

# 2004年中越地震によって発生した 地すべりのニューラルネットワーク解析

川畑 大作<sup>1)</sup>・Joel Bandibas<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

地すべりや斜面崩壊(以後広義的に地すべりと呼ぶ)の発生は、地震や降雨などのような誘因と、背景にある地質や地形、植生などの素因が密接に関わっている。地質・地形と地すべりの関係についてはすでに多くの研究報告があり、様々な形で報告されている(例えば、日本応用地質学会, 1999; 藤田, 2002; 大八木, 2007など)。

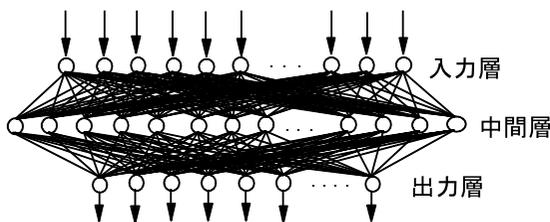
2004年に発生した新潟県中越地震により、魚沼丘陵において多くの地すべりや斜面崩壊が発生した。地震後様々な調査が行われ、被災地の地形や地質に関する研究成果が報告されている(千木良, 2006; Chigira and Yagi, 2006; 八木ほか, 2007)。特に八木ほか(2007)では、地すべり・斜面崩壊地の地形地質的な特徴を定量的に調査報告している。地すべりと地形、地質の関係を定量的に評価し、相関が高いことが明らかになれば、同様の地質、地形の地域は、地すべりが発生する可能性があるということになる。そのため、このような研究は今後の災害予測に向けて重要であると考えられる。

そこで、本研究においては、地形、地質と地すべりの関係を定量的に評価した上で、同様の地質、地

形の地域を抽出することを目的とし、それに適した手法の一つであるニューラルネットワーク解析を行った。ここではその結果について紹介する。ニューラルネットワークは、神経細胞の構造をモデル化したものである。ニューラルネットワーク解析は、それを応用しパターンマッチングなどの解析手法の1つとして利用される。この手法は地形や地質のような複合的な要素を効率的に解釈するのに適している。地すべり予測に使っている研究例もある(Lee *et al.*, 2003; Lee and Evangelista, 2006)。ニューラルネットワーク解析には入力層、中間層、出力層の3つのステップがある(第1図)。入力層では、実際に解析するための要素を入力する。入力データを用いて、中間層では計算を行う。出力層ではその計算結果を出力する。本研究では特に基本的な地形と地質の情報を用いてニューラルネットワーク解析を行った。

## 2. 対象地域の地形地質概要

対象地域の地質を第2図に示す(カラー図と概要については口絵参照)。本地域は六日町東方の越後山脈に分布する一部の中・古生代の地層を除けば、中新世~完新世の地層がその大部分を占める(第1表)。北東-南西方向に伸張する丘陵では、2004年の新潟県中越地震時において多くの地すべりが発生している。この丘陵は、信濃川と魚野川によって南北に分断されており、最も高いところで標高800m弱である。丘陵全体は、主に中新世~鮮新世の堆積岩で構成されている。



第1図 ニューラルネットワーク解析の概念。

## 3. ニューラルネットワーク解析と使用データ

本研究ではニューラルネットワーク解析を第3図の

キーワード: 2004年新潟県中越地震, 地すべり, 地形, 地質, ニューラルネットワーク解析

1) 産総研 地質情報研究部門  
2) 産総研 地質調査情報センター



第1表 対象地域の地質区分.

地質時代	統一凡例	CODE		
完新世 H	氾濫原堆積物	a 1		
	河道及び後背湿地堆積物	a1 2		
	崖錐堆積物	d 3		
	扇状地堆積物	f 4		
	最低位段丘堆積物	tk 5		
後期更新世 Q3	古期崩積及び地すべり堆積物	c 8		
	低位段丘堆積物	t12 10 t11 11		
中期更新世 Q2	中位段丘堆積物	tm2 12 tm1 13		
	高位段丘堆積物	th2 14 th1 15		
	楕形山溶岩	Ma 16		
	御山層及び西層	Oy 17		
	前期更新世-後期更新世 N3-Q1	魚沼層及び灰灰層	Hz 18 Ue 19 Ud 20 Uc 21 Ua 23	
後期鮮新世 N3	西山階	和南津(わなづ)層 W 24 Wv 25 S 26 Sv 27		
	鮮新世-後期中新世 N3	貫入岩類	石英閃緑ひん岩 Qp 28 安山岩 An 29 石英斑岩など QP2 30	
		後期鮮新世-前期鮮新世 N3	西山階	栖吉(すよし)層 Ka 33 Sy 34 Um 37 Uv 38 Ks 39 Ku 40 KI 42
前期鮮新世-後期中新世 N3			椎谷階	荒谷(あらや)層 Av 43 Aa 44 As 45 Am 46
	後期中新世 N3		上部寺泊階	一村尾(ひとむらお)層 Hc 47 Hv 48 Tv 49 Ts 50
			後期中新世-中期中新世 N2	上部寺泊階-下部寺泊階
中期中新世 N1	七谷階		半蔵金層・西名層・上野層 Hm 56 N 57	
	前期中新世 N1	津川階	八海山層 Jk 58 Js 59 Jh 60 Jt 61 Jo 62 Jn 63	
中生代		岩脈	QP1 64	
		花崗岩類	G 65	
		上権現堂山コンプレックス	J 69	
		中ノ岳斑れい岩類	Gb 66	
古生代		蛇紋岩	Sp 67	
	奥利根層群	Tr 68		
	水無川変成岩	Mi 70		

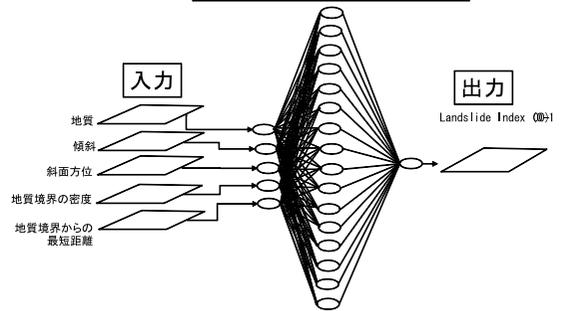
区分については竹内ほか(2004)による

異なる地層で構成される斜面は不安定になるのではないかという仮定を元に要素として取り入れた。

地形データについては、2つのデータを使用した。1つは人工衛星のASTERから作成したDEM(空間解像度15m)(以降、ASTER DEM)である。これは、地震発生前の2004年6月の衛星画像を元にDEMを作成している。もう1つは、国土地理院が発行している数値地図50mメッシュ(標高)(以降、数値地図)である。これらの地形データからESRI社のArcGIS 9.2を使い、傾斜と傾斜方向を計算した。

2008年9月号

ニューラルネットワーク解析



第3図 本研究におけるニューラルネットワーク解析の流れ。入力層にはこれに標高データも加わる。

地質データについては、竹内ほか(2004)を元にした。公開されているデータは図幅ごとにファイルが分割されているため、ArcGIS上で接合処理と若干の編集を行った。編集したデータから地質境界からの最短距離と地質境界の密度を計算した。

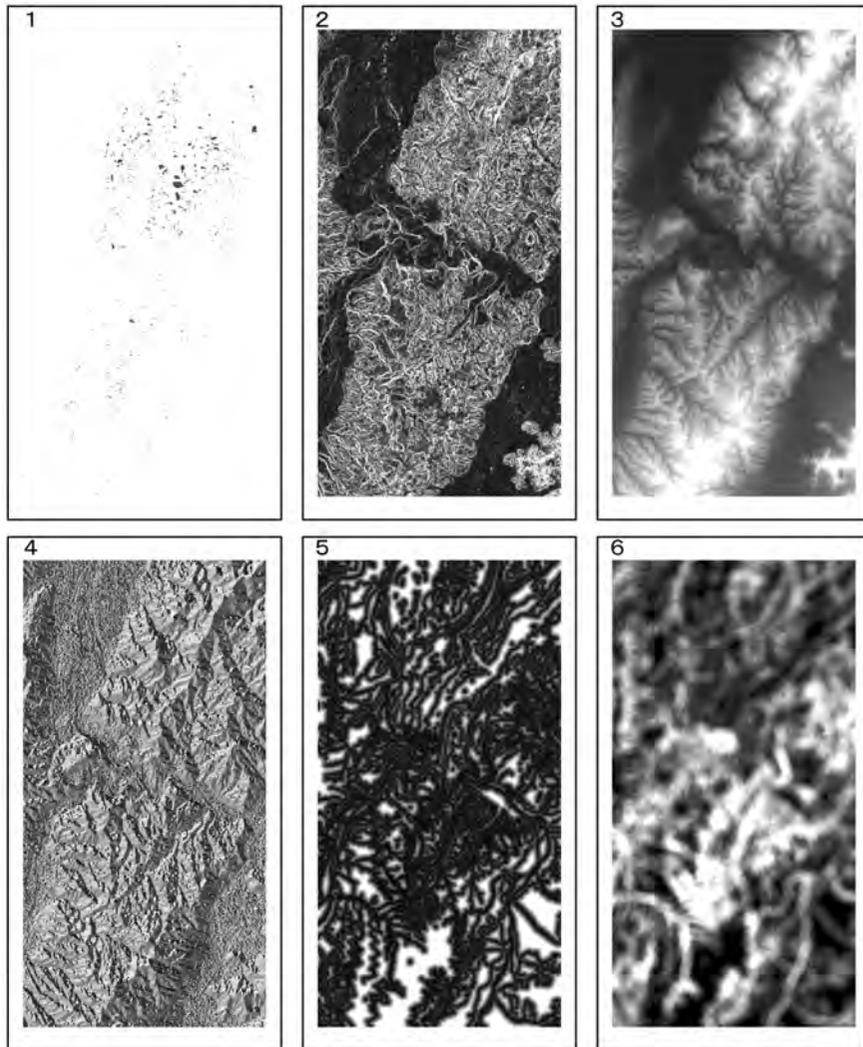
地すべりを判断するための基礎データとして、国土地理院が公開している平成16年新潟県中越地震1:25,000災害状況図(崩壊地GISデータ)から多量の土砂移動をともなった大きな地すべりを抽出し利用した。

本研究では、以上のデータを自作のプログラムを用いニューラルネットワーク解析を行った。このプログラムは試行回数を最適化するため出力が速いという利点がある。

#### 4. ニューラルネットワーク解析の結果

第3図で示しているとおり、ニューラルネットワーク解析を行った結果について紹介する。ニューラルネットワーク解析の過程では、実際の地すべり場所の地形地質条件を計算し、各メッシュが地形地質条件とどれくらい一致するかをLandslide Indexとして0-100で判定され出力される。Landslide Indexが大きいほど地すべりの可能性が高いことを示す。第6図は、ニューラルネットワーク解析において、実際に地すべり発生した場所が正しく地すべりと判定されているか、また地すべりではない場所(非地すべり)が正しく地すべりではないと判定されているかを検証したものである。

ASTER DEMを要素にしたものは90%以上が実際



第4図 入力層の要素 (空間解像度 15m).

1：地すべり，2：傾斜 (ASTER DEM)，3：標高 (ASTER DEM)，4：傾斜方向 (ASTER DEM)，5：地層境界からの距離，6：地層境界の密度，入力層にはこれに第2図で示した地質データが加わる。

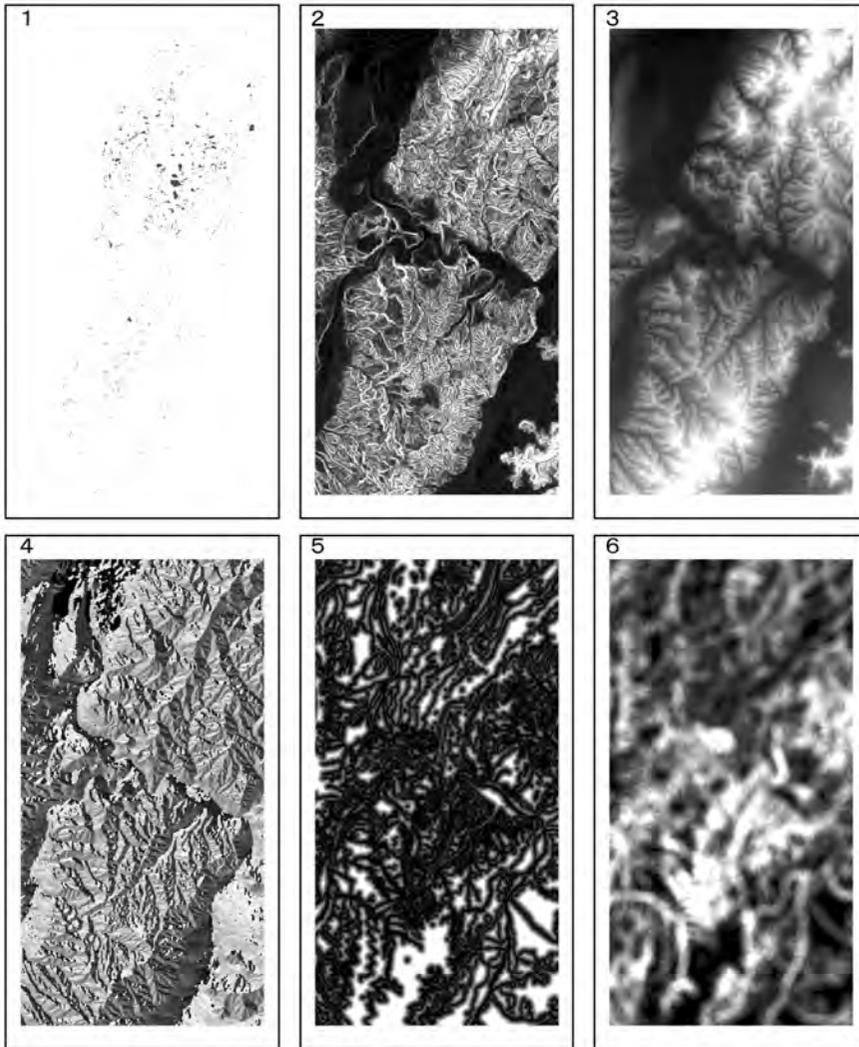
の地すべりと一致している。しかし、非地すべりに対しては、50%は正確に地すべりではないと判定しているものの、残り50%は地すべりと判定している。このことからASTER DEMを使ったものは地すべり判定の幅が広く、地すべりを多く抽出する傾向にあると考えられる。

数値地図を使ったものは80%近く実際の地すべりと一致する。これはASTER DEMより正解率は低い。しかし、非地すべりの抽出は94.78%とASTER DEMより正確に判定することができた。

地すべりが地質・地形に規制されるなら同様の条件を持つ地域は地すべりが発生する素地があると考えられる。以上の新潟県中越地震における試験結果

を元に、本研究での地質、地形の要素からみた地すべりの発生する素地がある地域 (地すべりポテンシャルが高い地域) を抽出した図が第7図である。数値地図を用いたものとASTER DEMでポテンシャルの高い地域の分布が異なり、全体的にASTER DEMの方が高いポテンシャルの地域を多く抽出している。これは中越地域の地すべりデータでの検証の傾向から読み取ることができる。どちらの結果でも共通しているのは、魚野川を挟んだ丘陵北部にポテンシャルの高い地域が広く分布している。丘陵南部ではポテンシャルの高い部分は少ないが、丘陵の東側斜面にポテンシャルの高い部分がある。

本研究で用いたデータは地震時の地すべりである。



第5図  
 入力層の要素(空間解像度55m).  
 1:地すべり, 2:傾斜(国土地理院 数値地図50mメッシュ(標高)), 3:標高(国土地理院 数値地図50mメッシュ(標高)), 4:傾斜方向(国土地理院 数値地図50mメッシュ(標高)), 5:地層境界からの距離, 6:地層境界の密度, 入力層にはこれに第2図で示した地質データが加わる.

降雨や融雪など誘因条件が違えば、地すべり発生箇所の傾向が違う可能性も高く、また地すべりのタイプ(斜面崩壊なのか、狭義の地すべりなのか)によっても傾向は違うと考えられる。

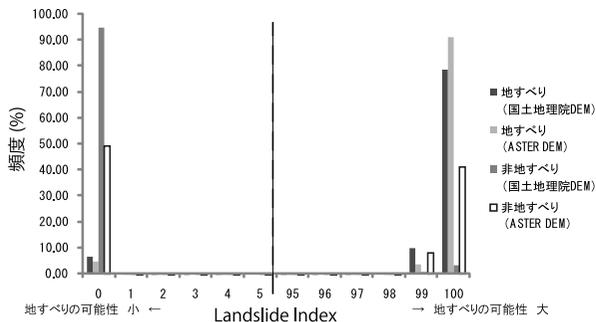
要素の選定の問題もある。今回は基本的な地形量と地質データを用いたが、地すべりの方向と地層の傾きが斜交するような流れ盤、地すべりの方向と地層の傾きがほぼ同じ向きである受け盤のような地質構造にも大きく規制される。それらの有効な要素を用いればポテンシャル評価の精度も上げることができる可能性がある。入力データにおいても、数値地図とASTER DEMで結果が大きく異なった。データそのものの精度についても今後考察する必要がある。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、2004年新潟県中越地震時に発生した地すべりデータを元に、地形・地質のデータを使ってニューラルネットワーク解析を行い、ポテンシャルマップの作成を行った。

ポテンシャルマップについては、あくまで本研究の要素を使用して作った場合であり、先述の問題点もある。今後、誘因が違う場合の検討は優先的に進めたい。また、ソースデータの検討、要素の検討など課題は多い。

しかし、この手法はさらに有意な要素(例えば先程述べた流れ盤、受け盤などの情報)を入れることでよ



Landslide Index	地すべり (国土地理 院DEM)	地すべり (ASTER DEM)	非地すべり (国土地理 院DEM)	非地すべり (ASTER DEM)
0	6.56	4.95	94.78	49.29
1	0.00	0.03	0.04	0.13
2	0.08	0.03	0.02	0.07
3	0.04	0.00	0.02	0.04
4	0.04	0.01	0.01	0.03
5	0.00	0.00	0.01	0.02
95	0.08	0.02	0.01	0.03
96	0.17	0.00	0.01	0.04
97	0.17	0.01	0.02	0.08
98	0.25	0.03	0.03	0.14
99	9.94	3.63	0.92	8.13
100	78.55	91.10	3.25	41.24

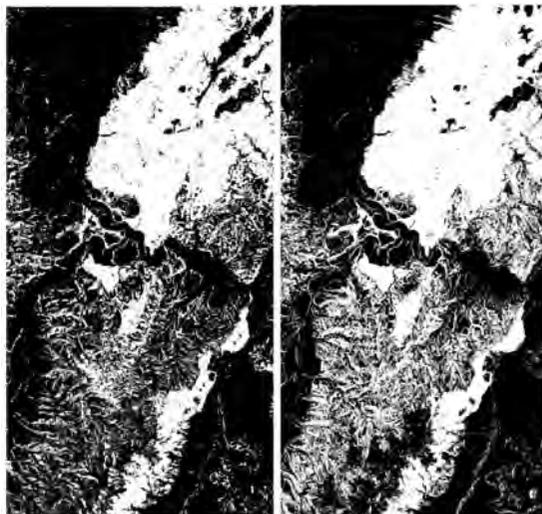
第6図 2004年新潟県中越地震時の地すべりデータを用いたニューラルネットワーク解析の結果。

り精度の高いポテンシャルマップ作成が可能になると考えられる。現在、情報技術研究部門と連携しながら、この解析手法をインターネット上で利用できるようにする試みも検討中である。今後課題や問題点を解決しつつ、この手法を普及すべく研究を進める予定である。

**謝辞：**本報告を執筆するに当たり、ASTER DEMデータの提供において、産総研の地質情報研究部門の浦井 稔氏と情報技術研究部門の児玉信介氏にお世話になりました。国土交通省 国土地理院の岩橋純子氏には地すべりデータの情報に関して提供をいただきました。口絵については地質情報研究部門の尾崎正紀氏に提供をいただきました。諸氏に深く感謝いたします。

文 献

千木良雅弘 (2006) : 地震によって引き起こされた斜面災害全体像, 月刊地球, 号外52, 185-200.  
Chigira, M. and Yagi (2006) : Geological and geomorphological



第7図 ニューラルネットワーク解析による地形・地質からみた地すべりポテンシャルマップ。  
左が数値地図から作成したもの、右はASTER DEMから作成したもの。白い部分ほどポテンシャルが高いことを示す。

characteristics of landslides triggered by the 2004 Mid Niigata prefecture earthquake in Japan, Engineering Geology, 82, 202-221.

藤田 崇 (2002) : 地すべりと地質学, 古今書院, 238p.  
Kawabata, D., Oguchi, T. and Katsube, K. (2001) : Effects of geology on slope angles in the Southern Japanese Alps -A GIS approach-, Trans., Japan, Geomor. Union, 22, 5, 827-836.  
Lee, S., Ryu J. H., Min, K. and Won J. S. (2003) : Landslide susceptibility analysis using GIS and artificial neural network, Earth Surface Processes and Landforms, 28, 12, 1361-1376.  
Lee, S. and Evangelista, G. (2006) : Earthquake-induced landslide-susceptibility mapping using an artificial neural network, Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 687-695.  
日本応用地質学会 (1999) : 斜面地質学 -その研究動向と今後の展望-, 294p.  
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数値地図図 (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.  
大八木規夫 (2007) : 地すべり地系の判読法-空中写真をどう読み解くか-, 近未来社, 316p.  
八木浩司・山崎孝成・渥美賢拓 (2007) : 2004年新潟県中越地震にともなう地すべり・崩壊発生場の地形・地質的特徴のGIS解析と土質特性の検討, 地すべり, 43, 5, 44-56.

KAWABATA Daisaku and BANDIBAS Joel (2008) : Artificial Neural Network Analysis of Landslide caused by 2004 Niigata Chuetsu Earthquake.

< 受付 : 2008年7月8日 >