

## X線CT画像を用いたサンゴの内部構造解析システムの開発

今井 凜太郎\*・根本 達也\*・江崎 洋一\*・升本 眞二\*

### Development of Internal Skeletal Analysis System for Coral using X-ray CT Images

Rintaro IMAI\*, Tatsuya NEMOTO\*, Yoichi EZAKI\* and Shinji MASUMOTO\*

\*大阪市立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan. Email: m18sc002@xr.osaka-cu.ac.jp

キーワード : X線CT, サンゴ, 内部構造解析

Key words : X-ray CT, Coral, Internal skeletal analysis

#### 1. はじめに

近年、サンゴの出芽の規則性に関する研究が行われ、サンゴ自体の成長形態の解明が重要になってきた (Sentoku and Ezaki, 2012; 大野他, 2016 など). その中で石橋他 (2011) は六射サンゴ目キサンゴ科の造礁性サンゴであるスリバチサンゴ (*Turbinaria pletata*) について検討している. スリバチサンゴは光受容面積を最大化する形態をとっているため、出芽の規則性の検討に重要な莖部を外形から確認することが難しいが、X線CT画像を取ることで、筒状の構造である莖部と、莖部同士の間を埋める共骨部の存在を確認できる.

内部構造解析方法の例として薄片の作成があげられるが、試料を破壊してしまうためデータが欠損し、精度の高い解析をすることができない. 石橋他 (2011) や Sentoku *et al.*

(2015) は X線CT装置を利用しているが、断面画像から莖部を自動抽出するシステムが開発できておらず、手作業を組み合わせた抽出を行っているため、処理できる画像の数が少なく、精度が十分とは言えない.

サンゴの内部構造を高い精度で自動抽出するためのシステムを開発することを最終的な目的とし、本研究では、莖部を自動抽出するシステムを開発した. 開発には C言語を用いた. 石橋他 (2011) と同じスリバチサンゴ骨格 (第1図) の X線CT画像 (第2図 (a)) を用いた.

#### 2. 解析工程

サンゴ莖部の空隙の概形の抽出は、判別分析法による二値化、球を用いたサンゴ内外の識別、球を用いた空隙抽出、縮退、体積計算により概ね可能となった.

①サンゴ骨格の概形を抽出するために原画像 (1024×1024ピクセル) を判別分析法により二値化した (第2図 (b)). 処理を行う際のヒストグラムは 320枚の画像に対して1つ作成した. 二値化画像からボクセルを構築した.

②白ボクセルをサンゴの骨格部分として、ボクセル空間内に半径 70ボクセルの球を定義し、球でスキャンすることでサンゴの内部と外部を区別した (第2図 (c)). 内部にサンゴ骨格を含まない球をサンゴの外部とし、球を黒ボクセルとする. サンゴ骨格を含む球は処理を行わない. 最終的に処理が行われずに残った部分をサンゴの内部 (白

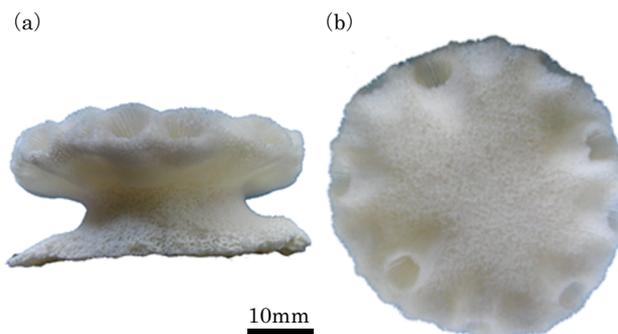
ボクセル) とした. この処理によって、莖部および共骨部の空隙をサンゴ外部の空間とは別のものとして扱うことができる.

③第2図 (c) の白ボクセルの範囲内 (サンゴ内) に半径 3ボクセルの球を定義し、スキャンすることでサンゴ内の空隙を抽出した. ここで、第2図 (b) の画像は莖部の空隙に一部欠損が見られるので、空隙部分を大きく残すよう、サンゴ内で断面画像ごとにヒストグラムを作成し、判別分析法によって二値化したもの (第2図 (d)) をサンゴ骨格のデータとした. 内部にサンゴ骨格を含まない球をサンゴ内の空隙 (白ボクセル) とし、サンゴ骨格を含む球は処理を行わず、最終的に黒ボクセルとした (第2図 (e)).

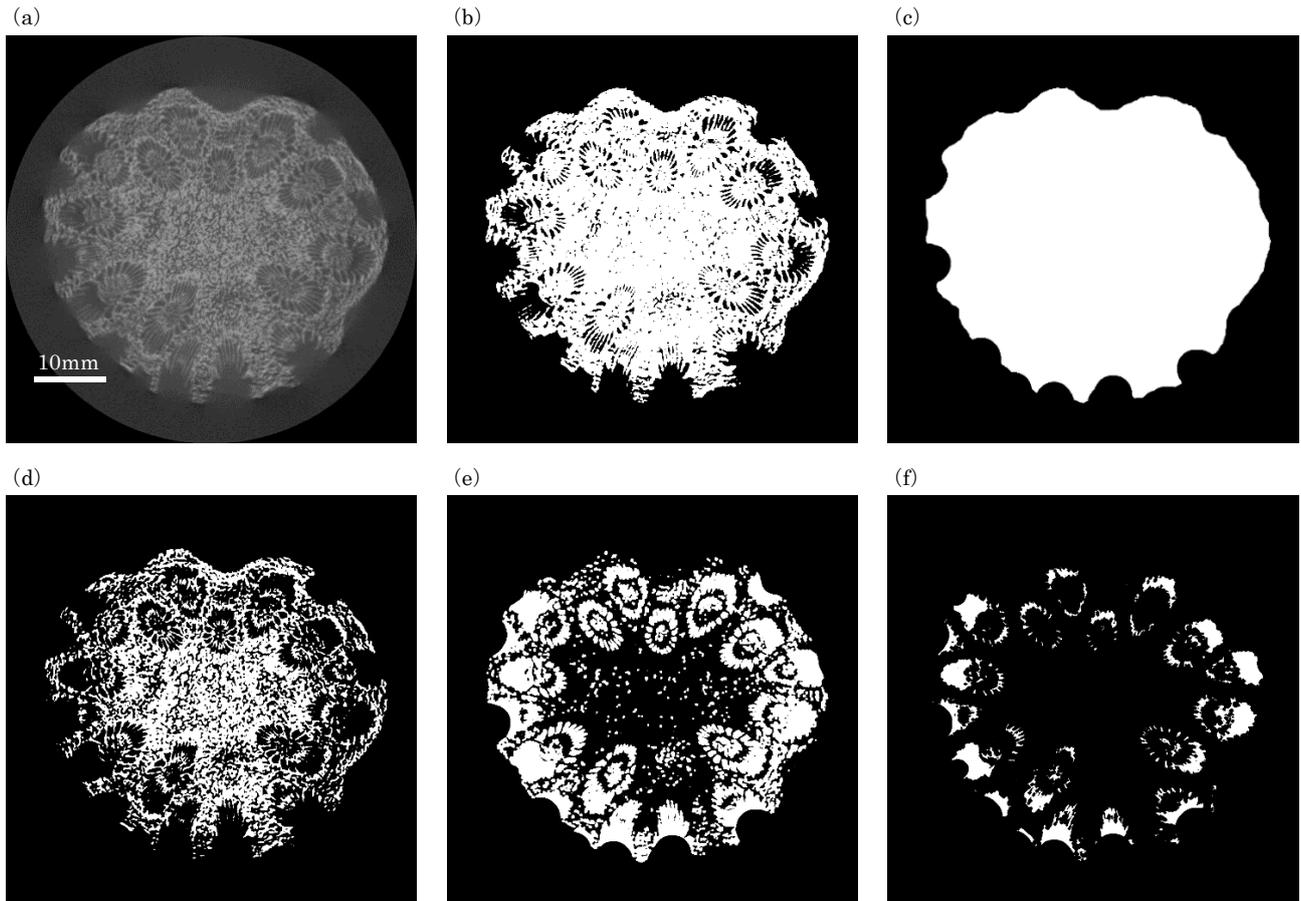
④第2図 (e) の白ボクセルを 4ボクセル分縮退し、10万ボクセル以上の塊を出力した (第2図 (f)). ここでは、6近傍で接するボクセル同士を同一の塊として扱った. この処理によって、規模の小さい共骨部の空隙を概ね除去することができた.

#### 3. 結果

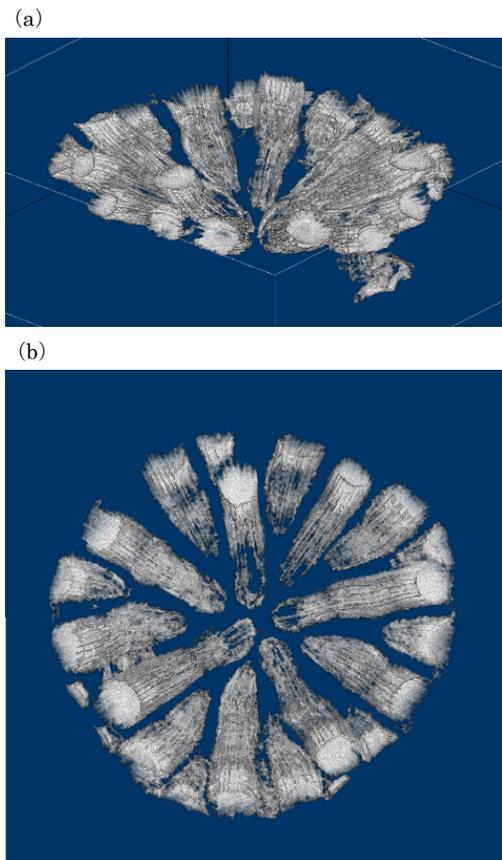
得られた結果を米国国立衛生研究所の画像解析ソフト ImageJ を用いて 3次元に可視化した (第3図). 共骨部の空隙が僅かに残った部分と、莖部の空隙が欠損した部分が見られるが、莖部の空隙を概ね抽出することができた.



第1図 スリバチサンゴ骨格の写真



第2図 スリバチサンゴ骨格の断面画像の解析工程



第3図 抽出結果の3次元可視化例

#### 4. おわりに

開発したシステムの現時点の課題として、つぎの二つがあげられる。

- ・ 莖部の空隙（とくに、出芽部位周辺）をより正確に抽出すること。
- ・ 莖部の抽出後に空隙を囲うように隔壁を形成して、サンゴ骨格を明確にすること。

今後、これらの課題を解決するとともに、他の試料についても検討し、汎用性の高い内部構造解析システムを開発したい。

#### 文 献

- 石橋正嗣・千徳明日香・江崎洋一・升本眞二 (2011) X線CT画像を用いたスリバチサンゴ骨格の3次元モデリング. 情報地質, vol.22, no.2, pp.84-85.
- 大野理恵・千徳明日香・江崎洋一・升本眞二 (2016) 非造礁性群体六射サンゴの形態形成のモデリングと成長シミュレーション. 情報地質, vol.27, no.1, pp.3-12.
- Sentoku A. and Ezaki Y. (2012) Regularity in budding mode and resultant growth morphology of the azooxanthellate colonial scleractinian *Tubastraea coccinea*. *Coral Reefs*, vol.31, pp.67-74
- Sentoku A., Ishibashi M., Masumoto S., Ohno R., Tomiyama T., Machiyama H., Tadai O. and Ezaki Y. (2015) Regular budding modes in zooxanthellate colonial *Turbinaria peltata* (Scleractinia) revealed by X-ray CT imaging and three dimensional reconstruction. *Journal of Morphology*, vol.276, pp.1100-1108.