

GPS変位計測システムの計測結果のデータ処理法

山口大学大学院 学生会員 小山修治
山口大学大学院 学生会員 ○安立 寛
山口大学工学部 正会員 清水則一

1.はじめに

これまでに、筆者らは長大斜面の安全監視を目的として、GPSを用いた変位計測システムの開発と現場実験を行っている¹⁾³⁾。そのシステムは、1)広範囲にわたり斜面表面の三次元変位を多点同時計測できる、2)変位は自動計測によってリアルタイムに連続的に得られる、3)計測結果はただちに管理局においてCRT上に表示され、集中管理できる、などの特徴を有している。このシステムは現場実験において、従来のオフライン処理によるGPS測量以上の精度、また、変位を連続的にかつリアルタイムに計測できることが示されている。しかしながら、長期的な連続観測における計測結果の安定性を保証する対策などが課題であった。

そこで、本研究では現場においてGPSによる長期の連続観測実験を行い、システムの安定性の調査、および計測結果の乱れを除去する方法について提案する²⁾。

2.GPS変位モニタリングシステムと現場実験の概要

本研究で用いたGPS変位モニタリングシステムの概要を図-1に示す。まず最初に、秋芳鉱山(山口県秋芳町)の斜面頂部(図-2)においてアンテナと受信機を基準点1ヶ所、および計測点3ヶ所に設置し、2週間程度の連続観測実験を行った。各計測点で同時に10秒間電波を受信し、その後、順次、各計測点と基準点との基線解析を行い、各計測点の座標を約20秒周期で求めた。

3.計測結果の処理法の提案と変位計測精度の調査

3.1 計測結果の処理法

図-3にNo.3の経度方向の計測結果を示す。GPSによって直接求められる量は計測点の座標であるので、計測座標と初期座標の差をとって変位の計測値とする。今、計測点は静止しているのに、正しくは変位の計測値は0となるべきであるが、図-3に見られるような誤差が生じている。計測結果の分布の特性を知るために計測値を1mm幅のヒストグラムに表し図-4に示す。図-3および図-4から、1)計測結果のほとんどは、±10mmの範囲に収まっている。2)計測値の分布の平均値は真の値(ここでは0)から偏差している、3)通常の計測値の範囲を大きくはずれる乱れがしばしば生じている(図-4の両端)、などが分かる。

上記の1)については、正常に計測ができたときの誤差で、概ね正規分布に従う不規則誤差とみなされる。また、2)については観測開始直後の計測点の座標を基準座標としたことによる偏差、3)については、正常に計測できなかった結果と思われる。その原因としては、受信衛星数が座標演算に必要な数未満となった、補正しきれないサイクルスリップ(電波の受信が途中で途切れること)が生じた、などが考えられるが、確かな原因を特定することは困難である。いずれにしろ

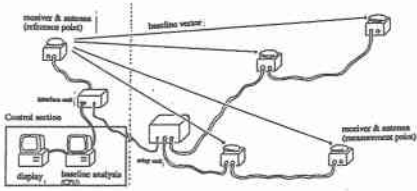


図-1 GPS変位モニタリングシステムの概要

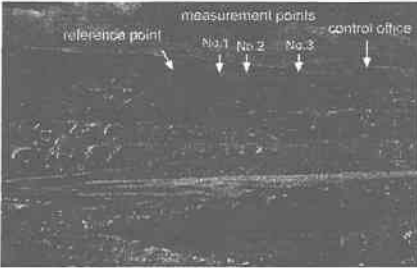


図-2 斜面と観測地点

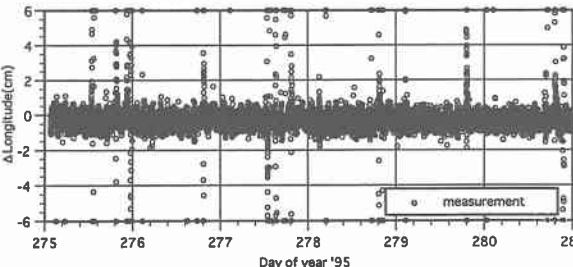


図-3 GPS測量による観測値

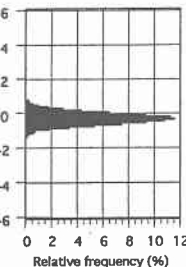


図-4 観測値のヒストグラム

でも、正しい変位を推定するためになんらかの方法によって、2)および3)の誤差を計測値から除去し、偶然誤差のみを含むデータに処理することが必要である。

まず、3)の誤差を除去する方法を、座標値が最小二乗法によって求める際に計算される座標値の標準偏差の推定値に着目する。その標準偏差は、計算された座標値の確からしさを表す指標となり得るので、その値に制限値を設けることによって、標準偏差が制限値以上の場合、その座標は計算上精度が低いとみなし棄却する。図-5は、計算した座標値を棄却する標準偏差の制限値と変動の大きい計測値の除去率の関係を表す(図中■●▲)。ここで、除去率は標準偏差の制限によって除去されたデータ数と、除去されるべき変動の大きい観測値の数の比で定義する。また、このように制限値を設けた場合、本来のばらつきの中にある(除去されるべきでない)計測値であるにも関わらず、除去されてしまう計測結果がある。その誤除去率もあわせて図-5に示している(図中□○△)。本研究では、図-5に基づき除去率がおおよそ95%以上に、かつ、誤除去率がおおよそ5%以下となるように、緯度、経度に対して標準偏差の制限値を2cm、高さに対しては4cmと設定することにする。

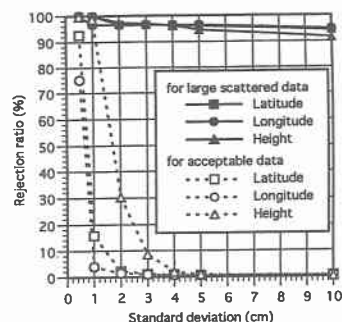


図-5 誤差の除去率

次に、平均値の偏差は、観測開始直後、最初の計算座標を初期値にとったことによると考えられるので、観測直後の計測点が移動していない期間の平均値を初期座標として採用し、後続の計測値からその初期座標を引くことにする。本研究では観測開始後、1日間の平均値をとり、それを後続する計測値から引く。

図-3に示した計測結果に対して上に述べた方法を適用した計測結果を図-6に示す。処理をしない場合と比べると、変動の多い計測値は概ね除去され、0からの偏差もなくなっていることがわかる。表-1に計測結果に対して上記の処理をした後の計測値の平均値と標準偏差を示す。

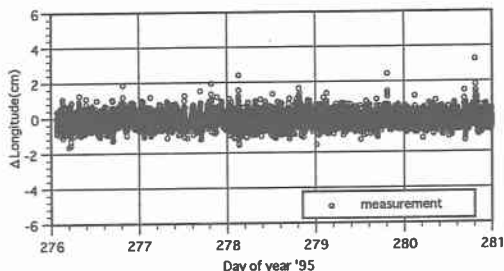


図-6 GPS測量による観測値(処理法適用後)

表-1 平均値と標準偏差 (単位: cm)

period(day)	268~273		275~281	
	Ave.	Std.	Ave.	Std.
Latitude	0.0	0.5	0.0	0.5
Longitude	0.0	0.4	-0.1	0.3
Height	-0.1	1.1	-0.2	1.0

3.2 変位計測実験

長期の連続観測(約4週間)を実施し、期間中にアンテナに人為的変位を与える変位計測のシミュレーション実験を行った。与える変位の量は、1回につき経度、緯度方向に対して5mm、高さ方向に対して10mmとし、観測中4回変位を与えた。計測結果に図-7の処理方法を適用した結果の一例を、図-8に示す。図-8および表-2から正確に与えた5mmごとの変位を追跡していることがわかる(図中 ↓ は変位を与えた日を示す)。

4. むすび

本手法により、大きな乱れと偏差のあるデータから、偶然誤差とみなせるノイズのみを含む観測値を得ることができ、本システムによって、少なくとも緯度、経度方向で5mm、高さ方向で10mmを単位とした変位の連続計測が可能であることが示された。

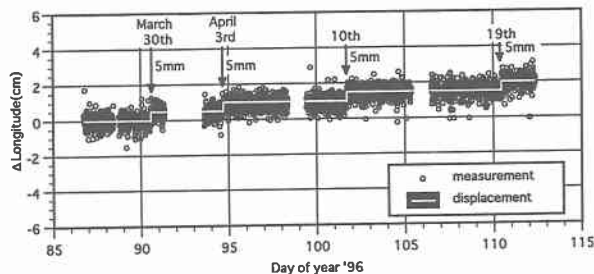


図-8 変位計測結果

参考文献

- 清水則一, 小野 浩, 近藤仁志, 水田義明: 資源と素材, Vo.112, No.5, PP.283-288, 1996
- 清水則一, 小山修治, 小野 浩, 宮下耕一, 近藤仁志, 水田義明: 資源と素材, (投稿中)
- 近藤仁志, M.Elizabeth Canon, 清水則一, 中川浩二: 土木学会論文集, No.546/VI-32, pp.157-168, 1996