

地すべり変位計測への GPS 変位モニタリングシステムの適用 Application of GPS Displacement Monitoring System for Land Slide Measurements

荒井 正^{*}・清水則一^{**}・安立 寛^{***}・西村好恵^{****}

Tadashi ARAI, Norikazu SHIMIZU, Hiroshi ADACHI and Yoshie NISHIMURA

The displacement monitoring system by using Global Positioning System was developed by the second author cooperating with an electronic company. It can monitor three-dimensional displacements of many points over an extensive area simultaneously in real-time. This paper describes an application result of the system for a land slide measurement. Using the trend model for smoothing the measurement data was useful to improve the accuracy of the measured displacements and interpret them.

1. はしがき

GPS 変位モニタリングシステムは広範囲にわたる地盤の変位を自動的に連続して計測し、リアルタイムに表示するものである。本報告では、このシステムを地すべり変位計測に適用した結果を紹介する。

2. GPS 変位モニタリングシステムの概要

本システムは、長大斜面や地すべり地、また露天掘り斜面などの広大な領域における地盤変位を計測するために開発されたもので¹⁾、不動と見なせる基準点および変位計測点にアンテナおよび受信機を設置し、中継器を介してケーブルによってパーソナルコンピュータに接続されている。図1にシステムの概要図を示す。ケーブルは受信データの転送と受信機への電源供給の役割を果たし、コンピュータでは転送されたデータを解析し、各計測点の3次元座標（基準点からの相対座標）を表示する。解析する最小時間間隔は、計測点数によって若干異なるが約20秒で、現場の変位速度に応じて指定できる。

これまでの計測結果から、計測値は緯度経度方向で3-5mm、高さ方向で10mm程度の標準偏差をもっていることがわかっている²⁾。さらに、連続して計測した結果をトレンドモデルと呼ばれる平滑化手法を適用することによって、より高精度に変位挙動を把握することができていることが示されている³⁾。

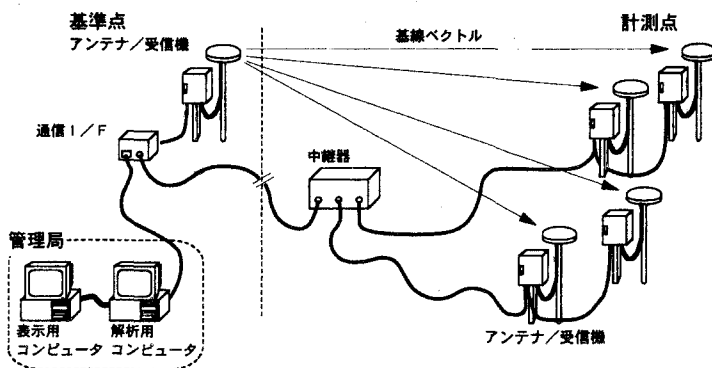


図1 システム概要図

* 関日さく 調査統括部調査課

*** 学生会員 山口大学大学院理工学研究科 社会建設工学専攻

** 正会員 博(工) 山口大学助教授 工学部社会建設工学科

**** 山口大学工学部社会建設工学科

3. 地すべり地の概要と受信機配置

観測の対象となる地すべり地は長野県の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。昭和36年に地すべり防止区域に指定されて以来、本格的な調査や対策が始められた。これまで、地盤変動を移動杭、多層移動量計、傾斜計、写真測量などによって地すべり挙動の観測が行われている。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。アンテナおよび受信機は図中、センサー6、10、13、14、15と記した点（以下、計測点と呼ぶ）に計5台設置している。ここでは、移動点の受信機4台を直列につなぎ、中継機を用いず、直接通信I/Fに接続している。写真1はセンサー13の位置の様子である。また、写真2は地すべり領域の東側境界付近の様子を示すもので、後方に不動とみなせる基準点（センサー6）が見える。なお、図2において、↓は、空中写真から求めた1974～1990年までの地すべり変位で、変位の縮尺は地図縮尺と同じである。

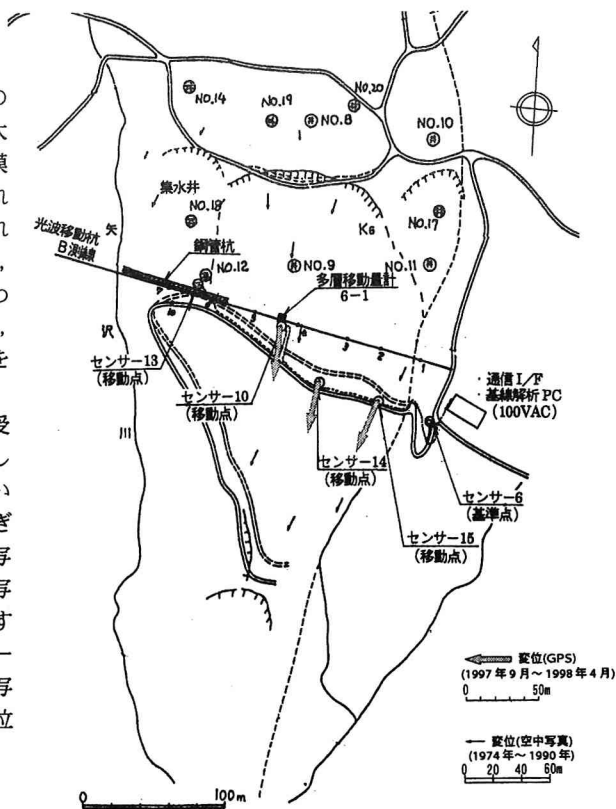


図2 平面図

4. GPSによる連続変位観測

図3～図6は、それぞれ、計測点10、13、14、15における3次元変位について、1997年9月下旬から1998年4月下旬までの計測値および平滑結果である。平滑化は計測点の変位を1時間毎に求めたものに対して適用している。なお、計測データの処理とトレンドモデルを用いた平滑化の適用については、著者らの方法^{2),3)}にしたがっている。

計測点10において、南向きの変位（図3(a)緯度負方向変位、斜面下方）は1998年初頭には、一旦収束しかけたが、1月中旬頃から、ほぼ等速度で大きな増加を示している。西向きの変位（図3(b)経度方向変位）および沈下についても、南向きの変位と同様1月中旬から増加傾向がある。計測点14および15の変位挙動も、ほとんど計測点10の挙動と同じである。このような変位のメカニズムは、地質・地形・履歴などのほか、年周期的な傾向、降雨との関連、周辺地すべり対策工との関連など、多くの要因が考えられ、詳細については今後検討する予定である。



写真1 センサー設置状況



写真2 地すべり領域の境界付近

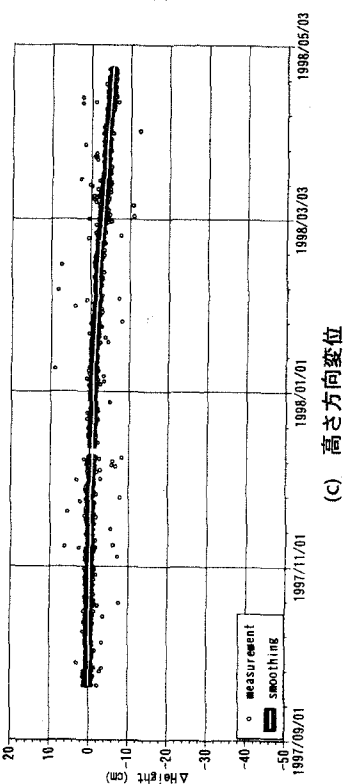
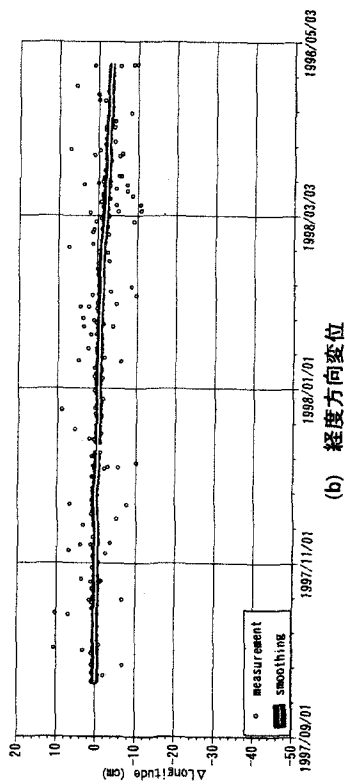
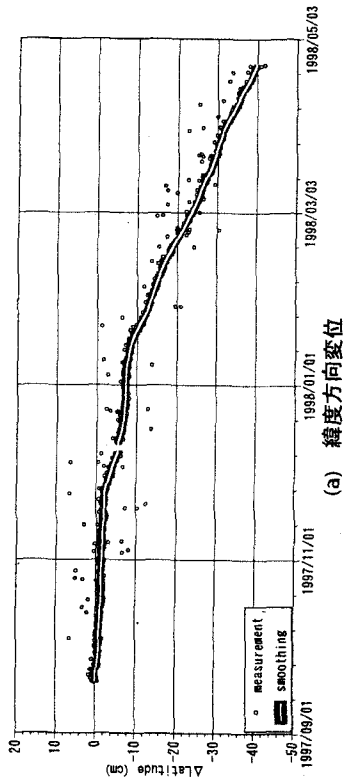


図 3 計測点 10 の変位計測結果

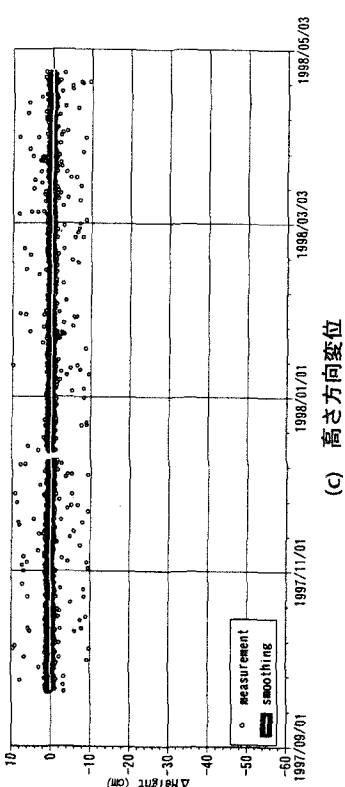
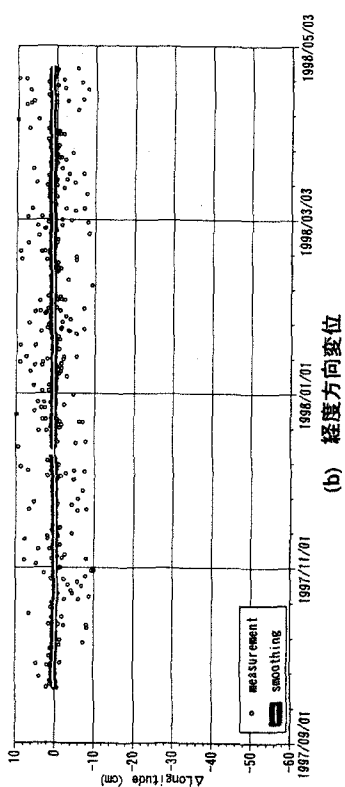
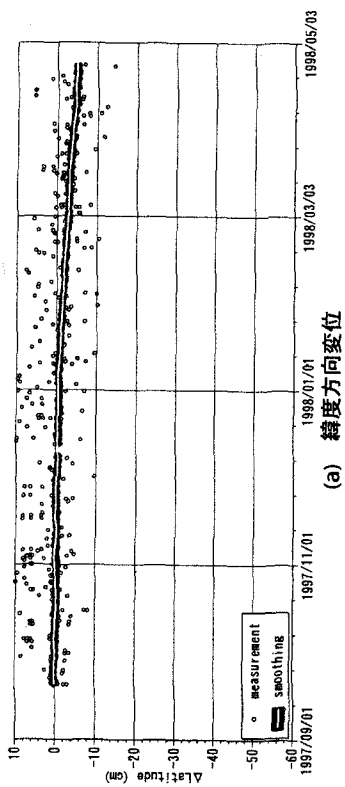


図 4 計測点 13 の変位計測結果

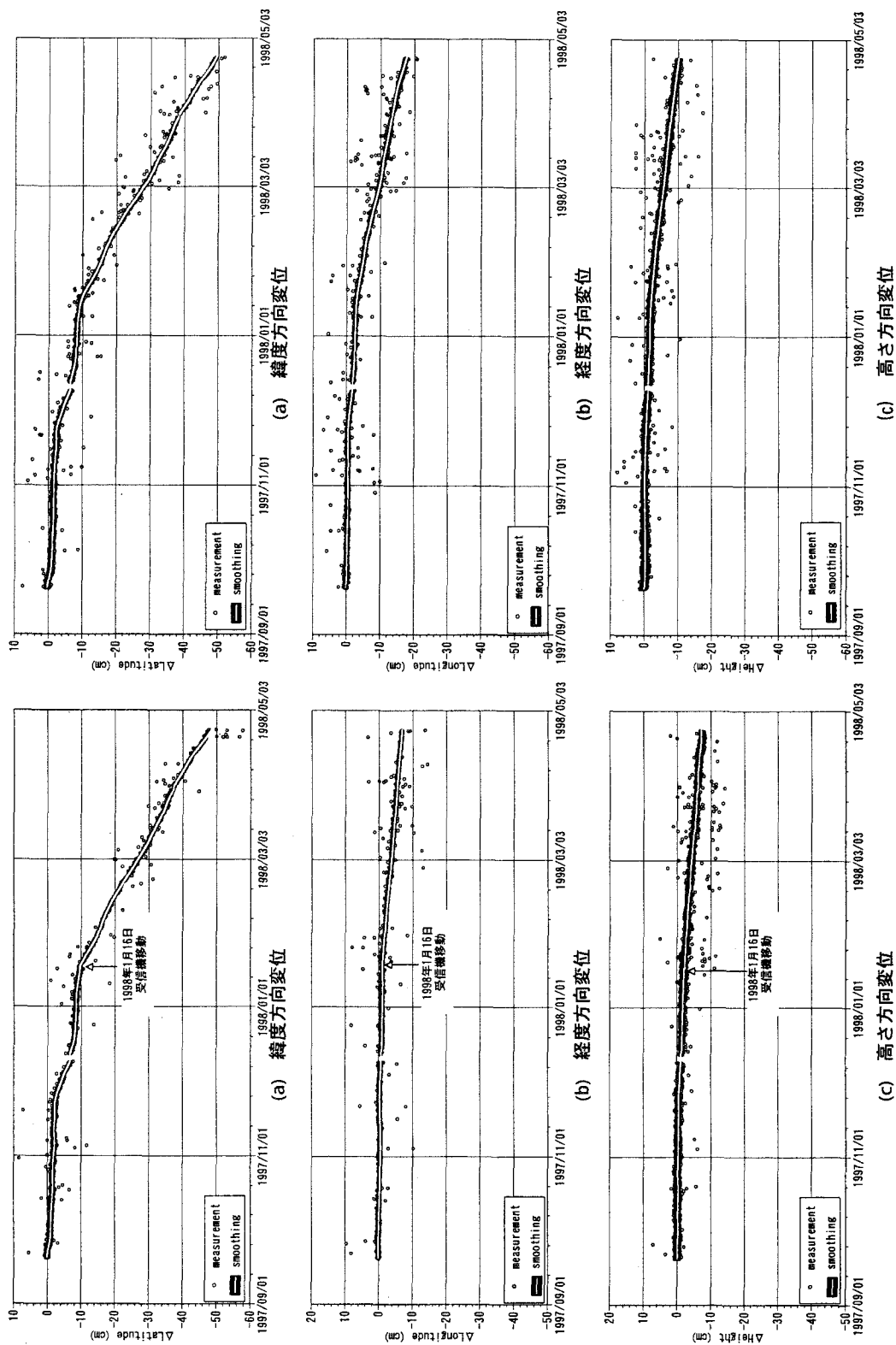


図 5 計測点 14 の変位計測結果

図 6 計測点 15 の変位計測結果

一方、図4に示される計測点13の変位は、観測期間7ヶ月間において、南向きに約5cm、東向きに約1cm、上下方向はほぼ0cmであり、他の計測点と比べると非常に小さい値となっている。それは、計測点13が鋼管杭の背面にあり、杭の効果と考えられる。図7は、図3に示した各点の変位を平面および南北縦断面に投影した変位ベクトルである。矢印の間隔は10日毎の変位で、1998年1月16日を变位の原点とする。また、平面に投影した変位ベクトルを図2に太い矢印で示す。変位の方向はこれまでに得られた変位とおおむね一致している。

さて、計測結果で注目すべきことは、たとえば計測点10において、97年9～11月の間の緯度方向変位、98年1～4月の経度および高さ方向変位は、1日の変位速度に換算すると約0.5mm/日である。つまり、連続観測と平滑化処理によって約0.5mm/日の変位計測が実現できたことになる。これは、従来のGPSによる計測ではなし得なかった精度である。特に、高さ方向変位については、一般に水平方向と比べて精度が半減（たとえば標準偏差では約2倍）となるが、ここで得られた結果は水平方向とほぼ同じ精度で計測されており、連続観測と平滑化処理の有効性が示されている。

5. むすび

本報告では、GPS変位モニタリングシステムを地すべり変位の計測に適用した。連続的に計測した結果を平滑化処理することにより、非常に明瞭に地すべりの三次元変位挙動が得られた。現在も引き続き自動観測を行っており、今後得られる結果も併せて、地すべりのメカニズムを考察するとともに対策工に反映していきたい。

謝辞：GPSの計測データの処理にあたり松田浩朗君（山口大学大学院 学生）には、多大な協力を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 近藤仁志, M. Elizabeth 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) 清水則一, 小山修治, 小野 浩, 宮下耕一, 近藤仁志, 水田義明：GPS変位モニタリングシステムの連続観測による安定性の検証と計測結果の処理方法の提案, 資源・素材学会誌, 113(7), pp.549-554, 1997.
- 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・素材学会誌, 114(6), pp.9-14, 1998.

