

25. 重機土工におけるネットワーク型 RTK-GPS の有効性検討

(株)間組 機電部 ○武石 学
(株)間組 機電部 榎本 教隆
(株)間組 技術研究所 黒台 昌弘

1. はじめに

道路施工などの土工事において、位置情報（座標）の取得は GPS を用いた測位が一般的になりつつある。この測位方法には単独測位と相対測位があるが、稼働重機の位置情報データは、リアルタイムで高い精度が要求されるため、相対測位方式の一種である RTK(Real Time Kinematic)-GPS を用いることが一般的である。この方式は、座標既知点である固定局（施工エリア内外に配置される）からその地点の位置座標と観測データを、無線等を利用して移動局に送信し、移動局では送られてくる固定局の観測データと自局の観測データを利用して即座に移動局における位置情報を求めるものである。

しかし、道路土工などのような施工延長が長い場合には、GPS 受信機等の機材を複数台配置することが必要になるので、安全管理の問題や、固定局と移動局との位置補正データの良好な通信手段の確保などの課題があった。

本稿では、東北地方の道路施工現場において、上述の課題を解決すべく新たに導入した「ネットワーク型 RTK-GPS(VRS 方式)」について、土木施工分野での有効性について報告するものである。

2. ネットワーク型 RTK-GPS (VRS 方式)

ネットワーク型 RTK-GPS とは、複数の固定局の観測データを利用して、固定局と移動局の距離に関係なく、短距離基線の RTK-GPS と同等の精度を実現する測位方式である。複数の固定局のデータとして、国土地理院が運用し民間に開放している全国に約 1,200 点の電子基準点網 (GEONET) の電子基準点リアルタイムデータを利用する。

VRS (Virtual Reference Station) とは「仮想基準点」と直訳される。その測位方法は、観測地点の GPS 測位情報(単独測位値)を、携帯電話通信網を利用して配信事業者に送信し、配信事業者は国土地理院から提供される電子基準点データを元にその観測点近郊に仮想基準点を構築する。移動局ではこの仮想基準点に対する補正情報等を配信事業者から受信し、移動局観測データと補正情報から基線解析を行うものである (図-1)。

測位機器は、①観測点に配置される GPS 受信機、②GPS 受信機を制御するためのコントローラ、③配信事業者との通信を可能とする通信モジュールで構成される (図-2)。

3. VRS 方式を重機土工に利用する際の問題点

VRS 方式は定点観測が主体の基準点測量の分野では近年活発に利用されているが、連続的に速度をもって移動する車両や船舶に搭載しての適用事例は少ない。その要因としては以下のような問題を含んでいるためであると考えられる。

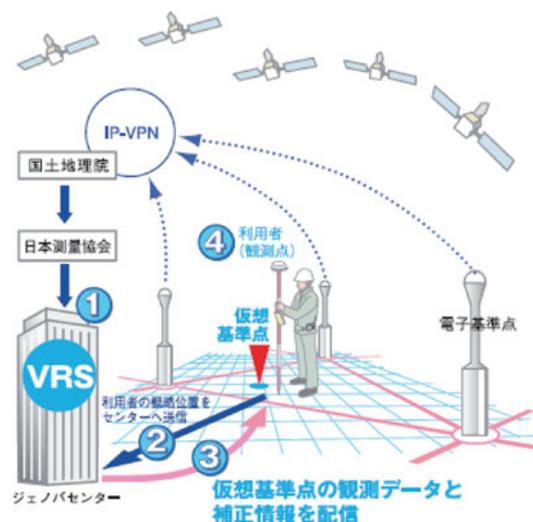


図-1 VRS方式のイメージ (ジェノバ社 HP より)

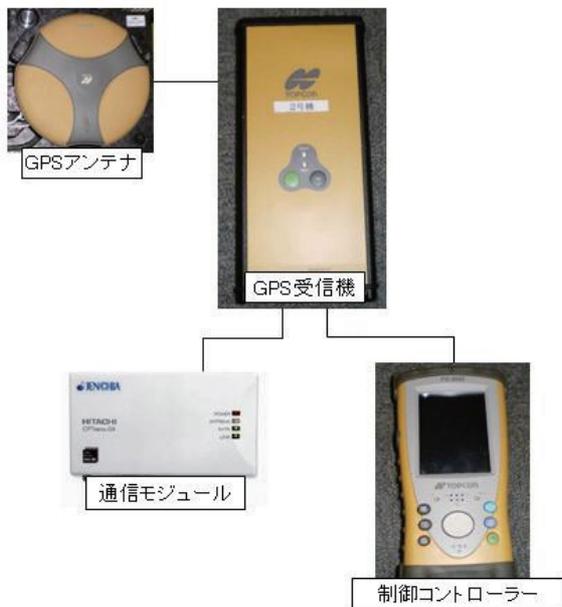


図-2 VRS方式システム構成

- 1)電子基準点ベースの位置計測となるため、TSなどを用いた現地測量結果との整合が取れない場合がある。
- 2)仮想基準点データは近隣の複数の電子基準点データから生成されるが、その位置はGPS受信機を初期化した場所に規定される。初期化した位置が実際に施工する場所から大きく離れていた場合には、位置計測精度や座標再現性が劣化する恐れがある。
- 3)専用回線ではない一般的な携帯電話通信網を利用して仮想基準点に関連した補正情報が配信されるため、通信状況や配信データ量によってはデータ遅延や不達が生じる可能性がある。このことにより、GPS受信機には時間遅れに対応したRTK演算機能が組み込まれているが、重機走行を考慮した正確な位置計測ができない可能性がある。
- 4)VRS方式では固定局機材が不要となるが、一方で補正情報の配信を受けるために、携帯電話通信料と補正情報利用料が従量的に課金される。このことから、運用期間にもよるが、既に固定局機材を保有しているユーザーにはVRS利用の経済的メリットが少ない場合がある。

4. VRS方式の測位精度の確認

VRS方式を重機土工に採用するため、上記の問題点の内、1) 2) の2点について現地実験を実施したので、以下に報告する。

導入予定現場は山間部であったことから、

あらかじめ現場周辺における携帯電話の通信状況について調査を行い、現場全域において良好であることを確認した。また、配信事業者からの電子基準点データ等の送信には、RTCM3.0フォーマットを利用してデータ量を縮減し、通信費を削減するとともに確実なデータ受信を試みた。

4.1 精度確認方法

(1)実験1(問題点1)に対応)

仮想基準点を構築した後に、現場内の任意点において10分間1秒間隔の観測を行いX,Y,Z座標の偏差を確認するものである。

「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)」では、使用するGPSの性能確認の方法として、データ取得間隔1秒、5分間の観測を実施することとしており、これに準じた観測とした。

(2)実験2(問題点2)に対応)

導入現場は施工延長が約2kmにおよぶ長い区間での施工となることから、構築される仮想基準点の生成位置の変化による誤差を次の①～③の3ケースについて確認した。仮想基準点生成位置とは初期化作業を実施した位置となる。

- ①観測を行う各点で、初期化を行う。
- ②工区始点側で初期化を行い、始点側と終点側で観測を行う。
- ③工区終点側で初期化を行い、終点側と始点側で観測を行う。

なお、「公共測量作業規程の準則」におけるVRS方式の運用基準を参考にして、ここでの観測条件を表-1のように設定した。

表-1 観測セット内の条件

受信衛星数	5衛星以上
観測回数	FIX解を得てから10エポック以上
データ取得回数	1秒



写真-1 精度確認状況

4.2 測量結果

(1) 実験 1 の結果

各座標の測定値の変化を図-3 から図-5 のグラフに示す。また、平面座標 (X,Y 偏差) を図-6 に示す。「TS・GPS を用いた盛土の締固め情報化施工管理要領 (案)」に示され

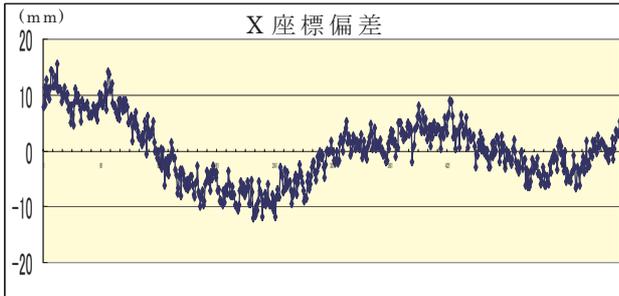


図-3 X 座標偏差

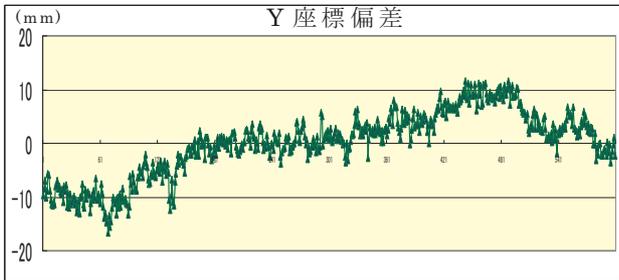


図-4 Y 座標偏差

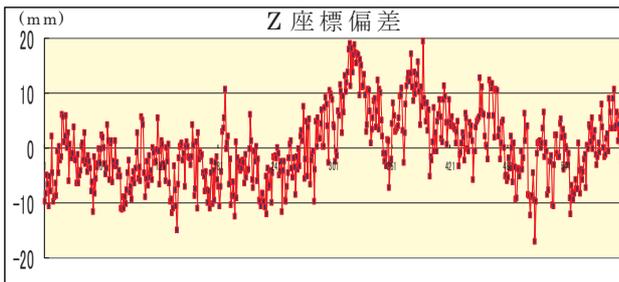


図-5 Z 座標偏差

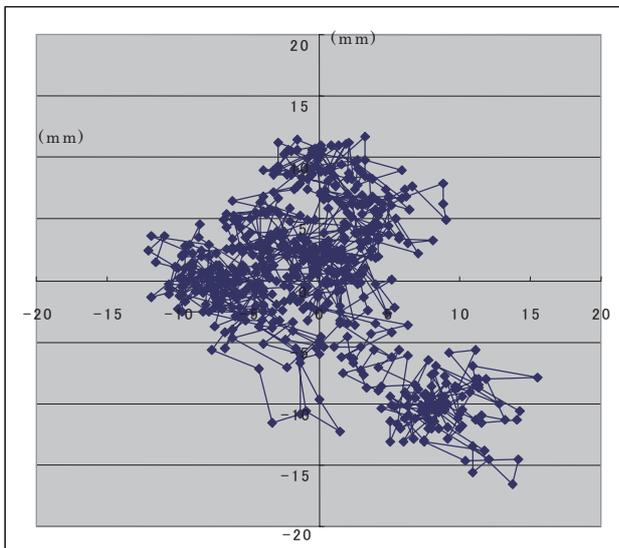


図-6 平面座標 (X, Y 偏差)

ている制限値, $\pm(20\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$ に 3 成分とも含まれていることが確認できる。ここで, $2\text{ppm} \times D \approx 0$ である。

(2) 実験 2 の結果

観測位置は現場内の既知の基準点および水準点から選定した。工区始点側で S-1 と S-2 の 2 点, 終点側で E-1~E-3 の 3 点である(図-7)。

観測は表-1 に準じて行い, 各点 2 セットの平均値と既知座標とを比較した。

前述のように初期化する位置変えながら, その 5 点を VRS 方式で観測し, 初期化位置による差異を確認した。観測した結果を表-2 から表-4 に示す。

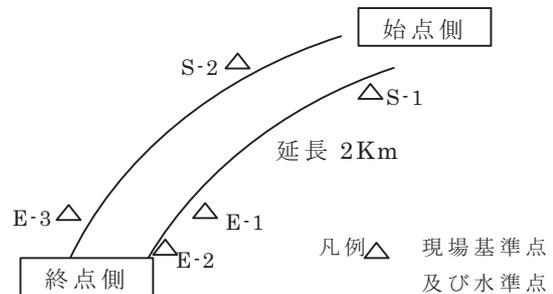


図-7 観測位置図

表-2 ①観測各点にて初期化した場合(単位:m)

測点	X 座標較差	Y 座標較差	Z 座標較差
S-1	-0.031	-0.003	-0.011
S-2	-0.013	-0.021	-0.025
E-1	-0.008	-0.005	-0.047
E-2	-0.001	-0.013	-0.027
E-3	-0.025	-0.009	-0.052
Ave	-0.016	-0.010	-0.032

表-3 ②始点側で初期化した場合(単位:m)

測点	X 座標較差	Y 座標較差	Z 座標較差
S-1	-0.014	0.000	-0.031
S-2	+0.002	-0.014	-0.015
E-1	+0.008	-0.011	-0.008
E-2	-0.006	-0.018	-0.003
E-3	-0.003	-0.007	-0.017
Ave	-0.003	-0.010	-0.015

表-4 ③終点側で初期化した場合(単位:m)

測点	X 座標較差	Y 座標較差	Z 座標較差
S-1	-0.001	+0.012	-0.029
S-2	+0.008	+0.011	-0.045
E-1	-0.006	-0.018	-0.007
E-2	-0.010	-0.009	-0.016
E-3	+0.021	-0.006	-0.024
Ave	-0.008	-0.002	-0.024

表-2 から表-4 に示すとおり、各成分の較差は-0.002m～-0.032m の間で分散しており、初期化位置に対して有為な差異は認められない。

「公共測量作業規程の準則」では X,Y 座標で 20mm, Z 座標で 30mm という規定を設けており、X,Y 座標については概ねそれを満足しており、Z 座標ではそれを満足できない観測も 2,3 点みられる。その原因としては、データ通信遅延などによる座標演算の誤解析などが考えられる。

また、前出の問題点 3)4)については、当該現場においては、RTCM3.0 によるデータ受信としたことで、実験 1 と 2 を通じて、データ遅延や不達は確認できなかった。従来から利用されている配信事業者からの補正情報は RTCM2.3 であり、今回利用した RTCM3.0 はデータ量として 1/3 程度に圧縮されていることから、通信に利用するパケット量が軽減されたこともデータ遅延が生じなかった要因として考えられる。

以上の実験結果より、VRS 方式は精度の高い観測を可能とし、道路土工における敷き均しや振動締め固め等の重機の位置情報をリアルタイムで観測する方式として従来の RTK-GPS 測位方式と同様に十分活用ができる方式であることが確認できた。

4.3 VRS 方式運用上の課題

本稿で示したように静止定点観測の計測精度は諸規定に対応させて評価しても問題ない値を示した。今後、移動体（重機）に搭載してその位置計測を行っていくためには次のような課題が挙げられる。

(1) 携帯電話利用環境

VRS 方式は固定局が不要であるため、基準局の設置及び維持管理が軽減され、機動性が向上する。しかし、補正情報の通信手段として携帯電話通信網を利用するため、電話会社各社のサービス網の範囲内での VRS 運用とならざるをえない。そこで、携帯電話不通エリアでは有線によるインターネット接続を利用して、仮想基準点データを配信するサービスが開始されており、この導入検討も必要である。

(2) 初期化作業

RTK-GPS 測量では、基準局からの補正情報は無線を通じて移動局側の GPS 受信機に送信され観測が可能となるため、特別な操作を必要としない。しかし、VRS 方式では作業を開始するために仮想基準点を構築する初期化作業を行う必要があり、重機に搭

載する場合には、計測機器の操作に不慣れた重機のオペレータがこの作業を行うことになる。配信事業者との通信接続という初期化作業をより簡易に実施するためのマニュアル化やソフトウェア開発が必要となる。

(3) 仮想基準点の生成位置

実験 2 の結果によれば、延長 2km 程度の現場においては仮想基準点の生成位置が計測精度に及ぼす影響は少ないものと判断できる。そこで、作業位置がある程度の範囲に限定されている作業現場での利用においては、例えば、現場付近の地図情報から得られる任意の緯度経度をもとに、配信事業者サーバー内で仮想基準点を設定することにより初期化作業そのものを省略することも考えられる。



図-8 VRS-GPSシステム構成例（振動ローラ）

5. まとめ

本稿では、ネットワーク型RTK-GPS測位（VRS方式）を、重機土工に利用するための問題点や課題を整理するとともに、基礎的な実験を通じてその有効性を確認した。

今後は実機に搭載して走行中の計測特性を把握するとともに、敷き均し管理や締め固め管理（図-8）へのVRS方式の適用性を確認し、情報化施工の1つのアイテムとして展開して行きたい。

また、VRS方式の重機土工での利用（測量利用も含む）は携帯電話通信に大きく影響を受けることから、通信品質と通信料についての通信各社の理解を業界として求めるとともに、GPS受信機メーカーに対しては、仮想基準点データ等の時刻遅れなどVRS方式特有の問題に対応した重機搭載型VRS対応GPS受信機の開発にも期待したい。