

融雪量を考慮した土砂災害危険度評価について

国土交通省国土技術政策総合研究所 國友優 神山嬢子 池田寛
 一般財団法人日本気象協会 ○後藤祐輔 吉田裕一

1. はじめに

積雪地域では、大雪の年の融雪期に融雪災害が発生している。土砂災害警戒情報発表基準には、融雪量を考慮した指標がなく、積雪地域の融雪期の土砂災害は、土砂災害警戒情報の対象外として扱われている。平成 27 年の土砂災害防止法改正では、避難情報のトリガーとして位置づけられているため、融雪期の土砂災害発生警戒基準の設定が必要である。

植村ら(1999)、井良沢(2011)などが、融雪に起因した土砂災害の事例と予測手法に関する研究を実施している。また、鳥海ら(2015)によって土壌水分の代替指標として河川流量を用いた地すべりの予測手法が検討されている。

本研究では、積雪域において 1km メッシュごとに融雪量推定値を活用した土砂災害危険度の指標作成に関する研究を行った。

2. 研究対象地域と研究対象期間

本研究は、新潟県中越地方を対象地域として、2010～2012 年の融雪期に発生した 31 事例の地すべり災害を対象事例とした。災害発生箇所を図 1 に示す。

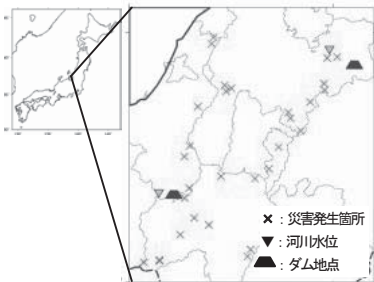


図 1 対象地域と災害発生箇所

3. メッシュ融雪量の算出手法

メッシュ融雪量を算出するための手法は、小池 (1985) モデルを基にした手法 (図 2、式 1) を用いて、日々の積雪深、融雪量を算出した。

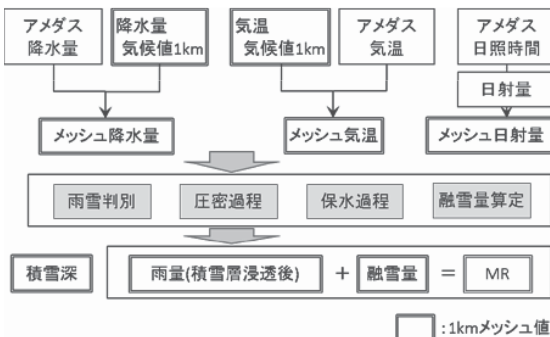


図 2 メッシュ積雪深と融雪量の推定手法

$$M_{cat} = \frac{0.332I \left(\frac{T_{6-18} + 273}{273} \right)^4 - 33.4dT_{18-21} \left(\frac{T_{18} + 273}{T_{18} + 273} \right)^4 + 3.0}{8} \dots (1)$$

$$+ 0.102d \cdot h + \frac{2.49I(e_{sat} - 6.1) + \frac{PT_p}{10}}{8}$$

M_{cat} : 日融雪量	I : 日積算日射量	P : 降水量(mm)
T_{6-18} : 昼間平均気温	ΔT_{18-21} : 夜間気温変化率	T_{18} : 18 時気温
T_p : 降水時の平均気温	$d \cdot h$: degree-hour	e_{sat} : 飽和水蒸気圧

また、実際の融雪現象は、降雨と複合的に発生する現象であるため、融雪量と降雨量の和である地表面到達水量(MR:Meltwater and Rainfall)を以下では、指標作成の入力値とした。

4. MR を用いた危険度指標の算出

(1) MR を考慮した土壌雨量指数の算出

推定された日別融雪量をメッシュ毎時気温によって、特別融雪量に変換した (図 3)。さらに特別降雨量をそれぞれ足したものを特別 MR とした。この特別 MR を用いて土壌雨量指数を計算した。

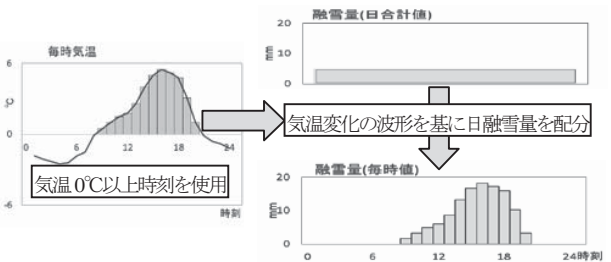


図 3. 特別融雪量の推定手法

(2) 任意の半減期による実効 MR の算出

特別 MR を基にして 1、3、6、12、24、36、48、72、168、336、672 時間半減期の実効 MR(実効雨量相当)を算出した。算出式を式 2 に示す。

$$(実効MR)_0 = (MR)_0 + (実効MR)_{-1} \times 0.5^{\frac{1}{T}} \dots (2)$$

ここで、MR:降雨量、T:半減期(hr)、0 は現在時刻、-1 は前時刻とする。

5. 各指標による災害の捕捉状況の比較

(1) 評価手法

各指標の有効性を一定の災害捕捉率における閾値超過日数出現日の割合によって評価する。ここでは、鳥海らの手法と同様に災害発生数の 7 割を捕捉する閾値を設定し(図 4)、全期間(212 日×3 年)に対して閾値を超過する日数の割合を求めた。

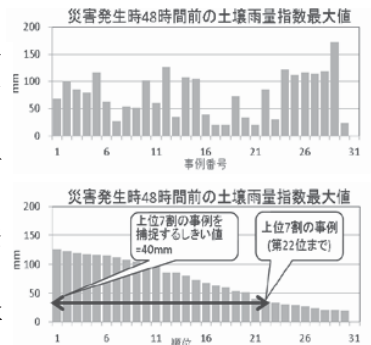


図 4 災害の 7 割を捕捉するしきい値の設定方法

(2) 土壌雨量指数による災害の捕捉状況

MRを用いた土壌雨量指数による災害の捕捉は、融雪期において対応が良い事例(No. 21)と悪い事例(No. 8)があることが分かった(図5、図6)。土壌雨量指数は、3段タンクモデルの各タンクの合計貯留高であり、上段の貯留高が大きいのか、中・下段タンクの貯留高が大きいのかについては、識別できない。ここでの結果は、土壌雨量指数を使用した場合、長期間に連続的な融雪現象が発生する融雪期において、災害発生を捕捉することが難しい事例が存在することを表している。



図5 土壌雨量指数による災害の捕捉状況(1)

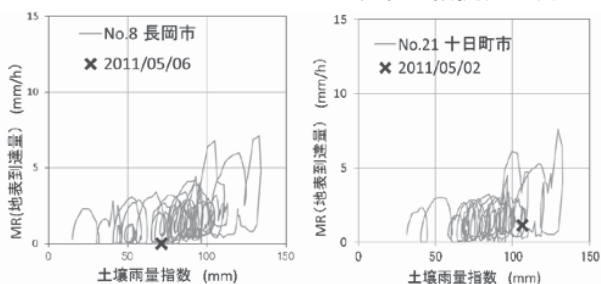


図6 土壌雨量指数による災害の捕捉状況(2)

(3) 実効MRによる災害の捕捉状況

対象災害全31事例の半減期別実効MRによる結果を表1に示す。4月頃の融雪期の災害発生は、168時間以上の長期の半減期実効MRとの対応が非常に良い。土壌雨量指数で対応が良かった事例No. 21は、土壌雨量指数の最大値発生から5日後と時間が空いたが、168時間や672時間半減期実効MRでは、最大値直前で捕捉した(図7)。

表1 災害事例の半減期別MRによる捕捉結果

NO	年月日	半減期(hr)				
		12	48	72	168	672
1	2009/12/29	x	x	x	x	x
2	2010/03/21	o	o	x	x	x
3	2010/04/05	o	o	o	o	x
4	2010/04/13	o	o	o	o	o
5	2010/04/26	x	o	o	o	o
6	2011/04/23	o	o	o	o	o
7	2011/04/28	x	o	o	o	o
8	2011/05/06	x	x	x	x	x
9	2011/05/07	o	o	o	x	x
10	2011/05/10	o	o	x	x	x
11	2011/05/17	o	o	o	o	x
12	2012/04/27	o	o	o	o	x
13	2012/05/05	o	o	o	o	o
14	2009/12/17	o	x	x	x	x
15	2010/04/06	o	x	x	o	o
16	2010/05/23	o	o	o	o	o
17	2010/12/14	x	x	o	o	o
18	2011/02/18	o	x	x	x	x
19	2011/04/19	o	o	o	o	o
20	2011/04/27	o	o	o	o	o
21	2011/05/02	x	x	x	o	o
22	2011/05/10	x	x	x	x	x
23	2011/05/12	o	o	o	x	x
24	2011/05/20	x	x	x	o	o
25	2011/12/11	o	o	o	o	o
26	2012/04/20	o	o	o	o	o
27	2012/04/25	o	o	o	o	o
28	2012/04/25	o	o	o	o	o
29	2012/05/01	o	o	o	o	o
30	2012/05/05	o	o	o	o	o
31	2012/05/26	x	x	x	o	o



図7 実効MRによる災害の捕捉状況

(4) 各指標のしきい閾値超過日数割合の比較結果

MRを用いた土壌雨量指数、様々な半減期実効MRについて、閾値超過日数出現率を比較した結果を図8に示した。ここでは、参考までに鳥海らの代表的な指標であるダム流入量の積算値偏差、河川水位の積算値偏差を比較対象として加えた。

いずれの手法も半減期(ダム流入量・河川水位の積算値偏差の場合は積算期間)は長時間になるほど、閾値超過比率が減少する傾向である。最も閾値超過比率が小さいのは、672時間半減期実効MRの約10%である。次いでダム流入量の積算値偏差で約15%である。これらの長期の半減期実効MRでは、閾値超過が融雪期の後半に連続的に出現している。しかし、これらの閾値超過は、地すべりの警戒期間を限定しているとも言い換えられ、有効活用できる指標であるといえる。

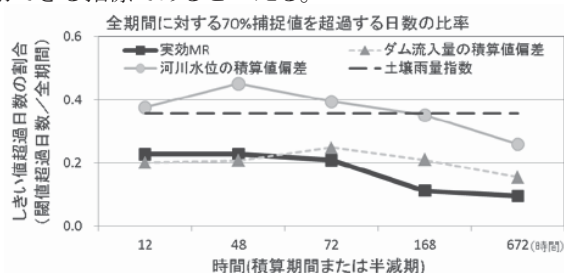


図8 災害数の7割を捕捉する場合の閾値超過日数の割合(土壌雨量指数は積算等の処理を行わないため一定値となっている)

6. まとめと今後の課題

融雪量を用いた長期半減期実効雨量は、融雪期の大部分の地滑り災害を捕捉することができ、他の指標に比べて警戒期間をより絞り込むことができた。今後、実際の土砂災害警戒情報発表に対応するためには、以下に示す課題がある。①MRを用いた土壌雨量指数の中段・下段タンク貯留高を指標とした場合の災害との対応状況の確認、②夏期における災害捕捉率や閾値超過日数の割合の確認、③指標に設定する閾値の有効範囲を積雪量や地形・地質で設定する方法の検討、④他地域での適用性確認。

参考文献

- 植村昌一、平松晋也、井良沢道也：融雪に起因した表層崩壊発生予測モデルの構築と再現計算;地すべり 第36巻(1999) 第3号 pp.76-84
- 井良沢道也：融雪に起因した土砂災害の減災を目指して;砂防学会誌, Vol64, No.1, p.53-58, 2011
- 鳥海貴裕, 藤平大, 桂真也, 石井靖雄, 杉本宏之：地すべり災害警戒のための市町村単位指標の検討について; 第54回日本地すべり学会研究発表会 講演集, p.237-238
- 小池俊雄、高橋裕、吉野昭一：融雪量分布のモデル化に関する研究;土木学会論文集第363号/II-4, 1985年11月
- 岡田憲治, 牧原康隆, 新保明彦, 永田和彦, 国次雅司, 斉藤清：土壌雨量指数; 天気 vol48(2001), p.59-66