

ロジスティック回帰分析を用いた土砂災害発生危険度の確率的評価

山口大学大学院理工学研究科 杉原 成満
西日本技術開発株式会社 大石 博之
山口大学大学院理工学研究科 古川 浩平

大日本コンサルタント株式会社 篠崎 嗣浩
中電技術コンサルタント株式会社 荒木 義則

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が、その運用実績が蓄積されるにつれて、切迫性に対する表現などの課題¹⁾が顕在化してきた。このような問題に対する既往の取り組みの一つとして、ロジスティック回帰分析を用いて土砂災害発生危険基準線 (Critical Line) を作成するために算出される RBFN 出力値と災害の発生・非発生の関係を分析することにより、実況の雨量に対する災害発生の危険性を災害発生確率としてより明瞭に表現する方法が篠崎ら²⁾によって提案されている。

本研究では、ロジスティック回帰分析を用いて山口県防府市における災害発生確率モデルの構築を行い、平成 21 年 7 月 21 日に山口県防府市で発生した土石流災害 (以下、H21.7 防府災害) を引き起こした降雨に対する適用性の検討を行い、篠崎ら²⁾の提案する方法の有用性について確認を行った。

2. ロジスティック回帰分析の概要

ロジスティック回帰分析とは、ベルヌー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。一般的にある現象の発生確率 P の生起を説明するために観測された変数群をモデル化したものを $P(x)=F(x_1, x_2, \dots, x_r)$ とし、ロジスティック回帰式は独立変数を成す合成関数 Z が $Z=\beta_0+\beta_1 x_1+\dots+\beta_r x_r$ とするとロジスティック関数は式(1)として表すことが出来る。

$$P(x) = (\text{発生} | x_1, x_2, \dots, x_r) = \frac{1}{1 + \exp(-Z)} \quad \text{式(1)}$$

ロジスティック関数を表す曲線は図-1 に示す通りであり、災害の発生確率 $P(x)$ は 0 と 1 の間 (0% ~ 100%) の値をとる。なお、本研究では、発生・非発生データを与えて β を推定し、 $P(x)$ の一般式を算出した。この一般式を用いて、RBFN 出力値を説明変数 x とし、土砂災害が発生する確率 $P(x)$ を求める回帰モデルの構築

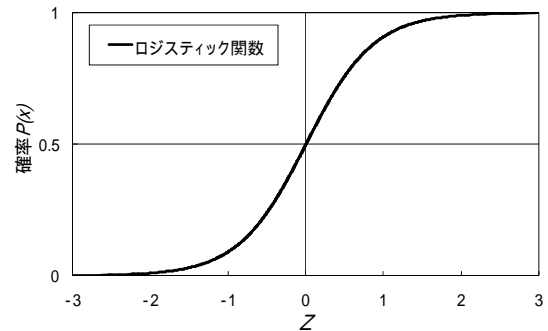


図-1 ロジスティック関数の概念図

を試みる。

3. 使用データの概要

本研究の検討対象地域は、平成 21 年 7 月 21 日に山口県を襲った集中豪雨により土砂災害が多発した山口県防府市とする。

解析に用いる降雨データは、レーダー・アメダス解析雨量と土壌雨量指数を用いる。また、災害データは、山口県災害報告書 (1991 年 ~ 2005 年) に記載の土砂災害 20 件 (土石流 7 件、がけ崩れ 13 件) を用いる。

4. 災害発生確率モデルの検討

災害発生確率モデルの構築に用いる説明変数としては、「国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)平成 17 年 6 月」に従って算出した RBFN 出力値を用いる。ここで、学習に用いる降雨データとしては、発生降雨については、災害事例ごとに災害発生時刻以前で最も大きい RBFN 値を抽出する (図-2 中の事例 1、事例 2) こととし、非発生降雨 (防府市全域で 1 件も災害が発生していない降雨のみを対象) については、一連降雨のピーク時刻の RBFN 出力値を用いるものとした (図-2 中の事例 3)。

抽出した RBFN 出力値を説明変数 x として構築した土砂災害が発生する確率 $P(x)$ を求める回帰モデル式を式(2)に示す。

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp\{-(2.313 - 5.732x_{RBFN出力値})\}} \quad \text{式(2)}$$

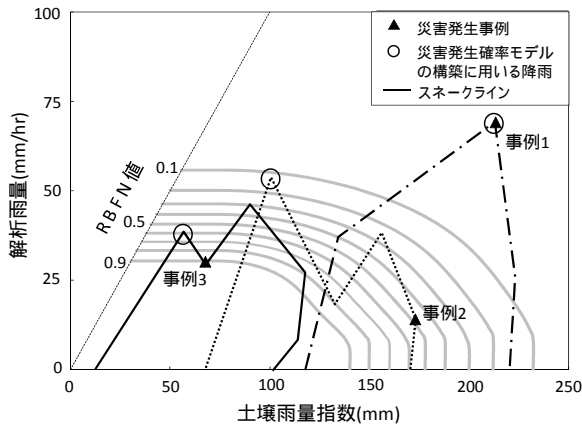


図-2 学習に用いる降雨データの概念図

式(2)により RBFN 出力値に関する推定値は負の値となっており、RBFN 出力値が小さくなるほど発生の危険性が高くなることを示すことから、式の成り立ちとして論理的な矛盾は生じていない。また、 t 値(推定値を推定標準偏差で除した値)についてはいずれも絶対値が 1.96 以上を示しており、説明変数 x は 95% の信頼性で採択確率に影響を与える要因であるとみなすことができる。これらのことから、検討に用いた要因やデータの選定については妥当であると評価した。

構築したロジスティック回帰モデルによって求めた災害発生確率 $P(x)$ と実際の災害発生率の関係に着目すると、 $P(x)=10\% \sim 20\%$ に対応する実際の発生率は 10% 未満と低いが、 $P(x)=40\% \sim 50\%$ では約 60%、 $P(x)=80\% \sim 90\%$ では約 90% と、災害発生確率 $P(x)$ が増加するにつれて実現象の発生率も増加しており、互いによく整合していることが分かる(図-3)。そのため、構築した回帰モデルは実際の災害の発生状況に適した有効なモデルであると考えられる。

5. H21.7 山口県防府土砂災害に対する適用性検討

構築したロジスティック回帰モデルの有用性を確認することを目的に、ここでは H21.7 防府災害時の降雨に対する適用性の検討を行った。当該降雨における時間雨量と災害発生確率 $P(x)$ の関係を図-4 に示す。

まず、7月21日8時に時点に着目すると、まとまった降雨により災害発生確率 $P(x)$ は 40.2% まで上昇している。その後、同日10時にかけて降雨は一旦弱まるものの、同日11時以降に時間雨量 40mm/hr を超える降雨を再度経験し、災害発生確率 $P(x)$ はさらに上昇する。土砂災害が多発した7月21日12時時点における災害発生確率 $P(x)$ は 82.5% と高い値を示しており、災害の

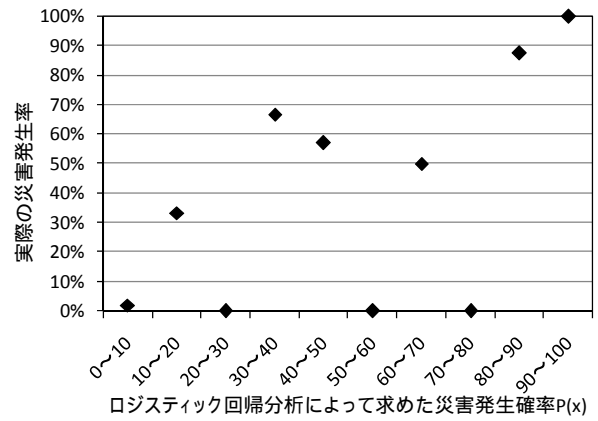


図-3 災害発生確率 $P(x)$ と実際の発生率の関係

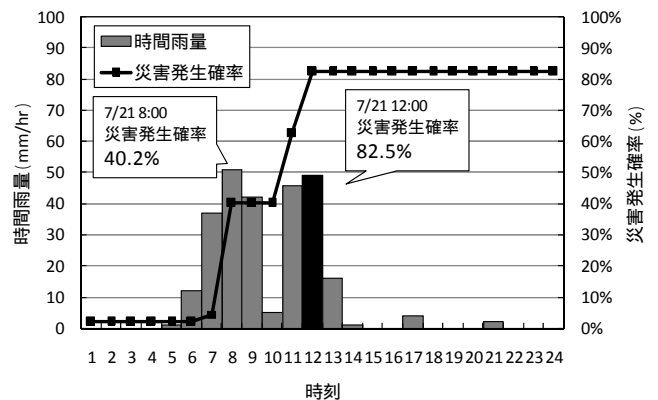


図-4 H21.7 山口県防府土砂災害の発生降雨と災害発生確率の関係(国土交通省 真尾観測所)

危険性が極めて高い状態であったことが示されている。

6. まとめ

土砂災害の発生・非発生の実績を用いて構築したロジスティック回帰モデルによって算出した災害発生確率 $P(x)$ は、モデルの構築に用いた災害実績だけでなく、H21年7月21日に山口県防府市で発生した土砂災害に関しても適合可能な有効なモデルであった。このため、篠崎ら²⁾の提案する手法は、災害発生の危険性を災害発生確率としてより明瞭に表現する上で非常に有効な手法であると考えられる。

参考文献

- 1) 天野篤: 土砂災害を事前回避するための情報, 日本災害情報学会誌, No.5, pp.19-24, 2007.
- 2) 篠崎嗣浩, 福田賢司, 大石博之, 杉原成満, 古川浩平: ロジスティック回帰分析を用いた土砂災害発生危険基準線の確率的評価, 土木学会論文集 F, Vol. 66, No.1, pp.122-131, 2010.