

GPS と精密写真測量法を結合した新しい地盤変位計測に関する基礎研究

山口大学 学○仲山亮史 学 辛島義庸 正 清水則一
飛島建設(株) 正 近久博志 正 阿保寿郎 正 松田浩朗

1. はじめに

本研究では、精密写真測量とGPS測量の両者の長所を生かし、それらを併用して新しい地盤変位計測システム（図-1）を開発することが目的である。精密写真測量は、多くの測点を同時に経済的に測量を行うことが可能であり、またGPS測量は連続して高精度に3次元変位計測を行うことが可能である。精密写真測量で使用する基準点をGPSで計測し入力データとすることで、より高精度な変位計測を行うことが可能となる。本報告では、実験を通してこの手法の妥当性を検証する。

2. 精密写真測量の概要^{2),3)}

写真測量の原理は、フィルム面やCCD面に投影された像と被写体との間の幾何学的関係から被写体の形状に関する情報を取得する技術である。

写真の像は、被写体から反射した光がレンズを通り、フィルム面やCCD面に投影されたものであり、写真像と被写体レンズ中心を介し同一直線上に存在する関係が成り立っている。これを中心投影といい、これを式で表したものを共線条件式という。この共線条件式をもとに異なる位置から撮影した複数の画像を用いて、カメラの位置 (X_{0i}, Y_{0i}, Z_{0i}) 、カメラの傾き (ω, ϕ, κ) と観測対象物の3次元座標 (X, Y, Z) を求めるバンドル調整法により、対象物の位置を求める。本研究では、精密写真測量解析ソフト“TPhotoS”⁴⁾（飛島建設）を用いて写真測量を行う。

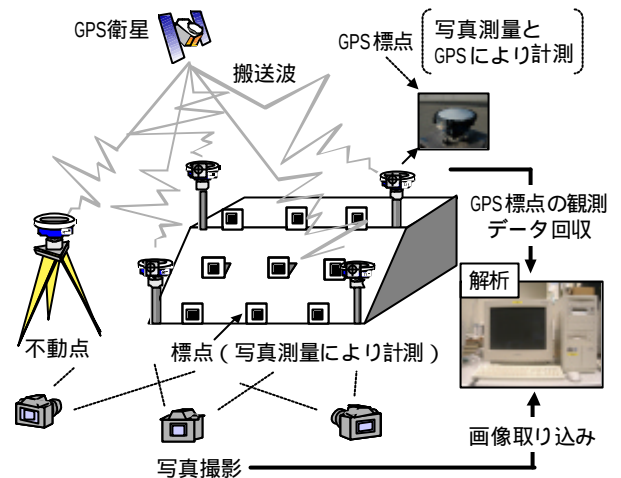


図-1 システム概要図

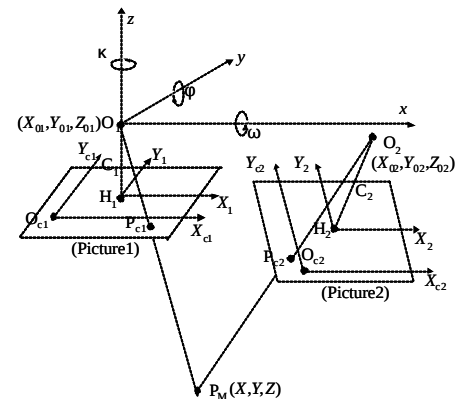


図-2 複数の写真の共線条件

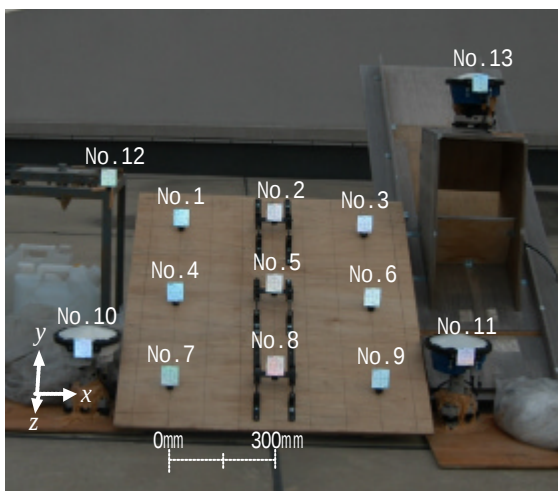


図-4 GPS標点および斜面機の設置状況

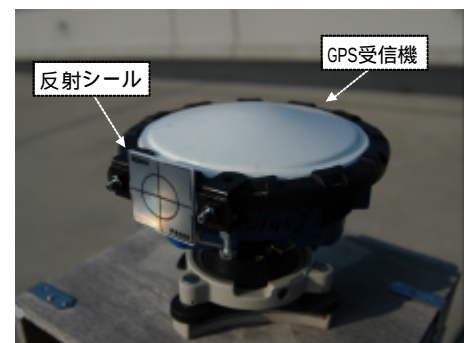


図-3 GPS標点

表-1 時間ごとの標点の変位量

経過時間 (h)	変位量 (mm)			
	GPS標点No.13 (基準点)	標点No.2	標点No.5	標点No.8
0	0	0	0	0
12	0	1	1	1
24	10	2	2	2
36	10	5	5	5
48	20	10	10	10

キーワード：GPS 写真測量 変位計測 斜面安定

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科

TEL 0836(85)9333 e-mail: shimizu@rock.civil.yamaguchi-u.ac.jp

3. GPSと精密写真測量法を結合した新しい地盤変位計測に関する実験

本実験では、GPS受信機に標点（反射シール）を貼り付け（図-3）、それを精密写真測量における基準点とした。このGPS標点の3次元座標をGPSにより観測し、そのデータを写真測量の基準点の入力データとし、精密写真測量を行い、本研究が提案するGPSと精密写真測量法を結合した新しい地盤変位計測の可能性を調査する。GPS標点と写真測量標点の設置状況を図-4に示す。

表-1のようにGPS標点と標点No.2, 5, 8を移動させて、その変位計測を行った。GPS標点No.13の、GPSによる変位計測結果を図-5に、標点No.2の変位計測結果を図-6(a)、移動しない標点No.3の変位計測結果を図-6(b)に示す。それぞれ、横軸はGPS計測開始時間を0としたときの計測時間を、縦軸は変位量を示す。図-5の○印は計測結果、実線はトレンドモデル^{1),5)}による平滑化結果である。このGPSの計測結果の標準偏差は、3.75mmであり、受信機が地表面付近に設置され良好な受信環境ではなかったが、与えた変位（スチールテープで判読）をおおむね追従できている。図-6の△印は、本システムによる計測結果であり、最大誤差が3.71mm（図-6(b)）、平均誤差が1.16mmという結果を得た。また、GPSによる基準点の観測を行わないときの結果を◇印で示す。ここで、図-6(b)に着目すると、移動していない標点No.3が移動したような結果となっている。精密写真測量のみでは、基準点の座標精度が悪くなると、その他の標点の座標精度にも影響を与えることがわかる。

以上のことから、基準点をGPSによって連続計測することで、写真測量を実施する際に、光波測距儀などで基準点の再計測をすることなく、高精度に変位計測を行うことができた。

4. 結論

本研究の結論を以下に示す。

- (1) GPSと精密写真測量法を結合した新しい地盤変位計測システムの可能性が示された。
- (2) 実験において、本システムによる変位計測が数mm程度の誤差で計測可能であることが示された。

本研究により、GPS標点を設置し、定期的に写真を撮影するだけで、多点を同時に、しかも高精度に計測が可能であることが示された。今後は、本システムの現場適用に向けてさらなる計測精度の向上を目指すとともに、現場適用から本システムの実用性を検証することが課題である。

参考文献

- 1) 松田浩朗, 安立寛, 西村好恵, 清水則一: GPSによる斜面変位計測結果の平滑化処理と変位挙動予測手法の実用性の検証, 土木学会論文集, No.715/ -60, pp.333-343, 2002.
- 2) 中原博隆, 近久博志, 筒井雅行, 阿保寿郎: セルフキャリブレーション法を用いた精密写真測量による測量精度に関する基礎実験, 第22回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, 西日本岩盤工学研究会, pp.53-56, 2001.7
- 3) 村木広和, 田中成典, 古田均: デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版株式会社, 2000.
- 4) 北川源四郎: 時系列解析プログラミング, 岩波書店, pp.245-263, 1996.
- 5) 飛鳥建設株式会社: TPhotoS使用マニュアル, Ver.1, 平成13年4月

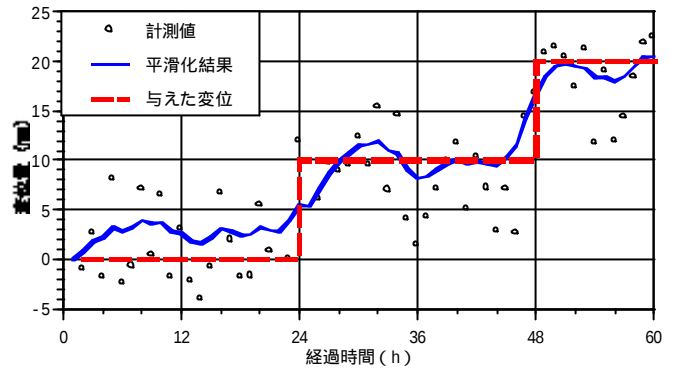


図-5 GPS変位計測結果およびトレンドモデルによる平滑化結果（標点No.13）

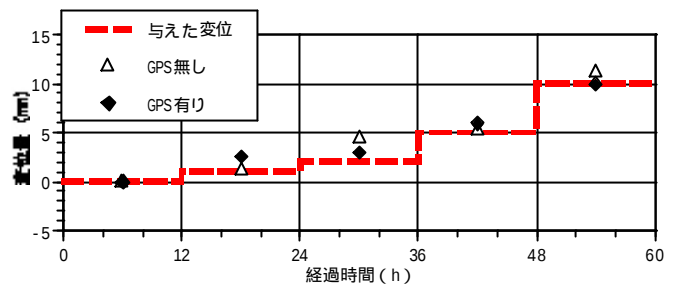


図-6(a) GPSデータを用いた写真測量による変位計測結果（標点No.2）

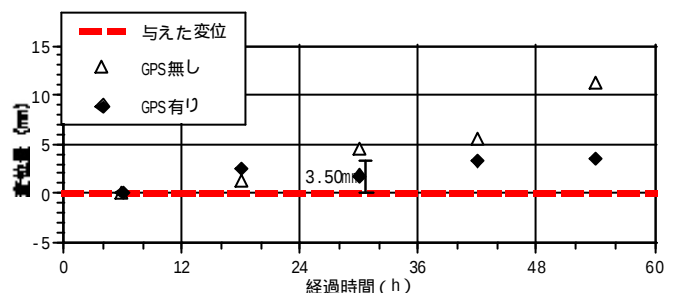


図-6(b) GPSデータを用いた写真測量による変位計測結果（標点No.3）