

空港における地上支援業務の自動化・省力化

令和4年10月13日

国土技術政策総合研究所 空港研究部

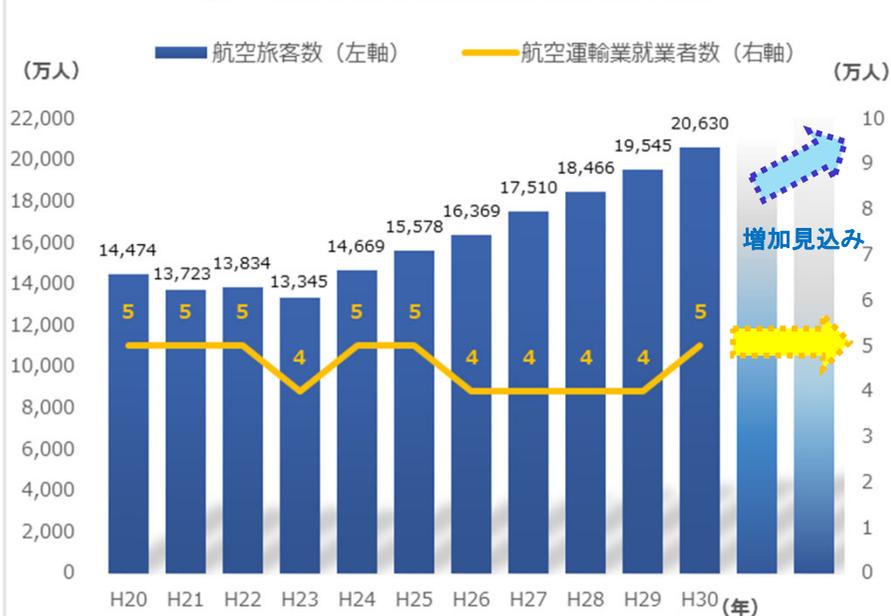
空港計画研究室長 黒田優佳

- インバウンドの増大をはじめとする航空需要の拡大、空港間競争の激化、セキュリティを巡る脅威、生産年齢人口減少に伴う人手不足など、我が国航空輸送を巡る課題へ対応
- 利用者目線で世界最高水準の旅客サービスを実現するため、自動化・ロボット、バイオメトリクス、A I、I o T、ビッグデータなど先端技術・システムの活用による我が国航空輸送産業におけるイノベーションの推進を図る。

背景・課題

旅客需要が増加する一方で、生産年齢人口の減少等を背景に、**航空分野においても、保安やグラハンなどをはじめ、人手不足等が懸念されている。**

航空旅客数及び航空運輸業就業者数の推移



(出典)

航空旅客数：航空輸送統計年報等

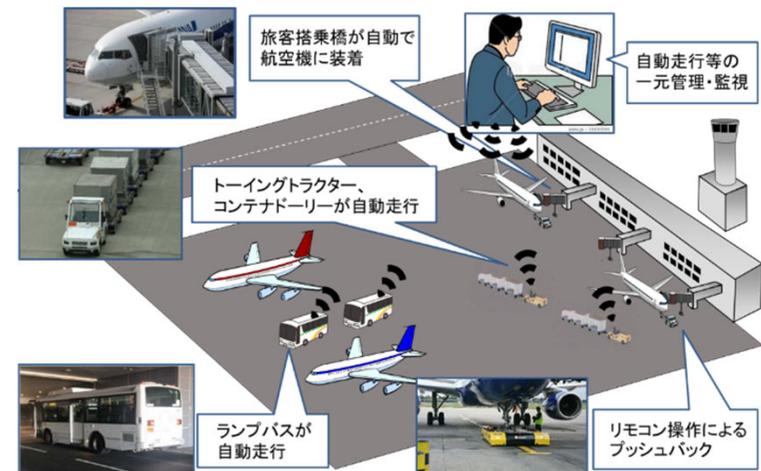
航空運輸業就業者数：総務省「労働力調査（H23：岩手、宮城及び福島県を除く集計値）」

取組

①FAST TRAVELの推進（空港での諸手続・動線の円滑化）



②地上支援業務の省力化・自動化



空港における自動走行GSE導入に向けたロードマップ^o

■ 今後、更なる車両の高度化やインフラ及び運用ルールの整備等を官民が連携して進め、**2025年までの制限区域内における無人自動運転の実現**に向けて、取り組んでいく。

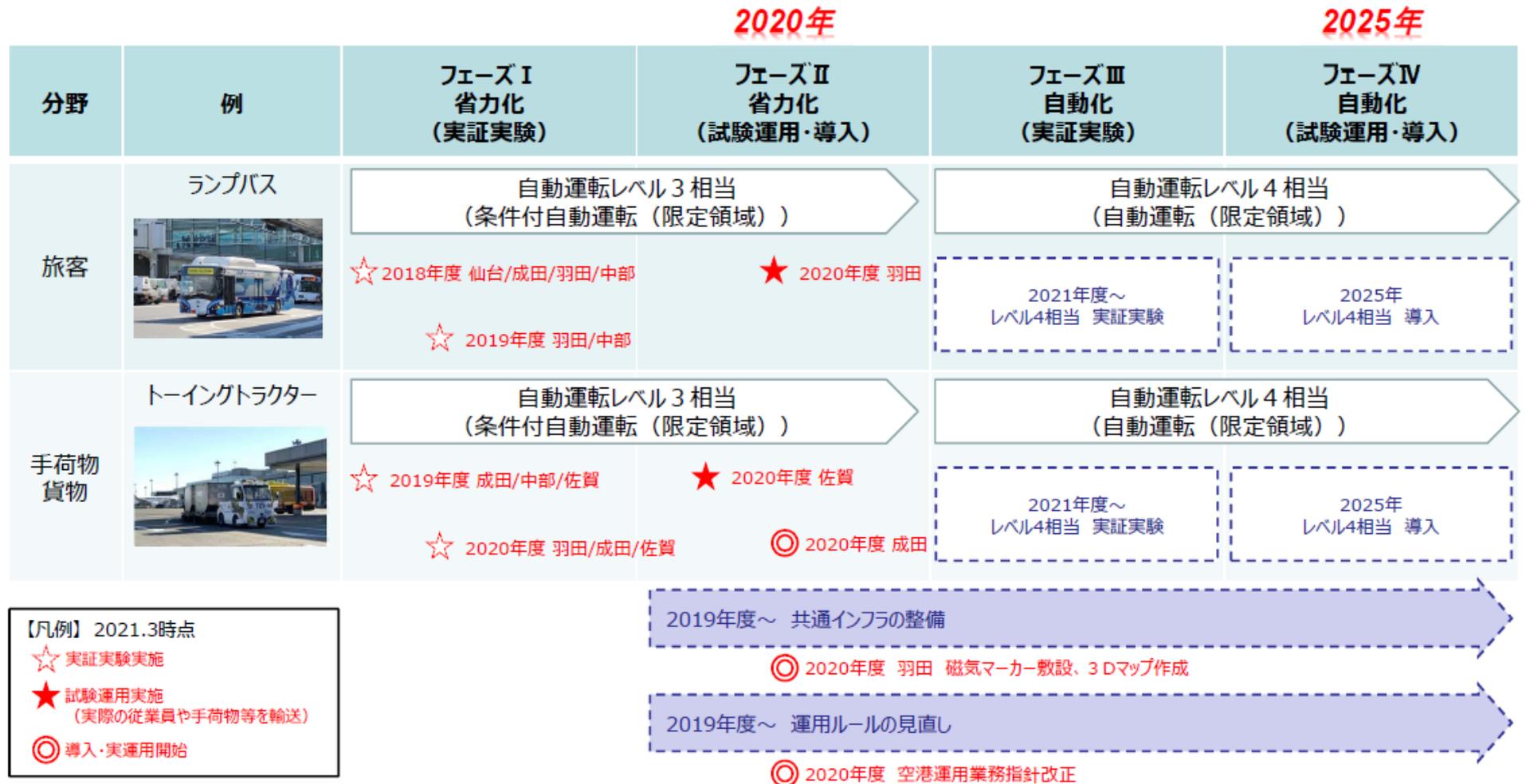
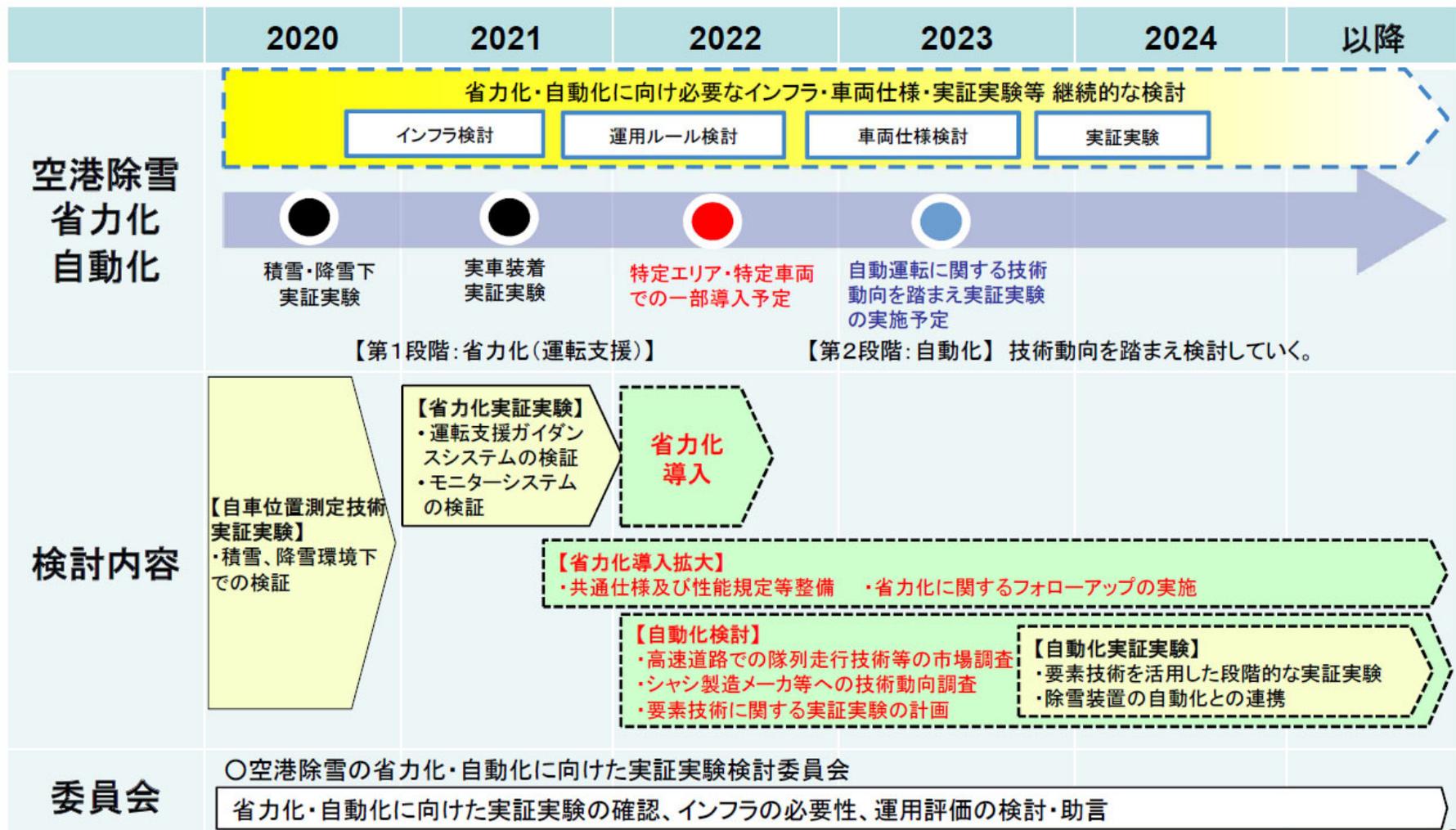


図 空港制限区域内における自動走行の実現に向けたロードマップ (案)

空港除雪の自動化・省力化に向けたロードマップ^o

- 第1段階として、運転支援ガイダンスシステムを導入、省力化を目指す。
「積雪」「降雪」状況で自車位置測定実験。一部エリア一部車両において導入予定。
- 第2段階として、技術動向を踏まえ、自動化を目指す。
除雪装置の操作状況データを収集。要素技術に関する実証実験を計画する。

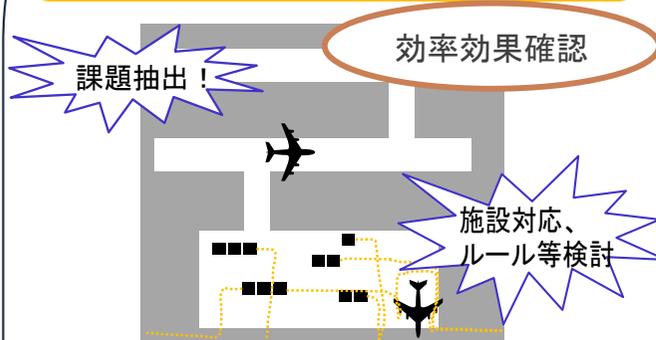


研究開発の課題

- 自動化または省力化技術導入時の効果を検証する手法の開発
- 自動化または省力化技術導入時における必要な施設整備・運用ルールの検討
- 技術開発動向を踏まえた、自動化・省力化技術導入方法の検討

研究内容 1

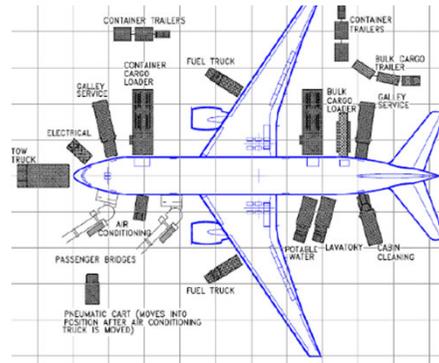
走行シミュレーションモデルの開発



空港内GSE走行シミュレーションモデルを開発する。これにより自動走行GSE導入時の効率性、安全性を検証、課題抽出を行い、必要施設の整備・運用ルールの見直しによる対応策を検討する。

研究内容 2

駐機場内自動走行軌跡の検討



有人GSEの基本的な挙動・タスクを収集・分析し、自動走行GSEのための定型的な走行軌跡を検討する。有人/自動走行GSEの錯綜についての課題抽出や対応策を検討する。

研究内容 3

空港除雪の自動化・省力化に向けた研究



空港除雪車両の走行・運転操作データを収集・分析し、自動化可能な定型的な操作を抽出する。自動化/省力化技術導入時の省力化等の効果を評価する手法を開発する。

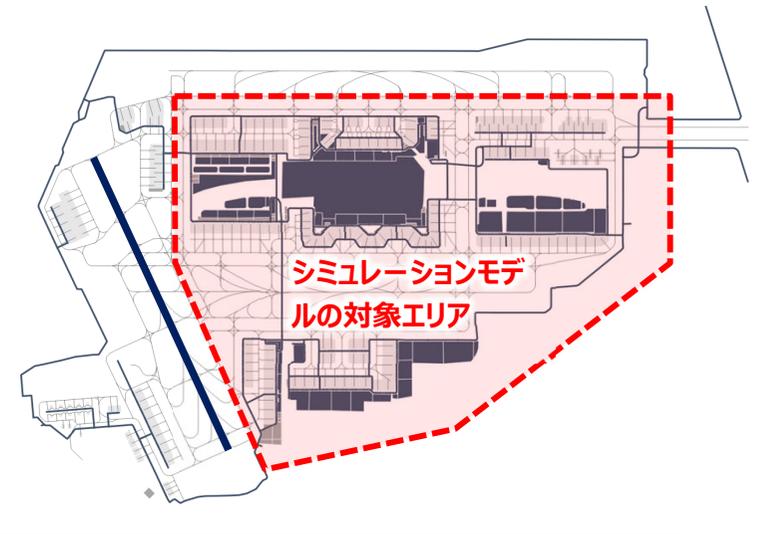
1. GSE走行シミュレーションモデルの開発

- 一般街路ネットワークの交通流シミュレーション(*)を応用し、羽田空港制限区域内の車両通路、GSE交通流を対象にした走行シミュレーションモデルを開発。
- 自動走行GSEをはじめとするGSE走行性能の変更や、車両通路整備、通行規制、航空ダイヤ変更等による交通流への影響評価に適用可能。

(*) アイ・トランスポート・ラボ製「街路網交通流シミュレータ AVENUE」

シミュレーションモデルの概要

対象エリア	羽田空港制限区域内ほぼ全域 (B滑走路の南側全域)
対象車種	羽田空港制限区域内の全車種
対象期間	基本設定は24時間 (0:00~24:00)
モデルの機能	各種状況変化等に伴うGSE交通流への影響評価
インプット	ゾーン、車両通路ネットワーク、航空機交通流、GSE車両規格・性能、GSE交通流 (GSE1台ずつの出発地・出発時刻、到着地・到着予定時刻)
アウトプット	GSE交通流 (GSE1台ずつの到着地・到着時刻、発着地間の通行経路・所要時間・平均速度)、 各リンク間のマクロ的な車種別時間帯別通行台数・平均所要時間・平均速度 など



1. GSE走行シミュレーションモデルの開発

- 自動化する**GSE車種**、**導入割合**、自動化の**技術レベル**についてシナリオを想定。
- 加えて、**運用ルール**について自動走行GSEの導入を前提としたシナリオを想定。
- これらのシナリオの組合せにより、シミュレーションを実施。

自動走行GSE導入の評価シナリオ

		Without	With 1	With 2	With 3	With 4
自動走行GSEの車種		なし	旅客輸送バス等(BUS/MB)、トローリングトラクター (TT)			
自動走行GSEの導入割合		0% ○	10% ◐	50% ◑	100% ●	100% ●
自動化の技術レベル	走行速度等	速い 😊 BUS/MB:30km/h TT:15km/h	遅い 😞 BUS/MB : 20km/h* TT : 15km/h*			速い 😊 BUS/MB:30km/h TT:15km/h
	追い越し機能	(あり) 😊	なし 😞 追い越し不可	あり 😊 車車間通信により 追い越し可		
	右左折時の交差点通過	速い 😊 目配せ等の譲合いで 1台通過後に右左折可	遅い 😞 対向右左折車がいなくなるまで停車	速い 😊 車車間通信による譲合いで1台通過後に右左折可		
運用ルール	交差点の優先/ 非優先等	優先設定なし 😊 (先着順に通行)	優先設定なし 😞		3-1 優先設定なし 😞	3-2 自動走行優先 😊
					自動走行優先 😊	

※有人走行GSEよりも加速・減速が遅い

1. GSE走行シミュレーションモデルの開発

- 全GSEの総走行時間は、自動走行GSEの割合が増えるに従い増加。
- 自動走行GSEの技術レベルが上がり導入割合が増えると、省人化に寄与
- 全GSEの停止回数は、自動走行GSEの割合が増えるに従い減少。

効率性

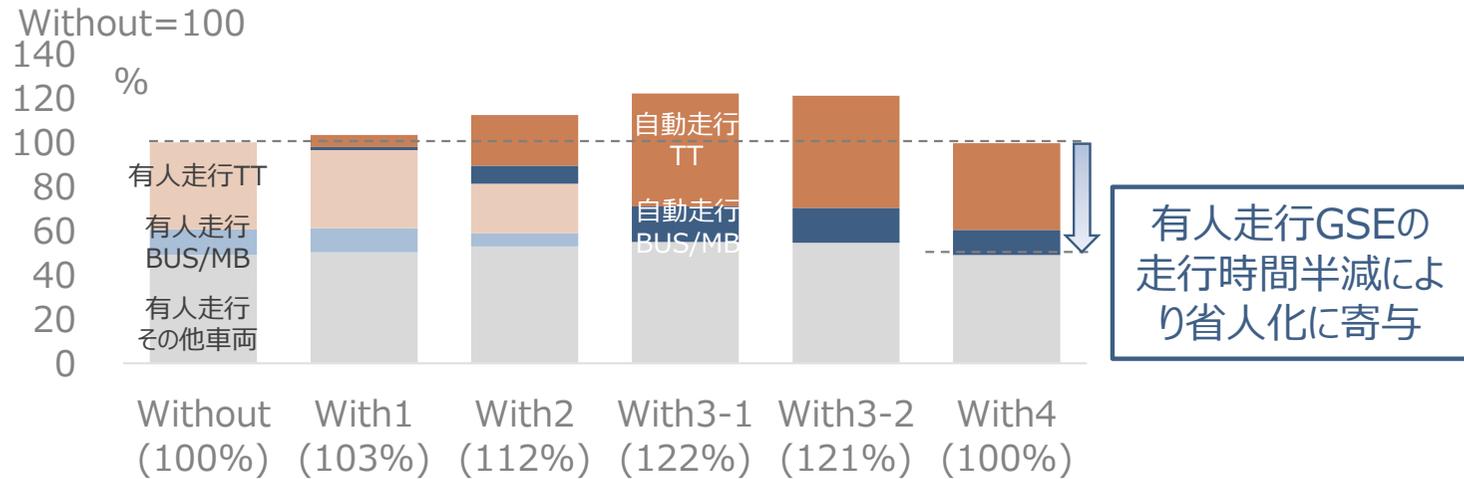
省力化

安全性

総走行時間

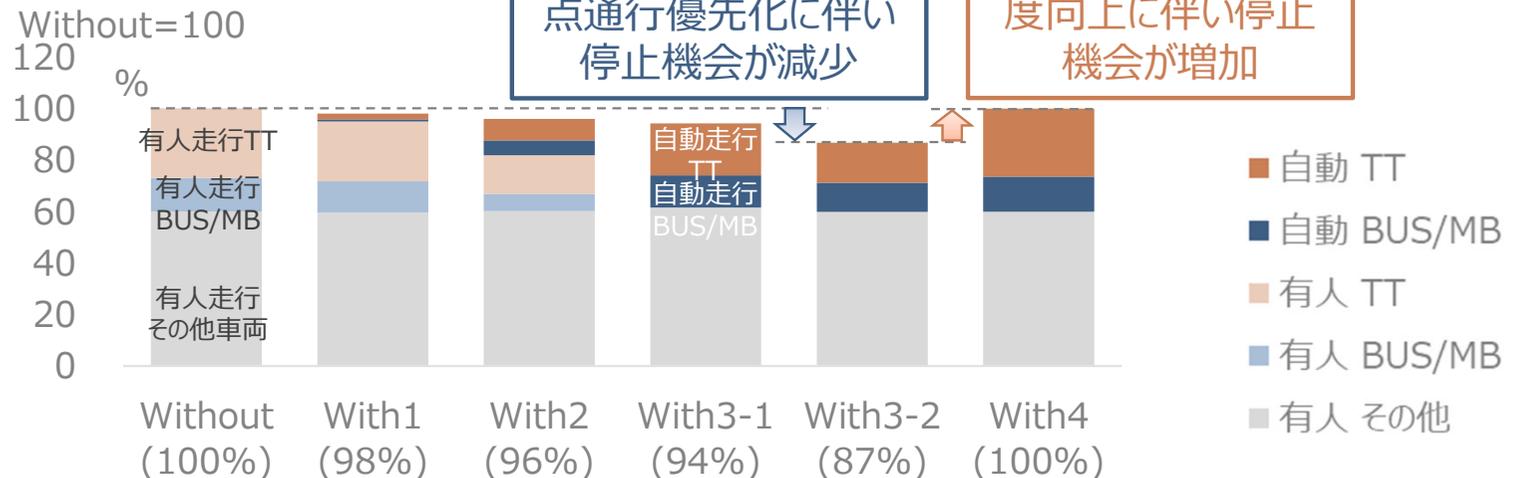
効率性

省力化



停止回数

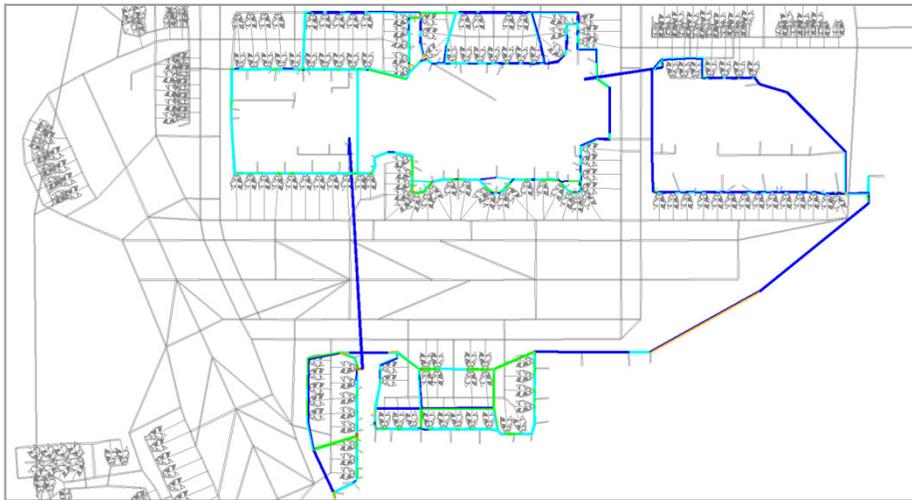
安全性



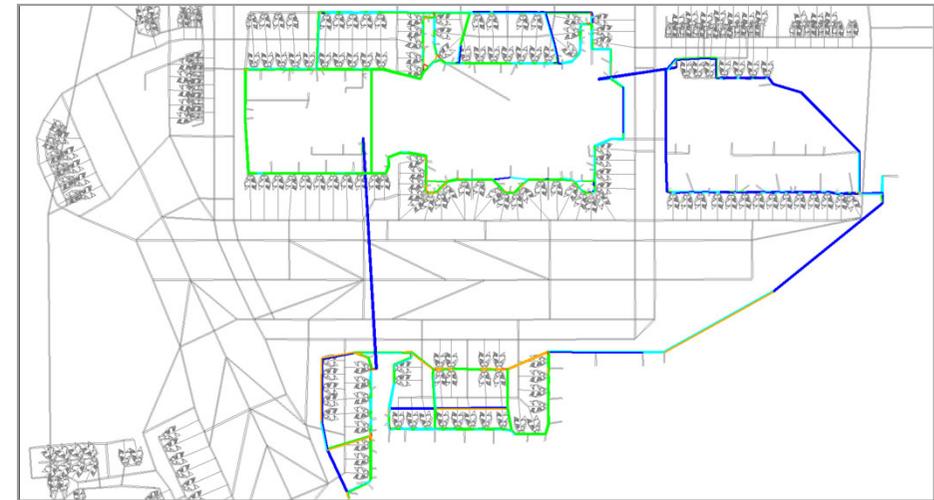
1. GSE走行シミュレーションモデルの開発

- 自動化導入によって、一部の区間においてGSEの区間平均速度の低下が顕在化。

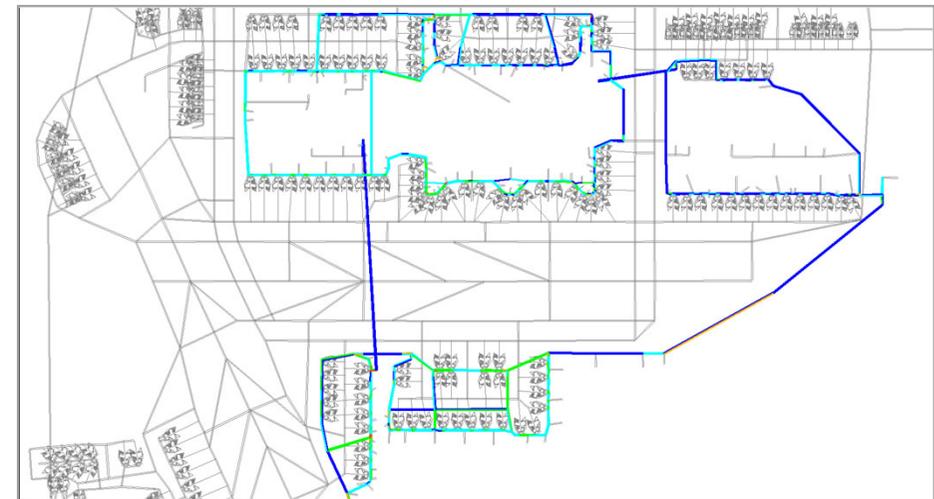
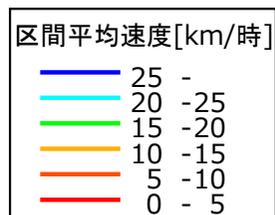
効率性



Without



With3-1



With4

各ケースでの区間平均速度の比較（8時台）

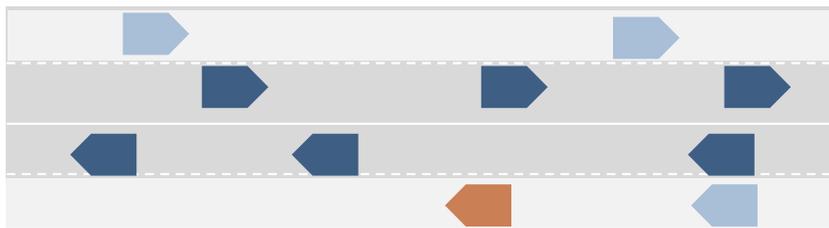
1. GSE走行シミュレーションモデルの開発

- このシミュレーションモデルにより、羽田空港制限区域内での、自動走行GSEの導入割合・走行性能の変更、車両通路等施設整備、運用ルール変更等による交通への影響を評価することができる。

GSEシミュレーションモデルの条件設定（例）

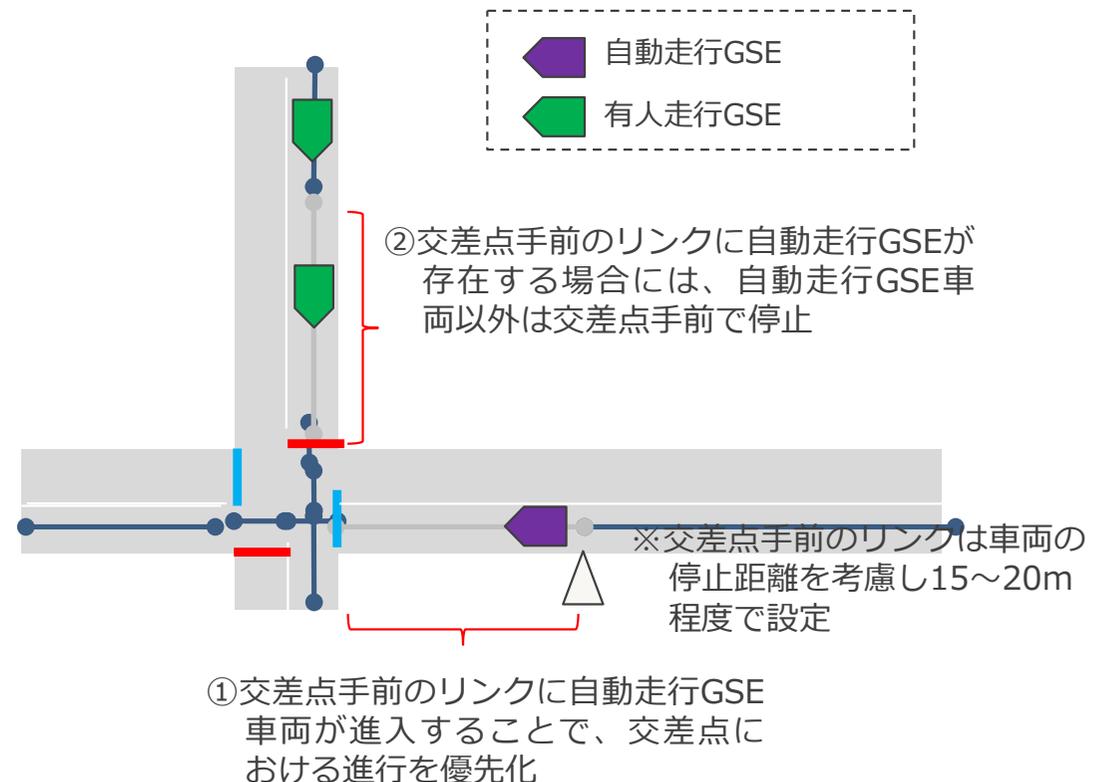
自動走行GSEのための優先通行車線

優先通行車線のイメージ



- 低速走行GSE優先通行車線（自動走行GSE含む）
- 高速GSE優先通行車線
- 低速走行GSE
- 低速走行GSE（自動走行GSE）
- 高速走行GSE

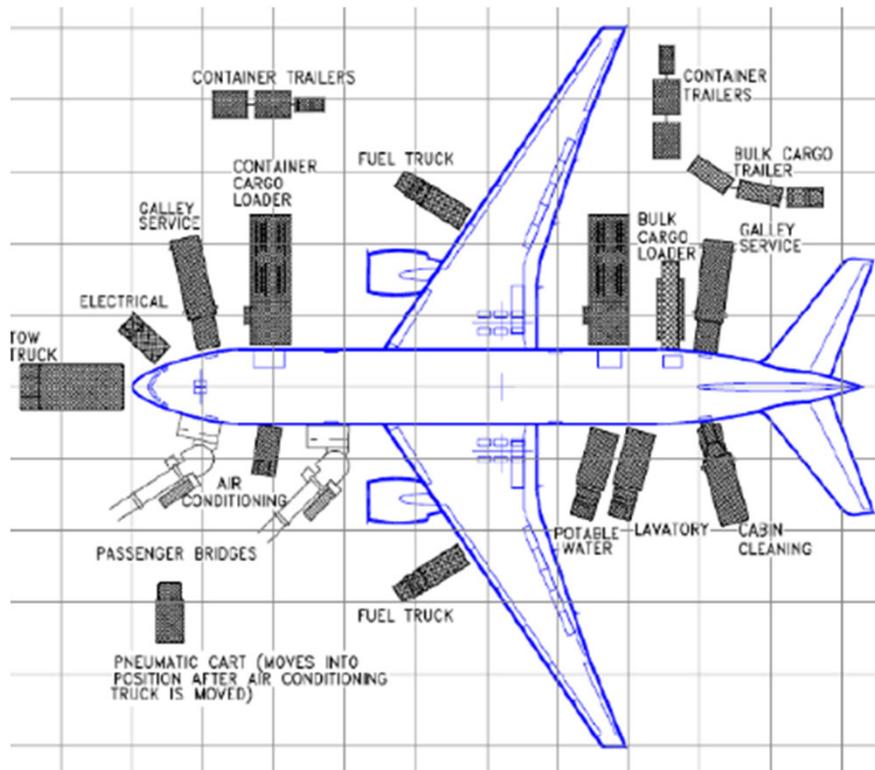
交差点での自動走行GSEの優先



2. 駐機場内の自動走行軌跡の検討

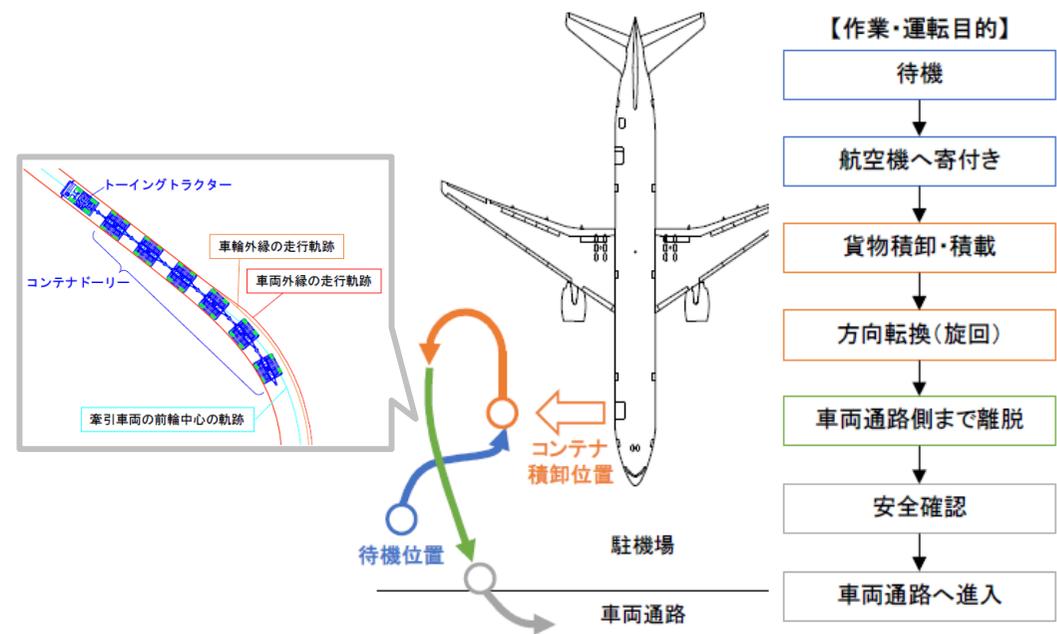
- 駐機場内は限られた空間の中を多種多様なGSEが走行。航空機の定時運航のため、現場の状況に応じて、グランドハンドリング作業従事者により効率的な作業が行われている。
- 駐機場内を走行する有人GSEの走行軌跡を車種毎に分析し、定型的な作業の抽出や駐機場内での作業可能範囲の整理により自動走行GSEのための走行軌跡案を作成する。

駐機場内で作業をする多種多様なGSE車両



出所) BOEING社
 「777-200/300 Airplane Characteristics for Airport Planning」
 (1998.7)

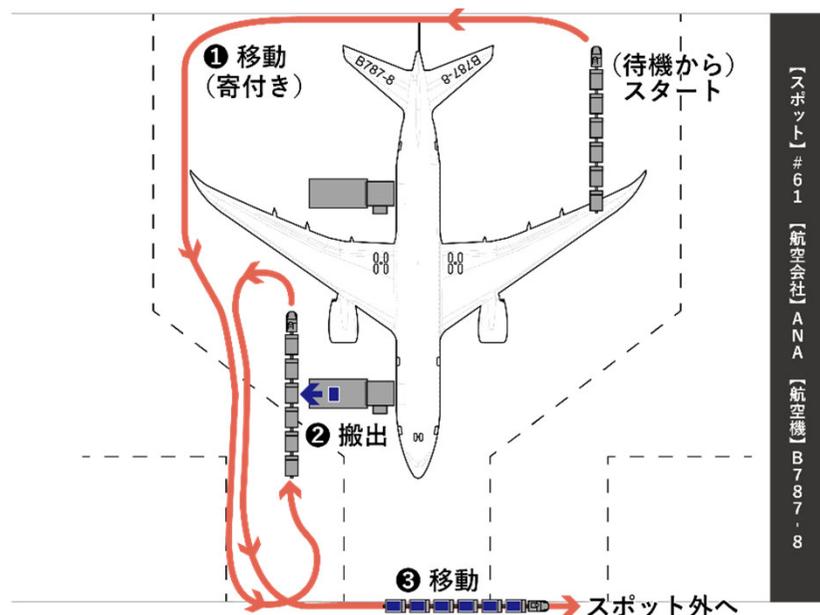
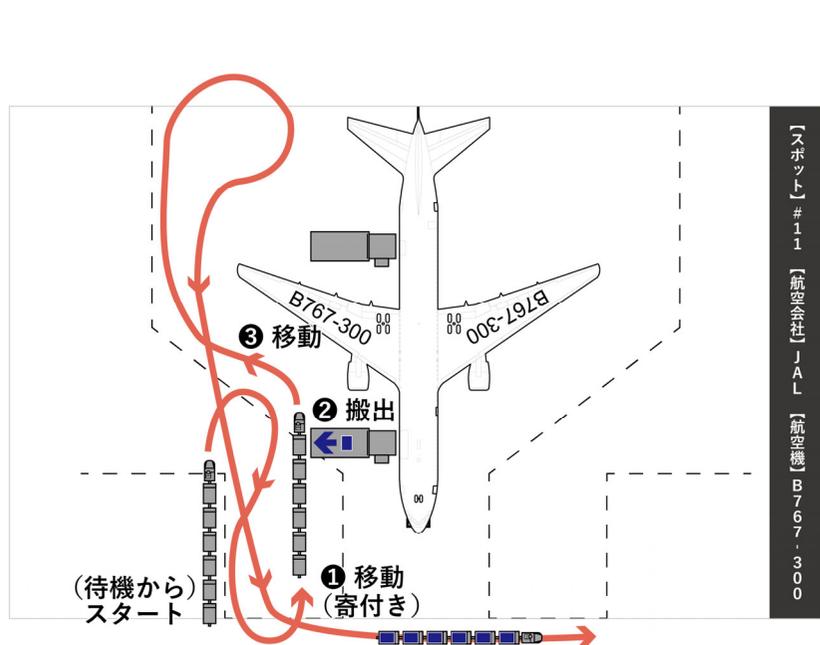
駐機場内を自動走行するための軌跡を検討



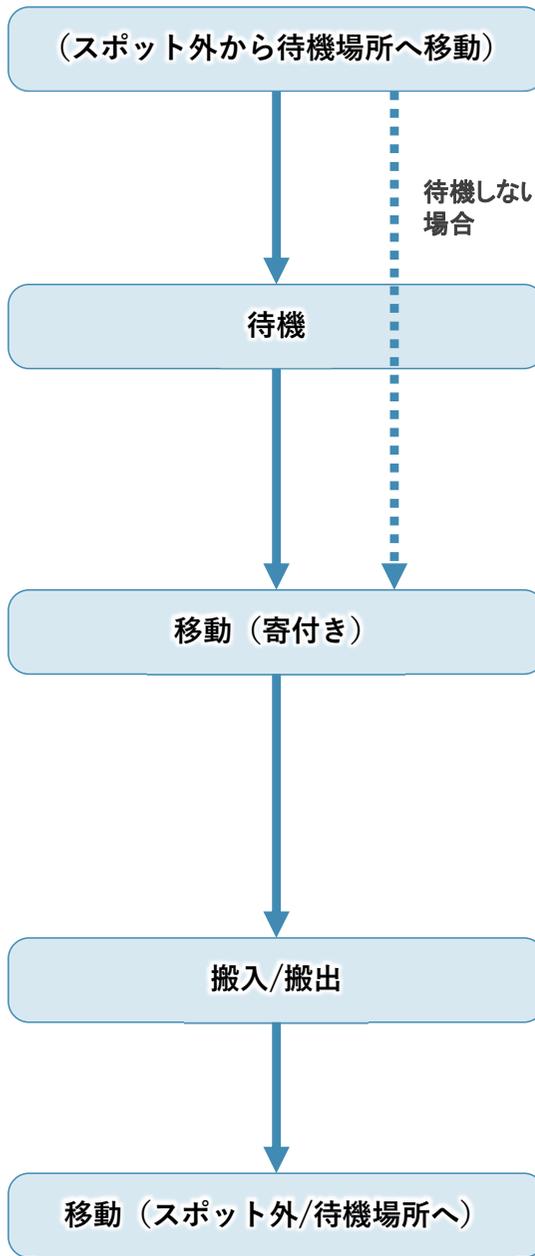
各作業・運転目的に対する走行軌跡のイメージ

2. 駐機場内の自動走行軌跡の検討

● 現状の走行軌跡の分析結果概要（トーイングトラクター前方貨物の場合）



主な作業手順

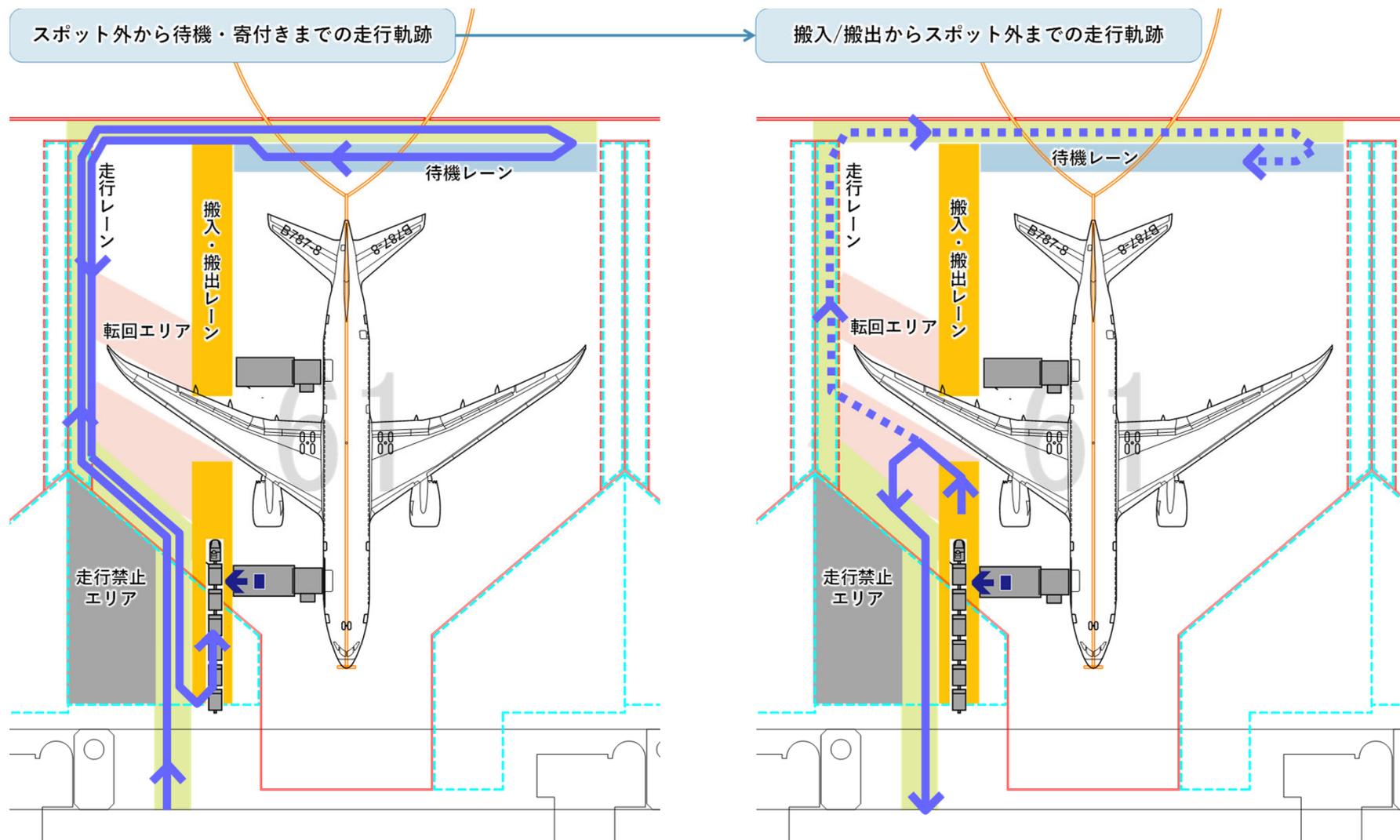


走行軌跡の特性と分岐パターン

- 待機場所への移動の特性**
 <<分岐：待機場所>>
 ● 航空機後方で待機
 ● 航空機右前方または側方で待機
 ⇒分岐要因（推定）
 ● スポット外からの移動経路
 ● 他の車両・機材の配置状況
- <<分岐・要因：待機場所の経路の有無>>
 ● 待機せずに搬入/搬出作業に入る場合は直接寄付きへ向かう
- 寄付き時の走行軌跡の特性**
 <<共通>>
 ● 航空機後方に向かって寄付き
- <<分岐・要因：寄付き動線の線形>>
 ● 待機場所を経由しない場合は車両通路から直線状に寄付き
 ● 待機場所からは円弧または8の字状に寄付き
- <<分岐・要因：寄付き時の旋回方法>>
 ● ドーリーの連結数が多いと大回りで寄付き
 ● 連結数1台の場合、小回り+バック走行により寄付き
- 搬入/搬出時の走行軌跡の特性**
 <<分岐・要因：搬入/搬出作業中の走行>>
 ● コンテナ数が多い場合、二段階で車両を動かし搬入する場合がある
- スポット外への走行軌跡の特性**
 <<共通>>
 ● 搬入・搬出後に、航空機から離れるように旋回して前方へ移動
- <<分岐・要因：旋回動線>>
 ● 航空機前方で方向転換できるエリアがないとき、航空機後方で旋回
 ● ドーリーの連結数が多いと大回りで旋回

2.駐機場内の自動走行軌跡の検討

● 自動走行軌跡の案（トーイングトラクター前方貨物の場合）

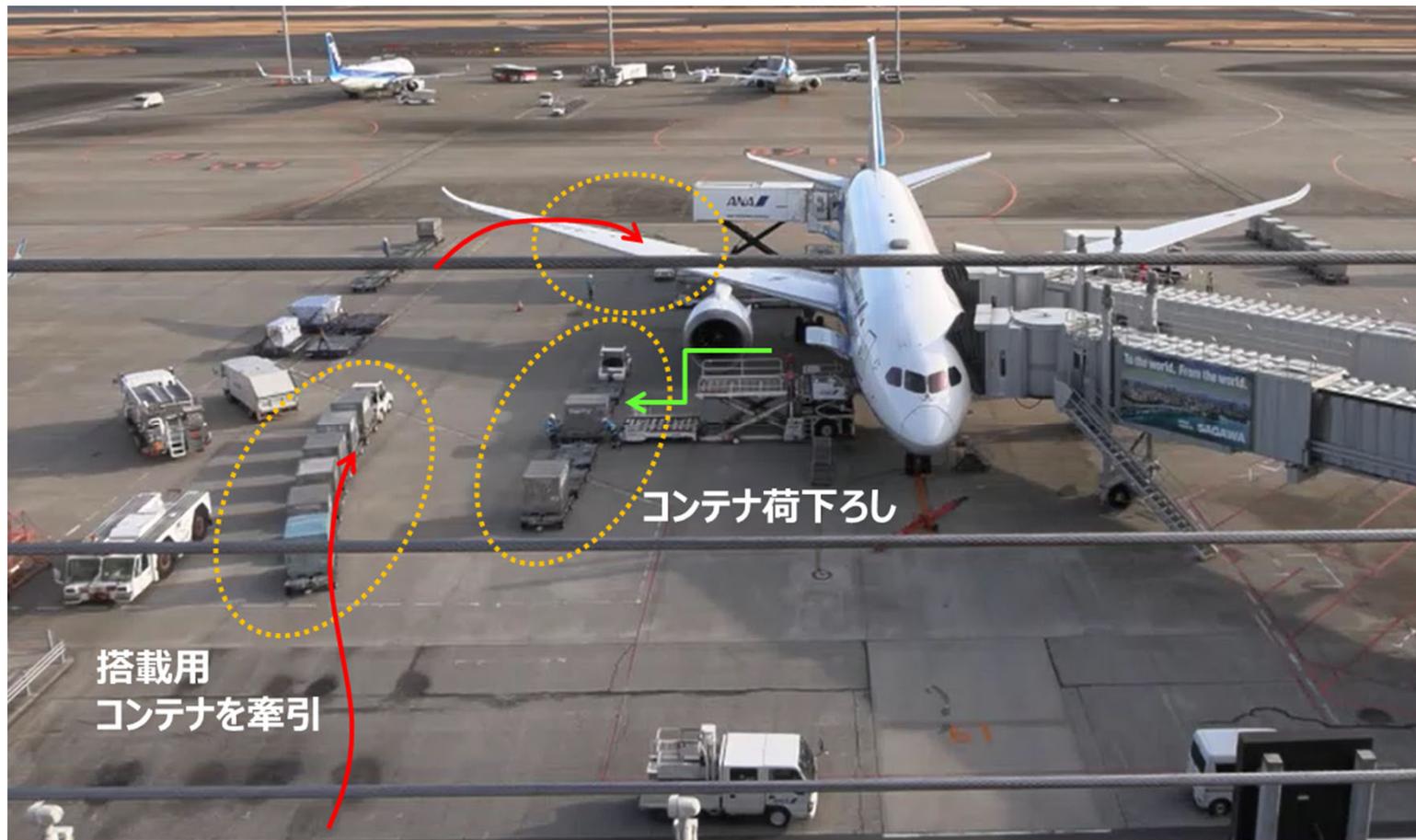


- 機翼を回避して航空機後方へ移動するため、スポット側方の機材待機区域を走行レーンとして利用（ゾーニング）
- 比較的待機エリアを確保しやすい航空機後方に待機レーンを設定（事業者ヒアリングより）
- 搬入・搬出レーンは、専用エリアとして走行レーンと分ける
- 航空機前方の機材待機区域は、GSEの置場として利用されているため、走行禁止とする（走行禁止エリア）
- 安全性等の観点から、航空機前方の車両通路からの出入りを想定

2. 駐機場内の自動走行軌跡の検討

■ 今後の課題

- 駐機場内の有人・自動GSEの錯綜の分析と対応策の検討
- 自動走行GSEの駐機場内での走行ルール・共通インフラの提案



駐機場内のGSEの走行 羽田空港第2ターミナル前 (#61) 到着時

3. 空港除雪の自動化・省力化

● 空港除雪の特殊性

・ 要求精度

国際基準※に定められる、滑り摩擦係数を満足することが必要

⇒ブラックトップ（アスファルト面の露出）が必要で、熟練者のノウハウが重要

・ 除雪完了目標時間

空港の安定的な運航のため除雪目標時間を設定

（新千歳空港では滑走路一本を閉鎖後20分で除雪完了）

⇒大型・高機能車両の導入により計画的・効率的な運用を実施

● 空港内における位置認識技術

・ 滑走路等の広大な開放空間における自己位置認識

・ 降雪時における自己位置認識



※「Annex14」: ICAO (International Civil Aviation Organization、国際民間航空機関)

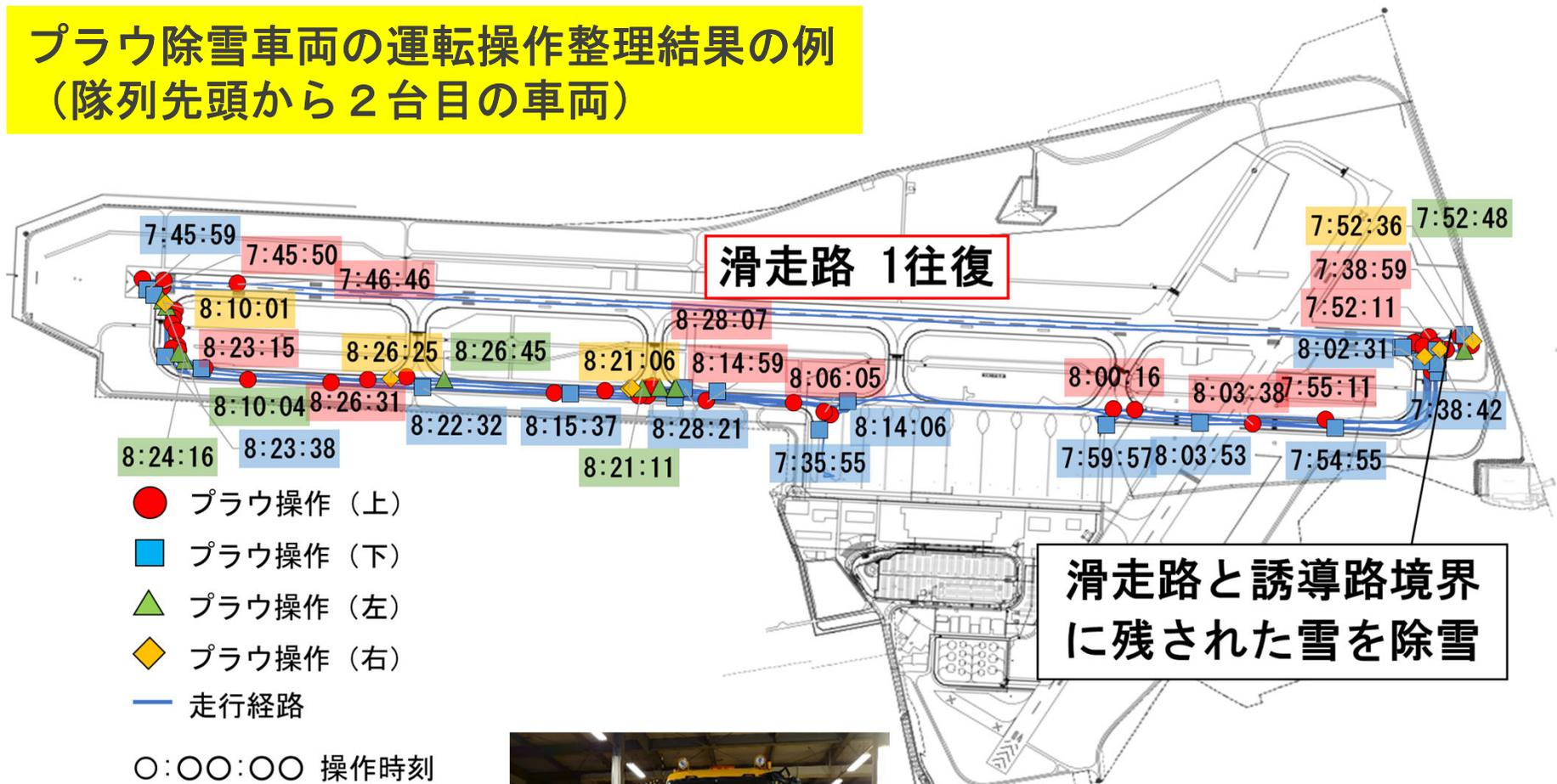


新千歳空港
除雪車両数93台

3. 空港除雪の自動化・省力化

- 除雪車両の走行・運転操作データを収集・整理し、各除雪車両の動態を分析
- 車両走行位置と操作の関係を分析し、自動運転導入可能な作業を抽出

プラウ除雪車両の運転操作整理結果の例 (隊列先頭から2台目の車両)



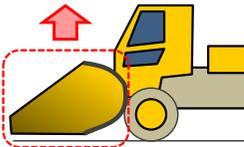
プラウ除雪車両

3. 空港除雪の自動化・省力化

● 自動化を検討すべき定型的な除雪作業パターンの抽出（プラウの例）

【装置の操作パターン①】

過走帯進入時に雪の抵抗を避けるため、プラウ装置を上げ、滑走路除雪開始時に装置を下げる

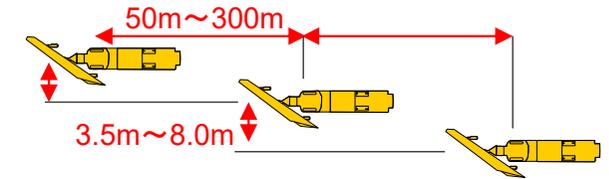


【走行速度パターン等】

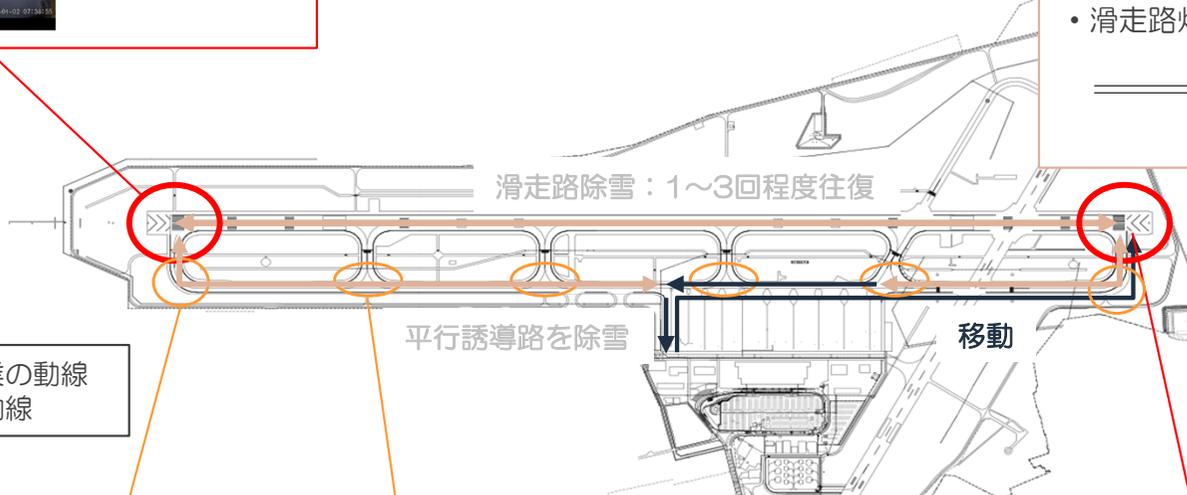
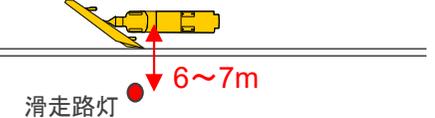
- 除雪時は平均30km/h程度で走行
- 除雪時を含む全体では10~50km/h程度
- 他の除雪車両と比べて速度のばらつきが大きい
- 積雪量が多いとき走行速度が遅くなる傾向がある

【走行位置パターン等】

- 滑走路は6台梯団除雪により実施
- 滑走路梯団除雪時の車両間の縦方向間隔は50m~300m、横方向間隔は3.5m~8.0m



- 滑走路灯に対する距離は概ね6~7m



- ← 基本的な除雪作業の動線
- ← 基本的な移動の動線

※ 状況等により以下の除雪も実施

【運用時間外】

- エプロン
- 取付誘導路
- A滑走路
- サウスエプロン

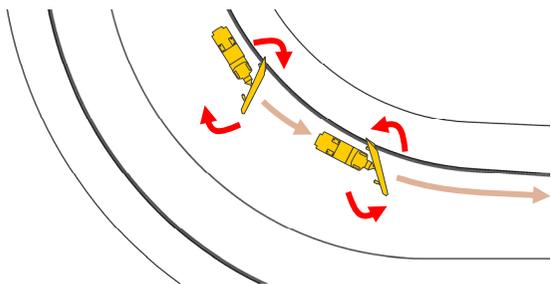
【運用時間内】

- 滑走路のみの場合もあり

※ 走行位置は、GPS観測精度により、数m程度の誤差が含まれる

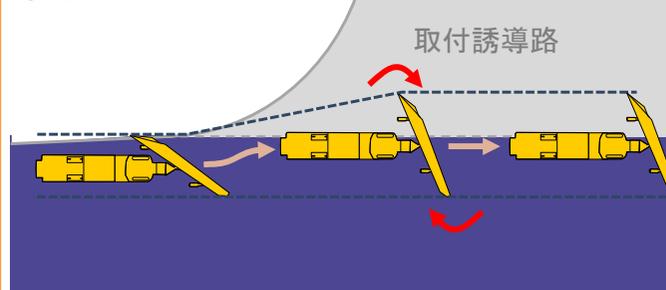
【非定型の装置の操作②】

押し出した雪が中心側に逃げないようにカーブ走行時にプラウ装置の角度を調整



【非定型の装置の操作①】

取付誘導路との交差部などで、除雪幅を広げるためにプラウ装置の角度を調整してやや外側を走行する



【装置の操作パターン②】

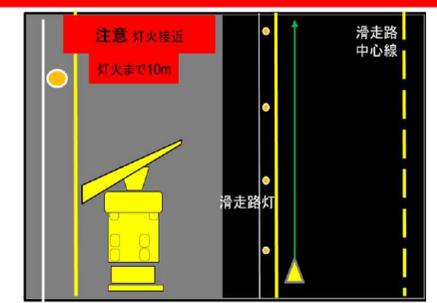
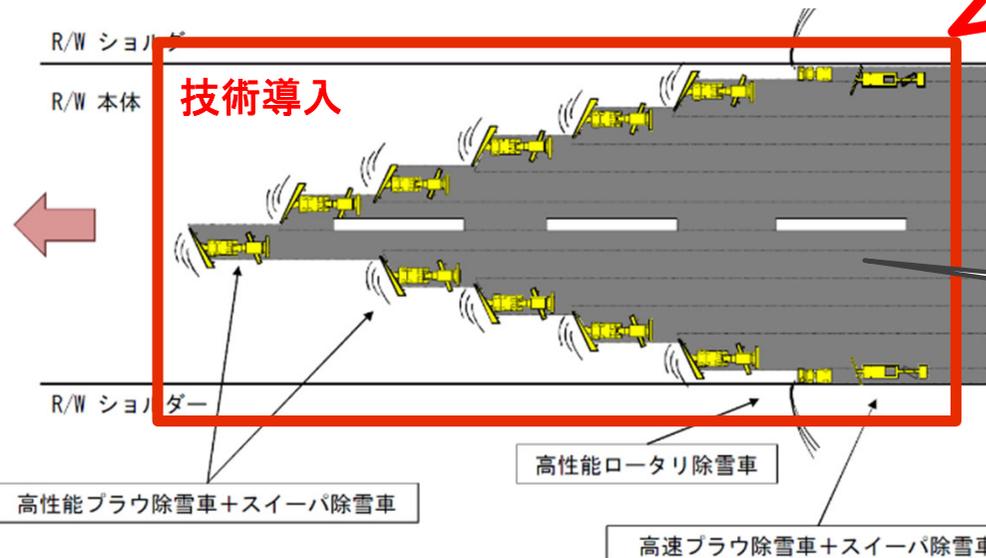
滑走路末端灯を破損させずに除雪するため、灯器に引っかからない程度にプラウ装置を上げる通過後はすぐに装置を下げる



■ 今後の課題

- 空港除雪作業への省力化・自動化技術の適応性の検討
- 空港除雪に省力化技術を導入する際の除雪作業計画の見直し案の作成
- 空港除雪に省力化技術を導入した場合の効果計測手法の開発

空港除雪における技術導入効果イメージ



省力化技術(運転支援ガイダンスシステム)の一例※

作業員数○人→●人

期待される効果

待機費用○%削減
年間○回出動回数減
⇒○円程度削減

作業員確保が容易に
⇒出動基準の見直し
⇒費用削減

※航空局 第5回空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会資料より

ご清聴ありがとうございました