

科研費
KAKENHI

学術変革領域研究(A)

Molecular Cybernetics NewsLetter

分子サイバネティクス ニュースレター

第4号
vol.4

2021.12

分子サイバネティクス参画研究者紹介

計画班研究者紹介 / 公募班研究者紹介

活動報告

リポソームブートキャンプ / 第5回分子ロボティクス年次大会

2022年1月～2022年3月の主な活動



Molecular
Cybernetics

巻頭言

分子サイバネティクス領域が発足してからほぼ1年が経ちました。この間ずっと、新型コロナウイルスの影響下にあり、さまざまな活動をオンラインで行わざるを得ない状況が続いています。こうした全国的規模の研究プロジェクトを進めるうえでは、ときに研究者同士が顔と顔をつき合わせてディスカッションし、研究室を互いに訪問して直接あーでもないこーでもないというやりとりを交わすことがとても大切だとは思いますが、オンラインにはオンラインの良さもあり、いろいろなチャンネルを通じて活発に情報交換が行われているのは不幸中の幸いと言えるでしょう。実際、毎週の総括班会議にはじまって、領域ミーティング、領域会議、公開シンポジウム、関連学会におけるオーガナイズドセッションやワークショップ、さらには領域内で行われるさまざまなセミナーや講習会まで、いずれもオンラインではありますが、相当な頻度で行われていまして、従来の新学術領域と比較して、そこで交わされる情報量ははるかに大きいのではないかと感じています。

この度、前期公募研究の採択課題がきまり、25人の新しいメンバーが領域に加わりました。計画研究班のメンバーは17人ですから、一挙に倍以上の人数になり、今までにも増して活気が出てまいりました。理論系から物理系、生物系、化学系まで、専門分野のバラエティも豊富で、女性の研究者も二人おられます。どの方も極めて活発で、領域会議や領域セミナーの場ではつねに共同研究の可能性が探られており、すでにさまざまな研究がはじまっているようです。学術変革領域の目的は、あたらしい学術分野を開拓することにあります。それを実行する研究者のコミュニティが創成されなければその学術は持続可能なものになりません。領域として、こうした研究者同士の多様で複雑で発見的な結びつきを支援し、本領域を中心としたあらたな学術のコミュニティが形成されるよう、これからも努力してまいります。

領域代表 村田 智

分子サイバネティクス 参画研究者紹介

参画研究者紹介 / 目次

| | | | |
|--------|-----------|-------|-------|
| 領域代表者 | 村田 智 | ..... | 3 |
| A01計画班 | 豊田 太郎 | ..... | 4 |
| | 東 俊一 | ..... | 5 |
| | 磯川悌次郎 | ..... | 6 |
| | 田中 幹人 | ..... | 7 |
| | 浜田 省吾 | ..... | 8 |
| | B01計画班 | 野村慎一郎 | ..... | 9 |
| 松浦 和則 |  | ..... | 10 |
| 村山 恵司 |  | ..... | 11 |
| 佐藤 佑介 |  | ..... | 12 |
| C01計画班 | 中茎 隆 | ..... | 13 |
| | 川又 生吹 | ..... | 14 |
| | 小宮 健 | ..... | 15 |
| | 嶋田 直彦 | ..... | 16 |
| D01計画班 | 葛谷 明紀 | ..... | 17 |
| | 瀧口 金吾 | ..... | 18 |
| | アリフ・R・コビル | ..... | 19 |
| | 上杉 薫 | ..... | 20 |

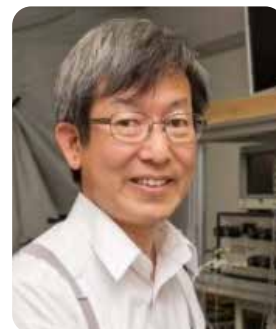
| | | | |
|-------|-------|-------|----|
| 公募班 | 平 順一 | ..... | 21 |
| | 水内 良 | ..... | 22 |
| | 矢島潤一郎 | ..... | 23 |
| | 鈴木 勇輝 | ..... | 24 |
| | 竹澤 悠典 | ..... | 25 |
| | 曾和 義幸 | ..... | 26 |
| | 今任 景一 | ..... | 27 |
| | 酒井 雄介 | ..... | 28 |
| | 林 真人 | ..... | 29 |
| | 佐藤 浩平 | ..... | 30 |
| | 石川 大輔 | ..... | 31 |
| | 松永 大樹 | ..... | 32 |
| | 宮廻 裕樹 | ..... | 33 |
| | 山田 鉄兵 | ..... | 34 |
| | 庄司 観 | ..... | 35 |
| | 木賀 大介 | ..... | 36 |
| | 井上 大介 | ..... | 37 |
| | 藤本 健造 | ..... | 38 |
| | 柳澤 実穂 | ..... | 39 |
| | 津金麻実子 | ..... | 40 |
| 小嶋 勝 | ..... | 41 | |
| 安原 主馬 | ..... | 42 | |
| 堀 豊 | ..... | 43 | |
| 三友 秀之 | ..... | 44 | |
| 森島 圭祐 | ..... | 45 | |

Journalist in Residence

| | | |
|-------|-------|----|
| 田中 幹人 | ..... | 46 |
| 森 旭彦 | ..... | 46 |
| 藤崎 慎吾 | ..... | 47 |
| 小宮山亮磨 | ..... | 47 |

領域代表者・A01分担者

村田 智 (むらた さとし)



- 所属・職位 東北大学大学院工学研究科ロボティクス専攻・教授
- メールアドレス satoshi.murata.a4@tohoku.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
Google Scholar
<https://scholar.google.co.jp/citations?user=sK4o4gsAAAAJ&hl=ja&oi=ao>

- 専門分野 分子ロボティクス, 自律分散システム, 創発システム

● その説明

多数の同じ部品で構成されるシステムの自己組織化, 適応・進化のための設計論に取り組んでいる。高校の生物教師だった祖父の影響で生命に興味を持つが, 大学は航空学科に進み制御工学を学ぶ。機械技術研究所(現産総研)では, 一連のモジュール型ロボットシステムの開発に携わる。合体変形ロボット(M-TRAN)により自在に形を変えるロボットを実現するも, マクロな機械の限界に突き当たる。このころDNAを使えば分子の部品が設計できることを知り, DNAナノテクの研究に方向転換し, 真の分散型システムとして分子ロボットを構想する。2009年に計測自動制御学会に分子ロボティクス研究会を立ち上げ, 2012-7年の新学術領域「分子ロボティクス(代表 萩谷昌己)」では事務担当としてプロジェクトの進行役を務めた。国際生体分子デザインコンペティション(BIOMOD)のボードメンバーとして分子ロボティクスの啓蒙普及にも取り組んでいる。

● 主な業績

- 1) S. Murata, H. Kurokawa, Self-Organizing Robots, Springer, 2012(単行本)
(村田智, 黒河治久, 自己組織機械システムの設計論, オーム社, 2009)
- 2) 村田智編, 分子ロボティクス研究会著, 分子ロボティクス概論～分子のデザインでシステムを創る, CBI学会出版, 2019(S. Murata Ed., Molecular Robotics Research Group, Molecular Robotics -An Introduction, Springer, 2021刊行予定)
- 3) 小宮健, 浜田吾吾, 村田智ほか, DNAナノエンジニアリング, 近代科学社, 2011.
- 4) S. Murata, A. Konagaya, S. Kobayashi, H. Saito, M. Hagiya, Molecular Robotics: A New Paradigm for Artifacts, New Generation Computing, 31, 27-45, 2013.
- 5) M. Hagiya, A. Konagaya, S. Kobayashi, H. Saito, S. Murata, Molecular robots with sensors and intelligence. *Acc. Chem. Res.*, 47, 1681-1690, 2014.

● 研究課題名

領域代表者として: 領域全体のとりまとめ, デモンストレーションのためのプロジェクト管理。
計画研究A01分担者として: 分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション(インテグレーション拠点の整備と運営)

● 研究課題の概要

領域全体のとりまとめ: 分子サイバネのようなプロジェクト型の研究では, メンバー間の情報共有がきわめて重要であるため, さまざまな手段を用いて情報を言語化, 可視化し, メンバー間の自由闊達なコミュニケーションから画期的な発想が湧いてくるような環境の整備に努める。領域内外のさまざまな活動を活性化させることを通じて研究者のコミュニティを拡げ, 21世紀の学術を変革する領域として, 分子ロボティクス・分子サイバネティクスを根付かせる。
プロジェクト管理: 中間デモを通過点, 最終デモをゴールとするロードマップを作成し, これをアップデートし続けることにより, 予期しないトラブルや困難に直面した時も, 協力して対処できるようにする。

インテグレーション拠点の整備と運営: 顕微鏡下でマイクロ流体デバイスの中に固定した多数のミニマル人工脳(SPAユニット)を制御・観察できるシステムを構築し, 中間・最終デモンストレーションを実施するとともに, 領域に参画する研究者の共同研究の場として活用する。領域全般について, ご要望やお困りのことなどございましたら, いつでもご相談ください。



A01 代表者

豊田 太郎 (とよた たろう)

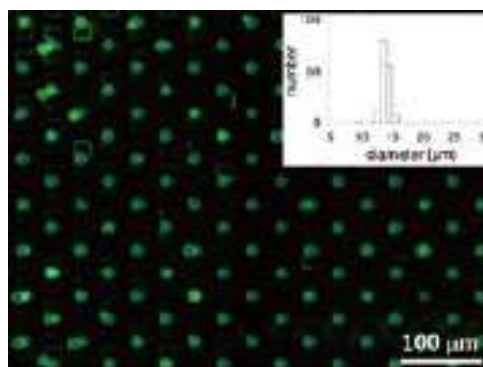


- 所属・職位: 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻・准教授
- メールアドレス cttoyota@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp
- Twitterアカウントなど @KomaToug
- 最新の業績がみられるサイト
https://researchmap.jp/taro_toyota
<https://scholar.google.co.jp/citations?user=A8WUxOwAAAAJ&hl=ja>

- 専門分野 コロイド・界面化学

● その説明

両親媒性分子が水中で形成する細胞サイズの袋状二分子膜をジャイアントベシクル(GV)といいます。GVは、構造や大きさの観点から、細胞モデルとみなされ注目されています。近年のマイクロ流体デバイス技術の発展により、GVの作製や内包の歩留まりが著しく向上した結果、各種の人工機能分子や生体機能分子をGVに搭載して、細胞機能のような高次の分子システムを組み上げることが可能になりました。私はこれまで構築してきたGV内包技術、GV同時多数観測用マイクロ流体デバイス、閉ループ制御型自動実験システムを活用して、GVのSPAユニットによるケミカルAIの構築に貢献します。



● 主な業績

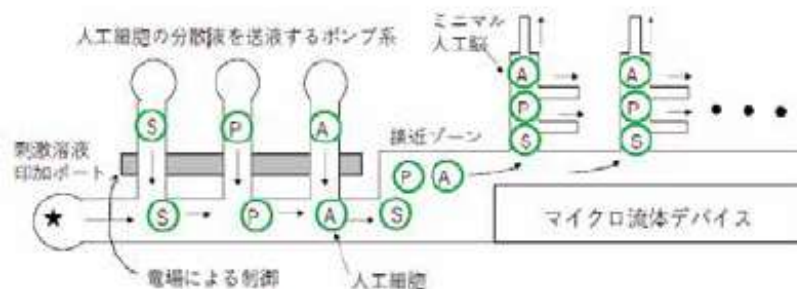
- T. Toyota*, A. Ohtani, H. Sugiyama, Molecular transformation for self-reproducing vesicles and underlying analysis methods. *Chem. Pharm. Bulletin*, **69**, 947-952 (2021). [Review]
- H. Sugiyama, T. Osaki, S. Takeuchi*, T. Toyota*, Hydrodynamic accumulation of small molecules and ions into cell-sized liposomes against a concentration gradient. *Commun. Chem.*, **3**, 32 (2020).
- J. M. Castro, H. Sugiyama, T. Toyota *, Budding and division of giant vesicles linked to phospholipid production. *Sci. Rep.*, **9**, 165. (2019).
- H. Sugiyama, T. Toyota*, Toward Experimental Evolution with Giant Vesicles. *Life*, **8**, 53 (2018).

● 研究課題名

分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション(人工細胞配列技術の開発)

● 研究課題の概要

分子サイバネティクスが目標とするSPAユニットの構築には、各機能をもったジャイアントベシクル(GV)の人工細胞を決まった序列で隣接させて配置する必要があります。その機能評価には統計的な解析が求められる。また、高次学習回路の機能を発現しうるSPAユニットのネットワーク構造の形成においても、そのトポロジーの制御と時間発展追跡は欠かせない。インテグレーション拠点(東北大学)と共同して、これら要請に応える、GV型人工細胞のマイクロ流体デバイスをもとにした閉ループ制御型自動実験システムを構築する。GVはもっとも曲げ弾性率の小さなマイクロメートルサイズの粒子の一つであることから、これら技術は、GV型人工細胞のみならず、他の人工細胞や細胞そのものにも適用でき、将来、特性が際立った(GVに限らない)各種人工細胞、人工細胞-細胞ハイブリッド体、異種細胞による人工多細胞体といった新奇の人工組織の開発技術へ発展することが期待される。



A01 分担者

東 俊一 (あずま しゅんいち)



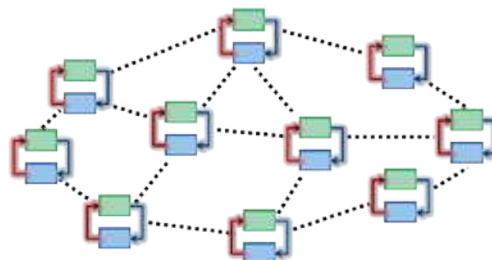
- 所属・職位 名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻・教授
- メールアドレス shunichi.azuma@mae.nagoya-u.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
<http://www.ctrl.mae.nagoya-u.ac.jp/>

● 専門分野 制御工学

● その説明

複数の動的システムがネットワークで結合されたシステムを「ネットワークシステム」といいます。システム制御分野では、スマートグリッド、ビークルの自動運転などへの関心の高まりを背景に、近年、このネットワーク型システムの研究が活発にされています。

私は、このネットワークシステムの制御理論の研究を専門にしていますが、本プロジェクトでは、それを基盤に、分子で学習回路を創る理論を創ることに挑戦します。



図：ネットワークシステム

● 主な業績

- [1] S. Azuma: Structural Equilibrium Control of Network Systems, IEEE Transactions on Automatic Control, to appear (2021)
- [2] S. Azuma, T. Kure, and T. Sugie: Structural Bistability Analysis of Flower-shaped and Chain-shaped Boolean Networks, IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, Vol. 17, No. 6, pp. 2098--2106 (2020)
- [3] S. Azuma, D. Sato, K. Kobayashi, and N. Yamaguchi: Detection of Defaulting Participants of Demand Response Based on Sparse Reconstruction, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 11, No. 1, pp. 368--378 (2020)
- [4] S. Azuma, T. Kure, T. Yoshida, and T. Sugie: Cactus-expandable Graphs, IEEE Transactions on Control of Network Systems, Vol. 6, No. 2, pp. 775--788 (2019)

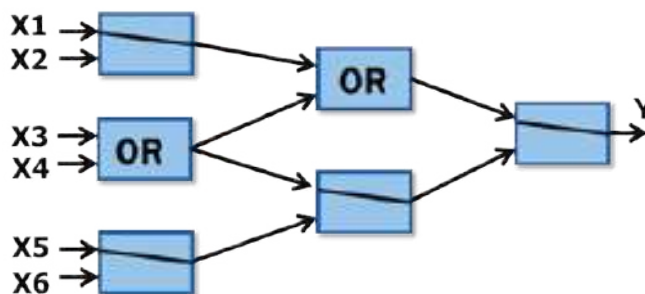
● 研究課題名

分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション(ミニマル人工脳の数理モデルと学習)

● 研究課題の概要

本プロジェクトでは、SPAユニットをネットワーク上に結合することで学習回路を構成する予定になっています。そこで、本研究では、そのような学習回路を想定して、その数理モデルと学習方法を開発します。特に、ユニットの数、ネットワーク構造、学習能力の関係を明らかにし、その結果を実験的研究へフィードバックすることを目指します。また、本プロジェクトでは、SPAユニットで、古典的条件付け(パブロフの犬の実験)を実現することをマイルストーンのひとつとしているが、「古典的条件付けの素子」のネットワークの学習理論を開発する。

また、本プロジェクトでは、SPAユニットで、古典的条件付け(パブロフの犬の実験)を実現することをマイルストーンのひとつしていますが、「古典的条件付けの素子」のネットワークの学習理論の開発も行います。



図：「古典的条件付けの素子」のネットワーク

A01 分担者

磯川 倅次郎 (いそかわ ていじろう)



- 所属・職位 兵庫県立大学大学院工学研究科電子情報工学専攻・准教授
- メールアドレス isokawa@eng.u-hyogo.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
researchmap <https://researchmap.jp/Teijirolsokawa>
dblp <https://dblp.org/pid/14/439.html>
研究グループWebサイト <https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/group/group48/>

- 専門分野 知能情報学, セルオートマトン, ニューラルネットワーク

● その説明:

知能情報学は、人間をはじめとする生物が持つ知的な情報処理機構をコンピュータにより実現することにより、人間が行う知的活動を補佐あるいは代行しうるものを構築・発展させることを目指す研究分野です。ここでの情報処理機構の例としては、生物の神経回路をモデル化した人工ニューラルネットワークや生物進化過程を計算過程として取り扱う進化計算などが挙げられます。セルオートマトンは元々生物の自己複製過程をモデル化するために考えられた超並列・離散計算モデルであり、現在では自然現象のモデル化や並列計算機のアーキテクチャなどの応用があります。

● 主な業績

T.Yamashita, T.Isokawa, F.Peper, I.Kawamata, M.Hagiya, Turing-completeness of asynchronous non-camouflage cellular automata, *Inf. Comput.*, 274, 104539 (2020).

T.Tomita, J.Lee, T.Isokawa, F.Peper, T.Yumoto, N.Kamiura, Universal logic elements constructed on the Turing Tumble, *Nat. Comput.*, 19(4), 787-795 (2020).

T.Isokawa, F.Peper, K.Ono, N.Matsui, A universal Brownian cellular automaton with 3 states and 2 rules, *Nat. Comput.*, 17(3): 499-509 (2018).

T.Minemoto, T.Isokawa, H.Nishimura, N.Matsui, Feed forward neural network with random quaternionic neurons, *Signal Process.*, 136, 59-68 (2017).

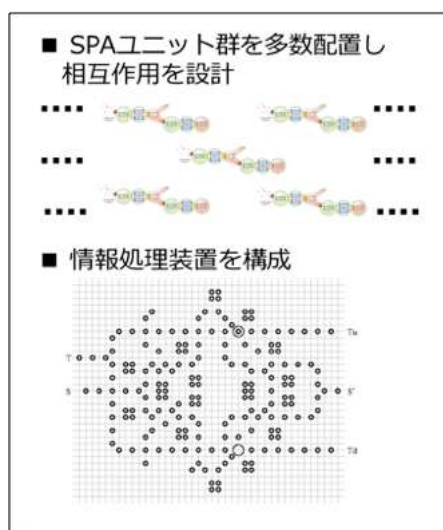
M.Mori, T.Isokawa, F.Peper, N.Matsui, Swarm Networks in Brownian Environments, *New Gener. Comput.*, 33(3), 297-318 (2015).

● 研究課題名

分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション (分子デバイス統合による情報処理装置の構築)

● 研究課題の概要

分子サイバネティクス領域では、センサや論理素子、アクチュエータなどの部品を分子規模のデバイスにより構成し、これらを用いて人工脳を構築するという目標を掲げており、各デバイス構成の研究が進展しています。一方で、どのようにデバイスを組み合わせると脳のような情報処理装置を構成できるのか、という点について検討することが必要です。本分担研究は、センサ、論理素子、アクチュエータ(SPAユニット)を組み合わせ、非同期セルオートマトンやリザーバーニューラルネットワークなどの情報処理装置の構成手法を確立することが目的です。



A01 分担者



田中 幹人 (たなか みきひと)

- 所属・職位 早稲田大学 政治経済学術院 教授
- メールアドレス mikihito.tanaka@gmail.com
- Twitter j_steman
- 最新の業績がみられるサイト
ResearchMap <https://researchmap.jp/steman>

- 専門分野 科学ジャーナリズム研究、計算社会科学、科学技術社会論

● その説明

もともとは細胞骨格や熱ショックタンパク質の研究で博士号を頂きましたが、その後、色々あって科学とメディアの科学研究をする現職に転進。現在はマスメディアやソーシャルメディアのデータを対象に、自然言語処理やネットワーク分析の手法を用い、科学の専門知やリスクが社会にどのように伝わっていき、利用されるのか、議論されるのかといった研究を行っています。

また、実証分析のみならず理論分析や実践的取り組みも継続して行っています。いま現在は、新型コロナ対策のために厚生労働省アドバイザーボードメンバーなども兼務中。

● 主な業績

Saito, T., Muto, K., Tanaka, M., Okabe, N., Oshitani, H., Kamayachi, S., Kawaoka, Y., Kawana, A., Suzuki, M., Tateda, K., Nakayama, H., Yoshida, M., Imamura, A., Ohtake, F., Ohmagari, N., Osaka, K., Kaku, M., Sunagawa, T., Nakashima, K., Nishiura, H., Wada, K., Omi, S., Wakita, T. (2021) "Proactive engagement of ad hoc Expert Meeting in Crisis Management of the early phase epidemic of COVID-19 in Japan, February to June 2020," *Emerging Infectious Diseases*, 27(10) .

Valaskivi, K., Rantasila, A., Mikihito Tanaka, M., Kunelius, R. (2019) *Traces of Fukushima: Global Events, Networked Media and Circulating Emotions*, Palgrave.

田中幹人(2019)「研究者はメディアとどう向き合うのか〜「科学のメディア化」の時代」, *実験医学*, 37(9) 1475-1479.

● 研究課題名

分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション

(ジャーナリスト・イン・レジデンスを通じた実践・参与観察型研究とメディアにおける社会技術的想像の模索)

● 研究課題の概要

オンライン記事の実例ジャーナリスト・イン・レジデンス(JIR)は、日本ではまだ導入が本格化していないが、諸外国では成功を収めている取り組みです。通常は、研究成果が得られ記者発表して取材を受けることとなります。しかしJIRでは、研究の進捗に併走しながらジャーナリストが学び、コンテンツを作成します。これにより、研究者にとっても刺激となることが期待されます。

また、研究領域の成果がメディアを通じて世に問われた後、人々がどのような社会技術的想像(socio-technical imaginary)の中で受けとめるか、という観点からメディア反応の分析も行っています。



オンライン記事の実例

A01 協力者

浜田 省吾 (はまだ しょうご)

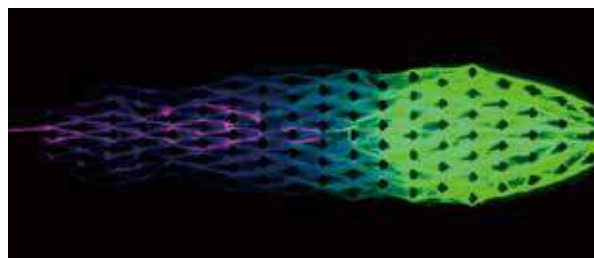


- 所属・職位 東北大学工学研究科ロボティクス専攻 特任講師 (研究)
- メールアドレス hamada@tohoku.ac.jp
- Twitterアカウントなど @shogohamada
- 最新の業績がみられるサイト
https://researchmap.jp/shogo_hamada
<https://www.nanoeng.net>

- 専門分野 分子ロボティクス, DNAナノエンジニアリング, DNAハイドロゲル, DNAナノ構造

● その説明

私がいま興味をもっているテーマは、「生きた」分子ロボット (life-like molecular robots) の開発です。生命が持つ特徴をひとつずつ分子レベルから実装していくことで、これまでの人工物では実現できなかった機能をもつ分子ロボットを作りたいと考えています。その基盤として近年開発したのが、人工代謝系で駆動するスライム型のDNAマシンです。メゾスケールのDNAゲルが、自らの身体を再生成することで移動し、互いに干渉することで競争します。本領域のインテグレーション拠点開発を通じ、より複雑な構造をもち、高度な知能が実装された分子ロボットの実現につながると考えています。



● 主な業績

S. Hamada. Molecular Robotics. In: Ang M.H., Khatib O., Siciliano B. (eds) *Encyclopedia of Robotics*., Springer, Berlin, Heidelberg (2021).

S. Hamada, Kenneth Gene Yancey, Yehudah Pardo, Mingzhe Gan, Max Vanatta, Duo An, Yue Hu, Thomas L. Derrien, Roanna Ruiz, Peifeng Liu, Jenny Sabin, Dan Luo. Dynamic DNA material with emergent locomotion behavior powered by artificial metabolism. *Science Robotics*, 4(29), eaaw3512 (2019).

J. Kim, J. Lee, S. Hamada, S. Murata, and S. H. Park. Self-replication of DNA rings. *Nature Nanotechnology*, 10, 528-533 (2015).

S. Hamada, S. Murata. Substrate-Assisted Assembly of Interconnected Single-Duplex DNA Nanostructures. *Angewandte Chemie International Edition*. 48(37), 6820-6823 (2009).

● 研究課題名

分子デバイス統合によるミニマル人工脳の構築とその社会的イノベーション (インテグレーション拠点開発担当)

● 研究課題の概要

分子サイバネティクスにおける基盤のひとつとなる「人工細胞統合実験プラットフォーム」を構築、メンバー研究者に提供致します。構築・整備・管理はA01班(統合班・技術統合チーム)が協力して行います。具体的には、感覚(Sensor)・情報処理(Processor)・駆動(Actuator), リボソームを用いて実装されるこれら3種類の人工細胞モジュールを特定の順序に並べる機構を開発します。また、これらモジュールのマイクロ流体デバイスへの導入, 分子刺激・光刺激によるデバイス内での性能評価手法の確立, 応答の自動記録・遠隔操作を可能とする双方向型の実験プラットフォーム構築等が目標です。

B01 代表者

野村 慎一郎 (のむら しんいちろう)



- 所属・職位 東北大学大学院工学研究科ロボティクス専攻・准教授
- メールアドレス shinichiro.nomura.b5@tohoku.ac.jp
- Twitterアカウントなど @SMNomura
- 最新の業績がみられるサイト

Researchmap: <https://researchmap.jp/SMNomura>

GoogleScholar: <https://scholar.google.co.jp/citations?user=Jzk4bskAAAAJ&hl=ja>

- 専門分野 人工細胞工学, 分子ロボティクス, 応用生物物理

● その説明

人工細胞は、マイクロサイズの構造を単位とする人為的に設計された分子システムであり、生きた細胞とは似て非なる機能を示す自律駆動物質です。天然の細胞に学び、望みのシステムを設計し実装すること、分子プログラムによる制御を実現することが人工細胞工学の二つの鍵となります。私たちの研究グループでは、人工分子と天然分子との協調動作に取り組み、人工細胞/人工多細胞構造の作成を通して、医療、環境、材料、バイオなどの分野に利用可能な自動式マイクロ分子システムを提供することを目指しています。

● 主な業績

[1] Y. Sato, K. Komiya, I. Kawamata, I., S. Murata, & S.-i. M. Nomura* (2019). "Isothermal amplification of specific DNA molecules inside giant unilamellar vesicles". *Chem. Comm.*, 2019, **55**, 9084-9087, DOI: 10.1039/C9CC03277K

[2] Gen Hayase, Shin-ichiro M. NOMURA*, "Large-Scale Preparation of Giant Vesicles by Squeezing a Lipid-Coated Marshmallow-Like Silicone Gel in a Buffer", *Langmuir*, 2018, **34** (37), 11021-11026, DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b01801

[3] Yusuke Sato, Yuichi Hiratsuka, Ibuki Kawamata, Satoshi Murata, Shin-ichiro M. Nomura*, "Micrometer-sized molecular robot changes its shape in response to signal molecules", *Science Robotics*, 2017, **2**(4), aal3735. DOI: 10.1126/scirobotics.aal3735

[4] Akira C. Saito, Toshihiko Ogura, Kei Fujiwara, Satoshi Murata, Shin-ichiro M. Nomura*, "Introducing Micrometer-Sized Artificial Objects into Live Cells: A Method for Cell-Giant Unilamellar Vesicle Electrofusion", *PLoS ONE*, 2014, **9**(9), e106853. DOI: 10.1371/journal.pone.0106853

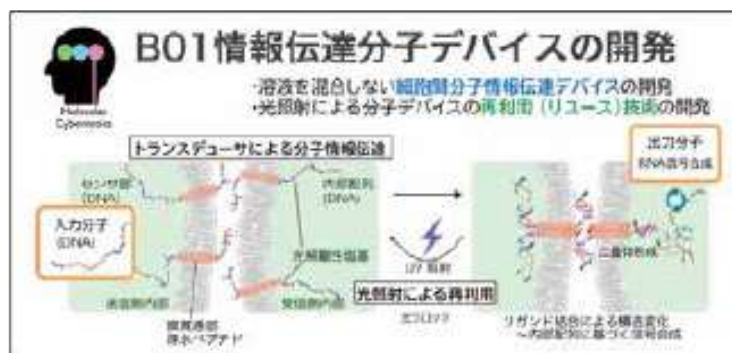
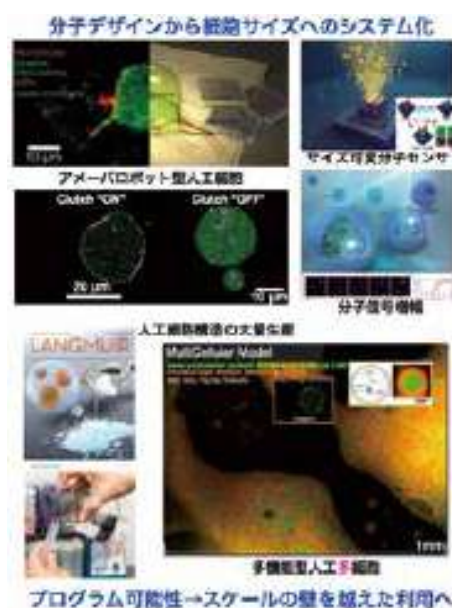
[5] S.-i. M. Nomura, K. Tsumoto, T. Hamada, K. Akiyoshi, Y. Nakatani, K. Yoshikawa, "Gene Expression within Cell-Sized Lipid Vesicles", *ChemBioChem*, 2003, **4**, 1172-1175. DOI: 10.1002/cbic.200300630

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための情報伝達分子デバイスの開発

● 研究課題の概要

マイクロサイズの化学AIの基本単位となる人工細胞ユニット同士を連結し動作させる分子情報処理デバイスを設計・構築・統合し働かせる。作製した分子デバイスは人工細胞膜上に局在し、特定の分子信号を認識して状態を変化させ、膜越しに隣のユニット内部へとその変化を伝え、信号を増幅する機構を目指す。分子デバイスとして人工ペプチド、人工核酸およびハイブリッド分子を用い、外部からの信号(光を予定)で状態をリセットし、再利用可能なものとする。人工細胞間の分子情報伝達機構を統合し、他班と連携してミニマル人工脳の動作確認を目指す。



B01 分担者

村山 恵司 (むらやま けいじ)



- 所属・職位 名古屋大学大学院工学研究科生命分子工学専攻・助教
- メールアドレス murayama@chembio.nagoya-u.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト
http://www.chembio.nagoya-u.ac.jp/labhp/bioanal3/m_murayama.html

- 専門分野 核酸化学、生物有機化学、超分子化学

● その説明

骨格改変型の新規人工核酸XNAや、光応答性人工DNAなどの開発とその応用を行っています。

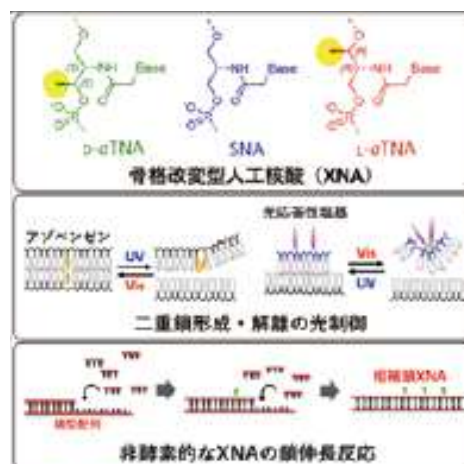
SNA: 天然核酸に比べ安定なSNA/SNA二重鎖を形成し、天然核酸とも二重鎖形成可能。

L-aTNA: SNA/SNAより更に安定なL-aTNA/L-aTNA二重鎖を形成。天然核酸との親和性もSNAより高い。

D-aTNA: L-aTNA/L-aTNA同様、極めて高い安定性のD-aTNA/D-aTNA二重鎖を形成。L-aTNAとは異なり天然核酸とは相互作用しない直交性核酸。

二重鎖形成の光制御: アゾベンゼンや光応答性核酸塩基修飾により、光照射で二重鎖状態と一本鎖状態とをスイッチング可能。

非酵素的鎖伸長: 酵素を用いずに、鋳型配列に相補的なXNAを合成可能。



● 主な業績

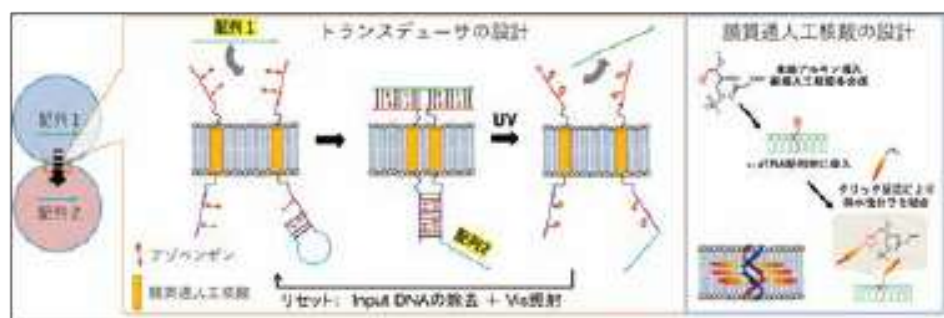
1. K. Murayama, H. Asanuma, "Design and Hybridization Properties of Acyclic Xeno Nucleic Acid Oligomers", *ChemBioChem*, **2021**, 22, 2507-2515.
2. K. Murayama, H. Okita, T. Kuriki, H. Asanuma, "Nonenzymatic polymerase-like template-directed synthesis of acyclic L-threoninol nucleic acid", *Nat. Commun.*, **2021**, 12, 804.
3. K. Murayama, Y. Yamano, H. Asanuma, "8-Pyrenylvinyl Adenine Controls Reversible Duplex Formation between Serinol Nucleic Acid and RNA by [2+2] Photocycloaddition", *J. Am. Chem. Soc.*, **2019**, 141, 9485-9489.
4. K. Murayama, R. Nagao, H. Asanuma, "D-aTNA circuit orthogonal to DNA can be operated by RNA input via SNA", *ChemistrySelect*, **2017**, 2, 5624-5627.
5. K. Murayama, H. Kashida, H. Asanuma, "Acyclic L-Threoninol Nucleic Acid (L-aTNA) with Suitable Structural Rigidity Cross-pairs with DNA and RNA", *Chem. Commun.*, **2015**, 51, 6500-6503.

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための情報伝達分子デバイスの開発 (伝達班) (人工核酸を利用したトランスデューサーユニットの設計開発)

● 研究課題の概要

- 1) 光応答性DNAを利用した光リセット機構検証:
トランスデューサーの光リセットに利用する光応答性DNAが、リポソーム膜上で効率よく機能するために適切な配列設計を模索する。
- 2) 疎水性人工核酸による膜貫通機能の実現:
L-aTNAの主骨格部分に末端アルキンを導入することで、骨格への機能性分子修飾が可能な新たな人工核酸を設計・合成する。クリック反応で疎水性基を導入することで、膜を貫通する新たな人工核酸モチーフを設計し、トランスデューサーの素子としての利用を検討する。
- 3) 上記2つを組み合わせた膜貫通情報伝達の実現を目指す。



B01 分担者

佐藤 佑介 (さとう ゆうすけ)



- 所属・職位 東北大学 学際科学フロンティア研究所・助教
- メールアドレス ysato@tohoku.ac.jp
- Twitterアカウントなど Yusuke Sato@Yusuke_Sato_510
- 最新の業績がみられるサイト
<https://researchmap.jp/ysato310>, <https://sites.google.com/view/ysato-web>

- 専門分野 DNAナノテクノロジー, 脂質二分子膜, 分子ロボティクス

● その説明

これまで、DNAナノテクノロジーと細胞サイズ脂質二分子膜小胞(リボソーム)を主軸とした研究を展開してきた。具体的には、信号DNA分子に応じて変形を開始・停止する“アメーバ型分子ロボット”の構築、リボソーム上でイオン種・濃度や脂質膜の“相”に依存して自己集合するDNAナノ構造、37°Cで動作するDNA増幅回路のリボソーム内への実装などを行ってきた。最近では、DNAナノ構造の液-液相分離(DNAナノ構造が水溶液中で液滴状に自己集合)や、DNAナノ構造を利用した二次元界面でのパターン形成やカプセル構造の構築なども行っている。

● 主な業績

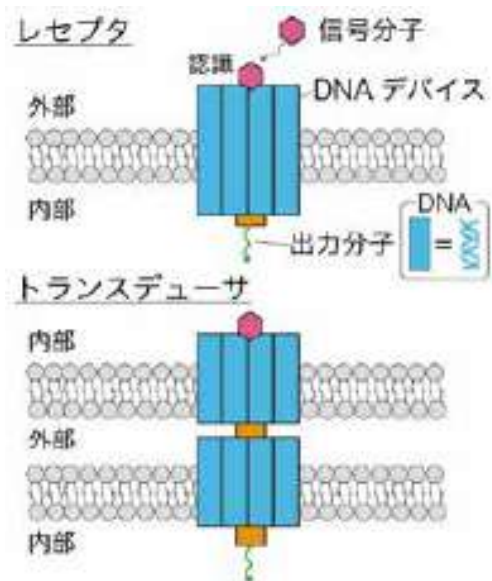
- [1] Y. Sato, T. Sakamoto, M. Takinoue, Sequence-based engineering of dynamic functions of micrometer-sized DNA droplets, *Science Advances*, 6, eaba3471 (2020)
- [2] Y. Sato, K. Komiya, I. Kawamata, S. Murata, S. M. Nomura, Isothermal amplification of specific DNA molecules inside giant unilamellar vesicles, *Chem. Commun.*, 55, 9084-9087 (2019).
- [3] Y. Sato, M. Endo, M. Morita, M. Takinoue, H. Sugiyama, S. Murata, S. M. Nomura, Y. Suzuki, Environment-dependent self-assembly of DNA origami lattices on phase-separated lipid membranes, *Adv. Mat. Interfaces*, 5, 1800437 (2018).
- [4] Y. Sato, T. Sato, D. Yoshino, Plasma generated in culture medium induces damages of HeLa cells due to flow phenomena, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 51, 125402 (2018).
- [5] Y. Sato, Y. Hiratsuka, I. Kawamata, S. Murata, S. M. Nomura, Micrometer-sized molecular robot changes its shape in response to signal molecules, *Science Robotics*, 2, eaal3735 (2017).

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための情報伝達分子デバイスの開発 (構造DNAナノテクノロジーを基盤とした膜貫通分子デバイスの構築)

● 研究課題の概要

構造DNAナノテクノロジーを駆使し、膜貫通型DNAデバイスを構築する。センサ(S)ユニットの外部から入力される信号分子を認識し、ユニット内部の分子情報へと変換するレセプタ分子デバイスを開発する。また、構築したレセプタを発展させ、Sユニットからプロセッサ(P)ユニット、Pユニットからアクチュエータ(A)ユニットへと隣接するリボソーム膜越しに信号分子の伝達を行うトランスデューサ分子デバイスを開発する。開発した各機構は、光応答性の人工塩基を用いて再利用可能な仕組みを備えるよう開発する。



C01 代表者

中茎 隆 (なかくき たかし)



- 所属・職位 九州工業大学大学院情報工学研究院・教授
- メールアドレス nakakuki@ics.kyutech.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
所属大学のデータベース
https://hyokadb02.jimu.kyutech.ac.jp/html/100000656_ja.html

- 専門分野 制御工学, システム生物学

● その説明

制御工学にて学位を取得後、一貫して制御理論を基盤とする生体分子反応系のモデルベース解析・設計に関する研究に取り組んできました。本領域では、ケミカルAIのための記憶・学習分子回路の開発を担当します。情報伝達物質として、DNAは必ずしも信頼性の高いシグナル分子とは言えませんが、構築されるDNA反応系には高い信頼性が求められます。分子反応系という点では、細胞内シグナル伝達系も本質的には同じと考えています。その観点から、理化学研究所・ゲノム科学総合研究センター・情報伝達システムバイオロジー研究チームにおいて、複雑怪奇なシグナル伝達系のモデルベース解析に専従した経験も活かしながら研究を進めていきます。

● 主な業績

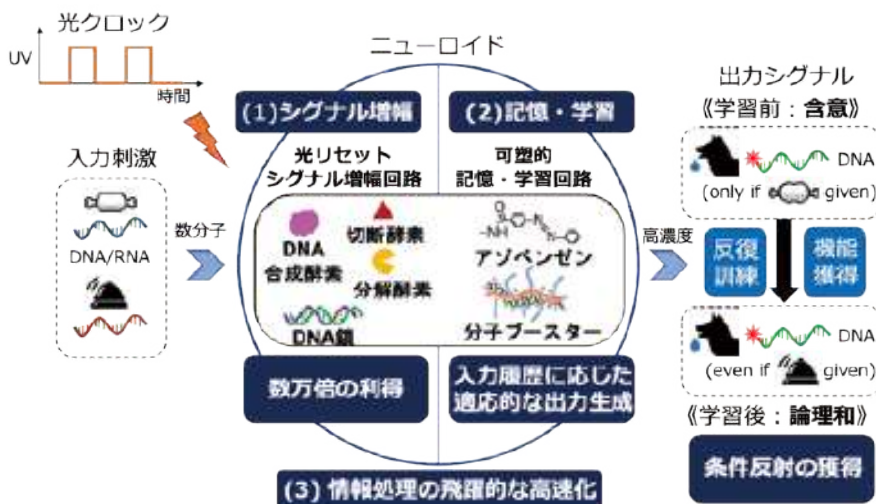
- T. Nakakuki, J. Imura, Finite-time regulation property of DNA feedback regulator, *Automatica*, 114, (2020).
- R. Peng, T. Nakakuki, Analysis of finite-time regulation property of biomolecular PI controller, *Control Theory Technol*, 18(2), 135-142 (2020)
- K. Nishijima, T. Nakakuki, XOR Gate Design Toward a Practical Complete Set for DNA Computing, *New Gener Comput*, 38, 285-301 (2020)
- T. Nakakuki, J. Imura, Molecular governor: DNA feedback regulator for molecular robotics, *SICE J of Cont, Meas, and Syst Inte*, 9(2), 60-69 (2016)
- T. Nakakuki, M. R. Birtwistle, et. al., Ligand-specific c-Fos expression emerges from the spatiotemporal control of ErbB network dynamics, *Cell*, 141(5), 884-896 (2010).

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための記憶・学習分子回路の開発

● 研究課題の概要

本研究では、ミニマル人工脳の条件反射獲得のための情報処理機構の開発を目的とする。すなわち、脳神経ネットワークにおけるニューロン細胞のような記憶・学習能力を持つ可塑的な分子システムの実現に向けて、人工的に合成された核酸分子を用いた分子反応系を目的的に設計するための理論と技術の研究を推進する。具体的には、3つの要素技術として、(1)分子回路に繰り返し印加される極めて微小な入力刺激を数万倍の利得で増幅する機構、(2)増幅された入力刺激の印加履歴に応じて、内部状態を動的に更新し、適応的に条件反射を獲得する機構、(3)実時間で学習を実行するために、DNAの分子反応を100倍加速するカチオン性グラフト高分子機構を開発する。これら3つの機構をニューロイド内で有機的に統合し、反復訓練のタイミングを制御する光クロックに同期した学習を行う。



C01 分担者

川又 生吹 (かわまた いぶき)



- 所属・職位 東北大学大学院 工学研究科 ロボティクス専攻・助教
お茶の水女子大学 基幹研究院 自然科学・助教 (兼任)
- メールアドレス ibuki.kawamata@tohoku.ac.jp
- Twitterアカウントなど @ibuki_k
- 最新の業績がみられるサイト <https://ibuki-kawamata.org/>
<https://researchmap.jp/lbukiKawamata>

- 専門分野 DNAナノテクノロジー、分子計算、分子ロボティクス

● その説明

DNAコンピュータとDNAナノテクノロジーの研究を理論と実験の両面から行っています。理論面では、全原子・粗視化の分子動力学シミュレーションや(偏)微分方程式の数値解析により分子システムの挙動を予測し、分子ロボットの設計に役立てています。実験面では、設計したDNAオリガミ分子の作製と観察、機能評価を行っています。また、合成DNAにより人工的にプログラムした反応拡散系をハイドロゲル中で動作させ、パターンが自発的に表れる様子も観察しています。

● 主な業績

- K. Abe, S. Murata, I. Kawamata*, Cascaded pattern formation in hydrogel medium using the polymerisation approach, *Soft Matter*, 17, 25, 6160-6167, 2021
- 川又生吹, 鈴木勇輝, 村田智, DNA origami入門 基礎から学ぶDNAナノ構造体の設計技法, オーム社, ISBN 978-4-274-22713-4, 2021
- Y. Yamashita, K. Watanabe, S. Murata, I. Kawamata*, Web Server with a Simple Interface for Coarse-grained Molecular Dynamics of DNA Nanostructures, *Chem-Bio Informatics Journal*, 21, 28-38, 2021
- S. Liu, S. Murata, I. Kawamata*, DNA Ring Motif with Flexible Joints, *micromachines*, 11, 11, 987, 2020
- Y. Suzuki, I. Kawamata*, K. Mizuno, S. Murata, Large deformation of a DNA origami nanoarm through the cumulative actuation of tension-adjustable modules, *Angewandte Chemie International Edition*, 59, 15, 6230-6234, 2020

● 研究課題名

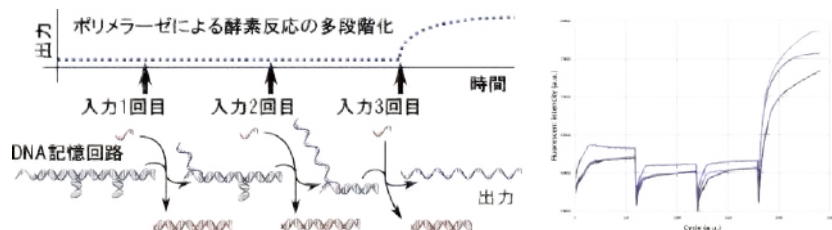
ミニマル人工脳のための記憶・学習分子回路の開発
計画班分担者。記憶と学習を行うDNA分子システムの設計と開発を行っており、主にDNAポリメラーゼの酵素反応により駆動するシステムを対象にしています。

● 研究課題の概要

記憶と学習が可能な分子回路の開発を目指し、2つのシステムを設計しています。1つ目は「分子カウンタ」と呼んでいるシステムで、同一の分子を3回入力して初めて出力分子が放出されます。分子量で3等量を加えるのではなく、3回目の入力サイズで初めて出力される部分がポイントです。システムは合理設計されたDNAの化学反応系として実装されており、DNAポリメラーゼによって駆動されます。本システムは、すでに合成DNAを用いた予備実験を行っています。出力を蛍光強度として測定したところ、確かに入力回数に応じて出力が増加することを再現良く確認しています。今後は入力分子の等量比等を変えて、システムの解析と最適化を進めます。

2つ目のシステムは学習を行うことを目的としており、「パブロフの犬」と呼んでいます。分子サイバネティクスにおいて例題の一つとして挙げている有名なパブロフの犬を、試験管中の分子システムとして模倣します。実際のパブロフの犬は、肉と

ベルを同時に与えると学習が進み、ベルだけでもよだれを出すようになる、という振る舞いをするそうです。本研究で提案する分子システムでは、肉に相当するDNA分子とベルに相当するDNA分子を入力とし、よだれに相当する出力DNA分子を放出し、蛍光強度を変化させます。すでにシステム設計を進めており、4種類のDNA複合体とポリメラーゼを使うことで、目的の機能を達成できる見込みです。実際の実験を始める前段階として、現在は数理モデルによってその妥当性を検討しています。具体的には、システムの挙動を微分方程式として記述し、数値シミュレーションによって、その挙動を予測しています。適切な時間、濃度、速度定数において、期待するような挙動を示すことを見出しており、今後はさらなる検討を行う予定です。



C01 分担者

小宮 健 (こみや けん)



- 所属・職位 国立研究開発法人海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門
超先鋭研究プログラム・研究員
- メールアドレス komiyak@jamstec.go.jp
- Twitterアカウントなど @komiya_ken
- 最新の業績がみられるサイト
<https://bio-inspired.chemistry.jpn.com/>

- 専門分野 DNAコンピューティング、分子プログラミング、RRI

● その説明

分子ロボティクスのコア技術であるDNAナノテクノロジーでは、相補鎖とのみ塩基配列特異的に、かつその様式は塩基配列非依存的で同様に結合するというDNAの能力を、検知、情報処理、応答といった機能に利用します。これに加えてDNAポリメラーゼなどのヘテロポリマーを合成する酵素や、分解する酵素も組み合わせてシステム機能を実現することに取り組んでいます。本領域では、情報を伝達するシグナルとして核酸配列を変換・増幅する反応を開発し、様々な分子デバイスの動作を連携させるための使い易いインタフェースを実現します。

● 主な業績

M. Komori*, K. Komiyama*(*equally contributed), T. Shirakawa, T. J. Morikawa, T. Yoshimura, Measurement of microRNA with isothermal DNA amplification on fully automated immunoassay analyzers, *Anal. Bioanal. Chem.*, 411, 3789-3800 (2019)

K. Komiyama, M. Komori, C. Noda, S. Kobayashi, T. Yoshimura, M. Yamamura, Leak-free million-fold DNA amplification with locked nucleic acid and targeted hybridization in one pot, *Org. Biomol. Chem.*, 17, 5708-5713 (2019)

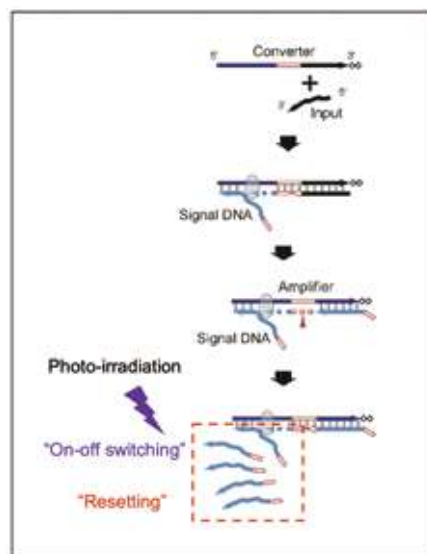
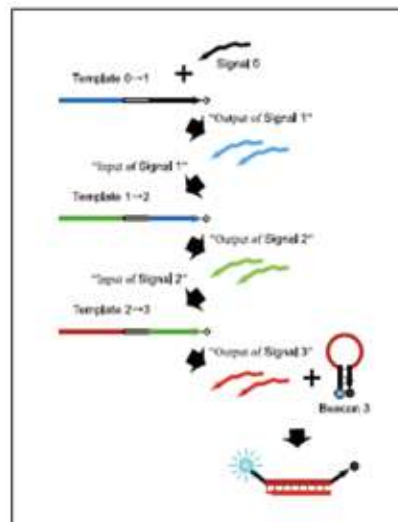
K. Komiyama, M. Yamamura, Cascading DNA Generation Reaction for Controlling DNA Nanomachines at a Physiological Temperature, *New Gener. Comp.*, 33, 213-229 (2015)

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための記憶・学習分子回路の開発における、外部刺激でオン・オフやリセットができるユニット内外をつなぐ核酸増幅反応の開発

● 研究課題の概要

ミニマル人工脳の状態反射獲得のための、記憶・学習といった高度な情報処理を実行可能な可塑的な分子システムの実現に向けて、要素技術となる極めて微小な入力刺激を高利得で増幅する機構を開発する。他の機構とともに人工細胞リボソーム内で統合すること、および入力となる外部刺激には任意のタイミングで与えられる光照射「光クロック」を用いることを前提として開発を行い、増幅機構に光クロックによるオン・オフ機能、および生成した出力シグナルをリセットする機能を付与し、光でリセットできるシグナル増幅回路を構築する。



C01 分担者

嶋田 直彦 (しまだ なおひこ)



- 所属・職位 東京工業大学生命理工学院・助教
- メールアドレス nshimada@bio.titech.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト:
<http://mlab.bio.titech.ac.jp/publication.html>

- 専門分野 生体高分子・機能性高分子

● その説明

カチオン性高分子を使うことでDNA構造をB型からZ型への転移誘起やDNAハイブリ形成速度・熱的安定性の向上を行ってきた。この高分子がDNA鎖置換反応速度を加速させることも見出ししており、DNA回路の計算時間を時間単位から分単位へと大幅に短縮させることに成功している。さらに酸性ペプチドとカチオン性高分子組み合わせることでリポソームを脂質シート状へと可逆的に構造転移させることもできる。また上限臨界温度を持つ温度応答性高分子の開発とバイオマテリアルへの応用に関する研究も行っている。

● 主な業績

N. Shimada, H. Kinoshita, T. Umegae, S. Azumai, N. Kume, T. Ochiai, T. Takenaka, W. Sakamoto, T. Yamada, T. Furuta, T. Masuda, M. Sakurai, H. Higuchi and A. Maruyama Cationic Copolymer-Chaperoned 2D–3D Reversible Conversion of Lipid Membranes, *Adv. Mater.*, 31, 1904032. (2019).

N. Shimada, K. Saito, T. Miyata, H. Sato, S. Kobayashi, and A. Maruyama DNA Computing Boosted by a Cationic Copolymer, *Adv. Funct. Mater.* 28, 1707406 (2018).

N. Shimada, H. Kinoshita, S. Tokunaga, T. Umegae, N. Kume, W. Sakamoto, and A. Maruyama Inter-polyelectrolyte nano-assembly induces folding and activation of functional peptides, *J. Controlled Release*, 218, 45-52 (2015).

N. Shimada, H. Ino, K. Maie, M. Nakayama, A. Kano and A. Maruyama, Ureido-derivatized polymers based on both poly(allylurea) and poly(L-citru-line) exhibit UCST-type phase transition behavior under physiologically relevant conditions, *Biomacromolecules*, 12, 3418-3422, (2011).

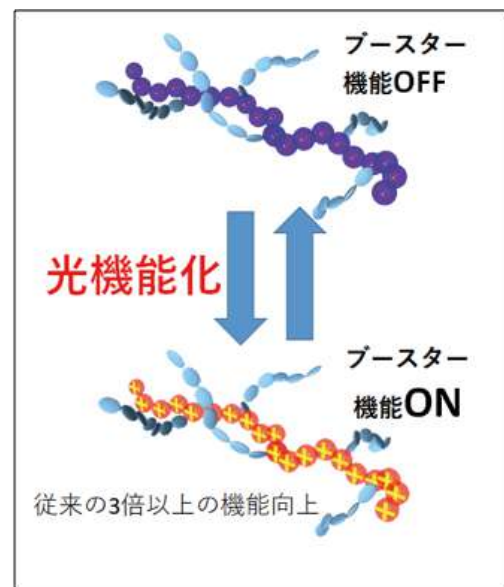
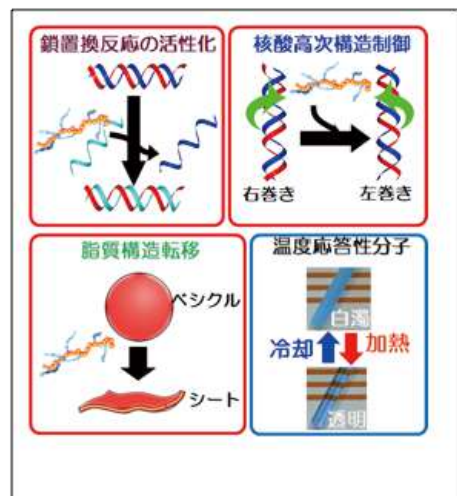
N. Shimada, A. Kano, and A. Maruyama, B-Z DNA Transition Triggered by a Cationic Comb-Type Copolymer, *Adv. Funct. Mater.*, 19, 3590-3595, (2009).

● 研究課題名

ニマル人工脳のための記憶・学習分子回路の開発
分担内容: 情報処理の飛躍的高速化のための分子ブースターの開発

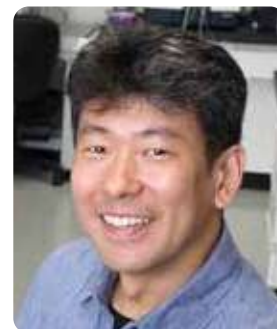
● 研究課題の概要

計画班全体では記憶と学習能力を持つ可塑的な学習分子回路の開発を行うために内部にDNAを含む化学反応回路溶液を内包した人工細胞リポソームを構築する。その中で光リセットシグナル増幅機構及び条件反射獲得機構を備えた回路内のDNA反応を飛躍的に加速させる高分子(分子ブースター)を新規に分子設計し、化学反応回路全体の情報処理速度を飛躍的に向上させることを担当する。具体的にはこれまでの分子ブースターよりも3倍以上加速させることを目標とする。また光照射によってブースター効果が制御できる機構をもった分子を開発する。



D01 代表者

葛谷 明紀 (くずや あきのり)



- 所属・職位 関西大学化学生命工学部・教授
- メールアドレス kuzuya@kansai-u.ac.jp
- Twitterアカウントなど @KU_MolMach
- 最新の業績がみられるサイト
<https://gakujo.kansai-u.ac.jp/profile/ja/e43atXUd5P3aff3delc240lb6.html>

● 専門分野 核酸化学・生物有機化学・DNAナノテクノロジー

● その説明

有機化学の知識にベースに、DNAのモノマーから化学合成し、DNA自動合成機でオリゴDNAをつくれます。蛍光色素やビオチン、アミノ基などの連結用特殊モノマー等、各種自由にDNA鎖に導入できます。特に最近では、銅イオンフリーのクリック反応を活用したペプチド鎖とDNAのカップリングがお気に入りです。DNAナノテクノロジーにはDNAオリガミの発明前から取り組んでいましたので、伝統的なDNAタイルの設計から、オリジナルのDNAオリガミ構造体のデザインまで一通りこなせます。DNA液相大量合成法の利用による、バルクスケールのDNAヒドロゲル材料も開発しています。

● 主な業績

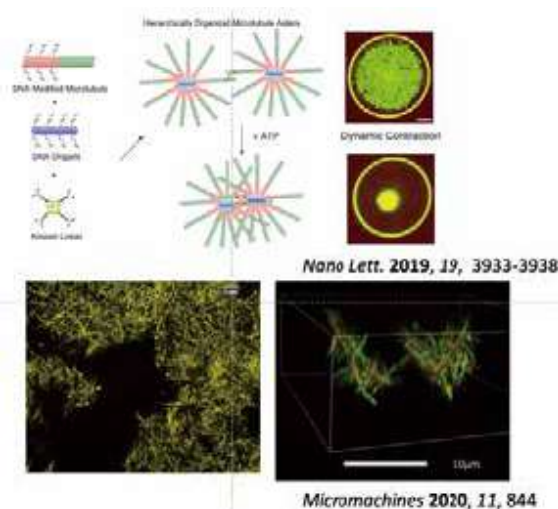
- J. J. Keya, R. Suzuki, A. M. R. Kabir, D. Inoue, H. Asanuma, K. Sada, H. Hess, A. Kuzuya, A. Kakugo, DNA-assisted swarm control in a biomolecular motor system, *Nature Commun.* 9, 453 (2018).
- A. Kuzuya, Y. Sakai, T. Yamazaki, Y. Xu, Y. Yamanaka, Y. Ohya, M. Komiyama, Allosteric Control of Nanomechanical DNA Origami Pinching Devices for Enhanced Target Binding, *Chem. Commun.*, 53, 8276–8279 (2017).
- S. Tanaka, K. Wakabayashi, K. Fukushima, S. Yukami, R. Maezawa, Y. Takeda, K. Tatsumi, Y. Ohya, A. Kuzuya, Intelligent, biodegradable, and self-healing hydrogels utilizing DNA quadruplexes, *Chem. Asian J.*, 12, 2388–2392 (2017).
- A. Kuzuya, Y. Sakai, T. Yamazaki, Y. Xu, M. Komiyama, Nanomechanical DNA Origami ‘Single-Molecule Beacons’ Directly Imaged by Atomic Force Microscopy, *Nature Commun.* 2, 449 (2011).

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための分子アクチュエーションシステムの開発
 分子人工筋肉のナノ微細構造の解明、分子モーターとDNAの複合化、リボソーム内ATP定量系の開発

● 研究課題の概要

DNAオリガミを介して集合化した微小管とキネシン四量体からなる平滑筋モデルの分子人工筋肉について、超解像蛍光観察により収縮前後の分子レベルでの微細構造を決定し、より高速、高出力の複合体設計の指針とする。また、これまでDNAとの複合化がなされていないアクチン・ミオシン系にDNA分子信号応答性を付与することをめざす。加えて、リボソーム内に封入された分子モーターの長時間駆動を実現するために、リボソーム内へのATP供給経路の確立するとともに、リボソーム内でATP濃度を定量する系を構築する。



D01 分担者

瀧口 金吾 (たきぐち きんご)



- 所属・職位 名古屋大学大学院理学研究科生命理学専攻・講師
- メールアドレス j46037a@cc.nagoya-u.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
<https://researchmap.jp/read0184026>,
<https://scholar.google.co.jp/citations?hl=ja&user=M72mjmEAAAAJ>,
<https://www.bio.nagoya-u.ac.jp/laboratory/sms.htm>

● 専門分野 生物物理学、細胞生物学

● その説明

生体膜の最も単純化したモデルであるリポソーム(人工膜小胞)の水溶液中におけるダイナミクスを、光学顕微鏡を使い直接リアルタイムで観察することによって、細胞や細胞内小器官の形態形成や運動・運搬を制御している分子機構の解明を目指す。リポソームにアクチンを始めとする様々な細胞骨格系蛋白質、分子モーター、あるいは膜作用性ペプチド、界面活性剤を作用させたときに創出されてくる現象や、更には近年注目されている液-液相分離現象との共同によって引き起こされる現象を観察し、その動的機構を解析していく

● 主な業績

T. Waizumi, H. Sakuta, M. Hayashi, K. Tsumoto, K. Takiguchi, K. Yoshikawa, Polymerization/Depolymerization of Actin Cooperates with the Morphology and Stability of Cell-Sized Droplets Generated in a Polymer Solution Under a Depletion Effect, *J. Chem. Phys.*, 155, 075101 (2021).

H. Sakuta, F. Fujita, T. Hamada, M. Hayashi, K. Takiguchi, K. Tsumoto, K. Yoshikawa, Self-Emergent Protocells Generated in an Aqueous Solution with Binary Macromolecules through Liquid-Liquid Phase Separation, *ChemBioChem*, 21, 3323-3328 (2020).

S. Tanaka, K. Takiguchi, M. Hayashi, Repetitive Stretching of Giant Liposomes Utilizing the Nematic Alignment of Confined Actin, *Commun. Phys.*, 1, 18 (2018).

M. Hayashi, M. Nishiyama, Y. Kazayama, T. Toyota, Y. Harada, K. Takiguchi, Reversible Morphological Control of Tubulin-Encapsulating Giant Liposomes by Hydrostatic Pressure, *Langmuir*, 32, 3794-3802 (2016).

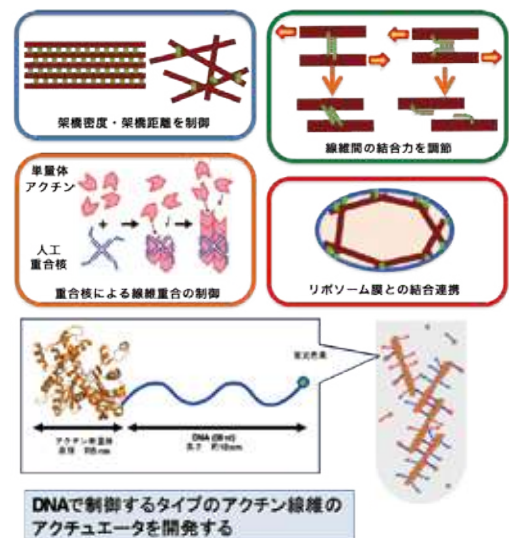
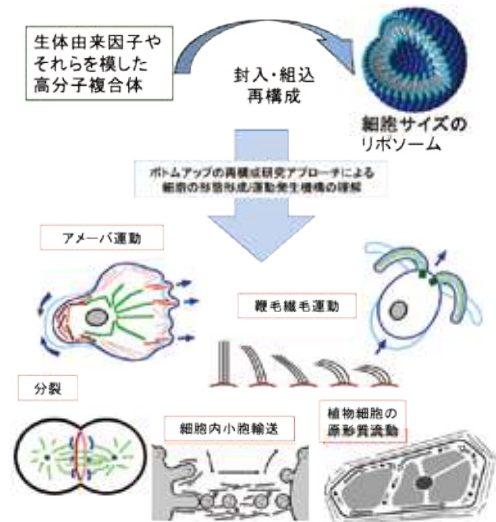
Y. Tanaka-Takiguchi, M. Kinoshita, K. Takiguchi, Septin-Mediated Uniform Bracing of Phospholipid Membranes, *Curr. Biol.*, 19, 140-145 (2009).

● 研究課題名

ミニマル人工脳のための分子アクチュエーションシステムの開発
(アクチン封入リポソームの大変形の制御系としてのDNA修飾アクチン線維の構築と動作確認)

● 研究課題の概要

既報の「リポソーム内に封入したアクチン線維によるリポソーム駆動系」にDNA分子情報応答性を付与するために、アクチン線維の構造や分布(束化、重合核形成、脂質膜間連携など)をDNAで制御するタイプのアクチュエータを設計開発する。具体的には、アクチン結合ペプチドLifeAct (MGVADLIK-KFESISKEE)またはアミノファロイジンへのアジド修飾(特殊モノマーを購入し、ペプチド合成拠点に合成依頼)とDBCO修飾DNA(蛍光ラベル付き)との間でのCuイオンフリークリック反応から検討する。



D01 分担者

Arif Md. Rashedul Kabir (アриф・R・コビル)



- Affiliation・Position Hokkaido University, Faculty of Science
Assistant Professor (specially appointed)
- Email address kabir@sci.hokudai.ac.jp
- Twitterアカウントなど arif_rashedul
- 最新の業績がみられるサイト
Researchmap <https://researchmap.jp/Kabir>
Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=53063823200>
Google Schola <https://scholar.google.com/citations?user=jWK3cmYAAAAJ&hl=en&oi=ao>
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-6367-7690>
Lab website https://wwwchem.sci.hokudai.ac.jp/~matchemS/english/members/profile_kabir.html

- 専門分野 Biophysics, bioengineering, mechanobiology

● その説明

My research activities are aimed at utilizing biomolecular motors and cytoskeletal proteins, such as microtubule, kinesin, for nanotechnological applications, such as molecular robotics. I am also interested in exploring self-organization, mechano-responsiveness, and mechano-transduction mechanism of biomolecular motor proteins.

● 主な業績

A. M. R. Kabir, K. Sada, A. Kakugo, Controlling the length of self-assembled microtubules through mechanical stress-induced scission, *Chem. Commun.*, 57, 468-471 (2021).

H. Inaba, M. Yamada, M. R. Rashid, A. M. R. Kabir, A. Kakugo, K. Sada, K. Matsuura, Magnetic force-induced alignment of microtubules by encapsulation of CoPt nanoparticles using a Tau-derived peptide, *Nano Lett.*, 20, 5251-5258 (2020).

A. M. R. Kabir, K. Sada, A. Kakugo, Breaking of buckled microtubules is mediated by kinesins, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 524, 249-254 (2020).

S. R. Nasrin, T. Afrin, A. M. R. Kabir, D. Inoue, T. Torisawa, K. Oiwa, K. Sada, A. Kakugo, Regulation of biomolecular-motor-driven cargo transport by microtubules under mechanical stress, *ACS Applied Bio Materials*, 3, 1875-1883 (2020).

K. Matsuda, A. M. R. Kabir, N. Akamatsu, A. Saito, S. Ishikawa, T. Matsuyama, O. Ditzer, M. S. Islam, Y. Ohya, K. Sada, A. Konagaya, Artificial smooth muscle model composed of hierarchically ordered microtubule asters mediated by DNA origami nanostructures, *Nano Lett.*, 19, 3933-3938 (2019).

● 研究課題名

Development of molecular actuation systems for minimal artificial brain

My aim is to develop a molecular actuating system that will help realize mechanical deformation and facilitate fabrication of a minimal artificial brain in cooperation with sensor and processor units.

● 研究課題の概要

In this research work, I plan to utilize the biomolecular motor system microtubule and kinesin to develop a molecular actuation system for an artificial brain. By utilizing the advantages of DNA technology, I will demonstrate dynamic contraction and relaxation of a global microtubule network, which is expected to work as the actuation system for the artificial brain.

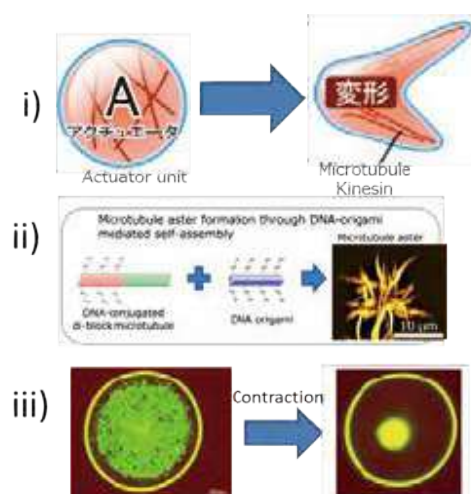


Figure: (i) Schematic representationshows deformation of actuator unit of the minimal artificial brain; (ii) Formation of microtubule asters and (iii) contraction of microtubule network.

D01 分担者

上杉 薫 (うえすぎ かおる)



- 所属・職位 茨城大学大学院理工学研究科 機械システム工学専攻・助教
- メールアドレス kaoru.uesugi.biomech@vc.ibaraki.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト 所属大学のデータベース
<http://uesugilab.mechsys.ibaraki.ac.jp/>
<https://researchmap.jp/k.uesugi>
<https://scholar.google.com/citations?hl=ja&user=xnCu-5QAAAAJ>

- 専門分野 バイオメカニクス, 微小力計測, 生体計測, マイクロマシン

● その説明

私はこれまで、生物の力学的特性に関する研究を行ってきました。その目的は、生物学的な課題の解決だけでなく、医療や生物の工学的応用と多岐にわたります。対象は単一細胞から、組織や器官、個体までであり、それに合わせてピコニュートンオーダーからミリニュートンオーダーまで様々なレンジでの力測定を行ってきました。力センサも測定レンジに合わせて様々なタイプを使用しており、ピコ〜ナニュートンではFRETやAFM、ガラスニードル、マイクロ〜ミリニュートンでは静電容量タイプや半導体ひずみゲージタイプの力センサを使用しています

● 主な業績

再生組織の引張試験 アメンボの脚力測定上杉薫, 佐藤賢也, 長山和亮, “細胞への静水圧刺激負荷による紫外線誘導DNA損傷の抑制効果”実験力学, Accepted. K. Uesugi, “Water-Repellency Model of the Water Strider, Aquarius Paludum Paludum, by the Curved Structure of Leg Micro-Hairs” JPST, Vol. 34, No. 4, PP 393-399, (2021)

K. Uesugi, H. Mayama, K. Morishima, “Proposal of a Water-repellency Model of Water Strider and Its Verification by Considering Directly Measured Strider Leg-rowing Force”, JPST, Vol. 33, No. 2, pp 185-192, (2020)

K. Uesugi, K. Nishiyama, K. Hirai, H. Inoue, Y. Sakurai, Y. Yamada, T. Taniguchi, K. Morishima, “Survival Rate of Cells Sent by a Low Mechanical Load Tube Pump: the “Ring Pump””, micromachines, Vol. 11, No. 4, 447 (2020)

K. Uesugi, F. Shima, K. Fukumoto, A. Hiura, Y. Tsukamoto, S. Miyagawa, Y. Sawa, T. Akagi, M. Akashi, K. Morishima, “Micro Vacuum Chuck and Tensile Test System for Bio-Mechanical Evaluation of 3D Tissue Constructed of Human Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Cardiomyocytes (hiPS-CM)”, micromachines, vol. 10, No. 7, pii: E487 (2019)

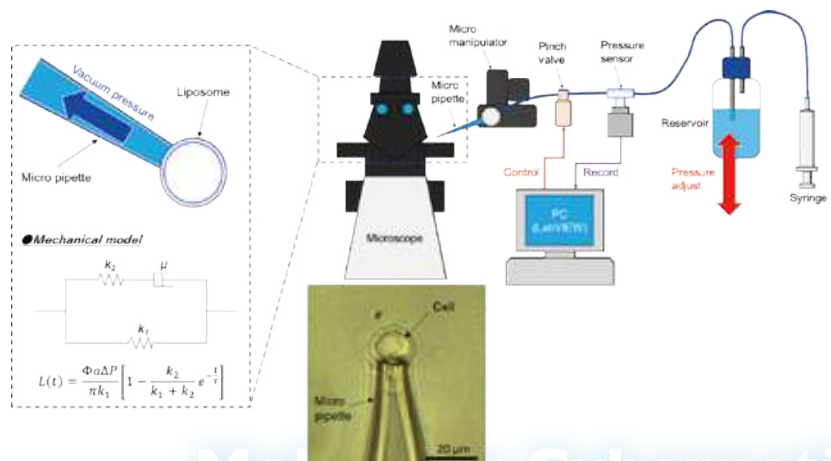
● 研究課題名

D01 アクチュエータ (展開) 班

リボソームの力学的特性 (アクチュエータとしての発生力や機械的特性) を評価する

● 研究課題の概要

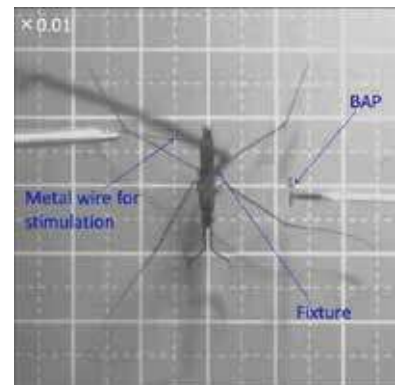
私の研究内容は、リボソームの力学的特性評価です。リボソームが変形する際に必要な力や、材料としての機械的特性、更には変形・運動の際の発生力を測定・評価します。現在、進めている測定は、内径数マイクロメートルのマイクロピペットに陰圧を加えリボソームを吸引し、リボソームがマイクロピペット内に引き込まれる際の挙動から、その機械的パラメータを導出する方法です。この方法では膜や全体の機械的特性を評価することが可能です。この方法でリボソームの代表的な力学的パラメータを明らかにした後、AFMやMEMS技術による評価も検討したいです。



構築中のリボソーム力学的特性評価システム, 及び評価システムによる細胞の機械的特性評価の様子



再生組織の引張試験



アメンボの脚力測定

公募班

平 順一 (たいら じゅんいち)



- 所属・職位 九州工業大学大学院情報工学研究院生命化学情報工学研究系・助教
- メールアドレス taira@bio.kyutech.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
researchmap, <https://researchmap.jp/2718>
ORCID, <https://orcid.org/0000-0002-8438-865X>

● 専門分野 生化学、分子生物学、ペプチド化学

● その説明

平成14年度～19年度、脂質膜中でバンドル型集合体を構築するヘリックスペプチドのデノボデザインに関する研究を行いました。ペプチドの機能化を目指し、環状ペプチドや特殊修飾ペプチドのデザイン・合成なども行いました。平成21年度からは、インスリンシグナリングやヘム代謝に関連する領域にて、これらの調節に関わるタンパク質の機能解明に取り組んでいます。ここでは動物～細胞レベルの実験のほか、組換えタンパク質や特殊修飾ペプチドを活用しています。化学～基礎医学(生化学・分子生物学)のバックグラウンドと、情報工学部という所属の特性を活かせればと思っております。

● 主な業績

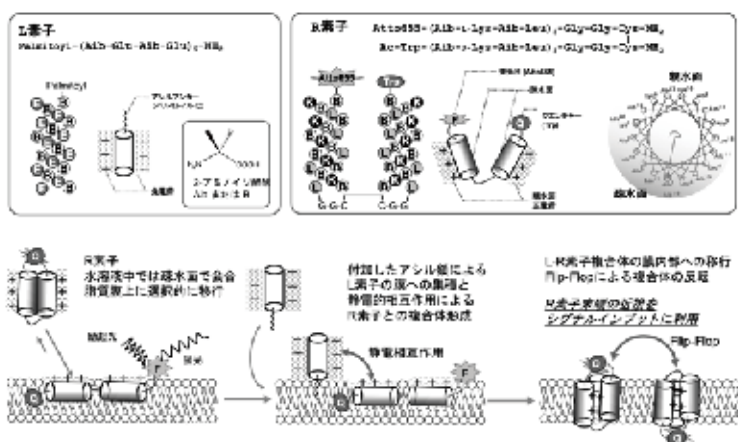
- M. Takemoto, H. Sakamoto, Y. Higashimoto, J. Taira, Complex formation of heme oxygenase-2 with heme is competitively inhibited by the cytosolic domain of caveolin-1, *Biochemistry*, 60, 2300–2308 (2021).
- J. Taira, Y. Kida, K. Inatomi, H. Komatsu, Y. Higashimoto, H. Sakamoto, Phosphorylation of clustered serine residues in the N-terminus of BPS domain negatively regulates formation of the complex between human Grb14 and insulin receptor, *J. Biochemistry*, 162, 113–122 (2017).
- J. Taira, Y. Higashimoto, Phosphorylation of Grb14 BPS domain by GSK-3 correlates with complex forming of Grb14 and insulin receptor, *J. Biochem.*, 155, 353–360 (2014).
- J. Taira, M. Sugishima, Y. Kida, E. Oda, M. Noguchi, Y. Higashimoto, Caveolin-1 is a competitive inhibitor of heme oxygenase-1 (HO-1) with heme: Identification of minimum sequence in caveolin-1 for binding to HO-1, *Biochemistry*, 50, 6824–6831 (2011).
- J. Taira, M. Jelokhani-Niaraki, S. Osada, F. Kato, H. Kodama, Ion channel formation assisted by electrostatic inter-helical interactions in covalently dimerized amphiphilic helical peptides, *Biochemistry*, 47, 3705–3714 (2008).

● 研究課題名

脂質二重膜で機能するヘリックスペプチドを利用したミニマルインターフェイスの構築

● 研究課題の概要

本研究は、PSAユニット「入り口」での化学刺激や、「出口」となるアクチュエーターとセンサーユニット間の接触で機能する、“ミニマルなリガンド-受容体様分子群の構築”を目指す。天然の受容体の膜貫通領域にヘリックス構造が多く見出されることに鑑み、両親媒性のヘリックスペプチドを母体として、脂質二重膜中で特定の刺激に応じた、可逆的な構造変化や複合体形成が誘導されるような機能の付与を目指す。まずは右図に示すようなペプチド上の電荷の変化を駆動力としたヘリックスの組織化について検討を行う。



本研究で構築・評価予定とする、ヘリックスペプチド性リガンド-受容体群の一例。最初に両親媒性ペプチドの膜での集合における、電荷の利用を検討する。

公募班

水内 良 (みずうち りょう)



- 所属・職位 東京大学 大学院総合文化研究科 先進科学研究機構 特任助教
- メールアドレス mizuuchi@bio.c.u-tokyo.ac.jp
- Twitterアカウントなど @ryo_mizuuchi
- 最新の業績がみられるサイト
https://researchmap.jp/ryo_mizuuchi/

- 専門分野 生命の起源と初期進化、進化生物学、合成生物学

● その説明

研究のモチベーションは生命の起源で、特に単純で、乱雑で、機能がない分子集団から、どのように複雑で、組織化し、様々な機能を持つ生命が生まれたのかに興味があります。一般的にはまずRNA等の情報分子の自己複製体が誕生し、それが複雑な生命へと進化したと考えられています。そこでRNAの複製や進化に焦点を当てており、主に (1) RNA複製体の起源、(2) 原始的な区画構造、(3) 人工RNA複製体の進化について研究しています。またその中で得られた知見や技術を人工細胞工学や進化分子工学などの分野に応用することも試んでいます。

● 主な業績

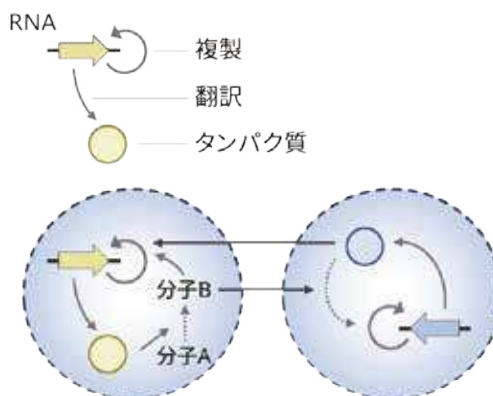
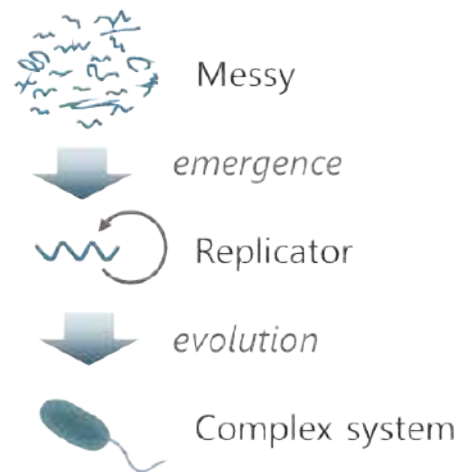
- R. Mizuuchi*, T. Furubayashi, N. Ichihashi*, Evolutionary transition from a single RNA replicator to a multiple replicator network. *bioRxiv*, doi: 10.1101/2021.09.09.459571 (2021).
- R. Mizuuchi*, N. Ichihashi, Translation-coupled RNA replication and parasitic replicators in membrane-free compartments. *Chem. Commun.*, 56, 13453–13456 (2020).
- R. Mizuuchi*, N. Lehman, Limited sequence diversity within a population supports prebiotic RNA reproduction. *Life*, 9 (1), 20. (2019).
- R. Mizuuchi*, A. Blokhuis, L. Vincent, P. Nghe, N. Lehman, D. Baum, Mineral surfaces select for longer RNA molecules. *Chem. Commun.*, 55, 2090–2093. (2019).
- R. Mizuuchi, N. Ichihashi, Sustainable replication and coevolution of cooperative RNAs in an artificial cell-like system. *Nat. Ecol. Evol.*, 2, 1654–1660. (2018).

● 研究課題名

人工多細胞型ゲノム複製システムの構築

● 研究課題の概要

液-液相分離によって形成する液滴を人工細胞として用い、独立の液滴に封入された2種類のRNAゲノムが、液滴間の情報伝達を介して協調的にゲノム複製する、人工多細胞型ゲノム複製システムを構築する。このために、まず近年独自開発した協力的なRNA複製システムを液滴内で駆動させる。次に2種類のRNAを独立の液滴に封入し、一方向の情報伝達を介したゲノム複製を実現する。その後、双方向の情報伝達への拡張を行う。情報伝達分子は無細胞翻訳系による翻訳を介して生産される。以上により、複数の人工細胞を同期させて統合する基盤を開発する。



公募班

矢島 潤一郎 (やじま じゅんいちろう)



- 所属・職位 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻・准教授
- メールアドレス yajima(at)bio.c.u-tokyo.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト
researchmap https://researchmap.jp/yajima_junichiro

- 専門分野 モータータンパク質、細胞骨格、光学顕微鏡

● その説明

モータータンパク質(キネシン・ダイニン)が細胞骨格の表面を螺旋状に運動する分子機構(1~数分子レベル)、大量のモータータンパク質(キネシン・ミオシン)と細胞骨格が相互作用することで構築される構造体創発機構(多分子レベル)、繊毛の運動機構や紡錘体の形成機構(細胞小器官)、及び低レイノルズ数の生き物(繊毛虫)が螺旋遊泳する運動機構(細胞レベル)の解明研究に従事。光学顕微技術(3次元位置検出技術・1分子イメージング技術・1分子/細胞操作技術)を駆使し、現行生命体が持つ素子や分子システムに隠されたからくりを明らかにしつつ、リバースバイオエンジニアリングによって生命を作り出す(ことで生命システムを理解する)。

● 主な業績

Marumo, A., Yamagishi, M., [Yajima, J.*](#). Three-dimensional tracking of the ciliate *Tetrahymena* reveals the mechanism of ciliary stroke-driven helical swimming. *Communications Biology* Accepted. (2021).

Maruyama, Y., Sugawa, M., Yamaguchi, S., Davies, T., Osaki, T., Kobayashi, T., Yamagishi, M., Takeuchi, S., Mishima, M.* [Yajima, J.*](#). CYK4 relaxes the bias in the off-axis motion by MKLP1 kinesin-6. *Communications Biology* 4: Article number 180. (2021).

Yamagishi, M., Fujimura, S., Sugawa, M., Nishizaka, T., [Yajima, J.*](#). The N-terminal β -strand of single-headed kinesin-1 can modulate the off-axis force-generation and resultant rotation pitch. *Cytoskeleton* 77:351-361. (2020).

Matsuda, K., Sugawa, M., Yamagishi, M., Kodera, N.* [Yajima, J.*](#). Visualizing dynamic actin cross-linking processes driven by the actin-binding protein anillin. *FEBS Letters*. 594: 1237-1247. (2019).

Yamagishi, M. & [Yajima, J.*](#). Plus-end directionality is present in the catalytic core of kinesin-14 minus-end directed motors. *bioRxiv*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1101/292375>. (2018).

● 研究課題名

細胞骨格依存的に変形する人工細胞モデルの作成

● 研究課題の概要

細胞骨格タンパク質・モータータンパク質・細胞骨格結合タンパク質をリボソームに内包し、自律的に創発される構造体を分子アクチュエータとして機能させてリボソーム形態の変化を誘引し、形態変化を巧みに統御するシステムの創製とその理解を目的とする。アクチュエータの駆動装置としては、ATP等の加水分解エネルギーと共役して仕事を行うモータータンパク質の力発生及び細胞骨格の(脱)重合に伴う力発生を、リボソームを変形させる物理的装置としては、細胞骨格の伸展・収縮を、制御機構としては、DNAオリゴの相補性を利用した起動のon/offをそれぞれ駆使し可逆的な制御を目指す。

公募班

鈴木 勇輝 (すずき ゆうき)



- 所属・職位 東北大学学際科学フロンティア研究所・先端基幹研究部・助教
- メールアドレス yuki.suzuki.e6@tohoku.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35312775300>
<https://researchmap.jp/7000017853>

- 専門分野 DNA/RNAナノテクノロジー, ナンバイオテクノロジー, 生体分子工学

● その説明

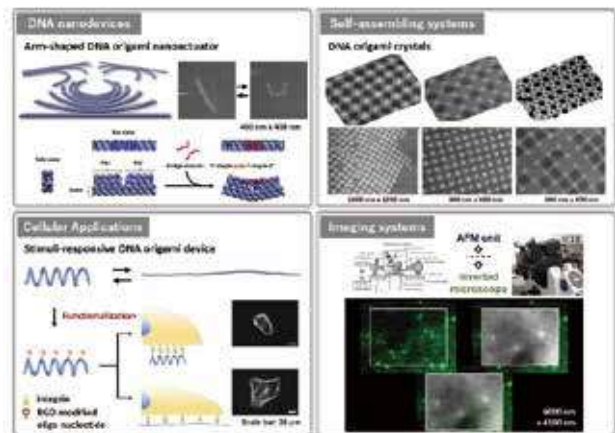
DNAに代表される核酸分子を主な素材として、外部刺激応答、情報処理、化学力学変換などの機能を備えたナノデバイスの開発に取り組んでいます。さらに、それらを複合化・組織化することで、自律的な環境応答や自己修復を示すスマートバイオマテリアルを創出することにも挑戦しています。生体分子を素材にしたものづくりを通して、物質から生命らしさが生まれる由縁を探るとともに、生体環境に適応し共存できるような人工分子システムを模索しています。

● 主な業績

Deepak Karna, Morgan Stilgenbauer, Sagun Jonchhe, Kazuya Ankai, Ibuki Kawamata, Yunxi Cui, Yao-Rong Zheng, Y.Suzuki*, and Hanbin Mao* “Chemo-mechanical modulation of cell motions using DNA nano-springs”. *Bioconjug. Chem.* 2021, 32(2), 311-317.

Y. Suzuki*, I. Kawamata*, K. Mizuno, S. Murata. “Large deformation of a DNA-origami nanoarm induced by the cumulative actuation of tension-adjustable modules”. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59(14), 6230-6234.

Y. Suzuki*, H. Sugiyama*, M. Endo*. “Complexing DNA origami frameworks through sequential self-assembly based on directed docking”. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 57(24), 7061-7065.

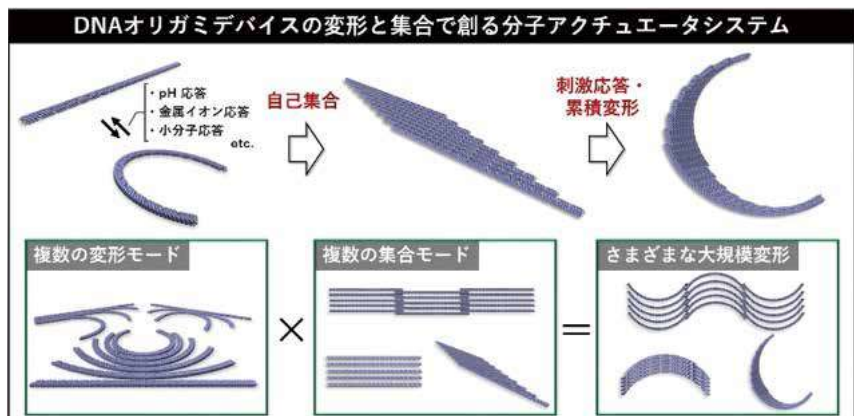


● 研究課題名

モジュラーなDNAアクチュエータシステムで拓く脂質膜変形の新機構

● 研究課題の概要

本研究では、DNAオリガミ技術を駆使することで、細胞サイズリポソームの変形制御に資する新たな分子アクチュエータシステムを構築することを目的としています。複数種の刺激それぞれに対して特異的な変形を示すナノアクチュエータを設計・構築(複数の変形モードの実装)し、それらをさまざまな大規模構造へと自己組織化させる(複数の集合モードの実装)ことで、ナノアクチュエータの変形モードと集合モードの組み合わせに応じた多彩な大規模変形を実現します。



公募班

竹澤 悠典 (たけざわ ゆうすけ)



- 所属・職位 東京大学大学院理学系研究科化学専攻・助教
- メールアドレス takezawa@chem.s.u-tokyo.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
<https://researchmap.jp/yusuketakezawa>

● 専門分野 : 金属錯体化学・核酸化学・超分子化学

● その説明

機能性DNA材料やDNA分子機械の構築を目的とし、金属錯体を導入したDNA超分子の開発を行っています。今までに、金属錯体形成を駆動力としたDNA二重・三重らせんの誘起・安定化や、「二重鎖⇄三叉路分岐構造」の構造変換を報告してきました。最近では、金属イオンに応答してアロステリックに活性を制御できるDNAzyme (DNA酵素)の合理設計や、金属配位により開閉するDNA分子ピンセットの開発などに取り組んでいます。DNA自己集合の高い設計性と金属錯体形成のダイナミクスの双方に立脚した、高機能超分子の開発に挑んでいます。

● 主な業績

Y. Takezawa, A. Suzuki, M. Nakaya, K. Nishiyama, M. Shionoya, Metal-Dependent DNA Base Pairing of 5-Carboxyuracil with Itself and All Four Canonical Nucleobases, *J. Am. Chem. Soc.*, 142, 21640 (2020).

Y. Takezawa, L. Hu, T. Nakama, M. Shionoya, Sharp Switching of DNAzyme Activity through the Formation of Cu(II)-mediated Carboxylimidazole Base Pair, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 59, 21488 (2020).

T. Nakama, Y. Takezawa, D. Sasaki, M. Shionoya, Allosteric Regulation of DNAzyme Activities through Intrastrand Transformation Induced by Cu(II)-Mediated Artificial Base Pairing, *J. Am. Chem. Soc.*, 142, 10153 (2020).

Y. Takezawa, T. Nakama, M. Shionoya, Enzymatic Synthesis of Cu(II)-Responsive Deoxyribozymes through Polymerase Incorporation of Artificial Ligand-Type Nucleotides, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 19342 (2019).

Y. Takezawa, S. Yoneda, J.-L. H. A. Duprey, T. Nakama, M. Shionoya, Metal-Responsive Structural Transformation between Artificial DNA Duplexes and Three-Way Junctions, *Chem. Sci.*, 7, 3006 (2016) □

● 研究課題名

金属イオンを入力シグナルとしたDNA情報伝達回路の構築

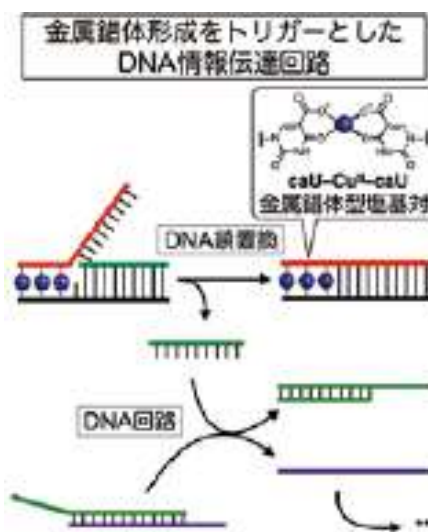
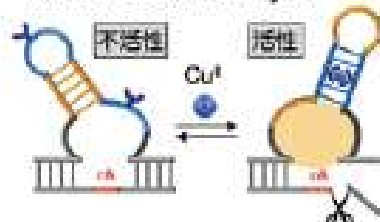
● 研究課題の概要

本研究では、人工細胞間におけるシグナル伝達を担う物質として金属イオンに着目し、金属イオンを入力として作動するDNA分子デバイスの開発を目的とする。具体的には、金属イオンを介して塩基対を作る人工ヌクレオチドをDNA配列に挿入し、金属錯体形成をトリガーとしたDNA鎖置換反応やDNAzymeの活性スイッチングに基づくDNA情報伝達回路を構築する。配位子部位の分子設計や人工DNAの配列設計を詳細に検討し、様々な種類・酸化数の金属種や金属イオン濃度に適用できる汎用的な設計指針を確立する。

● 金属錯体形成によるDNA構造誘起



● 金属イオン応答性DNAzyme



公募班

曾和 義幸 (そわ よしゆき)



- 所属・職位 法政大学生命科学部生命機能学科・教授
- メールアドレス ysowa@hosei.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
<https://sowalab.ws.hosei.ac.jp/wp/>

- 専門分野 細菌べん毛, 生物物理学

● その説明

細菌遊泳の駆動力を生み出すナノスケールの分子モーターである“細菌べん毛モーター”の回転メカニズム解明を目指して、独自に構築した顕微鏡を用いた1分子解析をおこなっている。特に、高速カメラや光検出器を利用したモーター回転の高精度計測, 光ピンセットによる分子操作, 蛍光色素や蛍光タンパク質を1分子レベルで観察等ができる顕微鏡を用いている。また, これらの技術を細菌べん毛モーターだけではなく, 異物排出ポンプや二成分制御系等に応用する研究も展開している

● 主な業績

Kinosita Y, Ishida T, Yoshida M, Ito R, Morimoto YV, Goto K, Berry RM, Nishizaka T, Sowa Y. Distinct chemotactic behavior in the original *Escherichia coli* K-12 depending on forward-and-backward swimming, not on run-tumble movements. *Sci Rep*. 10(1):15887 (2020).

Onoe S, Yoshida M, Terahara N, Sowa Y. Coupling ion specificity of the flagellar stator proteins MotA1/MotB1 of *Paenibacillus* sp. TCA20. *Biomolecules*. 10(7):E1078 (2020)

Ishida T, Ito R, Clark J, Matzke NJ, Sowa Y, Baker MAB. Sodium-powered stators of the bacterial flagellar motor can generate torque in the presence of phenamil with mutations near the peptidoglycan-binding region. *Mol Microbiol*. 111(6):1689-1699 (2019)

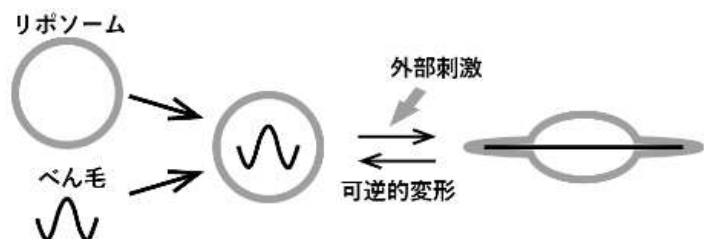
Nord AL, Sowa Y, Steel BC, Lo CJ, Berry RM. Speed of the bacterial flagellar motor near zero load depends on the number of stator units. *Proc Natl Acad Sci USA*. 114(44):11603-11608 (2017).

● 研究課題名

細菌べん毛多型変換能によるリボソームの変形誘導

● 研究課題の概要

ミニマル人工脳のための分子アクチュエーションシステムとして, 繰り返し変形が可能・変形の時間応答性に優れた特性を示す細菌べん毛繊維の多型変換をリボソームの人為的変形に適用することを提案する。べん毛繊維は1種類のタンパク質で超分子複合体を形成するシンプルな系であるが, 環境変化に伴って瞬時にマイクロスケールの可逆的な形態変化が可能である。蛍光標識したべん毛繊維をリボソームに内包させ, pH・温度・圧力等の環境因子を制御して, リボソームを変形できる系の構築と検証をおこなう



公募班

今任 景一 (いまとう けいいち)



- 所属・職位 九州工業大学大学院情報工学研究院生命化学情報工学研究系・助教
- メールアドレス kimato@hiroshima-u.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト <https://kimato.info>

- 専門分野 高分子化学、機能性色素、分子マシン

● その説明

光や力、電気などの外部刺激に応答して構造や光学特性、極性などが変化する機能性色素を設計・合成し、さらに高分子に導入することで機能性のスマート高分子材料を開発しています。最近には特に、光可逆的に異性化して構造が変わる分子マシンに着目し、大きな構造変化と高い熱安定性を両立した分子スイッチを見出しました。現在は主に、この分子スイッチの化学やこれを有する高分子の化学の確立と、それらの様々な応用を進めています。

● 主な業績

K. Imato*, R. Yamanaka, H. Nakajima, N. Takeda*, “Fluorescent supramolecular mechanophores based on charge-transfer interactions”, *Chem. Commun.*, **2020**, 56, 7937–7940.

J. Kida, **K. Imato**, R. Goseki, D. Aoki, M. Morimoto, H. Otsuka*, “The photoregulation of a mechanochemical polymer scission”, *Nat. Commun.*, **2018**, 9, 3504.

K. Imato, A. Irie, T. Kosuge, T. Ohishi, M. Nishihara, A. Takahara*, H. Otsuka*, “Mechanophores with a reversible radical system and freezing-induced mechanochemistry in polymer solutions and gels”, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2015**, 54, 6168–6172.

K. Imato, T. Ohishi, M. Nishihara, A. Takahara*, H. Otsuka*, “Network reorganization of dynamic covalent polymer gels with exchangeable diaryl-bibenzofuranone at ambient temperature”, *J. Am. Chem. Soc.*, **2014**, 136, 11839–11845.

K. Imato, M. Nishihara, T. Kanehara, Y. Amamoto, A. Takahara*, H. Otsuka*, “Self-healing of chemical gels cross-linked by diarylbibenzofuranone-based trigger-free dynamic covalent bonds at room temperature”, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2012**, 51, 1138–1142.

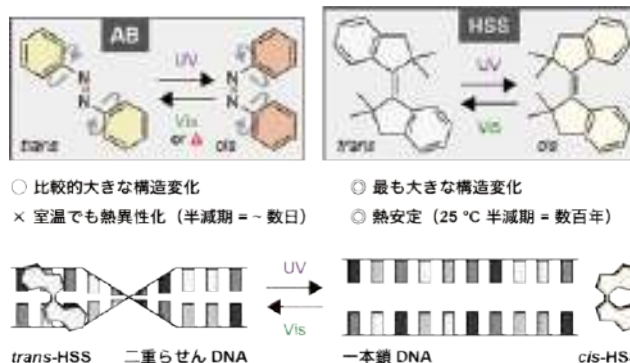
● 研究課題名

大きな構造変化と熱安定性を両立した分子マシンによるDNAの構造と機能の精密光制御

● 研究課題の概要

DNAは塩基配列をもとに二重らせん構造や高次構造を形成し、構造由来の機能を示すプログラム可能なナノ材料です。その構造と機能の光制御が注目を集め、光可逆的に異性化して構造が変わる分子マシンを利用する方法が精力的に研究されてきました。しかし、アゾベンゼン (AB) に代表される従来の光応答性分子マシンは、大きな構造変化と熱安定性を両立できず、DNAの構造と機能を精密に制御できませんでした。

本研究課題では、従来の分子マシン以上に大きな構造変化を示し、さらに熱安定性にも優れる新たな分子マシン、ヒンダードスティッフスチルベン (HSS) を用いて、DNAの構造と機能を精密に光制御することを目指します。



公募班

酒井 雄介 (さかい ゆうすけ)



- 所属・職位 理化学研究所生命機能科学研究センター・研究員
- メールアドレス yusuke.sakai@riken.jp
@sakaiy (Twitter), Yusuke-Sakai-7 (ResearchGate)

- 最新の業績がみられるサイト
<https://researchmap.jp/sakaiy>
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3285-0280>
<https://scholar.google.com/citations?user=U66DW3YAAAAJ&hl=ja>

- 専門分野 DNAナノテクノロジー、RNA生化学

● その説明

【DNAナノテクノロジー】DNAは、遺伝情報を保管するための生体高分子です。AとT、GとCの間で塩基対を組む事で、相補的な配列を持った分子同士で自発的に二重らせん構造を組む性質を持ちます。また、容易に化学合成ができるため、配列を設計して二重らせんの形成(自己組織化)を自在に制御することができます。DNAナノテクノロジーは、DNAの持つこれらの性質に注目し、ナノ構造や論理演算回路を設計・構築する学問領域です。【RNA生化学】RNAは、遺伝子発現を媒介する生体高分子で、DNAから転写された後、多彩な化学修飾によって構造や機能を微調整されています。その修飾機構や機能を研究する研究分野です。

● 主な業績

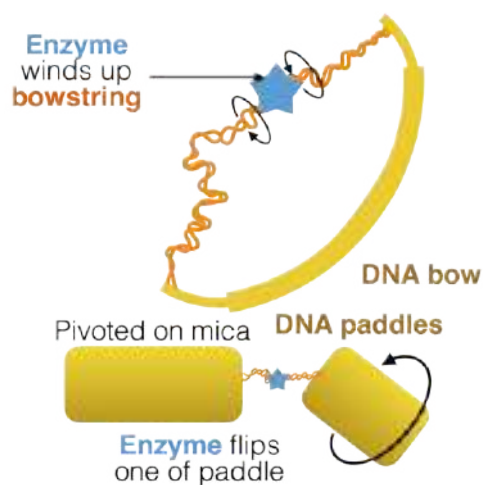
Y. Sakai, G. Wilkens, K. Wolski, S. Zapotoczny, J. Heddle, Topogami: Topologically linked DNA origami, under peer-review (*ACS Nanoscience Au*)
Y. Sakai, Md. S. Islam, M. Adamiak, S. C-C. Shiu, J. A. Tanner, J. G. Heddle, DNA Aptamers for Functionalisation of DNA Origami Nanostructures, *Genes*, 9, 571 (2018).
A. Kuzuya, Y. Sakai, T. Yamazaki, Y. Xu, and M. Komiyama, Nanomechanical DNA origami 'single-molecule beacons' directly imaged by atomic force microscopy, *Nat. Commun.*, 2, 449 (2011).
Y. Sakai, S. Kimura, T. Suzuki, Dual pathways of tRNA hydroxylation ensure efficient translation by expanding decoding capability, *Nat. Commun.*, 10, 2858 (2019).
Y. Sakai, K. Miyauchi, S. Kimura and T. Suzuki, Biogenesis and growth phase-dependent alteration of 5-methoxycarbonylmethoxyuridine in tRNA anticodons, *Nucleic Acids Res.*, 44, 509-523 (2016).

● 研究課題名

DNAナノ構造体を直接駆動する分子モーターモジュールの開発

● 研究課題の概要

DNAの自己組織化能を利用してナノ構造体を構築する研究が盛んに行われています。本研究では天然に存在する酵素を基に、様々なDNAナノ構造体に組み込める、汎用的な動力モジュールを開発します。DNAナノロボットがその動力モジュールによって実際に動かされる様子を高速原子間力顕微鏡によって直接観察します。また、DNAナノロボットの試作品を並列調整するために、DNAバーコード法を応用したマイクロ流路デバイスを開発します。



公募班

林 真人 (はやし まさひと)



- 所属・職位 法政大学・生命科学部・生命機能学科・教務助手
- メールアドレス masahito.hayashi.88@hosei.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト researchmap (B000359243)

- 専門分野 細胞生物学、ソフトマター物理学、分子ロボティクス

● その説明

真核生物に特徴的な細胞運動や細胞変形に興味を持って研究を続けてきました。最近、細胞サイズのリポソームにアクチン線維や微小管などの細胞骨格線維を高濃度で封入すると、リポソームがレモン型に変形する現象を見つけました。この現象の原動力は、棒状の粒子を密集させると自発的に粒子の向きが揃うという純粋に物理的な現象であると考えています(ネマティック液晶化)。実際の真核生物とは異なる運動機構の「細胞もどき」ですが、進化史上あったかもしれない別解の生物学だと思って、楽しんで研究に取り組んでいます。



リポソーム形態の可逆的光制御

● 主な業績

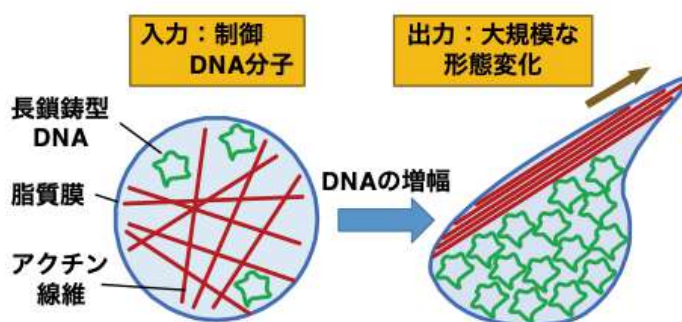
T. Waizumi, H. Sakuta, M. Hayashi, K. Tsumoto, K. Takiguchi, K. Yoshikawa, Polymerization/Depolymerization of Actin Cooperates with the Morphology and Stability of Cell-sized Droplets Generated in a Polymer Solution under a Depletion Effect, *J. Chem. Phys.*, 155, 075101 (2021).
 R. Ayukawa, S. Iwata, H. Imai, S. Kamimura, M. Hayashi, K. X. Ngo, I. Minoura, S. Uchimura, T. Makino, M. Shirouzu, H. Shigematsu, K. Sekimoto, B. Gigant, E. Muto, GTP-dependent Formation of Straight Tubulin Oligomers Leads to Microtubule Nucleation, *J. Cell Biol.*, 220, e202007033 (2021).
 N. Nakatani, H. Sakuta, M. Hayashi, S. Tanaka, K. Takiguchi, K. Tsumoto, K. Yoshikawa, Specific Spatial Localization of Actin and DNA in a Water/Water Microdroplet: Self-Emergence of a Cell-Like Structure, *ChemBioChem*, 19, 1370-1374 (2018).
 S. Tanaka, K. Takiguchi, M. Hayashi, Repetitive Stretching of Giant Liposomes Utilizing the Nematic Alignment of Confined Actin. *Commun. Phys.*, 1, 18 (2018).
 M. Hayashi, M. Nishiyama, Y. Kazayama, T. Toyota, Y. Harada, K. Takiguchi, Reversible Morphological Control of Tubulin-Encapsulating Giant Liposomes by Hydrostatic Pressure, *Langmuir* 32, 3749-3802 (2016).

● 研究課題名

アクチン線維と長鎖DNAの相分離配向現象を用いた細胞サイズリポソームの大変形制御

● 研究課題の概要

本研究では、ミニマル脳のアクチュエータ・ニューロイドに、入力DNA信号に応じて形態を大きく変化させるしくみの実装にとりくむ。突起形成の原動力として、長鎖DNAとアクチン線維の自発的な相分離配向現象を利用する。プロセッサ・ニューロイドから受け取る制御DNA分子をトリガーとして相分離配向を引き起こし、長さ数10マイクロメートルの膜突起を伸長させる。アクチン線維・長鎖DNA・人工膜小胞をベースとするシンプルな分子システムで、素早く可逆的に大変形する分子アクチュエータの実現を目指す。



公募班

佐藤 浩平 (さとう こうへい)



- 所属・職位 東京工業大学生命理工学院・助教
- メールアドレス koheisato@bio.titech.ac.jp
- Twitterアカウントなど Kohei Sato (@Kohei_Chem)

- 最新の業績がみられるサイト

GoogleScholar <https://scholar.google.com/citations?user=kMhJH6cAAAAJ&hl=en>
研究室ウェブサイト <http://www.kinbara.bio.titech.ac.jp/jp/group-2/koheisato/>

- 専門分野 有機合成化学・超分子化学・生体関連化学
- その説明

我々の体内では、生体分子が非共有結合を介して自発的に集合することで、極めて洗練された機能を発現している。私は、このような仕組みを人工分子で実現するべく、両親媒性分子（疎水性部位と親水性部位の両方を有する分子）を有機化学的手法により合成し、その自己集合挙動を制御する研究を行なっている。特に最近では、細胞の表面で行われるシグナルの送受信を介した情報伝達システムに着目し、細胞膜の基本構造である脂質二重層の内部における人工分子の自己集合と、それに伴う機能の発現に重点を置いている。

- 主な業績

K. Sato*, T. Muraoka, K. Kinbara, Supramolecular Transmembrane Ion Channels Formed by Multiblock Amphiphiles, *Acc. Chem. Res.*, in press (DOI:10.1021/acs.accounts.1c00397) (2021).

Y. Shimizu, **K. Sato***, K. Kinbara, Calcium-induced Reversible Assembly of Phosphorylated Amphiphile within Lipid Bilayer Membranes, *Chem. Commun.*, 57, 4106–4109 (2021).

R. Sasaki, **K. Sato***, K. V. Tabata, H. Noji, K. Kinbara, Synthetic Ion Channel Formed by Multiblock Amphiphile with Anisotropic Dual-Stimuli-Responsiveness, *J. Am. Chem. Soc.*, 143, 1348–1355 (2021).

M. Mori, **K. Sato***, T. Ekimoto, S. Okumura, M. Ikeguchi, K. V. Tabata, H. Noji, K. Kinbara, Imidazolium-based Multiblock Amphiphile as Transmembrane Anion Transporter, *Chem. Asian J.*, 16, 147–157 (2021).

C. Li, A. Iscen, H. Sai, **K. Sato***, N. A. Sather, S. M. Chin, Z. Álvarez, L. C. Palmer, G. C. Schatz, S. I Stupp, Supramolecular-covalent Hybrid Polymers for Light-activated Mechanical Actuation, *Nat. Mater.*, 19, 900–909 (2020).



- 研究課題名

細胞表面受容体タンパク質を模倣した人工分子トランスデューサーの開発

- 研究課題の概要

我々の身体を構成する細胞の表面では、受容体タンパク質が細胞外のシグナルを受信し、細胞内部へと別のシグナルを送信することで、環境に応じたダイナミックな細胞活動の変化を実現している。このような情報伝達機構を人工分子によって実現できれば、従来は不可能であった生命現象の人為的操作が可能となるほか、知的情報処理を人工系で実現する『ケミカルAI』の開発にも繋がる。そこで本研究では、有機・超分子化学的手法を駆使し、天然の細胞表面受容体タンパク質の構造と機能を模倣した人工分子トランスデューサーの開発を目指す。

公募班

石川 大輔 (いしかわ だいすけ)



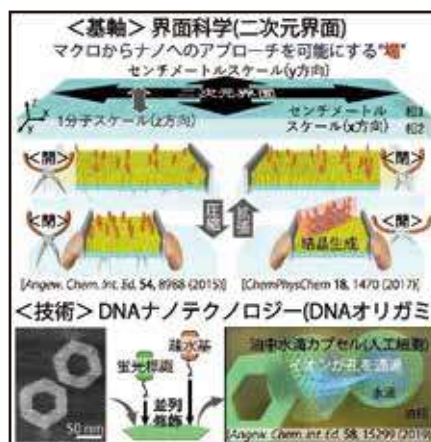
- 所属・職位 所属・職位: 東京工業大学物質理工学院応用化学系・助教
- メールアドレス ishikawa.d.ad@m.titech.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト
 Researchmap <https://researchmap.jp/ishi-d>
 ResearcherID <https://publons.com/researcher/2383831/daisuke-ishikawa/>
 Google Scholar https://scholar.google.com/citations?user=BV_C_T0AAAAAJ&hl=ja&oi=ao
 研究室ウェブサイト <http://www.echem.titech.ac.jp/~hara/>

- 専門分野 界面科学・分子薄膜・DNAナノテクノロジー

その説明

私がこれまでに従事してきた研究は、主に二次元界面を利用した界面科学を基軸としています(図1)。二次元界面は、マクロスケールのx-y軸方向と1分子スケールのz軸方向を併せ持ち、ナノサイズの物体をマクロスケール領域に集積し、かつこれを力学的に操作することが可能な場です。これまでに、気水界面に集積させたペンチ状分子の力学的な開閉操作に成功し、また開閉運動に伴う微小結晶の生成現象を発見しています。また、最近の分子薄膜形成には、DNAオリガミなどのDNAナノテクノロジーを利用して作製したDNAナノ構造体を用いています。DNAナノ構造体はDNA骨格に由来する親水性を有しますが、意図した位置に疎水基を導入することで両親媒化され、油水界面に集積させることが可能になっています。



主な業績

- 1) **D. Ishikawa**, Y. Suzuki, C. Kurokawa, M. Ohara, M. Tsuchiya, M. Morita, M. Yanagisawa, M. Endo, R. Kawano, M. Takinoue, DNA origami nano plate-based emulsion with designed nanopore function”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **58**, 15299–15303 (2019).
- 2) T. Mori, **D. Ishikawa**, Y. Yonamine, Y. Fujii, J. P. Hill, K. Ariga, W. Nakanishi, “Mechanically Induced Opening-Closing Movements of Binaphthyl Molecular Pliers: Digital Phase Transition v.s. Continuous Conformational Change”, *ChemPhysChem*, **18**, 1470–1477 (2017).
- 3) **D. Ishikawa**, T. Mori, Y. Yonamine, W. Nakanishi, D. L. Cheung, J. P. Hill, K. Ariga, “Mechanochemical Tuning of the Binaphthyl Conformation at the Air-Water Interface”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **54**, 8988–8991 (2015).

研究課題名

剛体折り紙モデルに基づく機械受容分子デバイスの創製と力学的駆動実証

研究課題の概要

本研究は、二次元界面における、力学的刺激に対する応答機構である細胞力覚を担う器官の人工的構築を目的とします。具体的には、細胞膜の引張によって開閉する原核細胞の機械受容チャネルを模した人工チャネルを、ナノスケールの剛体折り紙で開発し、二次元平面における界面膜の圧縮と拡張によりその力学的駆動の実証を目指します。そして、剛体折り紙モデルに基づく機械受容チャネルの開発および二次元の引張力によるその力学的駆動の実証によって、二次元界面という誰にでも扱えるシンプルな系において、細胞膜中の生体分子の機械受容機構を人工的に構築するための方法論を提示します。

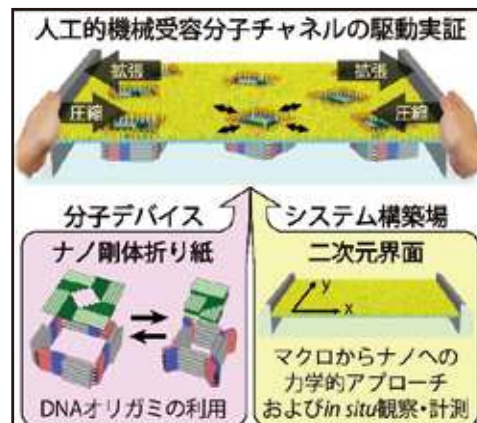


図2 研究概略図

公募班

松永 大樹 (まつなが だいき)



- 所属・職位 大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻・准教授
- メールアドレス daiki.matsunaga@me.es.osaka-u.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
 researchmap: <https://researchmap.jp/daikimatsunaga/>
 Google Scholar: https://scholar.google.co.jp/citations?user=ZIE_dZwAAAAJ
 研究者HP: <https://daiki-matsunaga.github.io/>

- 専門分野 遅い流れの流体力学, 生物流体, 磁性コロイド

● その説明

私は流体力学の中でもレイノルズ数が小さい「遅い流れの流体力学」(次頁に後述)を専門とする生物流体の研究者です。数値計算・シミュレーションをツールとし、これまで細胞懸濁液・血液のレオロジー特性解析 [下記・論文1-2], 微小循環中を流れる磁性粒子の移動方向制御 [論文3], 磁性コロイド・液滴を用いた流体の研究 [論文4-5] に従事してきました。近年は「遅い流れの流体力学」と「強化学習」を組み合わせて、マイクロスケール・ミクロスケールの遊泳体が流体中を速く・効率よく泳ぐための最適戦略について研究を進めています。本領域ではこの研究を推し進め分子スケール・マイクロスケールの遊泳体の構築をメンバーの皆様と目指したいと考えています

● 主な業績

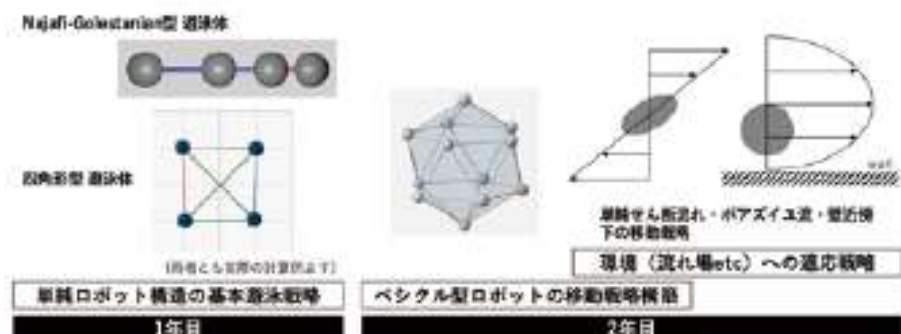
- D. Matsunaga, Y. Imai, T. Yamaguchi, T. Ishikawa, Rheology of a dense suspension of spherical capsules under simple shear flow, *Journal of Fluid Mechanics* 786, 110-127 (2016).
- D. Matsunaga, Y. Imai, C. Wagner, T. Ishikawa, Reorientation of a single red blood cell during sedimentation, *Journal of Fluid Mechanics* 806, 102-128 (2016).
- D. Matsunaga, F. Meng, A. Zöttl, R. Golestanian, J.M. Yeomans, Focusing and sorting of ellipsoidal magnetic particles in microchannels, *Physical Review Letters* 119 (19), 198002 (2017).
- D. Matsunaga, J.K. Hamilton, F. Meng, N. Bukin, E.L. Martin, F.Y. Ogrin, J.M. Yeomans, R. Golestanian, Controlling collective rotational patterns of magnetic rotors, *Nature Communications*, volume 10, 4696 (2019).
- S. Ishida, D. Matsunaga, Rheology of a dilute ferrofluid droplet suspension in shear flow: Viscosity and normal stress differences, *Physical Review Fluids* 5 (12), 123603 (2020)

● 研究課題名

アクチュエータ群の戦略的集団運動による分子ロボットの遊泳メカニズムの構築

● 研究課題の概要

微小な遊泳体は遅い流れの流体力学に支配され『帆立貝定理』の制約を受ける。帆立貝定理とは1自由度アクチュエータの往復運動(例えば、腕の伸縮)では正味の移動を生み出すことができない法則を指し、分子スケールの遊泳体も例外なくこの制限下にある。この制約を掻い潜り特定の方向へと遊泳するためには、2つ以上のアクチュエータが往復運動とならない順序で動作する必要がある。N個のアクチュエータを有する分子スケールの効率的な遊泳動作の設計には、移動距離を最大化する最適化問題を解く必要がある。本研究計画では各分子ロボット構造における最適な遊泳戦略を構築すると共に、研究領域メンバーとマイクロサイズの遊泳体の制作を目指す



公募班

宮廻 裕樹 (みやぎこ ひろき)



- 所属・職位 東京大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻・助教
- メールアドレス hiroki.miyazako@g.ecc.u.tokyo.ac.jp
- Twitterアカウントなど @HirokiMiyazako
- 最新の業績がみられるサイト
https://researchmap.jp/miyazako_hiroki

- 専門分野 アクティブ/ソフトマターの物理制御と数理, 逆問題

● その説明

生体分子や細胞が自己組織的につくる形や流体现象を制御する物理インターフェースや制御理論に関する研究を行っている。これまでに、ナノスケールの電場を自在に呈示するバーチャル電極ディスプレイを用い、脂質二重膜の形状や相分離構造の制御、キネシン 微小管の運動制御を実現している。また、紡錘形細胞などの配向性を示す物質集団がつくる 配向場の陽解法を複素関数論に基づき構成することで、トポロジカル欠陥 (配向角度が定義できない特異点) の生成位置や運動を領域の形状から逆推定する逆問題解法を構築し、実験検証を行っている。

● 主な業績

- H. Miyazaki, K. Mabuchi, T. Hoshino, "Multi-Scale Lipid Membrane Flow by Electron Beam-Induced Electrowetting," *Advanced Materials Interfaces*, 8, 2100257 (2021).
- Y. Hori*, H. Miyazaki*, "Analysing diffusion and flow-driven instability using semidefinite programming," *Journal of The Royal Society Interface*, 16, 20180586 (2018). (* denotes equal contribution)
- H. Miyazaki, K. Ishihara, K. Mabuchi, T. Hoshino, "In situ patterning of organic molecules in aqueous solutions using an inverted electron-beam lithography system," *Japanese Journal of Applied Physics*, 55, 06GL07 (2016).
- H. Miyazaki, K. Mabuchi, T. Hoshino, "Spatiotemporal Control of Electrokinetic Transport in Nanofluidics Using an Inverted Electron-Beam Lithography System," *Langmuir*, 31, 6595-6603 (2015).
- 宮廻裕樹, 堀豊, 原辰次, "単一拡散因子による反応拡散系のTuring不安定性解析," *計測自動制御学会論文集*, 49, 1164-1171 (2013).

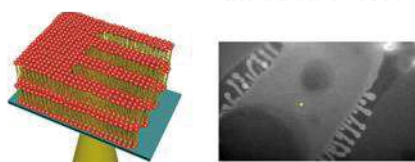
● 研究課題名

アクティブ・ネマティクスに基づく分子ロボットの逆運動学理論の構築

● 研究課題の概要

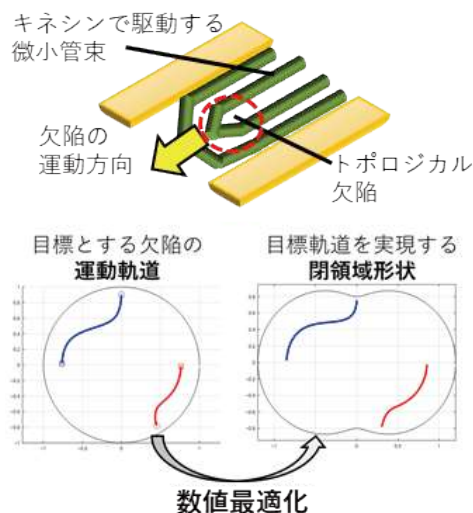
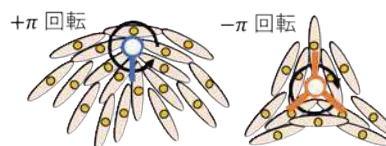
分子ロボットの駆動力として用いられている細胞骨格・モータータンパク質の複合体は、分子が高密度になるとトポロジカル欠陥 (細胞骨格の配向角度が定義できない特異点) がアクティブに特定の方向に運動する「アクティブ・ネマティクス」と呼ばれる現象が生じることが知られている。本研究の目的は、トポロジカル欠陥のアクティブ性に着目し、細胞骨格やモータータンパク質を基盤とした分子ロボットにおける流体運動の順問題学・逆運動学モデルの系統的な 解法を確立することで、所望のトポロジカル欠陥の運動軌跡や流体速度場を実現する制御理論を構築する。

ナノ電場による脂質膜形状制御



[*Adv. Mater. Interfaces*, 8, 2100257 (2021)]

細胞集団中のトポロジカル欠陥



公募班

山田 鉄兵 (やまだ てつぺい)



- 所属・職位 東京大学大学院理学系研究科化学専攻・教授
- メールアドレス teppei@chem.s.u.tokyo.ac.jp
- Twitterアカウントなど @teppei343
- 最新の業績がみられるサイト
https://inorg.chem.s.u.tokyo.ac.jp/?page_id=100

- 専門分野 熱化学電池、配位高分子、イオン伝導

● その説明

「分子がレドックス活性分子やイオンを捕まえる」という力を利用して、電気エネルギー・情報へと変換する技術を開拓しています。最近温度応答性の分子反応を導入した「熱化学電池(酸化還元平衡の温度依存性を利用した熱電変換素子)」や、レドックス応答性の分子科学を導入した電気化学ペルチェ素子の研究を行ってきた(右図)。本申請ではさらに鋭敏な電位応答を示す電気化学システムを構築し、分子応答を電気で直接観測するシステムの構築を目指す。

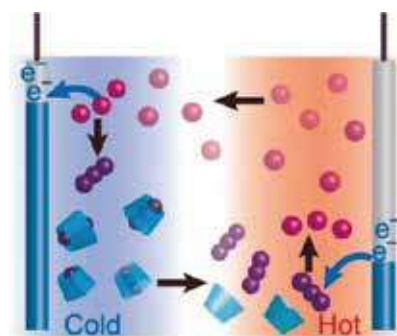


図1 超分子熱化学電池。
 α -CDのI₃⁻包接・脱離を利用して酸化還元を制御。

● 主な業績

- H. Zhou, T. Yamada, N. Kimizuka, Supramolecular Thermocells based on Thermo-Responsiveness of Host-Guest Chemistry, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 94, 1525-1546, (2021).
- B. Guo, Y. Hoshino, F. Gao, K. Hayashi, Y. Miura, N. Kimizuka, T. Yamada, Thermocells Driven by Phase Transition of Hydrogel Nanoparticles, *J. Am. Chem. Soc.*, 142, 17318-17322, (2020).
- T. Kitao, Y. Nagasaka, M. Karasawa, T. Eguchi, N. Kimizuka, K. Ishii, T. Yamada, T. Uemura, Transcription of Chirality from Metal-Organic Framework to Polythiophene, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 19565-19569 (2019).
- M. Matsuki, T. Yamada, N. Yasuda, S. Dekura, H. Kitagawa, N. Kimizuka, Nonpolar-to-Polar Phase Transition of a Chiral Ionic Plastic Crystal and Switch of the Rotation Symmetry, *J. Am. Chem. Soc.*, 140, 291-297 (2018).
- H. Zhou, T. Yamada, N. Kimizuka, Supramolecular Thermo-Electrochemical Cells: Enhanced Thermoelectric Performance by Host-Guest Complexation and Salt-Induced Crystallization, *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 10502-10507, 2016.

● 研究課題名

ルテニウム錯体を用いたシャープな電位応答と分子情報-電気信号変換技術

● 研究課題の概要

従来の電気化学の電気応答は、100 mV程度の幅広い電位に対して緩やかに応答する。本申請ではルテニウム錯体の還元体間に相補的水素結合を導入し、電位変化に鋭敏に応答するスパイク電流応答を示す電気化学システムを設計する。それにより溶液中のpHや分子種による鋭敏な電気応答をする分子システムを構築する。

ルテニウム錯体に発光特性、特に電気化学発光機能を付与し、光・電気的な応答を得るシステムへと展開する。これらを用いた新たな分子認識化学を展開する。

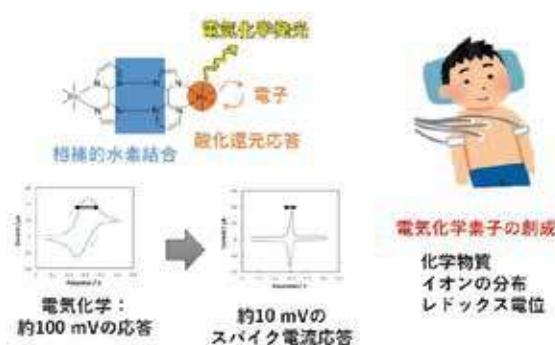


図1 スパイク電流応答を用いた分子間相互作用応答性電気化学素子のイメージ図

公募班

庄司 観 (しょうじ かん)



- 所属・職位 長岡技術科学大学 産学融合トップランナー養成センター・産学融合特任講師
- メールアドレス kshoji@mech.nagaokaut.ac.jp
- Twitterアカウントなど @Shoji_Lab_NUT
- 最新の業績がみられるサイト <https://mcweb.nagaokaut.ac.jp/~kshoji/>

● 専門分野 バイオリボティクス、電気化学、ナノポアセンシング、マイクロ流体力学

● その説明

生体材料と人工材料を組み合わせたバイオインテグレートドシステムに関する研究を行っている。特に、生体エネルギーを電気エネルギーに変換する体液バイオ燃料電池を電源としたバイオロボットの開発やプローブ型人工細胞膜システムを用いたバイオセンサ(図)に関する研究を展開している。プローブ型人工細胞膜システムでは、先端を親水処理したマイクロ・ナノ電極やゲルを注入したガラスナノピペットを水溶液と脂質溶液が層となった浴溶液に挿入することで、安定した膜形成が可能であり、走査型プローブ顕微鏡やハイスループットナノポアセンサなどへの応用を目指している。

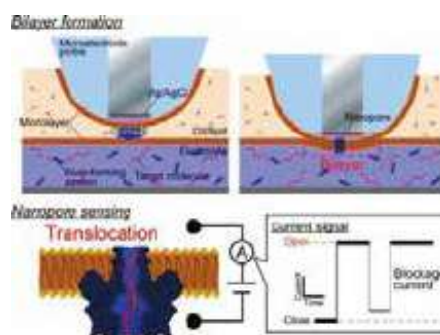


図 プローブ型人工細胞膜システムを用いたバイオセンサの概略図

● 主な業績

- K. Shoji, R. Kawano, and R.J. White, "Analysis of membrane protein de-insertion-associated currents with nanoneedle-supported bilayers to discover pore formation mechanisms," *Langmuir*, 36, 34, 10012-10021 (2020).
- K. Shoji, R. Kawano, and R.J. White, "Recessed Ag/AgCl Microelectrode-Supported Lipid Bilayer for Nanopore Sensing," *Anal. Chem.*, 92, 15, 10856-10862 (2020).
- K. Shoji and R. Kawano, "Osmotic-Engine-Driven Liposomes in Microchannel," *Lab chip*, 19, 20, 3472-3480 (2019).
- K. Shoji, R. Kawano and R.J. White, "Spatially Resolved Chemical Detection with a Nanoneedle-Probe-Supported Biological Nanopore," *ACS Nano*, 13, 2, 2606-2614 (2019).
- K. Shoji, Y. Akiyama, M. Suzuki, N. Nakamura, H. Ohno and K. Morishima, "Biofuel Cell Backpack Insect and Its Application to Wireless Sensing," *Biosens. Bioelectron.*, 78, 15, 390-395 (2016).

● 研究課題名

人工細胞膜プローブによる分子回路診断システム

● 研究課題の概要

本研究では、人工細胞膜を先端に形成したプローブ状の電気化学センサを開発することで、分子サイバネシシステムの検査システムの構築を目指す。現状のDNAを用いた分子サイバネシシステムでは、標識化したDNA分子を蛍光観察することで動作を確認する必要があり、DNAのコストや蛍光顕微鏡下での実験が必要であること、蛍光の減衰等が、本分子サイバネシシステムの応用展開におけるボトルネックとなることは明らかである。そこで本申請研究では、従来の電子回路と同様に、検査を実施する回路素子(巨大リボソーム)に検査プローブを直接接触させ素子の機能を評価可能な「分子サイバネシシステムのプローブ型評価システム」の開発を目指す(図1)。

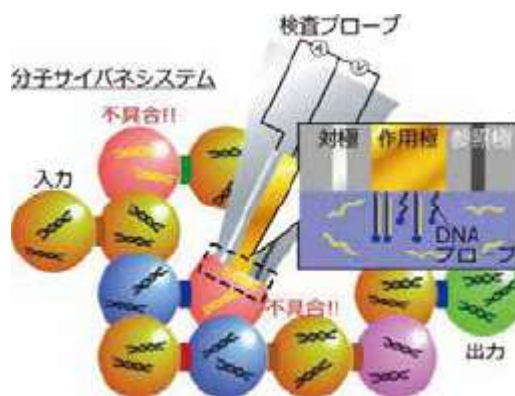


図1 人工細胞膜プローブによる分子回路診断システムの概略図

公募班

木賀 大介 (きが だいすけ)



- 所属・職位 早稲田大学 理工学術院電気・情報生命工学科 教授
- メールアドレス kiga@waseda.jp

- 最新の業績がみられるサイト
<http://www.f.waseda.jp/kiga/>
<https://researchmap.jp/synbio>

- 専門分野 合成生物学、人工遺伝子回路（細胞系、無細胞系）、人工遺伝暗号

● その説明

生体高分子を、天然とは違う様式で組み合わせる合成生物学を得意としています。例えば、試験管内でのタンパク質合成系について、いくつかの因子を無効化し、tRNA変異体を加えることで、どのようなmRNAからも、特定のアミノ酸（例えばメチオニンとシステイン）を持たないタンパク質のみを合成することができます。この遺伝暗号は、タンパク質に酸化耐性を付与する人工進化に有効です。また、転写制御タンパク質に関する数理モデルを用いて、試験管内や細胞内の遺伝子発現の時間パターンや、細胞の空間パターンを制御することができます、人工的な遺伝子ネットワークを構築しています。

● 主な業績

T. Moriya, T. Yamaoka, Y. Wakayama, S. Ayukawa, A. Zhang, M. Yamamura, S. Wakao, *D. Kiga. "Comparison between Effects of Retroactivity and Resource Competition upon Change in Downstream Reporter Genes of Synthetic Genetic Circuits". *Life*. 9(1):30,(2019).

T. Imada, K. Moriya, M. Uchiyama, N. Inukai, M. Hitotsuyanagi, A. Masuda Takehiro Suzuki, S. Ayukawa, Y. Tagawa, N. Dohmae, M. Kohara, M. Yamamura, and *D. Kiga, "A Highly Bioactive Lys-Deficient IFN Leads to a Site-Specific Di-PEGylated IFN with Equivalent Bioactivity to That of Unmodified IFN-2b", *ACS Synth. Biol.*, 7, 2537-2546, (2018).

S. Ayukawa, Y. Sakai, and *D. Kiga, "Aptazyme-based molecular device that converts a small-molecule input to an RNA output" *Chemical Communications*. 48(61):7556-8, (2012).

R. Sekine, M. Yamamura, S. Ayukawa, K. Ishimatsu, S. Akama, M. Takinoue, M. Hagiya, and *D. Kiga, "Tunable synthetic phenotypic diversification on Waddington's landscape through autonomous signaling", *Proc Natl Acad Sci U S A.*; 108(44), 17969-73, (2011).

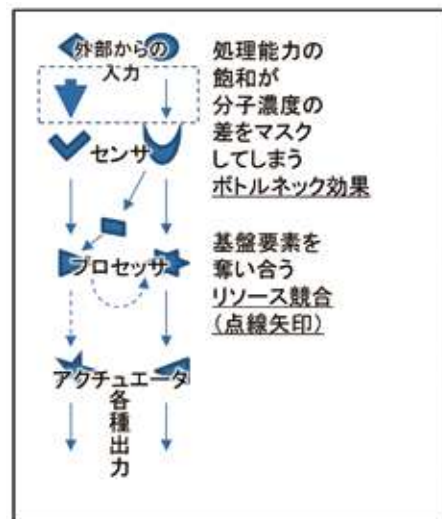
K. Sakamoto, H. Gouzu, K. Komiya, D. Kiga, S. Yokoyama, T. Yokomori, *M. Hagiya, "Molecular computation by DNA hairpin formation", *Science*, 288(5469), 1223-1226, (2000)

● 研究課題名

リソース競合とボトルネック効果を加味した多数分子多段システムデザイン戦略の確立

● 研究課題の概要

有限体積の溶液中で部品が拡散し相互作用することを前提とした分子システムでは、同一分子種をめぐって複数の要素が非線形の数式に従って競合する。また、非線形性による飽和がもたらす多段階反応中の律速効果により、ある段階のシグナル強度差が消失してしまうボトルネック効果がある。本研究では、多数分子種の多段階反応を設計するテストベッドとして、生体高分子の無細胞反応系を用いる。この系の利点は、各種因子を容易に添加・除去することが可能なことにある。設計の基盤となる数理モデルのパラメータを変化させたことに対する現実の挙動変化を経時観察し、システムデザイン戦略確立の糧とする。



公募班

井上 大介 (いのうえ だいすけ)

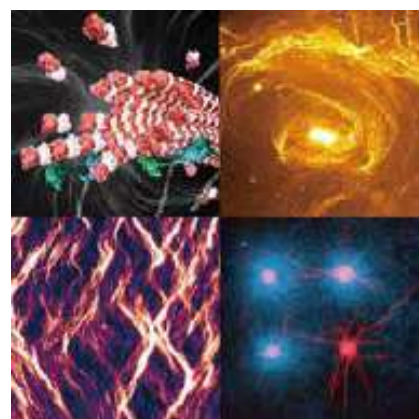


- 所属・職位 九州大学大学院芸術工学研究院デザイン人間科学部門・助教
- メールアドレス dinoue1@design.kyushu-u.ac.jp
- Twitterアカウントなど @DinoueMT
- 最新の業績がみられるサイト
 Researchmap <https://researchmap.jp/dinouemt>
 GoogleScholar <https://scholar.google.com/citations?user=1SJiTs8AAAAJ&hl=ja>
 研究室ウェブサイト <https://www.cytoarchitec.com/>

- 専門分野 細胞骨格、DNA ナノテクノロジー、分子ロボット

● その説明

細胞骨格(微小管、アクチン)の自己組織化について研究しています。これまで、生体分子モーター上で高密度の微小管を運動させ、大規模な群れを形成させるシステムを確立し、微小管の群れが特徴的なパターンを形成したり、外部刺激に適応してパターン形状が変わることを明らかにしてきました。また、最近では、微細加工技術やDNAナノテクノロジーを組み合わせ、細胞骨格の自己組織化を制御することも試みています。上記の手法を用いると、細胞骨格が美しい秩序を形成するので、これらをバイオアート作品として発表したりしています。



● 主な業績

F. Afroze†, D. Inoue†, T. I. Farhana, T. Hiraiwa, R. Akiyama, A. M. R. Kabir, K. Sada, A. Kakugo, Monopolar flocking of microtubules in collective motion, *BBRC*, 563,73–78 (2021). (†等貢献度)

S. Triclin†, D. Inoue†, J. Gaillard, Z. M. Htet, M. E. DeSantis, D. Portran, E. Derivery, C. Aumeier, L. Schaedel, K. John, C. Letierrier, S. L. Reck-Peterson, L. Blanchoin, M. Théry, Self-repair protects microtubules from destruction by molecular motors. *Nat. Mater.*, 20, 883–891 (2021). (†等貢献度)

D. Inoue, D. Obino, F. Farina, J. Gaillard, C. Guerin, L. Blanchoin, A. M. Lennon-Duménil, M. Théry, Actin filaments regulate microtubule growth at the centrosome, *EMBO J.*, 38, e99630 (2019).

D. Inoue, T. Nitta, A. M. R. Kabir, K. Sada, J.P. Gong, A. Konagaya, A. Kakugo, Sensing surface mechanical deformation using active probes driven by motor proteins, *Nat. Commun.*, 7, 12557 (2016).

● 研究課題名

細胞の極性形成機構を模倣した神経細胞型分子ユニットの開発

● 研究課題の概要

神経細胞の軸索伸長は、細胞骨格アクチンのネットワーク(ラメリポディア)が前進することで成される(図1上段)。本研究では、リボソーム内に封入したアクチンおよびアクチン関連タンパク質(※補足情報)の生化学的條件を調節し、ラメリポディアをリボソーム内で再構築する。人工ラメリポディアにより、脂質膜を一方的に変形させ、軸索構造を持つ神経細胞型分子ユニット(ミニマル人工脳の構成要素)を構築することを目指す(図1下段)。また、微小管も用いることで、分子ユニットの先端から人工神経突起を形成させることも試みる

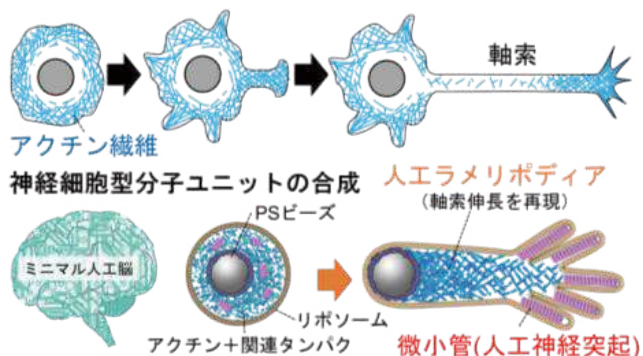


図1. 上段:神経細胞の形態形成プロセスの模式図。
 下段:ミニマル人工脳を構成する神経細胞型分子ユニットの図。

公募班

藤本 健造 (ふじもと けんぞう)



- 所属・職位 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科・教授
- メールアドレス kenzo@jaist.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
真研究室ウェブサイト <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/fujimoto/fujimotohp/researchmap> <https://researchmap.jp/fujimotokz>

- 専門分野 核酸化学、生物有機科学

その説明

「光」をキーワードとして酵素を用いた従来の遺伝子操作に代わる新たな遺伝子操作法を開発するため研究を進めてきました。化学に基づいて新しい光機能性をもつ分子を設計・創成することで、光を用いた核酸類操作に関する研究を進めています。これまで光応答性人工核酸3-シアのビニルカルバゾール(CNVK)を開発しており、CNVKを含むオリゴDNAは数秒の光照射により相補鎖中のピリミジン塩基と可逆的に光架橋することができます。光架橋分子ならびにそれらを含むオリゴDNAが実際に国内外で市販化されています。

主な業績

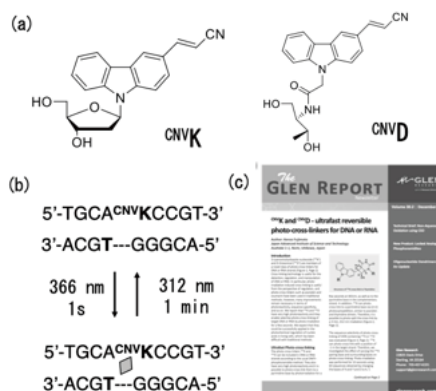
- J. Mihara, K. Fujimoto, Photo-cross-linking of DNA using 4-methylpyranocarbazole nucleoside with thymine-base selectivity, *Org. Biomol. Chem.*, in press (2021).
- K. Fujimoto, N. Watanabe, Fluorescence In Situ Hybridization of 16S rRNA in Escherichia coli Using Multiple Photo-Cross-Linkable Probes, *ChemistrySelect*, 5(46), 14670–14670 (2020).
- Y. Watanabe, K. Fujimoto, Complete Photochemical Regulation of 8-17 DNAzyme Activity using Reversible DNA Photo-cross-linking, *ChemBioChem*, 21, 3244–3248 (2020).
- K. Fujimoto, H. Yang, S. Nakamura, Strong inhibitory effects of antisense probes on gene expression through ultrafast RNA photo-crosslinking, *Chemistry an Asian Journal*, 14, 1912–1916 (2019).

研究課題名

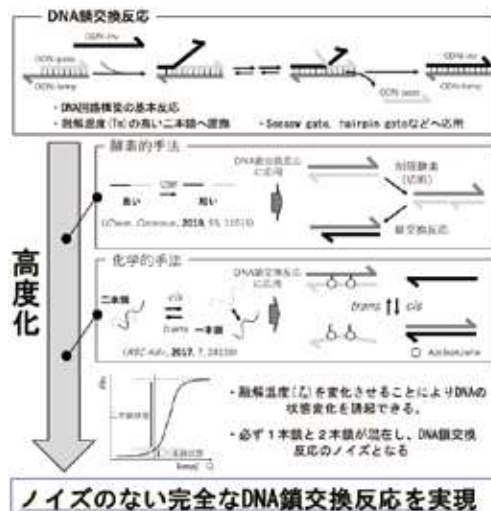
可逆的超高速DNA光クロスリンクを用いたDNA鎖交換反応の光制御

研究課題の概要

本研究課題では可逆的超高速DNA光クロスリンクを用いた精密なDNA鎖交換反応の光制御をおこないます。DNA鎖交換反応は分子計算の基盤反応であり、外部刺激により制御できれば、システムとしての多様性、挙動制御を実現できると考えられます。我々は既に超高速DNA光架橋反応を既に報告しており、数秒の光照射によりDNA鎖間を架橋することができます。本研究ではこの超高速DNA光架橋反応を用い、DNA1本鎖状態と2本鎖状態を完全に制御することで、ノイズのない精密なDNA鎖交換反応を開発します。



超高速DNA光架橋素子



公募班

柳澤 実穂 (やなぎさわ みほ)

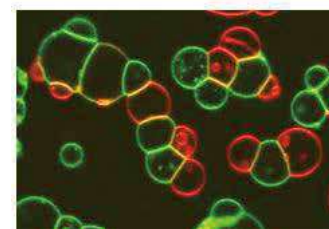
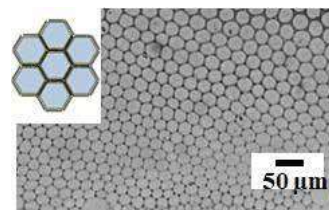


- 所属・職位 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻・准教授
- メールアドレス myanagisawa@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
- Twitterアカウントなど @mh_yanagi
- 最新の業績がみられるサイト
研究室HP <https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/yanagisawa-lab/>
Google Scholar: <https://scholar.google.co.jp/citations?user=bDkViTcAAAAJ&hl=ja&oi=ao>

- 専門分野 ソフトマター物理, 生物物理

● その説明

リポソームやリン脂質膜で覆われた油中水滴を人工細胞と捉え、表面を覆う膜や人工細胞中の高分子混合溶液に対する物理的研究から、生命現象の物理的理解へ迫る研究をしています。本申請研究では、人工細胞を互いに膜接着させて得られるリポソーム集積体 (Soft Matter 2020) や液滴集積体 (Soft Matter 2021, Micromachines 2020, Soft Matter 2013) を人工細胞組織として用い、細胞内での構造転移の情報が隣り合う細胞へ高速伝播する現象から人工ニューロンの創成を目指します。



液滴集積体 (上) と
リポソーム集積体 (下) の一例

● 主な業績

E Shinohara, C Watanabe, M Yanagisawa, Perpendicular alignment of the phase separated boundary in adhered polymer droplets, *Soft Matter*, DOI: 10.1039/D1SM01180D

S Fujiwara, K Shoji, C Watanabe, R Kawano, M Yanagisawa, Microfluidic Formation of Honeycomb-Patterned Droplets Bounded by Interface Bilayers via Bimodal Molecular Adsorption, *Micromachines*, 701 (2020)

A Oda, C Watanabe, N Aoki, M Yanagisawa, Liposomal adhesion via electrostatic interactions and osmotic deflation increases membrane tension and lipid diffusion coefficient, *Soft Matter*, 16, 45494554 (2020)

C Kurokawa, K Fujiwara, M Morita, I Kawamata, Y Kawagishi, A Sakai, Y Murayama, Si M Nomura, SMurata, M Takinoue, M Yanagisawa, DNA cytoskeleton for stabilizing artificial cells, 114:7228-7233

● 研究課題名

高分子配向波の細胞間伝播による人工ニューロンの創成

● 研究課題の概要

脳機能の本質は、電位パルスによる細胞間での高速な情報伝達である。しかし、電位パルスの利用を問わず、物質輸送を伴わない情報伝達機構が可能なニューロン様構造 人工ニューロン の創出は容易ではない。申請者らはごく最近、人工細胞中の線状高分子が僅かな刺激により配向し、その配向波が膜接着した隣接細胞へも高速伝播する現象を発見した。本研究ではこの現象を隙間なく1次元集積させた人工細胞集積体に応用することで、高分子配向波を細胞間伝播し、配向リセット後に再配向が可能な人工ニューロンを創成する。

公募班

津金 麻実子 (つがね まみこ)



- 所属・職位 中央大学工学部精密機械工学科・研究員
- メールアドレス tsugane@nano.mech.chuo-u.ac.jp
- 最新の業績がみられるサイト
Researchmap <https://researchmap.jp/mtsugane>
研究室ウェブサイト <https://nanobio.r.chuo-u.ac.jp/>

● 専門分野 リポソーム、マイクロ流体デバイス、薬理学

● その説明

神経薬理学研究で博士号(薬学)を取得後、がん分野の臨床研究に従事し、生物系薬学や分子生物学の研究経験をバックグラウンドに持つ。臨床診断デバイスの創生を目指してバイオMEMS技術の習得に取り組み、細胞の構造や機能の解析に資するマイクロデバイスの開発を行っている。また、リポソームをバイオリクター(反応容器)として人工細胞研究や疾患診断に活用する研究に従事し、リポソームの膜融合やリポソーム内でRT-PCRなどの生化学反応を行う技術、リポソーム内でのDNAの挙動に関する報告を行った。

● 主な業績

- ・M. Tsugane and H. Suzuki, Elucidating the Membrane Dynamics and Encapsulation Mechanism of Large DNA Molecules Under Molecular Crowding Condition Using Giant Unilamellar Vesicles. *ACS Synthetic Biology*, 9(10), 2819-2827 (2020)
- ・S. Araki, M. Nakano, M. Tsugane, F. Sunaga, M. Hattori, M. Nakano, T. Nagai, H. Suzuki, A simple microfluidic device for live-imaging of the vertical section of epithelial cells. *Analyst*, 145(2), 667-674 (2020)
- ・M. Tsugane and H. Suzuki, Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction in Giant Unilamellar Vesicles. *Scientific Reports*, 8, 9214 (2018)
- ・M. Tsugane, E. Uejima, H. Suzuki, Microchamber Device for Detection of Transporter Activity of Adherent Cells. *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 3:32 (2015)

● 研究課題名

マイクロ流体デバイスと自己組織化による人工多細胞体モデルの構築

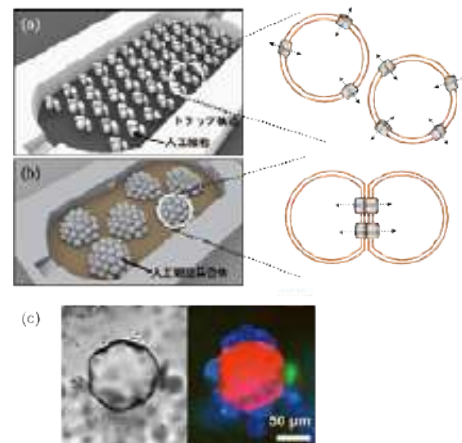
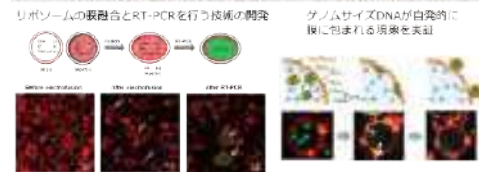
● 研究課題の概要

本研究では、人工細胞(リポソーム)の作製や配置を精密に制御可能なマイクロ流体工学および自然界における自己組織化原理の二つを利用し、分子通信機能を有する人工多細胞体形成のための技術を構築する。人工細胞の通信手段としてタンパク質ナノポアの分子膜透過を用い、ネットワーク構築としてマイクロ流路内トラップによる遠隔通信系や液液二相分離(複合コアセルベート)への吸着を利用した近接通信系を検討する。さらに、人工細胞内で核酸の分子演算系を実装し、人工多細胞体による信号検知・処理・出力システムの実現につなげる。

細胞の構造・機能の解析に資するマイクロデバイスの開発



バイオリクターとしてのリポソームに関する研究



(a)マイクロ流路トラップによる相互作用距離を制御した遠隔通信系。(b)自己組織化による多細胞形態の近接通信系。右は、近接型通信(一般的なコア)と連結型通信(コネクション等)の模式図。(c)複合コアセルベート(PLL/ATP系)にGUVを吸着させた系

公募班

小嶋 勝 (こじま まさる)



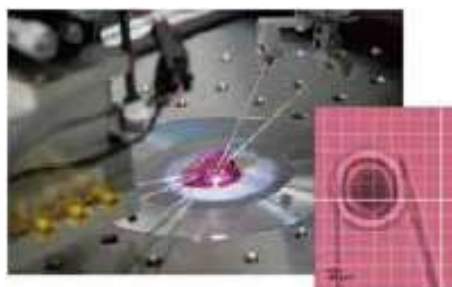
- 所属・職位 大阪大学大学院 基礎工学研究科 物質創成専攻・准教授
- メールアドレス kojima@cheng.es.osaka-u.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト
https://researchmap.jp/KJM_MSR

- 専門分野 マイクロロボティクス, 生物物理学

● その説明

マイクロロボティクスを基盤とした微小物体の計測システムに関わる研究を中心に推進しています。具体的には単一の細胞の硬さを直接計測できるマイクロマニピュレータを開発し、様々な細胞の剛性計測に取り組んでいます(図)。また、これまでに生体の持つ分子機械の作動原理の解明に関わる研究も推進し、生物物理学的視点から生体分子モータや生物時計に関わる研究にも取り組んできました。現在は新たに化学工学を基盤とした技術を取り入れ、高分子材料を用いた融合研究を進めています。



○*マイクロハンドシステム

● 主な業績

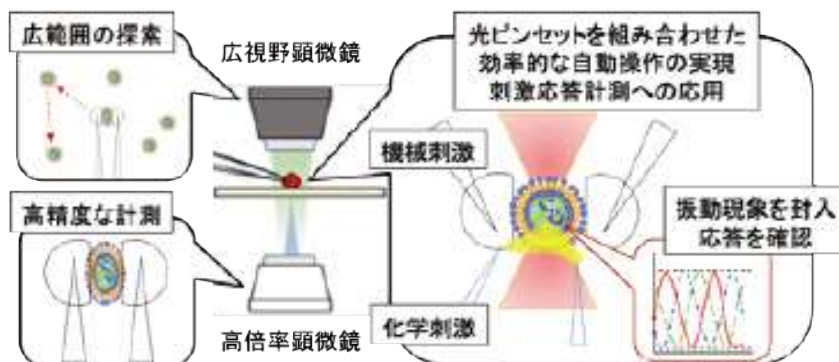
Mitsuyuki Hidaka, Masaru Kojima, Masaki Nakahata, Shinji Sakai, Visible light-curable chitosan ink for extrusion-based and vat polymerization-based 3d bioprintings, **Polymers**, 13(9), 2021
Eunhye Kim, Masaru Kojima, Yasushi Mae, Tatsuo Arai, High-speed manipulation of microobjects using an automated two-fingered microhand for 3D microassembly, **Micromachines** 11(5), 2020
Xiaoming Liu, Qing Shi, Yuqing Lin, Masaru Kojima, Yasushi Mae, Toshio Fukuda, Qiang Huang, Tatsuo Arai, Multifunctional Noncontact Micro-manipulation Using Whirling Flow Generated by Vibrating a Single Piezo Actuator, **Small** 15(5), 2019
Masaru Kojima, Zhiqin Wang, Masahiro Nakajima, Tatsuo Arai, Toshio Fukuda, Microchip device with parallel operation for bacterial chemotactic analysis, **Sensors and Actuators B: Chemical**, 245 695-701, 2017

● 研究課題名

人工細胞の刺激応答計測用プラットフォームの構築と応用

● 研究課題の概要

大規模な分子システム構築の実現には、人工細胞に異なる機能を複雑に配置し、その機能を評価する技術が必要不可欠です。そこで本研究では、高度なマニピュレーションと局所力学刺激・化学刺激応答計測が可能な刺激応答計測用マイクロハンドシステムを基盤とし、光ピンセット技術と融合した自動化システムを構築し、人工細胞への分子システム実装・計測制御に適用します。さらに、システムの検証対象として振動現象を内包した人工細胞を用い、外部刺激に対する人工細胞の応答の計測にも取り組みます。



○*人工細胞の刺激応答計測用プラットフォーム

公募班

安原 主馬 (やすはら かずま)

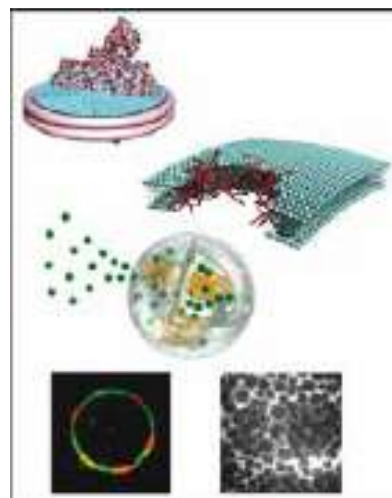


- 所属・職位 奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・物質創成科学領域・准教授
- メールアドレス yasuhara@ms.naist.jp
- 最新の業績がみられるサイト
http://mswebs.naist.jp/LABs/biomimetic/member/kazuma/Kazuma_YASUHARA/Profile.html
<https://researchmap.jp/read0145536>

- 専門分野 生体高分子化学・界面物理化学

● その説明

脂質二分子膜を舞台に織りなされる現象を界面物理化学の観点から理解し、有機合成・高分子合成によって膜の構造や物性を制御する両親媒性分子を創ることで、新しい生体機能性材料の設計指針を提案する研究を行ってきた。具体的には、細胞膜を断片化することでナノディスクを自発的に形成する両親媒性ポリマー、細菌の細胞膜に穴を開ける攻撃する抗菌性分子、有機-無機ハイブリッド構造を有するベシクル「セラソーム」を開発したほか、ジャイアントベシクルや平面二分子膜を利用した生理活性分子の作用機構解析にも取り組んできた。



● 主な業績

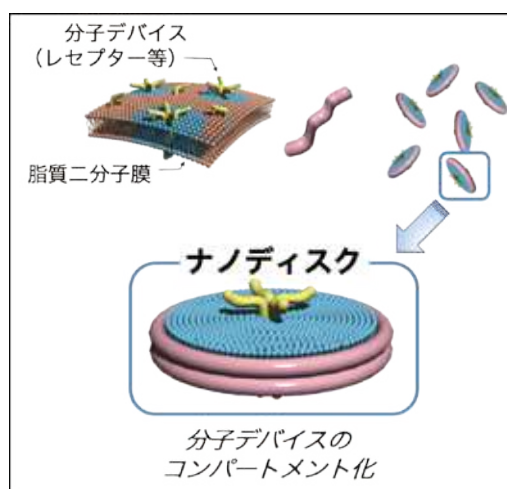
M. Tsukamoto, E. Zappala, G. A. Caputo, J. Kikuchi, K. Najarian, K. Kuroda, K. Yasuhara, Mechanistic Study of Membrane Disruption by Antimicrobial Methacrylate Random Copolymers by the Single Giant Vesicle Method, *Langmuir*, 37, 9982-9995 (2021).
K. Yasuhara, J. Arakida, T. Ravula, S. K. Ramadugu, B. Sahoo, J. Kikuchi, A. Ramamoorthy, Spontaneous Lipid Nanodisc Formation by Amphiphilic Polymethacrylate Copolymers, *J. Am. Chem. Soc.*, 139(51), 18657-18663 (2017).
K. Yasuhara, T. Kawataki, S. Okuda, S. Oshima, J. Kikuchi, Spontaneously formed semipermeable organic-inorganic hybrid vesicles permitting molecular weight selective transmembrane passage, *Chem. Commun.*, 49, 665-667 (2013).
K. Yasuhara, S. Miki, H. Nakazono, A. Ohta, J. Kikuchi, Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Bicelles - Lipid Bilayer Nanodiscs Encompassed by Siloxane Surfaces, *Chem. Commun.*, 47, 4691-4693 (2011).

● 研究課題名

脂質ナノディスクをプラットフォームとする分子情報処理システム

● 研究課題の概要

本研究では、申請者がこれまでに開発した「脂質ナノディスク」をプラットフォームとして用いた分子情報処理システムを構築する。生体膜上では、複数の膜タンパク質が動的に機能連携することでシグナル伝達等の複雑な情報処理を行っている。脂質ナノディスクを区画化されたコンパートメントと見なし、人工レセプター等の分子デバイス群を組み込むことで、生体膜における情報処理機構を最小限の要素で再現する。また、分子デバイスを有する脂質ナノディスクと人工・天然の細胞膜を融合することで分子デバイスを導入する手法も開発する。



公募班

堀 豊 (ほり ゆたか)

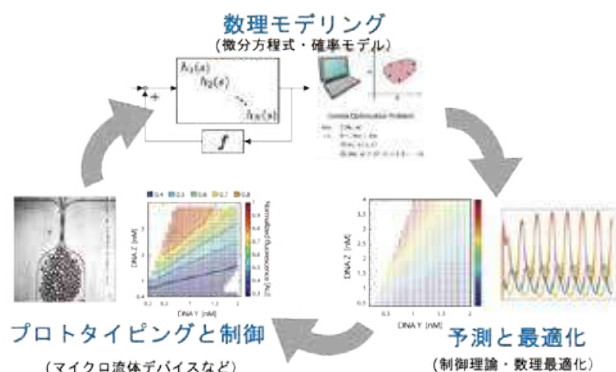


- 所属・職位 慶應義塾大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻・准教授
- メールアドレス yhori@appi.keio.ac.jp
- Twitterアカウントなど @hori_yutaka
- 最新の業績がみられるサイト <https://hori.appi.keio.ac.jp/publications>

- 専門分野 制御工学・数理最適化・マイクロ流体デバイス

● その説明

電気回路や機械システムのようなダイナミクスのある対象の振る舞いを系統的に予測・制御するための数理的な方法論(システム制御理論・数理最適化)の研究が主な専門ですが、それらを生体分子や微生物を材料とする生体分子回路の構築に応用しています。振動反応系のような非線形のフィードバック反応回路や、細胞内で確率的に応答するロジックゲートなどのモデルベース設計をしたことがあります。また、マイクロ流体デバイスを利用した生体分子反応の実時間フィードバック制御などに取り組んでいます



● 主な業績

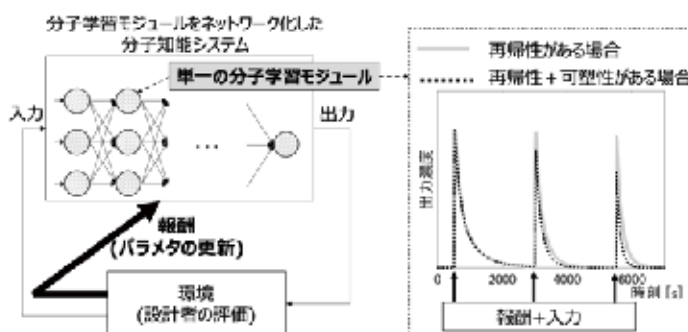
- T. Kotsuka, Y. Hori, Spatial Frequency based Characterization of Disturbance Rejection in Molecular Communication Systems, *IEEE Trans. on Mol. Biol. Multi-Scale Commun.*, (2021) (in press).
- T. Matsunaga, R. Uemura and Y. Hori, Finite-time Stability Analysis for Resource Limited Chemical Reactions, *IEEE Control Syst. Lett.*, 5(3), 815-820, (2020)
- Y. Sakurai and Y. Hori, Optimization-based Synthesis of Stochastic Biocircuits with Statistical Specifications, *J. R. Soc. Int.*, 15(138), 20170709, (2018)
- Y. Hori, C. Kantak, R. M. Murray and A. R. Abate Cell-free Extract based Optimization of Biomolecular Circuits with Droplet Microfluidics, *Lab on a Chip*, 17, 3037-3042, (2017)
- H. Niederholtmeyer, Z. Z. Sun, Y. Hori, E. Yeung, A. Verpoorte, R. M. Murray and S. J. Maerkl, Rapid Cell-free Forward Engineering of Novel Genetic Ring Oscillators, *eLife*, 4, e09771, (2015).

● 研究課題名

再帰性と可塑性を有する分子学習モジュールのシステム設計理論

● 研究課題の概要

環境からのフィードバックを手がかりに次第に機能を獲得する分子知能システムが有すべき反応パスウェイやパラメタの条件をシステム工学的なアプローチで系統的に解析・設計するための数理的な枠組みを構築し、簡易な実験系を構築して検証します。具体的には、システムが試行錯誤を繰り返すために必要な状態のリセット機構(再帰性)、および環境との相互作用を通してシステムの構造を少しずつ変化させる機構(可塑性)を兼ね備えた「分子学習モジュール」を定義し、反応系が満たすべき構造やパラメタの条件を、システム制御論的な定式化のもとで明らかにして反応系のモデルベース設計を行うことで実証します。



公募班

三友 秀之 (みとも ひでゆき)



- 所属・職位 北海道大学 電子科学研究所 生体分子デバイス研究分野・准教授
- メールアドレス mitomo@es.hokudai.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト
<https://publons.com/researcher/1179164/mitomo-hideyuki/>
<https://chem.es.hokudai.ac.jp>

- 専門分野 自己組織化、ナノ粒子、生体分子

● その説明

タンパク質や脂質の自己組織化や分子認識に関する研究にはじまり、金ナノ粒子の自己組織化の制御による機能性材料の開発に関する研究へと展開してきました。特に最近、金ナノ粒子の形状と表面物性の制御、さらにソフトマターである高分子材料との複合化により、金属のナノ構造体を4次元(時空間)的に制御する技術の開発に取り組んでいます。具体的には、金ナノ粒子の自己集合による中空カプセルの形成、外部刺激に応答した可逆的な自己集合化、高分子(DNA)ブラシを足場とした棒状金ナノ粒子の動的な配向制御などを行っています。

● 主な業績

- H. Mitomo, K. Ijiro*, Controlled Nanostructures Fabricated by the Self assembly of Gold Nanoparticles via Simple Surface Modifications, *BCSJ*, 94, 1300-1310 (2021). (Review)
- K. Xiong, H. Mitomo*, X. Su, Y. Shi, Y. Yonamine, S. Sato*, K. Ijiro*, Molecular configuration mediated thermo responsiveness in oligo(ethylene glycol) derivatives attached on gold nanoparticles, *Nanoscale Adv.*, 3, 3762-3769 (2021).
- Y. Sekizawa, H. Mitomo*, M. Nihei, S. Nakamura, Y. Yonamine, A. Kuzuya, T. Wada, K. Ijiro*, Reversible Changes in the Orientation of Gold Nanorod Arrays on Polymer Brushes, *Nanoscale Adv.*, 2, 3798-3803 (2020)
- R. Iida, H. Mitomo*, K. Niikura, Y. Matsuo, K. Ijiro*, Two step Assembly of Thermoresponsive Gold Nanorods Coated with a Single Kind of Ligand, *Small*, 14, 1704230 (2018)
- H. Mitomo, K. Horie, Y. Matsuo, K. Niikura, T. Tani, M. Naya, K. Ijiro, Active Gap SERS for the Sensitive Detection of Biomacromolecules with Plasmonic Nanostructures on Hydrogels, *Adv. Opt. Mater.*, 4, 259-263 (2016).

● 研究課題名

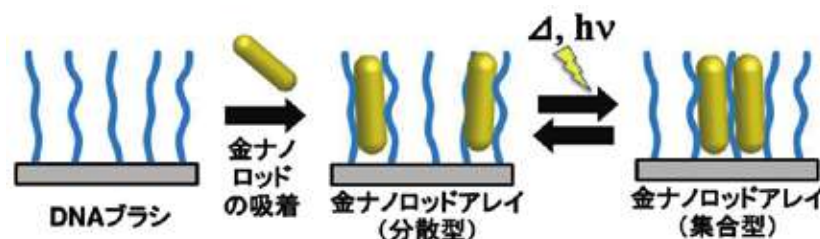
光刺激に応答して基板上で集合状態が変わる金ナノロッドアレイの創製

● 研究課題の概要

本研究課題では、研究代表者が開発してきたDNA ブラシを足場とした金ナノロッドの配向制御技術を基盤とし、表面被覆により温度応答性を賦与した金ナノロッドを用いることで、DNA ブラシの中で温度変化に応じて金ナノロッドの集合・分散状態を可逆的に制御可能にする。金ナノロッドは高い光熱変換能を有しており、光照射によって局所的に加熱することが可能であるため、光刺激により位置・時間選択的に粒子の集合状態(表面プラズモン特性)を制御可能な革新的デバイスへの展開を目指す。

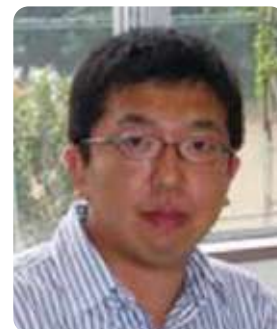


BCSJ 2021 (Review)



公募班

森島 圭祐 (もりしま けいすけ)



- 所属・職位 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻・教授
- メールアドレス morishima@mech.eng.osaka-u.ac.jp

- 最新の業績がみられるサイト

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1146-3900>

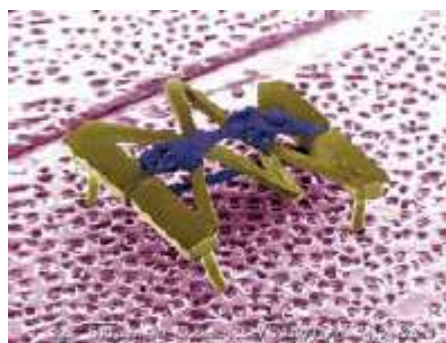
Scopus ID <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004928841>

Researchmap <https://researchmap.jp/livemechx>

- 専門分野 BioMEMS、マイクロナノロボティクス、マイクロナノメカトロニクス

- その説明

これまで生命と機械を融合したソフトでウエットなロボティクスを目指して、心筋や筋細胞、昆虫筋細胞をバイオアクチュエータとしてマイクロデバイス、マイクロロボット創成(右図)の基礎研究をおこなってきた。その過程で文部科学省特定領域「アクチュエータ」「バイオ操作」、新学術「創発化学」「分子ロボティクス」に参加させていただき、異分野融合横断研究の刺激を大いに受けてきた。今回の学術変革では、生命と機械を融合する鍵と信じている自己組織化、力学的機能の創発を微小空間に建築する仕事は大変楽しみにしている。



- 主な業績

Nitta, T., Wang, Y., Du, Z., Morishima, K., Hiratsuka, Y., A printable active network actuator built from an engineered biomolecular motor. *Nature Materials*, 20, 8, 1149-1155 (2021)

Yamatsuta, E., Ping Beh, S., Uesugi, K., Tsujimura, H., Morishima, K., A Micro Peristaltic Pump Using an Optically Controllable Bioactuator. *Engineering*, 5(3), 580-585 (2019)

Shoji, K., Akiyama, Y., Suzuki, M., Nakamura, N., Ohno, H., Morishima, K., Biofuel cell backpacked insect and its application to wireless sensing. *Biosensors and Bioelectronics*, 78, 390-395 (2016)

Akiyama, Y., Sakuma, T., Funakoshi, K., Iwabuchi, K., Morishima, K., Atmospheric-operable bioactuator powered by insect muscle packaged with medium. *Lab on a Chip*, 13(24), 4870-4880 (2013)

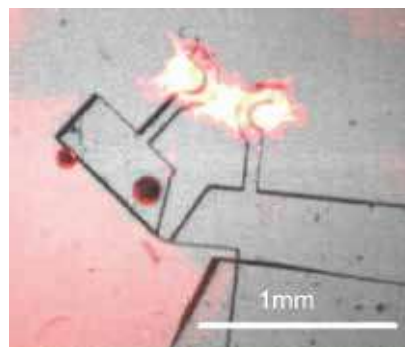
Kabamoto, K., Hoshino, T., Akiyama, Y., Morishima, K., Voluntary movement controlled by the surface EMG signal for tissue-engineered skeletal muscle on a gripping tool. *Tissue Engineering - Part A*, 19(15-16), 1695-1703 (2013)

- 研究課題名

自己組織化人工サルコメアによる分子機械融合マイクロシステムの力学機能創発

- 研究課題の概要

本研究は、筋細胞が互いに融合分化し、サルコメアを自己組織化により形成し、収縮能をもつ筋肉組織となるような、細胞内部で起きているプロセスを人為的に細胞外でin vitro環境下で形成し、ミリスケールサイズで大きい力を発生する、全く新しいATP駆動型分子人工筋肉の力学特性を評価することで、構造を制御し、運動機能を発現させる制御則、分子機械融合マイクロシステムの力学機能創発と分子サイバネティクスの学理を探求することを目的とする



JIR とりまとめ

田中 幹人 (たなか みきひと)

早稲田大学大学院 政治経済学術院 教授

本領域では、「ジャーナリスト・イン・レジデンス (Journalist in Residence, JIR)」の取り組みを始めました。JIRとは、ひらたく言えば「ジャーナリストが、一時的な取材ではなく、科学研究の現場に併走しながらコンテンツを作成する」試みです。JIRでは、ジャーナリスト側にとっても既存の視点にとらわれない深い取材ができ、研究者にとっても第三者視点からの質問によって刺激を受ける機会となります。

JIRは、欧米の研究所などではたびたび行われてきましたが、日本ではまだあまり定着していない試みです。日本でも数学分野では以前から実施されていますが、その研究分野への批判的視点までも含んだ、「ジャーナリスティックな」活動ともなると、受け入れ側にとってもハードルが高くなります。このため、理学分野などでは(これまでも検討されたものの)なかなか本格的な実現までには至りませんでした。

本領域では、メンバーの全面的な支持のもと、3名のジャーナリスト/ライター/作家の方々をお迎えし、本格的なJIRを実施します。このプロジェクトで行われている研究は、まだ社会への実装には遠いかもかもしれません。しかしだからこそ、「この研究がもたらさう倫理的・社会的・法的課題(ELSI)にはどのようなものがありうるのか」を、研究プロジェクト内外への取材を行いながら、批判的に、そして研究者とジャーナリスト、そして市民と一緒に考えていく機会にしていきたいと思います。



JIR

森 旭彦 (もり あきひこ)

私がジャーナリスト・イン・レジデンスで取り組みたいことは、日本のサイエンスニュースをグローバル・メディアに直接届けるということ。

私は最先端のサイエンスやテクノロジーが社会に与える影響について、取材記事や論考を書いてきた。コンデナスト・ジャパンが展開するニュースメディア『WIRED』には、約8年間、記事を寄稿している。活動の中で感じるのは、日本のジャーナリズムが言語の特性や国境によるやや強い制限下にある反面、現在のデジタルメディア環境はサイエンスやテクノロジーの情報が、言語や国境を超えて共有されることを可能にしているということだ。

私は日本からグローバル・メディアへ直接英語でニュースを提供することで、日本のジャーナリズムの制限を突破する事例をつくりたい。それが分子サイバネティクスというサイエンスの最先端に触れながら行える、このジャーナリスト・イン・レジデンスにおけるゴールである。



JIR

藤崎 慎吾 (ふじさき しんご)

フリーランスの作家・サイエンスライターです。20数年前、科学雑誌の編集者だった時代から「生命の起源」や「宇宙生物学」に強い興味を抱き、現在に至るまで機会があれば関連分野の取材や執筆などをしてきました。一種のライフワークとも言えます。合成生物学や分子ロボティクスに関心を抱いたのも、その流れでした。2019年に講談社ブルーバックスより一般向けの科学書『我々は生命を創れるのか』を出版し、その中で豊田太郎先生や野村M.慎一郎先生のご研究を紹介させていただきました。そうしたご縁もあって、現在、ジャーナリスト・イン・レジデンスをさせてもらっています。本年、7月からブルーバックスのウェブサイトで「脳に迫る『化学人工能』の夜明け」と題した連載を始めました。今後は分子サイバネティクスに関わる研究者の方々を取材しながら、私なりに「知能の起源」という新しいテーマを追いかけていきたいと思っています。



JIR

小宮山 亮磨 (こみやま りょうま)

朝日新聞 デジタル機動報道部 兼 科学医療部 記者

研究者の方々は、自らの成果を社会にどう届けようとしているのか。おそらく容易ではないコミュニケーションに取り組み、もがく人々の、生の姿を見たい。私がJIRへの参加を希望したのは、このためです。

科学技術予算が他国に比べて伸び悩む中、ポジションや研究費の確保などに、とくに若手の研究者が苦しんでいると言われてます。しかし、研究者の側はそうした姿を積極的に開示しようとはしてこなかったと思います。

研究者の苦勞は一見、一般人からは遠いものですが、経済が低迷する日本の「ロスト・ジェネレーション」の苦しみに通じる部分もあります。記事にして広く紹介すれば、多くの共感を得られると信じています。

記者会見には出てこない「裏」の姿を見せていただくには、打ち解けた関係を築くことが前提です。メンバーの皆さんと顔を合わせる機会が、コロナ禍で失われているのが非常に残念です。いずれお目にかかるつもりです。どうぞお見知りおきを。



リポソームブートキャンプ・オンラインの報告(1)

A01 統合班

豊田 太郎(東京大学), 章 逸汀(東京大学)

リポソームブートキャンプとは、細胞サイズのリポソーム(ジャイアント・ユニラメラ・ベシクル, GUV)を作製できる「油中水滴エマルジョン遠心沈降法」という技術を、様々な研究者・開発者(産学問わず)の方へ豊田よりお伝えすべく、参加者に駒場まで来訪いただいたり豊田が現地研究室へ参上したりして実験を一緒に行うイベントです。新学術領域研究「分子ロボティクス」にて、野村M慎一郎先生(東北大学)によって「リポソームブートキャンプ」と命名していただきました(「分子ロボティクス」News Letter No. 7, 2014年8月31日)。これまでに約30の国内外の研究室や研究グループと実験を行い、他の作製法と比べて簡便ながらも、様々な分子や微粒子をリポソームに内包できる本作製法について、参加者だけでなく豊田自身も理解を深めてきました。

このイベントのオンライン開催について、当初私は予定しておりませんでした。しかし、今夏に発出された新型コロナウイルス感染防止のための非常事態宣言中に、リポソーム作製の技術背景やノウハウを、「分子サイバネティクス」メンバーの皆さんをはじめ、本分野に関心をもちたいお問い合わせくださる研究者・実験者の方々と可能な限り共有すべきだと考えるようになりました。そして、「分子サイバネティクス夏の学校2021」(2021年8月24日)にて豊田が登壇した際に、時間超過で一部をお話しそこねたミスを契機に、演示実験を含める形で、あらためてお伝えする機会として設けさせて頂く運びとなりました。

2021年10月13日(水)午後1時から5時過ぎまで、GUVの基本知識、油中水滴エマルジョン遠心沈降法の実演、質疑応答という内容をオンラインで配信しました(同時最高視聴者数は110名ほど)。大変多くの方々にご視聴いただきましたこと、この場を借りて御礼申し上げます。寄せられた質問に対する回答は次号に掲載いたします。このニュースレターを手にした研究者・実験者の皆さんにお役立てれば本望だと考えています。



"slido"というweb 無料ツールを用いて質問を受け付けました。



懸濁液を調製するための小ワザの紹介。章さんが第2カメラで手元をアップした動画も配信してくれました。



所作一つ一つを解説しながら顕微鏡観察を行いました。

- リポソームブートキャンプ・オンラインに寄せられた質問とその回答を、次号のニュースレターで掲載する予定です。

Molecular Cybernetics
NewsLetter

第5回分子ロボティクス年次大会

- 研究会の情報 http://molbot.org/index.php?option=com_content&view=article&id=104:2021-08-10-12-21-42&Itemid=98

- 実行委員長 東 俊一 (名古屋大学)

11月6日(土), 7日(日)に第5回分子ロボティクス年次大会(計測自動制御学会 システム・情報部門)を開催しました。前回と同様に, 今回もオンラインの講演会となりましたが, 100名を超える方がご参加下さり大いに盛り上がりました。

内容としては, 口頭発表3件, ポスター発表27件に加え, 特別講演として分子科学研究所の飯野亮太先生に, タンパク質分子モーターについてご講演を頂きました。また, 今回は, 学術変革領域(A)(分子サイバネティクス)やJST RISTEX(RInCA 研究者の自治に基づく分子ロボット技術のRRI実践モデルの構築)の公開シンポジウム, BIOMOD JAPAN OPEN2021も併催しました。さらに, 優秀なポスター発表を行った11名の若手研究者には, 「第5回分子ロボティクス年次大会若手研究奨励賞」が授与され, 今後の活躍にエールを送りました。

最後に, 本年次大会にご協力下さいました皆様に厚く御礼を申し上げます。



- 若手研究奨励賞受賞者 (50音順)

赤井 大夢 (長岡技術科学大学)
 岩淵 祥重 (東北大学)
 小塚 太資 (慶應義塾大学)
 酒井 雄介 (理化学研究所)
 佐藤 七海 (お茶の水女子大学)
 高倉 大 (名古屋大学)
 高田 咲良 (慶應義塾大学)
 茶野真由美 (東京工業大学)
 高橋 拓実 (東北大学)
 Fan Minzhi (東京工業大学)
 松本 大輝 (東北大学)



参加者の集合写真

- 実行委員会

大会実行委員長 東 俊一 (名古屋大学)
 プログラム担当 川又 生吹 (東北大学)
 会計担当 石川 大輔 (東京工業大学)
 会場担当 浜田 省吾 (東北大学)
 広報担当 中荻 隆 (九州工業大学)



特別講演

2022年1月～2022年3月期の主な活動

(nano tech 2022 以外はすべてオンライン開催)

1月 11日 **第4回 分子サイバネティクス領域セミナー**

1月 26日～28日

nano tech 2022

(東京ビックサイト)

1月 28日 **第5回 分子サイバネティクス領域セミナー**

2月 8日 **第6回 分子サイバネティクス領域セミナー**

2月 25日 **第7回 分子サイバネティクス領域セミナー**

3月 4日 **合同ワークショップ**
(新学術領域研究「発動分子科学」)

3月 14日～15日

分子サイバネティクス国際シンポジウム

Chemical AI Workshop 1.0



科研費
KAKENHI

学術変革領域研究(A)

Molecular Cybernetics NewsLetter

分子サイバネティクス ニュースレター

第4号 2021年12月20日発行

発行：学術変革領域研究(A)[分子サイバネティクス]

事務担当：葛谷 明紀(関西大学 kuzuya@kansai-u.ac.jp)

豊田 太郎(東京大学 cttoyota@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

広報担当：野村 M. 慎一郎(東北大学 nomura@molbot.mech.tohoku.ac.jp)

中莖 隆(九州工業大学 nakakuki@ces.kyutech.ac.jp)

領域ウェブサイトURL：<https://molcyber.org>

次号No.5は、2022年3月発行予定です。