

## SVM を用いたトンネル覆工健全度評価の高精度化に向けた研究

西日本技術開発㈱ 正会員 ○円田 竜太  
 山口県 正会員 安村 成史  
 山口大学 フェロー会員 古川 浩平

西日本技術開発㈱ 正会員 大石 博之  
 山口大学 正会員 進士 正人

### 1. 目的

現在、既設トンネルには、劣化の進行から多くの損傷箇所がみられる状況にあり、保全のための対応が必須となっている。とりわけ現況の健全度評価を行うことは、効率的な維持管理を行う上で重要な課題である。そのような中で表-1 に示すような「トンネル覆工面観察データシート」(以下、従来点検シート)を用いて維持管理を行っていることが多い。本研究では、この点検シートの評点の設定に SVM を導入することにより、客観的かつ高精度な健全度評価が可能な点検シートを作成することを目的とした。

### 2. 評価方法の問題点

まず、点検シートによる点検を行い、対策の必要度を評価している(表-1)。さらに、点検後に専門技術者が対策の必要性を評価(以下、技術者判断)する調査が平行して実施され(表-2)、両者の評価結果を総合的に判断して維持・管理が行われている。しかしながら、図-1 に示すように、点検シートによる評価点合計と技術者判断による評価結果との間には明瞭な相関があるとはいえない例があることが判明した。

### 3. 新点検シートの作成方法

#### 3.1 点検シート作成方法の基本概念

本研究では、過去の点検結果と評価実績のデータを反映した点検シートを作成するため、SVM の学習分析結果を反映させることを考案した。SVM とは Vapnik らによって提案された手法で、現在最も強力なパターン分類手法として注目されている。SVM の概念をトンネルの対策要否度評価に応用すると、図-2 に示すようになる。点検結果と対策の有無のデータを学習することにより、対策の要否を分ける分離超平面を構築し、この分離超平面からの距離  $f(x)$  により対策要否度を算定する。本研究では、この SVM の概念を用いて、点検シートの評点を設定していく手法を提案する。

#### 3.2 点検シート作成の手順

まず、対策要否の判定基準となる分離超平面を構築するための分析を行う。要因データには従来点検シートの全項目(表-1)を、また学習のための教師値には表-2 に示した技術者判断の結果を用いた。ここで、より精度の高い対策要否判定基準を設定するためには、対策要否の判定に相関の高い要因(以

表-1 従来点検シート(一部抜粋)

観察項目	算出結果の評価	画像目視の結果	評価点
A 最大ひび割れ幅	ひび割れなし	なし	0
	最大1mm程度がある	細め	1
	最大2mm程度がある	中程度	3
	最大3mm程度がある	太め	5
	最大4mm程度以上	非常に太め	7
F 遊離石灰	遊離石灰なし		0
	遊離石灰少ない		3
	遊離石灰中程度(散在)		7
	遊離石灰多い(全体に分布)		10
G 漏水	漏水なし		0
	漏水あり		5

表-2 技術者判断による5段階評価

3A	対策が緊急に必要
2A	対策が早急に必要
A	重点的な点検が必要
B	定期的な監視が必要
空欄	健全

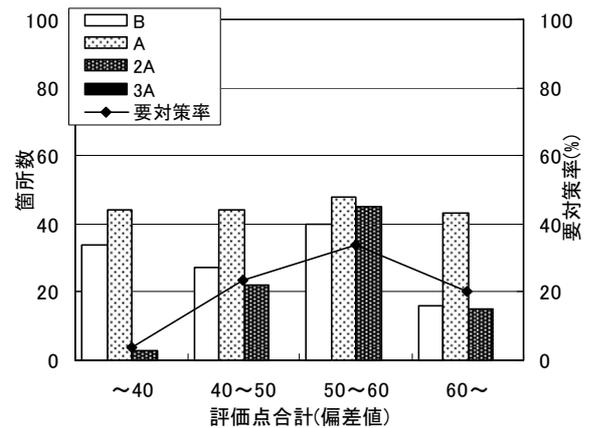


図-1 従来点検シートによる評点と技術者判断との関係

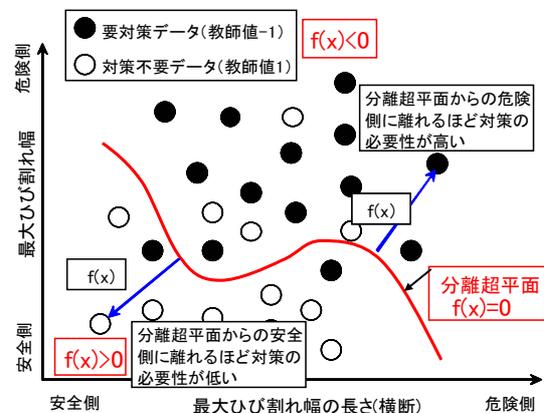


図-2 SVM イメージ図

キーワード SVM, 健全度評価, 構造物, 維持管理, 点検シート

連絡先 〒810-0004 福岡市中央区渡辺通 1-1-1 西日本技術開発株式会社 施設開発部 TEL092-781-1239

下、重要要因)のみでデータを構成して分析を行うことが有効と考えられる。そこで、感度解析を実施し重要要因の抽出を行った。さらに、この重要要因を用いて、基準となる分離超平面を求める学習分析を行った。次に、各要因データと対策必要度との関係についての分析を行い、各要因のデータについて全てカテゴリ化を施した上で、平均  $f(x)$  値の算出を行った。この平均  $f(x)$  値は、対象となる点検箇所がそのカテゴリランクに評価された時にどの程度の対策必要度となり得るかを示すものと考え、これをデータシートにおける評点の素点として採用した。さらに、各要因の持つ重みを素点に加味することで一層精度の高い判定ができるものと考え、各要因の重みは、先に行った感度解析における精度の変化量を利用することとし、これを重要度 I と定義した。これまでに導かれた平均  $f(x)$  値と重要度 I を用いて、新点検シートの作成を行なった。

4. 実データによる新点検シートの作成

4. 1 使用データ

本研究では、山口県内のトンネル点検データベースより、点検シートによる結果と技術者判断による評価結果の双方が入手できた A~F の 6 地点のデータと、点検シートによる結果しか入手できなかった G 地点のデータ、計 7 地点のデータを使用した。

4. 2 新点検シートの設定結果

3. 2 で示した手順により完成した新点検シートを表-3 に、これを A~D 地点のデータに適用した結果を図-3 に示す。図-3 によれば、新点検シートによる点検データの評価点合計と技術者判断の相関は、同じデータを従来点検シートで評価した結果(図-1)と比較して向上できていることが確認できた。また、この新点検シートを E~F 地点に適用したところ、同様に評価点合計と技術者判断に高い相関が確保できることが認められた。

4. 3 新点検シートと地形・地質図との関係

新点検シートが、地形・地質状況と関係しているかを判断するため、G 地点の設計時における地質想定断面図と各点検位置での評価点合計との関係を確認した。その結果を図-4 に示す。谷地形となった箇所や断層と推定される箇所、点数が高くなっており、新点検シートは、地形地質状況もよく捉えていることがわかった。

5. 結論

以上より、SVM の学習結果を利用して評点設定を行った新点検シートは、従来点検シートに比較して高精度かつ汎用性の高いものであることが明らかとなった。また、SVM という数理的手法を利用することにより、高い再現性・客観性も確保できたものといえる。さらに、地形状況や地質状況をも、高精度に捉えていることがわかった。

謝辞 データに関しては国土交通省中国地方整備局山口河川国道事務所から提供を受けた。深甚なる謝意を表する。

表-3 新点検シート

観察項目	算出結果の評価	評価点
A 最大ひび割れ幅	ひび割れなし	0
	0~0.5mm以下	2
	0.5~1.0mm以下	4
	1.0~1.5mm以下	6
	1.5mm~	7
B 最大ひび割れ幅の長さ(連続している箇所)	ひび割れなし	0
	横断 2/10アーチ以下	5
	2/10~4/10アーチ以下	9
	4/10~6/10アーチ以下	14
	6/10アーチ~	19
	縦断 ひび割れなし	0
	2/10スパン以下	1
	2/10~4/10スパン以下	3
	4/10~6/10スパン以下	4
	6/10スパン~	6
C 方向性	ひび割れなし	0
	67.5°~90°以下	6
	22.5°~67.5°以下	12
	0°~22.5°以下	18
D ひび割れの分布	ひび割れなし	0
	密度「5cm/m <sup>2</sup> 以下」	4
	密度「5~10cm/m <sup>2</sup> 」	8
	密度「10cm/m <sup>2</sup> 以上」	12
E ひび割れパターン	交差	0
	差分	1
	分岐	2
	3以上	2
		2
F 遊離石灰	遊離石灰なし	0
	遊離石灰あり	1
評価点の合計		

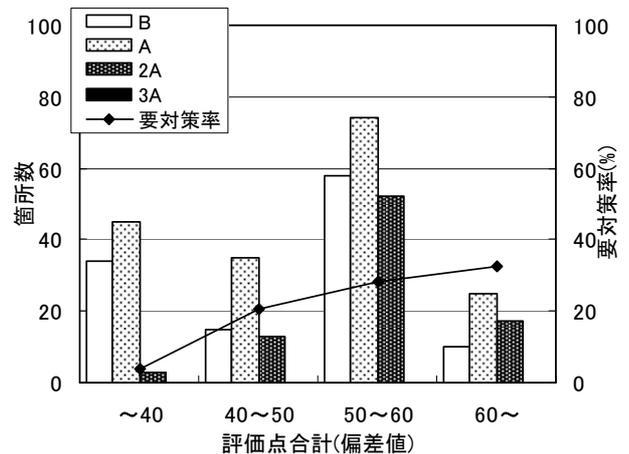


図-3 新点検シートによる評点と技術者判断との関係

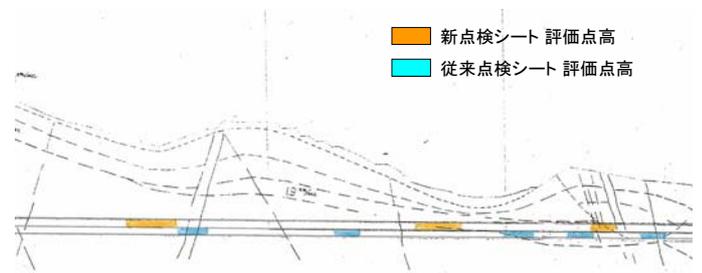


図-4 点検シートの違いによる地形・地質状況の関係(地質想定断面図より)