

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 松野弘樹

学位論文として提出された松野弘樹氏の博士論文は、最近実験で見つかった油滴の自律運動の出現のメカニズムを探ることを目的とし、油滴内部に誘発される対流運動と化学反応との相互作用から自発運動が生まれるのではないかと、という仮説をたて、コンピュータによるモデルシミュレーション実験という手法で解析・議論したものである。

本論文は全5章から成っている。第1章では、生命にみられる自己複製と自律運動の考えを紹介し、それに対する理論的なアプローチについてサーベイしている。特にこの論文がターゲットとする、油滴の自発運動の化学実験に関してその詳細が議論されている。以下3つの章で、著者は自発運動のメカニズムを解明するためのシミュレーション手続きとその結果を順を追って説明していく。

第2章では、シミュレーションに用いるモデルの詳細と、数値計算手法が議論される。基本的には非圧縮流体を仮定したナビエ-ストークス方程式と、流体とともに移流し化学反応を生じる方程式の振る舞いを数値的に求める。このとき、油滴と外部との境界上でのみ化学反応が生じ、油滴膜の界面張力がその化学物質の濃度に比例すると仮定する。これを2次元空間上で有限差分法により求める。その際の詳細な計算スキームについて解説している。

第3章では、第2章のモデルの主だった計算結果が報告されている。重要なのは、実際の実験での定性的な振る舞い、すなわち油滴の一方向性の運動と内部対流構造の出現、を再現した点である。特に、油滴の運動における対流の役割と化学反応の役割が解析され、それらが協調的に働いて移動効率を増大させていること、内部の化学物質の非均一性を維持する時間を長く保つことなどが議論された。

第4章では、油滴運動の初期値問題を解析している。すなわち油滴内部の化学物質の分布の対称性を自発的に破って、一方向性運動を開始できるかどうかを、調べている。その結果、任意の初期分布ではいくつかの渦の競合がみられ、最終的に2つの渦が成長して油滴の一方向性運動を作り出していることが示された。この結果はまた実験との整合性を持つものである。

第5章は全体の総括であり、油滴の自発運動の出現が、化学反応と生成される対流構造との正のフィードバックの関係から生まれることが新しい知見として明確に議論されている。ここでは油滴の自発運動のメカニズムには一定の決着をつけつつも、その結果浮上した問題点を提起しており、今後の研究の発展が期待されるものである。

以上、当博士論文の研究は、実際の実験にある油滴の自発運動の生成を、数値的にモデルを立てて説明することに成功していることは評価に値する。また第1章と第5章にも触

れられているように、生命の自律性を考えていく際の新たな問題を提起しており、今後の研究の発展が十分に期待できる。

以上のように論文提出者の研究は、化学実験にみられる自発運動創発の理解に関して重要な寄与をなしていると考えられる。したがって、本審査会は博士（学術）の学位を与えるのにふさわしいものと認定する。