

水質状況推定を目的とした八郎湖を対象とする UAV データのバンド比を用いた分解能向上

松井 解† 白井 光† 景山 陽一† 横山 洋之‡

秋田大学大学院理工学研究科† 秋田大学情報統括センター‡

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]。しかしながら、広域の情報を取得できる衛星データは分解能が数 m から数十 m であることに起因し、局所的な水質データ(1m 四方未満)と対応付けることは困難である^[2]。したがって、衛星データにおける 1 画素に包含される情報を複数の画素に分解する手法に関して検討を行う必要がある。本研究グループはこれまでに、高精度な水質状況推定を目的とした Unmanned Aerial Vehicle により取得されたデータ(以下, UAV データ)を用いたニューラルネットワーク^[3](以下, NN)による分解能向上に関して検討を行っている。その結果、精度向上に寄与する入力特徴量を明らかにした。しかしながら、提案手法の水質状況推定への適用に関して詳細な検討には至っていない。

そこで本稿では、分解能向上法における水質状況推定への適用性を評価するため、実測された水質データを用いて水質分布図を作成した。さらに、高分解能のデータとの一致度を算出し、提案手法の有用性を評価した。

2. 対象地域および使用データ

本研究では、秋田県北西部に位置する八郎湖を対象として検討を行った。また、Phantom 4 Pro V2.0 により取得されたデータを検討に用いた。UAV データの取得地点および取得日を図 1 に示す。なお、UAV データは可視域(青, 緑, 赤)で取得され、約 6cm の分解能を有する。さらに、水質分布図を作成するため、水質項目 suspended solids(以下, SS)を測定した。なお、水質データの取得日は2019年の8月7日および9月25日である。

3. 解析手法

3.1. 解析の流れ

解析の流れを図 2 に示す。はじめに、取得した UAV データに対して ArcGIS Pro を用いてオルソモザイク画像を作成した。次に、前処理として(i)ノイズ除去を目的とした Non-Local Mean フィルタによるフィルタ処理、および(ii)水域抽出を目的としたマスク処理を施した。その後、粗視化処理を用いて入力画像となる低分解能データ(以下, LR: Low Resolution(分解能約 60cm))を作成した。

Resolution Improvement Using UAV Band Ratio for Estimating Water Quality in Lake Hachiroko
Kai Matsui†, Hikaru Shirai†, Yoichi Kageyama†, Hiroshi Yokoyama‡

† Graduate School of Engineering Science, Akita University

‡ Center for Information Technology and Management, Akita University

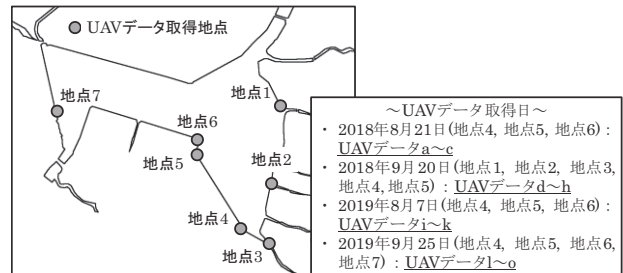


図 1 UAV データ取得地点および取得日

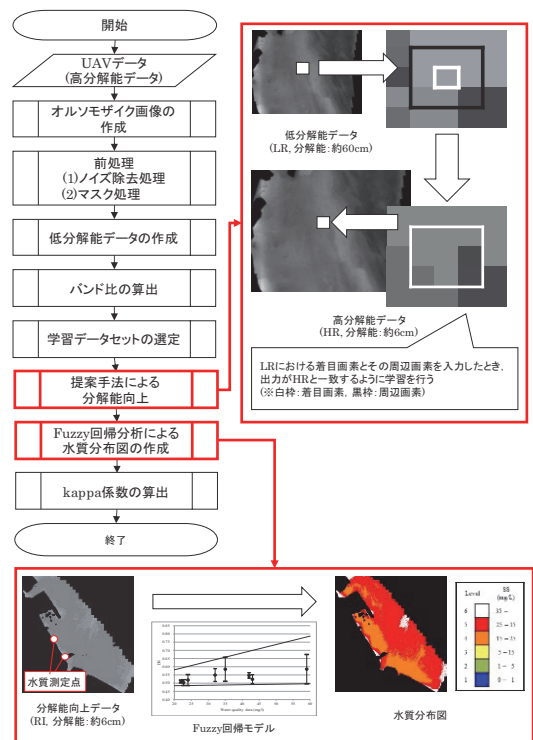


図 2 解析の流れ

さらに、低分解能データおよび高分解能データ(以下, HR: High Resolution)のバンド比を算出した。算出したバンド比は, B/G, B/R, G/B, G/R, R/B, ならびに R/G である。算出したバンド比と可視域を入力特徴量(合計 9 種類)とし、提案手法による分解能の向上を試みた。その後、分解能向上処理を対象とし、Fuzzy 回帰分析を用いて水質分布図を作成した。最後に、提案手法の水質分布図への適用性を評価するため、kappa 係数(κ)を用いて RI および HR の水質分布図の一致度を算出した。

3.2. 提案手法

提案手法の概要を図 2 に示す。LR における着目画素とその周辺画素を入力したとき、出力が

HR(分解能 6cm)と一致するように学習した。その後、学習モデルをテストデータに適用し、RI を作成した。なお、学習モデルは特徴量ごとに作成した。すなわち、学習時の入力特徴量は 1 種類であり、作成される学習モデルの数は 9 である。

3.3. 学習データセットの選定

学習データセットとして、検討データにおける標準偏差に基づく 2 種類のデータセットを選定した。具体的には、(i)標準偏差が最も小さい検討データの組み合わせ(データセット 1)および(ii)標準偏差が最も大きい検討データの組み合わせ(データセット 2)を選定した。

3.4. 水質分布図の作成

水質分布図を作成するため、Fuzzy 回帰分析を用いた。Fuzzy 回帰分析は、数点の水質データを用いて水質分布図の作成を可能とする^[4]。本稿では、UAV データにおいて水質測定点を特定し、その周囲の輝度値に基づきファジィ数を仮定した。その後、ファジィ回帰モデルを算出し水質分布図を作成した(図 2 参照)。なお、2019 年の 8 月および 9 月のデータを対象とし水質分布図を作成した。

3.5. 評価指標

RI および HR を対象として Fuzzy 回帰分析による水質分布図の一致度を算出するため、 κ を算出した。 κ の値が 0.400–0.800 の場合は、中程度の一致度合いを示す^[5]。また、0.800–1.000 の場合は高い一致度合いを示す。

4. 解析結果および考察

4.1. Fuzzy 回帰分析における解の選定

参考文献[4]に基づき、Fuzzy 回帰分析結果における解を選定した。具体的には、HR を対象とした Fuzzy 回帰分析結果において(i)得られた Fuzzy 回帰モデルの傾きが負である場合、および(ii)回帰区間が負になった場合は、検討対象から除外した。解が得られた項目を表 1 にまとめる。解が得られた Fuzzy 回帰分析結果と実測された水質データとを目視で比較し、2 地点以上の水質データと一致を認めた結果において κ を算出した。

4.2. kappa 係数

データセット 1 およびデータセット 2 を用いた RI における κ を表 2 にまとめる。データセット 1 を用いた結果において、G/B および R/B を対象とした RI の κ は、4 項目で HR と一致する結果を得た。また、データセット 2 を用いた結果において、B/G、B/R、ならびに G/B を対象とした RI の κ は、5 項目で HR と一致する結果を得た。分解能向上の精度を詳細に解析するため、HR との一致が認められた項目を対象とし、水質分布図を 100 分割(縦×横：10×10)し各領域における一致度を算出した。その結果、SS 値が高い領域における κ は、0.800 以上を示す結果を得た。

以上の結果は、提案手法における B/G、B/R、G/B、ならびに R/B を対象とした RI は、(i)水質状況推定に適用可能であること、および(ii)SS 値が高い領域において分解能の向上が実現可能であることを示唆している。

表 1 Fuzzy 回帰分析において解が得られた項目

特徴量	UAV データ						
	i	j	k	l	m	n	o
B	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-
B/G	B	A	B	B	A	B	B
B/R	A	A	B	-	-	-	-
G/B	-	-	-	B	A	A	B
G/R	B	B	B	-	-	-	-
R/B	-	-	-	A	A	A	A
R/G	B	A	B	B	B	B	B

A: Fuzzy 回帰分析において解が得られ、2 地点以上の水質データと一致を認めた項目

B: Fuzzy 回帰分析において解は得られたが、2 地点以上の水質データと一致が認められなかった項目

-: Fuzzy 回帰分析において解が得られなかった項目

表 2 分解能向上データにおける kappa 係数

(a) データセット 1

特徴量	UAV データ					
	i	j	l	m	n	o
B/G		-0.003		-		
B/R	0.000	0.002				
G/B				<u>0.625</u>	<u>0.596</u>	
R/B			<u>0.458</u>	0.286	<u>0.455</u>	0.272
R/G						

(b) データセット 2

特徴量	UAV データ					
	i	j	l	m	n	o
B/G		<u>0.644</u>		0.189		
B/R	<u>0.497</u>	<u>0.673</u>				
G/B				<u>0.519</u>	<u>0.524</u>	
R/B			0.027	0.014	0.040	0.006
R/G		0.099				

下線部: HR と一致を認めた項目

-: Fuzzy 回帰分析において解が得られなかった項目

5. まとめ

本稿では、実測された水質データを用いて水質分布図を作成し、提案手法の水質状況への適用性を評価した。その結果、B/G、B/R、G/B ならびに R/B における RI は水質状況推定に適用できることを明らかにした。今後は、提案手法の精度向上を目的とし、ネットワークの構造や入力特徴量の組み合わせなどに関して検討を行う予定である。

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] K. Ehmann, C. Kelleher, and L. E. Condon: Monitoring turbidity from above: Deploying small unoccupied aerial vehicles to image in-stream turbidity, Hydrological Processes, Vol. 33, No. 6, pp. 1013–1021 (2019)
- [3] 岡谷貴之: 深層学習, 講談社 (2015)
- [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] R. Pittman, B. Hu, and K. Webster: Improvement of soil property mapping in the Great Clay Belt of northern Ontario using multi-source remotely sensed data, Geoderma, Vol. 381, No. 1, Article number 114761 (2021)