

プロジェクト名(タイトル):

## 多細胞生物の形態形成

利用者氏名:○本多 久夫

理研における所属研究室名:

生命機能科学研究センター 形態形成シグナル研究グループ

## 1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

多細胞生物の形態形成は生物体を構成している細胞の振舞いによってなされる。細胞の振舞いを数理的に記述する方法があれば、数理的手法が形態形成を理解に役立つ。組織を構成する細胞を多角形または多面体と考えて、そこでの多角形・多面体の頂点の動きを記述する運動方程式を作成した。これにより細胞の振る舞いが数理的にあらわせる。この運動方程式を数値計算で解くには大きな計算が必要である。これがスーパーコンピュータを使う理由である。これにより生物学ではこれまでにないアプローチで形態形成を研究することができる。

細胞でできたチューブがヘリックスのねじれを形成することがある。これまでに、哺乳類や鳥類の心臓形成初期にみられるこの現象を心筋細胞が細胞の振る舞いにキララな性質を持っているとすれば説明できることをコンピュータシミュレーションで示した。ここで得た知見に基づき内臓の管状形態とねじれやループの関連を調べる。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

物理学で行われている **vertex dynamics** とよばれる微分方程式を使う手法を生物学の多細胞系に応用した。作成したものは3次元空間で曲面状に広がったシートを、多角形の敷詰まった曲面と見なし、**vertex dynamics** をつかってその変形を記述するものである。この運動方程式の解を得るプログラムを **Fortran** 言語でつくり、**Hokusai** システムのバッチジョブによって計算した。

## 3. 結果

一般に細胞からなるチューブにおいて、チューブを構成する細胞に異方的な力学的性質(例えば方向性のある収縮)があったときに、その異方性の与え方によって (1) チューブの全体の形は変わらずに、細胞がチューブ表面を回転するように動く、または、(2)細胞はチューブ表面では大した

動きはせずに、その代わりチューブ自体が大きく変形してねじれなどを起こすことがわかった。そこで細胞のチューブの軸まわりの回転運動と軸自体がループするような変形の両者を関連づけるような試みを行っている。

今年度は異方的力を生じているチューブの上端と下端間の距離をちぢめることで、チューブがたるんで屈曲し、この屈曲が一定方向の巻のループにならないかどうかを調べている。チューブはループをつくるのだが、このループの巻が安定に形成される条件がまだ見つけられない状況である。

## 4. まとめ

大腸などが体内で大きくループする形態形成を理解するために、側面が多角形でしき詰まったチューブを対象にして、敷詰まった多角形集団の個々の細胞に異方的な収縮を仮定して、細胞集団に **convergent extension** を起こすことで、チューブが大規模なループを形成する条件を探している。これが明確になれば、大腸のループ形成はどのような細胞や細胞集団の性質によるかの示唆を得ることができる。まだその条件は見出していない。

## 5. 今後の計画・展望

ここで述べた計画に沿って研究を進めるが、その間、チューブと体腔壁をつなぐ腸間膜の役割も考慮しなければならないと考えている。

2023年度 利用報告書  
2023年度 利用研究成果リスト

**【口頭発表】**

本多久夫「DNA情報・細胞・形づくり」

第94回形の科学シンポジウム（千葉工業大学 2023.6/9）

形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 8 No. 1（2023年6月）pp. 5-6