

氏名（本籍）	松井 解（秋田県）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	理博甲 第 265 号
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理工学研究科 総合理工学専攻
学位論文題目	八郎湖を対象としたリモートセンシングデータの分解能向上手法と水質状況推定法の開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 景山 陽一 (副査) 教授 有川 正俊 (副査) 教授 水戸部 一孝

論文内容の要旨

2015年に開催された国連サミットにおいて、持続可能な開発目標(SDGs)が採択され、その中には、水環境を対象とした水質汚濁の減少と水質改善の必要性が掲げられている。また、水質汚濁の実例としてはアオコの発生などが挙げられ、地域住民の安全な水利用への課題となっている。このため、水域環境の保全と回復が望まれており、水質汚濁状況の把握を目的とした定期的な水質調査が実施されている。一般的な水質調査は、対象となる水域から直接採水し、それらを分析する方法が用いられている。しかしながら、この方法では極めて局所的な水質データは得られるものの、目的とする水域全体の水質状況を把握することは困難である。したがって、水質汚濁発生を検知と究明に向けて、水域全体を対象とする水質状況推定法の開発は必要不可欠である。

一方、人工衛星によるリモートセンシングは、広域の情報を周期的に取得できる。また、Unmanned Aerial Vehicle(UAV)は、衛星データと比較して観測範囲は低下するものの、分解能の高いデータが取得可能である。このため、リモートセンシングデータを用いた水質状況推定に関する検討が行われている。リモートセンシングデータを用いて水質状況を推定する場合、リモートセンシングデータとそれに同期した水質データを用い、回帰分析に基づいて水質推定結果を作成するのが一般的である。しかしながら、リモートセンシ

グデータには種々のあいまいさが包含されることや、解析に用いる水質データが必ずしも取得できないといった課題を有する。また、リモートセンシングデータを用いた水質状況推定に関する研究において、入力特徴量は一般的にリモートセンシングから得られる情報のみである。しかしながら、対象水域の要素に基づく特徴量を用いることは、多角的な解析を可能とし、推定精度の向上に寄与すると考える。さらに、衛星データを対象とした水質状況推定において、データの分解能に起因して解析精度が低下する可能性があることが課題とされている。このことから、リモートセンシングデータの分解能向上に関する検討が行われているが、水域を対象とした研究事例は少なく、水質状況推定への適用性は十分に評価されていない。

そこで本論文では、水質汚濁発生の検知とその精度向上に向けて、水域全体を対象とする水質状況推定に関する上記の検討項目について研究を行い、工学上の進歩に寄与することを目的とする。すなわち、①リモートセンシングデータのみを用いた水質状況推定法、②リモートセンシングデータおよび水位・水温情報に基づく水質状況推定法の開発、ならびに③リモートセンシングデータを対象とした分解能向上法の開発に関する検討を行い、工学上の進歩に寄与することを目的とする。本論文は全6章により構成されている。

第1章を緒論とし、本研究の背景を述べ、本論文の主題である水質状況推定に関する検討について、現在までの研究状況を概観した。また、本研究の目的および本研究に対する筆者の立場、ならびに本論文の内容について述べている。

第2章では、本研究の対象地域および水質汚濁の現状について述べた。また、本研究で対象としたリモートセンシングデータおよび水質項目について述べた。

第3章では、リモートセンシングデータのみを対象とした水質状況推定法であるFuzzy c-means法(FCM)を用いた水質状況推定に関して検討を加えた。検討には、Terra ASTERおよびLandsat-8 OLIにより取得された5シーンのデータを用いた。また、FCMによる推定結果の有用性を評価するため、対象地域の汚濁状況および実測された水質データに基づく水質状況との比較を行った。その結果、水面にアオコが発生する8月および9月のデータを対象としたFCMによる推定結果は、対象地域の汚濁状況と大局的に一致することを示した。第4章では、リモートセンシングデータおよび水位・水温情報に基づく水質状況推定法に関して検討を行った。具体的には、Terra ASTERの可視・近赤外域データ、対象地域の水位および水温情報、ならびにFuzzy回帰分析によるSS推定値を用いて、ニューラルネットワーク(NN)による学習を行った。提案手法により作成したSS推定結果と実測されたSSを比較した結果、提案手法は対象地域の水位に基づく汚濁状況の差異が学習可能であり、SSの推定精度が向上する結果を得た。

第5章では、リモートセンシングデータの分解能を向上させる手法に関して検討を行った。具体的には、UAVデータを対象とし、NNに基づく分解能向上手法を提案した。検討には、UAVデータ(高分解能データ)および粗視化処理を施し、分解能を低下させたデータを用いた。また、分解能を向上させたデータ(分解能向上データ)と高分解能データにおける水質推定結

果の一致度をkappa係数により算出し、有用性を評価した。その結果、可視域(青)および可視域(赤)のバンド比を入力特徴量とした分解能向上データは、比較手法(bicubic法)により作成された画像と比較して、汚濁状況の激しい領域における分解能が向上していることを明らかにした。

第 6 章は結論とし、本研究で得られた主な成果と本論文の工学的意義および今後に残された課題について述べている。

論文審査結果の要旨

当学位審査委員会は、2022年2月15日(火)11時30分から12時30分まで、公開によるオンラインでの論文公聴会を開催した。その後、景山陽一審査委員会主査、有川正俊審査委員、水戸部一孝審査委員出席のもと、論文内容と関連事項に関して詳細な質疑応答を行うとともに、口頭による学力の確認を行った。

審査委員からは、

- ・検討した3つの内容の関連性について
- ・本研究のアウトプットの一つとして、社会への貢献について
- ・リモートセンシングをベースとしているが、UAVのみを使用した検討に関する発展への可能性について
- ・八郎湖の水質状況に与える要因としてアオコがあるが、どのように解析・考察に用いられているのか
- ・データの取得時期について
- ・波長域の違いと測定される水深の関連について
- ・バンド比が良好な結果が得られる理由について
- ・カラーチャートの間隔に関する物理的意味について

などの質問が行われたが、申請者から明確な回答が得られた。

本研究に関する原著論文は2編である。また、国際会議における英語での発表を行っていることなどから判断して、博士(工学)としての学力が認められる。よって、松井解氏は博士(工学)として十分な資格があるものと判定した。