

可視域および近赤外域の UAV データを用いた 八郎湖の水質推定に関する検討

八嶋 竜也[†] 白井 光[†] 景山 陽一[†] 浅野 みゆき[‡] 伊藤 さやか[‡]

秋田大学[†] アイ・エム・サービス[‡]

1. 背景・目的

近年、秋田県八郎湖では、アオコによる水質汚濁が深刻化している。このため、水域環境の保全と回復を目的として、リモートセンシングによる水質状況の推定に関する検討が行われている[1]。本研究グループはこれまでに、広域かつ高精度な水質状況推定を実現するために、詳細な水面情報を取得可能な UAV(Unmanned Aerial Vehicle)によって取得されたデータ(以下、UAV データ)を対象とした水質推定に関する検討を行っている[2]。その結果、可視域(緑)のデータを対象とした水質推定手法は、アオコの発生量が多い地点における水質状況推定に有用であることを明らかにした。しかしながら、これまで使用された UAV データは可視域のみを対象としており、近赤外域に関する水質推定への有用性は明らかになっていない。

そこで本稿では、可視域に加えて近赤外域の UAV データを対象とした水質状況推定の有用性に関する評価を目的とし、Fuzzy 回帰分析による検討を行った。

2. 対象地域および使用データ

本稿では、秋田県八郎湖を対象とし、DJI 社製の UAV である Matrice 300 RTK を用いてデータを取得した[3]。また、UAV にはマルチスペクトルカメラ(青、緑、赤、レッドエッジ、近赤外)である RedEdge-P を装着し、データの撮影を行った[4]。なお、本稿では、2023 年 8 月 25 日、2023 年 9 月 25 日に取得した計 6 地点の UAV データを対象とし、オルソモザイク処理を施したデータを解析に用いる。UAV データ取得地点を図 1 に示す。

さらに、水質汚濁の程度を示す計 6 項目(BOD, COD, SS, T-N, T-P, クロロフィル a)の水質データを解析に用いた。なお、解析に用いた水質データは、8 月 25 日および 9 月 25 日に採水したものを測定した。

3. 解析手法

3.1. 解析の流れ

はじめに、取得した UAV データに対して、オルソモザイク処理を施した画像を作成した。次に、前処理としてマスク処理を施したデータを作成した。最後に、UAV データにおける各波長帯域を対象として、Fuzzy 回帰分析による水質推定を行い、8 月 25 日および 9 月 25 日のデータに

Study of water quality estimation in Lake Hachiroko using UAV data in visible and near-infrared regions

Tatsuya Yatsushima[†], Hikaru Shirai[†], Yoichi Kageyama[†], Miyuki Asano[‡], Sayaka Itoh[‡]

[†]Akita University, [‡]I. M. Service

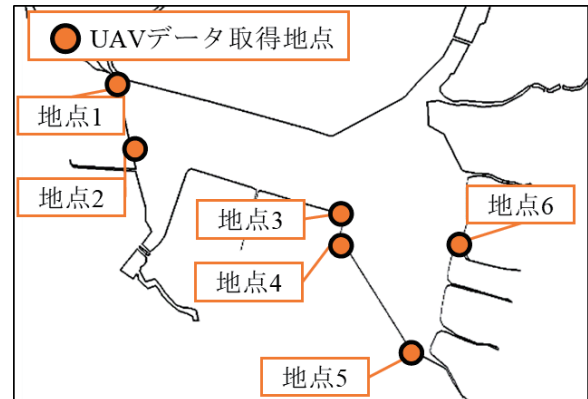


図 1. UAV データ取得地点

における推定結果を算出した。

3.2. オルソモザイク画像の作成

本稿では、取得した UAV データに対して、Pix4Dfields[5]を用いてオルソモザイク画像を作成した。モザイク画像とは、複数の画像を繋ぎ合わせて作成されるデータ取得領域全体をカバーした画像である。モザイク画像を用いることは、単写真を用いた解析と比較して、広い範囲を対象とした解析を可能にする。また、上空から取得した単写真データはレンズの中心に光束が集まる中心投影のため、写真の中心から外周に向けてひずみが生じる。このひずみを補正し、対象範囲を正射投影する処理をオルソ補正と呼ぶ。したがって、オルソモザイク画像とは、複数の画像をつなぎ合わせ、対象領域全体を正射投影した画像である。

3.3. Fuzzy 回帰分析による推定

一般的な回帰分析において、回帰モデルから得られる推定値と実際の値とのずれは観測誤差とされている。しかしながら、この手法によってデータ間の関係が一意的に決まるものの、データに含まれるあいまいさや、データのばらつきは無視されている。これに対して、Fuzzy 集合論は、そのあいまいさやばらつきを考慮するために有用な概念とツールとして提供されている。Fuzzy 集合論に基づく Fuzzy 回帰モデルは、線形システムの係数を Fuzzy 数として取り扱うことにより、入出力関係のあいまいさを考慮することが可能である[6]。そこで本稿では、UAV データと水質データを用いて Fuzzy 回帰分析を行った。Fuzzy 回帰分析には、UAV データから水質データにおける採水地点を特定し、採水地点周辺における 50 画素の DN 値を用いた。

4. 解析結果

Fuzzy 回帰分析によって UAV データの各波長帯

域における推定結果を算出し、水質分布図を作成した。Fuzzy 回帰分析による推定結果例を図 2 に示す。各地点における推定結果から、実測した水質データを反映しているかどうかを目視により評価した。8月25日および9月25日において、実測した水質データを反映していた推定結果の割合を表 1 に示す。1つの波長帯における1日のデータ数は、6種類の水質項目および6地点の採水地点における組み合わせによる36データである。表 1 より、9月25日における可視域(緑)、レッドエッジおよび近赤外域における推定結果は、推定結果の半数以上が水質データの実測値を反映する結果となった。一方、9月25日の可視域(青)、可視域(赤)、ならびに8月25日における各波長帯域の推定結果は、水質データの実測値を反映していない結果が多く見られた。また、水質データの実測値を反映している割合が最も大きい9月25日における近赤外域の推定結果を表 2 に示す。地点 1~5 において、各水質項目における水質データを反映している結果が多く見られた。しかし、地点 6 では、水質データを反映している結果が1項目のみであった。

5. 考察

はじめに、9月25日および8月25日の地点 5 における近赤外域データを図 3 に示す。9月25日の地点 5 は、検討に使用した全データにおいて最もアオコが発生していた地点である。図 3 より、9月25日のデータは、水面におけるアオコ発生部分が白く強調されていることがわかる。各波長帯域データにおけるアオコ発生部分は、近赤外域において最も強調されており、続いてレッドエッジ、可視域(緑)の順に強くなっている。一方、8月25日のデータは、水域全体において、アオコの発生による強調部分がみられないことがわかる。したがって、9月25日はアオコの発生量が多く、可視域(緑)、レッドエッジおよび近赤外域デ

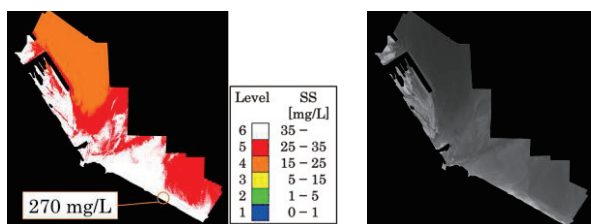


図 2. Fuzzy 回帰分析による推定結果例 (近赤外域, 水質項目: SS, 地点 5)

表 1. 水質データを反映している推定結果の割合

波長帯域	9月25日	8月25日
可視域(青)	8%	22%
可視域(緑)	53%	42%
可視域(赤)	14%	47%
レッドエッジ	67%	36%
近赤外域	72%	28%

■: 半数以上が水質データの実測値を反映している

表 2. 近赤外域における推定結果 (9月25日)

地点	水質項目					
	BOD	COD	SS	T-N	T-P	クロロフィル a
地点 1	×	○	○	○	○	×
地点 2	○	○	○	×	○	○
地点 3	○	○	○	○	○	×
地点 4	○	○	○	○	○	○
地点 5	○	○	○	○	×	○
地点 6	×	×	○	×	×	×

○: 水質データの実測値を反映している
 ×: 水質データの実測値を反映していない

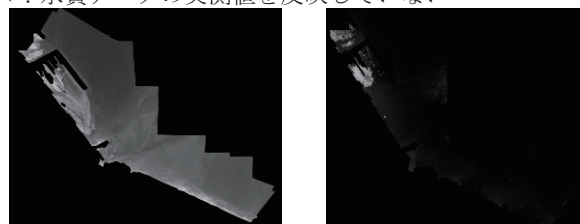


図 3. 近赤外域データ (地点 5)

ータの推定結果において、アオコによる汚濁状況が反映されていることを示唆している。

次に、地点 6 における採水箇所周辺は、水深が浅いといった特徴がある、そのため、各波長帯域における採水箇所の DN 値には、水質の汚濁情報だけでなく、湖底の情報も含まれていると推測される。したがって、水深が深く、安全に直接採水を行うことが可能な地点を選定する必要があると考える。

本研究の一部は、2022 年度秋田県八郎湖地域連携推進事業費補助金を受けて行われた。

参考文献

- [1] K. Matsui, H. Shirai, Y. Kageyama, H. Yokoyama, M. Asano: "Estimating water quality through neural networks using Terra ASTER data, water depth, and temperature of Lake Hachiroko Japan", Environmental Modelling & Software (Elsevier), Vol. 159, 105584 (2022)
- [2] 八嶋 竜也, 白井 光, 景山 陽一, 浅野 みゆき, 伊藤 さやか: "UAV データを用いた CNN と Fuzzy 回帰分析による八郎湖の水質状況推定に関する検討", 令和 4 年度日本知能情報ファジィ学会東北支部研究会, 2-2 (2023)
- [3] "Matrice 300 RTK - 産業用マッピング検査用ドローン", DJI Enterprise, <https://enterprise.dji.com/jp/matrice-300> (Accessed 2023/12/25)
- [4] "RedEdge-P - Drone Sensors", AgEagle, <https://ageagle.com/drone-sensors/rededge-p-high-res-multispectral-camera/> (Accessed 2023/12/25)
- [5] "PIX4Dfields: 農業マッピングのためのドローンソフトウェア", Pix4D, <https://www.pix4d.com/jp/product/pix4dfields/> (Accessed 2023/12/25)
- [6] K. Matsui, H. Shirai, Y. Kageyama, H. Yokoyama: "Improving the resolution of UAV-based remote sensing data of water quality of Lake Hachiroko Japan by neural networks", Ecological Informatics (Elsevier), Vol. 62, 101276 (2021)