



Title	Three dimensional dynamic parallel optical manipulation for photonic DNA memory implementation
Author(s)	鄭, 明傑
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49264
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	鄭 明 傑
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学 位 記 番 号	第 2 2 1 4 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報数理学専攻
学 位 論 文 名	Three dimensional dynamic parallel optical manipulation for photonic DNA memory implementation (フォトニック DNA メモリのための 3 次元並列光マニピュレーション)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 谷 田 純 (副査) 教 授 石 井 博 昭 教 授 森 田 浩 准教授 小 倉 裕 介

論 文 内 容 の 要 旨

Because the diversity of DNA molecule and the affinity between different forms of DNA molecule, a concept of DNA computing has been regarded as a break-through to create such a memory, which can break the diffraction limit of light. In the scheme, a local-controllable photonic technique is attractive to control DNA reaction. Under this background, a photonic DNA memory was proposed. An optical trapping technique invented by A. Ashkin in 1970s has become a useful tool for non-invasion and noncontact manipulating biological objects. Holographic optical tweezers (HOTs) system including a spatial light modulator (SLM) is dynamically controllable and takes advantages of the characteristic of the parallelism of light. However, the conventional HOTs system with an SLM is limited by the large feature size of SLMs and the small manipulation range, which means a small storage if we apply this system to the photonic DNA memory. In order to increase the manipulation range, a DOE-SLM combination method is studied.

At the beginning of the thesis, the optical trapping theory is studied. In chapter 2, DOEs and SLMs are described ; and the method for generating a spot array are considered ; then a 3D dynamic parallel optical manipulation system with using DOE-SLM combination method is proposed. In chapter 3, three dimensional dynamic manipulation of multiple polystyrenes at distant locations is described. In chapter 4, as a preparation for spatial addressing, three DNA clusters are transported ; six cluster divided into two group are manipulated dynamically. These results imply that spatial addressing can be dynamically realized in a large spatial range by applying our system. As an extension of the conventional dynamic HOTs technique, these results demonstrate that the constructed system is better than the conventional system. It is feasible to apply this kind of system to the implementation and manipulation of future DNA memory.

The developed technique is expected to be useful for implementing the photonic DNA memory, and other kinds of photonic DNA information system. For example, DNA machine, DNA automaton, DNA self-assembly, lab-on-chip, each of them provides a way toward the new generation of DNA information science.

論文審査の結果の要旨

DNA の多様性や特異的反応特性を利用した DNA コンピューティング技術は、ナノスケールの情報処理技術として有望であり、例えば、光の回折限界を打破する新しいタイプのメモリ（フォトニック DNA メモリ）実現へのブレークスルー技術として期待されている。フォトニック DNA メモリでは、DNA の位置情報の活用を基盤としており、DNA を空間局所的に制御する技術の開発が不可欠である。この目的に対して光と物体との相互作用で発生する光圧を利用した光ピンセット技術は有望であり、さまざまな方式が提案されている。ただし、並列情報処理の観点からの提案例はいまだ存在しない。本論文では、フォトニック DNA メモリの実装へむけた課題に対して、ホログラフィック光ピンセットの拡張に基づくシステムの提案とその有効性の実証を行なっている。ホログラフィック光ピンセットは空間光変調器（SLM）の利用を基本とするが、現時点で本技術に適用可能な SLM デバイスの 2 次元位相変調パターンの分解能は最大数 10 lp/mm 程度であり回折角が小さいため物体の操作可能範囲が制限される。一方、フォトニック DNA メモリの大容量を達成するためには、広範囲の領域に渡る操作が要求される。そこで、コンパクトな形態で大きな回折角を利用した光パターンを生成可能な回折光学素子（DOE）を組み合わせた新しい並列光ピンセットシステムを考案し、その有効性について検討がなされている。

本論文の主要な成果は以下のとおりである。

- (1) DOE と SLM を組み合わせた光ピンセットの概念を提案し、その潜在機能や利点を明示している。
- (2) 本手法に基づくシステムを構築し、複数の微小ビーズを三次元的にトラップし、並列に輸送できることを実証している。
- (3) システム構成について検討し、操作可能領域が拡大し、操作可能な物体数が増加することを示している。
- (4) 連続ヘアピン DNA を結合した微小ビーズ（DNA クラスター）の操作に対して本手法を適用し、意図した操作が行なえることを実証している。本結果は DNA 分子の形態として蓄積された情報を取り扱う方法として適用できることを示している。さらにフォトニック DNA メモリに必要な複数位置での DNA クラスターの局所同時操作を実証している。これはフォトニック DNA メモリの空間アドレッシングへの応用可能性を示している。

以上のように、本論文は、SLM と DOE を用いた並列光ピンセットシステムの提案とフォトニック DNA メモリへの応用可能性の実証について述べたものである。これらの成果は、情報科学、特にフォトニック DNA コンピューティングの発展に寄与するところが大きい。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。