

- 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 : 多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システムの研究開発
- 研究責任者 : 中央開発株式会社 王 林



研究開発の目的・内容



研究開発の目的

斜面崩壊前の予兆現象を効率よくかつ的確に把握するため、安価な傾斜センサーを活用した多点計測システムを開発

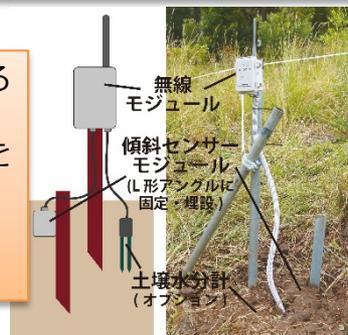
従来の伸縮計



- ・設置が難しい
- ・高価なため多数の設置は困難
- ・局所的な変状しか測定できない

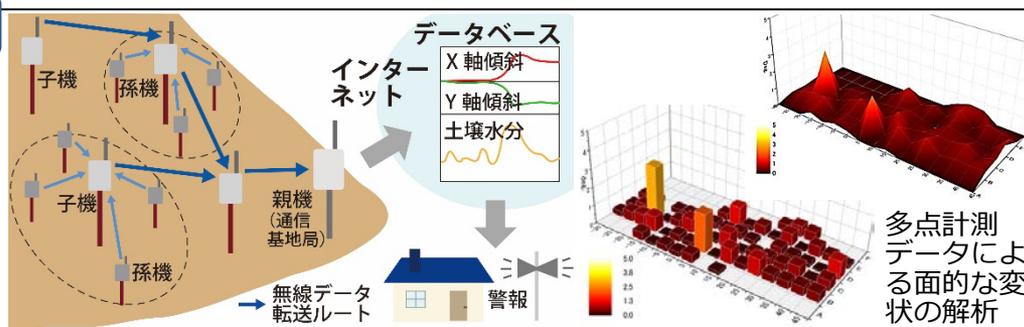
傾斜センサーによる多点傾斜変位警報システム

- ・簡単に設置できる
- ・1機あたりの機器費用と施工費用を従来の1/5に削減
- ・面的、空間的に斜面変状を把握



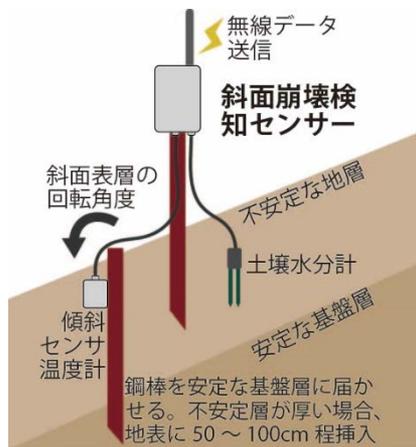
研究開発の内容 (平成26~28年度)

- ・より低コストで設置が簡単な傾斜センサー
⇒ 多点計測の低コスト化を実現
- ・多点計測により斜面の面的な変状を事前に予測
⇒ 安定かつ高精度の斜面崩壊早期警報システムの構築を実現



1. 簡易な設置

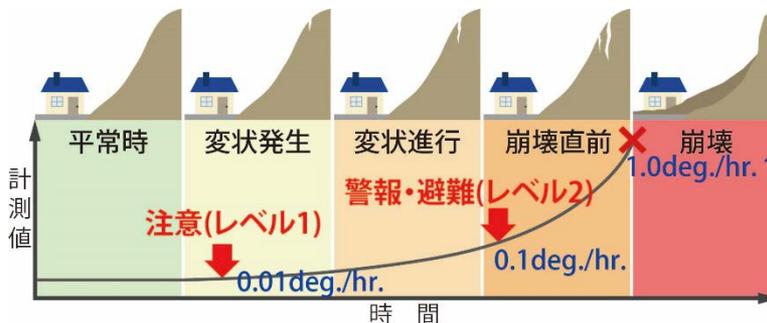
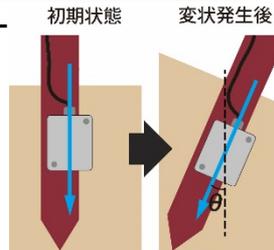
L型アングルを斜面地盤に打ち込み、センサーモジュールをアングルに固定することで、支障なく計測できることを確認。



現場作業の効率化を実現

2. 斜面危険度の評価手法と管理基準値の確立

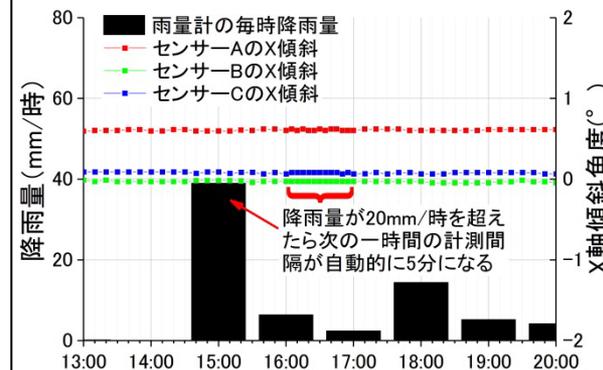
斜面変位により傾動するセンサーの傾斜角 θ を時系列で計測することによって、斜面の変動状況とその速度を把握し斜面の危険度を評価。また、過去の事例から斜面崩壊のリスク評価手法を整理し、警報基準を傾斜速度0.01度/時⇒注意喚起、0.1度/時⇒警報発令とすることを提案。



傾斜センサーによる斜面危険の評価を実現

3. 危険状態に応じた計測間隔の自動調整

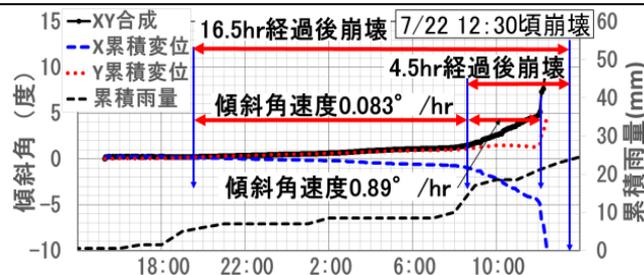
斜面傾斜変位は、降雨強度との関係性が強いいため、降雨時の斜面危険性の迅速な判断は、安定性の高い判別には必須条件である。そこで、20mm/時(任意設定)を超える降雨の発生時には、自動的にデータ収集間隔を短縮するシステムを構築。



危険性の判断精度の向上を実現

活用例

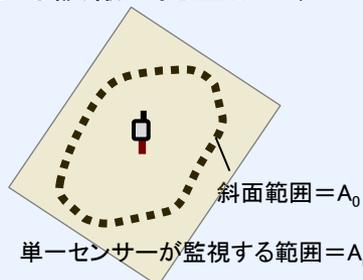
他現場でも本傾斜センサーが崩壊までの斜面の挙動を捉えられており、その時の傾斜角速度と崩壊までの残余時間が反比例であることも確認できている。



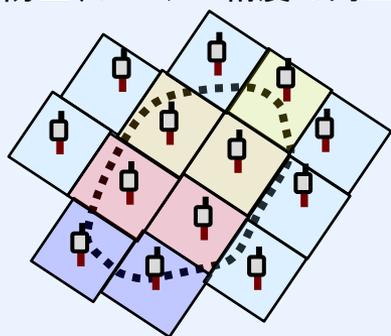
傾斜速度の上昇が崩壊の前兆現象であり、崩壊までの残余時間との関係から早期警報の発令が可能

4. 多点計測による安定性のある危険判断システムの構築

1 単一センサー ⇒ 局所の動き、動物の接触や誤作動による誤報が発生しやすい



適切な配置計画(現場条件に応じて配置間隔を調整)に基づいて多点計測を行い、センサーごとのカバー範囲を縮小 ⇒ 誤報の防止、システム精度の向上



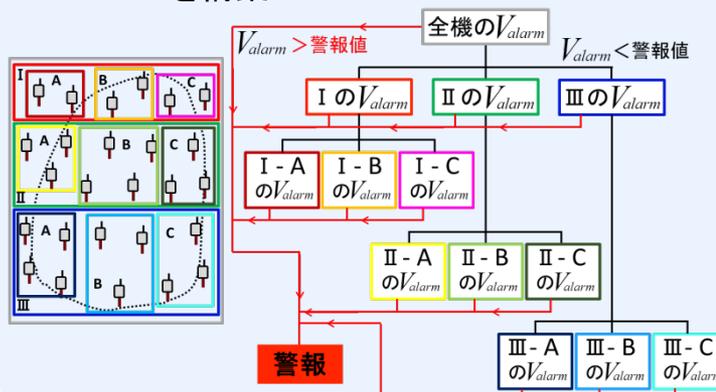
斜面崩壊早期警報システムの高精度化・安定化を実現

2 複数センサーの挙動の判断を用いた警報閾値の考え方:

$$V_{alarm} = \sum_{n=1}^N \left(|V_n| \times \frac{A_n}{A_0} \times \partial_n \right)$$

V_n = 各センサーの毎時傾斜速度、 1.0° /時を超える場合 $V_n=1.0$
 A_n = 各センサーが監視する範囲の面積
 A_0 = 複数センサーで監視する範囲の面積
 ∂_n = 微地形・植生・地質土質等条件を反映する係数

3 監視斜面の区域を細分化し、多点計測により危険を判断して安定性の高い判別ルールを構築



成果の活用フロー

1. 簡易な設置

2. 斜面危険度の評価手法と管理基準値の確立

3. 危険状態に応じた計測間隔の自動調整

4. 多点計測による安定性のある危険判断システムの構築

崩壊予兆を見逃さず、かつ斜面の面的挙動を把握できる斜面崩壊早期警報システムの完成

『多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム』



- 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



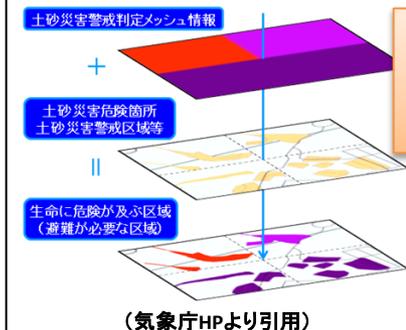
研究開発の目的・内容



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

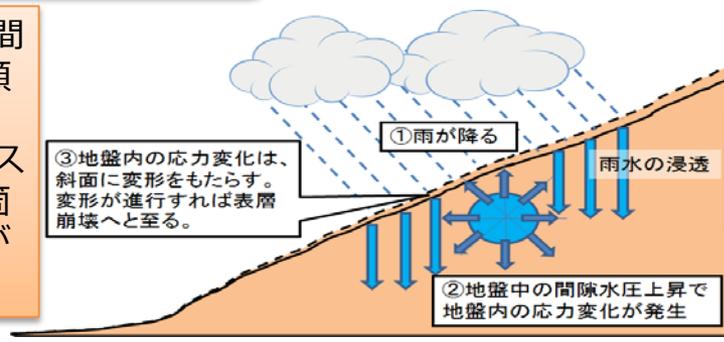
従来の手法



・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

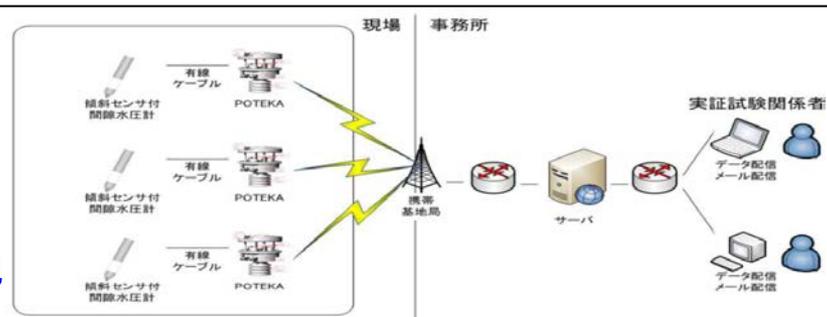
・雨量、地盤中の間隙水圧、斜面の傾斜変動を把握
・モニタリングシステムを設置した箇所の状況の把握が可能



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。



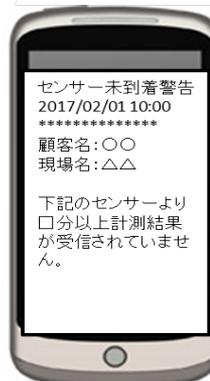
早めの退避行動による人的被害の軽減が可能

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

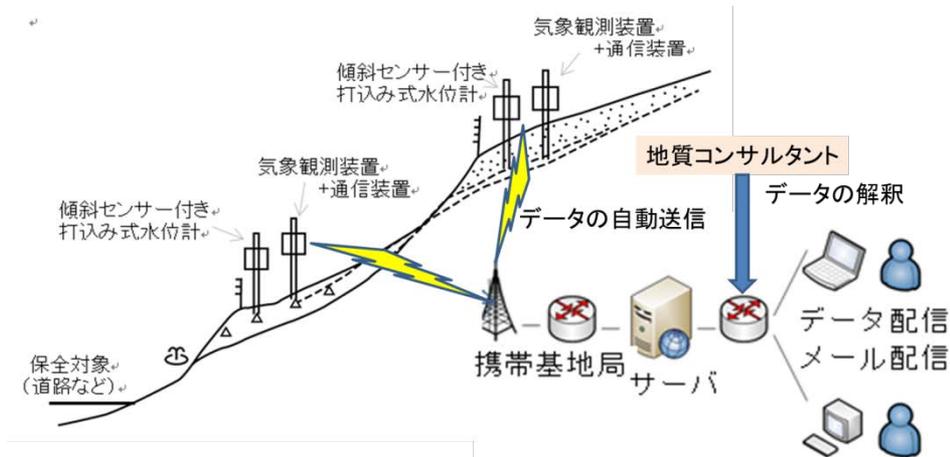
使用場所は道路や住宅地背後等の斜面

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



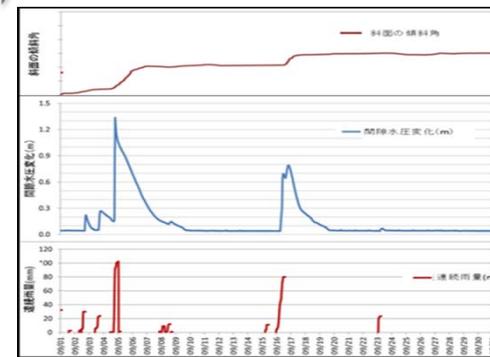
社会実装時のモニタリングシステムの運用イメージ

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