

(様式第5号)

## X線CT-Scanを用いた炭酸塩岩に含まれる紡錘虫類化石の 殻構造の三次元可視化 3D visualization of fusulinoidean shells in carbonate rocks with the use of X-ray CT-Scan

一田昌宏，米山明男

Masahiro ICHIDA, Akio YONEYAMA

豊橋市自然史博物館，九州シンクロトロン光研究センター  
Toyohashi Museum of Natural History,  
Kyushu Synchrotron Light Research Center

- ※1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開〔論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表〕が必要です（トライアル利用を除く）。
- ※3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※4 共著者には実験参加者をご記載ください（各実験参加機関より1人以上）。

### 1. 概要

後期古生代の示準化石である紡錘虫類は、大型底性有孔虫であり、当時の地球表層環境に大きな影響を与えうる重要な炭酸塩生産者でもある。炭酸塩の殻を持つ紡錘虫類は、炭酸塩岩に含まれる。そのため、三次元的な外形や内部構造の観察が難しく、古生態学的検討が行いづらかった。そこで本研究では、X線CTを用いた紡錘虫類の殻の外形及び内部構造の観察を試み、その古生態学的研究への有用性を検討した。

#### (English)

Fusulinoideans, Late Paleozoic index-fossil, are benthic lager foraminifera and important carbonate producer affected Earth surface environment at the time. Fusulinoidean shells are almost composed of carbonate materials and are included in carbonate matrix of limestone. By the homogeneous of shells and matrix materials, it is difficult to three-dimensional observe outer shape and inner structure, one of the most basic paleoecological methods, of fusulinoideans shells. The key objective of this study is non-destructive investigation the outer shape and inner structure of fusulinoidean shells by using of X-ray CT.

### 2. 背景と目的

後期古生代（後期石炭紀～ペルム紀末）に繁栄し、古生代末に絶滅した炭酸塩殻を持つ大型底性有孔虫、紡錘虫類（“フズリナ”）は、熱帯～亜熱帯浅海環境における重要な示準化石であり、当時の二酸化炭素化学種のリザーバである生物礁の最も重要な炭酸塩生産者でもある。すなわち、紡錘虫類の古生態を明らかにすることは、当時の地球表層における物質循環及び古環境変動を解明するうえで重要といえる。しかしながら、炭酸塩岩中に含まれ、炭酸塩殻を持つ紡錘虫類は単離も難しく、その研究は岩石薄片を用いた2次元データを用いており、一個体に限定した殻の三次元的な検討は不可能であった。これまでの2次元データに依拠する研究では、一個体における殻成長の変化（真の個体成長の評価）、現生の有孔虫にも観察される殻の傷病痕との比較（奇形から見る古生態）、殻の磨滅度の評価（死後の堆積過程の推定）、岩石内での殻配列の検討（最終堆積時の堆積環境の推定）など、個体

成長のみならず古生態等の検討もままならない状況であった。

殻構造及び岩石中の殻の配置などを3次元的に可視化することで、これまでにない紡錘虫類の古生態学的な結果が得られる可能性が高いとともに、その結果を基に、古生代後期の亜熱帯～熱帯浅海域での古海洋環境変動研究の精度向上に大きく寄与することが期待される。そこで本研究では、X線CTを用いて非破壊での紡錘虫類の殻の外形及び内部構造の観察を試み、その古生態学的研究への有用性を検討した。

### 3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

本研究において、BL7の位相コントラストイメージング及びマイクロCTを利用した。位相コントラストイメージングでは琢磨した堆積環境等が明らかになっている異常巻きの紡錘虫類である *Nipponitella auriculla* を含む砂質石灰岩 (一田, 2020) のチップ (約15mm×15mm×2mm) を2点、マイクロCTでは石灰岩中から溶出した殻のみ珪化した *Hidaella kameii*, *Beedeina lanceolate*, *Pseudostaffella spaeroidea* を1点ずつで合計3点を測定した。



図 1. 位相コントラストイメージング. エネルギー30 keV, CTはサンプルを回転して取得. 投影数は500 投影/360度, 高精細カメラ Zyla (観察視野 13x10 mm) 利用. 中央カッブ上部のチップが *Nipponitella auriculla*.

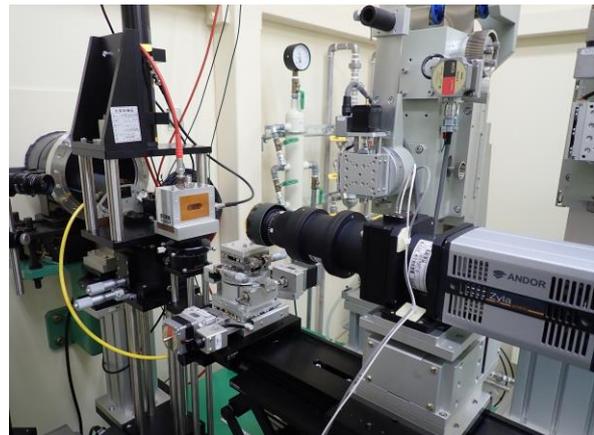


図 2. マイクロ CT. エネルギー 10~20 keV, 対物レンズ倍率 5 倍 (視野 2x2 mm、画素サイズ 1.3 ミクロン), 投影数最大 1000 程度, 高精細カメラ kenvy (2048x2048 画素) 利用. 中央ステージ上にストロー内部に加工した単離紡錘虫類化石をセットし測定.

### 4. 実験結果と考察

図 3, 4 に、測定によって得られた *Hidaella kameii* の CT 断層像及び三次元ボリュームレンダリング像を示す。石灰岩中より単離された *Hidaella kameii*, *Beedeina lanceolate*, *Pseudostaffella spaeroidea* はその外形並びに内部構造を鮮明かつ高精細に可視化できた。この結果により、今後 ImageJ 等のソフトウェアを用いることで、1 個体の殻成長の三次元的な観察、即ち紡錘虫類の古生態学的データの取得が可能になったといえる。

一方で、位相コントラストイメージングについては、*Nipponitella auriculla* の化石部とその周囲の石灰岩部の密度差が想定以上に小さかった等から処理が難航し、今のところ断層像の取得には至っていない。

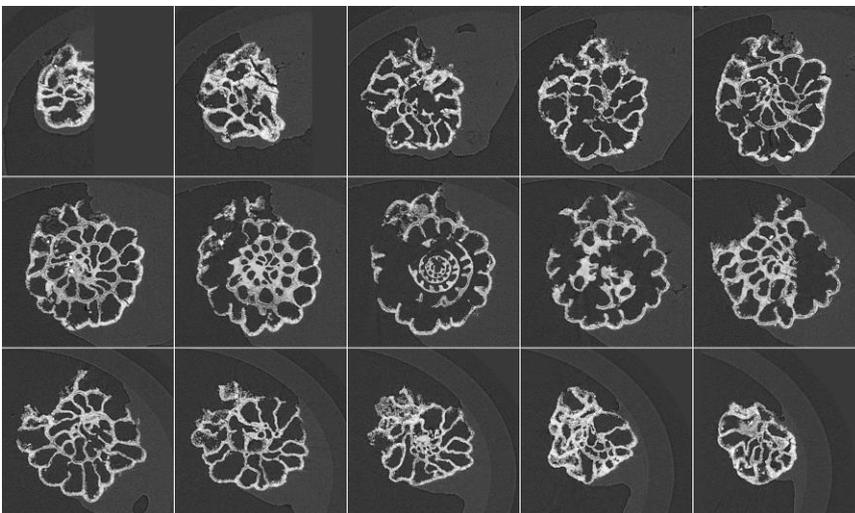


図 3. *Hidaella kameii* の断層像。

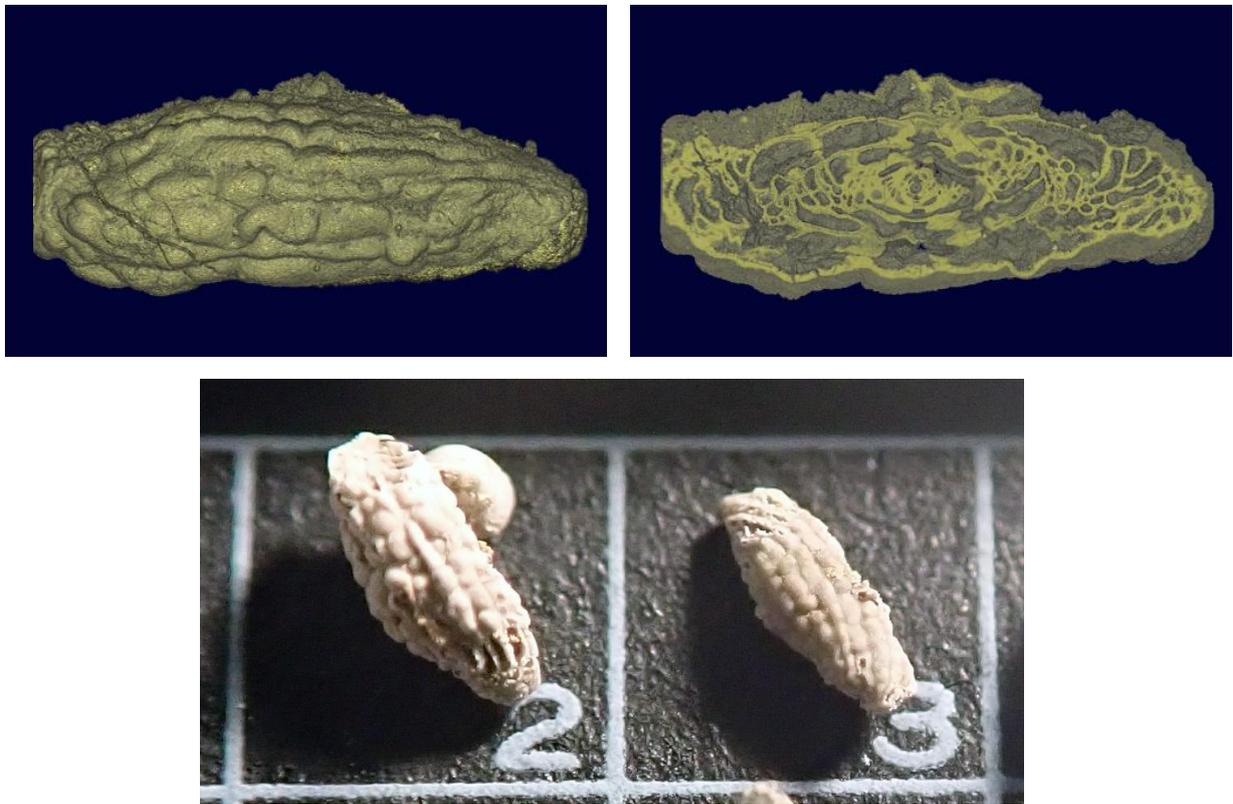


図4. 三次元ボリュームレンダリング像外形（左上）及び axial section（右上），測定試料（下）。

## 5. 今後の課題

マイクロCTを用いた測定では、紡錘虫類の殻構造を鮮明にとらえることが出来た。この結果を用いて、各成長段階での殻に仕切られた房室の体積等の変化を定量的に検討するなどの古生態学的検討を進めることが可能になる。また、本研究では単離した個体を計測したが、より視野の広いマイクロCTを用いて岩石内での複数個体の姿勢等を検討し、堆積時の状態を復元し、タフォノミー（死後～化石化までの過程）についての検討も進めていく必要がある。加えて、海外産も含め多くの属種の紡錘虫類試料を測定することで、紡錘虫類全体での古生態、進化及び絶滅に関する重要なデータとなることが期待される。位相コントラストイメージングに関して、現在のところ断層像の取得が出来ていないが、測定試料の条件（例えば、チップの加工方法、化石の保存状態、化石を含む石灰岩の不純物の量など）を再検討し、より条件の良い測定試料の準備が必要と考えられる。

## 6. 参考文献

一田昌宏, 2020. *Nipponitella auriculla* Hanzawa, 1938（ペルム紀“異常巻”紡錘虫類）の産出層準の特定とその産状. 豊橋市自然史博物館研究報告, vol. 30, p. 51-54.

## 7. 論文発表・特許

<論文>

一田昌宏, 2020. *Nipponitella auriculla* Hanzawa, 1938（ペルム紀“異常巻”紡錘虫類）の産出層準の特定とその産状. 豊橋市自然史博物館研究報告, vol. 30, p. 51-54.

<博物館活動>

豊橋市自然史博物館企画展「新蔵資料／学芸員の研究成果紹介展」. 2020年7月18日（土）～8月30日（日），観覧者数48,675人（速報値）.

## 8. キーワード（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

紡錘虫類，殻構造，X線CT

## 9. 研究成果公開について

① 論文（査読付）発表の報告

（報告時期：2023年3月）