

43. 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

(独) 土木研究所寒地土木研究所 ○中村 隆一
(独) 土木研究所寒地土木研究所 佐々木憲弘
国土交通省北海道開発局 小野寺敬太

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23%を占める。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。¹⁾

平成19年度における北海道開発局の除雪事業は、1,019台の除雪機械を用いて、一般国道約6,300kmの除雪を行っている。²⁾

2. まえがき

円滑な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、現地の作業状況を的確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、これら車両の動態を把握蓄積可能なGPSを活用した除雪機械等情報管理システム(以下、基幹システムという。)を平成17年度に導入した。この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確認及び過去の作業履歴確認が可能となり、道路利用者からの問い合わせ対応、豪雪災害対応、日々の施工結果の確認等、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。

本開発においては、基幹システムをベースに、マネジメントメニューの検討を進めており、除雪関連情報を相互連携させ、除雪機械等管理運用マネジメントシステムを構築することで、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。その代表的なメニューである、除雪機械の「ダイナミック工区シフト支援」及び「豪雪災害対応支援」、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」の検討状況及び今後の展望について報告するものである。

3. システムの概要

本システムは、除雪機械、パトロールカー及び災害対策用機械から送られてくるリアルタイムの位置・作業情報及び動画映像(パトロールカーのみ)を収集管理し、除雪進捗状況の把握や道路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、民間通信媒体との併用方式を採用することで路線全体をカバーしている。

なお、大容量の動画映像伝送を行うパトロールカーについては、コスト面を考慮し、無線LAN限定で映像、位置・作業情報を送信可能としている。

基幹システムの全体イメージを図-1に、現在の除雪状況確認画面を図-2に、過去の除雪状況確認画面を図-3に示す。

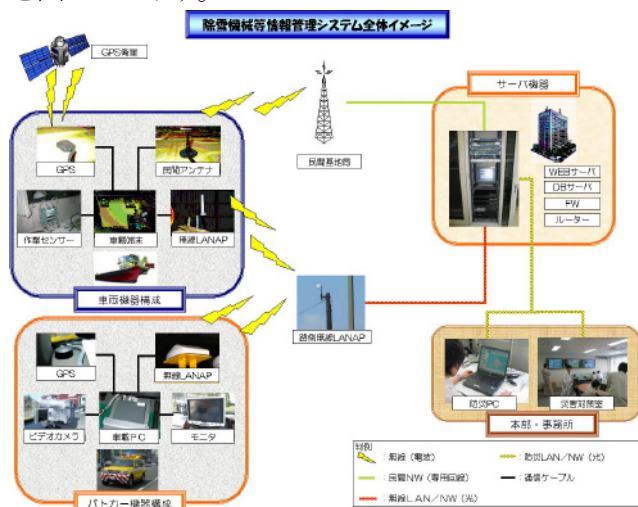


図-1 基幹システムの全体イメージ

平成19年度末現在では、除雪機械251台(内、

作業情報を取得可能な車載器10台)とパトロールカー3台、災害対策用機械9台の稼働状況が本システムで把握できる。

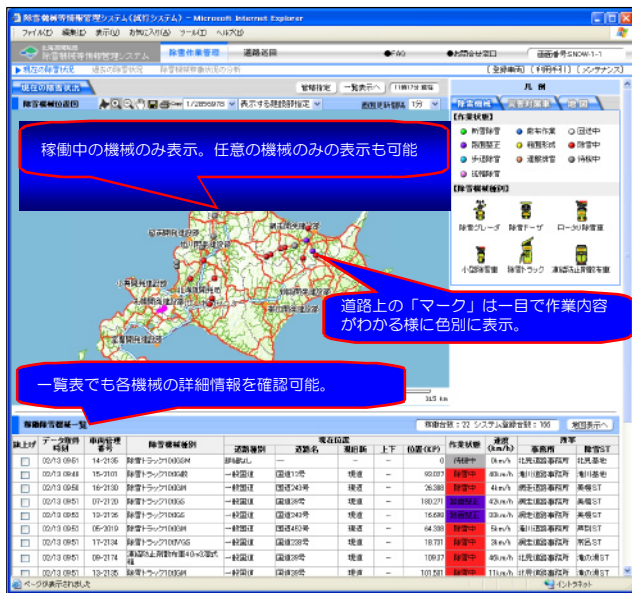


図-2 現在の除雪状況確認画面

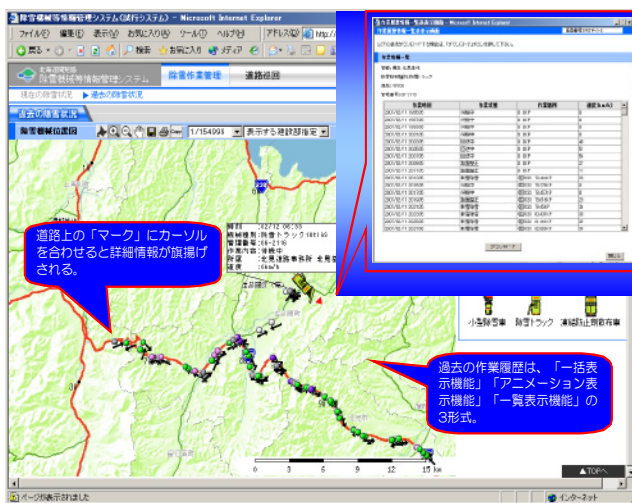


図-3 過去の除雪状況確認画面

4. 除雪機械等管理運用マネジメントシステムの開発

除雪マネジメントとは、除雪作業を行う上で、除雪工区の設定や機械配置等の除雪計画を策定し、実施する必要があるが、基幹システムを除雪マネジメントシステムへ発展させることで、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、より一層のサービスレベル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。

(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資料及び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。

(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を終了することが目標とされており、その判断は経験によるところが多く、蓄積した位置・作業情報と気象データのデータベースを活用し、現在の気象状況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。

(3) ダイナミック工区シフト支援

除雪作業は、契約上決められた工区内についてのみ行われ、隣接工区に遅れがあっても担当工区を優先せざるを得ない状況であり、異常気象時等は工区間の除雪格差が発生する場合がある。局所的な大雪が発生した場合、隣接工区の除雪状況をリアルタイムに確認することにより、隣接工区に応援可能な場合は、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、道路機能を一定水準に確保可能となり、未然に渋滞等による経済損失を防げる可能性がある。

(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、電話等による確認のみで、状況確認に時間を要しているが、本システムにより応援可能な機械及び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、時系列を自動作成することで、情報の共有化による災害対応の迅速化や対応結果の確認及び整理の効率化に繋がる。

(5) 散布日報(散布箇所・散布量)作成支援

凍結防止剤の種類・量は、道路管理者として、効率的・効果的な散布に努めなければならない。また、凍結防止剤の散布日報は、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載しなければならない。本システムにより、凍結防止剤散布に使用している操作パネル

の設定情報と位置情報を入力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、散布日報作成の自動化により、作業の効率化に繋がる。

以上のメニューを実現することで、道路維持管理業務の効率化に繋がり、結果的に道路利用者に対する旅行時間の短縮等といったサービスレベルの向上も期待できる。

なお、これらの除雪マネジメント基本構想を策定する上で、『除雪計画支援』、『出勤判断支援』といったメニューは、データの信頼性を確保するために複数年のデータ蓄積が必要となることから、早期にシステム化が可能な『ダイナミック工区シフト支援』、『豪雪災害対応支援』、『散布日報（散布箇所・散布量）作成支援』といったメニューを先行して取り組んでいく予定であり、この3つの構想について、具体的なサービス内容を以降にまとめる。

4-1 ダイナミック工区シフト支援

ダイナミック工区シフトの構想図を図-4に示す。ダイナミック工区シフト支援は、あらかじめ転回場所を登録しておき、ユーザーが指定する転回場所で除雪機械が転回した場合に、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。

作業終了予想時刻においては、通常時を想定し、過去の平均的な除雪速度から算出したものと、豪雪災害時や特定箇所の除雪を想定した直近10分程度の平均除雪速度から算出したもの2種類の提供を考えている。これにより、ユーザーは、場面に応じた工区シフトの判断が容易になると考える。図-5にサービス提供イメージを示す。

4-1-1 導入効果の試算

現在の除雪作業は、除雪工区毎に委託契約が行われ、工区毎に除雪機械が貸与されているが、異常気象時に除雪工区を超えた請負業者間の作業連携により、更なる効率化の可能性を検討した。異常気象時の工区別稼働状況を図-6に示す。

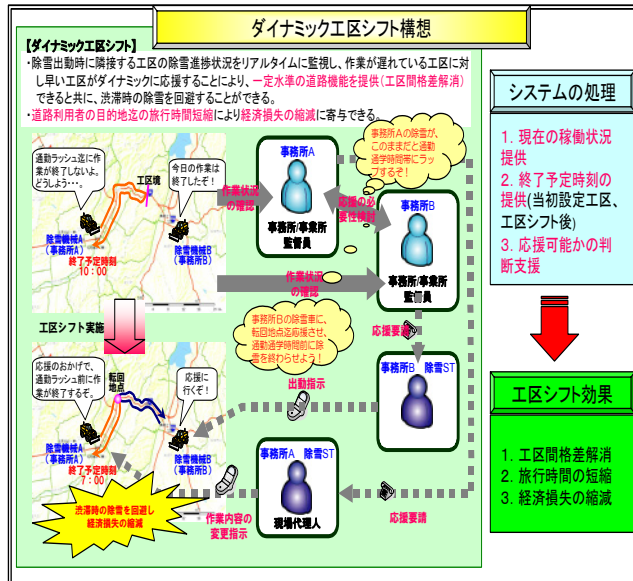


図-4 ダイナミック工区シフト構想図

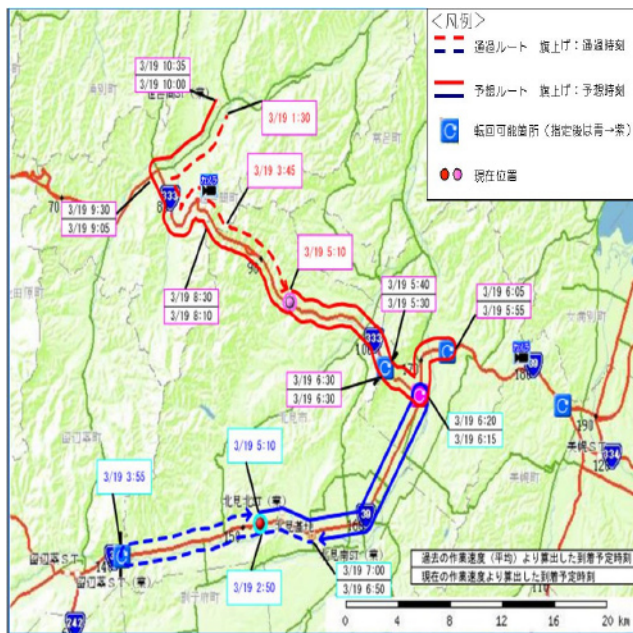


図-5 サービス提供イメージ

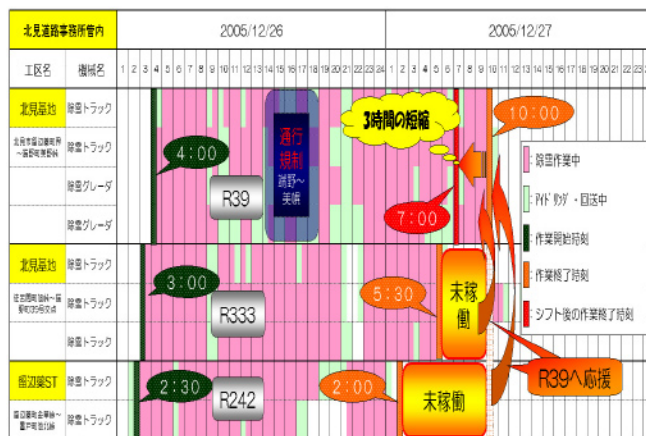


図-6 異常気象時の工区別稼働状況

平成17年12月26日～27日の異常気象があった北見道路事務所管内の相互に隣接する3工区の稼働状況を見ると、作業開始・終了時刻に差があり、特に、国道39号の工区は作業終了時刻が10時に対し、隣接工区は2時～5時半で作業を終了していることがわかる。

仮に作業が早く終了している工区から支援を行うことで、通勤通学時間帯（7時～10時）の3時間を縮減できた可能性があることから、除雪作業により発生する渋滞を「避けられた損失」として試算した。

1) 条件

- ①通常時の旅行速度 (50km/h)
- ②除雪機械の作業速度 (10km/h)
- ③交通量 (H17 交通センサス)
- ④車種別時間評価値 (H15 費用便益分析マニュアル)

2) 損失額の算出式

$$\{(\text{区間距離} / \text{低下速度 (10km/h)} - (\text{区間距離} / \text{基準速度 (50km/h)})) \times \text{区間交通量} \times \text{車種別時間評価値} \dots (式-1)$$

表-1 除雪作業による渋滞損失額の試算結果

時間帯	渋滞損失額 (円)				合計
	乗用車	バス	小型貨物	普通貨物	
7:00~8:00	691,923	233,509	130,808	329,012	1,385,252
8:00~9:00	899,602	367,726	334,343	255,898	1,857,569
9:00~10:00	752,027	267,437	279,532	191,221	1,490,217
					4,733,038

以上の条件及び算出式(式-1)から試算した結果、ダイナミック工区シフト支援による効率的な除雪を行い、回避できた可能性のある渋滞損失額は、約4,700千円/日(3時間)であった。³⁾(表-1参照)

このように除雪機械の位置・作業情報を活用することで、損失の試算が年間を通して可能となり、除雪作業による費用対効果の算出といった、これまでに無い分析評価が可能となり、冬期道路管理の効果検証に取り組むことができる。

4-2 豪雪災害対応支援

豪雪災害対応支援は、災害対策本部の職員が、各開発建設部からの応援要請を基に、応援可能な機械を調査し、出動指示を出す事になる。本システムでは、災害対策本部の職員が応援要請内容(使用目的、使用場

所、必要な機械、人員等)をシステムに入力することで、応援要請された機械の稼働状況(出動時刻、現在位置、使用場所までの距離、到着予想時刻)を地図や一覧表でリアルタイムに表示し、豪雪災害時の情報共有を図ることが可能となる。また、一覧表を蓄積することで、時系列作成の効率化が図られる。

また、応援要請した開発建設部以外にも豪雪災害情報を知らせる目的で、通行止め情報と連携を図り、アラート表示機能を設ける予定である。

4-3 散布日報(散布箇所・散布量)作成支援

凍結防止剤を散布する際は、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。これらの情報の内、いずれかの操作があった場合に位置情報とセットで送信することで「いつ、どこで、どれだけ散布したのか」が把握可能になる。また、走行距離もセットで送ることで、サーバ側で「日散布量」が算出可能になるほか、これらを一覧表示することで請負業者が作成していた散布日報の代わりとなり、日報作成作業の効率化を図ることが可能となる。図-7に散布箇所、散布量表示イメージを示す。

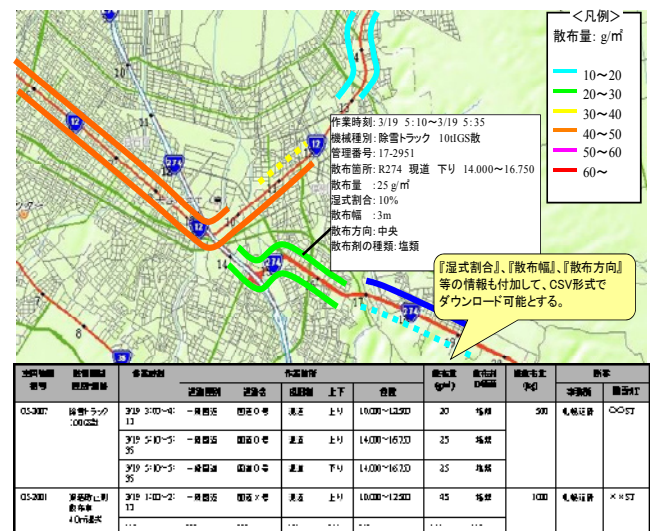


図-7 散布箇所、散布量表示イメージ

さらに、当研究所の別テーマで研究を進めている「連続路面すべり抵抗値測定装置」で測定した「すべり抵抗値」と連携を図ることで、散布前、散布直後、

散布から数時間後の「すべり抵抗値」を相互比較することにより、適正な散布箇所、散布量の指標を定める上での支援が可能と考える。

4-3-1 実証試験

(1) 必要な要件の整理

前項で述べた基本構想、支援内容を目的に、必要な要件を整理し、散布日報を作成するソフトウェア基礎検討の為、平成19年度に実証試験を行った。

1) 目的

①近年、凍結防止剤の散布量が増加傾向にある中で、道路管理者として、事業評価の手法を確立し、効率的・効果的な冬期路面管理に努める。

②散布日報は、請負業者が手入力で詳細な散布履歴を記録用紙に記載しているため、散布日報作成に係る作業を自動化する。

現在の散布日報を図-8に示す。

図-8 散布日報（散布記録用紙）

2) 要件

- ①散布量は機械単位で集計できること
- ②散布履歴は1日単位で検索・参照できること

(2) 実証試験

- 1) 試験場所 札幌市
- 2) 試験期間 平成20年1月上旬
～平成20年2月上旬の一ヶ月間
- 3) 試験車両 凍結防止剤散布車 4.0m³湿式
シングルスクリュウ式
- 4) 試験内容 散布車の後部制御器より、操作パネルの設定情報を入手し、請負業者作成の

散布日報と使用量を比較する。

- 5) 取得情報
 - ①散布のON/OFF
 - ②散布量
 - ③湿式割合
 - ④散布幅
 - ⑤散布方向
 - ⑥走行距離
 - ⑦散布剤の種類（砂 or 塩）

6) 試験結果

操作パネルの設定情報を入手し、その中から「散布量」、「散布幅」、「散布距離」を使用して、出動1回当り散布量を算出した。散布量算出式を式-2に示す。

$$Q = q \times B \times L \dots (式-2)$$

- Q：出動1回当り散布量 (kg)
- q：単位面積当り散布量 (kg/m²)
「g/m²」を「kg/m²」に換算
- B：散布幅 (m)
- L：散布距離 (m)

表-2 計算上の散布量

散布日	散布日時		散布量 (平均) g/m ²	散布幅 (平均) m	散布距離 km	算出 使用量 kg (CR020)	実使用量 kg (CR020)	誤差
	開始時刻	終了時刻						
1月30日	19:54	22:22	38.8	5.7	20.1	4,101.2		+3%
1月31日	3:16	6:59	32.3	8.0	22.4	5,590.7		+40%
1月31日	17:03	20:08	45.3	4.5	21.1	4,094.8		+2%
2月1日	3:50	6:40	32.4	7.9	21.9	5,258.0		+31%

実際の散布量が、1回の出動で4,000kgの散布剤（塩化ナトリウム・マグネシウム混合物）を散布した結果に対し、計算上の散布量（表-2参照）は、実際の使用量より2～3%増のものと、30%以上の誤差があるものとの2パターンの傾向が伺える。

この違いを精査すると、散布幅が5m前後だと誤差が少ないのに対し、8m前後になると誤差が大きくなることがわかった。

以下に誤差の要因と思われる要件を示す。

①油圧ポンプの限界

散布車は、車速と同調し、設定した散布量を確保するようにスクリュウの回転数を調整する仕組みになっているが、同じ速度でも散布幅が広がると、より多くの散布剤を供給しようとするため、スクリュウを高速回転させなければならない。しかし、スクリュウを回転させる油圧ポンプの限界に達した時の散布量は設定値より少ない量しか散布できなくなる。そのた

め、出動1回当り散布量が見かけ上、多く出力されたことが考えられる。

②散布剤の流動性

散布車の積載構造は、ホップ形式であり、ホップに沿って自然落下した散布剤が、スクリーにより散布円盤へ供給される仕組みになっている。散布剤の流動性が悪いと、十分供給される前にスクリーが回転してしまい、設定値より少ない量しか散布できなくなる。そのため、出動1回当り散布量が多く出力される可能性がある。

③工場出荷時の比重、散布幅設定

工場出荷時の散布車の設定は、塩類の比重が「1.2」、散布幅は「2～3m」で設定されており、この条件で散布作業を行った場合に適正な散布量を確保できることになる。しかし、実験で使用した散布剤の比重は約「1.1」で散布幅は「4m or 8m」であり、工場出荷時の設定と異なることが、誤差要因の一つであると考えられる。

5. まとめ

基幹システムを除雪機械等管理運用マネジメントシステムの開発へ発展させることで、以下の効果や懸案事項が考えられる。

(1) ダイナミック工区シフト支援

本システムにより、作業の遅れている工区に対し、支援を行うことで「除雪作業に必要なトータル時間の短縮」を図ると共に、早期に一定水準の道路機能が提供可能となり、未然に渋滞等による経済損失を防げる可能性があることを確認出来た。

懸案事項としては、契約当初より、除雪機械が巡回可能な場所をあらかじめ複数設けることや、隣接する工区の重複及び把握等、実施に向けては慎重な検討が必要である。

(2) 散布日報（散布箇所・散布量）作成支援

本システムにより、散布箇所及び散布量を機種別に地図及び一覧表示することで、散布箇所等の詳細な確認が可能になるほか、散布日報作成の自動化により、作業の効率化に繋がる。

懸案事項としては、実証試験で得られた散布量の誤差を、どの程度まで縮められるかが課題であり、情報

の信頼性に係わる重要な部分である。また、当研究所の別テーマで研究を進めている「すべり抵抗値」と連携する構想があるが、散布箇所、散布量の指標を定める上で、道路管理者にとって、どの様な支援が必要なのか極めて重要な調整事項である。

6. あとがき

今後は、基本構想を充実させ、より現場のニーズに即したマネジメントメニューを設計していくとともに、蓄積情報が少なくてもメニューとして機能する『ダイナミック工区シフト支援』、『豪雪災害対応支援』、『散布日報（散布箇所・散布量）作成支援』を優先して設計・開発を進めていく予定である。

また、国土交通省では、少子高齢化に伴い、建設従事者や熟年オペレータが減少し、施工能力や品質に影響を与える等、現状の施工管理における建設施工を取り巻く課題の対応策として、情報通信技術（ICT）を活用した「情報化施工」を進めている。情報化施工は、施工に関する情報の効率的利用を図り、施工の効率性・安全性・品質の向上・省力化・環境保全等に関する施工の合理化を図ることが可能であることから、本システムも、施工の効率性や品質の向上等を目標とし、情報化施工の一つとして検討を進めているところである。

参考文献

- 1) 北海道庁ホームページ
- 2) 国土交通省北海道開発局ホームページ
- 3) 荒井一憲、三条光司、神尾一昭：除雪作業の実態把握及び高度・効率化に向けた除雪マネジメントの検討－除雪機械位置情報取得装置を用いた除雪作業の分析と評価－、北海道開発局技術研究発表会論文集、第50回（平成18年度）
- 4) 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）
- 5) 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