急傾斜斜面に対する GPS 変位計測システムの適用事例

山口大学大学院　　学　○古山陽太　　同工学部　大山直輝
山口大学大学院　　正　　中島伸一郎，清水則一
国土交通省中国地方整備局山口河川国道事務所　　山田晋吾

1. はじめに

GPS 変位計測システム [1]（**図-1** 参照）は，長大斜面やダムなどの大型構造物の 3 次元変位を連続自動的に精度よく計測できるものとして多くの現場で利用されている．本研究では，国道沿いの急傾斜斜面において GPS 変位計測システムを用い，これまで開発した電波の対流圏遅延（気象の影響）の補正法 [2]，植生などの上空障害物による誤差の低減法（マスク処理）[3]を適用し連続計測を行うとともに，計測結果の評価をする．

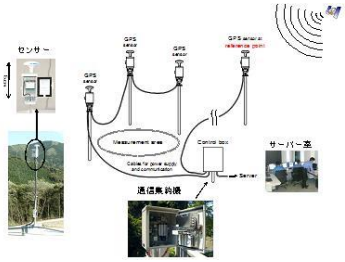


図-1　GPS 変位計測システム

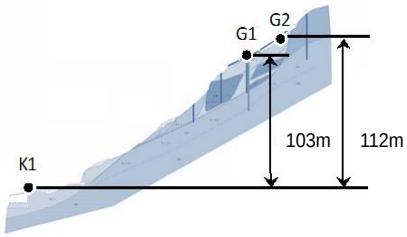


図-2　断面図（計測点と高低差）

2. GPS 変位計測と現場概要

本計測では，GPS 人工衛星からの搬送波(L1 波)位相を 30 秒ごとに連続測定し，1 時間のデータによるスタティック測位を行う．したがって，一時間毎に 3 次元変位を連続的に計測することができる．

図-2，および，**図-3** に計測現場斜面の縦断面，および，平面図を示す．基準点 K-1 と計測点 G-1，および，G-2 の高低差はそれぞれ，103 m，および，112 m であり，対流圏遅延の影響が予測される．また，各計測点の上空写真（**図-3** 参照）から，植生により上空視界が遮られ，受信電波に乱れが生じることが考えられる．実際，試験計測において上記の要因で計測結果に誤差が生じていることが確認され，対流圏遅延補正とマスク処理を適用し，計測精度の向上を図った [4]．その結果，計測点 G-1，および，G-2 のいずれも計測の標準偏差は，緯度・経度方向で 1-2 mm，高さ方向は 3-5 mm となった．

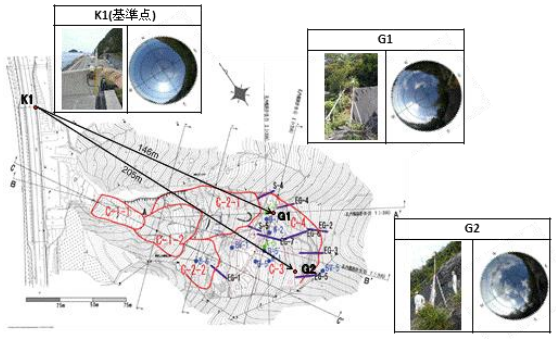


図-3　平面図（計測点と基線長，上空写真）

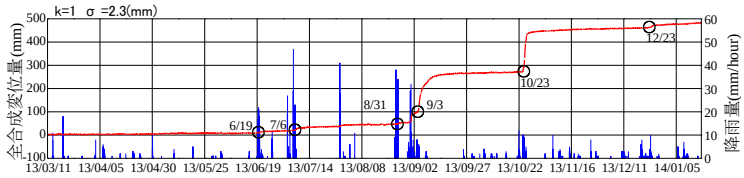


図-4　G1 の計測変位と降雨量（2013 年 3 月 11 日～2014 年 1 月 17 日）

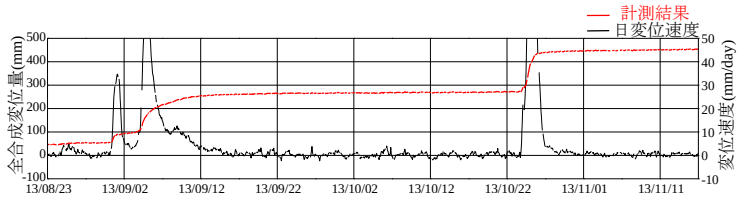


図-5　G1 の変位と変位速度（2013 年 8 月 23 日～11 月 15 日）

3. 計測結果

3.1 計測変位，速度，および，ベクトル

図-4 に計測点 G1 における 3 次元計測変位（緯度方向，経度方向，高さ方向の各変位）に対する合成変位（トレンドモデル適用結果 [4]）と 1 時間降雨量を示す．計測期間は 2013 年 3 月 11 日～2014 年 1 月 17 日である．

6 月中旬の降雨の影響によって変位の増加が始まり，その後の降雨を経て 8 月末から 9 月にかけて，数度の時間

キーワード　斜面監視，GPS，変位計測
連絡先　　〒755-8611　宇部市常盤台 2-16-1　山口大学工学部社会建設工学科　TEL（0836)85-9334

30 mm 以上の降雨によって，9 月 3 日には約 40 mm，および，約 150 mm，さらに，10 月 23 日にも約 160 mm を超える変位増分がみられた．その他の降雨時にも数 mm 程度の変位増分が検出された．

図-5 に特に大きな変位が計測された 8 月 23 日～11 月 15 日までの変位，および，日変位速度を示す．一般に，道路安全管理に変位速度を用いることが多く，GPS 変位計測によっても変位速度を連続して計測できることが示された．

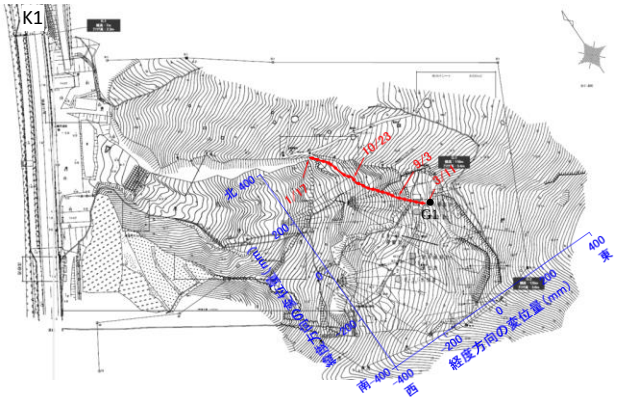
図-6 に計測点 G-1 の変位ベクトルの推移を示す．9 月 3 日，および，10 月 23 日の変位急増時に，変位の方向に変化があることが分かる．変位の方向は平面においては，おおむね，地形の等高線に直交する方向（最急こう配）である．断面においては，当初は，すべり線に平行であるが，10 月 23 日以降は，さらに斜面前方に向かっている．これは，すべり挙動が不安定な新たな段階に入ったことを示唆していると考えられる．

3. 2 土壌雨量指数との関係

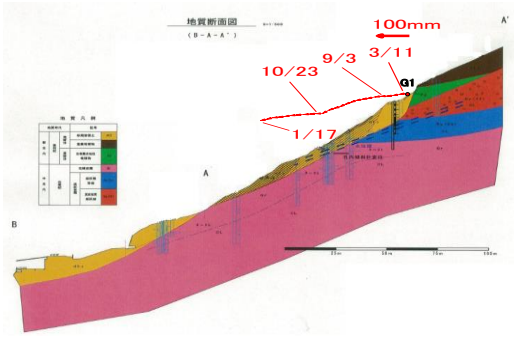
観測された降雨量から土壌雨量指数 [5]を算出し，計測変位と比較する（**図-7**）．土壌雨量指数の増加と変位が増加する時期に対応がみられるようである．そこで，計測変位と土壌雨量指数の関係を図化した（**図-8**）．8 月末の降雨以降，土壌雨量指数が 50 mm を超えると，変位増分も 10 mm 以上となり，土壌雨量指数と変位の増加に何らかの関連があるものと思われる．

4. むすび

計測現場は急峻でアンテナ周辺には植生による上空障害もあり，GPS 変位計測にとって不利な環境であったが，適切な補正を行った結果，安定して連続的に 3 次元変位を計測できた．また，本現場では，変位の増加と土壌雨量指数とに関係があることが示唆され，今後さらに検討を進めたい．



（a）平面ベクトル図



（b）断面ベクトル図

図-6　ベクトル図
（2013 年 3 月 11 日～2014 年 1 月 17 日）

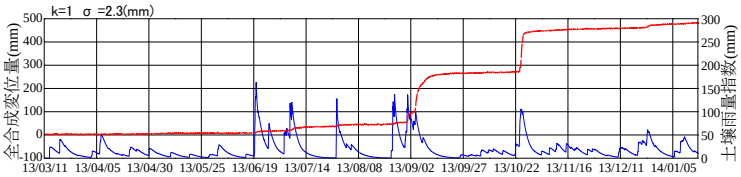


図-7 計測変位と土壌雨量指数
（2013 年 3 月 11 日～2014 年 1 月 17 日）

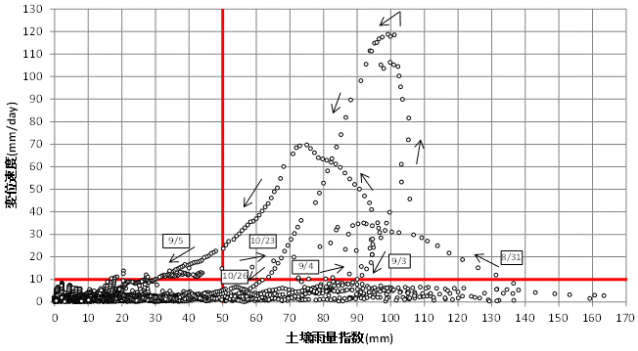


図-8　変位速度と土壌雨量指数
（2013 年 3 月 11 日～2014 年 1 月 17 日）

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, 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.
3） 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.
4） 清水則一：GPS による地盤/構造物の高精度変位計測の現状と今後，電力土木，No.366，pp.5-6，2013.
5） 気象庁ホームページ:土壌雨量指数, http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/bosai/dojoshisu.html,（参照 2014-4-3）.