

# 無人航空機データを用いた Fuzzy c-means 法による三春ダムの 水質状況推定を目的とした初期点決定法に関する検討

## Method of Determining Initial Value of Fuzzy C-means for Estimating Water Quality in Miharu Dam Reservoir Using Unmanned Aerial Vehicle Data

若田部 功己<sup>1</sup>  
Koki Wakatabe  
石川 正人<sup>2</sup>  
Masato Ishikawa  
<sup>1</sup>秋田大学  
Akita University

景山 陽一<sup>1</sup>  
Yoichi Kageyama  
小堀 文裕<sup>2</sup>  
Bunyu Kobori

西田 眞<sup>1</sup>  
Makoto Nishida  
長本 大介<sup>2</sup>  
Daisuke Nagamoto

<sup>2</sup>株式会社 建設環境研究所  
Construction Environment Institute

**Abstract:** At Miharu dam reservoir in summer, blue-green algae are generated and water quality of the small lake will be significantly worse. In this study, we propose a method of determining the initial value using fuzzy regression and fuzzy c-means clustering (FCM) on the water quality using unmanned aerial vehicle data. It was found that the proposed method is effective for estimating the water quality when blue-green algae occur in summer.

### 1. 背景・目的

生活様式の変化に伴い、河川・湖沼などにおける水質汚濁が問題になっている。このため、水質環境の把握管理が不可欠である。

一方、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ことといった課題を有する。無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicles) 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の取得が可能であるため、季節的な変化が生じる水質状況の把握に有用と考える。

本研究グループではこれまでに、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]。しかしながら、UAV データと同期する水質データを対象地域全体で取得する必要があり、多大な労力を要する。そこで本研究では、数ヶ所で自動計測される水質データと UAV データを用いた Fuzzy c-means 法による水質状況推定法の開発を目標とし、Fuzzy c-means 法における初期値決定法に関する検討を加える。

### 2. 対象地域および使用データ

福島県田村郡三春町に位置する三春ダムの貯水池 (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、アオコが顕著に発生している 2015 年 8 月 12 日に取得された UAV データ (8 月データ)、アオコの衰退期である 2015 年 9 月 4 日に取得された UAV データ (9 月データ)、ならびにそれぞれの取得日における水質データを対象データとした。なお、本研究で用いる水質項目は、SS、T-N、T-P、クロロフィル a、フィコシアニンの合計 5 項目である。

### 3. 解析手法

#### 3.1 粗視化処理

水面における光の反射等のノイズ低減および処理の高速化を目的とし、粗視化処理を施す。ここで、粗視化する際のフィルタサイズは  $5 \times 5$  とし、25 画素中の中央値を着目画素の値とする。なお、粗視化処理後のデータ分解能は約 15cm である。

#### 3.2 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]を施す。

#### 3.3 Fuzzy 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輝度情報を Fuzzy 数と仮定し[1]、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手法である Fuzzy 回帰分析[3]を用いて検討を行った。本研究では、Fuzzy 回帰分析における目的変数を UAV データの近赤光データとし、今回は 20 点の採水地点から得られたデータを説明変数に設定した。なお、本研究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”の方法を用いて、以後の解析を行った。

#### 3.4 Fuzzy c-means 法

Fuzzy c-means 法は、あいまいさを考慮可能なクラスタリング手法である。本研究では、UAV により取得した近赤光データおよび Fuzzy 回帰分析により算出した値 (以下、確定値と表記する) に対し、Fuzzy c-means 法を用いて、対象領域を汚濁度が低いクラス (クラス 1) と汚濁度が高いクラス (クラス 2) に分類を行った。また、本研究ではクラス 1 の初期値を  $C_1$ 、クラス 2 の初期値を  $C_2$  とし、Fuzzy c-means 法における初期値決定の手法として、輝度値の出現頻度を用いた手法と、確定値を用いた手法の 2 つを用いている。輝度値の出現頻度を用いた手法では、 $C_1$  を輝度値の最小値から 2% に存在する画

素における平均の輝度値、 $C_2$ を輝度値の最大値から2%に存在する平均の輝度値としている。また、確定値を用いた手法では、 $C_1$ を輝度値の最小値から2%に存在する画素における平均の輝度値、 $C_2$ を取得データ内で水質値の高い採水地点付近における確定値の平均（サンプリング数:50点）とした。輝度値の出現頻度を用いた手法は、UAVデータに粗視化処理およびマスク処理を施したデータを対象とし、確定値を用いた手法は UAV データに粗視化処理、マスク処理、ならびに Fuzzy 回帰分析により算出した確定値を対象とする。なお、本研究における Fuzzy c-means 法のレベルスライス法における閾値は、文献[4]を参考に設定した。

## 4. 解析結果および検討

### 4.1 使用バンドの検討

Fuzzy c-means 法で使用するバンドの検討を行った。具体的には、アオコが顕著に発生した8月データから可視域（赤、緑、青）、近赤外、NDVI（正規化植生指数:Normalized Difference Vegetation Index）[5]、ならびにそれぞれのバンド比を算出し、分類処理結果が水質データを反映しているか否かを評価した。なお、NDVIは植生の活性度を表す植生指標であり、(1)式を用いて-1~1の範囲で算出され、植生の量および活力が増加するほど、値が1に近づく。なお、画像データとして扱うため、(2)式を用いて256階調に変換した。ここで、 $IR$ は近赤外域データ、 $R$ は可視域（赤）データより取得されたDN値である。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (1)$$

$$256 \text{ 階調 } NDVI = \frac{NDVI + 1}{2} \times 255 \quad (2)$$

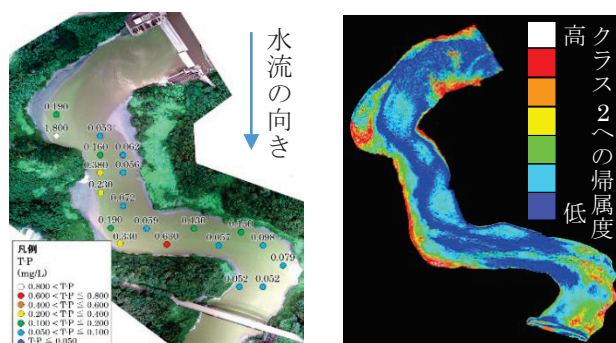
輝度値の出現頻度を用いた Fuzzy c-means 法により可視域（赤、緑、青）データ、近赤外域データ、ならびに NDVI データを分類した結果、近赤外域データにおいて良好な結果が得られた。このため、本研究では近赤外域データを用いて以後の検討を行った。

### 4.2 輝度値の出現頻度を用いた解析結果

近赤外域データを輝度値の出現頻度を用いた Fuzzy c-means 法により分類を行ったところ、アオコが顕著に発生した8月データにおいて、水質状況を反映した分類結果を得られることが明らかとなった。一方、アオコ衰退期である9月データでは、良好な分類結果を得られないことが明らかとなった。

### 4.3 確定値を用いた解析結果

本研究では、Fuzzy 回帰分析によって算出した確定値を用いて初期値を決定することで、実際の水質データと関連する分類が可能になると仮定し、水質値の高い採水地点が存在する8月データに対して、分類処理を行った。例えば、8月データにおける T-P は、左岸において低い水質値、右岸において高い



(a) 採水地点における水質レベル  
(b) 確定値を用いた Fuzzy c-means 法  
図1 解析結果例（8月データ、近赤外、T-P）

水質値が多く存在する（図1(a)参照）。確定値を用いた Fuzzy c-means 法による分類は、このような水質値の傾向と類似する結果を得た（図1(b)参照）。また、他の水質項目も評価を行ったところ、フィコシアニン以外の4項目において、水質状況を反映している結果を得た。これらの結果は、確定値を用いた初期値決定法を使用した Fuzzy c-means 法による分類は、対象地域における水質状況推定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、UAVデータを用いた Fuzzy c-means 法による初期値決定法に関して検討を行った。その結果、アオコが顕著に発生した8月データにおいて、確定値を用いた初期値決定法は、対象地域の水質状況推定に有用であることを明らかにした。

今後は、アオコ衰退期における水質状況推定の開発について検討をする予定である。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, IEEJ Transactions 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] Y. Kageyama, A. Izumi, M. Nishida and H. Yokoyama : Application of Fuzzy C-means for Understanding Water Quality in Lake Hachiroko, Japan, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 11, No. 6, pp. 835-837, 2016
- [5] 梅干野, 中村: 環境の可視化・地球観測から生活観測まで, 放送大学教材, 2015

## 連絡先

秋田大学

景山 陽一

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