

## 光入力型ナノスケールオートマトンのための 光信号による DNA 構造制御

2008年8月27日

物質や生体を構成する分子はさまざまな情報を持っていますが、マイクロプロセッサのように、直接的にそれらを検出したり、操作したりする情報処理装置が実現できれば、分子を利用した情報メモリや、分子状態に依存した分岐処理、特定の分子状態の選択的な検出などが可能となり、その恩恵は計り知れません。本研究では、ナノスケール領域での情報処理を行うナノプロセッサの開発につながる、光入力型ナノスケールオートマトンを提案し、DNA 分子と光制御技術による基本機構の動作を確認しました。

オートマトンとはコンピュータの基本的な数学モデルであり、入力信号と内部状態の組合せに対する出力応答をあらかじめ決めておくことにより、複雑な動作をさせることができます。オートマトンの実現には、内部状態を保持する機構、入力信号と内部状態の組合せに応じて内部状態を変化(遷移)させる機構、出力信号を取り出す機構が必要となります。本研究では、光信号により変化する DNA 分子を用いて内部状態を遷移させる機構を設計し、動作を確認しました。

通常、分子反応は連続的に進みますが、オートマトンの状態遷移は一段階ずつ、かつ、反復して行う必要があります。そこで、図1に示すように、状態遷移と状態メモリの2つのブロックに分割し、これらを交互に動作させます。状態遷移では、光信号に対して異なった応答をする DNA 反応系を4種類用意し、始状態ごとにそれらを割り当てます。その結果、内部状態 (S0, S1) と光信号

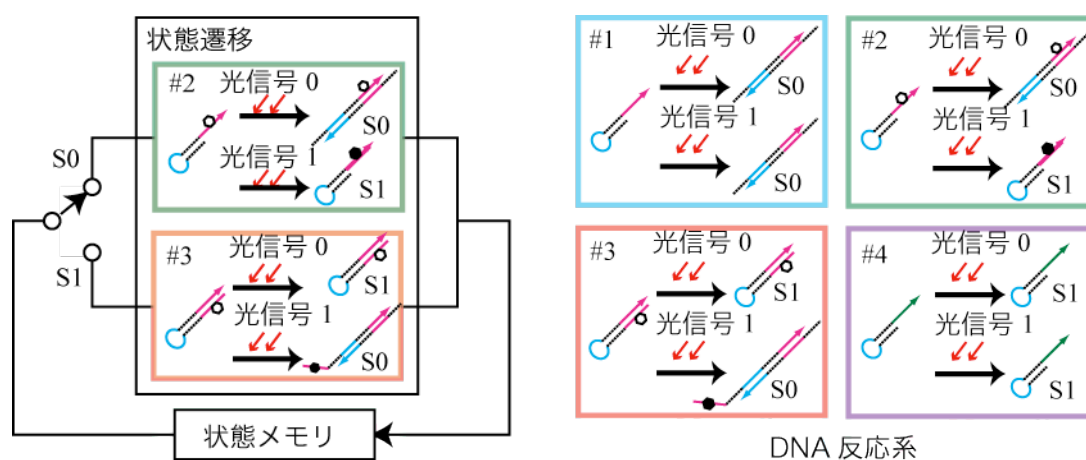


図1 光入力型ナノスケールオートマトンの構成。4種類の DNA 反応系を選択して、任意の状態遷移を実現する。

(0, 1) の組合せに対して、任意の状態遷移を実現できます。DNA 反応系には、ヘアピン DNA と呼ばれる自己ループ形状を形成する DNA 分子に、光異性化分子であるアゾベンゼンを結合させた、光制御可能な機能分子を利用しました。

図 2 は、状態遷移に関わる 4 つの DNA 反応系のうち、光信号に対して反対の応答をする反応系の実験結果です。DNA 構造変化の模式図と、出力信号として得られる DNA 分子の電気泳動結果が示されています。各 DNA 反応系では、使用するヘアピン DNA の塩基配列とアゾベンゼンの結合箇所が異なります。入力信号には可視光と紫外光の 2 種類の光を用い、それぞれ信号 “0” と “1” に対応させます。アゾベンゼンは入射光の波長に応じて形状が変化し、それに伴って、DNA 分子の相補配列による結合を阻害したり、しなかったりします。その結果、各反応系の生成 DNA 分子の形状が変化します。この DNA 分子のループが開いた形態を状態 S0、閉じた状態を S1 とすると、光信号による状態遷移が実現されます。この実験結果は、光信号に対して異なる動作をする反応系を実証しています。これらの反応系を状態メモリとともに長鎖 DNA に組み込むことにより、光入力型ナノスケールオートマトンを構築することができます。

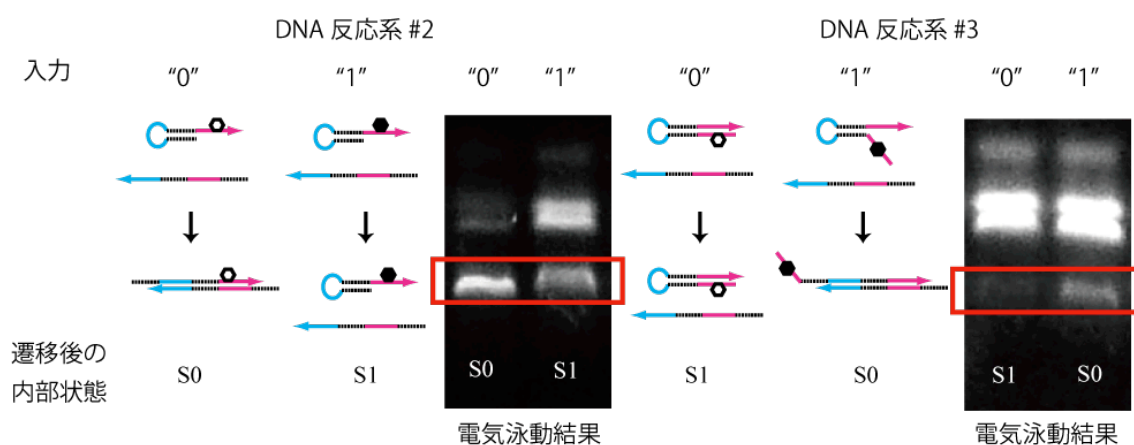


図 2 DNA 反応系の動作原理と実験結果。可視光 (“0”) または紫外光 (“1”) の照射により、アゾベンゼンが構造変化し、DNA の結合特性が変化する。白丸は非干渉、黒丸は結合阻害。電気泳動結果の赤枠部分の明暗が S0 状態 (ループの開いた形状) か S1 状態 (閉じた形状) かを示す。

### 本研究に関する連絡先

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報数理学専攻

教授 谷田 純

Tel: 06-6879-7851

E-mail: tanida@ist.osaka-u.ac.jp