

主論文審査の要旨

本論文は、沿岸域水質モニタリングへの光学センサ・リモートセンシングの新しい応用として、回帰日数が短い MODIS/Terra 衛星画像から混濁物濃度、クロロフィル濃度を高精度に推定できる物理モデルと地球統計学手法を提案するとともに、これを生物多様性が豊富な内湾として知られているベトナム北部の Tien Yen 湾の水質モニタリングに応用した一連の成果を纏めたものであり、緒論と結論を除く 4 つの章から構成されている。

第 1 章では、研究の背景と目的、内湾水質環境のモデリングを対象とした衛星リモートセンシング研究のレビュー、これまでの研究の問題点とそれを改善する本研究のオリジナリティなどを述べた。

第 2 章では、Tien Yen 湾の地形、地質、気象、潮流の季節変化、生態系などを纏め、生物多様性の形成要因や Tien Yen 湾の水質をモニタリングすることの重要性、および本研究成果が人間活動と内湾水質環境、生態系との共生のプランニングにどのように貢献できるかについて論じた。

第 3 章では、本研究で用いたリモートセンシング画像データの幾何補正法と大気効果補正法、離散的な位置で得られた空間データのモデリング法である地球統計学について纏めるとともに、ボートを利用した Tien Yen 湾での水質測定の実施法、サンプル水の室内での分析法について述べた。さらに、衛星画像データと地球統計学を用いて、サンプルされていない地点での水質を推定するにおいて、その推定精度を評価するのに有効な指標を特定した。

第 4 章では、Tien Yen 湾での全混濁物 (TSS) 濃度に注目し、湾全域にわたる濃度分布推定に MODIS/Terra 衛星データを用いた。まず、衛星リモートセンシングで広く用いられている 3 種類の 大気効果補正法を比較し、Tien Yen 湾のような内湾環境で最も精度が高い手法を特定した。次に、大気から海水に侵入する電磁波の伝播・反射に基づく考察により、電磁波の反射率の指数関数で表される TSS 濃度の物理モデルを導いた。このモデルを用いて現地調査日での衛星データから TSS 濃度を推定したところ、測定濃度との相関性が高く、モデルの有効性が実証できた。この濃度分布は MODIS/Terra 衛星データの空間分解能である 250 m 間隔での推定であり、しかも雲で覆われた領域は推定できない。そこで、地球統計学を用いて 100 m 間隔での詳細な濃度分布に改良したとともに、雲被覆下での推定を可能にした。2009 年 11 月～2010 年 10 月での月ごとの 12 シーンに本手法を応用したところ、TSS 濃度は夏季に増加し、秋季と冬季では低下するという傾向が明らかとなり、これは海底堆積物や沿岸域物質の再攪拌の強さを支配する潮流の季節変化と調和的であることが確かめられた。

第 5 章では、富栄養化の強い影響因子の一つであるクロロフィル a (Chl-a) 濃度を MODIS/Terra 衛星データから高精度に推定できる手法について検討した。前章と同様に電磁波の伝播・反射メカニズムに基づき、Chl-a の電磁波吸収帯である 443 nm と最大の反射

強度となる 551 nm の比が Chl-a 濃度と最も相関性が高くなることを明らかにできた。このモデルに基づく推定濃度と測定濃度との誤差は、従来広く用いられている手法よりも小さいことが確かめられた。前章と同様に地球統計学によって MODIS/Terra 衛星データに基づく推定濃度の空間分解能を向上させ、2010 年での Chl-a 濃度分布を推定したところ、気象の影響によって 8 月初旬に急増するが、それ以外はほぼ一定の濃度であること、海岸付近の濃度が相対的に高いことなどの重要な特徴が明らかになった。

第 6 章の結論は、各章で得られた成果を総括するとともに、今後の研究課題を纏めた。

以上、本論文は、可視域電磁波の反射率と混濁物濃度、クロロフィル濃度との関係に関する物理モデルを導出し、その妥当性を現地測定データから実証したこと、およびこれと地球統計学を組み合わせたことで、空間分解能が低く、雲などによる観測不可能領域が含まれる衛星画像からでも水質のモニタリングを可能にした初めての成果であり、独創的、特色ある研究で学術的に十分価値あるものと認められる。各章の内容は地球科学・工学に関する国際誌への査読付き論文 1 編、紀要論文誌への査読付き論文 4 編、および査読付き国際会議論文 5 編などに掲載されている。これらの他に国際誌への論文 1 編も投稿直前である。したがって、本審査委員会は、本論文が学位を授与するに十分な内容を有していると判断した。

審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座担当教授	嶋田 純
審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座担当准教授	森村 茂
審査委員	京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻	地殻環境工学講座担当教授
小池 克明		
審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座担当教授	滝尾 進