

SVMを用いた下水道管渠の適正管理に関する研究

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○江頭勲 山口大学大学院理工学研究科 正会員 松本幸太郎
西日本技術開発株式会社 正会員 円田竜太 山口大学大学院理工学研究科 フェロー会員 古川浩平

1. はじめに

現在、下水道管渠の老朽化等に起因する道路陥没は年々増加し、平成17年度には全国約6,600箇所が発生しており、その6割は人身事故につながる可能性のある重大な陥没である。今後耐用年数を越える老朽管渠が急増することから、そのまま放置すれば道路陥没も増加する可能性が高い。それゆえ、下水道管渠を社会資本として適正に機能させ、また他に支障を及ぼさないよう保持するには、老朽度、重要度から判断した緊急性の高い管渠を選定し、適正な改築・維持管理計画をする必要がある。

現在、技術者の判断による評点式のデータシートを用いる事で、簡便で定量的な評価が行われている。しかし、これは評点配分において技術者の主観が入り、設定根拠が不明確であるという課題を残している。

この問題を解決するため、本研究では、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サポートベクターマシン(Support Vector Machine: 以下SVMと表記)を利用することで、定量的な老朽度評価の確立を目指し、客観的且つ高精度なデータシートの作成に取り組んだ。

2. 使用データ

本研究に使用するデータは、全国的に見ても下水道管渠の老朽化が問題となっている地域を対象とし、その地域の下水道台帳を使用した。学習データとして、道路陥没事故の多いA地区(管渠2,456箇所)を用い、データシートの汎用性を検証する地区としてB地区(管渠2,216箇所)とC地区(管渠2,832箇所)を用いた。

3. SVMの概要

SVMとは1992年にVapnikらによって提案された手法である。SVMでは、あるパターン分類問題が線形分離不可能な場合、ある非線形写像によって、線形分離可能な高次元特徴空間にマッピングを行う。ここで、線形分離可能な状態とし、最適な分離超平面を求めることができる。この基本的な考え方を概念図として図-1に示す。

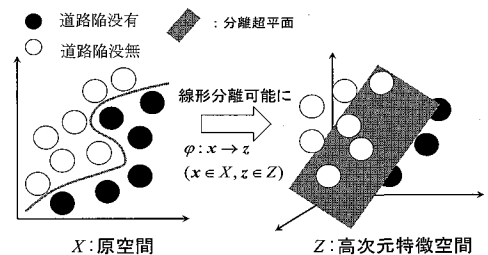


図-1 SVMの基本概念的な説明

表-1 パラメータの設定条件

	パラメータ設定条件
①	発生・非発生的中率が95%以上
②	①を満たす中で最小のC

表-2 発生的中率

		C			
		10	100	500	1000
R	1	58.70	95.65	97.83	100.00
	2	8.70	52.17	76.09	82.61
	3	2.17	10.87	41.30	52.17
	4	0.00	8.70	13.04	28.26
	5	0.00	2.17	10.87	10.87

4. SVMのパラメータ検討

SVMで分離超平面を構築し、距離 $f(x)$ を求める際に必要となるパラメータはC(異常値の許容範囲)とR(ガウス関数の半径)である。その際、表-1に示す条件に合うCとRの組み合わせを分離超平面構築のパラメータとして採用することにした。Cを10, 100, 500, 1000, Rを1~5(1刻み)で検証し、それぞれにおいて発生的中率、非発生的中率を算出した。表-2に発生的中率を示す。非発生的中率は全てのパラメータで100%となった。この結果のうち、表-1の条件を満たすパラメータとしてC=100, R=1を採用した。

5. 新データシートの作成

5.1 重要要因の抽出

全要因を用いた分析よりも、道路陥没の危険性に関わる要因のみを抽出した上で分析を行うほうが、高精度化するものと考えられる。そこで、感度解析により、全12要因のうち道路陥没の危険性に対する影響が大きい要因(重要要因)と、影響が無い要因(重要でない要因)の分離を行い、重要要因の抽出を行った。その解析手順を図-2に示す。

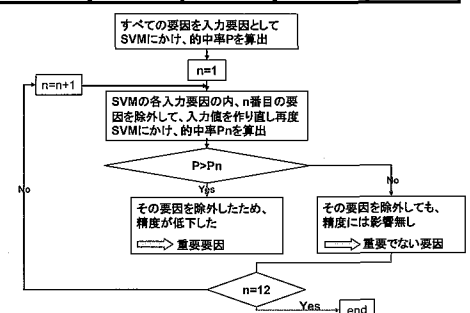


図-2 重要要因抽出フロー

また、表-3 に重要要因の抽出結果を示す。表の点線枠で囲っている要因が重要要因、囲っていない要因が重要でない要因である。この結果より、浸入水を重要でない要因と判定し、浸入水以外の 11 要因を重要要因とみなした。

5.2 各要因の重要度&カテゴリ毎の平均 f(x) の算出

次に、各要因の重要度の設定を行った。これは、重要な要因ほど大きな配点を行うことを目的に、重要度の値を評点の重みとして利用するためである。

設定方法として、表-3 に示す重要要因抽出時の結果を用いた。重要度は以下の式で求めた。

$$\text{重要度} = \frac{\text{全要因を用いた時の的中率} - 1}{\text{要因を除外した時の的中率}}$$

次に、各要因のカテゴリ毎の平均 f(x) の算出を行った。まず、データシートの素点を危険な箇所ほど値が大きくなるようにするため、f(x) 値を変換し、変換後の f(x) を F(x) と設定した。ここで求められた平均 F(x) の値を、データシートの素点として利用することとした。

5.3 老朽度点の算出・新データシートの完成と検証

5.2 で算出した各要因のカテゴリ毎の平均 F(x) と各要因の重要度を基に新老朽度点を算出した。

新老朽度点は各要因のカテゴリ毎の平均 F(x) と重要度の積×10 とし算出し、データシートを作成した。表-4 に完成した新データシートの一部を示す。

最後に、本研究で作成した新データシートによる評価と、従来の技術者判断による評価を比較し、新データシートの妥当性の検証を行った。図-3 に従来の技術者判断による評価を、図-4 に新データシートによる評価を示す。

従来の技術者判断による評価は、表-5 に示すように評点により 3 つに区分され、10 点以上を A ランク、5 点以上 10 点未満を B ランク、5 点未満を C ランクとして評価している。なおここでは、新データシートとの比較を見るため、評点を偏差値化して比較を行っている。

図のように、発生率に着目し、新データシートによる評価と技術者判断による評価の相関を見ると、新データシートの方が従来の技術者判断による評価よりも高い精度を示しており、本研究によって作成されたデータシートの方が道路陥没の危険性を高い精度で分離できていることが示された。

表-3 重要要因抽出結果

	的中件数	全的中率(%)
全12要因	2454/2456	99.92
変形クラック	2447/2456	99.63
目地不良	2450/2456	99.76
侵食	2453/2456	99.88
土被り	2441/2456	99.39
人孔中心間距離	2442/2456	99.43
勾配	2449/2456	99.71
管径	2453/2456	99.88
勾配不良	2449/2456	99.71
経過年数	2445/2456	99.55
管渠材質	2453/2456	99.88
埋設位置	2453/2456	99.88
浸入水	2454/2456	99.92

表-4 新データシート (抜粋)

要因	カテゴリ	カテゴリ区分の説明	F(x)の平均値	重要度	老朽度点	老朽度点(近似的)
変形クラック	1	なし	3.59	0.29	10.41	10.03
	2	10%以下	3.34		9.69	10.38
	3	10%超20%未満	3.78		10.85	10.72
	4	20%以上	3.84		11.14	11.07
目地不良	1	なし	3.55	0.16	5.69	5.69
	2	ズレ部少々	3.57		5.71	5.73
	3	ズレ部かなり	3.61		5.78	5.80
	4	ズレ部と目地に穴	3.69		5.89	5.88
侵食	1	なし	3.55	0.04	1.42	1.45
	2	多少あり	3.91		1.58	1.51
	3	あり	3.85		1.54	1.56
	4	著しい	4.00		1.60	1.61

表-5 既存の老朽度評価方法

老朽度ランク名	評点区分	ランク
敷設替の必要がある(優先度高い)	10~	A
敷設替の必要がある(Aより優先度低い)	5~10	B
敷設替の必要無し	0~5	C

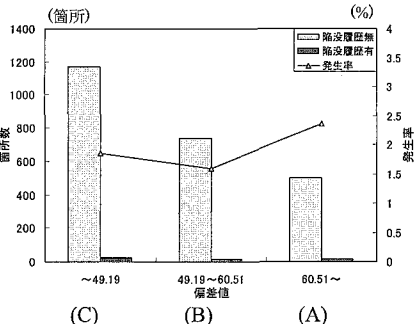


図-3 従来の技術者判断による評価

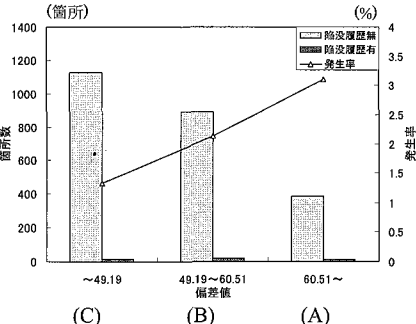


図-4 新データシートによる評価

6 結論

本研究では、SVM という数理的な手法を用いて、客観的で高精度な下水道管渠の老朽度評価の検討を行ってきた。本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

SVM を利用することで、過去の道路陥没履歴を的確に反映させることができた。また、SVM の学習結果を用いて重要要因を選定し、新しい評価基準を設定した結果、従来の技術者判断による評価よりも高精度な老朽度評価を確立することができた。また、今後取り組むべき課題を以下に示す。

今回は、データシート作成時に生じる矛盾を解消する方法の 1 つとして、線形による近似化を行ったが、全ての要因に対して解消できていないため、別の方法についても検討する必要がある。また、SVM で構築した判別境界面の汎用性を数多くの地域で確認することも課題の 1 つである。