

準天頂衛星センチメートル級測位補強サービスを活用した機械除雪支援システム開発と実証実験

広島工業大学 正会員○菅 雄三, 東日本高速道路(株) 正会員 東瀬 克己
東日本高速道路(株) 正会員 佐々木 英雄, 正会員 東 孝幸

1. はじめに

2018年11月から開始された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)は、移動体のためのリアルタイム高精度衛星測位情報の提供を可能にしている。本研究では、QZSS/CLASを活用した機械除雪支援システムの開発ならびにその実証実験について報告する^{1), 2), 3), 4)}。

2. 機械除雪支援システム開発

本研究における機械除雪支援システム開発と実証実験の概要を図1に示す。QZSSから配信されるCLAS信号の受信機を除雪車両に搭載して、リアルタイムでの移動体測位情報の取得を行う。一方、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防護柵などの道路施設の3次元情報化処理を行う。これらを統合化したリアルタイム機械除雪支援システムの開発に基づき実証実験を行い、性能評価を試みた。

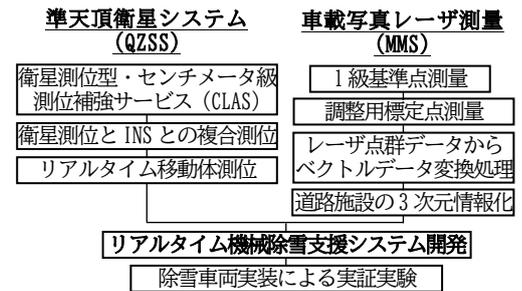


図1 機械除雪支援システム開発と実証実験

2.1 準天頂衛星データ処理: 本研究では、AQLOC-VCX受信機を使用してGNSS(GPS, Galileo, QZSS)による衛星測位とINS(自律航法システム)との複合測位を行った⁵⁾。測位結果として、世界測地系(WGS-84)に基づく緯度/経度等が配信される。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%)であり、ネットワーク型RTK使用時で水平位置:3cm(95%),垂直位置:6cm(95%)である。CLASは、全国(12エリア)をカバーするためにデータ圧縮が行われ、測位補強情報は1セット30秒で配信される。除雪車両に搭載のAQLOC-VCX受信機からデータ出力周期10Hzで測位情報がNMEAフォーマットにより出力される。

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(MMS:RoadScanner4)によるレーザ点群データの計測を行った⁷⁾。MMSでは、車両上部に搭載したGNSS+IMUによる慣性航法装置を使用し、同期取得したレーザ測距データと写真データを座標展開する。レーザ取得点数は、100万点/秒×2台(360°回転ミラー式)、カメラ画素数は、500万画素×6台の全天周(360°)で、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。

2.3 リアルタイム2次元/3次元動画処理: CLASを用いたリアルタイム衛星測位データ受信処理システム開発を想定して、システム設計を行った。また、速度50km/h程度の除雪トラック作業等を想定した開発により、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とを統合化した機械除雪支援システム構築を行った。除雪車両走行中に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の表示ならびにガイダンス及びアラート機能等を実行できる³⁾。

3. 実証実験

実証実験は、図2に示す関越自動車道の小千谷ICと越後川口IC間の約8kmを対象とした。図3に示すように除雪車両に受信機及びアンテナ(○印:前輪軸中央部と後輪軸中央部)と本システムを実装して、性能評価を行った(2019年12月26日実施)。



図2 実証実験対象路線(関越自動車道)
(出典:地理院地図)

キーワード 除雪トラック, GNSS, QZSS, MMS, CLAS/RTK-INS, リアルタイム2D/3D動画処理

連絡先 〒731-5193 広島市佐伯区三宅2丁目1-1 広島工業大学環境学部地球環境学科 TEL082-922-5204

対象路線に沿って1級基準点測量(6点)を行った⁶⁾。水平位置精度は8mm~11mm, 標高精度は10mm~14mmであった。これに基づき, MMS観測によるレーザ点群データからベクトルデータ変換処理のための調整点測量(56点)を行った。水平位置精度は9mm~43mm, 標高精度は2mm~8mmであった。この内, 路線に沿って概ね均等に配置された16点(図2)を用いて, 水平位置27mm, 垂直45mmの精度でレーザ点群データの調整処理を行った。これに基づき, 道路施設の21項目について3次元ベクトルデータを作成した。

1級基準点における衛星測位との差異は, 水平方向31mm, 垂直方向23mmであった。走行試験では, GNSS衛星測位/INS複合型による連続測位を行った。図4に示すように上空の見通しの良い走行車線では, RTK測位(FIX)情報が正常に受信処理され, 3次元道路施設情報とともにリアルタイム処理された。一方, 受信状況の影響等によりトンネル出口で約35m~170m(前輪軸中央部)及び約20m~60m(後輪軸中央部)の位置ずれ(移動体の軌跡(FIX値)からの横断方向の水平距離)が生じていた。また, トンネル通過後, RTK測位(FIX)までに60秒~113秒(前輪軸中央部), 42秒~59秒(後輪軸中央部)程要した。点検確認として, 越後川口IC付近での除雪車両位置と縁石との水平距離の差異(衛星測位値とテープ実測値)は3.6cm~21.6cm(前輪軸中央部), 4.3cm~6.9cm(後輪軸中央部)であった。また, RTK測位でFIXした点(上り:2,570点, 下り:3,622点)から算定した前輪軸中央部と後輪軸中央部アンテナ位置における衛星測位の差異(水平位置)は, 20.8cm(上り:平均値)及び2.6cm(下り:平均値)であった。

4. まとめ

本研究では, 準天頂衛星システムを含むGNSS衛星測位技術と車載写真レーザ測量技術とを統合化したリアルタイム機械除雪支援システムの開発を行った。実証実験では, 本システムを除雪車両に実装して, 準天頂衛星のCLAS測位精度とMMSによる3次元道路施設データとの精度検証を行い, 両者の統合化システム開発に際しての指針を明示した。なお, GNSS衛星測位/INS複合型では, トンネル部前後付近での受信状況の影響等による位置ずれに対する改良が必要である。

今後, 衛星測位受信機の改良や高性能化に沿って, 支援システム開発の継続ならびに実証実験を実施して, 高速・高精度リアルタイム処理性能の向上を目指す。また, MMS計測による3次元ベクトルデータの高速・高精度処理性能の改良を行う。これらに基づき, GNSS/MMS統合化システムの高速・高精度リアルタイム処理性能(2次元/3次元動画)の改良を行い, マシンガイダンスに続くマシンコントロール装置との接続処理による機械除雪作業の効率化について検討する。

本研究は, 東日本高速道路株式会社新潟支社との共同研究「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/NEXCO東日本仕様」の一環として実施されたものである。

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
- 東日本高速道路株式会社新潟支社, NEXCO機械除雪の現行仕様, 2018. 12.
- 三菱電機株式会社, 準天頂衛星対応高精度測位端末AQLOC, 2018. 12.
- 復建調査設計株式会社, 基準点・標定点(調整点)測量, 2019. 7.
- 株式会社日本インシーク, 車載写真レーザ測量, 2019. 9.



図3 実証実験用除雪車両
(東日本高速道路(株)新潟支社)



図4 リアルタイム機械除雪支援システム
(2次元/3次元動画処理画像)