

【基盤研究(S)】 大区分J



研究課題名 プログラム可能な動的微粒子群「オートマター」の 創成と展開

東北大学・大学院工学研究科・准教授
のむら しんいちろう
野村 慎一郎

研究課題番号： 20H05701 研究者番号：50372446

キーワード： オートマター、人工細胞、自己複製、大量生産、電子-分子インタフェイス

【研究の背景・目的】

人工細胞構築の研究は、生命が物質からいかに誕生しうなのか、という謎に実証例を与えることと、生物に学んだ新しい物質生産システムの基盤となるキーテクノロジーとして近年非常に注目を集めている。天然細胞の再構成が挑戦的な課題である一方で、細胞のコピーとして自己複製を目指す人工細胞はその限界もまた生物と同様である。一方近年、分子の自己集合体ソフトマター、エネルギー流の中で自発的な運動を示す自己組織体アクティブマターの研究が盛んに行われている。新たな材料が自己複製し、その運動が分子的・電子的に制御可能となったなら、分子スケールからマクロな仕事までを自在に行わせられるようになると期待される。そこで本課題では、天然細胞の模倣とは異なる原理・原則も活用し、プログラム可能・制御可能な自動微粒子群「オートマター」の実現に向けた要素技術の開発と統合を目的とする。

【研究の方法】

本課題の要素技術として4つのサブテーマ1)自己複製能、2)分子制御、3)自動大量生産、4)電子制御-分子インタフェイスを挙げ、その実現を目指す。これまでに研究チームが独自に示してきた人工細胞の構築/制御技術、分子ロボット、人工遺伝子PURE(再構成

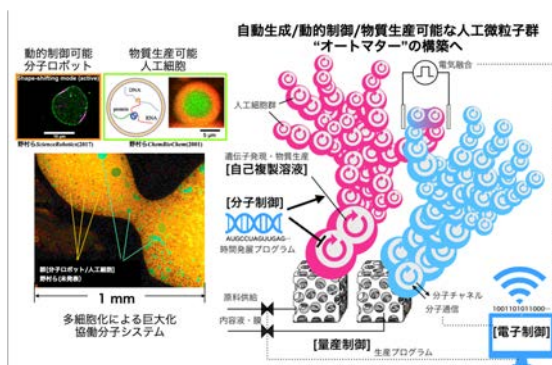


図1 本課題で研究を進める動的微粒子群の概念図。

転写・翻訳システム)発現系、人工分子による細胞機能の制御等の知見を統合して上記の課題に取り組む。サブテーマ1)PUREsystemを用いた翻訳系の諸因子など、100種類程度のタンパク質の同時発現系の構築を目指す。サブテーマ2)RNAプログラムの技術を用いて、外部から入力されるmiRNA信号にしたがい特定分子のPURE発現がON/OFF制御

される時空間制御システムの構築を目指す。サブテーマ3)人工多細胞体の材料分子の供給を制御することで、持続的に人工細胞構造を出力するジェネレータの構築を目指す。サブテーマ4)多細胞構造を構成する分子環境のデザインによって、構造そのものを走化性・走電性センサとして働かせることを目指す。これら要素技術の開発と統合(プロトタイプ構築)を行い、オートマター技術の核として育ててゆく。

【期待される成果と意義】

自己複製する人工細胞溶液の基礎セット、分子制御による遺伝子発現/抑制の自在化技術、電子-分子信号変換の基礎技術、人工細胞の大量生産制御技術等を開発・統合することで、物質科学と生命科学との融合分野における新たな情報科学的基盤の構築に挑戦する。その展開として、望まれる物質・構造を天然細胞に匹敵するような効率で生産し続ける分子システムをブラックボックスなしで利用可能とする応用研究や、既存の生命体とは異なる分子システムを有する生命モデルの基礎研究などへと広がるよう研究を進めたい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Sato, Y., Hiratsuka, Y., Kawamata, I., Murata, S., Nomura, S.-i. M. 'Micrometer-sized molecular robot changes its shape in response to signal molecules', *Science Robotics*, 2(4), (2017), eaal3735.
- ・ Hayase, G., Nomura, S.-i. M., 'Large-Scale Preparation of Giant Vesicles by Squeezing a Lipid-Coated Marshmallow-Like Silicone Gel in a Buffer', *Langmuir*, 34 (37), (2018), 11021-11026.
- ・ 野村慎一郎, 森谷優貴, 秋吉一成, 'リボソーム/細胞間の分子通信' 日本ロボット学会誌, 28-10, (2010), 28-29.
- ・ Nomura, S.-i. M., Tsumoto, K., Hamada, T., Akiyoshi, K., Nakatani, Y., Yoshikawa, K.*, 'Gene Expression within Cell-Sized Lipid Vesicles' *ChemBioChem*, 4, (2003), 1172-1175.

【研究期間と研究経費】

令和2年度-6年度 150,300千円

【ホームページ等】

<https://sites.google.com/site/smnomuralaboratory/english>
shinichiro.nomura.b5@tohoku.ac.jp