

3.6.4 未来 ICT 研究所 バイオ ICT 研究室

室長 小嶋寛明 ほか 25 名

細胞・分子センサシステムの研究開発

【概要】

バイオ ICT 研究室では、生体における情報処理機能の解明に取り組み、未来の情報通信の基礎となる新しい概念の創出と、それを活用した情報通信パラダイムの創出を目指している。具体的には、細胞や生体分子の機能とつくりを理解し、それらを操作・調整する技術、高い精度で並びを制御する技術、構造や機能を評価する技術の構築、ならびに生体信号を処理するアルゴリズムの抽出に取り組む。これを基に、細胞や生体分子によって構成されたセンサシステム（以下、細胞・分子センサシステム）を再構築し、人や生物の情報認識メカニズムについての理解を深める。これにより、生体が備えている、化学物質や力学刺激などの非言語・非視覚情報を検出するための優れたセンシング機構を、情報通信技術に利活用するための基盤の構築を目指す。

- (1) **生体材料の調整・配置技術の構築** 化学物質や力学刺激などの情報を検出する、生体のセンサシステムのグランドデザインを検討し、それを基に検出対象である化学物質や力学的刺激に反応するように、細胞や生体機能分子を操作・調整・配置する技術を創る。平成 23 年度は、細胞の機能を調整するための要素技術として、細胞内へ導入するマテリアルの検討を行った。また、生体機能分子の配向を制御するための要素技術として、生体材料による分子支持体を構築する手法の検討を行った。
- (2) **生体信号抽出・評価法の構築** 細胞や生体機能分子の、入力情報に対する構造変化や機能変化の計測・評価に必要な技術を検討し、細胞・分子センサシステムでの、検出信号の増幅及び処理、解析に関する基盤技術の開発を行う。また、複数の入力情報検出部からの信号を処理することで検出対象を同定する信号処理アルゴリズムを生体機能から学び取り、このアルゴリズムを用いた信号処理部を構築する。平成 23 年度は、人工 DNA 構造体を用いた情報検出機能の検討を行った。

【平成 23 年度の成果】

(1) 生体材料の調整・配置技術の構築

- ① 細胞機能を人為的に調整するための要素技術として、生きた細胞内へ導入するマテリアルの検討を行った。具体的には外来性の DNA を生細胞に導入し、それによって誘起される細胞の応答現象についての解析に取り組んだ（図 1）。その結果、DNA 結合処理を施したマイクロビーズを、生細胞内へ効率よく侵入させる条件を見出した。さらに、DNA の細胞内への侵入を検知し、それに結合することによって働くセンサ分子を同定することに成功した。これは細胞機能を外来物質によって調整するための基礎技術となる。

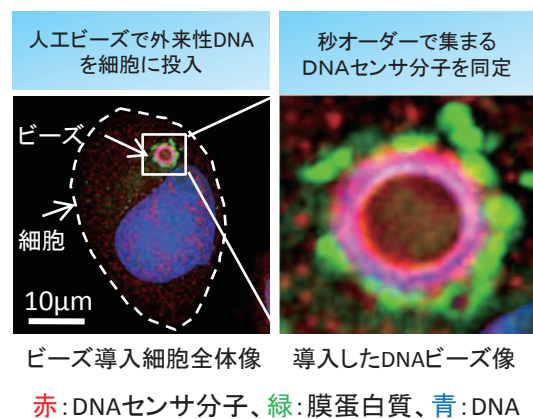


図 1 細胞への DNA ビーズ導入と細胞応答

- ② 生体機能分子の配向を制御するための要素技術として、生体材料を利用した分子支持体によりナノメートルの分子配置精度を実現する手法の検討を行った。分子支持体として、DNA オリガミや DNA タイルなど、分子自体の自己組織能によって多様な構造体を形成できる DNA 分子に着目し、タンパク質分子の末端に導入した標識分子をターゲットとして認識する部位を DNA 構造体の任意の位置に導入する技術を構築した。これにより、一定の順序で混ぜるだけで自己組織的に形成される、タンパク質分子を任意の間隔で配置した分子システムの作成に成功した（図 2）。さらに、構成したタンパク質分子システムが正常に機能を発揮すること、分子の並べ方により機能発現の効率を制御できることを確認した。以上より、ナノメートル精度で構成分子の間隔を制御することを可能とする分子足場構造構築法の有効性を確認することができた。

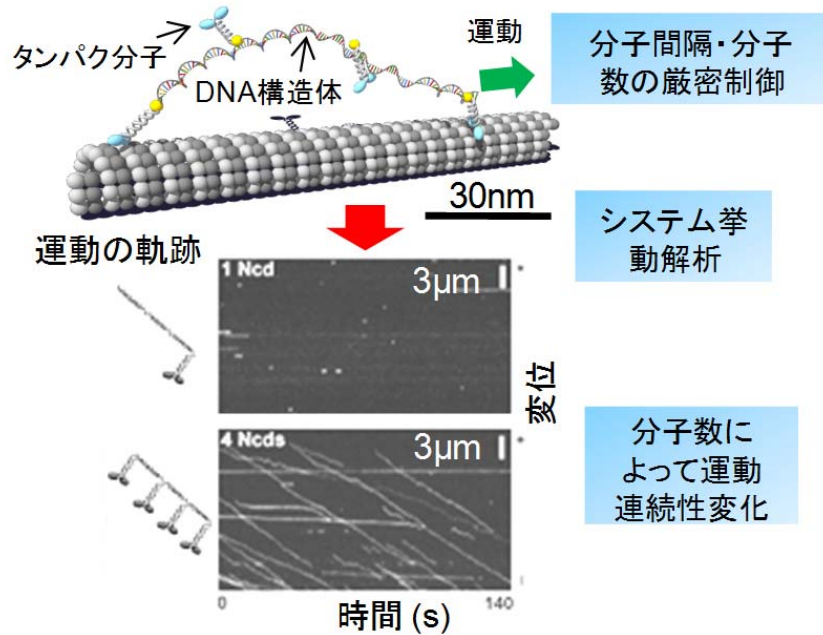


図2 DNA 構造体を足場とした生体分子配置制御

(2) 生体信号抽出・評価法の構築

細胞・生体機能分子の情報検出機能の検討の取り組みとして、DNA 分子によって構成される DNA タイルと呼ばれる人工構造体を活用し、外部から与えた生体分子を検知して、その構造を崩すことで内部に閉じこめておいた任意の機能を発現する仕掛けを人為的に付与する手法を考案した (図3)。実際にこの手法に基づき、外来の RNA 分子を検出して蛍光物質を発生するようデザインした DNA 構造体を作成することに成功し、構造体がロボットのように設計通りの一連の動作を行うことを、原子間力顕微鏡によるタイル構造の崩壊過程の観察と、試料の蛍光強度の増加のモニタリングによって確認した。これにより、DNA 構造体へ人為的に情報検出機能を導入することが可能であることを示すことができた。

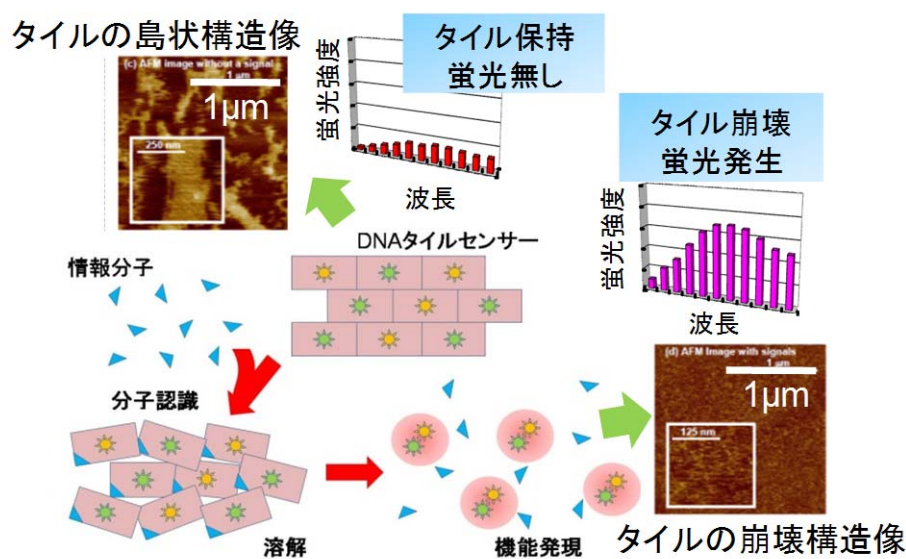


図3 DNA 構造体への情報検出機能の付与