

衛星画像及び地上撮影画像による積雪情報を考慮した融雪流出解析

長岡技術科学大学	非会員	山田 嵩
長岡技術科学大学	正会員	高橋一義
長岡技術科学大学	正会員	陸 旻皎

1. はじめに

融雪期における正確な融雪量の予測は水資源の有効利用や融雪洪水の予測等を行う上で重要である。しかしながら、融雪量の予測に必要な融雪期における流域内の正確な積雪量の把握は一般に困難である。

衛星画像を用いれば広範囲の積雪の有無を把握することが可能だが、時間間隔が大きく天候により情報が得られないことがある。また、リアルタイムでの情報入手が困難という問題がある。一方で地上撮影画像では山に隠れて視認出来ない領域が存在し、視認出来る領域(以後、視認領域という)が限られるという問題があるが、高頻度で情報を得ることが可能である。

前報¹⁾では大谷ダム及び笠堀ダム流域近辺を対象として、衛星画像の解析を行い視認領域と対象領域全体間での積雪率に強い相関があることを示した。

そこで本研究では、地上撮影画像より算出された積雪率から相関関係を利用し、対象領域全体での積雪率を推定、推定した積雪率を考慮した融雪流出解析を行うことを目的とした。

2. 地上撮影画像

対象流域は新潟県三条市を流れる五十嵐川流域である。衛星画像による積雪情報の解析対象としたのは、五十嵐川流域内に存在する大谷ダム及び笠堀ダム流域である。図1に流域の概要図を示す。

対象期間は2018年4月1日から2018年4月23日までであり、撮影日数は10日間である。また、解析対象とした写真の総数は38枚である。

今回の解析では標高帯分割の手法として、前報¹⁾の面積分割を用いている。

2.1 カメラ写真と疑似写真の重ね合わせ

カシミール²⁾の機能であるカシバードを用いて、可能なかぎり実際の写真に合わせた疑似写真を作成し、標高帯ごとに分類した。図2に実際に作成した

疑似写真を示す。黒い領域が標高帯10(面積分割)である。



図1 流域の概要図

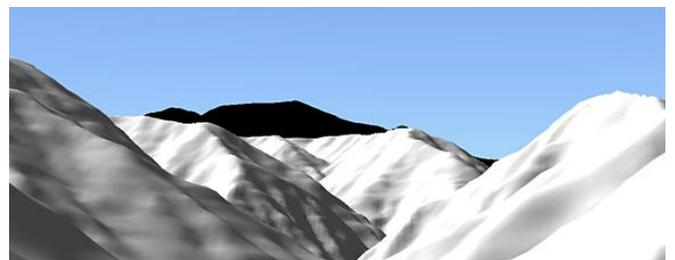


図2 作成した疑似写真



図3 実際の写真と疑似写真の重ね合わせ図

2. 2積雪判別の閾値設定

積雪判別の閾値には吉田ら³⁾の方法を参考に赤バンドを対象に設定した。まず始めに、目視で積雪、非積雪を判別して各々にサンプル領域を設定、次に各々のサンプル領域での赤バンドの中央値を算出した。この各々の中央値に対する平均値を積雪、非積雪領域ごとに算出して、両者の中央値を閾値とした。

また、サンプル領域サイズは約 10000 ピクセルとなるように設定しており、閾値は晴天時、曇天時及び混在の 3 パターンについて設定した。サンプル数は積雪、非積雪領域の各々に対して 20 個設定した。晴天、曇天の判別は目視により行った。

2. 3積雪率計算

対象領域ごとに、各閾値以上のピクセル数及び対象領域全体でのピクセル数を合計して、標高帯ごとの積雪率を計算した。実際の計算式を以下に示す。

$$\text{積雪率} = \frac{(\text{閾値以上のピクセル数の総和})}{(\text{対象領域全体でのピクセル数})} \times 100$$

3. 結果と考察

表 1 には 1 次式近似による推定式を表 2 には 2 次式近似による推定式を、表 3 から表 8 には推定した積雪率を、図 4 から図 9 には積雪率の時系列変化をそれぞれ示す。表中及び図中の Landsat は比較対象として、Landsat 8 号により 2018 年 3 月 30 日に撮影された衛星画像による積雪率を示したものである。ただし、対象領域内に雲量が一定量存在していたため、あくまでも参考値である。

表 1 1 次式近似による推定式

標高帯 1	$Z = 0.8816 \times X$
標高帯 2	$Z = 0.9486 \times X$
標高帯 3	$Z = 1.054 \times X$
標高帯 4	$Z = 1.093 \times X$
標高帯 5	$Z = 1.173 \times X$
標高帯 6	$Z = 1.130 \times X$
標高帯 7	$Z = 1.143 \times X$
標高帯 8	$Z = 1.035 \times X$
標高帯 9	$Z = 0.9876 \times X$
標高帯 10	$Z = 0.980 \times X$

表 2 2 次式近似による推定式

標高帯 1	$Z = 0.008917 \times X^2 + 0.07799 \times X$
標高帯 2	$Z = 0.001790 \times X^2 + 0.8027 \times X$
標高帯 3	$Z = -0.004090 \times X^2 + 1.385 \times X$
標高帯 4	$Z = -1.003 \times X^2 + 1.961 \times X$
標高帯 5	$Z = -0.01129 \times X^2 + 2.085 \times X$
標高帯 6	$Z = -0.009916 \times X^2 + 1.960 \times X$
標高帯 7	$Z = -0.008814 \times X^2 + 1.855 \times X$
標高帯 8	$Z = -0.00254 \times X^2 + 1.253 \times X$
標高帯 9	$Z = 0.002263 \times X^2 + 0.7843 \times X$
標高帯 10	$Z = 0.003872 \times X^2 + 0.6177 \times X$

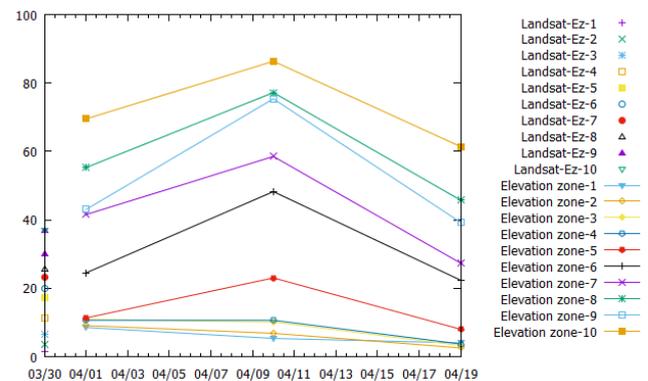


図 4 積雪率の時系列変化 (1 次式, 閾値 120)

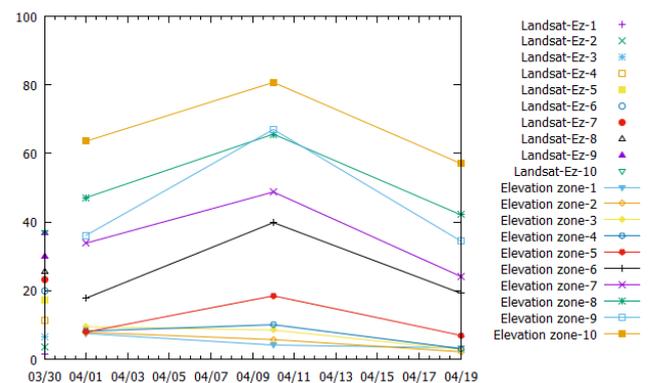


図 5 積雪率の時系列変化 (1 次式, 閾値 130)

表 3 閾値 120 における積雪率の計算結果（1 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	8.551	9.118	10.95	10.66	11.35	24.50	41.55	55.28	43.04	69.51
4 月 10 日	5.353	6.852	10.18	10.66	23.05	48.28	58.54	77.19	75.38	86.35
4 月 19 日	4.050	2.580	3.287	3.722	8.021	22.34	27.34	45.75	39.25	61.42

表 4 閾値 130 における積雪率の計算結果（1 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	7.523	7.897	9.493	8.241	7.928	17.82	33.86	47.13	36.13	63.58
4 月 10 日	4.164	5.775	8.528	10.09	18.51	39.85	48.78	65.63	67.02	80.73
4 月 19 日	3.346	2.196	2.870	3.128	6.990	19.26	24.15	42.14	34.50	57.08

表 5 閾値 140 における積雪率の計算結果（1 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	6.609	6.761	7.952	6.622	4.881	12.25	26.70	39.47	29.65	57.36
4 月 10 日	3.260	4.900	7.374	8.861	16.08	33.92	41.20	56.18	57.97	74.26
4 月 19 日	2.787	1.908	2.554	2.655	6.129	16.76	21.32	38.84	30.44	53.76

表 6 閾値 120 における積雪率の計算結果（2 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	1.085	5.811	10.22	11.51	8.480	20.08	38.52	35.33	25.59	49.39
4 月 10 日	0.4101	4.194	9.490	15.24	26.46	49.90	55.41	64.79	53.83	69.00
4 月 19 日	0.3354	1.621	3.332	4.704	10.59	26.89	31.53	36.21	26.33	45.51

表 7 閾値 130 における積雪率の計算結果（2 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	1.314	6.806	12.14	14.21	13.58	28.44	47.22	42.44	31.72	56.34
4 月 10 日	0.5670	4.952	10.94	17.25	30.09	56.78	63.11	73.33	63.65	77.11
4 月 19 日	0.4243	1.868	3.741	5.529	12.02	30.53	35.26	40.67	30.16	49.08

表 8 閾値 140 における積雪率の計算結果（2 次式近似） 単位 %

	標高帯 1	標高帯 2	標高帯 3	標高帯 4	標高帯 5	標高帯 6	標高帯 7	標高帯 8	標高帯 9	標高帯 10
Landsat	1.411	3.509	6.448	11.48	17.26	19.89	23.31	25.63	30.06	36.98
4 月 1 日	1.594	7.880	13.95	18.16	19.12	37.84	55.78	49.78	38.48	63.26
4 月 10 日	0.8017	5.891	12.99	18.17	36.60	65.64	71.89	80.84	73.05	84.44
4 月 19 日	0.5462	2.197	4.279	6.561	13.73	34.87	39.33	45.79	34.75	53.89

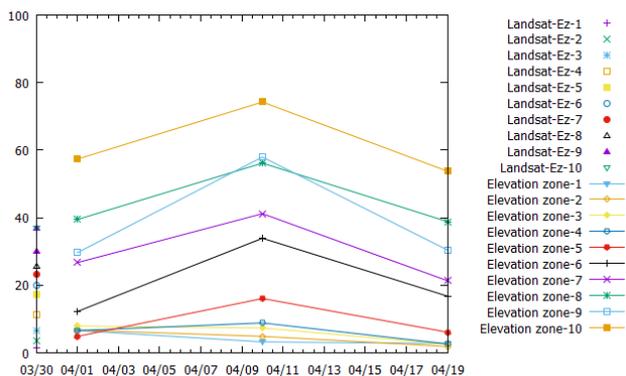


図 6 積雪率の時系列変化 (1次式, 閾値 140)

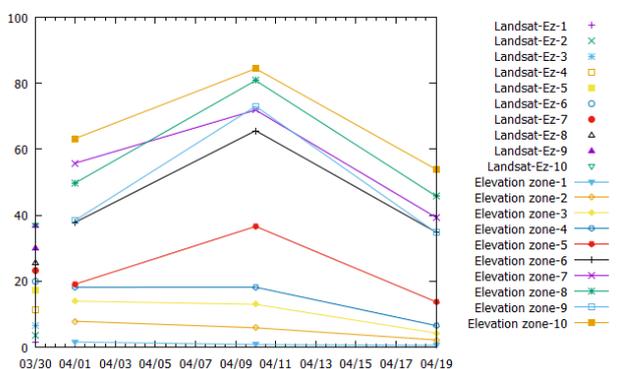


図 7 積雪率の時系列変化 (2次式, 閾値 120)

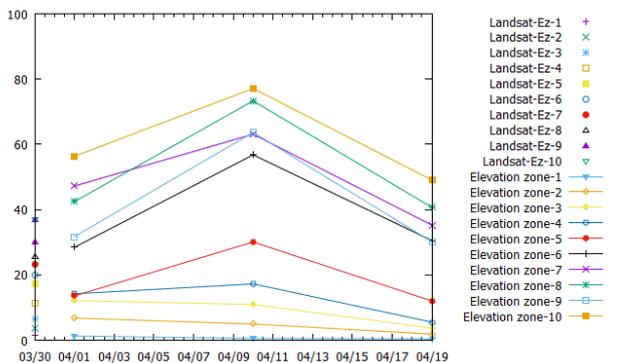


図 8 積雪率の時系列変化 (2次式, 閾値 130)

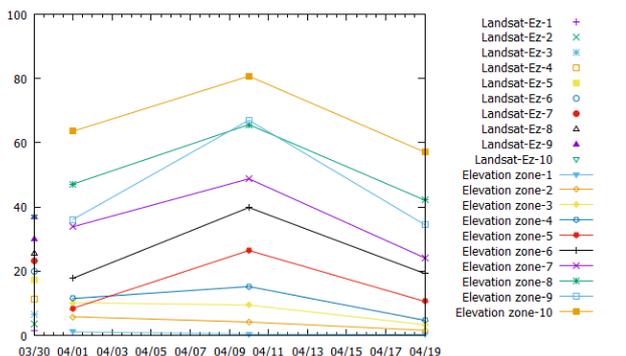


図 9 積雪率の時系列変化 (2次式, 閾値 140)

地上撮影画像により推定した積雪率は衛星画像と比較して、全体的に過大評価となっていた。この原因としてまず、本研究にて用いた閾値設定が適切ではなかったことが考えられる。加えて、衛星画像においても雲を含んだ状態で積雪率の計算を行っており、雲の影響を受け衛星画像での積雪率を過小評価していることも考えられる。

次に時系列変化を見ると 4 月 10 日に、高標高帯において積雪率が上昇している。この原因としては、高標高帯において降雪量があったものの、すぐに消失したことが考えられる。実際、対象領域近辺のアメダス観測点では、降水が観測されており最低気温も氷点下を下回っていることが確認できた。また 1 日は曇天、10 日及び 19 日は晴天であったため閾値の設定の影響も考えられる。

4. まとめと今後の予定

本研究では、地上撮影画像により対象領域全体の積雪率を推定した。その結果、衛星画像と比較して全体的に過大評価となった。今後は高精度な閾値の設定を検討し、推定した積雪率を考慮した融雪流出解析を行う予定である。

5. 参考文献

- 1) 山田嵩, 高橋一義, 陸旻皎: 五十嵐川流域における衛星画像と地上撮影画像による積雪情報を考慮した融雪流出解析, 第 35 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp.60-63, 2017.
- 2) 杉本智彦: 山と風景を楽しむ地図ナビゲータ カシミール 3D 入門, 実業之日本社, 2002.
- 3) 吉田京平, 力丸厚, 高橋一義, 坂田健太: 山岳積雪領域の地上観測画像と衛星画像の照合と比較検討, 第 24 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp.86-89, 2006.