

地形・地質情報に基づく地震時斜面崩壊面積率推定式の検討

エイト日本技術開発 ○種平一成, 後根裕樹

国土交通省国土技術政策総合研究所 田中健貴, 山越隆雄, 西脇彩人

1. はじめに

本検討は、地形・地質の類似性に基づき土砂移動形態を分類し、その形態毎に崩壊面積率推定式を作成し、地震時斜面崩壊危険度の絶対指標としての有効性を検討した。また、推定式を他地域に適用し、適合性の検証を行った。

2. 検討条件

対象とする事例は、平成20年岩手・宮城内陸地震で発生した斜面崩壊(狭義の地すべりと崩壊の区別なし)とし、検討範囲を図-1に示す。地形情報は、地震前の10 mDEMを基にArcGISのサーフェイス計算ツールにより、斜面勾配、平均曲率、斜面方位を算出した。また、空中写真より判読した崩壊地をポリゴン化し(以下、崩壊ポリゴンと呼ぶ)、崩壊ポリゴンに重心が重なる10 mメッシュを崩壊メッシュとして設定した。地質は、20万分の1シームレス地質図V2(産業技術総合研究所地質調査総合センター)を用いた。また、5万分の1地質図に示される走向傾斜から、流れ盤・受け盤の情報を取得するとともに、1/25,000火山土地条件図(国土地理院)の地形分類を属性として設定した。

3. 地形・地質情報を用いた土砂移動形態の推定

3.1 推定方法

はじめに、個別の崩壊事例を扱った既往文献を収集・整理し、土砂移動形態が明瞭な崩壊地を抽出した(114箇所)。つぎに、抽出した崩壊地に該当する崩壊メッシュを対象として、ヒストグラムによる階級分析を行い、土砂移動形態の分類に有効な地形条件・地質情報を抽出した。さらに、抽出した項目の組み合わせを検討し、分類フローを設定した。

3.2 分類フローの設定

土砂移動形態の分類に有効な項目として、①地質、②火山土地条件図の地形分類、③斜面勾配、④流れ盤・受け盤、⑤斜面方位が抽出された。①地質は、土砂移動形態との関わりが強い層状構造の有無や岩種による硬軟の違いを推定することができた。②火山土地条件図は、栗駒山周辺の地形分類の情報により、キャップロック崩壊や火山灰崩壊の分類に有効であった。③斜面勾配は、35°を境界に亀裂質地山崩壊を概ね分離することができた。④流れ盤・受け盤は、すべり性の土砂移動形態の分類に活用でき、⑤斜面方位は、流れ盤・受け盤を補足する情報として有効であった。以上の5項目を組み合わせ、図-2のようにフローを設定し、対象範囲の全メッシュと対象に蓋然性の高い土砂移動形態を推定した。推定結果は図-1に着色で示す。

4. 崩壊面積率推定式の作成

地震による崩壊面積率(P)は斜面勾配(I)と地震動特性の独立した2変数によって、 $\log(P)=kI+b$ の式形で表現できる可能性が示されており(内田ら, 2017)、本検討では、この式形を土砂移動形態によって区別することとした。以下、土砂移動形態のうち、流れ盤地すべりとキャップロック崩壊の例を示す。

(1) 斜面勾配の係数kの設定

斜面勾配と $\log(P)$ には、図-3のように明瞭な直線関係が認められ、近似式の傾きより係数kを設定した。

(2) 最大加速度の導入

最大加速度は、観測値をクリギング法で補間して求めた。内田ら(2017)では、bは係数であるとされているが、bは地震動特性によって変化することから、本検討では最大加速度の関数f(A)と

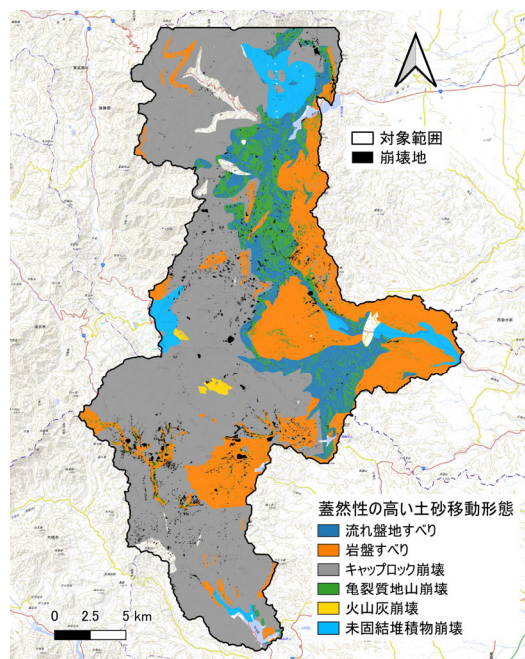


図-1 検討範囲と土砂移動形態の分類及び崩壊地

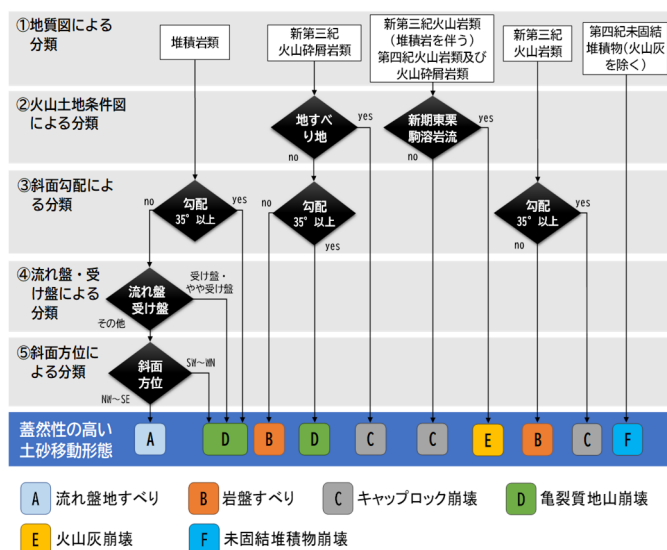


図-2 蓋然性の高い土砂移動形態の分類フロー

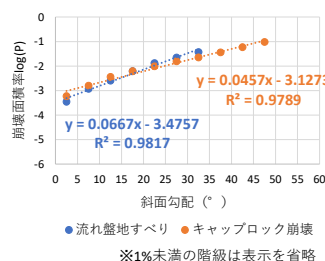


図-3 斜面勾配と $\log(P)$ の関係

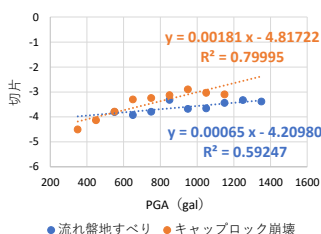


図-4 斜面勾配の影響を除いた最大加速度と $\log(P)$ の関係

した。f(A)の設定手順は以下の通りである。①最大加速度の階級毎に斜面勾配と崩壊面積率を片対数グラフに表示する。②最小二乗法により直線近似し、傾きを係数kに設定して切片(斜面勾

配=0 の崩壊面積率)を求める。③最大加速度の各階級の中央値と切片を片対数グラフに表示する(図-4)。④最小二乗法により直線近似式を求め、これを関数 $f(A)$ とする。⑤これを合成して地震事例毎に崩壊面積率推定式を求めた。流れ盤地すべりの推定式を式(1)、キャップロック崩壊の推定式を式(2)に示す。

$$\log(P)=0.0667 \times I+0.00065 \times A-4.210 \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\log(P)=0.0457 \times I+0.00181 \times A-4.817 \quad \cdots \cdots (2)$$

P:崩壊面積率, I:斜面勾配(°), k:係数, A:最大加速度(gal)

5. 崩壊面積率推定式の精度検証

5.1 推定崩壊面積の検証

式(1)及び式(2)より、崩壊面積率 $\log(P)$ (推定 $\log(P)$ と呼ぶ)を算出し、この推定 $\log(P)$ から得られる推定崩壊面積と実際の崩壊面積を比較することで、推定式の精度の検証を行った。ここで、推定崩壊面積とは、推定 $\log(P)$ が示す崩壊面積率 P と 1 メッシュの面積(100 m²)の積の総和であり、推定値と呼ぶこととする。実際の崩壊面積とは、崩壊メッシュ数と 1 メッシュの面積(100 m²)の積であり、実績値と呼ぶこととする。また、誤差は推定値-実績値、誤差率は(推定値-実績値)/実績値である。図-5 より、流れ盤地すべりの誤差率は-15%、キャップロック崩壊では-41%と、いずれも実績値の半分以上は推定できており、式(1)、式(2)による推定崩壊面積は概ね妥当と評価できる。

5.2 推定 $\log(P)$ の検証

図-6 は、式(1)及び式(2)で得られる推定 $\log(P)$ を 0.5 間隔で階級区分し、その階級が示す崩壊面積率の範囲(理想の範囲)と、階級毎の実際の崩壊面積率(点)を示している。また、一致率とは、理想の範囲と点が一致した階級に属するメッシュ数/全メッシュ数であり、一致率が高いほど推定 $\log(P)$ は絶対指標としての精度が高いといえる。図-6 より、流れ盤地すべりは、98%と非常に高い一致率が得られたが、キャップロック崩壊は、20%と低い結果となった。キャップロック崩壊の一致率は、理想の範囲よりわずかに上にずれたものであり($\log(P)=-3.5 \sim -1.5$ の 3 階級で最大 0.28%)、実質的には絶対指標として有効と考えられる。

6. 他地域での適合性

6.1 検討条件

検証に用いた地震事例は、令和 6 年能登半島地震であり、対象範囲は、国土地理院で斜面崩壊・堆積分布が判読された範囲(約 1,300 km²)とした(図-7a)。地形量は、地震発生前に計測されたレーザ測量データ(石川県)を基に 10 m メッシュ毎に算出した。最大加速度は H20 年岩手・宮城内陸地震と同様に観測値を補間して求めた。推定式の適用に際しては、図-2 のフローに基づき、蓋然性の高い土砂移動形態を分類し、式(1)、式(2)を含む 5 種類の推定式を適用した。なお、式(1)は検証範囲全体の 13%、式(2)は 50%に該当する(図-7b)。

6.2 適用結果と考察

図-7a に推定 $\log(P)$ の高低を暖色～寒色で示した。暖色系の範囲は崩壊ポリゴンの分布と調和的であり、推定 $\log(P)$ によって検証範囲の崩壊実績が概ね再現されている。また、5 章と同様に推定崩壊面積の誤差率(図-8)と推定 $\log(P)$ の一致率(図-9)を求め、定量的に検証した。キャップロック崩壊は、誤差率が 41%、一致率が 73%と比較の高い適合性が認められた。一方、流れ盤地すべりは、誤差率が 195%(実績値の約 3 倍)、一致率が 26%と適合性は低い結果となった。H20 岩手・宮城内陸地震のキャップロック崩壊の推定式は、新第三紀の火山噴出物と堆積岩(溶

結凝灰岩を含む)が複合した地質が該当し、検証事例にも類似する地質が分布するため、適合したと考えられる。流れ盤地すべりについては、走向傾斜の情報が限定的であったため、流れ盤・受け盤の判定精度が低いことが影響した可能性がある。

7. おわりに

H20 年岩手・宮城内陸地震の崩壊事例より、蓋然性の高い土砂移動形態毎に崩壊面積率推定式を作成した。そして、R6 年能登半島地震の地形・地質条件に基づき推定式を適用した結果、他地域においても推定 $\log(P)$ に適合性が認められた。今後は、堆積岩の流れ盤地すべり等の分類精度の向上や、各推定式の汎用性向上のため、より詳細に検討を行っていく予定である。

参考文献

内田ら(2017):地震による斜面崩壊危険度評価手法について, 防災科学技術研究所研究資料 第 411 号 pp.119-122

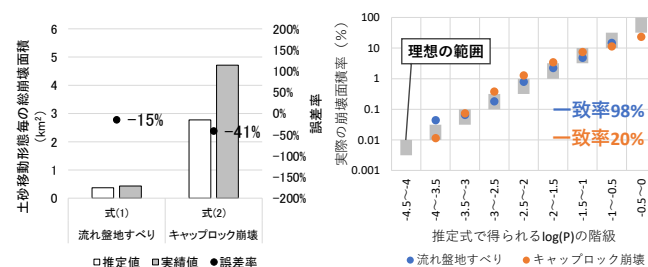


図-5 推定崩壊面積の検証

図-6 推定 $\log(P)$ の検証

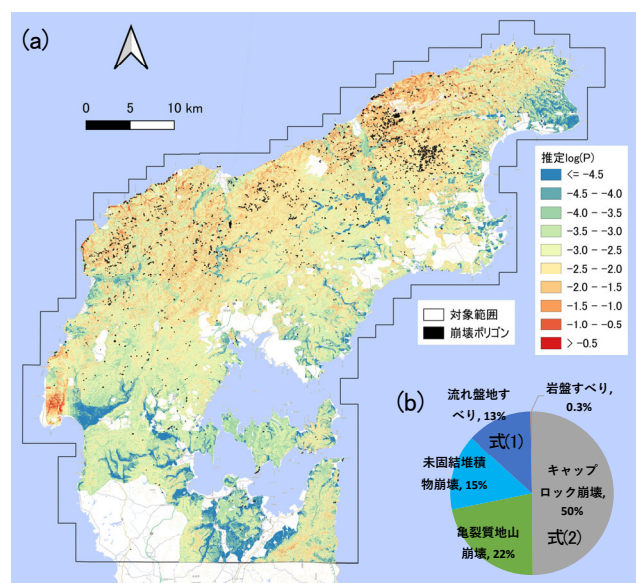


図-7 検証範囲と推定 $\log(P)$ 及び崩壊地(R6 年能登半島地震)

a: 推定 $\log(P)$ の分布, b: 適用した推定式の面積比

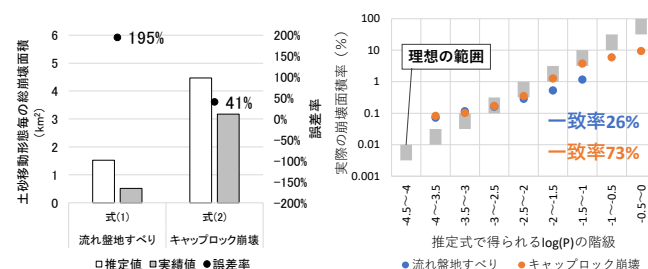


図-8 推定崩壊面積の検証
(R6 年能登半島地震)

図-9 推定 $\log(P)$ の検証
(R6 年能登半島地震)