

氏名	Jiang Dalin		
学位の種類	博 士 (学術)		
学位記番号	博 甲 第 9505 号		
学位授与年月日	令和2年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Estimation of Water Transparency from Remote Sensing Data Based on A New Underwater Visibility Theory (新水中可視性理論に基づいたリモートセンシングデータから水塊透明度の推定)		
主査	筑波大学准教授	博士 (地球環境科学)	松下 文経
副査	筑波大学准教授	博士 (理学)	加藤 弘亮
副査	筑波大学准教授	博士 (農学)	奈佐原 顕郎
副査	茨城県霞ヶ浦環境科学センター センター長	工学博士	福島 武彦

論 文 の 要 旨

審査対象論文で著者は、地球上の光学的に深い水域（すなわち、底を見えない海域、内湾、湖沼、貯水池、河川など）を対象に、水塊透明度の長期的なモニタリングおよび水質の総合的な評価を目的として、リモートセンシングデータを援用できる半理論方式の透明度推定アルゴリズムの開発・評価および実用への検討を行っている。透明度は、水質を表す基礎的な指標であり、一般市民にも分かりやすいため、従来の水質環境基準指標として用いられているCOD（化学的酸素要求量）の代わりに、新指標となっている。しかし、地球表面面積の7割以上は水域であり、湖沼・貯水池の数も1億を超えており、現地調査によって全て水域の水質を把握することは不可能である。そこで、本論文で著者は、リモートセンシングを援用した手法の開発に着目している。

第2章で著者は、現地で高精度のリモートセンシング反射率を得るために、標準の水上測定法により採集した水塊の分光反射スペクトルについて分析を行い、新たな補正手法を提案し、現地実験およびシミュレーションによってその有効性を検証している。例えば、現地実験の結果およびHydrolightによるシミュレーションから、著者が提案した方法は、様々な天候条件と風速で測定されたリモートセンシング反射率でも、高精度で補正できることが明らかであった（現地実験：推定相対誤差（MAPE）=57%、シミュレーション：MAPE= 6%）。一方、他の既存の方法のMAPEは68%~265%（現地実験）と11%~39%（シミュレーション）の範囲であった。また、提案された方法は、シンプル、再較正不要、かつ効果的であるため、他の既存の方法より優れており、様々なタイプの水域に適用できる手法であったと述べている。

第3章で著者は、まず衛星データから水塊透明度推定ための鍵となる水塊固有光学特性（すな

わち、水塊の吸収係数と後方散乱係数)の算出に着目した。既存のアルゴリズムは、外洋のような濁度が低い水域において有効であるが、湖沼、内湾、沿岸海域など濁度が高い水域には適用できないという問題がある。そこで、本論文で著者は、様々な濁度レベルを持つ水域に対応できるハイブリッド方式のアルゴリズムを提案した。次に、著者は、様々なタイプの水域において透明度をより高精度で推定するために、既存アルゴリズムでの経験値の使用の代わりに、理論方式の推定モデルを提案し、透明度推定アルゴリズムに組み込んだ。そして、著者は、日本の21湖沼 (N=305) およびアメリカSeaBASSデータベース (N=167) から収集してきた透明度の実測値と第2章で開発した手法で補正済のリモートセンシング反射率を用いて、新アルゴリズムの精度評価を行った。その結果、推定相対誤差 (MAPE) は従来手法の54%から35%に下がり、新アルゴリズムの有効性を示している。

第4章で著者は、第3章で開発した半理論方式の新透明度推定アルゴリズムを日本の6湖沼 (摩周湖、屈斜路湖、猪苗代湖、諏訪湖、霞ヶ浦、琵琶湖) に適用し、その有用性を検証している。その結果、衛星データ (MERIS) から推定した透明度の長期的な変動傾向 (2003~2012) は実測値と概ね一致しているのが分かった。また、4湖沼から得られた66マッチアップ (衛星観測と現地観測が同時に行った場所) を比較した結果、推定相対誤差 (MAPE) は38%であった。幾つかの推定精度が低いマッチアップも見られたが、既存の大気補正法に問題がある可能性が高いと指摘している。

以上の結果をもとに本論文で著者は、リモートセンシングデータと新手法の併用により、様々な水域における透明度の推定が可能となり、地球上水域の水質状態を長期的・総合的に評価するために非常に有効な手法である、と結論づけている。

審 査 の 要 旨

最新の先行研究では、1952年から60数年間にわたって利用してきた理論モデルに幾つかの欠陥があり、この旧理論モデルに基づいた透明度の推定アルゴリズムからの推定値は実測値との乖離が生じていると指摘した。この問題を解決するために、新たな水中放射伝達モデルが提唱された。本論文はこの新理論モデルに基づいた研究である。特に、本論文で提案されてる透明度推定アルゴリズムは、現地データによる再キャリブレーション不要の半理論方式を採用しているため、異なる生物光学特性を持つ様々な水域に適用できると考えられる。この研究によって得られた結果は、水質管理のための有用な情報を政策立案者や環境管理者に提供することが期待されている。

令和2年1月30日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士 (学術) の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。