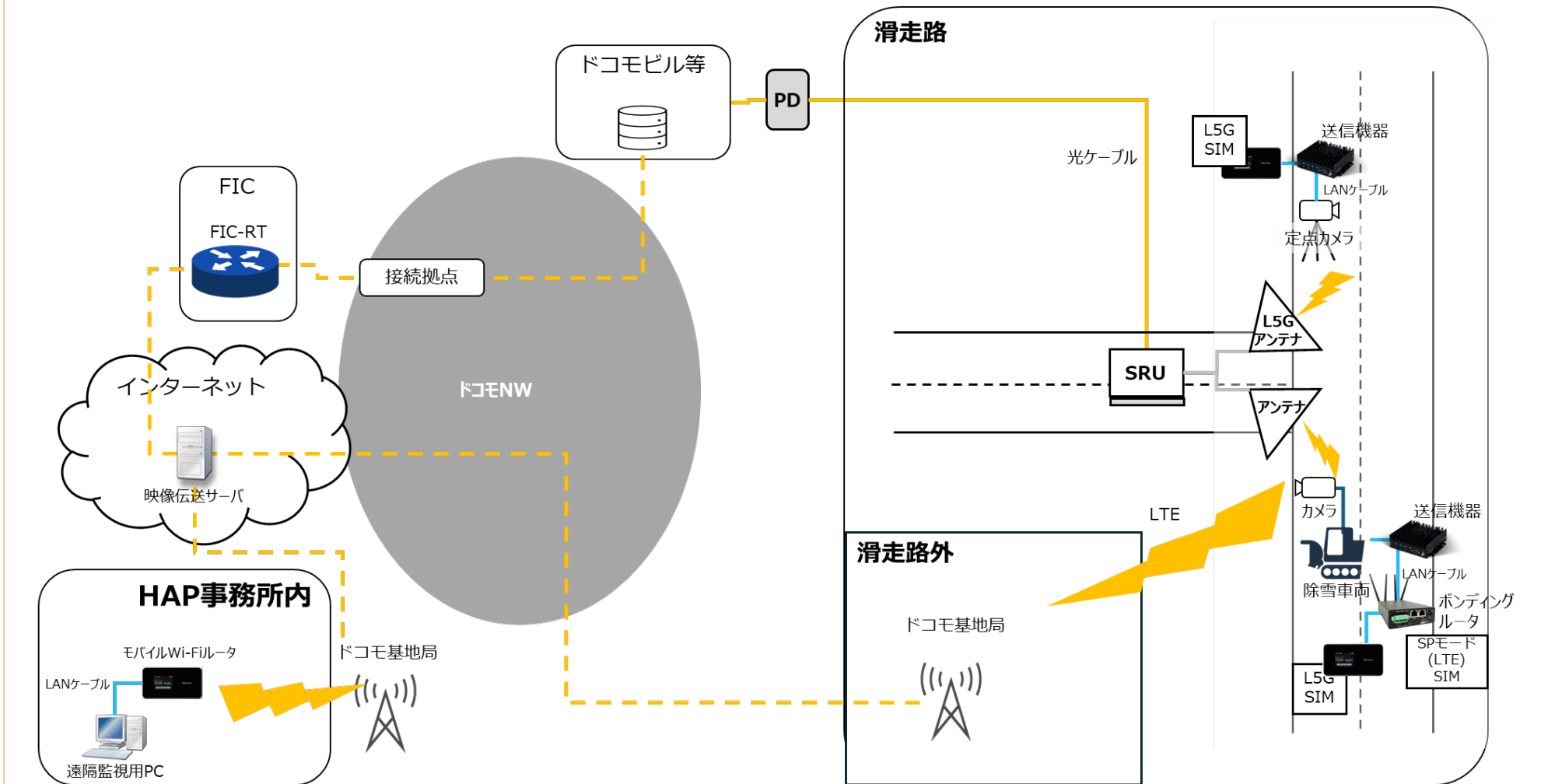
II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図



イメージ

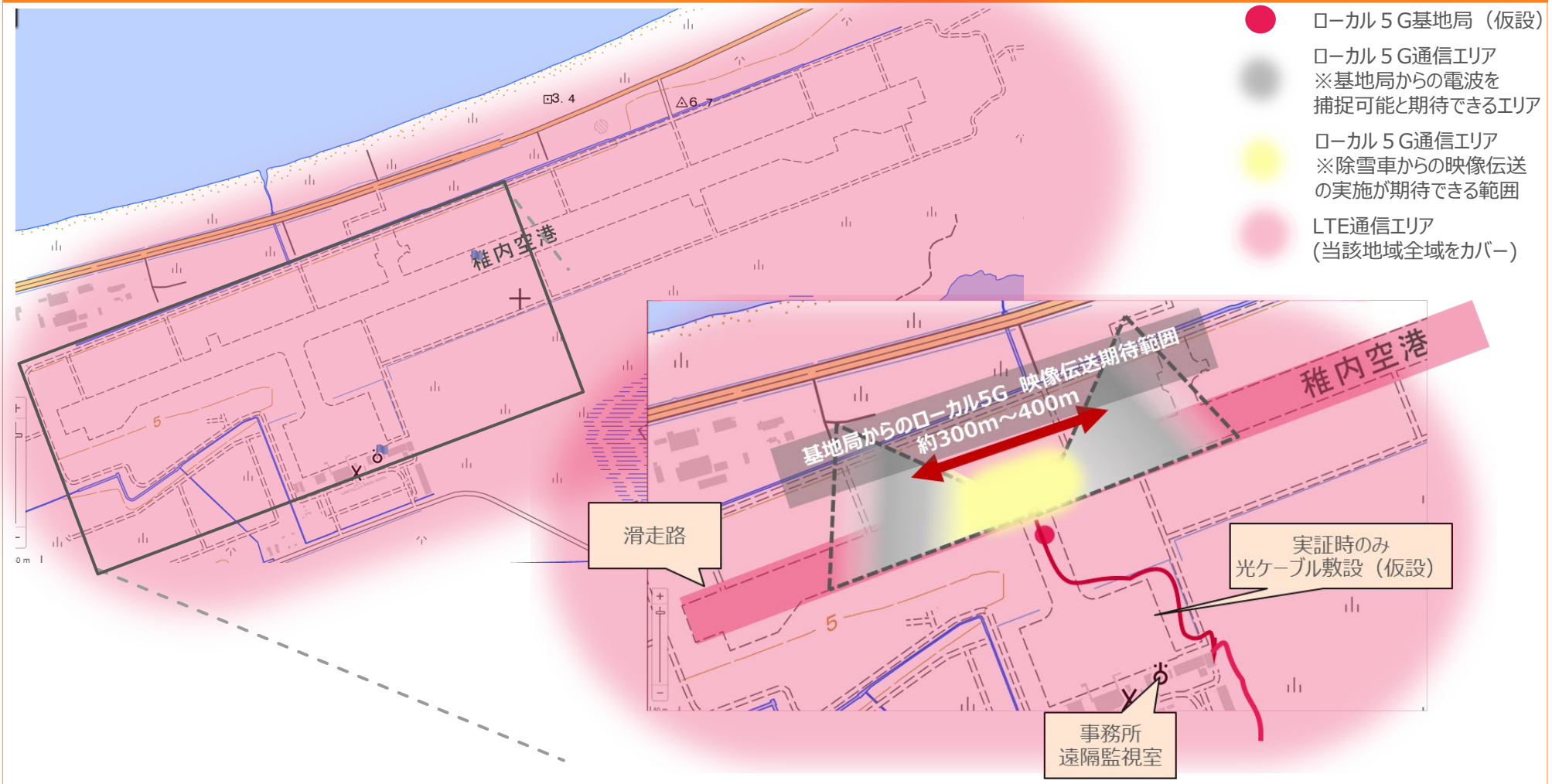


II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ (滑走路)



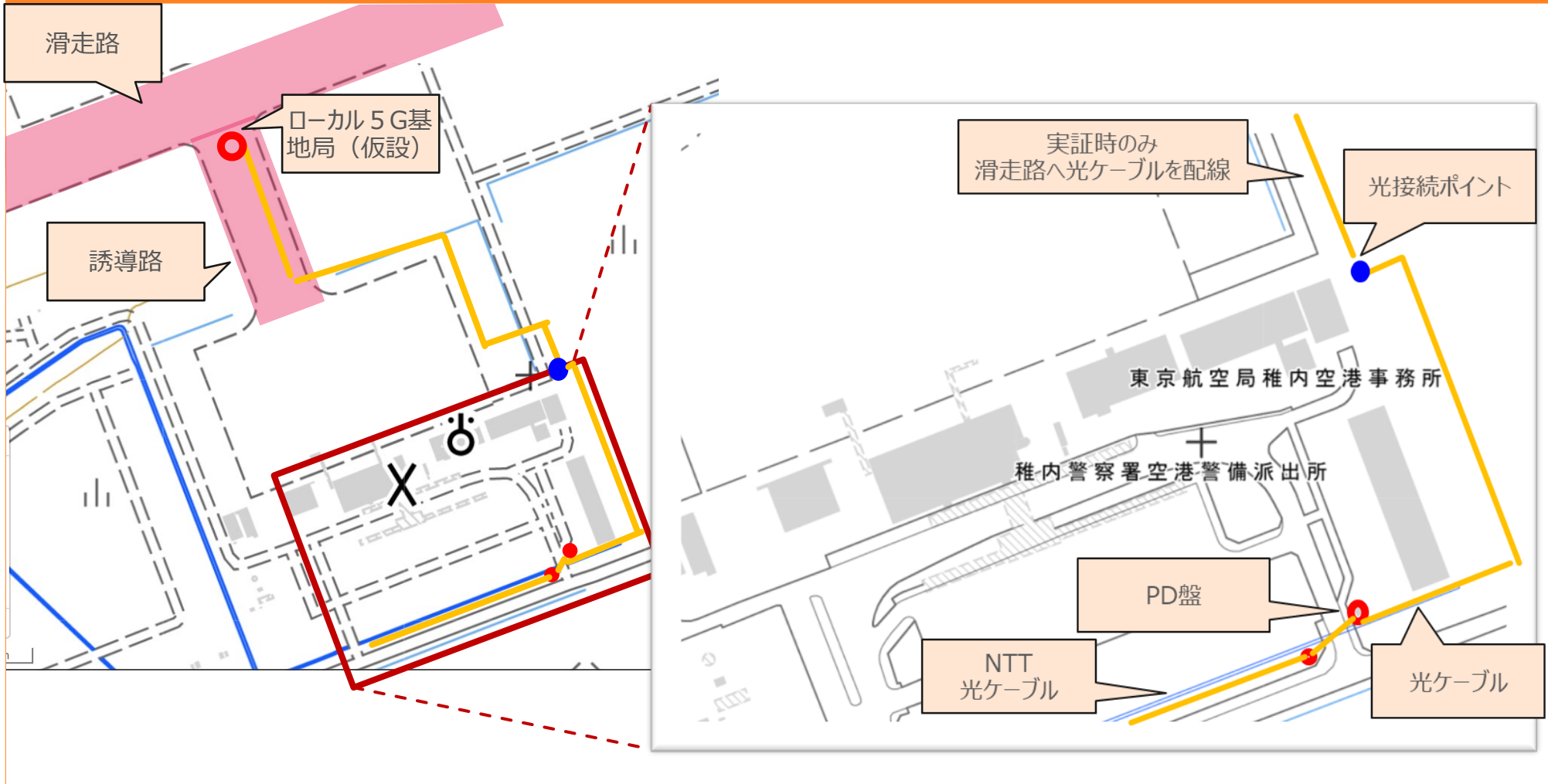
II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

光配線

イメージ (光配線)

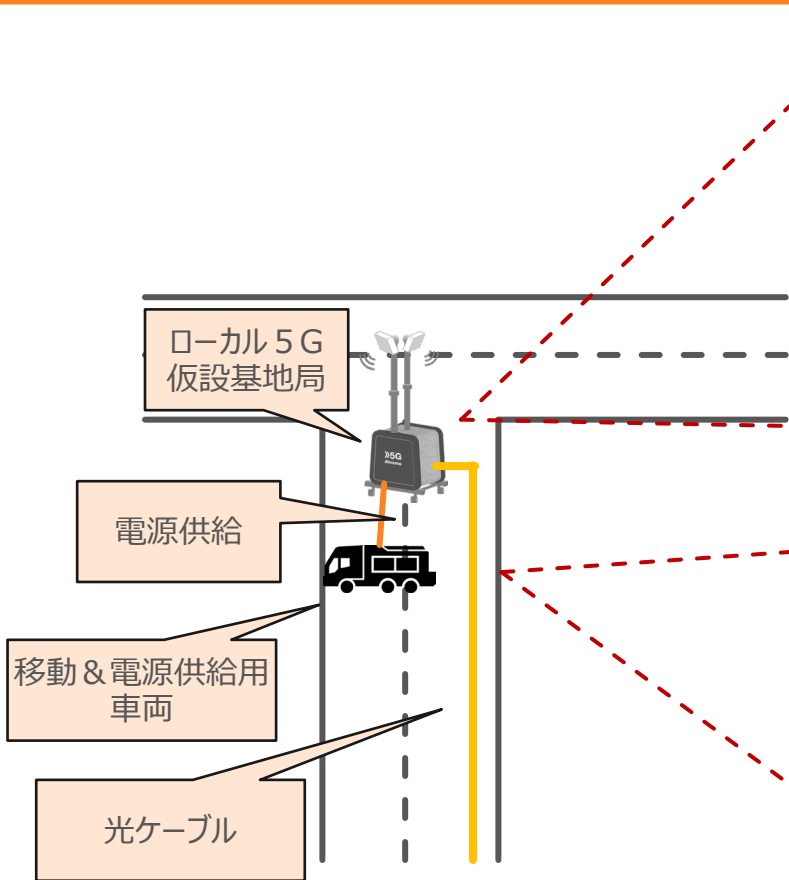


II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

c. 仮設基地局について

イメージ（仮設基地局）



イメージ（仮設基地局）



具体的な機種については調整中

イメージ（基地局用 運搬&電源共有車両）



概ね6m（長さ）×2.1m（幅）×3.4m（高さ） 概ね5m（長さ）×1.8m（幅）×2m（高さ）くらい

具体的な車両については調整中。車両・基地局一体型の可能性あり。
確定後、災害対応等が必要になった場合車両変更の可能性が含まれます。

II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
名称	区分	型番	数量	開発供給計画認定実績の有無 ¹	eが○でない場合サプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策の内容	機能	設置形態 (固定・可搬)	製造企業名称	本店(又は主たる事務所の所在地)
5Gルーター	端末	SH-54C	2	無し	製品に搭載されているソフトウェアについて、取扱説明書に基づき最新のバージョンの物を使用する	ローカル 5Gおよびキャリア5G/LTEによる通信機能	可搬	シャープ株式会社	大阪府堺市堺区匠町1番地
SRU	RU(無線装置)	非開示	1	無し	ドコモ網への接続実績あり SIM認証にて閉域接続を行う	上位装置との通信や電力増幅を行い端末との電波の送受信を行う	固定	非開示	非開示
ローカル 5G アンテナ	アンテナ	非開示	1	無し	ドコモ網への接続実績あり	電波の送受信を行う	固定	非開示	非開示
IPカメラ	IPカメラ	SafieGO(2025)	1	無し	下記セキュリティ対策を実施済み パスワード保護/IPアドレスフィルタリング/HTTPS暗号化/IEEE 802.1X (EAP-TLS)ネットワークアクセスコントロール/ダイジェスト認証、ユーザーアクセスログ/集中証明書管理/総当たり攻撃による遅延の保護/署名付きファームウェア	車庫内の映像を撮影し遠隔監視拠点へ送信を行う	固定	セーファー株式会社	東京都品川区西品川1-1-1 住友不動産大崎ガーデンタワー

1. e 開発供給計画認定実績の有無については、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を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器であるか否かにより判断すること。

II ソリューション

③ ソリューション等の採用理由

a. 他ソリューションに対する優位性・新規性

ソリューション 既存除雪車両の自動運転化

名称	他ソリューションに対する優位性の比較	他ソリューションに対する新規性の比較
<p>2023年NEXCO東日本のCLASを用いたロータリ除雪車自動化 https://qzss.go.jp/info/archive/nexco_240408.html</p>	<p>本取組は、2023年度より取り組んでいるプラウ自動化の取組(P2記載)を活かすものであり、既存ソリューションに対して以下2点の優位性を有する。</p> <p>①GNSSを用いた位置推定周期の改善(1→100Hz) 先行事例では時速 2～5キロでの走行であったが、滑走路を一刻でも早く利用可能にする必要があるため、本取組みでは時速 40キロまで走行速度を上げて自動運転機能を実証する。 時速40キロでの車両制御を実現するため、GNSSを用いた位置推定を100Hzの周期で行うことができるシステム構成としている。</p> <p>②遠隔監視による有効性 映像を通して車両の状態を遠隔監視することで、除雪時の安全性を確保する。 またインシデントに迅速に対応する必要があるため、映像配信の遅延時間は短い方が望ましく、ローカル 5 Gを利用して実現する。</p>	<p>既存ソリューションに対して以下の新規性を有する。</p> <p>①車両特性を加味した車両制御 車両にはプラウという除雪機器が付随しており、除雪の際にはプラウにかかる負荷を考慮して車両バランスをとるため、重心が前後する機構を有する。自動走行の際にはこの車両重心の変化を加味した制御が必要となり、Model Predictive Controlを利用して実現する。</p>

II ソリューション

③ ソリューション等の採用理由

b. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	許認可の状況	他無線通信技術との比較	
ローカル 5G	<ul style="list-style-type: none">・高速,大容量,低遅延な通信・SIM認証によるセキュアな通信・一般ユーザの利用により輻輳する事のない安定した通信	ローカル 5G免許取得に向けて事前調整中	名称	比較結果 <ul style="list-style-type: none">・ キャリア5G/LTE 誰でも利用可能な公衆網であるキャリア5G/LTEは災害時など一部を除き利用ユーザのコントロールが困難であり、旅客などの周辺の一般ユーザの利用状況によって帯域が圧迫され、業務に必要な通信が不安定になることが想定されるが、ローカル 5GはSIM認証により接続できる端末を制限することが可能なため、無線通信帯域を占有する事が可能であり輻輳する事がない安定した通信が可能となる。 また、SIM認証によりセキュアな通信も可能となるため、空港運營業務通信に適合すると考える。 ※キャリア5G/LTEもSIMによる認証を実施しているが、キャリアの契約ユーザであれば誰でも利用可能な公衆回線である。

II ソリューション

④ 期待効果/資金計画_導入先

2026～2029年度（実証）

2030年度以降

～

※新千歳空港をモデルに試算

収益	-	-	① 3,275万円/新千歳 1冬季シーズン
費用	イニシャル	5,000万円/台(車両) 500万円/台(ローカル 5G)	② 2,400万円/台(車両)×5台 /年 600万円/台(ローカル5 G)×3台
	ランニング/件	200万円/月×4ヵ月	③ 2,200万円/年
合計	6,300万円	4,300万円	16,000万円

資金 調達 方法	補助金	総務省実証事業(先進無線活用タイプ)活用 等
	実証実験の実施主体	同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて今後検討

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

北海道エアポート(株)
空港除雪は冬期運営で重要な役割を担うが人的確保が困難となる状況を見据え、今後の安定した運営には除雪車両の自動化が必要である。投資回収効果に見合った費用での導入が必要であり、同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて、導入費用のコスト削減化も並行して検討しなければならない。

妥当性を高めるための目標

目標

冬期空港定時性確保による経済効果
除雪作業遅延による欠航便を回避する。
除雪作業遅延による遅延を緩和・解消する。

除雪作業業務効率の向上
現場の省人化として現場オペレーションの負荷が軽減時、業務従事者一人あたりの生産性が向上する。

アクション

導入コストの低減
初期開発コストがかかるものの、各空港共通となる自動化・自動運転技術を開発する。
1空港に特化した独自性・導入先ごとのカスタマイズを最小限に抑え、スムーズな横展開を実現する。

④ 期待効果の根拠_導入先

導入先 積雪寒冷地域における空港関連団体

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	①人件費削減	労務費 190万円/人・年	<ul style="list-style-type: none"> 対象：新千歳空港の滑走路車両14台のうち11台 年間稼働時間 * 労務単価 = 労務費により190万円/人・年を算定 条件：令和7年度単価、稼働時間は過去3年実績平均 (R3-5) 	11人	2,090万円/年 ^①
		②燃料費削減	燃料費 37,000千円/年	<ul style="list-style-type: none"> 対象：新千歳空港の滑走路車両14台 正確な走行経路、車速一定による燃費向上により5%削減と仮定 年間稼働時間 * (燃費 ℓ/h) * 燃料単価 * 5% = 削減燃料費 条件：令和7年度単価、年間稼働時間は過去3年実績平均 (R3-5) 	5%	185万円/年 ^①
		③航空埋込灯火 修繕費削減	修繕費 10,000千円/年	<ul style="list-style-type: none"> 対象：新千歳空港の滑走路埋込灯器 埋込灯器破損件数が0件になると仮定 修繕費用が削減 条件：R3-5平均 	100%	1,000万円/年 ^①
費用	イニシャル	・自動運転システム 開発	2,400万円/ 台	実証にて初期開発を実施済みのため、初期開発費用を抑えた委託 販売価格が記載金額である。	5台	12,000万円/年 ^②
		・ローカル5G施工費	600万円/台	RU3台分のローカル5G機器を設置する施工費を、実証費用を根 拠に積算	3台	1,800万円 ^②
	ランニング	・ローカル5G利用料	2,200万円/ 年	RU (セル) を車庫分の3台分を継続的に使用していく際の年間費用を記載。 回線費用：600万円 ローカル5G利用料：1,600万円	1年間	2,200万円 ^③

【参考】副次的な収益効果

- ソリューション導入によって将来的には先にあげた人件費やその他諸費用の削減につながると考えるが、副次的に以下「欠航」による損失軽減にもつながると想定する。

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	オペレータ不足による航空機の欠航損失 ※新千歳空港をモデルに試算	欠航損失の単価： 24万円/便（国内線） 内訳 着陸料10万円/機 保安料2.7万円/機 物販8.4万円/機 飲食3.2万円 計約24万円/機	①2024年度冬季の欠航便（730便）に加え、オペレータ不足により降雪時の欠航割合が3.4%から10%になると仮定 ※730便は除雪自動化を行っても欠航が発生すると仮定	①1,448便/冬季	100,000万円 ¹
				②今後の冬季の増加便数（2024年度比）は、オペレータ不足により除雪の稼働率（5割）に応じて欠航になると仮定 ※ただし、国際線は損失額のインパクトが大きすぎるので、全て就航させると仮定	②2,818便/冬季	

【参考】想定シナリオ

- 現在の除雪作業は熟練オペレータによる作業（最善の作業）によるものであるが、それでも冬季は気象条件・路面条件（RWYCC）が悪く遅延や欠航が発生してしまう。（本数値は除雪自動化が実現しても改善することは厳しい内容となる。）
- 今後、今の熟練オペレータがいなくなることで、人手確保だけでなく作業の遅れや路面仕上がりが低下し、欠航数は増加することが懸念される。
- HAP管理7空港においても2030年までに2023年のオペレータから18%要員が減少することが想定される。
- 要員減少に伴い冬季欠航率も現状の3.4%よりも悪化することが考えられるが、悪化する数値は現状予測できないため、仮として10%程度として試算

表. 現在の国内線の数値(赤:試算)

項目（国内線）	数量	単位	備考
i. 2024年度の便数	134,021	便/年	2024年度実績
ii. 2024年度の冬季の便数	43,553	便/冬季	
iii. 2024年度の冬季の便数（降雪時）	21,777	便/冬季	除雪稼働5割として ii より試算
iv. 2024年度冬季の欠航便数	730	便/冬季	2024年度実績
v. 2024年度冬季の欠航率	3.4%		iv 欠航便数 / iii 降雪時の便数 × 100

- 「① HAPの欠航損失の単価（円/便）」に対して今後人手不足に起因する欠航便数②、また今後増加が見込まれる冬季便数のうち現状よりも増加する分には対応不可（冬季の半分は雪）と想定し④の便数は欠航するものと考えて試算
- 「① HAPの欠航損失の単価（円/便）」×（②+③（便/冬季））
 - 現状の欠航率よりも悪化するとし、10%程度とした場合に今後人手不足に起因する欠航便数：②1,448（便/冬季）
 - 今後HAPで目標とする旅客数の増加便数のうち冬季便数（12月から3月）：5,636（便/冬季）
 - 今後の欠航便数（③のうち、雪が関わる便数（除雪稼働5割として試算）は対応不可と想定）：2,818（便/冬季）

表. 国内線の試算値(赤:試算)

項目（国内線）	数量	単位	備考
①HAPの欠航損失の単価	240,000	円/便	直近の実績値（着陸料、保安量、物販、飲食）
②2024年度冬季実績に対する今後の人手不足に伴う欠航便数	1,448	便/冬季	除雪車運転手の担い手不足により運転手減少を想定した場合に増加（10%）に対する欠航便数（2,178-730※） ※現状の3.4%の欠航は回避できない数値として10%の数値から減
③今後の冬季の増加便数	5,636	便/冬季	12月～3月分として、÷ 4
④今後の冬季の欠航便数	2,818	便/冬季	除雪稼働 5 割

II ソリューション

④ 期待効果/資金計画_販売主体

		2026~2029年度（実証）		2030年度～
収益	収益/件	0円※実証フェーズのため	0円※実証フェーズのため	① 3,000万円x2台(車両) 200万円/(ローカル 5G)
	件数(導入先数)	1空港1車両	+ 1車両※1 ➡1空港2車両	他空港への展開 1空港2車両目標
	合計	0円	0円	6,000万円 +200万円/月
費用	イニシャル	5,000万円/台(車両) 500万円/台(ローカル 5G)	3,000万円/台(車両)※2 500万円/台(ローカル 5G)	② 2,400万円x2台(車両)※3 500万円/台(ローカル 5G)
	ランニング/件	200万円/月(ローカル 5G)	200万円/月(ローカル 5G)	③
	件数(導入先数)	1空港1車両	+ 1車両 ➡1空港2車両	他空港への展開 1空港2車両目標
	合計	5,500万円+ 200万円/月	3,500万円+ 200万円/月	5,300万円
資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ補助金	総務省実証事業(先進無線活用タイプ)活用		
	導入主体	同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて今後検討		
※1：2026年度に改造済みの車両に加えてもう一台バイワイヤ化し、並列走行を検討				

投資の妥当性
(現時点見立て)

販売主体

2029年までに自動運転技術をソリューション化し、2030年以降、N増しおよび他空港への展開をはかり、黒字化を目指す。

妥当性を高めるための目標

目標

・安定・安全な自動運転技術の確立
空港における自動運転車両の運行管理、安全基準に沿った車両開発の推進

・バイワイヤ化技術のソリューション化
機械的な置き換え部分と調整必要な部分を切り分け、作業を効率化し、導入コストを低減

アクション

導入コストの低減：
※2：
2027年度、既存除雪車のバイワイヤ化技術における CANバス上を流れるデータからの制御情報のリバースエンジニアリングや I/F設計を流用可能な形でソリューション化し、コストダウン
(5,000万円→3,000万円)
※3：
2030年度、評価項目を精査し、実験環境のリース費用およびその回数を削減する。
加えてGNSSデバイスをロット契約することで計600万円のイニシャルコストを削減する。

II ソリューション

④ 期待効果の根拠_販売主体

販売主体 NTTドコモビジネス / パーソルAVCテクノロジー

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	車両開発費	3,000万円	車両1台の開発費用	2台	6,800円 ¹ 6,000万円
		ローカル 5 G利用料	200万円/月	ローカル 5 Gの運用に関わる利用料金、冬季期間の4か月分を積算	4か月	800万円
	定性	—	—	—	—	—
費用	イニシャル	車両開発費	2,400万円/台	バイワイヤ化技術の開発、車両搭載のため	2台	5,300万円 ² 4,800万円
		NW構築費	500万円	ローカル 5 G構築にかかわる費用、1 か所あたりの概算額 ※構築条件により異なる	1か所	500万円
	ランニング	—	—	—	—	— ³

II ソリューション

4 費用対効果

b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

	項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者	
費用	イニシャル	除雪車両の バイワイヤ化	技術のソリューション化： 車両諸元や空港毎に異なる走行経路の情報を 外部パラメータ化し、車両共通となる制御と分け て設計することで横展開が容易な制御モジュール を構築し、設計実装にかかる工数を約15人月削 減する。	2000万円/1台	27年度	パーソルクロステクノロジー 技術開発統括本部 マネージャー 澤田 浩二 ソリューション・企画統括本部 マネージャー 廣田 雅人
			作業効率化および部材の見直し： ・評価項目を精査することで試験回数を削減し、 評価にかかる工数および実験環境のリース費 用を削減する（▲400万） ・GNSSなど単価の高い部材について ロット契約を行うことで単価を下げる(▲200万)	600万円/1台	30年度	パーソルクロステクノロジー 技術開発統括本部 マネージャー 澤田 浩二 ソリューション・企画統括本部 マネージャー 廣田 雅人
	ランニング	ローカル 5 G利用 料	エッジ側で一部のAI処理を実施することでローカル 5 Gでの通信量を減らすことが可能となり、通信 量に関連するコストを引き下げることが可能となる	検討中	26年度以降	NTTドコモビジネス
		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

1 実証計画

実証実施計画の概要

対象とする課題

- 積雪地域における冬期の安定した空港運営
- 除雪作業に従事する人員の高齢化や人手不足の深刻化により、人的リソース確保が困難
- 冬期における除雪自動化の適用
- 現在の自動運転では降積雪環境下等は自動運転の運行設計領域（ODD）から除外されている場合が多く、十分な検証がされていない

実証の概要

- 空港除雪自動化に向け車両開発をはじめ、安全面への対策としてリアルタイム遠隔監視の技術を構築し、課題を検証
- 除雪車両の自動化：自車位置測定技術や運転支援ガイダンスシステム搭載の除雪車両を導入し空港制限区域内で自動運転を実施する。
 - 遠隔監視システムの構築：LTE, ローカル 5 Gを活用し、除雪車両の状態や作業状況をリアルタイムで監視・制御するシステムを構築する。
 - 効果検証：除雪作業の省力化に向けた検証、他空港への展開に向けた課題を抽出

検証ポイント

効果面

- 実装に向けて、除雪作業に掛かる作業時間（現状と同等、または、短縮）を検証
- 将来的な除雪作業オペレータ人員の削減（負担軽減度合）を検証

技術面

- 自動運転精度（GNSS/IMUによる位置測定精度、積雪状況の認識能力）の検証
- 通信インフラ（ローカル 5 G）の空港環境での安定性（スループット、遅延）を検証

運営面

- 除雪作業の運用方法(自動化箇所・自動運転条件)の検証
- ソフトウェア機材などの導入費用、維持・保守に関わる費用整理の検証

展開先

- 稚内空港での結果からHAPで管理する他空港への適用、また積雪地域にある県管理空港等への適用可能性（除雪作業速度、除雪目標時間、除雪雁行時の体制など）を検証

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
除雪車自動化による省力化・省人化	I 自動化による作業工数の削減	オペレータ作業の省力化 →熟練者から非熟練者（多少経験のあるレベル～未経験者レベル）の人材に置き換えることができる。と回答した割合が50%以上	オペレーターの方々へ実証後アンケートを実施し、回答を集計する。	大雪時を除き、平均的な積雪に対してオペレータが判断・操作（一定速度での運転）する場面をシステムが補っているのか（新たな負担が増えているのか）を確認	以下段階的に人を配備するにあたって、操作性を確認 <ul style="list-style-type: none"> 中期：除雪作業の省力化による非熟練者による対応 長期：新千歳空港滑走路全14台の対応から先頭(1台)・後方(2台)を残し、雁行間車両を無人化（14人中、11人減）
除雪自動化（自動運転箇所）の拡大	I 対応する除雪箇所、方法の拡大	滑走路の除雪への適用 <ul style="list-style-type: none"> ・位置測定誤差 ±10cm ・速度30km/h以上 <small>※積降雪無し的环境下</small> <ul style="list-style-type: none"> ・ショルダーでのスローム走行可否 	実証実験により以下箇所の除雪の実証実験を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> ・滑走路：直進走行の自動化(自動運転)の検証 →位置測定誤差の確認 →速度の検証 →スローム走行の可否確認	滑走路の除雪目標（作業速度、仕上がりとしてRWYCC上）が現状と同等	飛行機の遅延を防ぐため、除雪目標時間(作業速度)が現状と同等の速度を保持する、また今後仕上がり（RWYCC）が現状と同等を保持できる。※ <small>※ただし本格導入にあたっては空港内のルールに準拠し本格導入を判断</small>

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
既存除雪車両の自動運転化	I 自動運転における自車位置推定	位置測定誤差 ±10cm以内	予め滑走路中央線の位置情報をGNSSを用いて計測し、理想的に中央線上を走行した場合の軌跡情報を作成する。自動走行制御にて中央線上走行するように制御し、計測した実走行データと前記データを比較し、位置の差分が±10cm以内に収まることを確認する。	検証時目標と同様	±10cm以内の誤差であれば経路から逸脱せず、滑走路の灯火を破損するリスクも低減できることから誤差範囲を設定
	II 自動運転における車両制御	車両制御の安定性 95%以上	走行中の全車両制御命令のうち ①急なハンドル操作 （横方向の変化量 < 3m/s ² ） ②急な加減速 （直進方向への変化量 < 3m/s ² ） のような安全性を損なうような制御が5%未満となっており、95%以上安定した制御を行っていることを走行中のログ情報を用いて評価する。	検証時目標と同様	急なハンドル操作や加減速は他車両への安全性の観点から0%とすることが望ましいがトレードオフとして走行時間が延びる可能性がある。 専用道であることを鑑み、5%未満にとどめ、安定した制御を95%以上行うようにする。 また他車両側でも隣接する車両の制御を検知し、MPCを用いて行動予測することで安全性を担保する。
ローカル5G	I 高速大容量な通信の実現	ULスループット（走行中） 1Mbps以上 ULスループット（定点） 75Mbps以上	iPerfコマンドもしくはその他ツールによりスループットを測定。 ●ULスループット（走行中）1Mbps以上 車両の走行中において、iPerfコマンドもしくはその他ツール等によるスループットを測定。	検証目標と同様	●ULスループット（走行中） 自動運転車両からの映像による遠隔監視においては過去実証によりfullHD30pの映像に対して1Mbps以上のスループットが確保できていれば問題ないことが分かっている。そのため、その数値に準じて走行中の通信スループット目標値を設定。 参考）令和6年度総務省地域社会DX推進パッケージ事業（自動運転レベル4検証タイプ）神奈川県横浜市 混雑発生地域における安全な高度通信技術・路車協調システムの実証 p86が該当 https://pubpjt.mri.co.jp/pjt_related/rcsad-info/eqghpc000000030i-att/20240714rcsad-info_houkoku_kanagawa_yokohama.pdf

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
ローカル5G	Ⅰ 高速大容量な通信の実現	ULスループット (走行中) 1Mbps以上 ULスループット (定点) 75Mbps以上	iPerfコマンドもしくはその他ツールによりスループットを測定。 ●ULスループット(定点) 75Mbps以上滑走路での離発着を監視する定点映像のスループットを測定。 測定方法は走行中の測定と同じく、iPerfコマンドもしくはその他ツール等にて測定	検証目標と同様	●ULスループット(定点) 将来的に、死角が多数存在し、作業中の作業員が存在する可能性が高い車庫から、車両が離発着する際の遠隔監視も必要と考え、その際には高品質な映像を必要とすることを想定し、定点での目標値を別途設定
	Ⅱ 低遅延通信の実現	遅延時間 500ms以下	映像データに時刻情報を埋め込み配信し、受信側との時刻差分を確認する方法で測定する。 本実証では、実証で使用する車両1台の映像と監視映像をULした際の遅延を測定する。実装時にはローカル5Gにおいてセル数を増やし接続端末を分散させることを想定しているため、1セルに対して現実的な接続台数での遅延時間を本実証にて測定する。	検証時目標と同様	遅延については走行時の安全確保(危険回避)を目的とした遠隔監視を実施するために許容範囲内となる時間を設定 ※設定根拠はアウトカム技術面②参照

② 検証ポイント・検証方法

c. 運営面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
既存除雪車両の自動運転化による適用方法の確認	Ⅰ 自動運転車両の適用箇所の確認	空港内の車両自動走行化適用100%までのロードマップ作成完了	まずは自動走行化適用可能な車両の割合を算定。 次に100%車両走行自動化を実施する目標年度を設定し、そこまでのロードマップ案を、残り車両の耐用年数を考慮し描いていく。	ODDを整理し大雪除く9割で実現	冬期ODDを整理し、本条件に対し大雪を除く9割の条件下において除雪自動化を実現（今後中長期的な判断）
	Ⅱ 適用技術の確立	雁行除雪、複数台への展開に必要なとなる技術要素のリストアップ完了	技術や方法を調査し、今後の複数台除雪の手法を計画 実現化に向けた実証実験項目を整理	複数台制御の確立	滑走路複数台（雁行除雪）実現に向け、必要な技術を整理する。（導入は今後中長期的な判断）

Ⅲ実証

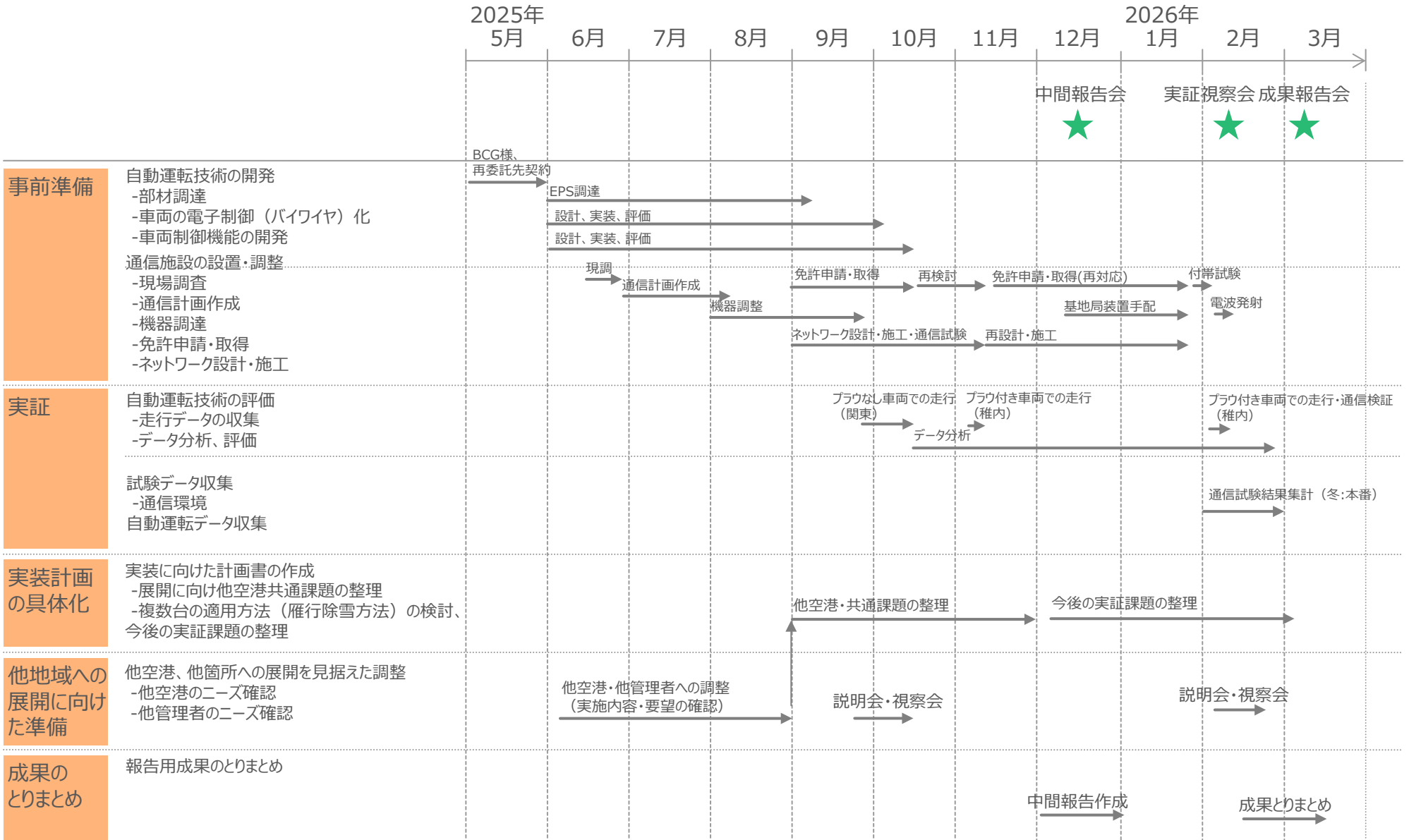
② 検証ポイント・検証方法

d. 展開先

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
既存除雪車両の自動運転化	I 横展開に向けた横展開候補先に関する情報収集	横展開先として候補に挙がっている空港等へのヒアリングにより、除雪車両自動化を行う上で必要な情報をリストアップ	ヒアリングシートを事前に作成し、横展開先から記載されたものを収集することで、横展開に必要な情報を本実証の中で収集する。	本実証の中で収集した情報をもとに、車両の自動化を進めていくための開発項目、ルールを策定	本実証での知見及び収集した情報をもとに、他空港等へ横展開していくための必要な条件を検討していくことが必要となる。

Ⅲ実証

③ 実証スケジュール



④ リスクと対応策

リスク		対応策	
項目	概要		
事前準備	<ul style="list-style-type: none"> 車両制御装置の開発におけるエラー、制御の不具合 	<p>除雪用トラックの運転制御にあたり車両メーカーからCAN等の情報が得られないため、別途ワイヤ化が必要があり、車両制御の開発はトライ&エラーで順次進めることが必要である。</p>	<p>テスト期間を設けた工程立案 冬期1度の試験では、車両制御が上手くいかない恐れもあるため、夏期において車両制御のテストを別途実施するなど、段階的なテストおよび構築を実施する。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5G電波と航空機無線電波の干渉リスク 	<p>屋内に閉じた環境（車両の車庫内）にてローカル5G電波を供給するため、屋外にある航空機から発している航空機無線へは影響がないものと考えられる。</p>	<p>万が一屋外の航空機無線へ影響が出る場合には、ローカル5G電波について出力を調整するなどして干渉しないように対応する。</p>
実証	<p>大雪による実証日程のリスク ジューリングの発生</p>	<p>冬季期間での走行実証も行う予定だが、大雪となる場合車両走行にも影響が出て、実証スケジュールに影響を及ぼす可能性がある。</p>	<p>夏季期間にて車両の走行実証を先行して実施。また、冬季期間においても1か月程度と実証期間を長めに確保しておき、余裕を持ったスケジュールの計画を実施。</p>
実装計画の具体化	<p>導入判断に資するデータ、定量的なデータの不足</p>	<p>今後の展開を見据え、導入に資するデータとして出来るだけ定量的なデータを収集する必要がある。</p>	<p>実証実験の明確な目標値（速度やデータ精度）を設定したうえで実証実験を実施する。</p>
他地域への展開に向けた準備	<ul style="list-style-type: none"> 他空港の展開判断材料の不足 展開先の不足 	<p>他空港への展開に向けて相手先が判断する材料が無いと導入が進まない恐れがある。</p> <p>空港だけではなく、他箇所への展開も見据えないと収益が見込めない恐れがある。</p>	<p>早い段階から他空港の要望や除雪方法を確認し、除雪共通課題を整理し、今後の導入・適用方法に反映する。</p> <p>空港だけではなく道路（特に雁行除雪方法として体系が類似している高規格幹線道路等）等への展開を見据え、道路管理者（高速道路事業会社等）にニーズをヒアリングする。</p>
成果のとりまとめ	<ul style="list-style-type: none"> 実証期間中に取得したデータに不備や抜け漏れがあり、再取得不可となるリスク 	<p>実証成果報告に向けて必要なデータ取得は実証期間中に行う必要があり、実証が終了すると再取得は不可能。</p>	<p>事前にデータ取得項目の洗い出し、精査を行い、事前準備段階から抜け漏れがないようにしておく。また、事前検証段階でもある程度のデータ取得は実施し、余裕を持ったスケジュールでデータ取得を行う。</p>

⑤ PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

週次進捗報告

- 開催時期: 週次
- 方法: WEBもしくは対面会議
- 体制: NTTドコモビジネス株式会社、北海道エアポート株式会社、日本工営株式会社、ドコモ・テクノロジー株式会社、パーソルAVCテクノロジー株式会社、パーソルクロステクノロジー株式会社
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し

対策を立案・実行する体制

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 週次進捗報告会に同じ
- 頻度: 週次進捗報告会に同じ
- 方法: WEBもしくは対面会議
- メンバー: NTTドコモビジネス株式会社、北海道エアポート株式会社、日本工営株式会社、ドコモ・テクノロジー株式会社、パーソルAVCテクノロジー株式会社、パーソルクロステクノロジー株式会社

緊急時

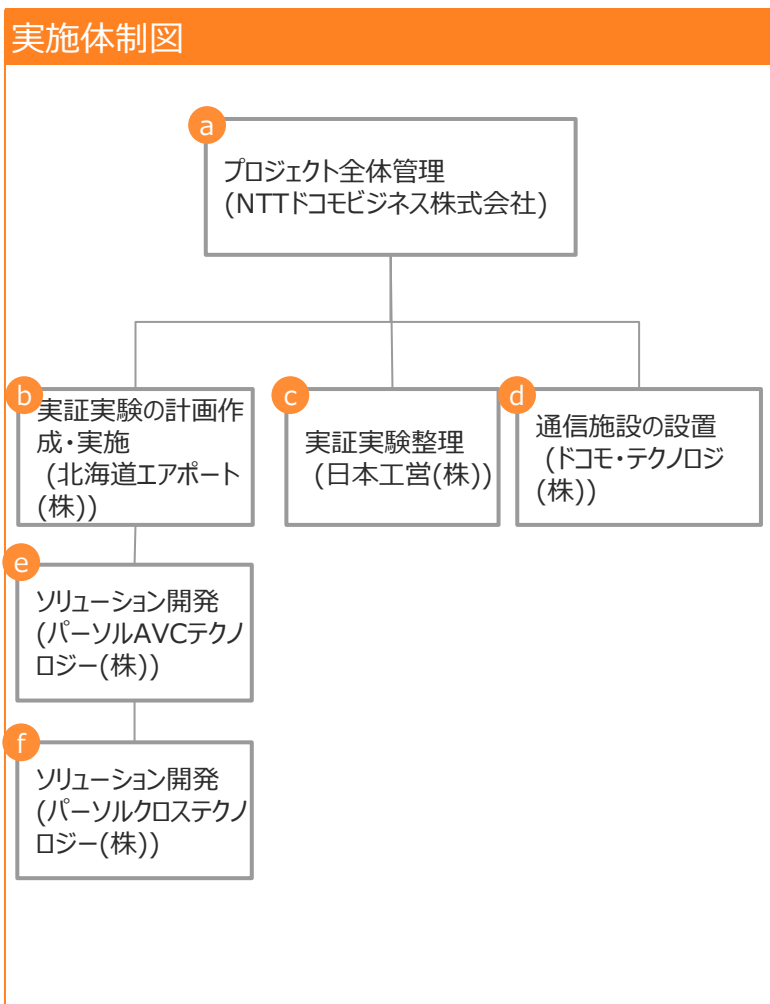
緊急の課題発生時の情報共有

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす緊急の問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生時都度
- 方法: メール、チャットツール、必要に応じてweb会議開催
- 体制: 週次進捗報告に参加する体制のうち、対象の課題に関与するメンバー

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす緊急の問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生時都度
- 方法: メール、チャットツール、必要に応じてweb会議
- メンバー: NTTドコモビジネス株式会社、北海道エアポート株式会社、日本工営株式会社、ドコモ・テクノロジー株式会社、パーソルAVCテクノロジー株式会社、パーソルクロステクノロジー株式会社

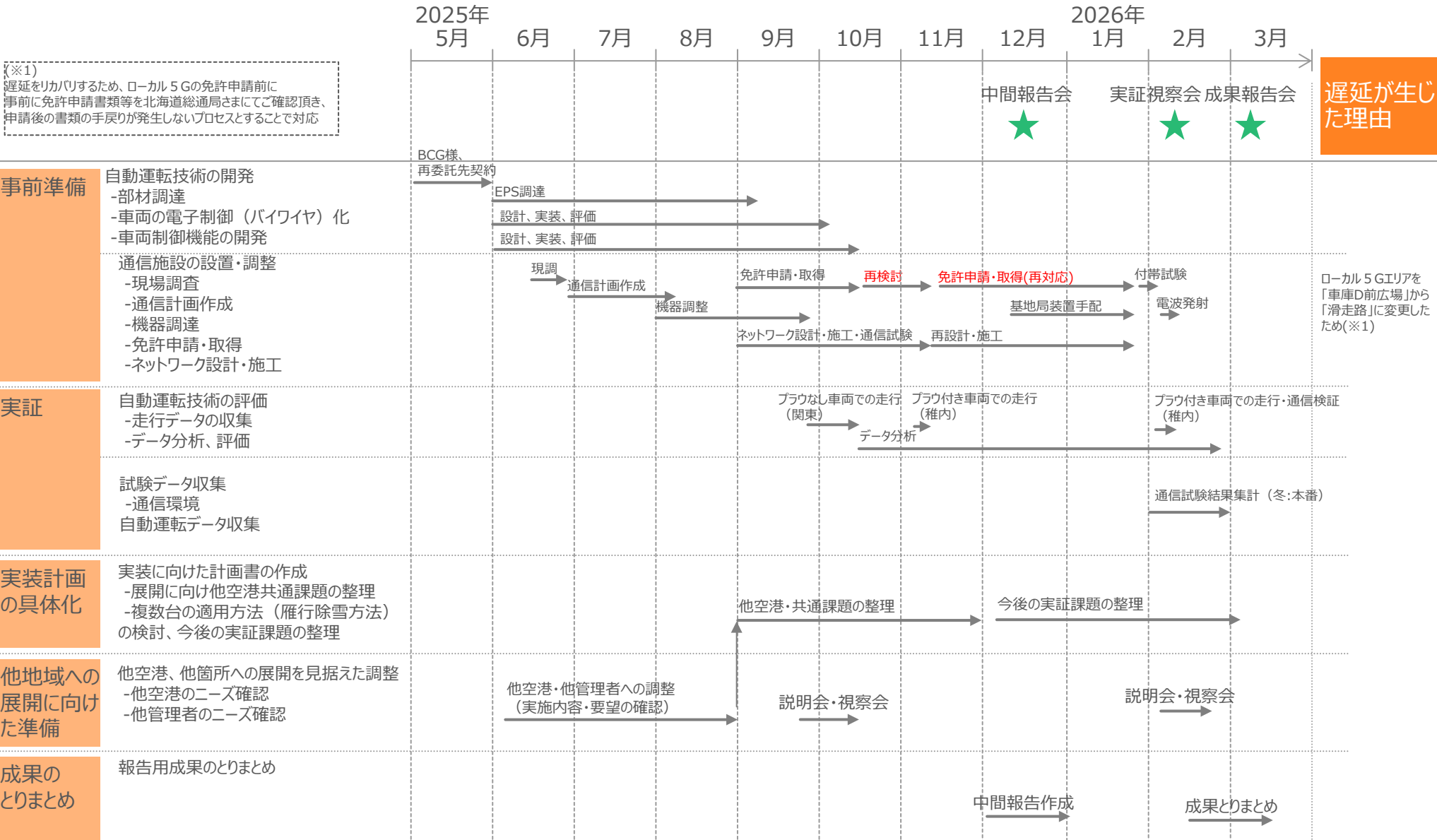
6 実証の実施体制



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a NTTドコモビジネス株式会社	プロジェクトの全体管理 NW・通信環境の提供	6名 x 353時間	北海道支社 課長 村上 俊介 主査 市原 秀一
b 北海道エアポート(株)	実証実験の計画作成・ 実施および実証場所の 提供	4名 x 30時間	空港計画部 技術課 担当部長 森 正宏 空港部 空港運用課 課長 伊達 琢郎
c 日本工営(株)	実証実験整理	4名 x 30時間	大阪支店 基盤技術部 統合情報SG 課長 神林 翠
d ドコモ・テクノロジー(株)	通信施設の設置通信イ ンフラ担当	6名 x 50時間	通信制御技術部 部長 奥村 幸彦 担当部長 三角 信貴
e パーソルAVCテクノロジー(株)	遠隔監視機能および 自動運転機能の開発	4名 x 580時間	営業部 主幹 沖本 知久 クラウド・ソリューション技 術本部 主幹 橋本 功治
f パーソルクロステクノロジー(株)	車両制御装置の開発	8名 x 560時間	技術開発統括本部 マネージャー 澤田 浩二 ソリューション・企画統括本部 マネージャー 廣田 雅人

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

① スケジュール(実績)



IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
除雪車自動化による省力化・省人化	自動化による作業工数の削減	オペレータ作業の省力化 →熟練者から非熟練者（多少経験のあるレベル～未経験者レベル）の人材に置き換えることができる。と回答した割合が50%以上	<ul style="list-style-type: none"> 稚内空港において、条件次第で置き換えが可能と回答したオペレータが全17人中16人となり全体の94%を占めた。（その他、分からないが1名） 【適用条件】 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 雪質・雪量の多い時は重さによって速度を変える必要があるため適用が難しい。 ➢ 車両の適用としてスノーパ、プラウ、ロータリの順に適用が可能と考えられる。 ➢ 滑走路が一番適用が容易、エプロン・誘導路は雪量と風向きで走行が変わる。 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化にあたり、全ての条件での自動化は難しいため、一部限定条件下において具体技術の構築を進め、現場への実装を段階的に進めていくことが有効である。（ある程度パターン化しやすい作業から自動化していくことが有効である。） ➢ 滑走路運用時間内 ➢ プラウまたはスノーパの雁行走行
除雪自動化（自動運転箇所）の拡大	対応する除雪箇所、方法の拡大	滑走路の除雪への適用 ・位置測定誤差±10cm ・速度30km/h以上 ※積降雪無し的环境下 ・ショルダーでのスローム走行可否	<ul style="list-style-type: none"> 滑走路における所定の走行経路に対し、±30cmの位置精度で、以下の自動運転を実施した。 ・速度30km/h 以上にて直進走行 ・滑走路灯火を模した三角コーンを回避するスローム走行 	<ul style="list-style-type: none"> 滑走路の除雪は、対象となる滑走路の形状から走行ルートを定義しやすく、このような環境において除雪自動化の可能性が見えてきた。 他空港における除雪作業のヒアリング結果から、時速30km/h以上で除雪作業が行われている空港もあることが分かった。これを踏まえ、さらに速度を上げた状態での自動走行について検討する必要がある。 位置測定精度の誤差要因に関する考察はP.45に記載する。

(参考) 除雪維持業者を対象としたヒアリング調査 (稚内空港、青森空港)

- 適用可能車両：プラウおよびスノーパが比較的容易（他車両（ロータリ車両）よりも適用しやすい。）
 - 適用可能場所：走行のパターン化が可能な滑走路が比較的容易
 - 運用時間内外：パターン化可能な運用時間内
- ※ 一部空港は運用時間でも積雪量に応じた違いもあるため、適用時間は空港に応じて考慮することも必要

走行装置の自動化	
<p>稚内空港</p> <p>・現場代理人 ・オペレータ</p> <p>総勢17名</p> <p>条件次第で適用可能 <u>94%</u></p> <p>わからない6%</p>	<p>【条件次第で適用可能】94%（16名）</p> <p>○適用可能車両について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラウは雪の圧力の影響を受けやすいため、スノーパの方が自動化しやすいと考えられる。 ・ロータリーは、雪量・風向き・障害物・シュートの条件を考慮すれば適用可能性がある。 <p>○適用可能場所について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・滑走路除雪が適用しやすい。 ・誘導路・エプロンは雪量および風向きで走行を変化させる。 <p>○運用時間内外について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運用時間内外で除雪方法は変わらない。 <p>【わからない】6%（1名）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際に実施しないとわからないため。 <p>【ご意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吹雪の場合は特徴点がなく直進が難しいため、緯度経度情報で走行することは有用である。
<p>【参考】青森空港</p> <p>・現場代理人 ・空港管理者</p> <p>総勢2名</p> <p>条件次第で適用可能 <u>100%</u></p>	<p>【条件次第で適用可能】100%（2名）</p> <p>○適用可能車両について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラウ、スノーパ・散布車が可能であるが、雁行走行の先頭と最後尾は難しいと考えられる。 ・ロータリーは難しいと考えられる。 <p>○適用可能場所について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラウ、スノーパは滑走路・エプロンが可能である。 ・散布車については滑走路・誘導路が可能である。 <p>○運用時間内外について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運用時間内は時間が決められているため、パターン化可能である。 ・運用時間外は雪量によって、滑走路・誘導路・エプロンともにパターン以外の動きが多い。 <p>【ご意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雁行走行とは別に走行するプラウは、雁行速度より速い場合がある。

(参考) 一部限定条件下での除雪イメージ (1/3)

5年後に目指す到達点：レベル3相当：**多車両協調** + 遠隔監視（中央制御）を前提に、**限定エリアでの“準自律※”運用**

- **限定エリアでの“準自律”運用**：最初から“完全無人・全域自律”を目指すと同様に現場への適用が遅くなるため、アジャイル的にまずは社会実装を早められるよう空港の特殊環境に合わせて「**自律できる範囲・条件・責任**」を明確に区切り実装していくことを目指す。
- **実装範囲・内容**：他空港も含めた操作頻度の高い作業および操作のパターン（パターン化しやすい作業内容）において実装

	対象（機械操作の対象）	対象外（人による判断・操作）	備考
① 限定エリア・条件	<ul style="list-style-type: none"> □ 滑走路除雪（運用時間内※） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 誘導路、エプロン 	<ul style="list-style-type: none"> ※ 空港によっては運用時間外が適用しやすい場合もあるため各空港のパターン化しやすい内容に応じる。
② 準自律	<ul style="list-style-type: none"> □ 車両(ステアリング)の実施項目 <ul style="list-style-type: none"> • 事前に決めたルートの走行（ルート・速度はパターンを複数設定） • 速度・操舵・加減速の自動制御 • 自車位置・ズレ・異常の自己検知 	<ul style="list-style-type: none"> □ 人の実施項目（中央制御または運転席制御） <ul style="list-style-type: none"> • 遠隔監視（常時） • 開始・終了の判断 • 例外時の介入・停止 	<ul style="list-style-type: none"> 人が判断し、機械による操作を実施
	<ul style="list-style-type: none"> □ 架装装置（アタッチメント）の実施項目 <ul style="list-style-type: none"> ① プラウ <ul style="list-style-type: none"> • プラウの上げ下げ（定義済み動作） • プラウ角度、圧の調整（定義済み動作） ② スーパー <ul style="list-style-type: none"> • 雪に応じたブラシ回転数（定義済み動作） ③ ロータリ <ul style="list-style-type: none"> • シュート角度、プロア回転数（定義済み動作） 	（仕上がり状態によって、人による調整を再度実施）	<ul style="list-style-type: none"> 操作頻度の高いものを自動化し、頻度の少ないものを手動で操作 （例） <ul style="list-style-type: none"> ➤ プラウ操作を自動化 ➤ その他頻度の少ない腹グレ等は人による操作

黄色ハッチは空港において新たに技術開発が必要な事項

※一部技術は道路上において実証実験がされているが、空港除雪の要求精度に合わせた開発が必要となる。

【参考】

北海道開発局：除雪ロータリ

https://kenmane.kensetsu-plaza.com/bookpdf/328/fa_05.pdf

北陸地方整備局

https://www.hrr.mlit.go.jp/road/toprunner/pdf/2024d_ict_jotora.pdf

(参考) 一部限定条件下での除雪イメージ (2/3)

システム状態遷移のイメージ

- シナリオイメージ**
- 1.開始前の準備**
 - 滑走路はオペレータによる運転
 - 2.遠隔監視者が開始指示**
 - 過去の走行履歴から走行パターンを決定し、「走行パターン」を遠隔より送信
 - 3.車両の自動走行**
 - GNSS + 地図上の決められたルートを走行
 - 想定外の障害物 → 自動減速 or 停止
 - 4.異常時**
 - アラート発報
 - 監視者 (または運転要員) が即停止 or 手動介入
 - 5.作業完了**
 - RWYCCを遠隔監視者が確認し再作業、終了の送信
 - 終了の場合は作業 ログを保存

表. ODDの例

項目		内容
エリア		滑走路
環境条件	気象条件	降積雪環境下
	交通条件	他車両(GSE車両)・人無の環境下
	時間帯	日中、夜間問わず
視程		
走行条件	速度	30km/h
	走行条件	
路面条件	路面条件	路面積雪有
	制御	インフラ協調
運転要員		緊急時のシステム監視、事前確認位置迄の移動

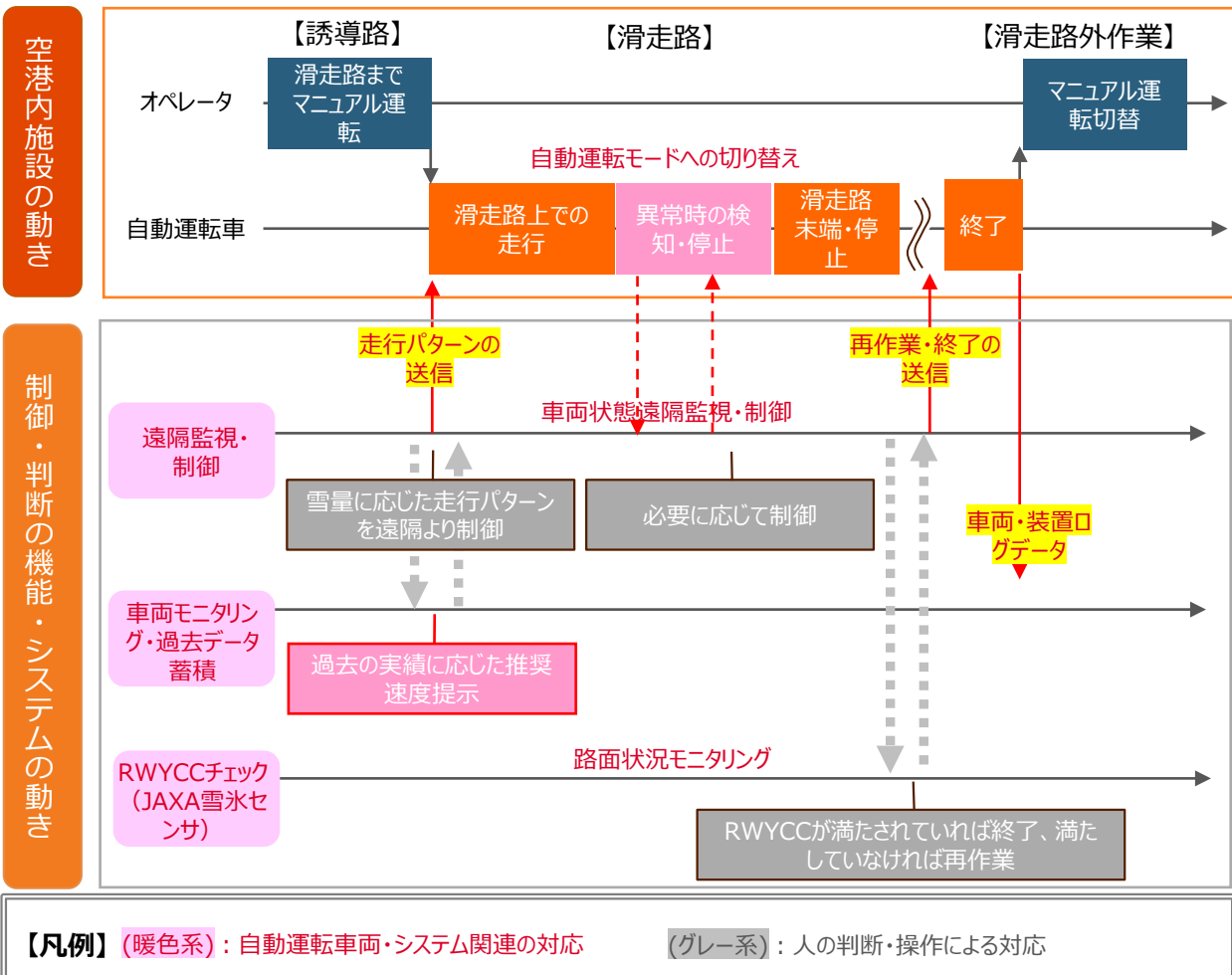
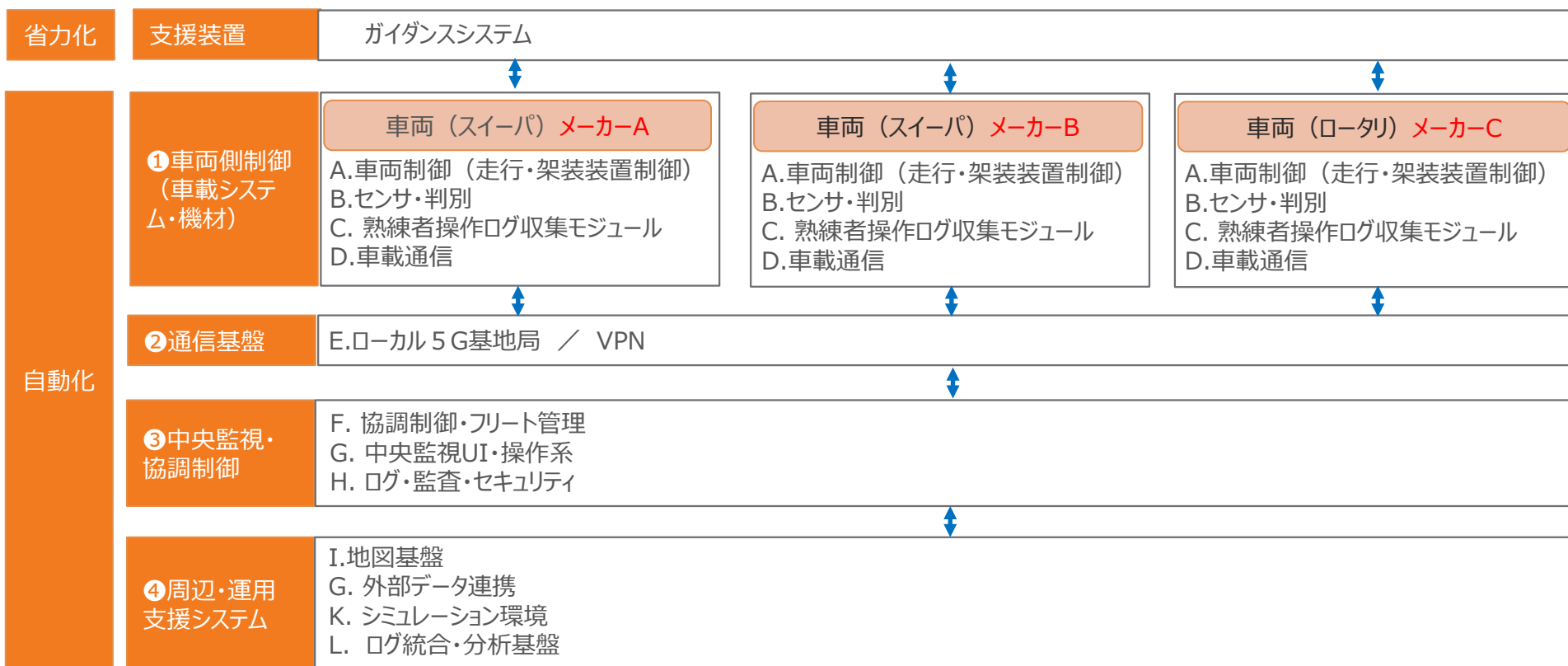
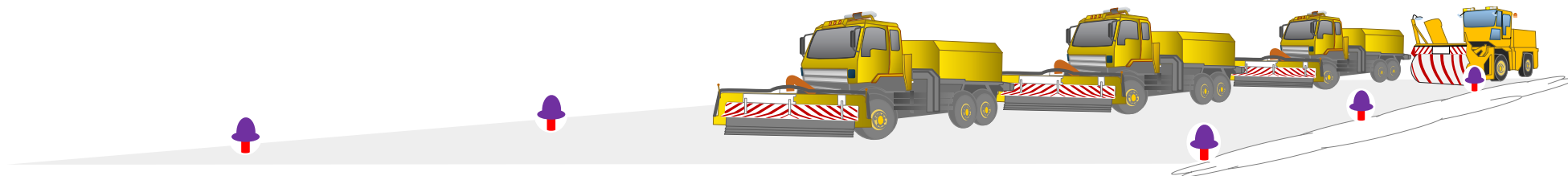


図. システム状態遷移と関連システムイメージ

(参考) 一部限定条件下での除雪イメージ (3/3) ー必要なシステムー

一部限定条件下（滑走路雁行除雪時）での自動走行実現にあたり、以下システム等の構築を進めていく。

※システム構成や内容は見直し中



IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
既存除雪車両の 自動運転化	自動運転における 自車位置推定	位置測定誤差 ±10cm以内	<p>稚内空港の滑走路にて 300mの直進走行を時速30kmにて12回実施。 位置測定誤差は 最大誤差：34.83cm、 各走行の最大誤差の平均値：30.56cm、 平均値：11.89cm、 中央値：10.46cm となり、目標の±10cm以内を達成していない。</p> <p>測定誤差は目標経路に追従させようとする制御過程において振り子の動作のように振幅しながら発生した。 (P.47, P.48)</p>	<p>最大誤差は当初目標の±10cmに及ばなかったものの、そのずれ量はタイヤ1本分程度であり、運転手からも良好とのコメント頂いている。 今後は制御精度の向上を図り、目標である±10cmの精度達成を目指すとともに、各除雪作業工程における要求精度を明確化し、部分的な実装も視野に入れながら検討を進めたい。</p> <p>より精度が要求されるのは滑走路灯火の周りの除雪であり、その際には±10cmの誤差に抑える必要がある。加えて、横展開を考えた際に、青森空港では時速80kmで除雪していると伺っており、速度とともに誤差も増加することが考えられる。今後は除雪作業の用途に応じて精度を定義し、継続的な誤差抑制の取組を行っていく。</p> <p>今回の誤差要因としてはステアリング操作の遅延があげられる。制御指示から約620ms遅れて目標角度に到達しており、この制御の遅れが誤差を誘発している。</p> <p>加えて、車両毎の個体差による癖や滑走路の微妙な路面状況の違いも誤差発生の原因となることが判った。</p> <p>今後は、対策として遅延等(個体差等)を考慮した予測制御をソフトウェアで実装予定である。</p>

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

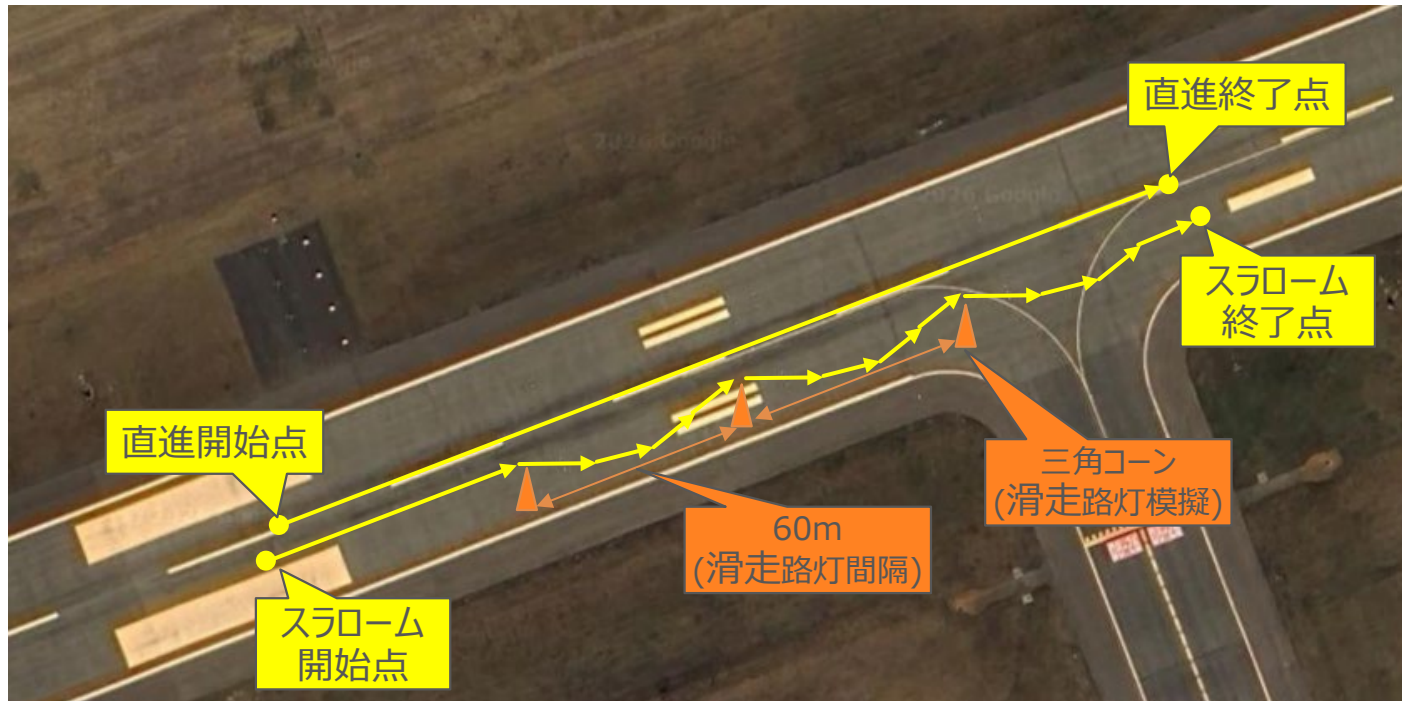
② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
既存除雪車両の自動運転化	自動運転における車両制御	車両制御の安定性 95%以上	<p>稚内空港の滑走路にて</p> <ul style="list-style-type: none">・300mの直進走行を時速30kmにて12回・300mのスラローム走行を8回 <p>実施し、車両制御の安定性に関しては</p> <ul style="list-style-type: none">・横方向：100.00%・前後方向：100.00% <p>ともに目標を達成している。 (結果：P.49-P.54)</p> <p>車両制御の安定性に関しては以下の参考資料から</p> <ul style="list-style-type: none">・横方向加速度： 3 m/s²・前後方向加速度： 3 m/s² <p>を下回っていれば、安定制御と判断している。 <u>参考: Intelligent transport systems — Lane keeping assistance systems (LKAS) — Performance requirements and test procedures</u></p>	<p>直進やスラローム走行は安定しており、搭乗者が不快を感じるような車両制御は発生していない。このことから時速30kmで除雪を行う稚内空港においては実装を視野に入れることが可能となったと考える。</p> <p>今回の実証は、時速30kmと比較的緩やかであったため制御は安定していたが、今後、実装・横展開に向けては車速を向上させる必要があり、安定性を考慮して車両制御を行っていく必要がある。</p> <p>また、除雪作業の自動化が目指すアウトカムとしては、現状の除雪作業品質の保持があげられ、次年度以降は装置と走行の自動化に取り組み実際の除雪作業への適応を進めていく。</p>

(参考) 測定方法 (自動運転)

- ・事前に直進及びスラローム走行を行い、経路座標データを取得
- ・経路座標データに沿って自動走行を実施
- ・走行中の位置や速度、操舵状況を測定



(参考) 位置測定誤差の評価：直進走行 (n=12)

評価内容：

2月の稚内実証にて、直進走行を行った12回の走行データに対して目標経路からのずれ量（絶対値）を左下のグラフに記す。

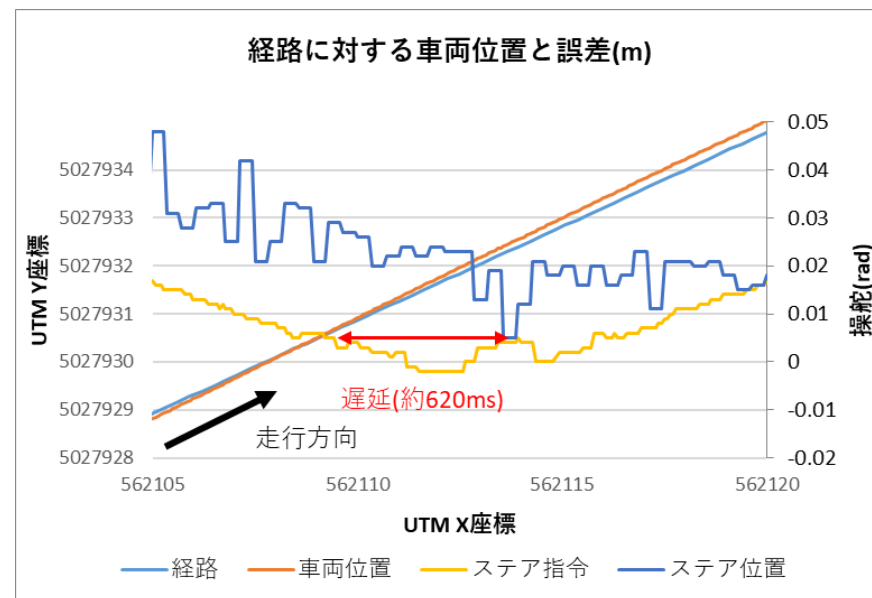
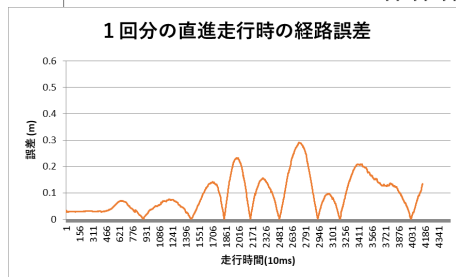
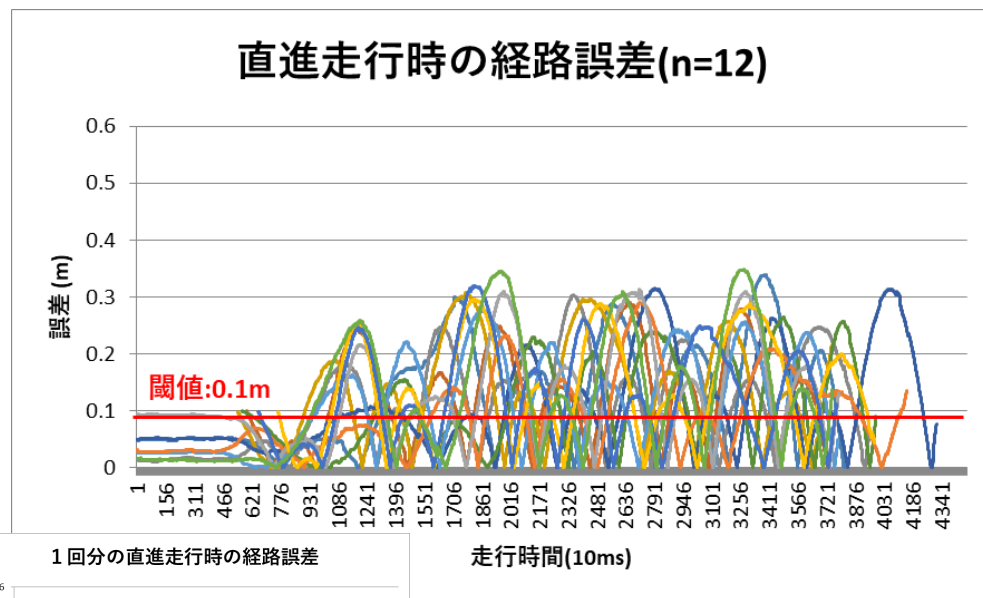
結果と考察：

位置測定誤差は、最大で約±30cm、平均±12cm（データ：p50）となっており、目標の±10cmを満たしていない。

誤差は目標経路に追従させる制御過程において、振り子の動作のように振幅しながら発生している。

振幅の主な要因はステアリング操作の遅延が考えられ、制御指示から約620ms遅れて目標角度に到達しており、この応答遅れが誤差を増幅させていると考えられる。

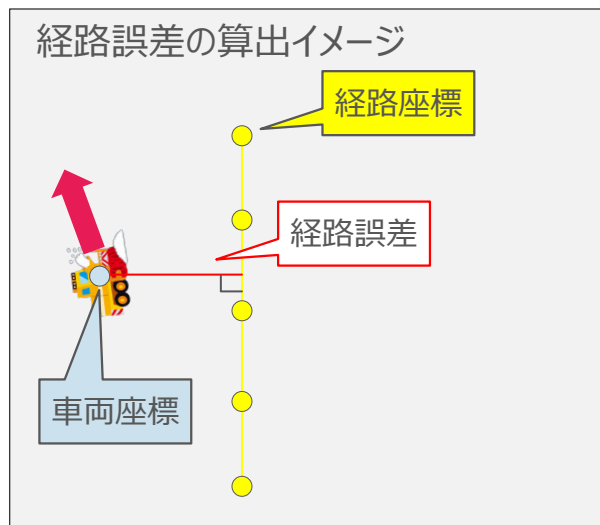
対策として、遅延を考慮した予測制御をソフトウェアで実装する必要がある。



(参考) 測定データ詳細(経路誤差)

実証デモ含む直進12走行データ (2026.2.3 稚内空港にて計測)

走行回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
誤差(cm)	最大	33.86	29.09	30.31	30.85	31.47	26.52	27.75	29.06	31.35	29.67	31.99	34.83	30.56
	平均	12.25	12.57	10.81	13.46	10.64	11.20	11.45	9.22	12.40	13.94	12.61	12.23	11.89
	中央	10.43	12.36	10.08	12.61	8.31	9.75	11.30	6.99	9.66	12.81	11.40	9.81	10.46



経路誤差の算出方法

車両座標に最も近い経路座標 2点を結ぶ直線に対する
車両座標からの直線距離(垂線距離) を経路誤差とする

(参考) 車両制御の安定性評価：直進走行時の前後・横方向の加速度変化 (n=12)

評価内容：

急な加減速の定義については、ISO11270 (※1) を参考に前後方向・横方向ともに 3 m/s^2 を上回った制御を行うこととし、自動走行の評価ログより、走行中の加速度を算出し、自動走行中の制御の安定性について評価した。

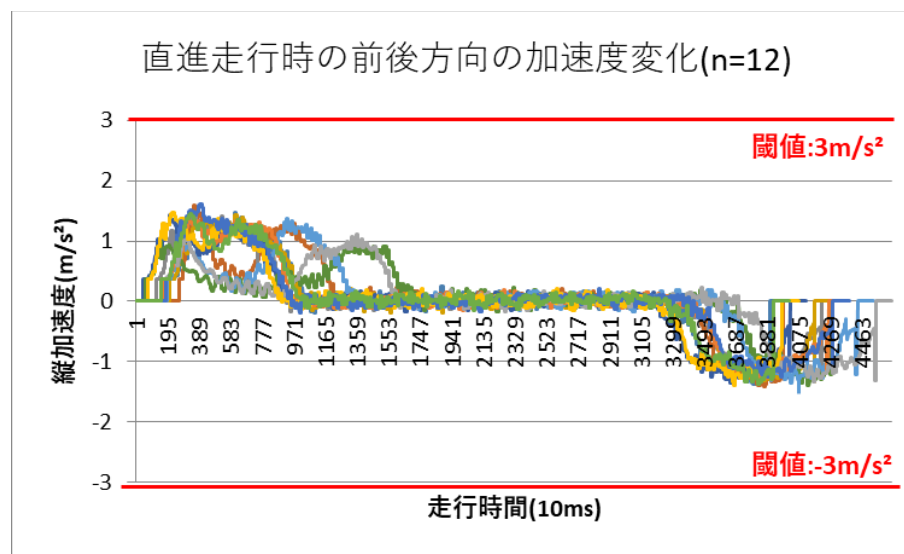
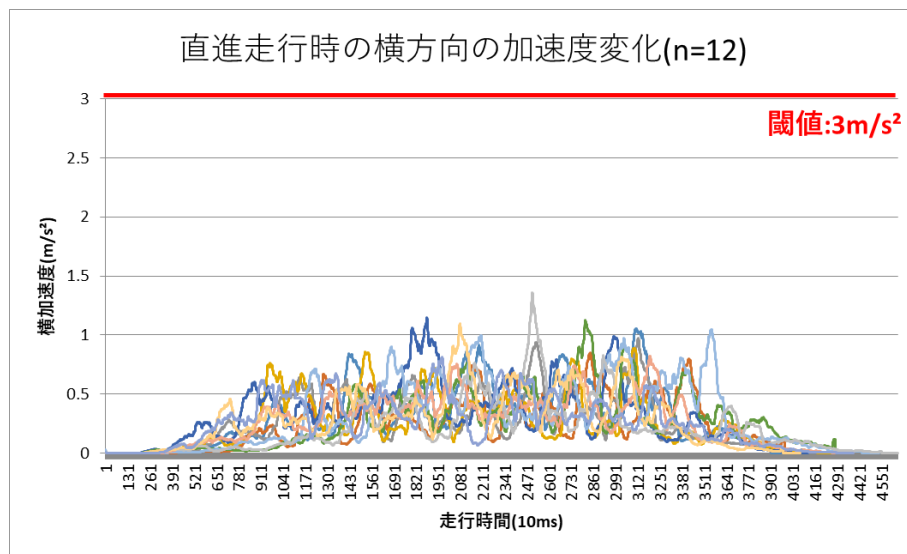
(※1：[Intelligent transport systems — Lane keeping assistance systems \(LKAS\) — Performance requirements and test procedures](#))

結果と考察：

車両制御の安定性は、横方向およびは前後方向ともに 3 m/s^2 を上回る制御はなく、安定した結果がえられた。

ただし、今回の実証では車両速度が 30 km/h と比較的緩やかであったため安定していたと考えられ、

今後、実装に向けては車速を向上させる必要があり、安定性を考慮した車両制御を行っていく必要がある。



(参考) 車両制御の安定性評価：スラローム走行時の前後・横方向の加速度変化 (n=8)

評価内容：

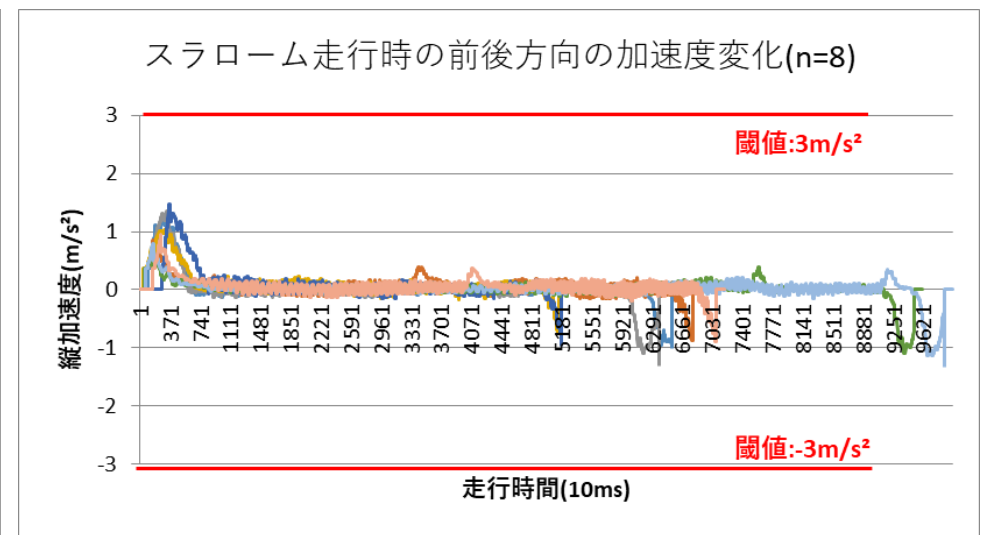
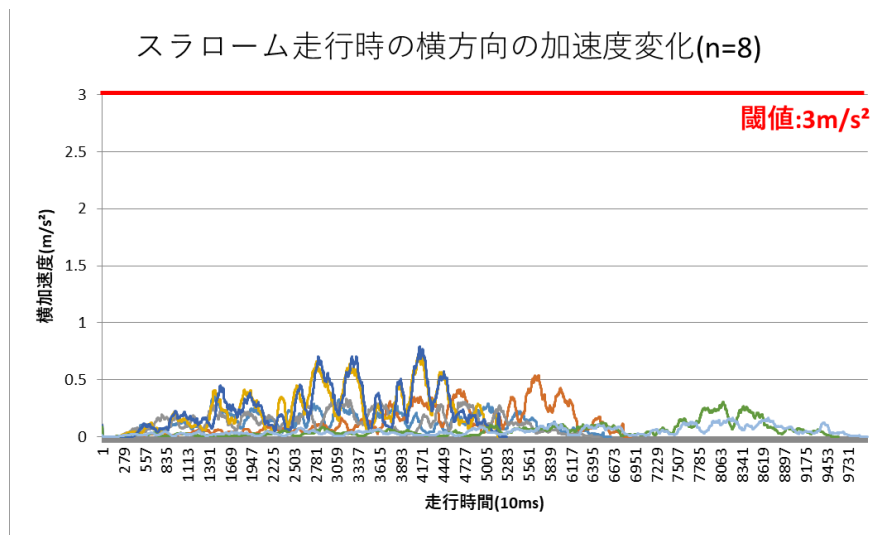
急な加減速の定義については、ISO11270 (※1) を参考に前後方向・横方向ともに 3 m/s^2 を上回った制御を行うこととし、自動走行の評価ログより、走行中の加速度を算出し、自動走行中の制御の安定性について評価した。

(※1：[Intelligent transport systems — Lane keeping assistance systems \(LKAS\) — Performance requirements and test procedures](#))

結果と考察：

車両制御の安定性は、横方向およびは前後方向ともに 3 m/s^2 を上回る制御はなく、安定した結果がえられた。

ただし、今回の実証におけるスラローム走行は車両速度が 20 km/h 以下と比較的緩やかであったため安定していたと考えられ、今後、実装に向けては車速を向上させる必要があり、安定性を考慮した車両制御を行っていく必要がある。



(参考) 測定データ詳細(走行安全性:横方向)

実証デモ含む直進12走行データ及びスラローム8走行 (2026.2.3 稚内空港にて計測)

※各項目について

制御時間：自動走行制御による走行時間

横加速の発生回数：横向き加速度 3 m/s^2 以上が発生した回数

横加速の発生率：横加速の発生回数/制御時間

直進	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
制御時間(秒)	40.01	40.81	43.19	42.72	41.20	43.79	45.35	43.58	46.49	40.74	43.86	40.19
横加速の発生回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
横加速の発生率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

スラローム	1	2	3	4	5	6	7	8
制御時間(秒)	66.38	68.93	64.85	52.53	52.74	96.10	99.88	71.83
横加速の発生回数	0	0	0	0	0	0	0	0
横加速の発生率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



横加速発生判断方法

- 横向きの加速度は操舵量だけでなく車速にも依存している。
例えば、車両が停止していれば操舵しても横向きの加速度は発生しない
逆に高速で移動中であれば僅かな操舵でも横向きの加速度が発生する。
- 単位時間(1秒)あたりの操舵変化量から横加速度を下記式より算出し、
閾値(3m/s^2)を超えていないかを評価する
横向きの加速度 = 操舵変化量 \times 車両速度² / ホイールベース(5.79m) ……※1

※1：参考文献：Rajamani – *Vehicle Dynamics and Control*

(参考) 測定データ詳細(走行安全性:前後方向)

実証デモ含む直進12走行データ及びスラローム8走行 (2026.2.3 稚内空港にて計測)

※各項目について

制御時間：自動走行制御による走行時間

縦加速の発生回数：前後方向の加速度 $\pm 3 \text{ m/s}^2$ 以上が発生した回数

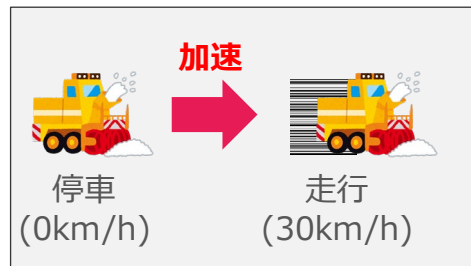
縦加速の発生率 = 縦加速の発生回数/制御時間

直進	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
制御時間(秒)	40.01	40.81	43.19	42.72	41.20	43.79	45.35	43.58	46.49	40.74	43.86	40.19
縦加速発生回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
縦加速発生率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

スラローム	1	2	3	4	5	6	7	8
制御時間(秒)	66.38	68.93	64.85	52.53	52.74	96.10	99.88	71.83
縦加速発生回数	0	0	0	0	0	0	0	0
縦加速発生率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

縦加速発生の判断方法

- ・自動走行時に取得している车速値の単位時間(1秒)あたりの変化量で判断する
- ・縦加速、と記載しているが加速と減速の両方を評価対象としており
加速度または減速度が $\pm 3 \text{ m/s}^2$ を超えていないかを評価する



(参考) プラウ有無による走行特性の差異

評価内容：

本実証では自動走行機能の実装過程にて、プラウを装備していないトラック単体での走行評価および

プラウを取り付けた状態での走行評価を行っており、特に違いがみられた時速30km程度の定速走行にて、その走行特性の違いについて考察する。

結果と考察：

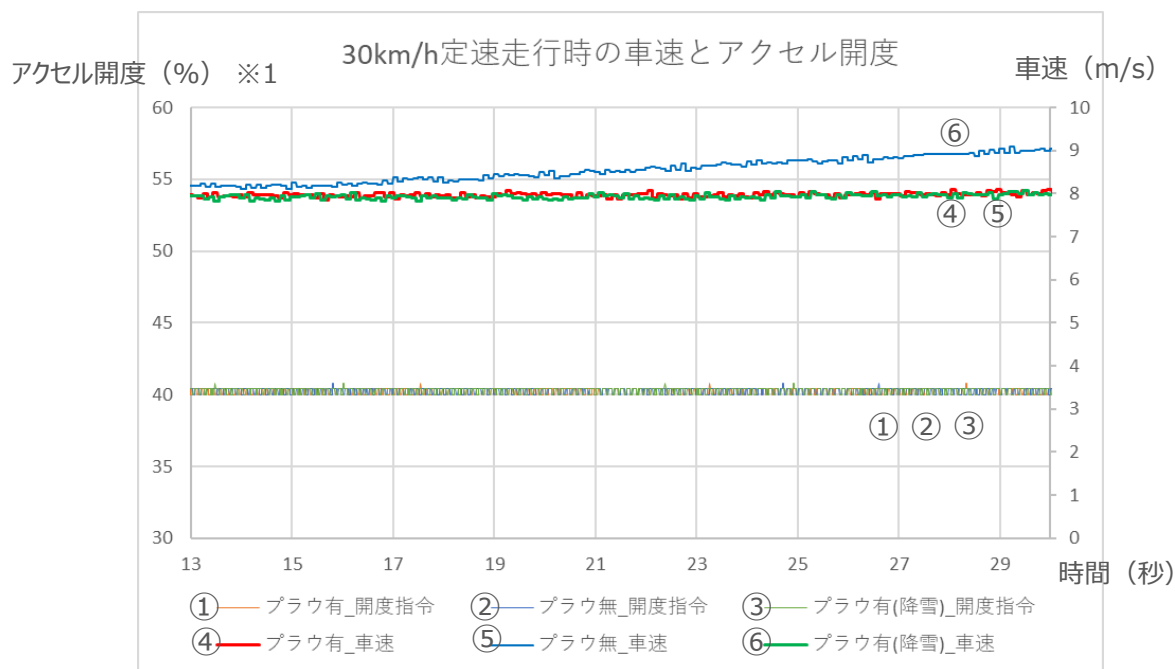
アクセル開度（踏み込み量）については、プラウの有無にかかわらず同様の制御（グラフ①②③）を行っているが、

車速の変化はプラウなし（グラフ④）の方が上昇する傾向が見られた。

プラウは約3tの重量があり、車両重量に対して約1割を占めている。

このことから、一定の車速を維持するためには、少なくとも車両重量の変化およびアクセル開度の2つのパラメータを考慮しながら車速制御を行う必要があることが分かった。

また滑走路は除雪済みの状態であったため、顕著な降雪の影響は確認できなかった。



※1) アクセル開度は、100%で最大の踏み込み量、50%で半分の踏み込み量となる

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ローカル5G	高速大容量な通信の実現	ULスループット (走行中) 1Mbps以上	ULスループット (走行中) 及び (定点) においてどちらも、 最大値、平均値、中央値ともに目標値を達成した。 以下に結果を示す ●ULスループット (走行中) ○1走行目 最大値：90.4Mbps 平均値：69.7Mbps 中央値：69.4Mbps ○2走行目 最大値：90.4Mbps 平均値：72.8Mbps 中央値：79.9Mbps ○3走行目 最大値：90.4Mbps 平均値：71.7Mbps 中央値：69.4Mbps ●ULスループット (定点) ○1回目 最大値：95.9Mbps 平均値：86.8Mbps 中央値：85.4Mbps ○2回目 最大値：95.9Mbps 平均値：86.8Mbps 中央値：85.4Mbps ○3回目 最大値：95.9Mbps 平均値：87.2Mbps 中央値：85.4Mbps	測定には走行中の場合3走行分、定点の場合30秒×3回の測定を実施し、それぞれで最大値、平均値、中央値を出して分析しているため、単に目標値を上回ったかどうかの確認にとどまらず、アウトカムを十分評価できる十分な水準のデータが取得できていると考える。 走行中の目標値である「1Mbps以上」は、過去の実証結果に基づき、遠隔監視用映像 (Full HD・30fps) を成立させるための最低限の通信要件として設定したものである。今回の実証では、 平均値・中央値ともに目標値を大きく上回る結果が得られており一時的な変動が発生した場合でも、目標値を下回らない水準を維持していることから、目標値を達成することで実装につなげられると判断できる妥当な水準 であったと評価できる。また定点の75Mbps以上という目標値についても、将来的に1車庫あたり最大5系統 (車両映像 + 監視映像) を同時にアップロードする実運用を想定した設定であり、 今回の結果から、平均値、中央値ともに目標値を達成できており、実装フェーズにおいても十分成立する水準 であることを確認できた。 走行中の測定結果において、走行開始から10~20秒程度経過したタイミングで一時的にスループットが低下する現象が確認された。この現象は、ローカル5Gアンテナ分岐構成における電波の死角となる箇所を除雪車が通過するタイミングと一致しており、電波設計上想定される挙動であると考えられる。一方で、このスループット低下が発生している区間においても、遠隔監視に必要な最低スループット (1Mbps以上) は確保できていることから、実運用上、致命的な影響は生じないことが確認できた。
		ULスループット (定点) 75Mbps以上		

次ページに続く

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ローカル5G	高速大容量な通信の実現	ULスループット (走行中) 1Mbps以上 ULスループット (定点) 75Mbps以上		<p>参考として以下の方法で取得した走行中スループット結果についても記載する。</p> <p>○LTE LTE単体では平均値としては1Mbps以上を満たすものの、瞬間的に0Mbpsとなるケースが確認された。これは、公衆網特性（ベストエフォート）により、時間帯・場所によって映像品質への影響によるものと考えられる。</p> <p>○ボンディング（ローカル5G×LTE） ボンディングでは、ローカル5G単体よりスループットは劣るものの、目標値（1Mbps以上）を安定して達成しており、映像伝送用途として十分な性能を確認できた。</p> <p>また、ローカル5Gの電波伝搬範囲測定により、1アンテナ方向あたり約750m（2方向で約1.5km）まで、目標スループット（1Mbps以上）および電波強度（-130dBm以上）を満たすことが確認できている。</p> <p>以上の結果を踏まえ、費用対効果と実装性を考慮すると、実装時には以下の構成が有効である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●滑走路内 ○ボンディング（ローカル5G×LTE） LTEのみでは目標スループットを満たさない区間を補完する形で、ローカル5Gエリアを重点的に構築。 ○ローカル5G単体 移動基地局車を活用する場合、稚内空港では2～3台程度で滑走路全域をカバーできる可能性があり、走行中の大容量データアップロードおよび遠隔管制の高度化が期待できる。 ●定点（車庫内） ○ローカル5G単体 人の出入りが多く危険性の高いエリアであるため、ローカル5Gを用いた高精細映像の大容量アップロードによる常時監視が有効である。

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ローカル5G	低遅延通信の実現	遅延時間 500ms以下	<p>遅延時間（走行中）及び（定点）のどちらも最大値、最小値、中央値ともに目標値を達成した。以下に結果を示す</p> <p>●遅延時間（走行中）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○1回目 最大値：124ms 最小値：57ms 平均値：102ms ○2回目 最大値：107ms 最小値：35ms 平均値：83ms ○3回目 最大値：124ms 最小値：56ms 平均値：101ms <p>●遅延時間（定点）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○1回目 最大値：339ms 最小値：214ms 平均値：277ms ○2回目 最大値：312ms 最小値：248ms 平均値：275ms ○3回目 最大値：305ms 最小値：199ms 平均値：262ms 	<p>測定には、スループットと同様、走行中の場合3走行分、定点の場合30秒×3回の測定を実施し、それぞれで最大値、最小値、平均値を出して分析しているため、単に目標値を上回ったかどうかの確認にとどまらず、アウトカムを十分評価できる十分な水準のデータが取得できていると考える。</p> <p>本実証で設定した遅延時間500ms以下という目標値は、除雪車の平均走行速度（約30km/h）、冰雪路面における制動距離、周辺車両との十分な車間距離を考慮したうえで、遠隔監視による危険検知・判断が実用上成立する上限値として設定した。今回の実証結果では、 走行中：最大でも124ms 定点：最大でも339ms そして平均値としても 走行中：83-102ms 定点：262-277ms と、目標値に対して十分な余裕をもって下回る結果が得られており、目標値を達成することで実装に移行できる、妥当かつ現実的な水準で設定できていたと考える。</p> <p>走行中と定点の遅延時間を比較すると、定点の遅延時間の方が走行中よりも高い水準となっている。この差については、測定パケットの受信側である遠隔監視PCがLTE公衆網を利用していたこと遠隔監視PCの設置位置や通信状況、測定タイミングの差といった要因が影響していると考えられる。これは通信方式および測定構成に起因するものであり、想定内の結果と考える。また、いずれのケースにおいても目標値（500ms以下）を大きく下回っており、実運用上の安全性・操作性に影響を及ぼすレベルの遅延増加は確認されなかった。</p> <p>次ページに続く</p>

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

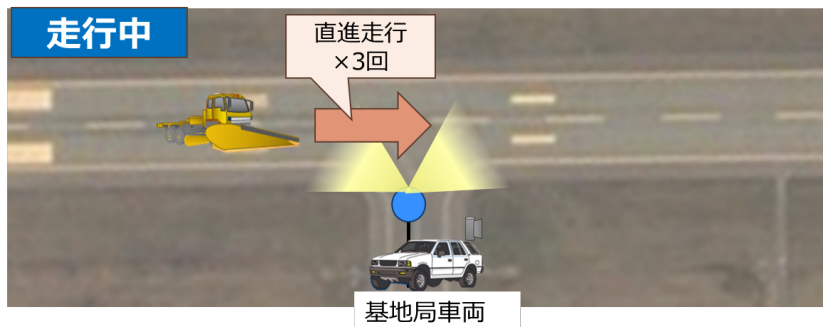
② 検証項目ごとの結果

b. 技術面

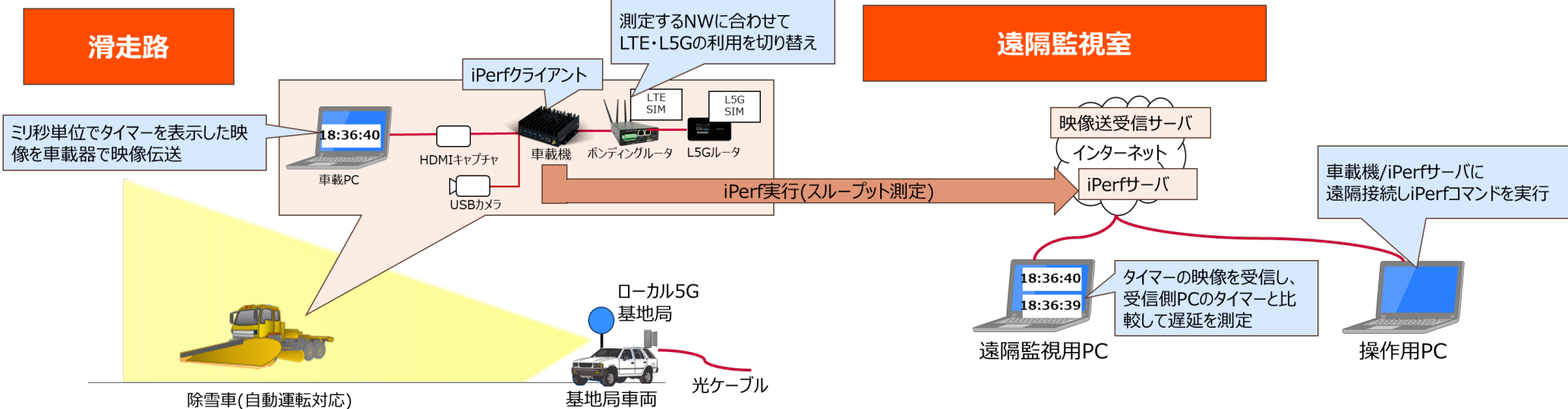
ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
ローカル5G	低遅延通信の実現	遅延時間 500ms以下		<p>自動運転の遠隔監視では、単に遅延が小さいだけでなく、遅延のばらつき（スパイクの有無）が映像の見やすさに影響するため、その観点で比較分析を行った。</p> <ul style="list-style-type: none">●ローカル5G 遅延の中央値は82msと最も低く、ばらつき（IQR）も67.5msと小さく、比較した方式の中で最も低遅延かつ安定した通信品質を示した。●ボンディング（ローカル5G×LTE） 中央値は115.5msと低水準である一方、IQRは117msとやや大きく、瞬間的な遅延スパイクが確認された。ただし、実際の映像確認ではローカル5G単体と比べて大きな品質差は認められなかった。●LTE 単体遅延の中央値自体が314msと高く、スパイクも多く分布が広い ため、リアルタイム性が求められる映像伝送用途では不安定さが残る結果となった。 <p>以上の結果より、遅延の観点からは 走行中映像伝送：ボンディング方式 定点での高精細映像伝送：ローカル5G単体 で実装を進めていくことが望ましいと考えられる。</p>

(参考) 測定方法 (スループット・遅延 走行中)

直進走行を3回実施し、走行中の遅延およびスループットを同時に測定する。



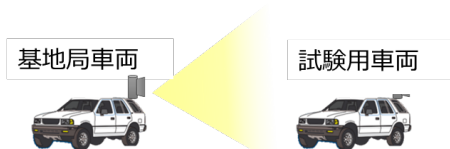
項目	測定対象区間	測定NWパターン	計測回数
ULスループット (走行中)	車載器～iPerfサーバ	①ローカル5G ②ボンディング ③LTE	3走行
遅延時間 (走行中)	車載PC～遠隔監視用PC	①ローカル5G ②ボンディング ③LTE	3走行



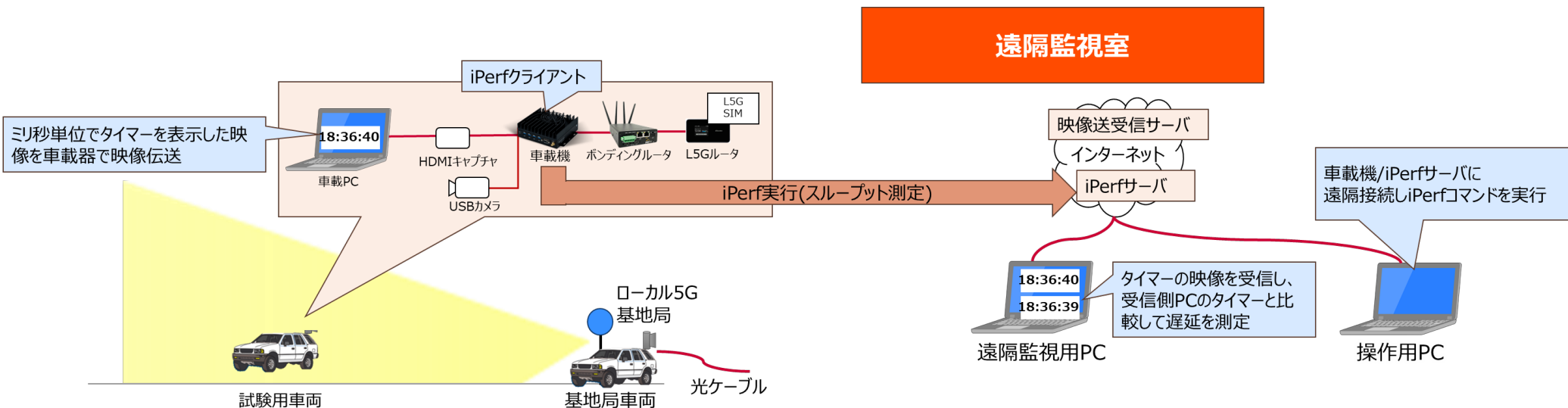
(参考) 測定方法 (スループット・遅延 定点)

定点にて連続する30秒間の遅延およびULスループットを同時に3回測定する。

定点

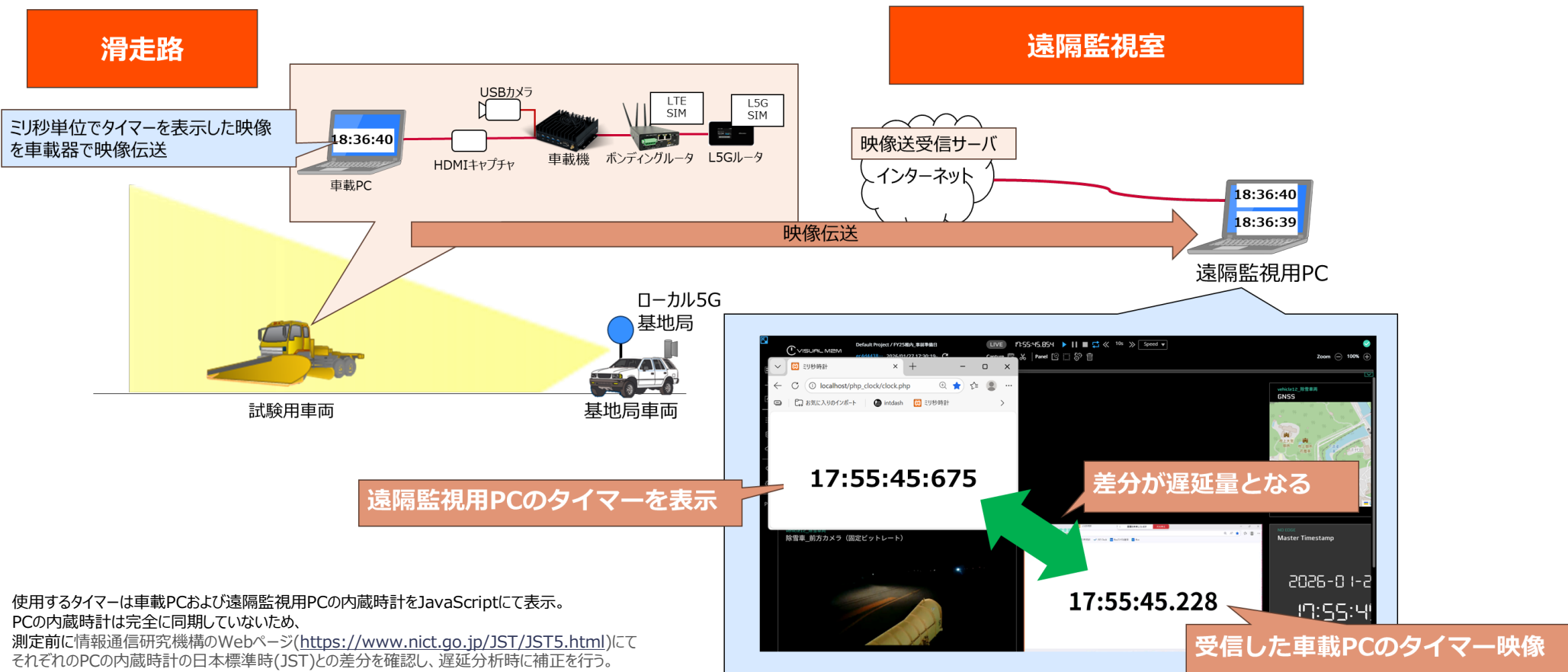


項目	測定対象区間	測定NWパターン	計測回数
ULスループット (定点)	車載器～iPerfサーバ	ローカル5G	30秒×3回
遅延時間 (定点)	車載PC～遠隔監視用PC	ローカル5G	30秒×3回



(参考) 測定方法 (遅延 詳細)

遅延計測の詳細を以下に示す。



(参考) スループット (定点)

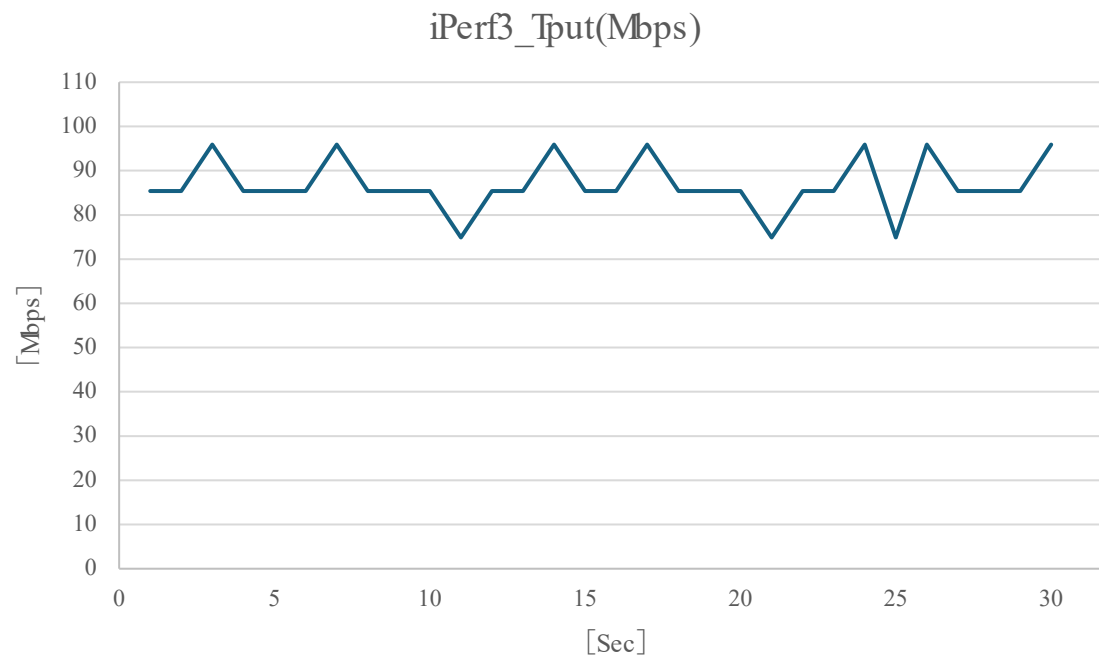
- 定点でのローカル 5 Gスループットを30秒間×3サンプルで、iPerfにて測定
- いずれも、目標とする75Mbpsを上回る平均スループットを出せていた

● 1回目

最大値 : 95.9Mbps

平均値 : 86.8Mbps

中央値 : 85.4Mbps



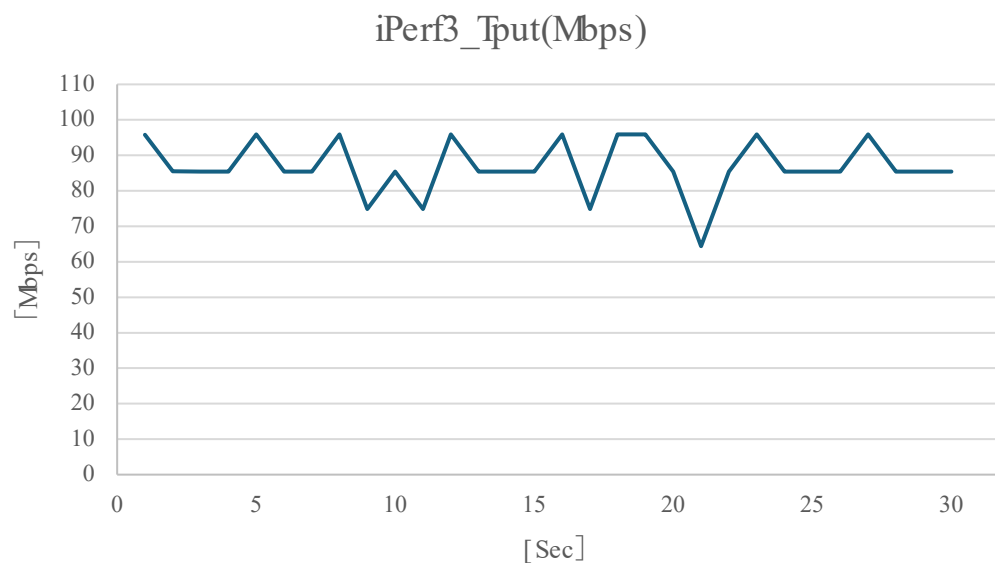
(参考) スループット (定点)

● 2回目

最大値 : 95.9Mbps

平均値 : 86.8Mbps

中央値 : 85.4Mbps

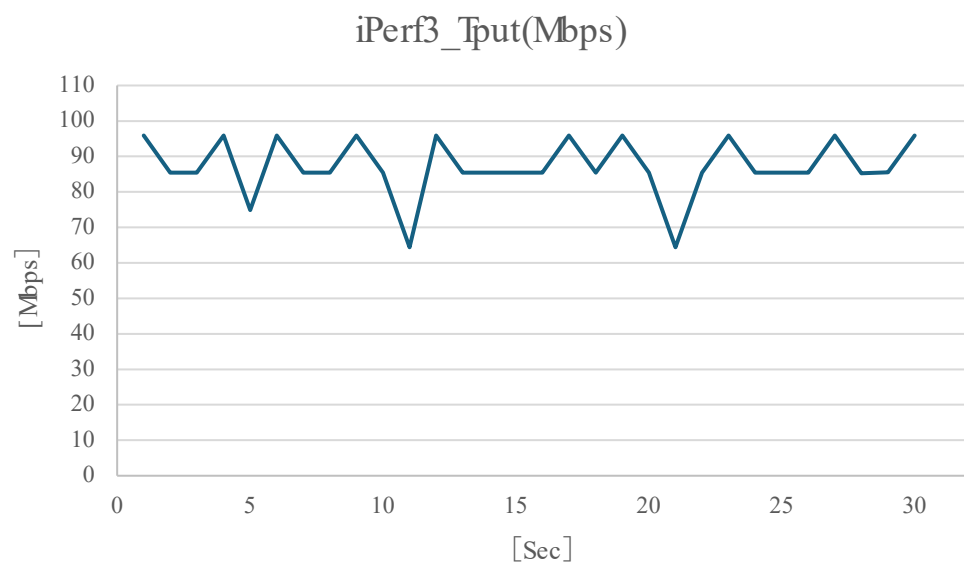


● 3回目

最大値 : 95.9Mbps

平均値 : 87.2Mbps

中央値 : 85.4Mbps



(参考) スループット (走行中) ローカル5G

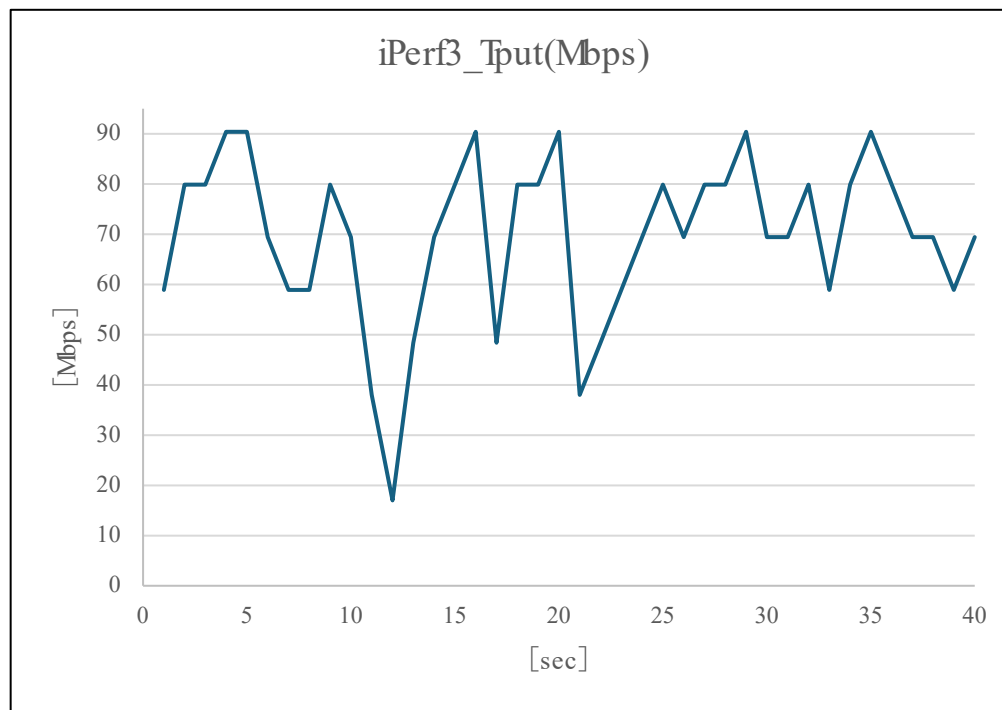
- 走行中でのローカル5Gスループットを1走行×3サンプルで、iPerfにて測定
- いずれも、目標とする1Mbpsを上回る平均スループットを出せていた

● 1回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 69.7Mbps

中央値 : 69.4Mbps



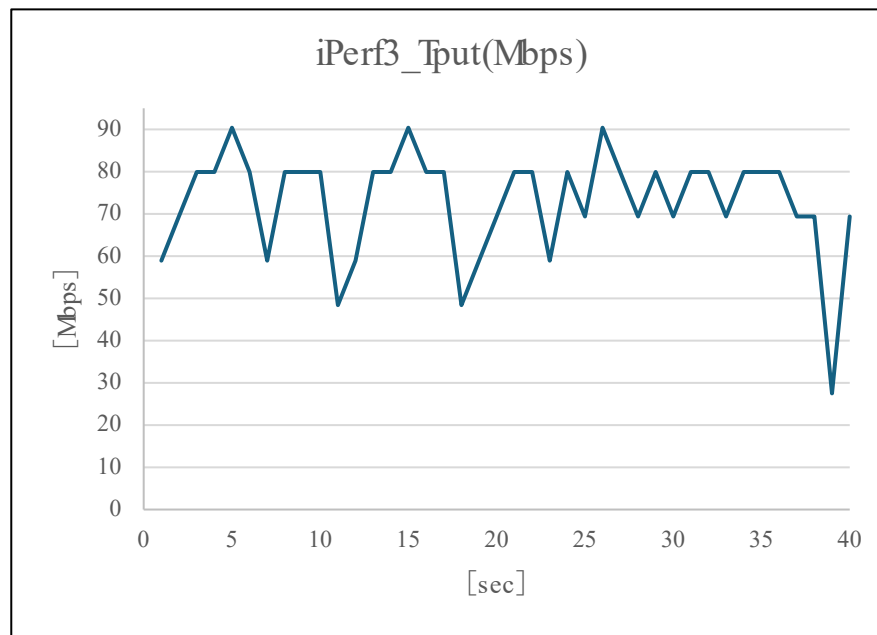
(参考) スループット (走行中) ローカル5G

● 2回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 72.8Mbps

中央値 : 79.9Mbps

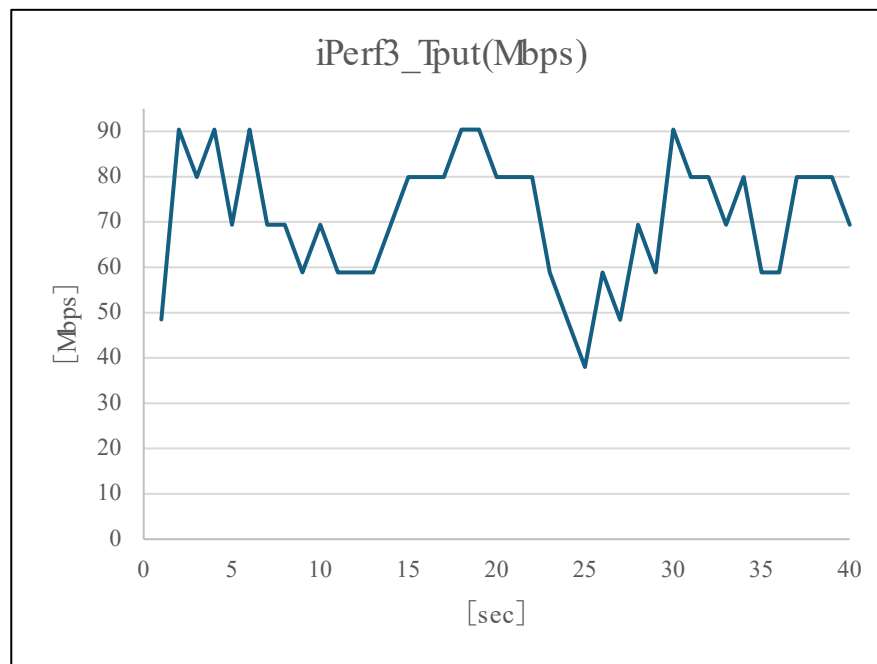


● 3回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 71.7Mbps

中央値 : 69.4Mbps



(参考) スループット (走行中) LTE

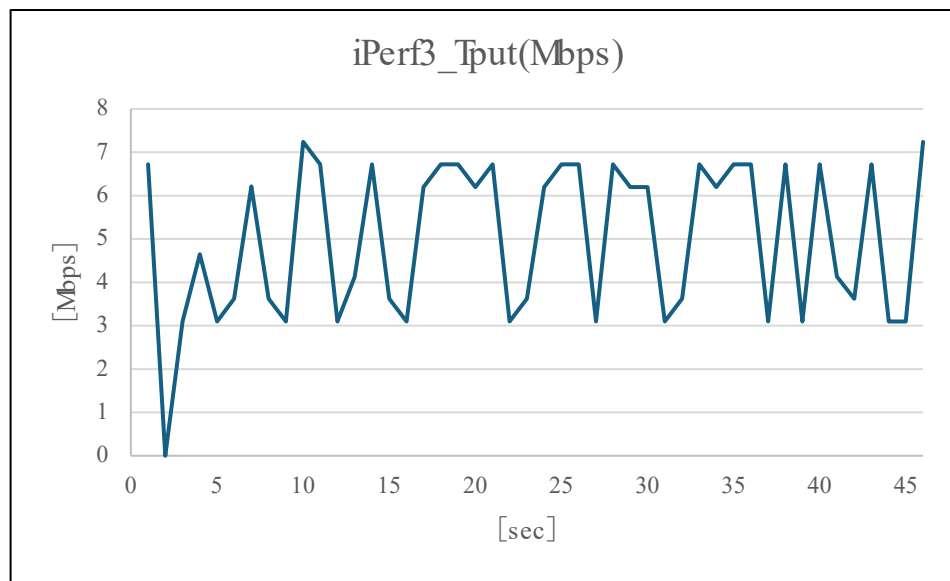
- 走行中でのLTEスループットを 1 走行×3サンプルで、iPerfにて測定
- 平均値としては目標とする1Mbpsを上回るスループットを出せていた
- スループットが出ない (0Mbpsとなる) タイミングもあったため、キャリア公衆網のみを使う場合は注意が必要

● 1回目

最大値 : 7.2Mbps

平均値 : 5.0Mbps

中央値 : 6.2Mbps



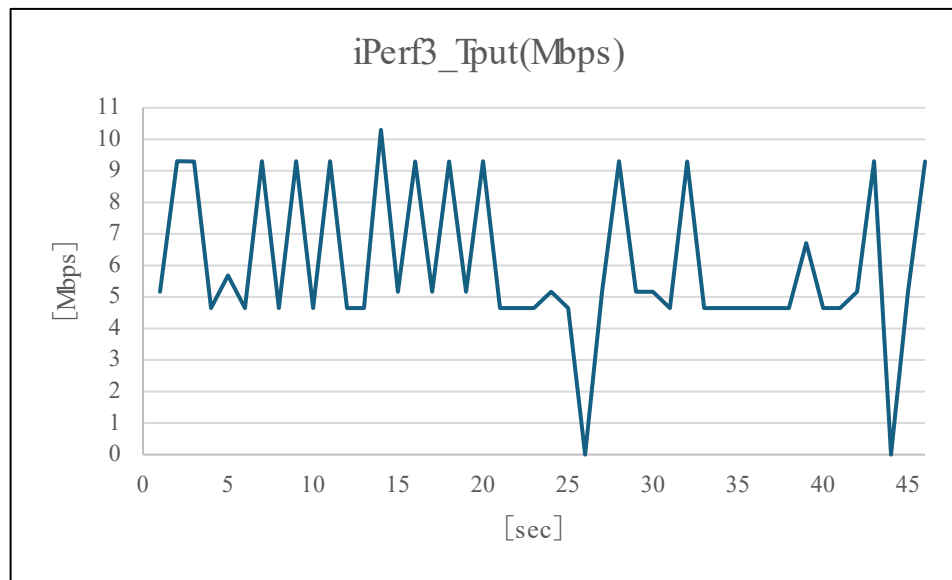
(参考) スループット (走行中) LTE

● 2回目

最大値 : 10.3Mbps

平均値 : 6.0Mbps

中央値 : 5.2Mbps

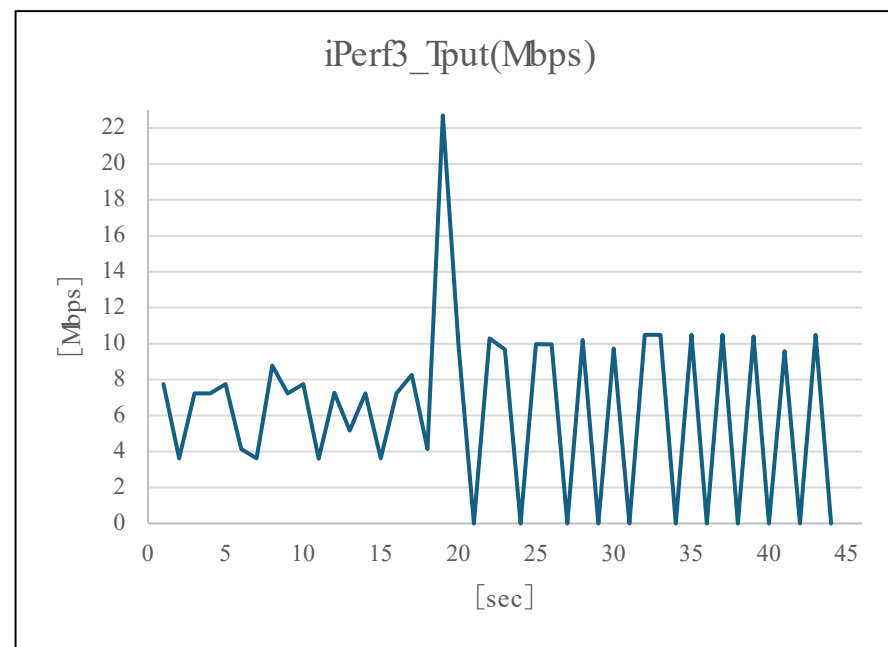


● 3回目

最大値 : 22.7Mbps

平均値 : 6.3Mbps

中央値 : 7.2Mbps



(参考) スループット (走行中) ボンディング

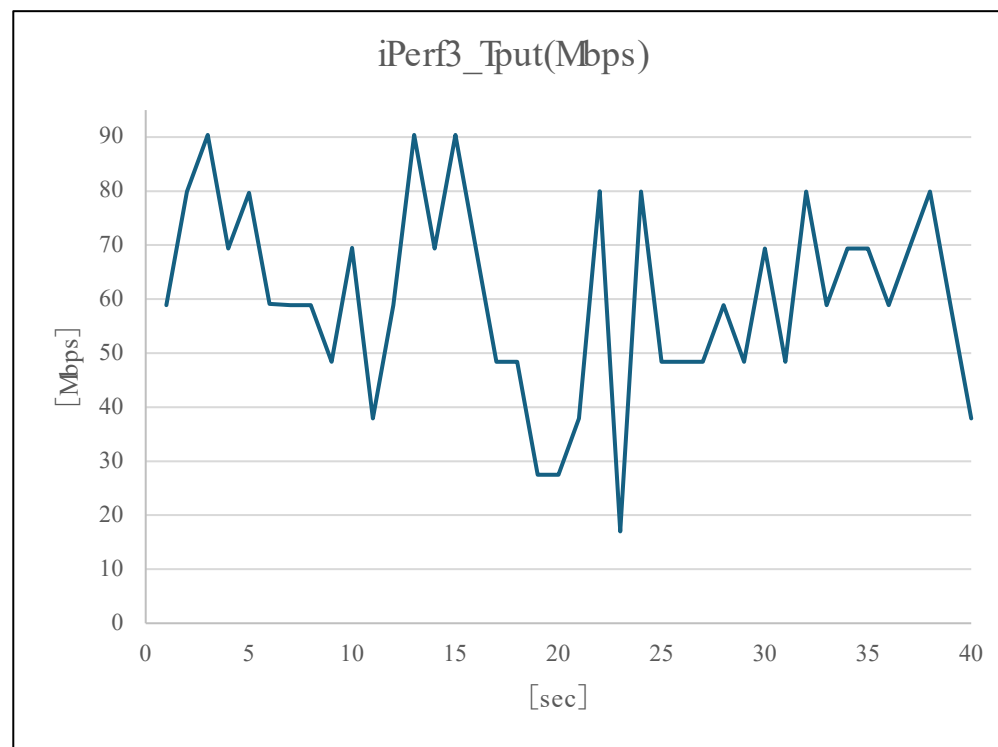
- 走行中でのボンディング (ローカル 5 G×LTE) スループットを 1 走行×3サンプルで、iPerfにて測定
- 平均値としては目標とする1Mbpsを上回るスループットを出せていた
- ローカル 5 G単体での平均スループットには劣るが、走行中の監視映像には十分な品質を満たせていた

● 1回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 59.7Mbps

中央値 : 58.9Mbps



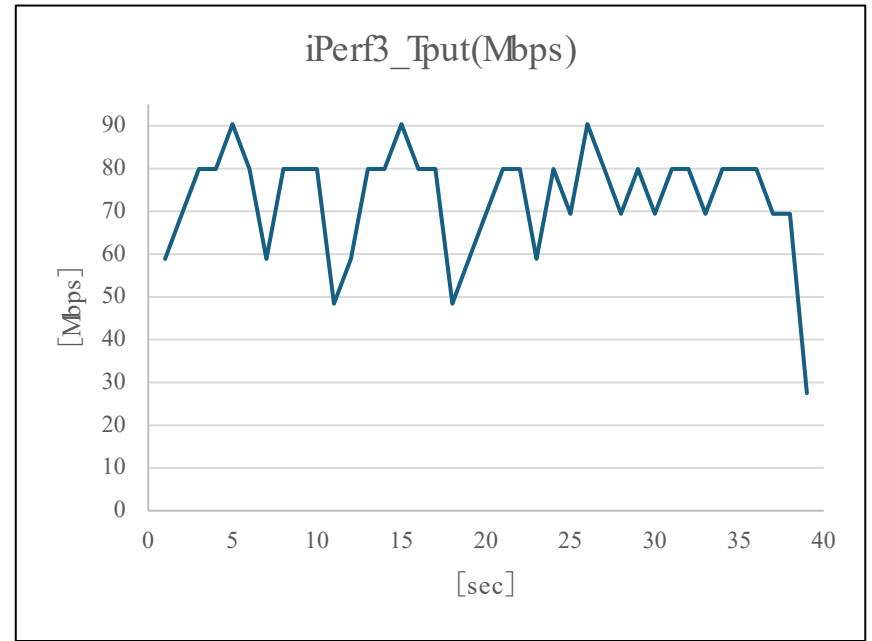
(参考) スループット (走行中) ボンディング

● 2回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 72.9Mbps

中央値 : 79.9Mbps

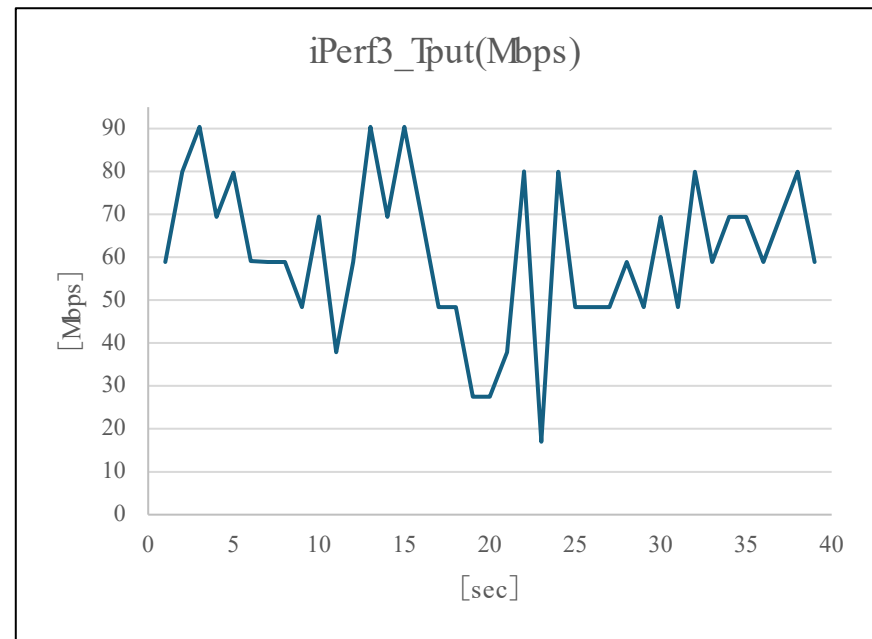


● 3回目

最大値 : 90.4Mbps

平均値 : 60.8Mbps

中央値 : 58.9Mbps



(参考) 遅延 (定点測定) ローカル5G

- 定点 (車庫D前広場) にてローカル5G通信の遅延を、ミリ秒時計表示の差 (車載PCと遠隔監視PCの差) で測定
- 目標値の遅延500ms以下を達成した

● 1回目

最大値 : 339ms

最小値 : 214ms

平均値 : 277ms

中央値 : 266ms

最大値と最小値の幅 : 125ms

● 2回目

最大値 : 312ms

最小値 : 248ms

平均値 : 275ms

中央値 : 265ms

最大値と最小値の幅 : 64ms

● 3回目

最大値 : 305ms

最小値 : 199ms

平均値 : 262ms

中央値 : 266ms

最大値と最小値の幅 : 106ms

● 1~3回目を通して見た場合

最大値 : 339ms

最小値 : 199ms

平均値 : 271ms

中央値 : 266ms

最大値と最小値の幅 : 140ms

(参考) 遅延 (走行中) ローカル5G

- 走行中のローカル5G通信の遅延を、ミリ秒時計表示の差 (車載PCと遠隔監視PCの差) で測定
- 目標値の遅延500ms以下を達成した

● 1回目

最大値 : 124ms

最小値 : 57ms

平均値 : 102ms

中央値 : 106ms

最大値と最小値の幅 : 67ms

● 2回目

最大値 : 107ms

最小値 : 35ms

平均値 : 83ms

中央値 : 90ms

最大値と最小値の幅 : 72ms

● 3回目

最大値 : 124ms

最小値 : 56ms

平均値 : 101ms

中央値 : 108ms

最大値と最小値の幅 : 68ms

● 1~3回目を通して見た場合

最大値 : 124ms

最小値 : 35ms

平均値 : 95ms

中央値 : 104ms

最大値と最小値の幅 : 89ms

(参考) 遅延 (走行中) ボンディング

- 走行中のLTE通信の遅延を、ミリ秒時計表示の差 (車載PCと遠隔監視PCの差) で測定
- 目標値の遅延500ms以下を達成した

● 1回目

最大値 : 153ms

最小値 : 56ms

平均値 : 93ms

中央値 : 89ms

最大値と最小値の幅 : 97ms

● 2回目

最大値 : 190ms

最小値 : 78ms

平均値 : 108ms

中央値 : 102ms

最大値と最小値の幅 : 112ms

● 3回目

最大値 : 173ms

最小値 : 56ms

平均値 : 102ms

中央値 : 75ms

最大値と最小値の幅 : 117ms

● 1~3回目を通して見た場合

最大値 : 190ms

最小値 : 56ms

平均値 : 101ms

中央値 : 90ms

最大値と最小値の幅 : 134ms

(参考) 遅延 (走行中) LTE

- 走行中のLTE通信の遅延を、ミリ秒時計表示の差 (車載PCと遠隔監視PCの差) で測定
- LTEについても測定した時間においては、目標値の500ms以下を達成した

● 1回目

最大値 : 380ms

最小値 : 231ms

平均値 : 281ms

中央値 : 270ms

最大値と最小値の幅 : 149ms

● 2回目

最大値 : 563ms

最小値 : 248ms

平均値 : 317ms

中央値 : 264ms

最大値と最小値の幅 : 315ms

● 3回目

最大値 : 456ms

最小値 : 212ms

平均値 : 291ms

中央値 : 281ms

最大値と最小値の幅 : 244ms

● 1~3回目を通して見た場合

最大値 : 563ms

最小値 : 212ms

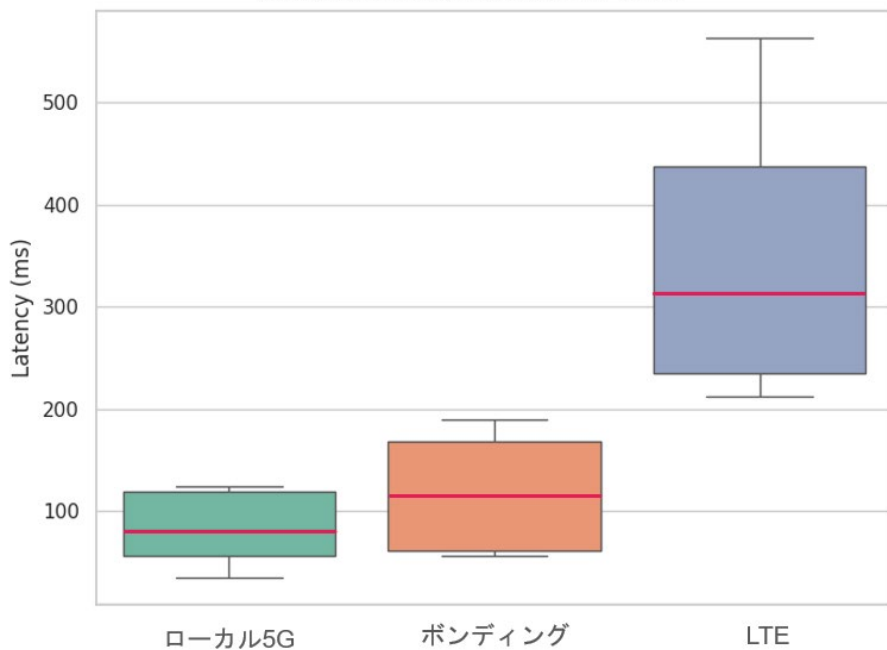
平均値 : 297ms

中央値 : 281ms

最大値と最小値の幅 : 351ms

(参考) 遅延測定 遅延のばらつき

通信方式ごとの遅延のばらつき (IQR)



遅延の測定結果比較表

	最大値(ms)	最小値(ms)	3回の変動幅 (最大-最小)	中央値	IQR <small>※真ん中50%の幅</small>
ローカル5G	124/107/124ms	57/35/56ms	67/72/68ms	82ms	67.5ms
ボンディング(ローカル5G+LTE)	153/190/173ms	56/78/56ms	97/112/117ms	115.5ms	117ms
LTE	380/563/466ms	231/248/212ms	149/315/244ms	314ms	225ms

【説明】

- 各通信方式ごとの走行を通しての遅延値のばらつきや分布の特徴を四分位数による グラフ (= 箱ひげ図) に示した
- グラフの赤ラインが遅延の中央値、箱の縦幅が狭い方が遅延のブレ幅が少ない (安定している) ことを示す
- 箱の下限ラインはデータ下位25%の境界、箱の上限ラインはデータ上位25%の境界である
- 箱から上下に伸びているひげ (ライン) は外れ値を除いた最大値/最小値である

※映像伝送では箱 (IQR) が小さいほど**フレーム遅延が安定しており、視聴品質や制御応答が良い**と判断できる

(参考) スループット (複数定点) ローカル5G

- アンテナから電波を発射する方向に対して複数ポイントで上りスループットを測定
- 映像監視に必要な1Mbps以上のスループットを、片方向約750m程度までの距離で満たせることが確認できた



測定ポイント	RSRP(dBm) ※電波の受信強度	上り通信速度(Mbps)	測定ポイント	RSRP(dBm) ※電波の受信強度	上り通信速度(Mbps)	測定ポイント	RSRP(dBm) ※電波の受信強度	上り通信速度(Mbps)	測定ポイント	RSRP(dBm) ※電波の受信強度	上り通信速度(Mbps)
①	-83.9	83	⑦	-110.6	38.5	⑬	-84.2	85.7	⑲	-106.9	57.2
②	-100.6	81.4	⑧	-115.2	23	⑭	103.3	89.4	⑳	-108	36.3
③	-104.2	69.2	⑨	-120	20	⑮	-111.9	30.5	㉑	-113.3	42.6
④	-122.2	26.2	⑩	-119.2	15.6	⑯	-106.8	60.8	㉒	-115	77.9
⑤	-105.5	28.4	⑪	121.1	13.7	⑰	-108.6	85.3			
⑥	-109.6	39.6	⑫	-125	11.5	⑱	-105.5	79.2			

- スループットはPerfにて、1か所30秒で測定し、平均値を記載
- 電波強度 (RSRP) が-130dBmを下回ると圏外になるため、-130dBm以上の電波強度が出る箇所を上りスループットを測定

(参考) ローカル5G、キャリア網(LTE)、ボンディングの比較考察

	ローカル5G	公衆網(LTE)	ボンディング
スループット (定点、実測値)	平均値： 1回目86.8Mbps 2回目86.8Mbps 3回目87.2Mbps	—	—
スループット (走行中、実測値)	平均値： 1回目69.7Mbps 2回目72.8Mbps 3回目71.7Mbps	平均値： 1回目5.0Mbps 2回目6.0Mbps 3回目6.3Mbps	平均値： 1回目59.7Mbps 2回目72.9Mbps 3回目60.8Mbps
遅延(定点、実測値)	平均値： 1回目275ms 2回目277ms 3回目262ms	—	—
遅延(走行中、実測値)	平均値： 1回目102ms 2回目83ms 3回目101ms	平均値： 1回目281ms 2回目317ms 3回目291ms	平均値： 1回目93ms 2回目108ms 3回目102ms
傾向	パフォーマンスが一定 ※アンテナ分岐による死角箇所でもスループットは安定	ベストエフォート回線のため、映像品質に影響が出る恐れがある	ローカル5G単体よりは劣るが、映像伝送には十分なスループットが確保できることを確認
その他	遮蔽物等が無い場合、想定よりも広いエリアをカバー可能 (当初は300m弱を想定していたが、実測では750m弱まで拡大)		
実装・横展開時における主な利用用途	・カメラ画像を伝送し、将来的には、遠隔操作や周辺環境の把握等を実施	・自動運転で走行する除雪車両の走行位置等の把握	・カメラ画像を伝送し、将来的には、遠隔操作や周辺環境の把握等を実施

(参考) 将来的な実装を見据えたローカル5Gの有意性

	ローカル5Gの有意性	実装を見据えたポイント
1.	高セキュリティ	ローカル5Gは第三者の侵入を物理的に防ぐことができるため、閉域網としての構築・運用が可能。そのため、システムに侵入され自動運転や遠隔操作を乗っ取られるというリスクを極小化することが可能になる。
2.	遅延時間が一定 且つ、無線帯域が占有できるため、 他の通信の影響を受けづらい	将来的な遠隔操作や自動運転の組み込み設計時に予め、“想定される一定の遅延時間”を見込むことができるため、プログラム開発設計の効率化が図れる。 複数台の除雪車を遠隔監視する際、除雪車の現在位置を的確、且つ、リアルタイムに把握することが可能なため、現在の無線による現在位置確認等の業務を省力化することが可能になる。
3.	遅延時間が極小	除雪車同士の通信、除雪車と遠隔監視との通信に要する遅延時間が極小であるため、除雪車走行位置の補正や緊急時の遠隔操作による安全操作がほぼリアルタイムに実施することが可能になる。
4.	空港の滑走路という障壁物が無い エリアのため、期待するスループットが 出るエリアが広がる	制限区域にローカル5Gの基地局を設置するのではなく、非制限区域にローカル5Gを設置すること、台数も減らすことで、ローカル5Gのイニシャルコスト、ランニングコストの削減が可能になる。

なお、複数台数で同時に通信を行った場合のスループットや遅延時間の変化等は別途、実証が必要になると考えます。

<補足>

日本国内の空港において「滑走路のローカル5Gエリア化」は、今回の稚内空港での実証が初の事例となります(当社調べ)そのため、どのようなリスクが想定されるか不透明な部分があったため、事前に同様の環境を実際に構築し、全体の流れをシミュレーションしつつ、事前に課題やリスク等の洗い出しと改善点の検討等、リハーサルを実施しました。それにより、当日も特に大きな問題も発生することなく、実証を行うことができました。

なお、事前のリハーサルにて、「作業手順の見直しによる作業時間の更なる短縮」、「光ケーブル破損リスクを極小化するための保護部材の導入」などの改善を図ることができました。

(参考) 映像品質 定性評価

- 遠隔監視室への伝送映像が遠隔監視に適用可能か、除雪車運転手・オペレーターへヒアリングを実施
- 稚内空港17名、青森空港2名の運転手・オペレーターを対象に、夜間走行時の映像にて実施
- 約63%の運転手・オペレーターにて「適用可能」「条件次第で適用可能」と回答が得られた

- 稚内空港、青森空港の運転手・オペレーター計19名を対象に、本実証で走行中に除雪車両から伝送した遠隔監視用の映像が、遠隔監視に適用可能かをヒアリング
- ヒアリングは、遠隔監視映像を確認いただいたうえで4段階評価の項目へ回答いただくことで集計した

結果は以下の通りとなった。

※その他ヒアリングによるコメントは次ページ以降に記載

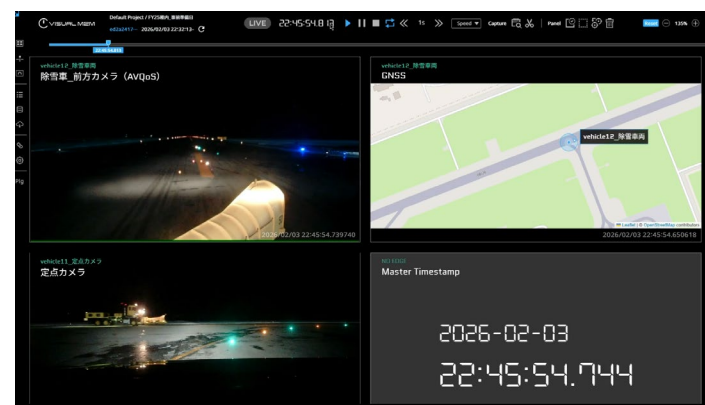
- 稚内空港（17名）適用可能、条件次第で適用可能 **58.8%**

- ① 適用可能：8名
- ② 条件次第で適用可能：2名
- ③ 適用は難しい：0名
- ④ わからない：7名

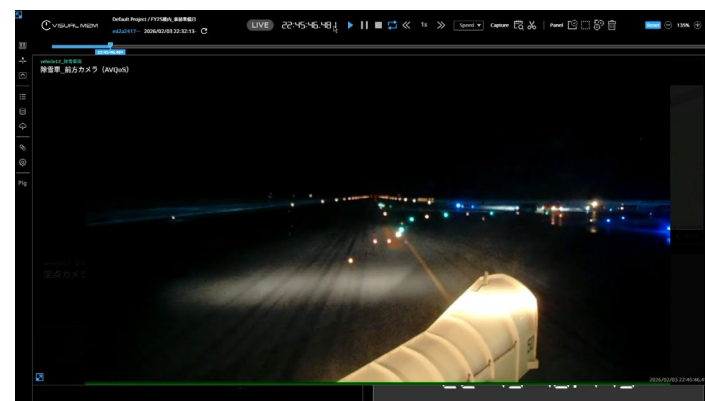
- 青森空港（2名）適用可能、条件次第で適用可能 **100%**

- ① 適用可能：2名
- ② 条件次第で適用可能：0名
- ③ 適用は難しい：0名
- ④ わからない：0名

- 合計（19名）適用可能、条件次第で適用可能 **63.2%**



intdash全体



走行映像拡大

(参考) 映像品質 定性評価 (稚内空港様)

- 画角、遅延、映像品質については問題ないことを確認
- 吹雪のような視界不良の際にも周囲を確認することが必要であるという懸念がある

コメント

稚内空港

・現場代理人
・オペレータ

総勢17名

適用可能
条件次第で適用可能
100%

○適用可能な理由

- ・運転手の目線の映像や上から全体的な車両の位置も確認できるので、遠隔による監視が可能と考えられる

○良い点

- ・言及無し

○改善点

- ・日中の降雪時についてもはっきり見えるかは気になる。
- ・吹雪のような悪天候時でもしっかり映像として確認できることが必要 ※1、※2

○付け加えると良い機能

- ・他全車両の位置情報や、風向き、作業時間など除雪作業に必要な情報も網羅的に一画面で確認できるようにしてほしい。
- ・車両後方にカメラを設置し、後方の仕上がり具合からRWYCCを測定できるようにすればもっと作業が効率化できる。

※1 利用するカメラの性能次第となるため、悪天候時にでも映像が鮮明に撮影できるカメラ等の利用を想定

※2 <考察> GNSS等による正しい位置情報を把握し、経路の誤差を修正することが効果的と考えますが、他にも、車両に搭載しているカメラ画像を鮮明化し、ガイダンスシステム等に正しい経路情報を共有する、LiDARを用いて降雪状況を把握するなどの方策を組み合わせることで、更なる悪天候時の安全運転が可能と考えます。

(参考) 映像品質 定性評価 (青森空港様)

- 画角、遅延、映像品質については問題ないことを確認
- 吹雪のような視界不良の際にも周囲を確認することが必要であるという懸念がある
- 複数台の遠隔監視を少人数で行えるよう、異常時にアラートが出る機能があると安心

コメント

青森空港

- 現場代理人
- 空港管理者

総勢2名

適用可能
条件次第で適用可能
58.8%

○適用可能な理由

- 今回のラグ（遅延）であれば問題ないと感じる
- カメラ設置位置がドラレコ設置位置と類似の箇所であれば画角的にも見やすく問題ない

○良い点

- 熟練者→非熟練者への置き換えとした場合においても、平時行う無線での連絡が減らせて有用
- 位置情報で車両の位置や各ポジションの作業進捗がわかれば、作業に遅れがある箇所へ除雪車を集めることが可能。

○改善点

- 今回は天候が悪化した際（吹雪など）の映像が見れなかったが、**吹雪いている際にも使えるものなのかは気になる**。※2
→日中のふぶいているときに、ホワイトアウトも重なり特に見にくい
→車両それぞれの位置情報によって、走行位置を把握することが重要になってくる。

○付け加えると良い機能

- アラート表示
→青森空港であれば約40台の除雪車が走行しているので、全台に注目して監視するのは至難の業
→AI検知などで何か**危険や異常がある車両が出た際にポップアップなどでアラートを表示する**と監視しやすい
→車両間での間隔距離が閾値よりも小さくなった車両に対してアラートが出る。など

※2 <考察> GNSS等による正しい位置情報を把握し、経路の誤差を修正することが効果的と考えますが、他にも、車両に搭載しているカメラ画像を鮮明化し、ガイダンスシステム等に正しい経路情報を共有する、LiDARを用いて降雪状況を把握するなどの方策を組み合わせることで、更なる悪天候時の安全運転が可能と考えます。

(参考) 映像品質 定性評価 (青森空港様)

- 画角、遅延、映像品質については問題ないことを確認
- 吹雪のような視界不良の際にも周囲を確認することが必要であるという懸念がある
- 複数台の遠隔監視を少人数で行えるよう、異常時にアラートが出る機能があると安心

コメント

稚内空港

- 現場代理人
- オペレータ

総勢17名

適用可能
条件次第で適用可能
100%

○適用可能な理由

- 今回のラグ（遅延）であれば問題ないと感じる
- カメラ設置位置がドラレコ設置位置と類似の箇所であれば画角的にも見やすく問題ない

○良い点

- 熟練者→非熟練者への置き換えとした場合においても、平時行う無線での連絡が減らせて有用
- 位置情報で車両の位置や各ポジションの作業進捗がわかれば、作業に遅れがある箇所へ除雪車を集めることが可能。

○改善点

- 今回は天候が悪化した際（吹雪など）の映像が見れなかったが、**吹雪いている際にも使えるものなのかは気になる。**
→日中のふぶいているときに、ホワイトアウトも重なり特に見にくい
→車両それぞれの位置情報によって、走行位置を把握することが重要になってくる。

○付け加えると良い機能

- アラート表示
→青森空港であれば約40台の除雪車が走行しているので、全台に注目して監視するのは至難の業
→AI検知などで何か**危険や異常がある車両が出た際にポップアップなどでアラートを表示すると**監視しやすい
→車両間での間隔距離が閾値よりも小さくなった車両に対してアラートが出る。など

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

c. 運用面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
既存除雪車両の自動運転化による適用方法の確認	自動運転車両の適用箇所の確認	空港内の車両自動走行化適用100%までのロードマップ作成完了	<ul style="list-style-type: none"> • 横展開先へのヒアリング結果等も参考に今後5カ年のロードマップとして以下内容を整理した。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ レベル3相当：多車両協調＋遠隔監視（中央制御）を前提に、限定エリアでの“準自律※”運用 <ul style="list-style-type: none"> □ 限定エリア：滑走路除雪 □ 準自律 ◆ 車両(ステアリング)の実施項目 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 事前に決めたルートの走行（ルート・速度はパターンを複数設定） ✓ 速度・操舵・加減速の自動制御 ✓ 自車位置・ズレ・異常の自己検知 ◆ アタッチメントの実施項目 <ul style="list-style-type: none"> ✓ ブラウ：ブラウの上げ下げ（定義済み動作）、ブラウ角度、圧の調整（定義済み動作） ✓ スーパー：雪に応じたブラシ回転数（定義済み動作） ✓ ロータリ：シュート角度、フロア回転数（定義済み動作） ➢ 実装範囲・内容：他空港も含めた操作頻度の高い作業および操作のパターン（パターン化しやすい作業内容）において実装 	<ul style="list-style-type: none"> • 作成したロードマップに対し、今後HAP内空港において実装モデル空港を選定し、具体車両配備方法等を検討する。
	適用技術の確立	雁行除雪、複数台への展開に必要となってくる技術要素のリストアップ完了	<ul style="list-style-type: none"> • 今後5カ年のロードマップに沿って、以下内容にかかわる技術要素を整理した。 <ol style="list-style-type: none"> ① 車両制御（車載システム・機材） ② 通信基盤 ③ 中央監視・協調制御 ④ 周辺・運用支援システム 	<ul style="list-style-type: none"> • 整理した技術要素を関係者で確認し、次年度の開発対象・範囲を今後精査する。

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

③ 実装・横展開に向けた準備状況

<補足>

今回の実証を通じて、実装・横展開時に新たに遡及可能なポイントが2点、明確になりました。

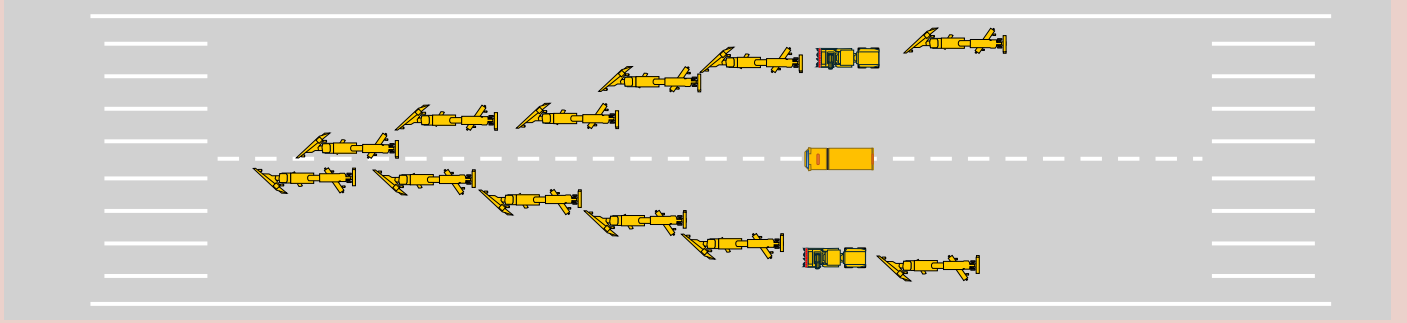
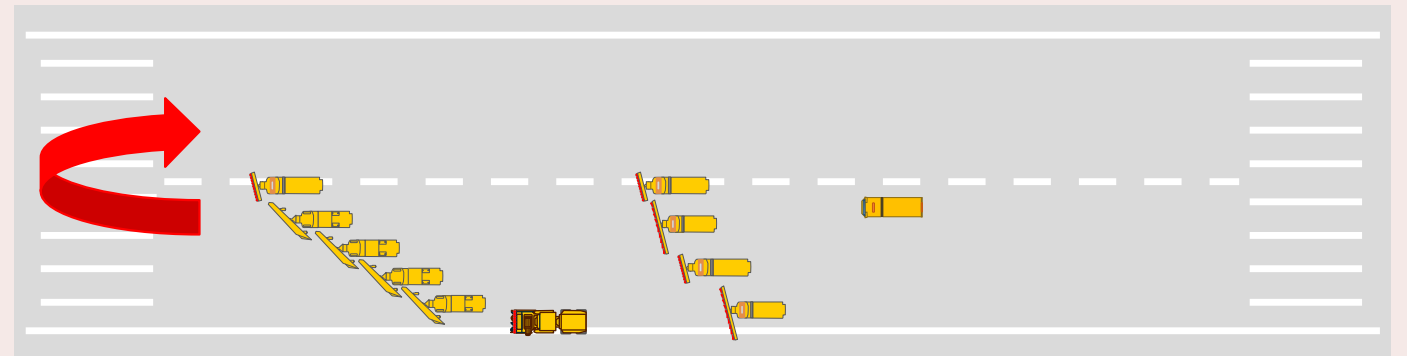
- 1) ローカル5Gの基地局数が効率化できるため、通信インフラ環境のコスト低減が可能であること
- 2) 遠隔監視の位置情報を活用することで、除雪車の稼働状況や位置情報の把握が可能になり、現行での無線でのやり取りが減ることから、除雪車オペレータの方の省力化に貢献可能であること

	アクション	結果	得られた示唆・考察
実装に 向けて	(1)自動運転技術の評価 ①走行データの収集 ②データ分析、評価	・プラウなし走行データ ・プラウあり走行データ ・降雪がある状態でのプラウあり走行データを収集し、車両や路面状態が走行に及ぼす影響を調査	①車重とアクセルの踏み込み量に相関(P.51)があることを確認 ②一般的な自動運転では発生しない、走行過程における荷重の変化（除雪時に動的に変化する雪の量）を考慮した走行制御アルゴリズムの検討が必要である。
	(2)試験データ収集 ①通信環境 ②自動運転データ収集	①ローカル5Gにて、スループット、遅延、いずれもKPIを満たすことを確認 ②滑走路における自動運転で必要となる直進、スラローム、旋回に関するデータを収集。誤差はあるものの大きくぶれることのない走行結果となった(P.48)。	①ローカル5Gの有意性として、「高セキュリティ、遅延が極小且つ一定、移動中でも安定」を確認。 将来的な実装(極小な遅延時間での遠隔操作、自動運転の微修正)を考慮すると最適な通信手段の一つとなる。 ②雪質の違いにより雪の重量が変化し、走行制御を調整する必要があると考えられる。 それらの影響を検証するため、今後は異なる空港での評価を実施していく必要がある。
	(3)実装に向けた計画書の作成 ①展開に向け他空港共通課題の整理 ②複数台の適用方法（雁行除雪方法）の検討 ③今後の実証課題の整理	①北海道、東北管内の空港として全17空港を対象に課題を確認 ・除雪作業、工法の中でパターン化しやすい内容を確認 ②全17空港の滑走路雁行方法を確認 ・今回技術はこれら空港のプラウ・スイーパー前135台のうち、全24台（約18%程度）に適用できる可能性が高い ・個々に車両制御、中央でまとめて制御と手法がある中で、必要技術も含め整理中 ③実際の除雪作業に使用できるよう仕様検討（運転席の軽量化、手動・自動の切り替え、運転操作と架装装置自動化の連動）	①滑走路除雪作業は比較的パターン化しやすいが、一部空港では雪量に応じて走行速度を上げるため、パターン化にあたっては条件分けが必要 ・滑走路を一部自動化する場合においても誘導路の除雪方法の検討が必要 ②AT・MTと製造年度からの判断となるため、今後適用できる車両メーカーを拡充するため、個々に確認を行うことと併せ、複数台制御に向け異なるメーカー間でも適用できるよう制御方式が必要 ③個別に検証されている架装装置自動化は車両速度に連動されていないため、車速連動を含めた仕様検討が必要
横展開に 向けて	(4)他空港、他箇所への展開を見据えた調整 ①他空港のニーズ確認 ②他管理者のニーズ確認	①北海道、東北管内の空港として全17空港を対象にニーズを確認 ・高齢化、オペレーター不足の共通課題を確認 ③道路管理者側のニーズとして国土交通省（東北地方整備局）の意向確認	①省力化・省人化は共通ニーズとしてあるが、同時に財源も限られているためコスト低減のための対策も必要 ②空港同様に除雪自動化には取組んでいるが、道路上の走行にあたっては車検等、車両に対する法的制約をクリアすること、安全の担保として安全支援の対策が必要

(参考) パターン化の例 (1/2)

滑走路雁行走行

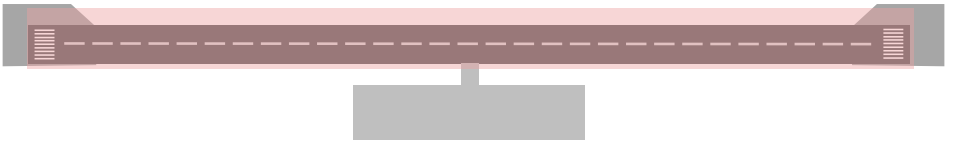

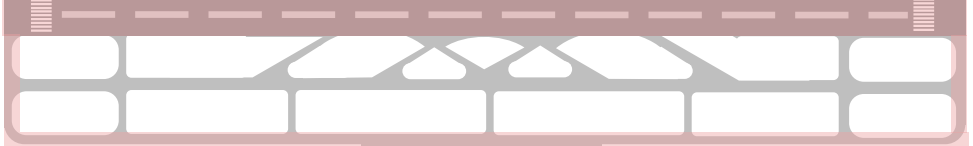
- 概ね速度は30km/h (積雪条件等に応じて変化有)
- 使用車両メインはプラウ、スノーパ、ロータリは雪量や空港に応じて変化はあるが概ねどちらかの隊形 (以下パターン) での作業を実施

パターン	イメージ
<p>全幅一方向雁行</p> <ul style="list-style-type: none">• 一方向で滑走路全域を除雪• 例：新千歳空港	 <p>The diagram shows a multi-lane runway with a dashed center line. Yellow plowing vehicles are arranged in a staggered line across all lanes, moving from left to right. A yellow truck is positioned in the center lane.</p>
<p>片側雁行</p> <ul style="list-style-type: none">• 滑走路を片側ずつ折り返して除雪• 例：稚内空港をはじめとした、その他空港	 <p>The diagram shows a multi-lane runway with a dashed center line. Yellow plowing vehicles are arranged in two staggered lines, one on each side of the center line, moving from left to right. A large red arrow on the left indicates the direction of travel. A yellow truck is positioned in the center lane.</p>

(参考) パターン化の例 (2/2)

誘導路・エプロン部の除雪

- 誘導路は滑走路除雪と併せて実施する場合と、滑走路除雪終了後にエプロン・誘導路とに分かれて実施する場合等もある。滑走路と同時に実施する場合も多いため、滑走路除雪実現後に誘導路除雪の自動化を実現することでより効率化に繋がると考えられる。(パターン化のしやすさは、滑走路・誘導路・エプロンの順となる。)
- 誘導路：滑走路除雪と同様の車両（隊形）で実施する場合はパターン化しやすいが、使用車両は空港に応じて一様ではなため、別途検討が必要
- エプロン除雪：使用車両（青森空港ではタイヤドーザがメイン）や実施方法が一様ではない（線状に動く・時計回りに動く等、動き方が空港によって異なる）。また飛行機やGSE車両等の走行もあり安全面からの懸念点も多いため、最終的（誘導路の次）に実施方法を具体化することが望ましい。

誘導路形状のパターン	除雪方法	イメージ
<p>① 連結誘導路</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 滑走路とエプロンを結ぶシンプルな誘導路 ・ 例：稚内空港をはじめ、奥尻空港、山形空港 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑走路からスタートし、誘導路・エプロンと順に行う空港やエプロン・誘導路・滑走路等、作業順序は空港に応じて方法が異なる。 	
<p>② 平行誘導路</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 滑走路と平行に設けられた誘導路 ・ 例：函館空港、釧路空港をはじめ青森空港、秋田空港 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑走路・平行誘導路・末端取付誘導路を同時に実施する空港が多い。 ・ 青森・花巻空港滑走路と誘導路を同時に完了する計画であり自動化のニーズは高いが使用車両が異なる（青森空港は除雪ドーザ使用）ため、別途適用方法(自動化車両と実施方法)を検討することが必要である。 	
<p>③ 複数の平行誘導路と高速脱出誘導路</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平行誘導路に高速脱出誘導路を組合せ、さらに混雑緩和のため平行誘導路を複線化 ・ 例：新千歳空港 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ②と同じく平行誘導路、末端取付誘導路を同時に実施 ・ ただし複数平行誘導路があるため、実施方法は交通混雑状況等の考慮も必要となると考えられる。 	

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

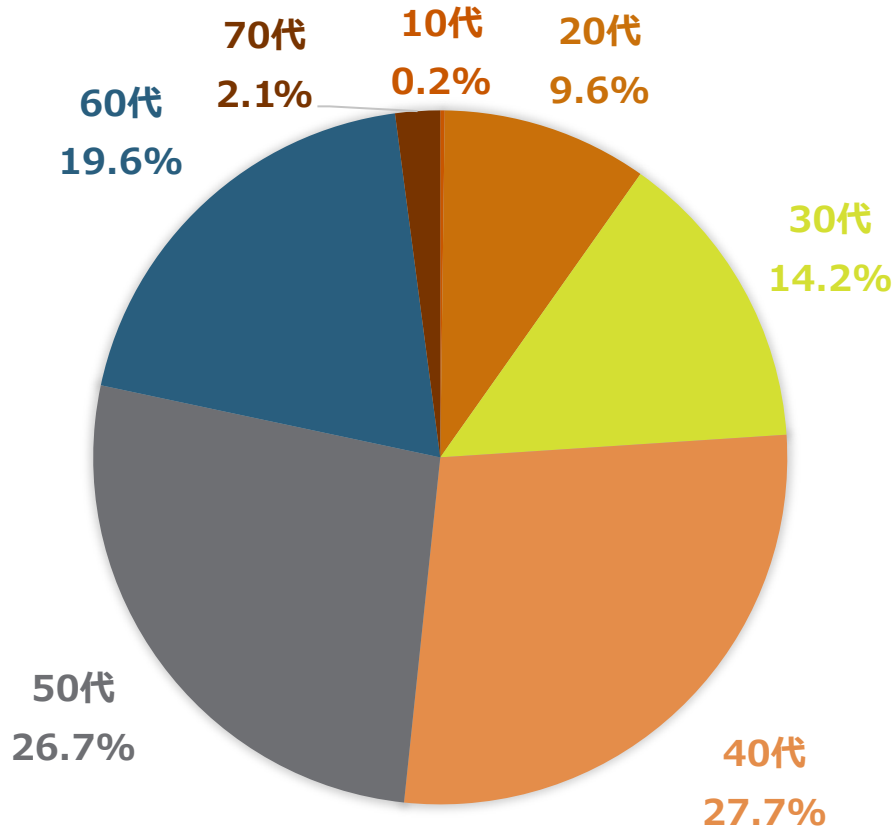
④ 実装・横展開に向けた課題および対応策

	課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に 向けて	① 配備モデル空港の具体化	<ul style="list-style-type: none"> 実装に向けて新車やパイワイヤ化可能な車両(製造年の新しい車両)を実装空港に配備する等、所管替えの対応が必要 配備替えなどは予めモデル空港やロードマップを固め計画的に進めていく。 	北海道エアポート(株)	～2027/3末
	② 除雪方法のパターン化と自動化適用方法の具体化	<ul style="list-style-type: none"> 除雪方法は、気象条件や路面条件に応じてある程度パターン化(速度や方法)出来る内容もあるため、自動化で対応できる工種を広げるため、過去データの収集や今後ログデータを収集できるように対応を進める。 	北海道エアポート(株) 日本工営(株)	～2027/3末
	③ 通信方法の確立	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gのエリアを滑走路全域に拡大するために経済的、且つ、最も効率の良い方法のTIPSは確認済み。 通信の可用性向上のため、衛星通信等との併用による回線冗長化の検討が必要 	NTTドコモビジネス(株)	～2027/3末
	④ 自動化装置の標準装備と自動・手動HMIの実装	<ul style="list-style-type: none"> 現場に早期に実装するためには、条件に応じて自動・手動を切り替える必要があるため、今後HMI(Human Machine Interface)の設計を進める。 運転席周りに追加した各種アクチュエータ等の小型化を希望する反響があったため設計を進める。 	パーソルAVCテクノロジー(株) パーソルクロステクノロジー(株)	～2027/3末
横展開に 向けて	⑤ システムの汎用化・低廉化	<ul style="list-style-type: none"> 横展開先に本技術を広げるためには、出来るだけシステム各種車両に適用可能(汎用化)しつつ、購入しやすく低廉化も必要となるため、必要最低限の機能を実装しつつ必要な自動運転制御ができるようシステム構成を見直す。 	パーソルAVCテクノロジー(株)	～2027/3末
	⑥ 車両メーカーへの働きかけ	<ul style="list-style-type: none"> 車両メーカーに依らずの開発としているが、今後運転席側を寄りよくカスタマイズ(自動・手動の切り替え、ステアリング系の軽量化等)するには車両メーカーの協力も必須と考え、UDトラックにも現状の取組状況や情報は共有し、今後開発の可能性があるかを打診していく。 また今後道路への適用を考えた場合には、車検に通るようメーカー側で開発してもらえよう働きかけを行う。 	パーソルクロステクノロジー(株)	～2027/3末

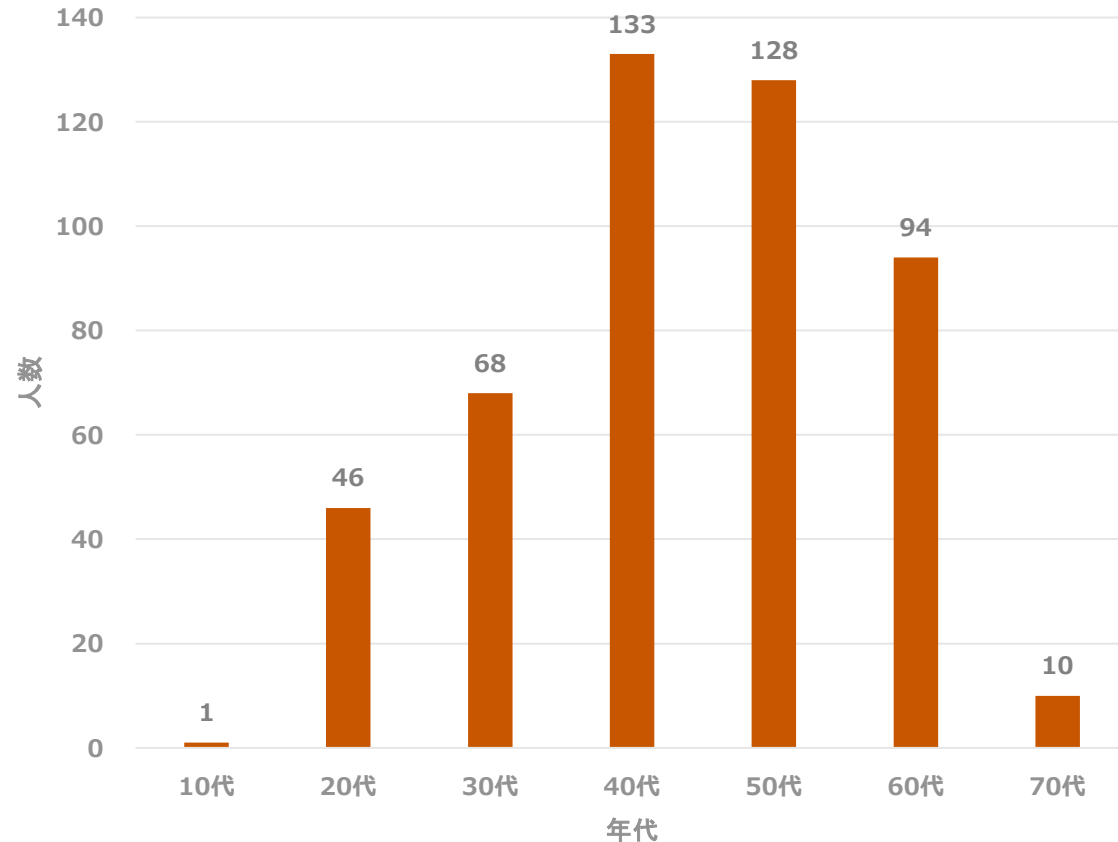
(参考) 横展開対象空港の除雪体制 (オペレータ) 実態調査

- 対象17空港のオペレータの年代として40代が27.7%と最も多く、次いで50代が26.7%、60代が19.6%となっている。
(**50代以上が48.4%**となった。)
- 対象17空港の請負業者の意見として、オペレータ確保の難しさが共通して見られた。また現場を管理する人員の不足 (No.9 中標津) や管理監督者自ら乗車する (No.13 大館能代) という意見の他に、オペレータが不足する場合職員が車両を操縦する (No.8 奥尻) という実態も確認した。

年代別のオペレータの割合

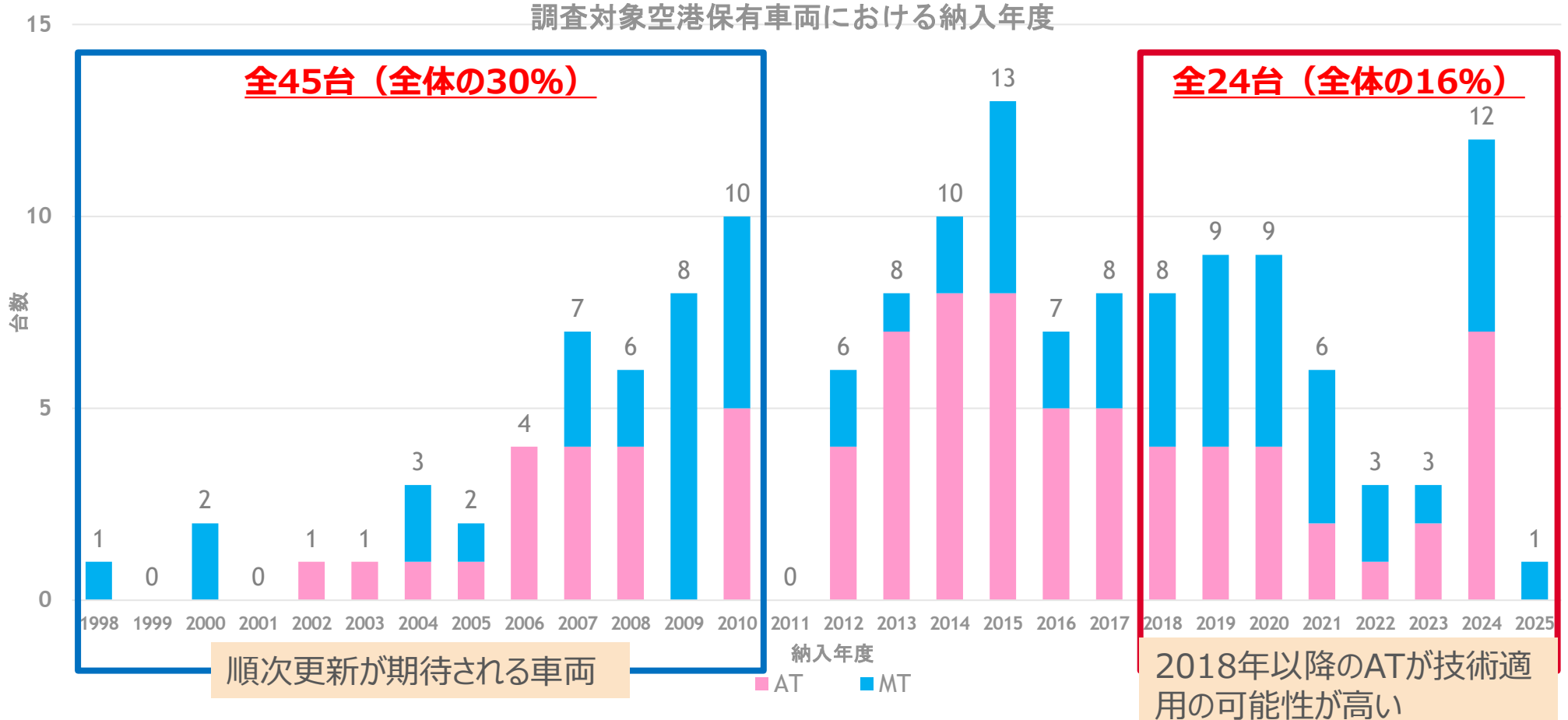


年代ごとのオペレータ数



(参考) 横展開対象空港の保有車両※1の納入年度と技術適用車両の割合の調査

- 今回技術が適用できる車両数を確認するため、対象17空港のプラウ・スイーパの納入年度（1998年以降）およびAT（オートマ）、MT（マニュアル）の別を整理した。
- 全148台（プラウ82台・スイーパ66台）のうち、2018年以降のオートマ車両は全24台（全体の約16%）**あり、これら車両に今回の技術を適用できる可能性が高い。※2
- また各空港の更新年度より、15年より前（2010年より前）の車両は順次更新されていく可能性もあるため、適用できる車両は順次増えるものと考えられる。（一部青森空港を除いてはMT車両もAT車両に変更可能との意見あり。）



※1対象空港の保有車両：対象17空港において、1998年以降に納入されたプラウおよびスイーパのAT・MTの台数を集計対象とし、変速形式が不明な車両は除外した。
 ※2技術を適用できる可能性が高い：納入年度のみではなく、実際に車両を確認し技術を適用可能か判断する必要がある。

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

a. 概要

開催場所:北海道 稚内空港

開催日時: 2026年2月3日(火)23:00～25:30

デモ項目	内容	備考
ローカル 5G基地局の視察	日本国内初の取り組みである滑走路上のローカル 5Gの移動基地局(車両内部、基地局装置等)を実際にご覧頂きました。	滑走路で実施
自動運転する除雪車両の視察	実際に滑除雪車両走路上で除雪車両の自動運転(走行パターンは、直線走行、スラローム走行の2パターン)をご覧頂きました。	滑走路で実施 (強風による天候悪化のため、途中から車中からの見学に変更、また、除雪車の改造部分の見学も割愛)
自動運転する除雪車両からの映像伝送の視察	滑走路を走行する自動運転除雪車両からの映像データをローカル 5Gを用いて遠隔監視サーバへのアップロードを行いました。	滑走路で実施
遠隔監視の視察	遠隔監視を通じて自動運転走行における安全性確認をご覧いただきました。 また、KPIで設定した各種スループット値および遅延量についてもご説明させて頂きました。	遠隔監視室にて実施

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
Q.1 今年1月にローカル5Gの免許取得後、何回、ローカル5Gを用いた実証を行ったか？	ローカル5Gの接続確認として1月最終週から4日間、データ収集として2日間(2/2-2/3)の合計6日間実施した。	特になし	---
Q.2 プラウ(除雪装置)がバイワイヤ化されていないと遠隔操作できないという理解で合うか。何かバイワイヤ化できない理由はあるか。農業機械はプラウ部分も含めて自動化ができていないため、除雪車両特有の課題があるかという観点で教えていただきたい。	プラウ装置自体は、今回の走行に関するバイワイヤ化とは切り離して考えている。ベースとなっているUDトラックの車両はもともと昔ながらの機械式だが、これを自動走行させるために電子化(バイワイヤ化)した。また、プラウ自体の自動化については、2年前に車両メーカーの共和機械さんと一緒に、GNSSアンテナを利用して『この位置に来たらプラウを上げる・下げる』という実証を既にこの車両で実施済み。今後の課題としては、今回取り組んだ『自動走行』と、その『作業装置(プラウ)の制御』を合体させることだと考えている。	特になし	---
Q.3 プラウの上げ下げは、場所で制御するという事であって、溜まっている所は深くさげる、といったような制御はできない認識で合うか。	プラウの制御は場所による制御のみである。	特になし	---
Q.4 今回の実証で用いるローカル5Gの帯域と帯域幅について教えて欲しい。	屋外利用の為、周波数帯は4.8GHz帯、帯域幅は100MHz幅である。	特になし	---
Q.5 自動運転の実証で行っているスロームや直進の時速30キロという速度は、現在の有人除雪と比較し満足するものか。	実作業の観点で言うと概ね満足できるレベル。例えば新千歳空港では設計上時速60キロで20分の作業時間という計算だが、雪が降るとスピードが落ちるため、実情は30-40kmで作業している。稚内空港でも滑走路1本を除雪するのに時速20-30kmで作業時間は40分程度というのが実情である。 ・北海道エアポート(道内7空港)の状況は今お話しした通りであるが、横展開先の空港様と意見交換すると、青森空港様や秋田空港は、北海道エアポートよりも少しスピードを上げて作業されているという状況も伺っている。	特になし	---

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
Q.6 滑走路での除雪車自動運転に必要なスループット、遅延の許容範囲は定まっているものか教えてほしい。例えば日本医科学会では遠隔手術に必要なスループットは100Mbps、遅延は100ミリ秒未満などと一定の基準を設けているが、除雪車両にもこの様な基準が存在するか？	まず除雪車両としての基準は存在していない。そのため、スループットについては、走行中の通信要件として、他の自動運転バスの実証事例の走行時を参考にしている事から、1Mbps以上（フルHD・30フレーム相当）をKPIとして設定している。また、遅延については、雁行走行時に除雪車両同士が10m以上離れて走行する運用を前提とし、500msec以内であれば数メートル程度のズレに収まるため、実用上問題ないと判断し、その様にKPI設定している。	特になし	---
Q.7 除雪車両の自動運転走行の開始・終了の指令はどのようにしているか	今回の実証では、運転席の横に制御する専用端末(PC)を置いており、運転手の横にいる遠隔監視オペレーター（監督者）が専用端末(PC)から手動で自動運転プログラム開始・終了を操作している。	特になし	---
Q.8 将来はその点も遠隔制御をする見込みか	はい、将来的には「完全遠隔」でも開始・停止できるようにする計画です。	特になし	---

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問および要望事項と対応方針 (抜粋)

場所	実施時期	検証内容
パーソルクロステクノロジー栃木さくら事業所	2025年10月13日	テストコース走行：走行テスト：パターンは直進、カーブ（Uターン）、スラローム走行の3種類
稚内空港	2025年11月5日	稚内空港滑走路走行：走行テスト：パターンは直進、カーブ（Uターン）、スラローム走行の3種類

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
Q.1 青森空港では視程障害が発生するレベルで吹雪くことが多いのだが、GNSSに吹雪の影響はあるのか。	吹雪に対する影響は少ないと考えている。影響はあまりないと考えているが、実際に視程障害レベルでどうなるのかは走行を行ってみたい。	特になし	---
Q.2 支承物（灯火）等の位置も入れてガイダンスすることは可能か。	可能である。滑走路の中で灯火の位置がわかるのであれば、灯火をよけてルートにすることは可能である。	事前に把握している位置情報で走行ルートの作成も可能である。	---
Q.3 スラローム走行時に約40～50cmの誤差があったが、現在のアクチュエータ制御システムで精度を改善できるのか。例えば誤差を10cm程度まで縮められるのか、それとも現状の仕組みでは大きな改善は難しいのかを確認したい。	実運用では走行速度を上げる必要があり、そのためには高精度なステアリング制御が重要である。現状の汎用EPSを用いたシステムでは遅延や品質面の課題がある。OEMが専用EPSを開発すれば、精度と品質保証の向上が期待できる。将来的にはOEMによる標準搭載車両が理想だが、自動運転ソフトは独自開発・制御が必要となる可能性が高く、未整備なソフト・制御面が今後の重要課題である。	特になし	---

要望事項

1 やはり速度がポイントとなり、速度の調整が必要となる。雪の量に合わせて速度調整できないと、自分で抱え込んでる雪が多すぎて止まったり押せなくなったりするため、雪質や雪の量で速度を変えられるようにしなければならない。		特になし	---
2 自動化導入時には、自動化車両と非自動化車両が混在するため、無線などでの連絡や車両位置を把握できる仕組みが必要になると思われる。自動化車両と非自動化車両が混在する場合、安全性に対して懸念があり、車両の位置関係を把握できるシステム等が必要ではないかと考えられる。		車両にGNSSを設置し、各車両の位置情報を低遅延な通信手段で遠隔監視(intdash)側に共有することで、ほぼリアルタイムに全車の位置を把握することが可能である。	---

V 実装・横展開の計画

① 実装の計画

a. 実装において今後目指す状態

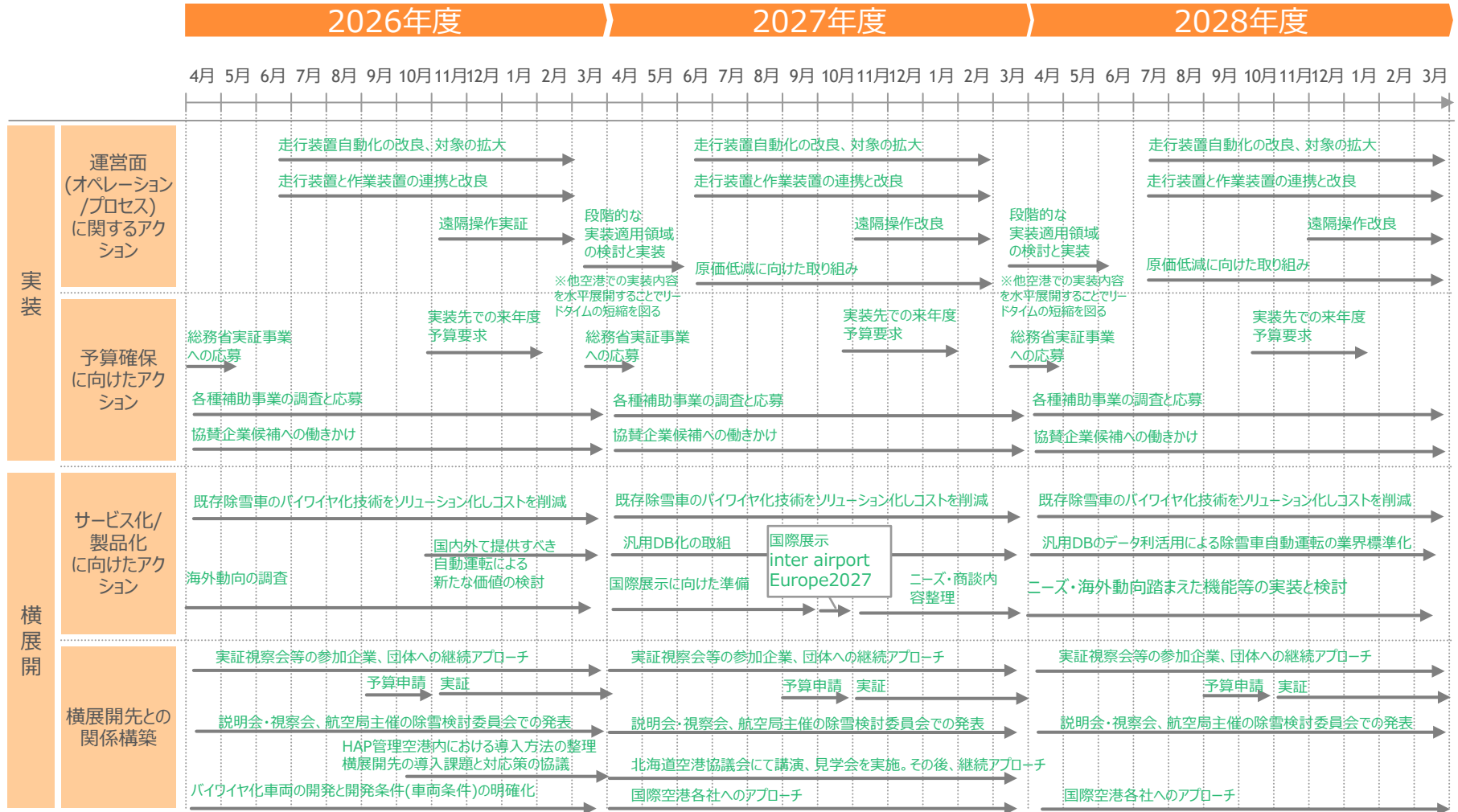
実装先 北海道エアポート

	2026年度		2027年度		2028年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
運用	・遠隔監視の検証	・オペレータが自ら自動・手動運転の切替可能に機能拡張 ・段階的な自動運転・自動操作の実装 ・遠隔監視・保守、遠隔操作実証	・遠隔監視の検証	・段階的な自動運転・自動操作の実装 ・遠隔監視・保守の実証 ・遠隔操作の実証	・遠隔監視の検証	・段階的な自動運転・自動操作の実装 ・遠隔監視・保守の実証 ・遠隔操作の実証
予算	・補助金申請 ・協賛企業からの出資	・実装・横展開先での予算申請と確保 ・協賛企業からの出資	・補助金申請 ・協賛企業からの出資	・実装・横展開先での予算申請と確保 ・協賛企業からの出資	・補助金申請 ・協賛企業からの出資	・実装・横展開先での予算申請と確保 ・協賛企業からの出資
体制		・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携 ・民間管理の他空港、自治体管理空港との連携	・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携 ・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携	・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携 ・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携	・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携 ・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携	・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携 ・除雪車両メーカーと架装メーカーとの連携
ビジネスモデル	<p><空港除雪として技術確立し、日本国内での実装・横展開を図る></p> <p><空港除雪として技術確立し、世界各国での実装・横展開を図る></p> <p>・Yeti社の事例等の研究</p>	<p>・実装先からの改善要望等の洗い出し</p> <p>・Yeti社との連携、若しくは差別化検討</p>	<p>・実装先からの改善要望等の洗い出し</p> <p>・海外向け機能等の検討</p>	<p>・継続的な改善活動</p> <p>・世界有数の空港関連展示会であるinter airport Europe2027への出展（商談・ニーズ収集）</p>	<p>・実装先からの改善要望等の洗い出し</p> <p>・ニーズ・海外動向踏まえた機能等の実装と検討</p>	<p>・継続的な改善活動</p> <p>・ニーズ・海外動向踏まえた機能等の実装と検討</p>

V 実装・横展開の計画

① 実装・横展開の計画

b. 今後3年間で実施するアクション



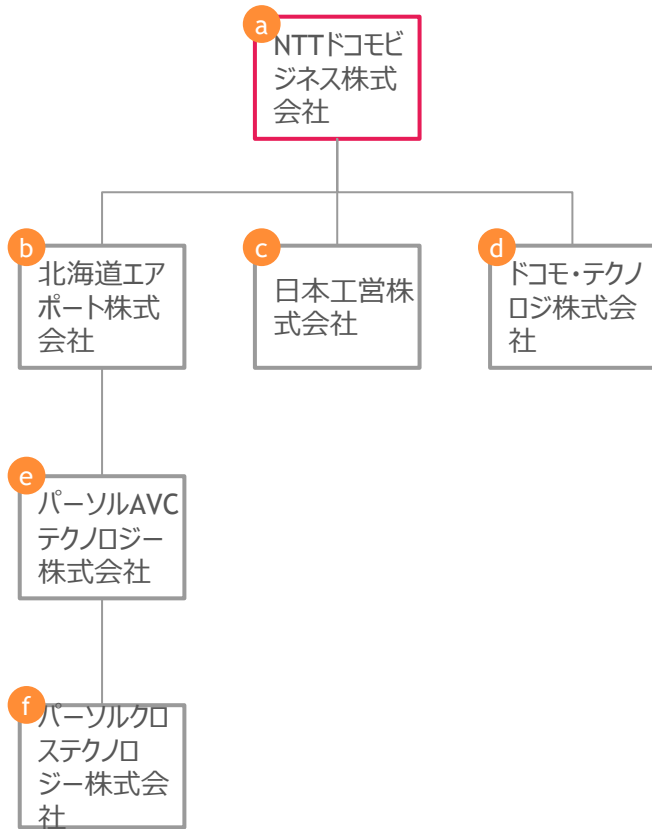
V 実装・横展開の計画

1 実装の計画

c. 実装の体制

□ :実装の取組全体の責任団体

実施体制図



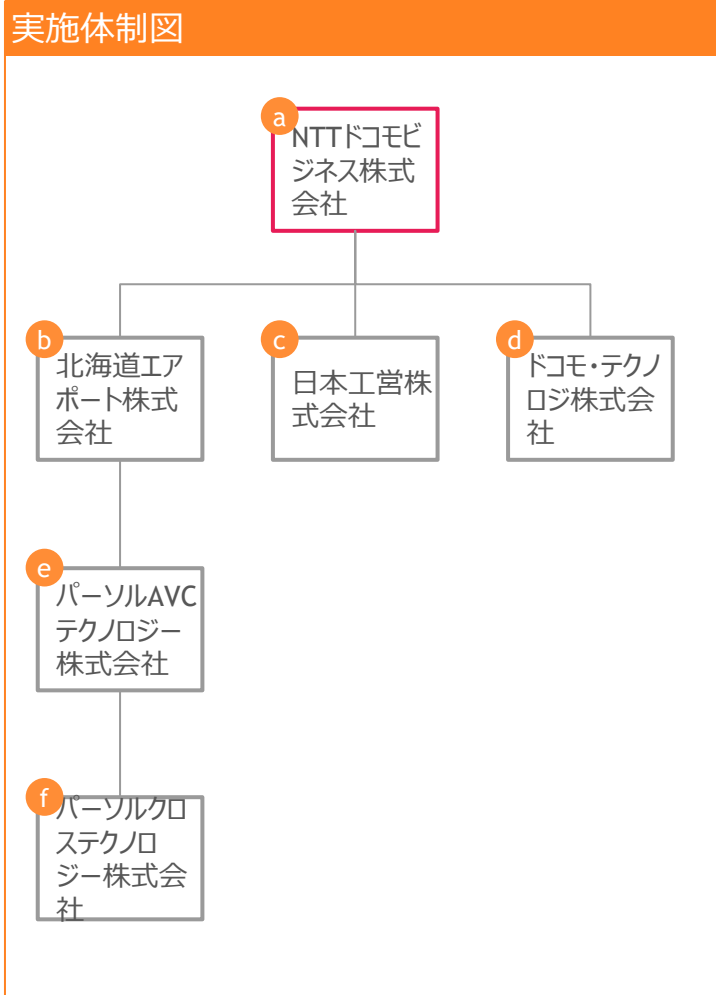
団体名	役割	リソース
a NTTドコモビジネス株式会社	プロジェクト全体管理 ネットワーク環境・クラウド基盤等の提供 遠隔監視システムの構築	6名
b 北海道エアポート株式会社	実装の計画作成 実装フィールド提供	4名
c 日本工営株式会社	実装の計画作成・実装の支援 空港特有の運用条件をふまえた技術的助言	4名
d ドコモ・テクノロジー株式会社	通信環境構築	6名
e パーソルAVCテクノロジー株式会社	既存除雪車両の遠隔監視および自動運転機能の実装	4名
f パーソルクロステクノロジー株式会社	既存除雪車両の電動制御化(バイワイヤ化)の実装	8名

V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

a. 横展開の体制

□ :横展開の取組全体の責任団体



団体名	役割	リソース
a NTTドコモビジネス株式会社	プロジェクト全体管理 ネットワーク環境・クラウド基盤等の提供 遠隔監視システムの構築	6名
b 北海道エアポート株式会社	実装の計画作成 実装フィールド提供	4名
c 日本工営株式会社	実装の計画作成・実装の支援 空港特有の運用条件をふまえた技術的助言	4名
d ドコモ・テクノロジー株式会社	通信環境構築	6名
e パーソルAVCテクノロジー株式会社	既存除雪車両の遠隔監視および自動運転機能の実装	4名
f パーソルクロステクノロジー株式会社	既存除雪車両の電動制御化(バイワイヤ化)の実装	8名

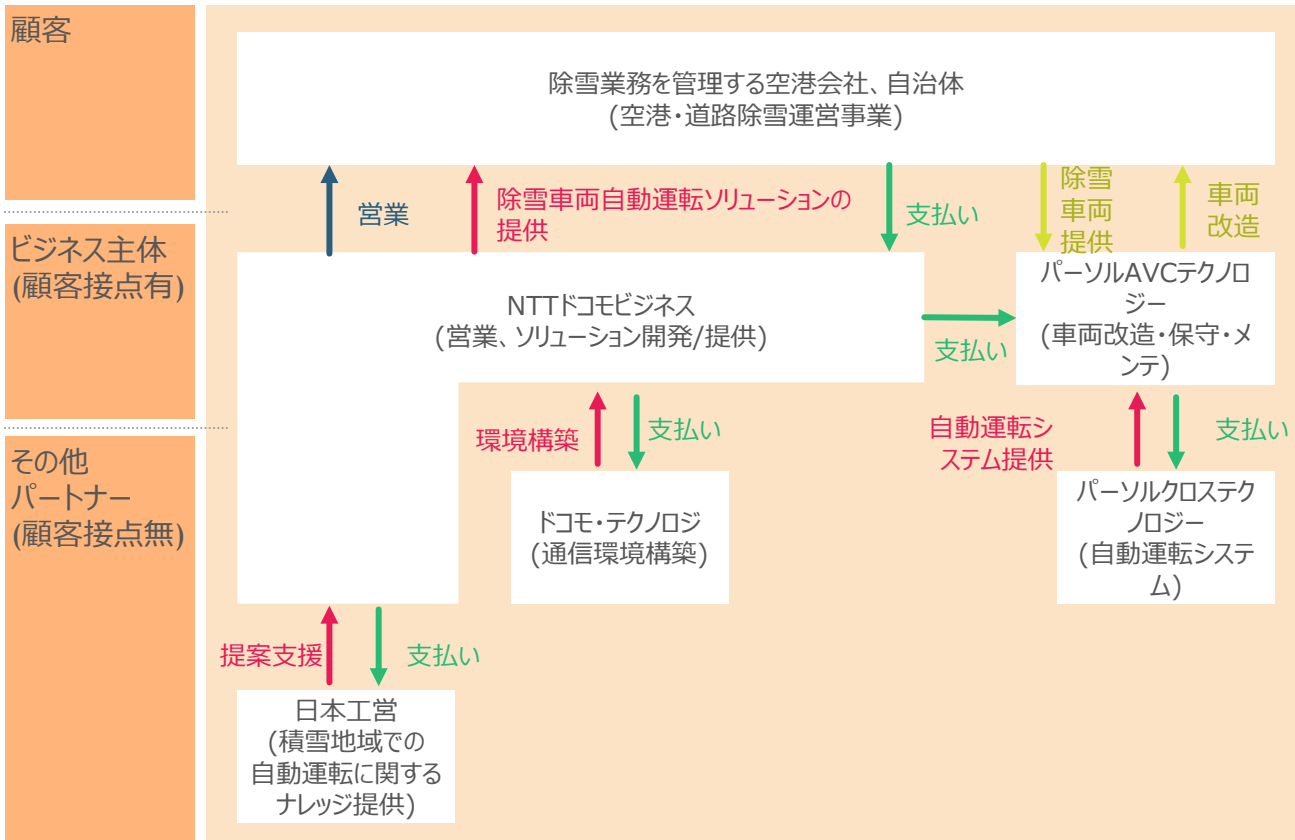
V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

b. ビジネスモデル

- ← 商品・サービス
- ← 営業(顧客向け)
- ← お金
- ← その他(適宜記載)

ビジネスモデル図



ビジネスモデル図

概要	<ul style="list-style-type: none"> 積雪地域にある空港等を対象とした除雪車両自動運転化ソリューションを提供 自動運転化による遠隔監視・制御をバンドルにする 	
ポイント(工夫)	マネタイズモデル	<p>【売り切り】</p> <ul style="list-style-type: none"> 車体改造、通信環境構築 <p>【サブスクリプション】</p> <ul style="list-style-type: none"> 通信利用料(ローカル5Gなど)
	ターゲット顧客	<ul style="list-style-type: none"> 降雪空港を管理する運営会社 積雪がある自治体
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 既存除雪車へのバイワイヤ化による自動運転化 (顧客の車体導入障壁の低減) 遠隔監視制御による非熟練者への支援・全隊の運用支援

3 期待効果/資金計画

a. 販売主体

		2026～2029年度（実証）		2030年度～
収益	収益/件	0円※実証フェーズのため	0円※実証フェーズのため	1,000万円x2台(車両) 200万円/月(ローカル5G)
	件数(導入先数)	1空港1車両	+1車両※1 →1空港2車両	
	合計	0円	0円	6,000万円 +200万円/月
費用	イニシャル	5,000万円/台(車両) 500万円/台(ローカル5G)	3,000万円/台(車両)※2 500万円/台(ローカル5G)	2,400万円x2台(車両)※3 500万円/台(ローカル5G)
	ランニング/件	200万円/月(ローカル5G)	200万円/月(ローカル5G)	
	件数(導入先数)	1空港1車両	+1車両 →1空港2車両	他空港への展開 1空港2車両目標
	合計	5,500万円+ 200万円/月	3,500万円+ 200万円/月	5,300万円

資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ補助金	総務省実証事業(先進無線活用タイプ)活用
	導入主体	同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて今後検討

※1：2026年度に改造済みの車両に加えてもう一台バイワイヤ化し、並列走行を検討

投資の妥当性
(現時点見立て)

販売主体

2029年までに自動運転技術をソリューション化し、2030年以降、N増しおよび他空港への展開をはかり、黒字化を目指す。

妥当性を高めるための目標

目標

・安定・安全な自動運転技術の確立
空港における自動運転車両の運行管理、安全基準に沿った車両開発の推進

・バイワイヤ化技術のソリューション化
機械的な置き換え部分と調整必要な部分を切り分け、作業を効率化し、導入コストを低減

アクション

導入コストの低減：
※2：
2027年度、既存除雪車のバイワイヤ化技術におけるCANバス上を流れるデータからの制御情報のリバースエンジニアリングやI/F設計を流用可能な形でソリューション化し、コストダウン（5,000万円→3,000万円）
※3：
2030年度、評価項目を精査し、実験環境のリース費用およびその回数を削減する。
加えてGNSSデバイスをロット契約することで計600万円のイニシャルコストを削減する。

3 期待効果/資金計画

b. 導入先

2026～2029年度（実証）

2030年度以降～

※新千歳空港をモデルに試算

収益	-	-	① 3,275万円/新千歳1冬季シーズン
費用	イニシャル	5,000万円/台(車両) 500万円/台(ローカル5G)	② 2,400万円/台(車両)×5台/年 600万円/台(ローカル5G)×3台
	ランニング/件	200万円/月×4ヵ月	③ 2,200万円/年
合計	6,300万円	4,300万円	16,000万円

資金調達方法	補助金	総務省実証事業(先進無線活用タイプ)活用 等
	実証実験の実施主体	同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて今後検討

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

北海道エアポート(株)
空港除雪は冬期運営で重要な役割を担うが人的確保が困難となる状況を見据え、今後の安定した運営には除雪車両の自動化が必要である。投資回収効果に見合った費用での導入が必要であり、同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて、導入費用のコスト削減化も並行して検討しなければならない。

妥当性を高めるための目標

目標

冬期空港定時性確保による経済効果
除雪作業遅延による欠航便を回避する。
除雪作業遅延による遅延を緩和・解消する。

除雪作業業務効率の向上
現場の省人化として現場オペレーションの負荷の軽減時、業務従事者一人あたりの生産性が向上する。

アクション

導入コストの低減
初期開発コストがかかるものの、各空港共通となる自動化・自動運転技術を開発する。
1空港に特化した独自性・導入先ごとのカスタマイズを最小限に抑え、スムーズな横展開を実現する。

4 資金計画

		1空港1車両	+1車両※ ¹ ➡1空港2車両	
		2026～2029年度（実証）		2030年度～
収益	価格/件	0円 ※実証フェーズのため 1空港1車両	0円 ※実証フェーズのため +1車両※ ¹ ➡1空港2車両	6,000万円(車両) 2,200万円/年(ローカル 5 G) 他空港への展開 1空港2車両目標
	総額	0円	0円	6,000万円 +2,200万円/年
費用	イニシャル	5,000万円/台(車両) 500万円/台(ローカル 5 G)	3,000万円/台(車両)※ ² 500万円/台(ローカル 5 G)	4,800万円(車両)※ ³ 500万円/台(ローカル 5 G)
	ランニング	200万円/月(ローカル 5 G)	200万円/月(ローカル 5 G)	xxx
	小計	5,500万円+200万円/月	3,500万円+200万円/月	5,300万円
資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ補助金	総務省実証事業(先進無線活用タイプ)活用		—
	導入主体	—	—	同様の課題を抱える地域や技術の横展開も見据えて今後検討

※1：2026年度に改造済みの車両に加えてもう一台バイワイヤ化し、並列走行を検討

※2：2027年度、既存除雪車のバイワイヤ化技術における CANバス上を流れるデータからの制御情報のリ버스エンジニアリングや I/F設計を流用可能な形でソリューション化し、コストダウン（5,000万円→3,000万円）

※3：2030年度、評価項目を精査し、実験環境のリース費用およびその回数を削減する。加えてGNSSデバイスをロット契約することで計600万円のイニシャルコストを削減する。

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

除雪市場がニッチであることを前提に、国内だけでなく世界の空港除雪市場を対象としたスケール前提でビジネスモデルを検討すること

海外市場においてはYetiMove等の既存取組もあるため、これら既設メーカーとの住み分けも含めて今後海外市場調査も視野に含めて実施します。
ただし海外は車両の規格やメーカーも異なるため（海外に車両メンテナンスの代理店等をおく等の対応は難しいため）、OEM開発委託を見据えた電子制御装置の製品化も含めて、最適な展開方法を検討中です。

反映
ページ

P.92

ローカル 5Gを用いた実証が単なるLTEの補完利用にとどまらないよう、ローカル 5Gならではの付加価値（高ビットレート映像・低遅延制御・高信頼性など）を定量的に示すこと

今回の実証において、ローカル 5Gは計画よりもより広いエリアをカバーできることが明確となりました（遮蔽物が無いことがプラスに影響）。これにより、将来的な実装に向けた通信手段の選択肢としての可能性が拡がると考えます。
また、将来的な遠隔操作や複数台車両の位置監視を行う上で、“遅延時間が一定、且つ、高セキュリティ”ということを予め、自動運転側のプログラム設計上に反映することで開発工程の効率化が図れるなどの新たな価値を見出すことが出来ました。

P.76
～P.77

現在計画している5カ年の実装計画について、実装まで本当に5年をかける必要があるのかという観点から、機能をフェーズごとに分解し、できたところから実装できるようなスケジュールを再検討し成果報告書で報告する。

最初から“完全無人・全域自律”を目指すと現場への適用が遅くなるため、アジャイル的にまずは社会実装を早められるよう、一部限定エリアにおいて準自律走行技術の実装に向けたロードマップを再作成し、実装に向けて進めています。
・限定エリア：滑走路除雪（各空港共通のパターン化できる除雪にて実装）
・準自律：事前に決められたルートを走行

P.42
～P.44

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

除雪車両は価格が高くニッチな市場であるためメーカーが独占的なポジションになる傾向。メーカーに意欲的になってもらい車両の仕様変更・改修を早く進めることが実装のスピードを早めるためのボトルネックになるのではないかと指摘があった。メーカーとの関係性構築やインセンティブ設計について、対応方針を今後回答すること。

当初の提案書記載項目

- ・地域課題解決手法期待する効果：「先進無線技術（ローカル5G等）を活用して、除雪車両の自動運転や遠隔監視を実現」
- ・技術面での検証内容：「通信インフラ（ローカル5G）の空港環境での安定性確認」

・図：「5Gを用いた遠隔監視」

上記3点を見て先進無線技術がLTEで、空港環境は車庫内で遠隔監視をするという理解になるとは考えにくい。

変更後の実証で当初目的が達成されたことは報告書上に必ず記載すること。可能であれば、当初計画に基づく予測結果と、今回の実証で得られた結果を対比して記載すること。

反映状況

内容

指摘の通り車両メーカー（UDトラックス）において市場規模が無く自動運転が進まないという現状があったため今回バイワイヤ化（後付け自動運転システム）を実装。現在は車両メーカーに依らずの開発としているが、今後運転席側を寄りよくカスタマイズ（自動・手動の切り替え、ステアリング系の軽量化等）するには車両メーカーの協力も必須と考え、UDトラックスにも現状の取組状況や情報は共有し、今後開発の可能性はあるかは打診中です。

当初は定点の計測は車庫D内(屋内)で実施する計画でしたが、ローカル5Gの基地局設置場所変更に伴い、定点の計測は滑走路上(屋外)で実施しました。その結果、屋外での計測でも当初、予定していたKPIを満たす値が計測できました。

なお、ローカル5Gのスループットや遅延値については、「天候の影響は小さく、屋内と屋外とで計測条件は変わらない」ということを、変更後の実証にてKPIを達成することで、改めて確認することが出来ました。また、遮蔽物が無いことから、当初の設計値以上に「KPIを満たせるエリアが広がる」という傾向も新たに発見することができました。

反映 ページ

P.47

P.49
P.51
～P.52

VI 指摘事項に対する反映状況

② 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

自動運転除雪車の標準化をリードするためのアクションを成果報告書に追記すること

実装横展開先とのヒアリング結果や2026年度のグローバル市場調査の結果等を見据え、「空港事業者の方がメリットやベネフィットとじてもらえる価値」を除雪車の自動運転にて見出すことが鍵になると考えます。一例として、JAXAの雪氷モニタリング等の周辺データと連携し、「滑走路の除雪終了予定時刻」を明確に示すことで、滑走路の効率的な管理に貢献するなどを検討しています。更には、将来的に、これらのデータ類を汎用化し、共通データ基盤として蓄積。汎用的DBとして国内外での空港で利活用可能にするので業界標準化の取り組みを推進することを検討しています。

反映
ページ

P.93

吹雪の際の対策を成果報告書に追記すること

GNSS等による正しい位置情報を把握し、経路の誤差を修正することが効果的と考えますが、他にも、車両に搭載しているカメラ画像を鮮明化し、ガイダンスシステム等に正しい経路情報を共有する、LiDARを用いて降雪状況を把握するなどの方策を組み合わせることで、悪天候時の安全運転に繋げることが可能と考えます。

P.79
P.80

実装横展開を早めるため、「実装の期間を加速させるための具体的な取り組み」を成果報告書に追記すること

特定の空港で実施した実証内容を、他空港でもそのまま展開するなどの工夫を図ることで、時間や費用の効率化を図っていきます。

P.93

Appendix.

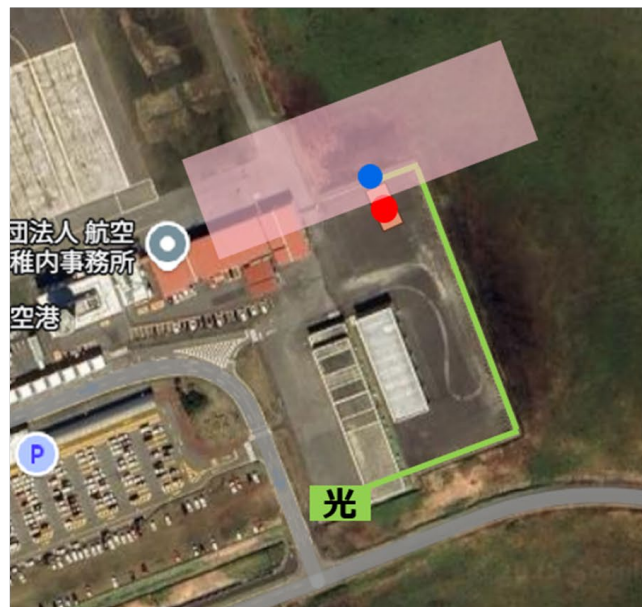
(参考) ローカル5G：設置場所

【付帯試験および実証実験について】

- ・仮設基地局は光接続部の近くに設置
- ・付帯試験時は光接続部から仮設基地局に光ケーブルを敷設
- ・実証実験時は実験時にケーブルを敷設
- ・アンテナはセクタ型、高さは3～4.5mを想定



①実証実験時の詳細図



②付帯試験時の詳細図

エリア化要望範囲	:	
光ケーブル	:	
アンテナ設置位置	:	
仮設基地局	:	
光接続部	:	

(参考) ローカル5G：設置場所



仮設基地局イメージ



・基地局相当は車に搭載して可搬が出来るようにし、仮設基地局とする。

光

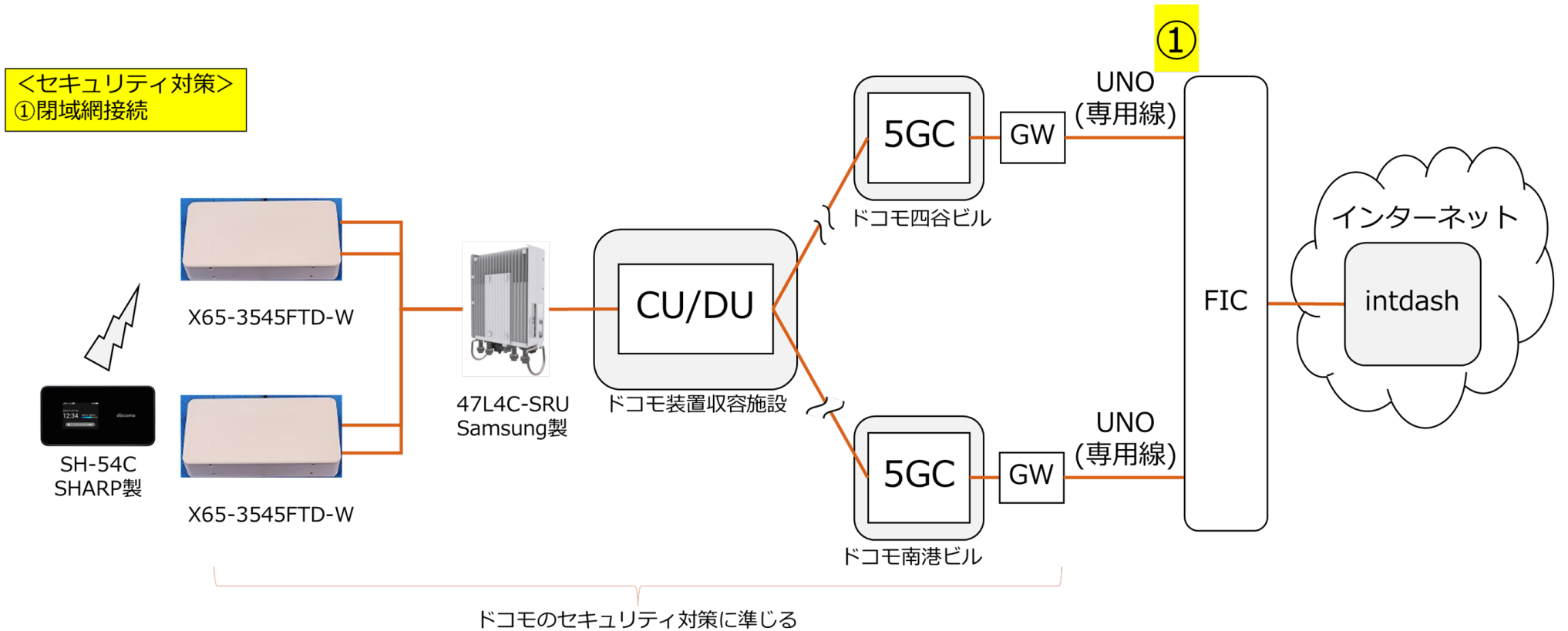
実験局（移動局相当）の移動範囲
（実際移動する可能性のある個所）

実験局（基地局相当）の常置場所
（実証実験時）

実験局（基地局相当）の常置場所
（付帯試験時 = 実証実験前疎通確認時）

①②で給電線系統は変えない
（EIRPは①②とも同じ）

(参考) ローカル 5G : 無線局の構成について



UNO(Arcstar Universal One)とFIC(Flexible Inter Connect)はそれぞれ：NTTドコモビジネスが提供するサービス

(参考) ローカル5G：無線局諸元

No.	項目	基地局	移動局
1	無線局数	1	2
2	識別信号	ちょうきよりでんでんわっかないこうじどううんてん L5Gきちきよくじっけん1	ちょうきよりでんでんわっかないこうじどううんてん L5Gいどうきよくじっけん1~2
3	認証番号	001-A18162(工事設計認証)	201-220699 (SHARP社 SH-54C)
4	中心周波数	4849.98MHz	4849.98MHz
5	帯域幅	99.96MHz	99.96MHz
6	電波の型式	99M9 X7W	99M9 D1A, D1B, D1C, D1D, D1F, D1X, D7W , G1A, G1B, G1C, G1D, G1F, G1X, G7W
7	変調方式(1次変調)	DL:QPSK、16QAM、64QAM、256QAM UL:QPSK、16QAM、64QAM、256QAM	DL:QPSK、16QAM、64QAM、256QAM UL:QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
8	変調方式	OFDM	OFDMA
9	送信電力(空中線電力)	2.29W (33.6dBm) × 4Tx 総和：9.16W (39.6dBm)	100mW (20dBm) × 2 Tx 総和： 200mW(23dBm)※
10	給電線損失	50度アンテナ:6.08dB 265度アンテナ:7.28dB	0dB
11	空中線数と構成	空中線総数：4空中線 (構成：4Tx + 4Rx)	空中線総数：4空中線 (構成：2Tx4Rx)
12	空中線利得	指向性(8dBi)	3dBi
13	同期条件	同期	同期

(参考) ローカル5G：無線設備系統図(基地局)

【識別信号：ちょうきよりでんでんわっかないくこうじどううんてんL5Gきちきよくじっけん1】

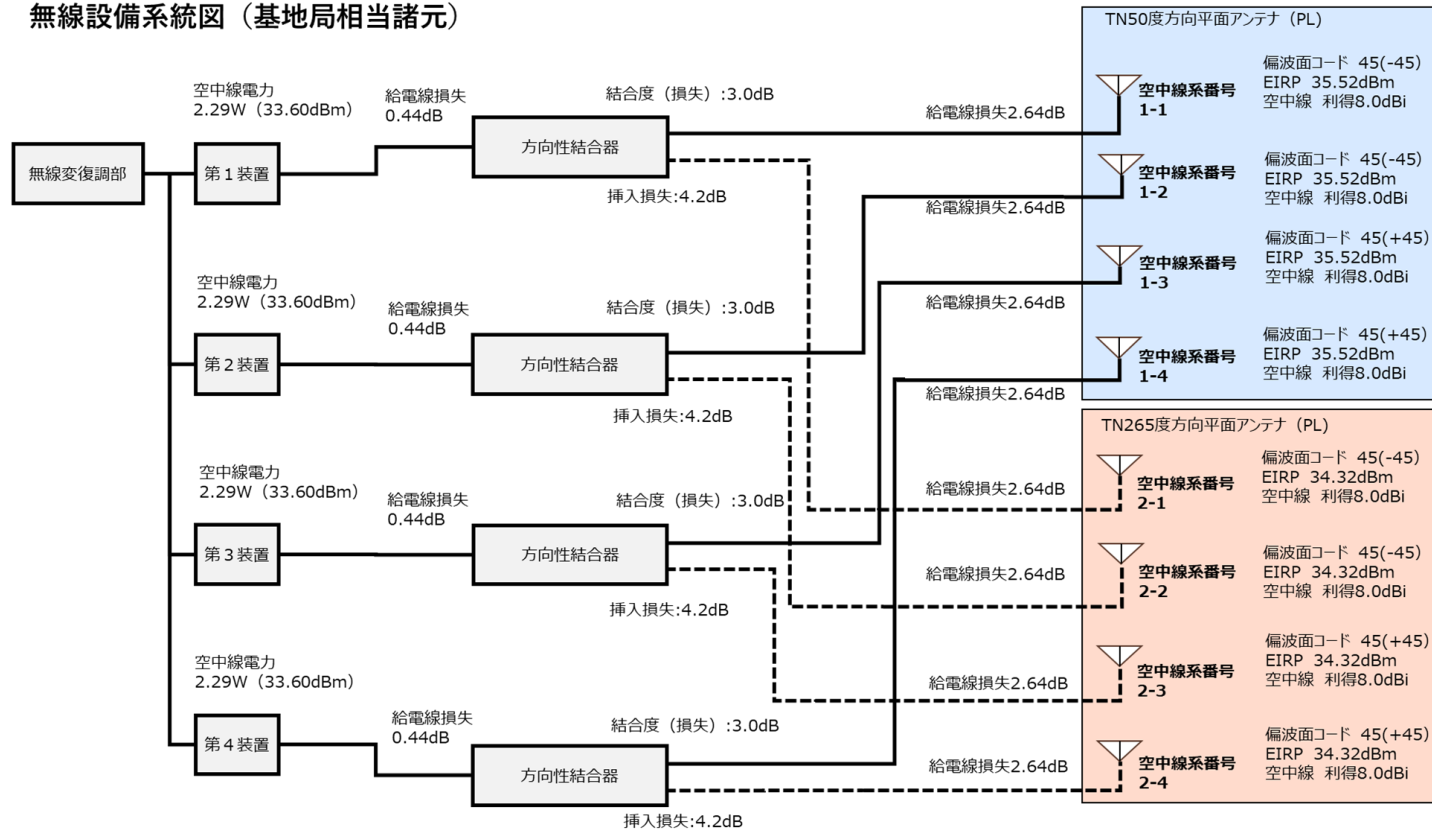
【認証番号：001-A18162】

【製造者名：Sumsung】

【型式又は名称：47L4C-SRU】



無線設備系統図（基地局相当諸元）



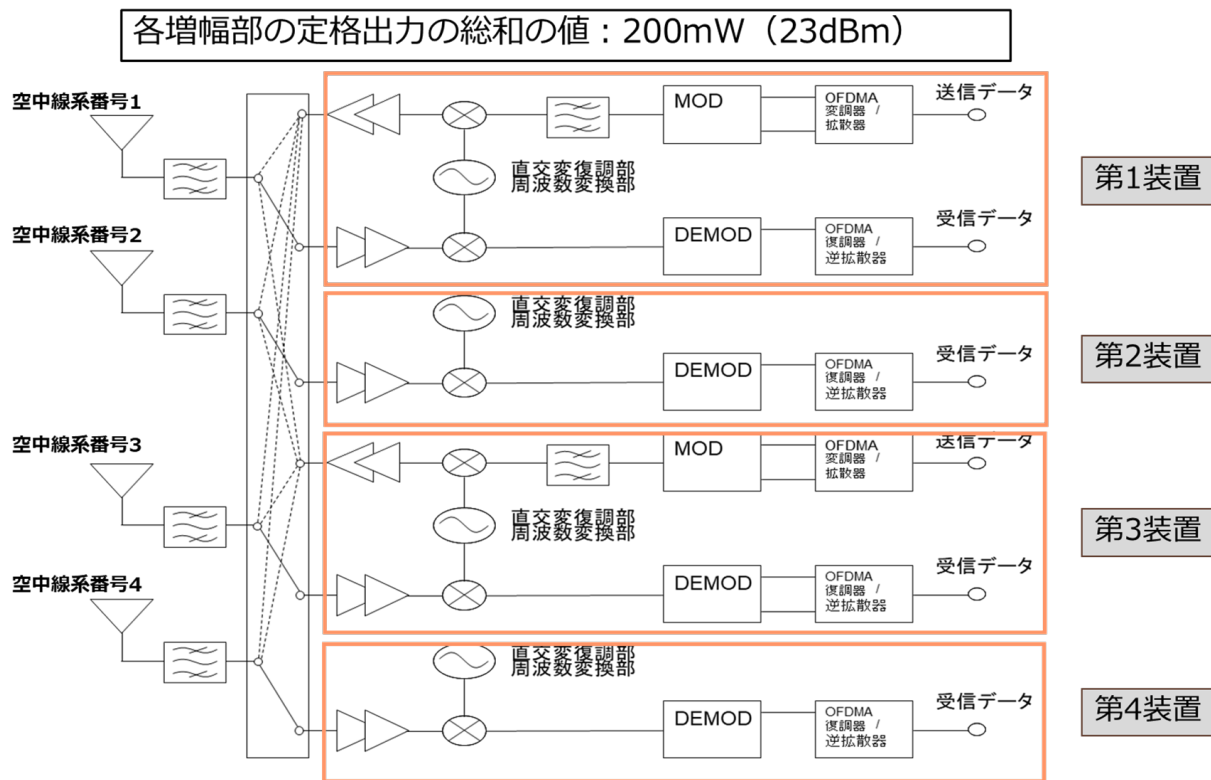
(参考) ローカル5G：無線設備系統図(移動機)

【認証番号：201-220699】

【識別信号：ちょうきよりでんでんわっかないこうじどううんてんL5Gいどうきよくじっけん1~2】

【製造者名：SHARP】

【型式又は名称：SH-54C】



空中線電力は、4本の空中線中、任意1本のみを使用する場合は200mW、任意の2本を使用する場合は各100mWとする。

ベース除雪車



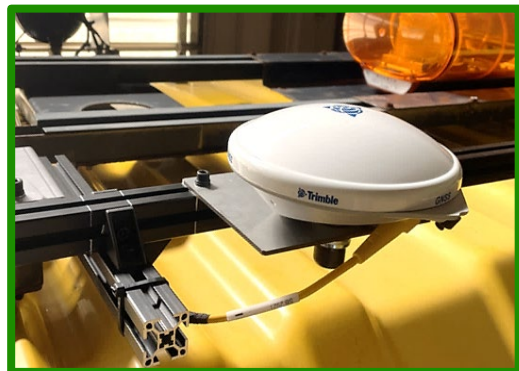
【車両諸元】

- ✓ UDトラック製クオン
- ✓ 2DG-CZ5BL (6x6)
- ✓ 平成30年登録
- ✓ オートマチックトランスミッション

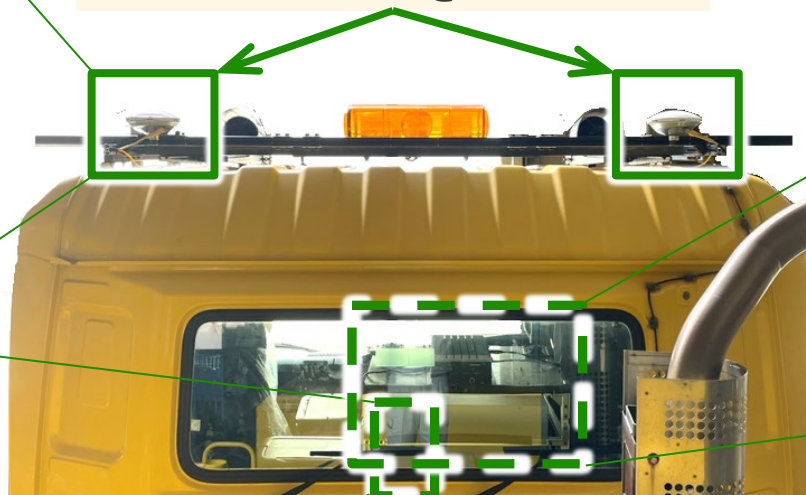
2025年度 除雪車自動運転化内容



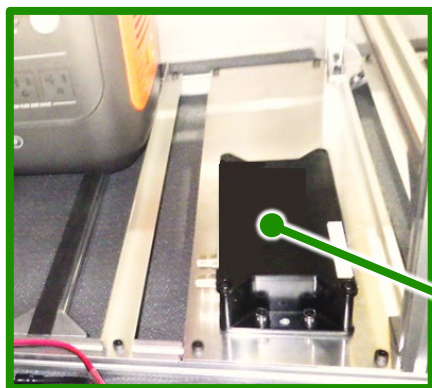
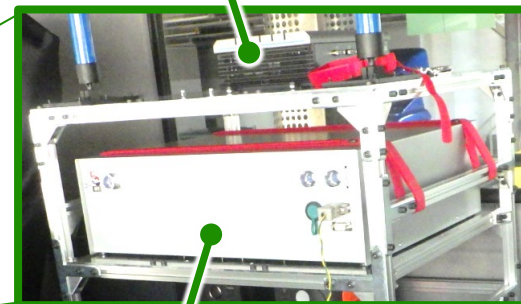
車両改造 ≫ 追加センサー、PC等



GNSSアンテナ @ルーフ上



産業用PC
@車室内ベッド部



IMU内蔵型GNSS受信機
@車室内ベッド部

インターフェースBOX
@車室内ベッド部

車両改造 ≫ バイワイヤ化、電子制御化



改造前



ステアリング

電動アクチュエータ
組込みによりバイワイヤ化、および電子制御化

アクセル・ブレーキ

電子制御化

改造後

(参考) 実証実験の様子_1/3

統合監視システム (intdash)



Default Project / FY25年内_事前準備日
ed2a2417... 2026/02/03 22:32:13-
LIVE 22:45:52.080

vehicle12_除雪車両
除雪車_前方カメラ (AVQoS)
2026/02/03 22:45:52.011751

vehicle12_除雪車両
GNSS
vehicle12_除雪車両
2026/02/03 22:45:51.958211

vehicle11_定点カメラ
定点カメラ

NO EDGE
Master Timestamp
2026-02-03
22:45:52.042

(参考) 実証実験の様子_2/3

移動基地局車

ローカル5Gアンテナ



除雪車からの映像データをローカル5G
移動基地局車経由でクラウドへアップロード

(参考) 実証実験の様子_3/3

自動運転走行

稚内空港の滑走路を自動運転走行中(手放し)

