

審査の結果の要旨

氏名 尾上 弘 晃

本論文は「マイクロ構造体の順序付き自己組立て」と題し、5章からなっている。マイクロ自己組立てとは、自然現象としての自己組織化からヒントを得た組立て方法であり、多数のマイクロスケールの微小部品をランダムに衝突させることにより、同時並列的に微小部品の2次元的な配置や3次元的な構造を構成することができる手法である。本論文では、このマイクロ自己組立てに「組立て順序の制御」という要素を新たに導入し、マイクロ粒子の自己組立てにおいて完成体の収率が上昇することを実証することで、組立て順序制御の有効性を示すことを目的としている。

第1章は「序論」であり、研究の背景と目的、論文の構成について述べている。

第2章「液中における表面間相互作用の理論計算」では、まず水溶液中での固体表面の物理現象について説明し、表面間に働く疎水性相互作用、電気2重層斥力、ファンデルワールス力についてポテンシャル計算の方法を示している。それらを統合した液中での表面間ポテンシャルを利用し、液中で表面間に働く相互作用の評価方法を提案している。その上で、溶液中のpHを変えることで表面間の引力と斥力が切り換わることを示し、筆者が提案する順序付き自己組立てが原理的に可能であることを明らかにしている。一方、ポテンシャルの理論計算は、表面の粗さや表面の化学特性のばらつきが考慮されていない点に触れ、ポテンシャルの理論計算による適応範囲の限界について考察を加えている。

第3章「液中における表面間相互作用の直接計測」では、ピエゾ抵抗カンチレバーを用いて液中におけるマイクロ粒子-基板間の相互作用の計測方法を提案・開発し、様々なpHのもとでの液中表面間相互作用の計測を行っている。計測結果として、疎水性表面であるAu/ODT (Octadecanethiol) 表面間はpHにかかわらず常に引力が働いているのに対し、親水性帯電表面であるSiO₂表面間はpHにより引力と斥力が切り換わることが実験により示されている。これにより第2章での理論計算と同様に順序自己組立てが可能であることを実証しただけでなく、各表面間の相互作用の大きさについても明らかにしている。またこの実験結果より、順序自己組立てを行うための攪拌溶液のpH条件を導き出している。

第4章「マイクロ自己組立ての結合順序制御」では、第2章と第3章で示された順序自己組立ての条件をもとに、実際に台形マイクロ粒子とU字型のマイクロ粒子を用いて、2段階の順序自己組立てを実現している。台形粒子を用いた順序自己組立てにおいては、1段階目の収率が90%、2段階目が74%を達成している。また順序制御した場合としない場合とで収率を比較することで、順序制御を行ったほうが目標とする完成体の収率が1.4倍になること実証している。U字型のマイクロ粒子を用いた順序自己組立てでは、チェーン状のマイクロ3次元構造の組立てを実現し、複雑な3次元構造の組立てにおける順序制御の有効性を示している。

第5章「結論」では、本研究によって得られた成果とその結論を述べ、考察を加えている。

以上のように、本論文では2種類の結合表面を持つマイクロ粒子を製作し、pHを変えて表面間相互作用を制御することで、順序付きの自己組立てを実現している。順序を制御することで完成体の収率が上昇すること、また3次元のマイクロ閉構造の組立てを実現していることより、本論文で提案した手法の有効性が示されている。本論文で提案した手法は、既存の3次元の自己組立てで可能である構造の制限を突破し、自己組立ての可能性を一步進めるものであると言える。それと同時に、表面物理・コロイド化学を始めとする数多くの分野にまたがる研究であり、非常に意義深いものであり、知能機械情報学の発展に貢献できると判断される。

よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。