

機械学習による地質帯を考慮した NATM トンネル切羽面の岩盤評価

関西大学大学院	学生員	○長江 謙吾
関西大学大学院	学生員	KARNALLISA DESMY HALIM
関西大学環境都市工学部	正会員	尹 禮分
関西大学環境都市工学部	フェロー会員	楠見 晴重
近畿建設協会	正会員	西尾 彰宣

1. 背景・目的

NATM 工法における山岳トンネル工事の施工時は、地山等級の判定を行い、安全性及び経済性を確保した合理的な施工ができる様、設計時に設定された支保パターンを必要に応じて変更する必要がある。地山等級の判定は、切羽における岩の硬さや亀裂等を観察し、その結果を現場の技術者によって点数付けされ地山を評価する。しかし、この方法では技術者の経験に基づく岩盤判定に対する基準の個人差が生じ、統一的かつ標準的方法とはいえない。また、少子高齢化による人手不足や建設現場における安全向上のため、近年、さまざまな社会インフラの各段階で人工知能が導入されている。そこで、本研究では、機械学習（SVM）を導入することにより、切羽面の岩盤を評価する手法について検討を行った。

2. トンネル切羽の岩盤評価（国土交通省）

岩盤評価では切羽断面における岩の硬さや亀裂等を観察し、国土交通省が設定した基準に基づき、表 1 に示す A～I の 9 つの項目について、切羽を右肩、天端、左肩の 3 つに分けて評価して 1～4 点の点数を付ける。

表. 1 切羽評価表¹⁾

評価項目	内容
(A) 切羽の状態	切羽における岩塊の状態
(B) 素掘面の状態	素掘面の肌落ち程度
(C) 圧縮強度	岩石の硬さ
(D) 風化変質	風化、変質の程度
(E) 割れ目の頻度	割れ目の間隔
(F) 割れ目の状態	密着、開口の状態
(G) 割れ目の形態	割れ目の性状
(H) 湧水	湧水の位置、量
(I) 水による劣化	水による岩石の劣化程度

この切羽評価点から、合理的な施工を行うために、

地山の特徴に応じた支保パターンを選定する必要がある。支保パターンは B, CI, CII, DI, DII, DIII の 6 つに区分され、ロックボルトの本数や吹付コンクリートの厚さなどの支保構造を決定する。支保パターン B ほど岩盤が良好で、D になるにつれて岩盤が脆弱となる。なお、支保パターン B はデータが入手できないため、DIII は土被りの大きさによって決定されるため、本研究では、支保パターン CI, CII, DI, DII のデータを用いて解析を行う。

3. SVM (Support Vector Machine)

本研究で用いる機械学習は、パターン認識問題を解くためのツールである SVM (Support Vector Machine) である。パターン分類の問題が線形分離によって分離できない場合、SVM によって非線形分離ができるように特徴空間を高次元への写像を行う。本研究の解析は、Python 言語により SVM モデルを作成することによって実施される。

4. 解析結果および考察

(1) トンネルごとの支保パターン判定

本研究では、主に和歌山県、福井県における 16 本のトンネルのデータをデータベース化し、支保パターンの判定ができるように SVM モデルを作成する。本研究の実用化にあたって、ある 1 つのトンネルで支保パターン判定を実施するため、1 本のトンネルをテスト用データとし、実際に採用された支保パターンを正解と扱う方法で判定を行う。3 本のトンネルについて支保パターン判定を行ったところ、D トンネルでは 75.8%、G トンネルでは 81.4%、J トンネルでは 34.9%という精度が得られた。

キーワード NATM 工法, トンネル, Support Vector Machine, 支保設計, 岩盤判定
連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号 関西大学 TEL06-6368-1121

(2) 地質帯を考慮した支保パターン判定

日本列島ではプレートの動きにより付加体が形成される影響で、地質帯ごとに岩石など地質学的に性質が異なると考えられる。そのため、判定するトンネルと同じ地質帯に属するデータを学習に用いて解析を行った。D、G、Jの3トンネルは和歌山県の四万十帯に位置しているため、四万十帯(トンネル14本)のデータをデータベース化し、SVMモデルを作成して、判定を行う。表2に結果を示す。

表.2 地質別の判定結果

解析方法	精度(%)		
	D	G	J
全データ	75.8	81.4	34.9
地質別	78.9	88.1	37.6

3トンネルとも精度の向上が確認されたが、この地質帯を考慮した解析の結果が、本当に地質帯の影響によるものであるのかを検証するために、判定するトンネルが属していない、他の地質帯のデータを学習に用いて解析を行った。表3に示すように、精度は著しく低下したことより、支保パターン判定には、地質帯の影響が大きいことが認められた。

表.3 地質別の判定結果

解析方法	精度(%)		
	D	G	J
全データ	75.8	81.4	34.9
地質別	78.9	88.1	37.6
他地質別	68.1	31.0	27.5

(3) 地質帯の層群を考慮した支保パターン判定

対象の3トンネルが属している四万十帯南部の土台となっているのは、新生代古第三紀～新第三紀にわたる年代を有する牟婁層群である。この牟婁層群には海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレートの一部が剥ぎ取られて陸側プレートに付け加わることによって形成された付加体が分布している。一方、白浜付近では新第三紀中新世の田辺層群、新宮付近では同じく熊野層群が分布している。これらは前弧海盆堆積体であり、牟婁層群を顕著な傾斜不整合で覆っている。したがって、牟婁層群と田辺・熊野層群の構造には著しい差異が存在する²⁾ため、この差異を考慮した解析を行った。D、G、Jの3トンネルは牟婁層群に位置しているため、牟婁層群(トンネル6本)のデータをデータベース化し、SVMモデルを作成して、判定を行う。表4に結果、図1に

解析方法の違いによる精度比較を示す。

表.4 層群別の判定結果

解析方法	精度(%)		
	D	G	J
全データ	75.8	81.4	34.9
地質別	78.9	88.1	37.6
層群別	80.1	89.0	80.7

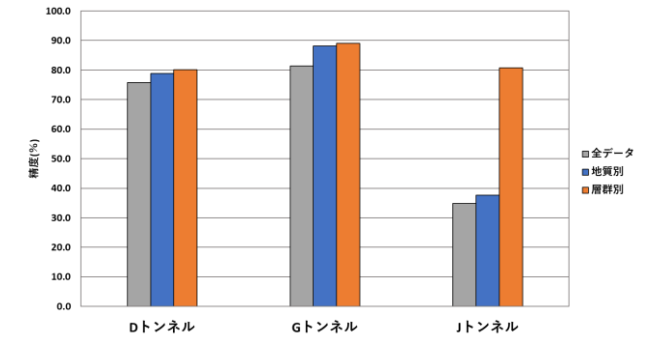


図.1 精度比較

3トンネルすべてにおいて精度が向上し、特にJトンネルでは全データを用いた解析と比べて精度が45.8%向上した。よって、支保パターン判定には、地質帯の層群の影響が大きいことが認められた。

5. まとめ

本研究では、トンネル別でSVMにより判定を実施し、トンネルの特徴を基に考察を行った。トンネルの支保パターン判定に、そのトンネルが属していない地質帯の学習用データを適用すると、精度は著しく低下したことより、支保パターン判定には、地質帯の影響が大きいことが認められた。

また、地質帯の層群を考慮した支保パターン判定では3トンネルとも精度が向上し、Jトンネルでは大幅な精度向上が見られた。したがって、支保パターン判定には、地質帯の層群の影響が大きいことが認められた。

参考文献

1) 近畿地方整備局道路部道路工事課：トンネル地山等級判定マニュアル(試行案)：
https://www.kkr.mlit.go.jp/kingi/database/27/kirih_a01.pdf

2) 近畿地方土木地質図編纂委員会：近畿地方土木地質図解説書，2003.3