

地域防災を支援する IoT 技術を活用した斜面モニタリング手法とその課題

防災科学技術研究所 正会員 ○酒井 直樹
 関西大学 正会員 大西 有三
 防災科学技術研究所 正会員 石澤 友浩
 防災科学技術研究所 正会員 檀上 徹

1. はじめに

平成 26 年広島土砂災害では記録的な豪雨により多数の斜面崩壊や土石流により大きな被害が発生した。その主な原因として、1 時間に 50mm を越えるような豪雨が短時間に局地的に降ったことや、また「土砂災害警戒情報」や「避難勧告」等の防災情報の伝達のタイミングが遅れたことなどが指摘され、複数の要因が重なり被害が大きくなったと見られている。そのような事情を反映して、特に近年では地域に直接資するようきめ細かい防災情報が求められてきている。特に避難の場合は、避難勧告等を待つだけでなく、危険を感じたら自ら避難する「タイミング」を判断することが必要になってくる。そのため周辺に発生する前兆現象¹⁾を把握することが必要だが、豪雨中に、その前兆現象を探すのは、非常に困難を伴う上、自ら被災する可能性が高くなる。そこで本稿では、斜面モニタリングにより前兆現象を把握する技術^{例えば 2)}の必要性とその情報を避難に結びつけ有効な防災行動に結びつけるための新たな斜面モニタリングの試みを紹介する。

2. 住民の避難行動

災害時の住民の避難に関しては、中央防災会議より具体的な避難行動に関する報告³⁾がだされている。ここでは、避難の考え方、避難情報の実効性、適切な情報提供のあり方、防災リテラシーの項目について方向性を示している。この中では、避難については、図 1 に示すように、安全確保行動の分類をしている。この動きを判断するのは住民ということになるが、具体的にどう動くべきを判断するには、周辺における情報が必要である。このような判断は、個々の人間の経験に基づき判断されるため、日頃からの訓練等が必要になる。しかし現状では、その判断を促す周辺の情報は充実しているとはいえず、それを支援する情報が必要である。

行動の視点	安全確保行動	具体的な行動例
緊急的な行動	待避	自宅などの居場所や安全を確保できる場所に留まる
	垂直移動	屋内の 2 階以上の安全を確保できる高さに移動する
	水平移動（一時的）	その場を立退いて、近隣の安全を確保できる場所に一時的に移動する
仮の生活をおくる行動	水平移動（長期的）	住居地と異なる避難先などで一定期間仮の避難生活をおくる

図 1 安全確保行動の分類³⁾

3. センサー計測による身近な防災情報への試み

以上の状況を踏まえると、最近では「リアルタイム」で「ピンポイント」な防災情報は重要になると考えられる。そこで、現在一般に用いられているような高精度な計測に加え、個人で手軽で扱えるような小型で低価格なセンサーシステムが必要となってきた。そこで、本報告では、IoT モジュールを基とした MEMS 型加速度センサーと Bluetooth 通信を用い、そしてロガーとしてスマートフォンを使うモニタリングシステムをについて述べる。汎用性の MEMS 型 IoT モジュールを元に、本体内にモジュールと電源を設置した。センサー部分では、加速度（3 軸）・地磁気（3 軸）・気圧・温度・湿度・照度等の計測が可能である。ここでは、加速度についてのみ触れる。 $-2G \sim +2G$ で 10Hz で計測する可能である。センサーモジュールおよびリチウム電池は、防水・防塵性のプラスチックボックス内に収め、サイズは幅 50mm・高さ 65mm・奥行 55mm である（図 3 参照）。この仕様で 1 年程度は計測し続けるようにしている。データは、Bluetooth を通じてスマートフォンで常時受信できるようにソフトウェアを走らせている。

キーワード 斜面崩壊, 斜面モニタリング, 避難判断

連絡先 〒305-0006 つくば市天王台 3-1, sakai@bosai.go.jp

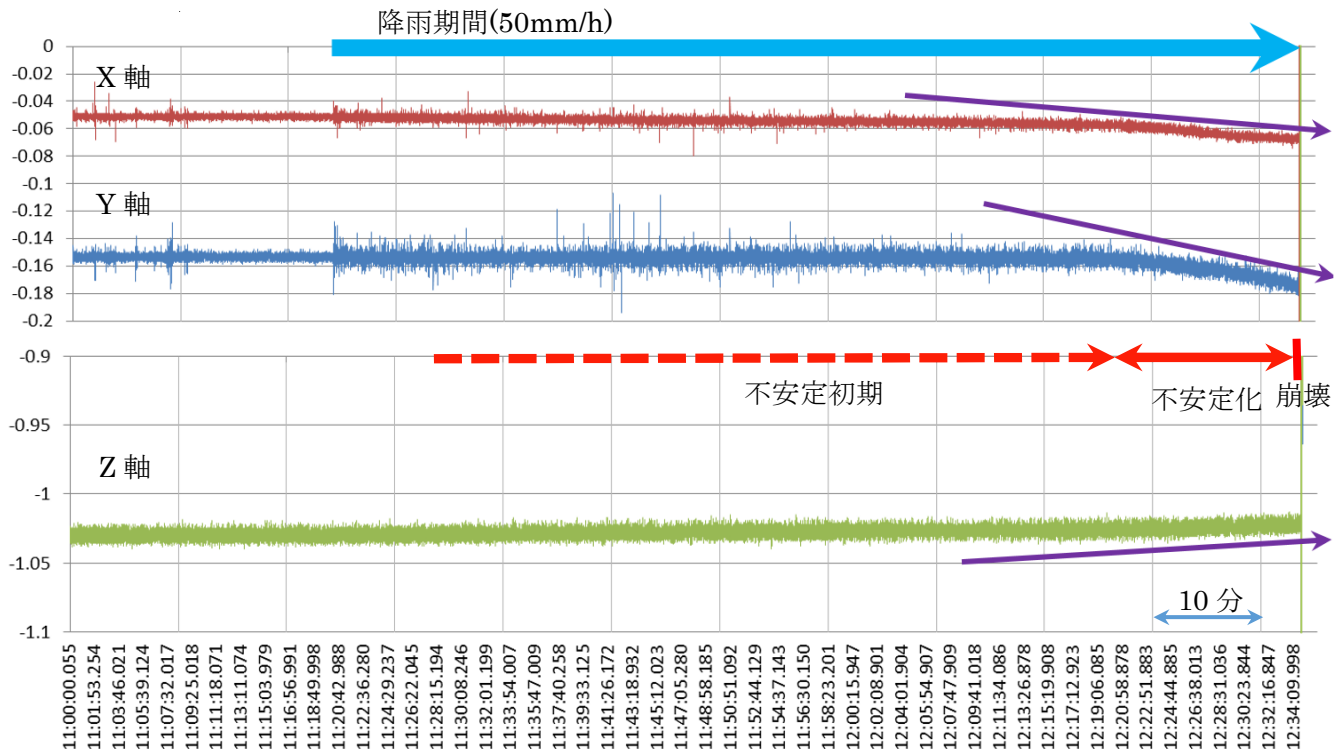


図2 大型模型実験時の加速度計測データ事例

大型実験の設置計測事例を示す。センサーは表層に固定されている。ここでは加速度センサーの計測事例を示す（図2参照）。水色で示した太線は、降雨期間(50mm/h 一定)を示している。降雨期間中は、特にX,Y軸方向に関して降雨によるノイズが大きくなっているのがわかる。3軸とも、降雨期間中は、ほぼ変動を示すような動きは全く検出されていない。その後、崩壊前18分程度から加速度センサーが3軸とも動き出していることがわかる（紫の矢印）。これは別途計測している地表面変位計と同等の動きであり、この結果から斜面が不安定となった状況から崩壊に至る過程はこの計測法でも計測できることがわかった。今後、複数のモニタリングデータをリアルタイムで分析するために、時系列データに対し統計手法を利用し、専門家以外にも判断可能な危険度評価手法として統計モデル⁴⁾を用い危険度評価として定量的な切迫性のある防災情報を創出し活用することが重要である。

4. まとめ

今回は試作センサーによる試みを紹介したが、防災情報として身近な斜面の情報がわかることは警戒避難に対して大きなメリットがあると考えられ、今後産官学が連携して取り組んでいく大きな課題であると考えている。アルプス電気株式会社、株式会社ナレッジフォーサイトには、試作機製作においてご協力を頂きました。

参考文献

- 1) 土砂災害警戒避難に関わる前兆現象情報の活用の方について、国交省砂防部、平成18年
- 2) 笹原克夫・酒井直樹、地表面変位と地下水位のモニタリングに基づく斜面崩壊発生予測、地盤工学ジャーナル、9(4)、671-685、2014
- 3) 災害時の避難に関する専門調査会報告、～誰もが自ら適切に避難するために～、中央防災会議、平成24年3月
- 4) Tomoaki Imoto, Naoki Sakai, Kunio Shimizu, Koji Kanefuji, and Satoshi Yamashita, An application of statistical time series analysis to prediction of slope failure, International Conference on Slopes, Malaysia 2015

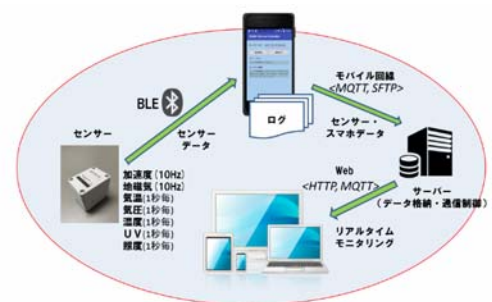
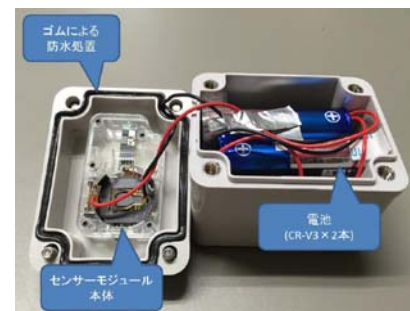


図3 センサー概要(上)とシステム概要図(下)