

審査の結果の要旨

氏名 アンジャル ディマラ サクティ

本論文は、長期的リモート・センシングデータセット統合を利用したグローバルな灌漑水需要予測に関する学術論文である。現在、灌漑水需要（IWD）は、作物が最適な成長を達成するために必要な水の量として定義され、世界の水使用量の 70%を占めるとされている。農業分野における水利用の基礎データ情報として、世界の水需要の見積もりを改善することは、SDG 目標達成の重要な要因である灌漑水効率の改善に寄与する。IWD を計算するための 5 つの主要パラメータは、潜在的な蒸発散量（PET）、降水量、作付頻度（CI）、作物カレンダー播種日および作付パターンに分類される。農作業の水需要を正確に推定し、世界の食糧安全保障を支援するためには、グローバルな CI 頻度カレンダーの長期的な動態を正確に把握し、特に水使用量が多い稲作と非稲作の作付けパターンを把握することが重要である。

本研究では、1km の空間分解能で 2001 年から 2015 年の長期間にわたる IWD を推定することを目的とする。具体的には、1) 現在様々な形で作成されているグローバル土地利用データセット（GLC）を統合したプロダクトを作成すること、2) MODIS 植生指数(NDVI)と AMSR-E/2 地表面冠水率(LSWC)を複合的に利用することにより、長期にわたる作付頻度 CI、播種月、稲作と非稲作の作付パターンを推定すること、3) 作物成長モデル CROPWAT と長期衛星リモートセンシングデータセットを組み合わせることによってグローバルな灌漑用水需要（IWD）を予測すること、の 3 部から構成されている。

まず、MODIS NDVI と AMSR-E / 2 LSWC の組み合わせに基づいて CI、播種月、稲作と非稲作の作付パターンを推定した。具体的には、2001 年から 2015 年までの 16 日間の MODIS（MOD13A2）コンポジットからの正規化植生指数（NDVI）の時系列データセットを AMSR-E / 2 から地表面冠水率（LSWC）データセットを作成した。次に、統合グローバル土地利用データセット(GLC)に NDVI と LSWC から得られる農事暦を組み合わせ、それぞれの作物が消費する蒸発散量を MOD16A2 プロダクトより算出し、GSMaP 降水量、IIASA、FAO-GMIA、HYDE プロダクトを援用して、長期的なグローバルな灌漑用水需要（IWD）を予測した。統合グローバル土地利用データセット（CAL）分析の結果を FAO が発行している統計値と比較したところ、2005 年および 2010 年でそれぞれ 0.70 および 0.71 決定係数が得られ、高い精度で農地分布を推定することが可能となった。世界的な灌漑用水需要（IWD）の最終結果として得られ

た推計値によると、灌漑および雨水による総水使用量は、2001-2005 年が 6,137km³/年平均、2006-2010 年が 5,834km³/年平均、2006-2010 年が 7,491km³/年平均であった。これは、ほかの水文モデルベースの従来の推定値と整合性のある値であり、水文モデルでは表現できない農事暦の 15 年間の変化を実計測し、1km という高い空間分解能を生かした詳細な地理分布が可能になっている点で有用性が高い。

グローバルな灌漑水使用量推計を評価するための計測データが驚くほど少ない中、性能の異なる複数の衛星計測から得られる可視赤外の反射率 NDVI、マイクロ波 LSWC などのデータセットを用いて、農事暦長期データセット、土地利用、降雨量に関する情報を網羅的に収集し、これらを効果的に組み合わせて統計的なモデリングを行うことにより、グローバルな農事暦を推計することに成功した。農事暦に関する統計データの信頼性にはばらつきがあり、限られた国や地域ではそういったデータが得られないことから、本研究で開発した農事暦データセットの検証は引き続き行う必要があるものの、長期間にわたる統合的なデータセットを世界で初めて作成した点で有用性が高い。また、作物成長モデル CROPWAT と長期衛星リモートセンシングデータセットを組み合わせることによって、グローバルな灌漑用水需要を予測した。従来の手法に比べて 15 年間にわたる長期的なデータセットを用いてグローバルに詳細な農事暦を組み合わせる水利用を推計した点で、本研究で提示する手法は優位性が認められる。また、農事暦に関する情報が得られにくい発展途上国にも応用可能な、中長期的な水需要計測、灌漑計画に組み込むことのできる一連の手法とデータセットを開発した点で、工学的な有用性も高く評価することができる。

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。