

山岳トンネルにおける切羽画像 AI 診断システムに関する検討

株式会社熊谷組 正会員 ○畑本 浩伸 正会員 飛鳥馬 翼
正会員 青木 宏一 正会員 北原 成郎

1. はじめに

山岳トンネル工事では掘削時に切羽の状態、風化変質、割目状態、湧水量等の観察を行い、地山を評価し、その結果を支保選定等に用いている。切羽観察時には現場技術者が評価を実施しているが、経験の少ない技術者が評価を行うと誤診断が発生する可能性がある。診断支援の観点から、人間以外の診断システムの構築が期待される。本稿では、掘削中の A 現場（機械掘削方式）と B 現場（発破掘削方式）の各トンネルにおける切羽写真の画像を、新規で構築した切羽画像 AI（Artificial Intelligence）診断システムに学習・診断^[1]させ、観察項目毎に判定正答率を評価した結果を示す。

2. 切羽画像 AI 診断システム

図 1 に、切羽画像 AI 診断システムにおける AI 診断の学習と診断のイメージを示す。トンネル毎に切羽画像は学習区間データと、診断区間データの 2 つに分類される。まず学習区間の切羽画像の分割を行い、技術者が切羽観察時に評価した結果に基づいて分割画像を評価区分毎のフォルダへ分類する。次に、AI 診断システムに対して評価区分毎に分類画像を AI 学習器に入力する。分割画像の特徴が AI 学習器の内部パラメータに保存、更新されることで学習が進む。学習完了後、診断区間の切羽画像の分割を行い、分割画像を AI 診断器に入力することで、診断結果が出力される。なお、これらの処理は観察項目毎に行われる。

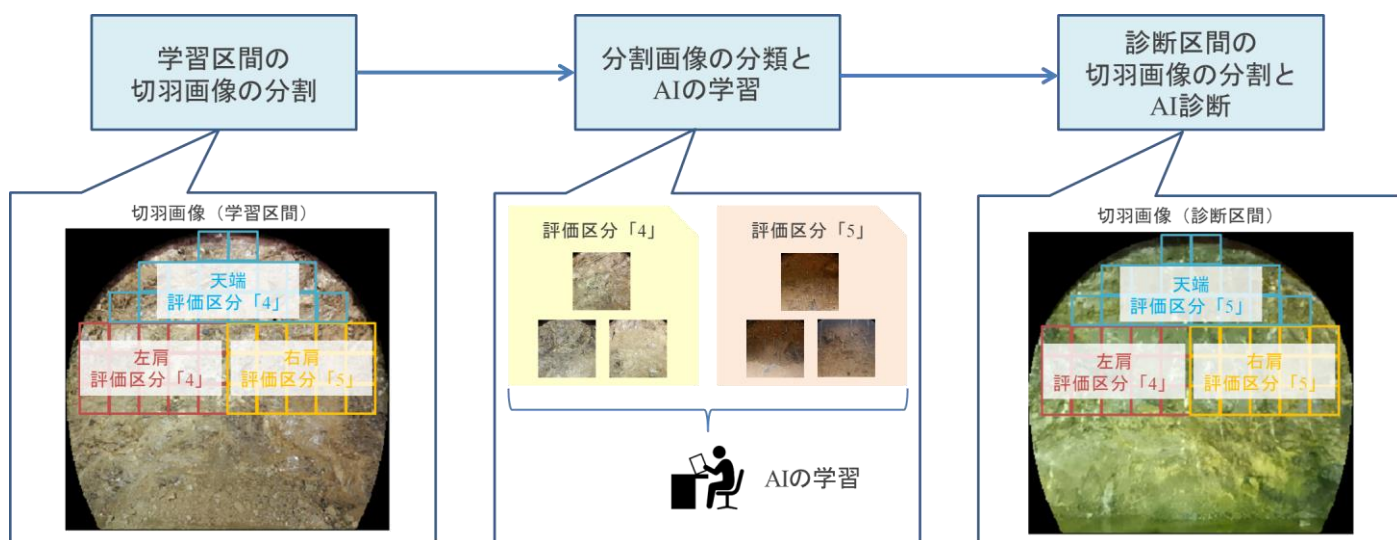


図 1 AI 診断の学習と診断のイメージ

AI 診断システムに採用した学習器として、文献[1]では事前学習済みの畳み込みニューラルネットワークである AlexNet が利用されているが、本稿では、AlexNet よりも後年に提案された ResNet^[2]を適用した。ResNet では事前学習が行われているため、学習区間の写真数が少ない場合でも良好な診断を期待できる。この学習器の畳み込みネットワークの深さは 50 で、入力サイズが 224x224 ピクセルに固定されているため、学習時と診断時ともに、分割画像に対して 224x224 ピクセルへのリサイズ処理を行っている。

キーワード 山岳トンネル、切羽画像診断、Artificial Intelligence

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 株式会社熊谷組 土木事業本部 TEL:03-3235-8627

3. AI 診断評価結果

A 現場では、学習区間（坑口から 53m）として 25 枚の写真を使用した。また、診断区間（学習区間直後から 129.85m）として 39 枚の写真を診断し、技術者による評価結果と比較した。B 現場では、学習区間（坑口から 100m）として 33 枚の写真を使用した。また、診断区間（学習区間直後から 100m）として 22 枚の写真を診断し、技術者の診断結果と比較した。

表 1 に、A 現場における AI 正答率を示す。AI 正答率は、技術者の観察簿上の評価区分と一致した数を評価総数で割った値である。なお、左肩、天端、右肩それぞれの AI 正答率を平均化している。同表より、風化変質と割目間隔の正答率は 90%を超える。また、参考データとして統計情報である F 値を示す。

表 2 に、B 現場における AI 正答率を示す。同表より、AI 正答率が 80%を超える評価項目は素掘り面の状態、圧縮強度、水による劣化、縦断方向となる。また、表 1 と同様に参考データとして F 値を示す。

表 1 AI 正答率（A 現場）

観察項目	AI 正答率	F 値
切羽の状態		
素掘り面の状態		
圧縮強度	45%	31%
風化変質	91%	48%
割れ目の頻度	91%	48%
割れ目の状態	51%	23%
割れ目の形態		
湧水	71%	28%
水による劣化	9%	5%
走向傾斜（直角）	44%	19%
走向傾斜（平行）	58%	49%

表 2 AI 正答率（B 現場）

観察項目	AI 正答率	F 値
切羽の状態	65%	64%
素掘り面の状態	100%	100%
圧縮強度	89%	85%
風化変質	48%	35%
割れ目の頻度	46%	34%
割れ目の状態	67%	40%
割れ目の形態	73%	43%
湧水	57%	32%
水による劣化	98%	50%
走向傾斜（直角）	100%	100%
走向傾斜（平行）	29%	21%

※A 現場では一部の項目（斜線部）が診断されていない。

4. 結果の考察

表 1 及び表 2 より、2 現場ともに AI 正答率が良好となる観察項目は見られなかった。今回の画像は写真を利用しており、岩石の色調で判断される可能性の高い【風化変質】に関しては良好な AI 正答率を期待していた。しかしながら、A 現場では 91%と良好だが、B 現場では 48%となっている。これは B 現場の方で写真の撮影条件（明度・彩度）にばらつきがあった可能性がある。

また、写真で判別しにくいと考えられる【圧縮強度】に関して、A 現場では想定通りに AI 正答率が高くないものの、B 現場に関しては 89%と良好な AI 正答率となっている。B 現場では【走向傾斜（直角）】での AI 正答率も 100%と良好である。B 現場での【圧縮強度】と【走向傾斜（直角）】の AI 正答率が良好な理由として、学習区間の分割画像に対する特徴抽出が適切に行われたことや、学習区間と診断区間の評価区分の頻度分布が適切にオーバーラップしていることが挙げられる。

5. まとめ

本稿では、山岳トンネル 2 現場の切羽写真に対して AI 診断システムを利用した場合の AI 正答率を評価した。B 現場での【風化変質】の AI 正答率を改善するためには、学習に用いる写真枚数を増やすことや、写真の撮影条件を極力揃えること、等の対策が考えられる。今後は、2 現場ともに掘削が継続中であるため、切羽写真を追加して AI 診断を行う予定である。

参考文献

[1]畑浩二，中岡健一，“AI 的方法を利用した地山評価に関する研究，”土木学会第 72 回年次学術講演会，III-343, Sept. 2017.

[2]K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun,"Deep Residual Learning for Image Recognition," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, no.1, pp.770-778, June 2016.