

SVM を用いた山岳トンネルにおける切羽補助工法選定システム

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 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にあたり、安全にかつ周辺環境への影響を考慮して、補助工法が用いられることは少なくない。しかも、現場条件に基づいて最も効果的で経済的な補助工法を選定する必要がある。しかし、実際には補助工法を選定に関する明確な選定基準はなく、補助工法を選定や採用は、トンネル技術者の経験的判断に大きくゆだねられる¹⁾。その上、経験の浅い技術者がトンネルの補助工法を選定を行わなければならない場合もある。

そのため、既往研究では切羽観察記録と切羽補助工法の採用状況を基に、補助工法の採用確率算定式が提案されているが、その精度は高くないのが現状である。そこで、本研究ではさらなる精度向上を目的とし 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と補助工法の採用状況を学習させ、切羽観察記録の評価点から補助工法の採用の判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、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、その対策工として採用される補助的または特殊な工法である。

本研究では切羽の安定対策の補助工法として最もよく用いられる、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。

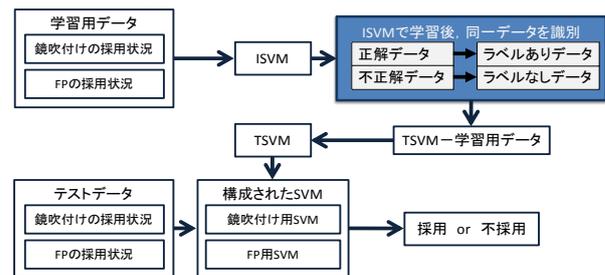


図-1 システムの流れ



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、RQD
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

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うち切羽観察記録表が用いられた 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を、50%以上で補助工法採用、50%未満で不採用ととらえ、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 は不採用の状況をよく識別でき高い識別率となっているが、採用の状況はうまく識別できていないことが分かる。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係にノイズが少なく 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データに関して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データは、SVM が高い識別性能を示した。しかし、B トンネルの採用の状況のように、実際の採用状況を再現しきれていない部分もある。今後の課題として、識別率を向上させるために切羽評価点だけでなく、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与えることを今後検討していきたい。

参考文献

- 1) 長野康彦：トンネル切羽観察記録に基づく補助工法採用支援システムの開発と適用，平成 22 年山口大学修士論文，pp.1.2,2010.3.
- 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.

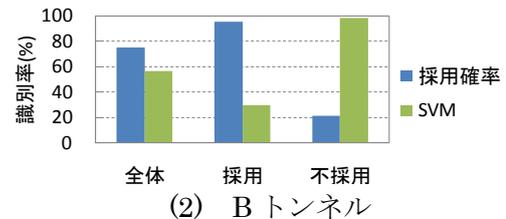
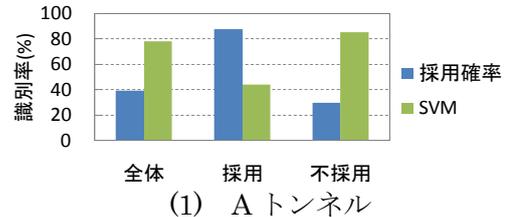


図-3 鏡吹付けコンクリート識別結果

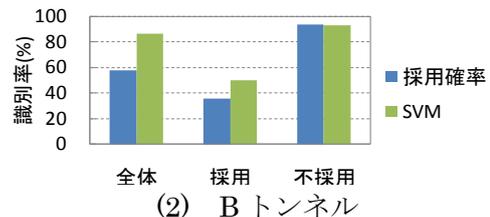
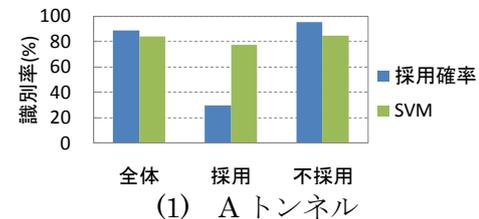


図-4 フォアポーリング識別結果