

衛星観測データを用いた積雪水量の推定手法の検討

松江工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○塚原由加里

松江工業高等専門学校 正会員 広瀬 望

松江工業高等専門学校 正会員 荒尾慎司

1. はじめに

水循環において貯留の役割を果たす積雪は春先に安定した水資源を供給する。一方、融雪出水の要因であるため、広域での積雪量や融雪量の把握は水資源において重要な課題である。更に、近年の温暖化の進行は冬季の降雪を降雨に変え、冬季の流出量増加と春先の流出量減少が指摘されている(井上ら, 2001, Inoue and Yokohama, 2003)。

積雪水量の推定は降水量と融雪量を見積もる必要がある。融雪量の推定は熱収支法と Degree Day 法の二つに区分できる。熱収支法はより正しい物理過程に基づいて融雪量を推定できるものの、多様な気象観測データを必要とする。一方、広域の融雪量推定には、Degree Day 法が実用的である。Degree Day 法のパラメータである融雪係数は詳細な積雪観測に基づき、決定することが一般的である。しかしながら、広域の融雪量を推定するためには、広域で複数の積雪観測が必要となる。既往の研究では、ある点の積雪観測結果より、融雪係数を決定し、対象流域に一律に適用されている。しかし、融雪係数は面的に異なると考えられるため、広域の積雪水量の推定精度向上には融雪係数を面的に与える必要がある。

衛星観測技術の発展によって、広域の積雪分布推定が可能となった。衛星観測による積雪状態の把握は観測に用いる波長帯によって、その手法が異なる。可視・近赤外領域の波長帯を用いた場合、500m-1km 程度の空間解像度で日々の積雪の有無を把握できる。しかし、積雪水量などの物理的な情報が得られず、可視領域のため、雲の影響を直接受けることが問題となる。一方、マイクロ波の波長帯を用いた場合、雲の影響を受けず、積雪水量を物理的に観測することができる。しかし、空間解像度が25km程度と低く、詳細な積雪分布把握が困難である。そのため、日本では、可視・近赤外領域の波長帯を用いた衛星観測データを基に、積雪域を判定し、積雪深や積雪相当水量の予測モデルを組み合わせ、積雪水量の推定(朝岡ら, 2007)が行われている。しかしながら、雲の影響を除去することが大きな課題となる。Parajka and Blöschl(2008)は観測時間の異なる Aqua/MODIS, Terra/MODIS を組み合わせ、雲の影響を除去する検討を行っている。

そこで、本研究の目的は Terra/MODIS を用いた積雪水量の推定手法を検討することである。本研究では、中国地方を対象として、研究を進める。まず、

アメダス(AMeDAS)の積雪深データと Terra/MODIS の観測で得られた結果を用いて、消雪日の推定を試みる。次に、AMeDAS で観測された気象要素を用いて、積雪モデルによる積雪水量推定を試みる。さらに、Terra/MODIS で判別した消雪日をよく再現する融雪係数を求め、AMeDAS で消雪日より求めた融雪係数と比較し、Terra/MODIS で推定した融雪係数の特徴を議論し、衛星観測による積雪水量推定の問題点を明らかにする。

2. データの概要

2.1. 気象観測データ

中国地方の観測地点(松江、横田、赤名、瑞穂、弥栄、高野、大朝、八幡、大山、智頭、千屋、上長田)(図1)の気温、降水量、積雪深、水蒸気圧を用いた。

2.2. 衛星観測データ

本研究では、Terra/MODIS Snow Cover8-Day L3 Global 500m Grid, Version5 を用いた。National Snow and Ice Data Center (NSIDC, <http://nsidc.org/>)で公開されている。空間解像度 500m, 日単位のデータである。可視・近赤外領域の波長帯で観測された分光反射率より、Normalized Difference Snow Index を求め、積雪の有無や積雪面積率を判定したものである。なお、本研究では、衛星データより観測地点に最も近いグリッドの値を使用し、解析を行った。

2.3. 研究対象領域と期間

Terra/MODIS の観測開始時より 2002 年冬季から 2007 年冬季を対象とした。

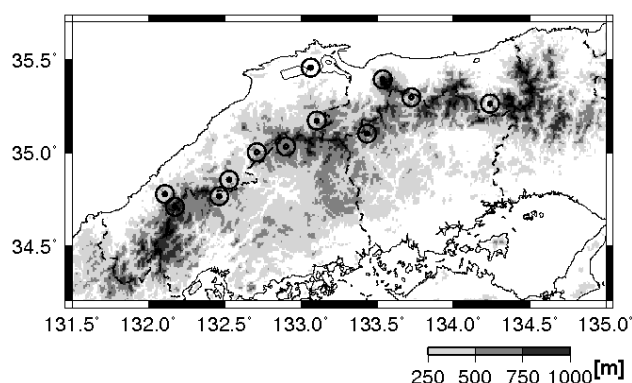


図1 研究対象領域(○は本研究で用いた観測点)

3. 衛星データによる消雪日の推定とその検証

Terra/MODIS で観測される積雪情報は 500m メッシュ内の積雪の有無と積雪面積率である。両者を組

キーワード 衛星観測データ、積雪モデル、積雪水量のモニタリング

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 TEL(0852)36-5132

み合わせ、衛星データのみで消雪日を決定する。消雪日は各年1月1日から開始し、「積雪が無し」と判定され、積雪面積率が10%以下の日と定義した。

各地点における Terra/MODIS で判定した消雪日と AMeDAS の積雪深データより求めた消雪日を比較した。Terra/MODIS と AMeDAS の消雪日は概ね一致していたが、Terra/MODIS の消雪日がやや過大評価となる傾向があることが分かった。

4. 積雪モデルの概要

式(1)の積雪モデルを用いて、積雪水量を推定する。

$$SWE_t = SWE_{t-1} + (SF - SM) \quad (1)$$

ここで、 SWE_t は降雪初日から t 日目の積雪水量(mm)、 SF は日降雪量(mm)、 SM は日融雪量(mm)である。このモデルは積雪水量の日変化を日降雪量と日融雪量の差と仮定し、積雪水量を日単位で推定する。

4.1. 日降雪量の推定

式(2)により、降雪・降雨の割合 $s(T_w)$ を求めた。

$$s(T_w) = 1 - 0.5 \exp\{-2.2(1.1 - T_w)^{1.1}\} \\ s(T_w) = 0.5 \exp\{-2.2(T_w - 1.1)^{1.1}\} \quad (2)$$

ここで、湿球温度 T_w (°C) は湿球温度方程式を 1.1°C 付近で展開した近似式(3)から算定した。

$$T_w = 0.584T + 0.875e - 5.32 \quad (3)$$

ここで、 e は日平均水蒸気圧(hPa)である。本研究では、降雪の発生割合をそのまま降水量に対する降雪量の割合として扱い、降雪量を推定する。

4.2. 融雪量の推定

本研究では、気温から融雪量を簡便に推定できる Degree-Day 法を適用して、日融雪量を推定する。

$$SM = k \times T_a \quad (4)$$

ここで、 k は融雪係数(mm/°C/day)、 T_a は日平均気温(°C)である。ただし、融雪時は積雪表面の温度が 0°C 付近であるため、本研究では、日平均気温が 0.5°C よりも低い場合、融雪は起こらないと仮定した。

5. 積雪モデルの適用

まず、対象地点の日平均気温、日降水量を積雪モデルに適用し、AMeDAS の積雪深より判定した消雪日に一致するように、積雪モデルの融雪係数を最適化した。積雪の少なかった2007年冬季の値が大きくなったことから、積雪深が少ないと融雪係数が大きくなる傾向にあることがわかった。地域別での融雪係数の特性は見られなかった。

次に、Terra/MODIS より判定した消雪日に一致するように、各対象地点の日平均気温、日降水量を積雪モデルに適用し、積雪モデルの融雪係数を最適化した。AMeDAS の結果と比較すると、概ね一致していること、その中でも Terra/MODIS の消雪日の判定が適切でない場合、融雪係数を過大評価することがわかった(図3)。また、各地点で比較すると、積雪が少ない地点では、融雪係数が大きく算定される傾向

がある。消雪日の推定精度は融雪係数の推定に大きな影響を与えるため、積雪深の少ない地点での積雪水量や消雪日の判定誤差のある地点の推定精度を向上させる手法を検討する必要がある。

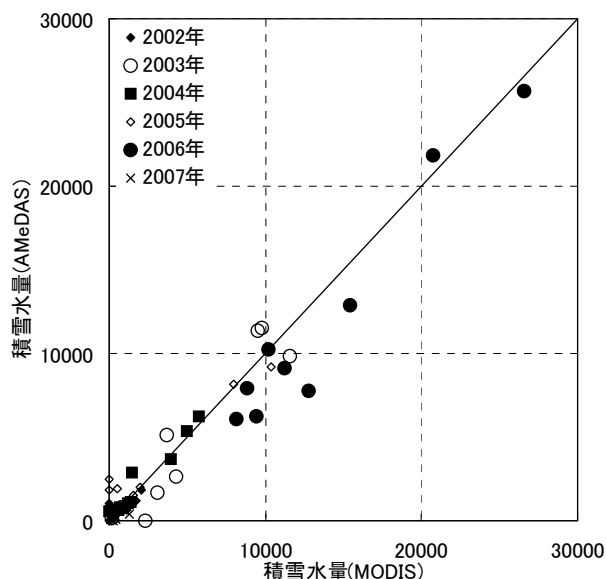


図3 AMeDAS と Terra/MODIS で求めた融雪係数の比較

6. まとめと今後の課題

本研究では、衛星観測に基づく積雪水量の推定手法を提案するために、Terra/MODIS で求めた消雪日の妥当性を検証し、積雪モデルを適用し、積雪水量を求めた。Terra/MODIS による消雪日と積雪水量の推定精度は比較的良好である。しかし、積雪が少ない年では、消雪日の違いが融雪係数の推定に大きな影響を与えるため、消雪日の推定精度を向上させる必要がある。これは判定誤差や雲の有無に影響しているものと考えられる。そこで、融雪係数算定の際の基準値を変化させること、Aqua/MODIS と Terra/MODIS を組み合わせ雲の影響を低減させることで消雪日の推定精度を向上させ、さらに精度のよい積雪水量分布の推定を中国地方全域に渡って行っていく予定である。

参考文献

- 1) Inoue, S. and K. Yokohama, 2003: Estimates of snowfall depth, maximum snow depth, and snow pack conditions, in Japan by using five global warming predicted data, 農業気象, 59(3), 227-236.
- 2) 井上聡, 横山宏太郎, 大野宏之, 川島茂人, 2001: 地球温暖化にともなう国内の降雪量減少の河川への影響, 地球環境 6(2), 259-266.
- 3) 朝岡良浩, 小南裕志, 竹内由香里, 大丸裕武, 田中信行, 2007: 衛星観測に基づく積雪水量の広域推定と融雪係数の地域特性, 水文・水資源学会誌, 20, 519-529.
- 4) Parajka, J., and G. Blöschl, 2008: Spatio-temporal combination of MODIS images – potential for snow cover mapping, Water Resour. Res., 44, W03406, doi: 10.1029/2007WR006204.