

II-5 GPSを用いた誘導型測量におけるシステム開発

三井建設協技術研究所 ○佐田達典
高田知典

1. はじめに

筆者らはリアルタイムに自分の三次元位置（アンテナの位置）を高精度（精度20mm）に計測、出力できるリアルタイムキネマティックGPSの機能を用いたGPS誘導型測量システムの開発を行ってきた。このシステムは、GPSアンテナの位置が携帯用パソコンの地図画面上にリアルタイムに表示されるため、自分の行きたい点や線に直接誘導してくれる機能を有しており、在来の測量方法で必要としたトラバースの設置を全く必要としない新しい測量方法である。システム開発に当たっては、GPS測量に詳しくない人でも簡単にすぐに使えるように、携帯用パソコンの表示ソフトは特にインターフェイスを重視した。また、このシステムはGPS受信機システムの他に通信システム、パソコンなどの装置を用いる複雑な構成であり、しかも移動側の全体重量が15kg近くにもなる。適用範囲は平地のみならず斜面や山林をも対象とすることから、計測を円滑かつ安全に行うためには持ち運びやすさが求められた。したがって、単にコンピュータシステムやソフトの開発に留まらず、携帯用リュックなどの周辺治具にも工夫を凝らし、全体として現場で使いやすいシステムとなることを目指した。

本報では、このGPS誘導型測量システムをシステム開発の観点から捉え、ソフト、ハード別に工夫した点を整理して報告する。

2. GPS誘導型測量システム

本システムは、図-1に示すように基準局（座標既知点）と移動局（測定点）におけるGPS受信機及びGPSアンテナ、通信システム等からなる基本システムと周辺システムとから構成される。基本システムは通信システムを介して基準局での受信データを移動局に送り、移動局でリアルタイムに処理して結果を出力する一連の機器を指し、メーカーより直接供給される部分である。なお、通信システムとしては、誰でも自由に使用できる特定小電力無線を用いており、利用可能距離は2km程度である。

周辺システムは利用者が用意する部分であり、①移動局の表示システム、②図面作成システム、③測量用治具、④携帯用治具などである。また、測量成果を統合的に扱うEWSを用いた出来形管理システムが接続するシステムとして位置付けられる。今回、対象としたシステム開発は周辺システムの開発であり、現場の測定に使いやすいようにソフト、ハード両面で工夫を施している。

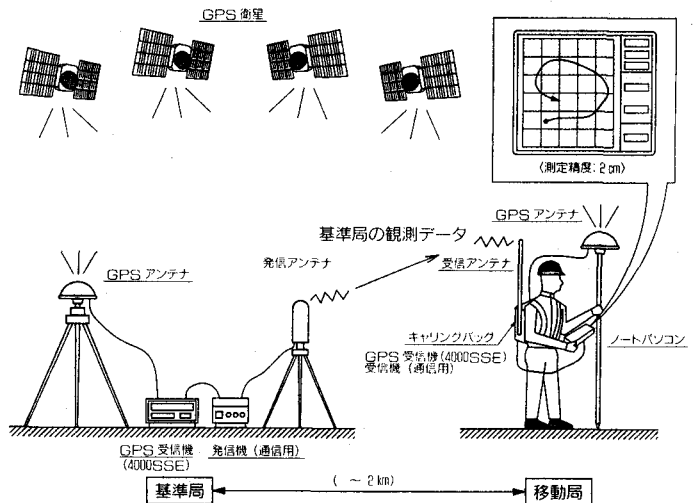


図-1 GPS誘導型測量システムの構成

3. 表示・記録及び図面作成システムの開発

(1) 表示・記録システム

携帯用パソコンを用いた移動局の表示・記録システムは、周辺システムの核となる部分である。携帯用パソコンとしては、面的な表示に便利なノートパソコンを用いている。基本機能として、次の3つの機能がある。

①座標変換

移動局のGPS受信機から出力される測定結果は、WGS-84系座標（緯度、経度、楕円体高）である。これをパソコン側では一旦、東京測地系座標（緯度、経度、標高）に変換した後、平面直角座標系座標（X座標、Y座標、標高）に変換する。平面直角座標系は、全国17の座標系から選択することができる（写真-1）。

②測位結果のリアルタイムな表示と記録

平面直角座標系座標（X座標、Y座標、標高）を1秒間隔、mm単位で表示及び記録する。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1秒間隔、各種縮尺で表示する。

③座標点への誘導

あらかじめ、設置したい点（目標点）の座標（X座標、Y座標）を入力しておく、目標点の位置と現在位置をメッシュ図上に表示し、目標点までの方向と距離を表示する。さらに、メッシュ画面の回転角を設定する機能があり、現地の局地座標系の傾きに合わせてメッシュを設定することができる。

これらの操作はファンクションキーとキーボードを用いて行い、特殊な操作はないため、初心者でもすぐに使用できる。

(2) 図面作成システム

計測データは携帯用ノートパソコンのハードディスクに①データ名、②X座標、③Y座標、④標高、⑤時刻が1秒毎に記録される（記録間隔は適宜設定できる）。図面作成システムは、測定終了後このノートパソコンをプロッタに接続することにより、ハードディスクに記録されたデータを用いて平面図や横断面図を作成するシステムである。図-2に横断面図例を示す。従来の出力と違い、曲線部分も連続的に作図できるため、より精緻な表現が可能となった。これは、平面図においても同様である。

一方、現場での表示用パソコンをそのまま用いて図面を作成できるため、測定から結果出力までを迅速に実施できる。また、この計測結果はEWSを用いた出来形管理システムに転送して土量計算や運土計画に利用することもできる。さらに、これらの大量の地形データを利用して、CGの作成（施工途中のゴルフ場の形状など）も行っている。

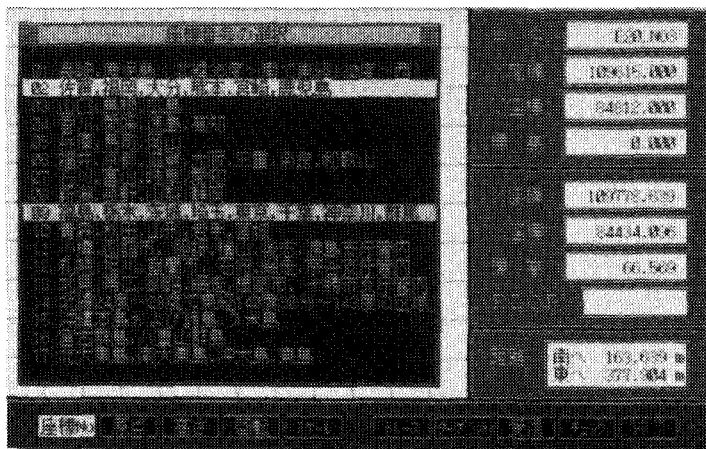


写真-1 座標系選択画面

1E+280 (1 : 500)

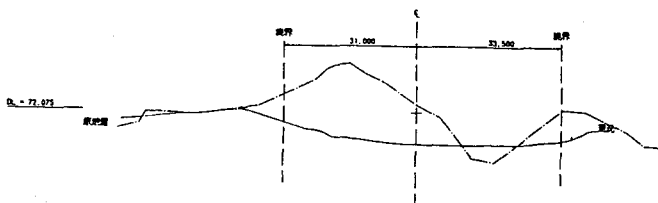


図-2 横断面図出力例

4. 周辺測量用治具の開発

(1) 測量用治具

測量用治具は三脚や整準台、ボールなど、従来の測量に利用している治具をそのまま利用できるが、座標点設置用として新たにリアルタイムマーキング装置を開発した。これは、携帯用軽量三脚と垂直保持装置、水平位置微調整装置とレーザポインタを内蔵したボールとから構成される。座標点への誘導機能を用いて現地に点を設置する際に利用する。すなわち、概略の位置まで近づいたら三脚を設置し、ボールの垂直を保持しながら水平位置微調整装置を用いて目標点の座標に一致するようにアンテナボールの平面位置を調整する。調整範囲はX、Y方向とも100mmである。正確な位置にくるよう調整した後、アンテナボール下部に内蔵されているレーザポインタからレーザ光を地面や杭頭に向けて照射して、その点に印をつければ位置出しができる(写真-2)。

GPSによりリアルタイムに高精度で位置を計測できても、従来の測量治具では迅速に点を設置できるものがなかった。このリアルタイムマーキング装置は軽量であるため携帯しやすく、座標点を多数設置する場合に有効である。

(2) 携帯用治具

GPS誘導型測量システムでは、GPSアンテナ、GPS受信機の他に、通信機器、表示用ノートパソコン、バッテリーなどの周辺機器を携帯しなければならない。その総重量は15kg以上にもなるため、1人で作業することは實際上難しい。そこで、2名で分担して機器を携帯し、作業を行うようにしている。すなわち、1名はGPSアンテナとノートパソコン、もう1名はGPS受信機と通信機器である。ノートパソコンについては、操作しやすいように首掛け式の保持器具(写真-3)を工夫している。これにより、両手を自由に使うことが可能になり、GPSアンテナの保持やキー操作が容易になった。また、荷重を背中全体で受ける構造であるため、長時間作業しても比較的軽量を感じないという利点がある。さらに、GPS受信機と通信機器については、軽量の背負いバックを工夫し、バッテリーの取り替えやケーブルの接続が簡単に行えるようになった(写真-4)。これらの器具の工夫により、長時間の作業でも比較的容易に実施できるようになった。

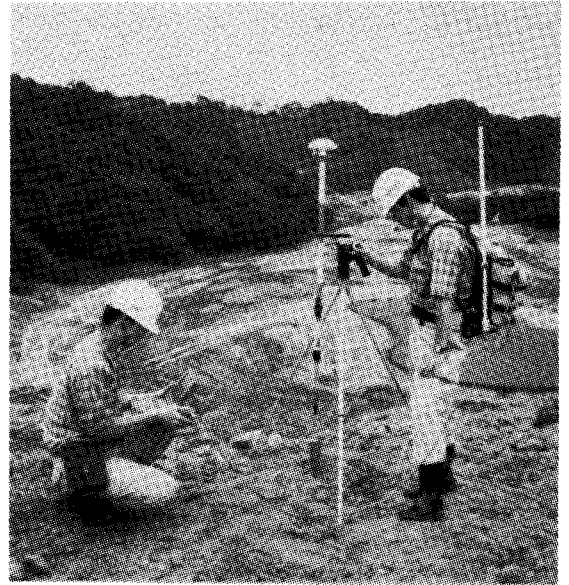


写真-2 リアルタイムマーキング装置

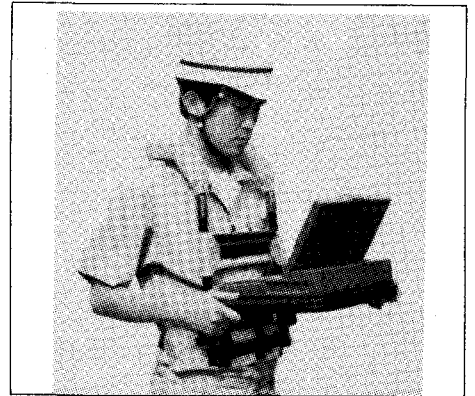


写真-3 ノートパソコン保持器具



写真-4 GPS受信機搬送具

5. GPS誘導型測量システムの利用効果

これまで述べてきたソフト、ハード両面でのシステム開発によって、本システムは実際の工事測量での運用が可能となった。これまでに宅地造成やゴルフ場造成を中心にすでに20以上の現場で利用している。これらの実績から本システムの作業時間短縮効果を在来法と比較してまとめると次のようになる。

- | | |
|-------------|----------|
| ①座標点設置測量 | 1/3 |
| ②横断測量 | 1/3 |
| ③メッシュ格子点高測量 | 1/3～1/30 |
| | (自動車利用) |
| ④平板測量 | 1/10 |



写真-5 測量状況

これらの値は、現場の地形条件等によって変動するが、在来の測量方法に比較して飛躍的に効率が向上したことが示された。また、GPS測量の経験のない現場の職員でも2日程度の講習を受ければ使えるようになった。これもシステム開発の成果の一つと考える。

6. 結 論

GPS誘導型測量システムの特長は、次のようにまとめられる。

①高精度リアルタイム位置計測機能

：計測点の三次元座標をmm単位（精度20mm）でリアルタイム（1秒間隔）で計測できる。

②誘導機能

：自分の行きたい点や線に誘導してくれる。

③プロット機能

：設計の座標点（平面）や高さ及び形状（直線、曲線）を現地にプロットできる。

④デジタイジング機能

：地形の三次元形状を連続的に計測できる。

本報では、これらの特長を活かし測量作業を迅速に実施できるようにシステム開発上工夫した点について整理した。それは単にコンピュータシステム上の開発に留まらず、測量用治具や携帯用治具などの周辺装置、さらには図面作成システムなど広範囲に及んでいる。これらは、野外での作業を円滑に実施するために特に作業性の向上を目指して工夫したシステムであり、こうした周辺システムが整備されてはじめて、現場で使いやすいシステムとなったと考えている。

今後は、さらに携帯機器の軽量化、操作性の向上を図るとともに、各種測量に対応したソフトの開発を行っていく予定である。また、GPS誘導型測量システムには通信システムが不可欠である。現在は、特定小電力無線という使用範囲が極めて限定されたシステムを利用しているが、今後は、進展の著しい移動体通信システムの動向に注目して、より広域で安価なシステムへの移行を検討していきたい。これらを含め、GPS測量を容易に実施できるための利用環境の整備に積極的に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 土屋 淳, 辻 宏道: 「やさしいGPS測量」、(社)日本測量協会、1991.10.
- 2) 佐田達典: 「GPSリアルタイムキネマティック測量の実用化」、測量、pp.25～29、1993.11.
- 3) 佐田達典、高田知典: 「リアルタイムキネマティックGPSを用いた誘導型測量システム」、土木学会誌、pp18～20、1993.2.