

GPSを用いた測量システムのリアルタイム化

三井建設株式会社 〇佐田達典

三井建設株式会社 高田知典

1. はじめに

GPS測量は、人工衛星からの電波を用いて測量を行うため、測定点間の直接の見通しを必要としないこと、長距離の基線を短時間に高精度で測定できることなどから、最初、基準点測量を中心に利用が始まった。さらに、移動しながら測定点の三次元座標を測定できる機能が開発され、地形測量の分野での実用化も進んでいる¹⁾。しかし、従来のGPS測量の場合、測量結果を得るには、コンピュータによる後処理が必要であるため、測量結果を現地でリアルタイムに確認することは困難であった。したがって、基準点測量や地形測量などの点や地形を計測する測量には利用できても、座標値を持った中心杭を現地に設置する路線測量のような場合には、実用上ほとんど利用不能であった。この点が、GPS測量の利用範囲を限定してきたといえよう。また、コンピュータによる後処理（基線計算）は、かなりの熟練を要することから、初心者には利用しにくい面もあった。

ところが、最近、米国メーカーにより、リアルタイムに測量結果を出力できる機能を持つGPS受信機が開発された。この受信機を用いると、衛星観測条件を満たせば、任意の測定点の三次元座標を高精度かつリアルタイムに把握することができる。すなわち、煩雑な基線計算を行う必要もなく、リアルタイムに現地で測量結果を知ることが可能となる。

本稿では、このGPSリアルタイムキネマティック測位（Real-Time Kinematic GPS、以下、RTKと略す）の機能を用いて開発した測量システムについて報告する。さらに、このシステムを工事測量に用いた事例について報告し、RTK利用の今後の展開と課題について述べる。

2. リアルタイムキネマティック測位

RTKを開発したのは、米国トリプルナビゲーション社である。リアルタイム（1秒間隔）で高精度に（精度20mm）測定箇所の三次元座標（地心座標）を計測、出力できる。このような測位ができるのは、基準局での観測データを移動局の受信機に送信する通信機能と、移動局の受信機がそのデータを用いて基線計算をリアルタイムに行う機能が付加されたことによる。システムの構成は、次のようになる。

●基準局（座標既知点）

- ・GPS受信機（4000SSE）及びGPSアンテナ
- ・通信システム（発信機及びアンテナ、利用者が用意）

●移動局（測定点）

- ・GPS受信機（4000SSE）及びGPSアンテナ
- ・通信システム（受信機及びアンテナ、利用者が用意）
- ・表示用ハンディターミナル（付属）またはノートパソコン（利用者が用意）

3. RTKを用いた測量システムの開発

今回開発したシステムの構成及び機能と測定精度確認結果について次に示す。

(1) 構成

通信システムとしては、特定小電力無線を用いている。また、移動局の表示用コンピュータは、面的な表示に便利なノートパソコンを利用している（図-1）。

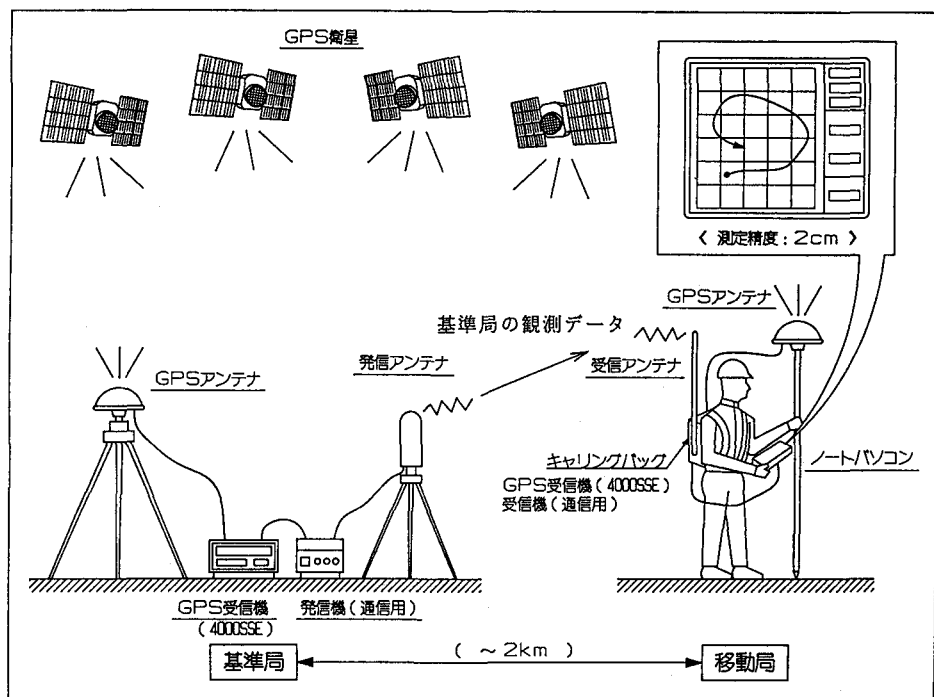


図-1 RTKを用いた測量システム

(2) 機能

①座標変換

受信機から出力される地心座標ベクトルから、測定点の東京測地系（緯度、経度、橢円体高）及び平面直角座標系（X座標、Y座標、標高）の座標に変換する。

②測位結果の表示及び記録

次の項目を1秒毎に表示及び記録する。

- ・東京測地系における現在の緯度、経度、橢円体高
- ・平面直角座標系におけるX座標、Y座標、標高
- ・PDOP
- ・時刻（秒単位）

また、ノートパソコン画面上のメッシュ図で現在位置と軌跡の表示を各種縮尺で表示する（再現も可能）。

③座標点への誘導

予め、設置したい点の座標（X座標、Y座標）を入力しておく、その点の位置と現在位置をメッシュ図上に表示し、その点までの方向と距離を表示する。

(3) 付属装置

①リアルタイム杭打ち装置（写真-1）

アンテナポールと杭打ち機構を一体化した装置であり、求める座標点を現地に探しだした時点で、そのままの状態直接杭が打てる。1名でも作業可能である。

②リアルタイムマーキング装置（写真-2）

平面直角方向への微調整装置とアンテナ中心位置を真下に示すレーザポイントを装備した装置である。概略の位置出しが決まった時点で三脚を設置し、水平を確保しながら平面位置を微調整する（平面直角方向に各々100mmまで調整可能）。位置決めが終了後、レーザポイントにて点を地面や杭に落とすことができる。



写真-1 リアルタイム杭打ち装置

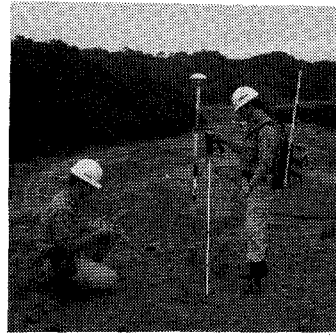


写真-2 リアルタイムマーキング装置

表-1 基準点測定例

測点	X座標 (m)			Y座標 (m)			高さ (m)		
	座標値	RTK	差	座標値	RTK	差	座標値	RTK	差
1	110003.220	110003.206	0.014	84545.912	84545.911	0.001	91.596	91.629	-0.033
2	109913.919	109913.945	-0.026	84635.841	84635.835	0.006	85.277	85.287	-0.010
3	110111.683	110111.673	0.010	84519.033	84519.048	-0.015	79.913	79.932	-0.019

(4) 測定精度確認実験

本システムによる測定精度を確認するために、座標既知点を3点計測した例を表-1に示す。計測した3点は基準局から100m～300mの距離にある点である。RTKによる測定値と座標値との差は、X座標、Y座標、標高とも概ね30mm以内に納まっている。

4. ゴルフ場造成工事における適用

あるゴルフ場造成工事において、工事終了後の横断測量及び平面完成測量に本システムを適用した。適用したホール数は15ホールである。

(1) 横断測量

横断測量は、コースの中心線に直角に20m間隔で横断面を設定し、地盤の中心線からの距離と高さを計測して横断図を作成する。本システムでは、中心線の原点座標と方位角を入力することで、座標系を回転してパソコン画面の中央横線が中心線に一致するようにした。したがって、メッシュ間隔を20mに設定することで、パソコン画面の縦線が計測する横断線に相当する。この縦線に沿って測定を行えば、横断測量を行うことができる。測定間隔は1秒以上であれば任意に設定できるが、今回の適用では3秒とした。

測量状況を写真-3に示すが、測定する横断線を予め設置する作業が必要なく、システムを起動させてすぐ、パソコンの画面を見ながら直接、横断線を確認しながら測量できた。パソコン画面例を図-2に示す。

(2) 平面完成測量

ゴルフコースのティー、フェアウェイ、バンカー、グリーン、カート道及び境界について、本システムによって測量を行い、平面図を作成した。測量方法は簡易であり、現地の境界線に沿ってアンテナを移動させるだけであり、3秒間隔で測定点の三次元座標を計測、記録する。測定軌跡はパソコン画面上でリアルタイムに確認できる。測定結果の一例を図-3に示す。

(3) 作業時間

横断測量、完成測量を併せて実施したところ、15ホールの測量に1組3名で10日間を要した。在来の測量方法では同じ人数で最低で約1カ月は要するものと予想されることから、RTKを用いたことで約3分の1に省力化できたことになる。



写真-3 横断測量実施状況

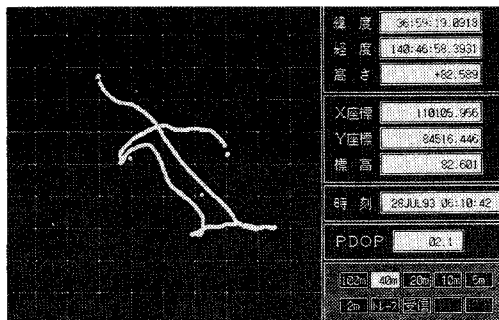


図-2 ノートパソコン画面例

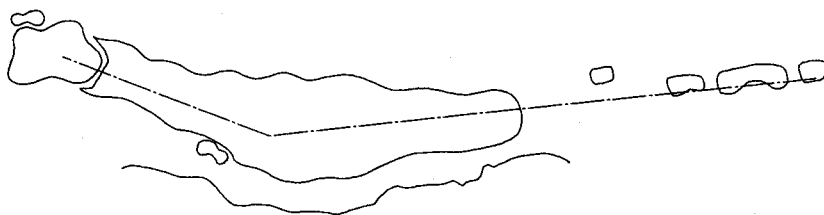


図-3 平面完成測量結果の一例

しかも、測量した点数は、両方の測量で72,000点にのぼり、膨大な量の地形データを収集できたことになる。これらのデータ活用の一例として、CGへの活用も検討している。

5. 今後の展開と課題

RTKを用いた測量は、今後、路線測量、地形測量、工事測量など、測量における様々な分野での導入が期待される。

しかし、課題も多く残されている。まず、通信システムに何を利用するかという点がある。現在筆者らが利用しているのは、自由に利用できる特定小電力無線と呼ばれるシステムであるが、利用可能範囲が数kmに限定されることや、発信機と受信機間に見通しがない場合に受信しにくいという欠点がある。通信システムについては、今後さらに検討していく必要があろう。また、作業性の面では、機器類が重いため、1人で全ての機器を背負って測定するはかなり厳しい。そのため、2～3名で分担して背負い、作業を行っている。今後、機器類の軽量化と輸送手段の工夫が望まれる。さらに、表示ソフトについては、各種測量に対応したソフトの開発が待たれる。

いずれにせよ、GPS測量は、RTKが実現したことで、飛躍的にその利用価値と作業性が向上した。いかに測量の実務に取り入れていくか、ソフト、ハード両面での利用環境の整備が、その普及の鍵になるものと考ええる。

【参考文献】佐田達典：GPS連続走行出来形測量システム、土木学会誌別冊、1993.4.