

2段階のAI分析によるトンネル地山評価システムの堆積岩地山への適用

国土交通省近畿地方整備局串本国道維持管理出張所 非会員 笹島 和彦
清水建設(株) 正会員 ○邊見 涼, 長谷川 裕員, 鳥居 敏, 淡路 動太 非会員 中田 圭祐

1. はじめに

山岳トンネル工事において安全かつ合理的な掘削を実施するためには、地山性状を適切に評価することが重要である。施工業者は変位計測とともに毎日の切羽観察によって、岩盤の強度や風化の程度などから地山性状を把握している。近年ではICT技術の進歩に伴い、画像解析やAIを活用し定量的に地山性状を把握する開発が数多く試行されている。

筆者らはAIを活用した汎用性の高いトンネル地山評価システムの開発を進めている(図-1)。本システムではディープラーニングと機械学習の2つのAI分析手法を適用することで、複数の特徴量について同時に解析でき、切羽観察時に必要な多角的な視点を再現することが可能である。今回、泥岩主体の堆積岩地山のトンネルを対象として、本システムを用いて切羽評価項目9項目について判定を行ったのでその結果について考察する。

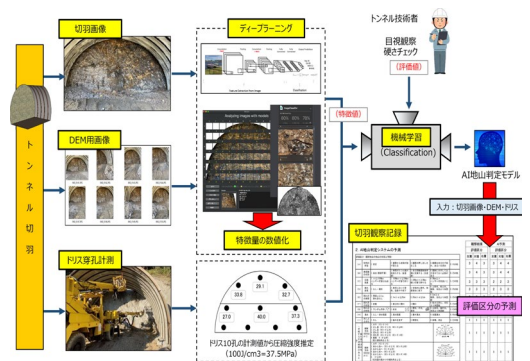


図-1 AIによる地山判定までの流れ

2. トンネル地質概要

すさみ串本道路(仮称)二色トンネルは、和歌山県串本町に位置し、トンネル延長365m、掘削断面積109m²の大断面トンネルである。地質は主に新第三紀中新世の熊野層群敷屋累層の泥岩および泥岩優勢互層からなる(図-2)。設計時の地山等級

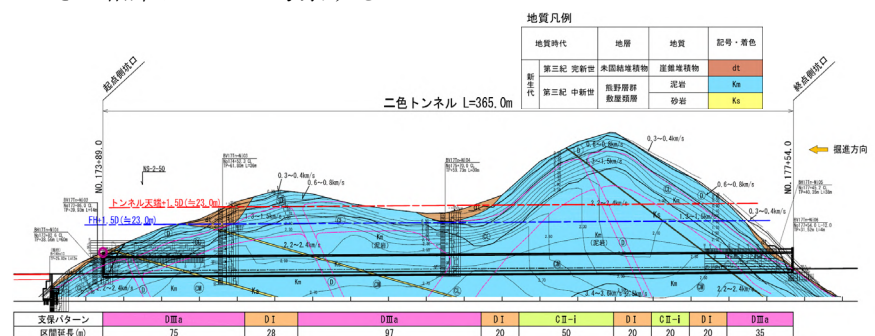


図-2 地質縦断図

は低土被り部を除きDIとCIIが混在するが、切羽評価の結果、ほとんどはDIと判定され、一部砂岩が卓越する箇所はCIIと判定された。トンネル全体の約60%が低土被り区間であることから、岩石が地下水等により風化し茶褐色に変色した切羽が多く見られた。風化は割目沿いの風化がほとんどだが、部分的に岩芯まで風化している様子が見られた。湧水はほとんど見られなかった。

3. 適用システムの概要

本システムでは2段階のAI分析を行う。

3-1. ディープラーニング(画像分類)

ディープラーニングの過程では、風化の程度と割目の状態について画像分類により特徴量を数値化した。精度を高めるため、分類は視覚的に判別しやすい特徴を利用した。風化の場合、岩石が風化すると茶褐色に変色することを利用し、切羽画像を色によって分類した。一方、割目の状態については、切羽面の数値標高モデル(DEM)を用いて表現される割目

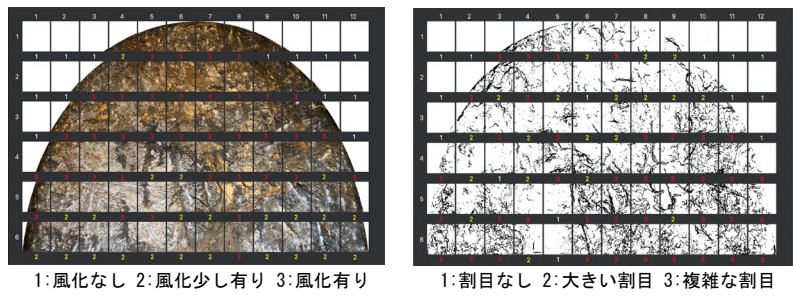


図-3 数値化した切羽(左:風化 右:割目の状態)

キーワード 山岳トンネル, AI, 地山評価, 堆積岩地山

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株) 地下空間統括部 TEL03-3561-3887

大きさによって分類した。切羽画像とDEMを縦6×横12の72分割し、それぞれについてAIにより3クラスに分類した結果、切羽の風化の程度と割目状態の分布状況について1～3点で表現した特徴量の数値化データを獲得した(図-3)。

3-2. 機械学習

機械学習の過程では、画像分類により獲得した特徴量の数値化データと切羽の硬軟を表す数値化データである穿孔エネルギー値を用いて切羽評価点を判定した。各評価項目に関連する数値化データを項目別を選択することで、複数の特徴量を同時に解析できた(図-4)。選択した数値化データと地質技術者が評価した切羽評価点との相関を学習することで、AIによる判定が可能となった。

	風化	割目	穿孔E
①切羽の状態	●	●	●
②表面面の状態	●	●	●
③圧縮強度	●	●	●
④風化変質	●	●	●
⑤割目の頻度	●	●	●
⑥割目の状態	●	●	●
⑦割目の形態	●	●	●
⑧湧水	●	●	●
⑨水による劣化	●	●	●
⑩割り方向線画	●	●	●
⑪割り方向横断	●	●	●

図-4 選択した特徴量

4. AIによる予測結果と考察

予測結果の代表例を図-5に示す。切羽は砂質泥岩と泥質砂岩からなり、全体的に風化していた。天端から左肩にかけてやや脆く、割目は開口しており、そこに粘土を介在していた。特に左肩では割目を利用して頻りに岩石がはく落する様子が観察された。

ディープラーニングの分析結果では、風化し茶褐色に変色した箇所がよく捉えられていることがわかる。また、顕著な割目も捉えることができた。AIによる予測結果では、切羽評価点が一致したほか圧縮強度や割目の頻度、水による劣化で点数が一致したが、風化変質・割目の状態・湧水等で点数の乖離が目立った。点数の乖離が見られた理由の一つとして、切羽評価を行う上で必要な特徴量が不足していたことが考えられる。例えば風化変質の場合、風化を色で分類したため、色の違いが乏しい割目沿いの風化と岩芯までの風化(評価区分の2と3)について適切な評価が困難であった。さらに、変質部分や健全な箇所についても区別が難しかった。これは風化変質に伴う岩盤強度の低下を考慮できていないことが原因であると考えられるため、例えば評価する際に“風化”だけではなく強度に関連する“穿孔エネルギー値”も併せて考慮するなど、各切羽評価区分の評価視点にそった特徴量を選択していくことで解決できると考えられる。

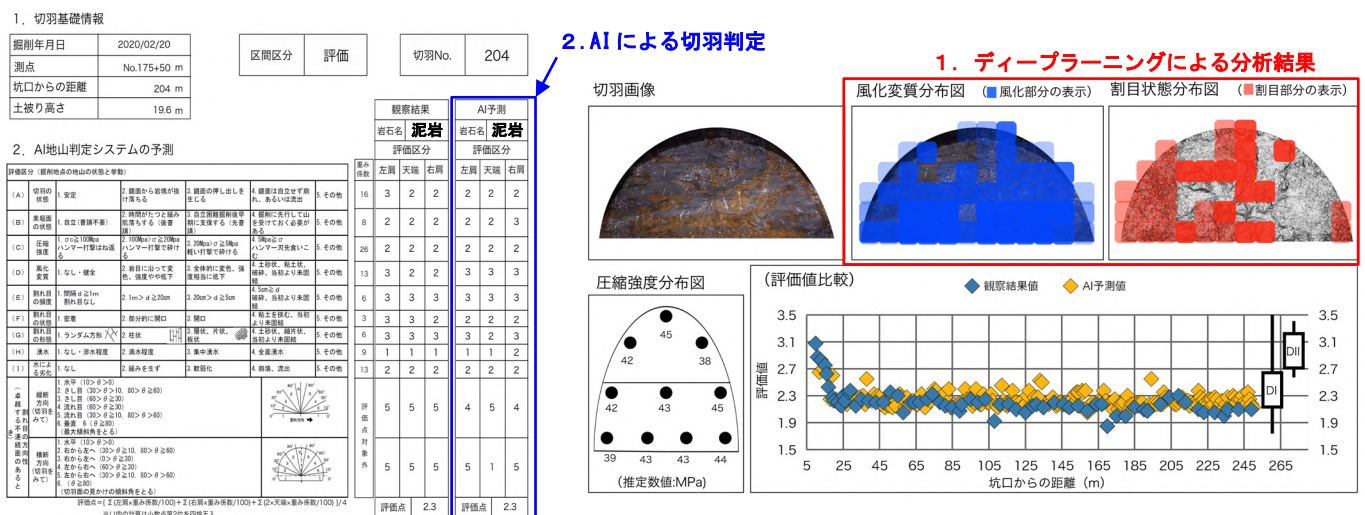


図-5 AIによる地山評価結果

5. まとめ

泥岩主体の堆積岩地山において2段階のAI分析による地山評価システムを適用した。画像分類結果、風化と割目について特徴量を数値化することができた。機械学習後のAIによる予測結果は地質技術者の評価と大きく異ならないが、一部点数に違いが見られた。今後は数値化する特徴量の種類を増やし組み合わせを変えることで、より切羽評価項目に沿ったシステムの開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 長谷川裕員, 邊見涼, 鳥居敏, 辻正邦, 淡路動太: 山岳トンネルの切羽評価におけるAI適用手法の開発, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020.9【投稿中】