

GPS変位モニタリングシステムによる連続計測結果の評価

山口大学大学院 学 ○西村好恵 山口大学大学院 学 松田浩朗  
 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正 安立 寛 山口大学工学部 正 清水則一

1.はじめに

露天採掘における長大残壁，建設工事にともなう長大斜面，また，地すべり地の安全管理手法に対する関心が高まってきている。そのような背景から，岩盤の変位を効率よく高精度で長期間にわたり計測するシステムの開発と，その計測結果の適切な処理方法が必要とされている。

本研究では，GPS変位モニタリングシステム<sup>1),2)</sup>により実際に計測された変位挙動にトレンドモデル<sup>3)</sup>を適用し，長期的に観測された実測変位に対して有効に平滑化することができるかを検証する。

2. GPS変位モニタリングシステムとトレンドモデル

GPS変位モニタリングシステムは，GPSの搬送波を利用しての高精度測量を目的とし，基準点と計測点の3次元相対座標を得て，連続観測によりその座標を捉えることで地盤の変位を求めるものである（図1参照）。本研究では，平滑化処理方法としてトレンドモデルを採用する。トレンドモデルとは，多項式回帰モデルに確率構造を導入したシステム方程式と観測方程式から真の挙動を推定するもので，平滑化のモデルと真の変位挙動の間に確率的な誤差（平均値0，標準偏差 $\sigma$ の正規分布）を設定したものである

3.トレンドモデルの適用性の調査

本研究では，露天採掘されている秋芳鉱山の残壁頂部においてGPS変位モニタリングシステムを用いて変位シミュレーション実験を行った。計測点の緯度方向に対して，注意深く器具を用いてアンテナに最終変位10cm，収束日数30日の収束クリープ変位（定常安定クリープ変位）を与えた。このとき，計測は1時間間隔とした。

3.1計測結果の平滑化

計測結果，平滑化結果および与値を図2に示す。これより，変位を与えてから極めて短時間の部分に計測結果があり，平滑化結果がそれを追従していることがわかる。それぞれ初期の状態において多少の差がみられるものの，時間の経過とともにほぼ同じような値をとっていることから，この収束クリープ変位をほぼ推定できたといえる。

この実験における真の変位をそれぞれの部分において与えられたステップ変位であると考えてこの平滑化結果の精度を調べた結果，少なくとも2mmの変位を確認できた（表1参照）。

3.2平滑値による最終変位予測

この収束クリープ変位から1日間隔で3日，5日，7日，10日，15日分と取りだし本研究で検討した方法で予測を行ったところ，10日以上データをを用いることで最終変位を予測することができた（図3参照）。この結果をまとめて図4に示す。また，0～10日間，5～15日間，10～20日間，15～25日間，20～30日

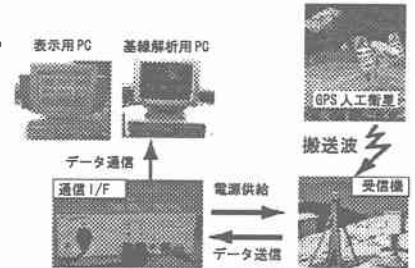


図1 システム概要図

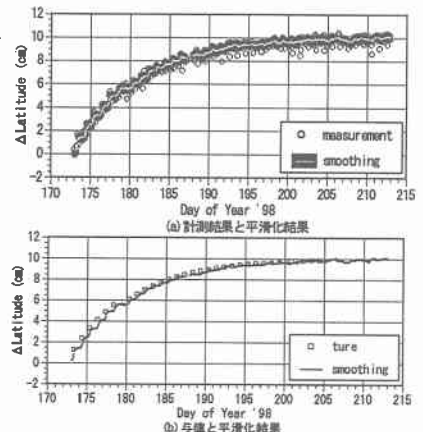


図2 計測結果，平滑化結果および与値の比較

表1 ステップ変位結果

真の変位 (mm)	GPS平滑化処理結果 (mm)	差 (GPS-真の変位) (mm)
12.5	11.8	-0.7
10.9	10.2	-0.7
8.3	8.3	0
6.4	6.7	0.3
4.9	5.1	0.2
4.3	5.1	0.8
3.3	3	-0.3
2.9	3	0.1
2.2	2.5	0.3
2	1.9	-0.1
1.7	2.2	0.5
1.3	2	0.7
1	0.5	-0.5
0.8	0.7	-0.1

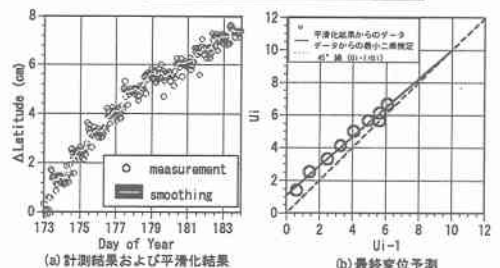


図3 最終変位予測（1日間隔，10日分）

間とそれぞれの10日分のデータを用いて予測を行ったところ、どの場合も最終変位を予測することができた。

4. 長期観測結果の平滑化処理

4.1 地すべり地の概要と受信機の配置<sup>4)</sup>

観測地となる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。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5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と記した点に計5台設置している。また、図中においての細い矢印は空中写真から求めた1974~1990年までの地すべり変位で、変位の縮尺は地図の縮尺と同じである。

4.2 連続観測とその手順

1996年12月~1997年9月、1997年9月~1998年7月と約10ヶ月毎のデータにして平滑化を行ったところ、このような長期的な計測結果に対しても、適切に変位挙動を把握することができ平滑化の適用性が示された(図6)。これより、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5に太い矢印で示す。この変位はこれまでに得られた変位とおおむね一致しており、また、計測点10付近の縦断面図内の変位ベクトルは地すべり基盤の傾きとほぼ一致していることがわかった。

5. まとめ

本研究から、次のことが示された。

- 1) 現場において、アンテナに与えた収束クリープ変位を、トレンドモデルで正確に追従できることが示された。また、実験の結果、少なくとも2mmの変位を検出できることが示された。
- 2) 収束クリープ変位の平滑化結果から、最終変位を予測できることが示された。
- 3) 地すべり地での長期観測結果およびその平滑化結果から、長期的な計測結果に対するトレンドモデルの適用性が示された。

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) 清水則一, 小野浩, 近藤仁志, 水田義明: 長大残壁の安全監視へのGPS変位計測システムの応用に関する現場実験, 資源・素材学会誌, 112(5), pp.283-288, 1996.
- 3) 北側源四郎: 時系列解析プログラミング, 岩波書店, pp.245-263, 1996.
- 4) 荒井正, 清水則一, 安立寛, 西村好恵: 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, 第29回岩盤に関するシンポジウム講演論文集, pp.286-270, 1999.

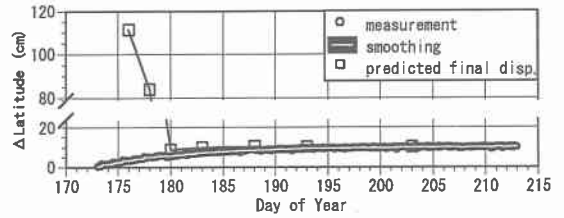


図4 収束クリープ変位における最終変位予測

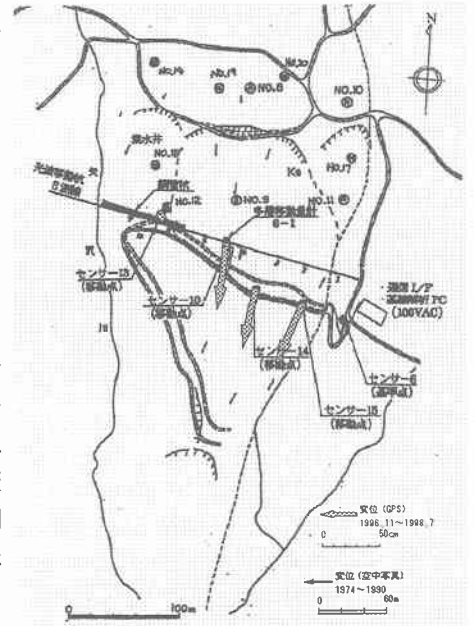


図5 倉並地すべり地平面図

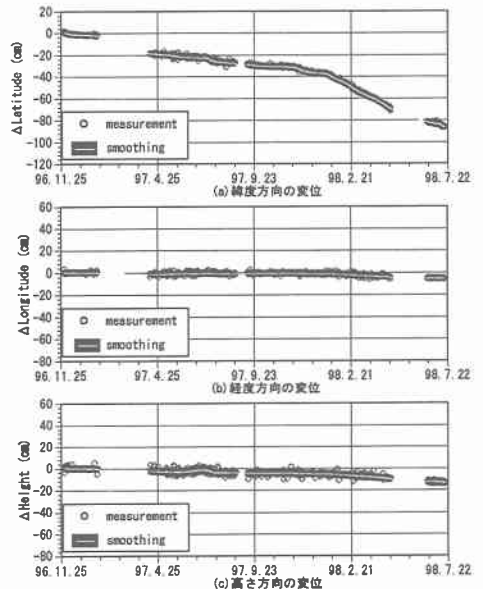


図6 計測結果および平滑化結果 (1996.12~1998.7, 計測点10)