

自己組織化マップを用いた富栄養化貯水池の水環境特性の抽出 Extraction of Water Environmental Characteristics in a Eutrophic Reservoir by Self-Organizing Maps

○原田昌佳*・松本晶子**・平松和昭*・丸居篤***

Harada Masayoshi*, Matsumoto Akiko**, Hiramatsu Kazuaki* and Marui Atsushi***

1. はじめに 富栄養化が進む閉鎖性水域の保全・改善を考える上で、植物プランクトンなどの生物学的調査も含めた水環境アセスメントは必要不可欠である。この場合、経時的で多様な水環境情報から水質の季節的な変動特性を定量的に抽出し、これを植物プランクトンの出現特性と関連づけた解析が重要な課題となる。本研究では、まず自己組織化マップ（以下、SOM）を利用したデータのクラスタリングによる水質環境の特性抽出を試みた。ついで、2次元マップとして特徴づけられた水質データに、植物プランクトンの調査結果を重ね合わせることで、その出現特性と水質環境との関連性について検討した。

2. 水環境調査の概要 対象池は平均水深約3m、総貯水量約62,200m³の農業用貯水池である。同池は富栄養化の進行により緑色を呈し、2007、2008年にアオコの発生が確認された。2007年～2009年のそれぞれ5月～11月に、水質調査と植物プランクトン調査を約1週間間隔で実施した。前者では、Chl.a, TOC, DOC, TN, TP, DO, 水温の7項目の水質調査を行った。後者では、63μmプランクトンネットを用いてサンプルを採取し、光学顕微鏡により種の同定と1lあたりの個体数を求めた。また、植物プランクトンを藍藻類、緑藻類、珪藻類、渦鞭毛藻類、黄色鞭毛藻類、緑虫類に分類し、各調査日の優占綱を調べた。

3. SOMを利用した水環境解析 SOMは、入力層と競合層の2層からなる競合学習型ニューラルネットワークである（Fig. 1）。入力層はK個のn次元の入力ベクトルから成る。また、競合層は一般に2次元ハニカム状に配置されたM個のニューロンで構成され、各ニューロンは入力ベクトルと同じ次元の重みベクトルを持つ。SOM学習則（Kohonen, 1995）により、入力ベクトルの特徴が競合層上の各ニューロンの重みベクトルで表現される。最終的に、競合層では入力ベクトルのパターンの分布状況を反映した2次元マップが形成され、位置的に近いニューロン群は互いに類似した特徴を持ち、反対に遠いニューロンは互いに異なった性質を持つように組織化される。同時に、全ての入力ベクトルは、それぞれ最も特徴が近い重みベクトルを含むニューロンに割り当てられる。したがって、SOM学習後の2次元マップ上に、ある類似の特徴を持ったニューロン群（クラスタ）が形成されることになる。そこで、U-Matrix法に基づいて、2次元マップ上のニューロンを複数のクラスタに分類した（西山ら, 2005）。本研究では、Chl.a, TN, TP, TOC, DOC, DO, 水温の観測項目を要素とするn=7の入力ベクトルを定義した。入力ベクトルは成分ごとの最大値と最小値を用いて正規化されたものを使用した。また、入力ベクトルの個数をK=70、競合層の大きさをM=18×18、学習回数を1000回とした。

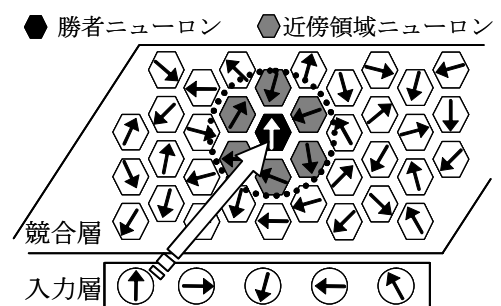


Fig. 1 Conceptual diagram of SOM

*九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University **株式会社ジルコ/Japan Irrigation drainage and Rural engineering Consultants ***九州大学新キャンパス計画推進室/New Campus Planning Office, Kyushu University

キーワード：富栄養化、閉鎖性水域、水質環境、植物プランクトン、クラスタリング

SOM 学習後の 2 次元マップに対するクラスタリングの結果を Fig. 2 に示す. 同図には, 入力ベクトルの最一致ニューロンに, その入力データの調査日を記している.

Fig. 2 のように, 3 年間の観測データに対して, 対象池の水質環境は 7 つのクラスタに分類できた. Table 1 に示すクラスタごとの水質データの平均値より, 各クラスタは次のように特徴づけられる. ①クラスタ 1, 2 は高水温期に該当し, クラスタ 1 では Chl.a が低く, クラスタ 2 ではその濃度は高い. ②クラスタ 3, 5, 6 は中～低水温期に該当する. クラスタ 3 では, Chl.a が過栄養湖レベルにあるなど, 濃度が極めて高い. クラスタ 5, 6 の Chl.a は富栄養湖レベルにあり, 前者では

Table 1 Mean values of water quality items in each cluster

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Chl.a(g/l) | 12.6 | 44.2 | 61.2 | 11.2 | 16.3 | 20.2 | 30.8 |
| TN(mg/l) | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 1.8 |
| TP(mg/l) | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.08 |
| TOC(mg/l) | 10.1 | 11.4 | 16.3 | 15.8 | 11.5 | 9.3 | 11.0 |
| DOC(mg/l) | 8.7 | 8.4 | 11.2 | 14.5 | 9.0 | 6.9 | 7.1 |
| DO(mg/l) | 8.6 | 11.4 | 12.8 | 9.9 | 11.1 | 8.1 | 9.1 |
| 水温(°C) | 29.4 | 27.2 | 18.1 | 24.1 | 16.1 | 16.9 | 25.7 |

TN, TP, TOC が相対的に高く, 後者ではこれらが相対的に低い. ③クラスタ 4, 7 は中～高水温期に該当する. クラスタ 4 では富栄養化関連項目の濃度が相対的に低い. クラスタ 7 では Chl.a が富栄養湖レベルにあり, 全クラスタの中で

TN, TP が最も高い. 以上のように, 対象池の水質環境は, まず水温によって大きく 3 つに分類され, さらに, 主に Chl.a の大小によってクラスタは細分化される. このような特徴をもつクラスタは, たとえば, 2009 年では 4→1→2→3 のように経時的に推移する (Fig. 3). いずれの年も 5 月～7 月中旬でクラスタは 4→1 に遷り変わる. しかしながら, 7 月下旬以降のクラスタの推移パターンは年によって異なり, とくに 2007, 2008 年と 2009 年で大きな違いが見られる. Fig. 4 は, Fig. 2 の 2 次元マップに優占種の情報を重ね合わせたものである. 同図から, クラスタ 2, 3, 4, 6 では緑藻類のみの出現率が, クラスタ 5 では藍藻類のみの出現率がそれぞれ高い. また, 中～高水温期で TN, TP が相対的に高いクラスタ 1, 7 では, 藍藻類・緑藻類・珪藻類が出現した.

4. おわりに SOM を利用した水質データのクラスタリングにより, 富栄養化貯水池の水質環境の特徴を抽出した. その結果, クラスタの経時的な推移パターンにより水質環境の変動特性を容易に捉えられた. また, 水質データの 2 次元マップを利用することで, 植物プランクトンの出現特性と水質環境特性の対応関係を見出した.

参考文献

Kohonen, T. (1995): *Self-Organizing Maps*, Springer Series in Information Sciences, Vol.30
 西山浩司・遠藤伸一・神野健二・河村明 (2005): 自己組織化マップを利用した梅雨期特有の気象場の分類, 水工学論文集, 49, 241-246

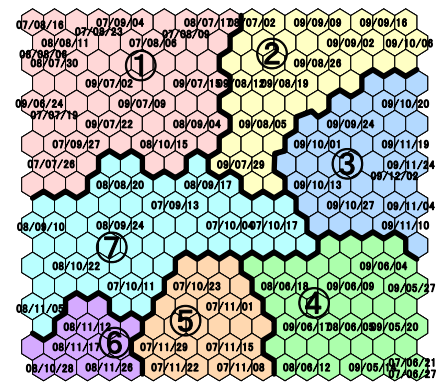


Fig. 2 Two-dimensional map and clustering results of water quality environment

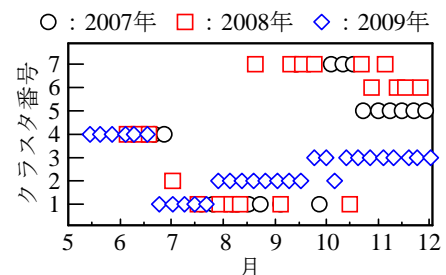


Fig. 3 Seasonal changes of cluster from 2007 to 2009



Fig. 4 Plots of dominant phytoplankton classes on the 2-dimensional map