

## 【基盤研究(S)】

### 総合・新領域系（総合領域）



## 研究課題名 DNA ナノエンジニアリングによる分子ロボティクスの創成

東北大学・大学院工学研究科・教授 むらた さとし  
村田 智

研究分野：総合領域

キーワード：自律分散システム、DNA ナノエンジニアリング、分子ロボティクス

### 【研究の背景・目的】

近年、「DNA ナノエンジニアリング」と呼ばれる新しい分子設計法が脚光を浴びている。DNA ナノエンジニアリングでは、DNA のハイブリダイゼーション反応を利用して、数ナノメートルから 100 ナノメートルサイズのいろいろな形状の分子を作り出すことが可能である。同様の反応により、ロジック演算などの情報処理も可能になっている。DNA 分子からなるセンサーやアクチュエータもつくられている。つまり、いわゆるロボットを構成するために必要な要素すべてを DNA 分子で作ることができるのである。

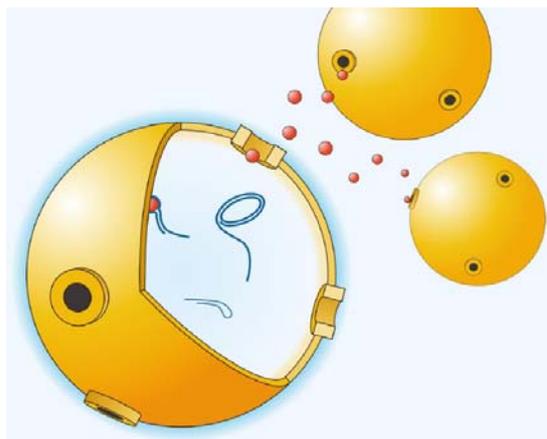
本研究においては、DNA ナノエンジニアリングのアプローチにより、部品となる分子ひとつひとつを設計し、それをシステムとして組み立てて、さまざまな環境の変化に対し自律的に応答することのできる分子機械システム、すなわち「分子ロボット」を構築する方法の基盤を確立することを目的とする。

### 【研究の方法】

分子ロボットの構成にはいくつかの案が考えられるが、われわれは生物の細胞をまねた構成を採用する。DNA のハイブリダイゼーション反応は、反応空間をマイクロサイズにしても試験管とほぼ同じであると考えてよく、インターフェースを備えたマイクロサイズのコンパートメント（容器）を作ることができれば、これまでに蓄積された DNA ナノエンジニアリングの要素技術を一挙に統合することが可能である。

われわれが最近開発した DNA ナノ構造の基板上成長技術をつかうと、負電荷をもつ任意のテンプレート上で DNA ナノ構造を成長させることができる。そこで、マイクロサイズのゲルビーズの表面で DNA 構造を作製する技術を開発し、コンパートメントを作製する。さらにコンパートメントの DNA 構造と互換性を持たせたチャンネル部品を埋め込むことにより、分子ロボットの基本部分をすべて DNA 分子で構成することを目指す。具体的には、次の 4 つの技術の開発に取り組む。

- (1) 分子デバイスを格納するためのコンパートメントの作製技術
- (2) コンパートメントを介して分子入出力を行うインターフェースの実装技術
- (3) 分子ロボット内部の反応を制御する技術および分子ロボット間の分子通信技術
- (4) 分子通信による相互作用を通じて、分子ロボット群が協調するためのルール設計技術



### 【期待される成果と意義】

本研究が、分子の世界にロボット工学を拡張するための突破口となることが期待される。ここで開発する技術を基盤として、様々な分子機械システムに展開できるため、学術的にも産業的にもインパクトは大きい。たとえば、分子ロボット群が協調して免疫細胞のように集団として患部をたたくスーパードラッグデリバリーシステム、分子ロボットが細胞内に常駐し、状況に応じて細胞分化を制御するプログラム幹細胞培養、環境モニタリング、細胞内核酸医療など、広範な応用が期待される。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・Hamada S, Murata S, Substrate-assisted assembly of interconnected single duplex DNA nanostructures, *Angewandte Chemie (Int. Ed.)*, **48**, 6820-6823, 2009
- ・Fujibayashi K, Hariadi R, Park SH, Winfree E, Murata S, Toward Reliable Algorithmic Self-Assembly of DNA Tiles: A Fixed-Width Cellular Automaton Pattern, *NanoLetters*, **8**-7, 1791-7, 2008

### 【研究期間と研究経費】

平成 22 年度 - 26 年度  
164,700 千円

### 【ホームページ等】

URL <http://www.molbot.mech.tohoku.ac.jp>  
EMAIL [murata@molbot.mech.tohoku.ac.jp](mailto:murata@molbot.mech.tohoku.ac.jp)