

令和 5 年 9 月 19 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02243

研究課題名（和文）土砂災害の予知モニタリングを従来の1/10以下のコストで実現できる方法の開発

研究課題名（英文）Development of a monitoring method for predicting slope failure at a 1/10 cost of a traditional one

研究代表者

芥川 真一（Akutagawa, Shinichi）

神戸大学・工学研究科・教授

研究者番号：70231850

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,400,000円

研究成果の概要（和文）：プラスチック光ファイバーを利用した数種類のセンサを利用して多様なモニタリングを実施できることを示した。特に、土砂災害の予兆を早期に検知するためのセンサを安価で製造し、それらのセンサが捉えるデータをできるだけ多くの箇所で処理できるよう、携帯電話で利用できる新しい画像処理アプリを製作した。このアプリによって、これまでのデータ処理に係るハードウェアのコストを3000分の1程度に抑えることができるようになったため、その他の費用を含めても、土砂災害の予兆検知のモニタリングに必要なコストを従来の10分の1程度に抑えることに現実的な可能性があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のモニタリングにおいては、一つのセンサが捉えたデータを処理するためには、基本的には電気信号を処理するためのデータロガー（電子デバイス）が必要であった。そのため、センサの数が増えると、それに応じて電子デバイスのコストが比例的に増大することを避けられなかった。それに対し、この研究で開発した携帯電話型アプリを使用すれば、2万円のAndroid携帯電話で900個のセンサからの情報を処理できるようになったため、これまでのモニタリングのコストを大幅に削減できることとなった。

研究成果の概要（英文）：We demonstrated the capability of performing diverse monitoring using several types of sensors utilizing plastic optical fibers. In particular, we developed inexpensive sensors for early detection of sediment-related disasters and created a new image processing application that can be used on mobile phones to process data captured by these sensors at as many locations as possible. With this application, we were able to reduce the hardware costs associated with conventional data processing by approximately 1/3000th, making it realistically possible to reduce the overall cost, including other expenses, for monitoring sediment-related disaster precursors to about 1/10th of the previous level.

研究分野：防災工学

キーワード：モニタリング プラスチック光ファイバー 画像処理

1. 研究開始当初の背景

豪雨に起因する土砂災害による死者をゼロにするという国家的目標を達成するためには、土砂災害の予兆を捉えるためのモニタリングの方法論を根本的に見直すことによって、そのシステム導入コストを徹底的に抑えなければならない。本研究では、1)電気ではなく光でモニタリングとデータ転送を実施する、2)データロガーではなく個人所有のモバイル機器でデータの記録・分析を実施する、という2つのパラダイムシフトを提案する。このことによって、土砂災害の予兆に関連するデータはすべて光データとして収集されるため、それを画像処理で分析するアプリケーションソフトを開発して個人所有のモバイル機器にインストールすれば自分の命を守るためのモニタリングを自宅で実施できることになる。この新戦略によって危険斜面をモニタリングするシステムの導入コストが従来技術と比較して1/10以下に抑えられる可能性が有り、土砂災害による死者をゼロにするという目標達成に大きく貢献できる。

2. 研究の目的

豪雨などに起因する土砂災害の危険度とその時間的变化を丁寧に監視するには、地下水水位の変動、表面流の状態、地盤の動き、岩塊の動き、樹木の動き、また排水関連設備の健全度などをモニタリングする必要がある。

このような場合、従来のモニタリング技術では電気を使用することが前提となっているセンサー(図中に e-Sensor と表示)で各種データを取得し、無線技術などを利用してそれらのデータを集約した上で、技術責任者が斜面の危険度を判定し、行政を通して周辺住民に伝達することが多い。このような従来型のシステムを実施する際には1斜面あたり少なくとも200万円程度以上の費用が発生するため、小さな自治体や個人がそれを負担することは容易ではない。また、電気設備の不具合、落雷などが常に不測の事態として発生する可能性が有り、複数の関係部所を情報が正しく、且つ迅速に伝わらなければならないなどの問題がある。

それに対し、**提案する**新手法では様々なセンシングをプラスチック製光ファイバー(Plastic Optic Fiber, 略称 POF, 直径 1mm の光ファイバーの材料単価は 1m あたり 50 円程度)と簡単な治具だけで行い、得られた光情報を住民個人が所有するモバイル機器のアプリソフトで直接処理するという画期的なシステムを構築することを目的としている。この方法では POF の一端から光を入れ、左端の先端部で土砂災害の前兆に関わる様々なデータを光によってセンシングし、その結果を別の POF でモバイル機器(スマートフォンやタブレット)のカメラに送り返し、新たに構築する画像処理アプリでその光情報を分析する形式を取る。従って、センシングと POF による情報伝達はすべて光で行うため、その部分では電力に依存する形式の装置や電源が一切不要となり、計測システム全体の大幅なコストダウンが可能となる。さらに、取得したデータの分析は個人所有のモバイル機器で実施可能となるため、高価なデータロガーやパソコンなどを準備する必要がなくなり、さらなる圧倒的なコストダウンが可能となる。

このように提案する新システムは、土砂災害の前兆を捉えるためのセンシングシステムをすべて光で可能にするという学術的独自性に基づいて提案されるものである。合わせてデータ分析を個人所有のモバイル機器で実施可能にすることで、命を守るための新モニタリングシステムをこれまでの**従来技術と比較して 1/10 以下のコストで実現可能とする創造的プラン**である。

3. 研究の方法

申請代表者はこれまでに、4種類のPOFセンサーを開発してきた。これらのセンサーを使えば、光の入射、遮断、透過、反射、屈折などの物理現象がセンサー周辺環境と相互作用することによって、様々な情報を得ることができる。それらは、土粒子、地下水、表面流、樹木、排水関連インフラなどの動き、傾き、色の変化などに関連するものであり、土砂災害の危険度を評価するために利用できるものである。さらに、簡単な構造の治具をPOF先端に装着することによって変位や傾斜の定量的な計測も可能となる。これらのデータはすべて光の明るさ、あるいは色としてPOFに送り込まれ、データ収集ボードに集約される。ここに集められたPOFのそれぞれが重要な光情報を持ち帰っているため、それを外部の光を遮断できる光データロギング治具内に収め、スマートフォン等のカメラで観察し、アプリソフトによる分析結果をリアルタイムでスマートフォンの画面に表示して周辺の危険度をユーザーに告知するとともに、クラウドサーバーにアップロードして地域の安全度を確認できる仕組みを構築する。

4. 研究成果

従来のモニタリングにおいては、一つのセンサが捉えたデータを処理するためには、基本的には電気信号を処理するためのデータロガー（電子デバイス）が必要であった。そのため、センサの数が多くなると、それに伴って電子デバイスのコストが比例的に増大することを避けられなかった。それに対し、この研究で開発した携帯電話型アプリを使用すれば、2万円のアンドロイド携帯電話で900個のセンサからの情報を処理できるようになったため、これまでのモニタリングのコストを大幅に削減できることとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Haihua Zhang, Akihiko Ogata, Hitoshi Tezuka, Seiji Kanamori, Shun Shimizu, Lin An, Shinichi Akutagawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Monitoring of the hardening of concrete/mortar using plastic optical fiber sensors : fundamental experiment and data interpretation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of JSCE	6. 最初と最後の頁 247-259
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/journalofjsce.10.1_247	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Haihua Zhang, Shinichi Akutagawa and Kun Feng	4. 巻 164
2. 論文標題 Visualization of principal strain direction by a mechanical device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Measurement	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.measurement.2020.108069	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 杉井良平, 芥川真一, 大谷祐希
2. 発表標題 プラスチック光ファイバーを利用した鉄筋挿入工の軸力計測に関する検討
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福井悠太, 芥川真一, 木下泰範, 米村紳也, 河原幸弘, 石村勝伸, 市川真治
2. 発表標題 下五原トンネル背面空洞充填検知実験
3. 学会等名 Kansai Geo-Symposium, 地盤工学会関西支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芥川真一, 井上雅之, 林稔, 松村匡樹, 土本真史
2. 発表標題 プラスチック製光ファイバーセンサーとスマートフォンアプリを用いた斜面防災モニタリングの低コスト化の実現に向けた研究
3. 学会等名 Kansai Geo-Symposium, 地盤工学会関西支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Ito, S. Konishi, N. Imaizumi, Y. Enokidani, J. Nagaya, Y. Machijima, T. Masumoto and S. Akutagawa
2. 発表標題 Monitoring and characterization of water leakage behavior for aged concrete lining of urban metro lines by using plastic optic fiber sensor
3. 学会等名 ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 状態変状検知装置、状態変状検知方法および状態変状検知プログラム	発明者 芥川真一, 林稔, 松村匡樹, 土本真史	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-065363	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

X1 https://www.onsitevisualization.com/x1

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------