

陸面過程モデルの雪氷プロセスの改良 Improvement in Ice and Snow Process of Land Surface Model

○岩川岳史・田中賢治・田中茂信・藤田耕史

○Takefumi IWAKAWA, Kenji TANAKA, Shigenobu TANAKA, Koji FUJITA

Most of Central Asia is dry region and people are highly dependent on water from glaciers at the upper basins, which is heavily affected by global warming. In order to evaluate its effects on water supply, a hydrological model that can reproduce seasonality of melting in high mountain glaciers is required. Land surface model SiBUC does not consider glacier as a land surface condition and previous study shows that snow melts earlier than real. In this study, two models are evaluated using in-situ data in Bordu glacier in Kyrgyz Republic. One glacier model is using a scheme of conventional SiBUC and the other one is Glimb (Glacier mass balance model) developed by Fujita and Ageta(2000). The glacier model of conventional SiBUC scheme calculated snow melts two weeks earlier than observed but Glimb reproduced the seasonality of snow/ice melting well.

1. はじめに

中央アジアは大部分が乾燥地帯であり、人々の生活は山岳氷河からの融解水に大きく依存している。地球温暖化による氷河融解の加速が将来の水供給へもたらす影響を評価するためにも、氷河の融解を再現できるモデルが必要である。

陸面過程モデルは水循環の地表面境界を解くモデルとして開発され、大気からの気象強制力を入力して放射収支・熱収支・水収支式を解く。京都大学防災研究所・水資源環境センターを中心として開発された陸面過程モデル SiBUC¹⁾ (Simple Biosphere model including Urban Canopy) は、中央アジアの水文解析において重要な水体や灌漑を考慮可能であるが氷河は考慮されていない。そこで本研究では、現地観測による、陸面過程モデル SiBUC における氷河地帯での雪氷水文プロセスの改良を行った。

2. 対象領域と使用データ

本研究は、中央アジアキルギス共和国のイシク

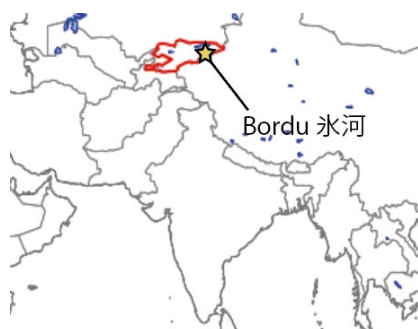


図-1 Bordu 氷河の位置

クル湖の南東部に位置する Bordu 氷河を対象とした。観測機器は氷河末端部（標高 4107m）に設置してあり、本研究では入力として降水量、気温、相対湿度、風速、下向き短波放射、下向き長波放射、大気圧を、校正に地表面温度、積雪相当水量、雪/氷面高度を用いた。降雪量は観測できていないため、雪/氷面高度の日増加量に密度 $170(\text{Kg}/\text{m}^3)$ を乗じて推定した。期間は 2018 年 8 月 22 日-2021 年 8 月 21 日である。氷河モデルとして、

1) 従来型 SiBUC の強制復元モデルに氷河を定義した手法

2) Fujita and Ageta によって開発された Glimb (Glacier mass balance model)²⁾

を用いて検討した。1)、2) とともに、雪のアルベドについては降雪後の日数によって雪のエイジング効果を考慮したアルベド式を用いた³⁾。氷のアルベドは 1) では平岡 (2020) による前日の正の積算気温による方法⁴⁾を、2) では一律 0.3 とした。

3. 結果と考察

2018 年 8 月 22 日-2019 年 7 月 6 日の期間における、氷の上の雪の積雪-融雪変動の結果を図-2 に、その際の表面温度を図-3 に、アルベドを図-4 に示す。

“Previous SiBUC”は氷河を考慮していない従来型の SiBUC の積雪モデルによる結果を表す。従来の積雪モデルでは 4 月頃より融雪が開始し、6 月上旬に全て融解している一方で、氷河を考慮した SiBUC の解析では融雪を 2 週間遅らせることができた。しかし、

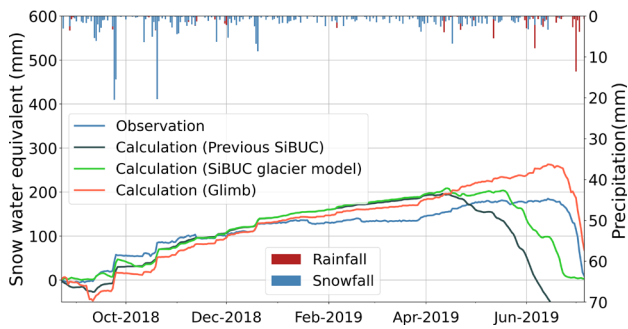


図-2 積雪相当水量の観測値と計算値

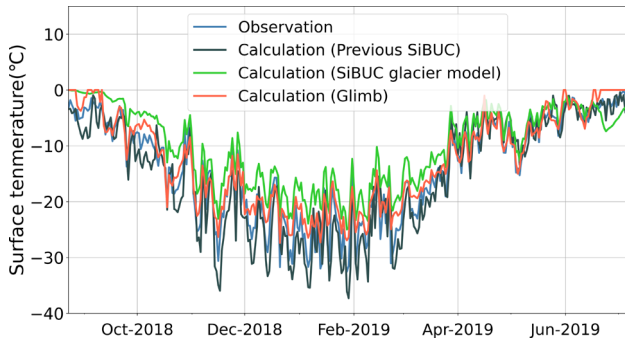


図-3 表面温度の観測値と計算値

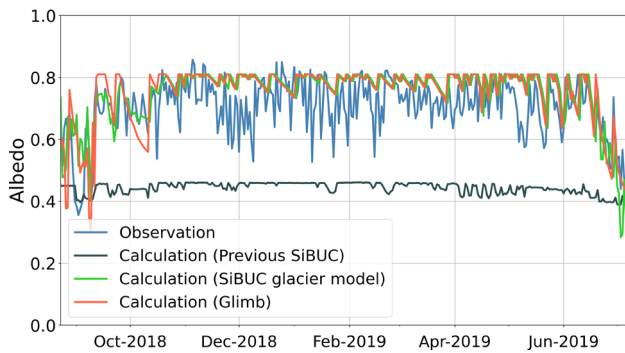


図-4 アルベドの観測値と計算値

依然 2 週間程度融雪を早期評価している。Glimb を用いた結果では、4 月以降の雪が解けておらず融雪が始まるまでは雪が過大に存在するものの、6 月末からの本格的な融雪開始と融雪終わりの時期を再現できていることがわかる。1)、2)ともに5月以降のアルベドはおおよそ等しく、融解に大きな影響を与える短波放射が同じであるにも関わらず、融雪に差が生じている。SiBUC では雪は単層として扱っており、表面の温度をもって全層が融解してしまうこともこの早期融雪の一因として考えられる。

Glimb では雪の圧密を考慮しており雪の密度が計算できる。そのため、氷/雪表面の高度の追跡が可能

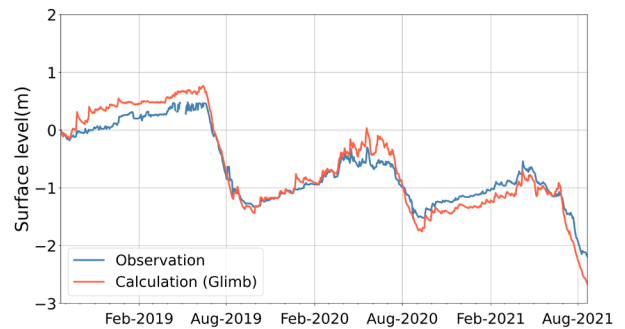


図-5 雪/氷面高度の観測値と計算値

である。2018 年 8 月 22 日 - 2021 年 8 月 21 日の 3 年間の氷/雪面高度の計算値と観測値を図-5 に示す。高度は 2018 年 8 月 22 日時点を基準とした。融雪の時期と量、融氷の量をおおむね再現できていることがわかる。

4. まとめ

本研究では、陸面過程モデルの雪氷プロセスの改良を検討した。既存の陸面過程モデル SiBUC において氷河を考慮した方法では融雪を 2 週間遅らすことができたが以前 2 週間の早期評価があり、氷河質量収支モデル Glimb では 3 年間にわたって融雪/氷の再現性が確認された。今後は、入力として再解析データを用いて精度向上の検証と、再解析データの校正に取り組んでいく。

参考文献：

- 1) Tanaka K.: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model. Doctoral Dissertation, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 289 p., 2004.
- 2) Fujita, K. and Ageta, Y.: Effect of summer accumulation on glacier mass balance on the Tibetan Plateau revealed by mass-balance model, *J. Glaciol.*, 46, 244–252, 2000.
- 3) Kondo, J. and Xu, J.: Seasonal variations in the heat and water balances for nonvegetated surfaces, *J. Appl. Meteorol.*, 36, 1676–1695, 1997.
- 4) 平岡ちひろ：キルギス共和国における氷河観測データを用いた雪氷熱収支の改良，修士論文，京都大学，2020.