人工知能(AI)を用いた切羽評価支援システムの開発

戸田建設(株)　正会員　○生島直輝，非会員　金井千鶴子，正会員　三上英明，
正会員　杉山　崇，正会員　辻川泰人

１．はじめに

山岳トンネルでは、掘削を安全かつ合理的に行うために、掘削の進行に合わせて技術者が切羽観察を行う。この切羽観察は、前方の地山状況を予測し算出した切羽評価点に基づく支保パターンの妥当性を評価する重要な日常管理業務である。しかし、技術者の技量への依存が大きく、切羽評価点にバラツキが生じやすいという問題がある。また、掘削後は速やかに吹付けコンクリート等の支保工を設置してトンネルを安定化させる必要があることや、肌落ち事故等の防止の観点から、綿密な観察時間を確保できないのが実情である。

近年、これらの問題の解決手段として人工知能（AI）に注目が集まっている。そこで、AI を用いて日々の切羽画像データから切羽評価点を判定するシステムの開発に着手し、現在新名神高速道路宇治田原トンネル東工事（NEXCO 西日本）において試験的な運用を開始したところである。本稿では、システムの概要および今後の展望について報告する。

２．システムの概要

高速道路トンネルの切羽評価点法では、切羽の上半断面を天端、左肩部、右肩部の 3 つのパーツに分割（図-1）し、圧縮強度などの 7 項目（図-2）について評価を行うこととしているが、今回は、天端、左肩部、右肩部で、画像で認識しやすい風化変質、割目間隔、割目状態の 3 つの評価項目を対象にシステム開発を試みた。切羽写真を JPEG 形式で入力し、システム内で前処理を施した後、パーツごとに切羽評価点の判定を行う（図-3）。AI モデル作成のクラス分類に使用する CNN（画像解析用畳み込みニューラルネットワーク）の選定については、使用実績や知見の多いアーキテクチャを複数抽出し、比較、検討を行った。その結果、予測精度が最良となった VGG16（オックスフォード大学）を採用した。

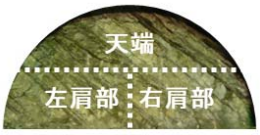

図-1　3 分割した切羽断面

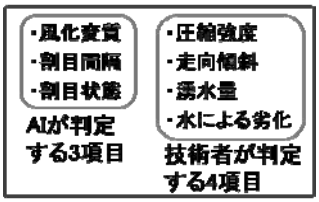

図-2　高速道路トンネルの 7 つの切羽評価項目

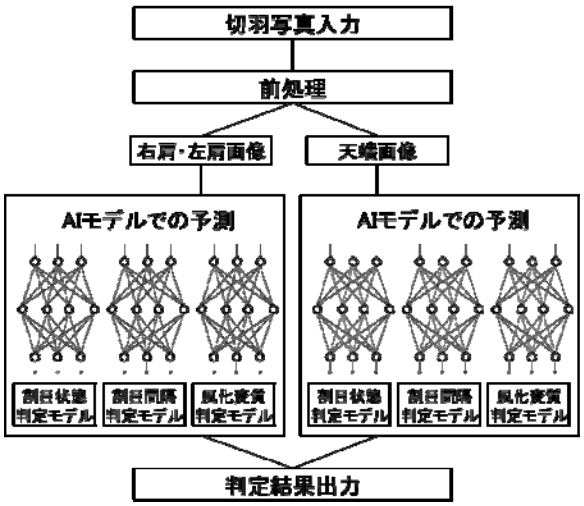

図-3　切羽写真から評価点を判定する際のフロー図

本システムは、学習システムと判定システムが 2 つの独立した機能から構成される。まず、切羽評価を行うための AI モデルを学習システムにて作成する。この際には、学習させたいデータ（不要箇所を削除した切羽写真の JPEG と評価点の CSV ファイル）と学習回数を指定する（図-4）。学習に使用する評価点は、技術者が判断したものを正とする。切羽評価を行う際には、判定システムを起動し使用する AI モデルと切羽写真を選択することで判定が可能となる（図-5）。両システムとも直感的に扱いやすい操作画面が特徴で、ユーザビリティが高い。また、両システムが独立していることから、異なる教師データを学習した複数の AI モデルで判定精度を比較するなど、自由度の高い運用が可能である。

キーワード　NATM，AI，切羽観察，切羽評価，
連絡先　〒104-0032　東京都中央区八丁堀 2-8-5　戸田建設(株)　本社土木技術統轄部　TEL050-3818-5980

© Japan Society of Civil Engineers

①モデル保存先選択フォーム，②教師データ(切羽写真)選択フォーム，
③学習回数指定フォーム，④教師データ表示欄，
⑤教師データ(評価点)読み込みボタン，⑥学習開始ボタン，⑦コンソール

図-4　学習システムの操作画面

①モデル選択フォーム，②画像選択フォーム，③選択した画像一覧
④予測開始ボタン，⑤予測結果表示欄，⑥コンソール

図-5　判定システムの操作画面

本システムの実用性を検討するために、宇治田原トンネルの地山と類似した地質である、高松自動車道大坂トンネル（H28.10 竣工）の切羽写真と評価点を教師データとしたモデルを作成し、判定精度を検証した。その結果、本モデルで大坂トンネルの切羽写真（未学習のもの）を判定させたところ、平均約 84%の正答率が得られている。

3．今後の展望

宇治田原トンネルは、3 月末現在でトンネル掘削が約 30m であり、まだ十分な量の教師データが蓄積していないことから、当面は大坂トンネルモデルを用いて切羽評価を行うこととしている。トンネル掘削が進み十分量の教師データが蓄積でき次第、宇治田原トンネルの切羽のみを教師データとしたモデルを作成し、切羽判定を行う。さらに、大坂トンネルモデルを使用した場合と比較し、精度が何%程度向上したか、大坂トンネルと宇治田原トンネル両方の切羽を教師データとしたモデルとの精度の比較を行い、最適なモデルを作成する方法を検討していく予定である。工事が進むにつれて、より多くのデータを学習した AI モデルを作成することができるため、判定の精度が徐々に向上していくと見込んでいる（図-6）。

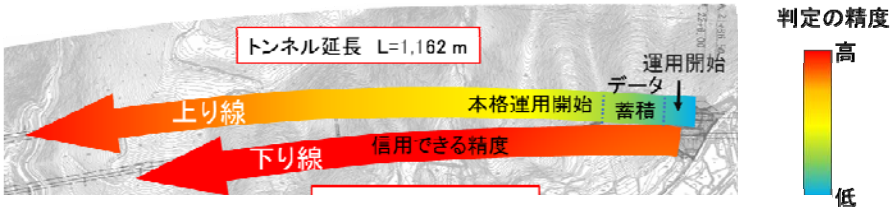

図-6　掘削に伴う精度向上のイメージ（宇治田原トンネル東工事）

さらに、多様な地質の現場で当システムを運用し、実用性を高めていく考えである。現段階では切羽観察は従来通り技術者による評価を基本とし、AI による判定結果は参考資料としての扱いであるが、将来の実用化にむけて、少しずつ精度を高めていく。また、他の現場で稼働中の、コンピュータージャンボによる穿孔エネルギー計測システム等との連携も実施予定である。

4．まとめ

AI を利活用して切羽写真から切羽評価を行うシステムを開発し、宇治田原トンネル東工事にて現在試行運用中である。将来の本格的な実用化に向けて、精度の向上に努め、多様な地質の現場に対応できるシステムを目指したいと考えている。

© Japan Society of Civil Engineers