

83 山口県のがけ崩れ発生降雨パターンの統計分析

山口大学工学部 ○榊原弘之 中電技術コンサルタント 倉本和正 甲南大学理学部 中山弘隆
山口県土木建築部 鉄賀博己 大日本コンサルタント 篠崎嗣浩 山口大学工学部 古川浩平

1. はじめに

降雨はがけ崩れの発生に大きな影響を与えている。しかし、崩壊発生に至るメカニズムは複雑であり、どの時点の、どのような降雨指標を予測に用いるべきかについては、必ずしも明らかになってはいない。本研究では、がけ崩れ発生降雨の特徴分析を目的として、ラフ集合論に基づいた重要要因抽出手法¹⁾を適用した。

2. 降雨データの概要

2.1 降雨データの概要

本研究では山口県の気象庁下関観測所の降雨データを使用する。まず、前後に24時間以上の無降雨期間のあるひとまとまりの降雨を一連の降雨として定義する。その上で、期間中に対象観測所周辺(半径5km以内)の安山岩斜面でがけ崩れが発生した一連降雨を発生降雨、それ以外の一連降雨を非発生降雨と呼ぶ。非発生降雨は大量に存在するため、最大時間雨量20mm以上、もしくは累積80mm以上の非発生降雨に限定した。対象期間は昭和50年から平成10年までの24年間である。対象期間の発生降雨は80件、非発生降雨は111件である。

がけ崩れ発生に至る降雨パターンを抽出するためには、基準時刻における時間雨量、累積雨量のみでなく、発生数時間前の雨量や、十数時間以上前の雨量も考慮する必要がある。本研究で使用した降雨要因及び図中で用いた番号を表-1に示す。ここで、発生降雨については倉本²⁾の定義による発生推定時刻、非発生降雨については時間雨量最大時刻を基準時刻としている。

2.2 クラスタ分析の適用

本研究では、まず発生降雨のデータに対してクラスタ分析を適用し、発生降雨をいくつかのグループに分類した。次に、非発生降雨データと、各グループの発生降雨データを組み合わせたデータを作成し、ラフ集合論に基づいて重要な降雨要因を抽出した。クラスタ分析に際しては、距離については標準化ユークリッド距離を採用し、結合方法についてはウォード法によった。

クラスタ分析の結果、80件の発生降雨のデータを2種類のグループに分類した(両グループの標準化ユークリッド平方距離は476.8613)。これらの発生降雨をそれぞれA-1、A-2と呼ぶ。降雨数は、A-1が49降雨、A-2が31降雨である。

3. ラフ集合によるがけ崩れ発生降雨の重要要因抽出

3.1 ラフ集合論に基づく重要要因抽出手法

降雨とがけ崩れの関係を例として、ラフ集合論の概念を示す。規模が類似した2回の降雨において、一方の降雨ではがけ崩れが発生しなかったにもかかわらず、他方では発生することがある。このように、各要因の категорияが同一であっても、結果属性(上の例においてはがけ崩れ発生・非発生)が異なるデータを「矛盾データ」と呼び、矛盾データを含んだデータの集合をラフ集合と呼ぶ。他方各要因の categoriaが同一で、かつ結果属性がすべて同一なデータを「整合データ」と呼ぶ。降雨とがけ崩れを関連付けたデータの集合は、「発生降雨」及び「非発生降雨」が混在するため、ラフ集合である。

表-1 本研究で使用する降雨要因

番号	降雨要因
①	基準時刻における累積雨量
②	基準時刻以前0~4時間区間の累積雨量
③	基準時刻以前0~4時間区間の最大時間雨量
④	基準時刻以前5~9時間区間の累積雨量
⑤	基準時刻以前5~9時間区間の最大時間雨量
⑥	基準時刻10時間以前区間の累積雨量
⑦	基準時刻10時間以前区間の最大時間雨量
⑧	半減期1.5時間の実効雨量
⑨	半減期72時間の実効雨量

要因の組み合わせによって、矛盾データ、整合データの集合は変化する。要因の組み合わせが与えられたとき、

$$\text{整合度}(\%) = (\text{整合データ数} / \text{全データ数}) \times 100$$

要因数を増加させることにより、整合度は増加する。一方、要因数が同じであっても、組み合わせによって整合度は異なる。そこで、本研究では筆者らの既往研究¹⁾と同様の重要要因抽出手法を適用する。

ラフ集合による重要要因抽出を実施するためには、連続値を離散的なカテゴリーに変更(離散化)する必要がある。本研究では、各要因において、カテゴリー数がほぼ同一となるよう、表-1の①、②、④、⑥、⑧、⑨は50mmごと、それ以外は10mmごとの間隔で離散カテゴリー化した。

3.2 適用結果

A-1においては、基準時刻における累積雨量(①)、基準時刻以前0~4時間区間の累積雨量、最大時間雨量(②、③)、基準時刻10時間以前区間の最大時間雨量(⑦)、及び半減期72時間の実効雨量(⑨)などが重要要因として特定された。一方A-2においては、基準時刻以前5~9時間区間の最大時間雨量(⑤)、基準時刻10時間以前区間の累積雨量(⑥)、及び半減期72時間の実効雨量(⑨)などが重要要因となった。

図-1及び図-2に、A-1における重要要因の②、及びA-2における重要要因の⑥による発生降雨、非発生降雨の雨量の分布を示す。図-1から、A-1においては基準時刻以前数時間の雨量を示す②によって発生降雨と非発生降雨が分離されていることがわかる。つまり、A-1の降雨によって引き起こされたがけ崩れは、数時間の間に多量の降雨を経験した後直ちに発生している。

一方A-2においては、基準時刻10時間以前区間の累積雨量(⑥)においては発生降雨の70%前後が100mm以上の降雨であり、非発生降雨と分離可能である(図-2)。これは、A-2におけるがけ崩れが多量の降雨を経験した後、十数時間経過して発生していることを意味する。

図-3は、昭和60年を例に、半減期72時間の実効雨量とA-1、A-2の発生降雨の基準時刻(がけ崩れの発生推定時刻)を示したものである。横軸の目盛り

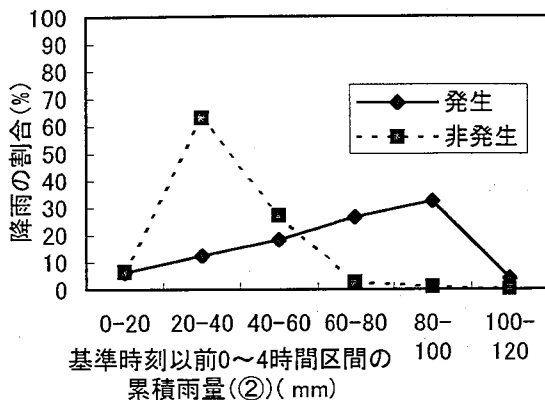


図-1 A-1の発生降雨における雨量の分布

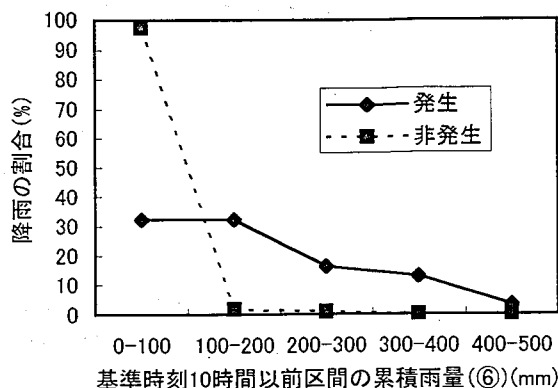


図-2 A-2の発生降雨における雨量の分布

表-2 グループと地形要因の相関に関するカイ2乗検定結果

地形要因	χ^2 値	5% 有意水準	地形要因	χ^2 値	5% 有意水準
傾斜度	6.29	11.07	斜面と不連続面傾斜関係	3.02	11.07
高さ	1.58	5.99	断層・破碎帯の有無	-	-
斜面方位	6.86	14.07	風化状況	0.00	3.84
斜面形状	5.70	15.51	植生の種類	5.92	9.49
横断形状	3.26	7.81	樹木の樹齢	5.92	7.81
遷急線	1.12	5.99	伐採根の状況	2.20	3.84
地表の状況	0.01	3.84	調査斜面・崩壊履歴	1.80	5.99
表土の厚さ	2.80	7.81	隣接斜面・崩壊履歴	1.30	5.99
地盤の状況	0.37	5.99	湧水	1.66	5.99
岩盤の亀裂	-	-	対象斜面と活断層距離	-	-

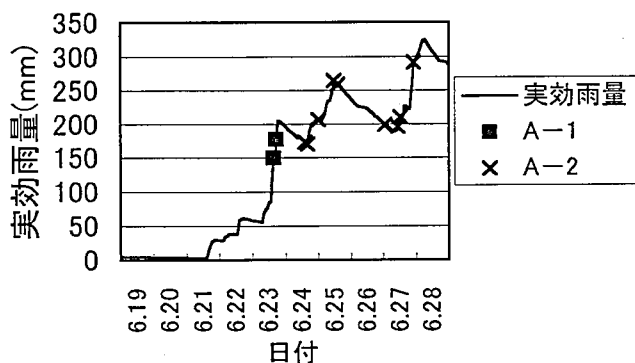


図-3 半減期 72 時間の実効雨量と A-1, A-2 の発生降雨の基準時刻 (昭和 60 年 6 月)

は 1 日を示す。A-1 の基準時刻においては、実効雨量が急速に増加している。これは基準時刻において多量の降雨を記録していることを意味する。一方 A-2 の基準時刻においては、多くの場合増加が微小であるか、減少しているかのいずれかとなっている。これは、基準時刻において時間雨量が少量であるか、無降雨であることを示している。以上より、A-1 の降雨によって発生したがけ崩れを「即発性がけ崩れ」、A-2 の降雨によって発生したがけ崩れを「遅発性がけ崩れ」と呼ぶこととする。

4. 地形要因との相関に関する検討

異なった降雨パターンによるがけ崩れが発生する理由として、地形要因の影響が考えられる。そこで、カイ 2 乗検定を

平成 8 年度の山口県の急傾斜地崩壊危険箇所点検結果から得られる地形データに適用し、発生降雨のグループの違いと、各地形要因におけるカテゴリ間の度数分布との間に相関があるか否かを検討する。

表-2 に、個別の地形要因ごとにカイ 2 乗検定を実施した結果を示す。グループ分けと地形要因の間に有意な相関は存在しないことがわかる。すなわち、現状で取得可能なデータの範囲内においては、即発性がけ崩れが発生する可能性の低いがけと遅発性がけ崩れが発生する可能性が高いがけを地形要因によって判別することは困難である。

5. おわりに

以上、本研究では、がけ崩れと降雨の関係を明らかにすることを目的として、降雨データに対してラフ集合論に基づいた重要要因抽出手法を適用した。その結果、即発性がけ崩れと、遅発性がけ崩れの 2 種類のタイプが存在することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 榎原弘之、倉本和正、菊池英明、中山弘隆、鉄賀博己、古川浩平：ラフ集合を用いたデータマイニングによるがけ崩れ発生要因の抽出に関する研究、土木学会論文集, No.658, VI-48, pp.221-229, 2000.
- 2) 倉本和正、鉄賀博己、菊池英明、守川倫、門間敬一、古川浩平：急傾斜地における斜面要因を考慮したがけ崩れ発生限界雨量線の設定手法に関する研究、土木学会論文集, No.658, VI-48, pp.207-220, 2000.