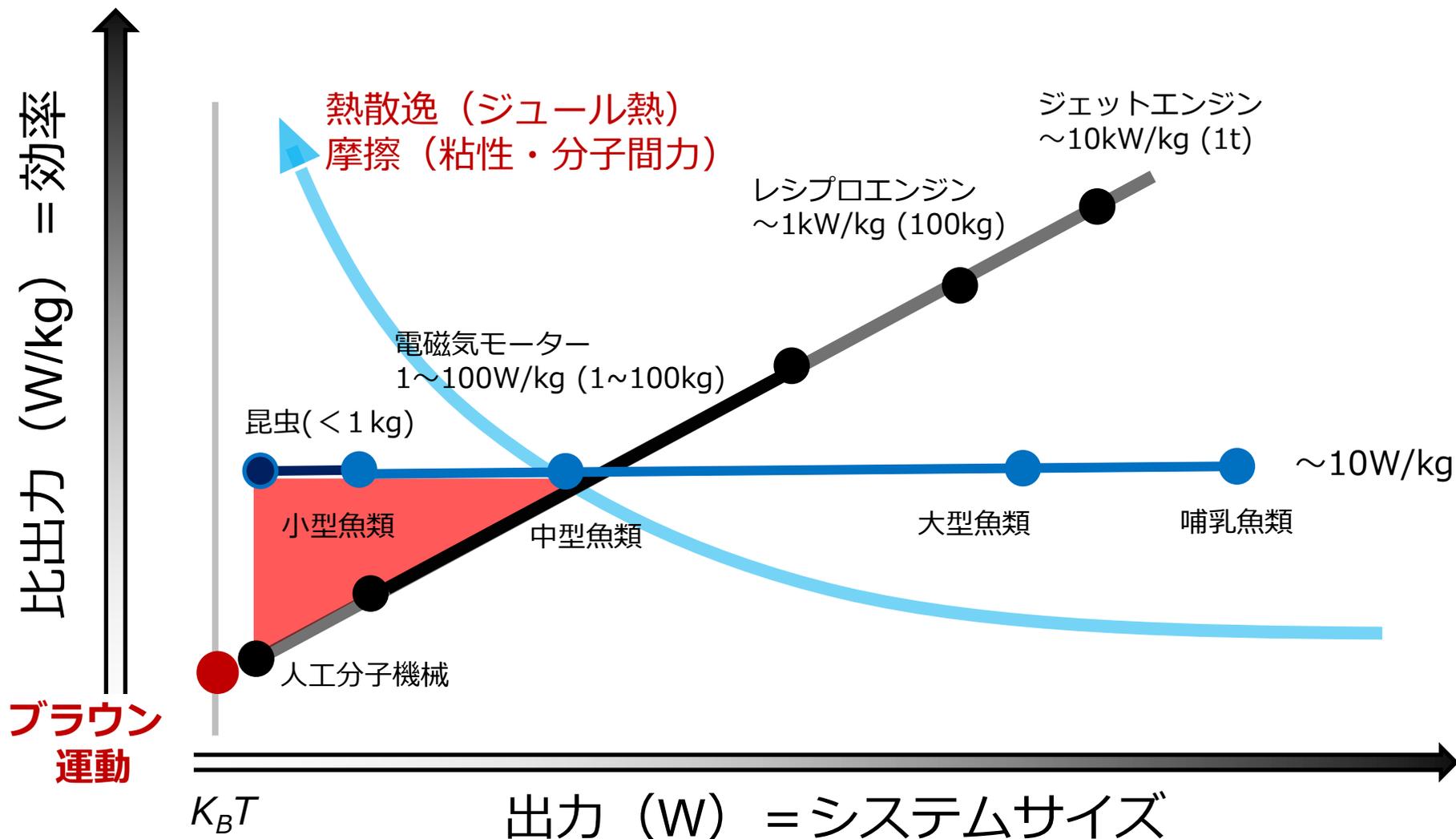


実動する分子ロボット

北海道大学 大学院理学研究院 化学科
准教授 角五 彰

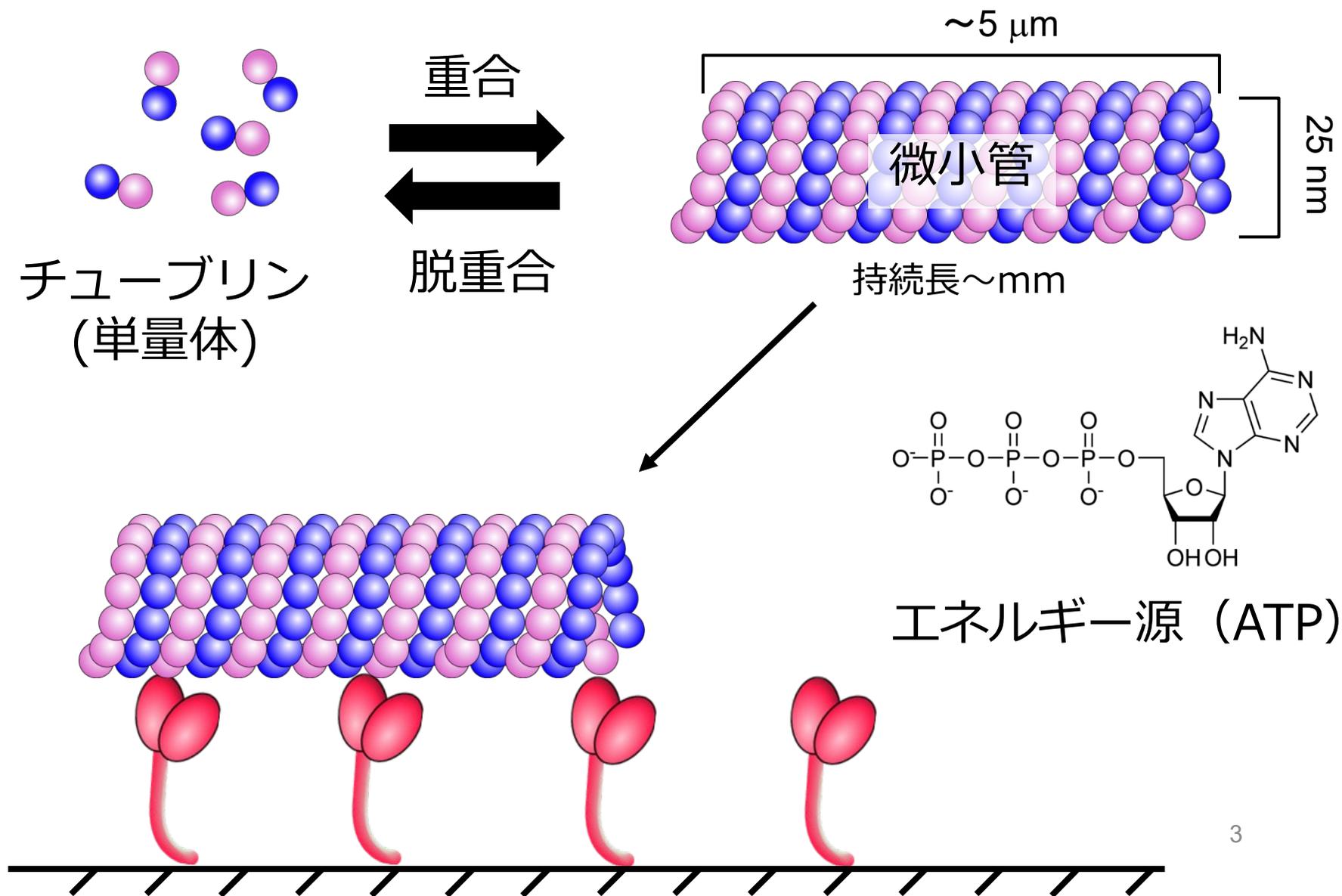
2022年10月4日

エネルギーを力学的仕事へと変換する動力システム



小型のモーター開発がターゲット

生体分子モーター運動発現の実験系



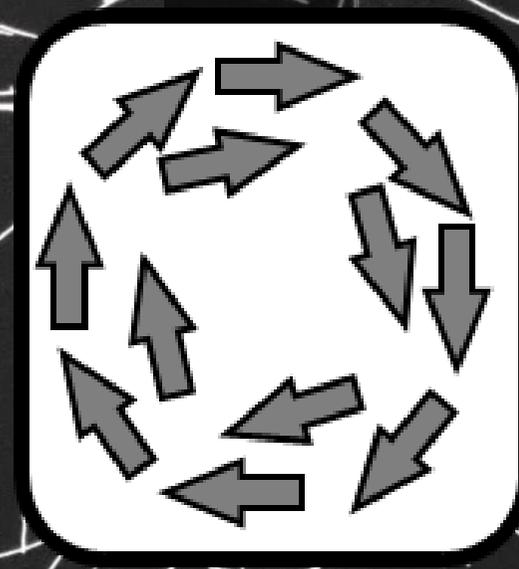
生体分子モーターの運動発現

無秩序



正味の仕事 = 0%

協調

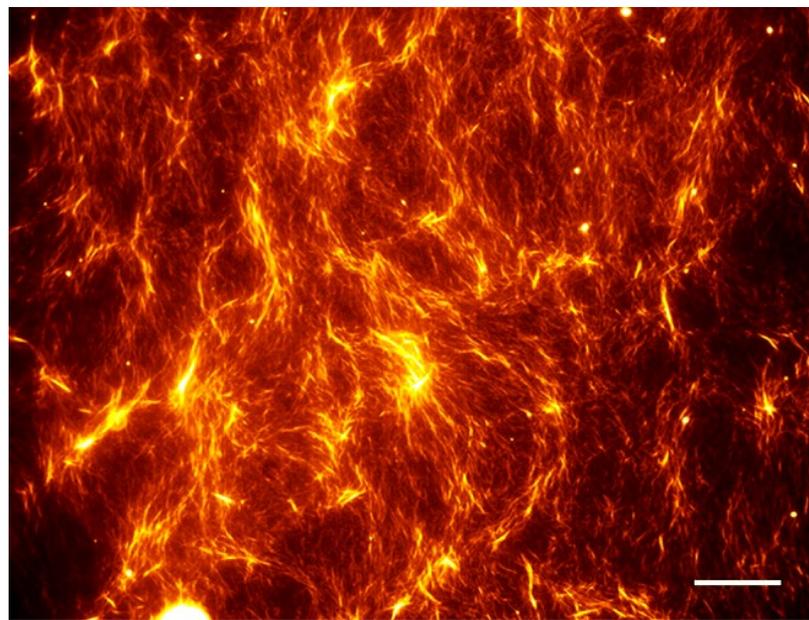
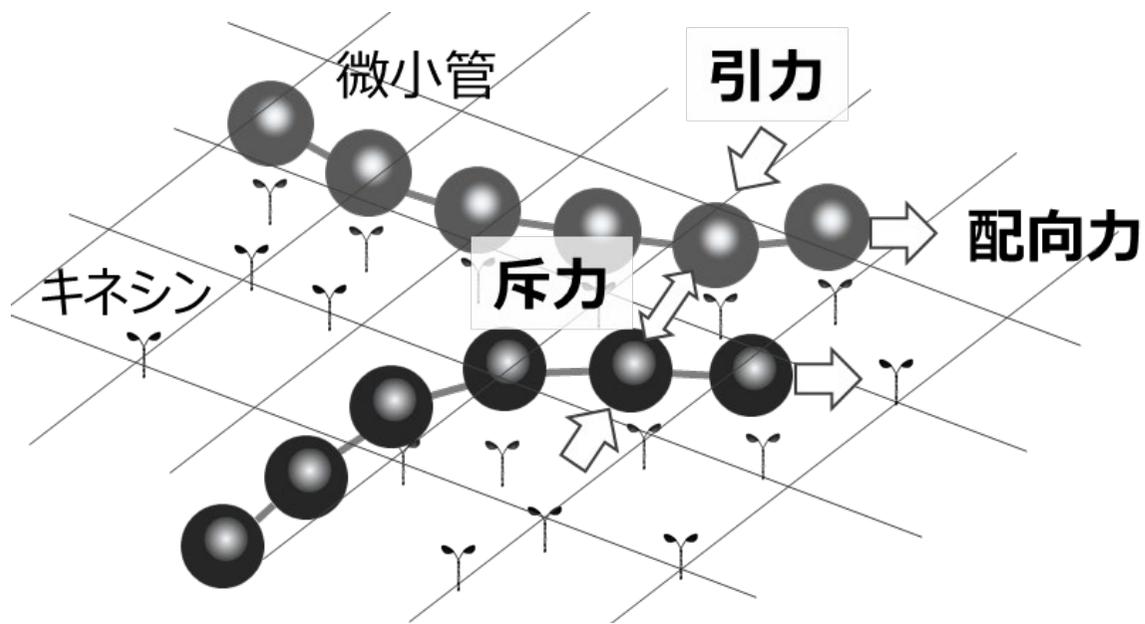
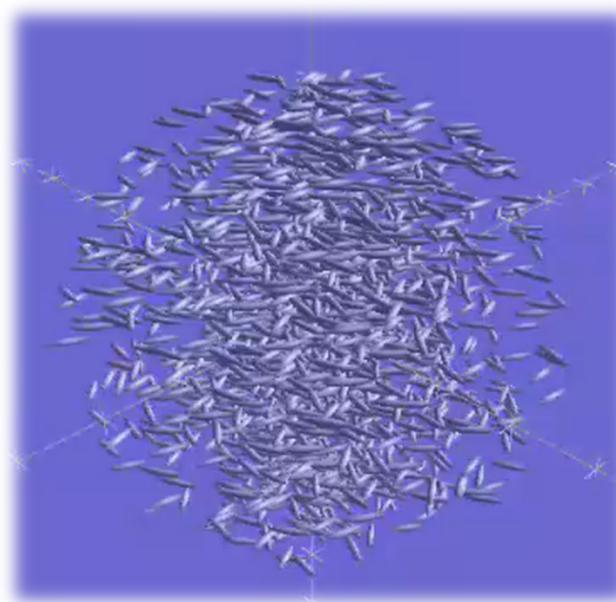
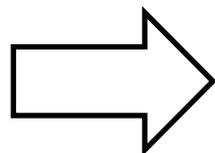
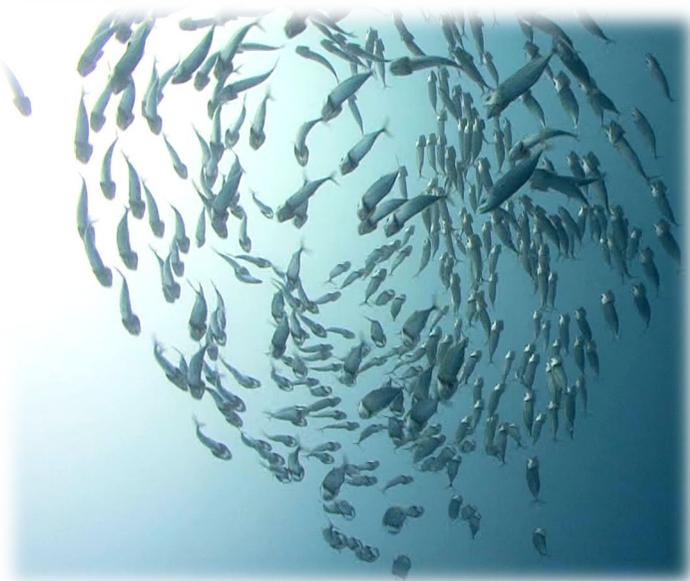


正味の仕事 = 100%

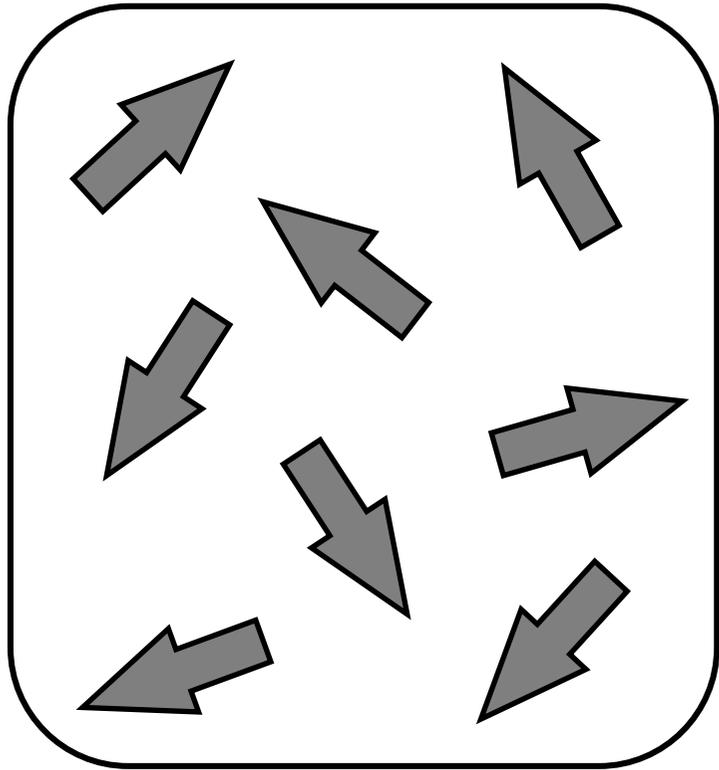
仕事を得るためにはベクトルを揃える必要がある。

20 μm

集団協調運動の実現

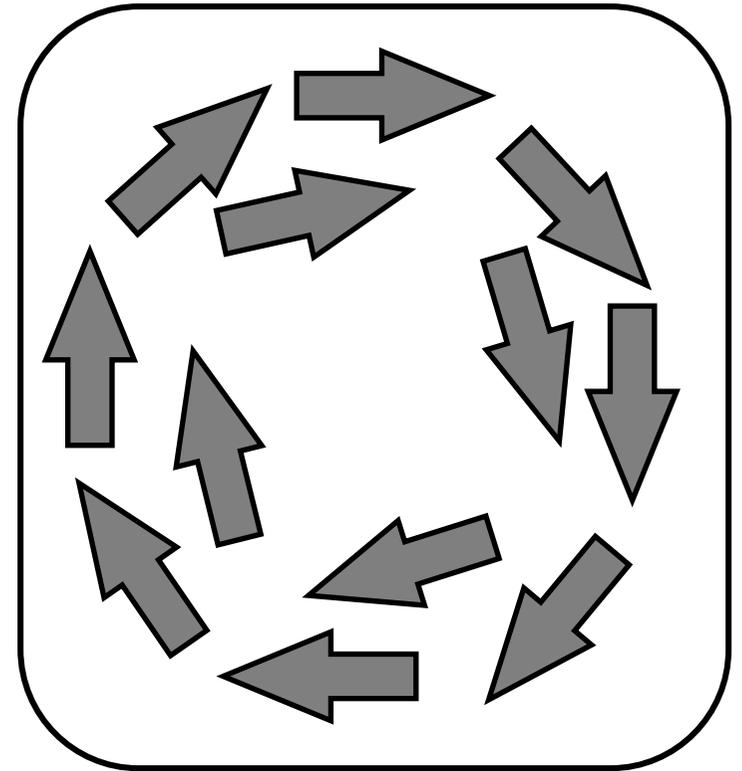
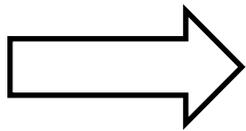


協調的な運動を「制御する技術」



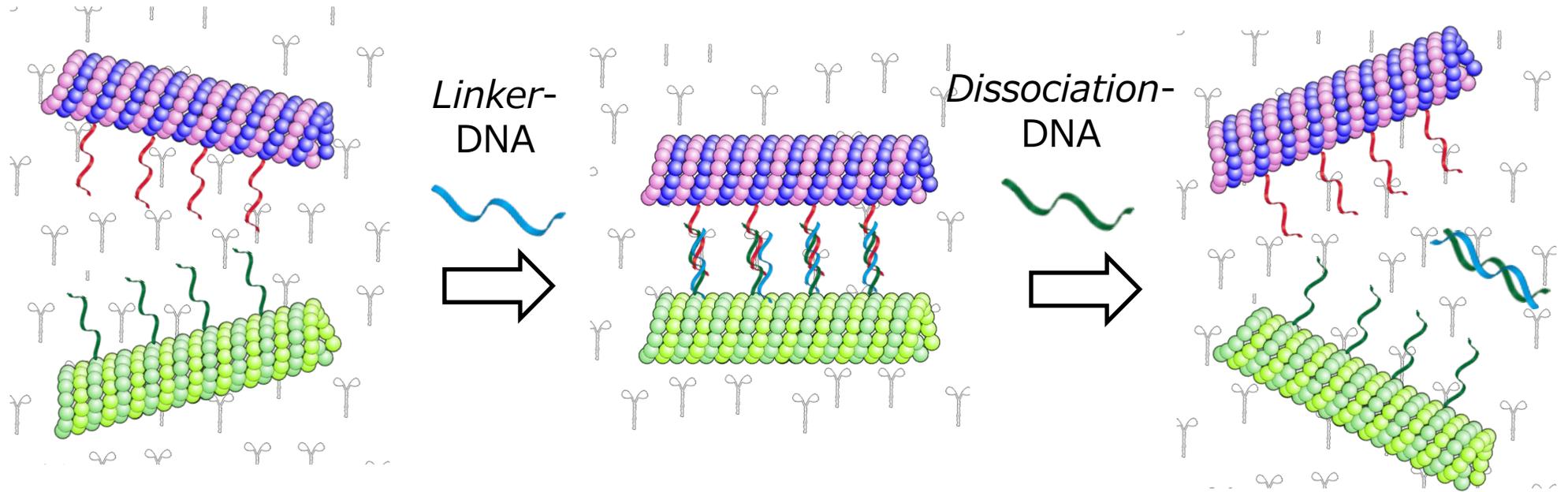
等方相

引力
斥力
配向力



動的ネマティック相

DNAの分子認識を利用した運動制御



DNAのデザイン

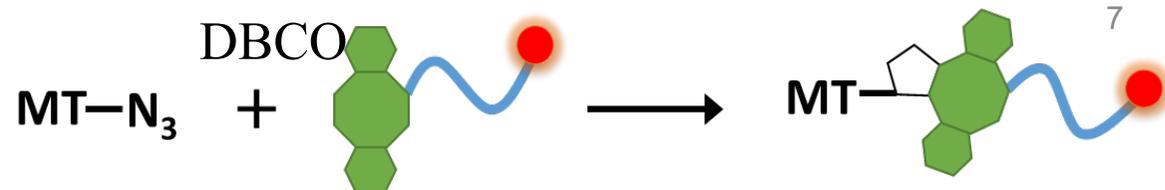
DNA1 : DBCO-TTTTTTTTTTTTTTTTTTT-**TAMRA**

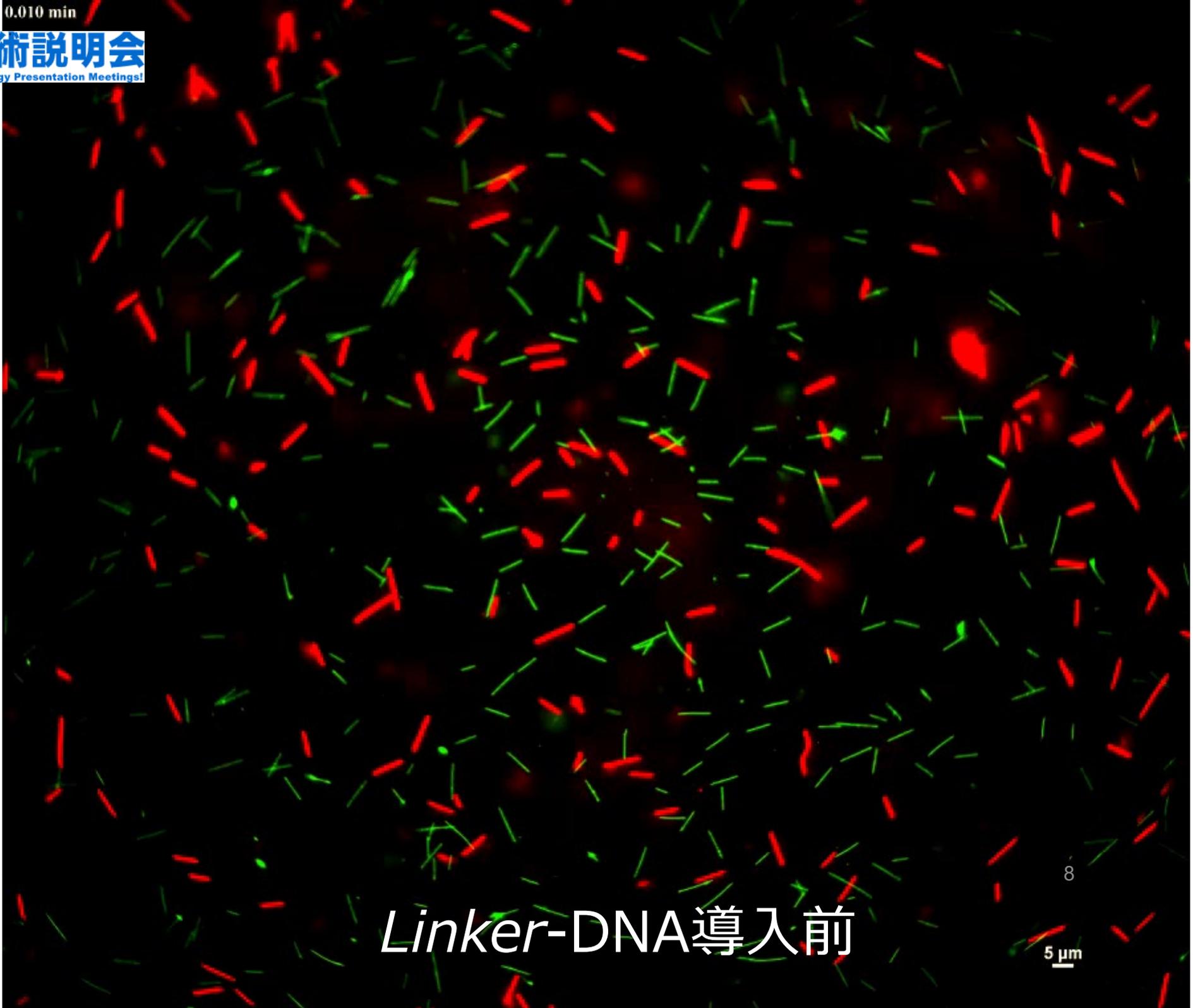
DNA2 : DBCO-TTGTTGTTGTTGTTG- **FAM**

Linker-DNA : AAAAAAAAAAAAAAAAAACAACAACAACAA

Dissociation-DNA : TTGTTGTTGTTGTTGTTTTTTTTTTTTTTT

Azide-Alkyne Cycloaddition

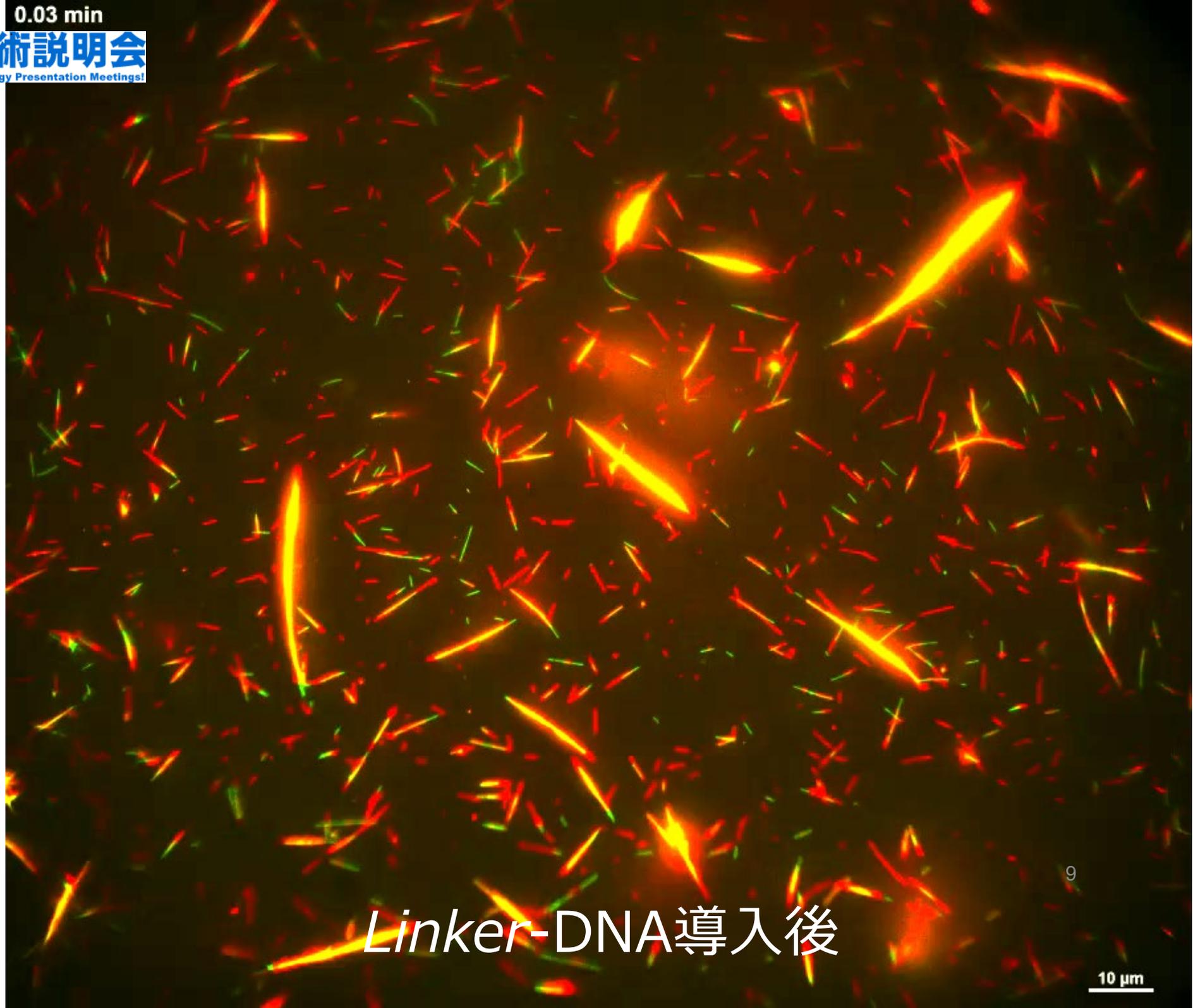




Linker-DNA導入前

8
5 μ m

0.03 min



Linker-DNA導入後

9

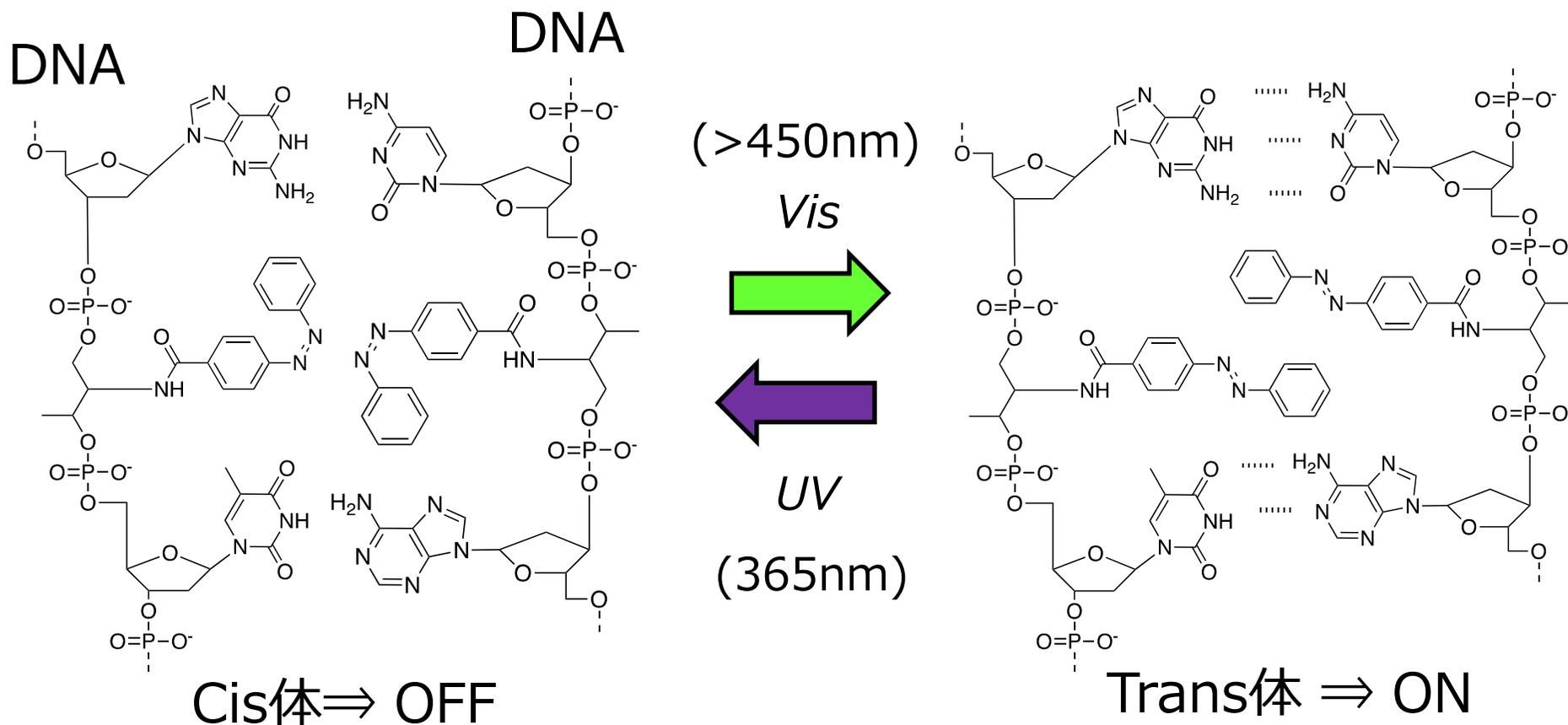
10 μ m



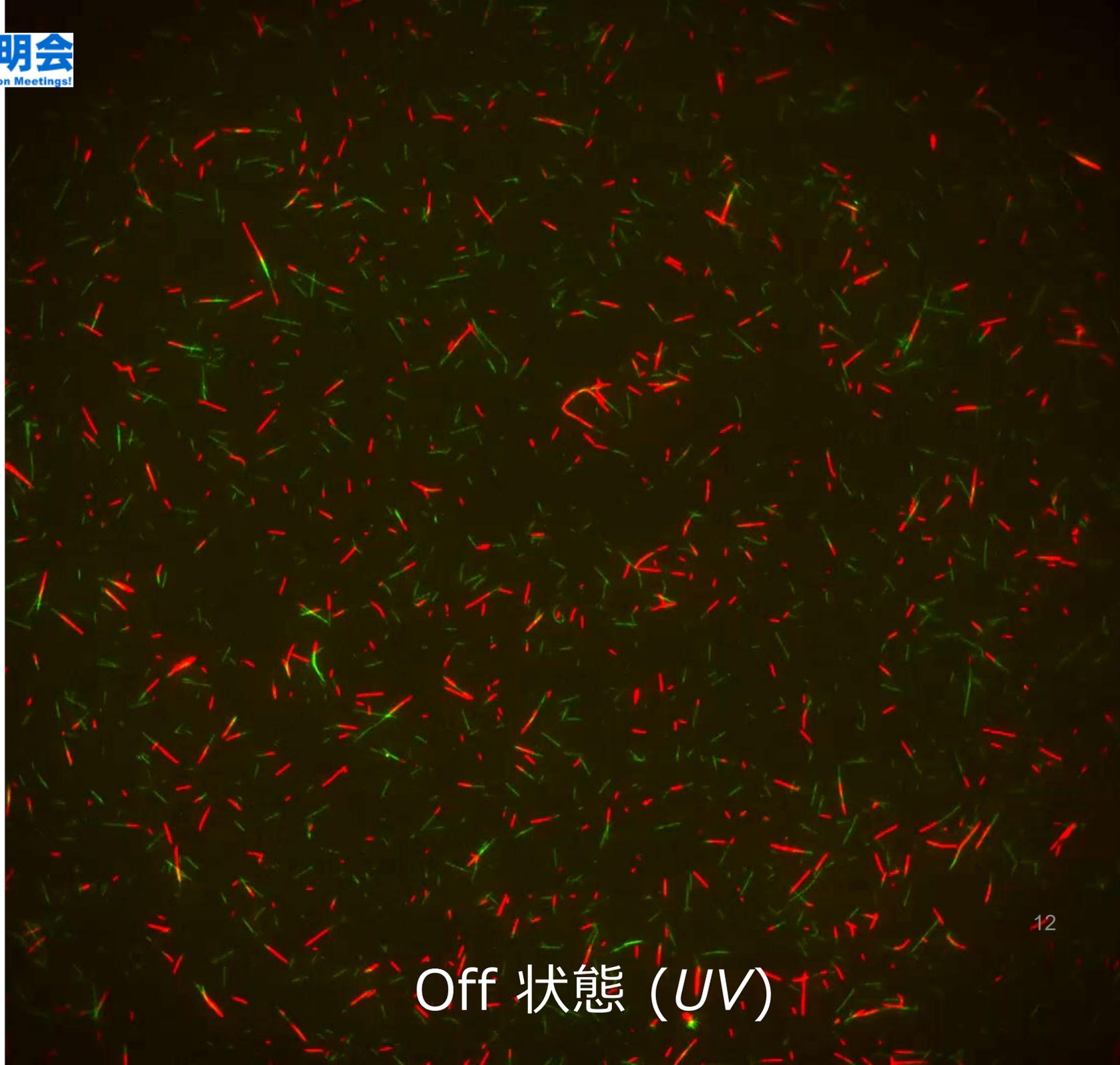
10

持続長の短い
微小管

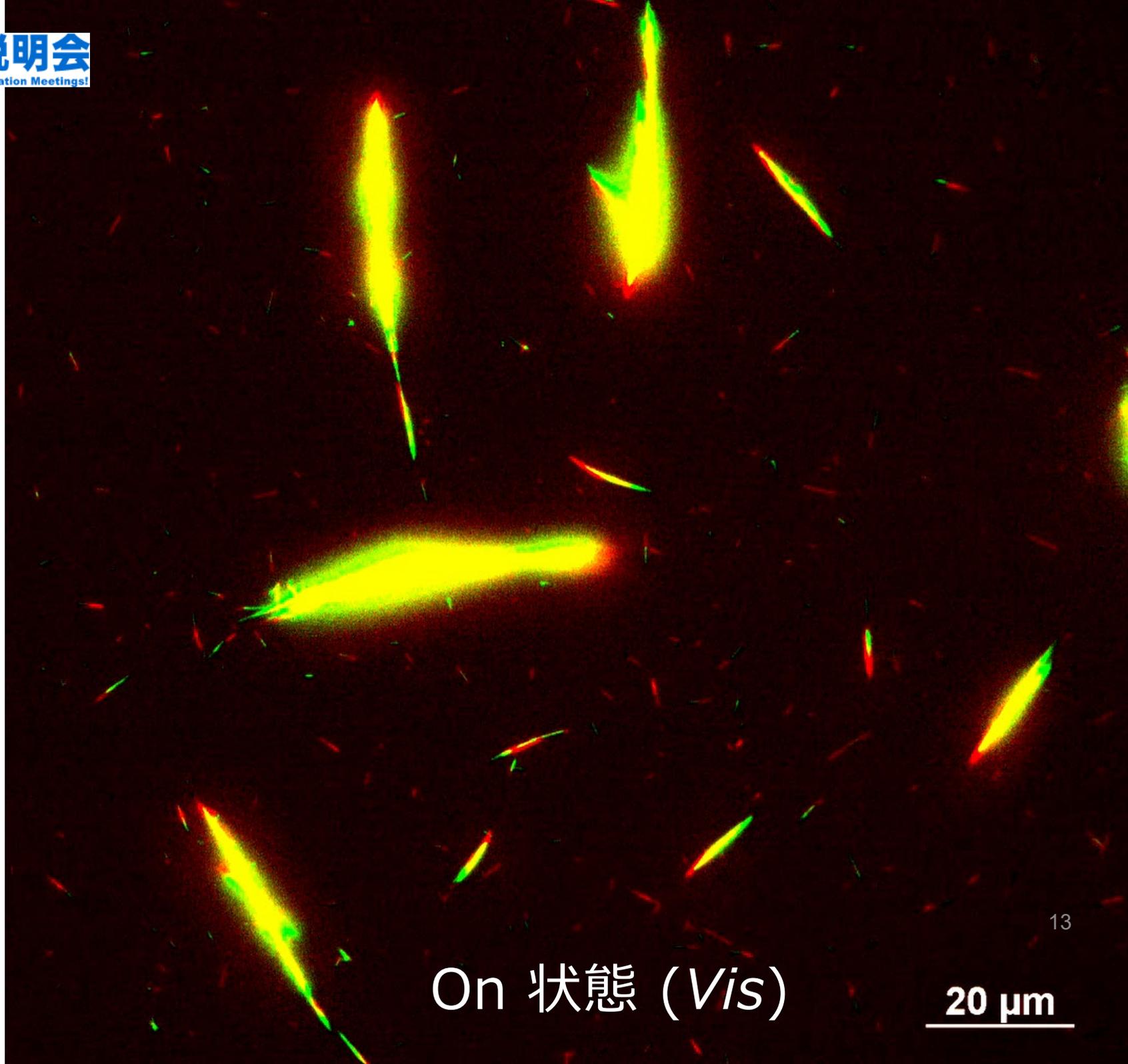
集団協調運動の光制御



アゾベンゼンを組み込んだDNA (*p*-DNA)を設計



Off 状態 (UV)



On 状態 (*Vis*)

20 μm

13

0.3 min



Off 状態 (UV)

20 μm

新技術の特徴・従来技術との比較

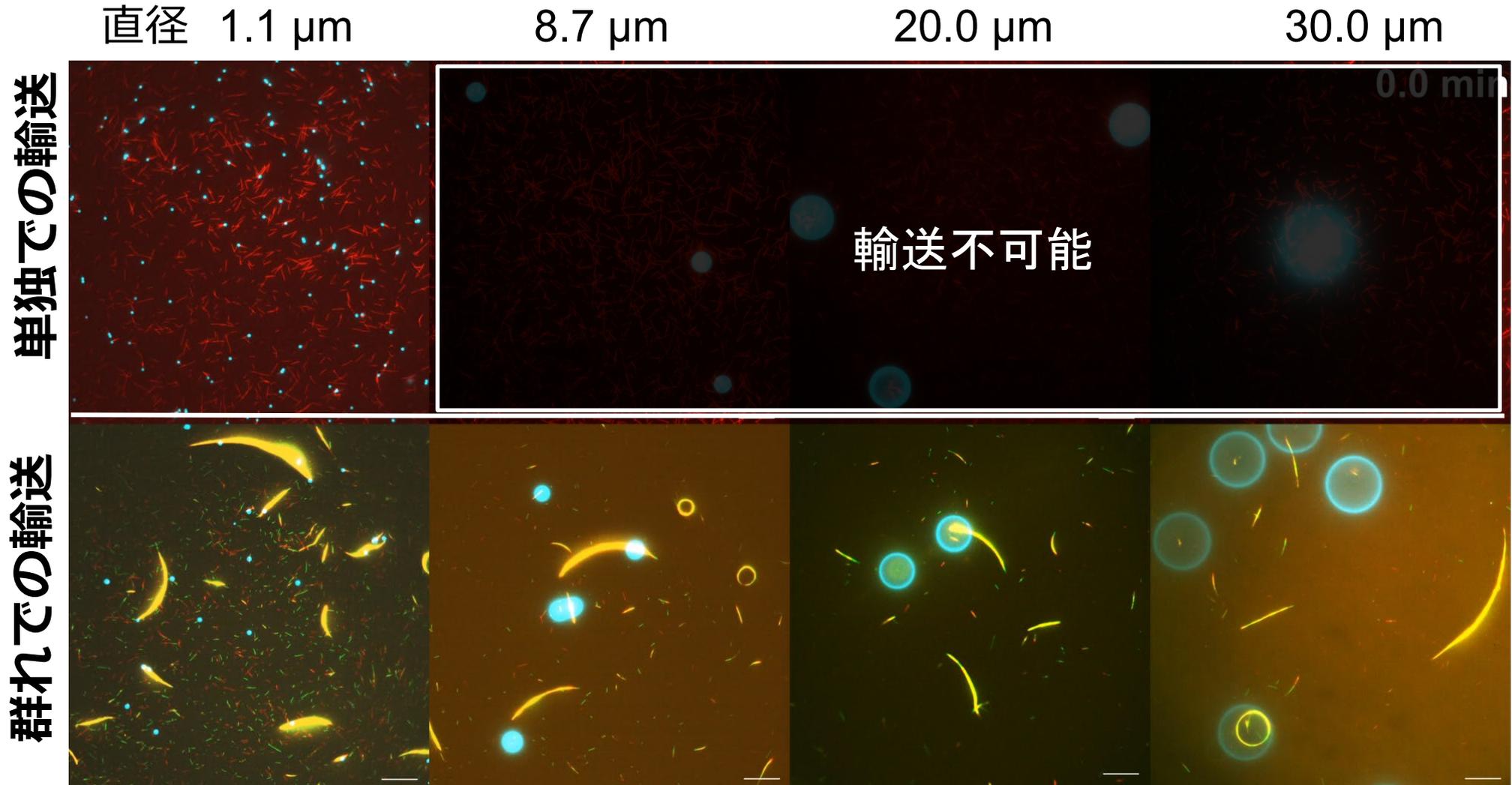
- 従来技術の電磁気に基づくモーターではなく、熱ゆらぎを利用した分子モーターに着目。
- 分子モーターの開発も進んでいるが単分子の使用に限られており、力を積算する技術はなかった。
- 分子モーター間に双極子性の相互作用を導入することで、力の積算が可能に。

➤ 様々な出力特性のモーター開発が期待される。

想定される用途

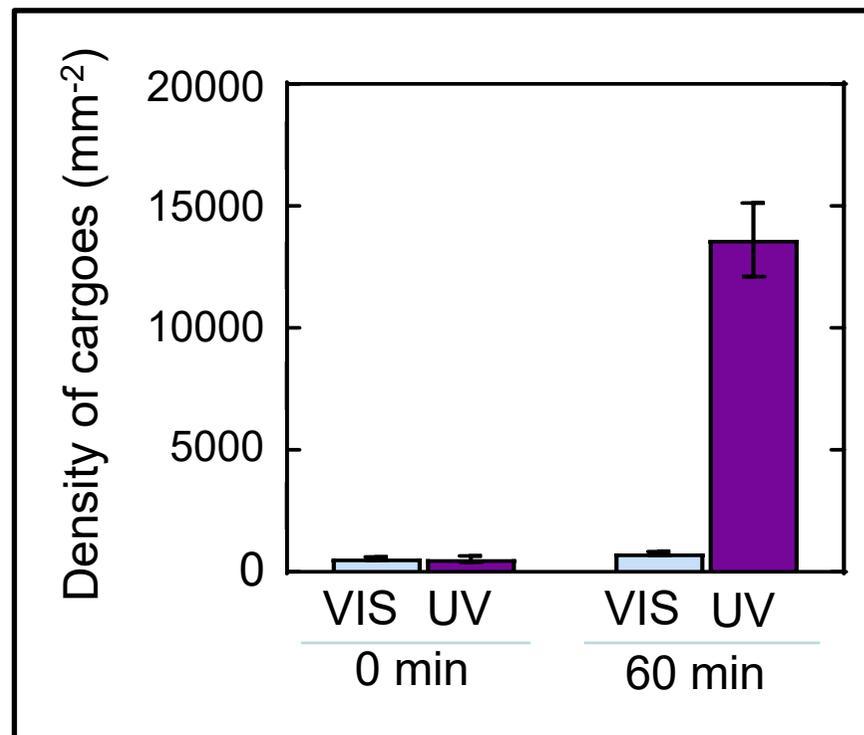
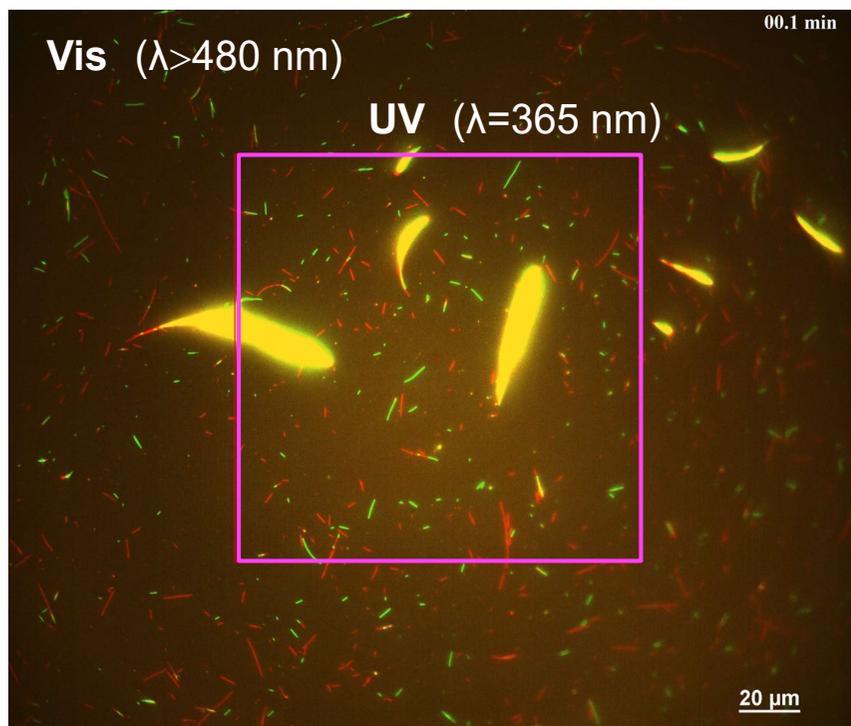
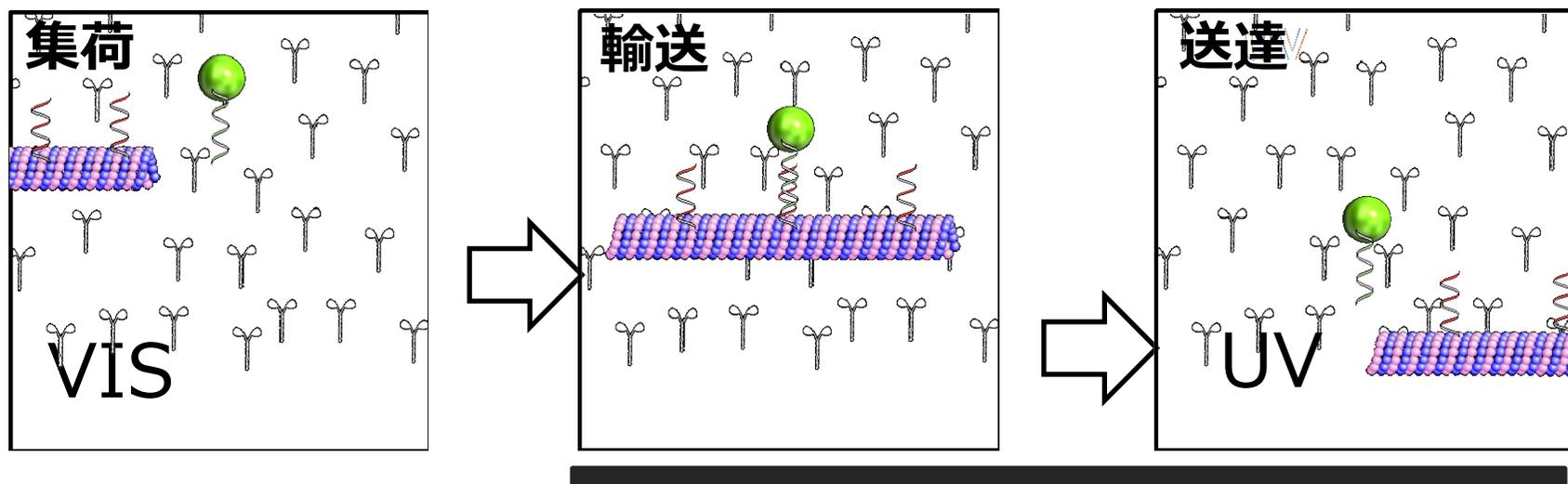
- 協働作業戦略を取り入れることで微小なサイズの物質を輸送することが可能。
- 分子認識機構を導入すれば薬剤の運搬や選択、汚染物質の回収など様々な現場で活躍する分子システムとして期待される。
- さらにマイクロ回路などと組み合わせれば微小な発電素子としての利用も期待される。

集団運動を利用した物質輸送



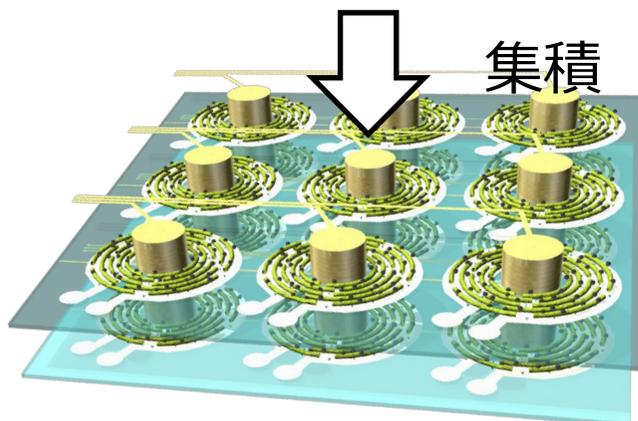
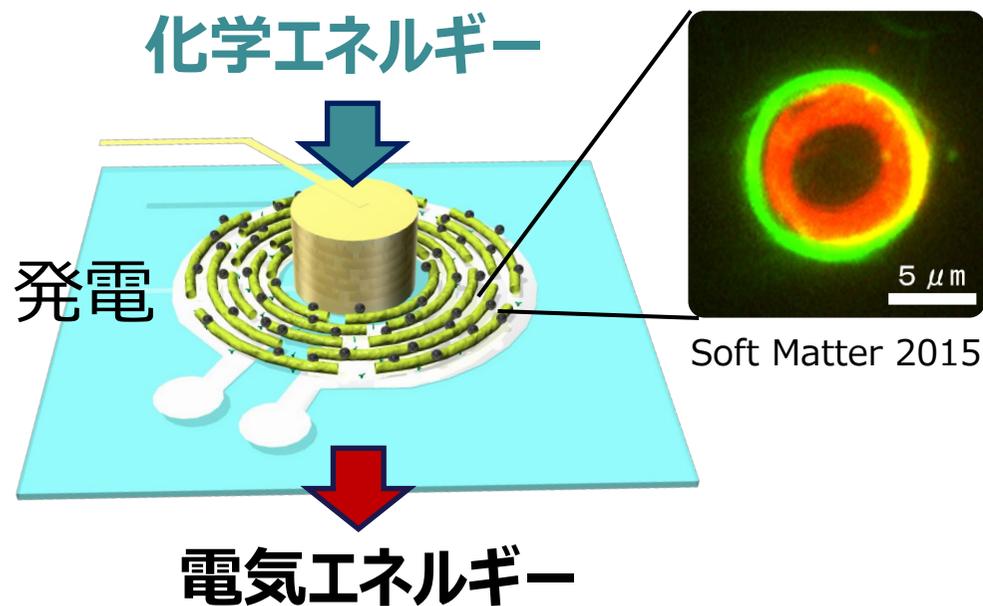
輸送可能な積荷サイズが飛躍的に拡大（ ~ 20 倍以上）

集団運動を利用した物質輸送



光で指定した場所に積荷を集積することが可能。

発電素子の開発イメージ



マルチスケールなエネルギー供給システム

質量エネルギー密度の試算

リチウムイオンバッテリー

~0.1 kWh/kg

分子発電素子

~100 kWh/kg

約1000倍

他:レアメタルフリー・再生可能・低コスト(1/3)

実用化に向けた課題

- ・エネルギー効率
- ・集積効率
- ・出力特性
- ・自己修復特性

実用化に向けた課題

- 現在、マイクロサイズの物質輸送が可能なところまで評価済み。しかし、取り出しうる力の評価は未だできていない。
- 発電素子を実現するためのプラットフォーム作りは未着手。
- 実用化に向けた、バックキャスト的なブレインストーミングが必要。

企業への期待

- 力を評価する装置提供や技術提供を希望
- 電子回路の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、微小な動力装置の必要性を感じている企業、分子レベルの分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 発電素子
 - 出願番号 : PCT/JP2021/024648
 - 出願人 : 北海道大学
 - 発明者 : 角五 彰
-
- 発明の名称 : 繊維の集合体及びその使用
 - 出願番号 : 特願2019-566501 / US16/962828
 - 出願人 : 北海道大学
 - 発明者 : 角五 彰

お問い合わせ先

北海道大学 産学・地域協働推進機構
産学協働マネージャー 岩村 相哲

産学・地域協働推進機構 ワンストップ窓口
<https://www.mcip.hokudai.ac.jp/about/onestop.html>