

課題名 (タイトル) :

大変形と組織成長を伴う生体組織の連続体力学を用いた定式化と数値解析手法の開発

利用者氏名 : ○木田 直樹

理研での所属研究室名 : 生命機能科学研究センター 発生幾何研究チーム

1. 本課題の研究の背景・目的・関係するプロジェクトとの関係 :

臓器や生体組織が形成され成長するといった形態形成には、外部環境からの力学的な負荷や生体内部に生じる応力やひずみなどの力学場が影響していることが広く知られている。このため、形態形成にたいする力学モデルの構築が必要とされている。本研究では、形態形成の力学モデル (連続体力学での構成則) をいくつか提案し、有限要素法をもちいた数値シミュレーションを行う。これにより、形態形成を支配する力学法則をみいだすことを目的とする。

2. 具体的な利用内容・計算方法 :

形態形成を、質量変化をとまなう物体の変形または自律的な物体の変形 (active deformation) であると仮定して、連続体力学の枠組みで、運動方程式および構成則を初期値境界値問題として数理モデル化した。構成則の記述には、有限ひずみ弾塑性論と類似の手法 (変形勾配テンソルの乗算分解) をもちいた。数理モデルの有限要素解析コードへの実装に際しては、従来の非線形構造解析のための有限要素解析のアルゴリズムを継続して利用可能となるように数理モデルの定式化を行った。解析例には、Fig. 1 に示すニワトリの枝芽をもちいた。

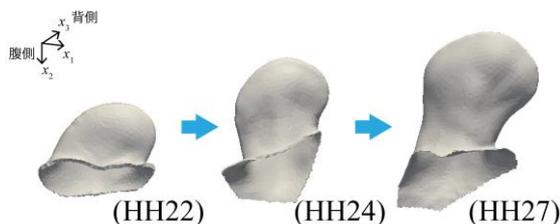


Fig. 1 : ニワトリ枝芽は、脊椎動物の四肢の成長および形成の機序を解明するための形状モデルとしてもちいられている。

3. 結果 :

ニワトリ枝芽の形態形成の有限要素解析によるシミュレーション結果の一例を Fig. 2 に示す。

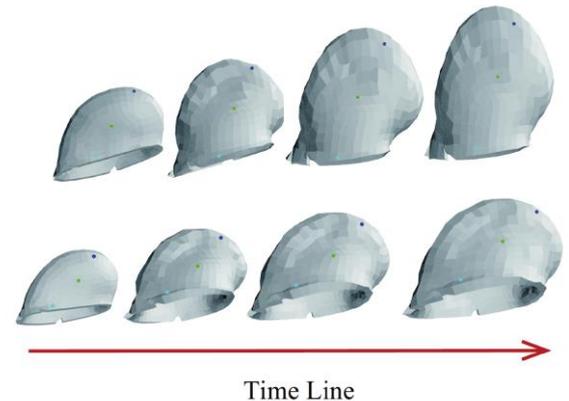


Fig. 2 : (上) 異方性を伴う成長 (周方向には材料が成長しにくいため長手方向に優位に伸長する) .

(下) 等方的な成長.

枝芽の成長過程には、何らかの異方性が関与していることが示唆される。

4. まとめ :

本研究では、形態形成を初期値境界値問題として連続体力学の枠組みで数理モデル化した。従来の非線形構造解析のためのアルゴリズムを発展させ、数理モデルを有限要素解析コードに実装した。ニワトリ枝芽を解析例にもちいて、有限要素シミュレーションを行った。

5. 今後の計画・展望 :

形態形成をシミュレーションで忠実に再現するために、材料の異方性、成長速度、成長方向の異方性など、実在材料の内部構造や観察事実を考慮した数理モデルを作成し、有限要素シミュレーションをもちいて検討していく予定である。