

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 花崎 直太

世界的には人口の増加や都市化の進展、森林から耕地や居住地などへの土地利用の変遷などといった人間活動が水・物質循環に大きな影響を与え、現時点でも世界各地で洪水や渇水といった水循環の変動が水害や早魃などの災害をもたらしている事態をより深刻にするのではないかと懸念されている。これに対して適切な対応策を講じるためには、地球規模の水循環変動の把握と予測が可能なモデルシステムを構築する必要がある。しかも、人間活動が水循環に及ぼす影響が看過し得ない現代においては、自然系の水循環のみならず、人間系の水循環のモデル化も不可欠である。

本論文は、グローバルな水循環と水収支を、いわゆる陸面モデルに加えて河川モデル、貯水池操作モデル、農業灌漑モデル、農業生産モデルを統合して全陸地上緯度経度 1 度格子ごとに 10 年分に関して日単位で推定し、これまでにない画期的な水資源アセスメントを実現したものである。

第 1 章では研究の背景や目的が示され、地球上の水循環の概要の紹介に始まり、水需給の逼迫が、水資源と水利用の空間偏在性と時間偏在性が原因であることを論じ、世界各地の水問題を科学的に評価するための世界水資源アセスメント手法に関して既往の研究の手法の分類と、本研究で用いられた手法の特徴が示されている。

第 2 章では論文提出者がすべてコーディングした陸面過程モデルと全球河川モデルとを利用して全球河川流量の推定を行った結果が示されている。陸面モデルとしては Bucket モデルをベースとしたモデルが開発され、全球河川モデルには TRIP が利用されている。シミュレーションには第 2 期 Global Soil Wetness Project(GSWP2)という国際プロジェクトで準備された気象データと土地被覆データが利用され、全球の河川流量が日単位で計算された。結果の比較検討からは、推定過程で過去の観測結果を参照して同定や修正を行っても推定値には顕著な誤差が発生しており、世界の河川流量を精度良く推定することが現在においても当該分野の重要課題であることが改めて示されている。

第 3 章では農業プロセスモデルが開発され、全球に適用された。作物の成長を日単位でシミュレートする農業モデルと、既存の研究で利用されてきた灌漑需要推定モデル CROPWAT をベースにしたモデルの推定結果が農事歴、灌漑需要量、収量について観測値と比較検証された。農事歴については、旧方式で再現の難しかった冬小麦を中心に改善がみられ、収穫日数についても若干短めに

見積もる傾向があるものの妥当な値を推定できることが確認された。灌漑需要量に関しては取水量の統計データと比較を行ったところ、旧方式に比べて統計データとの対応が良いことが分かった。収量に関して計算値は観測値と大きな乖離を見せ、本研究では農業技術や施肥量のプロセスが十分にまだ表現できていないことが大きな要因であると推察されている。そこで、逆に、収量の減少率から水資源逼迫を示せる可能性も示された。

第4章では貯水池操作モデルが開発され、世界の27の貯水池で検証を行った後、総貯水容量が $1000 \times 10^6 \text{ m}^3$ 以上の世界の452の貯水池を配置し、貯水池操作を考慮した全球河川流量シミュレーションが行われた。貯水池操作を考慮することによって上流に貯水池のある84の観測地点中34の地点でRMSEが5%以上減少し、さらに、貯水池操作は大陸規模の月河川流出量を数%から30%程度変動させていることも示唆された。

第5章では陸面過程モデル、全球河川モデル、農業プロセスモデル、貯水池操作モデルを結合した統合水資源モデルを開発し、灌漑地の土壤水分を管理するための灌漑取水モデルと環境流量を設定するための環境用水モデルの2つが新たに追加された結果が紹介されている。この統合水資源モデルの各要素が地球規模の水循環や水資源におよぼしている影響が、この統合モデルを用いたシミュレーションにより定量的に評価された。また、世界で水需給が逼迫しているといわれている9つの流域に絞った詳細な考察もなされた。結合モデルの利用により水資源の季節遍在性、大規模貯水池の効果の定量化、取水による河川流量の減少の考慮が可能になり、既存の研究では示されなかった「必要なときに必要な水が取れるか」を表す新しい水資源指標の提案が行われ、水資源に応じて水需要量を抑制すること、需要発生期間をずらすこと、河川以外の水源を考慮することの必要性が示唆された。

第6章では、取水・灌漑・貯水池操作といった人間活動を考慮して全球の陸域の水循環のシミュレーションができる世界で初めてのモデルが開発され、この統合水資源モデルの利用により水需給の季節変動性を考慮した世界水資源アセスメントを行った結果など、全体のまとめが述べられている。

この様に、自然人間系のグローバルな水循環を適切にモデル化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大量データの可視化手法によりシミュレーション結果の品質管理や解析研究の能率向上、あるいはグローバルな水収支推定結果の公開などによる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。