

## 論文の内容の要旨

論文題目    Role of Rivers in the Spatiotemporal Variations of  
Terrestrial Hydrological Circulations

氏    名    金 炯俊

陸域水循環の時空間的な変動に果たす河川の役割についての研究を行った。本研究では2つの対象にアンサンブル手法を用い、水文シミュレーションの信頼性を向上させた。その1つは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アンサンブル手法であり、もう1つは異なる流速を用いた河川流量シミュレーションに対するアンサンブル湯法である。これらのアンサンブル手法にはベイズ学習を用いた。日単位での陸面過程の変数は陸面過程モデルMATSIRO(Minimal Advanced Treatments of Surface Interaction and Runoff)によって1979年から2007年に渡ってシミュレーションを行った。大気境界条件は大気再解析データであるJRA-25(Japanese Re-Analysis 25 years)を基にし、バイリニア法により全球1度に内挿して作成した。月降水量のバイアスに関しては、5つの全球降水量データセット(GPCC, PREC/L, CPC Unified, GPCP v2 and CMAP)を用いて補正した。加えて、気温や気圧を補正するために標高の補正を行った。すべてのシミュレーションと解析は本研究のために開発した、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)上で行われた。

本研究で用いられているアンサンブル降水量セットは年平均で10~20%の差がある。降水量の不確実性、およびそれが乗発散量や流出計算に与える不確実性の伝播を求めるために相似性を表す指標 $\Omega$ を用いた。 $\Omega_P$ は全球で一様には分布しておらず、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かなり関連があった。一般的に、降水量の不確実性は蒸発散量(および流出)へと伝播し、減少(強調)される。蒸発散が水によって制約される地域では $\Omega_{ET}$ と $\Omega_P$ の強い相関が見られたが、熱によって制約される地域では見られなかった。半乾燥地域においては、 $\Omega_{ET}$ は $\Omega_P$ の影響を受けやすく、さらに湿潤な地域では、 $\Omega_R$ は $\Omega_P$ と比例関係にあった。ただし、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かった。しかし、 $\Omega_R$ は多くの地

域において $\Omega P$ の影響を受けやすいことが発見された。それゆえ、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と言える。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と言える。

本研究で用いられたモデルは地下水や湖、湿地、斜面における物理過程や人間活動による影響を完全には表現することができていない。これらの短所を補うために全球河川流路網モデルTRIP (Total Runoff Integrating Pathway) を計算する際に10個の異なる実効流速 ( $0.1 \sim 1.0 \text{ m/s}$ ) を用いた。それぞれの結果はGRDC (Global Runoff Data Center) の全球における主な流域の観測値を用いて、ベイズ学習による重みづけによりアンサンブルされる。このことにより、ベイズ最適のアンサンブル流量は観測された流量のピークや低流量のパターンをとらえることに成功した。さらに、アンサンブルメンバーのうちの最もよい結果が流量のピークはとらえながらもその強度を正確に得ることができていないことに比べ、ベイズ最適の結果では、多くの流域において流量の季節変化のばらつきについても求めることができていた。加えて、アマゾン川流域においては、河川貯留量の時間的な変動をGRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) データを用いて同化したデータがベイズの重みづけの分布と同様な分布を示していることが分かった。また、河川流路は流出と流量の時空間変動の不一致の67%を説明することが分かり、この効果は全球において、流域の大きさにより増加することも分かった。

全球のTWS (Terrestrial Water Storage) 解析に関しては、土壌水分また雪と河川が3つの主要な貯留の要素であり、流量シミュレーションの改良がよりよいTWSシミュレーションを可能にする。相関係数の低い ( $< 0.5$ ) 流域、二乗平均平方根誤差RMSE (Root-Mean-Squared-Error) が高い ( $> 100 \text{ mm/month}$ ) の流域、GRACEデータの空間解像度を考慮して面積の小さい ( $< 220,000 \text{ km}^2$ ) 流域を除外し、その結果として29の流域を解析した。河川の貯留量を考慮すると、モデルの計算結果の合計TWSは乾燥帯を除いて強度とピークが大幅に改善された。このことは、河川の貯留量を無視することはTWSの季節変化と強度の不一致をもたらすことを示している。それぞれの貯留要素が合計のTWSにどれだけを占めるか、またそれらの相互作用を比較するために2つの指標CCR (Component Contribution Ratio) とCEI (Component Exchange Intensity) を設定した。それらは適切に全球の流域の気候的な特徴を適切に分類する指標である。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。このことから、河川は合計TWSの変動を説明するのみならず、その地域の気候により異なる役割を果たすことがわかる。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。