

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 平林 由希子

地球規模の環境変動に伴い、洪水や渇水の頻度が増加することが懸念されており、地球温暖化等によって、水循環がどう変化するか、等に関する研究が焦眉の急となっている。しかし、そうした将来予測が蓋然性を持つためには、長期にわたる過去の水循環変動やそれに伴う洪水や渇水等が適切に表現できることが大前提となる。

本研究は、陸面水文植生モデル(Land Surface Model; 以下 LSM と略する)ならびに河川流路網を用いて、20 世紀 100 年間におよび水循環の変動を、南極を除く陸面全体に関して数値シミュレーションによって再現したものである。場所と期間によっては存在する水循環の観測値や洪水や渇水などの記録と比較検証することによってその精度が確認され、LSM と河川流路網とによりグローバルかつ長期の水循環の変動を再現できることが示されている。

まず研究の準備段階として気候モデルの地表面下部境界条件を与えることを目的として開発されてきた既存の LSM(当該研究では東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所で開発された MATSIRO を利用)の陸域水循環に関して、特に流出過程の吟味を行い、標準設定で利用されている土壌物理パラメータや層厚などをより適切に設定することで流出シミュレーションの精度が向上することを示し、以後の研究ではそれらが用いられている。

LSM を用いて長期シミュレーションを行うためには降水量や陸面に入射する放射エネルギーなど、いわゆる外力が長期にわたり日単位、あるいは 3 時間単位といった細かい時間スケールで必要となる。そうした観測データは 20 世紀の最後 10~20 年分しか揃っておらず、長期に利用可能な観測に基づくグローバルデータセットは、イーストアングリア大学(イギリス)Climate Research Unit(CRU)が編集した月降水量、月降水日数、月平均最高気温、月平均最低気温しかない。そこで、本研究では、時間的分割が年流量に及ぼす影響を調べた上で、降水量に関しては 1 次マルコフ連鎖によって生起する日降水量がガンマ分布に従う様に月降水量から日降水量時系列が作成された。この際の統計的パラメータは近年のグローバル降水量データから同定され、また、オリジナルの CRU データでは考慮されていなかった風速補正も加えられている。下向きの放射量や地表面付近の気温、風速、湿度等他の外力に関しては、統計的 weather generator を構築して、日降水量時系列ならびに月平均の最高気温、最低気温情報からすべて作成された。

この 100 年間の外力、ならびに、境界条件としての土地利用の変化の推定値を LSM に与えることにより、100 年間の地表面水エネルギー収支が算定された。これにより算定される流出量は河川流路網を用いて集計され、統計解析によって洪水、渇水の超過確率によって指標化され、河川流量の実測値から作成された同様の指標や新聞記事などから作成された歴史的災害データと比較された。その結果、本研究による長期グローバル水循環シミュレーションはそれら実測をよく再現していることが示され、LSM と河川モデルにより数十年に一度のような大規模な渇水及び洪水を再現できるということが示されている。しかし、半乾燥地や高緯度に関して、年流量の年々変動の再現性が他の地域に比べて悪い点も見られ、今後、LSM そのもの、パラメータ、外力作成などに関して改良の余地があることも指摘されている。

さらに、流量のみならず、ユーラシアや北米における積雪面積や土壌水分量などの長期変動に関して、観測がある期間については実測推定値と本研究シミュレーションの算定値とが良く対応していることも示されている。これは水循環シミュレーションの妥当性が裏づけされているのみならず、土壌水分や積雪、あるいは流量に関する長期観測データが存在しない地域、期間について、本研究で示された手法によりデータ補間ができる可能性を示すものであり、地球規模環境変動研究としても高く評価される。

30 年確率洪水の生起回数に関する、20 世紀 100 年間のトレンド解析では、南北アメリカと東ヨーロッパで増加トレンド、アフリカでは減少トレンドであり、また、中国では降水量が増加トレンドであるにもかかわらず洪水は減少トレンドであることなども示されている。このように、本論文では現在の LSM と河川流路網の枠組みで現実の大規模な渇水や洪水の分布がグローバルに再現できることが確認され、過去 100 年の洪水の増減傾向が示されている。

この様に、現実の渇水・洪水をグローバルに 100 年分算定した研究は世界でも他に類をみず、また、本研究で用いられた手法により地球温暖化に伴う水循環変動といった、今後 100 年の洪水や渇水の変動を推計可能な枠組みも示されるなど、水資源工学への貢献は極めて大きい。

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。