

水理条件を用いた東北地方の土砂崩壊ポテンシャル評価

東北大学大学院環境科学研究科* 学生会員 ○川越 清樹
 東北大学大学院環境科学研究科 正会員 風間 聡
 東北大学大学院工学研究科 フェロー 沢本 正樹

1. 研究経緯

急峻かつ複雑な地形をなし、脆弱な地質が分布する国土に過密な社会基盤が発達したわが国では、土砂崩壊現象が発生しやすく、多降雨および融雪に伴い、土砂崩壊に関わる甚大なる被害が認められている。この現状より、崩壊から生命や財産を守るための防災対策および現象発生に伴う危機管理の充実化が切望されている。以上の動向をふまえ、本研究では、防災技術の一手法とし、崩壊に関わる情報を用い、その傾向より崩壊要因を見出し、将来的な斜面の危険度を評価した。

2. 解析方針の概要

土砂は基質の地盤が風化劣化した未固結の状態であり、気象変化等の外力影響を受やすい。この性状より、土砂型の崩壊は、多降水に関連して発生頻度が増加する実績を示す。崩壊発生機構としては、水理条件の変化に伴う地山の土質強度が低下である見解が得られており、これを考慮して、地形、地質、水理条件に関連する要因を、崩壊危険度評価の解析へ反映した。

解析へのデータソースは国土数値情報とし、基本パラメータとして斜面勾配、地質、土壌、降水量、実績データとして崩壊データを用いた。危険度評価の対象分解度は国土数値情報にあわせて3次メッシュとした。よって、崩壊の危険度はエリア単位の評価とした。

3. 浸透解析

水理条件としては、崩壊現象への影響が大きいパラメータである動水勾配を用いた。各エリアの斜面勾配、土壌、降水量のデータを反映して浸透解析を行い、雨水発生に伴う流出量を得て、フラックス、動水勾配を導いた。浸透解析式は高橋ら¹⁾が提案した Richards 式を基にする不飽和土壌のヒステリシスを考慮した浸透二次元解析モデル式を用いた。降水量は年降水量を時間雨量に換算し、解析には時期差異のない平滑的なエ

リア特性を反映させた。なお、解析結果と実現象と整合するように同時進行で浸透実験のキャリブレーションを行い、解析へ最適となるヒステリシスパラメータ条件を求めた(図 1)。検討より求められた最適ヒステリシスパラメータを基に、土壌データに併せて、4つの土質パターンに分類しモデル化した(図 2)。

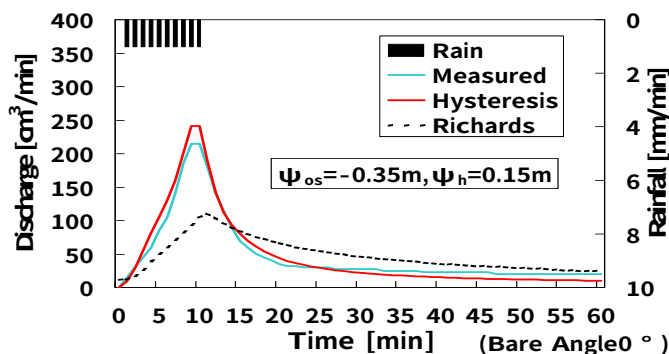


図1 実験値—解析結果 流出比較比較図

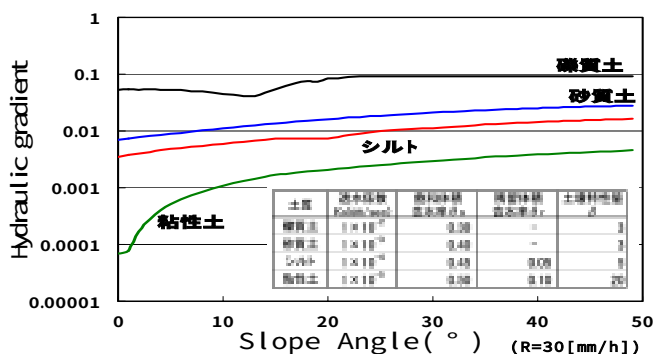


図2 土質別動水勾配比較図

4. 土砂崩壊現象の危険度評価解析

4.1 多重ロジスティック回帰分析評価

当手法はオッズの自然対数を推定し、ある事象が発生する確率を得ることができる(式(1), 式(2))。この評価は崩壊実績の傾向を反映させる特徴を有する(図 3)。エリアの地質情報と浸透流解析結果および荒廃地として指定されている月山、八幡平、飯豊山の崩壊データ有無を基準に斜面崩壊の発生率を得た。

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_w \text{hydro}Y_w + \sum \beta_k \text{geo}Y_k \cdots (1)$$

$$P(\text{slope failure}) = \frac{1}{1 + \exp\left[-\left(\beta_0 + \beta_w \text{hydro}Y_w + \sum \beta_k \text{geo}Y_k\right)\right]} \cdots (2)$$

但し P:崩壊発生率, β_0 :定数, β_w :動水勾配係数

hydro Y_w :動水勾配, β_k :地質係数, geo Y_k :地質(1 or 0)

4.2 ネガティブポイントアルゴリズム評価

ネガティブポイント評価では、岩相と斜面勾配を制約し、地質の硬軟、動水勾配の程度にあわせ得点を設定し、崩壊発生危険度を評価した(図4, 図5)。動水勾配については、勾配分布の頻度と勾配と動水勾配の関係を示す崩壊発生率が50%超過するポイントを境界に評価した。この評価手法は、崩壊実績の傾向の他、崩壊へ影響する各要素の性質も考慮した特徴を有する。

地質	得点	動水勾配	得点	総得点	実績ランク	危険度
堆積土類	3	0.015以下	1	4	4	4
		0.015より大きい	2	5	3	6
堆積岩類	2	0.020以下	1	3	2	3
		0.020より大きい	2	4	1	5
花崗岩	1	0.090以下	1	2	6	1
		0.090より大きい	2	3	5	2

図5 ネガティブポイントアルゴリズムフロー

4.3 評価結果

ロジスティック分析評価では、発生率の高低差異が明瞭で、山岳を中心に高い確率のポイントが点在する。同様山岳地も地勢条件により、異なる発生率になり、危険度が差別化された。

ネガティブポイント評価では、ロジスティック分析の高発生率も包括し、広範囲で危険度の高いエリアを抽出した。また、河川流域の河岸斜面でも危険度の高いエリアを抽出した。

双方を比較すると大局的には相関した結果が得られている(図6)。

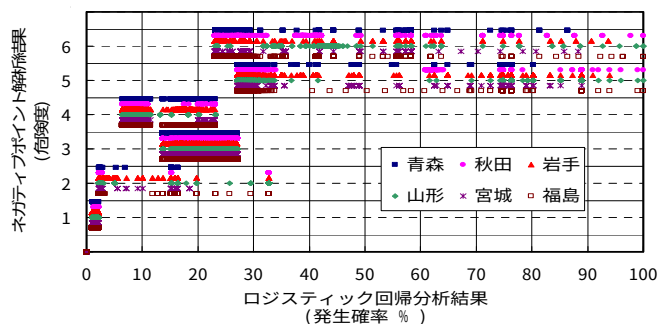


図6 評価手法の比較検討図

5. 結論及び今後の課題

2手法の崩壊危険度評価より、将来的に崩壊発生が懸念される危険エリアを整合して抽出することができた。また、実状の崩壊発生傾向と比較すれば、水理的データ適用が有効であることも確認した。

しかし、評価法の判定基準や異なり、抽出エリアの危険度に差異があること、ネガティブポイントアルゴリズムでは危険度の程度が不明瞭という課題がある。また、更なる効果的なデータを追加すれば、精度が向上することも考えられる。今後は、崩壊実状の追跡調査も行い、データ選別の向上に努めたい。具体的には、地質構造、植生、水文的地形のデータ等も考慮し、土砂崩壊危険度評価を行う所存である。

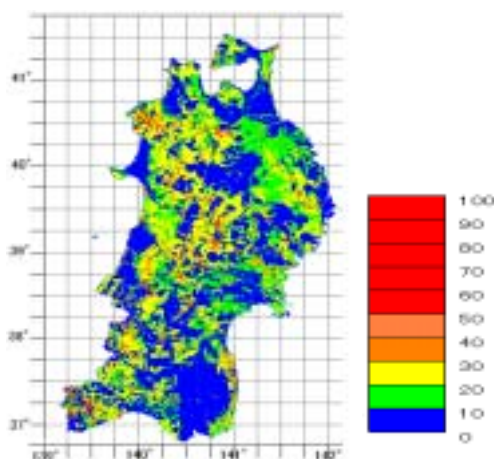


図3 ロジスティック解析崩壊発生確率分布図

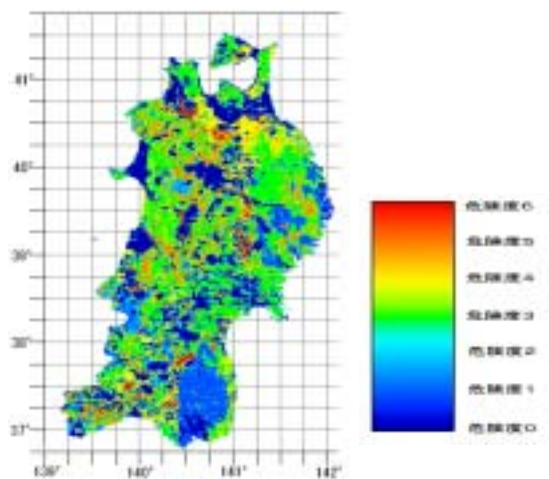


図4 ネガティブポイント評価危険度分布図

参考文献

- 1) 高橋雅之・風間聡・沢本正樹：不飽和浸透解析によるヒステリシス効果の検証，水工学論文集，第47巻，pp265-270，2003。