

長野西部犀川流域の地すべり地危険度評価

柴 原 信 雄*

An Evaluation of Landslide Susceptibility of the Sai-River Basin to the West of Nagano City

Nobuo SHIBAHARA

A large number of landslides have occurred in the Sai-River Basin of the western part of Nagano city and farther west. In such a landslide concentrated area, an evaluation of landslide susceptibility is necessary in order to give priority in the defensive works.

In this study, the quantification method is applied to evaluate the landslide susceptibility in the Sai-River Basin to the west of Nagano City, using topographical and geological items.

As the result of analyses, high category weights which increase landslide susceptibility are clearly recognized in the following categories:

(1) the bedrock consists of mudstones; (2) the sliding block consists of sandy or clay soils; (3) and there exist some swamps.

Thus 82% reliability in sorting out the seriously susceptible zones from the average susceptible zones of the landslide was calculated.

1. ま え が き

長野市西部山地から西の犀川, 土尻川流域は全国的にも有数の地すべり多発地帯である。毎年特に融雪期, 降雨期には多くの箇所で地すべりの発生があり, 住民の生活に支障を与えている。従ってこの地域には夥しい数の地すべり防止区域が指定されており, 地すべりの徴候が現れているかまたは危険性の大きい箇所から防止対策工事が行われてきている。この場合数多くの中から地すべりの危険性の大きい箇所を選び出すことが極めて重要であり, このためには各箇所の危険度を評価することが必要である。従来危険度の評価は現地調査の結果をもとに行われてきたが, 最近は空中写真, 地形図, 地質図その他の資料をもとに統計的手法によって行う方法が試みられてきている⁽¹⁾⁽²⁾。

本研究では上記地域について長野県が従来の調査基準⁽³⁾に基づいて行った危険度評価と, これに対応する箇所の地形, 地質の諸要因との関係について数量化Ⅱ類の手法により解析し, 各要因が危険度に及ぼす度合いを評価値で示してその適否を考察するとともに, この評価値より計算される総評価値によって得られた危険度評価の信頼性を確かめたので報告する。

* 土木工学科 教授
原稿受付 平成元年9月27日

2. 調査対象地域とその地形地質

長野県北部の水内地域のうち、犀川およびその支流土尻川の流域を考え、5万分の1地形図「大町」の小谷中山断層以東と「長野」の西部山地以西を調査対象地域とした。当地域は北部フォッサ・マグナ地域内にあり、第三紀中新世小川層と鮮新世柵層が大部分を占めている。

これらは地殻変動により主として北北東-南南西および北東-南西を軸とする褶曲構造を呈し、断層も発達している。北部には虫倉山(1,378.1m)および陣場平山(1,257.5m)が際立っているが、その南西には1,000~600mの丘陵性の山地が続いており、犀川、土尻川がこれらを侵食して典型的な穿入蛇行の流路を形成している。標高1,000~800mの部分には大峰面群というかつての侵食平坦面が残っているが、これらは中期更新世初期までに形成されたもので、虫倉山、陣場平山は鮮新世の火砕岩で硬質のため侵食を免れた残丘である。その後一帯は隆起を続け、停滞期にいくつかの侵食平坦面を形成しつつ中小河川の侵食を受け、更に多くの土砂崩壊や地すべり活動を繰り返した結果、現在見られるような複雑な地形が形成されたものである。

この地域に地すべりが集中している理由としては、まず地層に泥岩が多く、これらは軟質である上に著しい褶曲や断層運動を受けて揉まれ、粘土化した部分が多いこと、更に虫倉山陣場平山の火砕岩帯が、堆積した砂岩、泥岩層の上に載った「キャップロック構造」が堆積層に地下水を集め易くし、これによって粘土の弱体化を一層助長している点があげられる⁽⁴⁾。

3. 地すべり危険箇所調査と危険度評価

本研究では長野県が建設省河川局制定の「地すべり危険箇所調査要領⁽⁵⁾」に従って行った地すべり地調査と危険度評価の資料をデータとして用いた。この「要領」を以下に要約する。

地すべり危険箇所調査要領（要約）

- (i) 地すべり危険箇所として空中写真、地形図、地質図および既存記録等によって地すべり発生の恐れがある箇所を選定する。(イ)過去に地すべりによるとみられる被害の発生した所。(ロ)現地活動の徴候（亀裂、隆起、陥没）がみられる所。(リ)地すべり地形を呈している所。(ニ)地すべり防止区域の指定地。(ハ)前年度調査による危険箇所。
- (ii) (1)で選定された箇所について現地で次の事項を調査する。
- (イ) 地形（滑落崖の有無、沼地や湿地等の有無、勾配）。
- (ロ) 地質（基盤岩の年代および岩種、地層名、地質構造、移動土塊層の種類、受け盤、流れ盤等）。
- (リ) 地すべり活動状況（過去の地すべり履歴、現在の亀裂の状況、隆起、陥没現象の有無、活動の方向、湧水の多少等）。
- (iii) 危険度判定：下記の事項（素因）によって採点し、その合計によってA、BおよびCに区分する。
- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| (イ)記録として残っている…………… 1点 | (ロ)(過去1年間に)隆起、陥没の現象あり 4点 |
| (リ)(過去1年間に)亀裂が常時見られる 3点 | (ニ)()亀裂がたまに現れる… 2点 |
| (ハ)()崩壊現象がある…………… 2点 | (リ)地すべり地帯である…………… 1点 |
- (イ)~(リ)の合計点が5点以上をA（危険度大）、4、3点をB（危険度中）、2点以下をC（危険度小）と判定する。

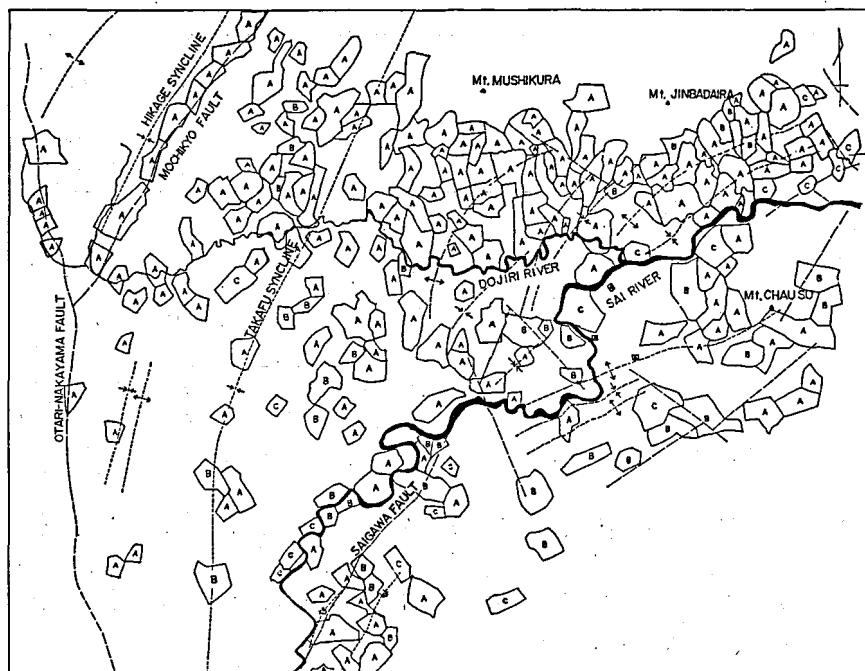


図1 地すべり調査地の危険度判定分布図

選定された箇所とこれらの判定結果および主な褶曲、断層の分布を図1に示す。この方法によれば危険度の判定は(i)の資料調査と(ii)の現地調査項目(v)が評価の素因として取り入れているが、(ii)の(i) (地形) および(v) (地質) については取り入れておらず、折角の調査結果が生かされていない。この理由はこれらの項目が地すべり危険度になどのようにかかわっているかが不明であるためと考えられる。しかしこれらの項目は現地調査以前に知ることができるので、もし地すべり危険度との関係が明らかになるならば危険度評価の素因として取り入れることによって現地調査以前の段階で危険度の評価が可能になると考えられる。そこで本研究ではこれら地形、地質の素因だけを用いて上記の判定(危険度評価)がどの程度できるかを検討している。

4 数量化理論第Ⅱ類と評価値の算出

例えば基盤岩の岩種のように分類で表わされる要因(質的要因)が危険度に深く関連しているものとすれば、このような要因も解析に加えることによってより高い精度で危険度の評価を行うことができるものと考えられる。数量化理論は質的要因を数量で表わすことのできる要因(量的要因)と同等な取り扱いで解析するものであり、このうち第Ⅱ類は質的要因をもとにサンプルを判別分類する場合に用いられる。

地形および地質の調査項目(3(ii)の(i),(v))と判定結果とを整理し、サンプル反応表(表1)を作成する。ここで調査項目(要因)がアイテムであり、アイテム中の分類(素因)がカテゴリーである。どのサンプル(調査地)も各アイテムの中で必ず唯一つのカテゴリーが

表1 サンプル反応表

グループ	サンプル No	アイテム カテゴリ	1 滑落崖有無		2 沼・湿地の有無		3 勾配						4 基岩盤岩の種類				5 地質構造					6 移動土塊層別						7 地質小構造			(8) 危険度評価		
			1	2	1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3					
			あり	なし	あり	なし	0°	10°	15°	20°	25°	30°	泥岩	砂岩	凝灰岩	その他	単斜構造	向斜軸	背斜軸	断層破砕帯	広域破砕帯	その他	粘性土	砂質土	その他	受け盤	流れ盤	その他	A	B	C		
A	1		0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0			
A	2		0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0			
B	3		0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0			

該当（反応）するのでこの欄の値を1、他の欄の値を0とする。判定結果も列の最後につけ加える。これらを行列データとして、数量化Ⅱ類の行列演算⁽⁵⁾により、同一グループ（例えばA）のサンプルが持つ数値（総評価値）が他のグループのサンプルが持つ数値（総評価値）と最もかけ離れるように各カテゴリに数値を与える。このようにして算出された数値が各カテゴリの評価値である。各サンプルについて反応したカテゴリの評価値を加え合わせることによって総評価値が得られ、これによって危険度が評価でき、危険度のグループ分けができる。すなわち評価値は各カテゴリ危険度に寄与する度合を示す値である。

5 解析結果

解析の結果得られた評価値を表2に示す。解析に用いた要因（アイテム）のうち判別への影響の大きさはレンジ（幅）で示される。すなわち基盤岩の岩種と移動土塊層の種類が最も大きく、沼地、湿地の有無、地質小構造、滑落崖の有無がこれに次ぎ、地質構造と勾配は最も小さい値となっている。また図3に全サンプルの総評価値の度数分布とこれに適合する正規分布曲線を示すが、Aの総評価値が最も大きく、以下B、Cの順になっていることがわかる。すなわち各アイテム内のカテゴリのうち、評価値の

表2 評価値

アイテム	カテゴリ	評 価 値		レンジ
		0	0.1	
滑落崖の有無	あり	0.06891		0.0689
	なし	0		
沼地・湿地の有無	あり	0.10638		0.1064
	なし	0		
勾配	0° - 10°	0.01609		0.0226
	10° - 15°	-0.00509		
	15° - 20°	-0.00646		
	20° - 25°	0.01370		
	25° - 30°	0.00865		
	30° 以上	0		
基岩盤岩の種	泥岩	0.09549		0.1882
	砂岩	0.01869		
	凝灰岩	0		
	その他	-0.09269		
地質構造	単斜構造	-0.01057		0.0313
	向斜軸	-0.01287		
	背斜軸	0.00531		
	断層破砕帯	0		
	広域破砕帯	0.00759		
	その他	0.01840		
移動土塊層	粘性土	0.14142		0.1737
	砂質土	0.17371		
	その他	0		
地質小構造	受け盤	0		0.0817
	流れ盤	0.01004		
	その他	0.08166		

大きいものほど危険度の大きいAグループに入ることになる。

以下に影響の大きいアイテムから順に、各カテゴリーの評価値について検討する。まず基盤岩の岩種が泥岩であることが危険度に大きく寄与しているが、このことは望月の報告⁽⁴⁾にも示され経験上からも明らかなので妥当な結果といえよう。またその他の岩種の評価値が大きいマイナスであることと比較して、砂岩および凝灰岩のそれが0に近い値であることはある程度危険度に寄与していることになる。移動土塊層の種類についてみると、砂質土の方が粘性土より評価値が大きくなっている。これは犀川沿岸には砂岩泥岩互層が広く分布している⁽⁴⁾ことから、すべり面が粘性土であっても上に載る移動土塊層は砂質土ということも考えられ、また粘性土の場合も砂質土の場合より少ないとはいえかなり近い値となっているので、これも妥当な結果といってもよいであろう。沼地、湿地の存在および滑落崖の存在はかつてその場に地すべりがあったことを示し、当然評価値が大きくなって然るべきである。特に大きい値となっていないのはこれらが存在しなくても危険な箇所は多いと解釈できる。地質小構造は要因としての影響が小さく、しかも流れ盤や受け盤の箇所よりその他の箇所の方が危険度に大きく寄与している。これは、その他の中に走向方向が含まれ、走向方向の傾斜地に地すべりが多いとの報告⁽⁴⁾もあるのでこのような結果が得られたものと考えられる。このため今後は調査項目(カテゴリー)に走向方向をも加えた方がよいと思われる。

地質構造はいずれのカテゴリーも評価値が小さくなっている。これはどのカテゴリーもまんべんなく地すべり危険度に影響を与えそうなのでお互いに評価値を打ち消し合ってしまったのではないと思われる。そこで地質構造については図1より褶曲、断層との関係を概観する。特に土尻川左岸には褶曲が発達し、これに沿って地すべり危険度の高い箇所が密集している。これに対し土尻川右岸から南方に行くにつれて地すべり地は減少し、危険度も小さくなってきている。これは前述のキャップロック構造により北部に危険地が多く分布することと、南方に行くにつれて地層が泥岩から砂岩泥岩互層へと変わって行くためといえる⁽⁴⁾。高府向斜軸に沿う部分は地すべり箇所が多いが、これは小川層、柵層ともに泥岩層が分布する地域であることによる。

次に断層と地すべり箇所の関係をみると、持京断層上では地すべり箇所が集中しており、形態は破碎帯地すべりであるが基盤岩はやはり泥岩である。断層東側で地すべり箇所が少なくなっているのは砂岩分布地域であることによる。土尻川右岸には褶曲とともに断層がいろいろな方向に分布するが褶曲とあいまって泥岩の弱体化に影響を与えていることは前述の通りである。犀川左岸の断層沿いは茶臼山地すべり等大型の地すべりもあるが概して右岸より数は少ないのはやはり基盤岩の違いによるものである。

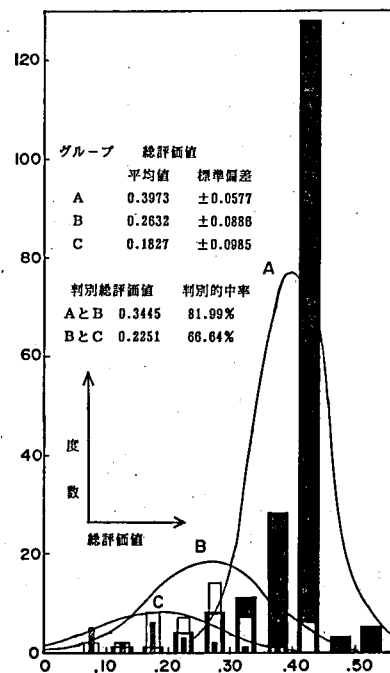


図2 総評価値度数分布

以上のように地すべり箇所の分布は地質構造と関係する場合としない場合があり、基盤岩の種類に大きく依存するといえよう。勾配の寄与度も小さい値となったが、地質構造と同様どの勾配もまんべんなく地すべり地の分布に寄与しているものと考えられる。

次にこれらの評価値を総合して算出した総評価値を用いてグループ分けを行った場合の判別の精度を検討する。図2は「要領^③」に従って判別したグループ別の総評価値の分布を示しており、これらに適合する正規分布も併記している。これより、総評価値によって各グループを分けた場合の判別適中率はグループAとBとの判別で82.0%、グループBとCの判別では66.6%となった。前述のように、グループ判別に用いた以外の要因および素因のみから総評価値を算出したにもかかわらず、グループAとBとはかなり高い適中率で判別ができたといえよう。グループBとCの判別適中率は低くて、満足できない結果であるが、これはグループBおよびC、特にCのサンプル数が少なかったこと、および何らかの地すべりの可能性を持つ箇所のみをサンプルとしたことによって、危険度の小さい場合の判別がしにくかったためと考えられる。ともあれ危険度の大きい箇所を選び出すことは可能であり、質的データが危険度評価に有効に利用できることがわかった。

6 ま と め

長野県北部、水内地域の犀川、土尻川流域の地すべり地について、現地調査の結果より得られた危険度評価と、それぞれの他の地形、地質の質的要因との関係を数量化理論第Ⅱ類によって解析したところ次の結論が得られた。

- (1) この地域において地すべり危険度を高める最も大きい素因は、基盤岩が泥岩であることで、次いで移動土塊層が砂質土または粘性土であること、沼や湿地が存在することである。
- (2) この地域において現地調査で行ったグループ判別に対する地形、地質の質的要因のみから行った判別の精度は、危険度大と危険度中との判別適中率が82.0%、危険度中と危険度小との判別の中率が66.6%であった。従って危険度の大きい箇所を選び出すために、地形地質の質的要因が有効に利用できる。

本研究の実施にあたり資料の提供を頂いた日本綜合建設(株)土屋好幸氏、対象地域の地質について御教示を頂いた信州大学教育学部齊藤 豊博士に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 川上 浩・齊藤 豊：姫川および裾花川流域における地すべり危険度評価，自然災害科学，2-1，pp.26～36，1983。
- (2) 杉山和一・後藤恵之輔・棚橋由彦：地すべり危険度評価における数量化理論適用の試み，地すべり，No. 88，pp.24～28，1987。
- (3) 建設省河川局砂防部：地すべり危険箇所調査要領，pp.1～10，1985。
- (4) 望月巧一：長野県北部犀川，姫川沿川山地の地すべり(1)，地すべり，No. 23，pp.7～14，1971。
- (5) 小林竜一：パソコンによる多変量解析，培風館，pp.108～135，1984。