

## AI を活用したトンネル覆工表面画像のひび割れ自動抽出結果検証

西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社 正会員 ○池田 智昌  
 西日本高速道路株式会社 正会員 勘定 茂  
 NEXCO 西日本イノベーションズ株式会社 非会員 堀 充宏

### 1.はじめに

NEXCO 西日本管内のトンネルの詳細点検で運用しているトンネル覆工点検システムは、撮影車両で覆工表面を撮影後、合成した覆工表面画像をもとに、人力トレースでひび割れ展開図を作成(以下、「人力抽出」という。)し健全度評価を行っている。ひび割れ展開図作成の作業効率化を目的として開発されたひび割れ自動抽出ソフトウェア(以下、「現行ソフト」という。)を、AI 技術を活用したひび割れ自動抽出ソフトウェア(以下、「新ソフト」という。)に改良し、ひび割れ抽出精度の向上を図った。

本稿は、現行ソフトと新ソフトのひび割れ抽出結果より算出されるひび割れ評価点及び、ひび割れ自動抽出精度やひび割れ展開図作成の作業効率性に関して比較検証した結果を報告し、本ソフトの展望を示すものである。

### 2.現行ソフトの問題点

現行ソフトのひび割れ抽出方法は、画像のコントラストの差からソフトウェアがひび割れを自動認識する。加えて、ひび割れ編集ソフトウェアを使用して、過抽出及び未抽出ひび割れの加筆修正を行っている。ひび割れ自動抽出作業フロー概要を図-1 に示す。

現行ソフトの問題点は、ひび割れ人力抽出延長に対するひび割れ自動抽出正解延長の率(以下、「検出率」という。)及びひび割れ自動抽出延長総量に対する正解延長の率(以下、「的中率」という。)が低いことと、ひび割れが多い場合人力抽出の作業時間に比べひび割れの確認作業時間が増加する点にある。

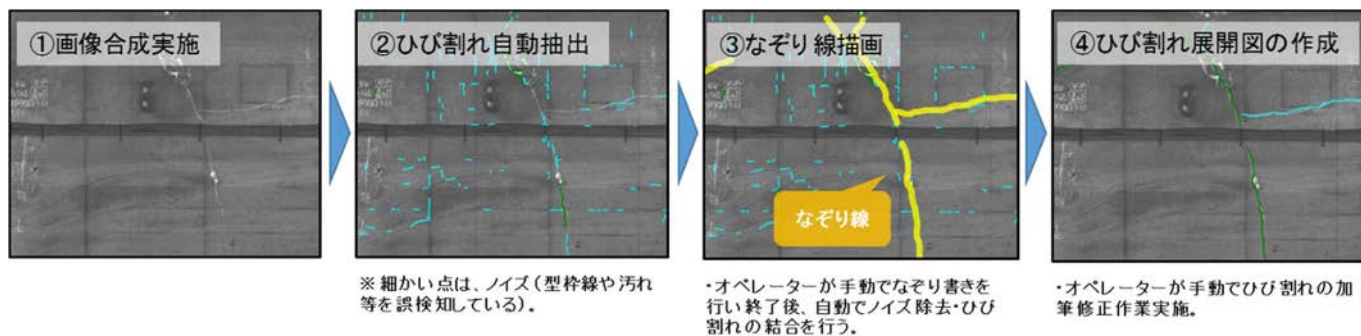


図-1 ひび割れ自動抽出作業フロー概要

### 3. AI 技術を活用したひび割れ自動抽出ソフトウェア

過年度の撮影画像から教師データを作成し、機械学習を行うことでひび割れ抽出 AI の作成を行った。教師データは、AI 技術者により作成後、土木技術者にて誤ったひび割れの教師データが作成されていないかの品質確認を経て、機械学習に使用する教師データを作成した。作成手順を以下に示す。

- ①教師データに使用するトンネルスパンを供用年数やひび割れ分布状況をもとに選定。
- ②AI 技術者による教師データの作成。
- ③土木技術者による教師データの品質確認後、AI 技術者による教師データの修正。
- ④機械学習を実施し、ひび割れ自動抽出 AI を作成。
- ⑤作成 AI のひび割れ自動抽出結果を確認後、誤抽出事象の追加機械学習を実施。

以上の手順①～⑤を繰り返し AI の改良を行う。

キーワード トンネル覆工詳細点検, トンネル覆工表面画像, ひび割れ自動抽出, 健全度評価, AI

連絡先 〒810-0073 福岡県福岡市中央区舞鶴 1-2-22 西日本高速道路エンジニアリング九州(株)TEL:092-285-1669

## 4.新ソフトの検証

### (1) 検証方法

100 スパンずつ人力抽出及び新ソフトによりひび割れ展開図を作成し、各スパンの TCI 指数とこれにより算出される評価点を求め、比較検証を行った。ここでいう TCI 指数とは、NEXCO 西日本の保全点検要領にて定められているトンネル健全度評価点の算出に用いる覆工表面のひび割れ指数である。

### (2) 検証結果

#### ①現行ソフトに対する新ソフトの検出率及び的中率比較検証

新ソフトのひび割れ抽出精度確認のため掘削工法別に 2 スパンを抜粋し新旧ソフトの的中率及び検出率を算出した。ソフト別ひび割れ自動抽出結果を表-1 に示す。NATM・在来工法ともに現行ソフトと新ソフトの差分として 15~47%の検出率及び的中率の向上を確認した。

表-1 新旧ソフト別ひび割れ自動抽出結果

工種	①現行ソフト		②新ソフト		差(②-①)	
	的中率	検出率	的中率	検出率	的中率	検出率
NATM	35%	58%	78%	93%	+43%	+35%
在来工法	15%	66%	62%	81%	+47%	+15%

#### ②人力抽出に対する自動抽出評価点の検証

ひび割れ評価点の検証は、ひび割れの幅、長さ、分布に関する評価、ひび割れの方向性に関する評価に対して、それぞれ外力評価点とはく落評価点の 4 種類に区分して行った。図-2 に各評価点について自動抽出（人力編集後）を分母とした人力抽出比率のヒストグラムを示す。検証の結果、比率は 1 の度数が最も多いことから同等であることを確認した。

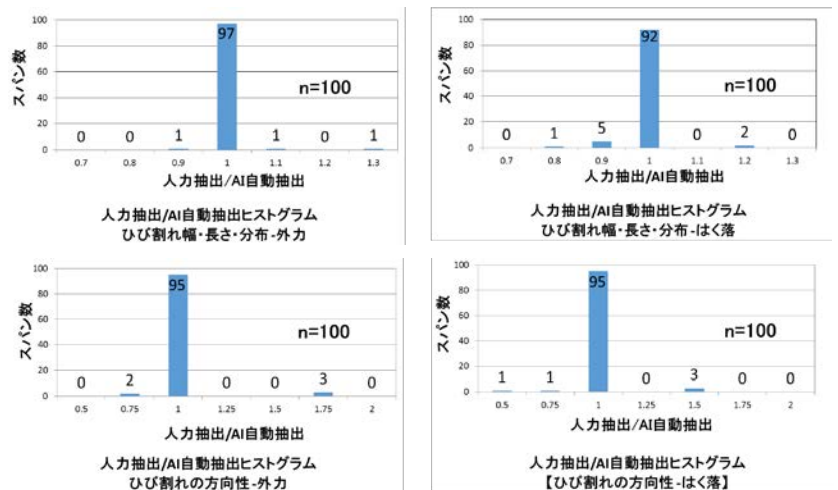


図-2 自動抽出を分母とした人力抽出比率ヒストグラム

### (3) 新ソフトでの作業歩掛比較

新ソフトと人力抽出の作業歩掛比較を掘削工法別に 3 スパンずつ抜粋し行った。その比較結果を表-2 に示す。新ソフトのひび割れ抽出平均作業時間割合は、人力抽出に比べ 74%となり 26%削減した。

現行ソフトに対しても、大幅な作業時間の削減となった。また、AI 抽出の的中率が 50%を下回るスパンが 4 スパンあるが、原因としては壁面の汚れ等を誤抽出していることがある。但し、誤抽出の場合は自動抽出後ひび割れ編集ソフトウェアの編集機能（なぞり線）により一括削除されるため作業歩掛への影響は低いことが確認された。

表-2 ソフト別ひび割れ自動抽出結果

トンネル名	スパン NO.	クラック 幅高さ (m)	的中率	検出率	①新システム 【作業時間:分】	②人力抽出 【作業時間:分】	作業時間割合 (①/②)
Aトンネル (在来工法)	9	98.6	43%	89%	30.5	39.5	77%
	14	121.7	37%	92%	42	65.5	64%
	51	77.8	80%	61%	22	28	79%
Bトンネル (NATM)	14	49.5	77%	96%	17	22.5	76%
	41	28.8	29%	85%	9.5	11.5	83%
	50	23.8	45%	97%	11	16.5	67%
平均							74% (26%削減)

## 5.まとめ

新ソフトでは、ひび割れ自動抽出の評価点が人力抽出と同等であることから、実業務に使用可能であることを確認することができた。また、検出率および的中率の向上や作業歩掛の低減も確認でき、現行ソフトの課題解決を行うことができた。その一方で、作業歩掛への影響は少ないものの一部誤検出による的中率の低下を確認した。今後業務を行っていく中で必要に応じ、教師データの追加作成および再機械学習を行うことで対応をしていきたい。今後も、さまざまな技術開発に取り組み土木分野の DX を推進し、点検業務効率化・高品質化に貢献していきたい。