# 16.3　ＩＣＴを活用した効率的、効果的な除雪マネジメント技術に関する研究

研 究 予 算：運営費交付金（一般勘定）
研 究 期 間：平 23～平 27
担当チーム：寒地機械技術チーム
研究担当者：大槻敏行、牧野正敏、小宮山一重、
大上哲也、岸寛人

【要旨】
積雪寒冷地において、降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、円滑な道路交通の確保は地域住民にとって必要不可欠である。本研究では、除雪作業を効率的・効果的に実施するため、除雪機械稼働情報（位置・作業）や気象情報等の分析を行い、ICT(Information Communication Technology)を活用して除雪出動判断・除雪運用を支援する除雪マネジメント技術を提案するものである。
平成 25 年度は、除雪機械稼働情報を可視化し、除雪作業効率を分析・評価する、除雪作業効率分析・評価手順資料（案）を作成した。また、降雪量に応じた除雪出動判断・運用支援技術の提案に向け、除雪工区上の降雪量と除雪作業所要時間の相関関係を確認した。加えて、除雪機械の位置情報を用いて、除雪作業状況を除雪機械マネジメントシステムで可視化する機能を開発した。
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、ICT

## 1. はじめに

積雪寒冷地において、降雪や積雪が道路交通に与える影響は大きく、円滑な道路交通の確保は地域住民にとって必要不可欠である。また、鉄道の廃止により生活が100%自動車輸送に依存している地域もあることから、道路交通は重要な生命線となっており道路除雪に対する住民ニーズは高い。一方では、近年の公共投資の抑制などを背景に、道路除雪についてもコスト縮減をせざるを得ない状況であり、道路管理者は除雪に関する管理基準の見直しや各種コスト縮減に取り組んでいる。さらに、国土交通省が策定した「国土交通省防災業務計画（平成25年3月）」では、雪害による被害の発生防止または軽減を図る観点から、除雪機械について即時的、広域的かつ一元的な管理等、効果的な運用技術を開発し防災対策に反映するよう記されている[1)]。

北海道の国道を管理する国土交通省北海道開発局（以下、開発局）は、1,030 台[2)]の除雪機械を用いて、一般国道約 6,650km[2)]の除雪を行っている。また、開発局では、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な除雪機械等情報管理システムを用いて除雪作業を把握している。

本研究では、除雪作業を効率的・効果的に実施するため、除雪機械等情報管理システムに蓄積された詳細な除雪機械稼働情報（位置・作業）や気象情報等の分析を行い、ICT(Information Communication Technology)を活用して除雪出動判断・除雪運用を支援する除雪マネジメント技術を提案するものである。

## 2. 研究実施内容

本研究では、効率的、効果的な除雪マネジメント技術の提案のため、次の項目に取り組んでいる。

①気象情報と除雪機械の稼働（位置・作業）情報の可視化による、除雪作業効率の分析・評価技術の提案
②気象情報・除雪機械稼働情報の分析と ICT を活用した情報共有による、除雪出動判断・除雪運用支援技術の提案
③除雪機械の位置・作業情報を活用した、除雪機械作業効率化マネジメント技術の運用方法の提案

これにより、豪雪時等の路線としての除雪作業所要時間の短縮や除雪作業の遅延に起因する渋滞損失額の低減に寄与できる。

平成 25 年度は、除雪機械稼働情報を時間経過に伴う状況・形態変化を表す図に可視化し、除雪作業状況の分析、評価を行うための可視化分析・評価手順資料（案）を作成した。また、降雪量に応じた除雪出動判断、運用支援技術の提案に向け、除雪工区上の降雪量と除雪作業所要時間の相関関係を確認した。加えて、除雪機械の位置情報を用いて、除雪作業状況を除雪機械マネジメント

システムでリアルタイムに可視化する機能を開発した。

## 3. 除雪機械等情報管理システムの概要

除雪機械等情報管理システムは、開発局が導入した基幹システムと、(独)土木研究所寒地土木研究所が開発した除雪機械マネジメントシステムから構成されており、開発局職員及び除雪工事受注者（以下、除雪業者）に提供されている。

### 3.1　基幹システムの概要

基幹システムは、除雪機械に搭載された GPS や作業センサからの位置・作業情報を、車載端末を介してリアルタイムに収集・管理する。これにより、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（作業日時、作業内容、作業箇所（KP）等）を確認することができる。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」画面の一例を図-1 に示す。

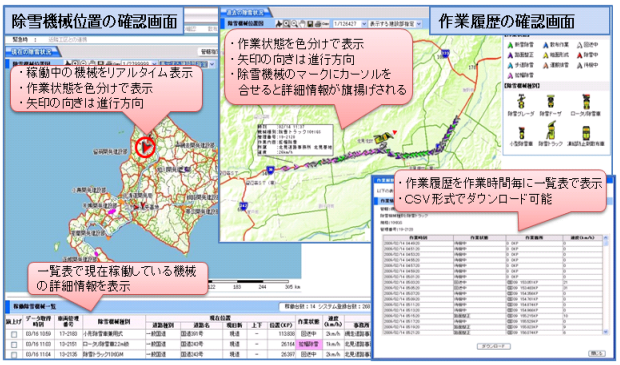



図-1 除雪機械位置の確認・作業履歴の確認画面

### 3.2　除雪機械マネジメントシステムの概要[3)]

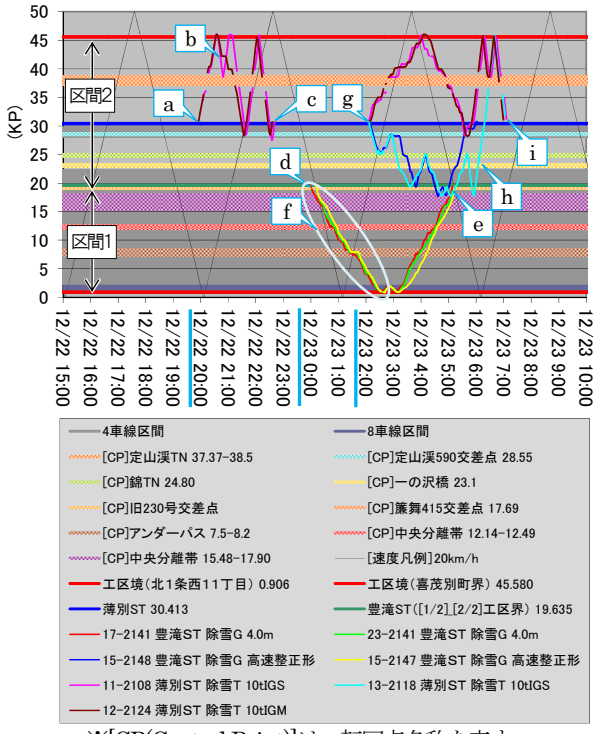
除雪機械マネジメントシステムは、基幹システムで取得した除雪機械の位置・作業情報と、道路管理データ（気象観測、通行規制、道路カメラ画像等）を連携させ、道路管理における効率的、効果的な除雪マネジメントの実施を目指し、開発しているシステムである。現在、除雪機械マネジメントシステムで運用している主な機能は、地図上における除雪作業進捗状況の確認や、凍結防止剤散布設定情報の収集管理機能等である。

本研究で取り組んでいる除雪出動判断支援技術、除雪運用支援技術は、この除雪機械マネジメントシステムに機能追加する予定である。

## 4. 気象情報と除雪機械の稼働（位置・作業）情報の可視化による、除雪作業効率の分析・評価技術の提案

### 4.1　除雪機械稼働情報の可視化

基幹システムに蓄積された除雪機械稼働情報を可視化するため、位置情報データを CSV 形式で取得し、表計算ソフトを用いて X 軸を除雪作業時刻、Y 軸を道路距離標（KP）としたグラフ（以下、除雪作業グラフ）にプロットした。これにより、除雪機械 1 台の動きを 1 本の線で表示することができる。また、除雪車の出動地点や転回点等を把握するため、除雪ステーション（以下、ST）、除雪機械転回点等の位置を表す水平線、作業速度の目安となる時速 20km の斜線を表示した。除雪作業グラフ作成例を図-2 に示す。




※[CP(Control Point)]は、転回点名称を表す。
※各名称末尾の数字は、道路距離標（KP）を表す。

図-2 除雪作業グラフ作成例

図-2 に示した除雪作業グラフの作成例から確認できる除雪作業状況は以下のとおりである。

(1) 20 時頃、区間 2 を除雪するため、薄別 ST から 2 台の除雪車が出動（図-2 の a）している。梯団は、途中で分かれて（図-2 の b）1 台が定山渓 TN（トンネル）で折り返し、再度合流して除雪を行い、23 時頃に薄別 ST に帰着（図-2 の c）している。

(2) 0 時頃、区間 1 を除雪するため、豊滝 ST から 3 台の除雪車が梯団で出動（図-2 の d）している。その後は区間 1 内を除雪し、5 時頃に豊滝 ST に帰着（図-2 の e）している。なお、除雪作業速度は、20 時頃に出動した梯団（図-2 の a）に比べ、遅いことが確

認（図-2 の f）できる。

(3) 2 時頃、区間 2 を除雪するため、再び薄別 ST から除雪車が出動（図-2 の g）している。この時は、4 台の除雪車が 2 台づつの梯団に分かれて別方向に出動している。また、6 時頃、1 台が他方に応援に向かったことが確認（図-2 の h）でき、区間 2 の梯団と合流して除雪を行い、7 時頃に薄別 ST に帰着（図-2 の i）している。

このように、除雪機械稼働情報を可視化することで、時間経過に伴う除雪車の除雪ルートや梯団編成の変化を容易に確認することが可能である。また、過去の除雪作業を分析・評価することで、今後の除雪施工方法の検討や、隣接工区（区間）との連携方法の検討の基礎資料として活用できる。

除雪作業の可視化分析方法を道路管理者等に提案するため、「除雪作業効率分析・評価手順資料（案）」を作成した。

### 4.2 除雪作業効率分析・評価手順資料（案）の概要

#### 4.2.1 除雪作業位置情報の可視化手順

除雪機械の位置情報データを用いて除雪機械稼働情報を可視化する手順をまとめた。主な手順は以下のとおりである。

(1) 位置情報データの準備

可視化対象の除雪車が作業する路線上の位置情報（KP 等）が把握できるデータを準備し、データテーブルを作成する。

(2) 除雪作業を可視化（グラフ作成）

データテーブルを基にグラフを作成する。

(3) グラフ様式設定

グラフに表示する範囲（日時、区間）を設定する。

(4) 目印（転回点、速度凡例の斜線等）の追加

工区境・除雪 ST 等の定点、4 車線区間や中央分離帯区間の目印データを追加する。目印データは、除雪作業の稼働状況（移動・転回）をより詳細に把握するための参考となる。

上記手順で作成した例を図-3 に示す。

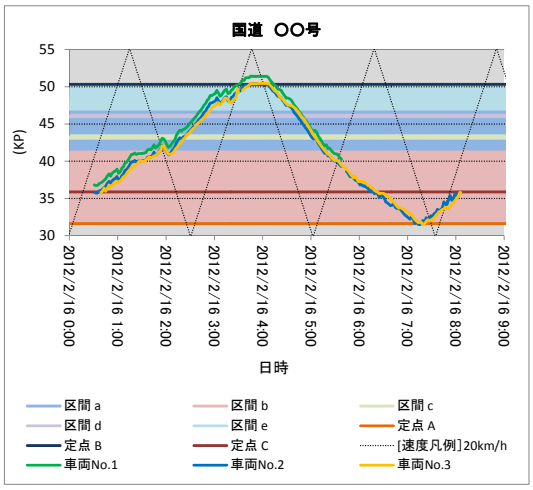



図-3 除雪作業グラフ作成例

#### 4.2.2 除雪作業可視化分析・評価手法

除雪作業を可視化後、分析・評価するポイントをとりまとめた。なお、対象とする除雪作業の開始から終了までの累計降雪量が 10cm 程度を通常降雪時における除雪作業、20cm 程度以上を大雪時における除雪作業としてとりまとめた。

(1) 通常降雪時における除雪作業の分析・評価

通常降雪時の除雪作業は、ほぼ同様の作業形態（除雪ルート、梯団編成）で行われていることから、分析・評価ポイントは、通常降雪時における標準的な作業形態との相違点である。以下に分析・評価手順を示す。

1) 通常降雪時における標準的な除雪作業形態の把握

・位置情報データを用いて、通常降雪時の除雪作業を数例可視化する。

2) 通常降雪時における除雪作業標準グラフ作成

・ 1）で作成した除雪作業グラフから、出動方向や除雪車の転回地点を整理し、頻度の高い除雪作業パターンを標準ルートとして設定する。

・ 位置情報データより、工区内の 0.5km 毎の速度を集計し、その平均速度を 0.5km 毎の標準作業速度として設定する。

・ 設定した標準作業ルート、転回点、標準作業速度より、標準作業グラフを作成する。

上記手順で作成した例を図-4 に示す。

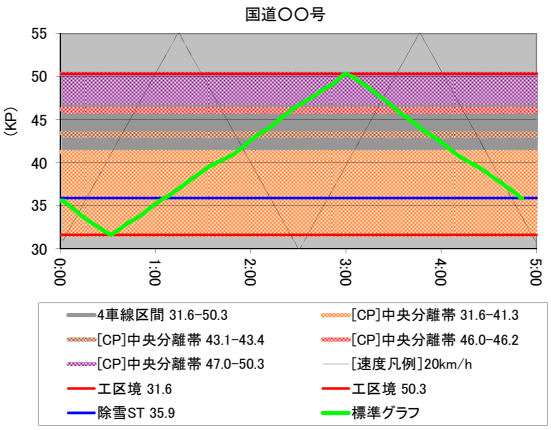



**図-4 除雪作業標準グラフ作成例**

3）除雪作業分析・評価

・対象の除雪作業と、2）で作成した標準作業グラフを比較し、相違するポイント（除雪ルート、作業速度、梯団編成、作業所要時間等）の有無を確認する。

・相違するポイントが非効率な要素であれば、その要因について除雪業者へのヒアリング等で確認する。

・分析・評価結果を今後の除雪施工計画へ反映する。

(2) 大雪時おける除雪作業の分析・評価

大雪時の除雪作業は、降雪量の増加に応じて変化する傾向があるが、一様の変化では無い。このため、工区毎の地域特性を把握するとともに、累計降雪量で区分化して、降雪量毎に除雪作業を分析・評価する必要がある。分析・評価ポイントは、通常降雪時との相違点を評価するほか、除雪ルートの検証、隣接工区（区間）との除雪作業終了時刻の差異等である。以下に分析・評価手順を示す。

1）通常降雪時の除雪作業標準グラフ作成

・(1)に示した手順で通常降雪時の除雪作業標準グラフを作成する。

2）対象とする除雪作業の累計降雪量を集計

・降雪量に応じた除雪作業を把握するため、対象とする除雪作業の開始から終了までの累計降雪量を、除雪工区近隣のアメダス観測所データや、降雪メッシュデータ等を用いて集計する。

・集計した除雪作業の累計降雪量に基づき、対象とする除雪作業を 20-30cm、30-40cm 等に区分する。

3）大雪時の除雪作業を可視化

・可視化手順に基づき、大雪時の除雪作業を可視化する（図-5）。

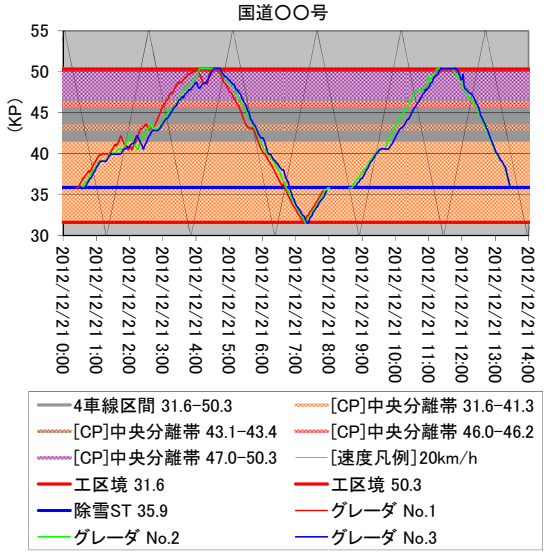



**図-5 降雪量 20-30cm の時の除雪作業グラフ作成例**

4）除雪作業分析・評価

a）除雪作業状況の把握

・過去の大雪時の除雪状況から、区分した累計降雪量の違いによる梯団編成や除雪ルートの変化の傾向、隣接工区または対象工区内の区間毎の除雪作業終了時間の差等を、(2) の 1）で作成した除雪作業標準グラフとも比較し、非効率な要素の有無を確認する。

b）隣接工区（区間）の除雪作業終了時間に差が生じていた場合

・工区（区間）境シフト（以下、工区シフト）実施の必要性及び有効性について確認する。

※工区シフトとは、除雪作業の進捗が早い工区（区間）を担当する除雪車が、担当工区（区間）境を越境して進捗の遅い方の除雪作業を支援することである。工区シフトの実施により、除雪作業終了時刻の平準化が図られ、道路交通への影響（旅行速度低下、渋滞損失増加）を抑制することができる。

c）除雪作業が通勤通学時間帯等、道路交通に影響を及ぼしていた場合

・隣接工区（区間）との工区シフトの必要性及び有効性について確認する。

・工区シフトを実施した場合の除雪ルートを想定し、除雪終了時刻を予測する。

・予測した除雪作業終了時刻について、支援される除雪工区（区間）と、支援する除雪工区（区

間）の渋滞損失額を算出し、工区シフト実施の有効性を評価する。

d）分析・評価結果を、今後の除雪施工計画の検討等に反映する。

## 5. 気象情報・除雪機械稼働情報の分析と ICT を活用した情報共有による、除雪出動判断・除雪運用支援技術の提案

### 5.1　除雪出動判断・運用支援技術の検討

最適な除雪出動には、降雪量に応じた除雪作業所要時間を把握し、今後の予想降雪量から出動タイミングを判断する必要がある。そこで、過去の降雪量とその時の除雪機械稼働情報について調査・分析を行い、降雪量と除雪作業所要時間の関係を確認した。なお、調査した除雪工区は、開発局札幌開発建設部が発注した除雪工事のうち、５箇所の除雪工区である。

#### 5.1.1 降雪量の集計方法の検討

過年度、降雪量と除雪作業所要時間の関係を確認した結果、相関が低い除雪工区が見られた。その要因の一つとして、分析に用いた降雪量データが、除雪工区の最寄りに位置する気象庁のアメダス観測所が記録したデータであり、除雪工区上の降雪量と相違している可能性が考えられた。

平成 25 年度は、除雪工区上の降雪量と除雪作業所要時間の関係について分析を行うため、当研究所の寒地交通チームが提供している冬期道路マネジメントシステム[4]に蓄積されている降雪量データを用いた。この降雪量データは、時間降雪量が 1km メッシュ毎に数値化されているデータであるため、地図データと重ね合わせることで、除雪工区上の降雪量を集計することが可能である。除雪工区上の降雪量の集計は、集計ポイントを除雪工区上に 0.5km 毎に設けて行った。集計ポイントの設定例を図-6 に示す。また、降雪量データは図化することにより、除雪工区上の降雪分布状況を確認することも可能である。降雪分布図作成例を図-7 に示す。

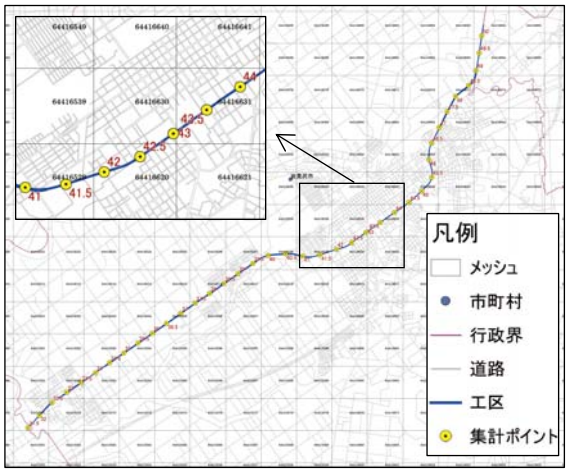



図-6　降雪量集計ポイント設定例

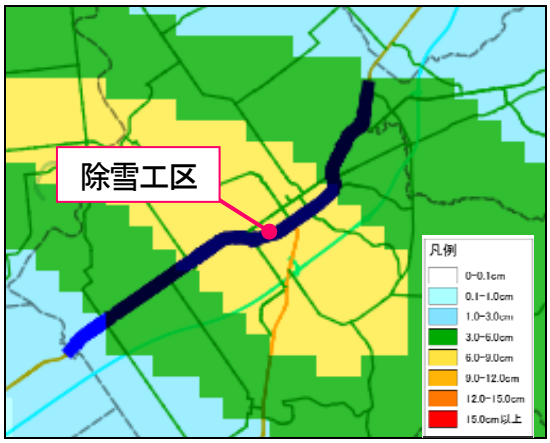



図-7　降雪分布図作成例

#### 5.1.2 降雪量と除雪作業所要時間の分析

分析に用いる累計降雪量の集計対象時間についても再検討を行った。過年度の集計は、直近の除雪作業終了から当該除雪作業終了時までの累計降雪量を用いて分析を行っていた。しかし、降雪量が除雪出動基準に達しても交通量が多いため日中に除雪作業ができない場合や、雪の降り始めから出動までの時間が長い場合などは、当該除雪作業開始前までの降雪量と、実際の路面積雪深との乖離が大きくなる可能性がある。そこで、降雪量を直近の除雪作業終了から当該除雪開始までの累計降雪量（集計区分 1）、当該除雪開始から当該除雪作業終了までの累計降雪量（集計区分 2）、直近の除雪作業終了から当該除雪作業終了までの累計降雪量（集計区分 3（集計区分 1＋集計区分 2））に分類し、除雪作業所要時間との相関関係を比較した。比較結果を表-1 に示す。

表−1　降雪量と除雪作業所要時間の相関関係比較

| データ | 降雪量集計区分 | A工区 | | B工区 | | C工区 | | D工区 | E工区 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 区間1 | 区間2 | 区間1 | 区間2 | 区間1 | 区間2 | 全体 | 区間1 | 区間2 |
| 降雪実績 | 1 | 0.37 | −0.33 | 0.71 | 0.37 | −0.30 | −0.23 | 0.36 | 0.06 | 0.37 |
| | 2 | 0.03 | 0.47 | 0.26 | 0.86 | 0.72 | 0.81 | 0.77 | 0.62 | 0.89 |
| | 3 | 0.38 | −0.07 | 0.62 | 0.87 | 0.50 | 0.64 | 0.77 | 0.49 | 0.67 |
| （参考）アメダス | 1 | 0.29 | −0.36 | 0.20 | 0.70 | −0.08 | −0.12 | 0.49 | 0.24 | 0.11 |
| | 2 | −0.04 | 0.47 | 0.62 | 0.40 | 0.76 | 0.61 | 0.59 | 0.43 | 0.39 |
| | 3 | 0.28 | −0.24 | 0.44 | 0.79 | 0.42 | 0.42 | 0.69 | 0.43 | 0.29 |

［降雪量集計区分］
１：直近の除雪作業終了から当該除雪開始までの累計降雪量
２：当該除雪開始から当該除雪作業終了までの累計降雪量
３：直近の除雪作業終了から当該除雪作業終了までの累計降雪量
（集計区分１＋集計区分２）

［降雪実績データ］
降雪実績データの降雪量は、各除雪工区の集計ポイントの降雪量を平均したものである。

［アメダスデータ］
各除雪工区の最寄りに位置する気象観測所データを用いた。

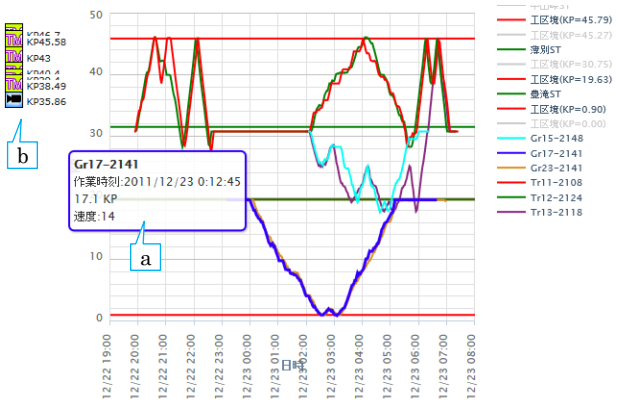
| 相関係数 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| −0.7～−1.0 | 強い負の相関あり | −0.2～0 | ほとんど相関なし | 0.2～0.4 | 弱い正の相関あり |
| −0.7～−0.4 | 負の相関あり | 0～0.2 | ほとんど相関なし | 0.4～0.7 | 正の相関あり |
| −0.4～−0.2 | 弱い負の相関あり | − | − | 0.7～1.0 | 強い正の相関 |

比較の結果、集計区分２の相関関係が一番高く、次に集計区分３（集計区分１＋集計区分２）、集計区分１の順に相関関係が低くなることがわかった。なお、集計区分２においてもＡ工区の区間１及びＢ工区の区間１については相関関係が低い結果となった。この二つの工区は、工区内における人口集中地区（DID）の割合が高く、除雪作業を行える時間帯が夜間から早朝までと限られているため、相関関係が低い結果になったと考えられる。一方、他の工区は、平地部及び山地部の割合が高く、日中の作業も行えるため、降雪量との相関関係が高い結果になったと考えられる。

分析の結果、今まで定性的にしか把握されていなかった降雪量と除雪作業所要時間の関係について、定量的に把握することができた。今回得られた結果は、除雪出動判断・運用支援技術の検討に反映していきたい。

### 5.2　除雪機械マネジメントシステム新機能の開発

除雪作業の可視化をシステム上で容易に行える機能（以下、可視化機能）を開発するため、過年度はデモサイトを作成し、道路管理者や除雪業者を対象に「操作性」や「見やすさ」等についてアンケート調査を行った。平成 25 年度は、アンケートで得られた意見も参考にして可視化機能を開発した。図−2 に示した除雪機械稼働情報を、可視化機能を用いて作成したグラフを図−8 に示す。




図−8　除雪作業グラフ作成例

可視化機能は、設定登録機能、グラフ表示機能を備えている。以下、概要について説明する。

#### 5.2.1 設定登録機能

設定登録機能は、グラフに表示する設定情報をユーザー毎に登録する機能である。主な設定登録機能を示す。

・グラフに表示する路線、範囲（KP）設定
・グラフに表示する除雪車の選択、線色及び線種設定
・除雪車が転回する地点（KP）設定
・橋梁やトンネル等の地点（KP）設定

#### 5.2.2 グラフ表示機能

グラフ表示機能は、設定登録した複数台の除雪車の位置情報データを、道路距離票と除雪作業時刻を軸とした折れ線グラフに表示する機能である。主な表示機能を示す。

・設定した道路距離票の範囲内に含まれる除雪工区境を表示する。
・カーソルを折れ線グラフに合わせると、作業時刻、作業地点（KP）、速度を表示する（図−8 の a）。
・アイコン（図−8 の b）をクリックすると、除雪作業工区付近の CCTV 映像、道路テレメータ情報を表示する。

## 6.　まとめ

除雪作業効率の分析・評価技術の提案に向け、除雪作業履歴データを基に除雪機械稼働状況を可視化する方法、及び可視化によって容易に把握できるようになった梯団編成、除雪ルート等の変化を分析・評価する手順をとりまとめた。また、除雪出動判断・運用支援技術の検討では、除雪工区上の累積降雪量と除雪作業所要時間の相関関係を分析し、一部の工区を除き相関関係があることを確認した。加えて、除雪機械マネジメントシステムで除雪機械稼働情報を可視化する機能を開発した。

今後は、これまでの成果を踏まえ、予想降雪量と関連

づけていくことにより、気象状況に応じた除雪出動判断・運用支援技術の提案につなげていきたい。

**参考文献**

1) 国土交通省：国土交通省防災業務計画、P198、平成25年3月
http://www.mlit.go.jp/saigai/gyoumukeikaku.html
2) 国土交通省北海道開発局：北海道開発局局長定例記者会見資料、平成24年11月28日 今冬の除雪について
http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyou/h24/1128/01.pdf
3) 岸寛人、牧野正敏、佐々木憲弘：GPSを活用した除雪機械運用支援システムの開発、平成22年度建設施工と建設機械シンポジウム、平成22年11月
4) 切石亮、徳永ロベルト、高橋尚人：冬期道路マネジメントシステムの試行運用について、平成25年度北海道開発技術研究会、平成26年2月

# STUDY ON TECHNOLOGY FOR EFFICIENT AND EFFECTIVE SNOW REMOVAL MANAGEMENT UTILIZING ICT

**Budged**：　Grants for operating expenses General account
**Research Period**：FY2011-2015
**Research Team**：Machinery Technology Research Team
**Author**：　OTSUKI Toshiyuki
MAKINO Masatoshi
KOMIYAMA Kazushige
OGAMI Tetsuya
KISHI Norihito

**Abstract**：In cold snowy regions, snowfall and snow cover greatly affect road traffic. Securing smooth road traffic is essential for local residents. Towards efficient and effective snow removal, this study analyzes snow removal machinery location and work, and weather information, toward proposing a snow removal management technology based on ICT (information communication technology), which will help operators to determine the appropriate time for operation and which will help snow removal vehicle management.

In FY 2013, information on the operation of snow removal vehicles was visualized and documents outlining procedures for evaluating and analyzing snow removal operations were prepared for the purpose of evaluating and analyzing the effectiveness of such information. Furthermore, toward proposing techniques for determining snow removal deployment and providing support to operation in accordance with the amount of snowfall, the correlation between snowfall and time required to clear snow removal sections was confirmed. A method for visualizing the state of snow removal operation from locational information on snow removal vehicles under the snow removal machinery management system was developed as well.

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