

# 準天頂衛星を活用した除雪車運転支援システムの開発について

蝦名浩二\*1

## 1. はじめに

東日本高速道路株式会社北海道支社では、安全・安心・快適・便利な高速道路サービスを提供できるように、約700kmの管理延長を管理事務所（6か所）にて、冬期間の厳しい環境の中、24時間体制で雪氷対策作業を実施している。そこで、雪氷対策作業の高度化を重点計画の一つとして掲げ、現状把握・分析・課題整理を行い、課題解決に向けて雪氷対策の業務フローを踏まえた技術開発を促進している。

その中で、試行運用を開始した準天頂衛星を活用した除雪車運転支援システムの概要について報告する。

### 1.1 開発の背景

本線の雪氷作業では大型車両を使用することが多く、更に橋梁のジョイントや路面の段差、吹雪（写真1）による視界不良や降雪・積雪により刻々と状況が変化するため作業条件が一定ではないことから、オペレーターは瞬時に判断し操作・運転を行わなければならない、高度な技術と経験が必要である。

写真1 吹雪の状況



### 1.2 雪氷対策作業

雪氷対策のうち高速道路本線で大型車両を使用する雪氷作業は大きく4つに分類される（図1）。どの作業も運転及び操作はどれも熟練度を要するため経験年数が必要である。

しかし、日本の労働人口は減少しており、雪氷作業に従事する経験豊富な熟練オペレーターも減少しつつあり、オペレーターの確保及び技術の伝承は大きな課題である。雪氷作業を今後も継続して実施するためには経験が浅いオペレーターでも運転等を支援することで作業が可能になるような技術が今後必要になることから、時速10km以下の低速で投雪作業を行うローリー車を対象に平成25年度より除雪車運転支援システムの開発を開始した。

図1 雪氷作業の分類

作業方法	内容
除雪作業	走行車線、追越車線の雪を路肩によける
拡幅作業	除雪で路肩に溜まった雪を路肩端部によける
投雪作業	路肩端部に溜まった雪を路外に排雪する
凍結防止剤散布作業	路面の凍結防止のため、凍結防止剤を散布する



## 2. 除雪車運転支援システム

### 2.1 位置情報

雪氷作業は、写真1のように視界不良時でも作業によっては実施する必要がある。そのため、自車の走行位置または作業位置を正確に特定する必要がある。位置を特定する技術には、画像認識やビーコン等を活用する方法もあるが視界環境や費用面から衛星測位によるGPS系が望ましいと判断した。

そこで、既往技術の中からRTK-GPS、準天頂衛星「みちびき」のLEX (L6), L1-SAIF (L1S) についてローリー車に搭載して実車試験を行った（写真2）。

実験は、札幌市内から比較的近く四車線区間で切土、OV、トンネルがある「道央自動車道 岩見沢IC～三俣IC間」の21.2kmで実施した。

\*1 東日本高速道路株式会社 北海道支社 技術企画課

写真2 ロータリー車アンテナ搭載状況



実験の結果

- ① RTK-GPS：測位精度1.0～1.4cmと良いが、移動体でのFIX値が低いことが分かった。
- ② L1-SAIF：受信状況は良いが測位精度数mと低かった。
- ③ LEX：測位精度1.5～5.1cmと良く、移動時もFIX値は問題なかった。長大切土やOVなど測位できない箇所はあったが、ジャイロや車速パルス等で対応可能と判断し、準天頂衛星信号LEX(L6)を活用する事とした。

2.2準天頂衛星システム

準天頂衛星システム（みちびき）とは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システムのことである。通常はGPSが4機以上で衛星測位は可能ですが、安定した位置情報を得るためには、より多くの衛星が見えることが望ましい。しかし、GPS衛星は都市部や山間部ではビルや樹木などに電波が遮られて可視衛星数が減り、位置情報が安定的に得られないことがある。みちびきはGPSと一体で利用できるため、安定した高精度測位を行うことを可能とする衛星数を確保することができる。（図2）

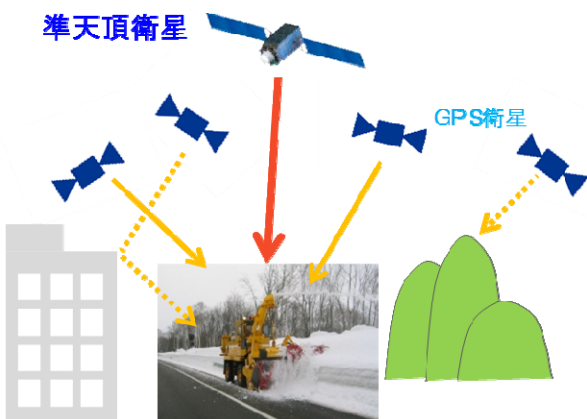


図2 準天頂衛星システムの仕組み

2.3高精度地図の作成

開発当時は、3D高精度地図はデータが重く処理能力遅くなるため、必要最低限の情報で動けるよう工夫した。GPS、本線側への基準線となる白線を撮影するカメラ、路肩側への基準となるアスカーブ等を実測するレーザースキャナを使い作成した。ガイダンスの基になる基準線は走行車線と路肩の間にある外側線の端部に設定し、0.7mピッチの緯度経度情報に横断幅情報を持たせることによって、両側に緯度経度情報がある場合の演算方法より、演算時間を短縮させた。

投雪作業は路肩での作業が主体であるため路肩部に限定し高精度地図を独自に作製した。地図作成は車両にGPSアンテナ、ビデオカメラ、レーザースキャナを搭載し10km/h程度の速度で路肩を走行し以下に示す手順で行った（図3）。

- ①GPSアンテナとカメラ画角中心の距離を実測
- ②カメラ画角中心から路肩白線までの距離を画像処理により求める
- ③レーザースキャナ中心からカメラ画角中心までの距離を実測
- ④路肩左側対象物からレーザースキャナ中心までの距離をスキャンデータより求める
- ⑤路肩左側対象物とカメラ画角中心までの進行方向の距離をスキャンデータより求める

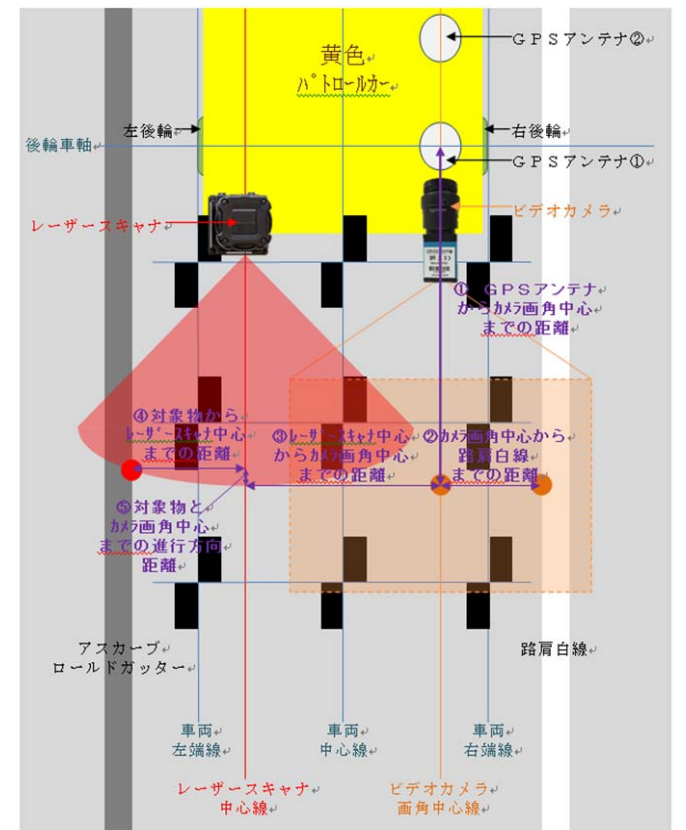


図3 高精度地図の作製方法

## 2.4 ガイダンスモニター

実際にロータリーの運転手が確認するのはこのガイダンスモニターのみである。まだ開発途中ではあるが、現段階でガイダンスモニターには「路肩幅・作業注意情報」として、その地点の情報を表示、「横方向偏差」として、はみ出し方向を着色しはみ出し距離を表示、「ハンドル切れ角」として切れ幅を表示、「車両位置」としてはみ出し方向を表示し、基準をはみ出したら着色及び警告音が鳴動する。(図4)

このように、走行車線へのはみ出しやガードレール等へ接触を回避するための車体修正角の情報を表示して、オペレーターの運転操作を視覚的にサポートしている。これにより、視界不良時のオペレーターの運転操作が容易になるとともに、助手による除雪車位置確認、視界不良時等の安全確認や作業位置の連絡作業が軽減するなど、ロータリー除雪作業の省力化・効率化・安全性の向上が図られている。

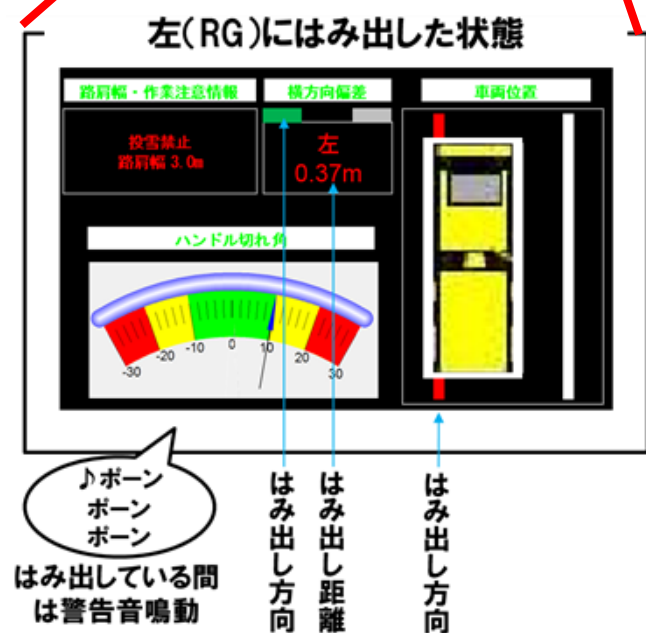


図4 ガイダンスモニター

## 2.5 システムの流れ

本システムの開発は平成25年度より開始しており、本システムの開発にあたっては北海道大学と共同開発を行っている。

「準天頂衛星みちびき」からの位置情報(2.1, 2.2 参照)と、事前に作成した高速道路高精度地図(2.3 参照)の情報を組み合わせて、高速道路上の自車の位置を誤差数cmの正確さで把握し、走行車線のはみ出しやガードレール等への接触を予測、それらを回避するガイダンス(2.4 参照)を発することでオペレーター支援をするシステムである。

詳細は、ロータリー車に搭載したアンテナより、準天頂衛星等からの測位情報を受信し、自車位置を把握する。高精度地図上の緯度経度情報は複数のテーブルからなっており、自車の位置より最も近いテーブルから位置情報を検索する。パソコンにより左右のはみ出し量・車体角度を計算し、5m先(ロータリー車先端)の情報を運転席内のガイダンスモニターに表示する。(図5)

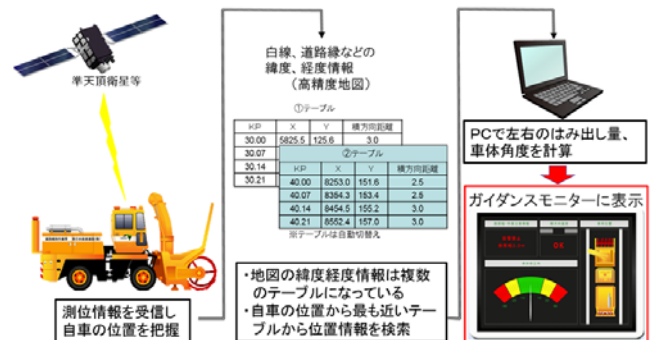


図5 システムの流れ図

走行のイメージは図6のようになり、車両の右側は、外側線の右端を基準とし縦断方向に緯度経度情報を0.7m間隔で持たせ、車両の左側は右端の緯度経度情報を基点として直角方向に対象物まで距離(幅)を入れており、アンテナより5m先(車両より少し手前)の情報をモニターに表示している。



図6 走行イメージ

## 2.6実証実験

本システムをロータリー除雪車に搭載し、本線上で実証実験を行っている。

場所は、道央自動車道岩見沢IC～美唄IC間（21km）の上下線で実施した。

実験内容は、ロータリー車に本システムを搭載し、ガイダンスモニター内の表示と実際の路面状況との精度検証をした。目標は、本線に逸脱しないように外側線の幅である20cm以内としている。誤差としては、準天頂衛星からの誤差の他、高精度地図の誤差、各機器の誤差などが複合されるため、実際に現地を走行しないとわからない。

走行中に数か所でロータリー車を停車させて、ガイダンスモニター内のはみ出し量と現地で実測した距離により確認した。

その結果、最大誤差は17cmであった（写真3）。路肩外側線の幅が20cmのため、車線にはみ出すことができず、本線作業の試行が可能と判断した。

### ■下りN372KP

はみ出し量 cm	ガイダンス	29
	実測	12
差 cm		17

### ・ガイダンス画面



### ・実測



写真3 実験状況

## 3. おわりに

今までの試行結果を踏まえて、ガイダンスモニターの改良、システムの改良を進めていくが、自動運転や機械作業の自動化に向けた本格的な開発のために今年度は実験場を周回できるように整備した（写真4）。冬期はここで実験を重ねる。

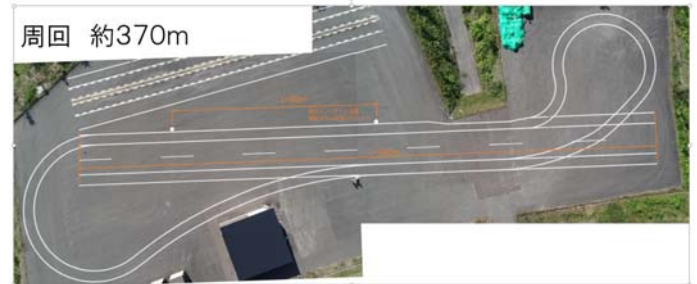


写真4 実験場（ドローン撮影）