

気候予測情報を用いた全球積雪水資源量解析

東北大学 学生会員 ○那須 貴之
東北大学 正会員 風間 聡
東北大学 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

近年の地球規模での温暖化に伴い、積雪および融雪の変化による水資源への影響が懸念される。冬の間貯留された積雪は安定した水供給の重要な水資源となる一方、雪崩などの悪影響をもたらす要因にもなる。2007年6月から南アジアを襲っていたモンスーンによる豪雨と、ヒマラヤ山脈からの雪解け水で引き起こされた洪水による死者は約3200人にも上っている。日本でも、低気圧から吹き込む暖かい南風による気温上昇によって雪解けが進行し、湯沢市・横手市で警戒水位を超える出水が発生するなど、積雪・融雪による被害は後を絶たない。この積雪を水資源として高度利用するとともに、雪氷災害を最小限にとどめる為に、広域スケールにおいて積雪・融雪情報を整備することが必要である。

広域積雪観測においてリモートセンシング技術はきわめて有効であり、多くの研究で利用されてきている。これまで著者ら¹⁾は衛星データ、標高データ、気象データを用いて日本全域における積雪分布を時系列で推定および評価してきた。本研究ではこれらと同様の手法を用いて、全球を対象とした積雪水量を推定するモデルの構築を目指す。

2. データセット

気象データには東大気候システム研究センター (CCSR) / 国立環境研究所 (NIES) / 地球環境フロンティア研究センター (FRCGC) が作成した気候予測情報 MIROC のうち、総降水量および地表面気温を用いる。空間分解能は約 100km (320×160 格子) である。気候モデルは全球大気・海洋結合モデルを用いている。これは、大気モデル、地表モデル、河川モデル、海洋モデル、海氷モデルを組み合わせたモデルである。気候シナリオには、気候変動分析の条件として排出シナリオに関する IPCC 特別報告書 (SRES)²⁾ に記載された 4 つのシナリオ (A1, A2, B1 及び B2) のうち、高度経済成長が続き、世界人口が 21 世紀半ばにピークに達した後に減少し、新技術や高効率化技術が急速に導入さ

れ、エネルギーに関してはすべてのエネルギー源のバランスを重視した社会を描いた AIB を採用している。

3. 解析方法

3.1 SWE モデル

積雪水量の推定には、これまでと同様に戸塚ら³⁾の日本全域における時系列での積雪分布の推定と同様に SWE モデルを用いる。SWE モデルは降雪モデルと融雪モデルから構成され、式 (1) のように示される。

$$\frac{d}{dt}(SWE) = SF - SM \quad (1)$$

ここで、 SWE は積雪水量 (mm)、 SF は降雪量 (mm/day)、 SM は融雪量 (mm/day) である。

3.2 降雪モデル

MIROC の地表面気温、総降水量は 3 時間毎のデータとなっているため、地表面気温の 1 日の平均を求め日平均気温分布を、総降水量の 1 日の合計を求め日降水量分布を作成した。各セルの降雪量は、降水形態の判別温 2°C ⁴⁾を用い、 2°C 以下の降水を降雪とした。日平均気温分布を図-1 に、日降水量分布を図-2 に示す。

3.3 融雪モデル

各セルの融雪量は式 (2) に示すように degree-day 法により計算した。

$$SM = K \times T \quad (2)$$

ここで、 SM は日融雪量 (mm)、 K は融雪係数 (mm/day/ $^{\circ}\text{C}$)、 T は 0°C 以上の日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$) である。融雪係数の決定には、これまでと同様に戸塚ら³⁾の融雪係数を変化させ求まる SWE モデルの積雪域と積雪マップにおける積雪域を比較し、最も相関が高い際に得られたものを融雪係数とする手法を用いる。つまり、様々な融雪係数を式 (2) に代入し、最適な融雪係数を求める。

3.4 積雪マップの作成

積雪マップとして、国立雪氷センター (NSIDC) より公開されている観測衛星 Aqua に搭載された分光放射計 MODIS によって作成されたものを用いた。これは空間解像度 0.05 度で、8 日間のうち雲に被覆されて

いない部分のみを抽出し合成した画像である。なお、解析前にデータの品質のチェックを行い、雲の被覆率が高いなど精度の低いデータは解析対象外とした。月に1枚の最適な積雪マップを選び、これをMIROCの約100km(320×160格子)の空間分解能に平均化した。

4. 結果と考察

積雪マップを用いて月毎に最適な融雪係数を決定し、全球における積雪水量分布を作成した(図-3)。さらに、将来気候(2020~2025年の3月)と現在気候(2000~2005年の3月)における積雪水量の差を求めた(図-4)。本研究では衛星画像を利用し積雪の有無を判別することから融雪係数の決定を行う。よって年間を通して積雪に覆われている南極大陸は積雪水量の推定を行うことができないため除外した。

図-4を見ると、北アメリカ大陸西部やロシア西部などの広い地域で、現在気候(2000~2005年)に対し2020~2025年までに積雪水量が減少していることが分かる。一方、北アメリカ大陸北部やユーラシア大陸中央部では積雪水量の増加が見られる。これらの地域は3月後半まで日平均気温が氷点下である非常に寒冷的な地域であることから、温暖化が進行しても日平均気温が0℃を上回らないため融雪が進行しない。また、高緯度の地域では降水量が増加する傾向にあることから降雪量は増加する。このような理由で、これらの地域では積雪水量が増加したと考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり地球環境研究総合推進費から援助を受けました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 那須貴之・風間聡・沢本正樹：地域別に見た気候変動に対する積雪水資源脆弱性，水工学論文集，第51巻，pp. 361-366，2007.
- 2) A Special Report of IPCC Working Group III: *IPCC Special Report on Emissions Scenarios* (Summary for Policymakers), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp.9-10, 2000.
- 3) 戸塚岳大・風間聡・朝岡良浩・沢本正樹：積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪分布と融雪係数の解析，水文・水資源学会誌，vol.17，pp. 493-502，no.5，2004.
- 4) 塚本良則：森林の水文学，文永堂出版，pp195，1992.

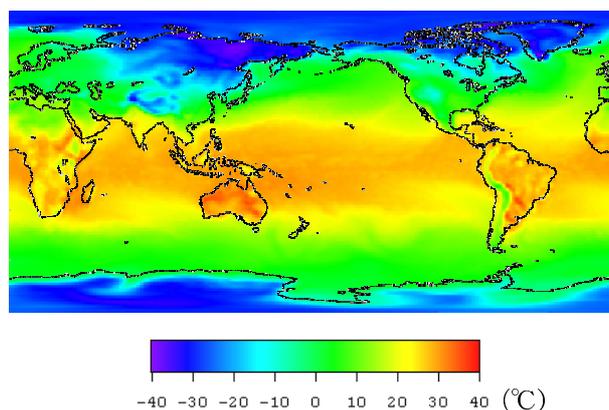


図-1 日平均気温 (2000年1月)

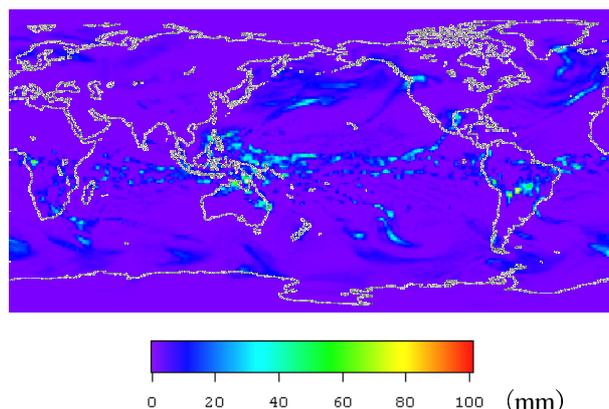


図-2 日降水量 (2000年1月)

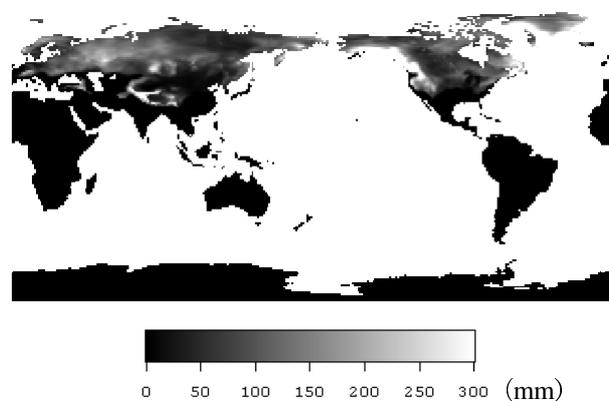


図-3 積雪水量分布 (2000年1月)

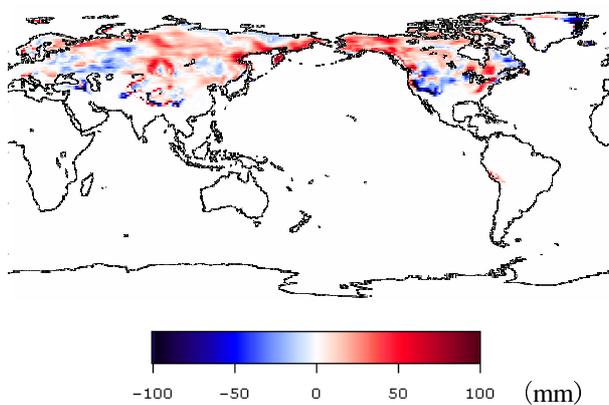


図-4 将来気候と現在気候における積雪水量差 (2020~2025年3月-2000~2005年3月)