

## トンネル切羽の肌落ち AI 予測ツールの開発

前田建設工業（株） 恵利原五知トンネル作業所 正会員 ○川上栄吏 久保田薫 山田有輝  
前田建設工業（株） 土木技術部 正会員 森田篤 後藤信男 小熊登

## 1. はじめに

トンネル工事は複雑な地山条件下で行われることが多く、地質的な要因によるトラブルに見舞われることが少なくない。とくに切羽付近では重篤災害が発生することが知られており、切羽付近に立ち入ることがないような自動施工を指向した技術開発が盛んに行われている。一方で最近のセンシング技術、AI を用いるなどした計測データや切羽写真を含む施工時に得られるビッグデータを活用しながら的確に地山評価を行うことでトラブルを予測・回避できる可能性がある。経験豊富な専門技術者と同等の判断評価を行うため、AI を利活用しトンネル切羽画像や発破削孔データより、地山評価を行うとともに、切羽災害に直結する肌落ち箇所を予測するツールを開発し、地質技術者による評価と比較することで、ツールの適用性検証を行った。

## 2. 切羽評価支援ツールの概要

開発した AI 切羽評価支援ツールは、画像認識技術を用いて、スペクトルカメラ画像、デジカメ画像等より切羽評価点、地山弾性波速度を評価でき、さらに、トンネルジャンボで収集する発破削孔データを参照することで評価精度向上を図っている。システム開発には、当社施工のトンネル切羽写真 1 万データ超を用いており、そのうち、肌落ちが予想される箇所を危険度別に抽出することができる肌落ち予測は地質技術者によるアノテーションを行っている。坑内では、タブレット端末で切羽画像を撮影すると、1 基前の削孔データのうち削孔エネルギー、ノミ下がりを自動参照し、瞬時に切羽評価点算出するとともに肌落ち予測を行うことができる。出力画面では AI が着目するポイントや各切羽評価項目別の信頼度も併せて表示し、肌落ち予測では危険箇所を図化するとともに危険度をグラフ化することで経験の浅い現場職員作業員の判断支援を行うことを目指している。

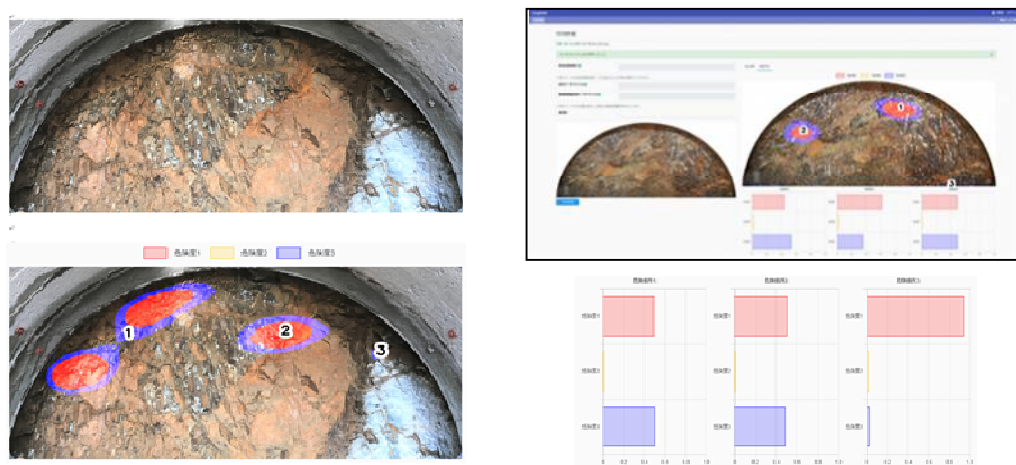


図-1 端末画面例と肌落ち予測結果

3つの機械学習モデルを使用し、削孔データより切羽断面評価を予測するモデルを作成

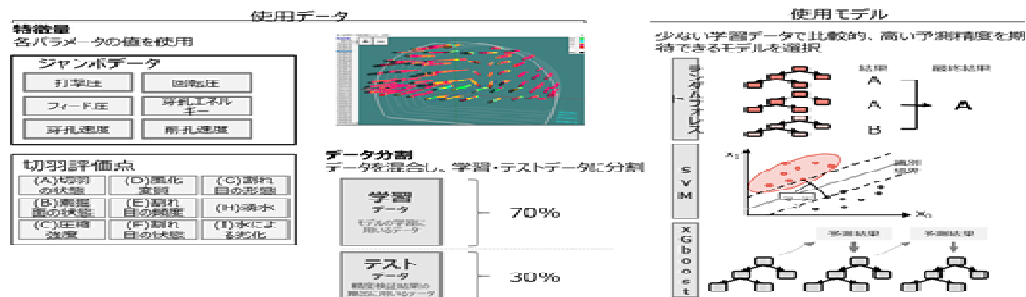


図-2 使用データと予測モデル

キーワード AI, 切羽観察, 肌落ち予測

連絡先 〒181-0012 東京都千代田区富士見 2 丁目 10-2 前田建設工業（株）土木技術部 TEL03-5276-5166

### 3. 肌落ち予測ツールの精度検証

肌落ち予測ツールの精度検証は実際の肌落ちデータがごくわずかなため評価方法は以下の通りとした。肌落ち危険領域と専門技術者の想定した危険領域が一致した面積より算出する「適合率」より、施工管理で必要であるのは取りこぼしが無いことより、地質技術者が予測した危険領域をどれだけ網羅しているかの指標を「再現率」としてツールの妥当性を検証することとした。図-3 に岩石種の異なる2つのトンネルでの検証結果を示す。いずれも再現率はおよそ6割～7割程度であり、精度的に高いとは言えない。この原因は、割れ目の頻度や状態、湧水などの画像判断の限界や参照する各種削孔データがそもそも肌落ち現象と調和したものか、さらに評価時のデータは予測切羽の1基手前のものであること等に起因することが考えられる。

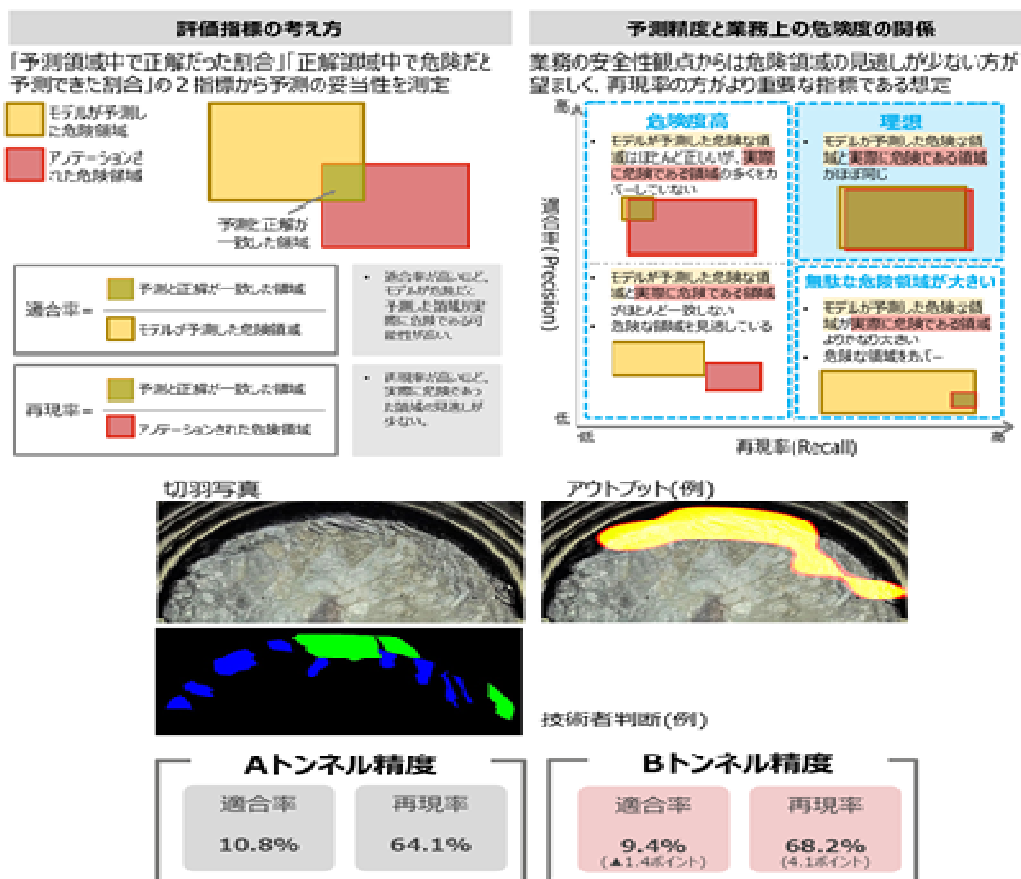


図-3 区間別 AI 切羽観察支援ツールの検証結果

AI は膨大な学習データが必要と言われているが、肌落ちデータのように十分な教師データが無い場合においても、学習方法やモデル構築方法によっては、利用できることが示唆される結果が得られた。ただし、切羽に近づき時間をかけて観察することが難しい条件では、とくに専門技術者でも判断に迷うことも多くモデルの改善が必要である。重篤災害の根絶を目指すうえで客観的な地山評価は必要不可欠なため、今後データを蓄積しながらさらなる精度向上を図りたい。

### 4. おわりに

本稿では現場で継続実施している種々データの検証結果を示すことはしていないが、日々の施工では発破仕様と3次元形状余堀りデータ、坑内変位計測等を常時分析評価しながら作業を進めている。近い将来トンネル施工全自動化を目指す中で、地山を評価する「目」の高度化は必用不可欠であり、AI は経験豊富な専門技術者の代わりになるばかりでなく、より高度なレベルの評価ができる可能性が高い。近年、様々なセンシング技術、マシンデータをビッグデータ化するなど容易に確度の高い地山評価を行うことが出来るようになりつつある。トンネル施工はルーチン作業であるため施工途中で得られる各種データから有用なデータを抽出することで更なる安全性向上や施工合理化を図るために今後ますますAI を利活用していく必要がある。