

AIを活用したトンネル切羽地質状況評価システムの施工現場への適用事例

安藤ハザマ 土木事業本部 正会員○鶴田亮介

安藤ハザマ 土木事業本部 正会員 中谷匡志

1. はじめに

近年、様々な業種において、AI(Artificial Intelligence: 人工知能)を活用した多岐にわたる検討が実施されており、種々の評価における高度化、省力化が図られている。このうち、AIを利用した画像認識技術は、評価対象の外観を大量の事例の中から自動的に学習し、評価の最適化、高度化を図る手法で、顔認証や医療画像診断などに適用され、土木分野への応用も期待されている。

ダムやトンネルなど岩盤を扱う構造物の建設に際しては、施工段階において、実際の掘削のり面やトンネル切羽において、地質状況を直接、詳細に確認し、事前に想定されていた状況と実際の状況との差異を評価し、逐次、追加対策工の検討など、施工計画や設計を見直すことが重要となる。

当社は、これまでにトンネル施工時における地質状況評価の自動化、高度化を目的として、AIの画像認識技術を用いてトンネル切羽画像から岩盤の弾性波速度を評価するトンネル切羽地質評価システムを開発した¹⁾。本報文では、本システムの概要を示すとともに、トンネル施工現場での適用実績について紹介する。

2. トンネル切羽地質評価システム

開発したシステムは、AIの画像認識技術を用いて、切羽写真から岩盤の工学的特性を評価することを目的としている。開発に際しては、弾性波探査手法のひとつであるTFT探査より得られる切羽の弾性波速度と、当該地点の切羽写真を教師データとして、両者の関係をCNN法と呼ばれるAIの機械学習手法を適用し学習させた。学習後に、新たな切羽写真をアップロードすると、AIが学習済み切羽画像と当該切羽の特徴の類似点を認識し、弾性波速度を評価する。

システムの開発には、当社施工トンネルにおける134枚の切羽写真をデータとして用いた。AIの学習には一般には数万程度の教師データが必要なため、必要なデータ数を確保することが課題であった。この課題に対して、切羽写真上の一定サイズの正方形枠を一単位として、切羽内で数十cmごとずらしていくことで、一切羽につき280箇所の学習を実施することで教師データ数を確保した(図-1参照)。また、最も評価精度が高くなる正方形の枠のサイズを検討するため、1辺0.5m、1.0m、2.0mの3サイズ別に評価精度の検討を行った。

全データの中の90%のデータを教師データに、10%を評価精度検証のためのテストデータとしてシステムの検証を行った。弾性波速度の評価結果を表-1に示す。3種類の枠サイズのいずれにおいても認識率が約85%程度であるとともに、1.0m枠の場合に認識率86.7%と最も認識率が良い結果となった。

3. システム適用現場の諸元

適用現場は建設中の延長約1.3kmの道路トンネルである。掘削範囲には、新生代第三紀の凝灰角礫岩、火山角礫岩、安山岩溶岩が分布しており、2019年3月時点では、切羽に凝灰角礫岩と安山岩溶岩が出現している。事前地質調査時の弾性波探査結果等により、支保パターンは概ね弾性波速度0.3~1.8km/sの範囲がDIII

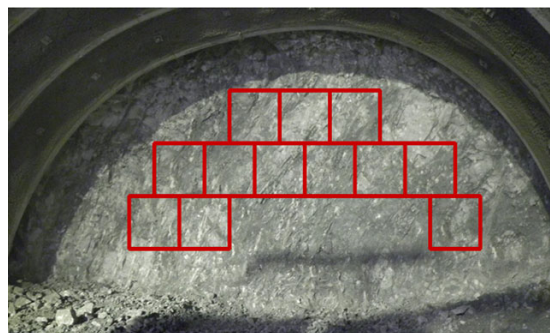


図-1 教師データ取得イメージ

表-1 開発時の弾性波評価結果

枠サイズ(m)	画素サイズ(px)	画像フォーマット	認識率(%)
0.5	32x32	RGB	84.6
1.0	64x64	RGB	86.7
1.5	128x128	RGB	85.8

キーワード トンネル, 切羽, 人工知能, AI, CNN法

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目1番20号 TEL:03-6234-378

パターン，1.8～2.8km/s の範囲が D II パターン，2.8～3.0km/s の範囲が D I パターンで設計されている。

4. 施工現場での弾性波探査手法

当該トンネルの掘削方式は，発破掘削を用いない機械掘削であるため，発破を利用した TFT 探査法が適用できない。そこで，精度検証の実績がある機械掘削用のブレーカの振動と IC レコーダーを利用した弾性波探査手法²⁾を導入し，弾性波速度データを取得した（図-2 参照）。

現場では，切羽写真データを1日に1枚以上，弾性波速度を切羽地質状況が大きく変化することと取得した。取得した切羽写真と弾性波速度を，現場事務所の PC 上の Web ブラウザからトンネル切羽地質評価システムにアップロードすることで，AI による学習を1日1回の頻度で実施した。

5. 施工現場での弾性波評価結果

2018年8月から2019年2月の期間に，掘削区間344m中に262枚の切羽写真と，6区間で合計約120mの弾性波速度を取得した。弾性波速度取得区間の切羽写真51枚を教師データとして採用した。そのうち，34枚が DIII パターンに，17枚が DII パターンである。DIII パターンの代表的な切羽写真を図-3に，DII パターンの代表的な切羽写真を図-4に示す。

切羽写真の残り211枚のデータをテストデータとし，弾性波の評価を実施した（図-5参照）。AI 評価区間の弾性波速度は，計測済みである前区間の弾性波速度と同一と想定し，その評価結果を表-2に示す。とくに DIII パターンの切羽写真において98%の高い精度で評価を行うことができた。DII パターンについても DIII パターンより教師データの数が少ないためか認識率は下がるものの，85.5%の高い確率で，弾性波速度を認識することができた。

坑口						
支保パターン	D III		D II		D I (予定)	
AI適用区分	AI学習区間	AI評価区間	AI学習区間	AI評価区間	AI学習区間	AI評価区間
掘削方向 →						

図-5 AI 評価区間のイメージ図

表-2 施工時の弾性波評価結果

支保パターン	認識率(%)	評価切羽数(n)
D III	98.1	156
D II	85.5	55

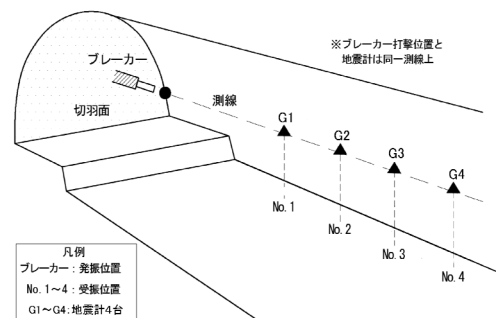


図-2 弾性波探査手法概念図



図-3 DIIIパターンの切羽写真例



図-4 DIIパターンの切羽写真例

6. おわりに

新生代第三紀の凝灰角礫岩，安山岩溶岩が分布する施工中の道路トンネルにおいて，切羽写真から弾性波速度を精度良く評価できることを確認した。今後の当該トンネルの掘削を通じて，火山角礫岩分布域および D I パターン相当の切羽についても，現場での運用による評価システムの検証を行う計画である。

参考文献

- 1) 宇津木慎司，中谷匡志，鶴田亮介，野村貴律：AI を利活用したトンネル切羽地質状況自動評価システムの構築および施工現場への適用，トンネル工学報告集，Vol.27，I -25, 2017
- 2) 山本浩之，中谷匡志，金田仁志，石田良一，戸田有紀：I C レコーダーを利用した簡易弾性波探査による支保パターンの妥当性の検証，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，VI-214, 2017