

貝殻の3次元形状測定手法の開発

佐賀大学大学院 学生員○ 藤木 剛

佐賀大学理工学部 正 員 荒牧 軍治

佐賀大学理工学部 正 員 佐々木広光

1 まえがき

佐賀大学の構造系の研究室では、幾何学的非線形解析手法の一つである接線剛性法を用いて石炭膜構造及び軸線ネットの形状決定法の開発を進め、3次元構造物の最適形状決定問題に新しい提案を行っている。

自然の中にも3次元構造物として興味ある形状を持つものが多い。貝殻（シェル）は3次元曲げ系の構造物として解析法の代名詞にもなる興味ある対象であるが、その形状を最適形状問題として検討した研究は少ない。最適形状問題の観点から貝殻の力学的特性を検討するため、今回は研究の第1歩として貝殻の形状計測の手法について検討を行った。

2 形状測定法

貝殻の形状測定法には、次のような方法が考えられる。

- 1) X線CT写真により連続の断面像を得る方法
- 2) レーザー光線照射応答により表面形状を測定する方法
- 3) 連続切片標本作製し断面図を得る方法

その他様々な方法が考えられるが、今回はその中で簡単でコストのかからない3番目の方法を採用した。

貝殻の連続切片標本作成するにあたり、貝殻が生体であることを無視する訳にはいかず、薄切することにより貝殻が破壊したり変形したりしては正確な断面は得られない。そこで、佐賀医大歯科口腔外科の協力により、歯の3次元画像構築に用いる標本作製法で、連続切片標本作製するのに最適な非脱灰研磨標本法を使用することにした。

表1 手順

過程①	浸漬固定・脱水・脱脂
過程②	樹脂浸透
過程③	包埋硬化
過程④	トリミング
過程⑤	面整形
過程⑥	座標軸設定
過程⑦	薄切
過程⑧	トレース
過程⑨	節点設定
過程⑩	座標値読み

3 非脱灰研磨標本法

標本作製と3次元再構築の過程を表1に示す。

- (1) 浸漬固定・脱水・脱脂 ここでは、まず材料の貝殻を10%のホルマリンに1日つけておくことにより細胞固定をする。次に80%と100%のエタノールにそれぞれ1日ずつつけて脱水をする。脱脂では、1日間100%のアセトンにつける。これらの3つの過程における浸漬・脱水・脱脂が不完全な状態では、次の過程②において樹脂浸透不全、過程③においては硬化不全を引き起こし、標本不良の原因になる。
- (2) 樹脂浸透 ここで行う作業は、包埋容器の中に100%の樹脂を入れて、真空ポンプを使って予備抜気をして混入した空気を除く。次に貝殻を中に入れ、さらに抜気をしてから減圧下で2日間以上つけておくことにより、樹脂を貝殻に浸透させる。
- (3) 包埋硬化 硬化は加熱恒温槽の中に入れて行う。樹脂の硬化において、重合収縮・重合熱により標本が壊れないように低温で出来るだけ時間をかけた方がよいので、40℃で樹脂の流動性がなくなるまで硬化させてから順次温度を上げて60℃で硬化を完了させる。

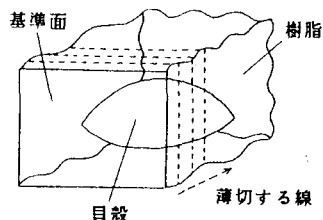


図1 面整形

(4) トリミング ここでは、薄切機(EXAKT社BS3000)や研磨機(EXAKT社MG4000)を使用して、薄切の基準となるアクリル板の大きさに合わせて余分な樹脂を取り除く。

(5) 面整形 この過程では、薄切する面に平行な基準面を1面とり、整形する。

(6) 座標軸設定 過程⑦の面整形で作った基準面に垂直方向に直径1~2mmのドリルで3つの穴を開けることにより行う。座標軸は図2に示すように薄切方向をX軸方向として右手系の座標軸とする。

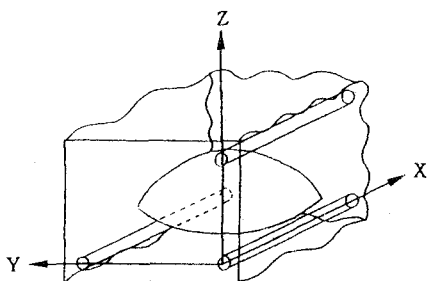


図2 座標軸設定

(7) 薄切 ここでは、薄切片のカーリングを防ぐためにアクリル板に標本を接着しておく貼り付け法を採用し、薄切機を使用して25~50g程度の小さな荷重で薄切を行った。今回は薄切の厚さを5mmとした。

(8) トレース 過程⑦までで連続切片標本が作製される。過程⑧からはその標本からコンピュータグラフィックスによる3次元再構築を行う。まず、過程⑧ではトレースをする。標本のスライスの上にトレース用紙をおいて丁寧に貝殻の切断面形状をトレースする。

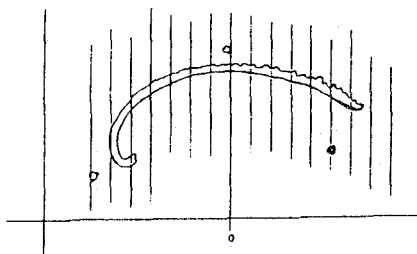


図3 節点置

(9) 節点設定 次の2つの方法で節点を取った。まず1番目の方法は図3に示すように、貝殻断面の中心を基準としてY軸に平行な線をZ軸方向5mm間隔に描いていき、その線と断面の線との交点を節点とする方法。2番目の方法は図4のように、中心を基準として、断面内の中心曲線上に約5mm間隔に点を取り、その点の法線と断面の線との交点を節点とする方法である。その2つの方法とも、極端に形状表現が出来ていない部分は、補足して節点を加える必要がある。

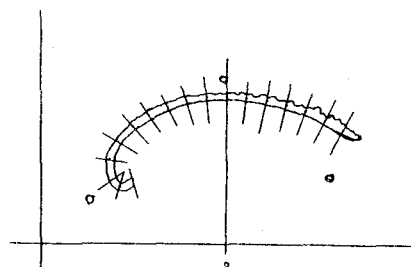


図4 節点設定方法2

(10) 座標値読み 過程⑩で設定した節点の座標をデジタイザーで読む。この後、切片の位置合わせをして要素を作り、BASICの3次元グラフィックスプログラムで表示して、データの確認を行う。測定結果の1つのハードコピーを図5に示す。

4 まとめ

今回行った非脱灰研磨標本法による形状測定では、薄切の過程で微少の切りしろが生じるということと切片間の位置合わせが容易ではないという欠点があるが、貝殻の力学的特性を検討する上で解析に必要となる形状のデータは得ることが出来た。今回は、比較的簡単な形状の2枚貝の形状を測定したが、これからはさらに複雑な形状を持つ巻き貝などの測定も試みるつもりである。測定が完了した時点で、測定結果を用いた解析を行い、その解析結果を最適形状問題と関連づけて検討してゆく予定である。

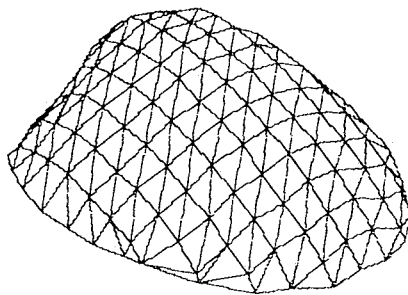


図5 測定結果のハードコピー