

衛星積雪面積率と積雪水量の関係に関する研究

防災・復興システム工学研究室 21326085 下谷菜々子

1. はじめに

雪は雪崩や、融雪に伴う洪水や地すべり、交通災害などの要因となっている。一方、雪が多く降る地域では観光資源としての側面を持っている。また、用水河川へ流出した融雪水は農業用水や工業、発電のための資源として利用されている。そのため、積雪分布や積雪水量を時間的・空間的に捉えることは災害の発生予測や資源がどれだけ利用できるかを知る上で重要である。

小池ら 1)は LANDSAT 衛星画像などから収集した積雪面積率と水収支式を用いて算出した積雪水量を推定するモデルを提案している。賀は 2) 信濃川、阿賀野川流域において、ひまわり 8 号画像を用いて 1 日単位の積雪面積率の算出し、小池らの水収支式を簡略化し、流域内の流出量と降雨量から積雪水量を算出し、積雪面積率との関係を調べた。阿部は 3) MODIS 積雪プロダクトを用いて 8 日間合成の最大積雪域画像を用いて関係を調査した。

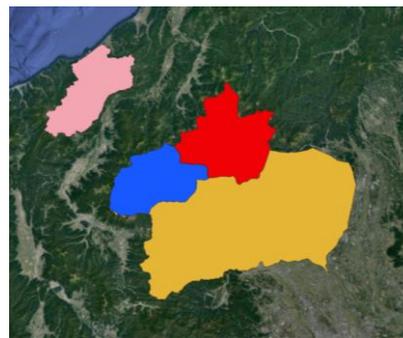
本研究では、雲域の影響をより低減させるため 10 日間合成の積雪域画像を作成し、積雪面積率を算出し、他流域でも簡略化した水収支式から算出した積雪水量と積雪面積率の関係を得られるかを調べることを目的とした。また、最小積雪域での結果も抽出し、積雪面積率と積雪水量の関係のデータ数を増やせるかについても検討した。

2. 対象流域および使用したデータ

本研究では、利根川上流域とさらに上流部である岩本流域、村上流域、既往の研究である信濃川流域と同様に特別豪雪地帯で流域面積の小さい関川流域、以上の 4 つを対象流域とした。各流域の位置を図 1 に示す。

流域は国土数値情報の河川流路データと流域メ

ッシュデータを用いて QGIS 上で作成した。衛星データは Google Earth Engine で MODIS/Terra 積雪プロダクト(Daily)のデータセットを用いて 10 日間合成の積雪画像を作成した。積雪水量の算出に必要な流出量と降水量のデータは、水文水質データベースに記載されているものを使用した。



ピンク：関川流域
赤：岩本流域
青：村上流域
黄色：利根川上流域

図 1 各流域の位置

3. 方法

3.1 積雪面積率の算出

作成した積雪画像と流域界データを用いて、以下の式(1)で積雪面積率を算出した。

$$Rs = N_{snow} / N_{total} \quad (1)$$

ここで、Rs は積雪面積率、N_{snow} は積雪面積画素数、N_{total} は対象流域全体の画素数である。

雲域などによる誤差があるため、シグモイド曲線による近似を行った。近似を行った積雪面積率が 2% を下回った 10 日間の最終日を消雪日として設定した。

3.2 積雪水量の算出

小池ら(2)の研究を参考に簡略化した水収支式により算出した。蒸発散量と地下貯留量を考慮せず、流域の総流出量と総降水量の差を積雪水量として以下の式(2)より算出した。

$$S_s = \Sigma Q - \Sigma P \quad (2)$$

S_s は積雪水量、ΣQ は総流出量、ΣP は総降水量で

ある。消雪日として設定した日の積雪水量を 0mm として、そこから逆算して算出した。

4. 結果と考察

4.1 積雪面積率の結果

利根川流域では最大でも 0.3 ほどであったが、利根川流域以外は解析を行ったすべての年で最大積雪面積率は 0.8 以上の高い値であった。時間経過に伴い積雪面積率は減少していた。例として 2017 年の積雪面積率の経時変化を図 2 に示す。

4.2 積雪水量の結果

利根川上流域では、積雪域が小さい流域であったため、乾いた土が多く、融雪水や雨水の地下への流入が多かったと考えられ、簡略化した水収支式では積雪水量を算出できなかった。

岩本流域と関川流域の積雪水量は、時間経過に伴い積雪水量は減少していた。しかし、積雪面積率に比べて年ごとのばらつきが大きかった。例として岩本流域の積雪水量の経時変化を図 3 に示す。

村上流域に関しては、利根川上流域と同様に積雪水量が算出できなかった。積雪面積率は高い値であったため、積雪域の小ささの他に原因があると考え、土地被覆の割合を調査した。他農用と森林の割合に 4%ほど違いがあったが、他はほぼ一緒の割合だった。しかし、この違いが積雪水量を算出できない直接的な原因であるとは断定できなかった。

4.3 積雪面積率と積雪水量の関係

流域ごとに積雪面積率と積雪水量の関係を調べた。なお、利根川流域と村上流域においては、前述のように DOY が小さいほど積雪水量が多くなる結果にならず、積雪水量の算出ができていないため、積雪面積率との関係は調査しないこととした。岩本流域と関川流域の、最大積雪面積率と積雪水量の関係を図 4 と図 5 にそれぞれ示す。積雪面積率は 10 日間隔で算出しているが、積雪水量は毎日算出している。積雪水量、積雪面積率が時間経過につれて減少するとすれば、10 日間の初日で積雪水量と積雪面積率は最大になると考えられるので、

最大積雪面積率は 10 日間の期間の初日の積雪水量と対応づけてグラフ化した。

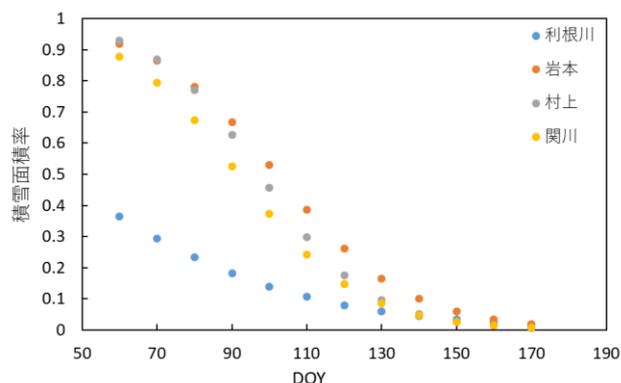


図 2 積雪面積率の経時変化

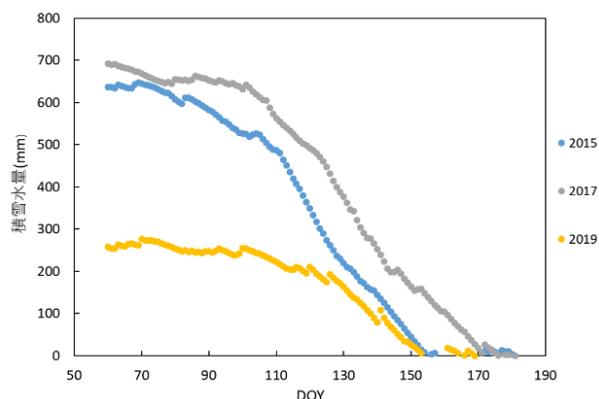
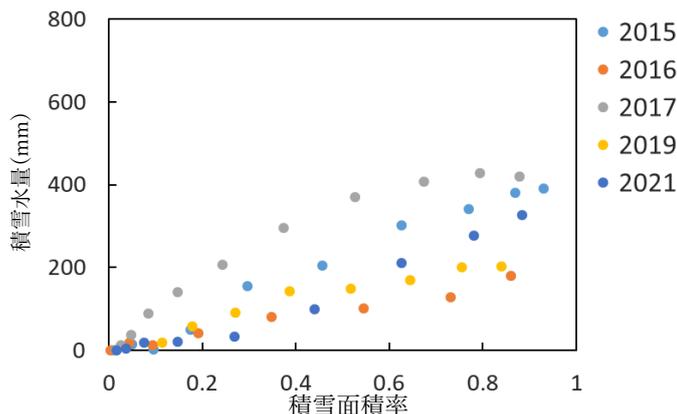
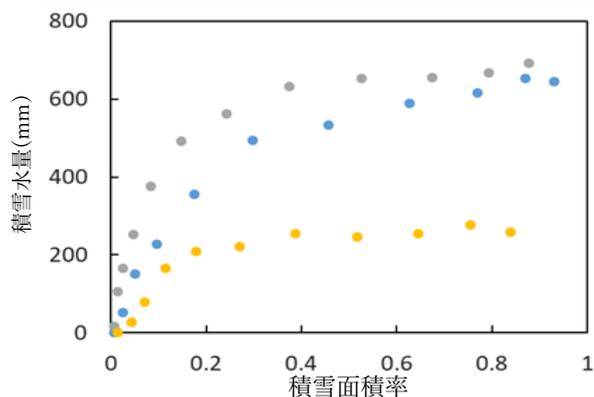


Figure 1



2019年の岩本流域の結果では積雪面積率が大きくなっても積雪水量が増加しなかった。これは、積雪面積率は積雪深を考慮していないので、広域に少量の積雪があると積雪面積率は高い値から減少するが、積雪水量は少ないのでこのような関係になったと考えられる。関川流域に関しても、全ての年で同じ関係は得られなかったが、積雪深の大小によって関係に差があることが示唆された。

4.4 最大積雪域と最小積雪域を用いた結果

例として2015年岩本流域の、最小積雪面積率と最大積雪面積率における積雪水量の関係を図6に示す。最大面積率と積雪水量の対応づけと同様に、時間経過により積雪水量と積雪面積率が減少すると考え、10日間の最終日の積雪水量と最小積雪面積率を対応づけてグラフ化した。

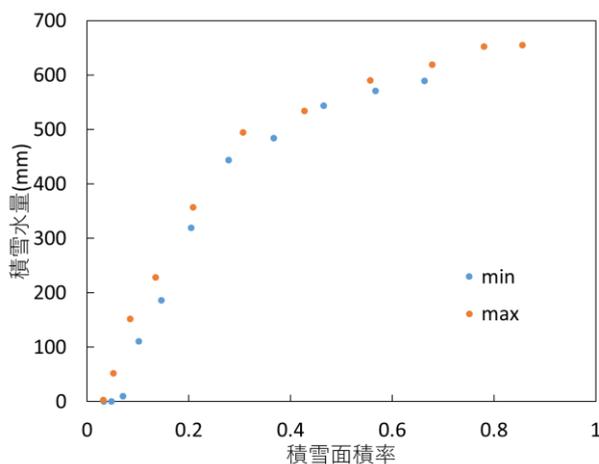


Figure 2

最大積雪面積率と積雪水量の関係と、最小積雪面積率と積雪水量の関係は同じような関係であり、プロットした点を結ぶとほぼ同じ曲線状にあることがわかった。また、解析を行った岩本流域の3年分、関川流域の5年分、合計8個の結果の中で、6個は最大積雪面積率と積雪水量、最小積雪面積率と積雪水量の関係が同じであった。このことから、最小積雪域のデータからも、対応させる日付を正しく設定することで、最大積雪域のデータによる積雪面積率と積雪水量の関係と同じ関係を得ることが可能であるといえる。

5. まとめ

10日間合成の最大、最小積雪域画像を作成し、積雪面積率を算出し、簡略化した水収支式より積雪水量を算出した。その結果、積雪面積が小さい流域では、融雪水や雨水の地下へあつたと考えられ、簡略化した水収支式では積雪水量が算出できない流域があることがわかった。積雪面積率と積雪水量の関係については、流域によっては、積雪面積率が大きくなっても積雪水量が増加しない場合があつた。また、最大積雪域と最小積雪域を用いた結果については、似た関係が得られたことから、最小積雪域による結果も用いることで、データ数を増やし積雪面積率と積雪水量の関係をわかりやすくすることが可能であると考えられる。

参考文献

- (1) 小池俊雄, 高橋裕, 吉野昭一, 積雪面積情報による流域積雪水量の推定, 土木学会論文集, 第357号/II-3, pp159-165, 1985
- (2) 賀亮, 衛星積雪面積率と融雪流出との関係に関する研究, 修士論文, 2021年7月
- (3) 阿部, MODIS 積雪プロダクトを利用した衛星積雪面積率と積雪水量の関係に関する研究, 卒業論文, 2022年3月