

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21992

研究課題名（和文）観測が不可能な流出量に対する時系列変数としてのバイアス補正手法の開発

研究課題名（英文）Development of bias correction method to runoff as time series data

研究代表者

萬 和明（Yorozu, Kazuaki）

京都大学・工学研究科・講師

研究者番号：90554212

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：河川流量を高精度に再現しうる精緻な数値モデルを構築し、九州地方の筑後川流域を対象に河川流量を推定したところ、高水部から低水部に至るまで高い再現性を示した。このことから、数値モデルが出力する流出量を観測値とみなしうると考えこれを参照データとして、地球温暖化推計情報の流出量をバイアス補正する手法を開発した。開発した手法をMRI-AGCM3.2Sが出力する気候推計の流出量に適用して河川流量を求めた結果、高水部から低水部に至るまで、精度よくバイアスを補正できることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

将来気候推計結果にはバイアスと呼ばれる誤差が含まれる。バイアスを補正する手法は多く開発されているが、気温や降水量を対象としたものがほとんどである。本研究では水工計画の基本情報となる河川流量に着目したバイアス補正手法を開発した。開発した手法を用いることで、年最大値といった統計情報だけでなく、高水部から低水部にいたる河川流況を精度よく再現することが可能である。

研究成果の概要（英文）：A numerical model for simulating river discharge has been developed. It was confirmed that performance of developed model on Chikugo river basin for both high flow and low flow. Therefore, runoff output by developed model was considered as reference data for bias correction. In this study, runoff output by MRI-AGCM3.2S was corrected based on reference runoff data. It was found that estimated river discharge by corrected runoff data shows high accuracy.

研究分野：水文学

キーワード：バイアス補正 流出量 河川流量 陸面過程モデル 河道流追跡モデル

1. 研究開始当初の背景

研究代表者らはこれまでに、地球温暖化時の河川流量への影響評価に取り組んできた。その中で、妥当な現在気候の河川流量推計を得るためには、地球温暖化推計情報を河川流量に変換する数値モデルの調整では限界があり、地球温暖化推計情報に対するバイアス補正が必要不可欠であることがわかってきた。しかしながら、図1に示す通り、地球温暖化推計情報から流出モデルを用いて河川流量を算出する場合には、課題1) 多変数に対するバイアス補正が必要であること、課題2) 変数間の整合性を考慮する必要があること、河道流追跡モデルを用いて河川流量を算出する場合には、課題3) 流出量の観測値が存在しないことが課題であり、地球温暖化推計情報として妥当な河川流量推計を得ることは困難であった。

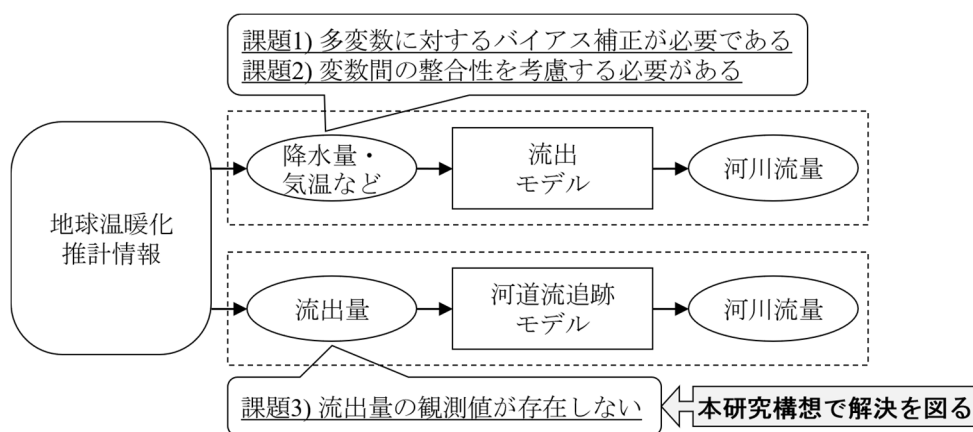


図1: 地球温暖化の河川流量への影響評価研究の流れと課題

2. 研究の目的

本研究では地球温暖化推計情報を用いた河川流量推定の新たな展開として、現状の河川流量を高精度に再現しうる精緻な数値モデルを構築し、観測値とみなしうる参照データとなる流出量を数値計算によって生成する。次に、参照データとする流出量に基づいて地球温暖化推計情報の流出量をバイアス補正する手法を開発する。

3. 研究の方法

研究代表者らは、河川流量を算定する数値モデルとして分布型水循環モデルを開発している。この分布型水循環モデルでは、陸面過程モデル SiBUC が流出量を出力し、河道流追跡モデル 1K-FRM へと入力され河川流量を算定する。この分布型水循環モデルに観測値を入力として与えて得られた河川流量が、観測された河川流量をよく再現する場合には、分布型水循環モデルの中間生成物である流出量を観測値とみなしうる参照データと考えることにする。そこで、精度良い気象水文観測情報が多く得られる日本の流域を対象に、観測の河川流量をよく再現するようにパラメータの調整やモデル構造の修正を実施して、分布型水循環モデルを構築する。観測値を入力として与えた分布型水循環モデルが生成する流出量は、観測値とみなしうる参照データと考えることにする。この参照データを用いれば、観測値が存在しない流出量に対するバイアス補正が可能となり、前述の課題3) が解決される。よって、地球温暖化推計情報から河川流量を得るための全く新しい研究アプローチが創出できる。

本研究で述べる流出量とは、表面流出量と基底流出量の合計値のことで、降水過程を経て陸面

に到達する水分量のうち、流出に寄与する水分量に相当する。ゆえに河川流量とは異なり、流出量は実質的に観測が不可能であり、バイアス補正の参照となる観測値を得ることができない。そこで、地表面付近の水文過程を表現する陸面過程モデルを用いて、観測値に準ずる流出量を作成することを提案した。ここで、作成された流出量を河道流追跡モデルによって河川流量へ変換した場合に、観測の河川流量を精度よく再現できるのであれば、作成した流出量が擬似的に観測値とみなし得ると考えた。

以上の考えに基づき、本研究で提案する流出量に対するバイアス補正手法は以下のような手順となる。

- 観測ベースの気象データを陸面過程モデルに入力して流出量を作成する。
- 作成された流出量を擬似的な観測値とみなし GCM が出力する流出量に対して Quantile-Quantile Mapping 法によるバイアス補正を行う。
- バイアス補正した流出量を河道流追跡モデルによって河川流量へ変換する。

本手法で重要な点は、作成された流出量が擬似的な観測値とみなすことができるかどうか、という点と、本手法の妥当性を補正対象の流出量ではなく変換した河川流量で評価する、という点である。バイアス補正の対象が流出量であるため、河川流量の観測地点かどうかに関わらず、任意の地点でバイアスが補正された河川流量を得ることができることが本手法の利点のひとつである。本手法の概念図を図2に示す。

流出量を補正する際に本手法で用いる Quantile-Quantile Mapping 法とは、補正対象のデータの順序統計量を参照とするデータの順序統計量に置き換える方法である。実装が極めて容易な手法であり、広く利用されている。ただし、補正対象のデータと参照とするデータのデータ数が異なる場合には、内外挿が必要となるため、注意が必要である。

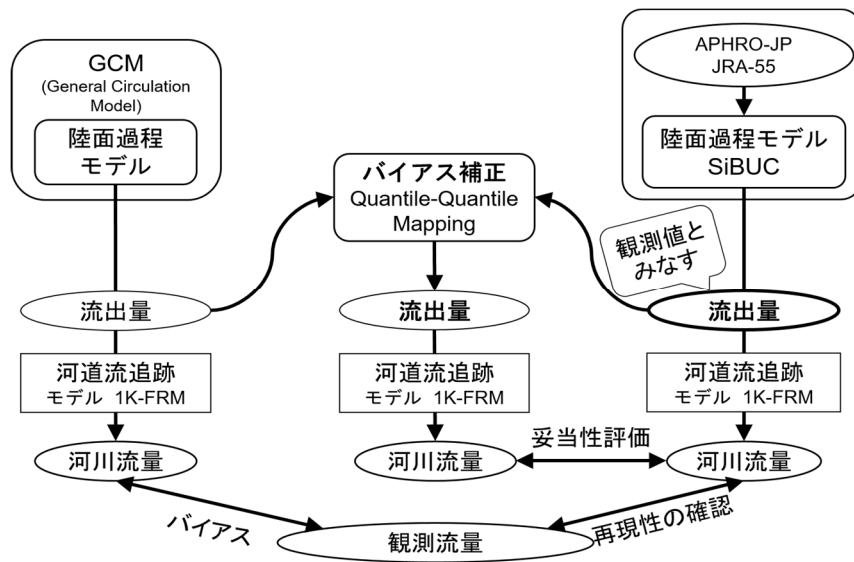


図2: 流出量に対するバイアス補正手法の概念図。

4. 研究成果

研究代表者は、筑後川流域を対象として、本手法の妥当性を検証している。まず、観測ベースの気象データとして、JRA55 再解析データと APHRO-JP 雨量観測データを利用し、それらを陸面過程モデル SiBUC に入力し流出量を作成した。作成された流出量は、河道流追跡モデル 1K-FRM により河川流量へと変換した。この際、貯水池操作を考慮しない設定で 1K-FRM を使用した。筑後川流域には複数のダムが存在するため、筑後川流域の計画基準点である瀬ノ下地点で観測さ

れた河川流量に、ダム群による流入量と放流量の差分を加えた差し戻し流量を求め、変換した河川流量と比較した。その結果、渇水年を除いて良好な再現性が確認された。以後、変換した河川流量を参照河川流量と呼ぶ。

次に、作成された流出量を擬似的な観測値とみなし GCM が出力する流出量に対して Quantile-Quantile Mapping 法によるバイアス補正を行った。ここでは、気象庁気象研究所が開発している MRI-AGCM3.2S が出力する流出量を用いた。MRI-AGCM3.2S は空間解像度が約 20km 格子であり、世界最高水準の高解像度 GCM である。本稿では 20 年分の日単位の流出量を対象としてバイアス補正を行った。

図 3 に瀬ノ下地点における 20 年分の流況曲線の比較を示す。まず同図から、参照河川流量が観測の河川流量が、高水部にやや多少の乖離がみられるものの、両者が近い値であることが確認できる。次に、MRI-AGCM3.2S の流出量を用いて得た河川流量は過小評価であるが、バイアス補正によって参照河川流量や観測の河川流量と近い値に補正されていることがわかる。よって、本稿で紹介する手法が妥当であることが確認できる。

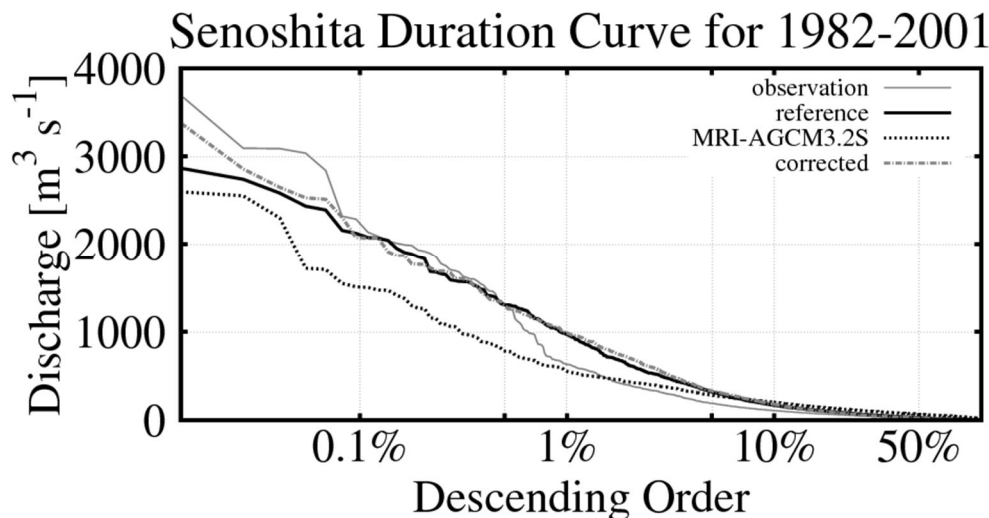


図 3: 瀬ノ下地点における 20 年分の流況曲線。灰色実線が観測の河川流量，黒色実線が参照河川流量，黒色点線が MRI-AGCM3.2S の流出量を用いて得た河川流量，灰色一点鎖線がバイアス補正後の河川流量である。

ところで、MRI-AGCM3.2 が出力する流出量は 3 時間間隔で提供される。そこで、3 時間単位の流出量を対象にバイアス補正を試みた。図は省略するが、この場合は上位 1% 程度の高水部についてバイアス補正後の河川流量が過大補正となる。これは、バイアス補正後の流出量時系列では、洪水ピーク後の逡減期間が過大な流出量となっているためである。この原因は、擬似的な観測値とみなした流出量と MRI-AGCM3.2S が出力する流出量の累積分布が大きく異なるためである。

最後に、図 4 に瀬ノ下地点における 20 年分の河川流量について、月別に平均した結果を示す。同図から、特に夏季において MRI-AGCM3.2S の流出量を用いて得た河川流量が平均値と標準偏差について過小評価であることがわかる。また、どの月でもバイアス補正の結果は参照河川流量と近い値となっている。よって、本稿で紹介する手法が妥当であることが確認できる。ただし、特に冬季において参照河川流量が、観測の河川流量よりも過小評価となっていることから、参照河川流量のさらなる精度向上が今後の課題点として挙げられる。

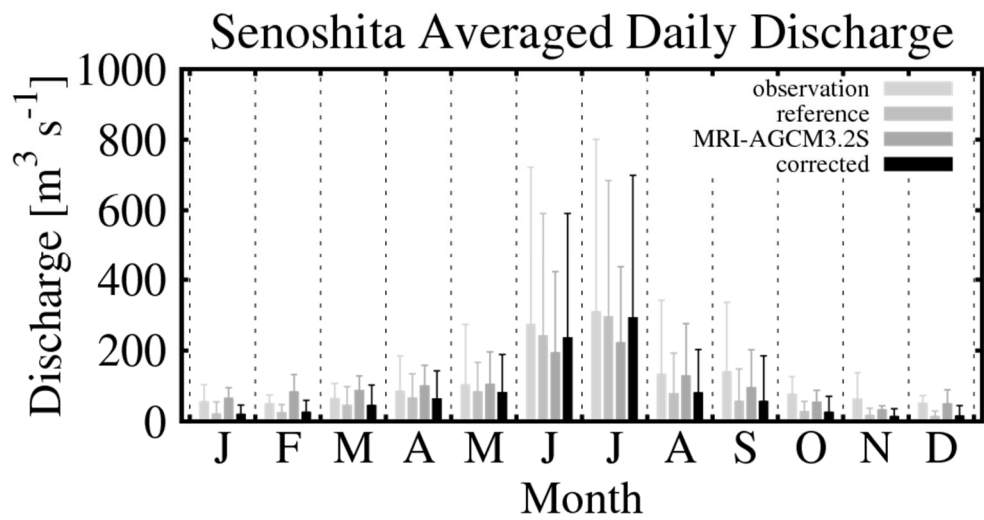


図 4: 瀬ノ下地点における 20 年平均した月別の日流量。棒グラフが平均値，誤差棒が標準偏差を表す。同一月中，左から観測の河川流量，参照河川流量，MRI-AGCM3.2S の流出量を用いて得た河川流量，バイアス補正後の河川流量である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 萬和明・市川温・立川康人	4. 巻 65
2. 論文標題 流出量に対するバイアス補正手法の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 _79-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 萬和明・市川温・立川康人
2. 発表標題 流出量に対するバイアス補正手法の開発
3. 学会等名 水工学講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------