

# 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

防災・復興システム工学研究室 阿部 圭太

## 1. はじめに

日本海沿岸域は世界有数の豪雪地帯である。積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。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。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。ひまわり 8号画像を用いた積雪面積率の算出<sup>(1)</sup>では、雲の影響を低減しきれず、算出が困難な日が多く存在した。本研究では MODIS 積雪プロダクトを用いて、2002年から現在までの信濃川流域と阿賀野川流域の積雪面積率を算出し、積雪水量との関係が推定可能か検討した。

## 2. 対象流域および使用したデータ

本研究では信濃川流域と阿賀野川流域を対象とした。使用したデータは、Earthdata で公開されている MODIS 積雪プロダクトである。このプロダクトは雲域を低減させた 8 日間の最大積雪域が格納されている。MODIS 積雪プロダクトから対象流域を含む北緯 40°東経 135°から北緯 34°、東経 142°の範囲を切り出した。国土数値情報より、信濃川と阿賀野川を含むメッシュデータを用いて流域境界を作成した。積雪面積率を計算する期間は、2002年から現在までの融雪期に該当する 3月から 6月までとした。積雪水量の算出には、水文学データベースに掲載されている降水量データと地点雨量のデータ流出量データを用いた。2020年 3月上旬の MODIS 積雪プロダクトの例を図 1に示す。白い領域が積雪域、黒い領域が雪の無い領域、灰色の領域が雲域である。

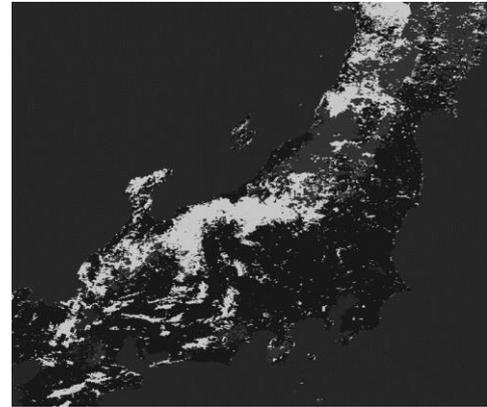


図 1 2020年 3月上旬の MODIS 積雪プロダクト

## 3. 方法

### 3.1 積雪面積率の算出

ダウンロードした MODIS 積雪プロダクトの 8 日間の最大積雪域と流域画像を用いて融雪期の 8 日間ごとの積雪面積率を算出する(式 1)。

$$Rs = \frac{Asnow}{Atotal} \quad (1)$$

ここで、 $Rs$ は積雪面積率、 $Asnow$ は積雪面積画素数、 $Atotal$ は対象流域全体の画素数である。

算出した積雪面積率はすべての年で時間が経つにつれて減少する傾向が見られた。しかし、前の 8 日間の積雪面積率よりも次の 8 日間の積雪面積率が大きくなるが多々あった。そのため、算出した積雪面積率をそのまま消雪日の設定に用いることは不適切であると考えた。そこで、本研究では算出した積雪面積率をシグモイド曲線で近似し、経時変化を予測して消雪日を設定した。

### 3.2 積雪水量の算出

小池ら<sup>(2)</sup>の研究を参考に、積雪水量は流域の総流出量と総降水量の差とした(式 2)。

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

$S_s$ は積雪水量、 $\Sigma Q$ は総流出量、 $\Sigma P$ は総降水量で

ある。雨量の算出は国土交通省の水文水質データベースからダウンロードした降水量データを用いた。流出量の算出は流量年表からダウンロードしたデータを用いた。今回は積雪面積率をシグモイド曲線で近似した値を用いて消雪日を設定した。近似した積雪面積率が 2%未満となった日を消雪日として積雪水量を算出した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 積雪面積率の経時変化

2002 年から 2020 年までの信濃川流域の積雪面積率の経時変化を MODIS 積雪プロダクトから算出した。信濃川流域における積雪面積率の経時変化を図 2 に示す。DOY80 から DOY120 の減少幅が大きいことがわかった。信濃川流域で積雪面積率が一番大きい年は 2012 年、一番小さい年は 2007 年であった。

### 4.2 積雪面積率と積雪水量の関係

近似した積雪面積率が 2%未満になった日を消雪日として積雪水量を算出した。信濃川流域の積雪水量の経時変化を図 3 に示す。積雪面積率と比べて年ごとのばらつきが大きい。積雪水量が一番多い年は 2006 年、一番少ない年は 2020 年であった。積雪面積率と積雪水量の関係を図 4 に示す。19 年間の相関は低かった。

しかし、3 月 1 日の積雪面積率と積雪水量やグラフの推移が似ている年が存在した。そこで、信濃川流域の積雪面積率と積雪水量の関係をクラスター分析し、7 つに分類した。それぞれを a~g とする。クラスター分析の結果を図 5 に示す。a は積雪水量が極端に少ない 2020 年である。2020 年と似た推移の年は存在しなかった。b は 2007 年、2009 年、2016 年、2019 年の 4 年である。このグループは DOY60 での積雪水量が 200mm 未満である。c は 2005 年、2015 年の 2 年で、このグループは DOY60 での積雪水量が 600mm 未満である。d は 2011 年、2012 年、2013 年の 3 年で、DOY60 での積雪水量が 500mm 未満である。e は 2002 年、2003 年、2008 年、2010 年、2017 年の 5 年で、DOY60 での積雪水量が 400mm 未満である。f は 2004 年、2014 年、2018 年の 3 年で、DOY60 での積雪水量が 300mm 未満である。しかし、

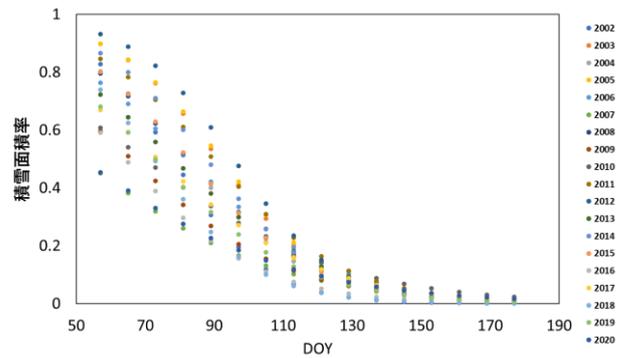


図 2 積雪面積率の経時変化

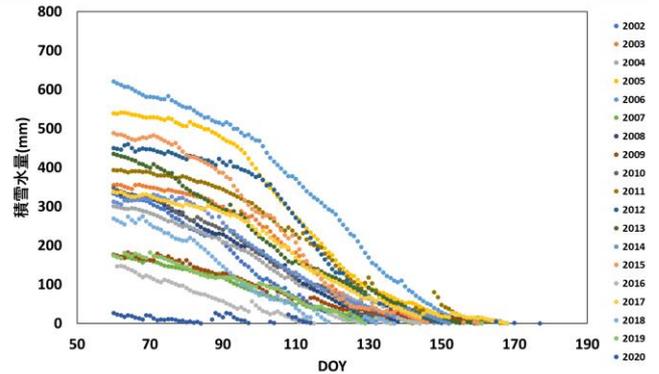


図 3 積雪水量の経時変化

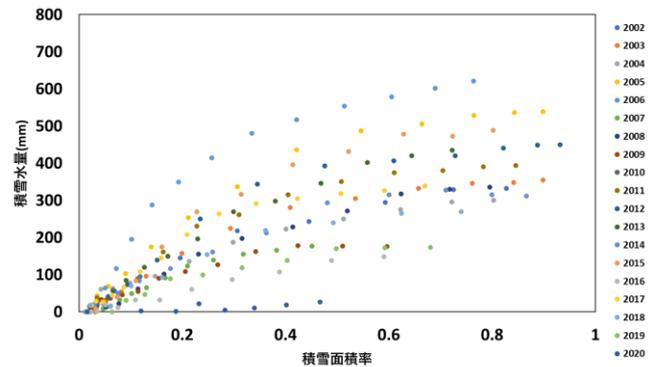


図 4 積雪水量と積雪面積率の関係

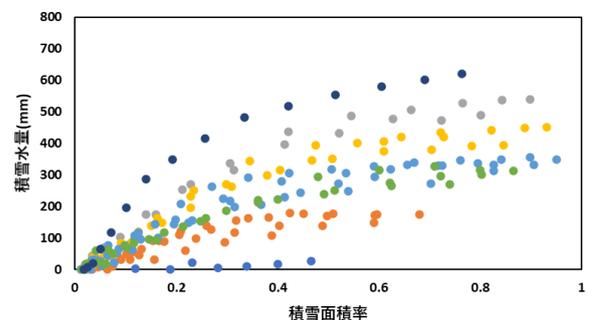


図 5 クラスター分析の結果

DOY60 以降の推移が e と重なっている年が存在するため、この二つのグループはまとめられる可能性がある。g は 2006 年で、19 年の中で唯一 DOY60 での積雪水量が 600mm を超えていた年である。

それぞれの近似式より RMSE を求めた. a は 15mm, b は 19mm, c は 21mm, d は 20mm, e は 24mm, f は 16mm, g は 29mm であった.

a・b に含まれる 2020 年, 2007 年, 2009 年, 2016 年, 2019 年における新潟県内の 5 指定観測点の平均累計降雪深を比較すると, それぞれ 89cm, 184cm, 240cm, 391cm, 375 cm であった. いずれも平成元年から令和 2 年度までの平均値である 467cm よりも小さい. c・f は他と比べて積雪水量が高く推移している. a・b と同様に 5 指定観測点の平均累計降雪深を調べてみると, 2005 年, 2006 年, 2015 年の累計降雪深の平均は 607cm, 695cm, 601cm であり, 平成元年から現在までの平均の 467cm よりも大きいことがわかる. このことから, a・b は雪の少ない年に見られる傾向, c・f は雪が多い年に見られる傾向であると考えられる.

気象庁の公開している過去の気象データで積雪傾向を判断できるか調べた. 信濃川流域内の観測点で 2002 年から 2020 年までの 19 年分の 3 月 1 日の最深積雪をしらべると, 積雪水量の多い年と少ない年で最深積雪に違いが見られた. 例として津南・十日町観測所での 3 月 1 日の最深積雪を表 1 に示す.

表 1 津南・十日町での最深積雪(cm)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
津南	204	176	175	320	312	38	269	89	206	187
十日町	144	95	103	275	246	8	178	23	208	181

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
津南	314	290	198	291	117	181	200	174	53
十日町	253	248	126	232	84	139	175	88	8

2002 年から 2020 年までの 19 年分の 3 月 1 日における最深積雪を見てみると, 積雪水量の多い年と少ない年で最深積雪にも違いが見られた. 津南での最深積雪は a・b の 2020 年, 2007 年, 2009 年, 2016 年, 2019 年でそれぞれ 53cm, 38cm, 89cm, 117cm, 174cm であった. c・f の 2005 年, 2015 年, 2006 年でそれぞれ 320cm, 291cm, 312cm であり, a・b の 5 年は最深積雪の低い 5 年と合致していた. 同様に c・f の 3 年も最深積雪の高い 5 年の中に含まれていた.

## 5. まとめ

信濃川流域と阿賀野川流域を対象とし, MODIS 積雪プロダクトを用いて 2002 年から 2020 年の 3 月から 6 月までの積雪面積率と積雪水量を算出した. その結果, 以下のことが明らかとなった.

MODIS 積雪プロダクトを用いて信濃川流域と阿賀野川流域の融雪期における 8 日間隔の積雪面積率の経時変化を調べた. 積雪面積率の減少に伴って積雪水量は減少していた.

消雪日の設定について, 本研究ではシグモイド関数で近似した積雪面積率の値が 2%未滿となった日を消雪日に設定して積雪水量を算出した. 積雪域の画像や積雪水量の計算で誤差が生じたため, 消雪日の前に積雪水量の値が 0 を下回る日があった.

賀の研究では 2018 年, 2019 年, 2020 年の 3 年間で流域ごとに積雪面積率と積雪水量の相関が見られた. しかし, 2002 年から 2020 年までの 19 年間でみると積雪面積率と積雪水量の相関は確認できなかった. 積雪面積率と積雪水量のグラフの重なりごとに分類し, 大まかに 7 つに分けることができた. その中で特に積雪水量が少ないグループと多いグループでは差が明確であった. このことから, 雪の多い年と少ない年で積雪面積率と積雪水量の関係に違いがあることが確認できた.

信濃川流域の積雪水量の傾向を分類した 7 グループの中で積雪水量が特に多い年と少ない年では, 津南と十日町の観測点で観測された最深積雪の多少も一致していた. このことから, 今年の積雪傾向がどのパターンであるのかを考える時, ある時点での最深積雪を把握することで推定できる可能性が示唆された.

## 参考文献

- (1) 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
- (2) 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