

ロジスティック回帰分析を用いた地震による地すべりの危険度評価の検討 ー既存地すべり地形を対象に

(独) 土木研究所 ○ハスバートル, 野呂智之, 丸山清輝, 中村明

1. はじめに

2004年新潟県中越地震(M6.8)以来、東日本を中心に強い地震が相次いで発生し、それに伴う地すべりなど斜面災害が中山間地域に甚大な被害をもたらした。地震による地すべりの危険度評価は、地震時における地すべりの発生を事前に予測することで地震に伴う被害を軽減するために重要である。本研究では、既存地すべり地形の地震時における地すべり発生危険度評価手法を提案することを目的とした。本研究では、ロジスティック回帰分析を用いて、中越地震による地すべり及び既存地すべり地形データの一部から地すべり発生の予測モデルを構築し、それを新潟県中越地震及び岩手・宮城内陸地震によって発生した地すべりの予測を行い、モデルの有効性を検証した。

2. 地すべりデータ

本研究では、2004年中越地震と2008年岩手・宮城内陸地震の調査範囲の既存地すべり地形及び地震による地すべりのデータを使用した。調査地を図-1に示す。

調査地1は、新潟県中越地方の東山丘陵の中南部に位置し、中越地震で地すべりが多く発生した芋川流域とその周辺である。調査地1では、既存地すべり地形1050

箇所が判読され、そのうち87箇所が地震時に滑動した。調査地2は岩手・宮城内陸地震の震源域で、奥羽脊梁山脈中部にあたる。調査地2では、既存地すべり地形973箇所あり、その内29箇所が地震時に滑動した。調査地2の既存地すべり地形は国土地理院(2009)を使用した。なお、ここでは、既存地すべり地形の全部または一部が地震時に移動したものを、地震時に滑動したものとした。

3. 地すべり発生要因

本研究では、地震による地すべりの発生要因として、地形データに注目し、地質構造からの距離、稜線や河川などからの距離のデータを用いた。なお、これら以外に、地質要因も考えられるが、地域による差があるため採用しなかった。

(1)数値標高データ(DEM):調査地の地震発生前の10mメッシュデータである。解析ではこのデータを30mメッシュのラスターデータにして使用した。

(2)標高偏差値:既存地すべり地形内の地表面の起伏度を表現するため、その中に入る標高の標準偏差値を使用した。標準偏差はデータのばらつきを表すものであり、ばらつきが大きければ地表面の起伏度が高いことになる。

(3)河川から地すべりまでの距離:上述のDEMを用いて溪流ベクターを作成し、溪流線から既存地すべり地形の重心までの距離を計算した。地すべり斜面が河川から近いほどその末端部が侵食を受けると考えられ、河川までの距離を地すべり発生の要因とした。

(4)稜線から地すべりまでの距離:上記のDEMから稜線ベクターデータを作成、稜線から既存地すべり地形の重心までの最短距離を求めた。地震では、稜線に近いほどゆれが大きいとされることから、稜線からの距離を地すべり発生の要因と考えた。

(5)地質構造線から地すべりまでの距離:地質図から抽出した断層、褶曲軸から既存地すべり地形の重心までの最短距離である。地質構造線は、竹内ほか(2004)の数値地質図の断層と褶曲軸線を用いた。既存地すべり地形が断層や褶曲軸から近いほど、破碎などを受けていると推定、この項目を要因とした。

(6)縁辺侵食率:地すべり地形の周辺長に占める侵食地形長さのパーセンテージである(Suzuki et al., 2010)。侵食地形長は、地すべり斜面末端が河川や谷に面する部分の縁辺長と、側部が侵食谷などの谷地形を呈する谷線の長さを合計したものである。

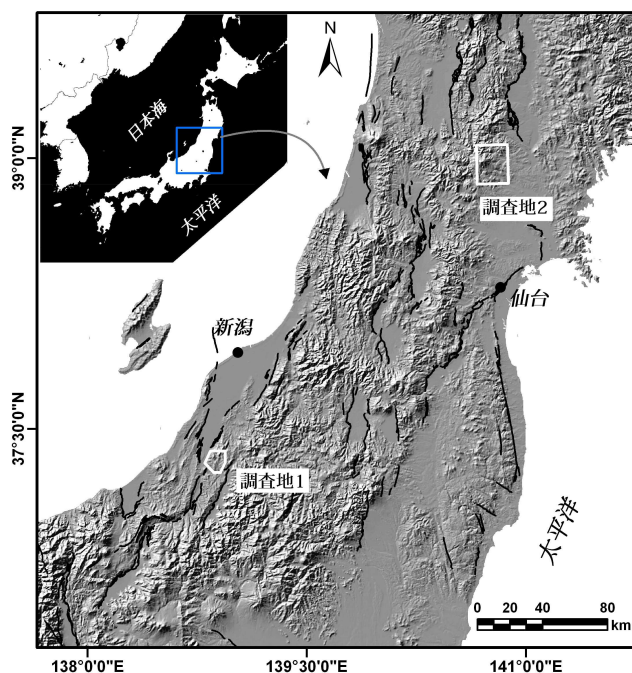


図-1 調査位置図

4. 方法

本研究では、二項ロジスティック回帰分析を用いた。この方法は、従属変数がカテゴリーデータで、説明変数が数量データ、カテゴリーデータおよびその混合の時に使われる多変量解析手法である。本研究では、SPSS のソフト SPSS Statistics V.19 を用いて、3 章で述べた地形要因と距離データを投入し、モデルを構築した。ここでは、目的変数は既存地すべり地形の地震による発生・非発生で、説明変数は 3 章で述べた地形と距離要因である。モデル構築には、中越地震による地すべりデータの一部を使用した。このモデルを使用し、中越地震の地すべり（一部）及び岩手・宮城内陸地震による地すべりの発生を予測し、モデルの有効性を検証した。

5. 調査結果

5.1 ロジスティック回帰モデルの構築

調査地1の地震時地すべり発生の既存地すべり地形87箇所と、非発生の963箇所からランダムに選んだ87箇所を、モデル構築のデータセットとして用意した。このデータセットの75%（発生65、非発生65）を使ってモデルを構築し、残りの25%（発生22、非発生22）は検証に使用した。

上述各項目を用いてロジスティック回帰分析を行った結果、標高偏差値と縁辺侵食率がモデルに残り、その他の項目は排除された。式(1)に構築したモデルを示した。モデルの的中率（ $P>0.50$ が発生、 $P\leq 0.50$ が非発生）は、地すべり発生が70.8%、非発生が78.5%で、全体が74.6%であった。

$$P_m=1/[1+\exp\{-(0.060SR+0.035MER-2.630)\}] \quad (1)$$

ここでは、SRは標高偏差値、MERは縁辺侵食率。

5.2 検証1

中越地震による地すべりデータの一部を使って構築したロジスティック回帰モデルを検証した。まず、モデル構築に使わなかった中越地震のデータセットの25%を用いて検証を行った。その結果を表-1に示した。的中率は、地すべり発生が77.3%、非発生が72.7%で、全体が75.0%であった。

表-1 検証1の的中率

観測		予測		的中率 (%)
		地すべり		
		発生	非発生	
地すべり	発生	17	5	77.3
	非発生	6	16	72.7
全体				75.0

分類値は0.50

5.3 補正と検証2

上述の式(1)を作成時のデータによる地すべり発生率と全データによる地すべり発生率が異なることから、ロジスティック回帰式の定数の補正(高田, 2007)を行った。補正後のモデルを式(2)に示した。

$$P_m=1/[1+\exp\{-(0.060SR+0.035MER-5.032)\}] \quad (2)$$

次に、式(2)を用いて調査地2の地すべり発生予測を行い、モデルを検証した。その結果を表-2に示した。的中率は、地すべり発生75.9%、非発生及び全体は75.0%であった。なお、ここでは、地すべりの発生・非発生は、式(2)を求めた中越地震における地すべり発生率0.08をもとに、 $P_m>0.08$ が発生、 $P_m\leq 0.08$ を非発生としている。これにより、モデルの有効性が確認された。

表-2 検証2の的中率

観測		予測		的中率 (%)
		地すべり		
地すべり	発生	22	7	75.9
	非発生	236	708	75.0
全体				75.0

分類値は0.08

6. まとめ

中越地震による地すべりと既存地すべり地形を用いて、ロジスティック回帰分析を行った。その結果、既存地すべり地形の標高偏差値と縁辺侵食率が、地震時における地すべり発生に影響する要因であることが明らかになった。また、このモデルを用いて中越地震の地すべりの一部を予測した結果、75%が正しく予測され、モデルの有効性が確認された。さらに、モデルの補正を行い、岩手・宮城内陸地震の既存地すべり地形の地震における地すべり発生予測を行った結果、75%が正しく予測された。

本研究では、既存地すべり地形を対象としており、初生地すべりは対象外とした。今後は、初生地すべりに対しても検討していく予定である。

参考文献

- 国土地理院 (2009) : 平成20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震 1 : 25,000 詳細活断層図 (活断層・地形分類及び地形変状) , 国土地理院技術資料 D.1-No.541.
- Suzuki, S., Has, B., Maruyama, K. and Ishii, Y. (2010), Risk evaluation of earthquake-induced landslide based on analysis of erosion condition on landslide marginal part, *Chen Su-Chin ed. Interpraevent2010-Symposium proceedings*, pp.898-901.
- 高田直樹 (2007) : ロジスティック回帰分析結果の解釈・利用のための新手法-信用リスク・スコアリングモデルを例に-, IBMプロフェッショナル論文3, pp.71-77, ProVISION No53/spring 2007
- 竹内圭史・柳沢幸夫・宮崎純一・尾崎正紀 (2004) : 中越魚沼地域の5万分の1数値地質図 (Ver. 1) 地質調査総合センター研究資料集, no. 412, 産業技術総合研究所地質調査総合センター