

令和元年5月17日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16376

研究課題名(和文)融雪を考慮した新たな土砂災害警戒情報提供システムの開発

研究課題名(英文) Development of new sediment-related disasters warning information provision system incorporating the effect of snowmelt

研究代表者

桂 真也 (KATSURA, Shin'ya)

北海道大学・農学研究院・助教

研究者番号：40504220

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：土砂災害発生の危険度が高まったときに発表される土砂災害警戒情報は、融雪の影響を考慮できていない。本研究では、降水量と気温から推定した融雪水量を現行の警戒情報提供システムに導入することにより、融雪を考慮した新たな土砂災害警戒情報提供システムを開発した。このシステムを過去の融雪による土砂災害14事例に適用したところ、災害発生時に警戒情報を発表すると判断された事例はなかった。これは、融雪水量の推定精度が不十分なことのほか、融雪による土砂災害の多くを占める地すべりが現行の警戒情報の対象外であることが原因と考えられる。今後はこうした点を改善していく必要があることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、融雪に起因する土砂災害に対して土砂災害警戒情報を発表するシステムを開発することができた。このシステムの精度を向上させるためには、融雪水量の推定精度を向上させることのほか、現行の警戒情報が対象外としている地すべりを対象に含めるための方策を検討する必要があることが分かった。こうした点をクリアできれば、融雪による土砂災害の発生タイミングを事前に予測して警戒情報を発表し、適切な警戒避難につなげることで被害を防止・軽減することが可能となる。

研究成果の概要(英文)：The current provision system of the sediment-related disasters warning information, issued when risk of sediment-related disasters is increased, does not consider the effect of snowmelt. This study developed new sediment-related disasters warning information provision system incorporating the effect of snowmelt by introducing the snowmelt estimated from the precipitation and temperature into the current system. Application of the new system for past 14 snowmelt-induced sediment-related disasters revealed that the warning information is never judged to have been issued when they occurred. This is probably because (1) the estimation accuracy of the snowmelt is not adequate, and (2) the current provision system is not set up to catch occurrence of landslides, which snowmelt often induces. These points should be addressed in future.

研究分野：砂防学

キーワード：土砂災害警戒情報 融雪

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

土砂災害発生危険度が高まったときに、対象となる市町村を特定して警戒を呼びかけるため、土砂災害警戒情報が発表されている。現状では雨量データのみを用いて発表されており、融雪水の影響が考慮されていないため、地すべりが土砂災害警戒情報の対象現象となっていない、融雪に起因する土砂災害に対する避難の判断が困難、という大きな問題が生じている。以上から、土砂災害警戒情報に融雪水の影響を組み込むことは喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究では、土砂災害警戒情報への応用を見据えた融雪水量推定手法を開発した上で、融雪の影響を加味した土砂災害警戒情報の提供システムを開発することを目的とする。開発したシステムの妥当性は、既往の融雪に伴う土砂災害に適用した際の精度により評価する。

3. 研究の方法

本研究の方法は以下の4ステップから成る。

- (1) 土砂災害警戒情報への応用を見据えた融雪水量推定手法の開発
雪氷分野における既往の知見も踏まえながら、土砂災害警戒情報に適した融雪水量推定手法を開発する。
- (2) 融雪水量推定手法の妥当性の検証
(1)で開発した手法を用いて推定した融雪水量を、実際の観測データと比較することで、開発した融雪水量推定手法の妥当性を検証する。
- (3) 融雪水量を組み込んだ土砂災害警戒情報の発表手順の提案
(1)、(2)を踏まえ、融雪水の影響を組み込んだ土砂災害警戒情報の発表手順を提案する。
- (4) 本研究で提案した手法の妥当性の評価
既往の融雪に伴う土砂災害の発生事例を収集し、(3)で提案した手順に従って土砂災害警戒情報を発表した場合の精度を検証することで、本研究で提案した手法の妥当性を評価する。

4. 研究成果

- (1) 土砂災害警戒情報への応用を見据えた融雪水量推定手法の開発
本研究では、全国に適用可能な融雪水量推定モデルとして以下のようなモデルを考えた。このモデルは、日本全国で広域的に観測され、データの入手が容易な気象項目である降水量と気温から融雪水量を推定する。計算は、警戒情報への応用を見越して1時間単位で行う。まず、気温が2以上かつ降水量が0以上のときの降水を降雨、2未満かつ降水量が0以上のときの降水を降雪と判定する。降雨は積雪層の有無にかかわらずただちに地表面に到達し、降雪は地表面に積雪層を形成する。形成された積雪層は気温に応じて融けるものとし、基準気温(本研究では0とする)より気温が高い場合に、その気温差に係数 K (mm / hr) を乗じた水量が融雪するとして積雪層から減じ、ただちに地表面に到達するものとする。地熱による底面融雪や積雪表面からの蒸発は少ないため無視する。

(2) 融雪水量推定手法の妥当性の検証

(1)で開発したモデルの妥当性を検証し、係数 K の値を決定するため、北海道から長野県までの16地点(表1)において、雪氷関係の研究機関や筆者が観測した延べ132冬期、9,551回の積雪水量の観測データを収集した。各観測地点を内包する最も小さな三角形を構成できる気象庁アメダス3地点を選び、その3地点での降水量および気温のデータから、標高補正および降水量計の捕捉率の補正を行った上で、距離重み付け平均法により積雪水量観測地点での降水量および気温を推定した。こうして得られた値を上述のモデルに与え、モデルの精度を表す2乗平均平方根誤差 $RMSE$ が最も小さくなるように K の値を観測地点ごとに決定した。

最も観測回数の多い表1のNo.1十日町における解析結果を図1に示す。 K の値は0.188 mm / hr と決定された。図1から、これほど長期にわたる積雪水量の観測

表1 積雪水量観測地点の解析結果

地点No.	地点名	都道府県	観測者	観測データ採用期間	観測回数	K (mm / hr)	$RMSE$ (mm)
1	十日町	新潟	森林総研	1978/79 ~ 2007/08冬季	3162	0.188	75
2	釜淵	山形	森林総研	1976/77 ~ 1984/85冬季	133	0.137	56
3	幕の沢	新潟	森林総研	1999/00 ~ 2006/07冬季	27	0.055	168
4	長岡	新潟	防災科研	1987/88 ~ 2007/08冬季	2056	0.274	75
5	新庄	山形	防災科研	1976/77 ~ 2005/06冬季	1821	0.371	96
6	白金	北海道	防災科研	1992/93 ~ 1995/96冬季	502	0.256	46
7	美瑛	北海道	防災科研	1992/93 ~ 1995/96冬季	607	0.247	32
8	藤崎	青森	防災科研	1994/95 ~ 1995/96冬季	425	0.123	28
9	志津	山形	防災科研	1994/95 ~ 1995/96冬季	262	0.473	152
10	高田	新潟	北陸農試	1979/80 ~ 1983/84冬季	428	0.191	65
11	母子里	北海道	低温研	1979/80 ~ 1988/89冬季	41	0.078	89
12	札幌	北海道	低温研	1982/83 ~ 1987/88冬季	59	0.171	29
13	妙高	新潟	土研	2011/12冬季	11	0.137	148
14	池原	長野	筆者ら	2013/14冬季	4	0.042	101
15	栗沢	新潟	筆者ら	2014/15冬季	7	0.269	95
16	野花南	北海道	筆者ら	2016/17冬季	6	0.110	9

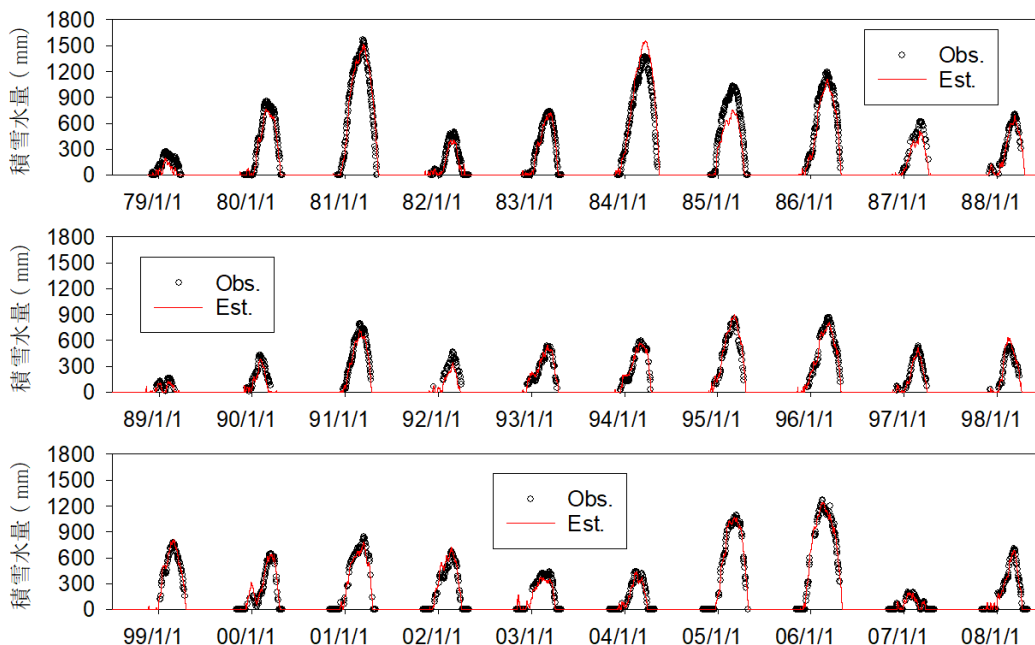


図1 表1 No.1 十日町の積雪水量解析結果

値 (Obs.) を計算値 (Est.) は比較的良好に再現できていることが分かる。RMSE は 75mm であった。

16 地点の解析結果のまとめを表 1 に示す。各地点における K の値は $0.042 \sim 0.473 \text{ mm} / \text{hr}$ となった (表 1)。RMSE は $9 \sim 168 \text{ mm}$ の範囲にあり、簡易なモデルながら一定の精度で観測値を再現できていると判断された。標高、緯度等と K の値との間に何らかの関係は見いだせなかったため、全地点の平均値 $0.195 \text{ mm} / \text{hr}$ を全国一律の K の値として用いることとした。

(3) 融雪水量を組み込んだ土砂災害警戒情報の発表手順の提案

以上から、融雪水量を組み込んだ土砂災害警戒情報の発表手順は以下の通りとすることを提案する。まず、開発した融雪水量推定モデルにより融雪水量を 1 時間単位で求める。この融雪水量を降雨量と合算することにより、最終的に地表面に到達した全ての水量である MR (Melwater and/or Rainwater) を求める。時間雨量の代わりに時間 MR を用いて、土壤雨量指数と 60 分間積算 MR を求める。そして、時々刻々の土壤雨量指数と 60 分間積算 MR の値をプロットしたスネークラインが発表基準線 (CL) を超えると判断される場合に、土砂災害警戒情報を発令する。

(4) 本研究で提案した手法の妥当性の評価

融雪により発生した既往の災害事例のうち、発生時刻が特定でき、警戒情報の発表基準線 (CL) が都道府県の web サイトで公開されている 14 事例 (表 2) を収集した。各発生地点に (3) の方法でスネークラインを描き、災害発生時の値と CL との関係を検証した。

表 2 の No.9 花立のスネークライン (発生した冬期を含む 1980 年 11 月 1 日 ~ 1981 年 6 月 30 日をすべてプロット) と CL を図 2 に示す。災害発生時の 60 分間積算 MR は 2.0 mm と非常に小さい一方で、土壤雨量指数は 100.3 mm と比較的大きくなった。これは、低強度ながら長期間連続する融雪の特性を反映したものとと言える。ただし、災害発生時でも CL を超過してはいなかった。

14 事例の災害発生時の 60 分間積算 MR と土壤雨量指数を表 2 に示す。60 分間積算 MR はやはりいずれの事例においても 2.0 mm 以下と非常に小さかった。すなわち、縦軸の値は大きくなりえないため、CL を超過するかどうかはほぼ横軸の土壤雨量指数に依存する。そこで、横軸と CL の交点の土壤雨量指

表 2 融雪災害発生箇所の解析結果

事例 No.	現象	発生箇所		発生日時	災害発生時の値		
		都道府県	地区名		土壤雨量指数 (mm)	60分積算MR (mm)	R (%)
1	地すべり	新潟	中東	1981/4/13 7:30	106.4	1.0	42
2	地すべり	新潟	蓬平	1984/5/17 19:30	107.9	0.0	43
3	地すべり	新潟	濁沢	1980/12/30 12:00	9.9	0.0	4
4	地すべり	新潟	虫亀	1980/4/9 4:00	81.0	0.5	29
5	地すべり	新潟	沢口	1990/2/19 3:20	68.4	0.8	30
6	地すべり	新潟	岩神	2003/4/1 9:00	29.3	0.0	14
7	崩壊・土石流	長野	井出川	2017/5/19 6:00	15.5	0.0	8
8	地すべり	新潟	馬場	1981/1/25 1:00	1.1	0.0	1
9	地すべり	新潟	花立	1981/4/10 15:00	100.3	2.0	46
10	地すべり	新潟	下倉	2005/4/10 5:30	100.4	1.2	38
11	土石流	新潟・長野	蒲原沢	1996/12/6 10:40	64.0	0.0	27
12	地すべり	長野	清水山	1994/4/14 4:30	84.1	0.0	29
13	地すべり	新潟	玉ノ木	1985/2/15 18:30	44.8	0.3	16
14	土砂流出	富山	上百瀬	2017/1/16 15:30	7.7	0.0	3

数の値に対する災害発生時の
 土壌雨量指数の値の比 R (%)
 を求めた。 R が 100% を超え
 ると災害発生を捕捉できてい
 ると判断される。表 2 から、 R は
 図 2 に示した No.9 花立が最も
 大きい 46% で、全 14 事例とも
 CL 超過に必要な土壌雨量指数
 の半分にも満たない結果とな
 った。すなわち、斜面に供給さ
 れた水は災害が発生するとは
 判断されない程度の量であっ
 たにも関わらず、災害が発生し
 たことになる。

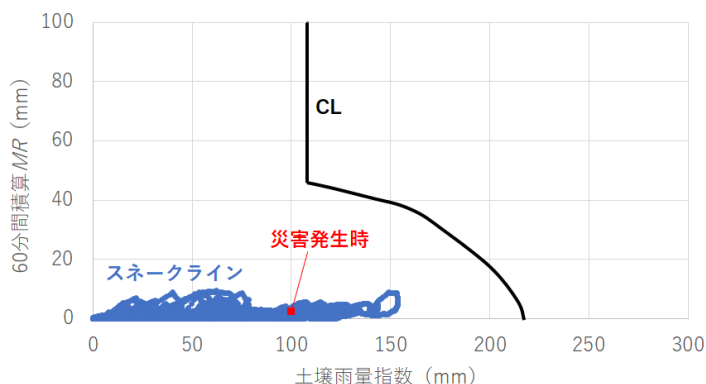


図 2 No.9 花立のスネークライン

このような結果となった理
 由として、以下の 2 点が挙げら
 れる。

1 点目は、地すべりに対する警戒情報の適用性である。融雪による土砂災害は表 2 に示す通り地すべりが多いが、現行の警戒情報はそもそも地すべりを対象としていないため、60 分間積算 MR や土壌雨量指数といった指標や現在設定されている CL が地すべりには適していない可能性がある。2 点目は、融雪水量の推定精度である。本研究では全国的に融雪水量を計算するため、降水量と気温のみから計算できる簡易なモデルを採用したが、融雪に最も影響を与える日射の影響を考慮できていないなど、精度がまだまだ不十分な可能性が高い。今後はこうした点を改善していく必要があることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

溝口芽衣・桂真也(2019): 融雪と蒸発散を考慮した実効雨量法による地すべり地の地下水位変動解析, 日本地すべり学会誌 56(1): 16-24, 査読有, DOI: <https://doi.org/10.3313/jls.56.16>

〔学会発表〕(計 6 件)

桂真也: 融雪土砂災害に対する融雪を考慮した土砂災害警戒情報の適用性の検討, 平成 31 年度砂防学会研究発表会, 2019

松永隆正, 桂真也: 気象庁観測データのみを用いた融雪水量の推定とそれに基づく地すべり地の時間地下水位変動モデルの開発, 平成 31 年度砂防学会研究発表会, 2019

桂真也, 溝口芽衣: 融雪と蒸発散を考慮した実効雨量法による地すべり地の地下水位変動解析, 平成 30 年度砂防学会研究発表会, 2018

吉野孝彦, 桂真也: 風化蛇紋岩地帯における円弧型二次すべりブロックの降雨流出過程, 平成 30 年度砂防学会研究発表会, 2018

桂真也: 融雪地すべりの発生予測に向けた融雪水量推定モデルの検討, 第 56 回日本地すべり学会研究発表会, 2017

溝口芽衣, 桂真也: 寒冷多雪地域の地すべり地における積雪・融雪期の地下水位変動特性, 第 56 回日本地すべり学会研究発表会, 2017

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名:

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。