

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	気象観測の乏しいアジア高山域における氷河融解の気候変動影響と予測不確実性に関する研究
Title(English)	Climate change impacts on sparsely observed High Mountain Asian glaciers and their uncertainty
著者(和文)	渡邊恵
Author(English)	megumi watanabe
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11266号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鼎 信次郎,鍵 直樹,中村 隆志,木内 豪,吉村 千洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11266号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

本論文は「Climate change impacts on sparsely observed High Mountain Asian glaciers and their uncertainty (気象観測の乏しいアジア高山域における氷河融解の気候変動影響と予測不確実性に関する研究)」というタイトルであり、以下の6章により構成される。

第一章「Introduction (序論)」では、本研究の背景、目的が述べられるとともに、論文の構成が示されている。

第二章「Temporal dynamics of glacier melts and hydrological impact (氷河融解の時間変化と水資源への影響)」では、これまで限られた氷河についてしか気候変動への応答は予測されていなかったのに対し、アジア高山域全域を対象として氷河の応答を予測した。河川へ流れ込む氷河融解水の時系列変化に着目して、地域による氷河融解の進行度合いの違いを分類した。その結果、違いをもたらす要因は氷河の存在する地理条件であることを示した。また、これまで氷河融解の大河川の水資源への影響を評価した研究はいくつかの上流域に限られていた。本研究ではアジア高山域下流の11大河川全てを対象とし、氷河融解予測を行った。しかしながら、現況の氷河融解予測結果は予測に用いる気象外力に著しく依存する可能性が示唆された。そこで、予測結果の違いをさらに議論し、ひいては予測の精度をより高める必要があるため、気象外力に関連した予測不確実性を要因別に定量化し、予測不確実性を低減することを目的として次章以降の課題について取り組んだ。

第三章「Updated calibration of the glacier model for the uncertainty assessment (不確実性評価に向けた氷河モデルのキャリブレーション改良)」では、気象外力に起因する氷河融解の予測不確実性を定量化するために、従来の氷河モデルの改良を行った。アジア高山域のように、氷河モデルのインプットとなる気温や降水量などの気象観測が不足している地域の場合、従来の氷河モデルでは、シミュレーション開始時の初期値に大きな差異が生じることが予備実験から分かった。気象外力に起因した氷河融解予測の不確実性を定量化するために、気温と降水量に関するパラメータを追加することでキャリブレーション方法を改良し、初期値の差異を解消した。これにより、気象観測の不足した場所において、複数のインプットデータを用いた場合にも、初期値の差異に依存せずに気象外力データの違いが予測へ与える影響を定量化することができるようになった。

第四章「Uncertainty assessment (不確実性評価)」では、第三章で改良した氷河モデルを用いて、将来と過去の気象外力データに起因する不確実性の定量化を行った。気象外力データには、気候モデル出力の将来気温と降水量データ、観測を基にした過去気温データ、観測を基にした過去降水量データを用い、各データ間のばらつきによってもたらされる氷河融解の将来予測の違いを定量化した。これまで既往の氷河モデル研究では、氷河融解予測の不確実性の要因として、将来の気温と降水量を計算する気候モデルの違いについてのみ議論されることが多かった。しかしながら、本研究では、初めて過去の観測気象データの選択に起因する将来予測の不確実性を定量化した。全ての種類の気象外力データのばらつきによってもたらされる氷河融解予測の不確実性全体に対して、これまで議論されていなかった過去の観測気象データの違いに起因する不確実性は、21世紀末時点で約15%寄与することが

明らかとなった。既往の氷河モデル研究では、それぞれ単一の過去の観測気象データを用いることが一般的であったが、予測の不確実性を考慮するために、複数の過去観測気象データを用いることが推薦される。

第五章「Development of precipitation dataset (降水量データ開発)」では、第四章で定量化した観測の気象データによる不確実性に対し、低減するための提案を行う。過去の気象外力のうち、特に山地での観測降水量データの不確実性は周知されており、国際的な研究枠組みにおいても喫緊の課題であると広く認識されている。山岳域ではアクセスの困難さから地点の現地観測が極めて不足しているため、地形によらず一様に観測することのできる衛星観測などを活用し、様々な手法を組み合わせた。数ある衛星の中でも最も降水の検出能力の高い衛星レーダ観測を利用することにより、観測の過去降水量データを改良し、それに伴う氷河融解の将来予測の不確実性の低減を目指した。なお、改良した過去降水量データの検証として、雨量計観測を用いて検証を行った。この検証結果では、既存のグリッド観測データよりも本研究で改良した過去降水量データが雨量計観測に近づくことを確認した。

第六章「Conclusions (結論)」ではこれまでの章を総括すると共に、今後取り組むべき課題などを提示する。

以上を要するに、本研究は、気象観測の極めて不足したアジア高山域を対象にして、水資源への影響を背景とし、気候変動による氷河融解への影響およびそれに伴う不確実性について明らかにしており、気候変動科学、水資源工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値を有するものと認められる。

Glacier melt response and the extent of contribution of glacier melts towards river flow are unclear in the context of climate change for major river basins originating in High Mountain Asia. Here I evaluate glacier melt response to climate change at major river basin scale for 11 basins using glacier melts estimated by a glacier model. Based on the evaluation, the 11 basins were classified into three types according to the response of glaciers to climate changes. Furthermore, I add the runoff outputs of climate models with the glacier melts into a “total runoff” to reveal the hydrological impact of the glacier melts.

Differences among observed past climate datasets have not yet been described as a cause of uncertainty in projections of future changes in glacier mass, although uncertainty caused by varying future climate projections among general circulation models (GCMs) has often been discussed. In sparsely observed High Mountain Asian, to assess propagation of uncertainty in projection of future glacier mass balance arising from difference among observed past climate datasets I updated the calibration method of the glacier model. Using the updated glacier model, the uncertainty in projected changes in glacier mass was partitioned into three distinct sources: GCM uncertainty, observed past air temperature uncertainty, and observed past-precipitation uncertainty. Our findings indicate that, in

addition to the differences in climate projections among GCMs, differences among observed past climate datasets propagate fractional uncertainties of about 15% into projected changes in glacier mass.

Development of new past climate dataset at high elevations is required to reduce the uncertainty arising from the difference among the observed past climate datasets. Notably, the exploitation of improved data sets of precipitation is receiving widespread attention. I developed a precipitation dataset by combining gauge, satellite, reanalysis precipitation datasets to decrease uncertainties in projecting future changes in glacier mass balance arising from the spread among observed datasets.