

Support Vector Machine を用いたトンネル切羽評価システムの再検討

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○平拓洋
山口大学大学院理工学研究科 学生会員 丸山健太
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

現在、山岳トンネル工法で施工される道路トンネルの支保パターンの選定には切羽評価点が利用されている。切羽評価点とは、トンネル施工で対象とする岩盤を大きく4種類にグループ化した上で、切羽観察記録の中で岩盤の圧縮強度、風化変質、割目間隔、割目状態の4つの観察項目の評価区分に対して、グループ別に点数加算したものである。この評価方法は既往研究¹⁾において考案され、すでに約15年が経過した。しかし、切羽評価点の設定方法および配点間隔等に対する妥当性はいまだ検証されていない。

本研究では Support Vector Machine（以下、“SVM”と略称する）を用いて既往研究と同じデータベースを分析し、切羽評価点の配点間隔について妥当性を再検討する。

2. 既往研究

既往研究において、切羽評価に用いる評価区分とは、観察項目ごとに切羽状態を観察し、数値化したものである。

一般に、評価区分の数値は大きくなるほど地山状態が悪い状態を表している。従って、既往研究では切羽評価点の算出のため、図-1のように、観察項目ごとに線形回帰分析を行い、回帰直線の傾きが大きいほど切羽評価に対し影響の強い観察項目と想定し、それぞれの傾きの合計が100%となるように重みを算出して、観察項目の比率を求めた。

そして、求めた比率から評価区分1の切羽評価点を設定し、その上で観察項目ごとに評価区分数で等間隔に配点を行った。さらに、各支保パターンにおいて基準となる切羽評価点の分布範囲を設定した。表-1に岩石グループ1に対する切羽評価点の例を示す。

3. SVM

SVMとは、1960年代にVapnikらにより提案された非線形解析手法である。一般にSVMは2つのクラスを識別するために学習を行い、識別の基準となる多次元の識別平面を求めることで、学習に使用しないデータに対しても高い汎化能力を有する²⁾。本研究では、SVMで学習に用いるデータを「学習データ」、SVMで求めた識別平面に入力し評価を行うデータを「検討データ」とする。

4. 切羽評価点の検討

4.1 使用データについて

本研究では、既往研究で用いられた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中から、4つの岩石グループについてまとめられた23,156データセットの切羽観察記録を使用する。

SVMは、クラスと呼ばれるデータを分類するための基準が必要なため、まず支保パターンを切羽評価点の高い、すなわちB～CIIまでのクラスと、切羽評価点の低いDI～DIIのクラスに分ける。

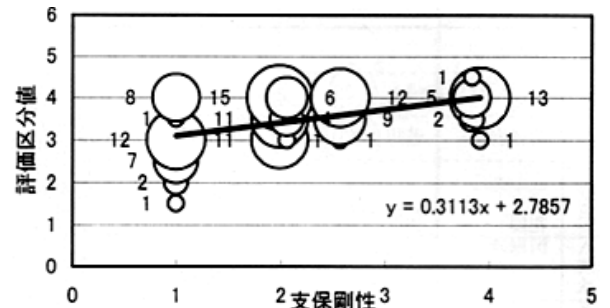


図-1 支保剛性と評価区分値の関係

表-1 既往研究における切羽評価点の一例

岩石グループ	観察項目	回帰直線の傾き	比率(%)	最高点	評価区分					
					1	2	3	4	5	6
1	圧縮強度	0.752	39.7	40	40	32	24	16	8	0
	風化変質	0.345	18.2	18	18	12	6	0		
	割目間隔	0.311	16.4	16	16	12	8	4	0	
	割目状態	0.487	25.7	26	26	19	13	6	0	
1	合計値	1.895	100.0	100						

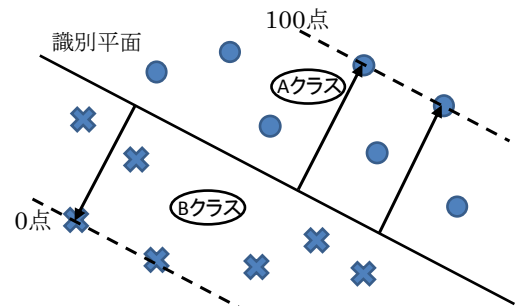


図-2 SVMの概略図

SVM の解析結果に基づき切羽評価点を算出するため、使用データの識別平面からの距離を計算し、図-2 に示すように、識別平面を境にそれぞれ最も遠いデータを 0 点、100 点と設定し、設定した距離と、算出した 0 点からの距離の比を用いて切羽評価点に換算する。

4. 2 切羽評価点の配点の検討

先にも述べたように、既往研究での配点の検討は、各観察項目に対して、評価区分 1 の点数に基づき等間隔と設定している。そこで本研究では図-3 に示すように現在適用されている等間隔な配点の他に、3 パターンについて検討を行う。すなわち case1 では評価区分と切羽評価点の関係が下に凸となるように、case2 では評価区分と切羽評価点の関係が上に凸となるようにそれぞれ設定した。それに加え、case3 は各評価区分で支保パターンの採用頻度を調べ、採用頻度が最も多い評価区分ごとを短絡線で結ぶように、切羽評価点の配点を設定した。

検討方法は、SVM から得られた結果を切羽評価点に変換し、支保パターンごとに切羽評価点を求め、平均値と標準偏差を算出しそれぞれの配点の比較をした。図-4 に支保パターンごとに平均と標準偏差をまとめた。

4. 3 検討の結果

図-4 より、case1 および case2 の結果より、各評価区分の平均±標準偏差を表す範囲は、一定ではないことがわかる。このことから、支保パターンごとに得られた切羽評価点の結果には、ばらつきが生じていると考えられる。

次に、現行の配点および case3 の結果では、支保パターンが B から D II に向かうほど、一定の割合で切羽評価点の平均が低下することがわかる。検討の結果、case3 の方が現行の配点よりも、支保パターン全体で取り得る切羽評価点の範囲が広がるため、より正確な切羽評価につながると考えられる。従って、岩石グループ 1 の切羽評価点の配点は、case3 に変更をした方が良いと判断できる。

次に、図-5 に示す岩石グループ 4 の検討結果をみると、case1 および case2 の結果は岩石グループ 1 と同様である。現行の配点と case3 では違いが見られない。従って、現行の評価法の配点のままで良いと考えられる。また、残りの岩石グループ 2, 3 についても、岩石グループ 4 と同様の結果であった。

5. まとめ・今後

切羽評価点の検討の結果、岩石グループ 1 については、配点を図-3 に示す case3 に変更する方が良いと考える。しかし、残りの 3 つの岩石グループについては、現在適用されている配点のままで良いと考える。本研究で用いた切羽観察記録は、2002 年以前に記録されたデータである。そこで、今後は最新の切羽観察記録に検討した配点を適用させ、本研究で設定した切羽評価点の配点の適用が妥当であるかを検討していきたい。

参考文献

- 1) 赤木渉, 佐野理, 進士正人, 西琢郎, 中川浩二: 山岳トンネル施工支援のための切羽観察評価法の適用性に関する研究, 土木学会論文集 NO. 686/VI-52, 121-134, 2001.9
- 2) 小野田崇: 知の科学 サポートベクターマシン, オーム社, pp. 35, 平成 19 年。

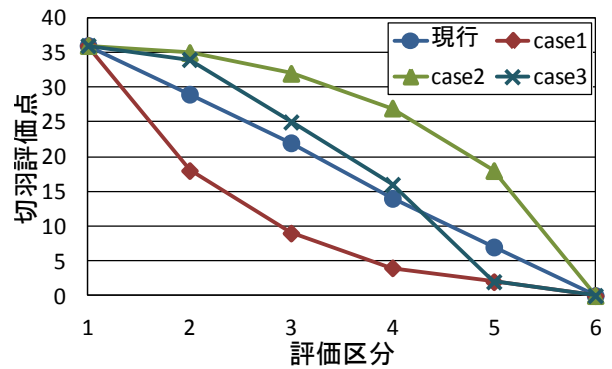


図-3 岩石グループ 1・圧縮強度の配点パターン

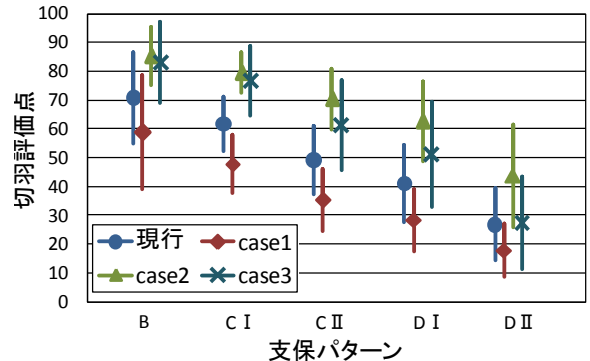


図-4 岩石グループ 1 の検討結果

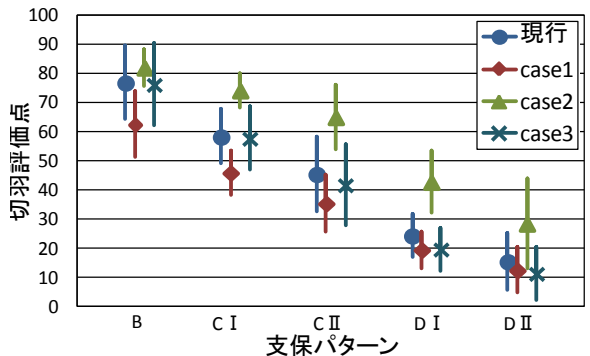


図-5 岩石グループ 4 の検討結果