

マルチ GNSS 端末を利用した労働生産性向上のための検証結果報告

西武建設株式会社 正会員 ○須長真介, 金野直樹, 小倉渉, 神保楓実
第一電子株式会社 三木武

1. はじめに

本検証は、「建設現場の生産性を飛躍的に向上させるための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」にて採択された技術である。準天頂衛星（以下、QZSS）対応のマルチ GNSS 端末を利用した、より高精度なサブメータ級の測位情報を用いて、実現可能な技術の確立と労働生産性を向上させる方法を検討することを目的とする。

2. 技術内容

2.1 衛星測位の仕組み

衛星測位は4機以上の人工衛星（GPS/GLONASS/QZSS）が必要となる。3機が人工衛星と計測地点との距離を電波により算出し、1機がクロック誤差を解消するため、衛星間距離と時刻信号（原子時計）を同調させ算出距離の調整を行う。この調整された算出距離を半径とした球面の交点が測位位置となる。（図-1）

また、従来 GPS は、この位置調整・時刻同調に30秒を要するため、地上で誤差調整した測位情報を受信機が得るのは30秒に1回となる。

2.2 測位情報における従来 GPS との比較

従来 GPS の誤差は、クロック誤差の他に電離層による電波の信号屈折、天候、周辺地形・周辺構造物等の影響（マルチパス）、衛星の不足・配置等の影響を受け、 $\pm 10\text{m}$ 程度の誤差が生じる。（図-2）

対して、本端末は、QZSS の衛星測位情報に加え、L1S 補強信号が受信可能である。L1S 補強信号は国土地理院が保有する全国1300箇所の電子基準点から観測されるデータ及び気象情報から精製させる。使用電波は GPS と同じ L1C/A であり、QZSS に常時送信されている。この補強信号が GPS・QZSS の電波を補正するため、本端末には、位置調整・クロック誤差・電離層・天候等による影響が補正された測位情報が、毎秒数回の間隔で受信される。（図-3）

また、QZSS は GPS と同様の測位計測衛星であるため、観測衛星が増となり、衛星不足が解消される。さらに、衛星軌道は、ほぼ日本直上となるため、マルチパスの影響が受けにくくなる。

よって、サブメータ級の誤差精度（ $\pm 2.0\text{m}$ ）の測位を得ることが可能となり、従来 GPS と比べて、高精度かつタイムラグのない測位情報を得られる。

2.3 速度における従来 GPS との比較

従来 GPS は30秒に1回の測位となるため、測位情報が無い区間は、方向算出をジャイロセンサー、速度算出を加速度センサー・車速センサーにより推定している。この方法は、直線区間については特に問題はないが、急カーブや複雑な動作は推定が狂い、実状と合わない場合がある。また、測位精度が $\pm 10\text{m}$ と大きいため、特に低速走行時の状況把握が難しい。

本端末では、測位情報を毎秒で取得できるため、複雑な地形や動作に対して

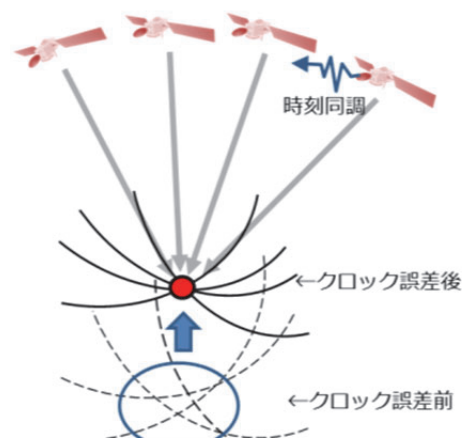


図-1 誤差調整イメージ図

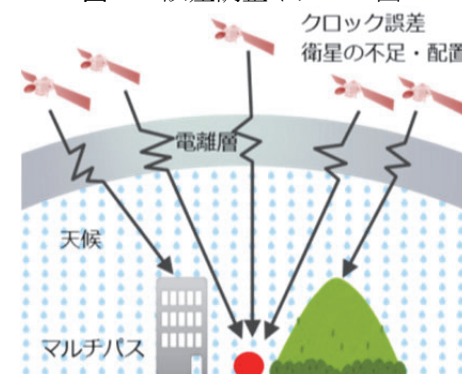


図-2 GPS 誤差イメージ図

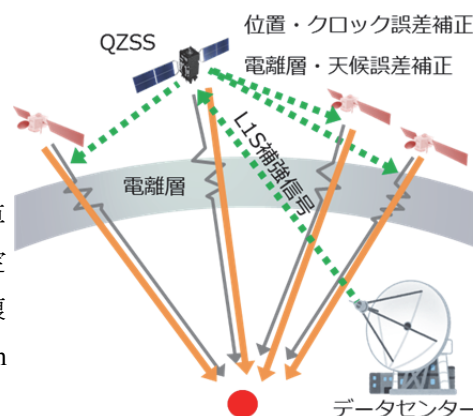


図-3 L1S 補強信号仕組み図

キーワード 準天頂衛星, QZSS, GNSS, L1S 補強信号, L1C/A, PRISM

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-2 Tel:04-2926-3811 E-mail:s-sunaga@seibu-const.co.jp

車輛等の詳細な位置をプロットし、方向や速度が算出できる。また、位置精度が高いため、停車や徐行から滞留状況の把握が可能となる。これら従来 GPS との違いを踏まえて、現場実証実験において、位置精度・車輛進行方向の確認・算出速度の精度確認・滞留検出結果の妥当性確認を実施した。

3. 現場実証実験方法及び結果

3.1 現場状況

現場は約 1.0km の仮栈橋区間と一般道を工事用車輛が通行する区間である。

工種は残土搬出と盛土材搬入であり、仮栈橋を除いた区間は残土搬出が約 5.0km、盛土材搬入が約 2.5km である。仮栈橋は徐行区間が細かく設定されており、制限速度は 5・10・20km/h の 3 パターンとなる。(図-4)

3.2 位置精度・車輛進行方向の確認

計測は 3 日間実施し、一般道で 3 箇所・徐行区間は制限速度毎に 1 箇所ずつの計 6 箇所を実施した。測位情報はトラッキングサービスにより、タブレット端末を使用して確認ができるため、目視により確認を行った。

検証の結果、実際の車輛進行方向・位置は、ほぼ測位情報と同位置であり、問題はなかった。

3.3 速度精度の確認

速度計測は位置精度・車輛進行方向確認時と同時に計測した。

使用機材は、一般道ではスピードガン、徐行区間はテープで距離を計測し、通過所要時間を計測した。集計結果を表-1 に示す。

同表より、徐行区間は、平均速度・速度誤差平均値・標準偏差値が 1.0km/h 以下となっている。また、一般道では全測定地点において、平均速度は 1.0km/h 以下、速度誤差平均値・平均偏差は 2.0km/h 以内に収まっており、これはスピードガン本体の誤差を考えると非常に正確であると考えられる。

速度の誤差範囲を X 軸、誤差範囲内に入る件数を Y 軸としたヒストグラムを図-5 に示す。同図より、全体累計は誤差 0 付近が最も多いことが分かる。

よって、測位情報から算出した速度は実状と相違がないと考えられる。

3.4 滞留状況の確認

位置情報から滞留ヒートマップを作成した。1 日の滞留状況から最大滞留時を抽出し、工事用車輛台数が最適であるか検証する。ただし、本現場は土工事が終盤であり、検証段階において車輛台数が既に最適化されている状態である。このため、本検証は、滞留状況の確認と現段階の最適化の妥当性を確認した。検証は全計測日(37 日間)で実施した。図-6 に車輛台数が最も多い 2019 年 1 月 7 日の実施結果を示す。現場では 9 時 3 分に滞留が発生したが、3 分後には解消されていることから、現在の車輛台数は余剰しておらず、最適化されていると判断できる。また、その他の計測日についても最大で 5 分程度の滞留であった。

4. まとめ

検証の結果、本受信機では正確な位置情報・速度・滞留状況を得ることができた。図-6 滞留状況ヒートマップ特に滞留状況の確認では、工事着手時において車輛台数を最適化することで、労働生産性に寄与できる技術と考えられる。また、コンクリートミキサー車に搭載し時間管理することによる品質管理や安全性の向上、環境負荷低減等にも利用可能である。今後はアプリケーションの開発を進め、より使いやすいシステムに改良していく。

【謝辞】本検証は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けたものです。ご協力頂きました関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

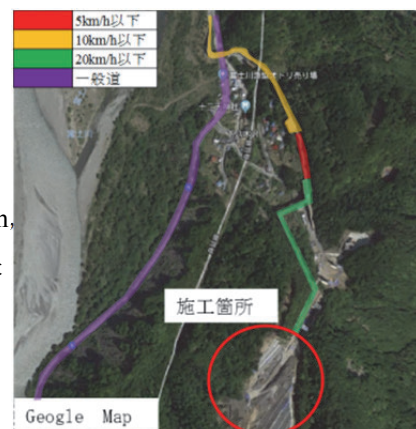


図-4 仮栈橋制限区間

表-1 速度計測結果一覧表

計測区間	計測数	平均速度		誤差平均値		標準偏差	
		受信機	実測	相対値	絶対値	相対値	絶対値
5km/h区間	66	5.8	6.0	-0.15	0.53	0.68	0.45
10km/h区間	47	6.4	6.7	-0.24	0.49	0.61	0.43
20km/h区間	61	7.6	7.4	0.15	0.45	0.57	0.38
徐行区間全体	174	6.6	6.7	-0.07	0.49	0.64	0.42
一般道A	42	37.7	37.6	0.08	0.79	1.11	0.78
一般道B	54	42.8	41.9	0.94	1.25	1.27	0.97
一般道C	57	37.1	36.8	0.31	1.31	1.71	1.14
一般道全体	153	39.3	38.8	0.47	1.14	1.46	1.02
全範囲	327			0.18	0.80	1.13	0.83

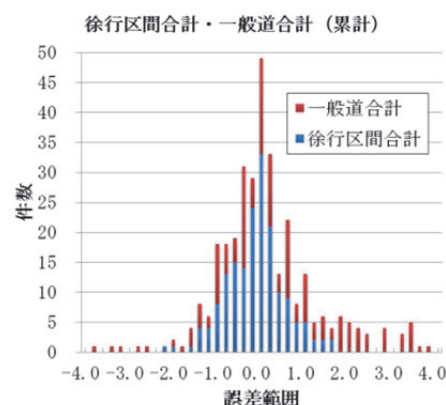


図-5 速度誤差ヒストグラム

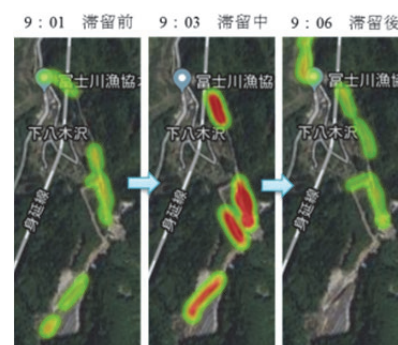


図-6 滞留状況ヒートマップ