

リモートセンシングを用いた荒沢ダム流域の積雪面積および積雪水量の推定 Estimation of snow covered area and snow water equivalent by remote sensing in Arasawa dam basin

○砂川卓哉 藤井秀人

Sunakawa Takuya, Fujii Hideto

1. 研究背景と目的 近年、気候変動による積雪量の減少や融雪期の早期化が懸念されている。融雪水として利用できる山間部の積雪水量を把握することは、積雪水資源を管理する上で重要である。本研究では、リモートセンシングを用いて荒沢ダム流域の積雪水量を推定することを目的とする。また、推定結果を荒沢ダム管理課が行った実測調査による積雪水量の算定値と比較する。

2. 研究対象地区と期間 研究対象地区を荒沢ダム流域とする(図 1)。荒沢ダム流域は特別豪雪地帯であり、ダムへ流入する融雪水は庄内地域の代かき期における主な水源である。

研究対象期間は雲量 5%以下の衛星画像を取得できた 2014~2016 年の融雪期とし(表 1)、最も多く衛星画像を取得できた 2015 年を中心に積雪水量の推定を行う。



図 1 荒沢ダム流域(流域面積 162km²)

表 1 使用する衛星画像と諸情報

衛星画像撮影日および積雪水量の推定日	雲量[%]	画像欠損[%]	S3指標による積雪面積[%]	荒沢ダム管理課による積雪水量の算定日
2014/3/28	0.0	0.75	99.1	2014/4/2
2014/4/13	0.0	0.00	97.3	
2015/3/6	0.3	0.00	99.9	2015/3/18 2015/3/31
2015/3/15	0.0	1.20	98.8	
2015/3/31	0.1	1.21	98.6	
2015/4/23	0.0	0.00	87.9	
2015/5/2	0.0	0.00	46.5	2016/3/28
2016/3/17	0.0	0.43	99.5	
2016/4/9	4.5	0.00	95.7	
2016/4/25	0.0	0.00	51.6	

3. 研究手法 対象流域をラスタモデルで扱う。GISソフト(ArcGIS)を用いて、各セルの積雪水量を式(1)より推定し、結果を合計することで流域全体の積雪水量を推定する。

$$\text{積雪水量} = \text{積雪面積} \times \text{積雪深} \times \text{積雪密度} \quad (1)$$

3-1 積雪面積の推定 積雪面積の推定は、地球資源観測衛星である Landsat8 の撮影画像に、閾値の設定により積雪の有無を判別できる S3 指標(斎藤・山崎,1999)を用いる(式(2))。S3 の閾値は、山形県内 13 地点の観測所(図 1)の積雪の有無と、その地点の S3 算定値を照合した結果、最も正答率が高い閾値 0.0 を用いる。図 2 に 2015 年の積雪面積の推定結果を示す。

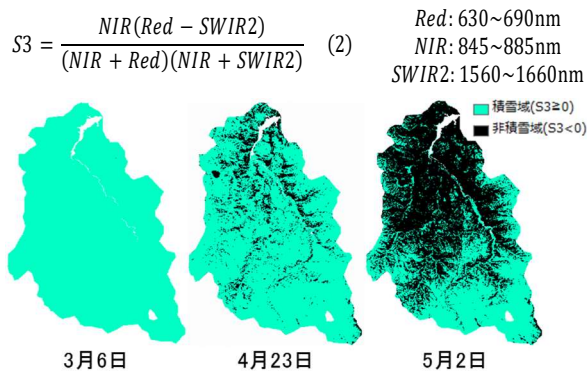


図 2 積雪面積の推定結果(2015)

3-2 積雪深の推定 積雪深は、荒沢ダム流域内の 4 地点を含む、山形県内 18 地点の積雪深データを用いて、標高と積雪深の関係式より推定する(図 3)。積雪量は森林限界以下で標高に対して線形に増加するが、森林限界以上では風や雪崩により線形には増加しないため、標高 1,300m を森林限界とし、それ以上では積雪深を一定値として推定する(島村・泉・松山,2005)。

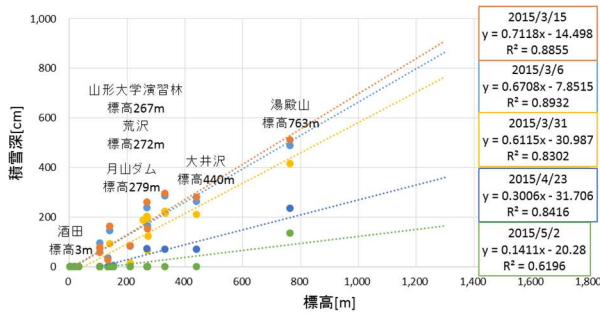


図3 標高と積雪深の関係(2015)

3-3 使用する積雪密度 対象流域の平均標高714m 付近の積雪密度が得られなかったため、250kg/m³~400kg/m³を50kg/m³間隔で4つの設定値と、参考として荒沢ダム管理課が行った流域内4地点(平均標高283m)の実測値を用いる。

4. 結果と考察

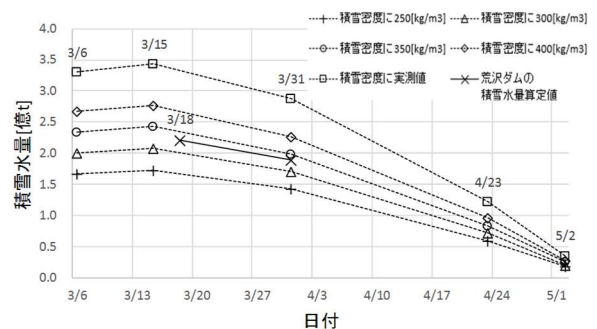
4-1 積雪面積 積雪判別指標S3は森林域において有効であり、低標高から融雪していることが分かる(図2)。積雪面積は、S3の閾値により変化し、特に融雪期後半にその変化は大きくなることが分かった。閾値の検証数を増やし、より荒沢ダム流域に適合した閾値の設定が必要である。

4-2 積雪深 図3より融雪期の積雪深の減少過程が確認でき、融雪の進行に伴い近似式の傾きが変化していることから標高差による融雪量の違いが考えられる。また、2015年5月2日では、湯殿山(763m)の1地点のみ積雪が確認され、本研究の積雪深を推定する手法においては、高い標高の積雪深が重要である。

4-3 積雪密度 積雪密度に流域の平均標高よりも431m低い、流域内4地点(平均標高283m)の実測値を対象流域全体で用いると、推定値が過大となる傾向が確認できた。原因として、標高により積雪密度の違いが考えられ、融雪期の気温上昇により低い標高では降雪が降雨となるが、高い標高では降雪が継続し、標高差による雪質の違いが、融雪期では顕著に現れると考える。

4-4 積雪水量 積雪水量の推定結果を図4、推定結果を荒沢ダムの積雪水量算定値と比較した結果

を表2に示す。図4より本研究の手法で積雪水量の減少を捉えていることが分かる。また、用いる積雪密度により推定結果が左右されるが、2015年5月2日ではいずれの積雪密度を用いても積雪水量は0.5億m³以下となることも確認できた。表2より、2015年では積雪密度に350kg/m³を用いると、推定結果が荒沢ダムの積雪水量算定値に最も近づいた。2016年も同様に350kg/m³を用いると荒沢ダムの算定値に近づくが、2014年では過大となり、寒候年による積雪密度の違いが考えられる。



注)積雪密度実測値は2015/3/6、3/15に495kg/m³を2015/3/31、4/23、5/2に505kg/m³を使用。

図4 積雪密度別の積雪水量推定結果(2015)

表2 積雪水量推定結果と荒沢ダム算定値との比較

荒沢ダム積雪水量算定日	荒沢ダム積雪水量算定値[億t]	積雪水量推定値[億t] (相対誤差[%])				
		積雪密度に250[kg/m ³]	積雪密度に300[kg/m ³]	積雪密度に350[kg/m ³]	積雪密度に400[kg/m ³]	積雪密度に実測値
2014/4/2	1.18	1.33(12.7)	1.60(35.6)	1.85(56.8)	2.12(79.7)	2.49(111.0)
2015/3/18	2.21	1.66(24.9)	1.99(10.0)	2.33(5.4)	2.65(19.9)	3.30(49.3)
2015/3/31	1.90	1.42(25.3)	1.71(10.0)	1.99(4.7)	2.27(19.5)	2.87(51.1)
2016/3/28	1.13	0.80(29.2)	0.96(15.0)	1.12(0.9)	1.28(13.3)	1.79(58.4)

(注) 積雪密度実測値は2014/4/2に470kg/m³、2015/3/18に495kg/m³、2015/3/31に505kg/m³、2016/3/28に561kg/m³を使用

5. まとめと今後の課題 リモートセンシングによる積雪面積の推定結果と、積雪深および積雪密度を用いて積雪水量の推定値を算出することができた。また、用いる積雪密度によっては、荒沢ダムの算定値と近い結果が得られた。今後の課題として、ダムへの流入量から積雪水量を推定し、本研究の推定結果を検証することが必要である。

参考文献

- 1) 斎藤篤思・山崎剛(1999):積雪のある森林域における分光反射特性と植生・積雪資料,水文・水資源学会誌,12,pp.28-38.
- 2) 島村雄一・泉岳樹・松山洋(2005):スノーサーベイとリモートセンシングに基づく山地積雪水資源量の推定-新潟県上越国境周辺を事例に-,水文・水資源学会誌,18,pp.411-423.