

八郎湖を対象とする人工衛星データおよび水深情報を用いたニューラルネットワークによる水質状況推定

松井 解^{†1} 白井 光^{†1} 景山 陽一^{†1} 横山 洋之^{†2} 浅野 みゆき^{†3}

秋田大学大学院理工学研究科^{†1} 秋田大学情報統括センター^{†2} アイ・エム・サービス^{†3}

1. 背景・目的

リモートセンシング技術は、地球規模のデータを周期的に観測できるため、水質モニタリングに活用されている^[1]。本研究グループではこれまでに、人工衛星から取得されたデータを用いて水質状況推定に関する検討を行っており、対象地域の汚濁状況を反映した分類結果が取得可能であることを明らかにしている。しかしながら、水質分布図の作成に用いた特徴量は、衛星データのみであった。このため、水質分布図の作成時に、特徴量として湖の地形情報などを加えることは、多角的な解析を可能とし、より詳細な水質状況の把握に寄与すると考える。

そこで本研究では、衛星データに加えて対象地域の水深に基づく水位情報および水温情報を入力特徴量としたニューラルネットワーク(以下、NN)^[2]による水質状況推定法の開発を行う。本稿では、Terra 衛星に搭載される ASTER センサから取得されたデータ(以下、ASTER データ)を対象とし、水質状況推定を行った。

2. 対象地域および使用データ

2.1. 対象地域および水位情報

本研究では、秋田県北西部に位置する八郎湖調整池を対象として検討を行った。八郎湖では7月から10月にかけて水面にアオコが発生し、水質汚濁が深刻化している。

解析には、秋田県生活環境部 環境管理課八郎湖環境対策室より提供された八郎湖調整池における浅深図、および2.3, 2.4節に示す水温・水質データを用いた。また、秋田県秋田地域振興局農林部 八郎湖基幹施設管理事務所より提供された八郎湖の防潮水門内水位を用いた。なお、八郎湖調整池全体における水位情報は、前述の水位情報および浅深図に基づき、算出した。

2.2. ASTER データ

検討に用いた ASTER データは、2004年6月3日、2012年8月5日、9月13日、2015年5月26日、9月15日、ならびに2019年5月12日に取得された合計6データである。なお、本稿では上記データはそれぞれ ASTER データ a~f と表記している。検討に用いた ASTER データは、可視(緑・赤)

近赤外域(3バンド)および熱赤外域(5バンド)の波長帯で取得されたデータである。

2.3. 水温情報

水温情報は、熱赤外領域で取得された5バンドのデータを対象とし、水温算出式 MCSST^[3]を用いて算出した。なお、水温情報は、水温測定日と ASTER データの取得日が等しい ASTER データ b, e において、平均 0.9°C(標準偏差 0.60°C)の誤差を有している。

2.4. 水質データ

解析に用いた水質項目は、八郎湖調整池における5地点で測定された浮遊物質(SS: Suspended Solids)である。なお、SS データは2004年6月2日、2012年8月1日、9月13日、2015年5月19日、9月15日、ならびに2019年5月14日に取得された合計6データである。

3. 解析手法

3.1. 解析の流れ

はじめに、前処理として ASTER データに対して幾何補正処理、大気補正処理、ならびにマスク処理を施した。次に、Fuzzy 回帰分析^[4]を用いて SS 推定値を算出した。Fuzzy 回帰分析では、水質データの測定点を衛星データに特定し、測定点周辺における画素の輝度値を用いた。また、環境基準値^[5]に基づくスライスレベル^[4]を用いて推定値を算出した。スライスレベルを表1にまとめる。なお、ASTER データの可視近赤外域を対象とし、SS 推定値を算出した。最後に、SS 推定値、可視近赤外域、水位情報、ならびに水温情報を用いて提案手法による学習を実施し、分類結果を作成した。

3.2. 提案手法

提案手法の概要を図1に示す。入力特徴量を ASTER データ、水位情報、ならびに水温情報とし、NN による学習を行った。なお、着目画素とその周辺画素を入力した時、出力が Fuzzy 回帰分析結果の SS 推定値となるように学習した。また、学習回数は1000回とした。さらに、学習は各 ASTER データを対象としてホールドアウト法を実施した。

表1 環境基準値に基づくスライスレベル(SS)

Level	SS 値 [mg/l]
6	35 -
5	25 - 35
4	15 - 25
3	5 - 15
2	1 - 5
1	0 - 1

Water Quality Estimation by Neural Network using Satellite Data and Water Depth Information in Lake Hachiroko

Kai Matsui^{†1}, Hikaru Shirai^{†1}, Yoichi Kageyama^{†1}, Hiroshi Yokoyama^{†2}, Miyuki Asano^{†3}

^{†1} Graduate School of Engineering Science, Akita University

^{†2} Center for Information Technology and Management, Akita University

^{†3} I.M.Service

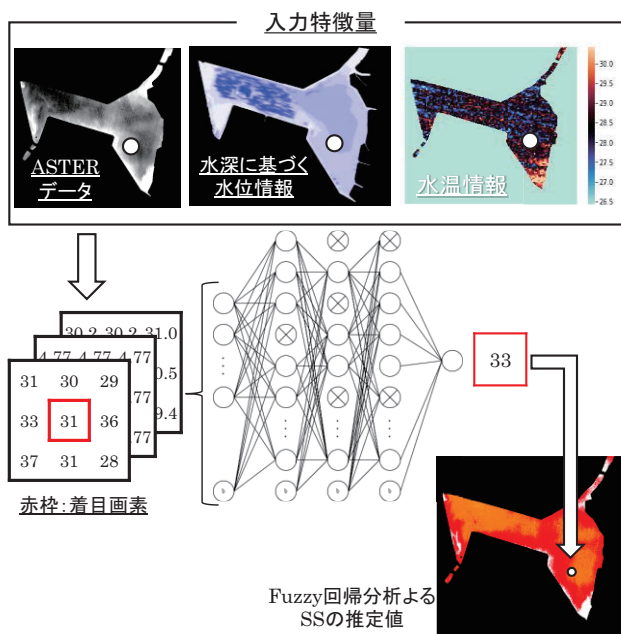


図1 提案手法の概要

4. 結果および考察

4.1. 水質推定精度の算出

提案手法の水質推定精度を評価するため、各水質測定地点から測定されたSS値との差分を算出した。具体的には、分類結果において各水質測定地点を特定し、測定点周辺におけるSS推定値を50点サンプリングした。その後、サンプリング点の平均値と測定されたSS値との誤差値(以下、推定誤差)を算出した。

分類結果において汚濁程度がレベル 3~6 の場合、推定値 10mg/l の誤差は 1 レベル異なる結果を示したが、10mg/l の推定誤差を基準として解析を行った。

4.2. Fuzzy 回帰分析との比較結果

ASTER データ c を対象とした近赤外域における提案手法およびFuzzy回帰分析による分類結果を図2に示す。また、2012年9月13日に測定されたSS値を表2にまとめる。提案手法による分類結果の推定誤差は平均 4mg/l を示し、10mg/l を下回る結果を得た。一方、Fuzzy回帰分析による結果の推定誤差は平均 7mg/l を示し、提案手法による結果と比較すると推定誤差は大きいことを認めた。

提案手法において、水位が低い(~1m)大湯橋や調整池西部から防潮水門までの領域において、汚濁程度が高いことを示した。また、水位が深い(6m~)湖心において、汚濁程度は低いことを示した。風や水の流入によって生じる湖水の縦循環は、高水位地点と比較して低水位地点の方が頻度は高いと考える。一方、提案手法は衛星データに加えて水位情報を用いて学習を行っている。したがって、提案手法は、対象地域の水位に基づく汚濁状況の差異を学習したため、SSの推定精度が向上したと考える。

以上の結果は、提案手法は水質項目SSの推定精度向上に寄与することを示唆している。

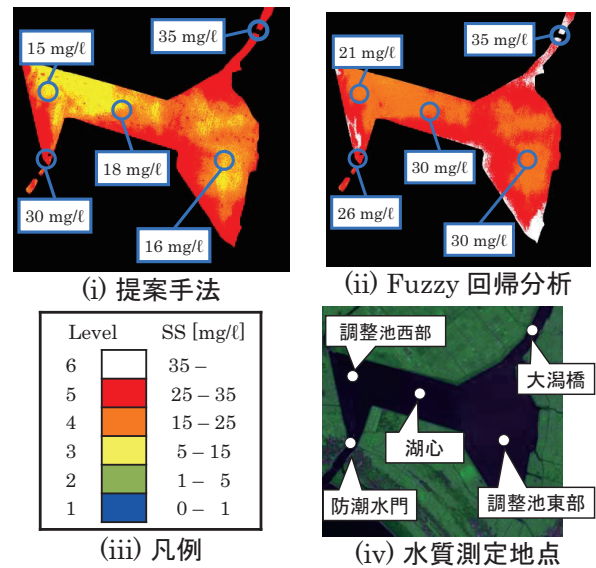


図2 分類結果

表2 SS値(2012年9月13日取得)

水質測定地点	SS値 [mg/l]
大湯橋	31
調整池東部	23
調整池西部	17
防潮水門	36
湖心	20

5. まとめ

本稿では、衛星データに加えて水位情報および水温情報を入力特徴量としたNNによる水質状況推定法に関して検討を行った。その結果、提案手法は対象地域の水位に基づく汚濁状況の差異を学習可能であり、SSの推定精度向上に寄与することを明らかにした。

今後は、提案手法の適用性について検証するため、SS以外の水質項目を対象とした検討を行う予定である。

本研究の遂行において各種データをご提供下さされた秋田県生活環境部 環境管理課八郎湖環境対策室関係各位、および秋田地域振興局農林部 八郎湯基幹施設管理事務所関係各位に深くお礼申し上げます。

参考文献

[1] K. Matsui, Y. Kageyama, and H. Yokoyama: Analysis of Water Quality of Lake Hachiroko Using Fuzzy C-Means, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 23, No. 3, pp. 456-464 (2019)
 [2] 岡谷貴之: 深層学習, 講談社 (2015)
 [3] 松永恒雄: TIRの観測輝度温度の線形式を利用した水面温度推定-日本周辺の気温及び湿度データを用いた推定誤差の予備評価-, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 16, No. 5, pp. 2-13 (1996)
 [4] D. Wang, Y. Kageyama, M. Nishida, H. Shirai, and A. Motozawa: Water Quality Analysis in Lake Hachiroko, Japan, using ALOS AVNIR-2 Data, IEEEJ transactions on electrical and electronic engineering, Vol. 8, No. 6, pp. 627-633 (2013)
 [5] 環境省, “水質汚濁に係る環境基準”, <https://www.env.go.jp/kijun/mizu.html> (Accessed: 2022/1/7)