

## 定数アンカーポイント法による浮遊性有孔虫室房の三次元幾何形態解析 3-D Geometric Morphometric Analysis of Planktonic Foraminifera Chamber Form with a Fixed Number Anchorpoints Method

伊藤 光<sup>1\*</sup>, 佐々木 理<sup>2</sup>, 長濱 裕幸<sup>1</sup>

ITO, Hikaru<sup>1\*</sup>, SASAKI, Osamu<sup>2</sup>, NAGAHAMA, Hiroyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科地学専攻, <sup>2</sup> 東北大学総合学術博物館

<sup>1</sup>Department of EARTH SCIENCE, Tohoku University, <sup>2</sup>The Tohoku University Museum

これまでの浮遊性有孔虫の形態解析は、特定方向から撮影した二次元画像を用いて行われた研究 (e.g. Lohmann, 1983; Malmgren *et al.*, 1984; Hull and Norris, 2009; Scott *et al.*, 2007) が殆どであった。しかし、二次元画像は実際の三次元形態からの情報損失量が多い。更に、浮遊性有孔虫殻の主要な構成要素の一つであり、かつその個体成長においてしばしば特徴的な形態パターンを示す三次元室房形態の情報を客観的に計測した例は存在しない。そのため、三次元室房形態の類似度や形態的特徴を定量的に解析する手法が必要とされている。

そこで、近年の発達著しい X 線コンピュータトモグラフィ (X 線 CT) と、標本の三次元モデルを用いた形態解析手法 (e.g. Brechbuhler *et al.*, 1995; Macleod, 1999; Wiley *et al.*, 2005; Mitterocker *et al.*, 2005; Shen and Makedon, 2006; Macleod, 2008; Polly, 2008; Polly and Macleod, 2008) の導入を考える。しかし、室房形態について最適な解析対象となる部位は初生の形態を保っている内壁部であるが、近年解像度が劇的に向上するまでは微化石の内部構造を走査可能な X 線 CT は存在しなかった。また、これまでの三次元モデルを用いた形態解析はミクロスケールかつ縁や口孔等の構造物を有した浮遊性有孔虫を対象としたものではない。本研究では工業用の十分な解像度を持つ X 線 CT を用い、新たに浮遊性有孔虫の幾何形態解析手法を開発することでそれらの問題を解決した。

本研究では浮遊性有孔虫殻全体から任意の室房領域のみを抽出する分画手法と、三次元室房の定量的幾何形態解析手法を開発した。これらの手法にはパッチオブジェクトを用いた。パッチオブジェクトとは、物体の表面形状を無数の三角形 (パッチ) により表現したものである。分画手法は五工程で構成され、それぞれ『法線選択法』、『経路積分選択法』、『ポテンシャル選択法』、『隣接室房選択法』、『連結選択法』と名付けた。解析手法は一定数のアンカーポイントで室房形態を表現し、その配置について平均形状からの歪みを調べる形を取った。この過程は四つの工程で構成されており、それぞれの内訳は『重心サイズによるスケーリング』、『プロクラステス最小二乗法』、『アンカーポイント設定』、『相対歪み解析』である。『重心サイズによるスケーリング』では、ランドマークから算出した重心サイズ (Bookstain, 1991) 三次元モデルの座標値を除算し、スケーリングを行う。重心サイズとは一つの図形について固有の数値が定まる唯一のサイズ変数である。『プロクラステス最小二乗法』ではプロクラステス回転を利用して室房を解析に最適な配置まで回転させる (Rohlf, 1990, Rohlf and Slice, 1990)。最適な配置の基準は解析対象となる標本群のランドマークにプロクラステス回転と最小二乗法を用いた平均化を施すことで算出する。『アンカーポイント設定』ではスケーリングと回転により規格化された室房三次元モデルに一定数 (1000) のアンカーポイントを均等に設置する。『相対歪み解析』では三次元室房形態を表現するアンカーポイントの相対歪み (Bookstain, 1991; Rohlf, 1993, 1996) を解析し、その係数群の主成分を用いて形態比較を行う。

本手法を用いて浮遊性有孔虫 *Neogloboquadrina* 属の複数個体を解析した結果、同一個体の異なる室房間や同一種の別個体における相同室房間の主成分空間上の距離は明確に小さな値を示した。これは形態が近いものほど主成分空間上における距離が近いことを示すと考えられる。結果として、本研究の幾何形態解析手法は三次元室房形態の空間的あるいは時間的な変遷を視覚的に追跡できると評価でき、特に個体成長のパターンの発見や標本の成長段階の推定に有用であることが期待できる。この解析手法は本研究では室房形態に特徴の少ない *Neogloboquadrina* 属を対象として取り扱ったが、それ以外の様々な種の任意の室房に対して適用することができる応用性を持つ。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 形態解析, 定量解析, 三次元標本, X 線 CT

Keywords: planktonic foraminifera, morphometric analysis, quantitative analysis, 3-D specimen, X-ray CT

BPT23-11

会場:301B

時間:5月23日 15:00-15:15

