

資料

令和5年度第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第三部会） 議事次第・会議資料

令和5年度第6回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）

議事次第

日時：令和5年11月14日（火）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 議事
 - ＜令和4年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
 - ・自動運転空港除雪車両の導入に関する研究
6. 国総研副所長挨拶
7. 閉会

会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第三部会）委員一覧	185
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	186
資料3 研究課題資料 <ul style="list-style-type: none">・自動運転空港除雪車両の導入に関する研究	187
資料4 評価対象課題に対する事前意見	200

注) 資料3及び資料4については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会
(第三部会) 委員一覧

第三部会

主査

兵藤 哲朗 東京海洋大学学術研究院 教授

委員

岩波 光保 東京工業大学 環境・社会理工学院 教授

富田 孝史 名古屋大学減災連携研究センター 教授

野口 哲史 (一社)日本埋立浚渫協会技術委員会 委員長
五洋建設(株) 取締役専務執行役員 土木本部長

二村 真理子 東京女子大学 現代教養学部 教授

山田 忠史 京都大学 経営管理大学院 教授
京都大学大学院 工学研究科 教授

横木 裕宗 茨城大学大学院 理工学研究科 教授

※五十音順、敬称略

評価方法・評価結果の扱いについて

（第三部会）

1 評価の対象

令和4年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（20分）

（3）研究課題についての評価（20分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

自動運転空港除雪車両の導入に関する研究

研究代表者 : 空港研究部空港計画研究室長 黒田優佳
 課題発表者 : 空港研究部空港計画研究室長 黒田優佳
 研究期間 : 令和2年度～令和4年度
 研究費総額 : 約11百万円
 技術研究開発の段階 : 初期段階



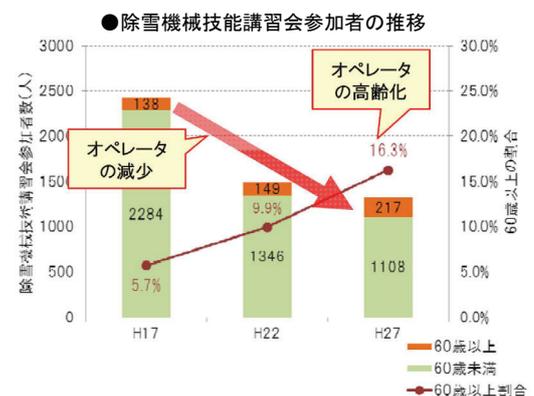
National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題 その1

背景

- ・訪日外国人6000万人時代に向けて、空港の旅客受入れ環境確保のため空港の機能強化を実施している。
- ・一方、空港運用に必要な労働力の不足が課題であり、自動運転等の先端技術を活用した省力化等が求められている。



背景

- 国総研では、航空局が進めるランプバス（空港制限区域内旅客用バス）やトレーイングトラクター（貨物コンテナ牽引車両）の自動化に資する研究開発を進めている。
- 空港除雪についても、航空局が令和2年より自動化に向けた検討を開始した。
- 道路除雪分野でも自動運転に関する実証実験の実施等、技術開発が進められている。

空港内での自動化を進める車両

出所：航空局



ランプバス



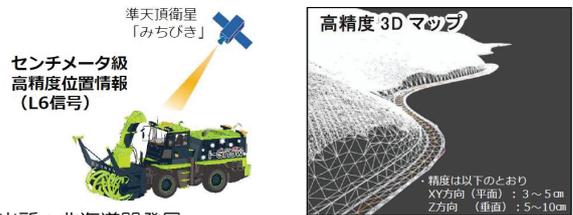
トレーイングトラクター

道路除雪分野での取り組み

「除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム (i-snow)」(北海道開発局)

- 自動運転除雪車両の開発
- 知床峠における実証実験の実施 など

雁行隊列で作業する空港除雪車（新千歳空港）



出所：北海道開発局

「除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム(i-snow)」資料

空港除雪の自動化に向けて車両開発や実証実験を進める航空局に対して、国総研は除雪作業の実態把握による自動化に向けた課題整理など必要な技術資料を提供し、空港での新技術導入を推進する。



課題

○空港除雪の特殊性

- ・要求される除雪精度

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

○空港内における高度な位置認識技術の必要性

- ・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
- ・雁行隊列における他車両の位置認識
- ・航空灯火等の障害物検知



除雪後の舗装の様子
出所：東京航空局 新千歳空港事務所

他分野での技術開発動向を踏まえつつ、

“空港における” 除雪車両の自動運転技術の導入についての検討が必要

5

目的・目標

アウトプット目標

- ・必要となる自動運転除雪車両の技術開発の方向性を検討し車両開発に着手する航空局に提案
- ・自動運転除雪車両導入時の空港除雪作業計画の見直し方法の提案
- ・自動運転除雪車両導入時の効果の評価手法の開発

アウトカム目標

- ・空港管理者が空港除雪作業の自動運転導入を可能とし、今後も必要な除雪体制の確保による安定した空港運用に貢献

必要性

- ・自動運転技術の導入にかかる対応が遅れた場合、労働力不足により除雪体制の確保が困難となる。この場合、除雪作業による滑走路等の閉鎖時間が延び、降雪時の遅延便・欠航便が増加し、経済活動や国民の利便性の低下が懸念される。
- ・労働力不足が進行する下で安定した空港運用を継続するためには、自動運転技術を導入し省力化を図ることにより、空港除雪実施体制を確保する必要がある。
- ・滑走路においては、雪質や積雪量で除雪機器の操作を調整する要求精度の高い除雪を、滑走路閉鎖後、短時間で完了することが求められており、こうした課題を解決し、早期の自動運転除雪車両の導入を実現可能とするための研究開発が必要。

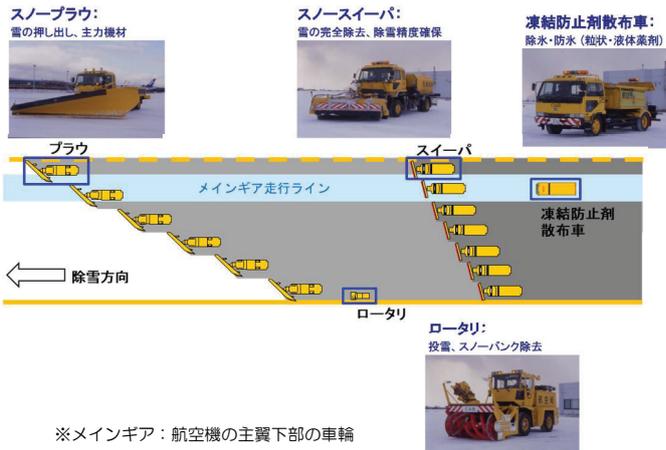
6

研究開発の概要

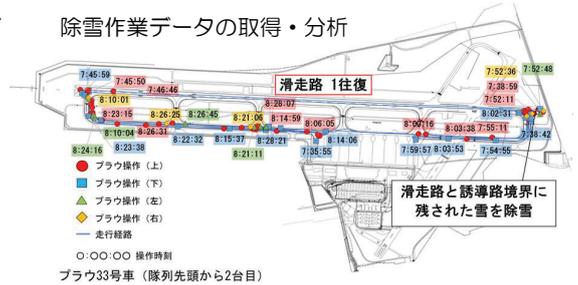
- 空港除雪の特殊性である、要求される除雪精度の高さと短時間の除雪完了を自動運転によって実現するため、空港における除雪車両への自動運転技術の導入に関する研究を実施する。

- ①既存の自動運転除雪技術の空港への適用に関する検討
- ②必要となる自動運転除雪車両の技術課題の整理
- ③自動運転除雪車両導入時の空港除雪作業計画の課題抽出
- ④自動運転除雪車両導入時の効果の評価手法の検討

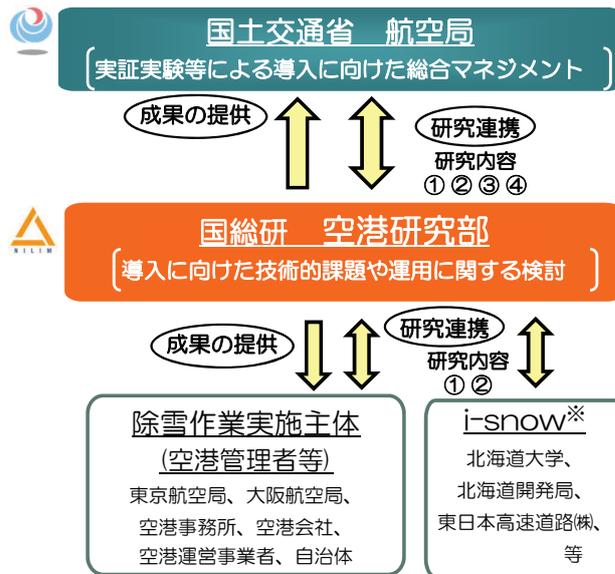
空港除雪のイメージ



除雪作業データの取得・分析



新潟空港除雪作業実施種目	
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30
21:40	21:50
22:00	22:10
22:20	22:30
22:40	22:50
23:00	23:10
23:20	23:30
23:40	23:50
00:00	00:10
00:20	00:30
00:40	00:50
01:00	01:10
01:20	01:30
01:40	01:50
02:00	02:10
02:20	02:30
02:40	02:50
03:00	03:10
03:20	03:30
03:40	03:50
04:00	04:10
04:20	04:30
04:40	04:50
05:00	05:10
05:20	05:30
05:40	05:50
06:00	06:10
06:20	06:30
06:40	06:50
07:00	07:10
07:20	07:30
07:40	07:50
08:00	08:10
08:20	08:30
08:40	08:50
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30
21:40	21:50
22:00	22:10
22:20	22:30
22:40	22:50
23:00	23:10
23:20	23:30
23:40	23:50
00:00	00:10
00:20	00:30
00:40	00:50
01:00	01:10
01:20	01:30
01:40	01:50
02:00	02:10
02:20	02:30
02:40	02:50
03:00	03:10
03:20	03:30
03:40	03:50
04:00	04:10
04:20	04:30
04:40	04:50
05:00	05:10
05:20	05:30
05:40	05:50
06:00	06:10
06:20	06:30
06:40	06:50
07:00	07:10
07:20	07:30
07:40	07:50
08:00	08:10
08:20	08:30
08:40	08:50
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30
21:40	21:50
22:00	22:10
22:20	22:30
22:40	22:50
23:00	23:10
23:20	23:30
23:40	23:50
00:00	00:10
00:20	00:30
00:40	00:50
01:00	01:10
01:20	01:30
01:40	01:50
02:00	02:10
02:20	02:30
02:40	02:50
03:00	03:10
03:20	03:30
03:40	03:50
04:00	04:10
04:20	04:30
04:40	04:50
05:00	05:10
05:20	05:30
05:40	05:50
06:00	06:10
06:20	06:30
06:40	06:50
07:00	07:10
07:20	07:30
07:40	07:50
08:00	08:10
08:20	08:30
08:40	08:50
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30
21:40	21:50
22:00	22:10
22:20	22:30
22:40	22:50
23:00	23:10
23:20	23:30
23:40	23:50
00:00	00:10
00:20	00:30
00:40	00:50
01:00	01:10
01:20	01:30
01:40	01:50
02:00	02:10
02:20	02:30
02:40	02:50
03:00	03:10
03:20	03:30
03:40	03:50
04:00	04:10
04:20	04:30
04:40	04:50
05:00	05:10
05:20	05:30
05:40	05:50
06:00	06:10
06:20	06:30
06:40	06:50
07:00	07:10
07:20	07:30
07:40	07:50
08:00	08:10
08:20	08:30
08:40	08:50
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30
21:40	21:50
22:00	22:10
22:20	22:30
22:40	22:50
23:00	23:10
23:20	23:30
23:40	23:50
00:00	00:10
00:20	00:30
00:40	00:50
01:00	01:10
01:20	01:30
01:40	01:50
02:00	02:10
02:20	02:30
02:40	02:50
03:00	03:10
03:20	03:30
03:40	03:50
04:00	04:10
04:20	04:30
04:40	04:50
05:00	05:10
05:20	05:30
05:40	05:50
06:00	06:10
06:20	06:30
06:40	06:50
07:00	07:10
07:20	07:30
07:40	07:50
08:00	08:10
08:20	08:30
08:40	08:50
09:00	09:10
09:20	09:30
09:40	09:50
10:00	10:10
10:20	10:30
10:40	10:50
11:00	11:10
11:20	11:30
11:40	11:50
12:00	12:10
12:20	12:30
12:40	12:50
13:00	13:10
13:20	13:30
13:40	13:50
14:00	14:10
14:20	14:30
14:40	14:50
15:00	15:10
15:20	15:30
15:40	15:50
16:00	16:10
16:20	16:30
16:40	16:50
17:00	17:10
17:20	17:30
17:40	17:50
18:00	18:10
18:20	18:30
18:40	18:50
19:00	19:10
19:20	19:30
19:40	19:50
20:00	20:10
20:20	20:30
20:40	20:50
21:00	21:10
21:20	21:30



効率性

- ・国総研では、ランプバスやトーイングトラクターの自動運転技術の導入に向けた研究を行っており、それらで培ったノウハウを活用することが可能である。
- ・航空局や各空港の現場で運用管理を担う空港管理者等との密な意見交換や情報共有等の協力体制により、現場の意見を反映させた実効性の高い成果を得ることが可能である。

※i-snow：除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取り組みプラットフォームの通称。北海道において、産学官民が広く連携して活動を行う。

9

6. 研究成果：①既存の自動運転除雪技術の空港への適用に関する検討

除雪車両について開発中の自動化技術を他分野や海外事例も含め幅広く調査し、空港除雪への適用可能性のあるものを抽出した。自動化技術の段階を、運転手の省力化に資する段階と一部無人化に資する段階に分類した。

技術分類	項目	技術概要	適用性
省力化	運転支援ガイダンスシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・車載モニターに自車位置と滑走路端や灯火等の地物を表示し、支障物件や他車両に接近した際に、距離に応じて危険を通知する ・予め設定された位置で、<u>ブラウ装置上下動作の制御信号を出力する</u> 	◎
	アシストシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・高精度測位サービスを利用し、灯火周辺等の予め設定したゾーンに除雪車両が進入すると、<u>回転灯が点灯し危険を通知する</u> 	◎
	映像鮮明化AIシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・視界不良時に、AIにより<u>鮮明化された映像をモニターに表示する</u> 	◎
	モニターシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・車両の周囲にカメラを設置し車両の周囲状況(死角範囲)を車内モニターに表示する 	◎
一部無人化	自動走行除雪車 (Yeti)	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>雁行隊形で自動走行・装置の自動操作を行う</u> ・車車間で通信は行わず、コントロールセンターで全車両の経路や走行速度、装置の操作等を制御する 	●

凡例 ◎：国内で空港除雪を対象として開発・実証されており、空港除雪への適用可能性がある

●：海外で空港除雪を対象として開発・実証されており、空港除雪への適用可能性があるが、技術の詳細が不明



運転支援ガイダンスシステムの概要
出所：第7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



自動走行除雪車 (Yeti) のイメージ
出所：Yeti move HP

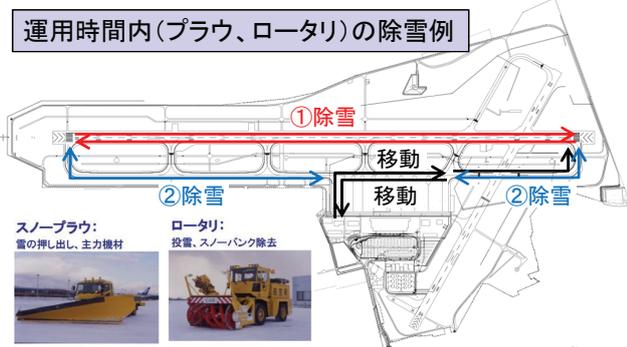
10

②-1: 自動化のための除雪作業パターンを把握するため、現行の除雪体制や除雪方法の実態をGPS、ドライブレコーダーを用いて調査した。

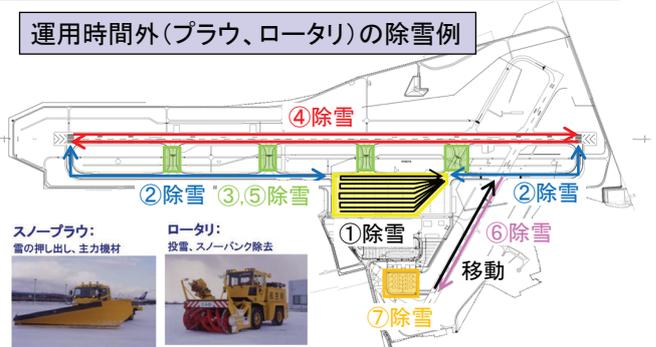
【除雪作業の大局的な流れの整理】

除雪作業は、作業時間帯(運用時間内・運用時間外)や車種によって作業方法が異なる。代表的な作業のパターンを抽出し、各パターンの条件や特徴を分析した。

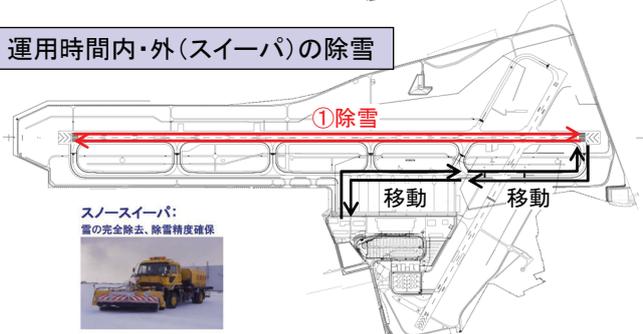
運用時間内(プラウ、ロータリ)の除雪例



運用時間外(プラウ、ロータリ)の除雪例



運用時間内・外(スノーパ)の除雪



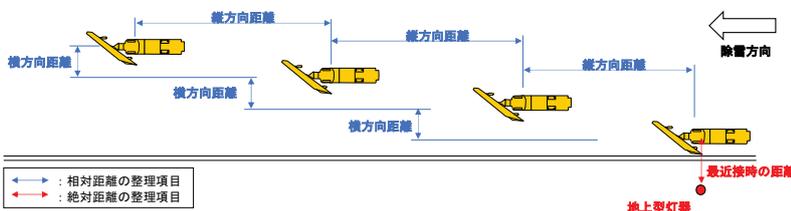
- プラウが押し出した雪をロータリが投雪するため、プラウとロータリは同じ動き方をする
- スノーパは、プラウが除雪した後に所定の路面摩擦係数が確保されるようにブラシで残った雪をかき出す仕上げの役割を担うため、時間帯に関わらず基本的に滑走路のみで使用される
- 運用時間内は、第1優先区域の滑走路、平行誘導路のみ、運用時間外は第1～3優先区域が除雪

※除雪作業をエリアごとに色分けし、それぞれの作業順を番号(①～⑦)で示している。

【除雪車両の走行位置、走行速度の分析】

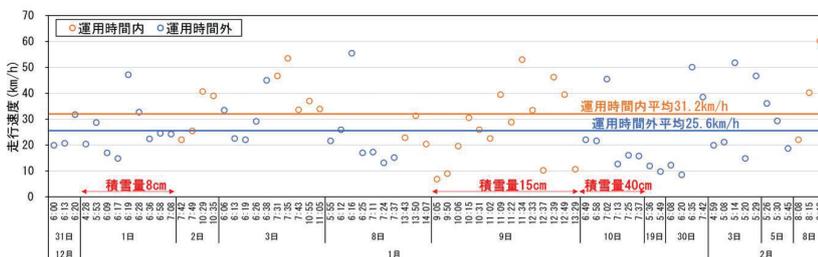
除雪車両に設置したGPSの位置データから、車両と地上型灯火との絶対距離、車両間の相対距離、車両の走行速度を分析した。

車両と地上型灯火との絶対距離、車両間の相対距離



- プラウとスノーパは、滑走路縁標識を除雪し、ロータリはプラウによって作られた雪堤に沿って走行するため、ロータリが滑走路灯に最も近接して走行する。
- 車両間の相対距離は、運用時間内外で異なる傾向はない。プラウは、積雪量が多くなると雪の重みで後続車が遅れ、相対距離が大きくなる傾向がある。

車両間の走行速度の整理例(プラウの隊列走行時)



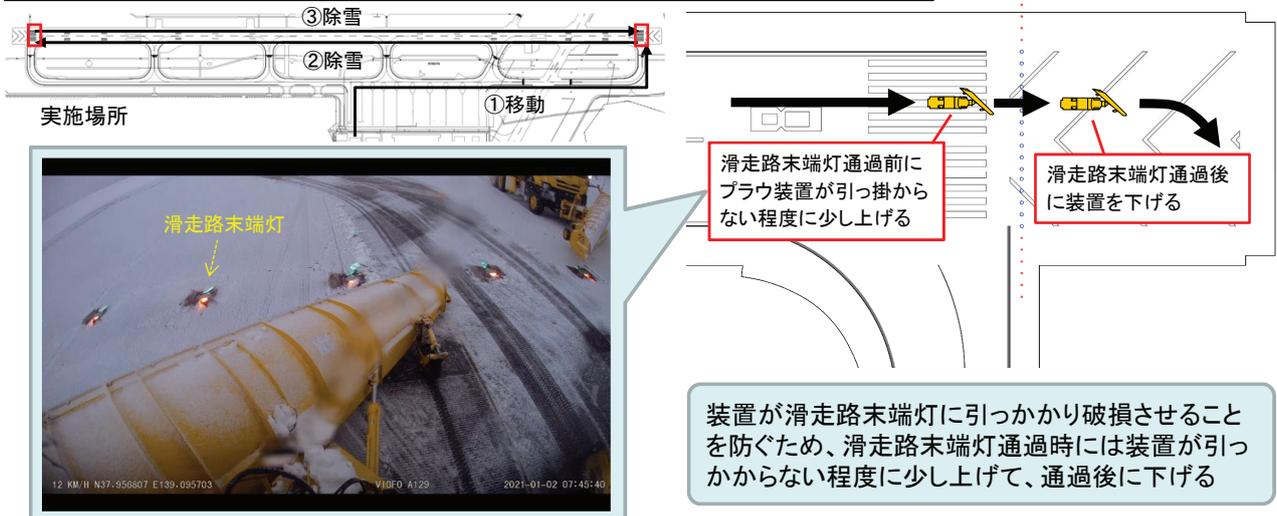
代表車両による滑走路中間部走行時の速度(全データ)
(代表車両を、ほぼ全ての滑走路除雪で先頭車両となっているプラウ23号車とした)

- プラウとロータリは、積雪量が多いと速度が遅くなる傾向がある。スノーパは、プラウで除雪した後に走行するため積雪量の影響はあまりない。
- ロータリは、風向きによって視界が悪くなり、速度が遅くなることもある。

【操作パターンの抽出】

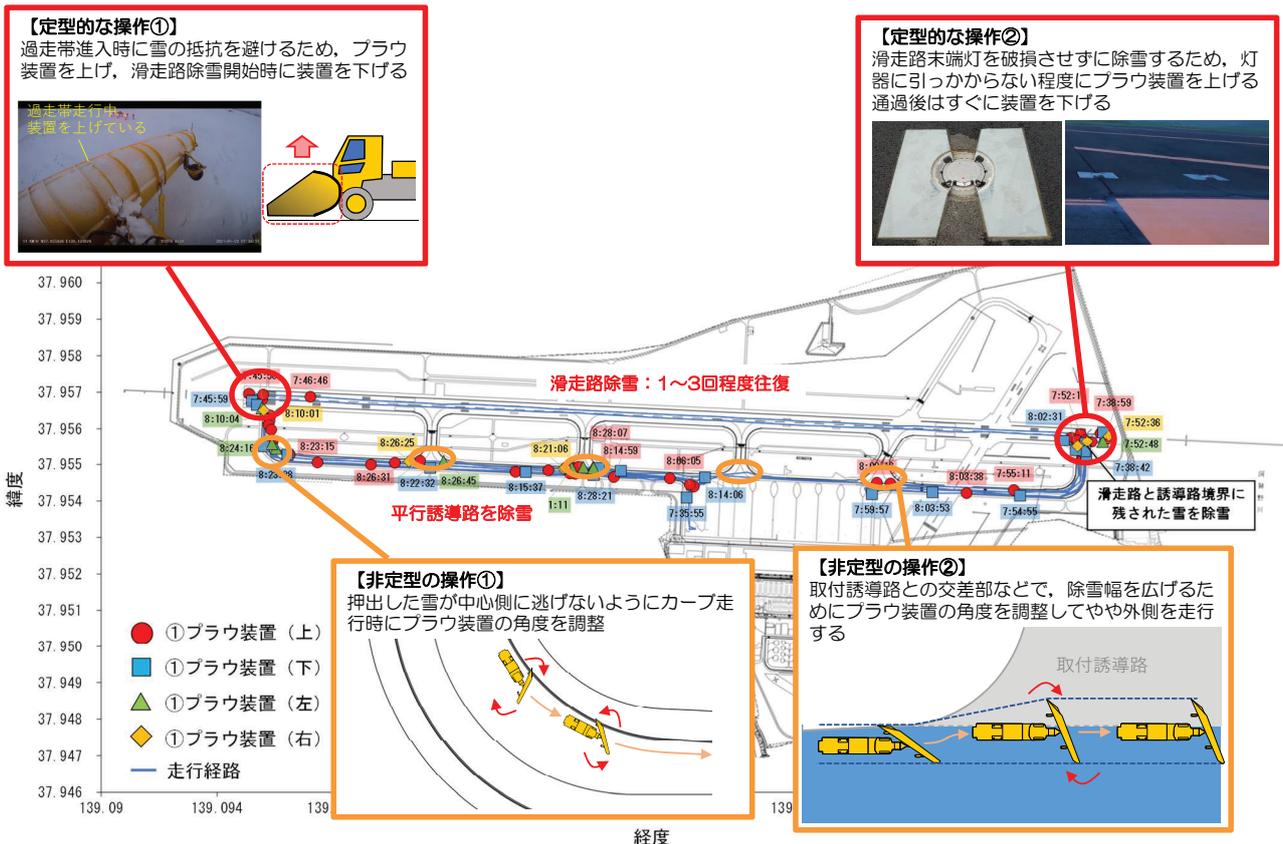
- ・除雪車両に設置したドライブレコーダーの映像とGPSの位置データから、状況分析やヒアリングによって操作目的を明らかにしたうえで、除雪作業の操作パターンを抽出した。
- ・決まった位置で必ず実施される「定型的な操作」、施設配置や天候等の現地条件に応じて実施される「非定型の操作」を抽出した。

抽出した定型的な操作の例: 滑走路末端灯通過時の装置の昇降(プラウ、ロータリ)



抽出した定型的な操作は、外部条件によらず常に同じ場所で行われる操作のため、自動化が可能と考えられる。令和4年度に新潟空港において滑走路末端灯通過時の定型操作の自動化が導入された。13

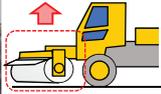
■抽出した操作の例: プラウ



■抽出した操作の例:スワイパー

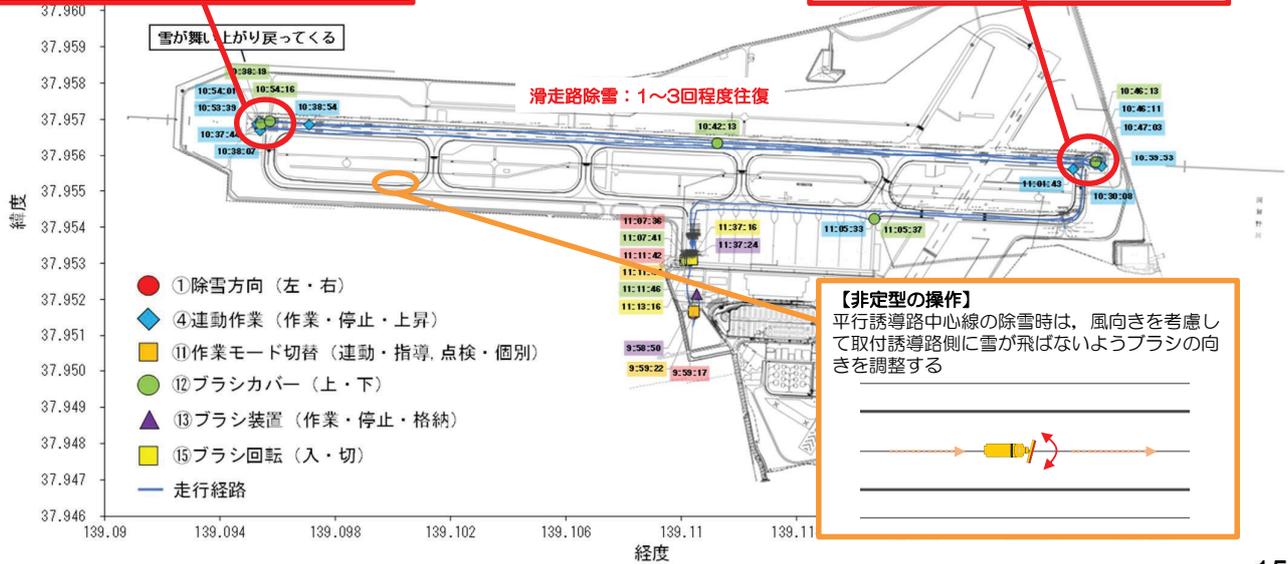
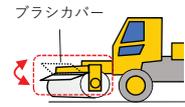
【定型的な操作①】

過走帯進入時に雪の抵抗を避けるため、ブラシを上げ、滑走路除雪開始時にブラシを下げる



【定型的な操作②】

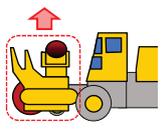
過走帯で、プラスチックカバー上に積もった雪を振り落とすためにプラスチックカバーを上下する



■抽出した操作の例:ロータリ

【定型的な操作①】

過走帯進入時に雪の抵抗を避けるため、オーガを上げ、滑走路除雪開始時にオーガを下げる



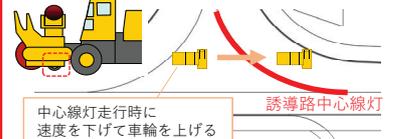
【定型的な操作②】

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オーガを上げる



【定型的な操作③】

誘導路中心線灯(埋設型)に装置の車輪が引っかからないように速度を下げて車輪を上げる(オーガの高さが若干上がる)



■抽出した操作の例: 凍結防止剤散布車

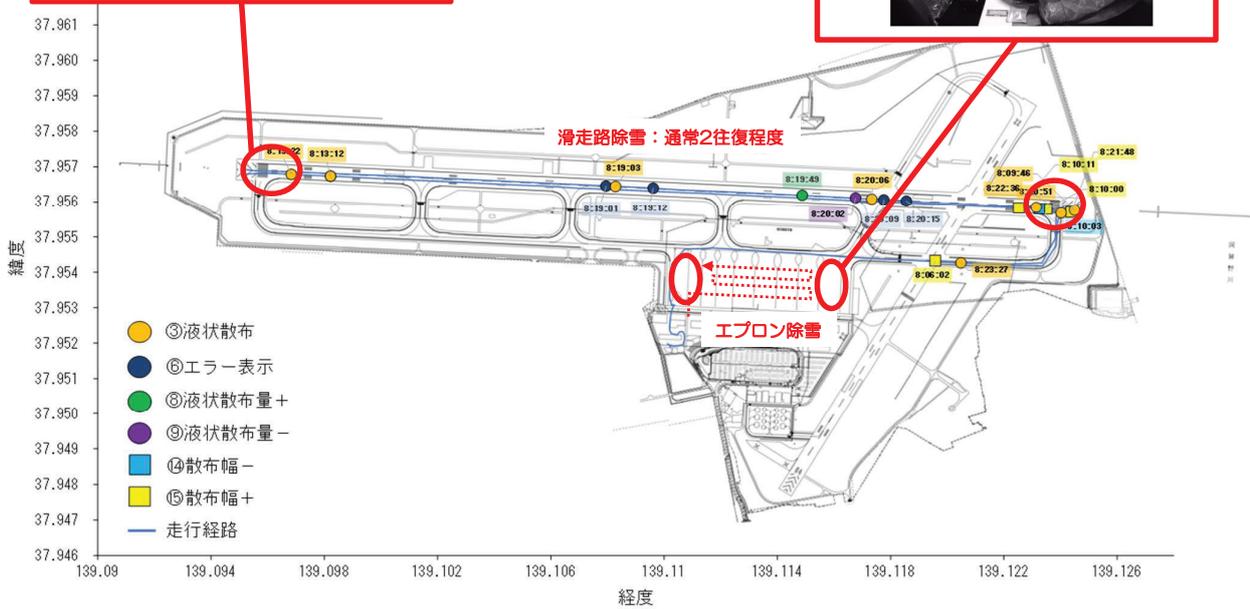
【定型的な操作①】

- 滑走路末端付近で液状散布を開始する



【定型的な操作②】

- エプロン進入時に粒状散布を開始
- エプロンの散布対象範囲外でUターンし、Uターン中は散布を停止



17

②-2: 新技術の導入にあたり、必要なソフト面とハード面の整備項目を抽出し、課題を整理した。ただし、引き続き実証実験や技術開発動向の情報収集を通じて、更なる課題抽出を進める必要がある。

項目		【省力化技術】 運転支援ガイダンスシステム	【一部無人化技術】 自動走行除雪車 (Yeti)
ソフト 整備 項目	支障物件等を反映した高精度地図	●	●
	動作ログ等のデータを管理・蓄積するためのクラウドやサーバー	●	●
	システムの利用マニュアル	●	●
	システム不具合発生時の連絡体制	●	●
	システム搭載車両の稼働管理簿	●	●
	自動走行除雪車の管理責任者の確保	—	●
ハード 整備 項目	システム使用中を知らせる外部表示	●	●
	除雪車両のサイズに応じた除雪車庫、ゲート等	—	●
	自動走行除雪車の充電設備	—	●
	自動走行除雪車の管理者を配置するコントロールセンター	—	●

ソフト整備項目: 支障物件等を反映した高精度地図

【課題】

- 既存の空港土木施設台帳等の資料では、航空灯火の位置が正確に示されていない。
- 空港の平面図は空港独自の座標系を使用し、直角座標で作図されているため、緯度経度(世界測地系)に変換する必要がある。

【解決策】

- より容易に精度よく自動化技術を活用するために、支障物件等を正確に反映した世界測地系の地図を整備する。

18

6. 研究成果:②必要となる自動運転除雪車両の技術課題の整理

②-2:新技術の導入にあたり、必要なソフト面とハード面の整備項目を抽出し、課題を整理した。
ただし、引き続き実証実験や技術開発動向の情報収集を通じて、更なる課題抽出を進める必要がある。

ハード整備項目:システム使用中を知らせる表示

【課題】

- 自動化技術を搭載した車両の外部からは、システムを使用しているか確認できない。
- 一部の車両にシステムが導入された場合、自動化車両とその他の車両が混在し、自動化車両を判別できないと緊急時に適切な対応と取れない。

【解決策】

- どの車両がどのタイミングで自動操作または自動走行を行っているか他車両から確認できるように、回転灯や表示板等で自動化作業中であることを知らせる表示を設置する。

背面に表示板設置
(作業中のみ点灯) 回転灯の設置



システム使用中の通知方法イメージ

その他の技術課題:自動制御操作の精度の改善(運転支援ガイダンスシステム)

【課題】

- 現在の運転支援ガイダンスシステムでは、滑走路末端灯での上下操作で上下幅を設定できないため、場合によっては除雪の品質低下や手間が増えることが懸念される。

【解決策】

- 実態に合った操作となるよう、過年度調査結果・ヒアリング結果をもとに上下幅を設定する。
- システムを使用したオペレーターの意見を踏まえ、技術を改良していく。

19

6. 研究成果:③自動運転除雪車両導入時の空港除雪作業計画の課題抽出

- 現行の除雪作業の実態や除雪方法に関する規則等を踏まえ、新技術を導入した場合の除雪作業計画の見直し方法を提案した。

運転支援ガイダンスシステムの導入を想定した除雪作業計画の見直し方法

項目	現行の除雪作業の内容	見直しの要否	除雪作業計画の見直し方法の概要
車両の走行規則	除雪車両には制限区域内安全管理規程は適用されず、特に走行規則はない	必要	安全管理やデータ蓄積の観点から、走行時には動作ログとドライブレコーダーの映像を取得する
安全管理・安全対策	除雪作業実施細目や実施要領には安全に関する記述がない	必要	以下の項目を定める ① システムエラーへの対処方法 ② システムの点検方法 ③ システム使用に関する注意事項 ④ 動作ログ、ドライブレコーダーの映像の取得、保管方法
除雪の品質管理	積雪量や路面の状況、雪質に応じて除雪体制や除雪方法を決定している	必要	現在のシステムでは、従来の操作を再現できておらず、自動制御箇所での除雪の品質を保つため、積雪量が多い場合には手動により従来通り除雪することを示す
人員	1車両あたりオペレーター1名、助手1名が乗車する	現時点では現行規定を維持	現在のシステムの機能で助手を代替することはできないため、人員の削減には直結せず、見直しは発生しない
除雪方法	• 滑走路では梯団除雪(往復走行)する • プラウ、ロータリは全施設、スィーパーは滑走路で使用 等	現時点では現行規定を維持	現在のシステムの導入によって、車両の役割や除雪能力は変化しないため、見直しは発生しない

20



6. 研究成果:④自動運転除雪車両導入時の効果の評価手法の検討

- 自動化技術の段階に応じた評価方法を考慮し、評価指標や計測方法を検討した。

熟練減(例:運転支援ガイダンスシステム導入)

- 作業時の負担軽減(③作業安全への寄与)
- オペレータ育成の難易度減(⑥就労環境の改善)
- オペレータによらず高度技能の実施(①使用性、②適用条件、④除雪品質への影響)

一部無人化

- オペレータの費用削減(⑤省人化効果)
- オペレータの労働時間削減(⑥就労環境の改善)

助手減(例:運転支援ガイダンスシステム導入)

- 助手の費用削減(⑤省人化効果)
- 助手の労働時間削減(⑥就労環境の改善)

観点	項目	想定される評価指標	※
①導入技術の使用性	画面表示の視認性	・モニターの大きさや明るさ ・表示情報の過不足、見やすさ	●○
	モニター更新速度	・モニター更新速度 ・表示の遅延の有無	●○
	地図表示の正確性	・路面標識や航空灯火の表示位置と実際の位置のズレの有無 ・他車両の表示位置と実際の位置のズレの有無 ・自車向き・位置のズレの有無	●○
	危険通知の正確性	・通知の遅れ/漏れの有無 ・通知方法の不快感の有無	●○
②適用条件	視界条件・気候・雪質・積雪量への適用性	・低視程時や降雪、積雪時における適用可否	○
③作業安全への寄与	除雪作業の安全性向上	・導入技術により抑制・解消されるヒヤリハット、事故等	○
④除雪品質への影響	除雪の品質確保	・除雪作業時間の差異(連続降雪時の仕上がりの差異) ・路面仕上がりの差異	○
⑤省人化効果	除雪作業に係る労働時間・費用	・省人化による人工(にんく)の削減、作業時間の短縮 ・待機人数の削減	○
⑥就労環境の改善	延べ労働時間、深夜・早朝労働時間	・長時間労働、深夜・早朝労働の対応者の削減	○

※計測方法：●ドライブレコーダー映像による計測 ○オペレータへのヒアリングによる計測

21



6. 研究成果:④自動運転除雪車両導入時の効果の評価手法の検討

- 運転支援ガイダンスシステムの導入効果計測を試行した。(計測日:2023年2月20日~21日の2日間)
- 今後効果計測を継続し結果を蓄積して、計測手法を精査していく必要がある。

観点	項目	内容	滑走路灯	周辺状況	ガイダンスシステム画面
①導入技術の使用性	画面表示の視認性	●各通知段階で、表示内容が確認できた ○画面の3次元表示が不要			
	モニターの更新速度	●更新の遅れや表示遅延は確認されなかった ○モニター更新速度や頻度は、概ね適切だが走行速度が速いと遅延が生じた			
	地図表示の正確性	●自車角度の検出において、直進しているにも関わらず、画面表示の向きが変わる瞬間があり、自車角度に課題があると考えられる			
	危険通知の正確性	●側方検知で、2段階までの通知はあったが、3段階目の通知がなされない場合が確認された ●自車角度の誤検出が原因と推察される ○画面表示による通知と音声による通知において、不快感はない ○通知の不快感についてはどちらでもない。			
③作業安全への寄与	除雪作業の安全性向上	○ヒヤリハットや事故等の回避に効果あり ○特に灯火に対する通知に効果あり ・低視程時に運転支援ガイダンスシステムがあることで、周囲が見えなくとも自車位置が確認でき安心できる			
⑤省人化効果	除雪作業に係る労働時間	・除雪作業の最後に行う場合がある中心灯の除雪時に、車体が中心線からずれ再度除雪する場合があるため、自車位置と中心線が表示されると良い			

●ドライブレコーダー映像による計測 ○オペレータへのヒアリングによる計測 ・オペレータへのヒアリングで寄せられた意見

22

- 研究成果を航空局に提供し、航空局による空港除雪の自動化技術の導入や開発に活用されている。
- 航空局主催の研究発表会、国総研資料、YouTubeなどの広報媒体を通じて研究成果を積極的に発信した。

【社会実装】

- 運転支援ガイダンスシステムの導入**
 令和4年度冬季、新潟空港のプラウ除雪車2台に導入
 正確な自車位置と空港内設備等の位置を表示し、車両が設備等に近接した際に危険を通知してオペレータの労力を省力化
- 運転支援ガイダンスシステムの機能向上**
 自車位置情報に応じてシステムからの制御信号によりプラウ装置が自動で上下動作するかの試験を実施

【発表論文】

- 黒田優佳**
 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
 第23回空港技術報告会, 2022

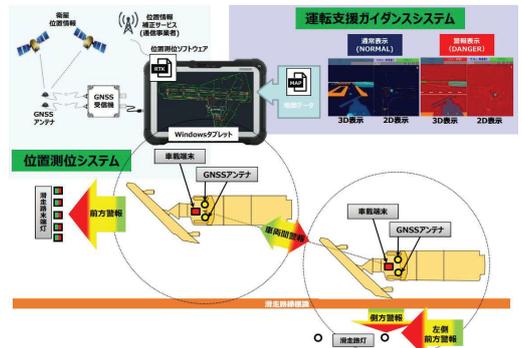
【国総研資料】

- 黒田優佳, 鎌倉崇, 乙幡和利**
 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
 国土技術政策総合研究所資料, No.1241, 2023

【研究紹介動画】

- 空港除雪の省力化・自動化に関する研究
 国総研YouTubeチャンネル, 2023年3月31日公開

運転支援ガイダンスシステム概念図



出所：国土交通省航空局 第7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

研究紹介動画



23

事前評価時の指摘事項	対応
目指すべき方向性と標準化すべき段階を整理すること。	技術開発の段階に合わせ、省力化される作業の範囲や人員を整理し、段階に応じた除雪体制や技術導入効果の検討を行った。
降雪の量・質の変化にうまく対応できる自動化を目指すこと。	降雪量や雪質が異なる複数の空港において、除雪作業員へヒアリングを実施し、降雪量や雪質の条件に応じて必要となる技術等について検討を行った。

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
空港除雪分野における自動化技術の導入推進	必要となる自動運転除雪車両の技術開発の方向性を検討し車両開発に着手する航空局に提案	①: 既存の自動化技術について、空港除雪へ適用可能性のあるものを抽出した	・航空局による自動化技術導入施策検討で活用 ・一部技術が空港へ導入された(運転支援ガイダンスシステム)	◎
		②-1: 空港除雪方法の実態を把握し、自動運転の導入が考えられる操作パターン(定型的な操作、非定型の操作)を抽出した	・自動化技術の開発のための基礎データとして活用 ・一部操作が自動化技術へ導入された(滑走路末端灯通過時のブラウの上下操作)	
		②-2: 自動化技術導入時に必要となるソフト面・ハード面の整備項目を整理した	・航空局による自動化技術導入施策検討で活用	
	自動運転除雪車両導入時の空港除雪作業計画の見直し方法の提案	③導入が検討されている自動化技術について、当該技術の導入時の除雪作業計画の見直し方法を提案した	・航空局による自動化技術導入施策検討で活用 ・各空港が自動化技術を導入する際に、各空港での除雪作業実施細目の改訂に活用	○
	自動運転除雪車両導入時の効果の評価手法の開発	④導入が検討されている自動化技術について、当該技術の導入効果の評価指標及びその計測手法を提案した	・航空局による自動化技術導入施策検討で活用	○

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。 ○:概ね目標を達成できた。
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

航空局が今後実施予定の車両開発や実証実験での技術資料として活用されることにより、空港除雪における自動運転技術の導入促進へ貢献することが可能である。

評価対象課題に対する事前意見

研究名	自動運転空港除雪車両の導入に関する研究
<p data-bbox="212 443 523 477">欠席の委員からのご意見</p> <p data-bbox="185 528 1414 723">○ 自動・自律化に必ず付いて回る問題として、ベテランオペレータの動きをどうやって表現するかという問題があります。本件については1つのシステムでこれを解決しようとせず、運転支援、アシスト、映像鮮明化、モニターの各システムを組合せてこれを実現しようとされているところに、実現化に向けた用意周到さを感じます。これにより熟練オペレータの非定型な操作を拾上げることも可能になるのだろうと想像しています。</p> <p data-bbox="237 734 1414 1014">その上で1点希望します。空港としてはほぼ新千歳空港を想定されているとは思われますが、稚内、函館、青森、秋田、新潟、仙台等の他空港も適用視野に入れた場合、新千歳でインプットされた教師データを他空港でも生かしていく道筋、あるいはこれら複数の空港全体におけるデータ相互のやり取りによるシステム確立を検討されることを望みます。空港が異なれば当然、除雪のルートも異なるでしょうし、雪質や風の状態も異なります。異なる条件下であっても、この画期的な自動運転空港除雪車両の導入が可能となり、システムの適用範囲が広がって行くことを望みます。</p>	