

審査の結果の要旨

氏名 ナシリ サレ ファルジン

水循環は人類を始めとする生物を支える根源であり、特に乾燥域や半乾燥域においては増大する人口や水需要に対して適切に水資源を管理するためには水循環に関する情報が不可欠である。しかしながら、水循環に関する観測情報は限られているため、数値モデルを利用しつつグローバルデータに基づいて地域的な情報を推定したりする必要がある。

本論文は、陸面水文植生モデル(LSM)のひとつである MATSIRO を用いて寒冷半乾燥地域の水資源量を推定したものである。LSMは、本来大気大循環モデルに組み込まれて大気にとっての陸上での下部境界条件である陸面からの運動量、潜熱、顕熱などのフラックスを算定するために開発されたものである。主として洪水時における降雨量から河川流出量あるいは河川流量を算定する従来の水文流出モデルとは異なり、地表面における水収支に加えてエネルギー収支も同時に解いており、また、積雪や融雪、あるいは植生の効果が加えられていることによって特に蒸発散の算定精度が高いことが期待される。

本論文ではイラン西北部の Ardebil 川流域(流域面積 4148km²)を対象としたケーススタディが行われた。

まず、先進国ほどには豊富でないにせよ何地点か利用可能な現地データが収集され、西暦との対応付けや必要に応じて紙ベースのデータのデジタル化が行われた。次に、そうしたまばらな地上地点観測データと、衛星や地点観測データの空間内挿等によって作成されているグローバルなデータセットを用いて、MATSIRO を1次元で利用した感度実験が行われた。降水量、気温、風速、地表面気圧、雲量、下向きの短波放射量ならびに長波放射量、そして湿度など MATSIRO の外力として必要な気象パラメータの中でも、やはり降水量の感度が高く、限られた地上降水量データに基づいて空間内挿で作成されたと推定される ISLSCP-I に含まれている降水量に基づいた計算では年の水収支が大きく異なって推定されることが示されている。

さらに、格子点間隔 30 秒(約 1km)での水平 2次元に拡大して MATSIRO により日単位での水収支、河川流下モデルを介した河川流量のシミュレーションが行われた。地点データは距離の逆自乗に比例して内挿されたが、降水量に関しては標高方向の距離も重みをつけて考慮され、いわゆる降水量の地形効果も取り込まれ、適切な重みも検証され提案されている。気温に関しては、流域内外の地点からの内挿では標高依存性が適切に表現されなかったため、気温減率を仮定した手法が用いられた。湿度は相対湿度で空間内挿された後、気温情報

を用いて絶対湿度に変換された。また、降水量観測に関する風速の影響も補正されている。

しかしながら、これらを考慮した標準のコントロール実験では、観測流量データには見られない降雨と融雪に伴う流量ピークが冬季期間中にみられ、また、融雪時期も1ヶ月程度早く終了していて、水循環シミュレーションとしては上出来とはいえない結果であった。これは、標高1000~3000mにも及ぶ高所で、かつ、年降水量が300~400mm程度と半乾燥地域であり、かつ、冬雨夏乾燥の地中海性気候において、河川流出はもっぱら融雪期である、という極めて微妙なメカニズムをMATSIROでは十分注意を払って表現できていなかったのではないかと推察された。

そこで、降水量が雪になるか雨になるかの閾値、土壌温度が低下するに連れて土壌の浸透能が低下する基準温度、積雪面上では広域平均よりも気温が低下している効果、などを考慮し、流量が適切に再現されるよう、物理的メカニズムを考慮したMATSIROのパラメータ改善が図られた。その結果、-4度の気温補正、雨雪判別の閾値摂氏2度、土壌凍結によって不透水となる温度を零度から-1.5度にするなどにより、流量変化のみならず、積雪面積率に関しても衛星観測に対照して大幅に改善されることが明らかとなった。

以上、本研究では、利用可能な観測データが極めて限られている条件下で、陸面水文植生モデル(LSM)を利用して地域の水循環情報を推定しようとする際の様々な技術的検討とその知見が示されており、かつ、気候変動研究に利用されているLSMの水文過程で十分な検討・検証がなされていなかった半乾燥地における融雪流出過程に関してより適切な取り扱いを提案するものである。流量のみで数値計算の検証が行われることの多かった水循環シミュレーションで衛星観測による積雪面積をも利用して検証されたことも評価される点であり、有用性に富む研究成果と評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。