

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マイクロ粒子の形状・外力場の非対称性により生じる方向性をもった自律運動の構築と解析
Title(English)	
著者(和文)	早川雅之
Author(English)	Masayuki Hayakawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10433号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:瀧ノ上 正浩,山村 雅幸,小長谷 明彦,三宅 美博,青西 亨
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10433号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

近年、マイクロメートルスケールにおいて、自律的な方向のある運動を人工的に構築する試みが盛んに行われている。これらはアクティブマターに関連した物理学的な需要だけでなく、自律的な輸送システムやマイクロマシンなどの工学分野からも求められている。方向性のある自律運動は、物体の形状・外力場の非対称性に着目した二つの原理のうちどちらかにより実現する。先行研究においても、これらの原理に基づいた自律運動が構築されているが、運動パターンが単調なものや、特定の環境下でしか自律運動できないものなど、単純な自律運動しか実現できていない。したがって本論文では、マイクロメートルスケールにおける複雑な自律運動の構築と解析を行った。

第2章では、物体の形状により実現される方向性のある自律運動について論じている。先行研究における自律運動は、単純形状粒子を用いたものだったため、自律運動が直線的な並進運動に限られるという問題点があった。したがって、本章ではまず複雑形状マイクロゲル粒子構築手法を開発し、その後、気泡を駆動力とした自律運動の構築および解析を行った。まず、遠心力を利用したマイクロ流体デバイスと、マイクロ液滴に生じる拡散流とマランゴニ流による変形を利用することで、複雑形状マイクロゲル粒子を作製した。複雑形状マイクロゲル粒子は、変形したマイクロゲル粒子を部分的に溶解することで作製された。次に、作製された複雑形状マイクロゲル粒子の一部に白金ナノ粒子を封入し、過酸化水素水溶液内での自律運動の観察・解析を行った。過酸化水素水溶液内では、複雑形状マイクロゲル粒子が気泡の放出により非自明な円運動を示すことがわかった。この自律運動に関し、気泡サイズの揺らぎによる駆動力の揺らぎを考慮したモデルを構築しシミュレーションした結果、円運動が揺らぎの強度の非対称性により観察されるということが明らかになった。

第3章では、外力場の非対称性により実現される方向性のある自律運動について論じている。本章では、定常非対称電場下でのマイクロ粒子の方向性のある自律運動の観察、また数値シミュレーションと抽象化モデルによる解析を行った。このような定常非対称ポテンシャル下での方向性のある自律運動は、細胞内の混雑環境での分子モーターの輸送の解明や、定常ポテンシャル下で機能する自律輸送システムの構築に貢献することが期待される。本研究では、スライドガラス上に形成されたマイクロパターン電極による電場を定常非対称場とした。電極間のマイクロ粒子は、粒子密度が高い場合のみ方向性ある自律運動を示すことがわかった。また、それぞれの粒子が従う運動方程式を用いて行った数値シミュレーションと実験結果を比較したところ、両者の傾向はよく一致した。次に、この自律運動の抽象化モデルを構築した。本モデルを計算することで、時間変化しない定常非対称ポテンシャル下においても、方向性のある自律運動が得られることが明らかになった。

本研究で得られた成果は、より複雑で高度な自律運動の理論構築、またそれを用いた技術開発や、生物の示す自律運動における未解決な問題の解決に貢献すると考えられる。