

除雪車運転支援システムの開発

～準天頂衛星システムを活用した作業ガイダンスモニター～

渥美 尚大¹, 臼井 和絵¹, 栗原 啓伍², 河村 祐²
Naohiro Atsumi¹, Kazue Usui¹, Keigo Kurihara², Yu Kawamura²
Corresponding author: n.atsumi.aa@e-nexco.co.jp (N. Atsumi)

雪氷作業は、視界不良や夜間等の厳しい作業環境下、熟練オペレータによる高度な技術と経験により行われている。一方、熟練オペレータの高齢化により技術伝承が困難な状況となっている。そこで、非熟練オペレータでも安全・確実に作業ができる環境構築のため、ロータリ除雪車運転支援システムの開発を行った。

1. はじめに

高速道路における除雪等の雪氷作業は、24 時間 365 日の道路交通確保のため視界不良や夜間等の厳しい作業環境下、熟練オペレータによる高度な技術と経験により行われている（図 1、写真 1）。一方、道路における更なる定時性の確保が強く求められることや、熟練オペレータの高齢化により技術伝承が困難な状況となっていることから、新技術を用いた雪氷作業を支援するシステムが求められていた。

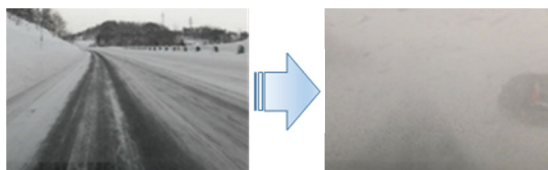


図 1 吹雪で前が見えづらい状況



写真 1 夜間の除雪作業

そこで、非熟練オペレータでも安全・確実に作業ができる環境構築のため、ロータリ除雪車運転支援システム（以下、“本システム”という）の開発を行った。また、除雪車は一般の乗用車や商業トラック等とは異なる特殊車両であり、単に自動車メーカーが開発したシステムを購入すれば運転支援システムが実現できるものではないことから、高速道路会社自らが企画立案して開発をリードしていく必要があった。

NEXCO 東日本グループにおいて 2013 年から本システムの研究開発に取り組んでおり、その内容を報告する。

2. 開発内容

準天頂衛星システム「みちびき」（以下、“「みちびき」”という）からの cm 級測位補強信号とあらかじめ作成した高精度地図情報を組み合わせ、除雪車の運転席に設置したモニターに正確な自車位置を表示し、運転操作を視聴覚的に支援するシステムを開発し実証した（図 2、3）。

これにより積雪でレーンマークが見えない状況や吹雪による視界不良等過酷な条件下でも、走行車線へのはみ出しやガードレール等への接触を回避し、複雑な運転操作を要する除雪作業に有効であることを確認した。



図 2 運転支援システムの概要



図 3 ガードレールや外側線の認識イメージ

¹ 東日本高速道路株式会社 北海道支社

² 株式会社ネクスコ・エンジニアリング北海道

Hokkaido Regional Head Office, East Nippon Expressway Co., Ltd.
Nexco-Engineering Hokkaido Co., Ltd.

主な開発内容は以下のとおりである。

2. 1 高精度測位方法の選定

視界不良や堆雪している条件下での運用が前提のため、市販自動車で一般的に用いられているカメラやミリ波レーダーの利用は困難と判断し、衛星測位システムにより位置情報を取得する方法を選択した。準天頂衛星システムの信号は、これまでの GPS 信号の受信が不安定であった山間部でも安定して受信が可能であり（図 4）、「みちびき」の cm 級測位補強信号に対応し高精度測位が可能な受信機（以下、“受信機”という）を用いることで、道路上の車両等の位置を正確かつ安定して把握できる有効な手段である。

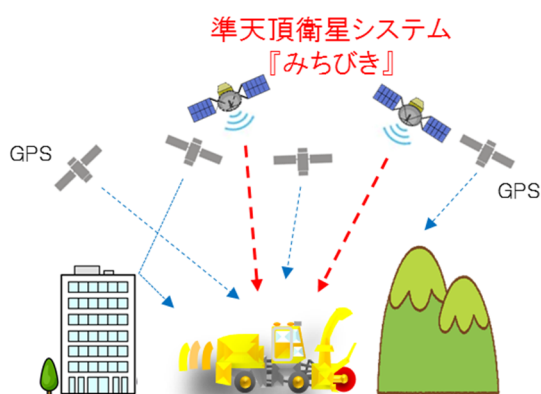


図4 受信イメージ

2. 2 高精度3次元地図の整備

正確な位置情報検出には高精度な地図情報が必要ことから、路肩外側線や縁石等の道路地物の3次元位置情報を測量にて取得した。取得した位置情報から縦断方向に1m毎の高精度3次元地図を作成し、本システムに登録した（図5）。



図5 高精度3次元地図の取得地物情報

2. 3 受信情報の補正

受信機で得られる測位情報は“受信した時点”における“アンテナ位置”の情報であり、本シス

テムを高精度に運用するために以下の補正を行う必要があった。

2. 3. 1 地殻変動補正

高精度測位情報は受信時点における位置（今期）である一方、地図は元期（北海道地域は1997.1.1基準日）の測量成果値を基準としているため、測位情報をそのまま利用すると地殻変動分の経年誤差が生じる。これを解消するため、国土地理院で公表されている地殻変動補正パラメータファイル geonetF3¹⁾（4回/年更新）を用いて受信時点（今期）の位置から地図の元期（1997.1.1）の位置へ変換し、地図との誤差を最小限とした（図6）。



図6 地殻変動補正のイメージ

2. 3. 2 傾斜補正

車体の傾斜によるズレをジャイロセンサ（IMUセンサ）により傾き角度を取得して、アンテナ位置取得座標に対し3次元座標の回転計算を行い、路面位置座標に変換することで地図に対し正確な自車位置を反映させた（図7）。

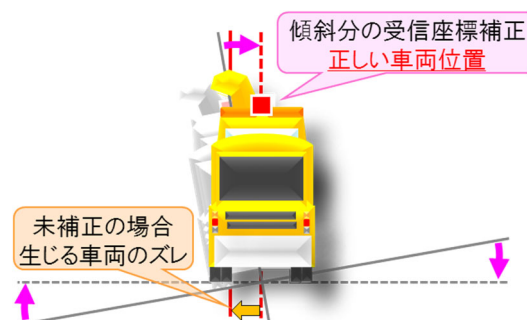


図7 傾斜補正のイメージ

2. 3. 3 進行方向補正

本システムではアンテナ 1 つでの運用を想定し、受信機の走行軌跡を繋げて進行方向を決定する方法を採用しているため、受信機固有の誤差から特に微低速時には軌跡間隔が狭くなることで進行方向誤差が大きくなる課題が生じた。対応策として、受信機の走行軌跡の角度変化量が大きい場合には、ジャイロセンサの角度変化量を正として進行方向を決定することで、進行方向の精度を全車速域において向上させた（図 8）。

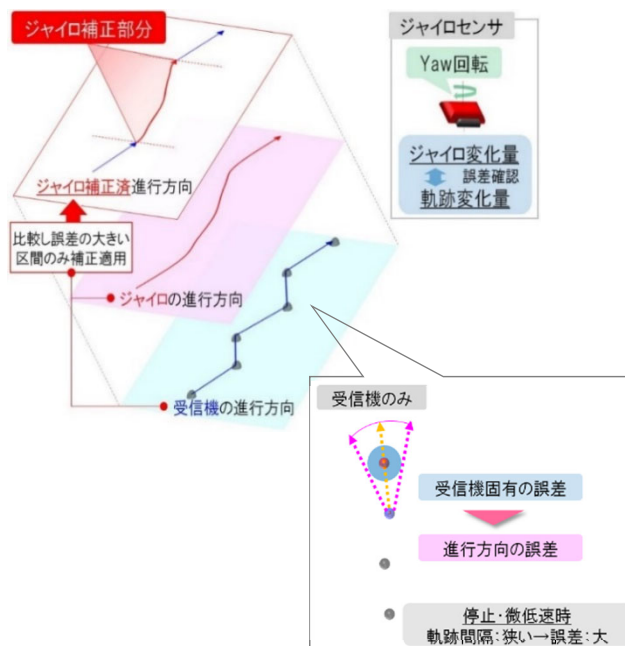


図 8 進行方向補正のイメージ

2. 3. 4 モニター表示・警告内容

実際に除雪作業するオペレータへのヒアリング結果から必要情報を整理し、モニター表示を検討・改良し、警告音を出力させた（図 9）。①の部分には外側線からの余裕幅を表示し、はみ出した場合は赤色で表示し警告音が鳴る。②の部分には排水マスや非常電話などのシューター等の除雪装置操作に関わる注意情報を 10m 手前から表示する。

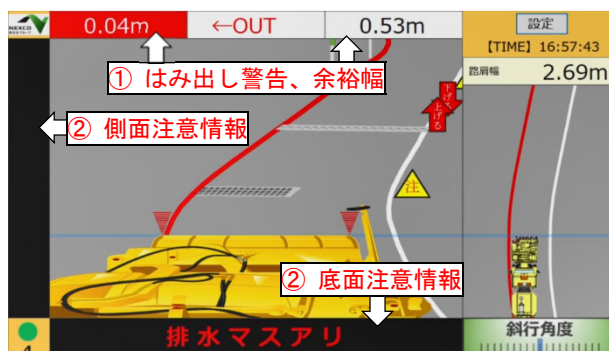


図 9 運転支援システムのモニター映像

3. 有用性の検証

2020 年 10 月における横断方向の誤差精度は、夕張テストコース（以下、「夕張 TC」という）にて行った実験の結果 $\pm 13\text{cm}$ （注 1）であり、北海道支社で設定したシステム全体の誤差目標値 $\pm 20\text{cm}$ 以内を満たすことから、実用可能と評価した。なお、本システムについては 2021 年 3 月に岩見沢（管）の一部区間にて試験運用を行っている（写真 2）。

（注 1）実験条件：[日付]10/15, [コース]直線～曲率半径 R100, [回数]2 周結果（図 10, 図 11（次頁））



写真 2 岩見沢（管）での試験運用の様子



図 10 有用性の検証

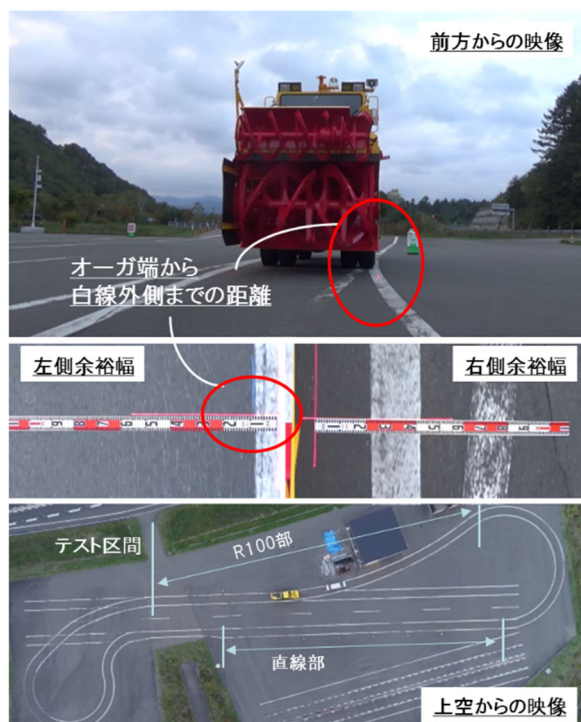


図 11 有用性の検証

4. 今後の展開

本システムによる正確な位置情報をベースに次のステップとしてロータリ除雪車の自動化に向けて、自律走行ならびに除雪作業の自動化の開発を車両メーカーと連携して進めている。また、2020年9月に夕張TCにて自律走行を確認し、11月のマスコミ公開をはじめ内外部に現場公開をしている(図12)。引き続き、本線での自律走行確認や除雪作業の自動化を進め、2022年度の完成を目指す。



図 12 自律走行のマスコミ公開の様子

5. おわりに

本システムの開発により、除雪作業の省力化、効率化、安全性の向上が図られ、冬の高速道路の「安全安心」に繋がる。更には、本システムの実用拡大はもとより、道路維持管理分野での新たな衛星利用の展開が期待でき、労働者不足や熟練オペレータの高齢化、また、現在のコロナ禍での作業環境等の課題への対応が可能になるものである。本システムを含む北海道支社が手掛ける雪氷対策高度化システムを「ASNOS (アスノス) (注2)」(図13, 写真3)と総称し、今後も各種開発に取り組んでいく。



図 13 ASNOS ロゴマークと PV の QR コード



写真 3 ロータリ除雪車 ASNOS ロゴマーク

(注2) **A**dvanced/**A**utonomous **S**now and ice control **O**peration **S**ystem の略で、「明日(未来)の雪氷対策高度化システム」を称する。

本研究にあたり、ご協力いただいた関係各位に感謝を申し上げる。

【参考文献】

- 1) 国土地理院：定常時地殻変動補正システム POS2JGD 計算サイト
<https://positions.gsi.go.jp/cdcs/>
(2020年5月31日閲覧)