

京都大学工学部	学生員	○松井 佑介
京都大学防災研究所	正会員	田中 賢治
京都大学防災研究所	正会員	田中 茂信
京都大学防災研究所	正会員	浜口 俊雄

1. はじめに

日本の積雪地域では、「天然のダム」と言われているように、春先の融解水は貴重な水資源となっており、灌漑用水、生活用水または発電用水等の重要な供給源とされている。温暖化等の気候変動に伴う降雪、積雪量の減少や融雪時期の早期化は、下流域の農業用水に大きな影響を及ぼす可能性がある。そのため、将来における積雪水資源のある程度正確な時空間分布評価が必要であり、水資源分野では特に積雪水量の評価を重視している。

気候変動リスク情報創生プログラムでは、気象庁で開発された気候モデルを用いた温暖化予測、気候変動に伴う影響の評価に関する研究が幅広い分野にわたって行われている。データ提供されている気候モデルには、MRI-AGCM3.2H (60km)、MRI-AGCM3.2S (20km)、NHRCM (5km) といった様々な解像度のモデルがある。解像度が20km、5kmのモデルは計算コストが高くアンサンブル数は少ないが、60kmのGCMは複数のRCPシナリオ、積雲対流スキーム、海面温度条件、初期値を組み合わせた多くのアンサンブル数を有する。

将来予測の不確実性を考慮すると、温暖化影響評価には多くのアンサンブル情報を持つ60kmGCMを活かした解析が有効となる。60kmという解像度は世界の他の機関のGCMに比べても、かなり高解像度だが、日本の様な起伏が激しい地域においては、細かな地形の影響を水資源評価に考慮できるとは言い難い。そこで、60kmアンサンブル情報の有効活用を目的として、相対的に粗い解像度のGCMを用いることにより、どのような情報が表わせなくなってしまうのか、そのことが陸面過程解析による積雪水量の算定にどのような影響を及ぼすのか詳細に検討する。

2. 手法

解像度20kmのMRI-AGCM3.2Sから出力される気象強制力7要素(気温、比湿、降水量、下向き短波放射、上向き短波放射、大気圧、風速)を60kmスケール(3×3)

にアップスケーリングする。元の20kmスケールの情報と60kmにアップスケーリングされた情報を陸面過程モデルに入力した時に算定される積雪水量にどのような違いが生じるのか、また、どのような9メッシュ(60kmメッシュ)で違いが大きいのか比較分析する。例えば、60kmスケールでの冬期降水量が20kmGCMと60kmGCMで同じ場合でも、陸面過程モデルで算定される積雪水量に違いが生じるのか否かを検討する。降水の気温による相変化(雨か雪か)は積雪水量推定に大きく影響するため、特に9メッシュ内の標高の分散や絶対値、また60kmスケールの情報に着目し検討する。20kmスケールの入力による解析結果を真値とみなし、どの情報を用いると60kmスケールの入力による解析結果が真値に近づくのかを分析し、60kmGCMによる解析結果の有効な補正方法を検討する。比較するのは年最大9メッシュ平均積雪水量(以下 $\overline{SWE}_{max}$)で、9メッシュに包蔵される積雪水量が年最大となる時の9メッシュ平均積雪水量である。

解析に用いる陸面過程モデルはSiBUCで、地表面状態を3つのカテゴリー(緑地・都市・水体)に分類し各格子にそれらの混在を認めるモザイクモデルとなっている。また、積雪層は一層で密度一定の積雪水量のみを追跡する、やや簡単な積雪モデル構造となっている。解析期間は現在気候下(1979~2003年)、対象領域は日本全域とし、20km解像度で陸面過程解析を実施する。

3. 結果と考察

図1に $\overline{SWE}_{max}$ の60km解析結果と20km解析結果の比の空間分布図を示す。図1より全体的に小さく評価されていることがわかる。海岸沿いで過小評価されているのは、9メッシュ間の海と陸の混在が影響していると考えられる。気温を60kmスケールにアップスケーリングする際に、海の温かい気温を考慮してしまうため、雪が降りにくくなってしまうと考えられる。

図2に9メッシュ間の標高の標準偏差(以下 σ_z)の空間分布図を示す。20km解析においては、標高のばらつき

に応じて雨と雪を区別し降らせるが、アップスケーリングの結果、ばらつきを表現することができず、雪が雨に変化してしまい、積雪水量が過小評価される場合が多いと考えることができる。 σ_z が大きい9メッシュほどそれが起こりやすいと考えられる。

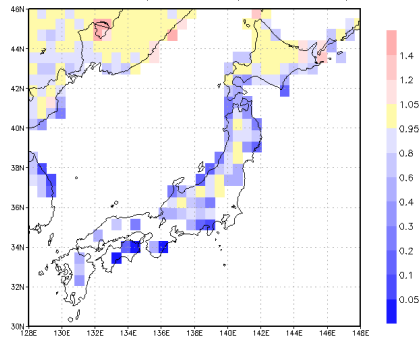


図1 $\overline{SWE_{max}}$ の20km 解析結果に対する
60km 解析結果の比

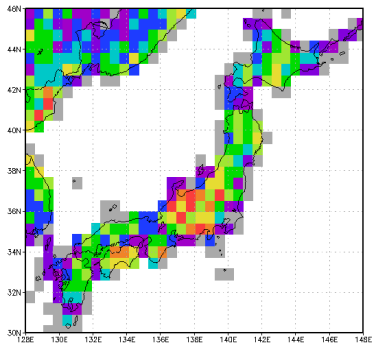


図2 9メッシュ間の標高標準偏差

降水時の気温は雪に関する事象を扱う際には、特に重要な情報である。そこで、降水が多い時間の気温がより考慮されるように、11~3月を冬期とし、冬期における降水量で重みを付けた平均気温を以下の式で求めた。

$$T_{pw} = \frac{\sum_t T_t \times P_t}{\sum_t P_t} \quad (1)$$

ここで、 t は時間単位[hr]、 T_{pw} は降水量重み付き冬期平均気温[K]、 T は気温[K]、 P は降水量[mm]である。図3に示すように、 T_{pw} が高いほど、60km解析結果が20km解析結果に対して過小評価されていることがわかる。本来、標高のばらつきに従って気温も分布しており、雨雪を区別することができるが、アップスケーリングの結果、雨雪判別の臨界温度を超えてしまうと過小評価される。 T_{pw} が高い9メッシュでは、アップスケーリングによる臨界温度超過の可能性が高くなるため、負の相関性があると考えられる。また、 T_{pw} が -5°C 以下のところでは解析結果に差が生じにくく、60km解析結果を補正する必要はな

いと言える。

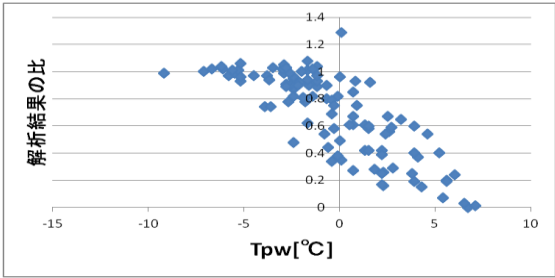


図3 T_{pw} と解析結果の比の関係

標高のばらつきが雨雪変化に作用しやすい9メッシュ平均標高が300m~600mの標高グループにおいて、 $\overline{SWE_{max}}$ の解析結果の比を目的変数、冬期降水量（以下 P_w ）、 σ_z 、 T_{pw} を説明変数に選択し、重回帰分析を行った結果、決定係数は0.92と非常に高い値を示した。各変数の係数とP値を表1に示す。

表1 重回帰分析の結果

	係数	P 値
切片	0.779727	8.06E-89
P_w [mm]	0.000239	4.99E-15
σ_z	-0.00129	6.41E-30
T_{pw} [$^{\circ}\text{C}$]	-0.08981	1.05E-97

重回帰分析の結果を用いて、60km解析結果の補正を行うと、補正前はRMSEが33.15であるのに対し、補正後は23.74となり、全体としては20km解析結果に近づく。しかし、過大または過小に補正をしてしまうところもあり、補正式の有効範囲の把握や、補正值の下限値の設定が必要であると考えられる。

4. まとめ

60km解析結果は20km解析結果に比べ、全体的に過小評価されるため、60km解像度のGCM出力値を用いて積雪水量を評価する際には補正が必要であることがわかった。また、9メッシュの平均標高が300m~600mのグループにおいては、冬期降水量、9メッシュ間標高標準偏差、降水量重み付き冬期平均気温の情報を用いて、解析結果の比をある程度説明できるという結果が得られた。

しかし、他の標高帯では、この3つの変数を用いても精度の高い補正方法が得られなかった。今後、グループ分けの方法も含めて、さらに詳細な分析が必要であると考えられる。

謝辞

本研究は文部科学省委託事業気候変動リスク情報創生プログラム「課題対応型の精密な影響評価」のもとで行われた。記して感謝の意を表します。