

SVM とラフ集合を用いた下水道管渠の維持管理に関する基礎的研究

大阪産業大学 学生会員 ○江守良介
山口大学 フェロー会員 古川浩平

大阪産業大学 正会員 飯田 毅
大日本コンサルタント株式会社 正会員 篠崎嗣浩

1. はじめに

大阪市の下水道管渠は、総延長 5,000km、下水道普及率ほぼ 100%である^{1,2)}。しかしながら、標準耐用年数 50 年を経過している老朽管渠の延長は約 1,100km で全体の 20%以上を占め、今後高度経済成長期に敷設された管渠が耐用年数を迎えることから、老朽化等に起因する道路陥没は年々増加し、現在は年間約 350 件程度発生している³⁾。都市内に張り巡らされた下水道管渠破損の弊害として、下水の収集・排除に支障をきたすだけでなく、道路陥没により交通障害を起こす恐れがあるなど、社会的影響は大きいと考えられる。

そこで本研究では、大阪市で蓄積された下水道管渠データや老朽度調査結果を基に、多くの要因を考慮した非線形分離が可能な SVM(Support Vector Machine)と大量のデータから法則やルールを発見するために有効なラフ集合論を用いて、道路陥没に関わる複合的な発生原因の解明を試みるとともに陥没発生条件からみた下水道管渠の効率的な調査法について提案する。

2. 地区と道路陥没

道路陥没発生率が高い上位 3 地区は淀川区、北区、中央区であり、陥没件数は大阪市下全域の約 40%を占めている。原因として、これら 3 地区は昼間人口が多く、経済活動が活発で交通量も多いことによると推測される。本研究においては、これら 3 地区を主体に検討を行った。

3. SVM による道路陥没特性の評価

(1) 中央区、北区、淀川区について

各地区のデータを無作為に 2 つに分け、SVM のみにより一方のデータで分離面を作成し、その分離面をもう一方のデータに適用させることで道路陥没を評価した。評価方法として、SVM では作成した分離面から各データの距離が算出でき、この距離 $f(x)$ 値が「-」なら道路陥没の可能性が含まれる管渠（危険）、「+」なら道路陥没の可能性が低い管渠（安全）であると判定できる。一方のデータで作成した分離面を、同一地区内のもう一方のデータに適用した結果を表 1 に示す。表 1a) より、中央区のデータで SVM のみを使用し道路陥没特性を評価した場合、①発生 14 データ (=3+11) のうち、3 データは道路陥没の可能性が含まれる（危険）と評価され、ある程度道路陥没を評価している。②北区、淀川区についても中央区と同様の傾向がみられた。

(2) 従来評価法との比較

SVM を使用した各地区での道路陥没評価結果と従来評価法（老朽度評価）とを比較する。比較方法として、従来の下水道管渠評価は「敷設替えの必要あり」、「敷設替えの必要なし」のように各管渠に対して評価しているため、SVM での評価は、分離面からの距離 $f(x)$ が「-」（危険）を「敷設替えの必要あり」、分離面からの距離 $f(x)$ が「+」（安全）を「敷設替えの必要なし」とし、それぞれのデータ数と陥没データ数の比より算出した道路陥没発生率で比較する。中央区を例として、従来評価法との比較結果を横軸に敷設替えの必要性、縦軸に道路陥没発生率として図 1 に示す。

表 1 SVM 使用での各地区毎の陥没評価

a) 中央区		発生データ	非発生データ
$f(x)$ 「-」 (危険)		3	14
$f(x)$ 「+」 (安全)		11	437
b) 北区		発生データ	非発生データ
$f(x)$ 「-」 (危険)		2	16
$f(x)$ 「+」 (安全)		17	1014
c) 淀川区		発生データ	非発生データ
$f(x)$ 「-」 (危険)		3	40
$f(x)$ 「+」 (安全)		34	650

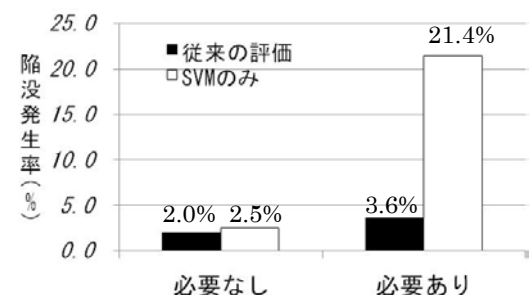


図 1 従来評価との比較結果

キーワード：SVM, ラフ集合, 下水道管渠, 維持管理,

連絡先 : 〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3 丁目 1 番 1 号 大阪産業大学 都市創造工学科 TEL. 072-875-3001

図 1 より、敷設替えの必要なし（安全）では従来評価法、SVM のみでの評価とも道路陥没発生率が約 2.5%と低く同程度であるが、敷設替えの必要あり（危険）では、SVM のみで評価した道路陥没発生率は約 21%と従来評価法（約 3%）よりも高くなった．このことより、従来評価法より SVM を使用した評価の方がより良く道路陥没を予測できるといえる．なお、北区、淀川区についても中央区と同様の傾向が得られた．

4. SVM とラフ集合を組合せた道路陥没ルールの作成

SVM のみを使用して各地区に対し道路陥没発生・非発生 の分離面を作成し、算出された $f(x)$ 値（分離面から各データの距離）を基に、陥没発生・非発生について特徴的なデータを抽出し、ラフ集合にて陥没発生・非発生ルールを作成した．ラフ集合によるルール抽出では特徴データに対し、①すべて非発生データであれば、非発生ルールとして抽出し、②発生ルールに関しては、発生データが含まれる領域とし、適合するデータ数と適合する発生データ数の比率が大きいものから抽出した．上記の方法で中央区、北区、淀川区についてそれぞれ道路陥没ルールを作成したが、ここでは中央区を例として作成結果について述べる．

(1) ルール適合結果

中央区の特徴データで作成したルールの全データへの適合した結果を表 2 に示す．なお、中央区のデータ数は 901（発生：24，非発生：877）である．表 2 より、①適合データ数累計が 901 であることから、中央区のすべてのデータはいずれかのルールに適合している．②発生・非発生ルールを個別にみると、非発生ルールには非発生データのみが適合しており、全非発生データ 877 件のうち約 50%（=481/877）を占め、発生ルールにはすべての発生データ（24 件）が含まれる．

表 2 ルール適合結果（中央区）

ルールの種類 (ルール数)	非発生データ数	発生データ数	適合データ数
非発生ルール (8)	481	0	481
発生ルール (6)	396	24	420
累計 (14)	877	24	901

(2) 下水道管渠調査方法の提案

中央区で作成したルールより、道路陥没発生条件のみを記載した条件表を表 3 に示す．なお、「土被り」、「目地不良（管渠調査項目）」についてはカテゴリ値を記載している．表 3 の読み方として、例えば竣工年数が 1940 年以前で、管体数量（人孔間の管の数）51～80 本であれば、土被り 2～5（1m 以上）で道路陥没の可能性ありと予測されるが、土被り 2, 3（1～3m）に限っては目地不良（管渠調査項目）が 2～4（何らかの異常が認められたもの）に限る．この表を用いることで管渠諸元である「竣工年数」、「管体数量（人孔間の管の数）」、「土被り」の 3 項目を基に、従来 8 項目行っていた管渠調査のうち「目地不良」1 項目のみの調査を行えば、道路陥没の可能性を容易に判断でき、より効率的に調査を行うことが可能といえる．

表 3 道路陥没発生条件（中央区）

管体数量 (人孔間の管数量)	81本～	51～80本	41～50本	31～40本	21～30本	11～20本	10本以下
	土被り 4 5	土被り 4 5 目地 2 3 4	土被り 4 5 目地 2 3 4	土被り 4 5 目地 2 3 4	土被り 4 5 目地 2 3 4	土被り 3 5 目地 2 3 4	土被り 2 3 4 5 目地 3 4
		1980～1961年		1960～1941年		1940年以前	
		竣工年数					
カテゴリ値		土被り 1→1m以下 2→1～2m 3→2～3m 4→3～4m 5→4mより大		目地不良 (調査項目) 1→「なし」 2→「少々有」 3→「かなり有」 4→「著しい」			

5. まとめ

下水道管渠の維持管理に関する知見を得るべく、中央区、北区、淀川区での管渠データに対して SVM とラフ集合を用いて種々検討を行った．その結果、①SVM のみを使用して道路陥没を評価した場合、従来評価法よりも精度良く道路陥没を特定できた．②SVM とラフ集合を組合わせて道路陥没ルールを作成したところ、中央区では陥没条件表を使用することで従来 8 項目で行っていた管渠調査を 1 項目に減らせ、効率的な調査方法の提案が行えた．

謝辞；下水道管渠データを大阪市都市環境局からご提供戴いたことに対し、ここに記して感謝の意を表します．

参考文献；1) 大阪市建設局 HP「大阪市下水道のあゆみ」、2) 大杉朗隆：事業の効率的実施とコスト縮減，下水道協会誌，Vol. 44，2007 年 3) 大西学：大阪市老朽管渠の再構築優先度評価の実例，全国上下水道コンサルタント協会技術報告集，No22，2008 年