



招へい准教授 古田 健也 (Ken'ya FURUTA) furutak@nict.go.jp

URL: <https://www2.nict.go.jp/bio/seitai/index.html>

生物分子モーターは、生物の様々な「動き」を生み出す分子マシンです。これらのマシンの一番重要な機能は、熱揺らぎが支配するナノスケールの世界で確実に「一方向に進むこと」ですが、その基本的なメカニズムは未解明です。当研究室では、生物分子モーターであるキネシン・ダイニンを中心に、これらが一方向性運動を生み出すメカニズム、力・運動方向の決定機構、エネルギー変換機構に興味を持って研究しています。また、これらの集合体の特性や細胞内環境での特性にも興味を持っています。発展的な研究として、天然から得られる分子マシンを参考に設計し直した新しい分子マシンや、これらを組み合わせて計算機能やメモリーを実装し、自律的な微小ロボットを設計・創出する研究も進めています。

分子モーターそのものの設計原理

生物分子モーターが働いている熱揺らぎが支配する環境で、アミノ酸がつながったヒモが折りたたまれただけのタンパク質が、確実に一方向に進むことは一見難しそうに思えます。これを理解するために、私たちは既存の生物分子モーターの分析に加え、いくつかの単純な要素を組み合わせることで新しい生物分子モーターを試作し、それがどう振る舞うかを観察することによって「創って理解する」という構成的な研究手法を確立しようとしています(図1)。

分子モーターの集団特性・制御方法の設計

個々の分子モーターはそれぞれがバラバラに機能しては生命現象を起こすことができません。分子、小器官、細胞、個体と階層を上がるに従い、バラバラだった動き

が統制の取れたものになり、それがまた各階層にフィードバックされて影響を及ぼすという複雑な連環があることが分かっています。しかし、この部分と全体がどのように連環しているのか、という問題は未解明であり、この点は生物がどのようにデザインされているかを知るための鍵だと考えます。この問題に対して実験的にアクセス可能なモデル系を作り、集団特性・制御方法を模索しています(図2)。

自律的な微小ロボットの設計と構築

ロボットの重要な三要素は、センサー、プロセッサー、アクチュエーターです。細胞はこれらの要素を備えており、自律的に動く微小ロボットと捉えることもできます。私たちは、生物材料を使って自己組織化の手法で構造体を組み上げ、このような微小ロボットを創ることを通じて、細胞が何かを記憶したり、それをもとに意思決定したり、といった生物らしい行動を起こす仕組みを理解したいと考えています(図3)。このような研究を実現するために、私たちは、制御性の良いDNAナノ構造体を基本構造として用いています。また、顕微鏡・光ピンセットなどの装置、制御・解析ソフトウェア、実験器具などを3Dプリンタなども活用しながら自分たちで作り、市販の分注ロボットなども援用してハイスループットで機動力の高い研究環境を構築しています。

当研究室の目指す研究は、ある特定の分野だけでは実現できず、様々な研究手法をうまく組み合わせる必要があります。異質な物や考え方を一つに合わせたときに、時にこれまでの枠組みでは解決できなかった謎を解くヒントを自然が提示してくれることがあり、このヒントに気づく瞬間にこそ研究の醍醐味があると思えます。

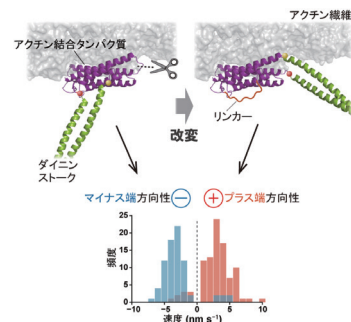


図1. タンパク質エンジニアリングで逆方向性の分子モーターを創る(Furuta et al., *Nat Nanotech* 2017)。

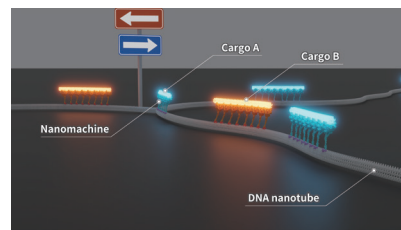


図2. Y字型のDNAナノチューブ上で二種類のナノマシンが「荷物」を仕分けしている様子を描いた模式図(Ibusuki et al., *Science* 2022)。

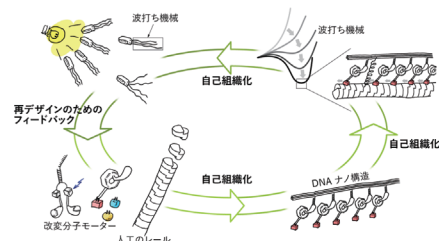


図3. 当研究室が目指す自己組織化による階層的な構造を持った自律型微小ロボットの例(Furuta et al., *Curr Opin Biotechnol* 2017)。

〒651-2492 神戸市西区岩岡町岩岡588-2
 国立研究開発法人 情報通信研究機構
 未来ICT研究所
 TEL: 078-969-2214
 FAX: 072-969-2239



研究室のHPはこちら