

山口大学大学院 学 ○古山陽太
山口大学大学院 非 板垣壮真
山口大学大学院 正 中島伸一郎
山口大学大学院 正 清水則一

1. 序論

わが国は、土砂災害や崩壊につながる危険性が高い斜面が多く存在しており、斜面に対する安全監視は重要である。筆者らが開発した GPS 変位計測システム¹⁾は、斜面の 3 次元変位を連続的に高精度自動計測にでき、斜面安全監視に有効である。一方、計測環境によらず高精度計測を実現するためには GPS 固有の誤差に対応する必要がある。そこで本研究では、上空障害による電波の乱れ、気象条件による電波遅延の補正に取り組み、両者の補正法を同時に適用する検討を行い実用的な補正手順を提案する。

2. 現場概要

図-1 に現場平面図と各点の上空写真を示す。現場は山口県内の国道沿いの斜面である。基準点 (K1) は覆道の上に 1 点、計測点 (G1, G2) を斜面に 2 点設置している。図-2 に斜面の縦断面図を示す。基準点の高低差は 100 m を越えている。

3. 計測結果

3.1 GPS 変位計測結果

図-3 に計測点 G1 の GPS 計測結果を示す。計測期間は 2012 年 10 月 6 日から 2013 年 1 月 11 日である。黒丸は計測値、赤線は平滑化結果である。図より、経度、高さ方向の計測結果において、計測値に対する標準偏差 σ は、それぞれ 4.1 mm, 6.9 mm と周期的な飛び値を含みばらついている。図-1 の G1 の上空写真を見るとセンサー上空の南東側から木々が張り出しており、計測結果の周期的なばらつきは、その影響による電波の乱れが原因と考えられる²⁾。また、基準点と計測点間は 100m 以上であり高低差が大きいため気象の影響³⁾が考えられるので、以下に示す補正を行う。

3.2 上空障害物の影響低減方法

上空障害物による電波の乱れを排除するためにマスク処理²⁾を行う。すなわち、上空障害物の背後にある衛星の電波利用しないで解析が実施できるように、障害物の範囲にマスクを設定する。ところが、上空写真に基づきマスクを設定する場合、写真の方位が実際の GPS センサー上空の方位と一致しているとは限らないため、適正にマスクが設定できないことがある。そこで、上空写真を回転させ、適正な補正角を検討しマスク処理を

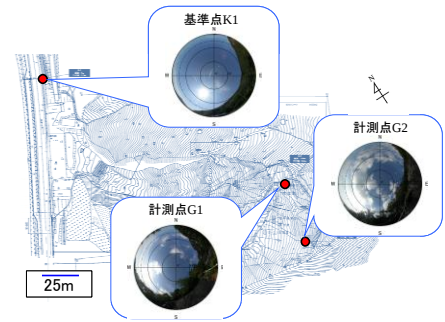


図-1 計測現場の平面図

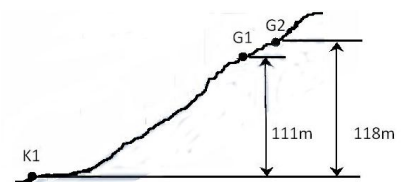
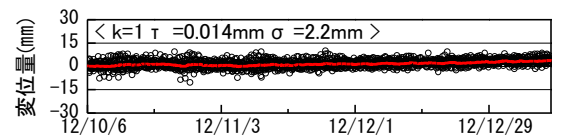
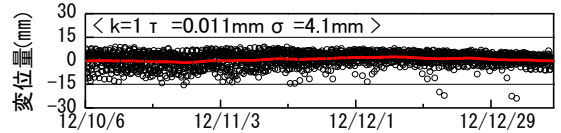


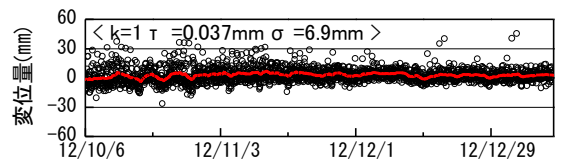
図-2 斜面の縦断面図



(a) 緯度方向変位



(b) 経度方向変位



(c) 高さ方向変位

図-3 計測結果

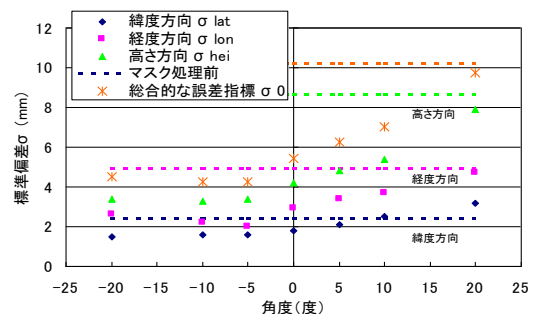


図-4 標準偏差の分布

行うこととする。図-4 に上空写真を回転し（時計回りを+方向とし、±5 度、±10 度、±20 度）、マスク領域を設定した際の標準偏差を示す。なお、緯度、経度、高さ方向における標準偏差を総合的に判断するために指標として式（1）を用いた。

$$\sigma_0 = \sqrt{\sigma_{lat}^2 + \sigma_{lon}^2 + \sigma_{hei}^2} \quad (1)$$

図-4 より、-5 度回転させてマスク領域を設定して解析を行うことにより、最もばらつきを抑えられており最適な補正角となる。

最適補正角（-5 度）でマスク処理を適用した結果を図-5 に示す。図-3 と比較すると、全方向において、標準偏差と周期的な飛び値が改善された。

3.3 対流圏遅延の補正

図-3 と図-5 を比較すると、ばらつき及び周期的な飛び値を補正することができたが、高さ方向の計測値にユレが生じている。これは、高低差が 100m を越えていることから、対流圏遅延が影響していると考えられる³⁾。そこで、修正 Hopfield モデルによる対流圏遅延補正を行う³⁾。なお、気象データは現場から約 16 km 離れた萩観測所の観測値を用いた。

マスク処理及び対流圏遅延補正を適用した結果を図-6 に示す。図-3 と図-6 を比較すると、ばらつきが改善され、また図-5 と図-6 を比較すると計測値のユレを低減できていることがわかる。

以上の結果に基づき、上空障害と対流圏遅延の補正に対する実用的な補正手順をフローにして図-7 に示す。

4. 結論と課題

上空障害及び高低差のある現場に、方位をあわせたマスク処理及び修正 Hopfield モデルによる対流圏遅延補正を適用したところ、上空障害物の影響及び対流圏遅延による影響を概ね除去することができた。この成果に基づき、上記の誤差に対する実用的な補正法の手順を示した。

謝辞：現場計測にご協力いただいた関係各位に謝意を表す。

また、本研究は、中国建設弘済会技術開発支援制度に基づく助成を得て実施したことを記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岩崎智治, 原口勝利, 佐藤渉, 増成友宏, 内田純二, 清水則一：GPS を用いた自動変位監視のための Web システムの開発, 日本地すべり学会誌, 第.49 巻, 第 4 号, pp. 174-185, 2012.
- 2) 増成友宏, 武地美明, 田村尚之, 船津貴弘, 清水則一：GPS 変位計測における上空障害物の影響とその低減法, 土木学会論文集 F, vol.64, No.4, pp.394-402, 2008.
- 3) 増成友宏, 清水則一：GPS による地盤変位計測における気象の影響の補正方法の検討, 土木学会論文集 F, vol.63, No.4, pp.437-447, 2007.

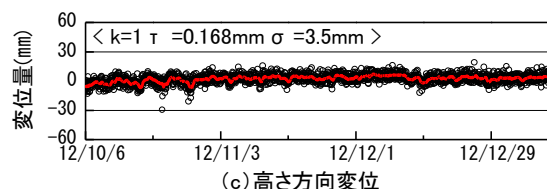
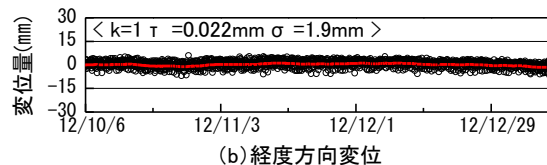
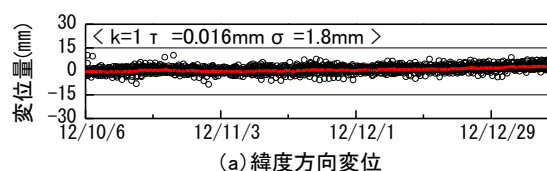


図-5 補正角適用後

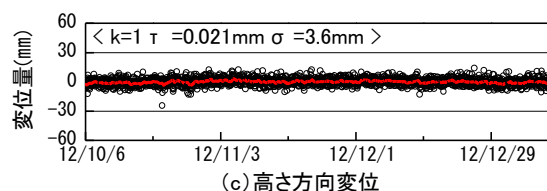
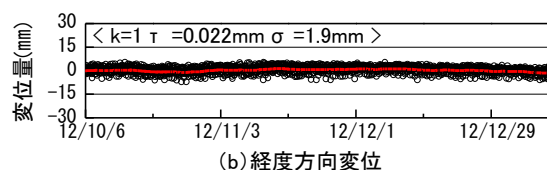
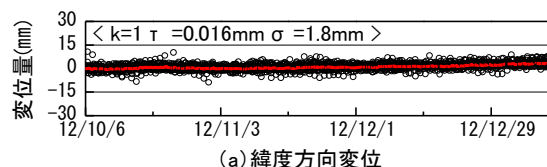


図-6 マスク処理及び対流圏遅延補正

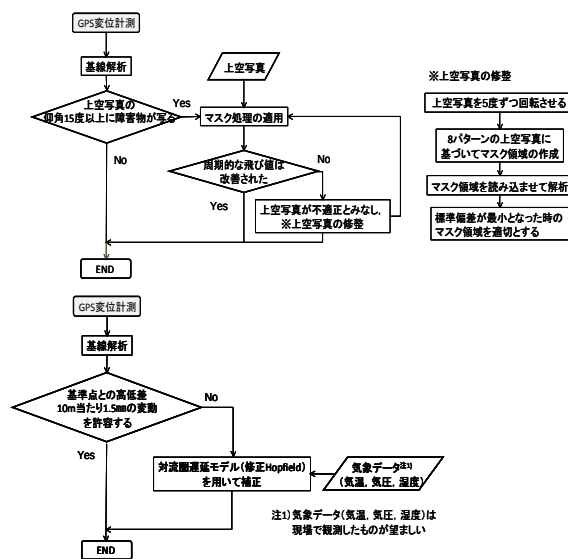


図-7 GPS による高精度変位計測の実用的手順