

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、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、除雪費は道路維持管理に係る経常経費の縮減により、減少傾向にある。よって道路利用者の旅行速度確保などのニーズや異常気象時における迅速な雪氷処理作業の対応を行うためには、積雪状況等の変化や除雪状況をリアルタイムに把握し、迅速で効率的な除雪作業をマネジメントする必要がある。

本開発は、雪氷処理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を可能とする除雪機械等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20年度は除雪工区の弾力的な運用を行う「ダイナミック工区シフト支援」及び凍結防止剤散布車等の「散布日報（散布箇所・散布量）作成支援」を行うためのシステムを開発し、現場での試行運用を実施した。

キーワード：除雪機械、施工管理、GPS、運用支援

1. はじめに

北海道は、都道府県の中で最も広い約83,456km²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140kmある広域分散型の積雪寒冷地域である。

平成20年度における北海道開発局の除雪事業は、1,023台の除雪機械を用いて、一般国道約6,550kmの除雪を行っている。北海道における国道の除雪延長は年々増加しているが、除雪費は道路維持管理に係る経常経費の縮減により、減少傾向にある。よって道路利用者の旅行速度確保などのニーズに応じるためには除雪作業をマネジメントし、迅速かつ効率的な除雪作業を支援するシステムが必要である。

本研究では、除雪機械の動態をGPS及び各作業センサーにより把握・蓄積可能な基幹システムをベースに、様々な道路管理データ（注意報、警報等の気象予報データ及びテレメータ等）を相互連携させ、除雪機械の弾力的な運用支援を行う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

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

- (1) 除雪機械等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（雪量計測システム）の開発

平成20年度は除雪機械等マネジメントシステムの代表的なメニューである、除雪工区の弾力的な運用を行う「ダイナミック工区シフト支援」及び凍結防止剤散布車等の「散布日報（散布箇所・散布量）作成支援」を行うためのシステムを開発し、現場での試行運用を実施している。また、運搬除雪の施工管理を行うための雪量計測システムの開発を実施している。

3. 基幹システムの概要

円滑な冬期道路交通を確保する上で除雪機械は重要な役割を果たしているが、出動している除雪機械がどこでどのような作業を行っているか等、現地の詳細な作業状況をリアルタイムに把握する手段は存在していなかった。そこで、北海道開発局では、これら除雪機械の動態をGPSにより把握可能な、除雪機械等情報管理システム（基幹システム）を平成17年度に導入した。この基幹システムを導入することにより、今まで不可能であった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、豪雪災害対応等、様々な場面において道路の維持管理業務の高度化、効率化が期待されている。

基幹システムは、除雪機械から送られてくるリアルタイム位置・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を行うほか、データを蓄積することで除雪の施工結果の確認、災害発生時等に過去の状況等を迅速かつ的確に確認できる機能を有している。

各種情報を伝送する媒体は、北海道開発局で整備した光ファイバー網と無線LANを有効活用した通信方式を基本とし、民間通信媒体を併用することで路線全体をカバーしている。

基幹システムの全体機器構成を図-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」画面、「作業履歴の確認」画面を図-2、図-3に示す。

平性20年度末現在では、除雪機械256台（内、作業情報を取得可能な車載器112台）の稼働状況が基幹システムで把握できる。

4. 除雪機械等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（注意報、警報等の気象予報データ及びテレメータ等）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メニューの設計、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、道路管理業務の効率化及びサービスレベルの向上を図ることを指す。ここでは、除雪マネジメントの基本構想について紹介する。

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が、位置・作業情報と気象データを蓄積し、データベース化することで必要なデータが容易に検索可能となり、除雪計画をより効率的に作成することが可能となる。

4.2 出動判断支援

除雪機械の出動判断は、通勤通学前に除雪作業が終了することが目標とされており、その判断は現場の経験によるところが多い。蓄積した除雪機械の作業履歴情報と気象データのデータベースを活用し、現在の気象情報により出動タイミングをガイダンスすることで、経験が少

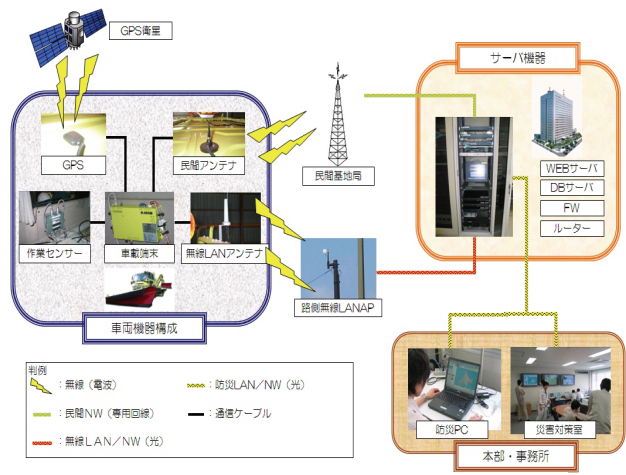


図-1 基幹システム全体機器構成



図-2 除雪機械位置の確認画面



図-3 作業履歴の確認画面

ない職員、現場代理人等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、通常担当工区内についてのみ行われ、かつ他工区の作業状況は把握不可能であるため、異常気象時等は隣接工区間の除雪格差が発生する場合がある。

これらを鑑み、局所的な大雪が発生し、隣接工区に応援が可能な場合は、あらかじめ決められたシフト箇所まで工区を変更することで、除雪に必要なトータル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、無線や電話等による通信手段を用いており、状況把握や指示に時間を要しているのが現状である。

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することや、出動指示等をシステムで行い、時系列データを自動作成することで、情報の共有化による迅速な災害対応や、対応結果の効率的な確認及び整理が可能となる。

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、路面状況等により適切な散布剤(材)を用い、道路利用者の安全性を確保した上で最小限の散布量に努める必要がある。これらを管理する散布日報は、あらかじめ決められた様式に手入力で散布車等の設定情報を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、散布車等の操作パネルの設定情報と位置情報を収集し、地図上に散布箇所及び散布量を機械毎に表示することで、散布情報の詳細な確認が可能になるほか、効率的な散布日報作成作業が可能となる。

5. 除雪機械等マネジメントシステムの開発・試験

除雪機械等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システム」「凍結防止剤散布情報提供システム」を開発し、除雪作業における試験を実施した。

5.1 ダイナミック工区シフト支援システム

5.1.1 ダイナミック工区シフト支援システムの開発

ダイナミック工区シフト支援システムは図-4に示すように、通常時の巡回場所（工区境）以外にあらかじめ複数の巡回可能地点を登録しておき、監督員等が指定する場所で除雪機械が巡回した場合、出発地点（除雪ST等）に何時に戻ってくるか「作業終了予想時刻」を提供するものである。監督員等はこの作業終了予想時刻によ

り、工区シフト実施の判断を行う。

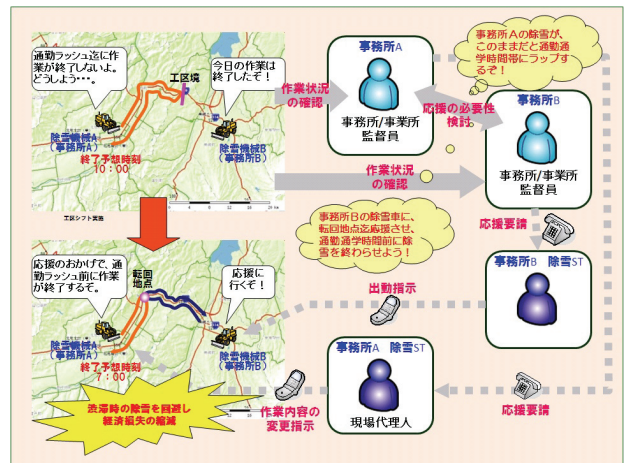


図-4 ダイナミック工区シフト構想図

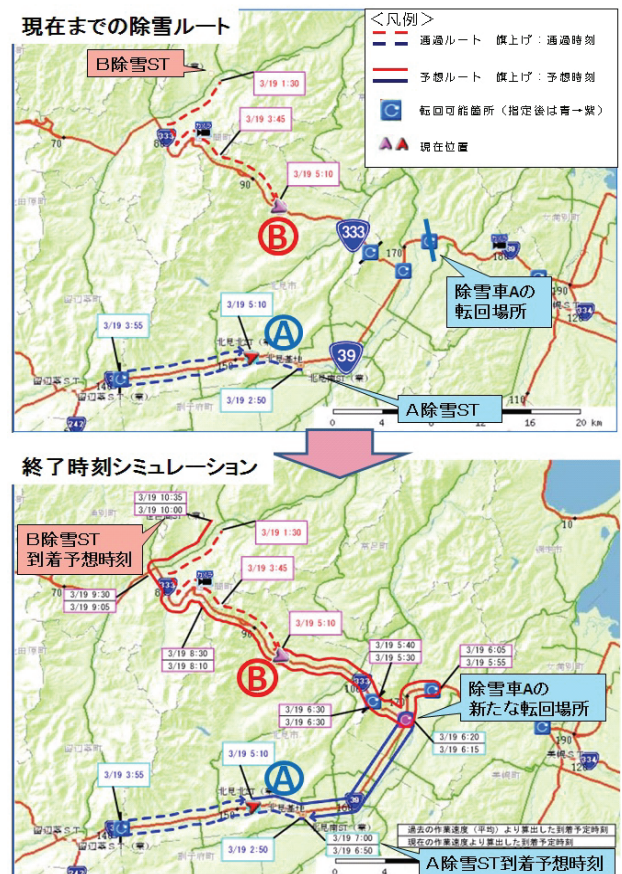


図-5 ダイナミック工区シフト画面

図-5は、実際に工区シフトを行うことを想定したシステム画面である。国道39号に除雪機械Aが、国道333号に除雪機械Bが除雪作業を行っている。仮に国道39号の除雪作業が遅れている場合、それぞれの除雪機械の除雪ルート及び通過時間を表示させ、さらに新たな巡回場所を指定し、シフト後の予想ルート及び作業終了時刻（除雪ST到着時刻）をシミュレーションすること

により、監督員は工区シフト実施の判断を行う。なお作業終了予想時刻は、通常時の使用を想定した過去の平均的な除雪速度から算出した時刻と、豪雪災害時や特定箇所の異常気象時の使用を想定した直近の平均除雪速度から算出した時刻の2種類の提供を行う。

5. 1. 2 ダイナミック工区シフトの試行

基幹システムの提供は北海道開発局職員に対し実施しており、網走開発建設部では平成19年度より基幹システムのリアルタイム除雪機械位置情報を用いた工区シフトの試行を行っている。平成20年度は札幌開発建設部、網走開発建設部の除雪工事請負業者に対してもシステム提供を実施した。

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、網走開発建設部が実施する工区シフト試行に合わせ、除雪作業終了予想時刻のシミュレーション試験を実施した。

平成21年2月28日に網走開発建設部網走道路事務所管内で実施した工区シフト位置図を図-6に示す。小清水工区が、隣接する女満別工区を支援する。支援路線は一般国道334号で、転回場所を明星北浜線まで約8kmシフトする(シフト区間①)。支援を受けた女満別工区は、網走工区の一部を支援する。支援路線は一般国道39号で、転回場所を道の駅(メルヘンの丘めまんべつ)まで約14kmシフトする(シフト区間②)。

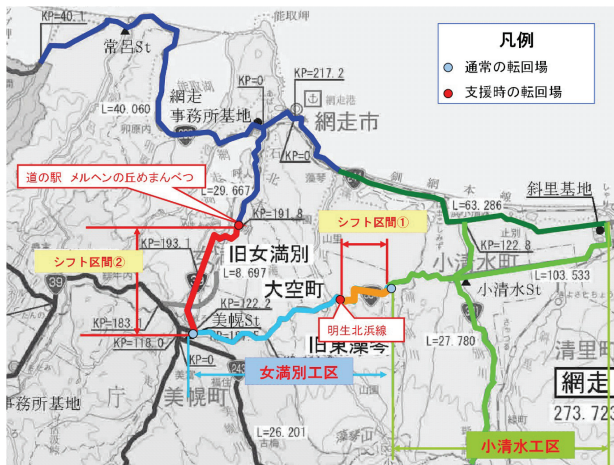


図-6 網走道路事務所管内工区シフト位置図

上記の工区シフト試行において、小清水工区の除雪トラック(20-2105)がシフト(女満別工区に応援)しなかった場合のシミュレーション結果を図-7に、シフトした場合のシミュレーション結果を図-8に示す。斜里STを4時に出勤してから現在(シフトシミュレーション実施時刻)までの作業ルートは点線で表示され、

転回場所を指定した後の予定ルートは実線で表示されている。各地点の予想時刻は、上段は過去1年間の平均作業速度(平均)より算出した到着予想時刻、下段は現在の作業速度より算出した到着予想時刻を提供している。システムで計算された到着予想時刻(図-8)と、実際のST到着時刻を比較してみると、過去の作業速度より算出した時刻が6時43分、現在の作業速度より算出した時刻が7時21分であったのに対し、実際の到着時刻は6時22分であり、終了時刻の目安としては概ね妥当といえる。

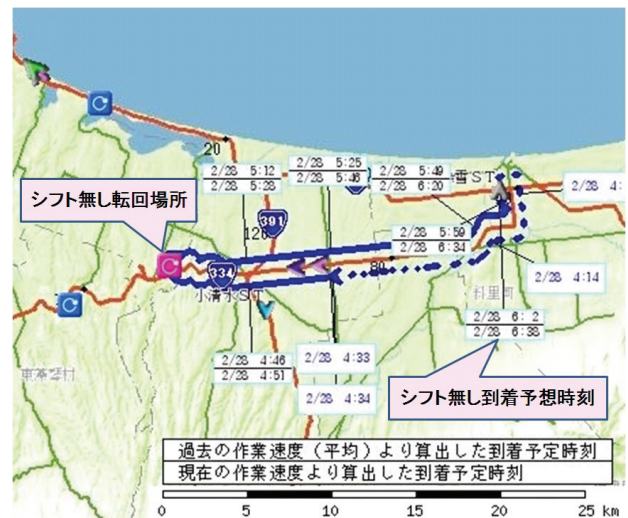


図-7 シフト無しシミュレーション(小清水工区)



図-8 シフト有りシミュレーション(小清水工区)

また、ダイナミック工区シフト支援システムの試験を行った結果、下記のような問題点があることがわかった。

- ・除雪機械があらかじめ登録した作業予定ルートから外れるとエラーが生じる。
- ・表示までに時間がかかりすぎる。
- ・応援する機械、応援される機械を対で指定しなければ

ならない。

上記問題点については、ユーザーニーズも考慮しながら改善の検討を行う予定である。

5.2 散布日報（散布箇所・散布量）作成支援システム

5.2.1 散布詳細情報

凍結防止剤を散布する際は、散布車の運転室に設けられた「操作パネル」にて、散布のON/OFF、散布剤の種類（砂類、塩類）、散布量（g/m²）、散布幅、散布方向、湿式割合を都度設定し、散布を行っている。これらのうち何れかの操作があった場合に、散布設定情報と位置情報を合わせてサーバに送信し処理することで、いつ、どこで、どれだけ散布したのか把握可能になる。また散布設定情報に走行距離情報を付加することで、日散布量の算出が可能となるほか、除雪工事請負業者が作成している散布日報に必要なデータ取得が可能となる。

平成20年度に開発した散布日報作成支援システムを使用し、実際の凍結防止剤散布車等から取得した散布情報データの提供画面を図-9～10に示す。

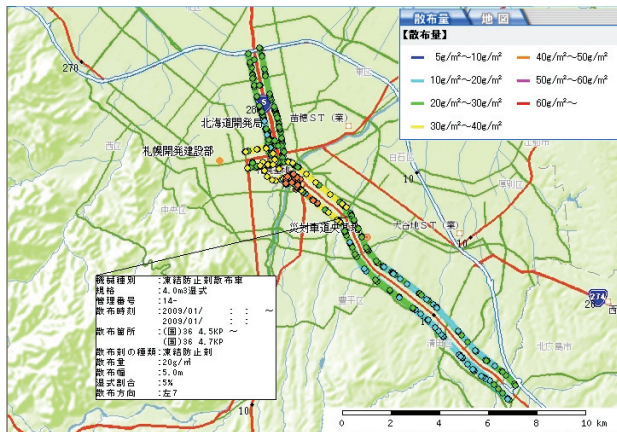


図-9 散布位置の表示例（連続散布）

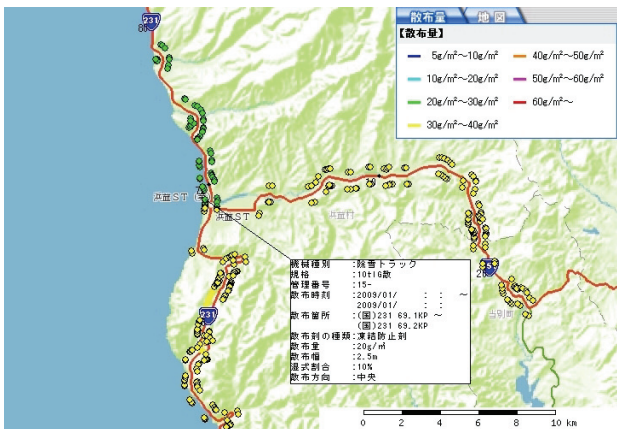


図-10 散布位置の表示例（スポット散布）

図-9は札幌道路事務所管内で散布作業を実施した凍結防止剤散布車から取得した散布位置情報である。散布

位置は道路の進行方向に対して左側にマークされ、○印は散布開始・終了地点、線がつながっている場所は連続して散布したことを意味している。設定散布量は凡例にあるように色分けして表示し、○印にカーソルを合わせるとその地点での散布時刻、位置（KP）、詳細な散布設定情報が表示される。

図-10は滝川道路事務所管内で散布作業を実施した散布装置付除雪トラックから取得した散布位置情報である。必要な箇所スポット散布を行っていることがシステム画面から読み取れる。

さらに、図-11に示す散布履歴情報一覧をダウンロードすることによって、詳細な散布情報をCSV形式で取得できるため、散布日報作成時に利用することが可能である。

散布履歴情報一覧

管轄: 札幌開発建設部 札幌道路事務所
 除雪機種: 凍結防止剤散布車
 規格: 4.0m3湿式
 管理番号: 14-
 散布総量(g): 7509【凍結防止剤】 0【防凍剤】 311【水溶液】

散布時刻	散布箇所	散布剤の種類	散布量 (g/m ²)	散布幅 (m)
2009/01/05 05:04~2009/01/05 05:29	国36 10481KP ~ 国36 10298KP	凍結防止剤	10	35
2009/01/05 05:14~2009/01/06 01:10	国36 10282KP ~ 国36 9178KP	凍結防止剤	10	35
2009/01/06 01:10~2009/01/06 01:26	国36 9178KP ~ 国36 9107KP	凍結防止剤	10	35
2009/01/06 01:26~2009/01/06 01:29	国36 9107KP ~ 国36 9104KP	凍結防止剤	15	35
2009/01/06 01:29~2009/01/06 03:11	国36 9104KP ~ 国36 7329KP	凍結防止剤	20	35
2009/01/06 03:37~2009/01/06 04:45	国36 7329KP ~ 国36 7160KP	凍結防止剤	20	35
2009/01/06 04:45~2009/01/06 06:28	国36 7160KP ~ 国36 5889KP	凍結防止剤	20	45
2009/01/06 06:28~2009/01/06 07:02	国36 5889KP ~ 国36 5555KP	凍結防止剤	20	50
2009/01/06 07:29~2009/01/06 08:23	国36 5542KP ~ 国36 5020KP	凍結防止剤	20	50
2009/01/06 08:24~2009/01/06 08:42	国36 5009KP ~ 国36 4822KP	凍結防止剤	20	50
2009/01/06 08:16~2009/01/06 10:07	国36 4799KP ~ 国36 4297KP	凍結防止剤	20	50
2009/01/06 10:53~2009/01/06 12:21	国36 4296KP ~ 国36 3485KP	凍結防止剤	25	50
2009/01/06 13:07~2009/01/06 14:56	国36 3481KP ~ 国36 2391KP	凍結防止剤	25	50
2009/01/06 15:43~2009/01/06 16:00	国36 2384KP ~ 国36 2279KP	凍結防止剤	25	50
2009/01/06 16:00~2009/01/06 16:21	国36 2279KP ~ 国36 2127KP	凍結防止剤	30	50

ダウンロード 閉じる

図-11 散布履歴情報一覧

5.2.2 散布量の集計

1日のトータル散布量の精度について、除雪工事請負業者が記入している散布日報との比較を行った。その結果、1日当たり散布剤使用量とシステムで集計された散布量との間に誤差が生じる結果となっている。詳細については現在解析中であるが、想定される要因（散布車の油圧ポンプ能力、比重、散布幅設定等）について今後検討を行う。

6. システム利用状況及びアンケート調査

6.1 システム利用状況

除雪機械等マネジメントシステム（基幹システム含む）の利用状況について、アクセス数の調査を行った。平成20年度から北海道開発局の職員に加え、札幌・網走開発建設部管内の除雪工事請負業者に対してもシステムの提供を行っている。

図-12にシステムアクセス数の推移を示す。アクセス数と札幌と網走の降雪量との関係を比較すると、降雪

量の多い日にアクセス数が増えている状況が確認できる。特に12月26日、2月21日の豪雪では、多くのアクセスがあったことが確認できる。またアクセスログを詳細に調査した結果、最も利用が多い機能は「作業実施状況の確認」画面、次いで「除雪機械位置の確認」画面であった。

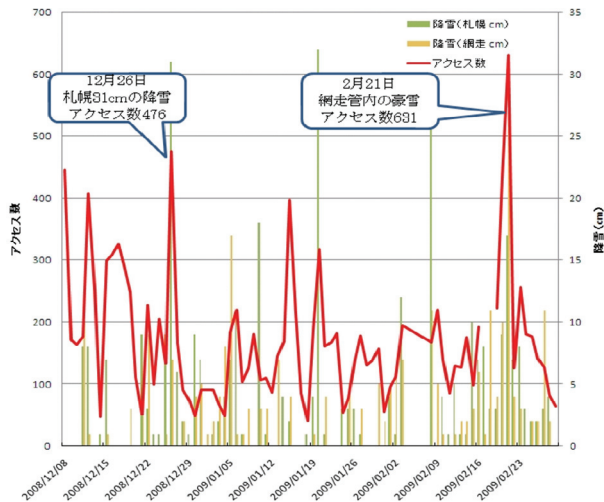


図-12 システムアクセス数の推移

6.1 システムに関するアンケート調査

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目的で、札幌・網走開発建設部の維持・機械担当職員及び除雪工事請負業者を対象とし、WEBによるアンケート調査を実施した。札幌・網走開発建設部職員30名、除雪工事請負業者25名、その他3名、計58名からの回答を得られた。また網走開発建設部管内の各道路事務所、各除雪工事請負業者に対して、システムをどのように利用したか、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。

図-13に示すように「除雪機械位置の確認」については、「毎日利用」から「週1回利用」が52%、「豪雪時のみ利用」を合わせると91%となり、除雪機械の位置情報が定期的に活用されている実態がわかった。また利用目的・用途については、「自工区所属の除雪機械位置・作業内容の確認」が最も多く、次に、建設部職員は「道路利用者・警察からの問い合わせ対応」、除雪工事業者は「他工区除雪機械の位置・作業情報確認」に利用していることがわかった。

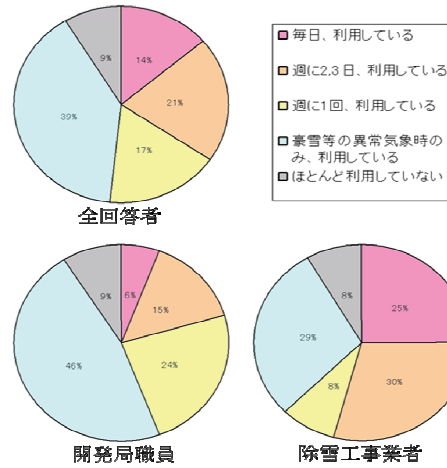


図-13 「除雪機械位置の確認」利用頻度

システムの活用事例をヒアリングした結果、除雪工事請負業者は、「自工区の除雪進捗状況を確認しながら凍結防止剤散布車の出動タイミングを図る」、「散布履歴で指定した場所への散布がされているかの確認に利用した」等の回答があった。道路管理者は、「道路利用者からの問い合わせや警察からの散布要請に対し、システムを確認して現在の作業状況を説明した」、「豪雪時に除雪工事請負業者との連絡が取りにくくなった時の除雪進捗状況の確認に利用した」等の回答があった。また2月21日の豪雪時には「救急車の先導を行うため、近くで作業している除雪車をシステムで探した」、「システムを見て隣接工区の除雪が遅れていると判断し、応援を送った」という事例も紹介された。

システムの改善要望を調査した結果、全般的にシステムの動きの遅さに関する要望が多く出されていた。ユーザの利用環境（通信回線）にもよるが、システムの利用を推進するためにも、表示速度の改善は必要と考える。また、付加機能として気象情報、通行規制情報、道路画像情報等の関連情報の表示に対する要望が多く出されている。これは除雪車の位置・作業情報と合わせて、現地の状況を把握する必要があるとの要望であった。

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、交通傷害等の原因となるため、この雪を排除し、車道幅員を広くすると共に、次の降雪時の堆雪スペースを確保するため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、これらを自動化し、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（以下システムという）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）を計測するものである。2 台のレーザスキャナを用いることで、様々な断面形状を死角無く計測することができた。

今後、このシステムの中核である雪量計測プログラムにおいてリアルタイム表示にも対応した高速化等のロジック検討を行い、システム全体が実際の除雪作業時にどのような不具合等が発生するか等調査を行う。さらに実際の運搬除雪作業での試行を検討する。

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・作業情報を駆使し、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。今年度はダイナミック工区シフト支援及び散布日報作成支援の試行を実施し、システムユーザである道路管理者及び除雪工事請負業者の意見を取りまとめた。

また、運搬除雪作業の施工管理の高度化を目指し、雪量計測システムの開発を行った。

今後はより効率的な除雪機械の運用支援の実施を可能とするシステムの開発を進め、冬期道路管理の効率化に取り組んでいく予定である。

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) 小野寺敬太・佐々木憲弘・中村隆一：除雪機械等情報管理システムの展望－除雪機械等情報管理システムの調査・試験－、北海道開発局技術研究発表会論文集、第51回（平成19年度）
- 3) 古賀修也・佐々木憲弘・小野寺敬太：除雪機械等情報管理システムについて、建設マネジメント技術、通巻356号、pp71-76、2008年1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 costs show a decreasing tendency due to the reduction of the budget for road maintenance and management. It is therefore necessary to monitor changes in snow conditions and snow-removal status in real time, and to manage prompt and efficient snow removal operation to satisfy the needs of road users (such as ensuring travel speeds) and achieve prompt snow and ice removal during abnormal weather conditions.

To contribute to prompt snow and ice removal, this development project 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 2008, systems were developed to implement support for the dynamic shifting of snow removal sections toward flexible operation and to support the preparation of daily application reports (detailing sections and amounts) for spreader vehicles. Trial on-site operations were also conducted.

Key words : snow removal machines, management system, GPS, operational support