

AR・AI 技術を活用した砂防施設点検効率化ツールの開発（その2）

国土交通省関東地方整備局 野坂 隆幸, 丑山 善雄, 田中 海晴
株式会社建設技術研究所 ○小林哲也, 片嶋啓介, 家田泰弘, 井内拓馬, 西尾潤太, 中西宏彰, 熊谷聡, 川添祐

1. はじめに

砂防施設の点検では従前、急峻な山間地に整備された施設に徒歩で接近し、目視により施設変状を把握し健全度を評価してきた。これに対し、安全性の向上を含めた施設点検全体の効率化・高度化を図るために、筆者らは 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)による施設管理手法に関する検討を進めてきた。

本稿では、先行^{1), 2)}して取り組んだ変状抽出技術や AR 技術を活用した砂防施設点検効率化ツール(以下、先行ツール)³⁾の改良結果について紹介する。

2. 砂防施設点検業務の課題と開発方針

2.1 点検業務の課題と先行ツールの概要

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、砂防施設点検における課題を抽出した(表-1)。先行ツールでは DX の適用が可能な項目のうち、優先的に改善すべき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。

- 『変状検知機能』: AI 画像解析技術を用いて「摩耗」をリアルタイムで検知し、タブレット上に表示する機能(表-1①への対応)
- 『点検ルートナビ機能』: AR 技術を用いて、タブレットでかざした画面上にルートを登録・表示する機能(表-1②への対応)
- 『変状箇所登録機能』: AR 技術を用いて、タブレットでかざした上に変状箇所を登録・表示する機能(表-1①への対応)



図-1 先行ツール画面

表-1 砂防施設点検への DX 適用可否 (■本項対象)

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	①変状箇所の把握	○
	調査時期	×
	危険生物	×
机上作業	②点検箇所へのアクセス方法(アクセス路未整備箇所・急峻箇所での移動)	○
	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	○

2.2 先行ツールの開発条件

先行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端末を用いた(図-2)。OS は、LiDAR スキャナをツールに活用することを念頭に、iPad を採用した(iPad Pro 12.9 インチ(第6世代))。また『点検ルートナビ機能』と『変状箇所登録機能』では、点

検者の正確な位置情報が重要となる。そのため、衛星測位により cm 単位の位置精度を確保できる CLAS 端末(Cohac∞ Ten)を活用した。



図-2 ツール構成

2.3 先行ツールの課題

『変状検知機能』で開発した AI モデルは、「摩耗」のみを対象としており、それ以外の変状に当時は対応していない。加えて、変状見逃しや誤検知が発生している。

『点検ルートナビ機能』は、現場までの正しいルートを把握している作業員が点検時にルートを登録することで、2 回目以降、現場を把握していない作業員でも効率的に現場へ到着できる機能である。しかし、本機能で使用した CLAS の位置情報は、周辺の障害物、衛星軌道周期により、数十 cm~数 m 程度の誤差が発生し、常に cm 単位の位置情報を取得できるとは限らない。そのため、AR 空間上に正確なルートを表示できない事象が発生していた(図-3 右図①)。また、本機能は端末内蔵コンパスによりルートの方角角を決定しているが、端末内蔵コンパスは十分な精度がないため、登録時と表示時の方角角が異なる場合、表示時のルートの向きにずれが生じていた。(図-3 右図②)



図-3 矢印の表示位置に誤差が発生する要因

『変状箇所登録機能』は、変状箇所を登録することで、2 回目以降の点検時にその変状箇所を容易に把握できるようにする機能である。本機能についても、CLAS の位置情報を使用しているため、上記と同様、表示位置の課題が発生していた。

2.4 効率化ツール全体の構成

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を行うことでさらなる効率化が期待できる。このため、将来構想として、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前提とし開発を進めた(図-4)。

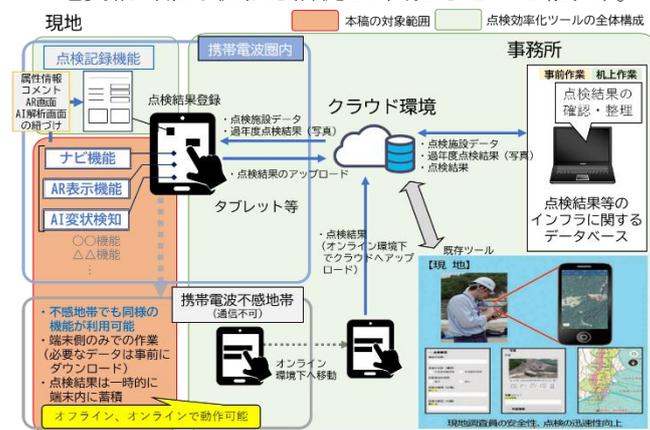


図-4 効率化ツールの全体構成(案)

3. 先行ツールの改良と現地試行結果

3.1 変状検知機能

「摩耗」以外の変状箇所を検知するため、新たに AI モデルを構築した。AI 画像解析手法として物体検出を適用し、モデルは YOLOv8⁴⁾を用いた。教師画像には約 14,500 枚の「ひび割れ」「破損」を捉えた点検画像を使用し、学習を行った。構築した AI モデルを先行ツールに実装することで、従来の「摩耗」に加え、「ひび割れ」「破損」も検知できるようにした。また、AI の検出結果に対する精度調整を行うため、Confidence (AI 検出結果の信頼度) や IoU (AI 検出結果の重なり度合い) の閾値を任意に設定できる機能を開発した。物体検知の際に、Confidence や IoU の閾値を現地で設定することで、誤検知や見逃しを抑制することが可能となった。

現地試行の結果、概ね適切な検知が可能であることが確認できた(図-5)。一方、図-6 に示すように検知できない変状もあった。その要因としては、学習データに含まれる変状と規模が異なっていたこと、変状が苔や植生等に覆われていたこと等が考えられた。そのため、今後はより多様な変状データを収集し、モデルの再学習を行うことで精度向上を図ることができるものと推察された。



図-5 変状検知機能による検知例



図-6 未検知例

3.2 点検ルートナビ機能

CLAS の位置精度によるルート表示の誤差を低減するため、タブレット端末に内蔵されている IMU を活用し、位置情報を補正する機能を開発した。また、登録時と表示時の方位角の誤差を低減するため、手動で固定・調整可能な機能を開発した。ルート登録時とルート表示時の機能概要は以下のとおり。これにより、CLAS の位置精度が不十分な場合でも、AR 空間上に正確なルートに登録・表示ができ、車道から溪床へ降りる場所を正確に明示できた(図-7)。

【ルート登録時】

- ・ スタート地点で位置情報・方位角を記録
- ・ 記録した位置情報・方位角を基に、IMU を用いてルート登録地点の座標を補正

【ルート表示時】

- ・ スタート地点で位置情報を記録
- ・ スタート地点で登録時に記録した方位角と同じ方位角になるように調整し、記録
- ・ 記録した位置情報・方位角を基に、登録済ルートを AR 空間上に再現

なお、スタート地点で位置情報を記録する際、CLAS 位置情報が cm 単位で取得できる場所の選定が必要である。

現地試行により、課題として、点検施設までの区間が長い場合、IMU による位置情報の誤差が大きくなり、ルートの位置精度が低下することが明らかとなった。



図-7 ナビ機能による点検ルート表示

3.3 変状箇所登録機能

CLAS の位置精度による変状箇所表示の誤差を低減するため、点検ルートナビ機能と同様に、タブレット端末に内蔵されている IMU を活用し、位置情報を補正する機能を開発した。

現地試行の結果、以下のことが確認された。

- ・ CLAS の受信状況が悪い場合でも、登録時と同一箇所に變状箇所を表示可能(図-8)。
- ・ 流水部は水面反射で LiDAR による形状把握が不可
- ・ LiDAR 到達範囲内でのみ変状箇所の登録可能(表示する際は LiDAR 到達範囲外でも表示可能)



図-8 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、砂防施設点検の効率化と高度化を目的に、変状検知機能、点検ルートナビ機能、変状箇所登録機能を開発した。

現地試行では、これらの機能が点検業務の効率化に一定の有用性を示したものの、実装に向けては各技術要素に課題が残ることが明らかとなった。特に、IMU による長距離移動時の位置誤差の蓄積や、流水部での LiDAR 計測の制約などは、現状の技術水準では解決が難しいと考えられた。改良案としては、代替技術(画像からの奥行き検知(SfM)、CLAS 以外の高精度位置情報取得技術等)と組み合わせることが考えられた。

一方で、早期の現場導入を図ろうとする場合、精度向上の取り組みと並行し、実運用できるツールの確立が必要であると考えられた。具体的には、変状検知機能、点検ルートナビ機能、変状箇所登録機能で取得したデータの記録・閲覧や点検調書記録等の机上作業に活用するためのシステム構築を進め、実際の点検作業における効率化と現場負担の軽減を図ることが重要であると考えられた。

参考文献

- 1) 中西ら(2022) 砂防学会研究発表会概要集, 2022, R2-17
- 2) 中西ら(2023) 砂防学会研究発表会概要集, 2023, T1-2
- 3) 井内ら(2024) 砂防学会研究発表会概要集, 2024, R4-6
- 4) YOLOv8: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>