

西日本技術開発株式会社

○大石博之 小林央宜

香川大学工学部信頼性情報システム工学科

尹 禮分

山口県土木建築部道路整備課

田中浩一

甲南大学工学部情報システム工学科

中山弘隆

山口大学大学院理工学研究科

古川浩平

1. はじめに

ハード対策による土砂災害危険箇所の対策事業は、対象箇所の膨大さに阻まれて思うような進展がはかされていないのが現状である。このような状況を改善し、効率的に事業を展開するためには、まず個々の斜面の危険度を正確に評価する手法の検討が重要になる。これについては、以前から道路防災総点検要領¹⁾等によるマニュアルに基づいた斜面調査が広く行われてきていたが、調査技術者の主観による判断に委ねられた部分が多々含まれており、客観性や精度の面で問題を有していた。本研究では、このような問題を解消した斜面の危険度評価を行う方法として、サポートベクターマシン(以下、SVM)を利用した手法について報告する。

2. SVM の概要

SVM はパターン分類手法の一種で、現在最も強力な手法として注目されている²⁾。SVM とは、あるパターン分類問題が線形分離不可能な場合、そのデータを非線形関数によって高次元の特徴空間に写像することで線形分離可能な状態とし、最適な分離超平面を求めてデータ分類を行う手法である(図-1)。本研究では、この分離超平面を利用して、斜面の危険度を評価した(図-2)。斜面調査の項目を要因データとし、過去の災害履歴を教師値としてSVMによる分析を行なうと、図中に示すような分離超平面によってデータが分離される。ここで、各斜面データは分離超平面からの距離 $f(x)$ が危険側に遠いものほど危険、安全側に離れたものほど安全と評価できる。本研究ではこの $f(x)$ を危険度の指標とした。

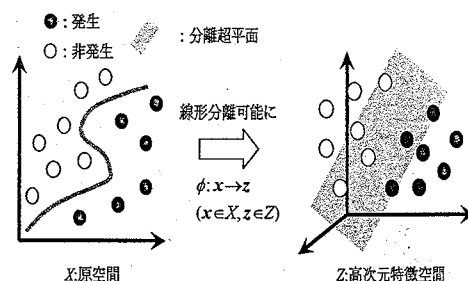


図-1 SVM の基本概念

3. 使用データの概要

本研究では、平成8年の道路防災総点検の安定度調査表(落石・崩壊)が入手できた美川町・美和町の195斜面を学習データとして、また岩国市の151斜面をテストデータとして用いた。分析用のデータは安定度調査表に記載された地形・地質データとし、斜面ののり面部に関する12要因、自然斜面部に関する13要因を取り入れた。また、分析の教師値となる過去の災害履歴に関しては、点検資料の箇所別記録表の被災履歴欄および斜面調査表の災害履歴評価欄記載のものを用いた。

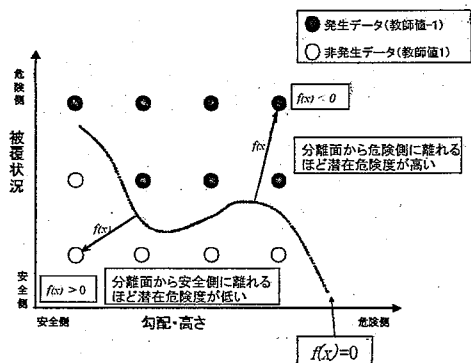


図-2 SVM による斜面危険度評価法

4. 斜面危険度の評価結果

4.1 斜面の潜在危険度評価

まず地形・地質等の素因的要因と過去の災害履歴のデータから、各斜面の潜在危険度: $f(x)$ を設定することとした。学習データをSVMで分析することにより潜在危険度を導き出した結果として、潜在危険度: $f(x)$ と災害履歴の関係図を図-3に示す。SVMによる手法では、潜

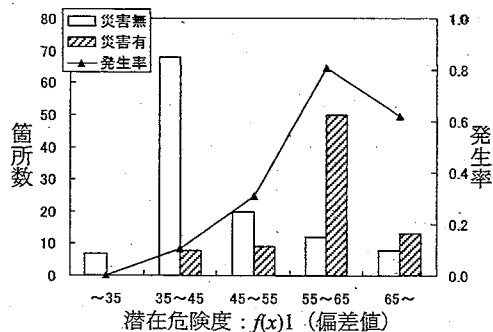


図-3 SVMによる潜在危険度評価と災害発生率の関係(学習データ)

在危険度と災害発生とが高い相関性を持っていることが明らかとなり、より妥当性の高い評価が可能であることが認められた。

4.2 SVMによる対策工効果の評価

既に対策工が施工されている斜面の危険度評価については、潜在危険度に対策工の効果を加味してやる必要がある。そこで、本研究では対策工効果に関しても SVM の分離超平面を用いて評価を行うことを考えた。ここでは、対象データに対して、対策済みの斜面データのみを分析することによって得られた分離面Ⅱでの評価： $f(x)2$ と、未対策斜面のデータのみによって得られた分離超平面Ⅰでの評価（潜在危険度）： $f(x)1$ との差を取ることで対策工効果を求めるものとした（図-4）。

$$\text{対策工効果 } E = f(x)2 - f(x)1 \quad (1)$$

算出結果の一部を表-1に示す。これより、潜在的には高い危険度を有しているながら対策工の効果で安全な状態にある斜面や、表中灰色に着色したデータのように潜在危険度に対して対策工の効果が不十分と判断される箇所などが存在することがわかった。

4.3 総合危険度の評価

前節までに求めてきた潜在危険度と対策工効果を総合的に評価した危険度の指標値として、下式により総合危険度 $F(x)$ を求めた。

$$\text{総合危険度 } F(x) = \text{潜在危険度 } f(x)1 + \text{対策工効果 } E \quad (2)$$

総合危険度算出結果と災害履歴の関係のグラフを図-5に示す。本図によると、潜在危険度に対策工の効果を加味したことにより、一層明確な相関性が認められるようになった。また、この一連の学習結果を利用してテストデータについて総合危険度の評価を行ったところ、こちらも災害履歴に対して高い相関を持った危険度の設定ができることが明らかとなった（図-6）。

5. まとめ

以上の結果から、SVMでの学習結果を利用して斜面の総合的な災害危険度の評価を行うことの有用性が明らかとなった。従来の評点法に比較しても精度・客観性の両面で優位性があるうえに汎用性も認められることから、今後土砂災害の対策事業を進める上で有効に利用することが可能と考えられる。

参考文献

- 1)財団法人 道路保全技術センター：道路防災総点検要領（落石・崩壊）、1996。
- 2)服部篤史，中山弘隆：サポートベクターマシンとRBFネットワークによる追加学習と能動忘却について，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.102，No.253，pp.7-12，2002。

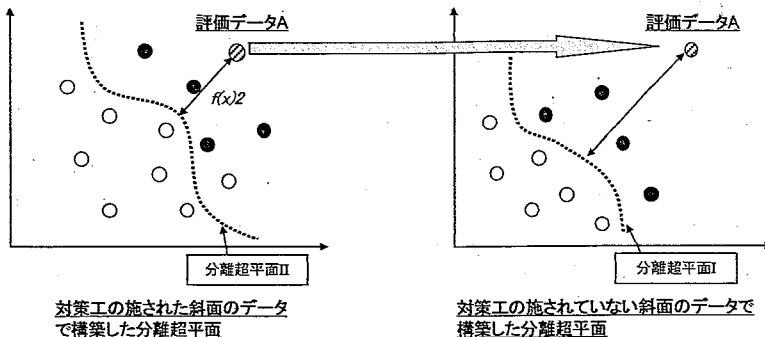


図-4 対策工効果 評価概念図

表-1 $f(x)1 \cdot f(x)2$ による対策工効果 E 算出結果

(学習データより対策工効果上位20位までを抜粋)

ID	潜在危険度 $f(x)1$	$f(x)2$	対策工効果 E	対策工実施後の災害履歴
岩国187	-0.2976	3.997	4.2942	1
岩国357	-2.9755	1.000	3.9755	1
岩国37	-1.8113	1.000	2.8113	1
岩国214	0.6852	3.430	2.7443	1
岩国17	-2.1485	0.412	2.5608	1
岩国216	0.0452	2.593	2.5482	1
岩国25	-3.2972	-1.000	2.2972	-1
岩国351	-0.8513	1.370	2.2216	1
岩国394	-1.106	1.000	2.1060	1
岩国355	-0.2811	1.805	2.0859	1
岩国188	0.4014	2.465	2.0640	1
岩国18	1.2356	3.284	2.0485	1
岩国36	-0.9463	1.000	1.9463	1
岩国359	-0.8514	1.091	1.9424	1
岩国199	0.1193	2.061	1.9419	1
岩国350	-0.224	1.662	1.8863	1
岩国31	-2.8818	-1.000	1.8818	-1
岩国353	-0.8618	1.000	1.8618	1
岩国354	-0.8616	1.000	1.8616	1
岩国186	-0.8429	1.000	1.8429	1

災害有：-1，無：1

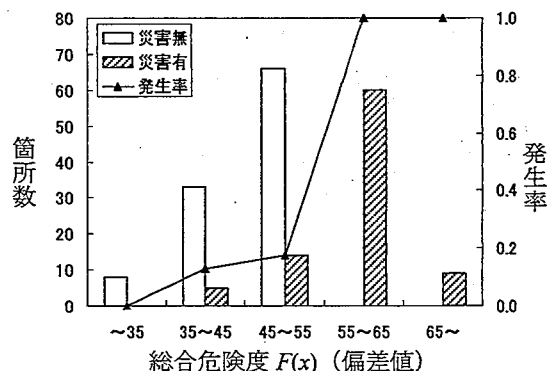


図-5 総合危険度 $F(x)$ と災害履歴の関係

(学習データ)

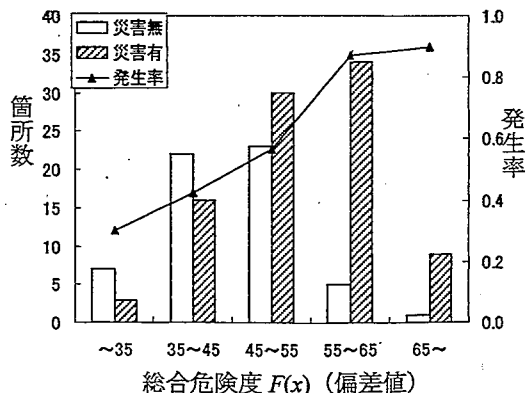


図-6 総合危険度 $F(x)$ (偏差値) と災害履歴の関係 (テストデータ)