

GPSによる地すべり変位の長期計測 ～長野県倉並地すべり地の計測結果～

山口大学 学○藤谷隆之 松田浩朗 西村好恵

山口大学 正 清水則一

(株)日さく 正 荒井正 会津隆士

1. はじめに

本研究では、活動中の地すべり地にGPS変位モニタリングシステム¹⁾を適用し、システムの長期安定性を調べ、計測結果の評価を行う。

GPS変位モニタリングシステムでは、基準点と計測点の3次元相対座標を連続観測することによって地盤の変位を求める(図1参照)。また、計測結果に対して、トレンドモデル^{2),3)}を用いて平滑化処理を行う。

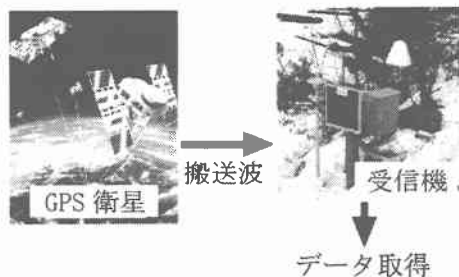


図1 GPS変位モニタリングシステム

2. 倉並地すべり地におけるリアルタイム変位計測とオフライン変位計測の比較

GPS変位モニタリングシステムを利用して変位を観測する場合、キネマティック方式とスタティック方式がある。また、受信機の設置方法やデータの取得方法という視点からみると、オンラインでリアルタイムに計測する方法と、オフラインで定期的にデータを取得する方法に分けることができる。この二つのシステムを倉並地すべり地に設置し、それぞれの特徴やシステムの適用性を調査する。

2-1 現場概況⁴⁾

倉並地すべり地は長野県長野市七二会地区の東端に近く犀川の左支川矢沢川の谷頭に位置し、延長1,450m、最大幅600mで、地すべり防止区域面積61.9haの規模を持つ。GPS変位モニタリングシステムは、1996年に設置し、その年の12月から連続観測を行っている。図2に現地の平面図を示す。受信機は図中、計測点および基準点と記した点に計5台設置している。

2-2 GPSリアルタイム連続変位モニタリングシステムの概要¹⁾

受信機の電源供給およびデータ送受信は有線で行われている。各計測点および基準点の計測データはリアルタイムに管理局にある基線解析部へ集められ、直ちに各計測点の座標が計算される。このシステムでは、キネマティック方式を用いている。

2-3 GPSオフライン連続変位モニタリングシステムの概要

受信機の電源としてシールドバッテリー(12V)を使用している。太陽電池パネルを併せて使用し、シールドバッテリーの充電を行っている。計測データはフラッシュメモリに記録され、約2週間に1回データを回収している。このシステムでは、スタティック方式を用いている。

表-1にリアルタイムおよびオフラインシステムの特徴を示す。

2-4 計測結果の比較

図3および図4に両システムによる計測結果の一例を示す。また、リアルタイムシステムによる平滑化処理前の計測結果の一部を図5に示す。処理前の計測結果は大きくばらついており、標準偏差が10mmを超えるものも多く存在するが、トレンドモデルを用いた平滑化処理によりオフラインシステムと同等の計測精度となっている。両システムともに、実環境下においても長期間安定して3次元変位を計測でき、その精度も高いといえる。

倉並地すべり地の変位挙動はゆっくりと継続的であるため、リアルタイム性は必ずしも要求されていない。オフラインシステムは維持管理も容易であることから、現段階では倉並地すべり地にはオフラインシステムが適当であると思われる。

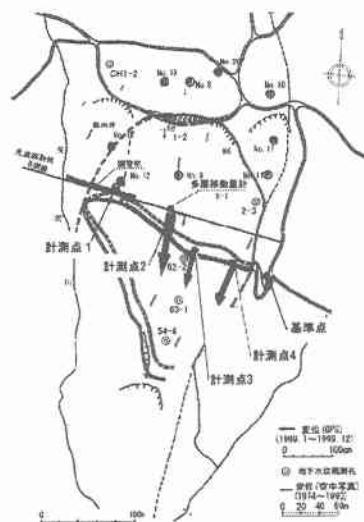


図2 倉並平面図

表1 リアルタイムおよびオフラインシステムの比較

	GPSオフライン連続変位モニタリングシステム	GPSリアルタイム連続変位モニタリングシステム
電源供給方法	シールドバッテリー (12V) (バッテリーの充電に太陽電池パネルを使用)	有線による電源供給
計測	広範囲にわたる斜面表面の3次元変位を多点同時に自動計測	
精度*	水平方向3mm, 鉛直方向6mm	水平方向4mm, 鉛直方向8mm
測位方法	スタティック測位法	キネマティック測位法
リアルタイム性	×	○
データ管理方法	計測データはフラッシュメモリに記録され毎日回収	管理局において常時管理
維持管理	電源供給やデータ送受信のためのケーブル不要 設置・維持管理が容易	電源供給やデータ送受信のためのケーブル必要 設置・維持管理が困難
観測時間	長い (数10分～数時間)	短い (数秒程度)
解析時間	長い	短い
障害物	一時的な受信中断があった場合も連続観測可能	一時的な受信中断があった場合は連続観測不可

3. 変位計測結果とその評価

3-1 計測結果の評価

計測により得られたそれぞれの計測点の変位を平面に投影したベクトルを図1に太い矢印で示す。この変位図から倉並地すべり地の変位挙動が継続していることがわかり、対策工の効果も読み取れる。また、変位速度を算出し、地すべり管理基準と比較することにより、対策の必要な区域についても検討した。

3-2 降水量との関係

図6に変位速度と降水量および地下水位の関係を示す。99年7月初旬の降雨のあと地下水位が上昇し、変位速度も大きくなることがわかる。ところが倉並地すべり地には、図6に示すように地下水の状態の変化が地すべり挙動に影響を与えている区域とそうでない区域が存在している。このため、地下水位を地すべり挙動と直接関係づけるのは現状では難しい。

3-3 変位の収束値の予測

計測結果のうち、収束クリープ変位挙動を示す期間を取り出し、変位の収束値を予測する。この収束クリープ変位において1日間隔で本研究で検討した方法⁵⁾で予測を行ったところ、1週間程度のデータを用いることで20日後の最終変位を予測することができた。この結果をまとめたものを図7に示す。

4 結論

本研究では以下のことが示された。

- 1) GPSリアルタイム連続変位モニタリングシステムとGPSオフライン連続変位モニタリングシステムはどちらも安定した長期連続観測ができる。
- 2) 倉並地すべり地での変位計測において現段階ではオフラインシステムが適当である。
- 3) 実測した収束性のクリープ変位に対し、1週間程度のデータを用いれば、20日後の最終変位を予測できた。

謝辞：本研究において、GPS受信機を提供頂いた株式会社古野電気に感謝の意を表す。

参考文献：1) 近藤仁志, M. E. Cannon, 清水則一, 中川浩二: GPSによる地盤変位モニタリングシステムの開発, 土木学会論文集, No. 546/VI-32, pp. 157-168, 1996. 2) 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. 3) 清水則一, 安立寛, 小山修治: GPS変位モニタリングシステムによる斜面変位計測結果の平滑化に関する研究, 資源と素材, Vol. 114, pp. 397-402, 1998. 4) 清水則一, 安立寛, 荒井正, 会津隆士: 地すべり監視におけるGPS変位モニタリングシステムの適用, 地盤工学会誌Vol. 48, No. 2, pp. 25-27, 2000. 5) 安立寛: GPS変位モニタリングシステムによる長大斜面の変位計測と計測結果の評価, 山口大学大学院修士論文, 1999.

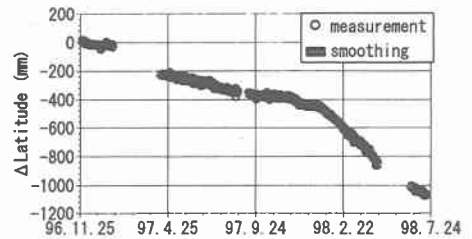


図3 変位計測結果 (リアルタイム)

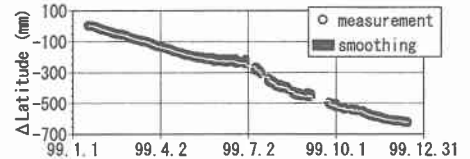


図4 変位計測結果 (オフライン)

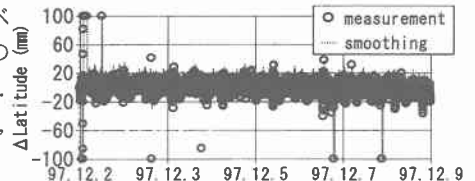


図5 平滑化処理前の観測結果

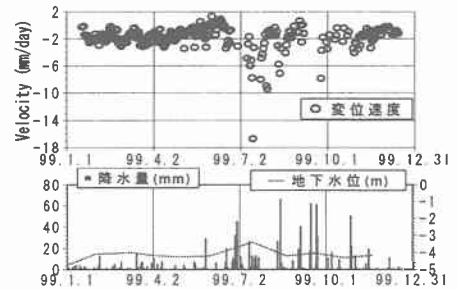


図6 変位と降水の関係

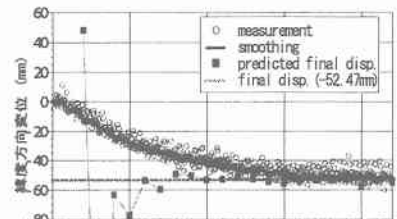


図7 最終変位予測結果