

ロジスティック回帰モデルを用いた土砂災害警戒避難基準雨量の高度利用に関する研究

山口大学理工学研究科 ○篠崎嗣浩, 芦田悠輔, 古川浩平

1. はじめに

ソフト対策による警戒避難体制の一つとして、土砂災害警戒情報の運用が始まっている。しかし、予測雨量の精度に誤差があることや、土砂災害の発生を予測するための発生限界雨量線の理解が不十分であること、また避難勧告等の発令において判断材料が少ないとことなどから、タイミングよく住民へ避難を促すことができないのが現状である。そこで、本論文ではこれらの問題を解消するために、ロジスティック回帰モデルを用いて一般的に理解しやすい確率値という形での災害発生危険度の設定、ならびに予測雨量を用いない、1時間先、2時間先の発生危険度の設定を試みた。また、提案するロジスティック回帰モデルによる発生危険度の予測精度を検証するため、連携案により設定される発生限界雨量線や予測雨量との精度比較を行い、その有効性を確認した。

2. ロジスティック回帰モデルについて

ロジスティック回帰とはベルヌイ分布に従う変数の統計的回帰モデルの一種で、独立変数が量的、従属変数が質的な変数の場合に用いられる二値変数に対する回帰分析である。本論文では発生、非発生データを与えて、 β を推定し、 π の一般式を算出する。この一般式を用いて、実況の雨量データである、ピーク時刻の時間雨量と土壤雨量指数の説明変数を与えて、災害の発生を確率値 π として算出する。回帰式を以下に示す。

$$\log it = \frac{\exp[\beta_0 + \beta_1 \chi_{amount} + \beta_2 \chi_{soil}]}{1 + \exp[\beta_0 + \beta_1 \chi_{amount} + \beta_2 \chi_{soil}]} = \frac{\exp[-7.5344 - 0.1635 \chi_{amount} + 0.1095 \chi_{soil}]}{1 + \exp[-7.5344 - 0.1635 \chi_{amount} + 0.1095 \chi_{soil}]} = \pi \quad (1)$$

β : 推定値 χ : 説明変数 (χ_{amount} : 時間雨量, χ_{soil} : 土壤雨量指数)

ここで、1985年6月の降雨を例に、時間雨量と土壤雨量指数の2値を回帰式に代入すると図-1に示すような発生確率値が算出され、災害発生確率の大きいところで災害が多数発生していることが分かる。このことからも、ロジスティックによる確率という表現は災害的中に関して非常に有用な資料となることが示された。

3. 使用データの概要

3.1 降雨データ

本論文では山口県のうち、災害データが多く分布する下関市について、降雨データ[アメダスデータ(1976年~2005年)、レーダー・アメダス解析雨量(1991年~2005年)、予測雨量: 2004年、2005年半期]を抽出した。対象地域を図-2に示す。またCLの検証に用いる5kmメッシュについては、下関観測所を含むメッシュ(メッシュ番号: 33301814)を使用することとする。

3.2 災害データ

本論文において対象とした下関(117件)及びメッシュ番号33301814(58件)の地区に該当するがけ崩れ、土石

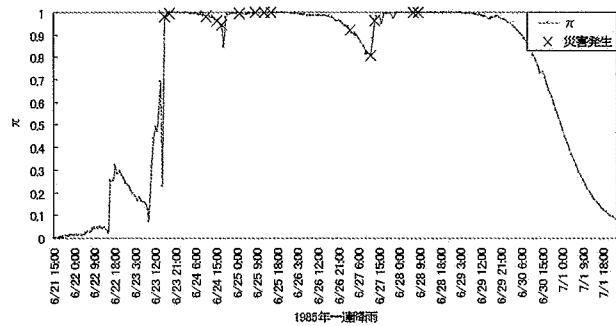


図-1 ロジスティック回帰による確率値の算出

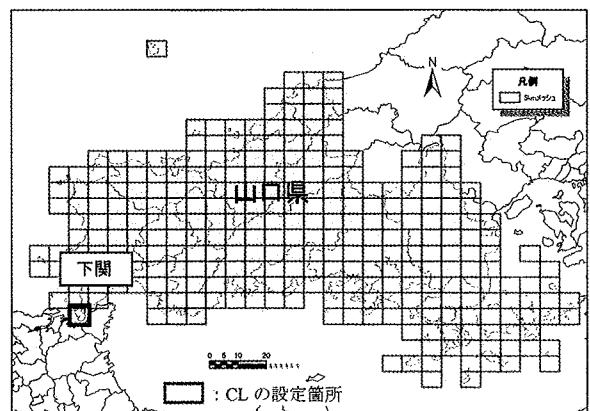


図-2 対象地域

流の災害データは山口県災害報告書(1976年～2005年)から収集した。

4. 比較検証

4.1 非線形 CL との比較

ロジスティック回帰の π について、レーダー・アメダス解析雨量を用いて算出した結果、0.88という値を得た。この0.88を基に発生的中率を算出する。表-1より非線形CLとロジスティック回帰の発生的中率を比較してみると本論文で設定した非線形CL(閾値0.7; 発生と非発生の的中率が最大の閾値)は81%，ロジスティック回帰(π 0.88)は83%とロジスティック回帰の方が若干上回る数値となった。

4.2 予測雨量との比較

入手できた予測データは2004年、2005年半期分であった。この予測データを用いて、発生的中率を算出し、予測雨量とロジスティック回帰の精度の比較を行う。検討の結果、発生的中率を求めた結果を表-2に示す。表-2より予測雨量の発生的中率は0%であることが分かる。

一方、ロジスティック回帰の的中率は発生の1時間前は60%，2時間前は80%という結果になった。この検討において発生データが5件しかないという現状ではあるが、ロジスティック回帰はしっかりと発生を捉える事ができていた。結果として、ロジスティック回帰は予測雨量に比べて精度が高いことが確認できた。

5. ロジスティック回帰を用いた提案

非発生データの信頼性を上げると同時に、CL作成時と全く同様の降雨データ、つまり毎時の全点データを用いて新たな π の一般式を作成する。一般式を以下に示す。

$$\pi = \frac{\exp[-12.457 + 0.0403\chi_{amount} + 0.0808\chi_{soil}]}{1 + \exp[-12.457 + 0.0403\chi_{amount} + 0.0808\chi_{soil}]} \quad (2)$$

これによって得られる π を10%区切りで非線形CLと重ね合わせたものを図-3に示す。的中率の算出方法はスネークラインが閾値を超過しているかで判断する。ここで非発生的中率を95%と固定し、同じ条件下での発生的中率を比較すると表-3のようにロジスティック回帰の発生的中率が10%上回った。

6.まとめ

砂防分野と道路分野の連携にあたり、まとめと今後の検討課題を以下に示す。

- 1) CLとの的中率による比較の結果、ロジスティック回帰のほうが2%ではあるが的中率が高く、精度が高いという事が分かった。
- 2) 予測雨量との比較においては、全く捕捉できていなかった災害を捉えることができた。
- 3) これにより、予測雨量を用いずに信頼性の高い実況の降雨のみで解析が可能となり、実用性が増した。
- 4) 現手法のCLの的中精度を保つつつ、実際の運用を見据えた形式でロジスティック回帰による確率値を同時に表現することが可能となった。

表-1 ロジスティック回帰における的中率

	基準値0.88
発生的中率(%)	82.76
非発生的中率(%)	94.39
的中率(%)	90.30

表-2 予測雨量とロジスティック回帰の比較

予測雨量			
年	発生件数	1時間前の予測雨量がCLを超過した件数	2時間前の予測雨量がCLを超過した件数
2004	2	0	0
2005	3	0	0
発生的中率(%)		0	0

ロジスティック回帰			
年	発生件数	1時間前の π が0.67以上の件数	2時間前の π が0.62以上の件数
2004	2	1	2
2005	3	2	2
発生的中率(%)		60	80

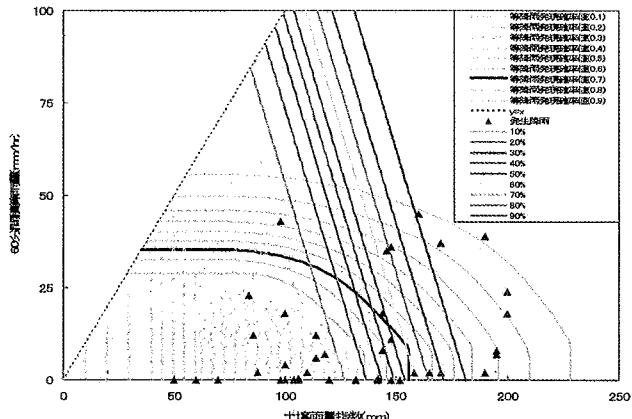


図-3 併用案(全点データ)

表-3 的中率比較表

条件:非発生的中率95%		
発生的中率	ロジスティック回帰	73%
	非線形CL	63%