

AR・AI 技術を活用した砂防施設点検効率化ツールの開発

国土交通省関東地方整備局 赤澤 史顕（現 国土技術政策総合研究所）、丑山 善雄
株式会社建設技術研究所 ○井内拓馬、片嶋啓介、家田泰弘、西尾潤太、近藤圭悟、笠井厳祐、熊谷聡、川添祐、中西宏彰

1. はじめに

砂防施設の点検では、急峻な山間地に整備された施設に対して徒歩で近接し、目視により施設変状を把握し健全度を評価している。これに対し、安全性や効率性の観点から施設点検業務全体の効率化・高度化を図るために、AI等のデジタル技術を組み合わせたデジタルトランスフォーメーション(DX)により、効果的な施設管理を実施するための取組を進めている。

本稿は、「施設点検業務全体の効率化」を図るため、先行^{1),2)}で取り組んだ変状抽出技術や AR 技術を、現場で活用可能なように開発中であるツール(以下、効率化ツール)について紹介する。

2. 砂防施設点検業務の課題と開発方針

2.1 点検業務の課題と開発ツールの種別

全国の直轄砂防事務所の施設点検従事者に対するアンケート結果を基に、砂防施設点検の事前作業・現地作業・机上作業の各段階における課題および改善したい項目を抽出した(表-1)。

効率化ツールではDXの適用が可能な項目のうち、優先的に実施する項目として現地作業に着目し、以下の機能について開発した。

- ・アクセス路の整備や急峻な地形の移動:『点検ルートナビ機能』
- ・変状箇所の把握:『変状箇所の登録機能』および『変状検知機能』

表-1 砂防施設点検にける課題・改善したい項目に対する DX 適用の可否

作業段階	課題・改善したい項目	DX 適用の可否
事前作業	前回点検時の情報	○
	点検調書等の準備	○
現地作業	アクセス路の整備	○
	急峻な地形の移動	○
	調査時期	×
	危険性物	×
	変状箇所の把握	○
机上作業	評価ランク・健全度	○
	評価のばらつき	○
	点検個票の様式	○
	データの利活用	○

■は本研究での開発対象を示す

2.2 効率化ツール全体の構成

本研究で開発する効率化ツールは、砂防施設点検業務全体を効率化することを目標としている。そのため、本稿で開発したツールを有効活用するには、既存システムとの位置づけが重要となる。

国土交通省で開発している点検ツールとしては、SMART SABO³⁾が先行して開発されている。各直轄砂防事務所では、砂防施設台帳などの管理システムが導入されている他、三次元管内図などによる高度化が図られている。また、点検結果を蓄積し施設の維持管理を支援するデータベースシステム⁴⁾の提案も行われており、既存のツールや将来を

見据えたデータベースシステム等との連携を図っていく必要がある(図-1)。

開発中の効率化ツールは、単体で動作するものであるが、各種の関係するデータベースシステムへのアクセスや関連ツールとの連携が必要となる。このため、今後の API などによる連携やセキュリティを考慮したデータ送受信可能な拡張を考慮し開発を進めている。

現地作業環境は、徒歩により急峻な山間地の移動を伴うことや携帯電波不感地帯(非LTE環境)での利用を前提として、開発中のツールはオフラインでも動作するツールとした。

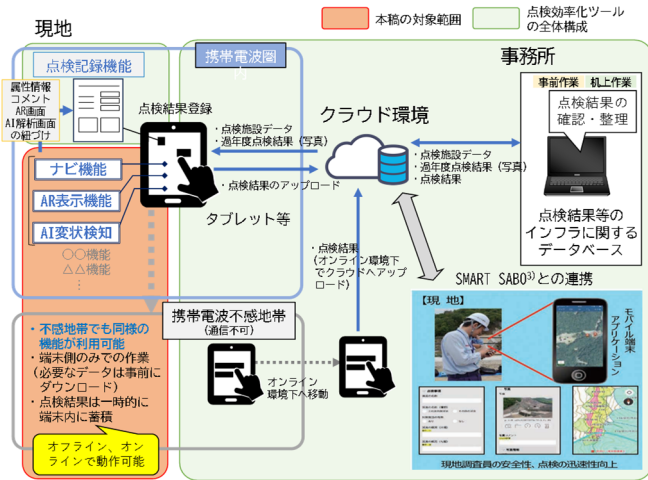


図-1 効率化ツールの全体構成 (検討中)

3. 効率化ツールの開発

3.1 開発条件

開発ツールは、徒歩での移動や携帯電波不感地帯での利用を想定し、持ち運びが容易なタブレットを用いた。OSは、関東地方整備局管内での利用状況を踏まえ iPad を採用した。本稿で開発対象とした各機能に必要な要件を考慮し、iPad Pro 12.9 インチ(第 6 世代) Wi-Fi モデル 256GB (iPadOS 17)と CLAS 端末(Cohac[∞] Ten)を組み合わせた。

『点検ルートナビ機能』では、点検ルートとなる山道の分岐点での正確な位置情報が重要と考え、衛星測位により cm 級の位置精度を確保できる CLAS 端末を用いた。

3.2 開発概要と現地試行結果

(1) 点検ルートのナビ機能

砂防施設近傍の駐車スペースまでは、カーナビや Google Map などに代表される地図アプリで点検者の位置を把握できる。しかし、駐車位置から点検施設までの区間では、地図アプリの縮尺が大きく詳細な位置が把握できない場合が多い。さらに、現地の状況によっては、植生で見通しが効かないことや急崖を降りるなどルートが不明確な場合がある。このため、点検ルートの素早い把握が効率性向上(点検時間の短縮)や安全性向上につながる。

開発した機能は、タブレット画面を通して点検ルートを矢印で示すもので、その概要は以下のとおりである。

①点検者の位置を CLAS 端末で把握する。②タブレット周辺の地形形状を LiDAR で把握し、AR 空間を形成する。③AR 空間上に点検ルートの方を位置座標が登録された矢印により表示する。

現地試行の結果は以下のことが確認された。

- ・幅 1m 未満のルートについても進行する方向を表示することができた。
- ・車道から溪床へ降りる場所を示すことができた。(図-2)これにより下降場所としての適地を探す時間が短縮される。
- ・CLAS 端末の受信状況によっては、矢印の登録前後で矢印が移動してしまう場合がある。



図-2 ナビ機能による点検ルート表示

(2) 変状検知機能

先行の取り組みでは AI による変状の把握が可能なモデルが構築されている²⁾が、撮影画像を室内の PC 等により解析するものであり、現地での解析には対応していなかった。

そこで本稿では、構築された AI 解析モデルの変状検知精度の向上を図るとともに、砂防施設点検の条件下において、変状を自動検知し現地調査時の変状箇所把握を補助することが可能な機能を開発した。

AI 画像解析手法には物体検出を適用し、モデルは YOLOv8⁵⁾を用いた。教師データは既往点検で取得された点検画像を約 600 枚とした。なお、対象とする変状は現時点では「摩耗」としているが、今後「ひび割れ」など他の変状への拡張を予定している。

現地試行の結果は以下のことが確認された。なお、対象施設は教師データに含んでいない施設である。

- ・本機能により、「摩耗」変状を現地でリアルタイムに検知することができた(図-3)。
- ・一方、一部が深くえぐれた「摩耗」変状を検出することができなかった。

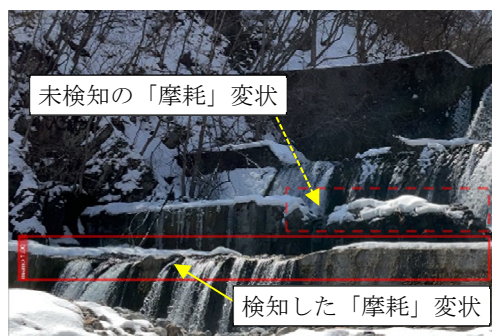


図-3 変状検知機能よりリアルタイムで自動検知した「摩耗」変状

(3) 変状箇所の登録機能

砂防施設点検では、過去の点検帳票の図面に記録された変状位置を、現地と見比べながら過去に確認された変状位置を把握している。これに対し開発した機能は、タブレット画面を通して、過去の変状箇所を直接確認しながら点検作業を行うことを可能とするものである。先行の取り組みでは、AR マーカーの設置・マーカーからの相対位置の記録^{1), 2)}により過去の変状箇所を登録していたが、本機能では CLAS 端末で取得した高精度位置情報により過去の変状箇所を登録する。これにより、点検時間の短縮や新規変状の発見など効率性向上につながる。

本機能は前項の変状検知機能と組合せており、その概要は以下のとおりである。

①点検者の位置を CLAS 端末で把握する。②変状箇所を含む施設形状を LiDAR で把握し AR 空間を形成する。③AR 空間上に任意の多角形を描画し変状範囲を登録する。④以上より、登録した変状範囲を位置座標として管理し、LiDAR 到達範囲外(約 5m)からも変状位置を確認できる。

現地試行の結果は以下のことが確認された。

- ・AR 空間上に変状箇所を登録することができた(図-4)。
- ・流水部は LiDAR による形状把握ができない。
- ・ナビ機能と同様、CLAS 端末の受信状況によっては、登録した変状箇所が移動してしまう場合がある。

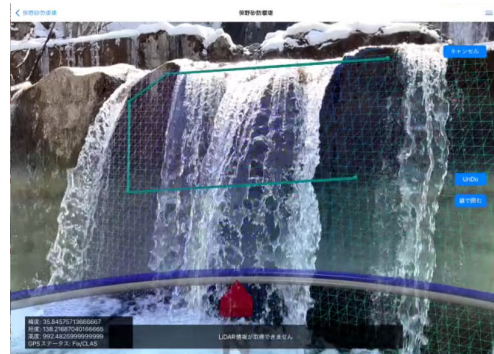


図-4 変状箇所の登録機能による変状位置の描画状況

4. まとめ

本稿では、AR 位置情報登録技術や AI 画像解析技術を使用した砂防施設点検を効率化するツールを開発した。各種機能を現地で利用可能であることは確認できたものの、以下のような課題も確認された。実用化に向けては、今後の引き続き改良を行っていく予定である。

- ・ナビ機能や変状箇所登録機能では、点検者の位置と対象物の位置精度が不十分な場合がある。
- ・変状箇所登録機能では、流水部で LiDAR による形状計測ができない。
- ・変状検知機能では、一部が深くえぐれた「摩耗」変状が検知できない。

また、ある程度の実用化ができた段階で、Android への対応や関連する点検ツール、データベースシステムに連携する機能を実装していくことを目指している。

参考文献

- 1) 中西ら(2022) 砂防学会研究発表概要集,2022,R2-17
- 2) 中西ら(2023) 砂防学会研究発表概要集,2023,T1-2
- 3) 河口ら(2020) 土砂災害発生後の緊急点検における SMART SABO の活用,砂防学会誌,Vol.73,No.1,p.58-61
- 4) 星本ら(2021) 砂防学会研究発表概要集,2021,P1-082
- 5) YOLOv8: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>