

平成 26 年度 【 学園研究費助成金 < B > 】 研究成果報告書

学部名 現代マネジメント

フリガナ イシイ マサハル
氏名 石井 雅治

研究期間 平成 26 年度

研究課題名 細胞膜の分裂についての現象的数理モデルの研究

研究組織

	氏名	学部	職位
研究代表者	石井雅治	現代マネジメント	教授
研究分担者			
研究分担者			

1. 本研究開始の背景や目的等 (200 字～300 字程度で記述)

近年、生命現象に関し、DNA 発現を中心とした分子レベルでの知見が膨大に蓄えられてきた。しかしながらそれらは断片的であり、動学モデルによる総合がなければ、理解の深化も活用も不可能である。その中で、常微分方程式系または差分方程式系の力学系理論にその総合が求められている。しかしながら、細胞の形状を含む多様な物質の位置情報と、物質の生成情報を相互的作用の下に記述することが困難であるため、細胞分裂の力学系モデルはほとんど進展していない。

本研究は、このような課題において、まずは、細胞膜の分裂を中心とする現象的力学モデルの確立と、この数値的シミュレーションを目的とするものである。

2. 研究方法等 (300 字程度で記述)

細胞膜の形状変化を、分裂を含め記述するモデルが最初の最大の課題である。それを次の方法で行う。(ただし今年度は、ii まで完了したが、時間と予算の制約によって、iii を十分に行う段階には進めなかった。)

- i 細胞膜の幾何形状を変形を含め記述可能な、少数パラメータで良く近似し記述するモデルを選択する。
- ii 上の幾何モデルに、細胞の変形をもたらす微小構造等を検討することにより、現象的なダイナミクスを導入し、連続的な力学系として定式化する。
- iii 上の力学系の数値シミュレーションによって、変形や分裂等が良く再現されているかを検証する。

3. 研究成果の概要 (600字～800字程度で記述)

細胞膜について、脂質分子を直接的にモデル化すると、系の次元が高くなり、取り扱いが極めて困難になる。そこでこれを、機械的強度部分である細胞骨格で代表し、Hansen J.C 等が1996年に導入した、スペクトリンとアンキリンの三角メッシュモデルで表現することによって次元を低減し取り扱いを容易にした。

最初の問題は、細胞膜の成長を、力学系としてどのように連続的に記述するかである。このフレームワークとして、三角メッシュの辺と頂点を、事前に、相互作用係数が0である潜在的なものとして多数与えておき、成長の適当な段階で、相互作用係数が1に成って顕在化するよう設定した。この係数は、2安定状態を持つ1次元力学系を用いて、スペクトリンとアンキリンの合成量が一定値に達した際に、最大の引っ張り力がかかっている辺の近傍において、連続的に変化するよう設定した。この設定では、引っ張り力によって、誘導物質の濃度勾配が生じる等の、スペクトリンとアンキリンの輸送機構が本来必要なのだが、極めて複雑になるので、今回は省略し今後の検討課題とした。

次の問題は、細胞の分裂の記述である。これは、成長の適当な段階で収縮環が合成されるとし、これを細胞膜上の中心に置き、適当な段階で収縮して、細胞を2つに分断するとしてモデル化した。また、収縮環の合成と同時に、原型質の総量や細胞骨格の総量も適切に増大するようにした。本来この合成は様々な状態物質とDNAの相互作用に基づいて行われるとして力学的にモデル化されるのだが、数値シミュレーションが複雑になり過ぎるので、今回は、大幅に抽象化した。

最後の問題は、細胞分裂に伴って、単細胞から倍化して行く複数の細胞を、いかに力学系として連続的に記述するかである。これは、上記の細胞膜の成長と同じフレームワークを用い、潜在細胞と顕在細胞を連続係数で接続することによって行った。

4. キーワード (本研究のキーワードを1以上8以内で記載)

①力学系	②細胞膜	③細胞分裂	④モデル化
⑤スペクトリン	⑥三角メッシュ	⑦連続性	⑧

5. 研究成果及び今後の展望 (公開した研究成果、今後の研究成果公開予定・方法等について記載すること。既に公開したものについては次の通り記載すること。著書は、著者名、書名、頁数、発行年月日、出版社名を記載。論文は、著書名、題名、掲載誌名、発行年、巻・号・頁を記載。学会発表は発表者名、発表標題、学会名、発表年月日を記載。著者名、発表者名が多い場合には主な者を記載し、他〇名等で省略可。発表数が多い場合には代表的なもののみ数件を記載。)

現在、上述の研究成果をまとめ、論文を執筆中であり、理論生物学、または応用数学に関する査読付論文誌に投稿する予定である。