

実効地表面到達水量に基づく広域的な融雪地すべり警戒指標の検討

○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

北陸地方では、3～5月の融雪期に多量の融雪水の浸透に伴う地すべり（融雪地すべり）が数多く発生している。積雪等により亀裂等の前兆現象の発見が困難な上、滑動が加速した地すべりに突然襲われる事例もあるため、融雪地すべりに対する警戒指標が必要といえる。しかし、広域的かつ時間単位での融雪水量の把握が難しい上、地すべりの滑動と関係を持つ融雪を考慮した指標の検討事例が非常に少ないため、融雪地すべりに対する事前の警戒避難は行われていないのが現状である。著者らは、これまでにアメダスおよび気象官署での観測データのみを用いた融雪を考慮した水文指標に基づく広域的な地すべり警戒指標の設定を行ってきた^[1]。しかし、アメダス等の観測密度が約20kmと低いため、警戒指標に応用する上で気象データの空間解像度の粗さが課題の一つとなっていた。そこで本研究では、解像度が約5kmメッシュである気象庁メソ数値予報モデルGPV（以降、MSM）を用いて、融雪を考慮した水文指標に基づく広域的な融雪地すべり警戒指標の検討を行った。

2. 対象地の概要

対象地域は、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）である。警戒避難への応用を見据えて

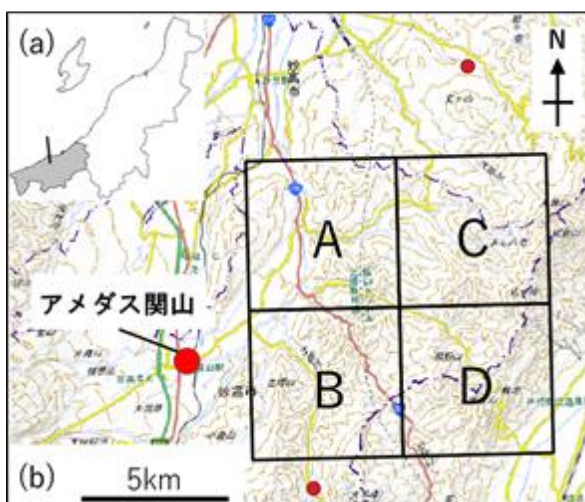


図-1 研究対象地（地理院地図に加筆）

土砂災害警戒情報と同様の5kmメッシュに対象地域を分割し、メッシュ毎に警戒指標の検討を行う。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、発生日および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。対象期間は2006年～2020年の12月～5月である。今回はA～Dの4つのメッシュ（図-1b）を対象として検討を行う。

3. 方法

3.1 地表面到達水量

積雪地域における冬期の降水は積雪層の形成など様々な過程を経て、時間的な遅れや強度の変化を伴いながら地表面に到達する。本研究では以下の方法により、地表面に到達した全ての水の量（地表面到達水量MR^[2]）を1時間単位でメッシュ毎に求めた。各メッシュの中心座標を代表地点、その地点の標高は基盤地図情報数値標高モデル（10mメッシュ）におけるメッシュ内の中央値とした。融雪水量は熱収支法に基づいて算出した^[3]。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・相対湿度から算定した。降水量は解析雨量、気温等のデータはMSMおよびアメダスの気象観測データより補正・補間して求めた。気温と湿度を考慮した雨雪判別を行い、1時間前の積雪水量にその時間の降雪量を加え、融雪水量を減ずることで1時間毎の積雪水量を算出した。

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、地すべりの滑動と良好な相関が報告されている実効雨量を水文指標として用いる。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MRを用い、実効MRとして1時間単位で算出した。実効MRにおける半減期（h）は既往研究^[4]を参考に1～1000時間とした。続いて実効MRの標準化を行い、標準得点を1時間単位でメッシュ毎に求める。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、標準得点がCSを

超過した期間を地すべり要警戒期間(day/year)とした。なお、本研究では地すべり要警戒期間が最も短い半減期を最適半減期(h)とする。

4. 検討結果と今後の課題

対象期間の内、2016年12月から2017年5月のメッシュDにおける積雪水量の計算値と近傍のアメダス関山における積雪深の実測値を図-2bに示す。メッシュDの代表地点がアメダス関山の標高より230m程度高いことを考慮すると、積雪・融雪の傾向を概ね再現できていることが図-2bから分かる。また図-2aから積雪期に積雪層に貯留された降水が、融雪期にMRとして地表面に到達する状況が分かる。

実効地表面到達水量の適用結果を図-2cおよび表1に示す。表1からメッシュA～Dにおいて地すべり要警戒期間は41.8日程度であることが分かった。図

-2c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一方、標準得点の比較的小さい時期においても発生していることが分かる。これはメッシュ内の標高のばらつきに起因するものと考えられる。すなわち、実際の融雪地すべり発生箇所はメッシュの代表地点より標高が低く、実際の融雪のタイミングがより早かったためであると考えられる。今後は標高のばらつきを考慮した指標、例えばメッシュ内の低地から高地までまんべんなく本手法を適用し、その中で標準得点の最高値をメッシュでの標準得点とするといったアンサンブル型の指標についても検討していく予定である。

謝辞

本研究は、北海道大学アンビシャス博士人材フェローシップ(SDGs)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

[1] 松永・桂(2021)：R3年度砂防学会研究発表会概要集, pp.401-402., [2] 松浦(2003)：日本雪工学会誌, Vol.19, No.3, pp.59-64., [3] 松永・桂(2021)：日本地すべり学会誌, Vol.58, No.4, pp.153-169., [4] 榎田ら(2002)：水文・水資源学会誌, Vol.15, No.1, pp.23-38.

表1 本研究結果のまとめ

メッシュ	最適半減期(h)	CS	地すべり要警戒期間(day/year)
A	997.5	1.405	36.63
B	171.2	1.096	41.31
C	391.8	1.115	44.74
D	366.9	1.091	44.86

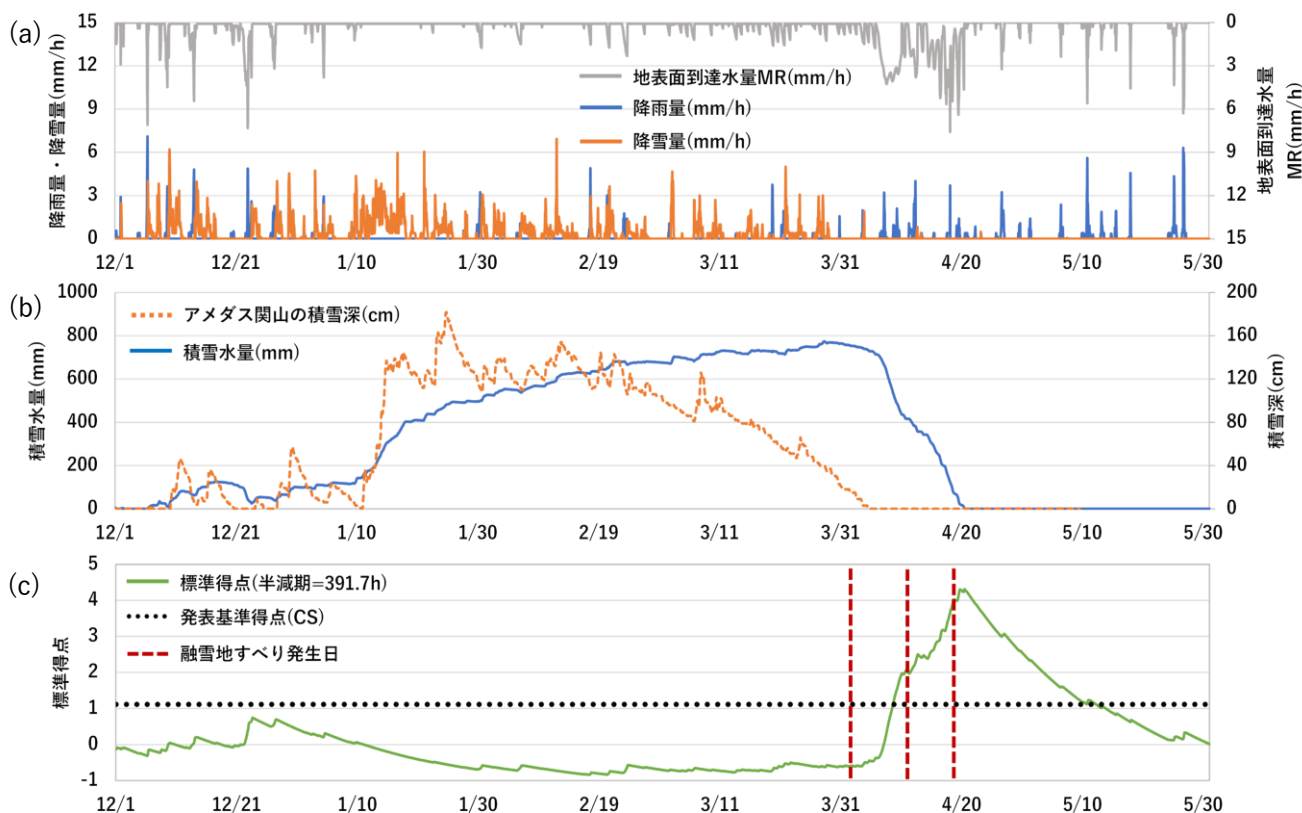


図-2 メッシュDにおける(a)時間降雨・降雪・地表面到達水量(mm/h), (b)積雪水量(mm)とアメダス関山における積雪深(cm), (c)標準得点の経時変化(2016年12月～2017年5月)