

# 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 空港研究部 空港計画研究室 黒田優佳

## 1. はじめに

生産年齢人口の減少を背景として空港業務従事者の人材不足が懸念される中、空港除雪作業を支援するための自動化・省力化技術の開発・導入が求められている。国土交通省航空局は、2020年に「空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会」を立ち上げ、空港除雪分野での新技術導入に向けて、実証実験を官民連携して行うなど検討を進めている<sup>1)</sup>。

国総研ではこれを支援する研究として、自動化・省力化に向けて開発すべき除雪車及びその装置に必要な機能を検討するため、これまで熟練の業務従事者が行ってきた空港除雪車の走行・操作についての実態把握を進めている。本稿では、空港除雪作業中の除雪車の走行位置や運転操作についてデータを収集し、自動化または省力化につながる可能性のある定型的なパターンについて分析した結果を報告する。

## 2. 既往の研究と課題

除雪への自動化・省力化技術の導入は、空港に限らず、北海道開発局による「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)」<sup>2)</sup> など、分野横断的に検討が進められている。

一方、空港除雪の特徴として、大規模な雁行隊列による除雪体制 (図-1)、航空機の安定的な運航のための除雪完了目標時間や除雪精度 (除雪完了時の路面の滑り摩擦係数) といった高度な作業要件が定められていることが挙げられる。加えて、滑走路のような広大な開放空間において適切な自車位置認識技術が必要である。



図-1 空港除雪車 (新千歳空港)

このため、空港除雪における除雪車の走行位置、運転操作については独自に実態把握・分析を行う必要がある。

## 3. 研究の手法

新潟空港の除雪車に観測機器 (GPS, ドライブレコーダー) を設置し、除雪作業中の走行位置及び運転操作のデータを収集した。収集したデータを整理した上で新潟空港除雪事業者等へも確認し、除雪車各車種について走行や運転操作のパターンを分析した。

データ収集の概要を表-1に示す。また、滑走路除雪作業時の雁行隊列と観測対象車の位置を図-2に示す。GPSによる走行位置・速度の観

表-1 新潟空港におけるデータ収集の概要

観測時期	● 2020年12月23日～2021年2月9日の降雪日 (降雪15日で除雪24回分のデータを収集)
対象車種	● ブラウ、スーパー、ロータリー、凍結防止剤散布車
観測データ	● GPS：車両の走行位置・速度 ● ドライブレコーダー：運転操作、車両前方の様子
参照データ	● 天候 (降雪量、積雪量、風速、風向、降雨) ● 運航状況 (時間帯、遅延・欠航有無)

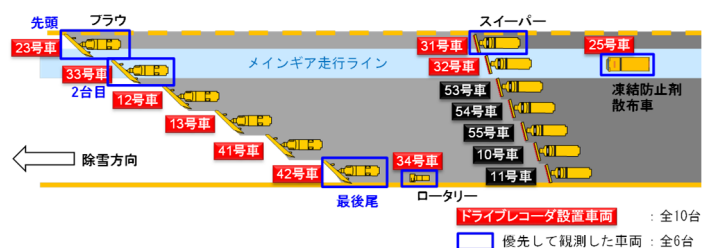


図-2 滑走路除雪時の雁行隊列と観測対象車

測は全車両を、ドライブレコーダーによる運転操作の観測は雁行隊列位置を考慮し先頭・2台目・最後尾車両を優先して対象車両を選定した。なお、プラウ・スノーパー各車両の隊列位置は必ずしも固定されておらず、除雪回毎に位置が変更される場合があった。

#### 4. 分析結果

収集したデータについて分析した結果を示す。

##### 4. 1 走行位置

滑走路除雪時のプラウについて、最後尾車両の障害物（滑走路外側の地上型灯火）との離隔（図-4）、雁行隊列における車両間の相対距離（図-5, 6）をそれぞれ示す。

障害物との離隔は、ばらつきがあるが、平均値は約7m程度で、滑走路端のやや内側を走行している。

雁行隊列車両間の相対距離は、横方向が平均値約7m程度。縦方向は、ばらつきが大きい概ね50-300mの範囲で、積雪量の多い日に長くなる傾向がみられた。

##### 4. 2 走行速度

除雪時の各車種の走行速度分布を図-7に示す。特にプラウは速度のばらつきが大きい（平均値は約30km/h程度）。プラウは積雪状態から最初に行うことから、走行速度は積雪条件の影響を受けやすいと考えられる。各除雪作業回において、積雪の影響を受けやすい初回滑走路除雪時のプラウの走行速度と積雪量との関係を図-8に示す。

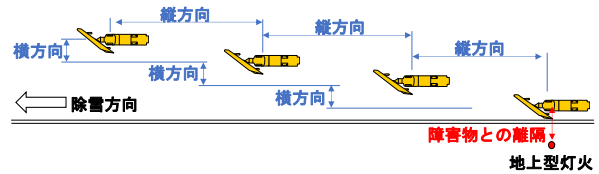


図-3 プラウ走行位置（離隔と相対距離）

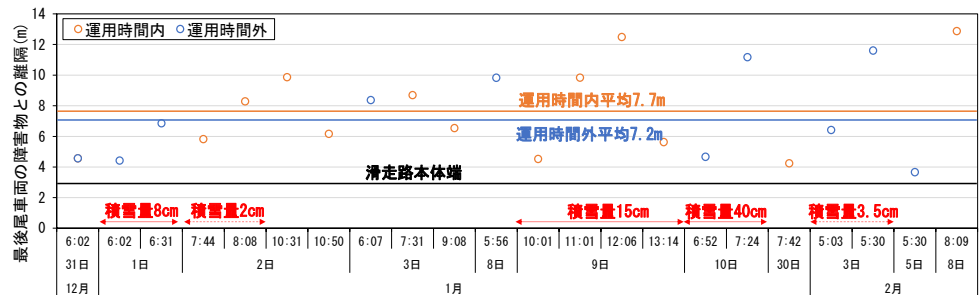


図-4 滑走路中間部の障害物との離隔（プラウ）

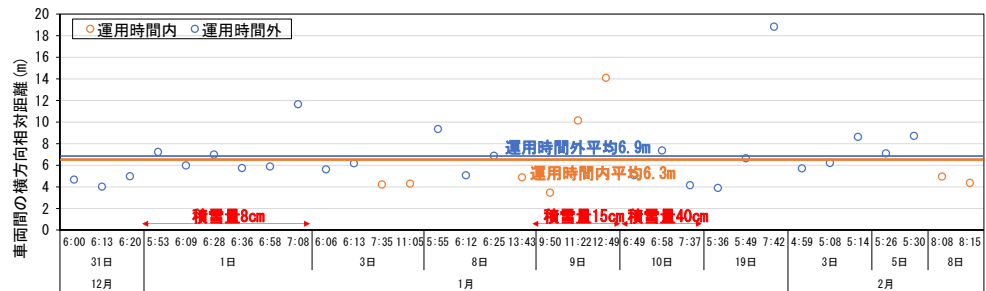


図-5 雁行隊列車両間の横方向相対距離（プラウ）

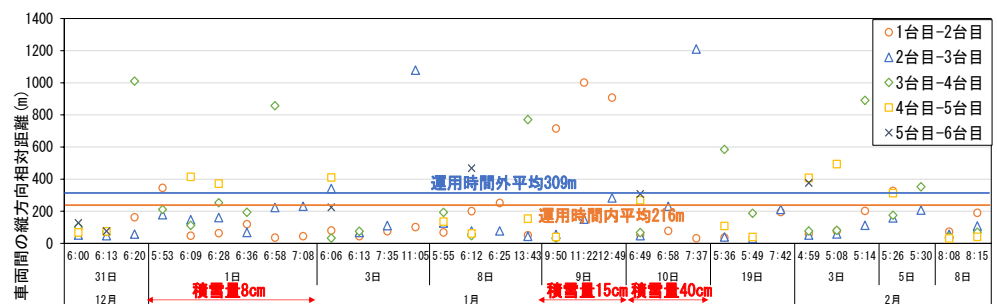


図-6 雁行隊列車両間の縦方向相対距離（プラウ）

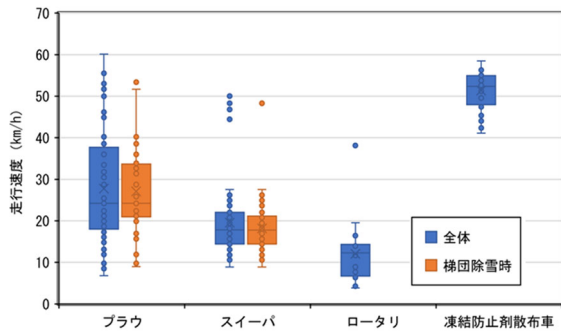


図-7 各車種の除雪時走行速度分布

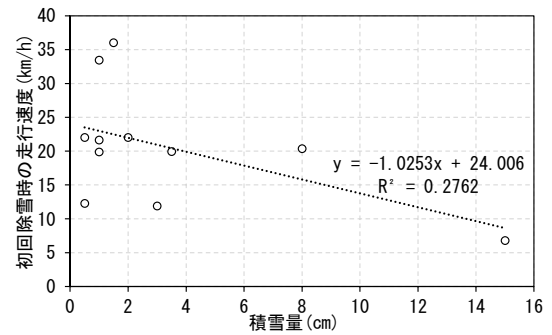


図-8 プラウ速度と積雪量

#### 4. 3 除雪装置の操作

車種毎に1台の除雪車が、それぞれ1回の除雪作業回で行った操作を整理したものを図-9~12に示す。

プラウは、除雪作業中は滑走路、平行誘導路、取付誘導路ともにプラウ装置のレバーのみの操作であった。滑走路と取付誘導路、平行誘導路と取付誘導路との境界部での操作が多く、境界部では何度も時計回りに回って除雪作業が行われることがあった。

スウィーパーは、主に滑走路の除雪を行い、積雪により中心線が見えない時は誘導路でも作業を行っていた。主に「連動作業」、「ブラシカバー（上・下）」の操作があり、氷雪や風等の状況に対応したものとみられる。

ロータリーは、プラウと連動して除雪作業を行っていた。風向等の状況に応じて、シュート方向の調整、機関回転数の調整を行うなど、現地条件に応じた非定型の操作が多い。これらは投雪の際に支障物を避けるための操作とみられる。

凍結防止剤散布車は、主に滑走路とエプロンでの作業を行っていた。主に「液状散布」の操作があり、操作する位置や頻度は氷雪状況に対応しているものとみられる。

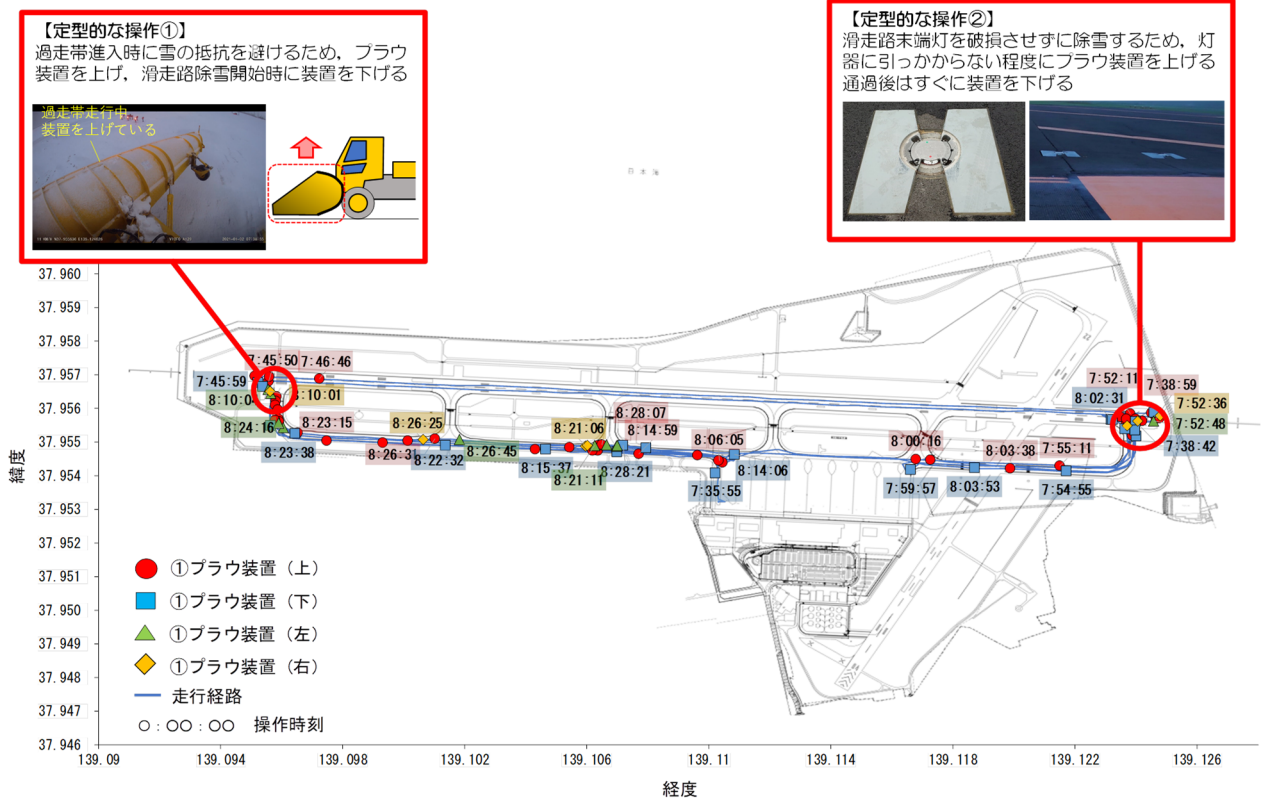
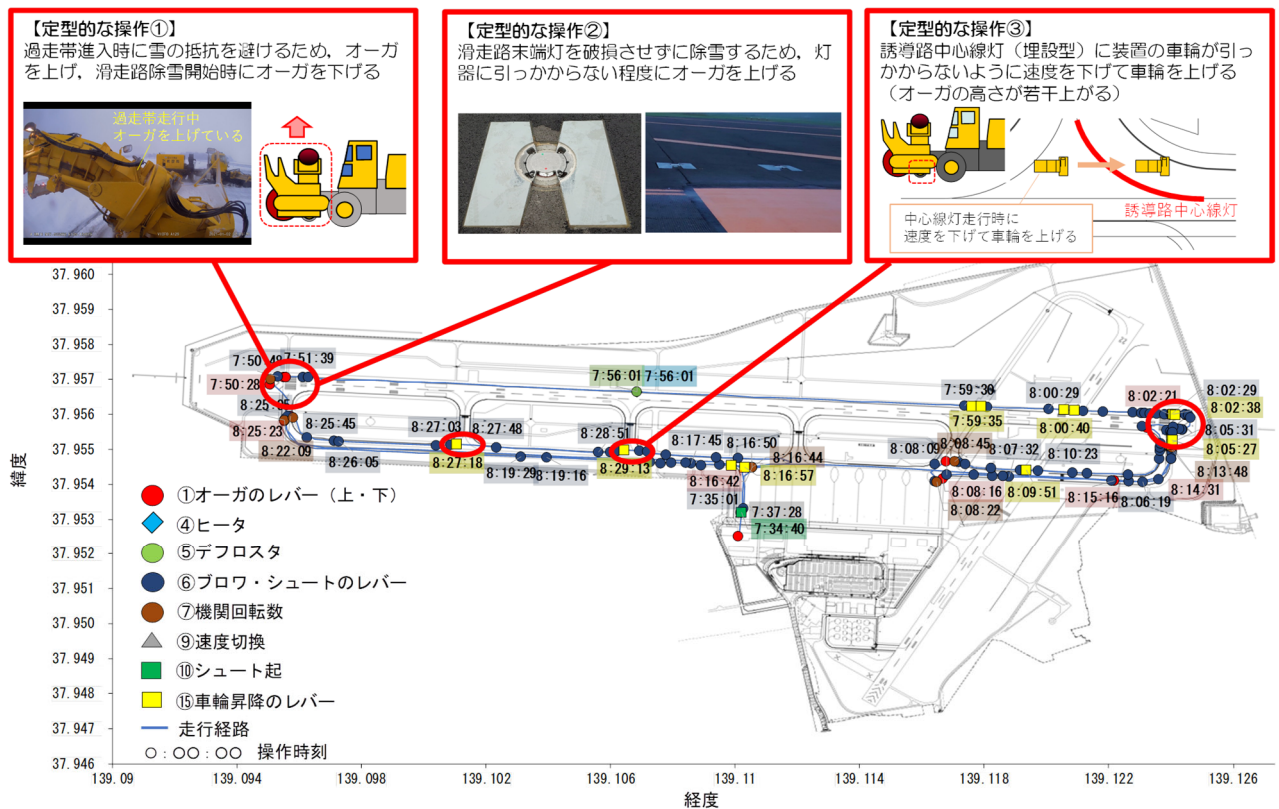
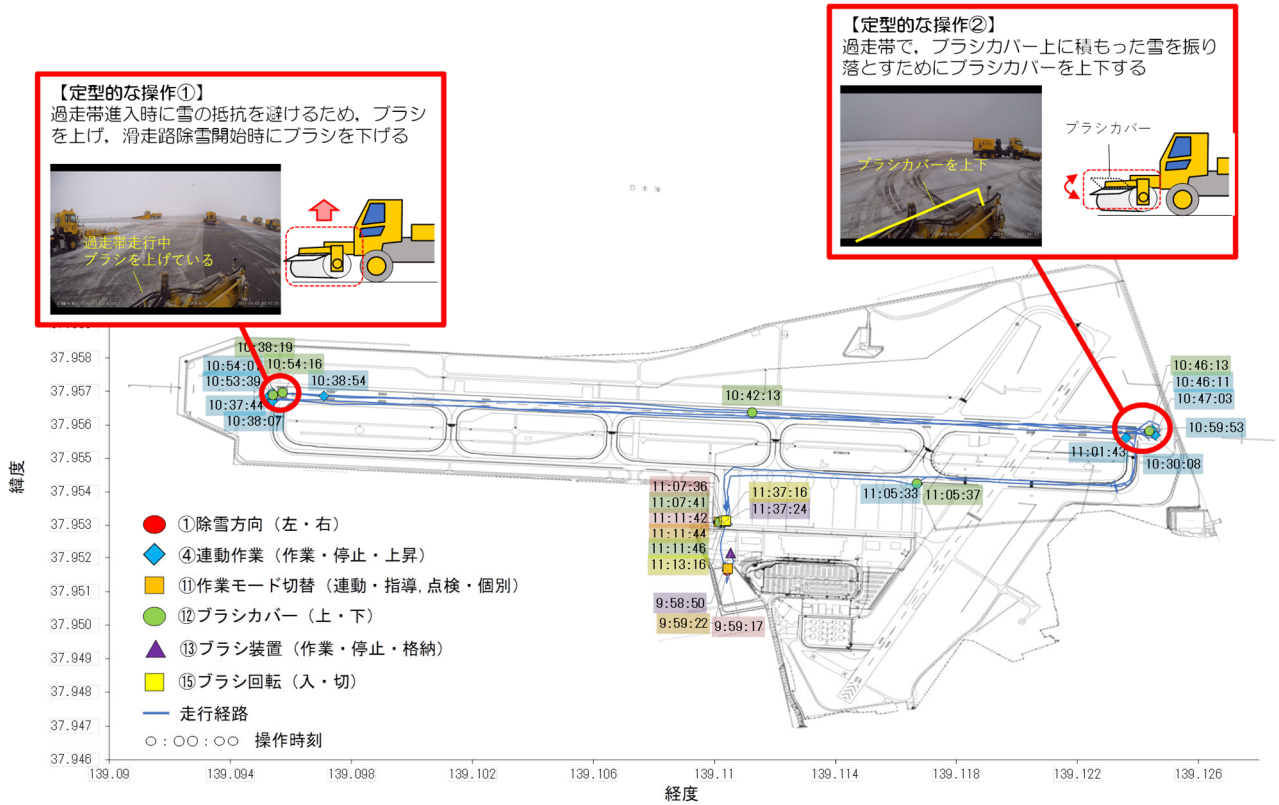


図-9 操作の整理結果例（プラウ雁行隊列の2台目：2021/1/2 7:30-8:40）



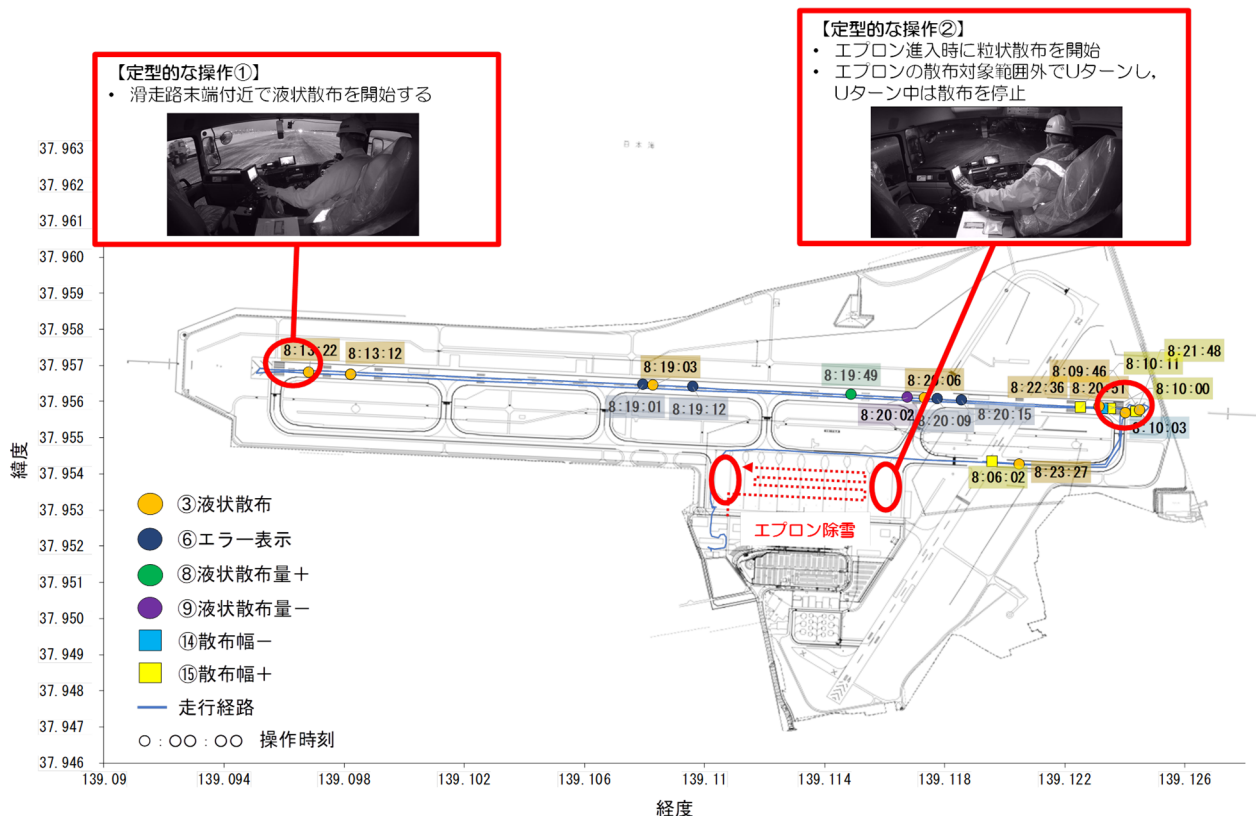


図-12 操作の整理結果例（凍結防止剤散布車：2021/1/2 7:30-8:30）

同図-9～12において、今回の観測結果から除雪作業回によらず毎回定期的に行われていた操作で、操作の目的・操作位置・操作内容が同一であるものを「定型的な操作」として示す。これらの操作は毎回行われるということを新潟空港の除雪事業者からも確認している。なお、他空港（新千歳空港、青森空港）においても概ね同一または類似の操作があることを確認している。

除雪車の位置情報に基づき、これらの操作を自動制御で行わせるシステムを構築できれば、除雪作業の一部自動化につながるものと考えられる。

さらに、今回の観測結果と新潟空港の除雪事業者への確認により、特定の目的で行われるものの状況に応じた操作位置・操作内容で行われる（または調整される）「非定型の操作」があることを確認した（表-2）。

「非定型の操作」は、操作に影響する現地条件（施設配置や天候等）を定量化する等により操作との関係を明確にできれば、上述の「定型的な操作」と同様に自動化につながる可能性が考えられる。今回のような除雪車の走行・操作データを蓄積し、現地条件と「非定型の操作」との関係を分析する必要がある。

表-2 非定型の操作

車種	操作	操作場所（例）
プラウ	押出した雪が中心側に逃げないようにプラウ装置の角度を調整	誘導路カーブ走行時
	除雪幅を広げるためにプラウ装置の角度を調整しやや外側を走行	取付誘導路との交差部
スノーパー	風向きを考慮して取付誘導路側に雪がとばないようにブラシの向きを調整	平行誘導路中心線の除雪時
ロータリー	投雪先の障害物（灯火や看板等）を回避するようシュート方向や距離を調整 ①シュートキャップの開閉、②シュートの旋回、③シュートの上げ下げ 等	障害物の周辺等

また、これらの「定型的な操作」や「非定型の操作」については、除雪車の位置情報や現地条件に基づき、指定の操作を運転手にガイダンスするシステムを構築できれば、除雪作業の省力化や運転手への技術継承につながるものと考えられる。

## 5. まとめと今後の課題

空港除雪の自動化・省力化に向けて、除雪車及びその装置に必要な機能を検討するため、新潟空港において除雪作業を行う車両の走行位置や運転操作のデータを収集し、定型的なパターンについて分析した。

その結果、各車種とも特に滑走路末端において「定型的な操作」があることを確認できた。また、施設配置や天候等の現地条件に応じて行われる「非定型の操作」についても確認できた。

引き続き、更に多くの走行・操作データを収集・蓄積することにより、除雪車の操作と現地条件との関係について分析を進める必要がある。また今回は新潟空港での除雪作業について観測・分析を行ったが、他空港においても同様の観測を行い、除雪車の走行・操作のパターンについて分析し、雪質や気象条件といった空港毎の特性による違いや複数の空港間で共通する点を整理することで、より汎用的な自動化・省力化技術のための検討につながるものとする。

## 謝辞

空港除雪車の走行・操作データの観測、ヒアリング調査の実施にあたり、新潟空港除雪事業者の皆様、国土交通省東京航空局新潟空港事務所の皆様に多大なるご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省航空局 (2022) : 空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会,  
[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk9\\_000038.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk9_000038.html) (2022.11.18 アクセス)
- 2) 北海道開発局 (2022) : 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), <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm.html> (2022.11.18 アクセス)