

山口大学大学院理工学研究科 正会員 ○杉原 成満 フェロー会員 古川 浩平
矢崎総業株式会社 非会員 富田 千紘（研究時：山口大学工学部）

1. はじめに

土砂災害の発生予測を目的としたソフト対策のひとつとして、平成 17 年度から土砂災害警戒情報の運用が行なわれている。これは降雨に基づく防災情報であることから、その発表基準である土砂災害発生危険基準線(Critical Line:以下、CL)は地形的な危険性の変化はないものと考え、過去の経験降雨と災害の関係に基づいて設定している。しかしながら、地震が発生したことにより地盤が緩み、地形的変化が起きることから、少雨でも災害が発生しやすくなると考えられる。そのため、地震発生後は安全性を考慮し、あらかじめ引き下げた CL を用いて運用を行うことが留意事項として示されているものの、地震発生後のどの時点からどの程度 CL を引き上げるかについては、明確な規範がなく、運用上の課題となっている。

本研究では、地震発生後に経験した非発生降雨に基づいて逐次 CL の引き上げを行う更新型の CL(以下、逐次更新型 CL)を用いることで、上記の課題が解決できると考え、その設定方法について検討を行った。また、その有用性について検証を行った。

2. 逐次更新型 CL の設定方法

逐次更新型 CL の設定は、データの粗密から異常値を識別し分離を行うことができる 1 クラスのサポートベクタマシン(v1-Support Vector Machines; 以下、v1SVM)を用いる。

v1SVM を用いた CL の設定及び更新手順を図-1 に示す。v1SVM を用いた解析では、CL を設定する上で最低限必要な降雨データがサポートベクタとして抽出され、他の降雨は不要なデータとして削除される。ただし、v1SVM では、発生降雨の影響を考慮することができないため、本研究では安全側の考えから、サポートベクタ以外の降雨データを全て不要とはせず、CL 近傍の降雨データ(図-2 ハッチング領域)をサポートベクタの予備として、CL の更新に用いることとした。

3. 使用データ

本研究の検討対象地域は、2001 年 3 月 24 日に発生した芸予地震により、震度 5 強を観測した広島県旧呉市とする。

解析に用いる災害データは、広島県災害報告書に記載の土砂災害 219 件(土石流 10 件、がけ崩れ 209 件)を用いる。また、降雨データは、1976 年～2005 年の気象庁呉観測所の観測データを用いる。

4. 更新パラメータの選定

v1SVM を用いた CL の設定および更新を行うにあたり、地震発生前(2000 年まで)のデータを用いて計算期間(t)、予備データの選択係数(k)および CL の形状や大きさを決定する ν の 3 つのパラメータについて最適値の選定を行う。ここで、パラメータの最適値とは、CL を更新した際に異常縮小を引き起こさない値のうち、災害の予測精度が最も高い値である。

本研究ではこれらを満足する最適なパラメータとして、 $k=10$ 、 $t=3$ 、 $\nu=0.84$ を更新パラメータとして用いることとする。

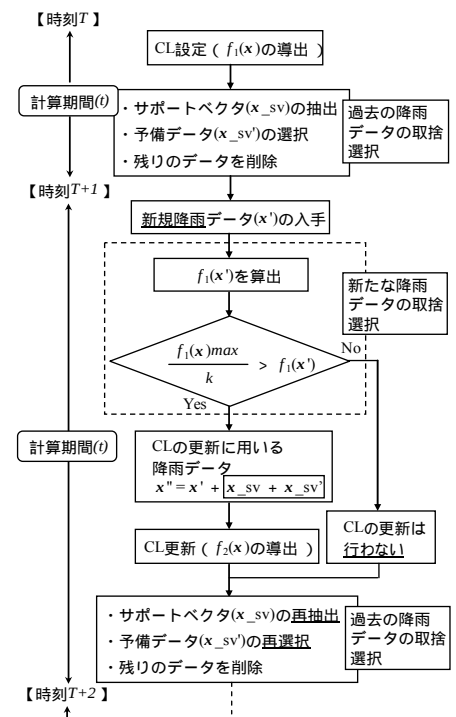


図-1 更新フロー図

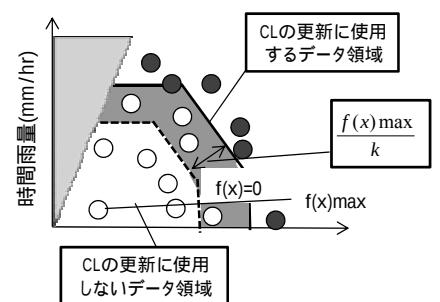


図-2 降雨データの取捨選択

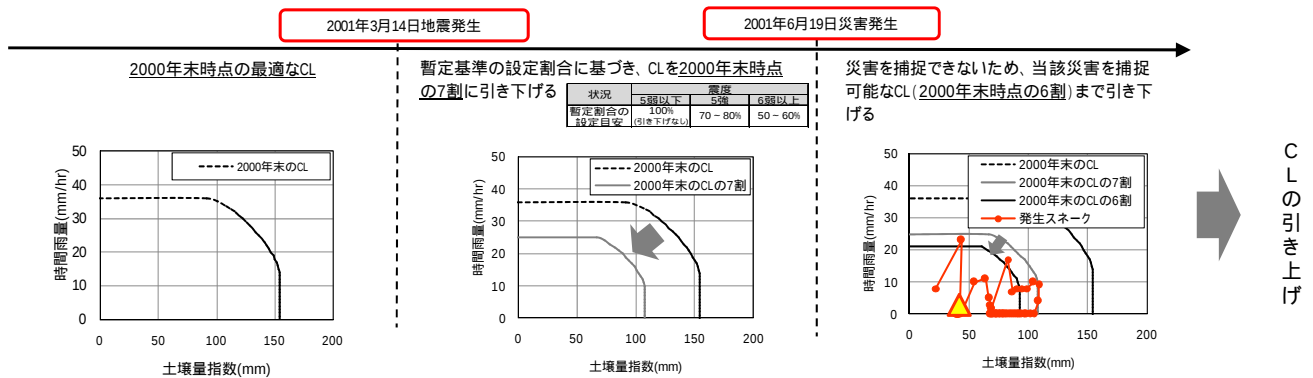


図-3 地震発生後に CL を引き下げる過程

5. v1SVM による逐次更新型 CL の有効性の検討

地震発生後の更新開始時の CL は、芸予地震の影響により、少雨でありながら土砂災害が多発されたとされている 2001 年 6 月の災害を捕捉可能な CL とする。ここで、引き下げ前の CL は、最適パラメータを用いて設定した 2000 年末時点の CL とする。また、CL の引き下げ方法としては、地震発生後の暫定基準の設定方法に基づいて行う。地震発生後に CL を引き下げ、更新を行うまでの過程を図-3 に示す。

本研究では、v1SVM を用いた CL の逐次更新の有効性を確認するため、災害捕捉率が最も高くなるように CL を段階的に引き上げた運用方法（表-1）と CL の精度の比較を行った。CL の精度比較結果を表-2 に示す。

表より、提案手法によって設定した CL は段階的に引き上げた運用に比べ空振り率が 38%と若干高くなるものの、災害捕捉率は 83%と非常に高く、v1SVM による逐次更新により、精度の高い CL を設定できるものと考えられる。また、地震発生後の災害と CL の関係の一例に着目すると、段階的な引き上げによって設定した CL は安全領域が過大に評価されているため、結果として災害を見逃すことになるが、提案手法では地震後に経験した非発生降雨を用いて CL を設定しているので、安全領域が適切に評価されており、結果として災害を捕捉できる適切な CL が設定されている（図-4）。

これらのことから、v1SVM を用いて CL を逐次更新することで、客観的に地震発生後の CL 引き上げを行うことができるとともに、高い災害予測精度を有した CL の設定が可能であると考えられる。

6. 結論

本研究では、地震発生後の CL 引き上げ方法として、逐次更新型 CL を提案し、その有用性について検証を行った。以下に本研究で得られた主要な結論を示す。

- ・ v1SVM を用いた逐次更新 CL の設定に用いる更新パラメータとしては、 $t=3$ 、 $k=10$ 、 $v=0.84$ を用いることで、高い予測精度を有し、安定した CL の更新を行うことが可能となる。
- ・ 地震発生後の CL 引き上げについて、今回提案する v1SVM による逐次更新型 CL を用いることにより、高い災害予測精度を有した CL を客観的に設定することが可能であると考えられる。

表-1 段階的な CL の引き上げ

期間	CLの引き下げ割合
2001.3～2002.2	6割
2002.3～2003.2	7割
2003.3～2005.2	8割
2005.3～	10割

表-2 CL の精度比較

	SVM案 (ケース1)		比較案 (ケース2)	
災害捕捉率	83%	(35/42)	81%	(34/42)
空振り率	38%	(5/13)	30%	(3/13)
CL超過頻度	2.6回/年	(13回/5年)	2回/年	(10回/5年)

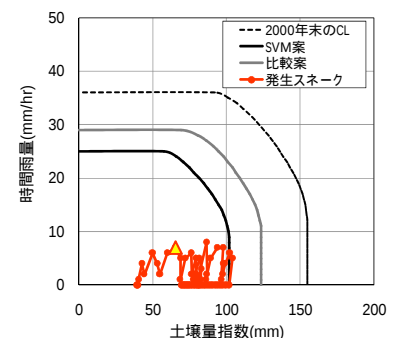


図-4 地震発生後の災害と CL の関係