

プランクトンの画像解析分類システム開発における基礎研究

小林廣茂 小倉久子 瀧 和夫* (*千葉工業大学)

1. はじめに

プランクトンの同定は、一般に人為的作業によることが多く、手間と把握に時間がかかり、異臭味の原因となるプランクトンの早期発見、水道水の安全性の向上に大きな課題を投げかけている。

そこで、本研究では自動化・機械化によるプランクトン種の把握時間の短縮を行い、原水の安全性の向上へと導くプランクトン画像処理システムの開発を試みた。本報では、植物プランクトンの形状に関する種々の情報が作り出す統計解析的グループ分類と目視(顕鏡)分類との関係について検討した。

分類および定量システムの開発にあたり、基礎的な項目である高解像度画質の画像取得条件の検討、画像処理解析ソフトの処理条件の検討、各種プランクトンの特徴に基づく計測項目の検討を行った。

2. 形状計測および解析

本解析装置は、画像処理ソフトを内装したパーソナルコンピュータと倒立顕微鏡との組み合わせからなっている。計測・解析の手順は、手賀沼(千葉県)における植物プランクトンを顕微鏡で捉え、次に、視野内に現れる特徴的な植物プランクトンの画像をコンピューターへ送り、画像処理プログラムにて形状に関する種々の項目を自動計測する。このようにして作り出された形状データを主成分分析およびクラスター分析によって統計的に解析し、グループ化する。最後に、グループ化の妥当性について目視(顕鏡)分類との比較を行う。

ここで、解析に用いた試料は平成15年8月11日に手賀沼中央付近で採取し画像化したもので、また、植物プランクトンの形状的特徴を円形・矩形・菱形・紐形とし、キクロテラ、オーラコセイラ、フラギラリア、シネドラ、ニッチア、およびフォルミジウムの形状を解析に用いることとした。解析対象としたサンプル数は49検体である。

さらに、画像処理プログラムによって得られる52の幾何形状データ項目の内、面積、楕円長短比、四角形面積比、四角形縦横比、半径比、周囲長、フラクタル次元およびフェレ径(最小)の8項目を解析項目とした。

3. 結果および考察

幾何形状の8項目と主成分因子との関係を示したのが表である。ここで、各因子への寄与割合を明確にするために、項目値の分散が主成分因子間で最大となるようにバイコーティマックス回転を加えている。表より、第5主成分までで、プランクトンの持つ幾何形状の94.3%を表現していることが累積寄与率よりわかる。

表 基準化バイコーティマックス法による因子負荷量

| | 因子Ⅰ | 因子Ⅱ | 因子Ⅲ | 因子Ⅳ | 因子Ⅴ |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 面積 | 0.189 | 0.323 | -0.154 | 0.858 | -0.060 |
| 楕円長短軸比 | -0.122 | 0.936 | -0.025 | -0.062 | -0.160 |
| 四角形面積比 | 0.090 | -0.874 | 0.171 | -0.106 | 0.173 |
| 四角形縦横比 | -0.033 | 0.161 | -0.984 | 0.042 | 0.008 |
| 半径比 | -0.042 | 0.435 | 0.011 | 0.048 | -0.898 |
| 周囲長(比) | -0.948 | 0.092 | -0.016 | -0.279 | -0.021 |
| フラクタル次元 | 0.975 | -0.111 | 0.020 | 0.146 | 0.022 |
| フェレ径(最小) | 0.371 | -0.300 | 0.107 | 0.821 | 0.009 |
| 固有値 | 2.048 | 2.070 | 1.033 | 1.528 | 0.866 |
| 寄与率 | 0.256 | 0.259 | 0.129 | 0.191 | 0.108 |
| 累積寄与率 | 0.256 | 0.515 | 0.644 | 0.835 | 0.943 |

さらに、プランクトンの凹凸度合いを表す項目が第1主成分、細長さの尺度が第2主成分、長矩形が第3主成分、大きさが第4主成分、そして、肥満度が第5主成分に分類・表現されていることがわかる。

次に、各抽出プランクトンに対する第1から第5主成分値を基にしたクラスター分析結果を図に表す。ここで、解析のアルゴリズムとして平方ユーク

リッド距離によるウォード法を用いた。

クラスターの結合距離を 60% とすると、本植物プランクトンの形状は図の樹状図より 5 つのカテゴリに分類されることがわかる。データ軸(横軸)は軸右から第 1 のグループが円形、第 2 のグループとして紐形、第 3 が長矩形、第 4 が短矩形に分類されているのがわかる。第 5 のグループは紐形のプランクトンが分類されており、楕円長短比の極端に大きいグループとして解析されている。

さらに、クラスター分析と検鏡結果との比較から、円形のプランクトン(第 1 のグループ)においては楕円長短比が 2.0 以下で、丸型および正方形のキクロテラが分類されている。紐形(第 2 のグループ)においては楕円長短比の値が高く、フォルミジウム、ニッチアが分類されている。長矩形(第 3 のグループ)においては四角形面積比が低く、半径比の高い値を示すオーラコセイラ、シネドラが分類されている。さらに、短矩形(第 4 のグループ)においては面積が大きいフラギラリアが分類されているのが

わかった。以上の結果から、顕微鏡によるプランクトン画像からの自動分類は 9 割以上の確度で分類されることが明らかとなった。

4. まとめ

植物プランクトンの形状に関し、統計解析的グループ分類と目視(顕鏡)分類との関係について検討した。その結果、以下の事柄が明らかとなった。

1) 植物プランクトンの幾何形状は 5 つの主成分因子で表現できることが明らかとなった。

2) クラスター分析により植物プランクトンは円形、紐形、長矩形、短矩形の 4 グループに分類され、目視(顕鏡)分類と高い整合性を見た。

謝辞

本研究にあたり、千葉県環境財団の早川雅久氏には試験検体の分与、資料提供および助言をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

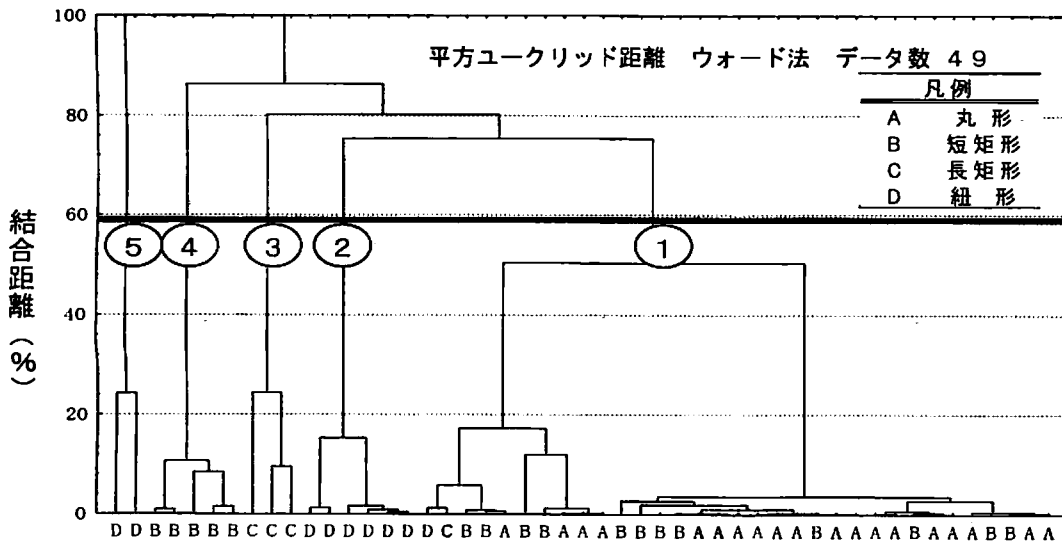


図 植物プランクトンの形状分類結果