

準天頂衛星システムを活用した除雪プラウ自動制御の実証実験 —トンネル間の連続した橋梁ジョイントの事例—

広島工業大学 正会員 ○菅 雄三

一般社団法人日本建設機械施工協会中国支部 非会員 竹田幸詞

株式会社加藤組 非会員 原田英司

1. 目的

準天頂衛星システム(QZSS)によるセンチメートル級測位補強サービス(CLAS)を活用した除雪プラウ自動制御に関する研究を実施している^{1), 3), 6), 7)}. ここでは, QZSS/CLAS を活用した除雪プラウ自動制御支援システムの開発と本線トンネル間の連続した橋梁ジョイントを対象としたプラウ自動制御の実証実験について報告する.

2. 除雪プラウ自動制御支援システム開発

本研究における除雪プラウ自動制御支援システムの概要を図1に示す^{1), 2)}. QZSS から配信される CLAS 信号の受信機を除雪トラックに搭載して, リアルタイムでの移動体衛星測位情報の取得を行った. 一方, 事前に車載写真レーザ測量システム(MMS)によるレーザ点群データ計測からベクトルデータ変換処理による橋梁ジョイントや防護柵などの道路施設の3次元情報化処理を行った. これらを統合化したリアルタイム除雪プラウ自動制御支援システムの開発に基づき実証実験を行い, その性能評価を試みた^{1), 2), 3), 6), 7)}.

2.1 準天頂衛星データ処理: 本研究では, QZSS における CLAS と INS (慣性航法システム) との複合測位のために AQLOC 受信機を使用した⁴⁾. 移動体モードの公称測位精度は, CLAS 使用時で水平位置:12cm (95%), 垂直位置:24cm (95%)である²⁾.

2.2 車載写真レーザ測量データ処理: 車載型写真レーザ測量機器によるレーザ点群データの計測を行った. 位置精度は, 水平位置:0.020m, 垂直位置:0.050mである. これらのレーザ点群データから道路施設に関する3次元ベクトルデータの作成を行った⁵⁾.

2.3 リアルタイム2次元/3次元走行動画処理: 速度50km/h程度の除雪トラック作業を想定して, リアルタイム衛星測位データ処理と道路施設の3次元ベクトルデータ処理を統合化した除雪プラウ自動制御支援システム開発を行った. 除雪車両走行中の動画ウィンドウ表示(2次元/3次元), 強調表示, 対象施設までの接近距離に応じてカラーコード化された道路施設表示等のガイダンス, アラート, コントロール(制御)機能を実行できるように設計した^{1), 2), 3), 6), 7)}.

3. 実証実験

実証実験は, 除雪トラックを使用して, 図2に示す中国横断自動車道尾道松江線(高野IC~雲南吉田IC)で実施した. MMSによる図化

データ補正後精度は, 水平方向が平均値0.006m, RMS 0.003m, 垂直方向が平均値0.003m, RMS 0.002mであった.

3.1 プラウ自動制御実験: 今回の実験区間は, 本線下りの杉戸・吉田トンネル間(598m)であり, 2つの橋梁ジョイント: 準天頂衛星システム, CLAS/INS, MMS, 測位精度, プラウ自動制御

連絡先: 〒731-5193 広島市佐伯区三宅2-1-1 広島工業大学環境学部地球環境学科菅雄三研究室 TEL: 090-8993-9601

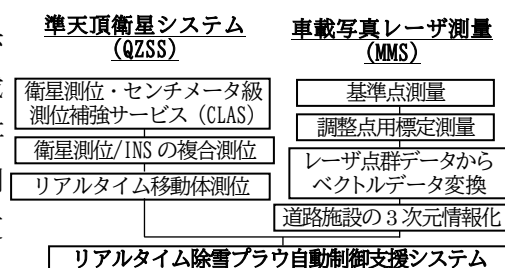


図1 除雪プラウ自動制御支援システム¹⁾



図2 実験対象地域（広島県庄原市）
（一社）三次市観光協会



図3 プラウ制御アラート位置

ジョイントが 245m 間隔で設置されている。支援システムから対象物手前 100m のアラート信号をプラウ制御装置に送信，車速から障害物までの距離と時間を算定する（図 3）。1 つ目の橋梁ジョイントでは，速度 51.6km/h で実際の接近アラート(100m)は，ログの時刻(23:13:20.546)から橋梁ジョイントの 98.39m 手前から開始していた。図 4(a)はプラウ上昇点(楕円：送受信時)である(○：10HzNMEA データ間隔)。ログの時刻(23:13:27.143)から橋梁ジョイントの 10.89m 手前から開始していた。図 4(b)はプラウ下降点(楕円：送受信時)である(○：10HzNMEA データ間隔)。ログの時刻(23:13:28.244)から橋梁ジョイントの 2.51m 先から開始していた。また，2 つ目の橋梁ジョイントでは，速度 46.0km/h で実際の接近アラート(100m)は，ログの時刻(23:13:40.047)から橋梁ジョイントの 97.79m 手前から開始していた。プラウ上昇点(送受信時)は，ログの時刻(23:13:46.644)から橋梁ジョイントの 11.89m 手前から開始していた。プラウ下降点(送受信時)は，ログの時刻(23:13:47.734)から橋梁ジョイントの 2.01m 先から開始していた。

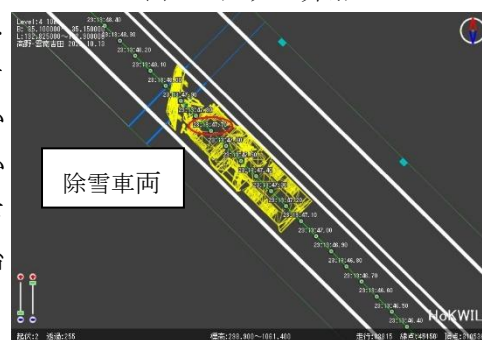
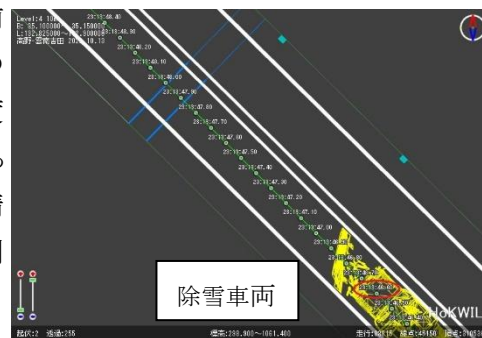


図 4 除雪トラックプラウ自動制御 (通過速度 51.6 km/h)

3.2 走行実験：対象路線（下り：杉戸トンネル(506m), 吉田トンネル(1,627m)が連続）において速度 46.0～51.6km/h での走行実験を行った。トンネル走行中 (CLAS/INS 複合測位) では漸近的に走行軌跡変位が

生じて，出口付近で約 2～4m であったが，本支援システムによりリアルタイムでの補正処理が正常に実行されたことを確認した。また，障害物（橋梁ジョイント）までの距離に応じたガイダンス，アラート（音声，カラーコード），プラウ自動制御（昇降）が実行され，本支援システムの正常稼働を確認できた。また，車両基地での走行前試験でプラウとグレーダーの連携動作を確認した。本線走行試験ではグレーダーの昇降状況をビデオ映像で確認したが，ログが正常に取得できていなかったため，接続処理の再検証が必要である。

4. まとめ

本報告では，速度 50km/h 前後での装置連携およびトンネルと橋梁ジョイントの連続する走行車線において本支援システムによるリアルタイムデータ処理が正常に機能していることを確認できた。特に，トンネル間で連続する橋梁ジョイントでのプラウ昇降状況をログデータおよびビデオ撮影映像から定量的評価に基づいて確認ができた。

今後は，受信機性能(受信環境等の影響)やプラウ・グレーダー制御装置と除雪車両の機械的特性を考慮して，改良・改善を継続する。また，実際の降雪時におけるシステム性能確認のために一連の実証実験を行う予定である。

謝辞

本研究で使用した車両および尾道松江自動車道（口和 IC～雲南吉田 IC）は，「広島工業大学と国土交通省中国地方整備局との包括的連携・協力に関する協定」に基づき三次河川国道事務所から貸与されたものである。

参考文献

- 菅，小西，藤井：リアルタイム位置情報システムを活用した機械除雪支援システム開発，土木学会第 73 回年次学術講演会 IV-187 (pp373-374)，2018. 8.
- 内閣府宇宙開発戦略推進事務局：みちびき（準天頂衛星システム），2018. 11.
- Y. Suga, T. Konishi, N. Fujii：Development of snowplow operation support system using GNSS and QZSS, Proc. SPIE 11156, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications X, 111561P(3 October 2019), doi:10.1117/12.2533135.
- 三菱電機株式会社：準天頂衛星対応高精度測位端末 AQL0C，2018. 12.
- 株式会社日本インシーク：車載写真レーザ測量，2019. 9.
- Y. Suga, K. Nakamura, T. Hiraizumi, N. Usui：Snow Removal Truck Operation Support System Using Quasi-Zenith Satellite System, XVI World Winter Service and Road Resilience Congress, PIARC Calgary, 2022. 2.
- 菅，竹田，原田：準天頂衛星システムを活用した除雪プラウ自動制御の実証実験，令和 4 年度土木学会第 77 回年次学術講演会 IV-15，2022. 9.