

## 融雪を考慮した広域水文指標に基づく地すべり要警戒地域・期間の設定

○松永隆正（北海道大学農学院）、桂真也（北海道大学農学研究院）

### 1. はじめに

地すべりは一般的に滑動が緩慢であるという理由から、亀裂・段差といった兆候を発見後に警戒避難が行われる。しかし、積雪等により兆候の発見が遅れ、滑動が加速した地すべりに突然襲われる事例もあることから、融雪地すべりに特化した警戒避難に資する情報が必要である。現在、融雪を起因とした土砂災害に注意喚起を促す情報として融雪注意報があるが、発表基準を満たさない場合でも土砂災害発生の危険性が高い日が存在することが報告されている（井良沢ら、2011）。そこで、ダム流入量や河川水位などの水文指標を用い、融雪地すべりに特化した要警戒期間を設けることで地すべり災害の7割を捕捉できる手法が提案されている（中谷ら、2008；Touhei et al, 2016）。しかし、これらの指標は灌漑や発電の取排水などの人為的な影響を受ける地域への適用が難しく、広域的な運用には不十分である。これまでの研究により降雨量から算定される斜面内部の水分状態を表すような各種水文指標（たとえば神谷、2019）と地すべり移動量との間に良好な関係があることが明らかになっている。そこで本研究では、前述の広域的な適用性があると考えられる各種水文指標に基づき、融雪地すべりに特化した広域的な地すべり要警戒期間の設定を行うことを目的とした。

### 2. 対象地の概要

本研究では、日本有数の豪雪地帯であり、第三紀地すべりの多発地帯として知られている新潟県上越地方（図-1a）を対象地域とした。警戒避難への応用を見据えて土砂災害警戒情報と同様に5kmメッシュに対象地域を分割し、メッシュ毎に要警戒期間の設定を行う。また、対象とする地すべりは新潟県地すべり災害記録(2020)に報告され、発生日・発生場が特定可能なものとする。なお、本研究における「発生日」とは地すべりを起因とした地表面の変状が発見され、調査や監視体制、避難等の対応が必要と判断された日である。また対象メッシュは地すべり発生報告数の上位3つのA~Cのメッシュ（図-1b）とし、対象期間は1979年~2020年の12月~5月とし

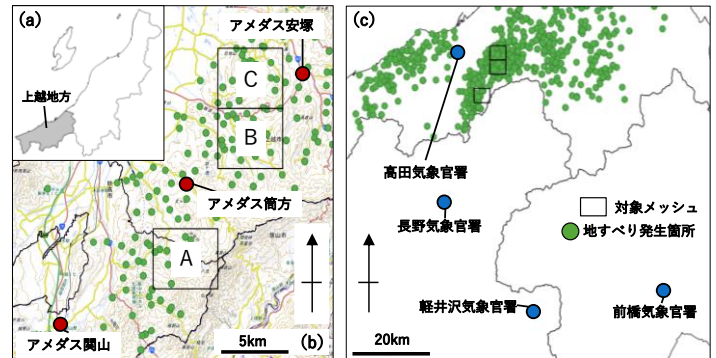


図-1 研究対象地（地理院地図に加筆）

た。対象メッシュ毎の地すべり発生件数はA,B,Cにおいてそれぞれ112,103,70件であった。

### 3. 方法

#### 3.1 地表面到達水量

本研究では融雪の影響を考慮するために、最終的に地表面に到達した全ての水の量（降雨量と融雪水量の和）である地表面到達水量MR（松浦、2003）を用いる。A~Cの各メッシュの中心座標を代表地点、その地点の標高をメッシュ内の平均標高と設定し、その地点のMRを各メッシュで1時間ごとに算出する。融雪水量は松永・桂（2019）の手法から熱収支法に基づき算出した。熱収支法とは積雪層に出入りする熱収支成分を算定し、その残差から融雪水量を求める手法である。各熱収支成分は気温・降水量・風速・日照時間・気圧・水蒸気圧から算出した。気温等のデータは近隣のアメダス・気象官署（図-1b,c）の観測データより補正・補間して求めた。

#### 3.2 水文指標の算出と地すべり要警戒期間の設定

本研究では、地すべりの移動と良好な相関が報告されている積算雨量、実効雨量、タンクモデルにおけるタンク貯留高を用いる。融雪の影響を考慮するために降水量の代わりに地表面到達水量を用い、それぞれ積算MR、実効MR、土壌MR指数として1時間ごとに算出した。積算MRにおける積算時間（h）および実効MRにおける半減期（h）は様々に変化させながら計算を行う。また土壌MR指数におけるタンクモデルはIshihara and Kobatake（1979）における第三紀層に適用されたものを用いる。続いて各水文

指標の標準化を行い、標準得点を1時間ごとに求める。対象とする地すべりの7割を捕捉する標準得点を発表基準得点(CS)として水文指標毎に求めた。そして標準得点がCSを超過した期間を地すべり要警戒期間とした。なお、本研究では地すべり要警戒期間が最も短い水文指標を最適な指標とする。

#### 4. 結果と考察

融雪地すべりが多発した1989年12月から1990年5月のメッシュBにおける実効MRでの適用結果を図-2に示す。図-2から標準得点が大きくなる時期に融雪地すべりが生じていることが分かる。表-1に各メッシュにおける水文指標の適用結果および水文指標毎の適用結果を示す。表-1から地すべり要警戒期間が最も短い水文指標はメッシュAにおいて積算MR、メッシュB、Cにおいては実効MRとなった。さらに水文指標毎に結果を整理すると、実効MRの年平均要警戒期間が42.1日と最も短く、広域的な水文指標として適していることが分かった。上越市、妙高市に対する2013~2020年の融雪注意報の発表期間(年平均30日程度)におけるメッシュA~Cでの地すべり災害の捕捉率は36%であり、本手法により3割以上多くの地すべり災害を捕捉可能であると言える。実効MRが最適水文指標となった要因として、積算MRでは考慮できない斜面からの水の流出が考慮できること、パラメータが一律に設定された

土壌MR指数とは異なりメッシュ毎に半減期を定めることで地域性を考慮できることが考えられる。

しかし、メッシュ毎に半減期を設定する手法については依然として課題が残る。そこで最適半減期の設定手法についてさらなる検討を加えた。福本(2004)は、新潟県の地すべり移動斜面において運動実態の解析を行った結果、地すべり移動斜面が長くなるほど地すべりのすべり面深度が深くなる傾向がみられるとしている。そこで本研究では、地すべり移動斜面長とすべり面深度に関係があると考えられる地すべり移動土塊量と最適半減期との比較を行った。その結果、地すべり移動土塊量が多いほど最適半減期が長いという傾向があることが分かった(図-3)。このような結果となった要因として、移動土塊量によって表される地すべり規模が大きくなるほど、すべり面深度が深くなり、より過去の先行MRの影響を考慮する必要があるためと考えられる。以上から既往の地すべり移動土塊量から最適半減期を設定できる可能性が示唆されたといえよう。今後は本研究により示唆された地すべりの規模(移動土塊量)と半減期との関係を精査し、異なる地域に対する本手法の適用性を検討していく予定である。

#### 謝辞

本研究は、砂防学会およびJSPS科研費JP18H03819の助成を受けて実施したものです。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

福本(2004):日本地すべり学会誌, Vol.41, No.1, pp.65-69., 井良沢ら(2011):岩手大学農学部演習林報告, No. 42, pp.97-109., Ishihara and Kobatake (1979):Kyoto Univ., No.29, pp. 27-43., 神谷(2019):地すべり, Vol.54, No.3, pp.25-31., 松浦(2003):日本雪工学会誌, Vol.19, No.3, pp.59-64., 松永・桂(2019):砂防学会研究発表会概要集, 中谷ら(2008):地すべり, Vol.44, No.5, pp.302-312., Touhei et al(2016):The 12<sup>th</sup> International symposium on landslides, Naples, Italy, pp.1921-1924.

表-1 本研究結果のまとめ

メッシュ	水文指標	積算時間,半減期(h)	CS	平均要警戒期間(日)
A	積算MR	331	0.33	36.7
	実効MR	36.0	0.22	40.5
	土壌MR指数		0.40	39.2
B	積算MR	839	0.47	39.3
	実効MR	318	0.50	36.0
	土壌MR指数		-0.10	72.7
C	積算MR	61.0	0.11	54.4
	実効MR	41.6	0.20	49.7
	土壌MR指数		0.18	56.4

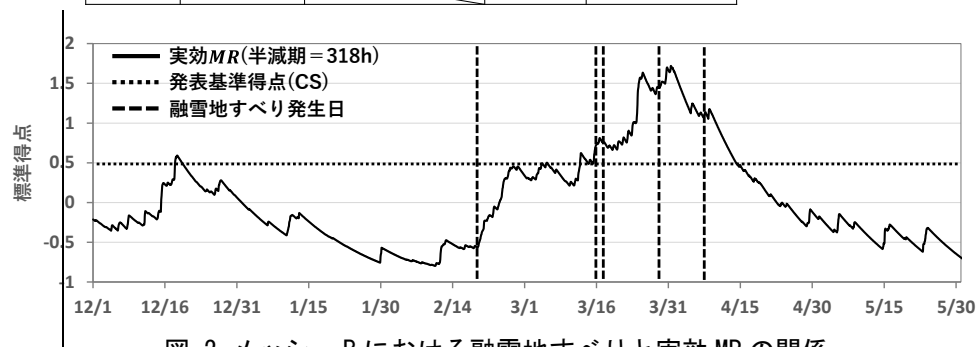


図-2 メッシュBにおける融雪地すべりと実効MRの関係 (1989年12月~1990年5月)

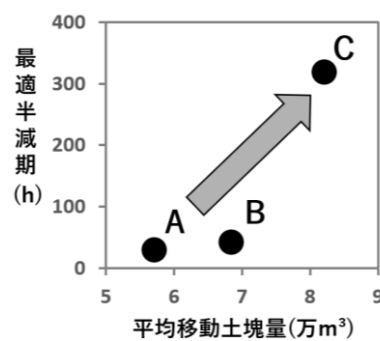


図-3 最適半減期と移動土塊量の関係