

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1241

March 2023

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

黒田優佳・鎌倉崇・乙幡和利

Analysis of Data on the Running and Operation of Airport Snow Removal Vehicles to
Introduce Automation and Labor-Saving Technology

KURODA Yuka, KAMAKURA Takashi, OPPATA Kazutoshi

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

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

黒田優佳*・鎌倉崇**・乙幡和利***

要 旨

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、航空イノベーションの一環として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。

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。本研究は、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示すものである。

キーワード：自動化，省力化，航空イノベーション，除雪

*空港研究部空港計画研究室長
**空港研究部主任研究官
***空港研究部空港計画研究室研究員
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

Analysis of Data on the Running and Operation of Airport Snow Removal Vehicles to Introduce Automation and Labor-Saving Technology

KURODA Yuka*
KAMAKURA Takashi**
OPPATA Kazutoshi***

Synopsis

The realization of automated operation and labor-saving of airport snow removal vehicles is needed in response to the shortage of labor associated with airport ground support operations due to the decreasing population in Japan. The Japan Civil Aviation Bureau of the Ministry of Land Infrastructure Transport and Tourism (JCAB), as a part of aviation innovation, launched “The committee for experiments of labor-saving and automation technology in airport snow removal” in 2020 to promote and examine experiments for introducing new technology to airport snow removal, cooperating with private sector.

We, the National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM), as a supporter of the JCAB, researched the movement and operation of airport snow removal vehicles by skilled operators in order to consider the necessary functions of the instruments in snow removal vehicles for automation or labor-saving. In this paper, we observed and collected data of locations and operations of airport snow removal vehicles in snow removal operation and analyzed typical patterns in the running and operation of the vehicles in order to consider automation or labor-saving of airport snow removal.

Key Words: automation technology, labor-saving technology, aviation innovation, airport snow removal

* Head of Airport Planning Division, Airport Department
** Senior Researcher, Airport Department
*** Research Engineer of Airport Planning Division, Airport Department

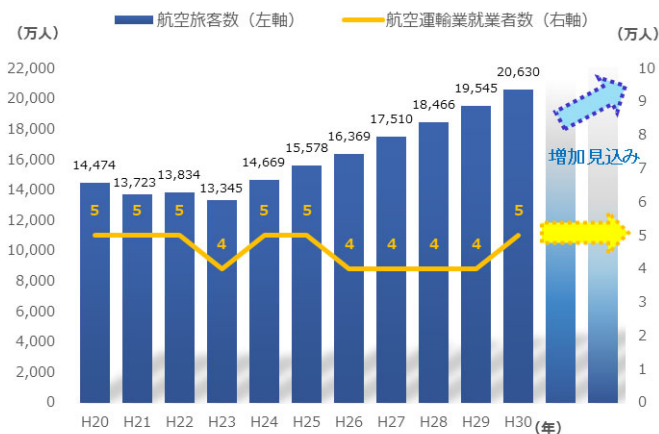
目 次

1. はじめに	1
2. 空港除雪の自動化・省力化に向けた取組み状況と課題	1
2.1 既往の取組み	1
2.2 空港除雪の特徴と自動化・省力化に向けた課題	3
3. 空港除雪車の走行・操作の実態把握	4
3.1 現地調査による走行・操作データの収集	4
3.2 除雪事業者へのヒアリング	5
4. 収集データの分析	6
4.1 走行位置	6
4.2 走行速度	9
4.3 運転操作	11
4.4 ヒアリング結果	15
5. 考察	17
6. まとめ	18
謝辞	18
参考文献	18
付録	20
付録A 除雪車の運転操作	20

1. はじめに

国土交通省航空局（2019）によると、我が国の航空旅客数は2011年度以降増大しており（図-1）、拡大する航空需要や、近年大規模開発が進められている近隣海外空港との競争激化、セキュリティを巡る脅威、生産年齢人口減少に伴う労働力不足など、我が国航空輸送を巡る諸課題への対応が求められている。

航空局はこれらの課題に対応しつつ、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・AI・IOT・ビックデータなど先端技術・システムの活用による我が国の航空輸送産業におけるイノベーションの推進を図っている。2018年1月には「航空イノベーション推進官民連絡会」（国土交通省航空局（2018a））が設置され、「空港地上支援業務」や「FAST TRAVEL」について、官民連携した取組みが行われている。



（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）」

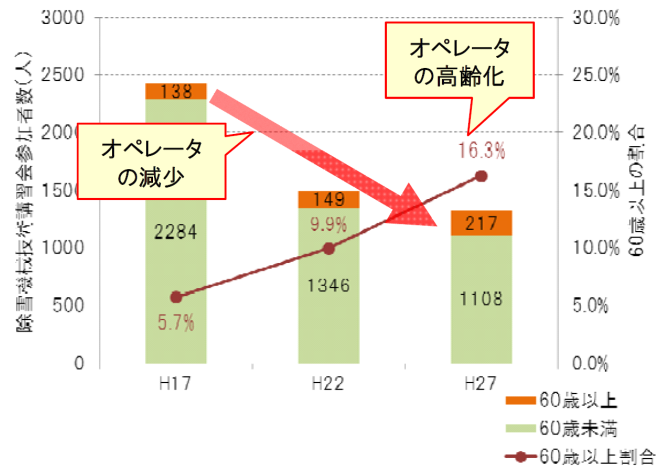
出所）国土交通省航空局（2018b）より作成

図-1 航空旅客数と航空運輸業就業者数の推移

除雪業務従事者は近年減少・高齢化傾向にあり（図-2）、空港除雪業務においても労働力不足が深刻化していることから、自動化・省力化技術の導入による安定的な除雪体制の確保が求められている。

このため、航空局は航空イノベーションの一環として、2020年10月に「空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会」（国土交通省航空局（2020））を設置し、実証実験を官民連携して行うなど、除雪作業の自動化・省力化に向けた検討を進めている。

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



出所）国土交通省北海道開発局（2017）

図-2 除雪機械技能講習会参加者の推移

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。

そこで本研究では、新潟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する。

本資料の構成は次のとおりである。2章では、除雪分野での自動化・省力化技術導入に向けた既往の取組みを概観した上で、空港除雪の特徴を踏まえ考慮すべき課題を述べる。3章では、2章で示した課題を踏まえ、新潟空港除雪車の走行位置や操作内容について実態を把握するために行った現地調査の実施内容と方法について詳述する。4章では、3章で示した現地調査にて収集したデータの分析結果を示す。5章は、4章で示した結果を踏まえた考察と今後の課題を述べる。6章は、本研究のまとめである。

2. 空港除雪の自動化・省力化に向けた取組み状況と課題

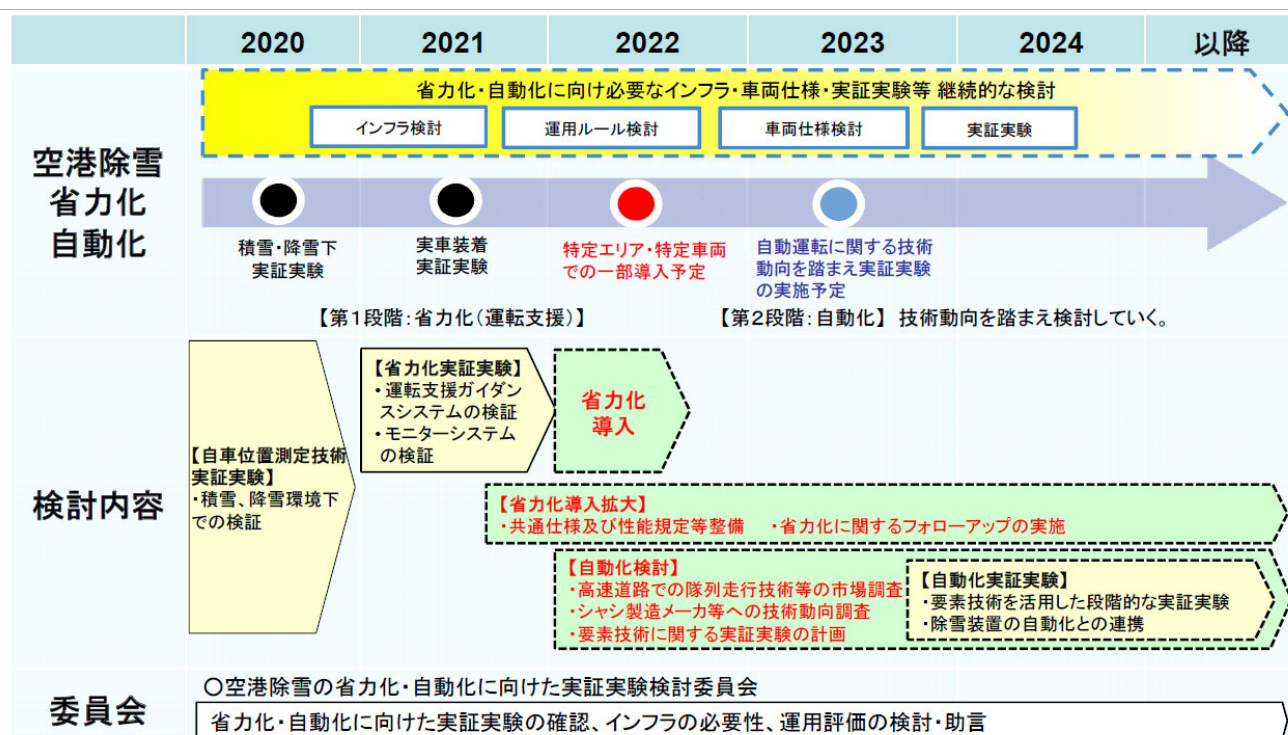
本章では、除雪分野への自動化・省力化技術導入に向けた現在までの取組みや、空港除雪の特徴と自動化・省力化に向けての課題について述べる。

2.1 既往の取組み

(1) 空港除雪への自動化・省力化に向けた取組み

「空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会」のもと、空港除雪における省力化・自動化技術導入に向けて、2020年度より車位置測定技術をはじめ要素技術の実証実験が開始されている。

図-3は航空局が示す今後の進め方である（国土交通省



出所) 「第6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」(国土交通省航空局(2022a))

図-3 空港除雪の省力化・自動化に向けた今後の取組概要(案)

航空局(2022a))。これによると、第1段階として運転支援ガイダンスシステム(国土交通省航空局(2021))を導入し、空港除雪作業の省力化を目指すとしている。

「積雪」、「降雪」状況での空港での自車位置測定実験や、空港除雪車両実車への運転支援ガイダンスシステムを装着しての実証実験が行われ、2022年度内には一部エリア一部車両において運転支援ガイダンスシステムの導入が予定されている。さらに第2段階として、技術開発動向を踏まえ、空港除雪作業の自動化を目指すとしている。

この他、北海道エアポートによる稚内空港でのモニターシステム(カメラ・モニター機能、映像鮮明化AIシステム機能)の実証実験(国土交通省航空局(2022b))や、民間企業による函館空港での除雪作業アシストシステムの実証実験(佐藤・田原・吉川(2021))といった各主体での技術開発も進められている。

海外においても、スウェーデンやノルウェー(EVA(2021))、カナダ(Northstar(2019))などの空港において自動運転除雪車の実証実験が行われており、これらを商用化する計画が発表されている。

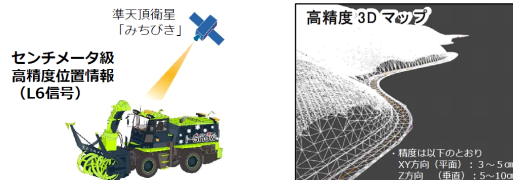
(2) 除雪分野への自動化・省力化に向けた取組み

除雪作業への自動化・省力化に向けた新技術の開発や導入は、空港除雪のみならず道路除雪においても進められており、分野横断的な取組みとなっている。

国土交通省北海道開発局では、「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)」(以下、単に「i-snow」という。)を立ち上げ、自動運転除雪車両の開発や知床峠における実証実験を行っている(図-4)。

「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



出所) 国土交通省北海道開発局(2019)より作成

図-4 道路除雪分野での取組み(例)

他にも国土交通省北陸地方整備局では、道路除雪を行う除雪機械（除雪トラック）の自動化を目指して装置の開発や現場での検証が進められている（国土交通省北陸地方整備局道路部（2021））。NEXCO東日本では、雪氷車両の各装置（融雪剤散布、プラウ操作、標識操作）を自動制御し一元化操作するシステムの研究開発や一部販売が進められている（NEXCO東日本（2020））。

2.2 空港除雪の特徴と自動化・省力化に向けた課題

空港除雪の自動化・省力化に向けては、2.1(2)で示した他分野で先行する研究開発を参考にしつつも、以下に示す空港分野独自の特徴を考慮する必要がある。

(1) 雁行隊列による大規模な除雪体制

滑走路やエプロン（駐機場）など空港基本施設の除雪作業はプラウ、スノーパ、ロータリ、凍結防止剤散布車という空港独自の大型特殊車両によって行われている。プラウ（図-5）は、降雪した雪を最初に押し出す作業を行い、除雪作業の主力機材である。ロータリ（図-6）は、プラウにより押し出されてきた雪堤を砕き遠くに投雪することでスノーバンクの除去を行う機材である。スノーパ（図-7）は、プラウにより除雪された滑走路等の路面に残る雪を完全に除去し、所要の除雪精度を確保するための機材である。凍結防止剤散布車（図-8）は、路面の除氷・防氷のために粒状または液体の薬剤を散布する機材である。



図-5 プラウ車両



図-6 ロータリ車両



図-7 スノーパ車両



図-8 凍結防止剤散布車

幅数十m、長さ数kmにわたる広大な滑走路の除雪作業は、これらの大型特殊車両同士が大規模な雁行隊列を組んで行われる。このため、各除雪車両は隊列の前後車両と相互に間隔をとりながら隊列位置による役割に応じて連携した除雪作業を行っている（図-9）。

自動化・省力化のための新技術を導入する除雪車両においても、雁行隊列による大編成での除雪作業において他車両と協調して作業を行えることが必要である。



出所：東京航空局 新千歳空港事務所

図-9 雁行隊列を組む空港除雪車の例（新千歳空港）

(2) 空港内における位置認識技術

自動化・省力化を支える要素技術として必要不可欠となるのが、自車の位置を適切に認識するための自己位置測定技術である。とりわけ空港においては、前述の通り滑走路等は周囲に障害物のない広大な開放空間であることから、そのような環境下においても既往の自己位置測定技術が適切に機能することを確認する必要がある。

また、降雪・積雪状況下など天候による安定性についても確認が必要である。

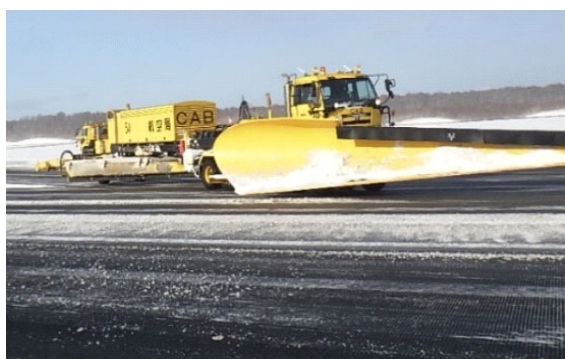
(3) 空港除雪に求められる高度な作業要件

空港除雪では、航空機の安定的な運航を確保するため、除雪精度や除雪完了時間について高度な作業要件が設定されている。

除雪精度は、滑走路面の滑り摩擦係数が所要の基準を満たす必要があり、アスファルト路面を露出させるブラクトップの状態(図-10)に除雪することが求められる。これには熟練の業務従事者がもつ高度なノウハウが必要とされている。

また、除雪完了時間は、空港毎・施設毎に目標時間が定められており、例えば新潟空港では空港の運用時間内には滑走路1本を閉鎖後40分で除雪完了させることが求められる。これには空港除雪独自の大型・高機能の特殊車両により計画的・効率的な作業が必要とされている。

自動化・省力化のための新技術を導入する除雪車両においても、これと同等の除雪精度・作業効率を確保できる必要がある。



出所) 東京航空局 新千歳空港事務所
図-10 除雪後の路面の様子

なお、除雪作業の開始基準や実施等の基本的事項については、各空港の除雪作業実施細目により定められている。

3. 空港除雪車の走行・操作の実態把握

2.2で示した課題を踏まえ、空港除雪の自動化・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には、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が必要である。そこで、新潟空港において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、詳細な実態把握を行った。

3.1 現地調査による走行・操作データの収集

新潟空港が保有する除雪車に観測機器(GPS, ドライブレコーダー)を設置した。データ収集の概要を表-1に示す。本調査において降雪日は15日間で、全24回分の除雪作業回のデータを収集できており、ある程度のサンプル数を確保することができている。また、除雪車の走行・操作を分析する上での参考とするため、同時点での天候や航空機の運航状況についても資料を収集している。

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, 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)

(1) 観測機器の設置

観測機器の設置対象はブラウ, スーパー, ロータリ, 凍結防止剤散布車の4車種とし、GPSにより車両の走行位置と速度を、ドライブレコーダーにより運転席での運転操作とそれに伴う車両前方の様子や車両装置の動きを観測した。

滑走路除雪作業時の雁行隊列と観測機器設置対象車の位置を図-11に示す。GPSは全車両に設置し、ドライブレコーダーは隊列での位置を考慮し先頭・2台目・最後尾車両を優先に設置した。なお、ブラウ・スーパー各車両の隊列での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。

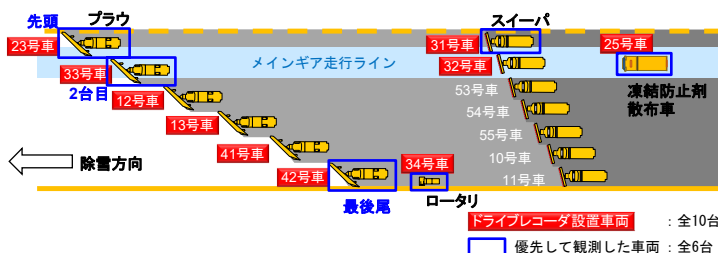


図-11 滑走路除雪時の雁行隊列と観測対象車

車両へのドライブレコーダーの設置状況や撮影された映像(例)を図-12に示す。なお、夜間の除雪作業においても除雪作業や運転操作の詳細が判別できるよう、撮影には赤外線カメラを使用し、運転席の操作盤には図-13のように反射シールを張付けるといった工夫を施した。



図-12 ドライブレコーダーによる撮影

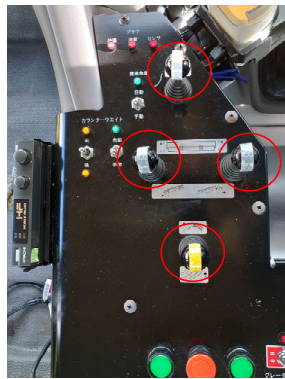


図-13 運転席操作盤の撮影

車両に設置したGPSの観測精度は数m程度の誤差が想定されるが、事前調査により車両の走行軌跡の観測状況を確認したところ、図-14のように2台の除雪車両の走行軌跡が概ね一定の幅で記録できていることを確認している。

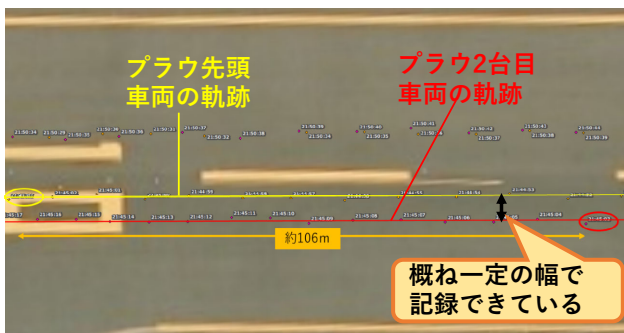


図-14 GPSによる観測状況の確認

(2) 関連資料の収集

除雪車の走行・操作を分析する上での参考とするため、同時点での天候(降雪量、積雪量、風速、風向、降雨)や航空機の運航状況(時間帯、遅延・欠航有無)についても資料を収集した。収集した資料の一覧を表-2に示す。

表-2 収集した関連資料の一覧

収集資料名	入手先	参照した内容
1 除雪作業日報	新潟空港事務所	作業時間 作業施設
2 除雪車両運転日誌	新潟空港事務所	作業時間 天候 積雪量
3 除雪作業実施状況報告書	新潟空港事務所	作業時間 作業施設
4 航空気象観測値整理表	新潟空港事務所	風向・風速 大気現象 降水量
5 定期便運航状況票	新潟空港事務所	欠航便数、欠航理由 遅延便数、遅延理由
6 SIノートム	新潟空港事務所	SIチェック実施時間
7 除雪状況提供シート	新潟空港事務所	滑走路クローズ時間 遅延便の発着予定時刻
8 降雪の深さ(前1時間)	気象庁	降雪の深さ

3.2 除雪事業者へのヒアリング

除雪車の走行・操作を分析する上で、また他空港でも同様の傾向がみられるのか確認するため、新潟空港、新千歳空港、青森空港それぞれの除雪事業者にヒアリングを行った(表-3)。

新潟空港においては、主に3.1により収集したデータを分析した結果の妥当性を確認した。新千歳空港、青森空港では、それぞれ新潟空港と雪質または雪量が異なる他空港においても新潟空港と同様の除雪作業の傾向がみられるのかという観点でヒアリングを行った。ヒアリング結果は、4.4で示す。

表-3 空港除雪事業者へのヒアリング

対象	目的	質問項目
新潟空港	<ul style="list-style-type: none"> 分析から得られた定型的なパターンが実際の作業と合っているか確認 不明な作業の確認 	分析から得られた定型的なパターン(走行、運転操作)について以下を確認 <ul style="list-style-type: none"> 目的 詳細内容 判断材料
新千歳空港 (雪質: パウダースノー) 青森空港 (雪量:多)	<ul style="list-style-type: none"> 新潟空港で確認されたパターンと同様の傾向が他空港にもあるか確認 	新潟空港で確認された定型的なパターン(走行、運転操作)について以下を確認 <ul style="list-style-type: none"> 同様のパターンの有無 詳細内容 判断材料

4. 収集データの分析

3で収集したデータや、空港除雪事業者へのヒアリングにより、除雪車各車種の走行・操作について分析した。分析にあたっては、各車種の滑走路除雪作業中の走行・操作の動態について整理するとともに、これらの動態のうち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を抽出している。

4.1 走行位置

除雪車に設置したGPSのデータから得られる各車両の滑走路上の走行位置を分析した結果を以下に示す。GPSの観測精度によるデータのばらつきが想定されることから、本研究では主に平均値に着目して分析を行っている。

なお、本節の図には積雪量3.5cm以上を明示している。明示がない日は3.5cm未満の積雪量であった。

(1) 障害物との離隔

除雪作業における固定障害物との離隔を把握するため、図-15に示す滑走路端の地上型灯火（障害物）との離隔を分析した。離隔とは、プラウ、スイーパー、ロータリそれぞれが、滑走路中間部にある地上型灯火と最接近した際の直線距離とした。

a) プラウ

各日程・各除雪作業回における雁行隊列最後尾車両と

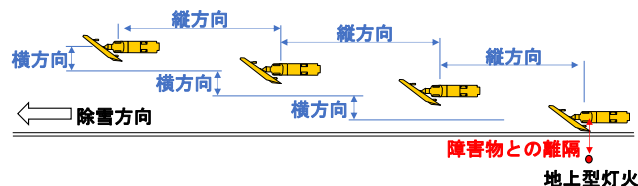


図-15 雁行隊列の車両の走行位置

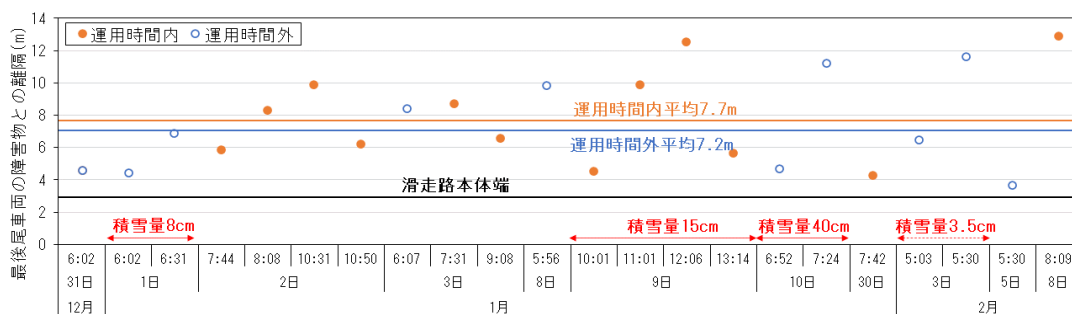
障害物との離隔を図-16に示す。同図より隊列最後尾の車両は滑走路本体端（障害物から3m）のやや内側を走行していることが確認でき、運用時間内での離隔の平均値は7.7m、運用時間外での平均値は7.2mであった。運用時間内と運用時間外とであまり差はみられなかった。

b) スイーパー

各日程・各除雪作業回における雁行隊列最後尾車両と障害物との離隔を図-17に示す。運用時間内での平均値は6.0m、運用時間外での平均値は5.5mであり差はみられなかったが、前述のプラウよりも障害物にやや近接して走行していることが確認できる。これは、雁行隊列がプラウは6台、スイーパーは7台編成であることから、スイーパーの方が最後尾車両の走行位置がやや外側になるためと考えられる。

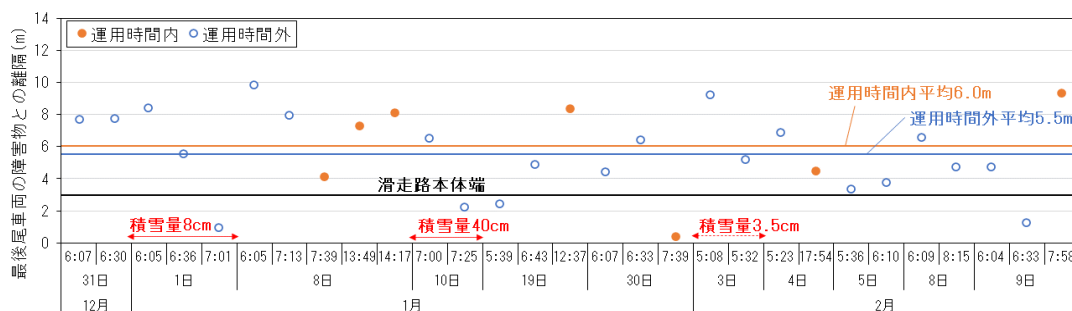
c) ロータリ

各日程・各除雪作業回における障害物（滑走路灯）との離隔を図-18に示す。運用時間内での平均値は4.9m、運



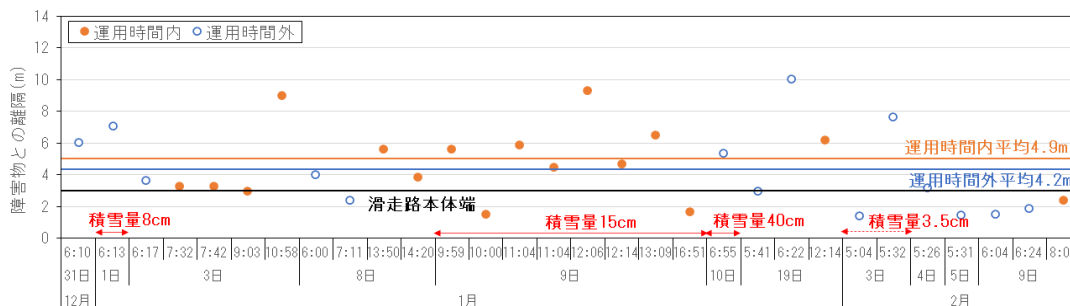
※横軸は、対象車両が滑走路中間部にある地上型灯火と最接近した際の時刻。

図-16 雁行隊列最後尾車両の障害物との離隔（プラウ）



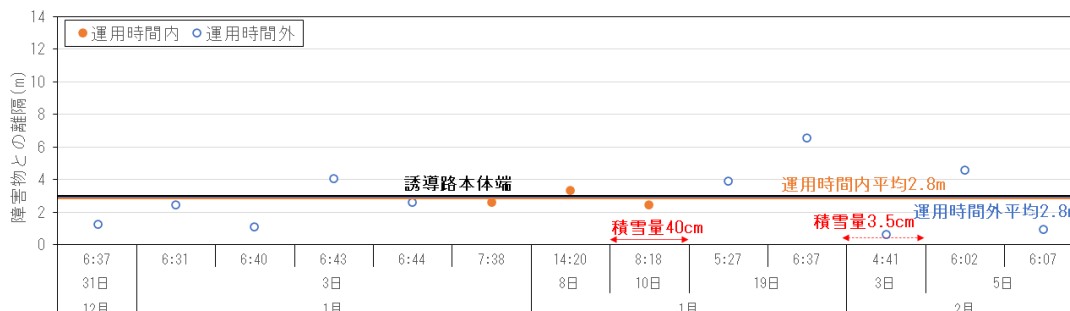
※横軸は、対象車両が滑走路中間部にある地上型灯火と最接近した際の時刻。

図-17 雁行隊列最後尾車両の障害物との離隔（スイーパー）



※横軸は、対象車両が滑走路中間部にある地上型灯火と最接近した際の時刻。

図-18 ロータリの障害物（滑走路灯）との離隔



※横軸は、対象車両が誘導路灯と最接近した際の時刻。

図-19 ロータリの障害物（誘導路灯）との離隔

用時間外での平均値は4.2mであり差はみられなかったが、プラウやスイーパーと比べて最も障害物に近接して走行していることが確認できる。

また同様に、各日程・各除雪作業回における誘導路上の障害物（誘導路灯）との離隔（最接近時の距離）を図-19に示す。運用時間内での平均値は2.8m、運用時間外での平均値は2.8mで、これもあまり差はみられなかったが、滑走路灯よりもさらに近接して誘導路灯の付近を走行していることが確認できる。

(2) 雁行隊列車両間の相対距離

滑走路を雁行隊列になり除雪作業を行うプラウ、スイーパーについて、車両配置の間隔を把握するため、図-15に示す隊列車両間の横方向・縦方向の相対距離（GPSを設置した運転席間の距離）を分析した。

a) プラウ

各日程・各除雪作業回における隊列車両間の横方向の相対距離を図-20に示す。縦軸の値は各車両間の距離の平均値とした。同図より隊列横方向の相対距離は概ね3.5m～8mである。運用時間内での平均値は6.3m、運用時間外での平均値は6.9mで、運用時間内と運用時間外とであまり差はみられず、前述の障害物との離隔とほぼ同程度の約7m程度の離隔がとられていることが確認できる。

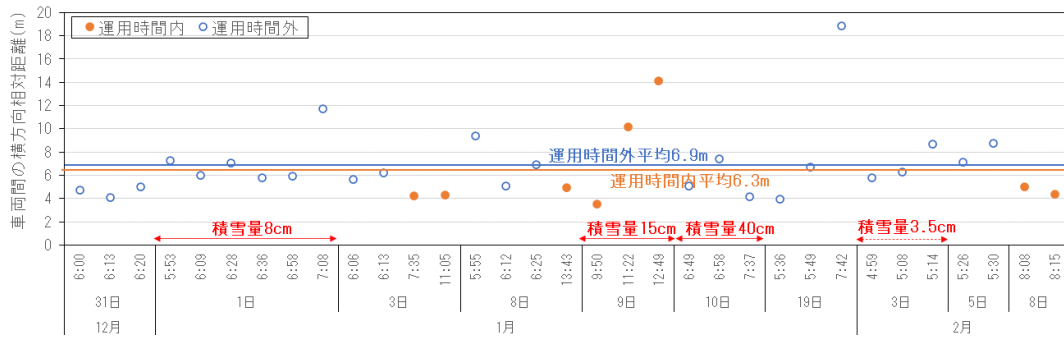
各日程・各除雪作業回における隊列車両間の縦方向の

相対距離を図-21に示す。運用時間内での平均値は216m、運用時間外での平均値は309mであった。隊列縦方向の相対距離は全体的にばらつきが大きく、概ね50m～300mの範囲となっている。積雪量が多い1月1日や1月9-10日では、縦方向の相対距離が長くなる傾向がみられた。積雪量が多い日などでは、一部の車両間が1,000m程度離れる場合もあったが、多くは50m～300mの間隔で走行していた。

b) スイーパー

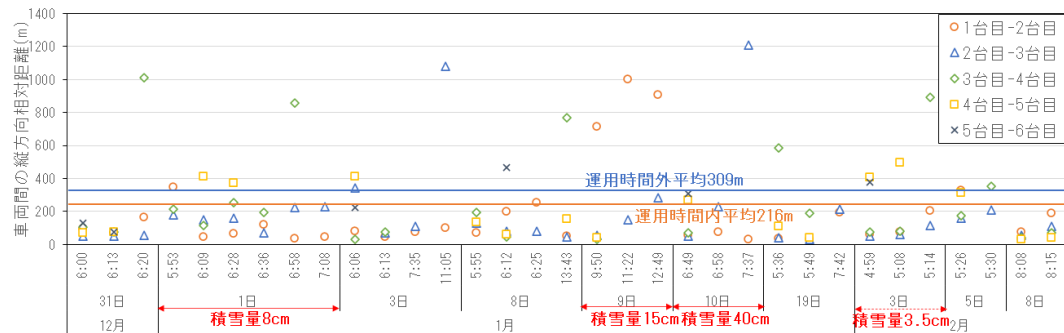
各日程・各除雪作業回における隊列車両間の横方向の相対距離を図-22に示す。縦軸の値は各車両間の距離の平均値とした。同図より隊列横方向の相対距離は概ね3.5m～8mである。運用時間内での平均値は6.5m、運用時間外での平均値は6.4mで、運用時間内と運用時間外とであまり差はみられず、前述の障害物との離隔とほぼ同程度の約6m程度の離隔がとられていることが確認できる。

各日程・各除雪作業回における隊列車両間の縦方向の相対距離を図-23に示す。運用時間内での平均値は166m、運用時間外での平均値は182mであった。隊列縦方向の相対距離は全体的にばらつきが大きく、一部の車両間が1,000m程度離れる場合もあったが、多くは50m～300mの間隔で走行していた。



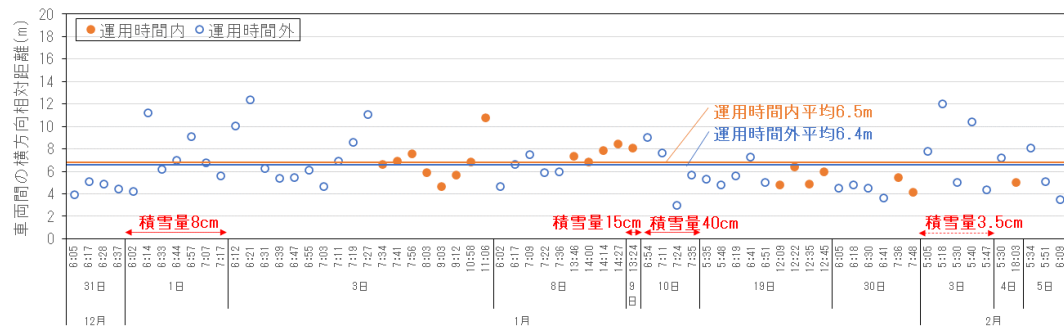
※各点は隊列内の各車両間相対距離の平均値。横軸は、雁行隊列先頭車両が滑走路中間部を通過した時刻。

図-20 雁行隊列横方向の相対距離（プラウ）



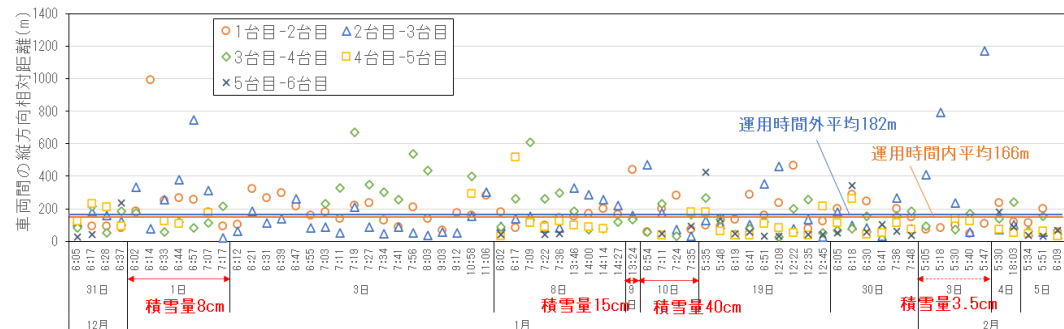
※横軸は、雁行隊列先頭車両が滑走路中間部を通過した時刻。

図-21 雁行隊列縦方向の相対距離（プラウ）



※各点は隊列内の各車両間相対距離の平均値。横軸は、雁行隊列先頭車両が滑走路中間部を通過した時刻。

図-22 雁行隊列横方向の相対距離（スイーパー）



※横軸は、雁行隊列先頭車両が滑走路中間部を通過した時刻。

図-23 雁行隊列縦方向の相対距離（スイーパー）

4.2 走行速度

除雪車に設置したGPSのデータから得られる各車両の滑走路上の走行速度を分析した結果を以下に示す。

各日程・各除雪作業回における、プラウ、スイーパ、ロータリ、凍結防止剤散布車それぞれの滑走路中間部での平均走行速度を図-24、図-26～図-28に整理した。プラウについては、代表として主に雁行隊列の先頭（欠測の場合は先頭から2台目）を走行している車両を、スイーパについては、代表として雁行隊列の先頭を走行している車両を対象とした。

なお、各車種ともにGPSの観測精度によるデータのばらつきが想定されることから、本研究では主に平均値に着目して分析を行っている。

前節同様、本節の図には積雪量3.5cm以上を明示している。明示がない日は3.5cm未満の積雪量であった。

(1) プラウ

図-24により、プラウの走行速度は7km/h～60km/h（全平均は30km/h程度）となっており、ばらつきが大きい。

積雪量が特に多かった1月9日、10日に、10km/h以下の低速での走行がみられる。プラウは積雪状態から最初に雪を押し出す作業を行うことから、路面の積雪状況に応じて速度調整が必要となり、走行速度に影響を受けやす

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の滑走路除雪時でのプラウの走行速度と積雪量との関係を図-25に示す。同図では、走行速度と積雪量は弱い負の相関を示している。

運用時間内での平均値は31.2km/h、運用時間外での平均値は25.6km/hで、運用時間外の方が低速である。運用時間外は、積雪量が多い状態から除雪すること、また、夜間での作業であり視界が悪いため、安全確保のために走行速度を抑えている可能性が考えられる。

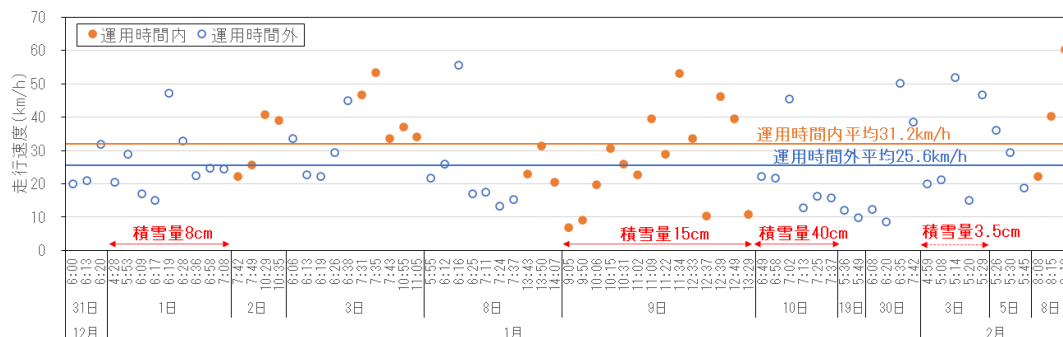
(2) スイーパ

図-26により、スイーパの走行速度は9km/h～50km/h（全平均は20km/h程度）、うち9割以上は10km/h～30km/hとなっており、プラウと比較してばらつきは小さい。スイーパはプラウである程度除雪された状態から作業をするため、積雪条件により走行速度は影響を受けにくいと考えられる。

運用時間内での平均値は19.6km/h、運用時間外での平均値は19.5km/hであり、あまり差はみられない。

(3) ロータリ

図-27により、ロータリの走行速度は4km/h～38km/h（全平均は10km/h程度）、約9割は5km/h～20km/hとなっており、プラウと比較してばらつきは小さい。



※ほぼ全ての作業回で雁行隊列の先頭車両であるプラウ 23 号車（欠測していた 1 月 2 日は 2 台目の 33 号車）を集計。
※横軸は、対象車両が滑走路中間部を通過した時刻。

図-24 滑走路中間部での雁行隊列車の平均走行速度（プラウ）

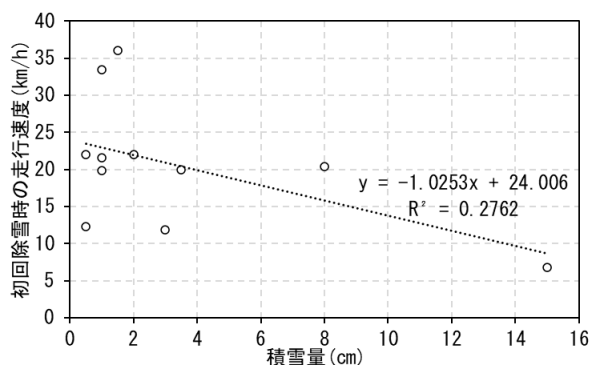


図-25 プラウの走行速度と積雪量の関係

積雪量が多かった1月1日,9日,10日は,いずれも10km/h以下の低速での走行がみられる. ロータリは投雪の作業を行うことから, 積雪や視界の状況に応じて速度調整が必要となり, 走行速度に影響を受けやすいと考えられる.

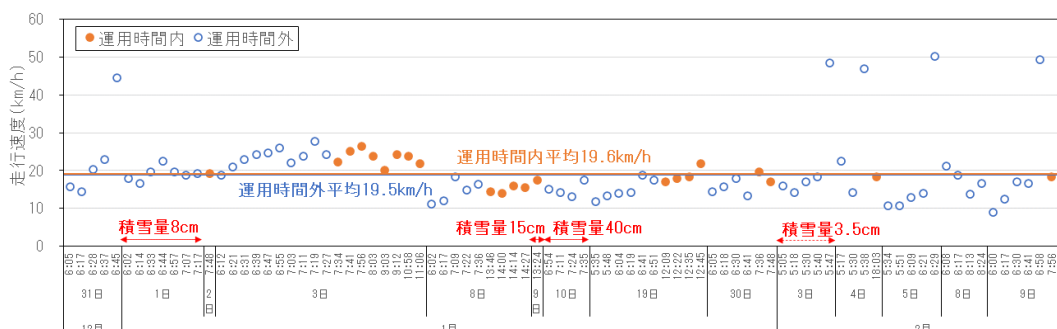
運用時間内での平均値は9.3km/h, 運用時間外での平均値は14.4km/hで, 運用時間内の方が低速である. 空港除雪事業者へのヒアリングから, 通常はロータリもブラウと同様に, 運用時間外の方が低速となる傾向とのことであったが, ここで運用時間内の方が低速となっているのは, 積雪量の多い日の影響を含んでいる可能性が考えられる.

(4)凍結防止剤散布車

図-28により, 凍結防止剤散布車の走行速度は41km/h~58km/h(全平均は50km/h程度)となっており, 50km/h前後のほぼ一定の速度であることが確認できる. 薬剤の散布量により車両の走行速度やエンジンの回転数がある程度決まっていることが一因であると考えられる.

運用時間内での平均値は51.3km/h, 運用時間外での平均値は51.4km/hであり, あまり差はみられない.

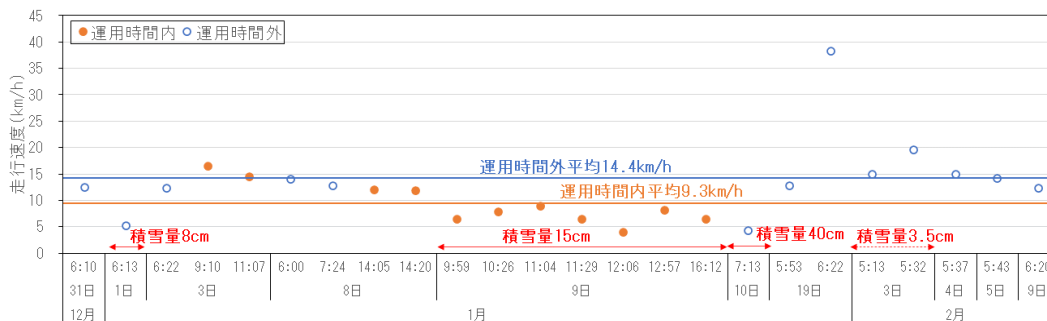
各車種の走行速度分布を図-29に示す. 前述の通り, ブラウの走行速度は他の車種と比較してばらつきが大きいことが確認できる.



※雁行隊列の先頭車両(主にスイーパ53号車または31号車)を集計.

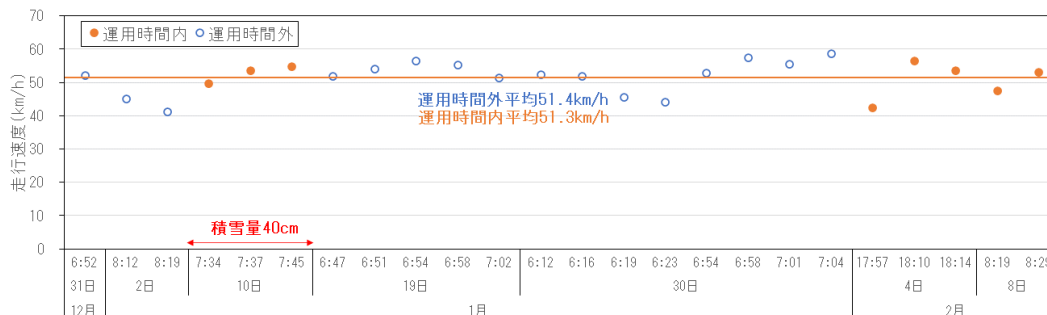
※横軸は, 対象車両が滑走路中間部を通過した時刻.

図-26 滑走路中間部での雁行隊列先頭車両の平均走行速度(スイーパ)



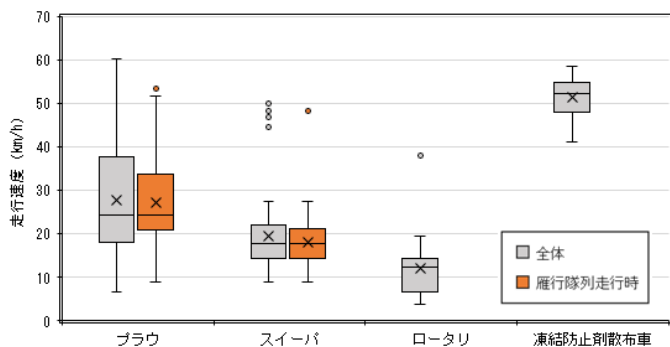
※横軸は, 対象車両が滑走路中間部を通過した時刻.

図-27 滑走路中間部での平均走行速度(ロータリ)



※横軸は, 対象車両が滑走路中間部を通過した時刻.

図-28 滑走路中間部での平均走行速度(凍結防止剤散布車)



注) 全体は雁行隊列走行時と回送時

注) 箱：四分位範囲

—：最大値，最小値（四分位範囲の 1.5 倍）

×：平均値，○：外れ値

図-29 各車種の走行速度分布

4.3 運転操作

除雪車に設置したドライブレコーダーの映像から得られる各車両の運転操作について、分析した結果を以下に示す。

ここでは空港運用時間内で、かつ同日において滑走路除雪作業が2回目となる除雪作業回を代表回とした。この代表回において、1台の除雪車が除雪作業中に行った操作を図-30~33に整理した。また、これらの各図を拡大したものを付録Aに示す。

(1) 除雪作業における主な操作

a) ブロー

ブローは、滑走路、平行誘導路、取付誘導路での除雪作業では、いずれもブロー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。

b) スイーパー

スイーパーは、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（作業（ブラシを下ろす操作）・停止（ブラシの昇降を途中で停止する操作）・上昇（ブラシを上げる操作）」、「ブラシカバー（上・下）」の操作があり、冰雪や風等の状況に対応したものとみられる。

c) ロータリ

ロータリは、ブロー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。

d) 凍結防止剤散布車

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冰雪状況に対応しているものとみられる。

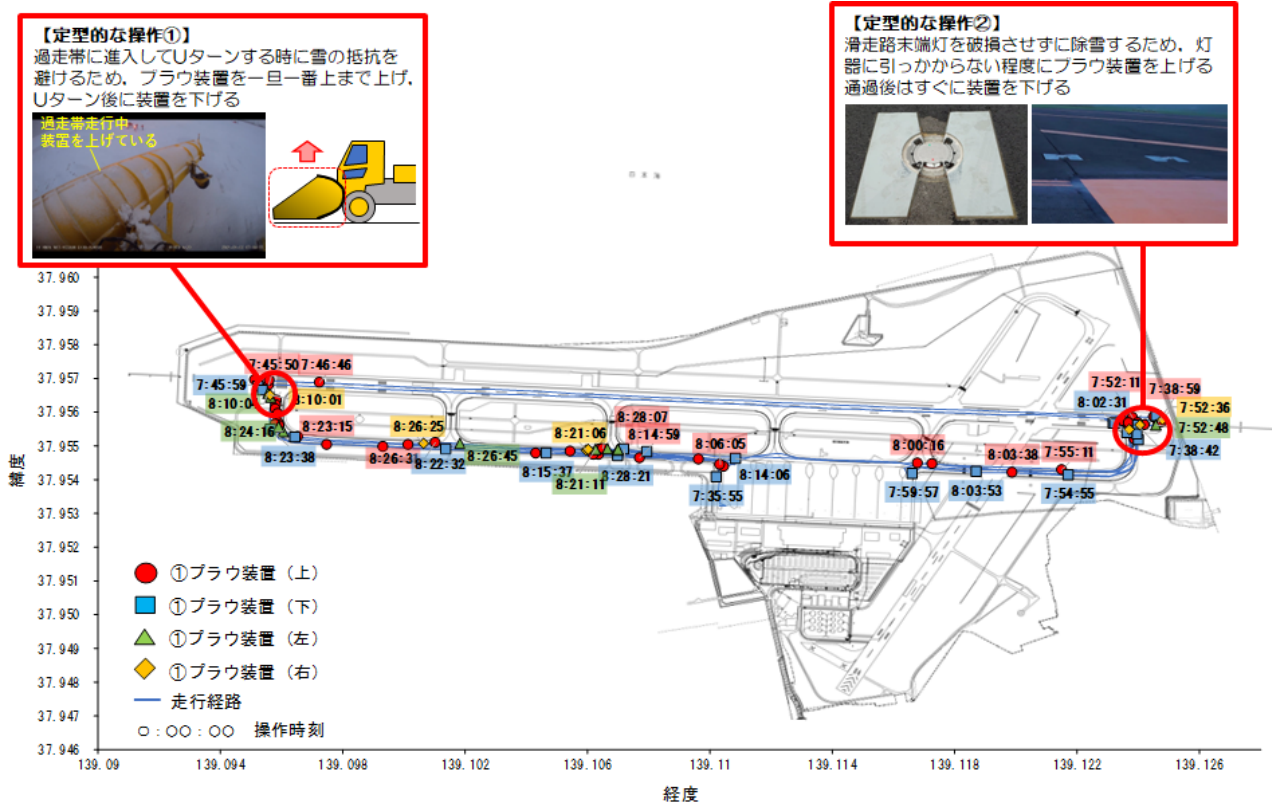


図-30 操作の整理結果例（ブロー 雁行隊列の2台目：2021/1/2 7:30-8:40）

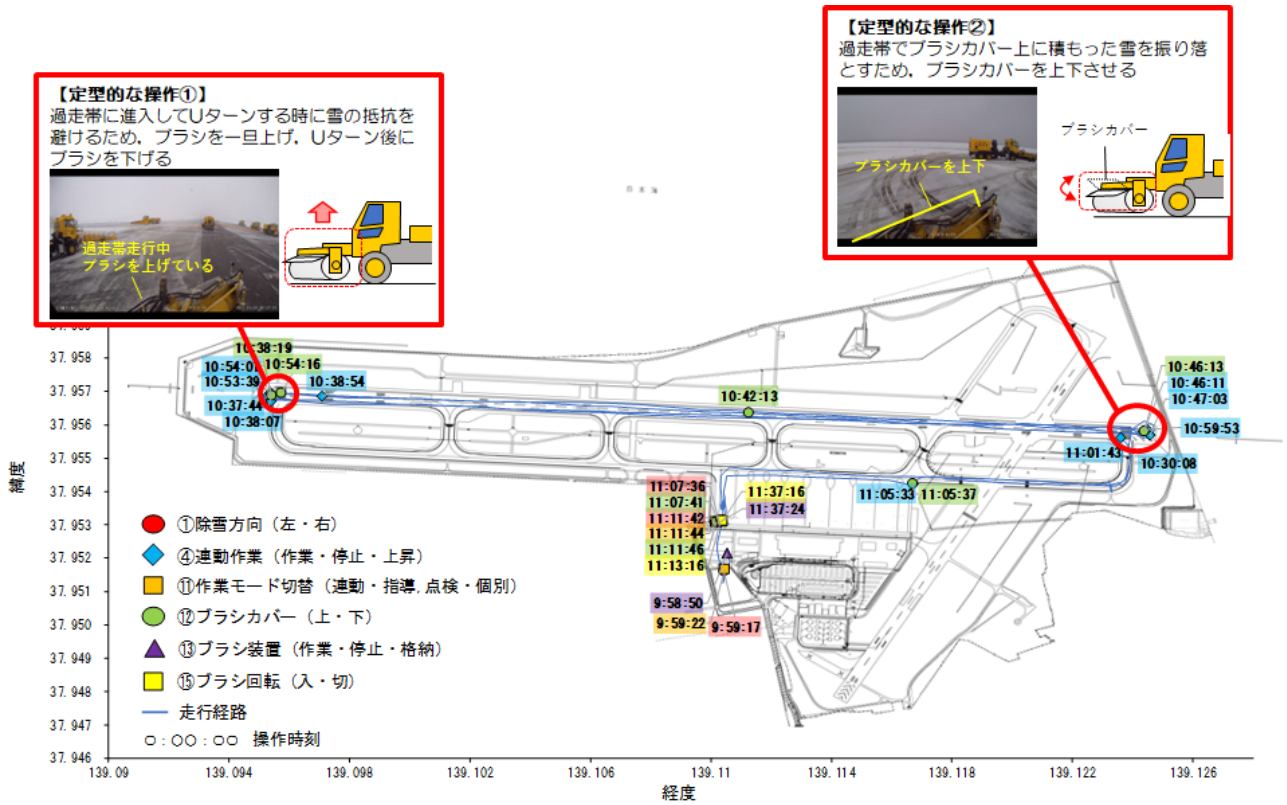


図-31 操作の整理結果例 (スイーパー 雁行隊列の3台目: 2021/1/2 10:20-11:40)



図-32 操作の整理結果例 (ロータリ: 2021/1/2 7:30-8:40)

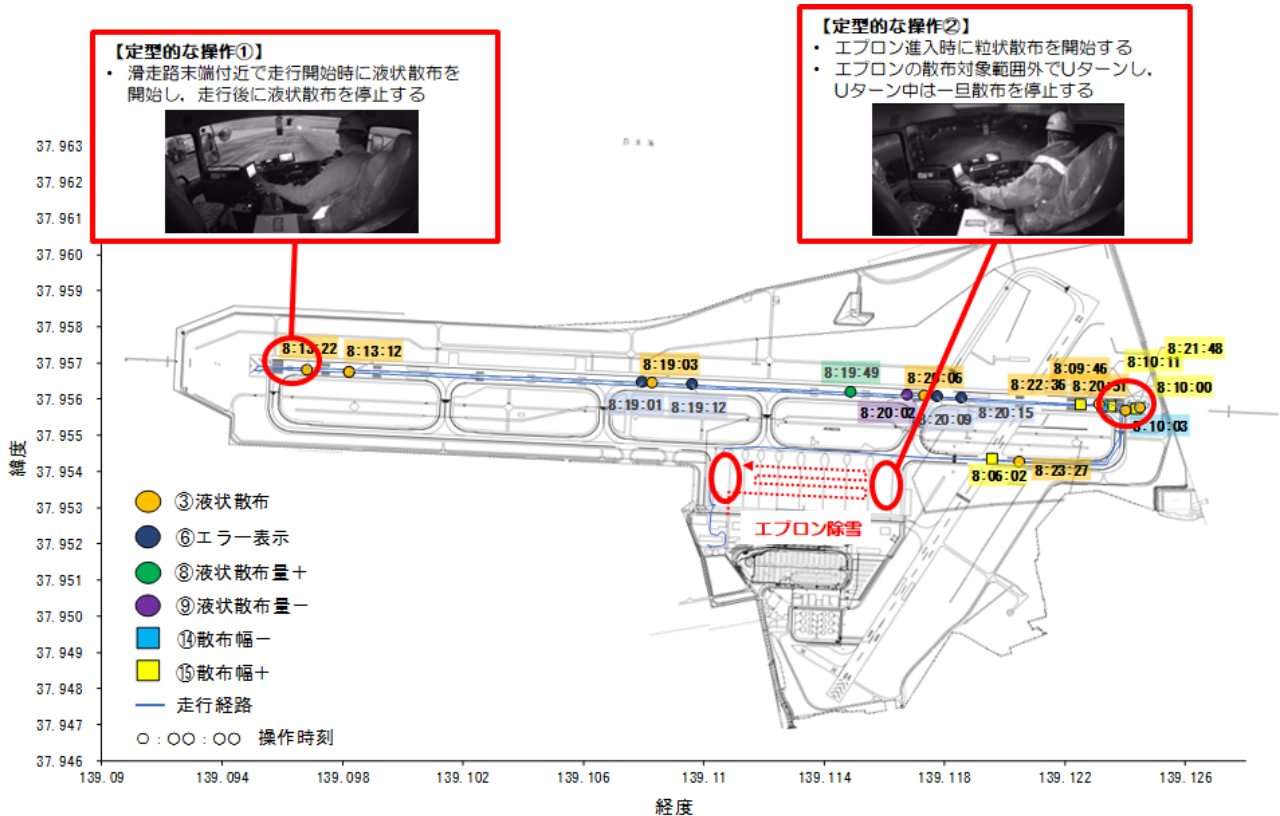


図-33 操作の整理結果例 (凍結防止剤散布車: 2021/1/2 7:30-8:30)

(2) 定型的操作

図-30~33 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型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 3.2 による空港除雪事業者へのヒアリングからも確認している。なお、これらの操作については、4.4 に詳述するとおり他空港（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することにより、除雪作業の一部自動化につながるものと考えられる。

a) ブラウ

ブラウでは、定型的操作として主に以下の2つの操作が確認できている（図-30）。いずれも滑走路末端での操作である。

- ・滑走路末端の過走帯に進入してUターンする時に、雪の抵抗を避けるため、ブラウ装置を一旦一番上まで上げ、Uターン後に装置を下げる。
- ・滑走路末端灯上を走行する時に、灯器にブラウのエッジが入って破損させることを避けるため、灯器に引

かからない程度にブラウ装置を上げ、通過後すぐに装置を下げる。

b) スーパー

スーパーでは、定型的操作として主に以下の2つの操作が確認できている（図-31）。いずれも滑走路末端での操作である。このうち前者は、ブラウ及び後述のロータリと同様の操作である。

- ・滑走路末端の過走帯に進入してUターンする時に、雪の抵抗を避けるため、ブラシを一旦上げ、Uターン後にブラシを下げる。
- ・滑走路末端の過走帯でブラシカバー上に積もった雪を振り落とすため、ブラシカバーを上下させる。

c) ロータリ

ロータリでは、定型的操作として主に以下の3つの操作が確認できている（図-32）。うち2つは滑走路末端での操作で、いずれもブラウと同様の操作である。

- ・滑走路末端の過走帯に進入してUターンする時に、雪の抵抗を避けるため、オーガを一旦上げ、Uターン後にオーガを下げる。
- ・滑走路末端灯上を走行する時に、灯器を破損させずに除雪するため、灯器に引つかからない程度にオーガを上げ、通過後にオーガを下げる。

- ・誘導路中心線灯（埋設型）がある位置では、装置の車輪が灯器に引っかからないように、走行速度を下げて車輪を上げる。

d) 凍結防止剤散布車

凍結防止剤散布車では、定型的な操作として主に以下の2つの操作が確認できている（図-33）。

- ・滑走路末端付近で、走行開始時に液状散布を開始し、走行後に液状散布を停止する。
- ・エプロン進入時に粒状散布を開始する。エプロンの散布対象範囲外でUターンし、Uターン中は一旦散布を停止する（Uターン後にエプロンへ再進入する時に散布を再開する）。

(3) 非定型の操作

さらに、今回の観測結果と3.2による空港除雪事業者へのヒアリングでの確認により、特定の目的で行われるものの状況に応じた操作位置や操作方法として行われる（または調整される）「非定型の操作」があることを確認している。「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することで、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」との関係について、さらなる分析を進める必要がある。

a) ブラウ

ブラウでは、非定型の操作として主に以下の2つの操作が確認できている。

- ・取付誘導路との交差部などで除雪幅を広げるために、ブラウ装置の角度を調整してやや外側を走行する（図-34）。
- ・誘導路のカーブ走行時に押し出した雪が誘導路中心側に逃げないように、ブラウ装置の角度を調整する（図-35）。

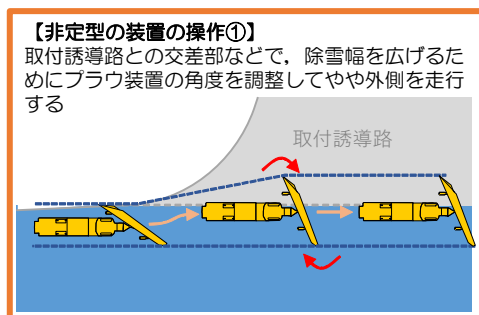


図-34 非定型の操作（ブラウ①）

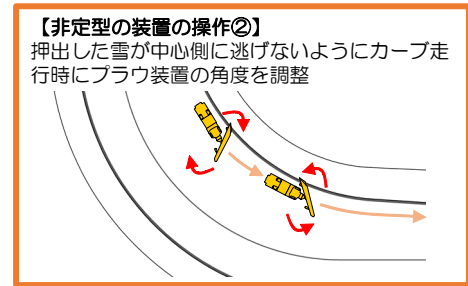


図-35 非定型の操作（ブラウ②）

b) スーパー

スーパーでは、非定型の操作として主に以下の操作が確認できている。

- ・平行誘導路中心線の除雪時は、風向きを考慮して取付誘導路側に雪が飛ばないように、ブラシの向きを調整する（図-36）。

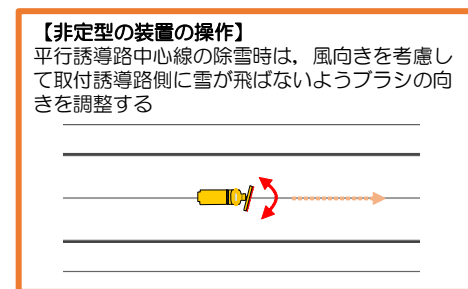


図-36 非定型の操作（スーパー）

c) ロータリ

ロータリでは、非定型の操作として主に以下の操作が確認できている。

- ・灯火や看板等の障害物周辺等において、投雪先のこれらの障害物を避けるため、シュートキャップの開閉・シュートの旋回・シュートの上げ下げの操作により、シュート方向や距離を調整する（図-37）。

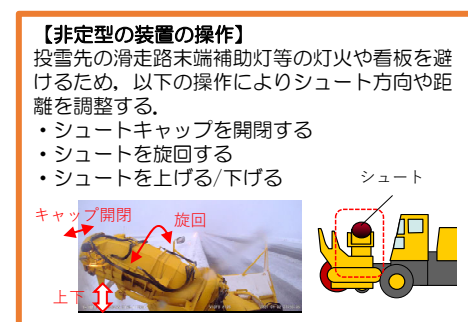


図-37 非定型の操作（ロータリ）

今回確認できた非定型の操作について整理した一覧を表-4に示す。

表-4 非定型の操作

車種	操作	操作場所 (例)
プラウ	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	取付誘導路との交差部等
	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
スノーパ	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	投雪先の障害物 (灯火や看板等) を避けるため、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

表-5 走行パターンの比較

車種	走行	新潟空港で確認された事項	新千歳	青森	備考
プラウ	障害物との 離隔	滑走路縁標識を出しながら走行するため、縁標識の やや内側を走行	●	●	
	雁行隊列車 両間の相対 距離	縦方向の相対距離は50m程度を保つようにしている	-	-	新千歳25-30m程度, 青森30-50m程度
		後続車両ほど前方車両が除雪した雪が集まるため、 縦方向の相対距離が大きくなりやすい	●	●	
		積雪量が多いほど、縦方向の相対距離は大きくなる	●	●	
		最後尾の車両はロータリが飛ばしやすいうように雪堤 を作りながら走行するため遅れやすい	●	●	
	走行速度	積雪量が多いほど低速になる	●	●	
運用時間外の方が積雪量が多い状態から除雪するた め、運用時間内よりもやや低速になる		×	●	新千歳では、運用時間内外で 速度の変化はない	
スノーパ	障害物との 離隔	滑走路縁標識を出しながら走行するため、縁標識の やや内側を走行	●	●	
	雁行隊列車 両間の相対 距離	縦方向の相対距離は50m程度を保つようにしている	-	-	新千歳25-30m程度, 青森30-50m程度
	走行速度	プラウである程度除雪された後に走行するため、運 用時間内外にかかわらず速度の変化が少ない	×	×	新千歳、青森とも被牽引式ス ノーパのため、プラウと同じ 速度
ロータリ	障害物との 離隔	プラウとスノーパにより除雪された雪堤に沿って走 行するため、縁標識よりやや外側を走行	●	●	
	走行速度	積雪量が多いほど低速になる	●	●	
		運用時間外の方が積雪量が多い状態から除雪するた め、運用時間内よりもやや低速になる	×	●	新千歳では、運用時間内外で 速度の変化はない
凍結防止 剤散布車	走行速度	散布量によって速度が決まり、ほぼ一定の速度で走 行している	●	×	青森では、プラウとスノーパ による除雪直後に追従走行す るため、プラウとスノーパの 速度に合わせる

※●：同様である，×：異なる

4.4 ヒアリング結果

3.2による空港除雪事業者へのヒアリングから確認できた結果を示す。

4.1~4.3により整理した各車種の走行・操作について、新潟空港の除雪事業者に妥当性を確認するとともに、他空港での汎用性を確認するために新千歳空港及び青森空港での除雪作業と比較した。

新潟空港で確認された走行パターンや定型的な操作に

ついては、空港毎に除雪車両の仕様や除雪作業手順の違いによる差異は見られたものの、新千歳空港及び青森空港においても、新潟空港と概ね同様または類似であると確認できている。

(1) 走行パターン

4.1及び4.2により整理した各車種の走行パターンについて、新潟空港の除雪事業者からこれらが毎回同様に行われている走行パターンであることを確認できている。

またそれらの走行パターンを、新千歳空港及び青森空港での除雪作業と比較した結果を表-5に示す。

a) プラウ

障害物との離隔、雁行隊列車両間の相対距離、走行速度について、新千歳空港及び青森空港においても新潟空港と概ね同様の走行パターンであることを確認できている。

ただし、雁行隊列車両間の縦方向の相対距離については、新潟空港では50m程度以上を保つようにしているのに対して、新千歳空港では25-30m程度、青森空港は30-50m程度となっている。また走行速度については、新潟空港では運用時間外の方が積雪量の多い状態から除雪するため運用時間内よりもやや低速になっているのに対し、新千歳空港においては、運用時間内外で速度の変化はない。

b) スーパー

障害物との距離について、新千歳空港及び青森空港においても新潟空港と概ね同様の走行パターンであることを確認できている。

一方で、雁行隊列車両間の縦方向の相対距離については、新潟空港では50m程度以上を保つようにしているのに対して、新千歳空港では25-30m程度、青森空港は30-50m程度となっている。また、走行速度については、新潟空港では運用時間内外にかかわらずプラウと比較して速度の変化が少ないのに対し、新千歳空港及び青森空港においては、一部車両が被牽引式スーパー（プラウ付スーパー）であることから、スーパーの速度はプラウの速度と同じとなっている。

c) ロータリ

障害物との距離、走行速度について、新千歳空港及び青森空港においても新潟空港と概ね同様の走行パターンであることを確認できている。

ただし、走行速度については、新潟空港では運用時間外の方が積雪量の多い状態から除雪するため運用時間内よりもやや低速になっているのに対し、新千歳空港においては、運用時間内外で速度の変化はない。

d) 凍結防止剤散布車

走行速度について、新千歳空港においても新潟空港と概ね同様の走行パターンであることを確認できている。一方で、青森空港においては、新潟空港では走行速度が薬剤の散布量によって決まることからほぼ一定の速度で走行しているのに対し、青森空港においては、プラウとスーパーによる除雪直後に追従走行するため、プラウとスーパーの速度に合わせる。

(2) 定型的な操作

4.3により整理した各車種の運転操作について、新潟空港の除雪事業者からこれらが毎回同様に行われている操作であることを確認できている。また、このうち定型的な操作について、新千歳空港及び青森空港での除雪作業と比較した結果を表-6に示す。

a) プラウ

新潟空港で確認された2つの定型的な操作について、新千歳空港及び青森空港においても概ね同様または類似の操作があることを確認できている。

ただし、青森空港では過走帯が先に除雪されるため、滑走路末端灯上を走行する時にプラウ装置を上げたまま過走帯では装置を下げない。

b) スーパー

新潟空港で確認された2つの定型的な操作について、このうち、過走帯に進入してUターンする時に一旦スーパーのブラシを上げる操作については、新千歳空港では同様の操作があることを確認できているが、青森空港では行われていない。これは、青森空港では過走帯が先に除雪されており、新潟空港の様に過走帯に積もった雪の抵抗をさけるようブラシを一旦上げる必要がないためである。

また、過走帯でブラシカバー上に積もった雪を振り落とすためにブラシカバーを上下させる操作については、新千歳空港及び青森空港いずれにおいても行われていない。新千歳空港ではスーパーはブラシカバーがついていない車両であり、青森空港ではブラシカバーの操作は行わないことを確認している。

c) ロータリ

新潟空港で確認された3つの定型的な操作について、新千歳空港及び青森空港においても概ね同様または類似の操作があることを確認できている。

ただし、青森空港では過走帯が先に除雪されるため、滑走路末端灯上を走行する時にオーガを上げたまま過走帯ではオーガを下げない。

また、埋設型灯火がある位置で走行速度を下げた車輪を上げる操作については、新千歳空港では運転手によって車輪だけを上げるか装置全体を上げるかは異なっており、青森空港では車輪だけでなくオーガ自体を上げている。

d) 凍結防止剤散布車

新潟空港で確認された2つの定型的な操作について、新千歳空港及び青森空港においても類似の操作があることを確認できている。

ただし、滑走路末端付近で走行開始時・走行後に「液状散布」を押す（開始する・停止する）操作については、

表-6 定型的な操作の比較

車種	新潟空港で確認された定型的な操作	新千歳	青森	備考
ブラウ	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、ブラウ装置を一旦一番上まで上げ、Uターン後に装置を下げる	●	△	青森では、過走帯が先に除雪されるため、滑走路末端灯上を走行する時にブラウ装置を上げたまま過走帯では装置を下げない
	滑走路末端灯上を走行する時に、灯器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ラウ装置を上げ、通過後すぐに下げる	●	△	
スイーパ	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、ブラシを一旦上げ、Uターン後にブラシを下げる	●	×	青森では、過走帯が先に除雪されるためブラシを一旦上げる必要がない
	過走帯で、ブラシカバー上に積もった雪を振り落とすため、ブラシカバーを上下させる	×	×	新千歳ではブラシカバーがついていない 青森ではブラシカバーの操作は行わない
ロータリ	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、オーガを一旦上げ、Uターン後にオーガを下げる	●	△	青森では、過走帯が先に除雪されるため、滑走路末端灯上を走行する時にオーガを上げたまま過走帯ではオーガを下げない
	滑走路末端灯上を走行する時に、灯器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、通過後に下げる	●	△	
	埋設型の灯火がある位置では、装置の車輪が灯器に引っかからないように、走行速度を下げ車輪を上げる	△	△	新千歳では、車輪だけ上げるか装置全体を上げるかは運転手による 青森では、車輪だけでなくオーガ自体を上げる
凍結防止剤散布車	滑走路末端付近で、走行開始時に液状散布を開始し、走行後に液状散布を停止する	△	△	新千歳では液状・粒状混合で散布する。 新千歳では停車すれば薬剤の散布も止まるため、停車時に操作はしない 青森では液状・粒状を状況に応じて決める
	エプロン進入時に粒状散布を開始する。 エプロンの散布対象範囲外でUターンし、Uターン中は一旦散布を停止する	×	△	新千歳ではエプロンへの散布はない 青森では液状・粒状を状況に応じて決める

※●：同様である，△：目的は同じだが一部異なる，×：異なる

新千歳空港では停車すれば薬剤の散布も止まるため、停車する際の操作は行われぬ。また新千歳空港では液状・粒状混合で散布が行われる。青森空港では状況に応じて液状か粒状かを決めて散布が行われる。

また、エプロンでの液状散布の操作については、新千歳空港ではエプロンへの薬剤の散布は行われぬ。青森空港では状況に応じて液状か粒状かを決めて散布が行われる。

5. 考察

以上の結果を踏まえ、空港除雪車への自動化・省力化技術の導入に向けて、以下の通り考察する。

(1) 空港除雪車の走行位置や運転操作についてのデータを分析することにより、各車種ともに、特に滑走路末端において毎回の除雪作業で必ず行われる「定型的な操作」があることを確認できた。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することにより、除雪作業の一部自動化につながる

るものと考えられる。

(2) また、特定の目的のために行われるものの毎回特定の位置で行われるというのではなく、施設配置や天候等の現地条件に応じた位置や操作方法により行われる（または調整される）「非定型的な操作」があることも確認できた。空港除雪車の走行位置や運転操作についてのデータを更に蓄積して分析し、現地条件を定量化する等してこれら「非定型的な操作」との関係性を明確にすることにより、「非定型的な操作」についても現地条件に基づいて自動制御で行わせるシステムの開発が考えられる。

このようなシステムを構築することにより、上述の「定型的な操作」と同様、「非定型的な操作」についても除雪作業の一部自動化につながるものと考えられる。

(3) これら「定型的な操作」や「非定型的な操作」は、たとえ上述のように自動制御で行わせるシステム構築までに至らずとも、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することにより、除雪作業の省力化につながるものと考えられ

る。また、このようなガイダンスをするシステムは、これまで熟練の業務従事者によるノウハウが必要とされてきた空港除雪車の運転や操作について、若手の従事者や経験の浅い従事者に対する技術伝承に資するものと考えられる。

(4)更に多くの走行・操作のデータを収集・蓄積し、現地条件との関係や空港毎の特性、複数空港間での共通点の観点からも分析を進め、汎用的な自動化・省力化技術について検討する必要がある。空港除雪車は空港内でのみ利用される極めて特殊な大型車両であり、その需要量は限定的であることから、特定の空港に限らず多くの空港でのニーズに対応可能な汎用的な自動化・省力化技術を検討することは、メーカーによる車両開発のインセンティブを高めるために重要な視点であるとする。

6. まとめ

本研究では、空港除雪車への自動化・省力化技術の導入に向けて、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するとともに、今後の課題について考察を行った。

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「非定型的な操作」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。

本研究の結果は、これまで熟練の除雪事業者により行われてきた空港除雪車の走行・操作の実態や、自動化・省力化につながる可能性のある操作についての基礎資料となるものである。本研究により得られた知見や課題を踏まえて、開発すべき空港除雪車及びその装置に必要な機能について引き続き検討することで、空港除雪における自動化・省力化の技術開発促進につながるものとする。

謝辞

本研究で分析した空港除雪車の走行・操作データの収集、ヒアリング調査の実施にあたっては、新潟、新千歳、青森各空港の除雪事業者の皆様、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。ここに記して、深く感謝の意を表します。

(2023年2月15日受付)

参考文献

- 黒田優佳 (2022) : 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, <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001578595.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2022a) : 第6回空港除雪の自動化・省力化に向けた実証実験検討委員会, 資料3 今後の取組概要について, <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001472066.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2022b) : 第6回空港除雪の自動化・省力化に向けた実証実験検討委員会, 資料2 実証実験結果の報告について, <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001472065.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2021) : 第4回空港除雪の自動化・省力化に向けた実証実験検討委員会, 資料2 令和3年度取組内容について (案), <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001426483.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2020) : 第1回空港除雪の自動化・省力化に向けた実証実験検討委員会, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk9_000038.html (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2019) : 航空輸送統計年報
- 国土交通省航空局(2018a):航空イノベーションの推進, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk19_000028.html (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省航空局 (2018b) : 第1回空港制限区域内の自動走行に係る実証実験検討委員会, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk9_000024.html (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省北陸地方整備局道路部 (2021) : ICT除雪機械の開発 (除雪トラック), https://www.hrr.mlit.go.jp/road/toprunner/pdf/202101_ict.pdf (2023. 2. 3 アクセス)
- 国土交通省北海道開発局 (2019) : 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組プ

ラットフォーム第4回) , <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm-att/splaat000001mvgw.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)

国土交通省北海道開発局 (2017) : 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組プラットフォーム第1回) , <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm-att/splaat000001mvkk.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)

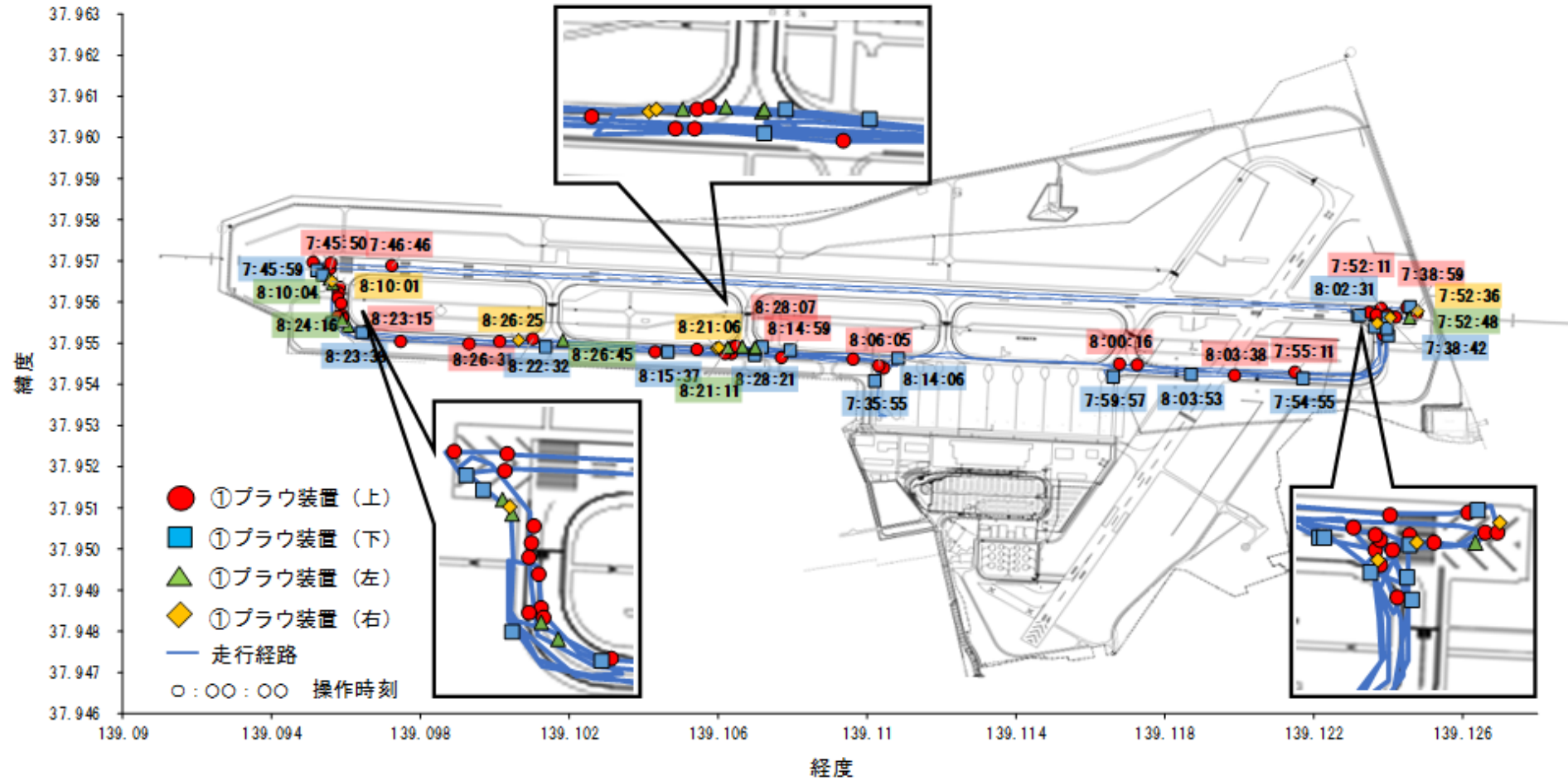
佐藤正憲・田原康平・吉川正夫 (2021) : 高精度位置情報を活用した除雪作業アシストシステムの検討, 第22回空港技術報告会, <https://www.mlit.go.jp/common/001444922.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)

EVA international Media ltd (2021) : Ploughing ahead, Airside International, Winter 2021, pp. 4-8, <https://www.airsideint.com/wp-content/uploads/2021/12/Airside-Winter-2021-FINAL.pdf> (2023. 2. 3 アクセス)

NEXCO東日本 (2020) : 氷雪管理 集中操作器, <https://www.e-nexco.co.jp/tech-service/details/nen-010.html> (2023. 2. 3 アクセス)

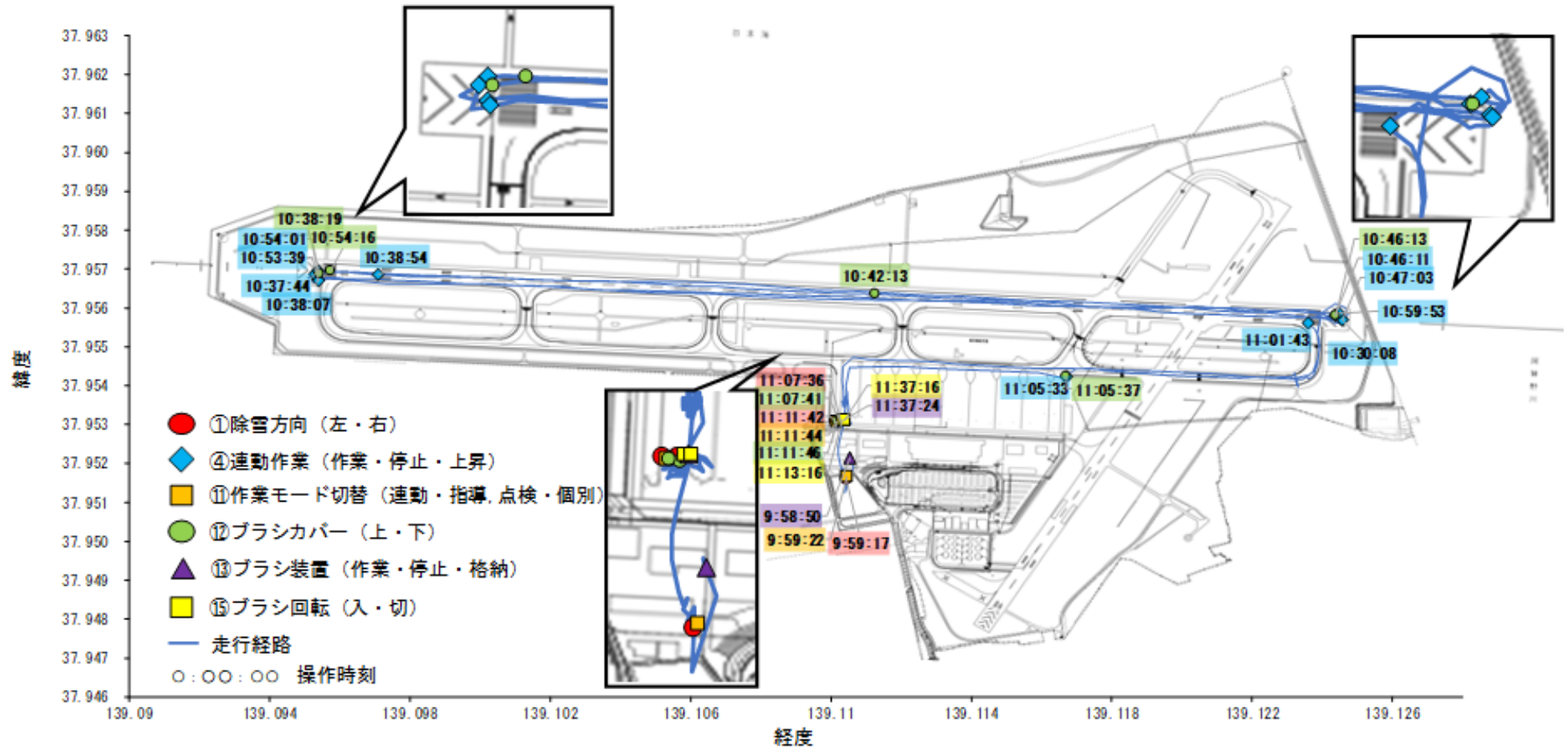
Northstar Robotics Inc. (2019) : OpenSreer, <https://northstar-robotics.com/opensteer-platform.html> (2023. 2. 3 アクセス)

付録A 除雪車の運転操作



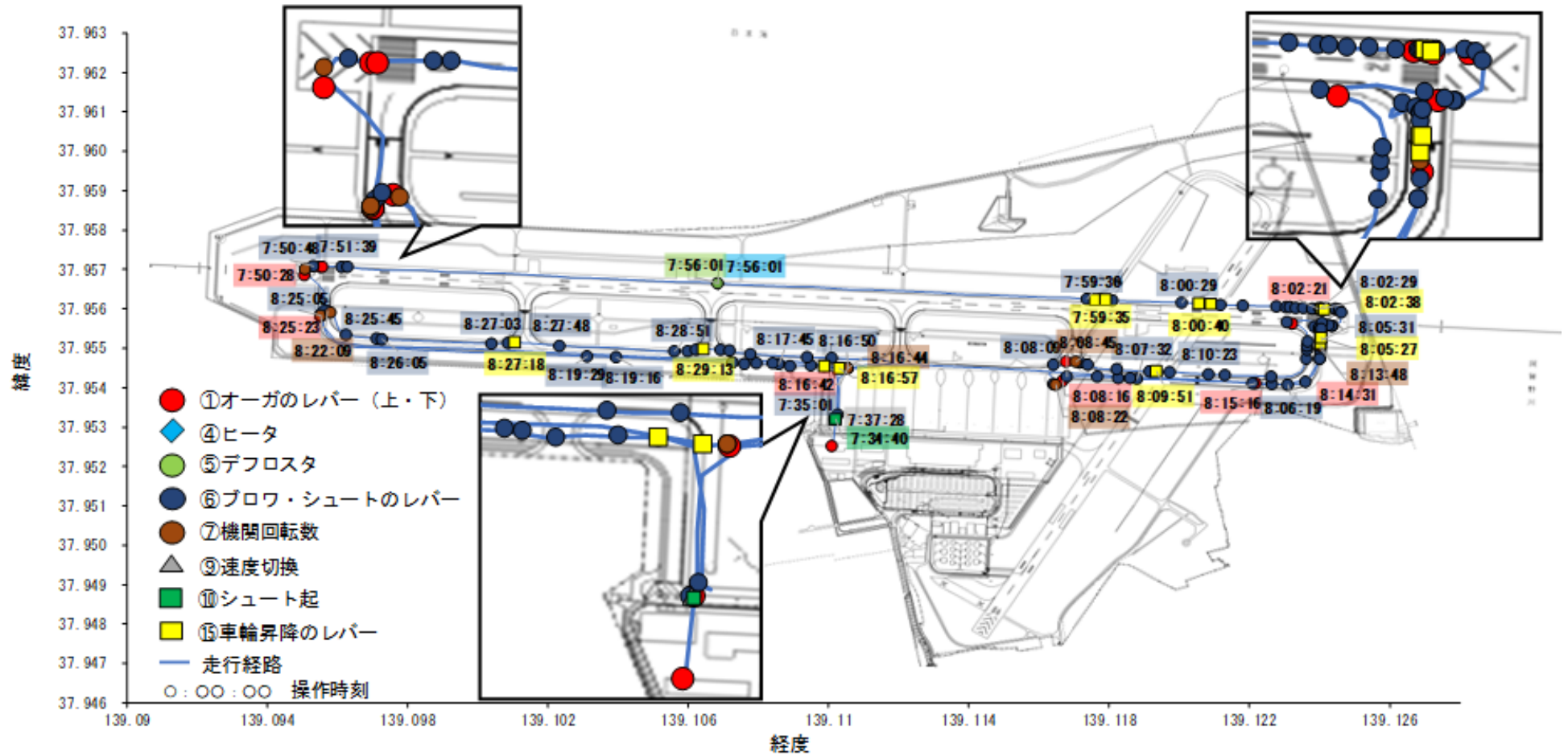
ここでの主な操作の回数：ブラウ操作（上）44回，ブラウ操作（下）21回，ブラウ操作（左）10回，ブラウ操作（右）7回

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



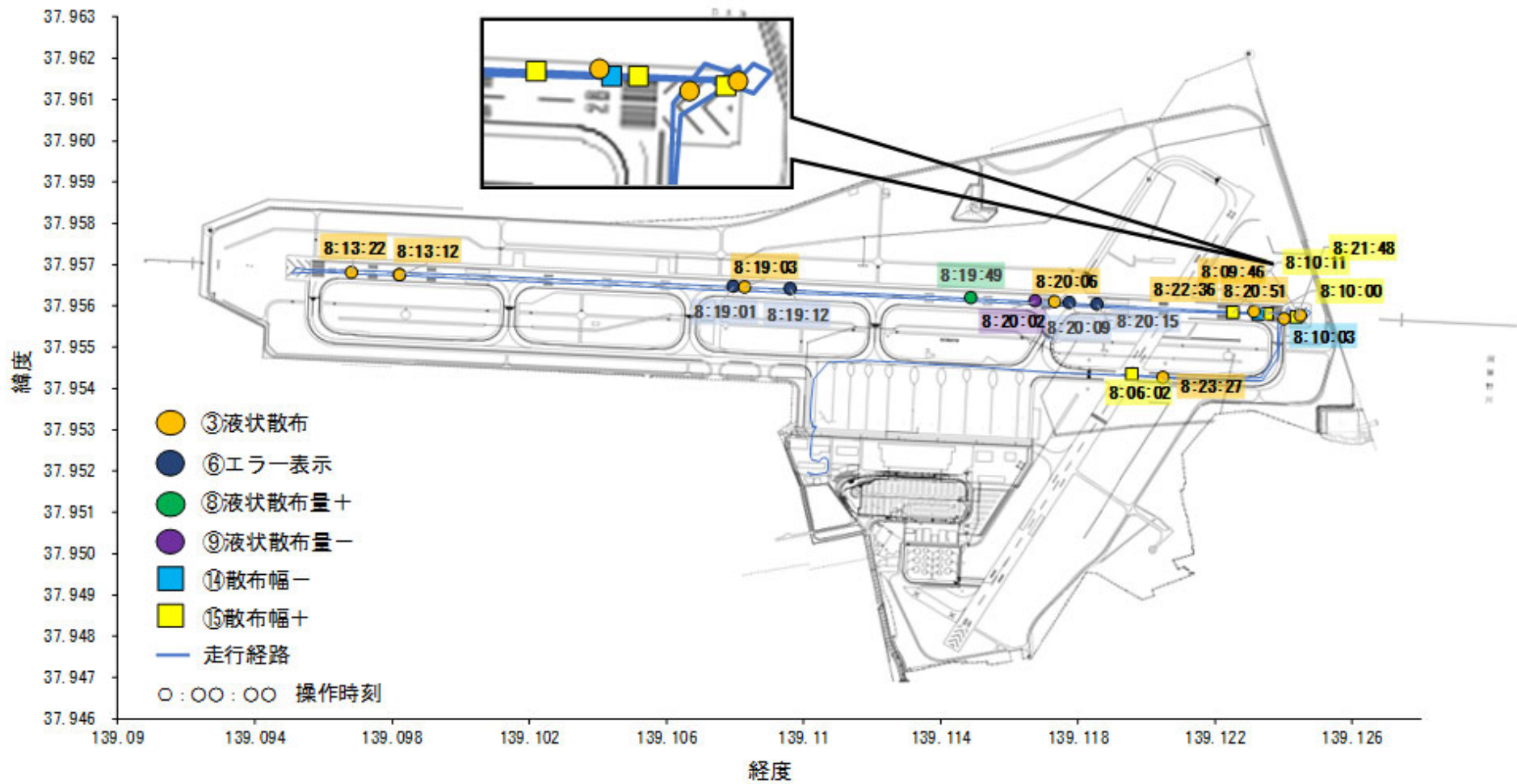
ここでの主な操作の回数：連動作業（作業・停止・上昇）11回，ブラシカバー（上・下）7回

図 A-2 操作の整理結果例（スイーパ 雁行隊列の3台目：2021/1/2 10:20-11:40）



ここでの主な操作の回数：オーガのレバー（上・下）15回，ブロウ・シュートのレバー91回，機関回転数8回，車輪昇降のレバー14回

図 A-3 操作の整理結果例（ロータリ：2021/1/2 7:30-8:40）



ここでの主な操作の回数：液状散布 8回，液状散布量+1回，液状散布量-1回，散布幅-1回，散布幅+4回

図 A-4 操作の整理結果例（凍結防止剤散布車：2021/1/2 7:30-8:30）

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1241

March 2023

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp