# 気候変動モデルデータのバイアス補正に関する一考察

A study of the bias correction for the data of climate change model

(独)	土木研究所	寒地土木研究所	OIE	員	西原照雅	(Terumasa Nishihara)
	同	上	Ĩ	員	渡邉和好	(Kazuyoshi Watanabe)

#### 1. はじめに

2014 年 10 月に IPCC 第 5 次評価報告書の統合評価報 告書が公表された<sup>1)</sup>. これによると,気候システムの温 暖化には疑う余地がなく,また 1950 年代以降,観測さ れた変化の多くは数十年から数千年にわたり前例のない ものであること,大気と海洋は温暖化し,雪氷の量は減 少し,海面水位は上昇し,温室効果ガス濃度は増加して いることが報告されている<sup>1)</sup>.

国内においては、気象庁が地球温暖化の緩和策・適応 策の検討に資する気候変化予測を提供しており、2013 年に、地球温暖化予測情報第8巻<sup>2)</sup>が公表されている.

- これによると,北海道を含む北日本の将来予測について,
  - ・年平均気温の上昇は3℃を超える.
  - ・季節別では、冬の気温上昇が最も大きい.
  - ・大雨や短時間強雨の発生回数は増加する. 無降水日 も増加する.
  - ・年最深積雪深はほとんどの地域で減少するものの、
    北海道の内陸部等の寒冷地では、現在と同程度か増加となる地域もある。
  - ・積雪,降雪共に,始期・終期における減少が明瞭で, 観測される期間が短くなる.積雪はピークの時期が 早まり大幅に減少する.

等が報告されている<sup>2)</sup>.積雪寒冷地では,融雪水をダム に貯留して,春から夏にかけての水需要を賄う等,水資 源を積雪に依存している.このため,気候変動による積 雪の減少は,渇水のリスクを増大させる可能性がある. また,融雪と大雨が同時生起することにより,大規模な 出水や土砂災害の発生も懸念される<sup>3)</sup>.このように,北 海道は,気候変動の度合いが大きく,これによる治水・ 利水のリスクが高まると考えられる.

このような中,積雪寒冷地を対象として,気候変動に よる影響に関する研究が行われている.川村ら<sup>4)</sup>は,気 象庁の気候変動モデル(RCM20)の結果を用い,定山渓ダ ム及び豊平峡ダムの将来の利水に与える影響を検討して いる.これによると,豊平峡ダムでは夏に利水放流を行 うことができない日が出現すること,定山渓ダム及び豊 平峡ダムを連携操作することで,水不足を回避可能であ ることが示されている.また,山田ら<sup>5)</sup>のグループは, RECCA(気候変動適応研究推進プログラム)の中で, 北海道を対象に,治水・利水における気候変動適応策立 案に必要なダウンスケーリング手法の開発を行っている. さらに,得られた成果を分かりやすく提供するためのビ ューワーの開発も行われている.

このように、北海道では、気候変動による影響評価が 急務であり、データの整備も進んでいる.しかし、気候



変動モデルのデータは、対象とする地域の観測データを 用いたバイアス補正が必要である等、利用が難しい面が ある.また、供用開始からの期間が短いダム等、バイア ス補正に十分な観測データが存在しないケースも考えら れる.そこで、本研究では、1989年に供用を開始した 定山渓ダムを対象に、簡便な方法で、気象庁の気候変動 モデルデータ NHRCM5のバイアス補正を試みた.

#### 2. 対象流域

対象流域は図-1 に示す定山渓ダムである. 定山渓ダ ムは,石狩川水系豊平川流域の上流部に位置し,流域面 積は 104km<sup>2</sup>,標高帯は 300m 付近~1,300m 付近である.

図-1には、環境省による自然環境保全基礎調査の結 果を用い、9分類した植生を示しているが、流域の大部 分は森林である.気象・水文観測は、図に示したダム管 理所地点で行われており、このデータをバイアス補正に 用いる.

## 3. 気候変動モデルデータ NHRCM5 の概要<sup>2)</sup>

気候変動モデルデータ NHRCM5 は、温室ガス排出シ ナリオ SRESA1B に基づく日本の気候変化予測結果であ る. SRESA1B では、21 世紀半ばまで温室効果ガス排出 量が増加し、ピークを迎えた後、緩やかに減少する経過 をたどる.地球温暖化予測情報第6巻及び第7巻におい て使用された気候変動モデルデータ RCM20 との違いは、 水平解像度が5km であり地形の影響をより現実に近い 状況で予測計算に反映させていること、支配方程式に



非静力学方程式が用いられていること、時別値が提供されていること等が挙げられる.

#### 4. バイアス補正手法

バイアス補正は,藤原ら<sup>9</sup>の方法を用いた.これは, 月降水量,月平均気温といった月単位での確率分布が保 存されるように気候変動モデルの出力値を補正する方法 である.

月降水量を例として,バイアス補正手法の概念を図-2 に示し,補正方法を以下に示す<sup>6)</sup>.

- ・現在気候(1981年-2000年)における NHRCM5の
  データ及び定山渓ダム管理所における観測値(供用が 1989年のため,1990年-2000年)を用い,月毎に月降水量の非超過確率をそれぞれ求める.
- NHRCM5 の値がP<sub>RCM</sub>である場合は、現在気候の NHRCM5 の値で定めた確率分布を用いて、P<sub>RCM</sub>の非 超過確率F(P<sub>RCM</sub>)を求める.

・現在気候の観測値で定めた確率分布を用いて、非超 過確率が $F(P_{RCM})$ となる月降水量 $F^{-1}(F(P_{RCM}))$ を算出 し、これを $P_{RCM}$ と置き換えることにより補正を行う.

確率分布関数は,正規分布,対数正規分布,ピアソン Ⅲ型分布,2母数ガンマ分布に対して,標準最小二乗基 準(SLSC)<sup>7)</sup>による適合度評価を行い,最も適合度が高 い分布を採用した.

対象とした気象要素は、気温、相対湿度、風速、日照 時間、日射量、地上気圧、降水量、降雪深である.この うち、降雪量は日別値、これ以外は時別値である.なお、 要素によっては、バイアス補正にあたって、換算等を行 っている.詳細を以下に述べる.

気温は、気温減率 6.5℃/km を用いて、標高 0m の気温 に換算した値を用いてバイアス補正を行う.

相対湿度は,NHRCM5のデータに含まれていないの で,データに含まれている比湿を対象にバイアス補正を 行った.バイアス補正後に,地上気圧と気温を用いて相 対湿度を求める.



図-3 日照時間と日射量の関係

地上気圧は,気象観測の手引き<sup>8)</sup>に示されている方法 を用いて,海面気圧に換算し,この値を用いてバイアス 補正を行った.

日照時間は、上限値を持つ値であるため、同手法でバ イアス補正を行うと、日照時間の上限値が1.0を超える 値、もしくは1.0を下回る値になる.このため、直接バ イアス補正することはせず、日射量を用いて算出するこ ととした.方法は、5章で述べる.

降雪深は次のように求めた値を用いた.気候変動モデ ルのデータは、日最深積雪深の差とした.観測値は、ダ ム管理所における観測が毎日 9:00 のみであったため、 毎日 9:00 の積雪深の前日差とした.

バイアス補正量(差もしくは比)は、月毎に求められる.月毎の補正量をその月に含まれる全データに作用させている.

# 5. メッシュデータの作成方法

流出モデルに入力することを考慮し、バイアス補正したデータを空間補間し、1kmメッシュのデータを作成した.空間補間の方法は Kriging 法である.

日照時間は、日射量の1kmメッシュデータを用いて 計算した.はじめに、定山渓ダム管理所地点の観測デー タを用いて、大気上端の日射量と観測された日射量の比、 可照時間(=1.0)と観測された日照時間の比の関係を整 理する.図-3に結果を示す.概ね、日射量の観測値と 大気上端の日射量の比、日照時間と可照時間の比は、線 形の関係にあると考えられる.そこで、日射量と日照時 間に式(1)を当てはめることとした.

$$\frac{S}{S_0} = a\left(\frac{N}{N_0}\right) + b \tag{1}$$

ここで, S:日射量の観測値, S<sub>0</sub>:大気上端における日 射量, N:日照時間, N<sub>0</sub>:可照時間(=1.0), a及びb:回 帰係数である.大気上端における日射量の計算方法は, 近藤ら<sup>9)</sup>の文献を参照されたい.回帰係数は, 図-3 に 示した通り, a=0.4836, b=0.1864 と求まった.

# 6. 結果と考察

## 6.1. 最適確率分布

はじめに、各要素に対し、選択された確率分布を示す. SLSCは、月毎に求まる SLSC を分布毎に平均した値が 最小となる分布を選択した.結果、すべてのケースにお いて、2 母数ガンマ分布が最適と判定された. SLSC の 値は、平均して 0.05 程度であった. SLSC は 0.03 以下 となることが分布を当てはめる目安となっており、得ら れた結果は若干大きな値である.

ここで、2 母数ガンマ分布のみが選択された要因につ いて考察する.月毎の統計値に確率分布を当てはめる際, 対数正規分布及びピアソンⅢ型分布については、母数が 求まらない月が存在した.本研究では,簡便のため,月 毎に求まる SLSC を分布毎に平均した値を用いて評価し たが、母数が見つからない月が1つでも存在した場合は、 その分布を棄却した.このことにより,選択肢が正規分 布と2母数ガンマ分布となるケースがあった. SLSC は 月毎に求まることから,月毎に適合する分布を評価し, バイアス補正に用いることも可能である.この点は、今 後の検討課題としたい.また、定山渓ダムの供用が 1989年であることから、バイアス補正に用いることが できた観測値は、1990年-2000年のデータであり、最適 な分布を検討する際のサンプル数は10程度である.こ のことが、母数が求まらない月を出現しやすくしている 可能性も考えられる.

#### 6.2.1km メッシュデータ

次に、1km メッシュ化したデータから、定山渓ダム 管理所に最も近いメッシュの値を用いて、バイアス補正 したデータと観測値の比較を行った.各要素の結果を図 -4~図-11に示す.なお、気温のように、標高の影響を 受ける要素があるため、メッシュの標高をダム管理所の 標高(393m)として計算している.また、比較のため、 NHRCM5のデータから、最も定山渓ダム管理所に近い メッシュの値を示す.図にプロットした値は、月統計値 (平均値もしくは積算値)である.

図を見ると、気温、相対湿度、風速、日射量に関して は、年間を通じてバイアス補正の結果が良好である.

日照時間は、日射量との関係を用いて計算しているが、 夏季に観測値と比較して若干の過大傾向が見られるもの の、概ね良好な結果が得られている.このことから、本 研究の手法は妥当であると考える.

地上気圧は,夏季から秋季にかけて,若干の過小傾向 となっているが,概ね良好な結果が得られていると考え られる.

降水量は、夏季のバイアス補正の結果が良好である. しかし、冬季は観測値と比較して過小傾向である.また、 降雪深の結果を見ると、冬季を通じて過小傾向である. 降水量と降雪深に関して、例えば、川村ら<sup>4)</sup>は、バイア ス補正後のデータに対し、さらに標高と緯度を考慮した 補正を試みている.このような手法を含め、バイアス補 正手法の改良が必要と考えられる.



## 平成26年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第71号



# 6.3. ダム流入量

バイアス補正が良好に作用していない要素があること は 6.2 節で述べたが、ダム流入量を計算した場合の影響 を把握するため、臼谷ら<sup>10)</sup>が開発した融雪・流出モデ ルに 1km メッシュデータを入力し、融雪期のダム流入 量を計算した.なお、1990 年から 2000 年のダム管理所 における気象観測値をモデルに入力し、融雪期のダム流 入量を求め、観測された流入量と比較したところ、毎年 の Nash-Sutcliffe の指標が概ね 0.7 を超えていたことか ら、融雪・流出モデルの精度は確認されている.

結果を図-12 に示す. 図中のダム流入量は, 半月毎の 流入量の合計値の年平均である. ただし, 観測はダム供 用後の 1990 年から 2000 年の期間の平均、1km メッシ ュは 1981 年から 2000 年の期間の平均である. 図を見る と,4月下旬までは概ね観測値と 1km メッシュデータ を用いた場合の結果が一致している.しかし,5月下旬 以降に,1km メッシュの値は過小となる.これは,6.2 節で述べたとおり,1km メッシュデータの降雪深及び 冬季の降水量が過小評価されていることにより,冬季に 流域に蓄積される積雪が過小になっていることが原因と 考えられる.また,融雪後期に過小となることから,特 に,流域内の標高が高い範囲の積雪が過小評価されてい ることが示唆される.

#### 6. まとめ

気候変動モデルデータ NHRCM5 を簡便な方法でバイ アス補正し,1kmメッシュデータを作成した.結果を 観測値と比較したところ,概ね良好に補正されたが,一 部の要素や,季節により,良好に補正されていないケー スがあった.特に,降水量及び降雪深は流出計算の結果 に与える影響が大きいと考えられることから,引き続き, 手法の改善を検討していく必要がある.

**謝辞**:本論文をまとめるにあたり,国土交通省北海道 開発局豊平川ダム統合管理事務所からデータを提供して 頂いた.また,気候変動モデルデータ NHRCH5 は気象 庁に提供して頂いた.ここに記して謝意を表する.

#### 参考文献

- Draft synthesis report, Summary for Policymakers provisionally approved: IPCC fifth assessment report, 2014.
- 2) 地球温暖化予測情報第8卷: 気象庁, 2013.
- 3) 臼谷友秀,中津川誠,松岡直基:融雪期の土砂災害に 関連する土壌水分の定量評価,土木学会論文集B1(水 工学) Vol.69, No.4, I\_403-I\_408, 2013.
- 4)川村一人、中津川誠、杉原幸樹:気候変動による利水への影響を踏まえたダム貯水池群の最適操作に関する研究、土木学会論文集B1(水工学) Vol.68, No.4, I\_477-I\_482, 2012.
- 5)山田朋人:北海道を対象とする総合的ダウンスケール 手法の開発と適用,気候変動適応研究促進プログラム, http://www.mext-

isacc.jp/staticpages/index.php/report\_yamada\_j (2014 年 12月12日閲覧)

- 6)藤原洋一,大出真理子,小尻利治,友杉邦雄,入江洋 樹:地球温暖化が利根川上流域の水資源に及ぼす影響 評価,水工学論文集,第50巻,367-372,2006.
- 7) 宝馨,高棹琢磨:水文頻度解析における確率分布モデ ルの評価基準,土木学会論文集,第393号/II9,151-160, 1988.
- 8) 気象観測の手引き: 気象庁, 1998.
- 9) 近藤純正:水環境の気象学, 1994.
- 10) 臼谷友秀, 中津川誠, 星清: 積雪浸透を考慮した実用 的融雪流出モデルの開発, 水文・水資源学会誌, 第 20巻, 第2号, pp.93-104, 2007.