

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング・診断技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 傾斜センサー付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験
- 研究責任者 : 応用地質株式会社 荘司 泰敬



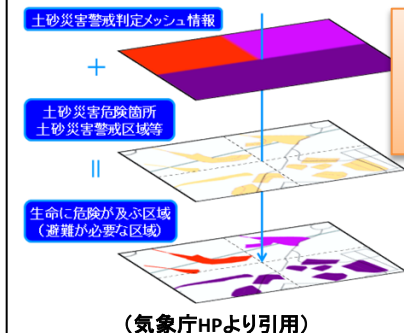
研究開発の目的・内容



研究開発の目的

・表層崩壊の予兆に関わる情報を国機関、自治体、住民等に伝達するモニタリングシステムを開発

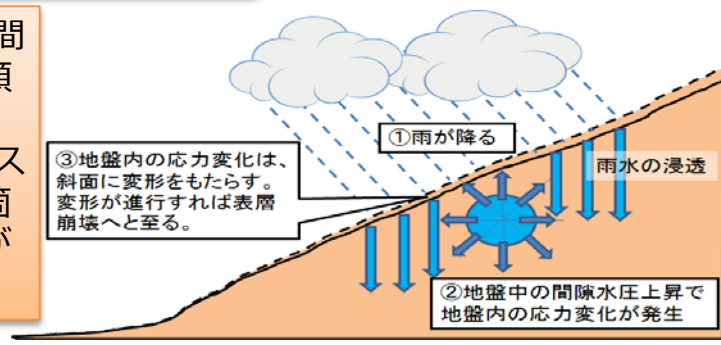
従来の手法



・雨量のみを把握
・局地的な表層崩壊の把握が困難

本方式による手法

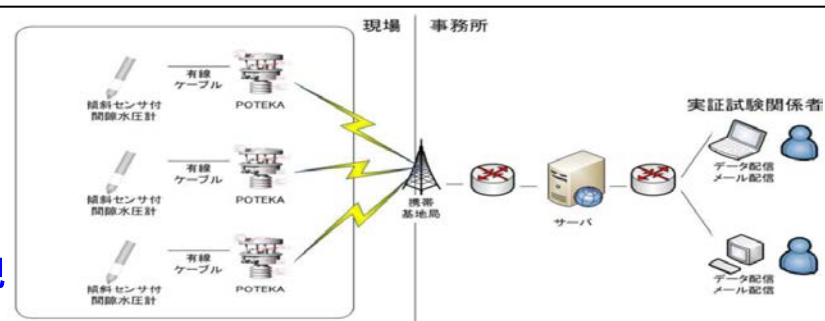
・雨量、地盤中の間隙水圧、斜面の傾斜変動を把握
・モニタリングシステムを設置した箇所の状況の把握が可能



研究開発の内容 (平成26~28年度)

・①雨量、②地盤中の間隙水圧、③斜面の傾斜変化を同時に計測し、観測データや警戒情報を任意の箇所に自動送信するシステムの開発

→ 適切な設置個所の選定、モニタリングシステムの設計、設置、データ収集、情報発信までをパッケージ化したサービス提供を実現



1. 適切な設置箇所選定

国立研究開発法人 土木研究所が開発した土層強度検査棒を使って、表層厚や地盤の土質性状を調べたのちに、設置箇所の選定を行い、そこにモニタリングシステムを設置する。



・地形・地質的に適切な観測箇所に設置することを実現

2. パッケージ化されたシステム

・①雨量計、②間隙水圧計、③傾斜計の3種類のセンサーと通信装置、電源からモニタリングシステムが構成されている。

・平成27年10月より、国道沿いの斜面に本システムを設置して実証試験中である。

・平成28年12月末時点でデータの取得は順調で推移し、表層崩壊を示す状況は発生していないことを確認した。



計測システムの設置状況

・雨量、間隙水圧、傾斜のそれぞれの状況の同時計測を実現
 ・太陽電池との組み合わせで、外部電源を必要としない安定してモニタリングが可能なシステムを実現

活用例

近年、多発する局地的な豪雨による表層崩壊の状況をつかみ、それをいち早く行政担当者や地域住民に伝える。



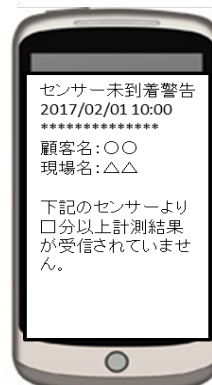
早めの退避行動による人的被害の軽減が可能

3. 使いやすいデータ取得、送信、表示機能

・データ取得から行政担当者や地域住民等へデータの送信、あるいは、設定した閾値を超えたときに発する警報メールの配信はすべて自動化されている。



データセンター(イメージ)



・データセンターに送信されたデータに基づき、各種情報をデータセンターからEメールとして発信。
・インターネットを介して携帯キャリアやPCに発信することが可能。
・最大3段階の閾値を設定して、警報メールを発信することが可能。
・警報発信先は、最大20アドレスまで設定可能。

* メッセージ内容は、変更されることがあります。

・モニタリング実施箇所の斜面の状況をわかりやすく伝達するシステムを実現
・地図データなどと組み合わせることで視覚的にわかりやすい表示をするカスタマイズも可能なシステムを実現

成果の活用フロー

1. 適切な設置個所選定

2. パッケージ化されたシステム

3. 使いやすいデータ取得、送信、表示機能

斜面の状況を早めに把握し、早期の退避行動による人的被害の軽減などの事前防災に資するシステムを実現

最終数値目標

- ・モニタリングシステムをパッケージ化することで、製品コストの約20%減を実現
- ・計測箇所の選定からデータの配信までをワンストップで提供することで、稼働までに要する時間を約30%減を実現

対象ユーザー

道路管理者、土砂災害警戒区域等を管轄する行政担当者、地域住民など

使用方法・使用場所等

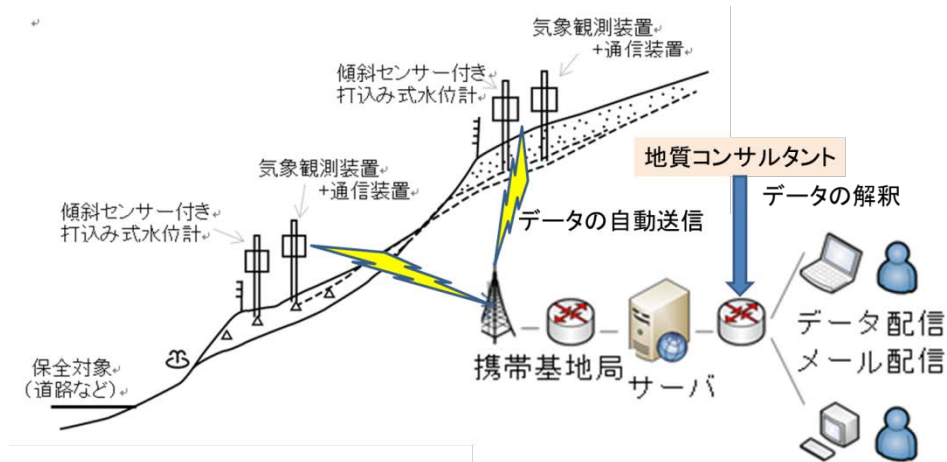
使用場所は道路や住宅地背後等の斜面

販売、利益創出等の流れ

地質コンサルタント社に対する業務委託

提供サービスの概要

設置箇所の選定から設置、情報配信までのワンストップサービスの提供



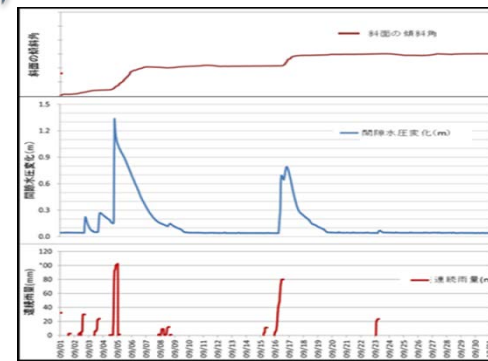
社会実装時のモニタリングシステムの運用イメージ

地形・地質の状況を理解しているコンサルタントが核となって設置計画策定

設置箇所の選定から設置、情報配信までのワンストップサービスを提供



場所の把握(要警戒箇所はどこか)



状況の把握(斜面はどのような状況なのか)

斜面の状況をリアルタイムでわかりやすく伝達することが可能

→ 早期の退避行動による人的被害の軽減を実現

SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 29 年 1 月 13 日

説明会参加者の理解を助けるため、SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに、メンテナンスアドバイザー(MA)のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに、技術の開発者からコメント(囲み部分)を加えていただきました。

1. 研究開発の技術名称(研究責任者)

傾斜センサー付き打ち込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験(荘司泰敬)

2. 技術の特徴

雨量、地盤中の間隙水圧、表層地盤の傾斜変化を同時に計測し、表層崩壊の発生を予測するモニタリングシステムである。

- ① 計測したデータを管理者等に自動送信できる。
- ② 集まったデータを蓄積することができる。

【開発者からのコメント】

ゲリラ豪雨など局地的な現象把握を実データに基づき実施。計測システムを設置した箇所の危険度を表示することを目指すものです。局地的な状況の把握が可能であることを特徴としています。

3. 岐阜県内での想定される活用方法

- ① 日常点検に使うものではなく、特定の危険箇所(危険と認識している箇所)をモニタリングする際に利用できる。
- ② 行政機関や地域の地区長などに提供して表層崩壊に起因する斜面災害の減災に期待できる。

【開発者からのコメント】

常時モニタリングにより、特定の危険箇所の状況を 24 時間、365 日連続的に把握します。計測にあたっては自動的に行いますので、常時作業員等を現場に待機等させることは必要ありません。

4. 活用に際しての現状での問題点

- ① 表層崩壊の予測方法のモデルが確立されていない。
- ② 得られたデータからこういった対策が妥当であるかの判断まで可能か明確ではない。

【開発者からのコメント】

現在、実証試験箇所において、①雨量と間隙水圧、②間隙水圧と地盤変状のそれぞれの関係について実データの取得によりモデル化することを試みておりますが、地盤変状を引き起こすまでの大量の雨量を実証試験開始から現在に至るまで観測していないのが現状です。

5. 活用に向けての課題

- ① 岐阜県内に、監視が必要な斜面があるのか把握して、この技術を試す必要性がある。
- ② 現場や管理者のニーズをよく調べて実施した方が望ましい。

【開発者からのコメント】

本技術は地形・地質に依存するかも含めて、実データを多く蓄積することが必要と考えています。いろいろと検証可能なフィールドがあれば、試行する機会があればよいと考えています。

6. 課題の解決策

- ① 現場ではなにが求められているのかをヒアリング調査
- ② 現在監視中もしくは、対策が終わって間もない現場を選び、試行してみる。

【開発者からのコメント】

ニーズにもとづいたシステム構築をすることが大前提と考えています。情報配信の方法、費用の問題、計測システムの保守メンテの実施方法など、ニーズの確認のためのヒアリングとそれにもとづいたシステムのアップデート、そしてそれを反映したシステムの試行が必要と考えています。

7. これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

- ① 雨量観測と土壌雨量指数を用いた土砂崩壊予測手法
- ② 伸縮計データと3次クリープの崩壊予測式を用いた地すべり崩壊予測

8. 本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

- ・雨量、間隙水圧、地盤変状（傾斜）の関係のモデル化の作業を実施中

【開発完了時期】

- ・平成 29 年 3 月末日

9. 技術の新規性（既存技術との比較）

- 既存技術にはない全く新しい技術である。
- 既存技術をより良くするものである
 - ・自動計測により、最低限の計測システムのメンテナンス以外は作業員の関与を必要とせず安全性が向上する。
 - ・現在、気象庁が発表している土砂災害警戒情報は 5km 四方のメッシュごとに土砂災害発生の危険度を表示しているが、本技術では、計測システムを設置した箇所の危険度をピンポイントで表示し、局地的な災害発生情報の提供が可能になる。

10. 技術の適用範囲や精度

- ① 斜面崩壊の形態による適用可否
 - 表層崩壊に対しては、特に適用制限はない。
 - 地すべりや深層崩壊に対しては、適用できない
- ② 崩壊予測の精度

崩壊予測の精度については、現在、検証中である。既往研究により、斜面の傾斜角速度と崩壊までの余裕時間に関する関係がもとめられており、これにもとづく崩壊予測をシステムに組み込むことを行う予定。
- ③ その他

ハードと崩壊予測情報の提供までをパッケージ化したものを提供することを考えており、多くの表層崩壊危険箇所の現場で汎用的に効果を発揮できるものと考えている。ただし、間隙水圧による表層崩壊の予測に関しては、現状、実証実験も少なく十分な知見がまだ得られていないこと、現場の地質構造や透水性、強度、集水条件等さまざまな要因によって、崩壊発生条件が異なることが予想されるため、閾値の設定等には別途調査が必要である。

11. これまでの実績・成果等

- 室内等での試験により成果が確認されている。
- 実構造物での試験により結果を確認中。
 - 実構造物での適用事例として、実証試験以外のテストサイト2か所で実データの蓄積を行っている。

12. 実業務での利用時の対応

- ① 検査機器 1 式の導入コストは、どの程度となるか。(リース or レンタル)
- ・計測システム一式 (買い取り) : 約 150 万円
 - ・計測システム一式 (レンタル) : 約 10 万円/月
 - ・もし、ユーザの方でデータ収集サーバを独自に構築される際には、150 万円~300 万円の費用が必要。
 - ・その他、携帯電話回線網使用による通信料、設置費用等がかかるがこれらは都度見積もり。
- ② 利用時のコスト
- 2 万円/年 (主に通信費)
- ③ 利用者への教育
- 利用者教育あり
 - 取扱い説明書での対応
 - 専門の体制 (会社) により実施
- (ユーザのご要望により、ワンストップサービスで当社が実施する場合や、ユーザの方で設置、計測する場合などフレキシブルに対応することは可能)
- ④ 測定機器のメンテナンス体制
- 当社および当社が委託した専門会社で実施。
- ⑤ この装置以外で、利用者側で準備すべき機器等
- 特になし
 - 準備すべき機器 (→インターネット環境。データサーバーにアクセスするためのインターネット環境は必要。)
- ⑥ 既存技術では不要であったが、本技術では準備すべき事項・対応など
- 特になし
 - 準備項目 (→ ○○の規制)
- (上記は記入例を示したものであり、開発者のコメントで上書きしてください)

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

特にありません。

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート整理結果

平成 29 年 3 月 27 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

**構傾斜センサー付き打ち込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験
(荘司泰敬)**

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会(2017/1/13)における参加者の立場

MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
(5 人)

オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(5 人)

聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(1 人)

合計 11 人

以下、MA の意見を (→) で、オブザーバーの意見を (⇒) で表記する。

1. 実業務への適用範囲

- 提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(2 人)
- 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(2 人)
- 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(5 人)
- その他 ()
- 未回答。1 人

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

- 積極的に利用したいと思う。(0 人)
- 発注者からの指示であれば利用する。(8 人)
 - 技術的に未完成で、現段階での実務への適用は困難と考える。
 - 装置を設置すべき場所かどうかの判定が難しい。
 - 技術の目的が災害発生のアラートであるため。
 - 適用範囲が表層崩壊を事前にモニタリングするシステムなので、被害が予想される住民や施設などが下流方向に存在することが前提である。防災に応用する技術は発注者の指示のもとでの使用が前提と考える。受注者の提案で使用した場合に、計測に不備があり、それが原因で人的被害が発生した場合は、企業が損害賠償・指名停止などのリスクを負うことになりかねない。
 - ⇒やはり実際に崩壊した時のデータが得られていないことが問題だと思われる。自然が相手で難しいことであることは理解できるが、3つの要素が関連していることだけでは次の段階がよくわからないと思う。何らかの実験でデータを得る必要があると思う。
 - ⇒発表にもあったようにコスト的に厳しい。
 - 崩壊のメカニズムが解明されていない。適切な配置や箇所数等、明確に説明しにくい点があり、いつ対策すべきかの判断材料にしにくいと思う。
 - ⇒現在の土砂災害対策においては、気象庁の降雨データとワイヤー式変位計による変位観

測等を行っており、管理者からも特に差し支えや改善要望はほぼ聞かれていない。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（2人）

⇒崩れる前の情報を知る必要があるため、崩れていない多くの箇所に設置する必要があるのでは使えないと思う。岐阜県内のレッド・イエローゾーンが 10,000 件以上あると思うが、資金の問題で設置が困難になると思う。

⇒まだ、実務段階にきてはいない。

3. 提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等

→自立電源により計測、通信システムが稼働する。

→簡単に設置でき、通常の機器の維持管理の点検も容易そうである。

⇒民家等に隣接する場所で危険度が高いものに付けておき、異常が発見されたらアラームなどを流すと良いのではないか。

→自立したデータ転送機能。

- ・太陽電池と携帯電話の組み合わせで、外部からの電源及び有線による電話回線が不要なので、設置費用が安価になる。

- ・上記の理由により、設置場所の条件に、「電源及び有線電話の近傍」等が無いので、計測が必要な箇所にピンポイントで設置ができること。

⇒間隙水圧を使うことで予測精度が向上するのであれば、その点が優れている。簡易に計測できる降雨量による予測と有意な差がないと嬉しいと思う。

→ワイヤーを張った変位計に比べ、設置が簡単そうである。

⇒「ここが優れている」という点を明確にアピールいただけると採用を検討しやすいです。

4. 提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等

→表層崩壊予測モデルを構築して頂きたい。提案技術は、まだ実装の段階には達していないと考える。

→実績を積み上げ、予測精度の信頼性を高めてほしい。

⇒土質は区別されるのか。

→岐阜県が整備している県域統合型 GIS システムに調査箇所をアップしたい。

- ・センサーの位置の緯度と経度が分かるようにしてほしい。

→いつ対策すべきかをリアルタイムに知らせてくれるようなアラーム機能があるとよい。

⇒現状での雨量自体または地盤の変位に基づく規制に対し、間隙水圧を加えた3つのパラメーターで表層崩壊が予測できるのであれば、その相関性や具体的な基準値等の検証を行った上で実用化を考える必要がある。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

⇒雪崩の推定に使えるのではないかな。

→このシステムを設置しなければいけない範囲や箇所を特定する技術と組み合わせることが必須であると考える。

⇒（開発意図内かもしれないが）一般住宅の防災で利用できるのではないかな。

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると、更に使いたくなると思うこと等

⇒斜面にレーザーを当てて変状解析をしたらどうか。

⇒画像を同時に取得すると、利用者・分析者にとってわかりやすいのではないかな。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、システム化されたインフラマネジメントを構築でき、インフラの事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

大いに期待できると思う。(0人)

改良等を行えば期待できると思う。(3人)

→将来的には有効だと思われるが、有効であるとの検証が難しく、もう少し研究や実証実験を続ける必要があると思う。

⇒パッケージ化してコストを低減すれば普及の可能性があるかもしれない。

→いつ対策すべきかをリアルタイムに知らせてくれるようなアラーム機能が可能となれば、期待できると思う。

本日の説明だけでは、期待できないと思う。(6人)

→表層崩壊予測システムのコアとなる予測モデルが、まだ構築されていない。

→開発説明者の本人が、モデル化が困難と発言された。

⇒3つの要素が地山の安定に密接な関係にあることは誰もが異論がないところだが、得られたデータが表層崩壊の予測にどのように利用できるか、仮説でもいいから示していただければと思います。

⇒まずは、3つのパラメーターで予測ができることを明らかにすると共に、データ収集を重ね、定量的な目安等を検証するために実装を進めていく必要がある。

未回答。(1人)

8. その他（自由な意見を記入してください）

→間隙水圧計の設置個所がすごく難しそうである。

→現場検証の結果がでてからでないと、評価は難しい。

→把握された状況に対して、道路管理者の道路運用との連携が蓄積される必要がある。

→学術研究用には、有効だと思う。

以上