

# Terra ASTER データを用いた八郎湖における水質特徴解析 Analysis of Water Quality Conditions of Lake Hachiroko Using Terra ASTER Data

松井 解  
Kai Matsui

景山 陽一  
Yoichi Kageyama

西田 眞  
Makoto Nishida

横山 洋之  
Hiroshi Yokoyama

秋田大学  
Akita University

**Abstract:** Remote sensing has been used to assess distribution of water pollution. In this study, water quality conditions are analyzed using data collected by the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) of Terra. We estimated water quality conditions of Lake Hachiroko by fuzzy c-means clustering. On the basis of experimental results using Terra ASTER data from four months (March, June, August, and September) in various years (2004, 2012, and 2015) and comparison with results obtained from fuzzy regression analysis, it is found that the fuzzy c-means technique is effective in determining the water surface conditions at reflecting pollution features.

## 1. はじめに

近年、河川や湖沼における水質汚濁の深刻化が問題となっており、水質汚濁状況の把握を目的とした水質調査が実施されている。しかしながら、この方法では対象領域が広域である場合、目的とする水域全般の水質分布を推定することは困難である。筆者らはこれまでに、瞬時性・広域性・周期性等に優れた特徴を有するリモートセンシングを用いて、Fuzzy 回帰分析による水質解析を行った[1]。また、リモートセンシングデータと同期する水質データの入手が必ずしも容易ではないことから、リモートセンシングデータのみを用いた Fuzzy c-means 法(以下、FCM 法と表記する)による水質解析法についても検討を加えた[2]。しかしながら、検討に用いられたデータが少なく、FCM 法により得られる水質分布図と水質項目との関連性について、詳細な把握に至っていないのが現状である。

そこで本稿では、Terra 衛星に搭載される Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) センサにより取得されたデータ(以下、ASTER データと表記する)を対象とした水質特徴解析を行い、FCM 法の有用性について検討を加える。

## 2. 対象地域および使用データ

### 2.1 対象地域

本稿が対象とする八郎湖は、調整池、東部承水路、ならびに西部承水路から構成され、4,732ha の水面面積を有する。また、深刻な水質汚染のため、湖沼水質保全特別措置法により 2007 年度に指定湖沼となった[3]。さらに、河川の流入が多く、水の循環が悪い調整池東部において、汚濁が深刻化しているのが現状である。

### 2.2 使用データ

#### 2.2.1 ASTER データ

本稿で検討に用いた ASTER データ[4]は、可視域 2 バンド(緑、赤)および近赤外域 1 バンドの合計 3 バンドで構成されている。また、ASTER データは 15m の地上分解能を有している。データ取得日は 2004 年 6 月 3 日、2012 年 8 月 5 日、2012 年 9 月 13 日、ならびに 2015 年 5 月 26 日である。なお、本稿では上記データを 6 月データ、8 月データ、9 月データ、ならびに 5 月データと表記する。

#### 2.2.2 水質データ

本稿では、解析結果の評価を目的とし、2004 年 6 月 2 日、2012 年 8 月 1 日、2012 年 9 月 13 日、ならびに 2015 年 5 月 19 日に取得された水質データ[5]、[6]を用いた。なお、水質項目は pH(水素イオン濃度)、DO(溶存酸素容量)、BOD(生物学的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)、SS(浮遊物質)、TN(全窒素濃度)、TP(全リン濃度)の合計 7 項目である。

## 3. 解析手法

本稿では、リモートセンシングデータに対して画像の切り出しおよびマスク処理を施し、その後 FCM 法による分類処理を行う。さらに、FCM 法の有用性の評価を目的とし、従来手法[1]を基に作成した Fuzzy 回帰分析による分類結果において、水質状況を反映している結果との比較を行う。

リモートセンシングデータは各種外乱(大気効果、界面効果等)によるあいまいさを含んでいる。このため、上記あいまいさを考慮可能なクラスタリング手法である FCM 法を用いて、対象領域を汚濁度が低いクラスと汚濁度が高いクラスに分類した。なお、最小輝度値および最大輝度値から総画素数の 2% における平均輝度値をそれぞれ抽出し、各クラスにおける中心初期値( $C_1$ ,  $C_2$ )として設定した。分類処理の終了条件は、クラス間の移動画素が全体の画素数の 1% 以下になった場合とした。分類処理終了後、汚濁度が高いクラスを対象とし、レベルスライス法により 6 段階に分類した。

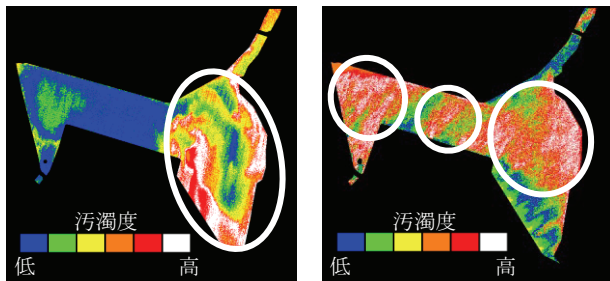
## 4. 解析結果および考察

各リモートセンシングデータの取得時期における対象地域の貯水量および農業排水量[7]を表 1 に示す。アオコによる水質汚濁が発生する 8 月および 9 月において、排水量が全体の貯水量の 4 割以下であることから、水面にアオコが滞留することが考えられる。一方、アオコの発生が無い 5 月および 6 月において、排水量が全体の 5 割を超えることから、水面に土砂を含む汚濁水が漂流することが考えられる。

8 月データおよび 6 月データを用いた FCM 法による分類結果を図 1 に示す。図 1 (a)において、汚濁が深刻化している箇所(図 1 (a) 白円)と分類結果は大局的に一致していることがわかる。また、水

の循環が悪い箇所において高い汚濁度を示すことから、水面に滞留しているアオコを検出していると考えられる。一方、図1(b)において、広域箇所(図1(b)白円)で高い汚濁度を示しており、水面を漂流する土砂を検出していると考えられる。したがって、ASTERデータを用いたFCM法による分類結果は、各時期における汚濁特徴を踏まえた結果を示しており、水質状況推定に有用であることを示唆している。

次に、FCM法による分類結果とFuzzy回帰分析による水質分布図との比較結果を表2にまとめる。5月データおよび6月データにおいて、pH、BOD、COD、ならびにSSに類似した傾向があること、8月データおよび9月データにおいてCOD、SS、ならびにT-Pにおいて類似した傾向があることが明らかとなった。したがって、5月および6月に取得されたデータを用いたFCM法による分類結果は、pH、BOD、COD、ならびにSSとの関連が強いこと、8月および9月に取得されたデータを用いたFCM法による分類結果は、COD、SS、ならびにT-Pとの関連が強いことを示唆している。



(a) 8月データ, Band3 (b) 6月データ, Band3  
図1 FCM法による分類結果

表1 対象地域の貯水量および農業排水量[7]

年月	貯水量 (km <sup>3</sup> )	排水量 (km <sup>3</sup> )
2004年6月	132.600	75.967 (57.3%)
2012年8月	132.600	47.031 (35.4%)
2012年9月	111.000	75.967 (7.5%)
2015年5月	132.000	80.591 (60.7%)

( ) : 全体における貯水量における排水量の割合

表2 Fuzzy回帰分析との比較結果 (MIN問題)

(a) 5月データ

	水質項目						
	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Band1	/	△	/	/	/	/	/
Band2	/	△	/	/	/	△	△
Band3	○	/	△	○	○	△	△

(b) 6月データ

	水質項目						
	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Band1	△	/	/	/	/	/	/
Band2	△	/	/	/	○	/	/
Band3	○	/	○	△	○	/	/

(c) 8月データ

	水質項目						
	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Band1	/	/	○	○	○	/	○
Band2	/	/	△	△	△	/	△
Band3	/	/	○	△	○	/	△

(d) 9月データ

	水質項目						
	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
Band1	/	/	/	/	/	/	/
Band2	/	/	/	/	○	/	/
Band3	/	/	/	△	○	△	△

○: 分類結果が類似しているもの

△: 分類結果が一部類似しているもの

/: Fuzzy回帰分析において水質状況を反映しているもの

## 5. おわりに

本稿では、ASTERデータを対象とし、FCM法を用いた水質特徴解析を行った。この結果、(1) Terra ASTERデータを用いたFCM法による分類結果は、八郎湖の水質状況推定に有用であること、(2) 5月および6月に取得されたデータを用いたFCM法による分類結果は、水質項目pH、BOD、COD、ならびにSSとの関連性が強いこと、(3) 8月および9月に取得されたデータを用いたFCM法による分類結果は、水質項目COD、SS、ならびにT-Pとの関連性が強いことを明らかにした。

今後は、複数のバンドを併用した解析を行い、FCM法の有用性についてさらなる検討を加える。

本研究に用いた各種データを提供下された秋田県生活環境部環境管理局八郎湖環境対策室各位、ならびに秋田県秋田地域振興局農林部八郎湖基幹事務所各位に深くお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] D. Wang, Y. Kageyama, M. Nishida and H. Shirai: Analysis of water quality of Lake Hachiroko, Japan, using fuzzy multiple regression model ALOS AVNIR-2 data, Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics, Vol. 20, No. 6, pp. 992-1003, 2016
- [2] Y. Kageyama, A. Izumi, M. Nishida and H. Yokoyama: Application of Fuzzy C-means for Understanding Water Quality in Lake Hachiroko, Japan, IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 11, No. 6, pp. 835-837, 2016
- [3] 秋田県生活環境部環境管理局八郎湖環境対策室: <http://www.pref.akita.lg.jp/> Accessed 2017/1/20
- [4] LandBrowser: <http://landbrowser.geogrid.org/landbrowser/> Accessed 2017/2/6
- [5] 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> Accessed 2017/1/20
- [6] 秋田県生活環境部環境管理局八郎湖環境対策室提供
- [7] 秋田県秋田地域振興局農林部八郎湖基幹事務所提供

## 連絡先

秋田大学  
景山 陽一

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