

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 : 生命システム研究センター 生命モデリングコア 発生幾何研究ユニット

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・組織を形成し成長するといった、生物の形づくりには、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、生物の形づくりに対して、力学モデルの作成が必要である。本研究では、生体の成長を扱う。成長に関する力学モデルを構築し、有限要素法を用いた数値シミュレーションを行う。これにより、成長現象を支配する力学法則をみいだす。解析例として、嚢状構造をしたニワトリ肢芽の初期発生過程を扱う。
2. **具体的な利用内容・計算方法** : 生体の成長を、質量変化をともなう物体の変形と仮定して、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。構成則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。
3. **結果** : Fig. 1 に示すニワトリ肢芽を形状モデルにもちいた。

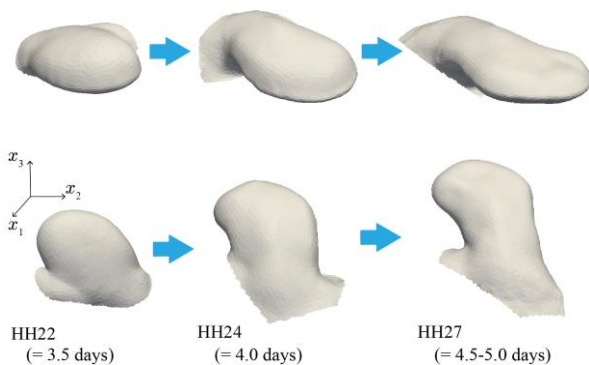


Fig. 1 : ニワトリ肢芽は、脊椎動物の四肢形成の機序を解明するための形状モデルとしてもちいられている。

主応力方向に依存する成長を仮定し、構成則を構

築した。提案する構成則モデルをもちいた、ニワトリ肢芽の成長の有限要素解析によるシミュレーション結果を Fig. 2 に示す。

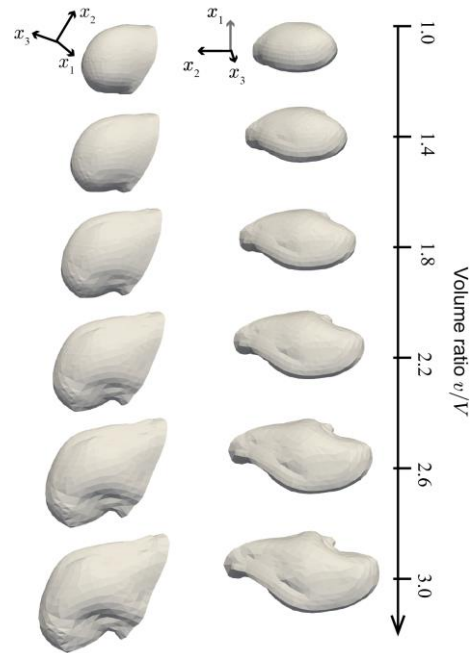


Fig. 2 : 中間主応力方向に相対的に伸長する構成則を用いた解析結果. x_3 方向に伸長し, x_1 方向に扁平化する. 肢芽の成長過程の主要な形態変化を再現している。

4. **まとめ** : 本研究では、連続体力学の枠組みで、生体の成長を初期値境界値問題として数理モデル化した。従来の非線形構造解析のためのアルゴリズムを継続して利用可能な形で、成長の構成則を有限要素解析コードに実装した。応力に依存した構成則を実形状モデル (ニワトリ肢芽) に適用し、成長のすうち有限要素シミュレーションを行った。生体の成長を忠実に再現するには、観測事実と照合しながら構成則を記述する必要がある。
5. **今後の計画・展望** : 生体の成長をより忠実に再現するために、さまざまな構成則を作成し、有限要素シミュレーションをもちいて検討する予定である。

平成 29 年度 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

Continuum mechanical modeling of developing epithelial tissues with stress-dependent anisotropic surface growth, Naoki Kida and Yoshihiro Morishita, submitted to *FINITE ELEMENTS IN ANALYSIS AND DESIGN*, 2017.

【国際会議などの予稿集、proceeding】

該当なし

【国際会議、学会などでの口頭発表】

該当なし

【国内学会での口頭発表】

該当なし

【その他（プレスリリース、学術会議以外の一般向けの講演など）】

該当なし