

無人航空機データを用いた ファジィ回帰分析による三春ダムの水質状況推定

Estimation of Water Quality in Miharu Dam Reservoir by Fuzzy Regression Analysis Using Unmanned Aerial Vehicle Data

戸塚 心¹ 景山 陽一¹ 西田 眞¹
Shin Totsuka Yoichi Kageyama Makoto Nishida
石川 正人² 小堀 文裕² 長本 大介²
Masato Ishikawa Bunyu Kobori Daisuke Nagamoto
¹秋田大学 ²株式会社 建設環境研究所
Akita University Civil Engineering & Eco-Technology Consultants

Abstract: In this study, we analyzed water quality conditions of the Miharu dam reservoir. Since blue-green algae occur in summer, the quality of a small lake will be significantly worse at that time. Based on the experimental results of August data using fuzzy regression model, it was found that unmanned aerial vehicle data is useful in assessing water quality condition in Lake Sakurako. In particular, near infrared (NIR) data was found to be effective for the estimation. In addition, as a result of analyzing the texture features, it became clear that the mean, one of the textures, is useful for analysis.

1. 背景・目的

広域性・周期性・非接触性などに優れた特徴を有するリモートセンシングは、環境変化の観測に有用である。しかしながら、本研究における対象地域は (i)面積が狭いこと、(ii)形状が複雑であること、並びに (iii)局所的な解析が必要であるといった課題を有する。無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicles: UAV) により取得されるデータは、分解能の高いデータの取得が可能であり、任意のタイミングにおけるデータが取得可能であるため、季節的な変化が生じる水質状況の把握に有用と考える。

筆者らはこれまでに、UAVにより取得されたデータを用いた水質状況推定の可能性について検討を行ってきた[1]。その結果、UAVにより取得された近赤外線画像データの解析結果において、水質状況を反映した結果が得られることを明らかにした。本稿では、2015年に取得されたデータを対象とし、三春ダムにおける水質状況の推定を行った。

2. 対象地域および使用データ

本研究では、福島県三春ダムの貯水池(さくら湖)における前貯水池から不動滝橋までの水域を対象地域とした。また、2015年8月12日に取得されたUAVデータおよび水質データを対象データとした。なお、対象とする水質項目は、T-N、T-P、クロロフィル a、フィコシアニン、SSの合計5項目である。

3. 解析手法

本研究で用いる解析手法は、前処理、ファジィ回帰分析、並びにファジィレベルスライス処理から構成される。解析手法の概要を以下にまとめる。

3.1 前処理

(a) 粗視化処理

水面における光の反射などのノイズ低減および処理の高速化を目的とし、粗視化処理を施した。なお、粗視化する際のフィルタサイズは5×5とし、25画素中の中央値を着目画素の値とした。なお、粗視化処理によりデータ分解能は約15cmとなる。

(b) バンド比算出

新たな輝度情報を用いた解析を行うために、これまでの検討[1]で有用であった、近赤外域データを含むバンド比 G/NR 、 R/NR 、 NR/G 、 NR/R を算出し、これを検討に用いた。

(c) マスク処理

対象領域である水域のみを抽出するため、使用データに対してマスク処理[2]を施した。

3.2 テクスチャ特徴量算出

輝度情報(DN値)を用いたこれまでの解析では、水質レベルが高い領域および低い領域を良好に判読可能であるものの、DN値の分布が任意のレベルに密集している場合、中間レベルにおける良好な判読は困難である。そこで、着目画素とその周辺情報に着目した解析を行うために、テクスチャ特徴量[2]を算出した。具体的には、リモートセンシングデータの解析に有用である同時生起(co-occurrence)行列を用いた。算出した同時生起行列から mean, entropy, second moment, variance, contrast, homogeneity, dissimilarity, correlationの8種類の特徴量を算出し、それぞれを用いて解析を行った。なお、フィルタサイズは5×5とした。

3.3 ファジィ回帰分析

各種外乱やセンサの地上分解能に起因するあいまいさを含むリモートセンシングのDN値をファジィ数と仮定し[3]、目的変数を説明変数で定量的に定義する区間線形モデルによる解析法であるファジィ回帰分析[4]を用いて検討を行った。ここで、ファジィ回帰分析における目的変数をUAVデータの各バンドデータとし、各水質項目を説明変数に設定した。なお、本稿ではすべての入力データを包含し、幅が最小となる“MIN問題”を用いて、以後の解析を行った。

3.4 ファジィレベルスライス処理

ファジィ線形回帰モデルから得られるファジィ出力区間は、任意の画素の有しているDN値があるグレードにおいて、それぞれの水質レベルに帰属することを表している。本研究では、レベルスライス法と比較して中間レベルにおいても良好な推定が可能となるファジィレベルスライス法[3]を用いて検討を行った。

3.5 256 グレースケール画像出力処理

本研究ではこれまでに、7 階調で水質分布図を出力して解析を行った[1]。しかしながら、目視により水質推定結果の評価を行っているため、7 階調出力では評価が困難になる場合がある。そこで本研究では、階調数を増やすことによって、より詳細な水質解析が可能になると仮定し、UAV データに対して、ファジィレベルスライス処理によって算出した確定値Yを (1) 式により 256 階調に変換した。

$$Y' = \frac{Y - Y_{min}}{WQ_{max} - Y_{min}} \times 255 \quad (1)$$

ここで、
 Y':階調変換後の DN 値、
 WQ_{max} :各水質項目のとりうる値の最大値、
 Y_{min} :Yの最小値
 である。

4. 解析結果および検討

4.1 DN 値を用いた解析結果

近赤外域データの DN 値を対象とし、7 階調および 256 階調で出力した解析結果と水質分布図との比較結果を表 1 に、256 階調の解析結果例を図 2 (a) にそれぞれ示す。その結果、256 階調で出力することは、7 階調で出力することと比較して、多くの水質項目において水質状況を反映した結果が生成可能であり、また、水質データを反映した結果が取得可能であることがわかる。このことは、階調数を増加させることで、より詳細な水質推定が可能になったことを示唆している。

以降の検討では、256 階調で水質分布図を出力し、これを検討に用いた。

表 1 水質分布図との比較結果(DN 値)

(a) 7 階調

band	水質項目				
	SS	T-N	T-P	クロロフィルa	フィコシアニン
可視域(青)	△	×	×	×	×
可視域(緑)	△	×	×	×	×
可視域(赤)	△	×	×	×	×
近赤外域	△	△	△	△	○

(b) 256 階調

band	水質項目				
	SS	T-N	T-P	クロロフィルa	フィコシアニン
可視域(青)	△	×	×	×	×
可視域(緑)	△	×	×	×	×
可視域(赤)	○	×	×	×	×
近赤外域	○	○	○	○	○

表 2 水質分布図との比較結果(テクスチャ特徴量)

水質項目	テクスチャ特徴量							
	contrast	correlation	dissimilarity	entropy	homogeneity	mean	second moment	variance
SS	△	×	×	×	×	○	×	△
T-N	△	×	△	△	×	○	×	△
T-P	△	×	△	△	×	○	×	△
クロロフィルa	△	×	×	×	×	○	×	△
フィコシアニン	△	×	×	×	×	○	×	△

○ : ファジィ回帰分析において解が得られ、出力した画像において水質状況を反映しているもの

△ : ファジィ回帰分析において解が得られたが、出力した画像において水質状況を反映していないもの

× : ファジィ回帰分析において解が得られたが、解析に用いることができないもの

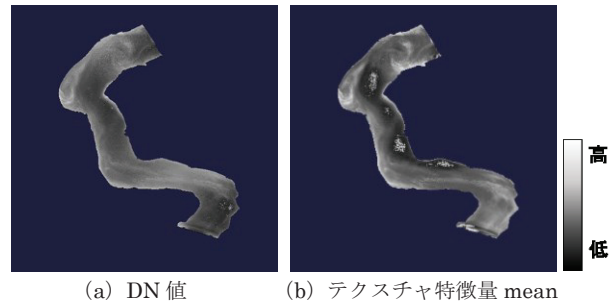


図 2 解析結果例

(2015年8月12日, 近赤外, 水質項目:T-N)

4.2 テクスチャ特徴量を用いた解析結果

近赤外域データのテクスチャ特徴量を対象とし 256 階調で出力した解析結果と水質分布図との比較結果を表 2 に、解析結果例を図 2 (b) に示す。テクスチャ特徴量 mean を用いた解析において、水質状況を反映した結果を得た。加えて、DN 値を用いた解析結果と比較して、出力される DN 値のとりうる値の幅が広く、中間レベルにおける判読が容易になった。これは、着目画素とその周辺の情報を用いてテクスチャ特徴量を算出しているため、DN 値と比較して、水面情報変化の把握が容易になったためであると考えられる。以上の結果は、テクスチャ特徴量 mean は、対象地域における水質状況把握に有用であることを示唆している。

5. おわりに

本研究では、無人航空機データを用い、さくら湖における水域全体の水質状況推定に関して検討を行った。その結果、近赤外域データのテクスチャ特徴量 mean を用い、解析を行うことは、水質状況推定に有用であることを明らかにした。

今後は、ファジィレベルスライス処理を行った後、128 階調や 64 階調といった低い階調で解析を行い、適切な階調数について検討する予定である。最後に、本研究の遂行に協力下された国土交通省三春ダム管理所各位にお礼申し上げます。

参考文献

- [1] Y. Kageyama, J. Takahashi, M. Nishida, B. Kobori and D. Nagamoto: Analysis of Water Quality in Miharu Dam Reservoir, Japan, Using UAV Data, IEEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering, Vol.11, No. Supplement S1, pp. S183-S185, 2016
- [2] 高木, 下田 (監修): 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 2004
- [3] 西田, 大塚: 衛星画像データによる水質分布解析へのファジィ回帰分析の適用と可能性分布図の作成, 電学論 C, Vol. 115-C, No. 3, pp. 381-388, 1995
- [4] 石淵: ファジィ回帰分析, 日本ファジィ学会誌, Vol. 4, No. 1, pp. 52-60, 1992

連絡先

秋田大学

景山 陽一

(Tel.: 018-889-2786, E-mail: kageyama@ie.akita-u.ac.jp)