

【研究ノート】

IoT センサ装置を用いた道路沿線斜面の監視手法の提案

前川浩基¹，永野康行²，平井敬³，荘田悠平⁴，杉本和也⁵，吉田泰基⁵，
中山善夫⁶，石原健司⁶，加藤直樹⁷

¹ 兵庫県立大学大学院情報科学研究科，大学院生

² 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科，教授 博士（工学）

³ 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科，准教授 博士（工学）

⁴ 兵庫県立大学社会情報科学部，大学生

⁵ 株式会社ザイマックス

⁶ 株式会社ザイマックス不動産総合研究所

⁷ 兵庫県立大学大学院情報科学研究科，教授 工学博士

落石や土砂崩れを原因とする道路災害の監視や防止は，道路管理者である地方自治体にとって大きな課題である．本研究では，動画カメラと IoT センサ装置の併設による有効性の高い監視体制の将来的な構築を目指し，兵庫県内の監視対象箇所に IoT センサ装置を約 1 か月間設置した．本稿では，IoT センサ装置から得られた観測データについて，先行研究で得られた知見をもとに分析した結果を報告する．

キーワード：道路災害，防災管理，遠隔監視，IoT センサ装置

1. 研究の背景と目的

山間部の道路においてはその沿線斜面からの落石や土砂崩れといった災害が発生しやすく，道路管理者である地方自治体にはその監視・点検などの防災管理が求められている．しかし災害発生のおそれのある箇所は域内に多数点在していることが多く，その監視は容易ではない．

株式会社ザイマックス，株式会社ザイマックス不動産総合研究所，兵庫県立大学の三者は，神奈川県相模原市との産学官共同研究体制を 2021 年 5 月より構築し，IoT センサ装置を用いた道路沿線斜面等の防災管理手法の研究を実施している．計 40 台以上のセンサ装置を相模原市内の道路沿線に設置し，落石や土砂崩れといった道路災害の早期検知を目的としたデータ分析手法の開発および市への情報提供体制の構築を進めてきた¹⁾．

兵庫県内の道路総延長は約 37,000km であり、このうち県が管理する道路延長は約 4,800km となっている。県では災害発生のおそれがある箇所に動画カメラを設置し、遠隔監視できるようなシステムの構築を検討していたが、私たちは動画カメラ設置箇所に IoT センサ装置を併設し、より有効性の高い監視体制の構築を提案すべく、兵庫県西宮市内に IoT センサ装置を約 1 か月間設置した。

2. IoT センサ装置の設置

2.1 IoT センサ装置の設置箇所および設置期間

今回、IoT センサ装置を設置したのは、兵庫県西宮市山口町船坂（県道 51 号・宝塚唐櫃線）である。2023 年 4 月 7 日に道路沿線斜面の土砂崩れが発生したため通行止め、仮設防護柵の設置工事が完了した同 17 日以降は片側交互通行となっていた箇所である。兵庫県土木部では道路の安全確保対策として動画型ライブカメラの設置を検討していたが、IoT センサ装置による監視を併用する可能性を探ることを目的に、今回の研究が実現することとなった。

設置した IoT センサ装置は 3 台で、設置期間は道路占用許可・道路使用許可手続の関係上、2023 年 7 月 12 日から 8 月 9 日の約 1 か月とした。設置した IoT センサ装置およびその設置箇所の外観を、図 1 に示す。センサ装置による検知範囲を広げるため、コの字型の鉄板に装置を取り付けてある。

2.2 IoT センサ装置の機能概要

本研究で用いる IoT センサ装置はスマートフォンを 2 台重ねた程度の大きさで、加速度センサを内蔵しており、装置自身の「傾斜角度」、および装置が受けた「揺れ」を、一定の時間間隔で自動的に測定することができる（本研究では 15 分間隔に設定）。この装置を道路沿線斜面や、擁壁などの構造物に設置することで、斜面表層の変状や、落石による衝撃等の観測が可能となる。この装置にはさらにバッテリーと無線通信機能も内蔵されており、測定されたデータは通信事業者が持つサーバ宛てに自動的に送信される。よって配線等を必要とせず、単独での設置が可能となっている。

なお、この IoT センサ装置は株式会社ザイマックスとオプテックス株式会社によって開発されたもので、看板や橋台などの傾きを監視する目的にも使用されている。



図 1 設置した 3 台の IoT センサ装置（左より、装置 a, b, c と称す）

3. 取得されたデータの概観および評価

3.1 時系列グラフによるデータの概観

図 2 に、3 台の装置それぞれが受けた揺れの大きさを表す「揺れ指数」の時系列グラフを示す。揺れ指数は X 軸・Y 軸・Z 軸の 3 軸で計測されるが、そのうち最大の値を最大揺れ指数としてグラフに示した。IoT センサ装置の仕様上、揺れ指数の最大値は 255 となっているが、今回観測されたデータにおいての最大値は 78 であった（装置 b，7 月 21 日 23 時台）。装置 b は他の 2 台と比較して頻度、規模ともに高い揺れを観測したことが見て取れる。

また一般的に、土砂崩れや落石といった道路斜面災害は、降雨をきっかけとして発生することがわかっている。そこで同期間の、西宮市での 1 時間ごと降水量のグラフも図 2 に併せて示した。台風の接近や豪雨などの観測されない 1 か月間ではあったが、降雨に対応して観測されたと考えられる揺れも見られるため、降雨が道路沿線斜面の変状に関与する可能性が高く、またこの IoT センサ装置によってそのような変状を捉えられる可能性も高いと考える。

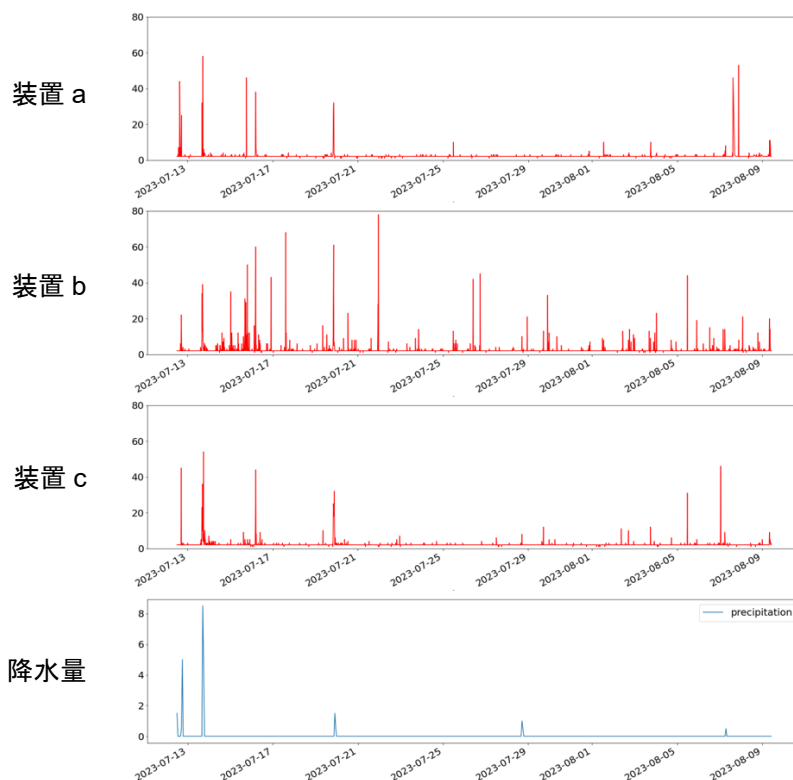


図 2 3 台の IoT センサ装置から取得した最大揺れ指数および同時期の降水量

3.2 データの分布から見た評価

前節では各 IoT センサ装置の観測した揺れ指数の値を時系列で概観したが、本節では揺れ指数の値をその分布で示し、また先行研究において得られた知見との比較によって、その評価をおこなう。

図 3 は、3 台の IoT センサ装置から取得された最大揺れ指数をヒストグラムで示したものである。横軸が最大揺れ指数（0～255）を、縦軸がその頻度（観測回数）を表している。大きな揺れ指数を観測することは稀であるため、縦軸の頻度を対数軸で示すことで、大きな揺れ指数の観測頻度に注目したグ

ラフとしている。図3を見ても、装置bが頻度、規模ともに高い揺れを観測したことがわかる。

我々は相模原市において、土砂崩れや落石が実際に発生している道路沿線斜面箇所、今回と同様の方法により複数のIoTセンサ装置を設置している¹⁾。それらの装置の中には、100を超える大きな揺れ指数を観測するものもあった(図4)。それと比較して今回設置の3台の装置が観測した揺れは相対的に低頻度・低規模であり、落石や土砂崩れといった大きな変状が発生していないことが推測できる。

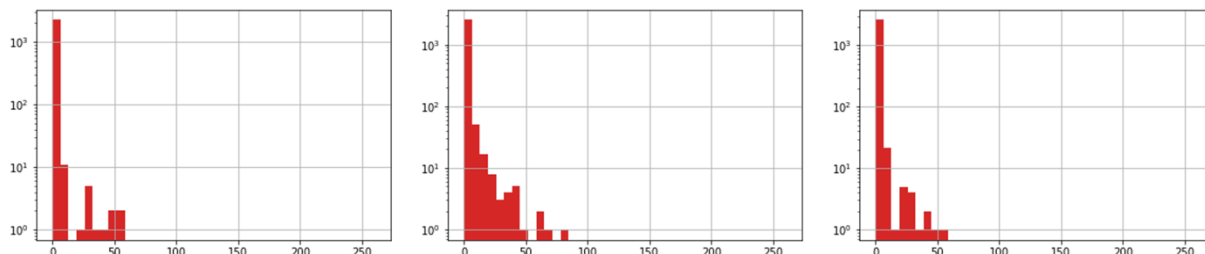


図3 3台のIoTセンサ装置から取得した最大揺れ指数のヒストグラム(左より装置a, b, c)

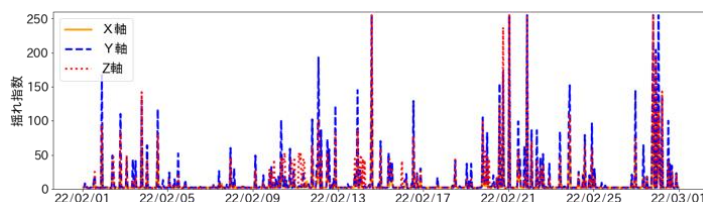


図4 相模原市に設置したIoTセンサ装置で取得した揺れ指数の例¹⁾

5. おわりに

今回IoTセンサ装置を設置した箇所、および設置期間の1か月においては、結果として土砂崩れや落石といった大きな変状、災害は発生しなかった。先行研究によって取得されたデータとの比較によって、おそらく「何もなかった」であろうことがデータから読み取れたことは意義があったと考える。

今後は、災害のおそれがある他の道路沿線箇所に、より長い期間IoTセンサ装置を設置するなどしてデータを集積し、カメラによって撮影された画像との連携による異常検知などを進めていきたい。

謝辞

本研究の実施においては、兵庫県土木部技術企画課、同道路保全課のご支援、ご協力をいただきました。また道路占用許可申請手続きに際しては、兵庫県阪神南県民センター西宮土木事務所の担当課に大変お世話になりました。ここに記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 前川浩基, 加藤直樹, 歌田知昭, 中澤智博, 杉本和也, 吉田 泰基, 中山善夫, 石原健司, 阪本真由美: IoTセンサ装置を用いた道路沿線斜面等の防災管理手法の提案, 地域安全学会論文集, No.41, pp. 197-207, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11314/jisss.41.197>

Note:

Proposal for Monitoring Methods of Roadside Slopes using IoT Sensor Devices

Hiroki Maegawa¹, Yasuyuki Nagano², Takashi Hirai³, Yuhei Shoda⁴,
Kazuya Sugimoto⁵, Hiroki Yoshida⁵, Yoshio Nakayama⁶, Kenji Ishihara⁶,
Naoki Katoh⁷

¹ Graduate School of Information Science, University of Hyogo, Graduate Student

² Graduate School of Disaster Recovery, University of Hyogo, Professor, Ph.D.

³ Graduate School of Disaster Recovery, University of Hyogo, Associate Professor, Ph.D.

⁴ School of Social Information Science, University of Hyogo, Undergraduate

⁵ XYMAX Corporation

⁶ XYMAX REAL ESTATE INSTITUTE Corporation

⁷ Graduate School of Information Science, University of Hyogo, Professor, Ph.D.

Abstract

The Monitoring and preventing road disasters caused by falling rocks and landslides is a major challenge for local governments as road administrators. In this study, we installed IoT sensor devices at monitored locations in Hyogo Prefecture for one month with the aim of establishing a highly effective monitoring system by combining video cameras and IoT sensor devices in the future. In this paper, we report the results of the analysis of the observation data obtained from the IoT sensor devices based on the findings of previous studies.

Keywords: Road disaster, Disaster Prevention Management, Remote Monitoring, IoT Sensor Device