

平成 19 年(2007 年)新潟県中越沖地震による斜面崩壊の GIS 解析
 GIS analysis on the slope failures triggered by the Niigataken Chuetsu-oki
 Earthquake in 2007

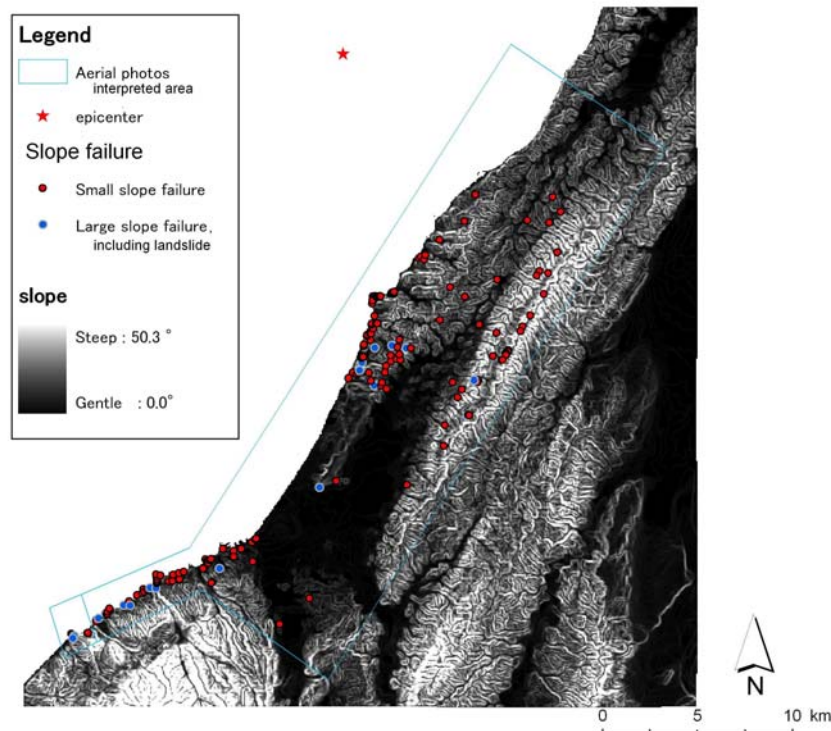
国土地理院地理地殻活動研究センター

佐藤 浩

Geographical Survey Institute (GSI)

Hiroshi P. SATO (fax: +81-29-864-2655)

国土地理院では、7月19日に緊急の1/10,000カラー空中写真撮影を実施した¹⁾。地理地殻活動研究センターでは、地理調査部と共同で地震による斜面崩壊等の位置を判読した。その結果は、国土地理院より7月30日に、災害状況図(電子国土)として公表されている²⁾。ここでは、その空中写真の撮影範囲に柏崎市米山町の北方、聖ヶ鼻周辺の現地踏査範囲を加えた260.8km²における172ヶ所の斜面崩壊(図一1)について、国土地理院の50mメッシュ数値地形モデル(Digital Elevation Model: DEM)を用いた地形的特徴を述べる。



図一1 判読範囲における斜面崩壊(172ヶ所)の分布。うち西端6ヶ所は現地踏査により確認した。背景は国土地理院50mメッシュ標高データから計算した傾斜角(度)。

Fig.1 The 172 slope failures in the aerial photos-interpreted area, six failures of them at the west end of the area were confirmed by the field survey. Back image is slope angle (degree) calculated by 50m-grid digital elevation model (DEM) by Geographical Survey Institute (GSI).

図一1において、斜面崩壊は2分類、小崩壊と大崩壊に分けられているが、小崩壊とは崩壊面積の狭い浅層崩壊、大崩壊とは崩壊深の大きい斜面崩壊や地すべりを意味している。この分類は、国土地理院の災害状況図と同様である。図一1にマッピングした斜面崩壊は、その面積が50m×50mに収まる程度の小崩壊がほとんどだったため、大崩壊も含め、その中心に相当する注目メッシュの傾斜、斜面方位で地形的特徴を把握しようとした。

なお、今回の地震による斜面崩壊等の分布については、株式会社パスコと国際航業株式会社が撮影した空中写真に基づき、各社もそれぞれ7月27日と7月31日に判読結果を公表している^{3),4)}。

1) <http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2007/0720c.htm>

2) <http://www1.gsi.go.jp/geowww/H19-niigata/index.html>

3) <http://www.pasco.co.jp/press/detail/07072701.pdf>

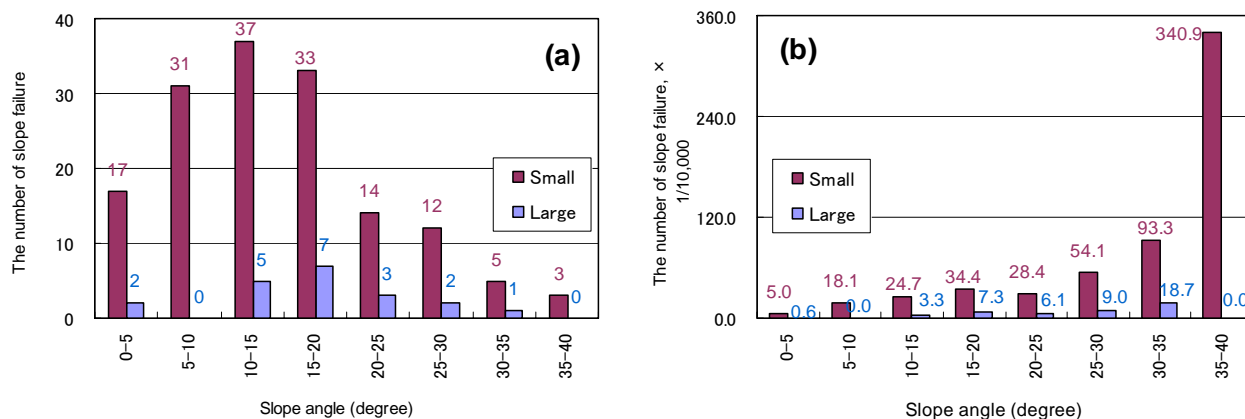
4) http://www.kkc.co.jp/social/disaster/200707_nigata/parts_tuika/gaikyozu.pdf

1. 斜面崩壊と傾斜角の関係

斜面崩壊と傾斜角の関係を、小崩壊と大崩壊に分けて図一2(a)に示した。小崩壊において、最も斜面崩壊の頻度が高いのは10-15°の傾斜帯であり、大崩壊において、最も斜面崩壊の頻度が高いのは15-20°の傾斜帯であり、小崩壊よりもより急な傾斜帯に最高頻度が見られることが判った。

図一2(b)は、図一2(a)に示した斜面崩壊の個数(メッシュ数)を、各傾斜帯が占めるメッシュ数で割り戻した面積比であり、各傾斜帯の広狭に関わらず、平準化した斜面崩壊と傾斜角の関係が求められる。縦軸の値は10,000倍にスケールしており、その値を以下述べる。小崩壊は、傾斜が急になるほど面積比が高くなり、35-30°の傾斜帯は、より緩い傾斜帯の3倍以上も面積比が高い。

2007年3月25日に発生した能登半島地震(M6.9)は、中越沖地震(M6.8)と同様に、震源は海域にありながら陸域に極めて近い場所で生じた地震であった。能登半島地震が引き起こした斜面崩壊では、30-30°の傾斜帯が最高頻度であった⁵⁾ことを考えると、能登半島地震のときより、より急な斜面で小崩壊が生じたのであろう。ただし、能登半島地震の斜面崩壊サンプル数は65、今回の地震のサンプル数は172と、能登半島地震の場合のサンプル数が半分以下のため、そのように結論づけるのは、あるいは早計かもしれない。



図一2 (a) 斜面崩壊の傾斜に関する頻度, (b) 各傾斜帯に占める斜面崩壊の面積比.

Fig.2 (a) Slope failures frequency on slope angle, (b) Slope failure area ratio in each slope angle class.

なお、図一1において、傾斜角 4° 程度を境に、それ以上が山地、それ未満が堆積性の低地に分けられる。各傾斜帯に占める斜面崩壊の面積比を求めるにあたっては、山地で生じた斜面崩壊を対象に、山地の面積のみを考慮する方法もあるが、ここでは、特に山地のみを対象としなかった。その理由は、考慮の如何を問わず、結果が変わらなかったためである。以下の斜面崩壊の斜面方位についても同様である。

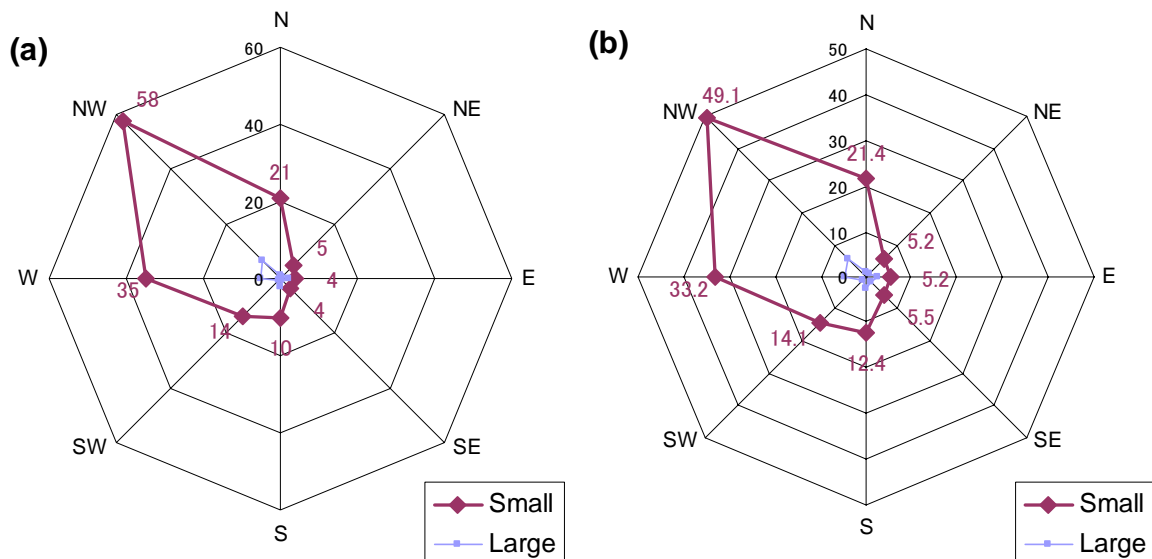
5) http://cais.gsi.go.jp/Research/geoinfo/Noto_6Apr2007.pdf

2. 斜面崩壊と斜面方位の関係

傾斜方位に応じた斜面崩壊の個数（メッシュ数）を、小崩壊と大崩壊に分けて図一3(a)に示した。これを見る限りでは、北西の向きに斜面崩壊の斜面方位が偏っていることが判った。大崩壊の個数は、小崩壊よりもはるかに小さいが、北西の7個、西の5個、東と南でそれぞれ2個などであり、小崩壊の異方性（北西の向き）と同様の傾向である。

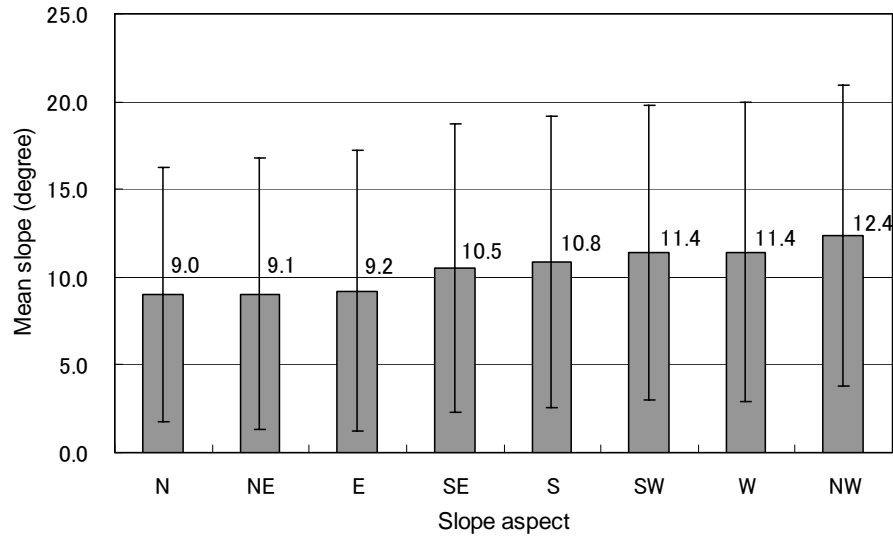
図一3(b)は、傾斜角の場合と同様に、各方位の斜面崩壊面積比を求めたレーダーチャートである。この図でも、北西の異方性が示されている。大崩壊の面積比も同様に、小崩壊よりもはるかに小さいが、北西の5.9、西の4.7、東の2.6、南の2.5などであり、小崩壊の異方性を踏襲した。

今回の地震では、急傾斜をなす海食崖で発生した斜面崩壊が顕著であったが、海食崖は、そもそも北西に向いている斜面が多いため、北西向きの斜面に斜面崩壊が多発するのは当然かもしれない。そこで、図一4に示すように、空中写真の判読範囲等である 260.8km^2 における方位別の平均傾斜を求めた。確かに、最大の平均値 12.4° の傾斜は北西の向きに現れ、続いて 11.4° の傾斜が西と南西に現れている。ただし、図一3(b)に見られた斜面崩壊の北西の異方性が、単にこのような説明で終わらせられるのか、それとも別の要因、例えば地震動の方向性や地質構造も考慮しなければならないのかは、現時点では不明である。



図一3 (a) 斜面崩壊の斜面方位に関する頻度, (b) 各斜面方位に占める斜面崩壊の面積比.

Fig.3 (a) Slope failures frequency on slope aspect, (b) Slope failures area ratio in each slope aspect class.



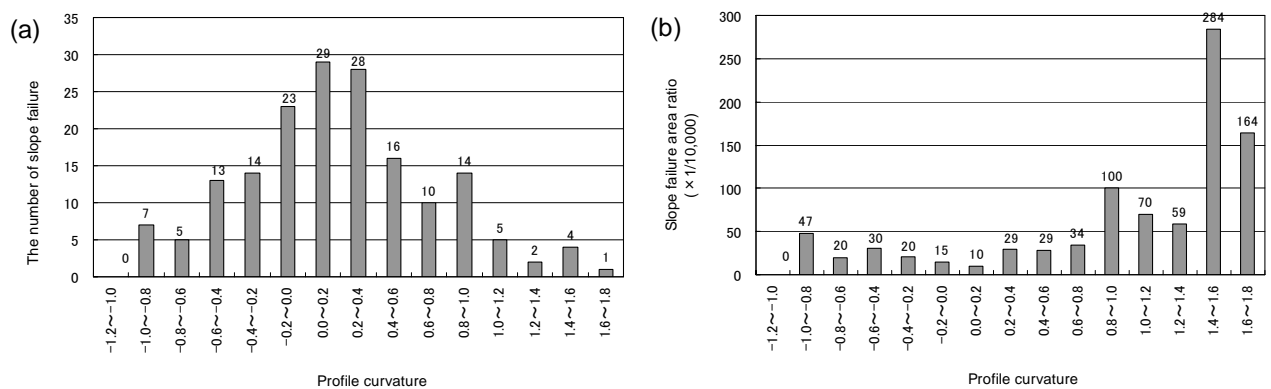
図—4 斜面方位に応じた一般斜面の平均傾斜。エラーバーは標準偏差。

Fig.4 Mean slope in each slope aspect in the whole study area. Error bar means standard deviation of slope.

3. 斜面崩壊と断面曲率の関係

図—5(a)は、斜面崩壊の個数と断面曲率（負が大きくなるほど断面的に凹，正が大きくなるほど断面的に凸）の関係を調べたグラフである。断面曲率が-2.4~-2.2のクラスにもう1個含まれて合計172個となるが、図表現の関係上、省略している。グラフが正に偏っており、例えば0以上0.8未満の4クラスの合計頻度が83個、-0.8以上0未満の4クラスの合計頻度が55個であるので、断面形状が凹よりも凸の斜面で相対的に斜面崩壊が多い。これは、能登半島地震でも同様であった。

傾斜の場合と同様に、平準化のため断面曲率に関する斜面崩壊面積比を求めたのが(b)のグラフである。縦軸の値は10,000倍にスケールリングしており、その値を以下述べる。グラフでは省略しているが、-2.4~-2.2のクラスの面積比は1,000であった。断面曲率0.8以上になると面積比は59以上となり、凸の斜面で斜面崩壊が相対的に多い事実がいつそう裏付けられた。



図—5 (a) 斜面崩壊の断面曲率に関する頻度， (b) 各曲率帯に占める斜面崩壊の面積比。

Fig.5 (a) Slope failures frequency on profile curvature, (b) Slope failure area ratio in each profile curvature class.