

論文審査の結果の要旨

氏名 鈴木啓介

本論文は原始細胞の自発運動の進化を理論的に考えるためのフレームワークを提案することを目的とし、具体的には2次元オートマトンによる数理モデルの提案とそのシミュレーションおよび理論的解析を行なったものである。

本論文は4章からなる。第1章では、原始細胞を理論的に考察する上での基本概念である、オートポイエシス理論や、構造的カップリングなどを説明し、その上で本論文がテーマとする、原始細胞の自律的運動について簡単に解説し、2章以後のモデルの基盤を示している。第2章では、F. Varelaらによって提唱された数理モデルの拡張を試みる。この数理モデルはわずか3種類の抽象的な化学物質とその間の反応により、触媒物質を囲い込む膜の構造が生成し、その膜を維持することで触媒反応が保たれ、それが逆に膜を維持するというフィードバックループの存在を示す。本論文では膜を構成する分子の種類を増やし、膜の透過性を議論できるモデルに改変し、より重要なこととして膜が運動するような構造を作り出すことができた。このモデルでは膜の自律的崩壊と修復を使って膜が運動を始めること、その運動が単なる熱的な揺らぎから脱却すること、代謝のある環境の中であたかもセンサーを持つような運動を開始することを議論した。このモデルは、オートポイエシスに自律運動の要素を加え、原始細胞のモデルに近づけた点で評価できる。

第3章では、第2章のモデルをさらに発展させて膜のブラウン運動を扱い、膜の形と運動/センサーの関係を論じている。自発運動を開始する原始細胞では、センサーとモーターは不可分な関係にあるが、代謝物質に勾配のある環境に置くことで、その勾配を感知し勾配を登る運動(chemotaxis)が出現することがシミュレーションにより示された。特に、膜の形を変化させることでchemotaxisが制御されることを示したのは評価できる。

第4章は、こうした抽象的な原始細胞モデルをもとに、センサーや運動の起源がどのように考えることができるかを論じている。

このように、論文提出者は本論文において、原始細胞のオートマトンのモデルを用いて、細胞の自発運動を論じ、センサーと運動の進化を膜の形から考察している。こうした考察は、実際に始まっている原始細胞構成の実験にも、いくつかの示唆を与えるものと期待される。また今まで理論的に扱うのが困難であった、膜の形を考慮したダイナミクスを扱えたことは、新しい

モデルの方向を拓くものである。したがって、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。