

切羽評価点に基づく補助工法選定システムへの SVM の適用

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○丸山健太
中電技術コンサルタント株式会社 正会員 岸田展明
山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士正人

1. はじめに

山岳トンネルの施工では、施工時に切羽安定性の向上を目指し、切羽状況に合わせて補助工法の採用が行われている。しかし、現実の補助工法の選定にあたっては明確な選定基準は乏しく、トンネル技術者の経験的判断にゆだねられている¹⁾。そのため、経験の浅い発注者側の技術者であっても補助工法の選定を行わなければならない場合もある。

この状況をサポートするため、切羽観察記録と採用された切羽補助工法との関係を統計解析し、切羽観察結果から補助工法の採用確率を提供する選定システムが提案されている¹⁾。しかし、その精度に関しては若干の問題点が指摘されていた。そこで、本研究ではさらなる精度向上を目指し、Support Vector Machine(以下、“SVM”と略称する)と呼ばれる学習システムを適用し、これまでの切羽観察記録の評価点から精度よい補助工法の採用選定を行うシステムの開発を行った。

2. 補助工法²⁾

補助工法とは、通常の地山区分における支保に追加して、トンネル施工時に何らかの対策を講じなければ切羽の安定が保てず、安全に掘削できない場合などに、採用される補助的または特殊な工法である。

本研究では切羽安定対策の補助工法として最も採用頻度の高い、鏡吹付けコンクリート(以下“鏡吹付け”と略称する)と、コストは高いがその効果は高いと言われているフォアポーリング(以下“FP”と略称する)を対象とした。

鏡吹付けは、掘削直後の鏡面に厚さ 3~10cm 程度コンクリート吹付けを実施する工法で、広く適用されている。FP は、掘削に先立ち切羽面から上半アーチ外周に長さ 5m 未満の鋼棒等を斜め前方に施工する工法である。天端の崩落や崩壊対策として適用され、特に不良地山に対する切羽天端の安定対策で適用されることが多い。

3. SVM

3. 1. SVM とは

SVM とは 1960 年代に Vapnik らにより提案された 2 クラスのパターン認識手法である。SVM は訓練サンプルの中央を通る識別平面を学習により求めることで、高い汎化性能を有しているとされる。

3. 2. SVM の種類

本研究では、特徴とラベル(正解)ありデータで学習を行う InductiveSVM(以下“ISVM”と略称する)と、さらに、ラベルなしデータを加えたデータで学習を行う TransductiveSVM(以下“TSVM”と略称する)を併用した。

3. 3. システムの流れ

本システムは図-1 に示すように、SVM に切羽評価点と切羽補助工法の採用状況を学習させ、学習後の SVM に切羽評価点を入力することで、切羽補助工法の採用判定を行うものである。

切羽評価点は主に支保パターンの選定に用いられる。その項目は、表-1 と図-2 の組み合わせで計 18 項目あり、これらを SVM の入力特徴量とした。

4. 現場データ適用による検討

本研究では ISVM で一度学習し、学習用データと同様のテストデータを識別し、正解したデータをラベルありデータ、不正解データをラベルなしデータ



図-1 システムの流れ

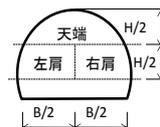


図-2 切羽の評価区分

表-1 切羽観察項目一覧

観察項目	内容
圧縮強度	岩石の硬さ
風化変質	風化や変質の程度
割目間隔	割れ目の間隔、RGD
割目状態	状態ならびに狭在物の有無と性状
湧水量	湧水の位置と量
劣化	水による岩石の劣化の程度

として TSVM による識別を行った。そして、既往の研究における採用確率と比較し検討した。

4. 1. 学習用データの切羽観察記録

本研究では、1997年から2002年に旧日本道路公団により施工された道路トンネルのなかで切羽観察記録が収録された152本のトンネルの切羽観察記録27,147データを学習用データ³⁾とした。

4. 2. テストデータの切羽観察記録

SVMの有用性検討のために、中硬質・軟質岩の地山で施工されたAトンネルと、硬質岩の地山で施工されたBトンネルの切羽観察記録を用いた。これらは、山口県が施工した道路トンネルで、学習用データとは全く異なるトンネルである。

4. 3. 既往研究との比較

既往の研究の採用確率¹⁾を、50%以上で補助工法採用、50%未満で不採用と仮定し、採用確率とSVMの結果を、式(1)より得られる識別率として比較した。また、より詳細を検討するために、全データ、採用のみ、不採用のみの3パターンで識別率を算出した。

$$\text{識別率(\%)} = \frac{\text{正しく識別できたデータ数}}{\text{切羽観察記録データ数}} \times 100 \quad (1)$$

(a) 鏡吹付けコンクリート

図-3より、(1)、(2)共に、SVMは不採用の状況はよく識別でき高い識別率となっている。しかし、採用の状況はうまく識別できていない。これは、鏡吹付けが、トンネル工事現場の考え方により、地山状態に関わらず実施されることが多いために、SVMの欠点であるノイズとなり、結果として採用・不採用で識別率が大きく異なると考えられる。

(b) フォアポーリング

FPは天端の安定対策であることから、図-2に示した評価区分のうち天端部のみ評価点を2倍にすることで、より天端の特徴をとらえられるようにして、SVMでの学習を行った。

図-4の(1)から、SVMは採用・不採用どちらもよく識別できていることが分かる。図-4の(2)では、SVMは採用確率より全体的に高い識別率を示している。FPは必要な場合のみ使用されるため、採用状況と切羽評価点の関わりにノイズが少なくSVMの適正が高いと考えられる。

5. 結論

鏡吹付けのようにノイズの多い場合は、正しく識別することは難しいが、FPのようなノイズが少ないと考えられる場合は、SVMが高い識別性能を示した。しかし、Bトンネルの採用状況のように、実際の採用状況を再現しきれていない部分がある。そのため、識別率を向上させるために切羽評価点以外に、切羽観察記録表にある、土被りや、坑口からの距離なども特徴として考慮することを今後検討していきたい。

参考文献

- 1) 長野康彦, 清水弘史, 進士正人: トンネル補助工法選定支援システムのインターネット化とその適用, 平成21年土木学会中国支部学術講演会概要集, III-4, 2009.5
- 2) 社団法人地盤工学会: 地盤工学実務シリーズ24 山岳トンネル工法の調査・察径から施工まで, pp.127~129, 131~132, 138~139, 2007.7.
- 3) 榎田敦之, 関茂和, 進士正人, 中川浩二: 切羽観察結果に基づく鏡吹付けコンクリート工の採用特性, 土木学会トンネル工学報告集「報告I-15」第14巻, pp.95-100, 2004.11.

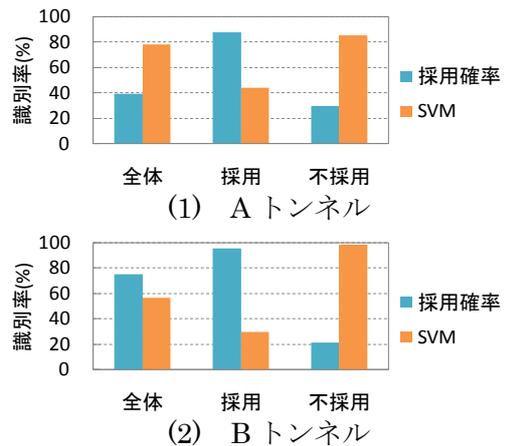


図-3 鏡吹付けコンクリート識別結果

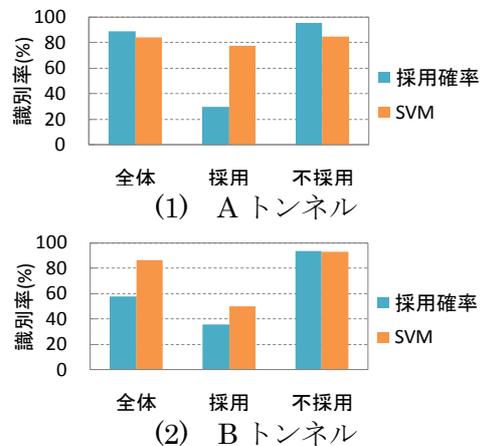


図-4 フォアポーリング識別結果

キーワード SVM 切羽評価点 補助工法 切羽観察記録 鏡吹付けコンクリート フォアポーリング
 連絡先 〒755-9611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 TEL 0836-85-9335