

福岡県筑後地方におけるレーダ AMeDAS 降雨データを用いた土砂災害発生の予測について

福岡工業大学社会環境学部 正会員 森山聡之
 福岡工業大学社会環境学部 学生会員 木下澄香
 熊本高等専門学校建築社会デザイン工学科 正会員 森下功啓
 NPO 法人社会実装 フェロー 平野宗夫

1. はじめに

台風19号によって2019年11月25日時点で関東や東北地方を中心に土石流や地滑りなどの土砂災害が発生し、その件数は962件にも上ったり、日本では毎年土砂災害やそれによる人的被害も多く発生している。この土砂災害の被害を抑える上で、法面整備や砂防ダム等のハード面では全ての被害を抑えることは容易ではない。そのため、土砂災害の発生予測やそれによる警報の精度を上げることなどのソフト面の対策も必要である。2017年に九州北部豪雨で被害のあった福岡県筑後地方を対象として、平野の斜面要素集合モデル²⁾(以下 SEAM)の図解法を AMeDAS の 10 分間隔地上雨量計データに適用した。それによる斜面の到達時間は AMeDAS 朝倉では不明確であった³⁾。そこで土砂災害発生地点の真上の降雨量が得られるレーダ AMeDAS のデータを使用して予測を行えば、精度が向上する可能性があるため、その雨量データを用いた土砂災害の発生の予測を試みた。

2. 方法

2.1 斜面要素集合モデル (SEAM)による図解法

現在気象庁で用いられている土壌雨量指数はタンクモデルをベースとし全国一律のパラメタである。そのために各流域の斜面の条件に対応していない⁴⁾、あと何mm降れば何%の確率で土砂災害が起こるのかを容易に求められない、といった課題がある。これに比べ SEAM では地域ごとの土砂災害予測を行うことができるので、それら土壌雨量指数の課題を解決可能である³⁾。

土砂災害の発生限界雨量 R_c は以下の式(1)のようになる。

$$\int_{t_s-T}^t r \cos\theta dt \geq \frac{H_c k T_s}{\ell} \tan\theta = R_c \quad (1)$$

ここに、 r : 降雨強度、 H_c : 中間層の水位、 T_s : 斜面の到達時間、 θ : 斜面の傾斜角、 ℓ : 斜面長、 k : 透水係数である。

式(1)により土石流の発生は到達時間とその間の雨量によって求められる。ここで累加雨量 $R(t, T)$ は下式(2)で求めることができる。

$$R(t, T) = \int_{t-T}^t r dt \quad (2)$$

ここに時刻 t 、時間 T である。式(2)を用いて累加雨量の最大値を求めると発生限界雨量 $R_{max}(t)$ は

$$R_{max}(t) = \max[R(t, T)] \quad (3)$$

である³⁾。式(3)による土砂災害の不発生の上限と発生の下限の漸近線は、図1のようになり、理論的には到達時間 T のところで両者は一致するはずである。しかし実際には、降雨データ等に誤差があるために図2のように交差せずに開きが出るので、不発生の上限と発生の下限の両者の差が極小となった点(くびれ)を、到達時間 T とすればよいと考えられる⁵⁾。

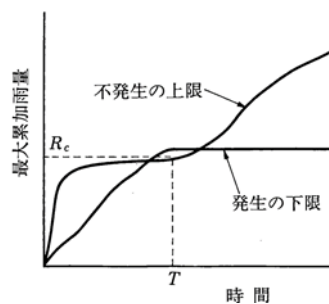


図1 理想的な土砂災害の発生限界³⁾

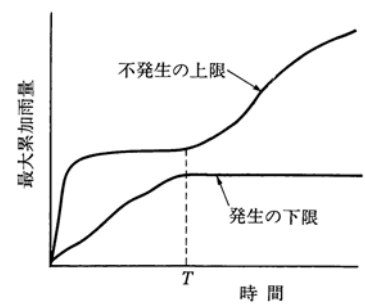


図2 実際の土砂災害の発生限界³⁾

2.2 対象地点の発生データとレーダ AMeDAS 降雨データ

SEAM による土砂災害発生予測に用いるデータは以下の通りである。発生予測の対象のデータについては福岡県砂防課提供の発生場所と時刻一覧表から使用する。AMeDAS 朝倉から 10km 圏内と AMeDAS 黒木から 10km 圏内で 1988 年～2015 年の間に土砂災害が発生した地点の座標データを取り出し、その対象地点の座標から真上の 1988 年～2017 年の間のレーダ雨量データを取り出した。そのレーダ雨量データは表 1 に示したように、年によってデータの時空間解像度に違いがある。よって、30 分雨量は 1 時間雨量になるように加算し、全ての年のデータを 1 時間雨量に揃えた。なお一雨は 24 時間以上の無降雨毎に区切って求めている。各発生地点において最後の降雨を発生データとし発生時刻で打ち切り、それ以前の全ての降雨のデータを不発生データとする。レーダ AMeDAS の 1 時間雨量に SEAM を適用し累加雨量最大値の計算を行った。

表 1 レーダ AMeDAS データ形式の変遷⁶⁾

期間	メッシュ区切り	時間間隔	測地系
1988年～2001年3月	5km四方	1時間	日本測地系
2001年4月～2003年5月	2.5km四方	1時間	日本測地系
2003年6月～2005年12月	2.5km四方	30分	世界測地系
2006年～	1km四方	30分	世界測地系

3. 結果・考察

表 1 に示す全ての期間のデータを用いて計算を行った結果、朝倉地域および黒木地域とも「くびれ」が見られず、到達時間 T が得られなかった。レーダ AMeDAS の 1988 年～2001 年 3 月のデータは 5km グリッドであり、地点の座標が 1 メッシュでもずれるとそのデータに空間的なずれが生じて目的の地点の数値を示

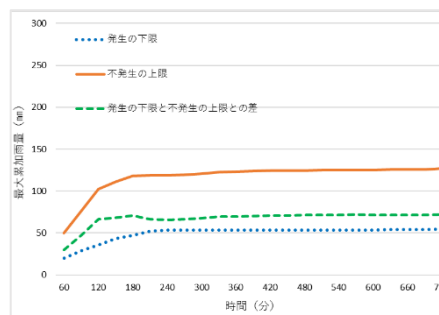


図 3 AMeDAS 朝倉から 10km 圏内における発生の下限と不発生の上限、及びその差

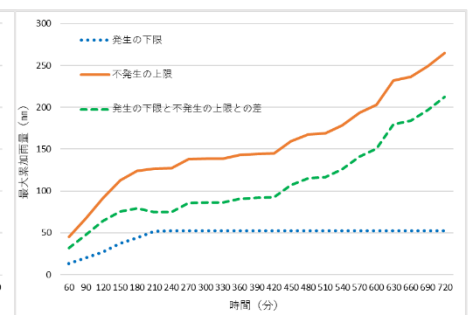


図 4 AMeDAS 黒木から 10km 圏内における発生の下限と不発生の上限、及びその差

していない可能性がある。そのため最もずれが生じにくい 1 km グリッドである 2006 年以降の雨量データを用いて 30 分毎の雨量値をそのまま用い再計算を行った。ここで発生データを朝倉地域では 5 件、黒木地域では 82 件、不発生データを朝倉地域では 32 件、黒木地域では 1092 件を使用している。その再計算結果を図 3 と図 4 に示す。これによれば朝倉地域では 3.5 時間、黒木地域では 3 時間の到達時間が得られ、この時間は先行研究^{3) 7)}の推定ともほぼ一致する。

まとめ

レーダ AMeDAS のデータを用い、斜面の到達時間が得られた。明確なくびれが見られない場合でも以前の研究³⁾では SEAM に人工ニューラルネットワーク(以下 ANN)やサポートベクターマシン (SVM) のような機械学習を組み合わせた場合に、かなりの精度で土砂災害発生予測が可能であったため、ある程度精度の高い雨量データを用意できれば、ANN や SVM 等の機械学習を用いることでさらに明確な結果が出る可能性が考えられる。今後は SEAM による図解法だけではなく、SEAM を用いた機械学習によっても発生予測計算を行いたい。

謝辞: 土砂災害の発生場所と時刻一覧表(福岡県土砂災害事例一覧表)をご提供いただいた福岡県砂防課、並びにレーダ AMeDAS を読む FORTRAN プログラムをご提供いただいた九州大学大学院西山浩司助教に深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省, 「平成30年の土砂災害発生件数が確定しました～平成30年は過去最多件数を記録～」, 2019.11.25閲覧最終日, https://www.mlit.go.jp/report/press/sabo02_hh_000068.html
- 2) 平野宗夫, 「土石流の発生とその予測」, 1994, 土木学会論文集
- 3) 森山聡之、外園慶明、平野宗夫, 「福岡県筑後地方における土砂災害発生限界累加雨量の算定と予測について」, 2018, 第9回土砂災害シンポジウム
- 4) 気象庁, 「土壌雨量指数」, 2019.12.25閲覧日, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>
- 5) 外園慶明, 「土砂災害発生予測について」, 2017, 卒業論文
- 6) JMBSC, 「過去の気象データ 解析雨量」, 2020.1.8閲覧, <http://www.jmbsec.or.jp/jp/offline/cd0100.html>
- 7) T.Moriyama, M.Hirano, Relationship Between Maximum Three-Hour Cumulative Rainfall and Landslide Area, 2018, the 21st IAHR-APD Congress 2018