

ザラフシャン川における積雪水資源量評価 Estimation of Snow Water Equivalent in Zaravshan River Basin

○名村瑠架・田中賢治・峠嘉哉・Temur Khujanazarov・田中茂信・浜口俊雄
○Ruka NAMURA, Kenji TANAKA, Yoshiya TOGE, Temur KHUJANAZAROV,
Shigenobu TANAKA, Toshio HAMAGUTI

The Zaravshan river in Central Asia is trans-boundary river originating in Tajikistan mountains and flowing to Uzbekistan. Main source of the river flow is the glacier-snow melt, and 97% of runoff is generated in the upstream part (Tajikistan). This study aims to physically analyze the available water resources of the Zaravshan river basin to provide the scientific basis to the water resources development plan in this river basin. SiBUC is used for land surface process, and global products are used for land surface parameters and meteorological forcing data. To reproduce river discharge accurately, many bias methods used for SiBUC. Such as altitude dependence correction of precipitation data and downward long-wave radiation data. However, still the discharge peak is not reproduced correctly. So in this study, the short wave radiation is also modified considering direction of the slope to simulate the glacier-snow melt process more precisely.

1. はじめに

本研究の対象河川であるザラフシャン川は水源の多くを上流部の山岳域からの氷河や雪解けに起因しており、河川の流出量を再現するにあたって雪解けの過程を考慮に入れ解析を行う必要がある。対象河川は乾燥・半乾燥地域に位置する国際河川であり、主に下流国ウズベキスタンでの灌漑による綿花栽培と上流国タジキスタンでの水力発電用に水を必要としている。今後、タジキスタン上流で冬期に暖房用に発電するためのダムが建設予定であり、これまで夏期に下流国で使用されていた水資源が失われる可能性がある。水需要量が供給量より多い本地域では正確にモデルを適用する必要がある。

本研究では陸面過程モデルにSiBUCを使用しているが、山岳域の雪や氷河の融解過程が十分に表わされておらず、流出のピークが正確に再現できていない。そのため、短波放射の値を水平面に対する斜面の向きと勾配を考慮することで熱収支過程の計算の精度を上げ、流出量の季節変化を正しく再現することを試みた⁽¹⁾。

2. 解析手法

本研究では下流国ウズベキスタンに灌漑地が多く、SiBUCは灌漑地における灌漑必要水量も考慮できることから陸面過程モデルに使用している。解析期間は1961年から1985年とし、解像度は5kmに設定した。

3. 使用するデータセット

(1) 地表面パラメータ

使用したデータは標高データには SRTM, 土地利用データには GLCC データ, 土質データや葉面積数, キャノピーカバー率には ECOCLIMAP データを用いた(いずれも解像度は 30 秒)。

(2) 気象強制力

H08 データ⁽²⁾より 1 日ごとの降水量・降雪量・下向き短波放射・比湿データ, 3 時間ごとの気温・下向き長波放射のデータを使用した(解像度 0.5°)。また気圧と風速には 1.0°の解像度で 1 時間ごとに用意されている JRA25 のデータを用いた。

4. 長波放射の補正方法

斜面直達日射量 DS は以下の式で表わされる.

$$DS = DN \cos \theta$$

$$\cos \theta = \{ \sin h \cos i + \sin i \cosh \cos(\alpha - \beta) \}$$

DN : 法面直達日射量, θ : 太陽光線と斜面法線とのなす角度(rad), h : 太陽高度(rad), α : 太陽方位角(rad), β : 斜面方位角(rad), α, β ともに南向きを0, 西回りを正にとる. i : 斜面勾配(rad)

斜面方位角 β と斜面勾配 i は三角形分割による方法(三浦ら(1980))を用いて求めた⁽³⁾. 以下に三角形分割の概念図を示す. 1メッシュの頂点から各三点を選びできた4つの三角形それぞれに対して得られた勾配と方位角の平均を求め, さらに5 kmにアップスケーリングをおこなった.

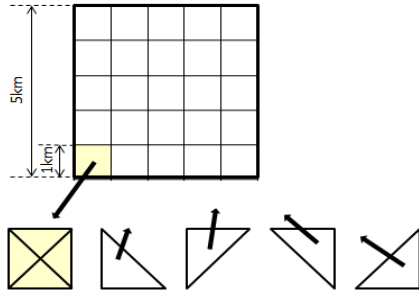


Fig.2 Conceptual diagram of triangle division

三角形の頂点の座標を $(x_j, y_j, z_j; j=1,2,3)$ とすると, 斜面三角形の方向余弦 (l_N, m_N, n_N) は次式で表わされる⁽⁴⁾.

$$l_N = x_N / |X|, m_N = y_N / |X|, n_N = z_N / |X|$$

$$x_N = (y_1 - y_2)(z_3 - z_2) - (y_3 - y_2)(z_1 - z_2)$$

$$y_N = (z_1 - z_2)(x_3 - x_2) - (z_3 - z_2)(x_1 - x_2)$$

$$z_N = (x_1 - x_2)(y_3 - y_2) - (x_3 - x_2)(y_1 - y_2)$$

$$|X| = \sqrt{x_N^2 + y_N^2 + z_N^2}$$

$z_N < 0$ のときは x_N, y_N, z_N の符号を逆にする.

このとき, $x_j, y_j, z_j; j=1,2,3$ はそれぞれの点においての経度, 緯度, 標高を表わす. また, 斜面勾配 i と斜面方位角 β は l_N, m_N, n_N を用いて次のように表わされる.

$$i = \cos^{-1} n_N$$

$$\beta = \tan^{-1}(l_N / m_N) \quad (\text{when } m_N \geq 0)$$

$$\beta = \tan^{-1}(l_N / m_N) + \pi \quad (\text{when } m_N < 0)$$

5. 流出量の季節変化の補正について

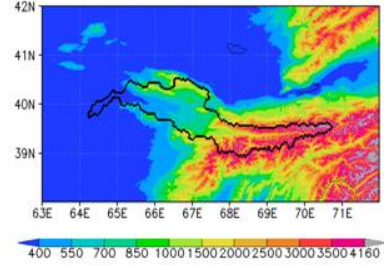


Fig.3 Altitude in the basin

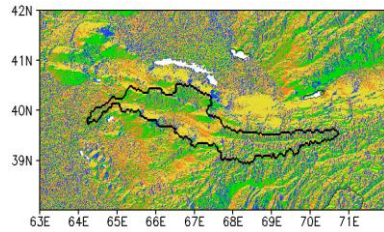


Fig.4 Inclination direction in the basin

(橙: 東向き, 緑: 南向き, 青: 西向き, 黄: 北向き)

黒枠での内部が流域のマスクであり, [Fig. 3]は1kmメッシュでの流域の標高を表わしている. [Fig. 4]は標高のデータをもとに斜面が東西南北のどちらを向いているかを4章の方法を用いて導いた結果の図である. 本流域は南向きと北向きの斜面が多いことがわかる. これまでのSiBUCを用いた解析では流出のピークが2, 3カ月程度早く出ている. 斜面の向きと勾配を考慮してメッシュごとに短波放射の補正を行うことで流出量の季節変化がどう変わるのかを検証する.

6. 参考文献

- (1) 小野延雄・石川信敬・新井正・若土正暁・青田昌秋著: 雪氷水文現象
- (2) 平林プロダクト(H08): H08 (Hirabayashi, 2008)
- (3) 石岡賢治: 農地灌漑と積雪の効果を考慮した琵琶湖流域の水・熱収支の推定, pp.28-32, 2002
- (4) 紙井泰典: 地域日射量の算定方法に関する研究2000, 第4章, pp.85-94