

豪雨発生確率評価と土砂災害フラジリティ評価を活用した土砂災害切迫性評価手法の提案

国土交通省国土技術政策総合研究所 野呂 智之、神山 嬢子※、鈴木 大和、戸舘 光
 中電技術コンサルタント株式会社 ○池田 寛、倉本 和正、杉原 成満
 (※現 国立研究開発法人土木研究所)

1 はじめに

近年、豪雨により大規模な土砂災害が毎年のように発生している。特に、短時間の豪雨の場合には、降雨状況が急激に変化するため、避難を実施することができなくなるケースもある。このような状況に対して、適切に避難を行うためには、降雨状況が悪化する前に豪雨の発生や土砂災害の発生の切迫性を把握することが重要であると考えられる。このような背景を踏まえ、本検討では、先行的に土砂災害発生の切迫性を評価する手法（以下、土砂災害切迫性先行評価）を提案する。

2 土砂災害切迫性先行評価の概要

先行的に土砂災害の切迫性を評価するためには、①土砂災害の誘因となる豪雨の発生予測と②豪雨による土砂災害の発生予測が必要である。

これらについて、既往の研究成果より、①15時間先まで予測値が算出できる気象環境指標を用いた豪雨の発生予測技術※¹と②降雨規模に応じた土砂災害の発生確率を評価できる土砂災害フラジリティ評価※²がそれぞれ活用できるのではないかと考えた。

そこで、上記2つの技術を組み合わせ、15時間先の気象環境指標から豪雨の発生確率を評価し、その降雨規模から土砂災害の発生確率を評価する土砂災害切迫性先行評価を検討した。

3 豪雨発生確率評価

豪雨発生確率評価では、気象環境指標の15時間先予測値を用いて、実況の雨量の大きさを予測する推定式を作成した。

対象地域は、土砂災害発生実績が多く、近年でも甚大な被害が発生している広島県とした。

雨量の大きさには、土砂災害警戒情報の発表基準に用いられる RBFN 出力値を用いた。RBFN 出力値は、土壌雨量指数と 60 分間積算雨量（解析雨量）により表される降雨の大きさを示す指標である。RBFN 出力値を算出する際の応答曲面データの設定では、國友ら※²

が指摘している課題が解消できるように調整した RBFN パラメータを用いた。

気象環境指標は、國友ら※³の研究で注目している KI、SSI、SREH、PW、CFLX（MSM データより算出）の5種類から、RBFN 出力値と有意差があるものを t 検定により選定し、SSI と PW を採用した。

使用データは、2006 年～2015 年（5 月～11 月）の10年間とし、ロジスティック回帰分析により当該評価を実施した。

ロジスティック回帰分析では、目的変数を任意の規模以上（RBFN 出力値で分類）の降雨の発生・非発生とし、説明変数を SSI および PW とした。RBFN 出力値は、0～1 の範囲をとるため（0 に近いほど大規模な降雨）、0.1 毎に分類し、それぞれの降雨規模について降雨発生確率を算出する推定式を作成した。なお、RBFN 出力値 0.4 以下では、RBFN 出力値と SSI および PW に有意差がないため、RBFN 出力値 0.5 以上について推定式を作成した。作成した推定式は式(1)、(2)および表-1 のとおりである。

4 土砂災害フラジリティ評価

土砂災害フラジリティ評価では、土砂災害の発生実績と災害発生時の RBFN 出力値を用いて、降雨規模に応じた土砂災害発生確率の推定式を作成した。

当該評価では、1989 年～2015 年の 27 年間のデータを使用した。RBFN 出力値は、豪雨発生確率評価と同様の手法により算出し、土砂災害発生実績は、広島県砂防課から提供していただいたデータを用いた（土石流 323 件、がけ崩れ 918 件）。

土砂災害発生確率は、倉本ら※¹と同様の方法を用いて算出し、降雨規模と土砂災害発生確率の関係を

$$P(x)_i = (\text{発生} | \text{SSI}, \text{PW}) = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

・・・式 (1)

$$Z = \beta_0 + \beta_1 \times \text{SSI} + \beta_2 \times \text{PW}$$

・・・式 (2)

$P(x)_i$: 降雨規模 i の降雨発生確率

SSI, PW : 気象環境指標

β : 推定値

表-1 係数算定結果

RBFN 出力値	β		
	定数項	SSI	PW
0.5以下	-6.84	-0.38	0.07
0.6以下	-6.26	-0.39	0.07
0.7以下	-4.93	-0.50	0.06
0.8以下	-4.17	-0.35	0.06
0.9以下	-3.99	-0.32	0.07

整理した。この結果を用いて、ロジスティック関数により RBFN 出力値の大きさに応じた土砂災害発生確率の推定式を作成した。作成した推定式は図-1 のとおりである。

5 土砂災害切迫性先行評価

豪雨発生確率評価と土砂災害フラジリティ評価を組み合わせ、SSI と PW の 15 時間先予測値から土砂災害発生確率を評価した。

豪雨発生確率に土砂災害発生確率を乗算することで、気象環境指標から土砂災害発生確率を評価することが可能と考えられる。しかしながら、豪雨発生確率評価でのアウトプットは、任意の降雨規模以上（例えば、RBFN 出力値 0.7 以上=0~0.7）の豪雨発生確率であるのに対し、土砂災害フラジリティ評価のインプットは、任意の降雨規模（例えば、RBFN 出力値 0.7）である。このため、双方を乗算するにあたり、降雨規模を RBFN 出力値 0.1 単位（0.9~0.8、0.8~0.7、・・・、0.6~0.5、0.5 以下）で換算することとした。豪雨発生確率は、各算出結果の差分により換算し（図-2 参照）、土砂災害フラジリティについては、各算出結果の中央値により換算した（図-3 参照）。

このような方法を用いて、2014 年 8 月 20 日の広島市の災害について土砂災害発生確率の評価を実施した。その結果、表-2 に示すように、土砂災害発生確率は 11.0%となった。

6 おわりに

豪雨発生確率評価と土砂災害フラジリティ評価を組み合わせることで、2014 年 8 月 20 日の広島市の災害に対して、15 時間前（データの受信・処理を踏まえると約 12 時間前）に 11.0%の確率で発生を予測できることが確認された。

今後は、少雨時などの災害発生の可能性が低い降雨での土砂災害発生確率を確認し、本手法の有効性を検証したいと考えている。また、12 時間先や 9 時間先などのその他の予測値データを活用することで、精度向上を図りたいと考えている。

【謝辞】

本検討において、広島県砂防課より、土砂災害発生実績データを提供していただいた。ここに感謝の意を表します。

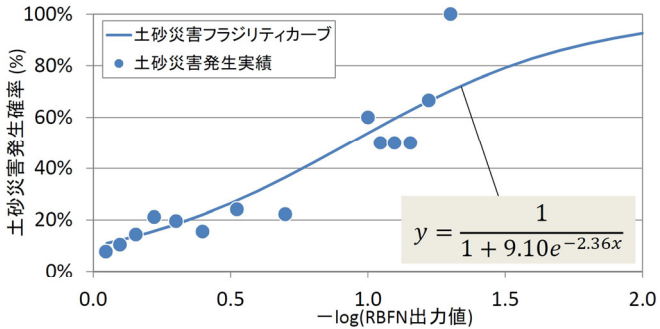


図-1 推定式の算定結果

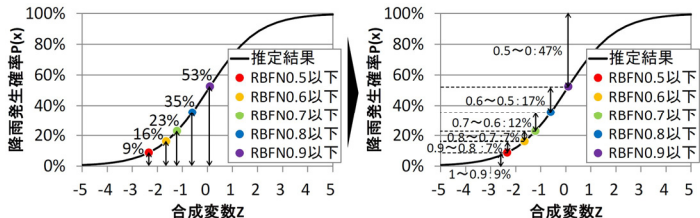


図-2 豪雨発生確率の算出例

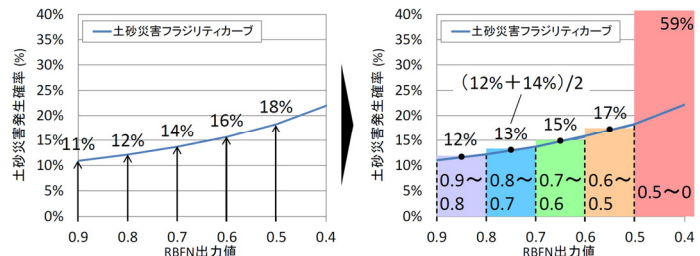


図-3 土砂災害発生確率の算出例

表-2 土砂災害切迫性先行評価の計算結果
(2014 年 8 月 20 日広島市災害)

項目	RBFN出力値毎の各確率					
	～0.9	0.9～0.8	0.8～0.7	0.7～0.6	0.6～0.5	0.5～
豪雨発生確率評価	47%	17%	12%	7%	7%	9%
土砂災害フラジリティ評価	×	×	×	×	×	×
土砂災害発生確率	0%	12%	13%	15%	17%	59%
降雨規模毎の土砂災害発生確率	0%	2.0%	1.6%	1.0%	1.3%	5.2%
土砂災害発生確率	上段合計 11.0%					

【参考文献】

- 1) 倉本和正ら：降雨規模に応じた「土砂災害の発生しやすさ」の確率的評価、平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.534～535、2017.5
- 2) 國友優ら：降雨出現確率法に基づく土砂災害発生危険基準線の信頼性向上に関する一考察、平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.A-256～257、2015.5
- 3) 國友優ら：土砂災害発生予測の精度向上に向けた集中豪雨生起ポテンシャル評価の試み、平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.B-184～185、2016.5