

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

国土交通省近畿地方整備局河川部地域河川課 大西民男, 国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 西條俊和
中電技術コンサルタント株式会社 ○倉本和正, 杉原成満, 秦 雅之, 大賀知将, 山野 亨, 武田紗也香

1. はじめに

平成 26 年 11 月に土砂災害防止法が改正され、土砂災害警戒情報の提供の義務付けが明記された。それに伴い、土砂災害警戒情報の発表に伴う避難勧告の発令も増加傾向にあるが、依然として、当該情報発表後も避難勧告が発令されないケースが多くみられる。

その一因は、土砂災害警戒情報が二値的な評価であるため、土砂災害警戒情報の発表以降、降雨規模の増加に伴う土砂災害の切迫性を十分伝達できないことと考えられる。そのため、その課題解消に向けては、土砂災害の切迫性がこれまで以上に伝わる情報を作成・伝達することが重要である。

本検討では、上記を踏まえて、木津川上流域における U 市を対象に、降雨規模に応じた「土砂災害の発生しやすさ」を確率的に評価（以下、土砂災害フラジリティ）するとともに、それを用いた「切迫性指数」を提案した。

なお、切迫性指数は、土砂災害警戒情報との整合を図るために、土砂災害警戒情報の発表基準（Critical Line：以下、CL）の基となる応答曲面を活用することとした。

2. 使用データ

本検討では、2006 年 1 月～2015 年 12 月（10 年間）における降雨資料（1km 格子の解析雨量）と土砂災害履歴を用いた。ただし、ここでは、検討結果の信頼性を高めるために、対象範囲を三重県、奈良県全域に拡大して、より多くの事例を収集した。

本検討で収集した土砂災害履歴は、図-1 に示すとおりである。

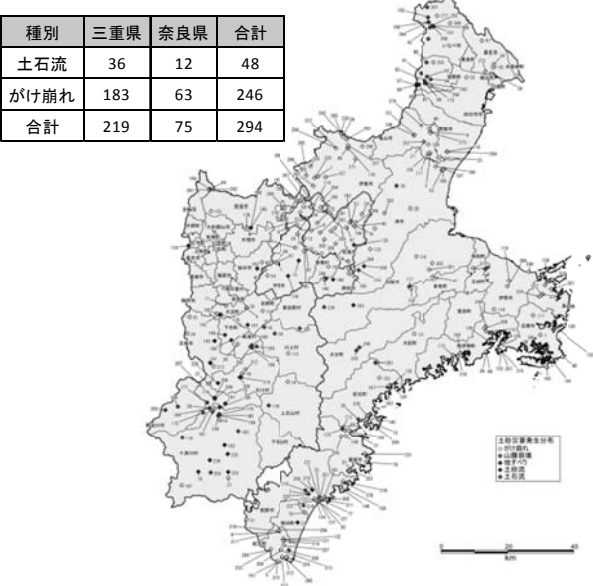


図-1 土砂災害発生分布図

3. 応答曲面の設定

収集した降雨資料を用いて、降雨出現確率法に基づく応答曲面を設定した。なお、応答曲面の設定に際しては、國友ら¹⁾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。

4. 警戒判定の実施

警戒判定では、各市町村に含まれる降雨メッシュの雨量を用いて、市町村ごとにスネークラインが一定の RBFN 出力値を超過した降雨数（以下、超過降雨数）を整理した。また、その降雨で土砂災害が発生している場合は、土砂災害発生降雨数についても整理した。超過降雨数のカウント方法のイメージを図-2 に示す。

図-2 (a) の例では、スネークラインが RBFN 出力値 0.8 を超過（0.7 には未到達）しているため、超過降雨数は、RBFN 出力値 0.9、0.8 でそれぞれ 1 回カウントする。

また、図-2 (b) の例では、スネークラインが RBFN 出力値 0.5 を超過（0.4 には未到達）しているため、超過降雨数は、RBFN 出力値 0.9、0.8、0.7、0.6、0.5 でそれぞれ 1 回カウントする。また、この降雨は、RBFN 出力値 0.6 超過時点で災害が発生しているため、RBFN 出力値 0.6 と、その後に超過した RBFN 出力値 0.5 を土砂災害発生降雨数として、それぞれ 1 回カウントする。

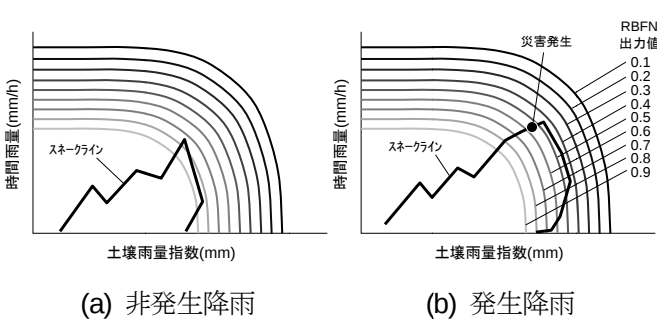


図-2 超過降雨数のカウント方法のイメージ

5. 土砂災害フラジリティ評価

上記の警戒判定結果を RBFN 出力値ごとに整理した結果を表-2 に示す。また、表には、RBFN 出力値ごとに、発生降雨数を超過降雨数で除して算出した発生確率も記載している。

表より、RBFN 出力値 0.9 超～0.2 の区間には、ある程度の降雨数が確認できるが、RBFN 出力値 0.1 になると、超過降雨数が 17 回と少なくなっている。本検討では、検討結果の統計的な信頼性を確保するために、RBFN 出力値 0.1 のデータは参考値として扱うこととした。

表-2 RBFN 出力値ごとの超過降雨数および発生確率

RBFN出力値	0.9超	0.9	0.8	0.7	0.6
-LOG(RBFN出力値)	0	0.05	0.10	0.15	0.22
超過降雨数	57,079	2,549	1,500	890	534
発生降雨数	73	37	31	29	34
発生確率	0%	1%	2%	3%	6%

RBFN出力値	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
-LOG(RBFN出力値)	0.30	0.40	0.52	0.70	1.00
超過降雨数	331	211	128	71	17
発生降雨数	31	27	25	21	6
発生確率	9%	13%	20%	30%	35%

表-2 を基に設定した土砂災害フラジリティ曲線を図-3 に示す。土砂災害の発生確率は、0～100%の範囲であるため、単純な増加関数では表現できない。そのため、本検討では、ロジスティック曲線を用いて RBFN 出力値と発生確率の関係を近似した。また、RBFN 出力値は、指数関数的に減少するため、x 軸には、RBFN 出力値の対数値 (-log(RBFN 出力値)) を用いている。

図より、RBFN 出力値 0.2 で土砂災害の発生確率は、30%であり、それ以上の降雨量になると、急激に発生確率が高まるものと推察される。

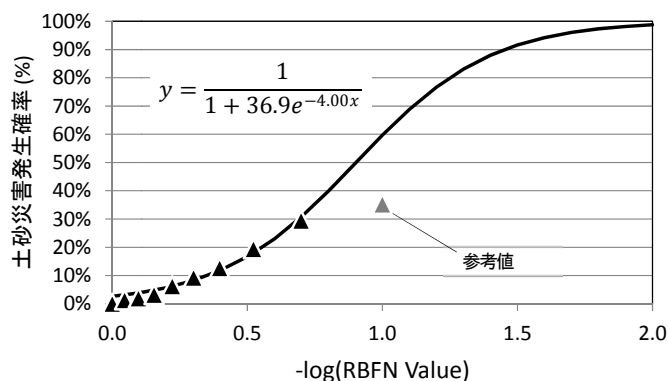


図-3 土砂災害フラジリティ曲線

6. 土砂災害切迫性指数

切迫性の伝達に対しては、土砂災害フラジリティ評価結果（発生確率）が有効であるが、発生確率をそのまま伝達すると、状況によっては「安全情報」として認識される恐れがある。

そこで、本検討では、現在運用されている土砂災害警戒情報との整合性を考慮し、発生確率の比を用いて「切迫性指数」として表現することとした。

切迫性指数の作成方法は、以下のとおりである。

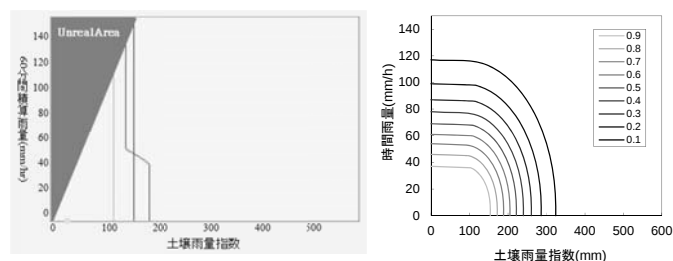
- 1) 対象地域の降雨メッシュにおいて、現行 CL と設定した等値線を比較し、同水準とみなされる RBFN 出力値を抽出する。
- 2) 抽出した RBFN 出力値における発生確率とそれ以外の RBFN 出力値における発生確率の比率を切迫性指数とする。

切迫性指数の算出にあたって、まず、現行 CL と設定した等値線の比較を行った。対象地域における現行 CL および設定した等値線は、図-4 に示すとおりである。

本検討では、応答曲面の設定に際して RBFN パラメータを変更しているため、等値線と CL の形状は若干異なる。そのため、ここでは、土壌雨量指数の最大値が同程度となる等値線を CL と同水準とみなした。

図より、現行 CL における土壌雨量指数の最大値（x 切片）は、180mm 程度であり、RBFN 出力値 0.7 の等値線の土壌雨量指数が概ね同等であることがわかる。そのため、各 RBFN 出力値の切迫性指数は、RBFN 出力値 0.7 の等値線を基準として算出した。算出結果を表-3 に示す。

表より、発生確率は、RBFN 出力値 0.5～0.4 で 2 倍、0.4～0.3 で 3 倍のように、降雨規模（スネークラインの状況）に応じて段階的に表現できる。したがって、切迫性指数を用いることで、土砂災害警戒情報発表後も、継続的に切迫性を伝達することが可能である。



(a) 現行 CL

(b) 等値線

図-4 現行 CL と設定した等値線の比較

（現行 CL は、奈良県土砂災害・防災情報システムより引用）

表-3 各 RBFN 出力値における切迫性指数

RBFN出力値	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
-LOG(RBFN出力値)	0.05	0.10	0.15	0.22	0.30	0.40	0.52	0.70	1.00
発生確率	3%	4%	5%	6%	8%	12%	18%	31%	60%
切迫性指数(比率)	0.7	0.8	1.0	1.3	1.7	2.5	3.8	6.4	12.4

7. おわりに

土砂災害警戒情報を避難勧告等に結びつける取り組みを一層活発化させるためには、土砂災害警戒情報と併せて切迫性指数を活用することが有効であると考えられる。

今後は、さらにデータを蓄積し、土砂災害フラジリティの精度向上を図るとともに、実用化に向けた課題の検討が必要である。

参考文献

- 1) 國友 優，神山嬢子，倉本和正，池田 寛，秦 雅之，來須洋二：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.