

審査の結果の要旨

氏名 金炯俊

グローバルな水循環の中で、降水量や蒸発散量に関する研究は数多いが、河川流出量に関してはローカルな研究が圧倒的であった。一方、**GRACE(Gravity Recovery And Climate Experiment)**と呼ばれる衛星による重力場の変動観測から、陸域の総貯水量変化を推計することが可能になり、世界的にも活発に研究が行われるようになってきているが、土壌水分や地下水、積雪などの貯留量との関連を調べている研究は多いものの、河川河道内の貯留量に関する研究は極めて少なかった。そうした中で、本研究は、陸域水循環の時空間的な変動に果たす河川流出量と河道内貯留量の役割に関してグローバルな推計を行ったものである。

第 1 章では、グローバルな水循環研究に関する既往研究のレビューと本研究の目的、概要について述べている。

第 2 章では、本研究で利用した陸面モデルと河道流下モデルの概要、ならびに、数値シミュレーションの検証用データや検証対象流域について説明している。

第 3 章では、まず異なる降水観測値を用いた陸面過程シミュレーションに対するベイズ統計を用いたアンサンブル手法とその結果の検証結果を示している。陸面モデルにより 1979 年から 2007 年の全球陸面の水循環・水収支が日単位で推計された。大気境界条件は大気再解析データを基にし、5 つの全球降水量データセットを用いてバイアス補正した月降水量データが用いられた。こうしたシミュレーションと解析は新たに開発された、様々なデータセットとモデルを統一された入出力上で扱うためのプラットフォーム **coreFrame (Common Research Framework)** 上で行われている。

さらに、第 3 章の後半では、全球河川流路網モデルを用いて河川流量と河道内貯留量を計算する際に 10 個の異なる実効流速を適用し、観測流量を用いてベイズ最適なアンサンブル流量が推計されている。推計結果は、観測流量のピークや低水流量の季節変化を的確にとらえており、多くの流域において最も適合度の高いアンサンブルメンバーよりも的確に流量の季節変化のばらつきをとらえることができている。さらに、アマゾン川流域においては、**GRACE** データに

基づく河川河道内貯留量の時間的な変動を同様にベイズ最適化した結果、河川流量に対して推計した場合と同様の重みづけの分布を示していることが示されている。

第4章では全球降水量データセット間には年平均で10~20%の差があり、時系列間の相似性を表す指標 Ω による評価から、降水量データセットの不一致は降水量の観測所ネットワークの全球の分布と関連が深いことが示されている。また、一般に、陸面水収支計算の結果、降水量の類似性は蒸発散量(および流出量)の類似性へと減少(強調)して伝播されることも示された。蒸発可能な水の量によって蒸発散量が制約される地域では蒸発散量の類似性(Ω_{ET})と降水量の類似性(Ω_P)との間には強い相関が見られたが、エネルギー量によって制約される地域では見られていない。半乾燥地域においては、 Ω_{ET} は Ω_P の影響を受けやすく、さらに湿潤な地域では、流出量の類似性(Ω_R)は Ω_P と比例関係にあった。この関係は乾燥帯では十分な降水量がないため見られないが、多くの地域において Ω_R は Ω_P に依存していることが見出された。結論として、単一の降水量データセットを用いることは流出シミュレーションに無視できないバイアスを生じる恐れがあり、特に、乾燥地域および観測地点がまばらな流域においてはその傾向が強いことが述べられている。

第5章では、河川の貯留量を考慮すると、TWSの推計結果が乾燥帯を除いて大幅に改善することから、グローバルにみた陸水総貯水量(TWS)に関して、土壌水分量、積雪量そして河川河道内貯留量が3つの主要な貯留の要素であることが示されている。それぞれの貯留要素がTWSにどれだけの割合を占めるか、またそれらの時系列的な相互作用を比較する2つの指標が提案され、河川の貯留量はアマゾン川流域ではTWSの73%の変動を説明しているが、乾燥地域や雪の影響が卓越している地域ではTWSの変動が滑らかになるため、これらの流域では無視することができること、河川輸送は湿潤地域の陸域水循環過程では卓越しており、雪の卓越した地域では緩衝となる役割を果たすことなどが示された。

これらの結果は、グローバルな水循環変動における河道流下過程の重要性を示すと共に、本研究で開発されたシミュレーション手法は全球陸域水循環過程の推計精度を高めることに大いに貢献することが期待される。グローバルスケールの水循環変動を的確に推計して水インフラの将来設計と水マネジメントに生かすことが社会的にも求められている今、本研究の意義は大変大きい。

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。