

# WD5 を利用した泥岩斜面内部の加速度計測

## Measuring acceleration inside a mudstone slope using WD5

小田瑞穂<sup>1</sup>・永野 誠<sup>2</sup>・宮本英揮<sup>3</sup>

<sup>1</sup>佐賀大学大学院農学研究科・<sup>2</sup>株式会社 A・R・P ・<sup>3</sup>佐賀大学農学部

### 要旨(Abstract)

がけ崩れの早期検知の前段として、泥岩斜面の土中にセンサを分散配置し、土壌水分および三軸加速度を計測するとともに、加速度の急変点をリアルタイムで見出す手法を検討した。伸縮計による移動と連動して加速度のいずれかが変化すること、また、加速度単独での変化が認められたこと、尖度および歪度が加速度の急変点において変化することなどが明らかになった。

キーワード：斜面崩壊、三軸加速度、尖度、歪度

Key words: Slope failure, 3-axis acceleration, Kurtosis, Skewness

### 1. はじめに

がけ崩れは、降雨や地震動に起因する突発的な土砂災害である。この事象の発災地点を予測することが困難であるため、リスクを有する斜面に分散配置できる新技術の確立が望まれている。本研究では、崩壊履歴を有する泥岩斜面内に土壌水分・加速度センサを埋設し、それを統合型 IoT システム<sup>1)</sup>に接続してリモート運用することにより、斜面内部の誘電率と三軸加速度を同時に計測した。また、三軸加速度の急変点をリアルタイムで見出す簡易法を検討した。

### 2. 実験方法

宮崎県内某所の斜面に、誘電率( $\epsilon$ )と三軸加速度( $a_x, a_y, a_z$ )を同時観測できる WD5(A・R・P)を 5 地点に各 1 個ずつ(#1 ~ #5), 50 cm, 100 cm, 150 cm のいずれかの深さに埋設した。それらを統合型 IoT システム<sup>1)</sup>に接続して、2021 年 1 月 28 日より 10 分間隔で $\epsilon, a_x, a_y$ および $a_z$ を計測した。 $a_x, a_y$ および $a_z$ の初期値

との差( $\Delta\alpha_{x0}, \Delta\alpha_{y0}, \Delta\alpha_{z0}$ )を 10 分ごとに算定した。併設されたワイヤー式伸縮計により、1 時間間隔で計測された表層土の移動量( $X$ )データを入力した。2021 年 10 月 16 日に雨量計を併設し、10 分間隔で降水量も観測した。

加速度が急変する日時をリアルタイムで検出する手法を検討するために、10 分間隔で行う計測の実施時刻を起点( $n=0$ )として、そこから過去  $n(=1, 3, 7, 30)$  日前までの $\Delta\alpha_{x0}, \Delta\alpha_{y0}$ および $\Delta\alpha_{z0}$ に基づき、尖度( $k_n$ )<sup>2)</sup>および歪度( $s_n$ )<sup>2)</sup>を計算し、これを 10 分ごとに更新した。

### 3. 結果と考察

$X$ と連動した加速度の変化に加え、加速度単独での変化が認められた。伸縮計による  $X$  は階段状に減少した(Fig.1)。一方、#1 の $\Delta\alpha_{x0}$ は、右肩上がりの長期上昇の中にも、急上昇する点が複数認められた。#1 の $\Delta\alpha_{y0}$ には、所々に上下振動が認められたものの、 $\Delta\alpha_{x0}$ と同様に右肩上がりの長期上昇傾向を示した(Fig.1)。また、

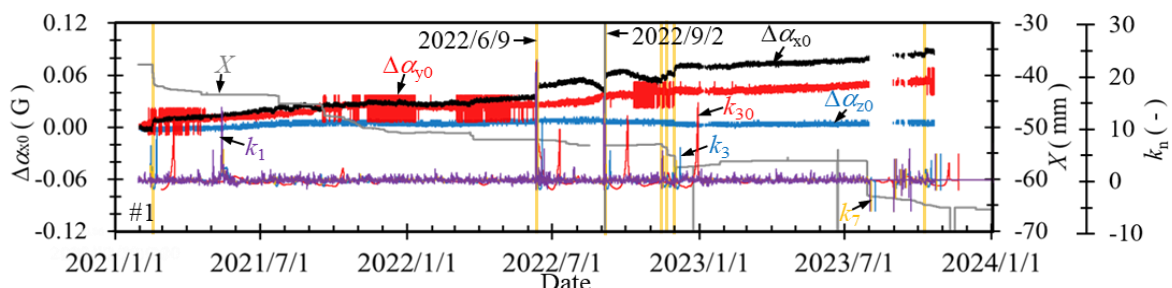


Fig.1 加速度の初期値との差( $\Delta\alpha_{x0}, \Delta\alpha_{y0}, \Delta\alpha_{z0}$ )と移動量( $X$ )の経時変化

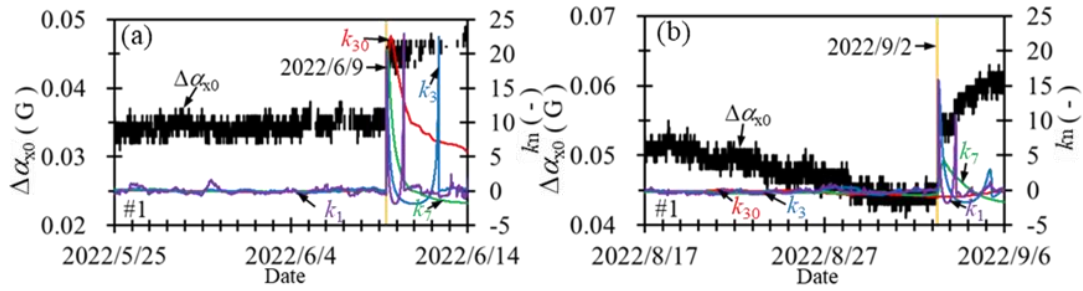


Fig.2 (a)2022年5月25日～6月14日, (b)2022年8月17日～9月6日における#1のx軸加速度の初期値との差( $\Delta\alpha_{x0}$ )と尖度( $k_n$ )の経時変化

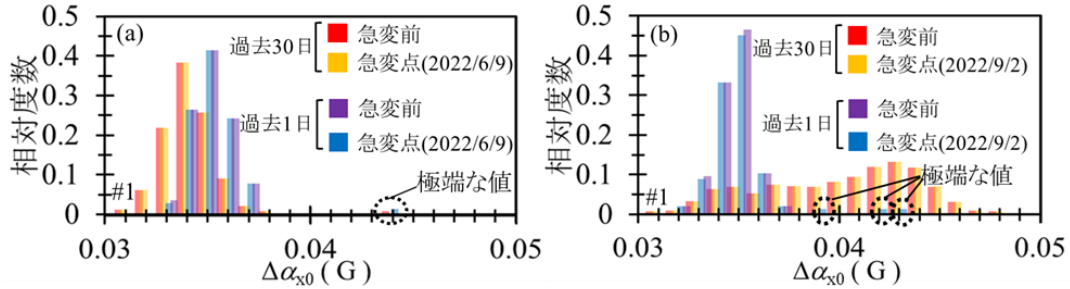


Fig.3 (a)2022年5月25日～6月14日, (b)2022年8月17日～9月6日における#1のx軸加速度の初期値との差( $\Delta\alpha_{x0}$ )のヒストグラム

#1の $\Delta\alpha_{z0}$ の変化は横ばいであった(Fig.1)。#2～#5のWD5においても、 $\Delta\alpha_{x0}$ 、 $\Delta\alpha_{y0}$ 、 $\Delta\alpha_{z0}$ に類似した変化が認められ、表層土壌の滑動と連動した加速度の変化が明らかになった(図は割愛)。ただし、 $X$ は変化しなくても $\Delta\alpha_{x0}$ が急変した2022年6月9日のように(Fig.1)、表層の滑動が検知されない場合にも、斜面内部における変調が認められた。この事実は、表層土壌だけでなく、斜面内部のモニタリングの重要性を示唆すると考える。

加速度が横ばいから急上昇した際に、過去 $n$ ( $=1, 3, 7, 30$ )日前までの加速度に基づく $k_n$ および $s_n$ が急増した。例えば、2022年6月9日の#1の $\Delta\alpha_{x0}$ の急変点において、算定したすべての $k_n$ および $s_n$ が増加した(Fig.2(a))。  $k_n$ と $s_n$ は、ヒストグラムのそれぞれ尖り具合と左右の偏り具合を表す指標である<sup>2)</sup>。それぞれ急変点の値がヒストグラムの極端な値(Fig.3(a)の黒丸)となり、ヒストグラムに尖りや偏りが生じたためこれらの $k_n$ および $s_n$ が増加した(Fig.2(a))。

加速度の減少傾向の後に急上昇した場合、 $k_n$ および $s_n$ のいずれかが急増した。例えば、2022

年9月2日の#1の $\Delta\alpha_{x0}$ の急変点において(Fig.2(b))、過去 $n$ ( $=1, 3, 7$ )日前までの加速度に基づく $k_n$ および $s_n$ は増加したものの、 $k_{30}$ および $s_{30}$ は横ばいであった。例えば、過去1日分のヒストグラムにおいて(Fig.3(b))、急変点の値が極端な値となりヒストグラムに尖りや偏りが生じた。しかし、過去30日分のヒストグラムにおいて、急変点の値が極端な値とならずヒストグラムに尖りや偏りが生じなかったため(Fig.3(b))、 $k_{30}$ および $s_{30}$ は横ばいであった(Fig.2(b))。#2～#5のWD5においても、加速度の急変点にて $k_n$ および $s_n$ のいずれかの応答が確認された。

#### 4.おわりに

加速度のいずれかが $X$ と連動した変化を示すこと、また、加速度単独での変化が認められたこと、尖度および歪度が加速度の急変時に変化することなどが明らかになった。今後は、土性の異なる斜面に本法を適用する予定である。

謝辞：本研究は、宮崎大学工学部の末次大輔教授および神山倬助教、日本地研株式会社の甲木善徳氏、宮崎国道河川事務所の協力を得て実施した。ここに記して謝意を表す。

引用文献：1) 宮本ら(2021): 土壌の物理性 148巻, 39-43., 2) 近森(2003): 農業土木学会誌 71巻, 125-130