

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職	
		安原英明 （やすはらひであき）		京都大学大学院工学研究 科		教授	
②研究 テーマ	名称	生成AIと深層学習を活用した斜面災害リスク評価および統合監視プラットフォームの開発					
	道路行政 技術開発 ニーズ	No.	HDs21		政策 テーマ	防災・減災が主流となる社会の実現	
		項目名	災害時の道路施設の異常が定量的に把握できるセンサー技術及びセンサー情報を災害時でも収集できる通信技術				
③研究経費（単位：千円）		令和7年度	令和8年度	令和9年度	総合計		
※R7は受託額、R8以降は計画額を記入。端数切捨。		43,650					
④研究者氏名（研究代表者以外の共同研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）							
氏名				所属・役職			
安原 英明				京都大学・教授			
木下 尚樹				愛媛大学・教授			
平岡 伸隆				独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・主任研究員			
松村 法行				大日本ダイヤコンサルタント株式会社技術本部国土保全統括部・統括部長補佐			
谷川 正志				応用地質株式会社メンテナンス事業部・副事業部長			
吉田 浩孝				応用地質株式会社計測システム事業部・グループリーダー			

藤谷 久	中央開発株式会社・事業部長
王 林	中央開発株式会社・技術開発部長

⑤ 研究の目的

A I 技術を活用し、潜在的な災害危険個所の特定手法を確立や、多角的な実験を通じて地表面傾斜計の性能評価を行い、実際の計測データから警戒レベル管理基準値を設定することで、従来型A I と生成A I を駆使して斜面災害の予測、検知、対応の統合監視プラットフォームを開発する。

令和7年度においては、斜面災害の早期警戒に向けた各種先進的手法の導入と確立を目指すものである。具体的には、「①潜在的な災害危険個所の選定手法の確立」、「②LPWA型地表面傾斜計の性能評価」、「③斜面災害危険度判定手法の構築」、「④深層学習による予測モデルの構築」、「⑤生成AI を活用した統合監視プラットフォームの開発」を同時進行で行う研究を実施する。

⑥ これまでの研究経過、目標の達成状況

令和7年度中間時点における進捗状況と目標達成状況を、以下に研究項目ごとに示す。

① 潜在的な災害危険個所の選定手法の確立

(1) 深層学習を用いた 0 次谷抽出の進捗

数値地形データおよび既往の土砂災害警戒区域データを用いて、0次谷を自動抽出する深層学習モデルを用いて検証を行った。0次谷は表層崩壊～土石流の発生起点となる谷頭部の凹斜面であり、土砂災害ポテンシャルを評価する上で極めて重要な地形要素である。本研究では、この概念に基づき、1/25,000地形図および数値標高モデルを入力とした深層学習モデルを構築し、試験流域に適用。



図1 0次谷抽出結果（愛媛県伊方町河内地区）

初期検証の結果、既存の土砂災害警戒区域内の多くで、抽出された0次谷が一致あるいは近接して分布すること、一方で、保全対象がなく警戒区域の指定がなされていないものの、地形的には土砂災害ポテンシャルが高いと考えられる0次谷も抽出されること、が確認され、「保全対象の有無に依存しない潜在危険箇所の網羅的スクリーニング」の技術基盤が確認された。

初期検証の結果、既存の土砂災害警戒区域内の多くで、抽出された0次谷が一致あるいは近接して分布すること、一方で、保全対象がなく警戒区域の指定がなされていないものの、地形的には土砂災害ポテンシャルが高いと考えられる0次谷も抽出されること、が確認され、「保全対象の有無に依存しない潜在危険箇所の網羅的スクリーニング」の技術基盤が確認された。

(2) UAV 空中電磁探査の位置づけと計画の具体化

まず、斜面災害監視システムにおけるUAV空中電磁探査の役割を以下のように整理した。地下水分布・地質構造を面的かつ迅速に把握し、斜面内部の「水みち」の連続性や比抵抗構造を可視化することにより、0次谷抽出結果や既往災害履歴と統合して内部リスク評価を行う。渇水期・豊水期の2時期測定により、貯留構造および地下水変動特性を把握し、豪雨時の滑動・崩壊リスクの高いゾーンを重点監視対象として抽出する。

令和7年度中間時点では、実施場所を愛媛県伊方町河内地区に設定し、**図2**に示すように、道路沿い2斜面・6測線、総測線長約2,000mのUAV空中電磁探査計画を立案した（測線配置、想定送信源、高圧送電線・家屋・道路沿い電線等のノイズ源の確認を完了）。現在、地元調整および飛行申請等の手続きを進めており、令和7年度内に渇水期測定を実施する計画である。

当初提案書の目標（UAV空中電磁探査による地質・地下水情報の取得）に対する変更はなく、対象地区および測線計画を具体化する段階まで進捗している。

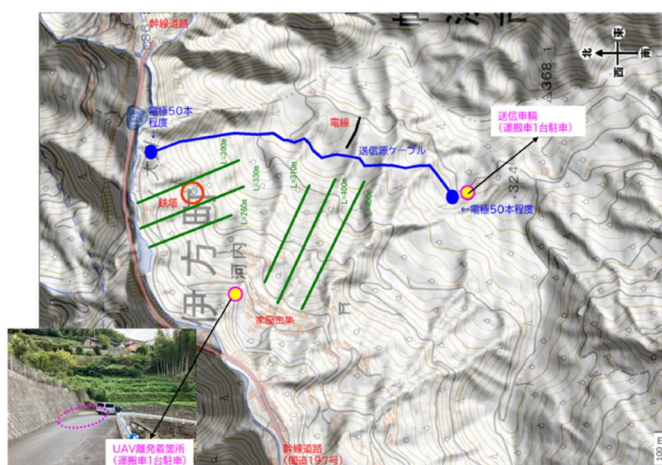


図2 伊方町河内地区における UAV 空中電磁探査の測線配置図

② LPWA 型地表面傾斜計の性能評価

(1) 室内試験（愛媛大学）による性能検証

愛媛大学において、開発中のLPWA型地表面傾斜計を用いた室内性能試験を実施している。恒温環境および温度変動を与えた条件下で、既知傾斜を与える回転ステージ・治具（**図3**）を用いて、分解能・精度・温度ドリフトを評価している。令和7年度末に評価結果を示す。

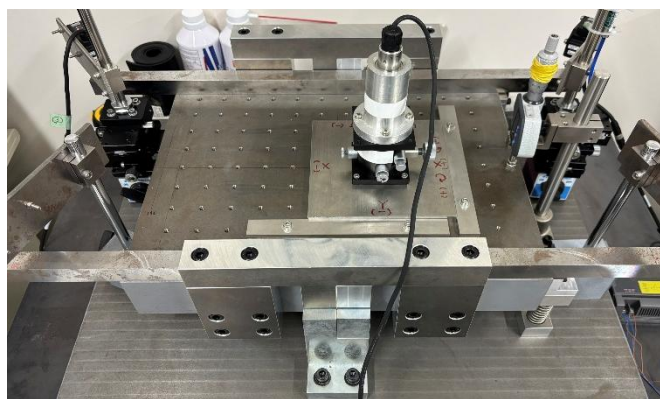


図3 室内試験装置外観

(2) 現場試験の準備状況

現場試験については、以下の2箇所（愛媛県伊方町河内地区（UAV空中電磁探査対象斜面と同一地区）および愛媛県今治市 今治道路沿いの道路斜面）でLPWA型地表面傾斜計を設置し、12月中に計測を開始する予定である。これらの現場では、京都大学が開発中の傾斜センサに加え、応用地質および中央開発が所有する傾斜センサを同一箇所に併設し、各センサの応答性・ノイズ特性・ロバスト性を比較評価する計画である（マルチベンダー比較試験）。現段階では、設置位置の選定、電源・通信環境の確認、設置治具の設計を完了しており、令和7年度中に現場計測を開始するスケジュールで進捗している。

当初計画ではLPWA型地表面傾斜計の性能評価が主眼であったが、他社製センサとの比較評価を追加することで、性能評価結果を将来のガイドライン策定により直接結びつけることが可能となるよう計画を高度化している。これは目標の変更ではなく、達成に向けた具体性・妥当性を高めるものである。

③ 斜面災害危険度判定手法の構築

本項目では、LPWA傾斜計の計測データと既往文献（特に斜面崩壊事例）および気象庁の「キキクル」（土砂災害危険度分布）等の外部指標との対比により、斜面崩壊に対する警戒レベル管理基準値の暫定案を設定し検証を行っている。図4に示すように、傾斜角速度に基づく暫定的なレベル設定を以下のように整理した。

警戒レベル管理基準値（暫定案）の設定

地表面の計測データとキキクルの危険度レベルとの対比

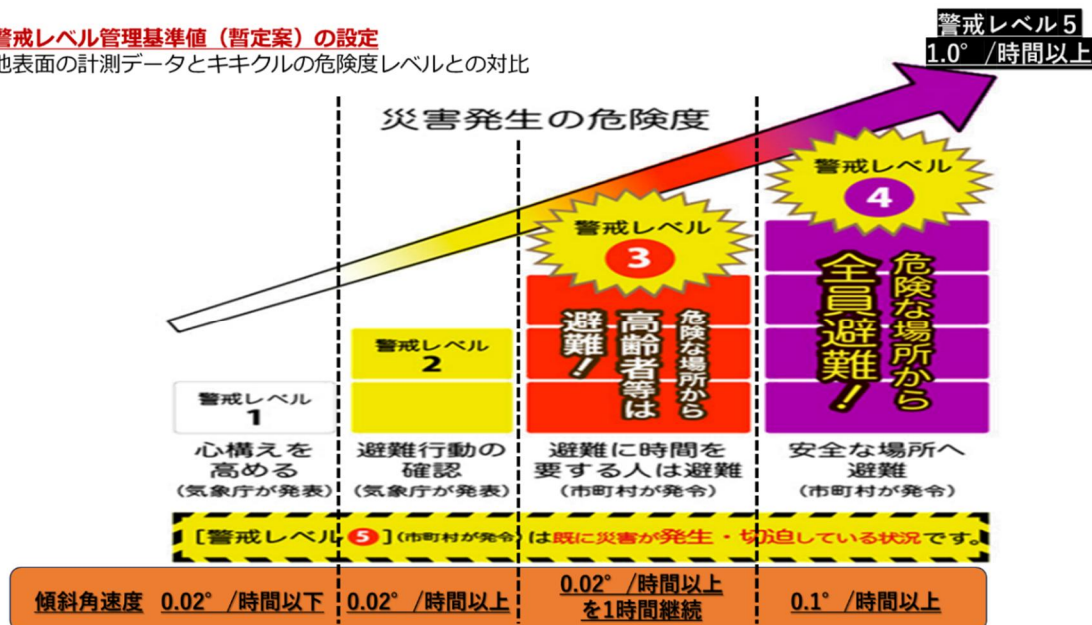


図4 傾斜計を用いた警戒レベル管理基準値（暫定案）

- 0.02° / 時間 未満：警戒レベル1
- 0.02° / 時間 以上：警戒レベル2
- 0.02° / 時間 以上を1時間継続：警戒レベル3
- 0.1° / 時間 以上：警戒レベル4
- 1.0° / 時間 以上：警戒レベル5

これまでに、既往現場で取得された傾斜データおよび文献値を用いて、崩壊前後の傾斜角速度の変化とキキクルの危険度レベルの関係を整理し、上記のような暫定基準を設定した。現在、この暫定基準を用いて、現場試験開始後に得られるLPWAセンサデータに対するリアルタイム判定ロジックの検証を進める準備を行っている。また、研究協議の中で、以下の点が新たな課題・方向性として明確になった。LPWAセンサの性能評価結果(②)と一貫した形で、センサーの使用規定・設置条件・維持管理方法を含む「運用ガイドライン」への展開が必要であること。センサー設置場所の選定と設置方法に関して、地形・地質・地下水条件を踏まえたベストプラクティスを整理することが、危険度判定の信頼性向上に不可欠であること。管理基準値については、全国一律の固定値ではなく、地域特性・地質条件・降雨特性を踏まえた柔軟な補正・カスタマイズが重要であること。

これらは当初提案書の「警戒レベル管理基準値の暫定案を設定し検証する」という目標を発展させたものであり、目標そのものの変更ではなく、目標達成のための具体的なアウトプット（指針・ガイドライン）の位置づけをより明確にしたものである。

④ 深層学習とデータ同化による予測モデルの構築

本項目では、過去の雨量データと傾斜データの時系列パターンを学習し、雨量データから斜面変状（傾斜応答）を先読みする予測モデルの構築を進めている。

(1) LSTM・MLP を用いた試作モデルの構築

当初提案に沿って、LSTM (Long Short-Term Memory) および MLP (多層パーセプトロン) を用いた先読みモデルの試作を完了し、過去の降雨・傾斜データを用いた学習・検証を開始している。初期検証の結果、豪雨イベント前後において、傾斜角速度のピークタイミングや傾斜の立ち上がり傾向を一定程度捉えられることが示されており、予測精度指標 (RMSE、再現率等) の改善に向けてハイパーパラメータ調整および特徴量拡張を進めている。

(2) CatBoost・XGBoost 等の追加手法の検討

LSTM・MLPに加えて、勾配ブースティング系アルゴリズムであるCatBoost・XGBoost等も候補手法として検討を開始した。これらは、降雨指標と統計量化した傾斜応答を特徴量として扱うことで、モデルの解釈性の向上（重要特徴量の抽出）、データ量が限られる現場に対する汎用性の向上、を図ることができる。現時点では、LSTM/MLPモデルをベースラインとしつつ、CatBoost/XGBoostモデルとの比較検証を行うことで、実務運用に適したモデル構成・アンサンブル手法を検討している。

これは当初目標（複数手法を用いた先読みモデルの構築）の範囲内での発展的検討であり、目標の変更ではなく、実用性・頑健性を高めるための補強である。

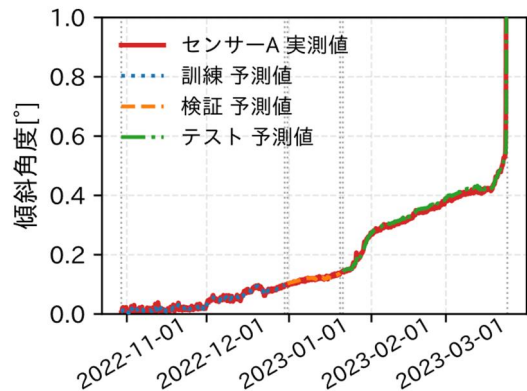


図5 実測値とMLP予測結果の比較

⑤ 生成AIを活用した統合監視プラットフォームの開発

本項目では、複数地点・複数メーカーのセンサを用いる場合に、発注者（地方整備局・自治体等）がそれぞれの個別画面を監視せざるを得ないという現状の非効率性を解消するため、生成AI等を用いて各社の異なるフォーマットのデータを標準化し、統合的に可視化・分析できる監視プラットフォームの構築を目指している。令和7年度中間時点での進捗は以下の通りである。

各社・各システムで採用されているCSV/JSON等の出力フォーマット例を収集し、生成AIを用いてフォーマット変換システムの試作を構築中である。統合監視プラットフォーム（ダッシュボード）について、傾斜タイムシリーズ・警戒レベル・電池残量等を一画面で俯瞰できる画面レイアウト案を作成し、Webベースの試作実装に着手している。また、生成AIのチャット機能を用いて、「現在危険度が高い斜面はどこか」「過去24時間で最も変状が大きかった地点はどこか」などの自然言語での質問に対し、背景データを検索・集約して回答するチャットインターフェースの試作を行っている。

今後は、定期的な自動実行によるデータ取り込みとダッシュボード更新機能を実装するとともに、現場試験で得られる実データを用いて動作検証とUIの改善を行う予定である。当初提案書で掲げた「生成AI等を用いた標準化プログラムの試作」「定期自動実行システムの構築」「チャット機能の試作」という目標に対して、設計・試作段階として概ね計画通りに進捗している。

＜まとめ＞

各項目で、当初提案書に記載した目標に沿って研究が進展している。当初の研究期間内に目指す目標からの大きな変更はなく、一部では他社製センサとの比較試験や予測モデル手法の拡充など、目標達成に向けた発展的・高度化の取り組みが加わっている。研究体制についても、企業・大学（応用地質、中央開発、愛媛大学、京都大学等）が役割分担し、各技術を有機的に接続する構成となっており、研究目的（斜面変状の先読みモデルと統合監視プラットフォームの実用化）に対して妥当かつ有効な布陣と評価できる。

⑦特記事項

◇ **警戒レベル管理基準値の設定：**

傾斜角速度に基づく暫定的なレベル分け案を設定し、気象庁「キキクル」の危険度レベルとの対応関係を整理し始めたことで、「雨量指標＋地盤応答（傾斜）」に基づく評価手法の具体像が見えつつある。これは、従来の雨量指標のみでは捉えにくかった「局地的な地盤応答」を考慮した運用モデルであり、実務者向けの運用マニュアル・訓練プログラム等への展開が期待される。