

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6号
vol.6

2022.06

特別企画1

令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰

若手科学者賞 受賞インタビュー 三重大学・鈴木勇輝

特別企画2

Molecular Bio Art 九州大学・井上大介

研究最前線

リレーエッセイ

分子ロボティクス夏の学校2022のお知らせ

今後の予定



Molecular
Cybernetics

令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞受賞インタビュー 鈴木勇輝(三重大学)

公募班・三重大学の鈴木勇輝先生が令和4年度・科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞されました。受賞に至る経緯とともに、これまでのご研究や今後の展望などを伺いました。

—受賞おめでとうございます！

ありがとうございます。

—まず、今回の受賞に至るご研究の経緯についてご説明いただけますか。

その前に、今回の受賞は、これまでにご指導くださった先生方、数多くの同僚を含む共同研究者の皆さん、一緒に研究を進めてくれた学生さん達、技術補佐員さん達、研究生生活を支えてくださった事務の皆さん、本当にたくさんの方々のお力添えがあってこそその成果です。まずはそういった方々に心からお礼を申し上げたいと思います。ありがとうございます。

今回は、「DNAを素材としたナノマイクロ構造の創製と機能化の研究」に関する業績で受賞いたしました。根拠となった研究内容は大きく分けて二つあります。ひとつは、DNAオリガミ法で作製したナノ構造を脂質膜面上で集めて大規模な構造をつくり出す研究です。特に、集合体の欠損が自然に修復したり、構造パターンが環境に応じて変化したりする動的な結晶様構造の構築を評価いただけたのだと思います。こちらは、ポスドク時代(京都大学理学研究科、生物化学研究室(杉山研究室))の研究に端を発しています。核酸化学の研究室で、「脂質を使った研究をしたい」とか言い出した私を止めもせず、後押しして下さった当時のボスたち(杉山弘先生、遠藤政幸先生)には感謝しかありませんし、本当に器が大きい先生方だなあとあらためて感じております。

もうひとつは、刺激に応答して変形するDNAオリガミアクチュエータの開発と応用です。こちらは、刺激依存的にDNAナノ構造に曲げ変形を誘導する機構について評価を頂きました。本学術変革領域における私の提案研究の基盤にもなっている内容です。助教として東北大・学際研に異動した後に始めた仕事ですが、メンター教員を引き受けて下さった本領域代表の村田先生や学生の水野君(2019年度修士卒業)、川又先生らの協力があって初めて形にできたものです。

—ありがとうございます。鈴木さんの過去について伺いたいのですが、学生時代はどんな風に過ごし、勉強していましたか？

高校時代は田舎のごく普通の高校生でした。部活や勉強に熱意をもって打ち込んだという記憶はなく、趣味の魚釣りや模型作りばかりに時間を費やしていたような気がします。受験勉強が楽しくなってきたのは浪人時代ですね。ある問題を解くにしても、複数の解法があることが多いわけですが、それをいろいろと考えて、突き詰めるのが好きでした。しかし、大学で具体的に何を学びたいかという事は定まっていなかったため、結局、幅広く学べる学部(編注:京都大学・総合人間学部)を選びました。

大学では、その時々に関心があったものを履修しました。結果的に、色々な学問に触れることができたのかなと思います。どちらかというと、頭で考えるよりも手を動かす方が好きなタイプなので、学部の2回生の頃から、生理学や神経科学の研究室で実験のお手伝いなどをさせてもらっていました。3,4回生のときは生物学関係の勉強をしながらも、物理系の科目や実験を中心に学ばせてもらいました。学部の卒業研究はプラズマ物理に関するものでしたね。

—そこから研究をスタートして、科学者を目指した経緯は？

「目指した」というよりも、「いつの間にか今のようになってしまった」というのが正直なところ。やりたいことが定まらずに総合人間学部に進学したわけですが、院試シーズンになっても進路に迷ってフラフラしていましたね。運命を分けたのは、一枚の原子間力顕微鏡(AFM)像でした。理学研究科の研究室紹介のイベントで吉川研一先生の研究室が、再構成クロマチンの像を展示していたのです。それを見たときに…それこそ直感のようなものですが、自分で細胞内の構造を再構成して観察出来たら、面白いんじゃないかと感じました。それで、理学研究科を受験しようと決めたのです。ところが、当時、学部の細胞生物学の演習・講義を担当されていた竹安先生にその話をしたら「そのデータ撮ったのはウチやで。吉川さんとは共同研究しとるんや。」と笑われて、そのままの流れで勧誘され、結局、生命科学研究科に進学しました。

その後は、AFMを用いたDNA-タンパク質複合体や膜タンパク質の解析に打ち込みました。ただ、ナノスケールでさまざまな生体分子や複合体を再構成して観察しているうちに、次第にそれらの形や機能を自分で設計して、創ってみたいという思いを抱くようになっていきました。ちょうど、そのような頃に出会ったのがDNAナノテクノロジーです。遠藤先生のDNAフレームや葛谷先生のDNAナノペンチの論文を目にして、すぐに興味を持ちました。同じ京大ということもあって、杉山先生、遠藤先生にお願いしたところ、快くDNAオリガミを教えて下さりました。そのご縁もあって、博士課程修了後は杉山研でポスドクをさせていただきました。

—研究者でなければ何になっていたと思いますか？

子供のころから工作と魚釣りが好きだったので、和竿や疑似餌作りの職人に弟子入りしていたかも…。スケールは全然違いますが、今やっていることにも通底した部分はあると思います。そういう意味では、今の仕事は天職なのかもしれませんね。そう思うことにしています。

—これからどんな研究したいと思いますか？

他の人のイメージネーションを刺激するような研究、クリエイティビティをかきたてるような研究、そういったものをしていきたいなと思っています。私自身、他者の仕事(研究に限らず、いろいろな創作物や建築物、歴史的遺物など)から刺激を受けることが多々あります。逆に、自分が発信するもので、他の人にそういう刺激を与えられるようになったら嬉しいなと思います。

—ご自身の研究によって、世界の30年後がどうなっていて欲しいですか？

こういうご時世ですので、純粋に、ヒトが住める世界が存在していて欲しいです。サステナビリティという言葉をよく耳にするようになってきていますが、生体分子を主な材料とした「ものづくり」はこれまで以上に注目を集めるようになるのではないかなと考えています。環境や生体内での実用に至るには、技術的にも倫理的にもクリアしていかなければならない課題が多いですが、私自身も研究を進める中で(直接ではないにしても)そのような課題解決の糸口を見いだせていけたらと思っています。

—30年後の野望はありますか？

自分たちが作ったものが自分たちの身体のなかで共存して機能していたら面白いな、と思います。ウェアラブルデバイスのように身体の状態をモニターしてくれるデバイスを、生命の最小単位である細胞スケールにまで落とし込んで、細胞にとってのウェアラブルデバイスみたいなものを作れたらなど。それが、細胞の機能を補助したり、拡張したりするイメージです。あとは、必要なときにだけ自発的に集まって、必要な形をつくって機能するもの—それでいて、役目を終えたら、キレイに分解される。そんなものをつくってみたいです。

—座右の銘はありますか？

「水滴石穿」。小さな力でも、それが重なることによって大きな力を生み出すという意味です。自分の能力を磨くにしても、1日前にできなかったことが、いきなり翌日できるようになるかということ、そんなことはそうそうない。大抵のことは一朝一夕にはできないので、コツコツ努力しましょう、と自分に言い聞かせています。

—学生、未来の科学者に一言お願いします。

う〜ん。強いて言うなら、感性を養う時間を大切にしたいと思います。個人的に、研究者に最も必要なものは、知識をベースに想像を膨らませたり、直接目では見えないものや世界をイメージしたりする力だと思っています。それがないと、面白い「問い」や「仮説」は生まれにくいでしょうから。変なことを言うようですが、分子スケールのもを扱っていると、突き詰めれば突き詰めるほど、最後は「目に映らないものをどれだけ感じ取れるか」が差になってくるような気がしています。

—関連して、元同僚の方に伺うと、鈴木先生は分子の声が聞こえるとも言われていましたね？

どうなのでしょう？(苦笑)ただ、ピペットの先から伝わる溶液のちょっとした粘性の違いとか、溶液をガラスにのせたときの液滴の弾き方の変化とか、そういった質感のようなものに敏感ではあるかもしれません。研究生活のなかで無意識的に磨かれた感覚だと思いますが、それを失わないためにも、ピペットを握る時間は大切にしています。

—今後の目標は？

大学教員というのは、研究者であると同時に教育者であることが求められます。研究を通して、学生らのクリエイティビティを刺激し、サポートできる人間でありたいというのが一番の目標です。

—ありがとうございました。



鈴木 勇輝

Yuki Suzuki

三重大学准教授

Molecular Bio Art

井上 大介 (九州大学)

Daisuke Inoue

かつて、ドイツの生物学者であるエルンスト・ヘッケルは、生物の形の複雑さや多様さ、規則的な構造に美を見出し、多数のスケッチを描いている。彼の作品は著書「Art Forms in Nature」に収録されており、読者は生物学的知識を持っていなくても、生物の形を純粋に芸術作品として楽しむことができる。生物の形の美しさは、個体の形状だけでなく、生物を構成する組織や細胞、分子のレベルにおいても確認することができる。今日、我々はイメージング技術の発展により、ヘッケルの時代には見ることができなかった、精密で複雑な生体分子の構造を可視化することができるようになった。高解像度に可視化されたバクテリア鞭毛モーター (Tan *et al.*, Cell 2021) やバクテリア外膜細孔タンパク質 (van Pee *et al.*, eLife 2017)、ウイルスキャプシド (Bascore *et al.*, Cell 2019) など、これらの生体分子を見ると、非常に精巧にできており、芸術的であるとともに機能的である。

筆者が研究している細胞骨格 (微小管、アクチン) も自己組織化プロセスを通して、様々な秩序構造を自発的に形成する。これまで、筆者は細胞骨格の美しさに魅了され、細胞骨格を題材としたバイオアート作品やデジタルイラスト、3DCG 作品など、いろいろな形で表現してきた。ここでは、その作品の一部を紹介する (その他の作品については、筆者 HP: <https://www.cytoarchitec.com/> や twitter: @DInoueMT で公開している)。

微小管動的パターンの創発アート

キネシン生体分子モーターで駆動する微小管は、密集状態で予想外のパターンを創発する。サイエンスの立場から、パターンの形成メカニズムを明らかにすることも重要だが、微小管のパターンはそれだけで一種の創発アート (※) である。また、微小管のパターンは静止画としても楽しめるが、そこに動きアニメーションの要素があり、顕微鏡の視野内で動き回る微小管のパターンには躍動感があり、生物らしさを感じる。

(※部分の性質の単純な総和にとどまらない性質が、全体として現れる現象である創発現象を取りこんだ作品群; 出淵亮一朗, 女子美術大学研究紀要 2009, 39, 139-146)

また、半導体の製造に使用される微細加工技術を応用して、微小管の空間配置を制御することが可能である。この方法を用いて、微小管やアクチンなどの生体材料を使用して、文字や画像などの幾何学的なパターンを描くことができる。



本分子サイバネのロゴのようなものも作成できる。

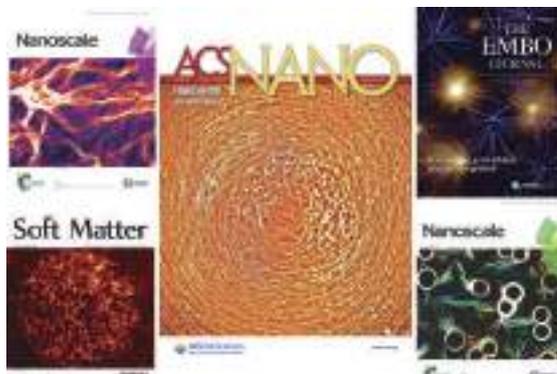
CGアート

しかしながら、光学顕微鏡下で観察される微小管は、ただ白く光る繊維であり、キネシンに至っては、小さすぎるため、詳細な構造を見ることができない。デジタルイラストや 3DCG は、細胞骨格や生体分子モーターの分子レベルの描像を可視化することができる。これらの CG アート作品は、研究内容の要点を抽出し、読者に一目で伝える上で役立つ。

3D モデリングソフトやイラスト描画ソフトを使用して、雑誌の表紙や論文の挿絵イラスト、プレスリリース用イラストを描いている。左: Advanced Materials Interfaces 2020, 7; 右: Molecular Biology of the Cell 2017, 28 挿絵イラスト(カシはミオシンを、トイレトペーパーはアクチン繊維を表している。ミオシンの収縮力によりアクチン繊維がモノマー化する様子を比喩的に表現した); 右下: Nature Materials 2021, 20 プレスリリース用イラスト; 中央下: Chemical Communications 2020, 8 中表紙イラスト; 中央左: Nature Communications 2016, 7 研究紹介イラスト; 中央右: 分子人工筋肉のイラスト



微小管の渦形成 (BBRC 2021,563,73-78 より), 微小管一本のスケールをはるかに超える巨大な渦を自己組織的に形成される。



細胞骨格の顕微鏡写真は、様々な科学雑誌の表紙にも掲載されている。左上: Nanoscale 2015, 7; 左下: Soft Mater 2012, 8; 中央: ACS Nano 2019, 13; 右上: The EMBO Journal 2019, e99630; 右下: Nanoscale 2018, 10



VRで生体分子のスケール感を理解する

これまでは作品を描き、鑑賞するだけであったが、近年のVR技術は分子レベルの世界に実際に入ることができる。最近、筆者は VR-SNSの VRChat 内で、細胞骨格をモチーフとしたVRワールド作品を展開しており、これらのワールドには誰でもアクセスできる。VR技術により、実際に生体分子の世界に入ること、そのスケール感を肌で感じることができるようになる。このことは分子サイバネティクスにおいても、システム設計に重要な知見を与えてくれるかもしれない。

『VRCell world』



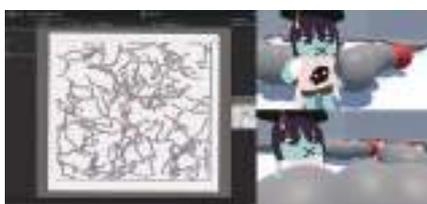
ユーザー自身が生体分子モーターとなり、微小管の上を歩くことができるワールド。ワールドの中心には中心体があり、中心小体の巨大さを生体分子モーターの視点から眺めることができる。中心小体の周りには、PCM のネットワークがあり、PCM の上も歩くことができ、頑張ればより遠くまで進むことができる。また、このワールドは新型コロナウイルスに感染している。人間スケールの視点では、新型コロナウイルスは見るできない極小の存在だが、分子スケールでは、巨大な構造物であることを認識できる。

『AFM microtubules』



原子間力顕微鏡 (AFM) により取得した微小管の画像を、3Dランドスケープとして配置したワールド。ユーザーは本物の微小管の上を歩くことができる。

『Active Worm World』

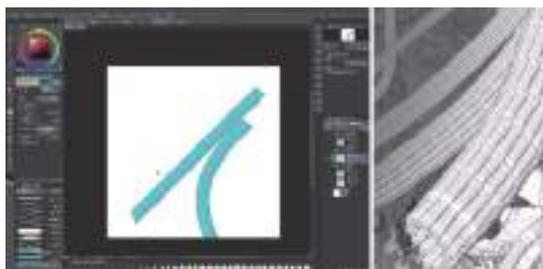


微小管のような繊維状の自己駆動分子が蠢くワールド。ユーザーは、一自己駆動分子として周囲の自己駆動分子に干渉できる(まだ、分子間の配向相互作用などは未実装)。

最後に、分子サイバネティクスのように、他分野の研究者が参画する学際的な研究領域では、Molecular Bio Art により生命現象や研究材料を視覚化する試みは、研究者間でイメージを共有する際に有益なツールとなる。このことは、研究者同士のコラボレーションへの開放性を高め、新しい学問や技術を創出するきっかけを作り出すかもしれない。また、人は目に見えないものを理解することが難しい。Molecular Bio Art は、小さな生体分子の世界を可視化することにより、研究者以外の人々が複雑な生命現象を理解する手助けとなり、人々の科学リテラシーを向上させるために役立つ可能性がある。

そして、本記事の最後に紹介した VR 作品は、まだ見ぬ分子ロボットと人々が共存する世界を、仮想空間内で体験することを可能にする。我々科学者も含め、まだ人類は分子ロボットという新しい概念をつかみ切れていない。VR作品は、今後の未来社会において、分子ロボットがどのような役目を果たし、どのような危険性を持つのかについて考えるスペキュレーティブ・デザインを提供すると期待される。

Molecular Bio Art を製作するためのデジタルツール



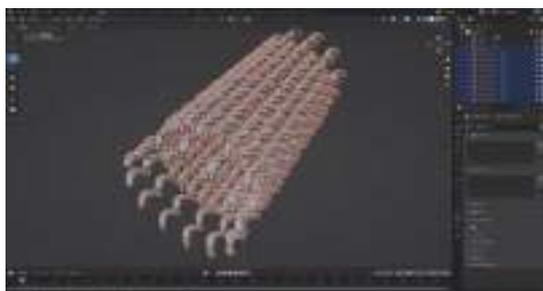
Clip studio <https://www.clipstudio.net/>

現在、大多数の漫画家やイラストレーターが使用しているお絵かきソフト。登録した絵素材をスタンプのように配置したりできるカスタムブラシが存在し、筆者は微小管やアクチン繊維、DNA などを描くことができるブラシを自作している。このカスタムブラシはサイエンスアートや研究予算の申請書、論文の図を短時間で製作する際に便利である。公式サイトで商用利用可能な様々な素材が配布・共有されており、作品製作の時間的コストを削減したり、作品の表現の幅を広げてくれる。

Adobe Photoshop / Adobe Illustrator / Adobe Premiere / Adobe After effects

<https://www.adobe.com/jp/>

研究でも多用している Adobe 製品たち。作品製作でも使用。



Blender <https://www.blender.org/>

3D モデリングができる無料のフリーソフト。世界中の大多数の3Dモデラーが使用している。YouTube など初心者向け説明動画を多数見ることができる。様々な追加プラグインを入れてカスタマイズ可能。アニメーションの製作など多彩な機能が搭載されている。最近では、ノード形式で 3D 構造を作ったり、3D オブジェクトを配置する Geometry node という機能が実装され、分子モデルやアニメーションの製作にも利用されている。



Shade3D <https://shade3d.jp/>

初心者向け3Dモデリングソフト。Blenderほど多彩な機能はないがシンプルなUI デザインで使いやすい。オブジェクトの複製や配置移動、ブール演算によるモデリングに便利である。

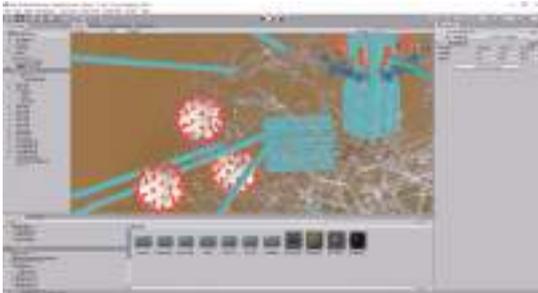


ZBrush <https://pixologic.jp/zbrush/>

コンピューター上で、彫刻ができるソフトウェア。従来のモデリングは、平面をつなぎ合わせて、3次元構造を構築するが、ZBrushは基となる単純な3次元構造体を変形させ、3Dモデルをモデリングする。タンパク質のような複雑な分子を手軽にモデリングするのに便利である。なお、基本的な機能は、Blenderにも搭載されている。

Molecular Maya (mMaya) <https://clarafi.com/tools/mmaya/>

Autodesk Maya 用のプラグイン。筆者は使用していないが、多くの分子生物学に携わる3Dモデラーは利用している。DNA モデリングキットや細胞骨格キットなど、様々な専門セットがすでに用意されており、プロ品質の3D作品を作成できる。



Unity <https://unity.com/ja>

近年、広く利用されているゲームエンジン。VRChatの世界を作成し、アップロードする際に必要。公式の SDK が配布されており、ダウンロードしてVRChatの世界を作成する。基本的には、3DオブジェクトをUnity にドラッグアンドドロップし、テクスチャを貼り、アップロードするだけなので誰でもVR世界を製作できる(※ただし、VRChatのユーザーランクを上げる必要がある)。

CueMol <http://www.cuemol.org/ja/>

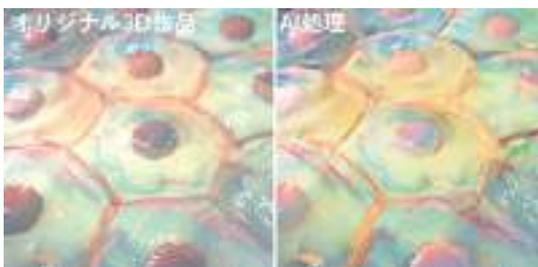
PDBのデータを 3Dモデリングソフトで扱える形式に変換する際に使用。



Topaz Labs Video Enhance AI

<https://www.topazlabs.com/video-enhance-ai>

AIの学習データを基に、顕微鏡画像や動画などを高画質化することができる。解像度が低過ぎる画像も、作品に利用できるレベルに高解像度化してくれる。
※画像は、微小管上を動くGFPキネシンの蛍光顕微鏡画像。



Prisma

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neuralprisma&hl=ja&gl=US>

スマートフォン向けのAIアプリ、様々なアート作品の学習情報を基に、写真を絵画的なタッチの作品に簡単に変換してくれる。3Dで作成した画像に対して、本アプリを適用することで、よりアナログタッチな作品に上げることができる。

論文情報

著者: Ryo Mizuuchi, Taro Furubayashi, Norikazu Ichihashi

タイトル: Evolutionary transition from a single RNA replicator to a multiple replicator network

雑誌: Nature Communications, 2022, 13, 1460

論文の紹介

生命の起源においては、RNA等の単純な情報分子の自己複製体がダーウィン進化によって複雑な生命システムになったと考えられている。そのため分子複製体が進化によって情報や機能を拡張し、複雑化していく過程の理解は生命の初期進化に関する中心的課題の一つである。理論仮説によると、進化によって異なる遺伝情報をもつ複製体が出現し、それらが(例えば互いに複製し合い)複製ネットワークを形成することで、より複雑な複製システムへ進化すると予想されている。しかし、適切な実験モデルがないために、この仮説の実験的検証はできていなかった。

これまでにDNA、RNA、ペプチド等の生体分子を用いて様々な分子複製体が構築されてきた。これらの複製体間の相互作用を設計することで、複数の複製体から成るネットワークを構築した例も報告されている。しかし、これまでに構築された分子複製体はいずれも変異蓄積や自然選択によってダーウィン進化しない。そのため単独の分子複製体から、本当に進化によって複雑な複製ネットワークが進化するのかは全く明らかでなかった。

一方で私たちの研究グループでは、これまでに複製酵素をコードしたRNAと無細胞翻訳系を組み合わせ、ダーウィン進化が可能なRNA自己複製システムを構築した(図1)。本システムではRNAは自身がコードする複製酵素の翻訳を介して複製する。また複製の際に突然変異が起きて性質が異なるRNAが出現する。この時、遺伝子の欠損が起きて寄生的な性質をもつRNA(寄生体 RNA)が生じる場合もあり、寄生体RNAは元のRNA(宿主 RNA)が生産する複製酵素を利用して複製する。さらに本システムを油中水滴に封入し、一連の実験サイクル(RNA複製反応、希釈、栄養供給)を繰り返すと、RNAが複製し続け、自律進化する。

そこで私たちは今回、このシステムを用いてRNAを長期的に進化させ、自発的に複雑化していくかどうかを調べた。上記のサイクルを240回繰り返したところ、RNAは600世代にわたり複製し続けた。次にどのようなRNAが進化したかを調べたところ、最初は1種類の宿主 RNAであった集団は、徐々に多様な変異を蓄積し、3種類の宿主RNA系列と3種類の寄生体RNA系列へと分化した(図2)。また各RNA系列は進化の前半では互いに排他的であったのに対し、後半では5種類のRNA系列が安定的に共存する状態へと遷移しており、相互作用を形成して1つの大きなシステムとして複製するように進化した可能性が示唆された。そこで生化学解析を行ったところ、5種類のRNA系列は確かに進化によって異なるRNAを複製する機能を獲得し、複雑なネットワークを形成していることを見出した(図3)。計算機シミュレーションからは、ネットワークの各RNAが別のRNAの絶滅を防いでいることも示唆された。寄生体 RNAも例外ではなく、元来は宿主RNAにとっては複製の資源を横取りして邪魔をするだけの存在であったが、進化によってネットワークの維持に欠かせなくなったと示唆された。

以上より、本研究では原始的な分子の自己複製システムが徐々に複雑化していく様子を初めて実験で捉えることができた。この結果は、原始生命にありえた進化の道筋の証拠を与えたことに加え、これまで理論研究が先行していた同分野に実験で切り込む先例となった。今後は進化実験をさらに継続することで、新機能の出現などより複雑な生命システムに近づいていく過程の一端を明らかにできる可能性がある。

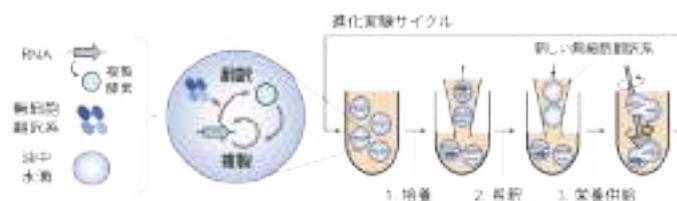


図1 RNA自己複製システムを用いた進化実験

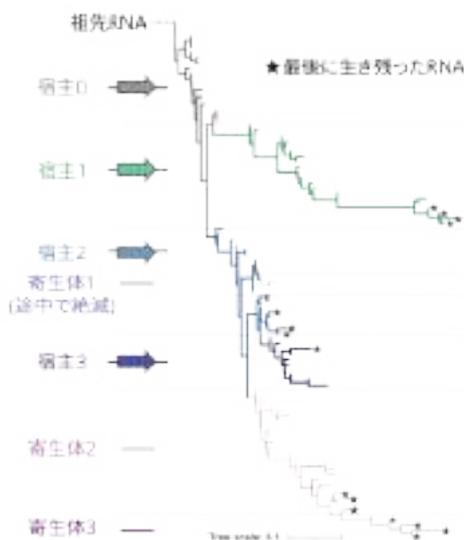


図2 RNAの進化の道筋 系統樹



図3 複製ネットワークの進化

著者情報

水内 良

Ryo Mizuuchi

(東京大学
先進科学研究機構)



論文情報

著者: Naru Hasegawa, Kan Shoji

タイトル: Microcavity volume control on a tip of Ag/AgCl electrodes for stable channel current measurements of biological nanopores

雑誌: Analyst, 2022, vol. 147, no. 6, pp. 1191-1198 (doi: 0.1039/D2AN00014H)

論文の紹介

人工細胞膜をマイクロ・ナノ電極先端に形成したプローブ型人工細胞膜システムは、プローブの上下動という非常に簡便な操作によって人工細胞膜を形成可能であるため、膜貫通型タンパク質・ペプチドや人工イオンチャネルなどのイオン電流計測システムとして有用です。さらに、プローブ位置を制御し人工細胞膜を任意の場所に形成することでナノポアセンシングによる局所分子検出が可能であるため、化学物質のマッピングが可能な走査型プローブ顕微鏡への応用が期待されています。しかしながら、本プローブ型人工細胞膜システムには、電極表面および人工細胞膜間の隙間がナノメートルスケールから数マイクロメートルと非常に小さく、イオン電流計測により溶液中のイオン濃度が変化するため、電流減衰の発生やナノポアセンシングの感度低下という問題が存在しておりました。

そこで本論文では、マイクロガラスピペットに封入されたマイクロ電極をエッチングすることで凹型の構造を持つマイクロキャビティ電極を作製し、人工細胞膜の形成実験を行いました。さらに、ポア形成膜タンパク質である α ヘモリシン(α HL)のチャンネル電流計測を行い、マイクロキャビティの体積に対する電流減衰を評価しました(図1)。

実際に、マイクロキャビティの体積が18.54, 178.56, 315.70, 473.97pLとなるAg/AgClマイクロ電極を作製し、図2に示すように、電極を脂質溶液と電解緩衝液が層となった浴用に入挿することで電極先端に人工細胞膜を形成しました。その結果、どのキャビティ体積においても75%以上の高い確立で人工細胞膜を形成可能であることが分かりました。さらに、1時間以上の膜寿命も確認できており、非常に安定した人工細胞膜が形成可能であることが分かりました。次に、作成した電流解析プログラムを用いて得られた α HLのチャンネル電流波形からステップ状の波形を抽出し、そのステップ波形の電流上昇値、ステップ開始時までのチャージフラックスを取得しました。得られたデータからチャージフラックスをx軸、ステップ上昇値をy軸としてプロットし、その近似直線の傾きから電流減衰を評価しました。その結果、各キャビティ体積を増加させることで、近似直線の傾きがゼロに近づくことが確認され、特にキャビティ体積を200pL以上とすることで、イオン電流計測による電流減衰を低減できることが分かりました(図3)。

以上のように本研究では、キャビティ体積が異なる電極を作製し、ポア形成膜タンパク質のチャンネル電流計測を実施することで、溶液体積がイオン電流計測に与える影響を実験的に調査しました。その結果、溶液体積を200pL以上とすることで電流減衰を低減できることが分かりました。近年、マイクロチャンバやマイクロドロプレットを用いた人工細胞膜システムが開発されており、ナノポアセンサやマイクロリアクタへの応用が期待されていますが、溶液体積とイオン濃度変化による電流減衰の関係は調査されてきませんでした。さらに、筆者らが開発を目指す分子回路診断プローブシステム的设计においても、このようなマイクロ空間内の濃度変化を理解することが非常に重要です。本研究成果により、溶液体積と電流減衰の関係が明らかになったことで、これらマイクロシステムの設計指針を確立することができました。

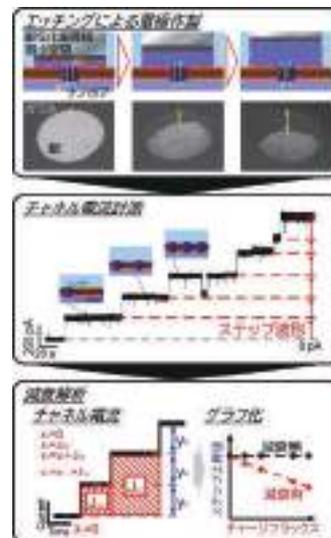


図1 本研究の概要

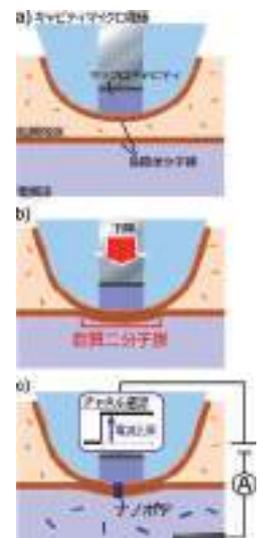


図2 キャビティマイクロ電極を用いた人工細胞膜の形成手法

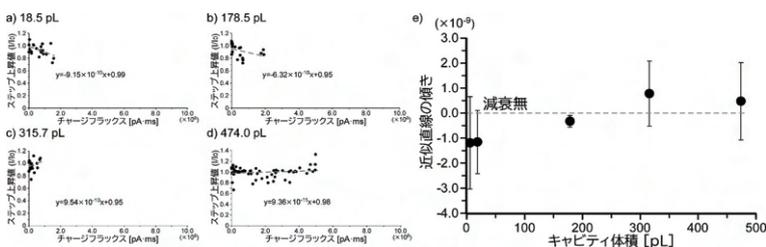


図3 チャンネル電流の解析結果

著者情報

庄司 観

Kan Shoji

(長岡技術科学大学
技学研究院 機械系)



サッカーと研究

嶋田 直彦 (東京工業大学)

Naohiko Shimada

私の趣味はサッカー観戦である。日本のサッカーリーグである J リーグの一部のチームでは海外のスター選手が加入し、多目に注目を浴びている。ところが、1 人のスター選手がいれば強いとは限らず、選手間の連携が重要なサッカーでは戦術と練度に優れたチームが勝つことが多い。戦術は緻密に練られ、練習で選手に落としこみ、試合に臨む。戦術が上手くハマるとパスやスピードで相手を躲し、ゴールへと迫る。しかし、対戦相手も負けておらず、その戦術に対抗して対策を練ってくる。そうなると中々上手く試合は進展せず停滞してしまう。そんな時、思いもよらぬ一瞬のひらめきのプレーが停滞を打開することがある。そのひらめきのプレーがゴールを生んだ時は選手・観客とも盛り上がりスタジアムは大いなる興奮に包まれる。

科学の世界に話を戻そう。我々科学者は、ある目的のために実験計画という戦術を立てる。実際に実験してみると、望んだ結果が出てくる時もあれば全く異なる結果になることもある。その上で再度戦術を練り直し、実験という試合に臨み直す。ところがある時どうにもこうにも前に進まない結果にぶち当たる。そんな時に発想の転換から急な展開に繋がり興奮する面白い結果を得ることがある。

本領域において我々は核酸ハイブリッドを安定化させる高分子を用いた核酸回路の高速化を担当しているが、これとは別に温度応答性高分子に関する研究も行っている。この高分子は尿素基を含む高分子(ウレイド高分子)であり、当初は核酸ハイブリッドを不安定化する高分子の開発するために作り始めた。ところが、実際合成してみたウレイド高分子は何をしても核酸ハイブリッドを不安定化することはなかった(上手く設計すると不安定化できると信じているが)。しかしある時、我々は冷蔵庫に入れたウレイド高分子のストック溶液が白く白濁し、室温に戻すと透明になることを発見した。低分子では良くある溶解挙動であるが、水溶性高分子において温めると溶解するという挙動は非常に珍しいものであった。この挙動を見た時の我々はとても興奮し、ウレイド高分子に関する研究を始める大いなるモチベーションとなった。

なぜ私がサッカーにこんなに興味を惹かれるようになったのか分からなかった。しかし、今回のリレーエッセイを通じてサッカーと研究とは案外共通点があり、その共通点に惹かれたのかもと思っている。もう一つの趣味である筋トレと研究は共通点があるのだろうか? また時間のある時にでも考えてみたい。



分子ロボティクス夏の学校 2022 の参加者を募集します！

- 主催：科研費 学術変革領域研究 (A) 「分子サイバネティクス」
- 後援：計測自動制御学会 システム情報部門 知能分子ロボティクス調査研究会
- URL：<https://molcyber.org/news/1375>

分子ロボティクスは、一から設計した分子を部品としてロボットと呼べるようなシステムを創り出すことを目的とする新しい学術分野で、システム工学、計算機科学、生化学、生物物理学、高分子化学、核酸化学、分子生物学など多くの分野の重なり合う学術融合領域です。

科研費学術変革領域(A)「分子サイバネティクス」および計測自動制御学会知能分子ロボティクス調査研究会では、分子ロボティクスに興味をもつ方に対して、短期間でその基礎を学ぶことのできるオンラインの教育プログラムを提供いたします。専門やバックグラウンドにかかわらず、学部1年生から大学院生、研究者、一般の方まで、どなたでも受講できます。

7月～8月の2か月間、分子ロボティクスに関わるさまざまなトピックスに触れるとともに、そこで使われる代表的なソフトウェアについて学んでいただくことにより、この分野の全容をつかんでいただくことができます。

聴講のみの参加も可能ですが、ぜひ、ソフトウェア講習のグループに入って各種のソフトウェア課題に取り組んでください。ソフトウェア講習のグループは所属に関係なくランダムに編成しますので、グループ活動を通して、研究室や大学を越えた新たな人間関係がつかれます。また、すべての課題を解いたグループのメンバーには修了証を発行いたします。

同時企画として、BIOMOD JAPAN OPEN2022を開催します。「分子ロボ夏の学校」で学んだ内容をさっそく実践して、新しい分子ロボットを作るコンペティションです。併せてご参加を検討ください

みなさまの参加をお待ちしています！

応募方法については、HP (<https://molcyber.org/news/1375>) をご覧ください。

《講義・講習の内容と日程》

- 講義 (90分)：毎火曜日 19:00- に開講します。
分子ロボティクスのトピックスに関する講義のあと、次の回で講習するソフトウェアを使って解くべき課題を解説します。
- ソフトウェア講習 (120分)：毎金曜日 19:00- に開講します。
ソフトのインストールから使い方までを学習したのち、グループで課題を解きます。

7月 1日(金) 19:00- 開校式

講義0 インTRODクシヨ
～分子システムデザイン・分子ロボティクス・分子サイバネティクス
講師 葛谷 明紀(関西大学教授)

7月 5日(火) 19:00- 講義1 構造 DNA ナノテクノロジー

講師 鈴木 勇輝(三重大学准教授)

7月 8日(金) 19:00- ソフトウェア講習 1(課題1) caDNAo:DNA オリガミ設計ソフトウェア

ソフトウェア講師 ○酒井 雄介(理化学研究所研究員)
岩淵 祥聖(東北大学野村研 D3), 山下 雄大(東北大学村田研 M2)

7月12日(火) 19:00- 講義2 DNA コンピューティング

講師 堀 豊(慶応義塾大学准教授)

7月15日(金) 19:00- ソフトウェア講習2(課題2) Visual DSD:DNA 反応系設計ソフトウェア

ソフトウェア講師 ○川又 生吹(東北大学助教), 日高 健太(九州工業大学中荃研M2), 尾花 亮(九州工業大学中荃研 M1)

- 7月19日(火) 19:00- 講義3 分子システムデザインのためのソフトウェア群
講師 佐藤 佑介(九州工業大学准教授)
- 7月22日(金) 19:00- ソフトウェア講習 3(課題3) NUPACK:核酸配列の解析設計ソフトウェア
ソフトウェア講師 ○森 圭太(東京大学塩谷研 D3), 吉野 陸(東北大学村田研 M2),
緒方 寛(東北大学村田研 M2)
- 7月26日(火) 19:00- 講義4 DNA 酵素反応・人工核酸とその応用
講師 竹澤 悠典(東京大学助教)
- 7月29日(金) 19:00- ソフトウェア講習 4(課題4) Image J:画像解析ソフトウェア講習
ソフトウェア講師 ○廣井 聡一郎(東京大学豊田研 D1), 西山 晃平(北海道大学角五研 M2),
臼杵 義亨(北海道大学角五研 M1)
- 8月2日(火) 19:00- 講義5 ペプチド工学
講師 平 順一(九州工業大学助教)
- 8月5日(金) 19:00- ソフトウェア講習5(課題5)
ソフトウェア講師 ○近藤 洋隆(関西大学特別任命助教), 田花 汐理(関西大学葛谷研M1),
南出 悠貴(関西大学葛谷研 M1)
PDB/VMD/Avogadro:分子構造データベース/可視化ツール/分子エディタ
PDB は国際的な生体高分子立体構造データベースで, VMD はタンパク質, 核酸, 脂質二重層などの分子構造のモデリング, 可視化, 解析のためのソフトウェアです. Avogadroはさまざまなプラットフォームで利用できる分子エディタです.
- 8月9日(火) 19:00- 講義6 アクティブマターとその応用
講師 井上 大介(九州大学助教)
- 8月19日(金) 19:00- ソフトウェア講習6(課題6)
ソフトウェア講師 ○齋田 衛(慶応義塾大学堀研 M1), 小塚 太資(慶応義塾大学堀研D2),
北田 祥一郎(慶応義塾大学堀研B4) Pythonを用いた反応動態シミュレーション
- 8月23日(火) 19:00- 講義7 人工細胞工学
講師 水内 良(東京大学特任助教)
- 8月26日(金) 課題1~課題6 最終締め切り
- 8月30日(火) 19:00- 閉校式(修了証授与)

今後の予定

- 5月~ ラボビジット
- 7月 領域ミーティング(非公開)
- 8-9月 2022 年度分子ロボティクス夏の学校・BIOMOD JAPAN OPEN 2022
- 11月 第6回分子ロボティクス年次大会
- 11月 第2回領域会議(計画班・公募班報告(ポスター))
- 12月 領域ミーティング(非公開)



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6号 2022年6月27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.7は、9月発行予定です。