

## 12 ラフ集合論によるがけ崩れ降雨要因の抽出に関する研究

山口大学工学部  
八千代エンジニアリング  
山口県土木建築部  
山口大学工学部

○榊原弘之  
菊池英明  
鉄賀博己  
古川浩平

山口大学工学部  
甲南大学理学部  
大日本コンサルタント

倉本和正  
中山弘隆  
篠崎嗣浩

### 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。がけ崩れの発生予測においても、降雨量を直接反映させた予測モデルが構築されている。しかし、崩壊発生に至るメカニズムは複雑なため、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いない。本研究では、ラフ集合論に基づいた重要要因抽出手法を適用し、がけ崩れの発生・非発生を決定づける降雨要因の特定を試みる。

### 2. ラフ集合論に基づいた重要要因抽出手法

がけ崩れを例としてラフ集合論の概念を示す。データにおいて各要因の категорияが全く同一であっても、崩壊が発生するがけと発生しないがけが生じることがある。これは、要因の組み合わせによって崩壊発生の必要十分条件を得ることができないことを意味する。このように要因の組み合わせによって定義できないようなデータの部分集合をラフ集合と呼ぶ。ラフ集合において、要因の組み合わせが与えられたとき、各要因の категорияが同一であっても、結果属性（上の場合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」、同じ領域内のデータの結果属性がすべて同一なデータを「整合データ」と呼ぶ。要因の組み合わせを評価する指標として、整合度を以下のように定義する。

$$\text{整合度} = \text{整合データ数} / \text{全データ数} \quad (1)$$

要因数を増加させることにより、整合度は増加する。そこで、整合度の要求水準をあらかじめ設定した上で、その整合度を最小の要因数で達成する組み合わせを求めることにより、がけ崩れに寄与する真に重要な要因を特定することができる。以下ではこのときの要因数を（整合度の要求水準に対する）最小必要要因数と呼ぶ。

整合度の要求水準に対する最小必要要因数は、図-1に示すような非連続関数として与えられる。整合度の要求水準を高くするほど、必要な要因の数は増加する。そこで、各要因数において整合度が最大となる組み合わせ（図-1中の黒丸）に含まれる要因を、重要要因とする。

### 3. 使用データ概要

山口県の気象庁下関観測所周辺地域で発生したがけ崩れを対象として分析を行う。降雨の均一性を考慮するため、観測所を中心とした半径 5km 円内で発生したがけ崩れを対象とする。降雨の対象期間は、1976 年～1997 年の 22 年間である。また、24 時間以上の無降雨期間で区切られている一まとまりの降雨で、最大時間雨量 20mm/hr 以上、または最大累積雨量 80mm 以上のものを一連降雨として定義する。下関観測所において

最小必要要因数

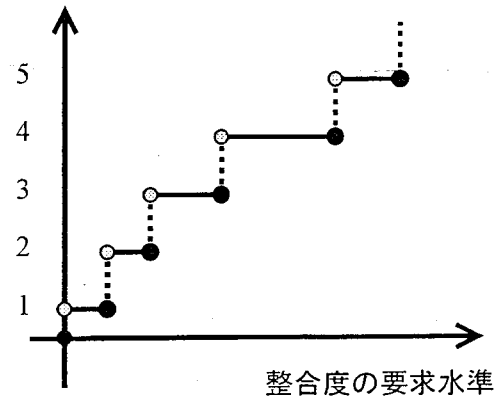


図-1 整合度の要求水準と必要最小要因数との関係

表-1 使用降雨要因

要因番号	降雨要因
①	基準時刻時間雨量
②	基準時刻累積雨量
③	基準時刻までの降雨継続時間
④	基準時刻1時間前の時間雨量
⑤	基準時刻2時間前の時間雨量
⑥	基準時刻3時間前の時間雨量
⑦	基準時刻以前0～4時間区間の最大時間雨量
⑧	基準時刻以前0～4時間区間の累積雨量
⑨	基準時刻以前5～9時間区間の最大時間雨量
⑩	基準時刻以前5～9時間区間の累積雨量
⑪	基準時刻以前10～14時間区間の最大時間雨量
⑫	基準時刻以前10～14時間区間の累積雨量
⑬	基準時刻15時間以前区間の最大時間雨量
⑭	基準時刻15時間以前区間の累積雨量

一連降雨は 127 回(発生 23 回,非発生 104 回)であり、発生降雨によるがけ崩れ災害の総数は 58 件である。表-1 にデータとして使用した降雨要因を示す。

### 4. 適用結果

#### 4.1 短期の集中的降雨によるがけ崩れ

降雨要因を入力、がけ崩れ発生・非発生を出力として重要要因の抽出を行った。降雨要因の基準時刻として、発生降雨については崩壊発生推定時刻<sup>1)</sup>、非発生降雨については時間雨量最大時刻を用いた場合の、各要

表-2 重要要因の抽出結果 (1)

要因数	整合度	要因							
		①	②	③	④	⑥	⑦	⑧	
1	19.10		○						
2	61.78	○	○						
3	75.15	○	○	○					
4	82.80	○	○	○	○				
5	87.89	○	○	○	○			○	
6	89.17	○	○	○	○	○		○	
6	89.17		○	○	○	○	○	○	

表-3 重要要因の抽出結果 (2)

要因数	整合度	要因							
		①	②	③	⑧	⑩	⑫	⑭	
1	8.75							○	
2	75.91		○	○					
3	86.86		○	○				○	
4	89.05		○	○	○			○	
4	89.05		○	○			○	○	
5	92.70		○	○	○	○		○	
6	93.43	○	○	○	○	○		○	

基準時刻時間雨量(①)

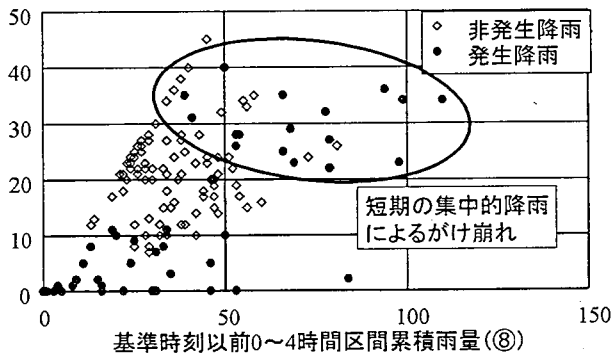


図-2 短期の集中的降雨によるがけ崩れ

因数で整合度が最大となる組み合わせを表-2に示す。各要因を表-1の番号で表し、各要因数において残存した要因を白丸で示している。これにより、基準時刻以前5時間以内の降雨要因のみが重要要因となっていることがわかる。

ともに重要要因である基準時刻時間雨量(①)、及び基準時刻以前0~4時間区間の累積雨量(⑧)により発生降雨と非発生降雨の分布を示したのが図-2である。発生降雨が2つの集合に分離している。このうち①が20mm以上の発生降雨の多くは、⑧もまた50mm以上に達している。すなわち、数時間にわたって総計50mm以上の降雨を経験した後、まもなくがけ崩れが発生していることになる。そこで、これらの降雨によるがけ崩れは、短期の集中的な降雨によるがけ崩れと考えられる。

4.2 長期の累積的降雨によるがけ崩れ

図-2において、基準時刻時間雨量が小さい発生降雨の集合が存在する。これらの降雨によるがけ崩れは、5時間以上前の降雨の累積的な影響によって発生した可能性がある。そこで、基準時刻時間雨量が20mm以下の発生降雨と、すべての非発生降雨のデータを用いて、再度重要要因を抽出した。その際、発生降雨と非発生降雨の基準時刻の差に伴う影響を軽減するために、非発生降雨の基準時刻を降雨終了時刻(累積雨量最大時刻)に変更した。その結果を表-3に示す。表-2と比較すると、基準時刻以前5~9時間区間の累積雨量(⑩)、基準時刻以前10~14時間区間の累積雨量(⑫)、基準時刻15時間以前区間の累積雨量(⑭)などの、基

基準時刻15時間以前区間  
累積雨量(⑭)

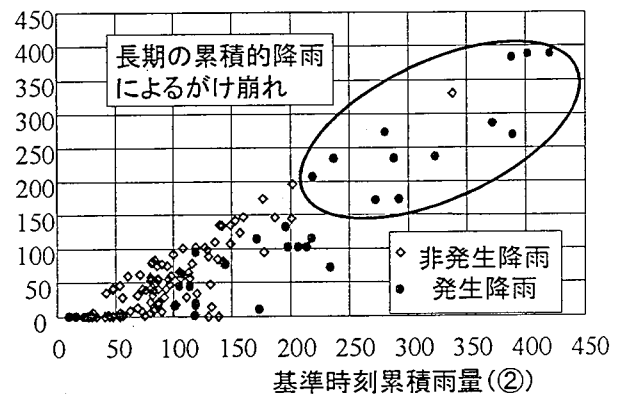


図-3 長期の累積的降雨によるがけ崩れ

準時刻から離れた時間帯における降雨量が含まれている。

基準時刻15時間以前区間の累積雨量(⑭)及び基準時刻の累積雨量(②)によって発生降雨、非発生降雨の分布を示したのが図-3である。⑭が150mm以上で、かつ②が200mm以上の発生降雨においては、多量の降雨を経験した後、十数時間経過してがけ崩れが発生している。これらのがけ崩れは、4.1の短期の集中的な降雨によるがけ崩れとは異なるメカニズムによって発生していると考えられる。そこでこれらのがけ崩れを長期の累積的な降雨によるがけ崩れと呼ぶこととする。

5. おわりに

以上本研究では、ラフ集合論に基づいて、がけ崩れの発生・非発生を決定づける重要な降雨要因を抽出するとともに、がけ崩れ発生に至る降雨のパターンを分類した。

参考文献

- 1) 倉本和正, 菊池英明, 鉄賀博己, 荒木義則, 古川浩平: 山口県の急傾斜地におけるがけ崩れ発生の現状, 砂防学会研究発表会概要集, No.27, pp.131-132, 1999.
- 2) 榊原弘之, 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(投稿中).