

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

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)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^{1),2),3)}。本研究では、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ならびにそ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。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う。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う。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。

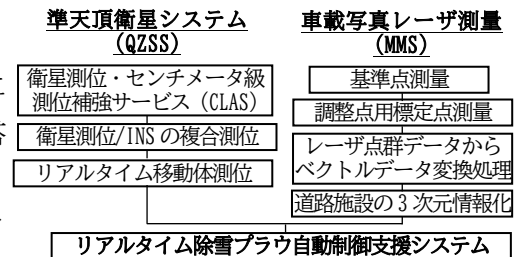


図1 除雪プラウ自動制御支援システム

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⁾。複合測位では、世界測地系(WGS-84)に基づくX,Y,H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(MMS:RoadScanner4)によるレーザ点群データの計測を行った⁵⁾。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、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次元走行動画処理：CLAS/INS複合測位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、コントロール機能を実行できるように設計した³⁾。



図2 除雪トラック (国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所)

3. 実証実験

実証実験は、図2に示す除雪トラックを使用して、中国横断自動車道尾道松江線(高野IC~雲南吉田IC:約20km)において実施した。現地測量では、1級基準点測量に基づき3級基準点測量(調整点用標定測量)を実施した。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,RMS0.003m,垂直方向が平均値0.003m,RMS0.002mであった。

キーワード：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:082-922-5204

3.1 プラウ自動制御実験：実験手順は、支援システムから対象物手前100mのアラート信号を制御装置に送信、車速から障害物までの距離と時間を算定する。図3に示す本線28.0KP付近においてプラウ昇降試験を行った。図3(a)は速度37.3km/hで対象点手前を通過および図3(b)は対象点手前1.5mでプラウ上昇させて、支援システムの正常稼働を確認した。



(a) プラウ上昇点手前



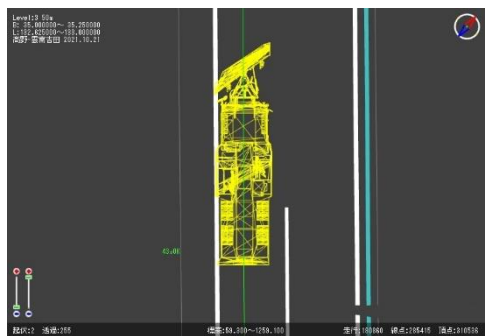
(b) プラウ上昇点

図3 除雪トラックプラウ自動制御
(28.0KP 付近通過速度 37.3km/h)

3.2 走行実験：対象路線（下り路線長：約20km、大万木トンネル(4,878m)、杉戸トンネル(506m)、吉田トンネル(1,627m)が連続)において速度約70km/hでの走行実験を行った。図4に示すように下りオープンスカイ区間において、左白線を基準とした後輪タイヤ位置について走行時の撮影写真(図4(a))と支援システム(図4(b))により計測した差異は、約2~12cmであった。一方、トンネル通過中(CLAS/INS複合測位)においては除雪トラックの走行軌跡変位が漸的に生じて、出口付近で約0~20mであった。また、トンネルを抜けてCLAS/INS複合測位が回復するまでに約50~60秒要していた。図5は、本支援システムによりリアルタイム処理された2次元/3次元走行動画である。障害物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)、プラウ自動制御が実行され、支援システムの正常稼働を確認した。



(a) 撮影写真



(b) 支援システム計測

図4 除雪トラック走行試験

4. まとめ

CLAS/INSの公称精度とほぼ同等に準天頂衛星データ処理、MMSデータ処理、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が確認できた。受信環境の違い(オープンスカイ区間、法面、オーバブリッジ、トンネル入口・出口等)による測位精度のばらつきがみられた。

今後は、受信機性能(受信環境等の影響)やプラウ操作器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。これに基づき、プラウ自動制御支援システム開発を行う予定である。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

本研究で使用した除雪トラックは、「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」に基づき国土交通省中国地方整備局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 AQLOC, 2018. 12.
- 株式会社日本インシーク, 車載写真レーザ測量, 2019. 9.

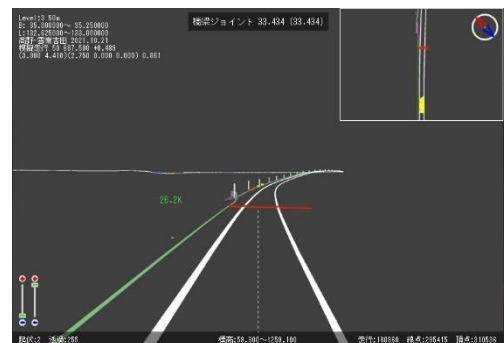


図5 リアルタイム2次元/3次元走行動画