

7・13 新潟福島水害の事例解析による広域斜面危険度予測手法の基礎的研究

環境防災研究室 関孝文
指導教官 大塚悟 磯部公一

1. はじめに

国土のおよそ7割程度を山間部が占める日本では、多くの斜面が存在している。そのため大雨や地震などの自然災害によって、全国各地で頻繁に地すべりは発生している。特に豪雨によって発生する地すべりについては、規模が大きく被害も甚大なものが多く人命に大きく関わってくる。以上のことを踏まえ、災害に対する地域の危険度を総合的に予測しておくことは、地域の防災対策計画や災害復興計画をより計画的に進めるうえで重要である。このような背景を踏まえると、集中豪雨から得られた被災データを蓄積しておくことは非常に有用であると考えられる。

そこで本研究では、新潟・福島 7.13 水害によって得られた諸データを GIS で整備を行い、データベースの構築を行った。また、データベースをもとに、降雨が地すべり被害に与える影響及び土地の形状や地質種類との相関関係について発生率による分析を行い、中間山地及び海岸平野における各特性による被害の受けやすさを明らかにした。さらに分析より得られた傾向をもとに斜面の地すべり危険度評価モデルの構築を行った。

2. 分析対象地区の概要

2004 年新潟豪雨時に崩壊が多発した出雲崎町、旧与板町、旧和島村、旧三島町、旧寺泊町の 5 市町村（以下、出雲崎周辺）と旧栃尾市の 1 市町村を分析対象範囲とした。出雲崎周辺の総面積は 14,800ha、崩壊件数は 1,581 件、崩壊総面積は 86.4ha であり、地すべりは西山丘陵一帯に集中して発生している。旧栃尾市の総面積は 20,500ha、崩壊件数は 1,139 件、崩壊総面積は 79.5ha であり、地すべりは分析対象範囲に広く発生している。

3. 統計分析の概要

ArcGIS を用いて分析を行った。数値標高モデル (DEM) より、傾斜、平面曲率、断面曲率、累積流量、その他に地質種類、土地利用、雨量データ、それぞれのラスタデータを作成した。地すべり発生率を算出する場合、地すべり発生箇所及び対象地域全域をそれぞれメッシュにより評価する必要がある。地すべり発生面積、対象地域全域を 2m×2m のメッシュで整備した。各種の要因でそれぞれ地すべり発生メッシュと全域メッシュを算出し、次式により面積発生率（以下、発生率）を算出する。面積発生率(%)=B/A×100

A:地すべり崩壊セル数, B:全域セル数

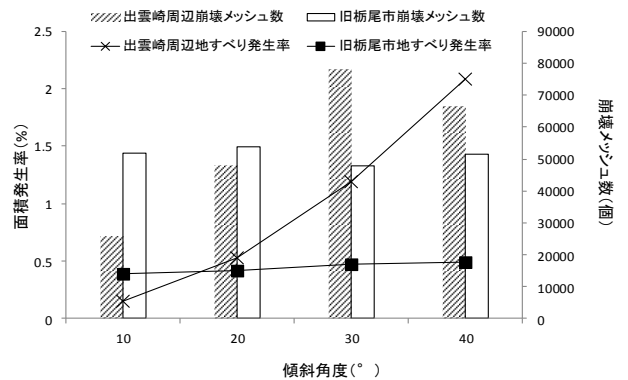


図-1 地すべりと斜面傾斜角度の関係

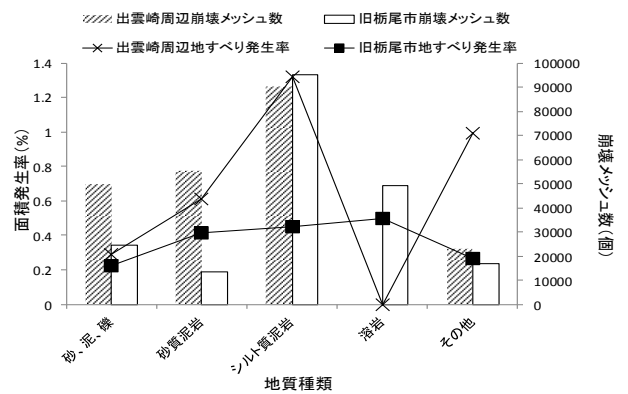


図-2 地すべりと地質種類の関係

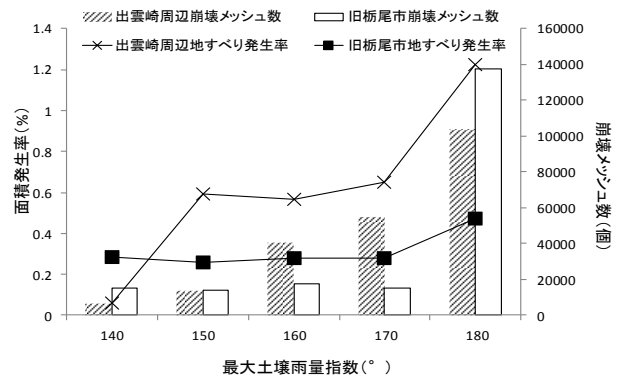


図-3 地すべりと最大土壌雨量指数の関係

4. 面積発生率による要因分析

図-1 に地すべりと斜面傾斜角度の関係を示す。発生率は出雲崎周辺において傾斜角度の上昇に伴う増加傾向が見られた。旧栃尾市においては各傾斜角度での面積発生率に差異は見られなかった。

図-2 に地すべりと地質種類の間接関係を示す。両地域においてシルト質泥岩における地すべりが多く発生していることが伺える。発生率では、出雲崎

周辺ではシルト質泥岩、砂質泥岩での発生率が高く、旧栃尾市では地質種類ごとで発生率の差異は見られなかった。

図-3に地すべりと最大土壌雨量指数の関係を示す。崩壊メッシュ数では出雲崎周辺において最大土壌雨量指数の増加に伴う上昇が見られ、旧栃尾市においては180mmにおいて急激な上昇が確認できる。発生率では出雲崎周辺において崩壊メッシュ数と同様な傾向が見られ、旧栃尾市では発生率に変化は見られなかった。

5. 数量化理論Ⅱ類を用いた地すべり危険度評価

数量化理論Ⅱ類を用いて出雲崎周辺における地すべり危険度の評価を行った。群変数に崩壊の有無、説明変数に傾斜角度、断面曲率、平面曲率、累積流量、地質種類、植生種類、積算雨量、土壌雨量指数の8つの項目を設定した。表-1に群変数に対する各説明変数の情報を示す。各カテゴリのスコアは地すべり崩壊に対する貢献度を示しており、特に傾斜角度30°以上、地質種類のシルト質泥岩、土壌雨量指数の170mm以上で高いスコアが確認された。また各説明変数のスコアは地すべり崩壊に対する影響度を示しており、傾斜角度、土壌雨量指数、地質種類に順に影響度が高い。地すべり危険度は各スコアを、式-1を用いて正規化することにより求める。F_kは各説明変数の危険度、Sはカテゴリスコア、S_{min}は最小カテゴリスコア、S_{max}は最大カテゴリスコアである。正規化を行った各説明変数の危険度を合計し、地すべり危険度とした。

$$F_k = (S - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min}) \quad \text{式-1}$$

図-4に出雲崎周辺において被害の集中した地域における数量化理論Ⅱ類を用いて算出した地すべり危険度の分布を示す。地すべり危険度は0~100の値を取り、20ごとに区分を行い5段階評価とした。図より地すべり危険度が高いメッシュにおいて、地すべり被害が集中的に発生していることが伺える。また地すべり危険度が高い範囲は急傾斜な地域に集中しており、数量化理論Ⅱ類のレンジからも伺えるように傾斜角度が地すべりに与える影響が最も高いことを顕著に表している。

6. 重回帰分析を用いた地すべり危険度評価

数量化理論Ⅱ類を用いた分析結果の中で、地すべり発生に対する影響度の高かった傾斜角度、最大60分間積算雨量、最大土壌雨量指数の3項目の量的な要因を用いて重回帰分析を行う。これにより各量的な要因を区分することなく、実被害をより考慮した地すべりに対する各要因の影響度を算

出することが可能となる。また、各要因の発生率の関係と合わせ地すべり危険度評価を実施した。その際、各要因の発生率から関数モデルの作成を行った。重回帰分析の結果より危険度評価モデルの作成を行った。モデルを式-2に示す。Yは地すべり発生危険度、X₁~X₃はそれぞれ、傾斜角度、最大60分間積算雨量、最大土壌雨量指数、の発生率である。

$$Y = -0.534 + 0.008X_1 + 0.00001X_2 + 0.004X_3 \quad \text{式-2}$$

表-1 各説明変数の危険度

説明変数	カテゴリ	スコア	レンジ	影響度	危険度	
傾斜角度	X ₁	0°~10°	-0.491	1.600	1	0.159
		10°~19°	0.090			0.464
		20°~29°	0.653			0.760
		30°~	1.109			1.000
		凸(-0.15)	0.116			0.478
断面曲率	X ₂	平(-0.149~0.149)	-0.073	0.189	6	0.379
		凹(0.15°)	-0.001			0.417
		凹(-0.15)	0.024			0.430
平面曲率	X ₃	平(-0.149~0.149)	0.009	0.064	8	0.422
		凸(0.15°)	-0.039			0.397
		凸(-0.15)	-0.029			0.402
累積流量	X ₄	0~99	-0.012	0.162	7	0.411
		100~499	0.020			0.428
		500~999	0.133			0.487
		1000~4999	0.063			0.450
		5000~	-0.029			0.402
地質種類	X ₅	砂・泥・礫	-0.231	1.276	3	0.296
		砂岩・泥岩・礫岩	-0.631			0.086
		砂質泥岩	0.065			0.451
		凝灰岩	-0.179			0.323
		シルト質泥岩	0.645			0.756
土地利用	X ₆	針葉樹林	-0.026	0.350	5	0.403
		広葉樹林	0.288			0.568
		雑草地	-0.062			0.385
		その他	0.004			0.419
		0~29	-0.665			0.068
60分間積算雨量	X ₇	30~39	-0.277	0.760	4	0.272
		40~49	0.095			0.467
		50~	-0.028			0.403
		0~139	-0.794			0.000
		140~149	-0.111			0.359
土壌雨量指数	X ₈	150~159	0.283	1.444	2	0.566
		160~169	0.022			0.429
		170~	0.650			0.759

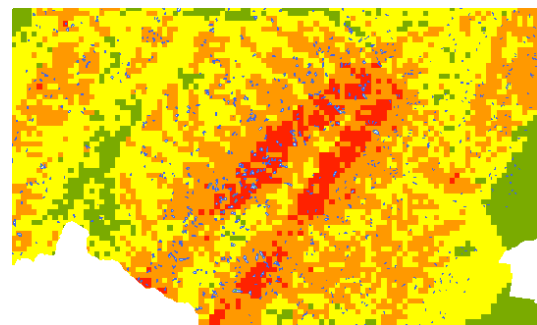


図-4 地すべりと地質種類の関係

7. 結果と今後の課題

本研究では、数量化理論Ⅱ類、重回帰分析を用いた多変量解析を実施し、出雲崎周辺における地すべり危険度評価モデルの行った。本評価モデルでは、精度よく被害の様子を再現することはできなかった。しかし、被害の顕著な場所の傾向はとらえており、モデル式の改善によっては精度向上の可能性はある。