

- 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

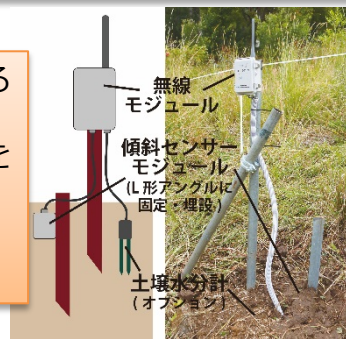


- ・設置が難しい
- ・高価なため多数の設置は困難
- ・局所的な変状しか測定できない



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

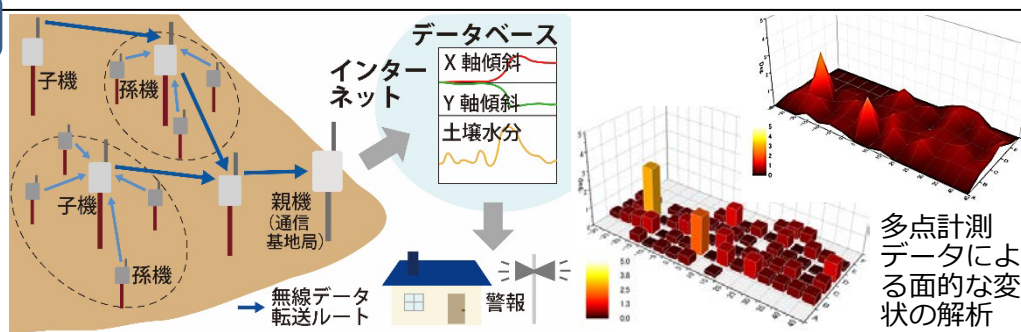


多点配置した傾斜センサー



研究開発の内容 (平成26~28年度)

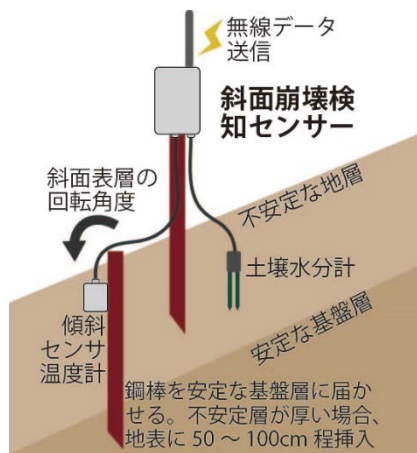
- ・より低コストで設置が簡単な傾斜センサー
⇒ **多点計測の低コスト化を実現**
- ・多点計測により斜面の面的な変状を事前に予測
⇒ **安定かつ高精度の斜面崩壊早期警報システムの構築を実現**



現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. 簡易な設置

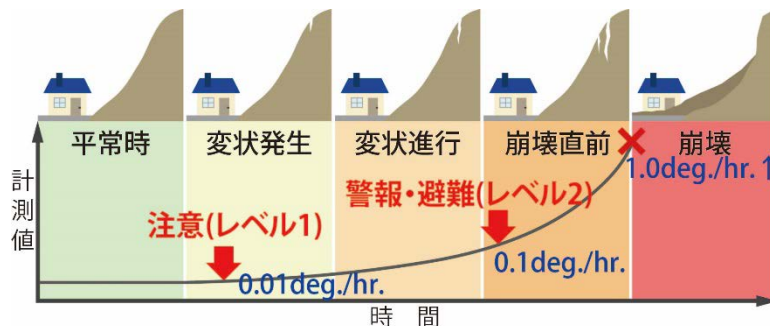
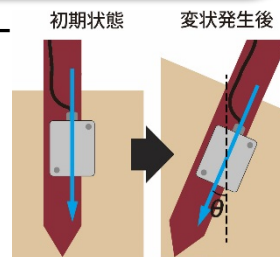
L型アングルを斜面地盤に打ち込み、センサーモジュールをアングルに固定することで、支障なく計測できることを確認。



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

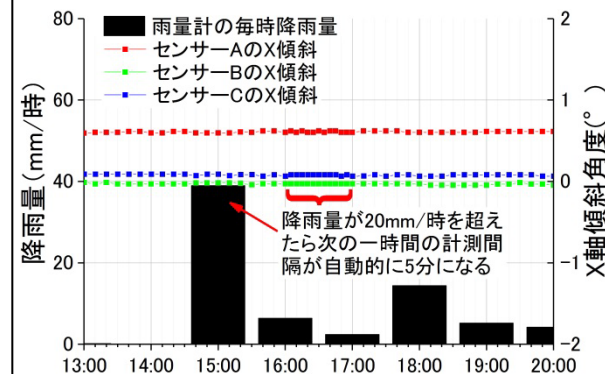
斜面変位により傾動するセンサーの傾斜角 θ を時系列で計測することによって、斜面の変動状況とその速度を把握し斜面の危険度を評価。また、過去の事例から斜面崩壊のリスク評価手法を整理し、警報基準を傾斜速度 0.01 度/時 $\rightarrow$ 注意喚起、 0.1 度/時 $\rightarrow$ 警報発令とすることを提案。



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

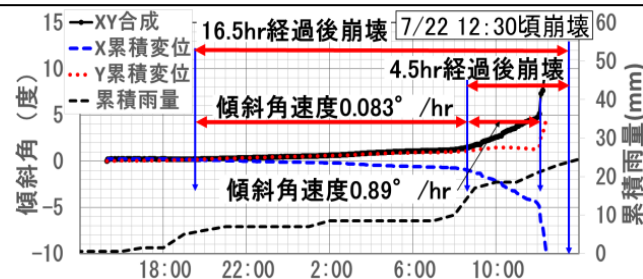
斜面傾斜変位は、降雨強度との関係性が強いいため、降雨時の斜面危険性の迅速な判断は、安定性の高い判別には必須条件である。そこで、 $20\text{mm}/\text{時}$ (任意設定) を超える降雨の発生時には、自動的にデータ収集間隔を短縮するシステムを構築。



危険性の判断精度の向上を実現

活用例

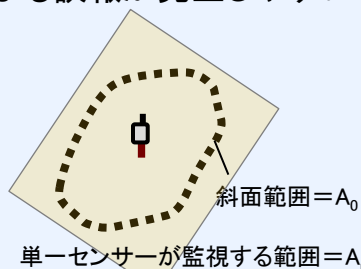
他現場でも本傾斜センサーが崩壊までの斜面の挙動を捉えられており、その時の傾斜角速度と崩壊までの残余時間が反比例であることも確認できている。



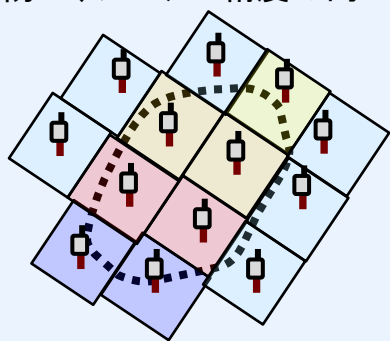
傾斜速度の上昇が崩壊の前兆現象であり、崩壊までの残余時間との関係から早期警報の発令が可能

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



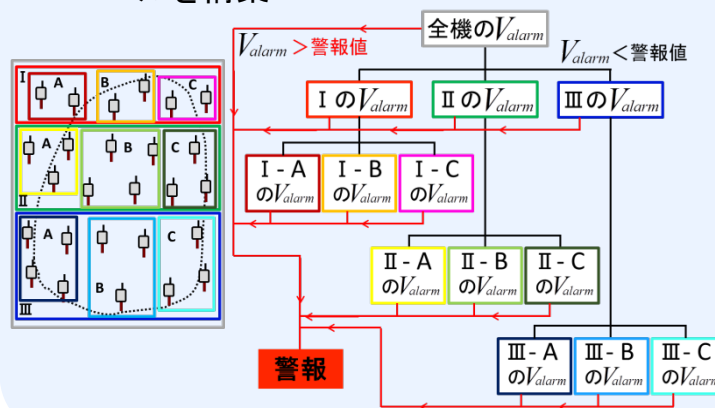
斜面崩壊早期警報システムの高精度化・安定化を実現

- 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』

