

7.6 雪氷処理の迅速化に関する技術開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 20～平 22

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：牧野正敏、佐々木憲弘、大上哲也、
石川真大、中村隆一

【要旨】

北海道における国道の除雪延長は年々増加しているが、除雪事業費は道路予算の縮減により、減少傾向にある。一方で冬期道路利用者は、常に良好な路面管理、異常気象時における迅速な除雪作業を求めている。そのため、現有する除雪機械を有効に活用し、効率的・効果的な除雪作業の実施を支援するためのシステムが必要である。

本研究は、雪氷処理作業の迅速化に資するため、基幹システム（除雪機械の動態を GPS により把握可能な除雪機械等情報管理システム）をベースに、除雪機械の弾力的な運用支援を可能とする除雪機械マネジメントシステムを構築し、道路維持管理業務のより一層の効率化、高度化を目指すものである。

平成 21 年度は、ユーザーニーズに即した除雪機械マネジメント機能の改良を実施した。また、除雪作業速度の分析による除雪計画支援手法を検討した。

キーワード：除雪機械、マネジメントシステム、GPS、運用支援、除雪計画

1. はじめに

北海道は、都道府県の中で最も広い約 83,456 km² の面積を有しており、日本の総面積の約 22% を占める。¹⁾ また都市間の平均距離は約 140 km ある、広域分散型の積雪寒冷地域である。

北海道の国道を管理する北海道開発局は、1,026 台の除雪機械を用いて、一般国道約 6,580km の除雪を行っている（平成 21 年度）。北海道における国道の除雪延長は年々増加しているが、除雪事業費は道路予算の縮減により、減少傾向にある。一方で冬期道路利用者は、常に良好な路面管理、異常気象時における迅速な除雪作業を求めている。そのため、現有する除雪機械を有効に活用し、効率的・効果的な除雪作業の実施を支援するためのシステムが必要である。

そこで北海道開発局では、GPS により除雪機械の動態を把握可能な基幹システムを平成 17 年度に導入した。このシステムにより、地図上でのリアルタイムな除雪進捗状況の把握や、過去の作業履歴確認が可能となる。また、効率的な除雪作業の実施、日々の施工結果の確認等、道路維持管理業務の様々な場面において、高度化、効率化が期待されている。

本研究では、この基幹システムをベースに、様々な道路管理データ（気象観測、通行規制、道路カメラ画像等）を相互連携させ、除雪機械のマネジメント及び弾力的な

運用支援が可能なシステムを開発することで、道路維持管理業務のより一層の効率化、高度化を目指している。

2. 研究実施内容

迅速かつ効率的な除雪作業を行うため、本研究では下記の技術開発に取り組んでいる。

- (1) 除雪機械マネジメントシステム（運用支援システム）の開発
- (2) 除雪情報提供システムの開発
- (3) 冬期道路積雪状況計測技術（運搬除雪雪量計測システム）の開発

平成 21 年度は、平成 20 年度に実施したシステム利用に関するアンケート調査を基に、除雪機械マネジメントシステムの改良を実施した。また、除雪機械の作業速度の分析による除雪計画支援手法を検討した。運搬除雪の施工管理を行うための雪量計測システムについては、実際の運搬除雪工事現場において雪量計測試験を実施した。

3. 基幹システムの概要

除雪機械には GPS アンテナ及び作業センサが設置され、除雪機械の位置及び作業情報をリアルタイムに収集・送信する。基幹システムは、除雪機械から送られてくる位置・作業情報を収集管理し、リアルタイムな除雪進捗状況の確認や、過去の詳細な除雪作業履歴の確認を

行うことが可能である。

基幹システムの全体構成図を図-1に示す。また、基幹システムの基本機能である「除雪機械位置の確認」、「作業履歴の確認」を図-2に示す。

データの収集・送信を行う車載器は札幌・網走開発建設部管内の除雪機械、全道の凍結防止剤散布車（散布装置付除雪トラック含む）に取り付けられており、平成21年度末現在で369台の除雪作業状況が確認できる。また平成20年度は札幌・網走開発建設部管内の除雪工事請負業者、平成21年度からは全道の除雪工事請負業者に対してインターネットによるシステム提供を実施した。

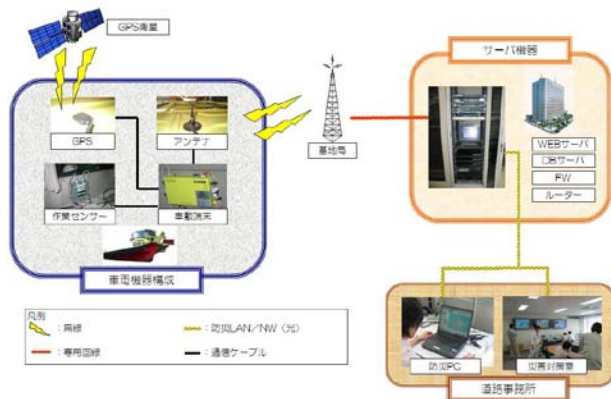


図-1 基幹システム全体構成



図-2 除雪機械位置の確認・作業履歴の確認

4. 除雪機械マネジメントシステムの基本構想

基幹システムで入手した除雪機械の位置・作業情報と、道路管理データ（気象観測、通行規制、道路カメラ画像等）を連携させ、道路管理における除雪マネジメントが可能な機能の設計、開発、導入について検討を行った。除雪マネジメントとは、除雪計画の策定（Plan）、計画の実施（Do）、評価（Check）、処置（Action）といった「PDCA」サイクルを実現させ、道路維持管理業務の効率化及びサービスレベルの継続的な向上を図ることを指す。ここでは、除雪機械マネジメントシステムの基本構想である5つの支援機能について説明する。^{2) 3) 4)}

4. 1 除雪計画支援

除雪工区の見直しや除雪機械の適正配置の検討には、過去の膨大な稼働データや気象データ等の整理に多くの時間を要する。本システムで蓄積した除雪機械の稼働情報や気象データをデータベース化することで、必要な分析が容易となり、除雪計画を効率的・効果的に行うことが可能となる。

4. 2 出動判断支援

除雪作業は、通勤通学前に終了することを目標としており、除雪機械の出動判断は担当者の経験により決定されている。本システムで蓄積した除雪機械の稼働情報や気象データを分析し、現在の気象情報から判断した出動タイミングをガイダンスすることで、経験が少ない監督職員、除雪工事請負業者でも効率的な待機・出動判断が可能となる。

4. 3 ダイナミック工区シフト支援

除雪作業は、通常割り当てられた担当工区内のみ実施されるため、局所的な大雪など異常気象時には隣接工区間で除雪終了時刻に大幅な差異が生じ、路線全体では除雪の遅延が生じることがある。

本システムにより、隣接した工区の除雪進捗状況をリアルタイムに確認し、それぞれの工区における除雪終了時刻をシミュレーションする。除雪の応援が可能であれば、工区境（除雪機械の転回場所）をシフトすることで、路線全体の除雪時間の短縮を図ることが可能となる。

4. 4 豪雪災害対応支援

豪雪災害時の除雪機械の位置や作業進捗状況の把握は、無線や携帯電話による通信手段を用いているため、状況把握や指示に時間を要している。

本システムにより、応援可能な機械や作業進捗状況をリアルタイムに確認し、出動指示を行うことで、情報の共有化による迅速な災害対応が可能となる。また、時系列データの自動作成を行うことで、対応結果の効率的な確認・整理が可能となる。

4. 5 散布日報（散布箇所・散布量）作成支援

凍結防止剤・防滑材の散布は、気象条件、路面状況により、適切な散布剤（材）を用い、適正な散布量で実施される必要がある。これらを管理する散布日報は、決められた様式に手作業で記入しなければならず、請負業者の大きな負担となっている。

本システムにより、散布車の操作パネルの設定情報と位置情報を自動で収集し、地図上に散布箇所及び散布量を表示することで、詳細な散布情報の確認や効率的な散布日報作成支援が可能となる。

5. 除雪機械マネジメントシステムの開発

除雪機械マネジメントシステムの基本構想に基づき、平成20年度は「ダイナミック工区シフト支援」「散布日報作成支援」について、システムの開発、試行を実施し、システムユーザである北海道開発局職員及び除雪工事請負業者の意見をとりまとめた。

平成21年度は、上記調査結果に基づき、システムの改良及び機能追加を実施した。

5.1 システムに対する改善要望

平成20年度、システムの利用状況及びシステムに関する改善点等を調査するため、札幌・網走開発建設部管内の北海道開発局職員及び除雪工事請負業者を対象にアンケート調査を実施し、58名から回答を得た。また、網走管内の各道路事務所職員、各除雪工事請負業者に対して、システムに対する要望事項等のヒアリング調査を実施した。

アンケート調査及びヒアリング調査の結果、システム全般に関する事項として、システムの動きの遅さに関する改善要望が多く出された。通信回線等ユーザの利用環境にもよるが、システムの使いやすさを向上させるためには、表示速度の改善が必要である。

また、付加機能として気象情報観測、通行規制情報、道路カメラ画像情報等の関連情報の表示に関する要望が多く出された。これは、除雪機械の位置・作業情報と併せて、現地の状況を把握する必要性が高いということである。

平成20年度に開発した「ダイナミック工区シフト支援システム」については、下記の問題点が確認された。

- ・除雪機械が、あらかじめ登録した除雪予定ルートから外れると、シミュレーションができない。
- ・作業ルート（実績・予想）や到着予想時刻が表示されるまでに時間がかかりすぎる。
- ・応援する機械、応援される機械を一対で指定しなければ、終了予想時刻を算出できない。

上記の問題点を解消するためには、除雪機械の進捗状況の把握や予想時刻シミュレーションを、煩雑な操作をせず、直感的に行えるシステムが必要である。

5.2 システム表示速度の改善

システム表示速度の改善を図るため、各機能の処理方法及び表示方法について、高速化の検討を行った。

5.2.1 地図表示の高速化

現行のシステムでは、画像サイズが7段階の地図ファイルが整備され、ユーザから要求があった縮尺・範囲に

応じた地図ファイルを抽出・配信している。しかし、広範囲の縮尺に対応するためには高解像度の地図ファイルが必要となり、ユーザの通信環境やPCスペックによっては地図ファイルの受信・表示に時間がかかることがあった。

地図表示の高速化を図るため、地図ファイルを細分化（10段階）し、それぞれの地図ファイルの容量低減を行った。地図ファイルの細分化の内容を図-3に、容量低減を行った地図データの一例を図-4に示す。

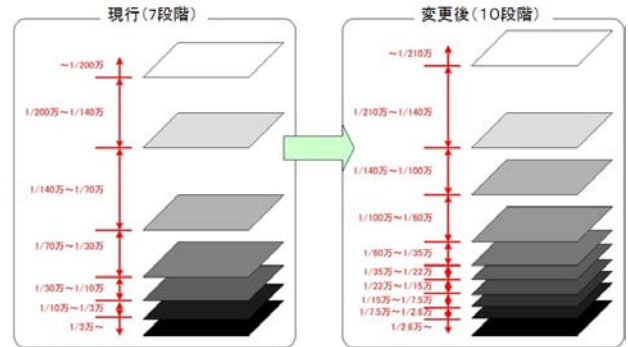


図-3 地図ファイルの細分化



図-4 容量低減を行った地図データの例

地図データの細分化、容量低減による表示速度の向上効果を検証するために、地図表示時間の測定を行った。測定結果を表-1に示す。測定の結果、どのパターンでも表示に要する時間が短縮できており、地図の細分化、容量低減による効果を確認できた。

表-1 地図表示時間の測定結果

測定パターン	利用地図	平均表示時間(秒)	時間短縮率(変更後/現行)
全道地図→ 札幌開発建設部	現行	4.86	0.75
	変更後	3.65	
札幌開発建設部→ 1/400,000	現行	3.81	0.85
	変更後	3.23	
1/1,500,000→ 網走開発建設部	現行	3.33	0.83
	変更後	2.75	
地図移動 1/1,000,000	現行	5.03	0.53
	変更後	2.65	
地図移動 1/100,000	現行	2.82	0.72
	変更後	2.04	

測定日 : 2009/11/25
測定場所 : 寒地土木研究所
PC環境 : Intel Core™ 2 Duo 2.93GHz 1.96GB RAM

5. 2. 2 DBMS の改良

基幹システムはDBMS（データベース管理システム）としてオープンソースであるPostgreSQLを使用している。PostgreSQLはバージョンが上がる度にデータの検索、参照、更新の処理性能の向上が図られている。そこで、現時点で処理性能が最も高いDBMSへアップグレードを行った。

アップグレードによる検索速度の効果を表-2に示す。どの測定パターンにおいても大幅な速度向上が確認できた。

表-2 DBMS 検索速度の測定結果

測定パターン	DBMSバージョン	検索時間 (ms)	時間短縮率 (変更後/現行)
2009/01/01 03:00:00時点で作業を行っていた機械の部分情報を、車両管理番号・作業日時の順で抽出	8.1(現行)	174704	0.21
	8.3(変更後)	36952	
作業全体情報から、機械種別毎に2008年の作業件数と総作業時間を集計	8.1(現行)	255	0.48
	8.3(変更後)	123	
作業全体情報内で、最大最小の緯度経度を取得	8.1(現行)	100163	0.09
	8.3(変更後)	8699	

測定日 : 2010/03/01
測定場所: 北海道開発局外部サーバー

5. 3 気象観測・道路カメラ画像の表示

リアルタイムな除雪機械の位置・作業情報と併せて、現地の気象情報、カメラ画像をシステム画面上に表示させることにより、除雪作業がどのような気象状況・路面状況で行われているのか把握可能となる。そこで、道路テレメータ情報、道路カメラ情報をシステム画面上に表示する方法の検討を行った。

検討の結果、北海道開発局で提供している「北海道地区道路情報」へリンクを行うことで対応することとした(図-5)。

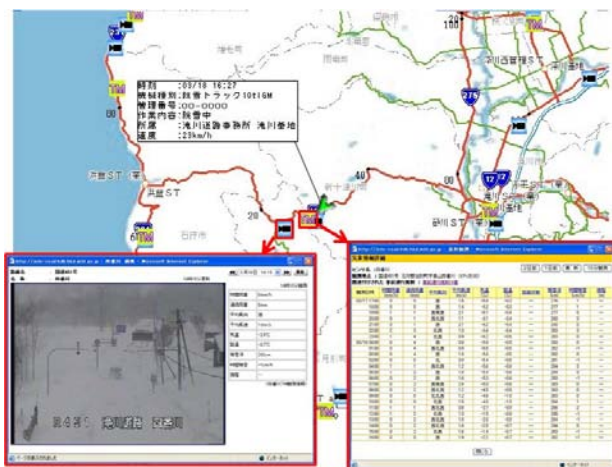


図-5 気象観測・道路カメラの表示例

リンク方法は、除雪機械マネジメントシステムの「除雪機械位置の確認」画面の地図上に、道路テレメータ・道路カメラのアイコンを表示する。アイコンをクリックすることで「北海道地区道路情報」の気象詳細情報および道路画像情報がポップアップ表示する。

監督職員は、除雪作業を実施している現場状況が把握可能となり、除雪作業の妥当性や、除雪作業の進捗が遅れている要因等を確認することができる。

5. 4 除雪作業状況確認システムの開発

平成20年度は、除雪機械のリアルタイムな位置・作業情報を活用し、監督職員及び隣接した工区の除雪工事請負業者が、互いの工区の除雪進捗状況を把握できることを確認した。また、臨機に工区境をシフトして遅れている工区の応援を行うことで除雪全体の作業効率を改善できる可能性があることがわかった。

しかし、工区シフトの実施を支援する「ダイナミック工区シフト支援システム」については、前述の5.1のとおり、使い勝手における問題点が指摘されていた。

そこで、除雪進捗情報の共有と、ユーザが指定した地点における除雪機械到着予想時刻の提供に特化した、除雪作業状況確認システムの開発を行った。

除雪作業状況確認システムに求められる、機能、表示情報項目、操作性、見やすさ等について検討を行い、必要な要件を以下のとおり整理した。

(1)表示内容

- ・地図の縮尺は固定とする。ただし、札幌市内は拡大表示を可能とする。
- ・最新の除雪機械の位置には作業種別毎に色分けした矢印アイコンを表示する。
- ・作業開始から現在までの作業軌跡として、作業種別毎に色分けした丸アイコンを表示する。
- ・矢印アイコン、丸アイコンの表示位置は、除雪機械の道路進行方向に対して左側に表示する。
- ・矢印アイコン、丸アイコンをマウスオーバーした場合、日時、機械種別、管理番号を旗揚げ表示する。

(2)必要機能

- ・ユーザが指定した作業内容（除雪中・散布中）の除雪作業実績を抽出し、地図上に表示する。
- ・除雪機械が、現在位置からユーザが指定する到着予定地点まで移動した場合の到着予想時刻を算出し、画面上に表示する。

以上の要件に基づき、システムの開発を行った。開発したシステム画面を図-6、図-7に示す。



図-6 除雪作業状況確認システム

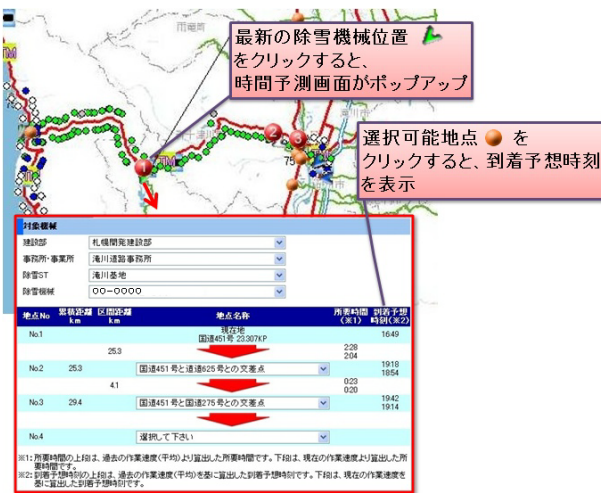


図-7 到着予想時刻の表示画面

このシステムにより、監督職員は除雪作業の進捗状況の把握が容易になり、工区境の臨機なシフト（ダイナミック工区シフト）や、除雪機械の他工区への柔軟な応援を支援することが可能である。また、今後の除雪ルートがユーザが指定することにより、除雪終了予想時刻がシミュレーションできるので、除雪終了予想時刻に基づいた工区シフト判断を行うことが可能になる。

5. 5 携帯電話による除雪作業情報の提供

除雪機械マネジメントシステムの除雪作業情報は、平成 20 年度冬期よりインターネットを介して道路管理者及び除雪工事請負業者へ提供している。しかし、除雪工事の現場代理人は、除雪作業中は現場に出ることが多く、PCで情報を確認できないことがある。そのため、現場においても必要な除雪作業情報の取得を可能とする携帯電話用 WEB サイトの必要性が要望としてあげられていた。そのようなニーズに対応するため、携帯電話でも表示可能な WEB サイトの開発を行った。

携帯電話用 WEB サイトに求められる、機能、表示情報項目、操作性、見やすさ等について検討を行い、必要な要件を以下のとおり整理した。

(1)機能

- 情報の表示単位はステーション単位とし、初期表示はユーザの管轄ステーションに所属する除雪機械の位置・作業情報を一覧表示する。
- 近隣ステーションの除雪機械の位置・作業情報も参照できるようにするため、表示する管轄ステーションを変更可能とする。
- 現在稼働中の除雪機械については、作業履歴を確認できるようにする。

(2)表示項目

- 表示速度を優先させるため、文字情報のみの提供とする。
- 除雪機械の作業情報として以下の情報を表示する。機械種別、規格、管理番号、路線、現旧新道、キロポスト、作業内容
- 除雪機械の稼働履歴として以下の情報を表示する。日時、作業内容、路線、キロポスト

以上の要件に基づき、WEB サイトの開発を行った。開発した WEB サイト画面を図-8 に示す。

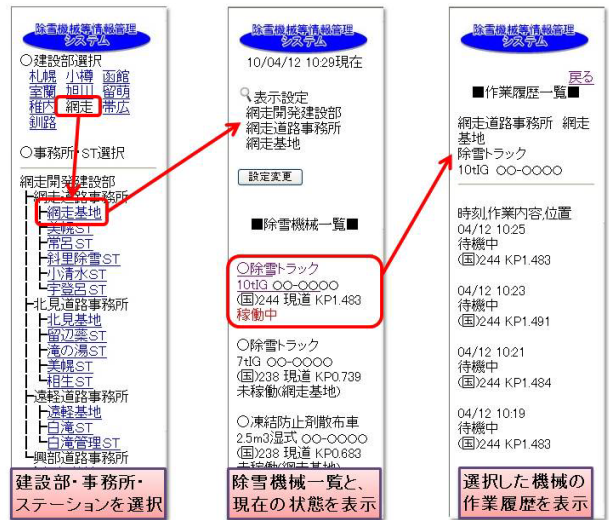


図-8 携帯電話用 WEB サイト表示画面

この WEB サイトにより、監督職員や除雪工事請負業者の現場代理人が現場にいても、自工区及び隣接工区の除雪機械の作業状況が確認可能となる。そのため工区境の除雪タイミングを両者で合わせるなど、除雪作業の臨機で効率的な運用に寄与できるものとする。

6. 基準除雪速度による除雪機械配置マネジメント

除雪のための機械配置計画は、これまで培った経験と

知識により策定してきたが、説明責任を強化し、より効率的な機械配置計画を策定するためには、除雪機械配置に関するマネジメント手法の確立が必要である。⁵⁾

6.1 現状整理

配置計画とは、管理水準を満たすための除雪機械の必要台数を算定することであり、これを概念式で表すと「配置計画＝管理水準／除雪性能＝管理水準／（機械性能×現場条件）」となる。このことから、効率的な配置計画を策定するためには、管理水準を前提に、この除雪性能を明確にすることが必要である。なお、除雪性能は新雪除雪の場合、除雪速度に置き換えることができる。

除雪速度は各種文献には記載されているものの、その速度は文献毎に異なっており、しかも現場条件に関わらず一律の除雪速度が記載されているのが現状である。

また、実際に北海道開発局が保有する新雪除雪機械の除雪速度を施工記録装置により調査した結果、工区間で5倍以上の差異があることが判明（表-3）したが、この速度差の原因が、地域・路線特性の違いなのか、除雪請負会社の創意工夫・除雪機械オペレータの熟練度の違いなのか判断はできない。

表-3 工区別平均除雪速度（札幌開発建設部）

地区	工区	実除雪速度 (km/h)	
札幌	札幌A	8.00	
	札幌B	5.39	
	札幌C	8.78	
	札幌D	11.77	
	札幌E	14.02	
	札幌F	12.19	
	札幌G	18.83	
	札幌H	8.49	
	札幌I	18.67	
	札幌J	15.28	
	札幌K	15.28	
	札幌L	17.32	
	札幌M	7.06	
	札幌N	7.51	
	札幌O	9.07	
	札幌P	8.40	
札幌Q	8.08		
岩見沢	岩見沢A	18.15	
	岩見沢B	14.03	
	岩見沢C	18.12	
	岩見沢D	22.53	
	岩見沢E	22.95	
	岩見沢F	21.19	
	岩見沢G	11.32	
	岩見沢H	12.95	
	岩見沢I	8.33	
	滝川	滝川A	10.45
		滝川B	17.89
滝川C		20.61	
滝川D		19.64	
滝川E		22.08	
滝川F		18.61	
滝川G		18.07	
滝川H		10.48	
滝川I	17.62		
深川	深川A	16.57	
	深川B	22.13	
	深川C	17.77	
	深川D	21.44	
	深川E	21.58	
	深川F	21.11	
	深川G	22.37	
千歳	千歳A	7.90	
	千歳B	11.72	
	千歳C	24.08	
	千歳D	17.70	
	千歳E	7.03	
	千歳F	17.14	

*平成20年度データによる

6.2 除雪機械配置マネジメント方針

効率的な除雪機械配置を計画する上で、必要かつ未だ

一定の整理がされていない除雪速度に注目し、地域・路線特性に応じた基準除雪速度を算定することを方針とした。

具体的には、各工区の平均除雪速度が異なる原因を明らかにするため、除雪速度に影響を与える現場条件の要因（地域・路線特性）を抽出し、さらに分析検証を行い、それを地域・路線特性として配置計画に反映させるための手法として、基準除雪速度の算定式を策定することとした。

なお、検討は様々な地域・路線特性を網羅するため、北海道開発局が管理する全工区（226工区）を対象とし、除雪機械の中でも一番台数が多く、機械配置の基本となる新雪除雪機械の除雪速度について検討を行った。

6.3 実施内容

6.3.1 除雪速度影響要因の抽出及び整理

地域・路線特性を把握するため、想定される各種影響要因について、各工区毎に定量的に整理を行った。

除雪速度の低下は様々な影響要因が想定されるため、「気象条件」「道路構造」「道路付帯施設」「道路規格」「作業条件」「沿道条件」「交通条件」「関係施設」に分類し、分類毎に各要因を想定（気象条件の場合は、雪質・降雪・積雪深・風速・路面状態）した。

次に、想定した各要因のうち、全道の各工区毎のデータが抽出可能な約80項目について、過去3年分（気象データは10年分）を整理した。なお、整理にあたっては今後の作業継続性を鑑みデータベース化するとともに、各種影響要因の入力仕様書を作成した。

6.3.2 除雪速度影響要因と除雪速度の相関性分析

各種影響要因がどの程度除雪速度に影響するのか相関性を検証するため、抽出した影響要因と除雪速度を分析し、除雪速度に対する地域・路線特性の影響度合いを数値化した。

分析には、対数線形モデルの重回帰分析（式-1）を活用した。重回帰分析は複数の変量のうち1つの目的変量（除雪速度）に注目し、その変量がほかの説明変量（除雪速度への各種影響要因）によって、どのように変化するかを分析する手法であり、除雪速度のように複数の要因が絡み合う際の分析に適している。

■基準除雪速度モデル式（対数線形モデル）

$$y = \exp \left[\sum_i^n a_i x_i + b \right] \dots \text{式-1}$$

具体的には、各種影響要因を分析し、除雪速度への相

関性が極端に弱い要因及び影響要因相互の相関性が強い要因を除外することなどにより、活用する影響要因を整理し最適モデルを推定した。

6.3.3 分析結果

分析の結果、除雪速度のマイナス要因として「雪質(乾き雪)」「降雪強度(時間降雪)」「累計降雪深」「4車線以上の延長」「排水性舗装」「防護柵が無い歩道の延長」「歩道延長」「交差点数」「バス停留施設数」「折り返し地点数」「平日12時間大型車混入率」、プラス要因として「アスファルト舗装」「平地部延長」「山間部延長」を選定した。

このモデルの決定係数(調整済み)は0.674となり、一般的に強い相関関係があるとされる $R^2 > 0.49$ を大幅に超える結果となったことから、基準除雪速度の算定式として、十分な精度を確保していると評価できる(表-4)。

表-4 分析結果

重相関係数 (R)	決定係数 (R ²)	調整済み R ²	指定値の標準誤差
0.825	0.680	0.674	0.198

分析結果により策定した、北海道開発局が管理する国道の基準除雪速度の算定式を式-2に示す。

$$y = \exp(-0.0905x_1 - 0.1261x_2 - 1.13E-05x_3 - 0.4788x_4 + 0.1109x_5 - 0.1084x_6 - 0.2677x_7 - 0.1083x_8 - 19.50x_9 - 0.0436x_{10} - 649.2x_{11} + 0.1357x_{12} + 0.1595x_{13} - 0.000480x_{14} + 3.396) \quad \dots \text{式-2}$$

- y : 基準除雪速度
- x₁ : 雪質(乾き雪)
- x₂ : 降雪強度(時間降雪)
- x₃ : 累計降雪深
- x₄ : 4車線以上の延長
- x₅ : アスファルト舗装
- x₆ : 排水性舗装
- x₇ : 防護柵が無い歩道の延長
- x₈ : 歩道延長
- x₉ : 交差点数
- x₁₀ : バス停留施設数
- x₁₁ : 折り返し地点数
- x₁₂ : 平地部延長
- x₁₃ : 山間部延長
- x₁₄ : 平日12時間大型車混入率

6.3.4 基準除雪速度と実際除雪速度の比較

分析結果の妥当性を検証するため、分析結果により算定した基準除雪速度と、施工記録装置により調査した実際除雪速度の比較を行った(表-5)。

この結果、概ねの工区で速度は整合していたが、一部の工区では乖離が生じていた。

表-5 基準除雪速度と実際除雪速度の比較(参考値)
(札幌開発建設部)

地区	工区	実際除雪速度	基準除雪速度	差	割合	平均割合 (%)
		(km/h) A	(km/h) B	(km/h) B-A	(%) A/B	
札幌	札幌A	6.00	6.98	-0.98	86%	95%
	札幌B	5.39	6.61	-1.22	82%	
	札幌C	8.78	7.75	1.03	113%	
	札幌D	11.77	9.93	1.84	119%	
	札幌E	14.02	15.68	-1.66	89%	
	札幌F	12.19	12.90	-0.71	94%	
	札幌G	19.83	20.02	-0.19	99%	
	札幌H	8.49	11.74	-3.25	72%	
	札幌I	19.67	19.51	0.16	101%	
	札幌J	15.28	16.33	-1.05	94%	
	札幌K	15.28	17.88	-2.60	85%	
	札幌L	17.32	23.80	-6.28	73%	
	札幌M	7.06	6.85	0.21	103%	
	札幌N	7.51	10.06	-2.55	75%	
岩見沢	岩見沢A	18.15	14.11	4.04	129%	103%
	岩見沢B	14.03	11.15	2.88	126%	
	岩見沢C	18.12	19.75	-1.63	92%	
	岩見沢D	22.53	22.36	0.17	101%	
	岩見沢E	22.95	20.86	2.09	110%	
	岩見沢F	27.19	26.58	0.61	102%	
	岩見沢G	11.32	10.46	0.86	108%	
	岩見沢H	12.95	15.98	-3.03	81%	
滝川	滝川A	10.45	12.72	-2.27	82%	96%
	滝川B	17.89	16.72	1.17	107%	
	滝川C	20.61	21.07	-0.46	98%	
	滝川D	19.64	21.94	-2.30	90%	
	滝川E	22.08	23.82	-1.74	93%	
	滝川F	18.61	25.21	-6.60	74%	
	滝川G	16.07	18.48	-2.41	87%	
	滝川H	10.46	9.10	1.36	115%	
深川	深川A	17.62	14.48	3.14	122%	105%
	深川B	16.57	17.06	-0.49	97%	
	深川C	22.13	19.30	2.83	115%	
	深川D	17.77	16.98	0.79	105%	
	深川E	21.44	21.04	0.40	102%	
	深川F	21.58	20.22	1.36	107%	
	深川G	21.11	21.81	-0.70	97%	
千歳	千歳A	22.37	19.43	2.94	115%	80%
	千歳B	7.90	12.30	-4.40	64%	
	千歳C	11.72	17.90	-6.18	65%	
	千歳D	24.08	23.92	0.16	101%	
	千歳E	17.70	19.98	-2.28	89%	
	千歳F	7.03	10.63	-3.60	66%	

6.3.5 除雪機械マネジメントシステムとの比較

除雪機械マネジメントシステムにより得られる実際の除雪情報(位置、速度)との比較検証を、一部の工区及び区間において行った。

その結果、基準除雪速度と実際除雪速度が乖離していた工区で、除雪車が計画と異なる範囲での除雪実績があったことが確認できた。さらに、特定の区間を抽出して調査した結果、選定した除雪速度影響要因のうちプラス要

因が多い区間では実際に除雪速度は速く、マイナス要因が多い区間では除雪速度が遅いなど、分析結果と同様の傾向が確認できた。このことから分析結果は妥当であると判断できる。

7. 運搬除雪の施工管理を行うための雪量計測システム

積雪寒冷地では、路側の雪堤が成長すると、交通障害等の原因となるため、この雪を排除して車道幅員を広くし、次の降雪時の堆雪スペースを確保するために運搬除雪作業が行われる。

この運搬除雪作業の施工管理は現在、人力作業にて行われている。そこで、これを自動化し、効率性、正確性を改善することを目的に、レーザスキャナを用いた雪量計測システムを試作した。

このシステムは、2 台のレーザスキャナでロータリ除雪車のオーガ前方、掻き込まれる前の雪堤断面形状を計測し、ロータリ除雪車の進んだ距離から雪量（雪堤体積）を算出するものであり、様々な断面形状を死角無く計測することができる。

平成 21 年度はこの雪量計測システムを用いて、実際の運搬除雪作業現場にて適応試験を行った（図-9、図-10）。

この結果、計測自体には大きな問題は無かったが、精度については、ダンプトラックに積み込まれた雪量と比較した場合、20～30%多くなるケースが確認された。これは、路肩や歩道上に高く積み上げられた雪をタイヤショベル等で一旦掻き出すため、雪堤が塊状となり、レーザスキャナビームの陰になる部分で誤差が発生していたためと思われる。また、スキャナ取付時の調整が難しく、設定に時間がかかるため、対策が必要であることがわかった。



図-9 運搬除雪作業現場での適応試験

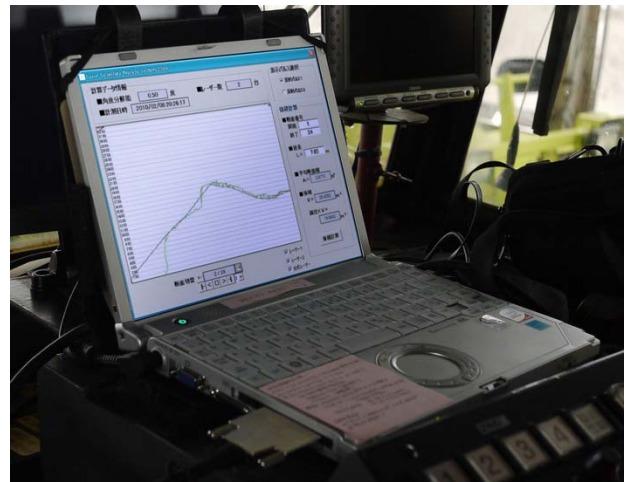


図-10 計測画面の例

8. まとめ

本研究は、冬期道路利用者の旅行速度確保及び異常気象時における迅速な雪氷処理作業の対応を目的に、除雪機械のリアルタイム位置・作業情報を収集・提供し、除雪機械のマネジメント及び弾力的運用を支援するシステムの構築を目指している。

平成 21 年度は、ユーザーニーズに基づき、除雪機械マネジメントシステムの改良及び機能追加を実施した。さらに、効率的な除雪機械配置計画の策定のため、地域・路線特性に応じた基準除雪速度の算定を行った。また、運搬除雪作業の施工管理の高度化のため、雪量計測システムの開発及び現場における適応試験を行った。

今後は、より効率的な除雪機械の運用支援を行うため、効果的なシステムの活用方法や、気象情報等とのさらなる連携を検討する。また、除雪計画支援のために策定した基準除雪速度算定式の精度及び妥当性を向上させ、有用性の確認を行う。運搬除雪雪量計測システムについては計測誤差の解消、スキャナ設定を容易にする手法について検討を行う。

参考文献

- 1) 北海道：北海道の概要、統計
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/overview/toukei.html>
- 2) 中村隆一・佐々木憲弘・小野寺敬太：除雪機械等情報管理システムの展望－除雪機械等管理運用マネジメントシステムの開発、建設施工と建設機械シンポジウム論文集、2008
- 3) 牧野正敏・佐々木憲弘・中村隆一・小野寺敬太：除雪機械等管理運用マネジメントシステムの開発、第 24 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集、2008
- 4) 牧野正敏・佐々木憲弘・中村隆一・小野寺敬太：除雪機械管

理運用マネジメントシステムの開発、第 21 回ゆきみらい研究発表会論文集、2009

5) 大上哲也・泉澤克文・小岩裕太：地域・路線特性を考慮した除雪機械配置に関するマネジメント手法の確立、国土交通省国土技術研究会、2008 年 10 月

TECHNICAL DEVELOPMENT FOR PROMPT SNOW AND ICE REMOVAL

Abstract : While the length of national highways on which snow removal is conducted in Hokkaido increases year by year, snow removal project costs show a decreasing tendency due to the reduction of the road management budget. Meanwhile, winter road users demand satisfactory road management at all times and prompt snow removal operations during abnormal weather conditions. It is therefore necessary to establish a system that uses existing snow removal machinery effectively, and support the implementation of efficient and effective snow removal operations.

To contribute to prompt snow and ice removal, this study aims to construct a management system that enables flexible operation of snow-removal machines based on a main system (an information management system that can monitor the operational status of snow-removal machines using GPS) in order to achieve further efficiency and sophistication of road maintenance and management operations. In FY 2009, the snow removal machine management system was improved in accordance with user needs. A method for supporting snow-removal planning based on the analysis of snow-removal speed was also examined.

Key words : snow-removal machinery, management system, GPS, operational support, snow-removal planning