

地盤環境監視におけるリアルタイムディファレンシャルGPSの適用

九州大学 工学部 正会員 江崎哲郎, 齊藤玄敏

学生員 松本信也, 村瀬一隆, ○橋本 淳

1. はじめに

GPS (Global Positioning System) は人工衛星を用いた測位システムである。測点間の相対的位置や変位を3次的に高精度に求めることができるため、精密測量機器として最も急速に普及しつつある。その利用状況を見ると、研究分野では、火山、地震などの理学関係によるものが大半をしめ、土木工学分野における利用は、各種測量、公共測量における基準点測量などの実務分野に限られている。

著者らは、自然災害、開発に起因する災害の防止及び環境への影響を評価するための地盤環境監視システムとしての利用を考えており、これまで雲仙普賢岳火山活動による活断層の移動の監視¹⁾、斜面の移動の監視、埋立て地盤の沈下の動態観測など実際の現場へ適用し、Static法について観測目的、観測条件、要求精度に応じた適応性を明らかにしてきた。

地盤環境監視システムにおいて、移動体の位置をリアルタイムで高精度に求める方法を考えると、従来の単独測位では精度が悪く、Static法は精度は良いがリアルタイムで対応することはできないため、ディファレンシャル方式(以後、DGPSとする。)とリアルタイムキネマティック方式(以後、RTKとする。)が期待される。

本研究では、RTKよりも計測機器が軽量・小型であるDGPSを用いたリアルタイム計測システムを作成し、その測定精度、及び特徴を明らかにすることを目的とする。また、本システムの利用法の一例として、災害の状況調査に利用される空中撮影システムの飛行コースのモニタリングに適用し、その有効性について検討する。

2. リアルタイムディファレンシャルGPS (RTD-GPS)

計測システムの概要

DGPSは相対測位の一つで、基準局と移動局で同時に単独測位を行い、基準局で受信した各衛星からの疑似距離、時刻情報、及び軌道データから誤差を検出し、それを基に移動局が受信したGPS信号を補正することで単独測位では除去できない誤差要因(軌道情報のずれ、地球大気、電離層の影響等)を取り除き、より高い精度で位置を求める方式である²⁾。この方式では補正情報を基準局から移動局へ無線で転送することによって、リアルタイムで移動局の位置を求めることが可能になる。

Fig.1に本研究で用いたRTD-GPS計測システムの構成を示す。GPS受信機は基準局に4000SSE-GSS/U (Trimble Navigation社製)、移動局にGeoExplorer (同社製)を用いている。無線装置は特定小電力タイプの送・受信機(八重洲無線機(株): YR-211, YTR-211)を2組用い、それぞれ、ディファレンシャル補正情報を基準局から移動局への送信に、ディファレンシャル補正後の測位結果を移動局からパーソナルコンピュータ(以下、PCとする。)への送信に使用する。PCに送信された測位結果は、リアルタイムで画面上に出力され、移動局の軌道をモニタリングできる。

通常のRTD-GPS計測システムでは、移動局側で測位結果のモニタリングを行うが、本計測システムのように無線で移動局からPCに測位結果を送信することにより、遠隔で測位結果のモニタリングができ、人が立ち入れないような場所でも計測することができるようになる。

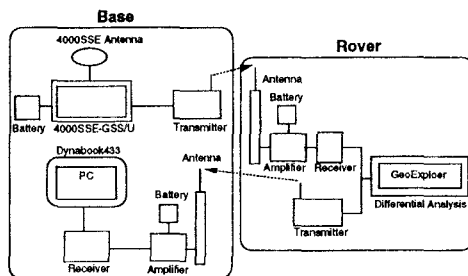


Fig.1 Real time differential GPS system.

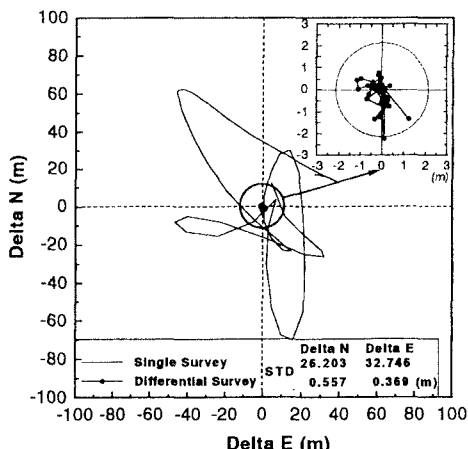


Fig.2 Horizontal deviation with respect to time using single and differential survey.

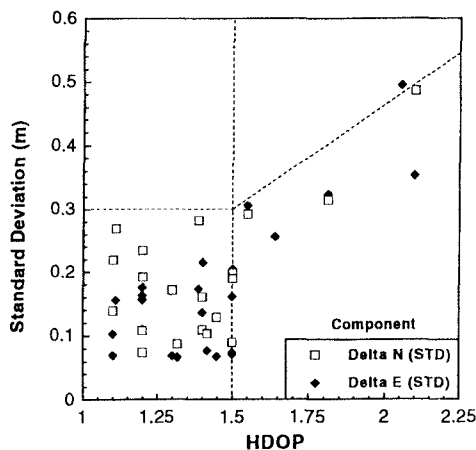


Fig.3 A relationship between standard deviation and horizontal dilution of precision.

3. DGPS の基礎実験

3. 1 実験内容

2章で示したRTD-GPSの計測システムの基本的動作ならびに精度の確認のため、九州大学構内において次の3つの基礎的な実験を行った。

実験1: Fig.1の基準局と移動局を約80m離して設置し、約30分間、1秒間隔で計測を行ない、単独測位とDGPSによる精度の比較を行う。

実験2: 実験1と同様に基準局と移動局を設置し、約6分間、24回計測を行い、DGPSで得られる計測値の再現性を確認する。

実験3: 移動局を一定速度で移動させ、軌跡の変動を確認する。

3. 2 静止状態でのDGPSの精度

実験1の結果をFig.2に示す。図中、実線は単独測位、●はDGPSの計測結果である。Static法で求めた座標値を真値として、この値から一秒ごとの計測値の経時的な誤差を示している。単独測位の測定精度は、南北方向に標準偏差で26.2m、東西方向に32.7mに対し、DGPSでは南北方向に0.6m、東西方向に0.4mと大きく精度が向上している。また、DGPSでは一秒ごとに得られる計測値の真値からの誤差は2m以内に低減される。

実験2の結果をFig.3に示す。DGPSの標準偏差とHDOP(水平精度低下率)との関係を示す。HDOPは、衛星配置の良否に応じた水平方向の計測値に含まれる誤差指標の一つであり、衛星配置が悪いときHDOPは大きな値になる。図より、HDOPが1.5以下の場合、測定精度は標準偏差で0.3m以内と一定し良好な結果が得られるのに対し、1.5以上になると測定精度は徐々に低下する。従って、HDOPが1.5以下の衛星配置で計測を行うことが望ましい。

3. 3 移動速度に対するDGPSの精度

実験3の結果をFig.4に示す。図は移動局をX方向に移動させた時の軌跡を示している。無人ヘリコプターが空中撮影を行うときの飛行速度が20km/h以下であることから、移動速度は2.5, 10, 15, 20km/hと設定した。図より、移動速度が20km/h以下では、軌跡の誤差は移動速度に依存せず、2m以内の精度で移動体の軌跡を求めることができる。

4. 空中撮影システムの飛行軌跡のモニタリング

4. 1 計測地および計測方法の概要

長崎県普賢岳近郊において、空中撮影システムの写真撮影位置を決定するために、RTD-GPSで無人ヘリコプターの飛行軌跡のモニタリングを行った。同時に自動追尾型トータルステーション(トプコン社製:以後、AP-L1とする。)による飛行軌跡のモニタリングも行った。RTD-GPSによる計測では、Fig.1の基準局側を砂防ダム堤体上に、移動局側を無人ヘリコプターに設置し、AP-L1による計測では、トータルステーションを砂防ダム堤体上に、ミラーを無人ヘリコプターの水平尾翼下部に設置した。

4. 2 計測結果

Fig.5にRTD-GPSとAP-L1によって得られた無人ヘリコプターの飛行軌跡と写真撮影位置を示す。図は縦軸を北方向、横軸を東方向としている。RTD-GPSでは、途中無線が切れたため単独測位になっている部分があるが飛行軌跡はほぼ完全に求めることができていた。一方、AP-L1では、無人ヘリコプターの旋回や、樹木によって視通が断たれたため飛行軌跡は途中までしか得られていない。RTD-GPSとAP-L1で共通に得られている飛行軌跡(写真撮影を行った部分)を比較すると、両者はほぼ一致している。

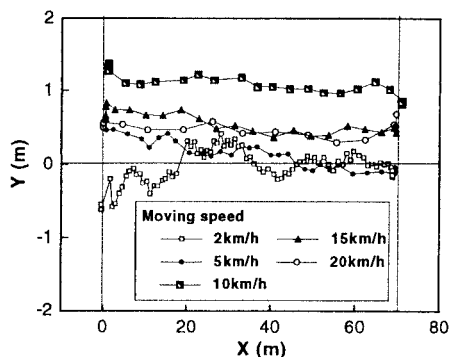


Fig.4 Locus of rover points using differential survey for each moving speed.

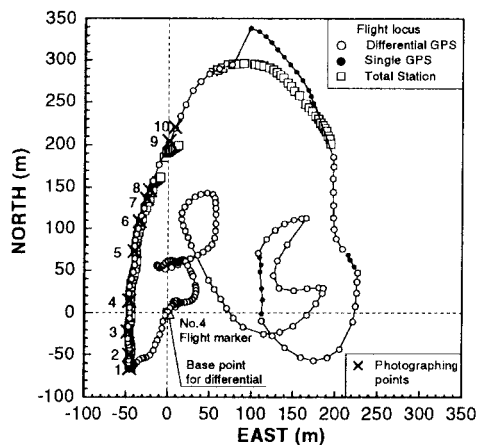


Fig.5 Flight locus and photographing points of the radiocontrol helicopter.

5. 結論

DGPSについて本研究で得られた結果をまとめる。

- (1) DGPSは、単独測位より精度が良く、1秒ごとに得られる計測値の真値からの誤差は2m以内である。また、DGPSの精度は衛星配置の良否に依存し、HDOPが1.5以下の衛星配置の良い状態では、標準偏差0.3m以内で静止状態にある物体の位置を求めることができる。
- (2) RTD-GPSは、移動している物体の軌跡を2m以内の誤差で求めることができる。また、この誤差は移動速度には依存しない。
- (3) 現場における無人ヘリコプターのモニタリングから、RTD-GPSは移動体の計測に有効であり、災害の状況調査などに利用することができる。

謝辞

空中撮影システムの研究は、科研費・試験研究B(代表者:佐賀大学・岸原信義教授)によるものである。関係者には多大なご協力をいただいた。記して感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 江崎哲郎他(1992):GPSを用いた地盤環境の監視(続報),第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.161-165
- 2) 水町守志(1993):GPS導入ガイド,衛星測位システム協議会,日刊工業新聞社