

# 空港除雪の自動化・省力化に向けた 取組みについて

ふじうたかすけ やまむら ゆ か かんばやしみどり ふじむらこうだい  
藤生孝典<sup>1</sup>・山村優佳<sup>1</sup>・神林 翠<sup>2</sup>・藤村幸大<sup>3</sup>

<sup>1</sup>日本工営（株）港湾空港事業部（〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4）

<sup>2</sup>日本工営（株）大阪支店（〒530-0047 大阪市北区西天満1-2-5 大阪JAビル6階）

<sup>3</sup>日本工営（株）福岡支店（〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵1丁目2番12号R&F センタービル）

国土交通省航空局では、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、官民が役割分担しながら、先端技術・システムの活用による「航空イノベーション」を推進する方針としており、地上支援車両の自動化やFAST TRAVELの推進、脱炭素化等の取組みが進められている。空港運用分野においては、労働力不足に対応するため、除雪作業の省力化・自動化が推進されている。本報告では、空港除雪の省力化・自動化に向け、事前に実施した技術要件の自主調査をはじめ、国土交通省航空局や国土交通省国土技術政策総合研究所から委託を受けて実施した、空港除雪の実態調査、空港制限区域内における実証実験とその結果等について報告する。

**Key Words**： 空港除雪，除雪車両，省力化，自動化，自車位置測定技術，運転支援，実証実験，滑走路

## 1. はじめに

国土交通省航空局では、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、官民が役割分担しながら、先端技術・システムの活用による「航空イノベーション」を推進する方針としており、地上支援車両の自動化やFAST TRAVELの推進、脱炭素化等の取組みが進められている。空港運用分野においては、除雪作業の労働力不足が懸念されており、これに対応するため、除雪作業の省力化・自動化が推進され、自車位置測定技術や運転支援ガイダンスシステムの実証実験、空港除雪車両への導入及び試用が実施されている。

本報告では、空港除雪の省力化（負担軽減、ワンオペ化）・自動化に向け、事前に実施した技術要件の自主調査をはじめ、国土交通省航空局（以下、航空局）、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、国総研）から委託を受けて実施した、空港除雪の実態調査、空港制限区域内における実証実験とその検証、運転支援ガイダンスシステムの試用結果の調査について報告する。

## 2. 空港除雪の特徴

空港基本施設（滑走路、誘導路、エプロン）の除雪作業は、**図-1**に示す除雪車両により実施される。

プラウ除雪車 (雪の押し出し)	スノーバ除雪車 (路面仕上げ)
	
ロータリ除雪車 (投雪，雪堤除去)	凍結防止剤散布車 (薬剤散布による除氷)
	

図-1 主な空港除雪車両（写真は資料<sup>1)</sup>より引用）

空港除雪の主な特徴を以下に列挙する。

- ・ 空港運用時間内の除雪作業は、航空機の運航を一部制限して実施するため、迅速な除雪作業が求められる。短時間で広範囲を除雪するために雁行隊形と呼ばれる除雪車両の隊列を組んで除雪する（**図-2**）。例えば、新千歳空港ではV型雁行隊形（除雪車両14台）により長さ3,000m×幅60mの滑走路を作業時間20分で除雪する。
- ・ 除雪後の路面状態が航空機の運航判断に影響するため、舗装表面を完全に露出させるブラック

トップの路面仕上がりが求められる。

- ・滑走路や誘導路に設置されている航空灯火を損傷させないように注意する必要がある。通常、除雪車両にはオペレータと助手の計2名が乗車し、助手が主に安全確認を行う。

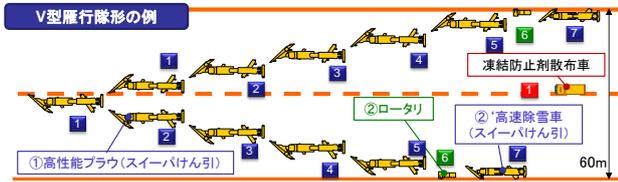


図-2 空港除雪車両の雁行隊形の例

### 3. 空港除雪の省力化・自動化に向けた技術要件の整理 (事前自主調査)

空港除雪の省力化・自動化に必要な要素技術を把握することを目的とした事前調査として、空港管理者等へのヒアリングにより空港除雪の概要を把握するとともに、除雪作業内容を分析し、省力化・自動化に向けた技術要件を整理した。

分析結果から、除雪作業は①空港内の支障物や他車両との位置関係に基づいて判断する作業と、②積雪量や雪質、仕上がり状況などの現地条件に基づいて判断する作業に大別できると考えられた。

①, ②の作業種別に対して、運転行動の3要素（認知, 判断, 操作）を参考に、必要情報の取得（センシング）と状況に応じた推奨行動の判定における技術要件を図-3のとおり整理し、これらの作業種別と技術要件に着眼して委託業務を実施した。

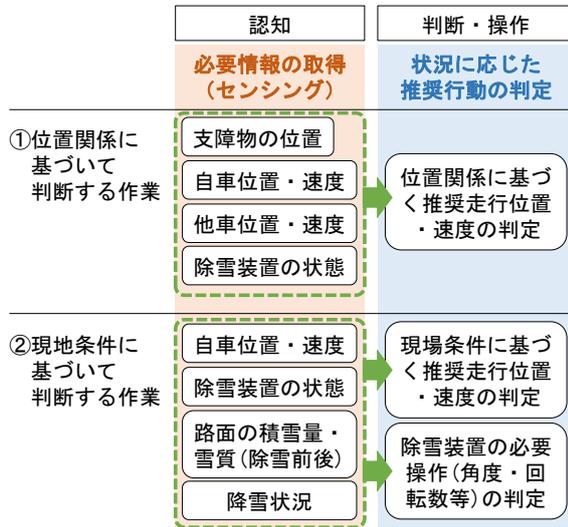


図-3 空港除雪の省力化・自動化に向けた技術要件

### 4. 空港除雪車の操作内容の把握 (国総研委託業務)

空港除雪の省力化・自動化に向けて必要な機能を把握するため、空港除雪車のオペレータ（除雪業務従事者）による走行位置や運転操作の実態を調査し、

操作内容を分析した。調査は以下のとおり実施した。

- ・場所：新潟空港
- ・対象車種：ブラウ, スーパー, ロータリ, 凍結防止剤散布車
- ・計測期間：2020年12月23日～2021年2月9日（降雪日15日で計24回の除雪データを取得）
- ・計測方法：GPS（車両の走行位置・速度）, ドライブレコーダ(操作, 装置の状態)



図-4 ドライブレコーダ映像の例<sup>2)</sup>

収集データに基づく分析結果とオペレータへのヒアリングにより、表-1に示す操作内容が確認された。

操作内容には、①車両位置に基づく定型的な操作と、②路面状況や降雪状況等に応じた非定型的な操作があることがわかった。

①は、除雪車の位置情報に基づき操作を自動制御するシステムにより自動化可能な操作内容として、空港制限区域での実証内容や導入システムの仕様へ反映した。また、②は、現地条件と操作との関係を明確にすることで定型的な操作に変換し、今後自動化につながる可能性が考えられる。

表-1 空港除雪オペレータによる主な操作内容

項目	主な操作内容	該当車種			
		ブラウ	スーパー	ロータリ	散布車
①車両位置に基づく定型的な操作	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除雪装置（架装部分）を一旦上げ、Uターン後に下げる	●	●	●	
	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っかからない程度に除雪装置を上げ、通過後すぐに下げる	●		●	
	滑走路やエプロン等への進入時に薬剤散布操作を実施				●
②路面状況や降雪状況等に応じた非定型的な操作	カーブ走行時に押出した雪が外側へ逃げないように除雪装置の角度を調整	●			
	風向きを考慮して雪が舞い戻らないように除雪装置の向きを調整		●		
	投雪先の支障物と風向きを考慮して投雪方向や出力を調整			●	

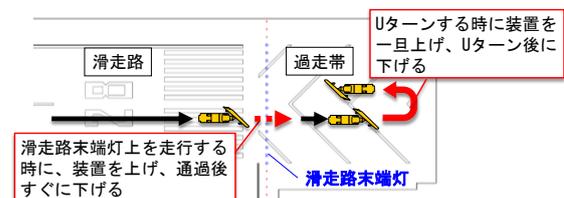


図-5 空港除雪オペレータによる主な操作内容の例

## 5. 空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験（航空局委託業務）

空港制限区域内において自車位置測定技術などの先端技術の有効性の確認を目的とした実証実験の実施概要・実施計画書の整理，結果の検証と，実証実験結果を踏まえて空港除雪車へ導入された運転支援ガイダンスシステムの試用結果の調査を実施した。

各実証実験と導入・試用のフローを図-6に示す。



図-6 実証実験と導入・試用のフロー

### (1) 自車位置測定技術の検証

#### a) 実証実験の概要

空港制限区域内における自車位置測定機器の検証を目的として，表-2のとおり実施した。

表-2 自車位置測定技術の実証実験概要

項目	概要	
実験方法	場所	新千歳空港（ナイトステイエプロン）
	方法	一般車両を走行させ，データを取得
	測位技術	（参加事業者4社が採用した主な測位技術） ・ RTK-GNSS：3社 ・ GNSS+IMU複合航法システム：1社 ・ 準天頂衛星みちびき対応CLAS：1社 ※ RTK-GNSS採用事業者が追加実証
	期間	実験期間：2021年2月2日～2月5日
検証内容	・ 精度：位置精度，電波の干渉有無 ・ 耐久性：気温による影響，防水性能，耐振動性能 ・ 測位の遅延性	

### b) 自車位置測定技術の検証結果

精度，耐久性，測位の遅延性の検証結果から，各社とも以下の要求性能を満足し，問題無いことを確認した。

- ・ 停止時・走行時（最高速度40km/h）の測位誤差は50cm以下
- ・ 低温，降雪等の環境条件に対して不具合なし
- ・ 測位データは設定周期に対して遅延無く取得

### (2) 運転支援ガイダンスシステムの検証

#### a) 実証実験の概要

空港除雪車両オペレータへ支障物や他車両の近接を通知する運転支援ガイダンスシステムの検証を目的として，表-3のとおり実施した。

表-3 運転支援ガイダンスシステムの実証実験概要

項目	概要	
実験方法	場所	稚内空港 滑走路
	方法	装置を搭載した空港除雪車両をオペレータが運転し，滑走路を走行（図-7） ・ 車両：プラウ除雪車2台 ・ 参加オペレータ：5名
	測位技術	（参加事業者3社が採用した主な測位技術） ・ RTK-GNSS：2社 ・ GNSS+IMU複合航法システム：1社
	期間	実験期間：2022年1月31日～2月18日
検証内容	・ 自車位置測定性能：Fix率※，中心線走行時の平均誤差 ・ 危険通知の正確性：航空灯火接近時の通知回数 ・ 画面表示の視認性・更新速度等：オペレータへのアンケート調査により確認	

※ Fix率：全ての測位解に対するFix解の割合で，100%に近いほど安定した測位と評価される。Fix解は，測位計算に使用する搬送波位相が定まった状態で取得される高精度の測位解を指す。

### b) 運転支援ガイダンスシステムの検証結果

自車位置測定性能，危険通知の正確性，画面表示の視認性・更新速度は以下のとおりであり，概ね問題無いことを確認した。

- ・ 自車位置測定技術は除雪車両に設置しても要求水準を満足する精度を確保
- ・ 地図情報に対してリアルタイムに自車位置が表示され，支障物も確認可能
- ・ 危険通知は各事業者の設定仕様どおりに動作

#### 【車載モニター概要】

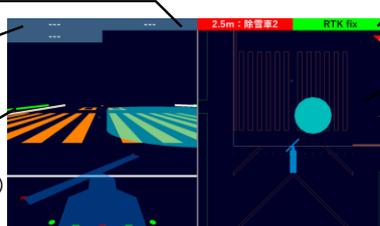
##### 接近通知（距離）

- ・ 滑走路末端灯
- ・ 滑走路灯（前方）
- ・ 滑走路灯（側方）

##### 画面デザイン

- ・ 3次元表示（左画面）
- ・ 2次元表示（右画面）
- ・ 背景色：黒色（通常，1段階目）  
黄色（2段階目）  
赤色（3段階目）

#### 他車両との接近警報



#### 測位情報

- ・ RTK fix
- ・ RTK float

#### 表示内容

- ・ 滑走路線
- ・ 滑走路中心線
- ・ 滑走路灯
- ・ 滑走路末端灯
- ・ 滑走路中心線灯
- ・ 各種滑走路標識
- ・ 他車両（円形）



運転席のタブレットにガイダンス情報が表示される

図-7 運転支援ガイダンスシステムの表示内容の例（左）と実証実験の様子（右）（資料<sup>3)</sup>より編集）

また、オペレータへのアンケート調査等により、システムの有効性や課題について、以下を把握した。

- ・支障物を表示端末により確認できることから、省力化に対して有効
- ・モニタは運転操作の邪魔にならずに見やすい位置への設置が必要
- ・オペレータが安心して作業が可能のように確実に機能する危険通知の信頼性が必要

### (3) 運転支援ガイダンスシステムの試用結果の検証

#### a) 導入・試用の概要

実証実験結果を踏まえて策定された製造仕様により、新潟空港のプラウ除雪車2台に運転支援ガイダンスシステムが導入された(図-8)。

導入システムの使いやすさ及び接近通知方法の適正確認を目的として、表-4のとおり試用結果を検証した。

表-4 運転支援ガイダンスシステムの試用の概要

項目	概要	
試用方法	場所	新潟空港 滑走路・誘導路・エプロン
	方法	装置を搭載した除雪車両をオペレータが運転し、新潟空港制限区域内を走行 ・車両：プラウ除雪車2台(システム導入)
	測位技術	・ RTK-GNSS
	期間	試用期間：2023年2月20日～2月21日
検証内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転支援ガイダンスシステムの設定調整</li> <li>・ 位置表示・警報の適切性：航空灯火等の表示位置、適切なタイミングでの警報出力の確認</li> <li>・ 自車位置測定性能：Fix率</li> <li>・ 有効性・今後の改善点：オペレータへのヒアリングにより確認</li> </ul>	

#### b) 運転支援ガイダンスシステムの有効性・改善点の調査

オペレータへのヒアリングにより把握したシステムの有効性と改善点を以下に列挙する。



#### 車内端末の表示例

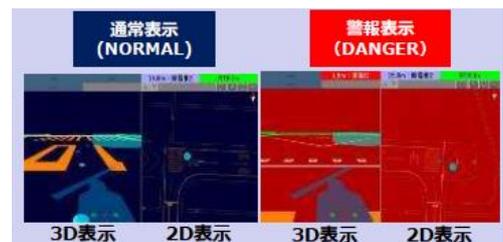


図-8 運転支援ガイダンスシステムの導入概要 (資料<sup>4)</sup>より編集)

- ・ 吹雪の中等，視程障害時に自車位置が把握できないため，航空灯火の損傷抑制に有効
- ・ 他車両の向きや動きが把握しづらいため，車両形状や向きの表示が必要

#### (4) 今後の取組み

運転支援ガイダンスシステムは2023年2月に新潟空港のプラウ除雪車2台に導入・試行され，2023年3月には同システムから発信される制御信号により，特定の位置においてプラウ装置を自動で上下動作させる試験も実施された。

航空局では，運転支援ガイダンスシステムの機能向上を図りつつ，プラウ除雪車以外へのシステム導入拡大に向け，引き続き今後の導入計画の検討を予定している。また，除雪装置の自動化に向けた要素技術の実証実験や，走行装置の自動化に向けた技術動向の調査も実施する方針としている。

## 6. おわりに

本論文では，自主調査により把握した空港除雪の省力化・自動化に向けた技術要件と，受注業務により実施した省力化・自動化に向けた実態調査，実証実験とその結果の概要を報告した。

航空局では継続して更なる省力化と自動化に向けた調査・検討を予定しており，当社としてもこれらの動向を注視し，最新技術の把握や研究に努めるとともに，関連業務へ積極的に参画する予定である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 航空局：第3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，2021
- 2) 国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料No.1241 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，2023
- 3) 国土交通省 航空局：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資料，2022
- 4) 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，2023