

課題名 (タイトル) :

Morphogenesis of multi-cellular organisms

利用者氏名 : 本多 久夫

所属 : 神戸研究所 発生・再生科学総合研究センター 形態形成シグナル研究グループ

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

多細胞生物の形態形成はこれ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、数理により形態形成を理解することができる。

組織を構成する細胞を多面体と考えて、すべての多面体の頂点の動きを記述する運動方程式をつくった。これにより細胞の振舞いが数理的に表せる。この運動方程式を数値計算で解くには膨大な計算が必要だが、これをなすことによりこれまでになかったアプローチで形態形成を研究することができる。

2. 具体的な利用内容、計算方法

物理学で Vertex dynamics とよばれる微分方程式を多細胞系に応用した。この運動方程式の解を得るプログラムを Fortran 言語で作り、ricc システムのバッチジョブによって計算する。

3. 結果

これまで三次元細胞モデルを使って行ってきた幾つかの形態形成研究を振り返り、この経験を生かして、ハエ胚が行う気管形成開始時の上皮陥入を調べた。

シミュレーションの初期条件として、角柱細胞 200 個が一層に並んだ上皮シートをつくり、ここに陥入が起こるための細胞の性質を検討した。陥入の中心はそれまでの発生過程により決められているとして、この後、細胞の性質を決める作用が中心から円周状に広がると考えた。細胞の性質としては、(1) 角柱のアピカル面が底面に対して収縮または拡大すること、(2) 細胞が胚内部に移動する動き、および (3) アピカル面の辺のうち、中心に対して接線方向の辺が特に強く収縮し、アーチ状構造を形成することを取り上げた。

現在のところ、(1)および(2)が上皮陥入に大きく働いていることがわかった。

4. まとめ

上皮陥入には角柱細胞のアピカル面と底面の相対的な収縮・拡大および細胞が胚内部に移動する動きが大きく働いている。

5. 今後の計画・展望

シミュレーションでは具体的な形が結果としてわかる。これと実験室での観察の詳しい対応を検討し、説得力のある結論をだす。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

上皮陥入が実現するために必要な細胞の性質が確認できつつある。しかし実際との詳しい対応を調べることで、他に関与している性質はないか、また、それぞれがどの程度寄与しているかを明らかにする。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由 簡易利用である。

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

なし

【国際会議などの予稿集、proceeding】

なし

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Hisao Honda

“An equation of motion for cell-based morphogenesis” 「細胞が行う形態形成のための運動方程式」
Symposium 10 “After Turing: Towards novel mathematical modeling of biological forms”
43rd Annual Meeting for the Japanese Society of Developmental Biologists jointly sponsored by the
Asia-Pacific Developmental Biology Network (Kyoto June 23, 2010)

本多久夫、西村真由子、近藤武史、林茂生

「上皮シートの陥入をおこす細胞のふるまい」
第 20 回日本数理生物学会大会（北海道大学、2010.9/14）

Hisao Honda, Mayuko Nishimura, Takefumi Kondo, Shigeo Hayahi

“Mechanical cell properties causing epithelial invagination” 「細胞が上皮陥入を起こすための力学的性質」
日本生物物理学会第 48 回年会（東北大学 2010.9/20, 21）

【その他】

なし