

## IoT センサーを活用した斜面モニタリングと異常検知へ向けた検討

筑波大学大学院 システム情報工学研究群 学生会員 ○小口 公  
筑波大学協働大学院 / 防災科学技術研究所 正会員 酒井 直樹

## 1. 背景と目的

近年、豪雨の激甚化に伴い全国各地で、毎年のように土砂災害が発生し、個人がその場で避難のタイミングを判断することが必要となってきた。そこで、斜面の変状を早期に把握するために、危険度を知りたい斜面においてモニタリングを実施することが重要である。個別の斜面をモニタリングするには、必要な場所で個別に計測可能な MEMS 型加速度センサーを用いた IoT センサーが挙げられる。しかし、計測を実施するうえで、センサー設置に関するガイドラインや、時系列データから異常を判断するアルゴリズムの確立が困難であることが課題として挙げられる。そこでそれらの課題を解決するために、筆者らは、試験用盛土を構築し、各種計測を行い長期的なモニタリングを実施し、降雨や地震などのイベントごとにおける斜面の変形挙動の把握や平時の時系列データの分析も行っている。本報告では、IoT センサーを活用した斜面の異常検知の可能性や課題について検討する。

## 2. センサー概要

モニタリングには、表層傾斜計<sup>1)</sup>を使用した。長さ 1m の杭型で、センサーは底部に設置された二軸傾斜センサーであり、 $0.001^\circ$ までの傾斜を計測することが可能である。設置は 1m の孔（ほぼ杭と同じ太さ）を開け差し込む方式である。頭部の BOX に通信機器があり、LTE を利用している。サンプリング間隔については、1 分間に 1 回送信であり、バッテリー接続としている。

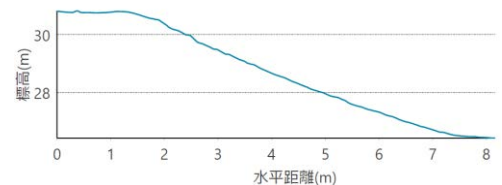


図-1 センサー設置地点の断面図

## 3. モニタリング対象の法面とセンサー設置箇所

## 3.1 モニタリング対象の盛土の概要

図-1 にモニタリング実施地点の斜面の断面図を示す。

防災科学技術研究所内にある大型降雨実験施設の区画内に試験用盛土を構築した。実験区画の地盤は、一般的な関東ローム地盤であり、地下水位は地表面に近いところまであり水はけが悪い。盛土材料については、過去の試験で利用された残土を用いており、粘性土や砂質土が混在した材料であり、バックホーで地盤をたたきながら整形し、土台が、 $30\text{m} \times 30\text{m}$  で高さ 4.5m、斜面傾斜は、 $30^\circ \sim 35^\circ$  程度の 4 つの斜面を持っている。

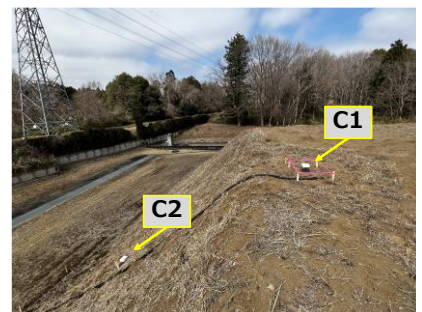


図-2 センサー設置後の全景

## 3.2 センサー設置箇所の概要

図-2 にセンサー設置後の斜面の全景を示す。センサーの設置箇所については、盛土法肩から約 1.2m の地点(以下：C1)と盛土法面の中央の地点(以下：C2)に設置をした。センサーの設置深さについては、約 1m である。また、センサーの計測の方向については、斜面側への変位が X 軸の正、斜面に向かって左側への変位が Y 軸の正となるように設定した (図-3 参照)。

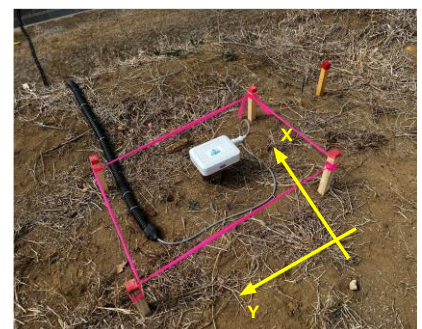


図-3 計測方向(C1)

キーワード 斜面モニタリング, IoT, 傾斜計, 異常検知

連絡先 〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 TEL029-863-7868 s2120532@u.tsukuba.ac.jp

### 3. 観測データと気象状況の比較

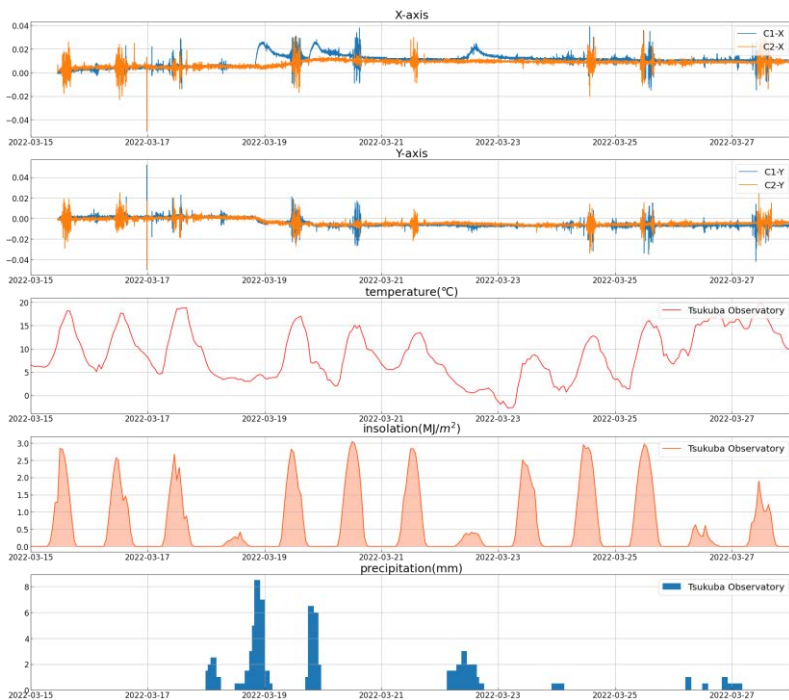


図-4 2022/03/15～2022/03/27

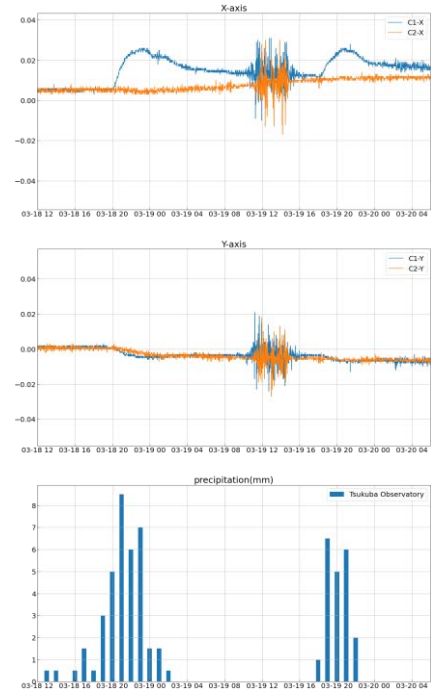


図-5 降雨イベント時の挙動

#### 4.1 観測データと気象データとの比較

図-4 にモニタリングで得られた C1, C2 の傾斜値の変化の様子と、気温、全天日射量、降雨量の変化を示す。なお、気象データに関しては、気象庁の茨城県つくば市高層気象台のデータを利用した<sup>2)</sup>。傾斜値の変化について、降雨イベントや地震とは関係の無い周期的なノイズが確認される。ノイズについての原因は不明であるが、図-4 から気温や日射量の変化との比較により、電気的なノイズの可能性があり、このサイト固有なのか、センサーの特性なのかを判別する必要がある。

#### 4.2 降雨イベントによる盛土の動的挙動

図-5 に降雨イベント発生時における C1, C2 の傾斜値を示す。計測開始後、初の降雨イベントは、3月18日13時～3月18日21時までである。18日20時頃から、C1のX軸の値が急激に増加したが、降雨量の低下に伴い、徐々に降雨イベント前の値に回帰しようとする傾向がある他、C2のX軸の傾斜値については降雨イベント終了後から緩やかに正の方向へ大きくなる傾向がある。このように斜面部分と法肩部分において異なる挙動を示す。

### 5 まとめ

今回は、盛土の計測を始めて1ヶ月も経っていないため、データから斜面のリスクを評価することは難しい。一方でこのようなセンサーは、裏山の盛土が今どのような状況か知りたい場合に使われると考えられる。しかし現状では、斜面が大きく動いたこと以外に、情報を発出することは難しい。その原因は、センサーにはいろいろ起源の振動が記録されるため、斜面地盤がどのような状況なのかを判断することは難しく、それが斜面モニタリングの普及を妨げていると考えられる。今後は、モニタリングを継続するとともに、データを各種情報とともに整理し、降雨や地震動が斜面・土砂流動に与える影響<sup>3)</sup>、日、季節変化、生活的、電気的ノイズ等の原因の特定を自動で行えるよう、統計学的時系列解析や機械学習による異常検知の検討について行う。

#### 参考文献

- 1) 表層傾斜計（クリノポール）、応用地質株式会社製
- 2) 気象庁 過去の気象データ つくば市長峰 高層気象台 2022/03/15～2022/03/26
- 3) 北爪、栗田、酒井、山野辺、土砂流動実験による地盤振動計測の概要、日本地すべり学会研究発表会、2021