

衛星観測データを用いた中国地方における積雪水量の空間分布推定

松江工業高等専門学校環境・建設工学科 正会員 ○広瀬 望
松江工業高等専門学校生産・建設システム専攻 学生会員 塚原由加里
松江工業高等専門学校環境・建設工学科 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。しかしながら、近年の温暖化の進行は冬期の水資源に大きな影響を及ぼすことが指摘されている。

将来予測に関して、日本では、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^{1),2)}。例えば、小川らは単純な温暖化シナリオを用いて、降雪量変動を予測し、東北北部、北陸、中部に流域を持つ河川で降雪量の減少が著しいことを示している³⁾。これは、春期の融雪出水の減少を引き起こし、農業分野における春期の利水計画に大きな影響を与えると考えられる。

したがって、温暖化の影響を考慮した将来予測に基づく、新たな水資源計画の立案が不可欠であると考えられる。そのためには、冬期の積雪水量を適切に把握し、河川流量予測の精度向上が必要である。

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。

日本では、SPOT/VEGETATIONの可視、近赤外、中間赤外バンドを用いて、日本全域における積雪水量の推定を行った。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っている。

Parajka and Bloschl (2008)は、観測時間の異なるAqua/MODIS, Terra/MODISを組み合わせる上で、空間フィルターや時間フィルターを適用させることで、雲の影響を除去した積雪面積の推定手法を検討している。しかしながら、時空間フィルターを掛けることによって、推定エリアは大きく向上するものの、推定精度が低下する問題点を指摘している^{4), 5)}。

そこで、本研究では、Terra/MODIS, Aqua/MODISのsnow cover dataとDegree-day法を用いた融雪モデルによる積雪水量の日変化を予測することによって、積雪水量の時空間変動特性を把握することを目的とする。

2. データ

(1)衛星観測データ

MODIS (中分解能撮像分光放射計) はNASAの地球観測衛星Terra/Aquaに搭載されている光学センサーである。本研究では、Terra/MODIS, Aqua/MODISから推定された積雪の有無や積雪面積率を消雪日の判定に用いた。

具体的には、National Snow and Ice Data Center (NSIDC, <http://nsidc.org/>)で公開されている、

Terra/MODIS Snow Cover8-Day L3 Global 500m

Grid, Version5 と Aqua/MODIS Snow Cover8-Day L3

Global 500m Grid, Version5 を用いた。このデータは可視・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推定した結果である。空間解像度は500m、日単位のデータセットである。

(2) 気象観測データ

本研究で用いた積雪モデルへの入力データセットは、AMeDASの日平均気温、気象官署の日平均水蒸気量、レーダー・アメダス解析雨量より作成した。AMeDASの日平均気温は任意のメッシュにおける日平均気温の推定に用いた。補間法は距離重み付け平均法を使用し、気温遞減率は100mにつき、0.65℃として、標高で補正した。なお、標高データは、SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)の約90mメッシュのDEMを用いた。また、中国地方における積雪深の特徴を把握するために、AMeDASの最深積雪を用いた。

(3) 研究対象領域と解析期間

本研究では、中国地方全域に着目し、Terra/MODIS, Aqua/MODISの観測データが使用できる、2003年から2008年までの冬期(12月から4月)を対象とした。

3. 積雪水量の推定手法

(1) 積雪モデルの概略

本研究では、朝岡ら(2007)を参考に、融雪モデルにDegree-day法を適用した簡単な積雪モデルを用いて、広域の積雪水量を推定した⁶⁾。

(2) 消雪日の判定

消雪日の判定は、Terra/MODISとAqua/MODISの積雪観測データを重ね合わせ、雲の影響を除去した統合化データを用いる。統合化データはTerra/MODISのみと比較し、10%程度雲の影響が除去されている。時空間フィルターについては今後の課題とした。

統合化データにおいて、①積雪の有無が「無し」、かつ②積雪面積率が10%未満の二つを満たせば、「積雪無し」と判定する。一方、5日以上積雪が継続する場合は「積雪有り」と判定する。その結果、対象期間中に「積雪有り」から「積雪無し」と移行した日を「消雪日」と定義した。なお、雲で地上が判別できない場合、前日に積雪があれば、積雪日とし、前日に無積雪日であれば、無積雪日とした。

(3) 融雪係数の推定手法

本研究では、融雪係数は積雪開始から消雪まで一定値と仮定する。そして、衛星データから求めた消雪日と積雪モデルから推定した積雪水量が0となる日が一致するように、各メッシュの融雪係数を最適化した。

4. 中国地方における積雪水量の分布特性

次に、本研究手法を適用して、中国地方における最大積雪水量の年々変動を求めた(図-1)。なお、積雪日数が5日以下のメッシュは解析対象外とした(灰色で示した領域)

図に示すように、山陰地方と山陽地方の気候の違いが明瞭に示されている。山陽地方が温かく、積雪水量は小さい。一方、山陰地方は積雪水量が大きい傾向にある。また、最大積雪水量の空間分布は標高分布と良く一致する。しかし、山陽側の都市域でも、積雪水量が分布していることから、雲の影響を十分に除去し、精度良く推定する手法が必要である。

また、AMeDASの積雪深から得られた年々変動の特徴と良く対応する。特に、2007年は積雪水量が小さく、最大でも100mm程度であった。一方、2005年は最大積雪水量が800mmを超えるところもみられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、既往の研究を参考に、中国地方の積雪水量分布を推定し、その時空間変動特性を議論した。その結果、積雪深さが大きい年は、消雪日の推定精度が向上するものの、積雪深が小さい年は、雲の影響が大きくなり、推定精度が著しく低下する。また、融雪係数は気温の変動を直接受けるものの、標高分布との対応は十分でなかった。これは、雲の影響が大きいと考えられる。一方、最大積雪水量は標高分布と対応し、AMeDASの積雪深の年々変動とよく一致していた。

今後は、現地観測を行い、積雪水量の妥当性を詳細に検討するとともに、分布型流出モデルのパラメータとして融雪係数の空間分布を分布型流出モデルのパラメータとして、直接用いた場合、融雪流出の時期やピーク流量に与える影響を検討する予定である。

参考文献

- 1) Inoue S. and K. Yokoyama: Estimates of snowfall depth, maximum snow depth, and snow pack conditions in Japan by using five global warming predicted data, 農業気象, Vol.59, pp.227-236, 2003.
- 2) 井上聡, 横山宏太郎, 大野宏之, 川島茂人: 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, Vol.6, pp.259-266, 2001.
- 3) 小川真由美, 野上道雄, 温暖化が冬季の降水量に与える影響: 水文・水資源学会誌, Vol. 10, pp.79-86, 1997.
- 4) Parajka, J., and G. Bloeschl: Spatio-temporal combination of MODIS images – potential for snow cover mapping, *Water Resour. Res.*, 44, W03406, doi:10.1029/2007WR006204, 2008.
- 5) Parajka, J., and G. Bloeschl: The value of MODIS snow cover data in validating and calibrating conceptual hydrologic models, *Journal of Hydrology*, 358, pp240-258, 2008.
- 6) 朝岡良浩, 小南裕志, 竹内由香里, 大丸裕武, 田中信行: 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, Vol.20, No.6, pp.519-529, 2007.

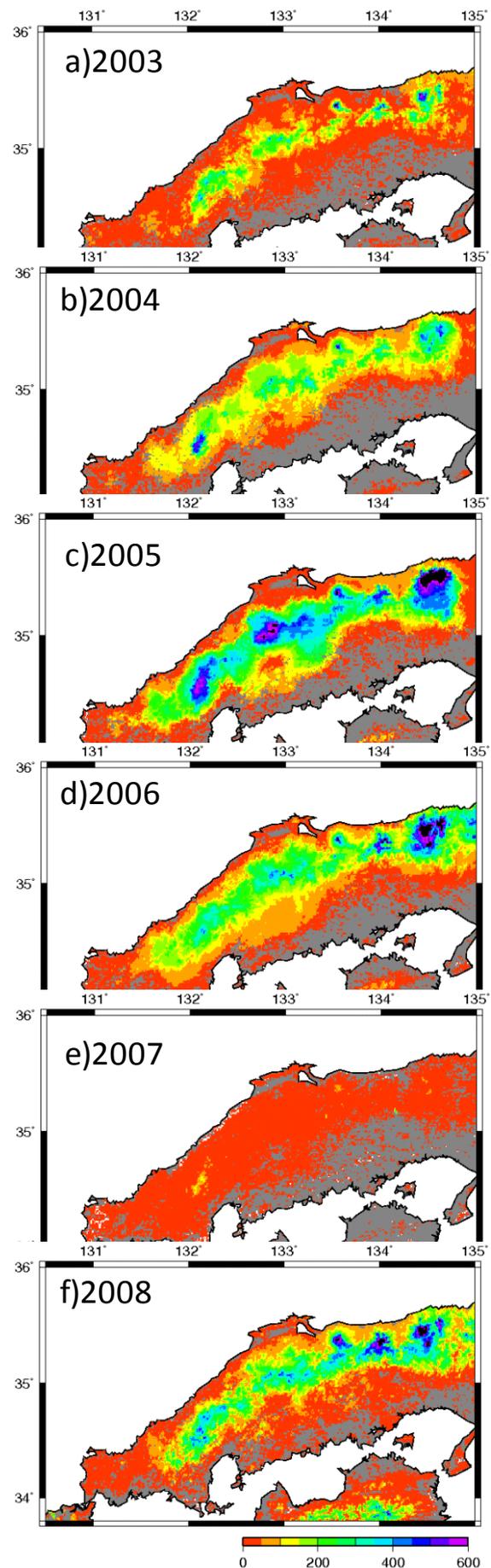


図-1 最大積雪水量の時空間分布特性