

## センサーネットワークを用いた地盤災害の監視システムの提案

山口大学大学院 正会員 ○中田 幸男  
 山口大学大学院 学生会員 船越 理紗  
 山口大学大学院 正会員 兵動 正幸  
 山口大学大学院 正会員 吉本 憲正

### 1. まえがき

本報告は、センサーネットワークを活用した地盤災害に対する監視システムの提案について述べるものである。このシステムは、地盤の表層変化を捉えるための加速度センサーを危険箇所周辺に多数配置すること、多点計測するために安価なセンサーを開発していること、これにより、複数のセンサーからのデータから災害発生(異常)箇所および範囲(規模)を推定しようとするものである。ここでは、センサーネットワークの概要を述べるとともに、加速度センサーによる計測の可能性について概説する。

### 2. センサーネットワークの概要

著者らは、アドホック通信技術を活用した土石流危険渓流および切土法面(萌芽研究)への斜面監視技術の適用性について検討してきている<sup>1)</sup>。アドホック通信は、図-1、2に示すように、ノードと呼ばれる無線センサー端末により通信網を形成し、各ノードに取り付けられたセンサーの値をこの通信網を経由してバケツリレー式に伝送する通信システムをいう。これまで、ビル等の省エネ監視、構造物の劣化監視などへの適用があり、地盤災害への適用が世界的にも広がり始めたところである。

ネットワークの構成要素であるノードは安価で多量に導入できる。このため、崩壊箇所が特定できない場合や、想定外の地盤災害を予知する場合に威力を発揮すると考えられる。一般的な現場計測システムでは、各々のセンサーの計測データに対する信頼性を前提に構築されるため、センサーの誤作動や誤認、欠測によりシステムの機能を保持できないという問題が生じる。提案するシステムでは、多数のセンサーにて測定されるデータに基づいて異常を抽出しようとするものである。このため、一般的なシステムと比べ、異常なデータの確からしさが得られるため、これまで未経験の事象に対する状況においても異常データを抽出できると考えている。

センサーは三軸加速度計を使用し、X軸、Y軸、Z軸それぞれの加速度が監視用端末に記録される。計測データの間隔は、1分から1日で設定でき、現時点では毎日13:00に1回の計測を行っている。この時間間隔は遠隔から変更が可能であるため、降雨強度の高い降雨が予想される直前に変更することができる。

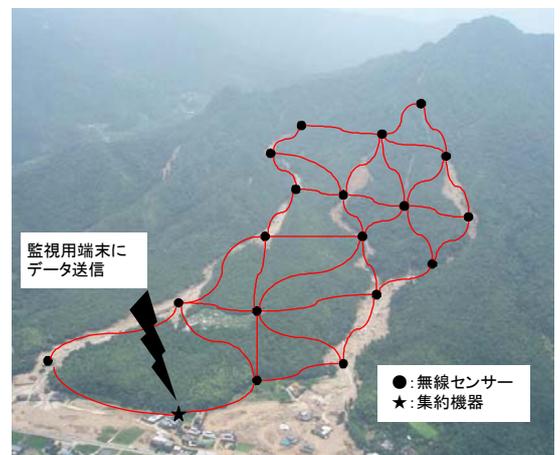


図-1 センサーネットワーク設置イメージ



図-2 設置機器の概況

キーワード 地盤災害, センサーネットワーク, 監視

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学大学院理工学研究科 中田幸男

TEL 0836-85-9341

### 3. 計測データにより見出される斜面の危険度評価の可能性

切土法面に設置したノード（加速度計）で計測された加速度の時刻歴を図-3 に示した。加速度変化は、X 軸、Y 軸ともに Z 軸に比べ微小の変化であったため、Z 軸の加速度変化についてのみ示した。20 個のセンサーのうち加速度の変化の大きかった地点はノードの No. 7、15、18 であった。前半の降雨が観測されている 6 月から 7 月の期間では、加速度が緩やかに減少した。特に、No. 15 の結果が顕著な変化を示したが、周辺のノードと整合した動きではなく、変化量も小さいため、注視するだけの対応とした。さらに、降雨が観測されていない 10 月以降の期間の加速度はほとんど変化しなかった。

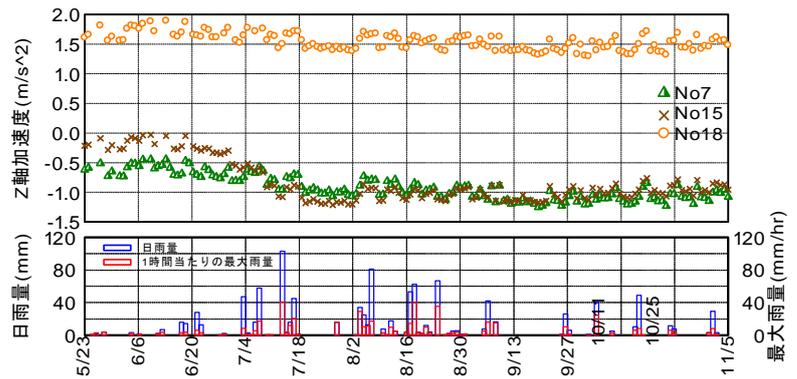


図-3 切土法面で得られた加速度の時刻歴

溪流に設置したノードから得られた計測結果を図-4 に示す。前半の降雨が観測されている期間で、加速度は減少し、降雨が観測されていない後半の期間の加速度は変化していないことがわかる。溪流沿いの計測では、No13、16 の近接するノードの値が連動するように変化をしている。これらのノードの近くにはリニアメント性の地形が確認されている。別途行っている地下水圧の変化の計測<sup>2)</sup>において、リニアメントから下流域では、100mm を超える降雨後には 1 ヶ月以上にわたって地下水圧が高い状態が続くことがわかっている。図-4 の加速度変化はこの高い水圧変化を反映している可能性があるといえる。

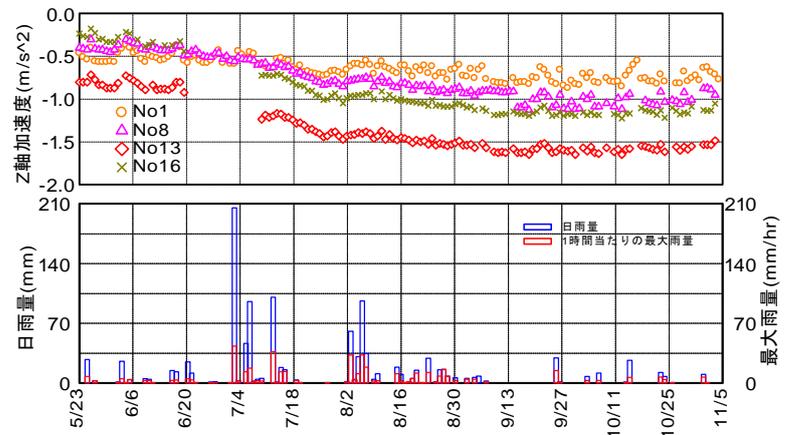


図-4 土石流危険溪流で得られた加速度の時刻歴

これまでに行った模型斜面に対する降雨崩壊実験の結果<sup>3)</sup>を用いて、崩壊中の加速度の変化について示す。図-5 は、目視により斜面表面の移動を確認した時刻を 0s とする崩壊開始時間について加速度の推移を示したものである。加速度挙動は崩壊開始の 300s 前から緩やかに上昇し、崩壊開始直前には崩壊箇所直近のセンサーについてのみ急激に変化した。このことは、現場での計測データを蓄積し、崩壊の引き金となる閾値を得ることで、安定性の評価に寄与できることを示唆している。

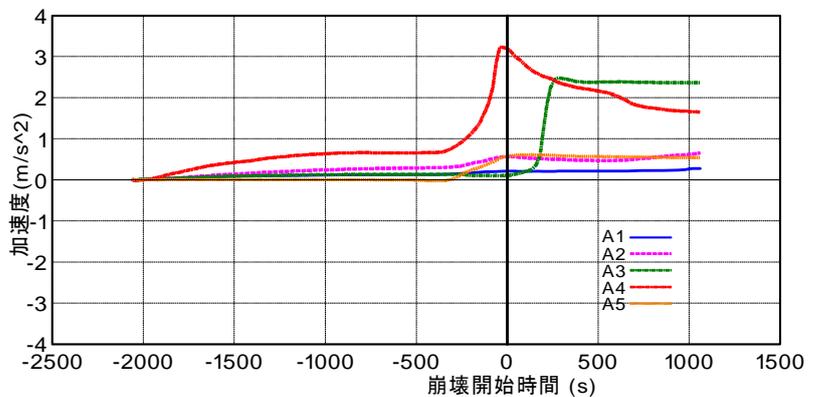


図-5 模型斜面に対する降雨崩壊実験における加速度の時刻歴

参考文献 1) 中本昌希ほか:アドホックネットワークを用いた土石流モニタリングシステムの開発, 第 63 回地盤工学会研究発表会講演概要集, 2013. 2) 久田裕史ほか:降雨による模型斜面の崩壊挙動に与える細粒分含有率の影響, 第 63 回地盤工学会研究発表会講演概要集, 2013. 3) 中田幸男ほか:土石流危険溪流での地下水圧の現場計測, 第 50 回地盤工学会研究発表会, 2015.