ワンマン化に寄与する凍結防止剤散布支援システムの実用化へ向けた研究

研究予算：運営費交付金
研究期間：令 4～令 6
担当チーム：寒地交通チーム
研究担当者：中村浩、畠山乃、大廣智則、
松島哲郎、村上健志、齊田光、
奥村航太

【要旨】
積雪寒冷地域である北海道では、凍結路面の発生を抑制するために、塩化ナトリウムなどの凍結防止剤を散布している。現在、凍結防止剤散布車は、運転手とオペレーターの2名体制で運用されているが、将来的には、一人乗車、即ちワンマンオペレーション(以下、ワンマン化と表記)を可能とすることが求められている。
本研究では、散布作業のワンマン化に資するシステム開発や、凍結防止剤散布支援システムの実用化へ向けた研究を行った。また、北海道開発局等の道路管理者からのニーズへ対応したシステム開発や本システムの整備効果について検証を行った。
キーワード：凍結防止剤、自動散布、ワンマン化、AIS3

1. はじめに

AIS3(図-1、図-2)とは、凍結防止剤の散布箇所を事前に指定することで、オペレーターの熟練度に影響を受けず、確実な凍結防止剤散布作業を可能とする支援技術である。通常走行している際に、散布箇所に接近すると情報提供とともに自動散布を行う。国土交通省北海道開発局で既に導入されている、凍結防止剤散布車両にアドオンする形で装備可能なシステムである。

2. 北海道開発局への導入状況と稼働率

本研究で開発したAIS3は、i-Snow[1)]の一環として、令和4年度に国土交通省北海道開発局に10台が試験導入された。配置事務所を表-1に示す。i-Snowとは、除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上を目指した産学官民連係の取組みで本所も参加している。

表-2[2)]に、令和4、5年度の稼働率を示すが、稼働率は地域により大きく異なる。市街地で交差点が連続している散布頻度が高い箇所で稼働率が高い傾向がある一方、郊外地や山間地など、気象条件で刻一刻と路面状況が変化する箇所は稼働率が低い傾向が窺える。

図-1　AIS3 が導入されている凍結防止剤散布車

表-1　国土交通省北海道開発局で導入されている AIS3 一覧

No	開発建設部名	道路事務所名	基地･除雪ステーション名	対象車両	規格
1	札幌	札幌道路事務所	札幌除雪ステーション	凍結防止剤散布車	4.0m^{3}級
2	函館	函館道路事務所	函館除雪ステーション	凍結防止剤散布車	4.0m^{3}級
3	小樽	小樽道路事務所	赤井川道路維持センター	除雪トラック	10t I.G.散布
4	旭川	旭川道路事務所	末広基地	凍結防止剤散布車	4.0m^{3}級
5	室蘭	苫小牧道路事務所	苫東中央管理ステーション	除雪トラック	10t I.G.散布
6	釧路	釧路道路事務所	恋問除雪ステーション	除雪トラック	10t I.G.散布
7	帯広	足寄道路事務所	足寄基地	除雪トラック	10t I.G.散布
8	網走	網走道路事務所	網走基地	除雪トラック	10t I.G.散布
9	留萌	留萌開発事務所	大別苅防災ステーション	除雪トラック	10t I.G.散布
10	稚内	稚内道路事務所	稚内基地	凍結防止剤散布車	4.0m^{3}級

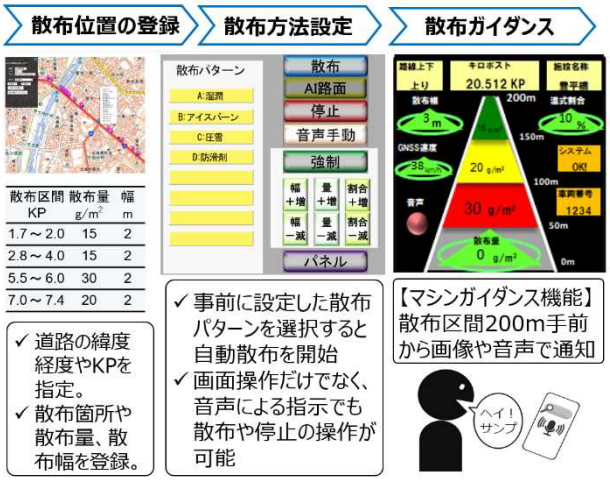

図-2　AIS3 の動作概要

表-2　AIS3 の稼働率一覧 [2)]

令和4年度	札幌	函館	小樽	旭川	苫小牧	釧路	帯広	網走	留萌	稚内	合計
出動日数合計(日)	58	8	72	97	51	2	18	3	0	4	313
出動回数(回)	104	14	166	180	71	2	18	4	0	4	563
うち自動散布(回)	21	6	9	137	34	1	2	1	0	1	212
稼働率	**20%**	**43%**	**5%**	**76%**	**48%**	**50%**	**11%**	**25%**	**0%**	**25%**	**30%**

令和5年度	札幌	函館	小樽	旭川	苫小牧	釧路	帯広	網走	留萌	稚内	合計
出動日数合計(日)	69	5	71	95	33	4	25	4	2	7	315
自動散布(日)	10	3	7	71	13	1	6	2	0	0	113
手動散布(日)	59	2	64	24	20	3	19	2	2	7	202
稼働率	**14%**	**60%**	**10%**	**75%**	**39%**	**25%**	**24%**	**50%**	**0%**	**0%**	**30%**

3．達成目標①ワンマン化へ向けた技術開発

本目標の内容は、市街地の多車線道路の散布を行う際、車線変更したときに散布向きを自動可変するシステムの構築、すなわちGPS(Global Positioning System)の緯度経度情報から、散布車の走行車線を特定することである。散布作業の効率化を図るために、散布車が車線変更した際に、散布方向を自動で可変する車線認識機能開発を行った。

3.1　速度同調先読みシステムの構築

車線認識機能開発にあたり、既往研究で開発したシステム[3), 4)]では、GPSの緯度経度情報をキロポスト(以下KPと表記)へ変換したのち、散布機器を制御し散布を開始するまで、約6秒の遅延が発生していた。走行中に車線変更を行った場合、散布箇所に相違が生じてしまう課題を有していた。従い、以下の速度同調先読みシステムを作成した。

- ✓ GPSの位置情報取得間隔を10Hzへ短縮した。
- ✓ 自動散布制御ソフトと車両搭載機器のCAN通信(Controller Area Network：ISO11898/ISO11519)の応答速度を100msecへ短縮した。
- ✓ 総遅延時間から距離を算出し、車速に応じて散布開始のタイミングを補正、GPS取得位置より早めに散布を開始するようプログラムを改良した。

以上の改良により、図-3の赤字に示すとおり遅延が最大約6秒から、約4.2秒へ改善し約1.8秒が短縮された。

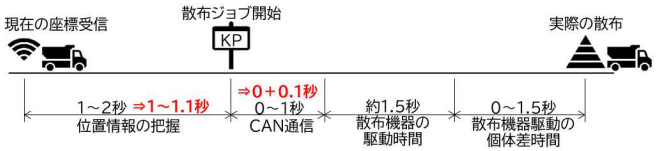

図-3　AIS3 の動作遅延短縮イメージ

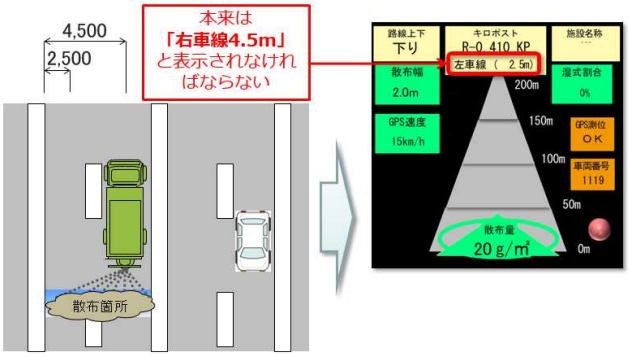

図-4　苫小牧寒地試験道路での走行実験イメージ

3.2　車線認識機能の構築

既往研究で開発したシステム[3), 4)]では、GPSから緯度経度情報を取得する際、数m程度の誤差が生じる場合があり、走行車線の判別は困難であった。よって、精度向上のため、以下の車線判別機能を作成した。

- ✓ 高精度GNSS(Global Navigation Satellite System)の導入により位置の取得精度向上
- ✓ 路肩側の白線位置で基準点を作成
- ✓ 基準点から横断方向位置を1m以下の精度で把握
- ✓ 第一走行車線、中央、第二走行車線の位置を定義
- ✓ 100m間隔でKPと緯度経度の対比表を作成
- ✓ プログラム改良を行い車線判別機能付与

以上の改良により、理論上の誤差は1m以内に収まることとなった。

3.3　実験結果と今後の課題

苫小牧寒地試験道路での走行実験結果のイメージを図-4に示す。車両の走行位置から、本来は「右車線4.5m」と認識される必要があるが、AIS3では「左車線2.5m」と表示されている。センチメーター級の精度を有するGNSSを導入しても、車線判別の精度が低く、他のセンサーを導入してデータを補完しなければならないなど、更なる検討が必要であることが明らかとなった。

これは、i-snowの会議で、国土交通省北海道開発局より同様の不都合が報告されている。「除雪装置自動制御付」除雪機械の実道配備時、除雪作業を行う全ての時間帯で走行位置把握精度が低下する場合があり、自動制御を行うことが困難であった旨、報告されている[2)]。

一例として、深川留萌自動車道において準天頂衛星「みちびき」による自車位置把握が不安定な時間帯が

あると同時に、一部区間で近接する盛土や防雪柵などで電波が反射することで受信精度に悪影響を与える場合があることが明らかとなっている[2]。

本課題は、今後もi-snowの会議や、国土交通省北海道開発局との情報交換を行い精度改善に努めたい。また、令和7年2月25日に6機体制が運用開始された「みちびき」は、令和8年度以降に追加衛星の打ち上げが予定されており、将来的に「7機体制」となり、GNSSの更なる精度向上が見込まれる。

さらに、CLAS(Centimeter-Level Augmentation Service)、MADOCA-PPP(高精度測位補強サービス)などに代表される、様々なICT通信技術の進展と醸成を待ち、更なる改善方法を検討したい。

4. 達成目標②AIS3による凍結防止剤散布効果の検証

本研究により開発されたAIS3の導入効果について、現在2名乗車である凍結防止剤散布車が、仮にワンマン化が達成された場合の経済効果を以下に示す。

費用対効果算出の一例として、本稿では、導入費用とワンマン化による人件費の縮減効果を算出した。稼働率が高い、国土交通省北海道開発局旭川開発建設部旭川道路事務所の一般国道40号、および同12号にて稼働している、令和4年度のAIS3稼働時間を参考とした。

始めに、既設の凍結防止剤散布車両へAIS3を搭載するための概算初期投資費用を表-3に示す。既存車両の改修費、機器費、システムインテグレーター費(System Integrator：ソフトウェアの作成・改修・設定費など、以下SI費と表記) を含め、税込み約800万円である。

ただし、本試算は令和4年度に試験導入した際の費用である。近年の関税・為替レート変動による機器費の高騰、さらに、人件費の向上に伴うSI費の上昇などを考慮する必要があり、今後、導入する場合は、初期投資費用が高額となる可能性を有することを申し添える。

また、導入後も、AIS3サーバのレンタル費用やメンテナンス運用含めたSI費が1年に200万円程度必要となる。しかし、AIS3の導入台数が増加しても、サーバの運用費は変化しないため、今回の試算では考慮しない。

次に、表-4、5に、旭川道路事務所での1年間の凍結防止剤散布車両の運転時間と運転労務費を示す。現時点は2名乗車のため、1年間の直接人件費は約270万円で、これに国土交通省北海道開発局発注の維持除雪工事の諸経費率約1.9を乗じると、約500万円となる。

仮にワンマン化が達成された場合は、普通作業員が不要となり一般運転手のみの乗車となるため、1年間の直接人件費は約140万円で、同様に諸経費率約1.9を乗じると、約250万円となり、1年間で労務費約250万円を縮減できることが想定される。

よって、初期投資費用約800万円は、ワンマン化が達成されることで、約4年間で損益分岐点を迎える。

一般的な除雪車両や情報機器などの耐用年数を10年と仮定すると、トータルで約1,700万円のコスト縮減が見込まれることからも、本技術の更なる醸成、および今後の普及・発展が期待される。

表-3　AIS3の導入費

項目	詳細	千円(税込み)
機器費	制御装置の購入費	3,000
	凍結防止剤散布車両の改修費	1,000
	機器取付・設定作業費	1,000
SI費	地図や緯度経度変換表作成費	1,000
	ソフトウェア改修費	1,000
	サーバ設定・運用費	1,000
	合計	8,000

表-4　旭川道路事務所の稼働時間

令和4年		令和5年			合計
11月	12月	1月	2月	3月	
28:20	118:20	148:40	136:10	72:40	504:10

表-5　凍結防止剤散布車1年間の労務費

職種		労務単価	稼働時間	時間	直接人件費
運転手	一般運転手	21,500 ¥	504.2 /	8 =	1,355,038 円
オペレーター	普通作業員	20,900 ¥	504.2 /	8 =	1,317,223 円
				合計	2,672,260 円

参考文献

1) 国土交通省北海道開発局：i-Construction、i-Snow、Webサイト.（令和7年3月31日閲覧）
https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm.html

2) 国土交通省北海道開発局：令和6年度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<第15回>、2024年10月30日、Webサイト.（令和7年3月31日閲覧）
https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000010dmm-att/slo5pa000001md5x.pdf

3) 大廣智則、齊田光、村上健志、畠山乃：実道におけるワンマン作業形態での凍結防止剤散布支援システムの実用性検証、寒地土木研究所月報、No.830、pp.80-84、2022.4.

4) 大廣智則、齊田光、村上健志、伊東靖彦：凍結防止剤散布支援システムの試行運用による効果検証、寒地土木研究所月報、No.839、pp.2-10、2023.1.

RESEARCH TOWARD THE PRACTICAL APPLICATION OF AN ANTI-ICER SPREADING SUPPORT SYSTEM FOR THE ONE-PERSON OPERATION OF SPREADING VEHICLES

Research Period: FY2022-2024
Research Team: Traffic Engineering Research Team, Winter Road Research Group
Author: NAKAMURA Hiroshi
HATAKEYAMA Osamu
OHIRO Tomonori
MATSUSHIMA Tetsuro
MURAKAMI Takeshi
SAIDA Akira
OKUMURA Kota

Abstract: In Hokkaido, a region that experiences significant snowfall and cold temperatures, anti-icing agents such as sodium chloride are spread on the road to prevent freezing. Anti-icer spreading vehicles are operated by a two-person crew of a driver and an operator. However, there is an increasing demand to transition to single-person operation (hereinafter: “one-person operation”).

This study details the following: (1) the development of technology aimed at enabling the one-person operation of vehicles that spread anti-icing agents, and (2) an evaluation of the effectiveness of anti-icer application facilitated by the Anti-icer Spreading Support System (AIS3). The AIS3 was developed as part of this research and was trialed with ten units deployed across the Development and Construction Departments of the Hokkaido Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

Keywords: Anti-icing agent, automatic spreading, realization of one-person operation