

通行規制記録からみる対策工を考慮した道路斜面の危険度設定に関する研究

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○福田賢司 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 正会員 松本幸太郎 西日本技術開発株式会社 正会員 大石博之
 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

近年、台風や梅雨の集中豪雨により道路沿線上でも崖崩れや落石による被害が増加している。これを防ぐ対策施設の整備は対象箇所の膨大さに阻まれ、進展が図られていないのが現状である。この状況を改善するために、まず個々の斜面の危険度を評価し、対策工が施されている箇所ではその効果を加味して危険度を設定することが重要である。従来の危険度評価手法である道路防災総点検（以下道路防災）では、マニュアルにより効率的な調査が可能であるが、高度な判断は技術者の主観に頼っていた。本研究ではこの課題を解消し、客観的かつ高精度、さらに対策工の効果も加味した斜面の危険度評価を行うことを目的として、サポートベクターマシン（Support Vector Machine;以下 SVM）を利用した評価手法の確立に取り組んだ。

2. 使用データ

検証対象地域は山口県とし、平成8年度道路防災の安定度調査表（落石・崩壊）が入手できた。A地域600箇所、B地域112箇所、C地域391箇所、D地域248箇所、E地域410箇所の5地域の斜面データを用いた。斜面には26の調査項目にそれぞれ判定項目があり配点がなされている。本研究では配点による重みを除去するために、これをカテゴリ化して要因データとして使用した（表-1）。

表-1 調査項目の一部

調査項目	判定基準	配点	カテゴリ
表土及び浮石・転石の状況	不安定	12	2
	やや不安定	6	1
	安定	0	0
湧水状況	湧水あり	8	2
	しみ出し程度	4	1
	なし	0	0
表面の被覆状況	裸地～植生主体	5	2
	複合（植生・構造物）	3	1
	構造物主体	1	0

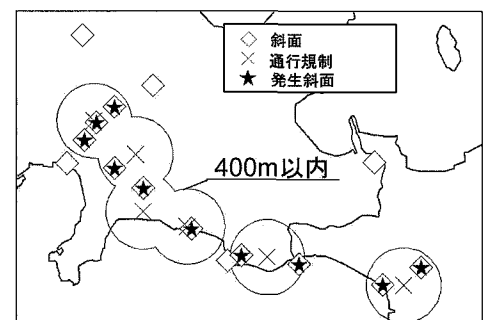


図-1 通行規制データ

3. 教師値の設定

従来用いられてきた道路防災の箇所別記録表に記載されている被災履歴では被災履歴有とする崩壊の程度に地域差がみられた。このため本研究では主観の入らない教師値として、通行規制データを使用することとした。これは1990年～2000年の間に法面崩壊等の理由により道路に通行規制が行われた箇所を示したデータであり、この規制箇所を中心として各地域のおおよその最大延長である半径400m以内の斜面を被災履歴が有る斜面とした（図-1）。

4. SVMの概要

SVMとは1992年に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空間にマッピングを行う。そうすることによって、線形分離可能な状態となり最適な分離超平面を求めることができる。これを利用して、分離超平面からの距離 $f(x)$ を危険度として斜面の危険度設定を行った（図-2）。

5. 総合危険度について

本研究では各斜面の潜在危険度だけでなく、対策工効果を加味した総合危険度で斜面の危険度を評価することとした。まず対策工未設置斜面の地形・地質等の素因的要因と通行規制データを用いてSVMによる分

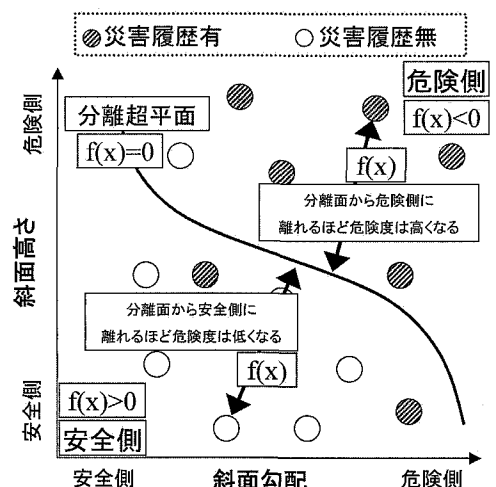


図-2 本研究におけるSVMによる危険度設定の2次元イメージ図

析を行い、分離超平面 I（以下、分離面 I）を構築する。この分離面 I は、対策工が施工されていない条件での災害発生・非発生を分離する基準面である。分離面 I からの距離 $f(x)_1$ を用いて対策工が実施された斜面の評価を行えば、それらの斜面における対策工の影響を排除した潜在危険度を求めることが可能である。また、対策工が施工されている斜面のデータのみを抽出して再度 SVM による分析を行う。得られた分離超平面を分離面 II とし、各斜面データまでの距離 $f(x)_2$ を求め、 $f(x)_1$ と $f(x)_2$ の差を対策工効果 E とする。そして潜在危険度 $f(x)_1$ と対策工効果 E の和を総合危険度 $F(x)$ とする。これを地域ごとに行うことで地域それぞれに分離面の構築を行うことができ、地域ごとに最適な分離面（判断基準）を設けることができる。

6. パラメータの設定

SVM では分離面構築の際 C（異常値の許容範囲）と r（ガウス関数の半径）という 2 つのパラメータを設定する必要がある。この決定方法は、構築するためのデータを 7:3 の比率で分け、前者で分離面を作り後者をその分離面に投入し、危険度と教師値を照らし合わせる。これを 25 回繰り返して平均をとり、最も発生率的中させたパラメータを用いた。図-3 に C 地域のパラメータスタディ（一部抜粋）を示す。このケースでは、発生的中率が最も高い $C=200$ 、 $r=10$ を採用した。この工程は分離面構築時に毎回行うこととした。

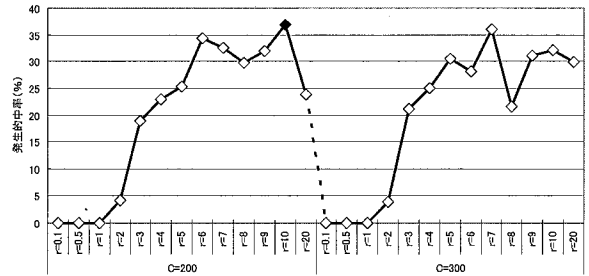


図-3 パラメータスタディ
(C 地域・抜粋)

7. 分析結果

図-4(a) に C 地域の SVM 分析結果を示す。また、道路防災で従来用いられてきた総合評点と災害発生率の関係を図-4(b) に示す。横軸は危険度を表しており、比較のためにそれぞれ偏差値化した。なお、偏差値が高い方が危険側である。両者を比較してみると、相関性、分離性において SVM がより高い精度で分析できていることが分かる。また、対策工の効果については、表-2 に示しているように、対策工効果が算出された斜面は被災が 0 であった。これに対して、対策工効果がなかったと算出された 14 斜面では、半数の 7 斜面が被災した斜面であった（表-3）。このことから、総合危険度、対策工効果ともに本研究手法が妥当であったと考えられる。また、他の地域においても同様の結果を得ることができた。

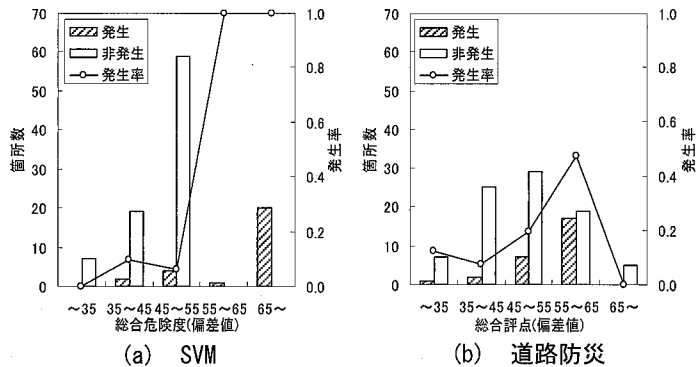


図-4 SVM, 道路防災による危険度と発生率の関係 (C 地域)

表-2 対策工効果あり (C 地域・抜粋)

ID	潜在危険度 $f(x)_1$	対策工効果 E	総合危険度 $F(x)$	災害履歴	対策工
34	0.14520	0.85480	1.00000	非発生	有
112	0.26240	0.73760	1.00000	非発生	有
73	-0.13908	1.13908	1.00000	非発生	有
43	-1.20977	2.20977	1.00000	非発生	有
32	-0.97011	1.97011	1.00000	非発生	有
28	0.02422	0.97578	1.00000	非発生	有
83	0.69787	0.30213	1.00000	非発生	有
1	0.80449	0.19551	1.00000	非発生	有
84	-0.19041	1.19041	1.00000	非発生	有
9	-0.14183	1.17881	1.03698	非発生	有

表-3 対策工効果なし (C 地域・抜粋)

ID	潜在危険度 $f(x)_1$	対策工効果 E	総合危険度 $F(x)$	災害履歴	対策工
36	-0.02888	0.00000	-0.02888	発生	有
74	0.60682	0.00000	0.60682	発生	有
41	0.62362	0.00000	0.62362	発生	有
38	0.70807	0.00000	0.70807	発生	有
31	1.06644	0.00000	1.06644	非発生	有
42	1.10668	0.00000	1.10668	発生	有
81	1.21174	0.00000	1.21174	非発生	有
45	1.21362	0.00000	1.21362	非発生	有
12	1.74606	0.00000	1.74606	非発生	有
19	1.78820	0.00000	1.78820	発生	有

8. 結論

本研究では、SVM という数理的な手法を用いることで、既存の対策工の効果の評価手法、及びその対策工効果を考慮した客観的で高精度な危険度評価手法の提案を行ってきた。

- 本研究で得られた主要な結論を以下に示す。
- ・ 通行規制データを教師値に用いることで、地域差のない統一的な評価が可能となった
 - ・ 道路防災の調査項目と通行規制データを用い SVM で分析することで客観的な評価が可能となった
 - ・ 地域ごとに分析することで、地域ごとに最適な判断基準を設けることができる。

以上のことから、客観的で精度の高い危険度評価手法を確立することができたといえる。この手法を応用することで、対策工施工の優先順位付け等が可能になると考えられる。