

## 降雨イベントの非類似度に着目した土石流発生日の解析

名古屋大学・生命農学 伊藤和磨・田中隆文

### 1. はじめに

土石流は溪流内に堆積している不安定な土砂が、手中豪雨等により異常な出水の働きにより流動化し発生し、これを予測することは重要である。土石流の発生を解析するためには、ブラックボックス的に降雨から流出に至るプロセスを見るのではなく、降雨や土層圧といった様々な要因が絡む現象を分解し着目する要因を取り出して計算し、それらをメカニズムに基づいて組み立てれば山地の土石流についての説明がつくというのが一般的であった。しかし、実際に複雑な力学構造やその発生メカニズムを分析するのは容易ではなく降雨数に対して発生頻度の低い事象は十分な分析が困難であるとされている。

上記のように土石流の発生メカニズムを検証することは困難である。したがって想定外の事象を解析することが困難である現状を打開するため、今回の研究では従来の手法とは異なる方法で土石流予測を行い、台風による大洪水などの通常のパラメータから外れる想定外の事象を想定する手法の検討を目的とした。

### 2. 方法

本研究の先行研究として土石流と同様の発生頻度の低い洪水予測を行った結果がある。洪水予測を行った先行研究では東京大学演習林生態水文学研究所の演習林内の赤津研究林の白坂試験流域を解析の対象として選定した。また、2日間以上の無降雨を降雨イベントの区切りとし個々の降雨を区別し、一つの降雨イベントにはデータとして前日流量、当日の雨量、二日目までの積算雨量、三日目までの積算雨量、四日目までの積算雨量、日可能蒸発散量を入力し、可能樹蒸散量はHAMON法により計算し求めた。次にそれぞれの降雨イベントに対する流出量を通常の流出と洪水の二つの種類に分けることとした。1941~80年の流出量の上位5%以上の流出を洪水とみなし上位5%未満の流出を通常の流出とみなした。ここで入力した通常のパラメータから洪水データのパラメータがどれだけ違っているか(非類似度)を算出するためにマハラノビス距離を用いた。マハラノビス距離の算出方法は以下のものである。

$$\begin{aligned} \text{スカラー量 } \mathbf{x} &= (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n)^T \quad \text{その平均 } \bar{\mathbf{x}} \text{ とする。} \\ \mathbf{d}_M(\mathbf{x}, \bar{\mathbf{x}}) &= (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}})^T \boldsymbol{\psi}_x^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}) \\ \mathbf{d}_M &: \text{マハラノビス距離} \quad \boldsymbol{\psi}_x : \mathbf{x} \text{ の共分散行列} \end{aligned}$$

この研究によって得られた結果はマハラノビス距離により求めた降雨イベントと非類似度との間には正の相関がみられた。これは降雨イベントの非類似度が4日目流量と比例の関係にあることを示している。このことから降雨イベントの非類似性から流量を推測することに可能性があると考えられる。

本研究では台風などの発生頻度の低い想定外の事象を解析の対象としている。したがってマハラノビス距離による解析において各降雨イベント後の流出に対して、洪水であった流出を通常の流出であると判断した場合は「見逃し」、通常の流出を洪水であると予測した場合は「空振り」として定義し、解析結果においてどのような降雨において見逃しや空振りが多いか、または少ないかを考察した。考察する際計算された降雨イベントの内、洪水の当たり、見逃し、空振りの降雨イベント一つ一つをレーダーチャートに落とし込んだ。その結果どのパラメータが通常の降雨と異なっている(非類似している)ときに見逃しと空振りが多いかを考察することができた。

以上のような結果を踏まえて本研究では同様にマハラノビス距離による解析を土石流の発生予測に適用した。研究の対象とするのは長野県木曾郡上松町に位置する滑川北股沢で木曾川の左支川である。木曾駒ヶ岳（標高 2956m）を源流とする流域面積 6.2km<sup>2</sup>、流路延長 5.2km、平均河床勾配 1/3.2 の急勾配荒廃溪流である。今回使用したデータは滑川雨量観測所の雨量データである。解析期間は 1982 年～2002 年とする。（12 月～3 月は毎年冬季につき観測休止）また、解析期間中の土石流発生日は 1983 年 6 月 21 日、1983 年 7 月 17 日、1985 年 7 月 13 日、1988 年 8 月 6 日、1989 年 7 月 9 日、1993 年 7 月 14 日、1995 年 7 月 3 日、1995 年 7 月 21 日、1999 年 6 月 27 日、1999 年 9 月 15 日、1999 年 9 月 24 日の計 11 回。

降雨イベントとその非類似性を比較するために降雨イベントの定義を行った。今回の研究では 2 日間以上の無降雨を降雨イベントの区切りとし個々の降雨を区別した。降雨イベントの降雨期間の日数、総雨量、降雨期間内の最大日雨量、降雨期間内の最大 1 時間雨量の 4 つのパラメータを解析対象とした。また、今回設定したパラメータは仮に設定したパラメータであり、土石流の発生を予測するために最適化されたパラメータではない。また、降雨イベントのパラメータが分散からどの程度離れているかを検討するために本研究ではマハラノビス距離を用いて算出した。

### 3. 結果および考察

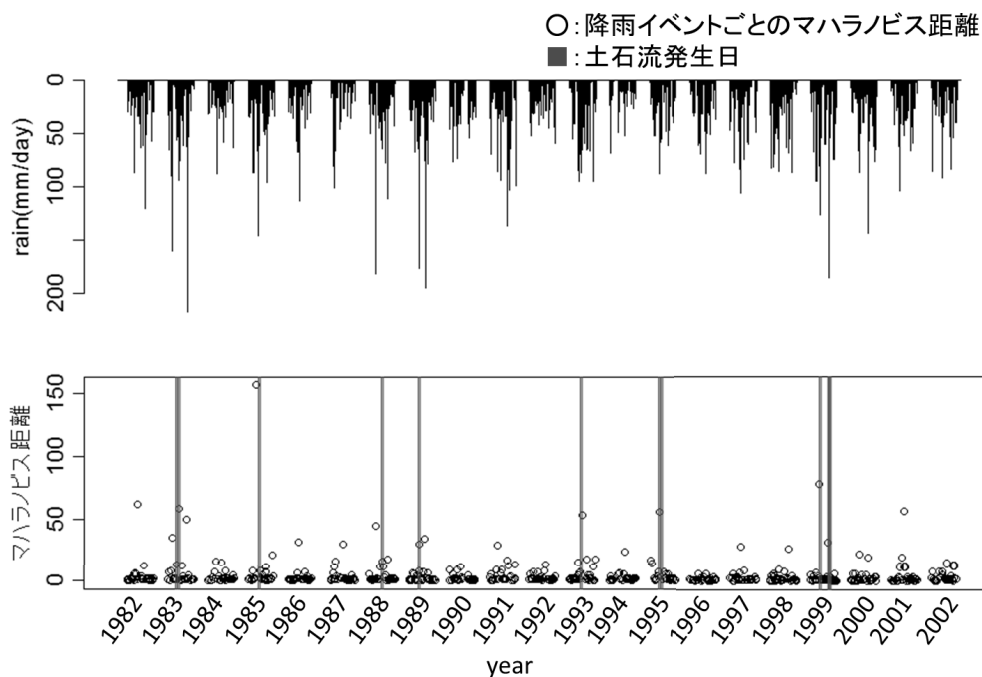


図.滑川北股沢の降雨イベントの解析結果

上図における本研究の結果から土石流発生日のマハラノビス距離は値が大きくなっていることがわかる。しかし現段階では見逃しも空振りも無視できないレベルでみられるため今後の研究では入力パラメータの検討が必要である。

先行研究である洪水予測と同様に空振りと見逃しの降雨イベント一つ一つをレーダーチャートに示し、ここから降雨イベントとマハラノビス距離にずれが生じる原因を考察した。現状使用データの日雨量が 24 時と 0 時で区切っているため連続した降雨を正しく評価できていないと考えられ、入力パラメータを日最大雨量ではなく 24 時間や 48 時間最大雨量にすべきだということが分かった。また土石流の発生機構から考察できる雨量以外のパラメータの入力を考察することが今後の課題である。