

土砂災害警戒情報の空振りの軽減を目的とした 発表基準の検討 ～フラジリティ評価手法の提案と活用事例～

いけだひろし くらもとかずまさ
池田 寛¹・倉本和正¹

¹中電技術コンサルタント（株）（〒734-8510 広島県広島市南区出汐二丁目3番30号）

土砂災害警戒情報は、市町村の避難勧告の発令等を支援する情報であるが、空振りが頻発するため、避難勧告の発令に対して十分に活用されていない。そのため、土砂災害警戒情報の喫緊の課題は、空振りの軽減である。また、空振りの頻発は、再現性が低い災害発生降雨を対象として、土砂災害警戒情報の発表基準（CL）を設定していることが要因であると推察される。

本検討では、土砂災害警戒情報の空振りを軽減するため、CLの設定において、フラジリティ評価を提案し、これを活用して客観的に再現性が低い災害発生降雨を除外した。その上でCLを設定した結果、本検討で設定したCLは、従来のCLよりも空振りが大幅に軽減された。

Key Words : 土砂災害警戒情報, 避難勧告, CL, フラジリティ, 災害発生確率

1. はじめに

山地が多い我が国では、近年の異常気象により土砂災害が頻発している。近年の土砂災害による死者は、平成26年8月豪雨において77名¹⁾、平成29年7月九州北部豪雨において20名²⁾、平成30年7月豪雨において広島県のみでも87名¹⁾に及んだ。

このような現状から、行政は、ハード対策やソフト対策を講じ、土砂災害による人的被害の防止・軽減に取り組んでいる。特に、ソフト対策は、ハード対策に比べて要する時間・労力・費用が小さいため、近年の土砂災害対策にとって非常に重要である。

都道府県や地方気象台は、ソフト対策として、市町村の避難勧告の発令等を支援するために、土砂災害警戒情報（以下、土砂警）を発表している。

しかしながら、土砂警は、発表しても土砂災害が発生しない、いわゆる空振りが頻発しており、避難

勧告の発令に活用されないケースが多い。そのため、市町村が適切に避難勧告を発令し、住民の避難の実効性を高めるには、土砂警の空振りを軽減し、その信頼性を向上させることが重要である。

本稿は、山口県を対象に、土砂警の空振り軽減を目的として取り組んだ土砂警の発表基準（以下、Critical Line : CL）の検討を報告するものである。

2. CL設定方法の概要

CLは、災害の発生・非発生を区分する雨量による基準であり、その雨量には、時間雨量と土壌雨量指数が用いられる。土砂警は、降雨状況（時間雨量と土壌雨量指数）を時系列で表したスネークラインがCLを超過した場合に発表される（図-1参照）。

CLの設定では、まず、人工知能であるRBFネットワークにより、時間雨量と土壌雨量指数を用いて、降雨の発生頻度を表す応答曲面を作成する（図-2参照）。

この応答曲面の鉛直方向の指標は、降雨の発生頻度を表すRBFN出力値であり、RBFN出力値は、0～1（0：発生頻度低、1：発生頻度高）で示される。なお、図-3は、図-2の応答曲面からRBFN出力値0.1毎の等値線を抽出したものである。

次に、図-3に示す平面上に、土砂災害が発生した降雨（以下、災害発生降雨）のスネークラインを追加し、災害発生時の降雨の内側の曲線を9本の曲線から1本選定する。この選定された曲線がCLとなる³⁾（図-4参照）。

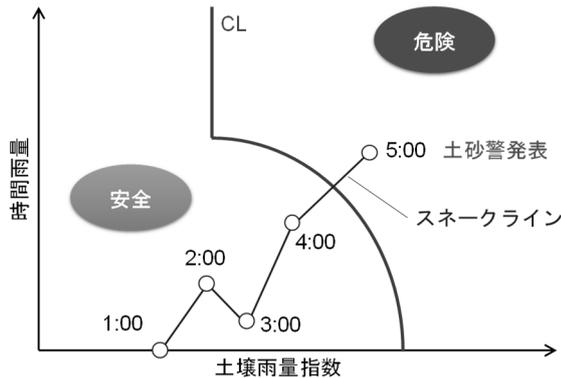


図-1 CLと土砂警発表の関係

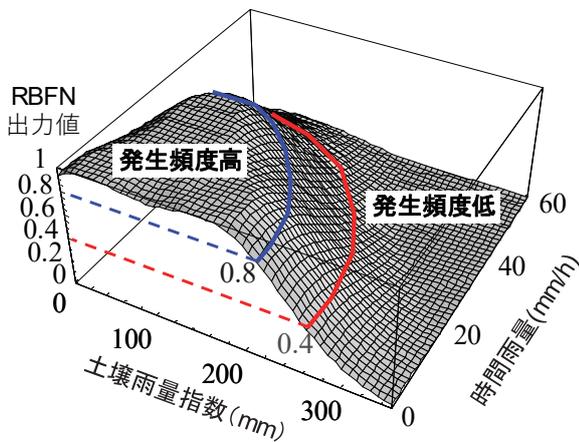


図-2 応答曲面の概念図

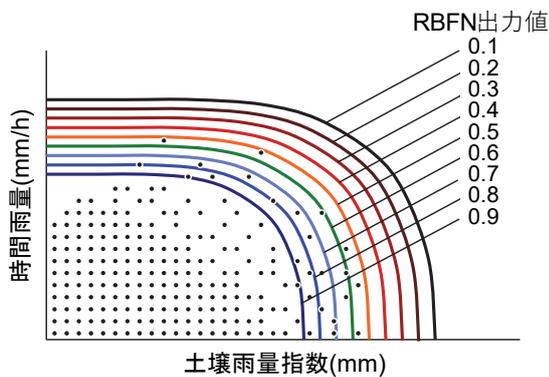


図-3 RBFN出力値の等値線

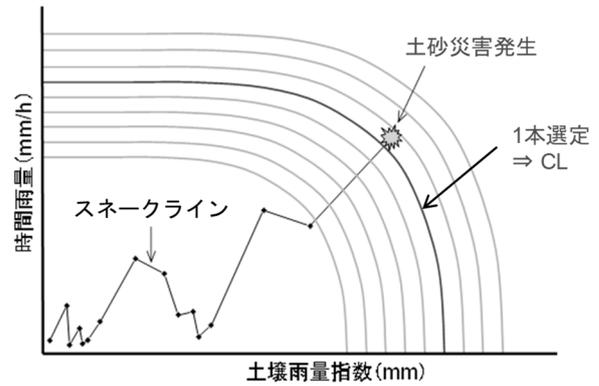


図-4 CL設定方法の概念図

3. CL設定の課題

CLは、降雨の発生頻度の異なる9本の曲線から、災害発生降雨を用いて設定される。つまり、CLの大きさは、災害発生降雨によって左右される。そのため、災害発生降雨は、CLの設定において、非常に重要なデータである。

しかし、土砂災害は、様々な要因が複雑に絡みあって発生するため、過去の災害発生降雨と同様な降雨を受けても発生しない場合がある。特に、小規模な土砂災害は、このようなケースが多い。以下では、土砂災害が発生しない場合が多い過去の災害発生降雨を「再現性が低い災害発生降雨」、その災害を「再現性が低い災害」と定義する。

再現性が低い災害発生降雨を用いてCLを設定した場合、CLは、基準を超過しても土砂災害が発生しない場合が多くなる。つまり、このCLを用いると空振りが頻発する。そのため、土砂警の空振りを軽減するには、再現性が低い災害発生降雨を除外してCLを設定する必要がある。

しかし、現状では、再現性が低い災害発生降雨を除外する方法は確立されていない。

4. CLの設定

(1) フラジリティ評価の提案

本検討では、再現性が低い災害発生降雨を除外するために、フラジリティ評価の活用を提案した。

フラジリティ評価とは、地震や津波の分野で活用されているフラジリティ解析を土砂災害の分野に応用したものである。フラジリティ解析では、地震や津波の外力を与条件として被害発生確率を求めるのに対し、フラジリティ評価では、降雨規模を与条件として災害発生確率を求める（図-5参照）。

したがって、フラジリティ評価を活用すれば、降雨規模と災害発生確率（再現性）の関係を一義的に

評価することができる。そのため、再現性が低い災害発生降雨を客観的かつ効率的に除外することができると考えられる。

フラジリティ評価は、具体的に以下の方法で実施した。フラジリティ評価の実施結果は、図-6に示すとおりである。

＜フラジリティ評価の実施方法＞

- ① 山口県内で発生した降雨を、RBFN出力値毎に災害発生降雨数と災害非発生降雨数に分けて整理。
- ② RBFN出力値毎に、災害発生確率を算出。
- ③ 災害発生確率の実績値をロジスティック曲線で近似して、フラジリティ曲線を作成。

図-7は、フラジリティ評価の活用事例として、防府市を中心に120件の土砂災害が発生した平成21年7月21日豪雨災害について、災害発生確率30%を基準に災害を分類した結果である。

この図より、集中的に発生した災害と散発的に発生した災害を概ね分類できていることが確認できる。

散発的に発生する災害は、小規模であり再現性が低い場合が多いと想定される。そのため、フラジリティ評価を活用することで、再現性が低い災害発生降雨を除外することができると考えられる。

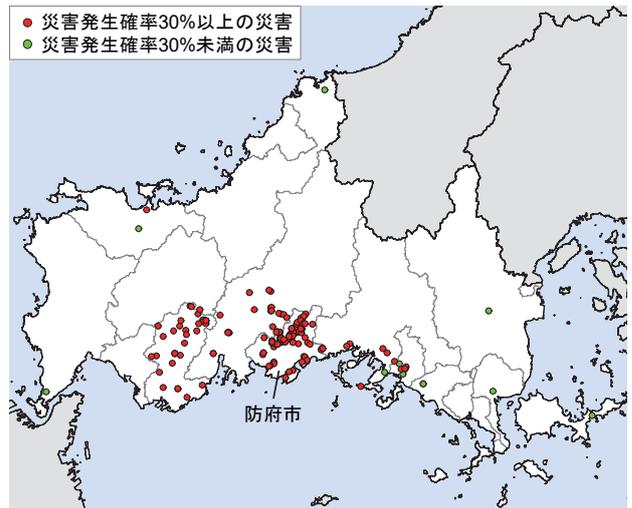


図-7 フラジリティ評価の活用事例

(2) ヒアリング調査の実施

先述したとおり、フラジリティ評価を活用することで、再現性が低い災害発生降雨を除外することができると考えられたが、土砂警を避難勧告の発令に有効なものにするためには、フラジリティ評価の活用において、どの程度の災害発生確率を目安とするかが重要である。

そこで、本検討では、土砂警の利用者である市町の防災担当者へヒアリングを行い、土砂警に要求される災害発生確率の調査を行った。

その結果、土砂警に要求される災害発生確率は約30%であること、市町の防災担当者が避難勧告を発令すべきと考えている豪雨災害は、平成21年7月豪雨災害（土砂災害120件）、平成25年7月豪雨災害（土砂災害72件）、平成26年8月豪雨災害（土砂災害76件）のような著名な災害であることが確認できた。

この結果を踏まえてフラジリティ評価を活用し、CLの設定には、図-8に示す災害（発生降雨）を用いることとした。

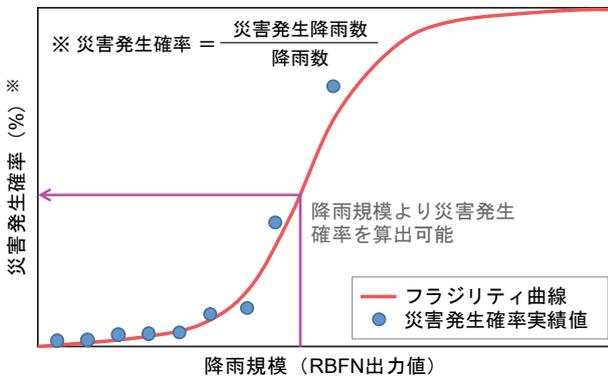


図-5 フラジリティ評価の概念図

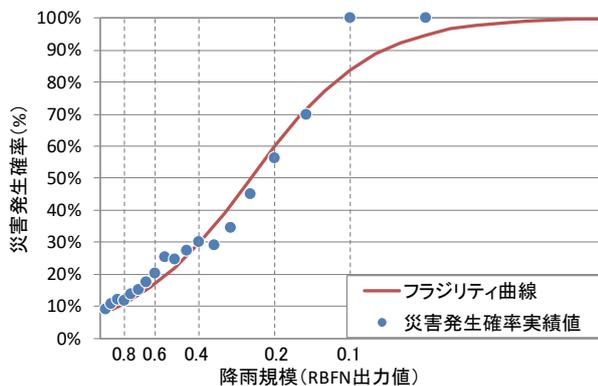


図-6 フラジリティ評価の実施結果

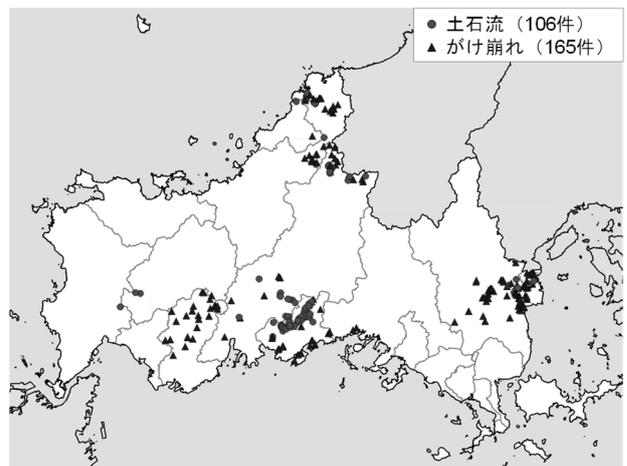


図-8 CL設定に用いた災害

(3) CLの設定

CLは、**図-8**に示す災害をすべて捕捉できるように、その災害発生降雨を用いて設定した。設定したCL(以下、新CL)の代表例として、防府市と岩国市の新CLを**図-9**に示す。

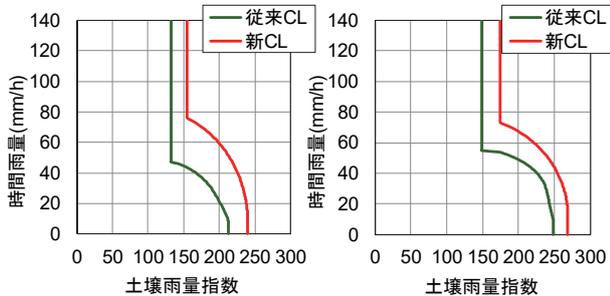


図-9 新CLの代表例(左:防府市、右:岩国市)

5. CLの有効性の検証

新CLの有効性を確認するため、長期間を対象に、従来運用していたCL(以下、従来CL)と新CLの精度の比較を行った。

また、新CLは平成29年に設定したが、その後、平成30年7月豪雨により山口県で土砂災害が多発したため、当該豪雨についても精度の検証を行った。

(1) 長期間を対象とした検証

2006年から2017年の12年間を対象に、従来CLと新CLの災害捕捉率および空振り率を算出した。災害捕捉率は、いずれのCLも100%であったため、空振り率の算出結果を表-1に示す。

この表より、新CLは、従来CLよりも空振り率が21%も低く、空振り率が大幅に軽減されていることが確認された。

表-1 従来CLと新CLの空振り率の比較

市町名	空振り率		市町名	空振り率*	
	従来CL	新CL		従来CL	新CL
下関市	87%	75%	美祢市	100%	75%
宇部市	80%	75%	周南市	100%	50%
山口市	73%	0%	山陽小野田市	100%	100%
萩市	88%	67%	周防大島町	100%	—
防府市	90%	0%	和木町	50%	0%
下松市	100%	100%	上関町	100%	—
岩国市	88%	80%	田布施町	100%	100%
光市	100%	100%	平生町	100%	—
長門市	100%	100%	阿武町	75%	50%
柳井市	100%	100%	山口県全体	91%	70%

*※表中の「—」はCL超過がないことを示す。

(2) 平成30年7月豪雨を対象とした検証

平成30年7月豪雨における土砂災害の発生状況および従来CLと新CLの超過状況を**図-10**に示す。

この図より、いずれのCLもすべての土砂災害を捕捉できているが、新CLを用いた場合、従来CLで空振りとなる5km格子が100格子から38格子に減少(62%減少)していることが確認された。また、これに伴い、空振りとなる市町は、13市町から6市町へ減少(54%減少)した。

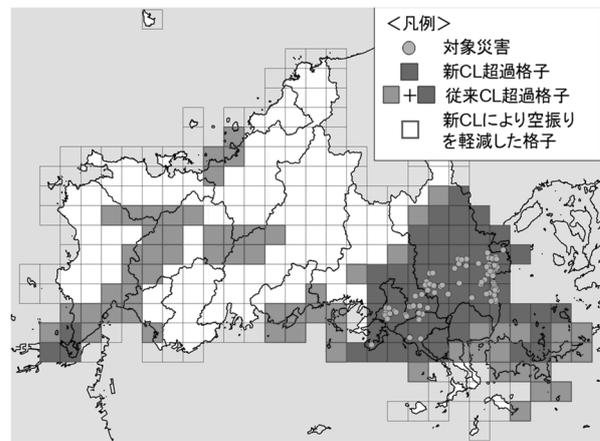


図-10 平成30年7月豪雨の土砂災害発生状況および新CLと従来CLの超過状況

6. おわりに

本検討では、フラジリティ評価を活用して、再現性が低い災害発生降雨を除外し、新CLを設定した。その結果、新CLは、従来CLよりも空振り率が大幅に軽減された。また、CLの設定に用いていない平成30年7月豪雨災害に対しても、従来CLより適切に土砂災害の危険度を評価できていた。

現状では、多くの自治体が土砂警の空振り頻発の問題を抱えている。本検討方法は、全国的に適用することが可能であるため、他の自治体でも活用し、CLの改善に取り組んでいきたいと考えている。

謝辞: 本稿は、山口県より受託した業務成果を活用して作成したものである。ここに記して、関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 過去の主な土砂災害, 広島県砂防課,
<https://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal/sonota/saigai/002dosya.htm#header>
- 土砂災害発生事例, 国土交通省水管理・保全局砂防部,
<http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/jirei.html>
- 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), 国土交通省河川局砂防部・気象庁予報部・国土交通省国土技術政策総合研究所, 平成17年6月