



Title	Photofunctional nano-object network and its application
Author(s)	下村, 優
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82281
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (下 村 優)	
論文題名	Photofunctional nano-object network and its application (光で機能するナノ物体ネットワークとその応用)
論文内容の要旨 相互作用をもとにナノ物体が連結・エネルギー伝送することで構築されるナノ物体ネットワークは、単体では実現しえない力学的作用や情報処理を可能とする。これまでのナノ物体ネットワークは、事前に設計されたナノ物体の特性を利用しており、局所的なネットワーク構築や動的な機能発現は困難であった。ナノ物体ネットワークの自在な機能誘起の実現は、ナノ・マイクロスケールで確率的にふるまう物体や現象の解析・操作・活用につながる。 本論文では、光を用いたナノ物体ネットワークの構築・機能誘起とその応用について成果をまとめている。光励起に基づくナノ物体の反応誘起によりネットワークの遠隔的構築と動的な機能発現が実現できる。本研究では、ナノ物体としてDNAまたは量子ドットを用いたネットワークについて検討した。化学的相互作用に基づき自己組織化するDNAを用いたネットワークとしてDNAゲルを取り上げた。ネットワーク構造を持つDNAゲルの形状を光信号に応じて変化させ、それに伴い物体の運動を変調する手法を提案した。実験では、パターン光照射によってDNAゲルを数μmオーダーで成形できることを実証した。また、光信号に応じたDNAゲルの分解によって粘性勾配を発生させることで、ブラウン運動により移動するマイクロ粒子の運動変調を実現した。量子ドットを用いた研究では、ランダムに分散した量子ドットを用いて光信号に応じてエネルギーが伝送されるネットワークシステムの構築と信号変調機能を提案した。実験により、光の照射条件に応じて量子ドットネットワークから多様な波長・時間応答を生成できることを実証した。また、量子ドットネットワークの信号変調機能を利用して時系列データを予測できることを実験での計測値に基づく数値シミュレーションにより示した。これらの成果は、光の利用によるナノ機能ネットワークの機能拡張を実証しており、情報フォトリクス分野の発展に寄与する。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (下 村 優)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	准教授	小倉 裕介
	副 査	教授	谷田 純
	副 査	教授	藤崎 泰正
	副 査	教授	鈴木 秀幸

論文審査の結果の要旨

ナノ物体の相互作用は多様な現象をもたらす起源となっている。相互作用により物理的・化学的・エネルギー的に結合したナノ物体の集合体は、全体が協調して振る舞う一種のネットワークを形成する。このようなナノ物体ネットワークは、個々のナノ物体では得られない特徴的な機能や性能を発揮し、ナノ・マイクロ領域における解析、制御、情報処理に有効な手法の構築につながると期待される。本論文では、ナノ物体ネットワークの新たな機能の創出をめざして、光信号に応じたネットワーク構築方法と応用を提案し、その有効性を明らかにしている。

これまでのナノ物体ネットワークは、事前設計されたナノ物体の特性に基づく自律的応答に依拠して構築されてきた。この手法では、所望の時間・空間において機能を発現させたり、動作をフレキシブルに制御することは困難である。一方、光はさまざまなナノ物体と相互作用し、その応答を操作・制御することができる。また、時間的、空間的な局所性や制御性にも優れる。しかし、光のこのような特徴を利用したナノ物体ネットワークの潜在能力や特性は明らかにされていない。

本論文では、ナノ物体ネットワークの構築に利用可能なDNAの自律反応、および、量子ドット間のエネルギー移動に注目し、光を用いたこれらの制御に基づくナノ物体ネットワークに関する研究成果がまとめられている。第一章では、ナノ物体ネットワークとその構成要素となるDNAや量子ドット、ならびに、光によるナノ物体制御の既存研究が整理されており、本研究の位置付けが明らかにされている。第二章では、化学的相互作用に基づき網目構造を形成するDNAゲルを取り扱っている。光熱変換分子を用いたDNAの反応誘起に基づきDNAゲルを成形する手法を提案し、光照射パターンに応じた数 μm サイズのDNAゲル成形を実証している。第三章では、DNAゲルの光分解に基づく粘性低下による μm サイズ物体の運動変調手法を考案し、実験的にその特性を示している。第四章では、物理的相互作用に基づきエネルギーのやり取りを行う量子ドットネットワークシステムを取り扱っている。光入力に応じたネットワークの構築による信号変調機能を見出し、実験によりその有用性を示している。第五章では、量子ドットネットワークシステムの情報処理への応用として、信号変調機能を利用した時系列データの予測手法を提案し、実験での計測値を用いた数値計算によってその有効性を示している。

本論文の成果は、ナノ物体ネットワークの動的かつ局所的な構築・機能発現を実現させる新たな基盤技術を提示しており、ナノ・マイクロ領域における物体の解析・光制御や光情報処理技術として、光技術の発展に貢献するものである。よって博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。