

2021年1月15日

青沼仁志（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

URL https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/210115_pr.pdf

東北大学大学院工学研究科
東北大学電気通信研究所
北海道大学電子科学研究所
大阪大学大学院工学研究科

**足を失った昆虫は
歩行中の筋収縮リズムを変えて適応する！
～脚からの感覚フィードバックが脚間協調運動の鍵～**

【発表のポイント】

- コオロギの脚切断前後の足並み(脚の運動)と筋活動^{*1}の変化を計測
- 健全個体では通常の歩行時は左右反対位相^{*2}で活動する中脚の筋収縮のリズムが、脚切断時は左右同位相^{*2}の活動に変化することが明らかになった
- 脚に存在する感覚器^{*3}からの感覚フィードバック^{*4}が脚間協調運動^{*5}生成の鍵

【概要】

昆虫は、外敵に襲われたり事故などで足を失って身体の特性が変化したり、環境が変化したりすることに対して、柔軟に足並みを変化させることで歩行を続ける適応能力を有しています。この能力を解明することは、生物学に資するのみならず、昆虫のような高い適応能力を有するロボットの開発にも繋がります。

東北大学工学研究科 大脇大(おおわきだい)准教授、北海道大学電子科学研究所 青沼仁志(あおぬまひとし)准教授、大阪大学大学院工学研究科 杉本靖博(すぎもと やすひろ)准教授、東北大学電気通信研究所 石黒章夫(いしぐろあきお)教授らの研究グループは、コオロギを使って歩行中の脚の運動と筋活動を計測し、中脚の筋収縮のリズムが、脚の切断前後で、左右反対位相から左右同位相に変化することを明らかにしました。この結果は、(1) 左右同相同期の筋収縮リズムを生成する神経回路の存在、(2) 脚に存在する感覚器からの感覚フィードバックにより同相同期パターンが上書きされ、通常歩行時の左右反対位相のリズムが生成される、ことが示唆されます。

本研究成果は、2021年1月14日に英国の科学誌 Scientific Reports 電子版に掲載されました。

2020年12月3日

西野浩史（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

URL <https://www.hokudai.ac.jp/news/2020/12/post-763.html>

PRESS RELEASE 2020/12/03



飛んで灯に入る高速道路の虫！？

～大規模野外実験で害虫トラップ開発に向けた知見～

ポイント

- ・マイマイガやクスサンなどの大型のガが 380 nm の波長の光に強く誘引されることを確認。
- ・地域に関わらず，日没直後の気温が 20°C を超えるときにガの群飛が起こりやすいことを確認。
- ・持続可能な開発目標 (SDGs) の「11. 豊かな町作り」, 「15. 陸の生物多様性保全」への貢献に期待。

概要

北海道大学電子科学研究所の西野浩史助教，堂前 愛研究員，東日本高速道路北海道支社技術企画課の小松正宏氏，ネクスコエンジニアリング北海道の栗原啓伍氏らの研究グループは産学連携研究の一環として，大規模な野外実験を実施し，害虫を選択的に誘引するライトトラップの開発に向けた基礎的知見を得ました。

広い森林面積を持つ北海道では短い夏の間にも多くの昆虫が発生します。マイマイガは多くの植物を食害する世界的森林害虫ですが，お盆の時期に高速道路沿線の光源に多数飛来し，休憩施設に定着したり，電子料金収受システムの日詰まりを起こしたりすることが問題となってきました。

本研究結果により，ガの群飛がおこりそうな気象条件の日に適正な波長を実装したトラップを設置することによって，マイマイガやクスサンの選択的防除が可能となることが示されました。現在はこの成果を元に，適正な光波長を実装した LED トラップを作成しており，実用化を目指しています。

なお，本研究結果は，2020年11月26日（木）公開の Zoological Letters 誌にオンライン公開されました。



街灯に飛来するマイマイガ（2014年8月撮影）

2020年7月9日

青沼仁志（人間数理究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/200714_pr.pdf

生命誌研究館



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY



九州大学

九州大学広報室

〒819-0395 福岡市西区元岡 744

TEL:092-802-2130 FAX:092-802-2139

Mail:koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

URL:<https://www.kyushu-u.ac.jp>

PRESS RELEASE (2020/07/09)

昆虫界で最もコンパクト：ハサミムシの扇子の展開図設計法が明らかに ～傘や扇子から人工衛星用太陽電池パネルまで革新的な展開構造の開発に期待～

昆虫の翅にみられる巧妙な折り畳みは、非常にコンパクトでありながら一瞬で収納・展開が可能で究極の展開構造であり、様々な工学応用が期待されています。中でもハサミムシの翅は、展開状態の1/15程度と昆虫の中で最もコンパクトに折り畳み可能であることに加え、広げた状態の形を維持する特殊なスプリング機構など興味深い機能が多数報告されています。

九州大学大学院芸術工学研究院の齊藤一哉講師は、オックスフォード大学自然史博物館の研究者らとともに、このハサミムシの翅の複雑な折り畳みパターンが極めてシンプルな幾何学的なルールで作図できることを明らかにしました。研究にはマイクロCTによる折り畳み状態の翅の3次元形状解析に加え、日本の伝統文化である折り紙の幾何学が応用されました。本研究成果は令和2年7月13日の週に Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (米国科学アカデミー紀要) オンライン速報版に掲載される予定です。

幾何学的なルールが明らかになったことで、ハサミムシの折り畳みの優れた特性を、人工衛星用太陽電池パネルなどの宇宙展開構造や建築物から傘や扇子などの日用品まで、サイズや形状の異なる様々な製品に応用することが可能となります。研究チームは設計プロセスを自動化するソフトウェアも開発しています。さらに、化石記録を調査することで、この幾何学的ルールがペルム紀のハサミムシの近縁種と考えられる昆虫の翅の折り畳みにも適用可能であることが示されました。この事実は、今回明らかになった幾何学原理による折り畳みが2.8億年前から使われている非常に優れた方法であることに加え、折り紙の幾何学によって昆虫の翅の進化を説明できることを示す興味深い成果であると考えています。

本研究は日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究 (A) (24860024)、JST ERATO「川原万有情報網プロジェクト (JPMJER1501)」、JST CREST「環境を友とする制御法の創成 (JPMJCR14D5)」の支援を受けました。

研究者からひとこと：

この展開図設計法は非常にシンプルで、初歩的な幾何学の知識で作図可能です。定規とコンパスでハサミムシ扇子を作図する動画が論文と一緒に公開されていますので (Movie S2, S3)、是非挑戦してみてください。



(参考図) ハサミムシ後翅の展開図設計法の概略(左上)。赤線で描かれた基本図形から単純なルールで折り線を設計できる。作図のルールがわかったことで、扇子を1周させた傘のようなパターン(右)から、ドローン用の展開翼(下)など目的に合わせて様々な形状、サイズでハサミムシの翅をカスタマイズすることが可能になった。

【お問い合わせ】大学院芸術工学研究院 講師 齊藤 一哉

※研究を紹介する短い動画、ペーパークラフト等も準備しています。詳細は下記までご連絡ください。

TEL: 092-553-4554

Mail: k-saito@design.kyushu-u.ac.jp

2020年1月8日

青沼仁志（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

<https://www.hokudai.ac.jp/news/2020/01/post-610.html>

PRESS RELEASE 2020/1/8



クモヒトデは触られた腕の二つ隣の腕の方向へ逃げる

～腕の数の個体差から学ぶ、放射相称の歩き方～

ポイント

- ・4～7本の腕をもつクモヒトデの逃避行動から、肢の数にとられない「歩き方」を解明。
- ・前後左右のない動物が進行方向を決めるからくりを解明。
- ・全方位移動ロボットへの応用に期待。

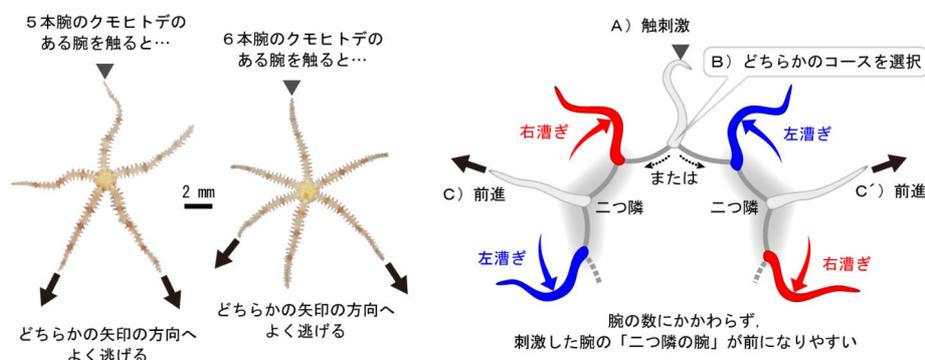
概要

北海道大学大学院生命科学院博士課程の脇田大輝氏、京都大学白眉センターの加賀谷勝史特任助教、北海道大学電子科学研究所の青沼仁志准教授の研究グループは、クモヒトデ^{*1}の逃避行動に着目し、放射相称の身体をもつ動物が前後左右を決めるからくりを解き明かしました。

クモヒトデの一種である *Ophiactis brachyaspis* は星形の身体をもち、その腕の数には4～7本といった個体差があります。研究グループは、クモヒトデの腕の先端に触って逃避行動を誘発し、腕の数の異なる個体がそれぞれどのように腕を使って移動するのかを調べました。その結果、クモヒトデは触られた腕から左回りまたは右回りに「二つ隣」の腕の方向へ逃げる傾向があること、また、そのときに先頭になる腕の両隣の腕を同時に動かして漕ぐ傾向があることを数理モデル^{*2}を使って明らかにしました。

本研究成果は、「なぜ肢の数が違って大丈夫なのか?」「前後左右のない動物がどのように『前』を決めるのか?」という疑問に答えたものであり、全方位移動ロボット設計への応用が期待されます。

なお、本研究成果は、生物学と数学の融合研究として2020年1月8日(水)公開の *Journal of the Royal Society Interface* 誌に掲載されました。



チビクモヒトデ科の一種 *Ophiactis brachyaspis* の逃避行動（左）と腕数を一般化した模式図（右）

2019年11月28日

青沼仁志（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

https://www.hokudai.ac.jp/news/191203_pr3.pdf



Press Release



北海道大学



uOttawa



令和元年 12月3日

東北大学電気通信研究所
オタワ大学
北海道大学
スイス連邦工科大学ローザンヌ校
Human Frontier Science Program

陸上と水中を自在に動き回るムカデから学ぶ 柔軟な「身のこなし方」

【概要】

東北大学電気通信研究所の石黒章夫教授、加納剛史准教授、安井浩太郎氏（博士後期課程、日本学術振興会特別研究員）、スイス連邦工科大学ローザンヌ校のAuke J. Ijspeert教授、オタワ大学のEmily M. Standen准教授、北海道大学電子科学研究所の青沼仁志准教授の研究グループは、ムカデが陸上と水中を行き来する際の「身のこなし方」に着目することで、環境に適応して「理にかなった」運動パターン^{注1}を生み出す制御のメカニズムを解明しました。

一般に動物は、環境に応じた運動パターンを柔軟に生み出すことで、様々な環境下を自在に動き回ることができます。その中でも特に興味深いのは、陸上では複数の脚を協調させて歩き、水中では胴体をくねらせて泳ぐという振る舞いです（以下、この振る舞いを「水陸両用ロコモーション^{注2}」と呼びます）。身体をうまく活用し質的に異なる環境に見事に適応する水陸両用ロコモーションは、ある種のトカゲや魚など、多くの動物種に見られます [参考文献 1,2]。ところが、この水陸両用ロコモーションがどのような制御のからくりで実現されているのか、これまで不明でした。

この問題解決のため、本研究ではトビズムカデの水陸両用ロコモーションに着目しました。トビズムカデは、地上では複数の脚の運動を協調させながら歩きますが、水中では脚を折りたたみ、ヘビのように胴体をくねらせながら泳ぎます（図1）。トビズムカデは、同じ構造を持つ体節が一次元状に長く連なった身体構造をしており、歩行・遊泳間の遷移の様子を観察しやすいという利点があります。また、神経を部分的に切断するなどの侵襲を伴う実験も比較的に容易に行えます。そのため、水陸両用ロコモーションのからくりを探る上で非常に適したモデル生物だと言えます。

本研究ではまず、トビズムカデが陸上と水中を行き来する際に歩行・遊泳間の遷

2019年9月26日

西野浩史（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

URL <https://www.hokudai.ac.jp/news/2019/09/post-569.html>

PRESS RELEASE 2019/9/26



昆虫の嗅覚中枢には並列的な情報処理経路がある

ポイント

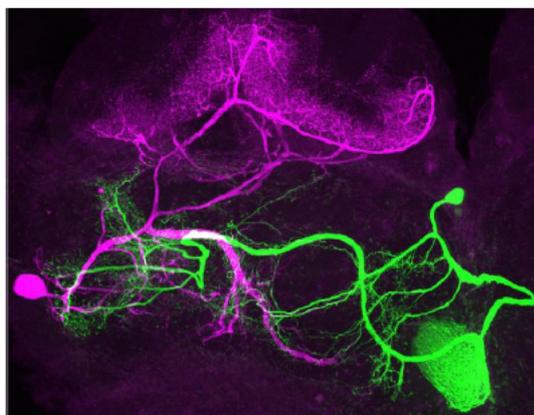
- ・ワモンゴキブリの抑制性ニューロンがキノコ体のフィードバック経路を担うことを解明。
- ・フィードバック経路には2つの並列した経路があり、2つの経路の間で相互作用があることを解明。
- ・動物の嗅覚情報処理系の基本構成についての理解に大きく貢献。

概要

北海道大学大学院生命科学院博士後期課程(当時)の高橋直美氏、電子科学研究所の西野浩史助教、大学院理学研究院の水波 誠教授らの研究グループは、昆虫（ワモンゴキブリ）の脳の高次嗅覚中枢（キノコ体^{*1}）に投射する抑制性ニューロンに着目し、それらがキノコ体出力ニューロンからシナプス^{*2}を受けて、キノコ体出力ニューロンの匂い応答の強度を適正なレベルに調節するフィードバック経路を担っていることを突き止めました。さらに、キノコ体のフィードバック経路には、匂い受容ニューロンのタイプの違いに由来する2つの並列的な経路があること、また2つの並列経路の間に相互作用があることを見出しました。

この発見は、動物の嗅覚系において、受容ニューロンから高次中枢に至るまで一貫した並列的な情報処理経路が保たれていることを初めて明らかにしたもので、ヒトなどの哺乳類の脳がもつ嗅覚情報処理系の基本構成の理解にも示唆を与える重要な成果と言えます。

なお、本研究成果は、2019年9月23日（月）公開のThe Journal of Neuroscience誌に掲載されました。



ワモンゴキブリの脳の子ノコ体へ投射する抑制性ニューロン（紫）とキノコ体出力ニューロン（緑）の同時染色像。抑制性ニューロンはキノコ体出力ニューロンからシナプスを受け、出力ニューロンの匂い応答の強度を適正な範囲に保つフィードバックの役割を果たす。

※関連動画：<https://www.youtube.com/watch?v=Zl4zBE9boOk>

2019年6月27日

西野浩史（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

URL <https://www.hokudai.ac.jp/news/2019/06/post-545.html>

PRESS RELEASE 2019/6/27



動物界最高レベルのフェロモン感度を誇るゴキブリ

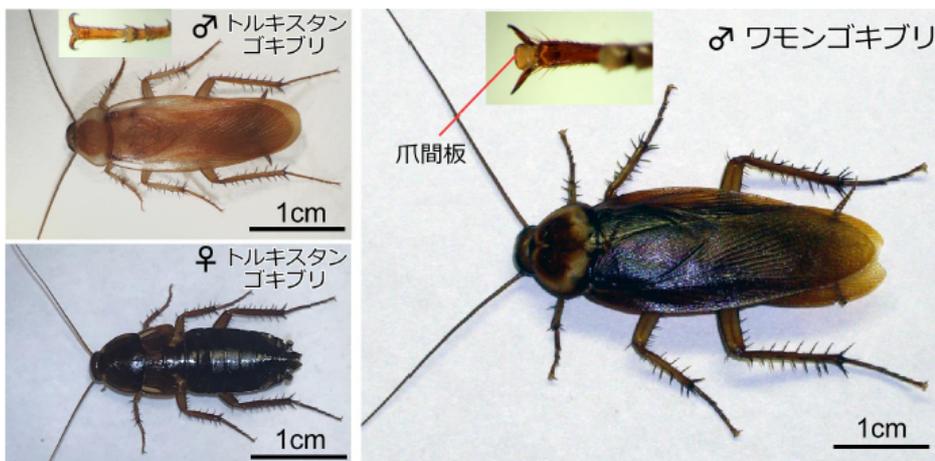
ポイント

- ・トルキスタンゴキブリはワモンゴキブリと同じ性フェロモンに高い感受性をもつ。
- ・わずか0.1フェムトグラム (10^{-16} g) のフェロモンに反応する動物界最高レベルの感度の神経をもつ。
- ・トルキスタンゴキブリはワモンゴキブリなどの仲間であることを証明。

概要

北海道大学電子科学研究所の堂前 愛研究員、西野浩史助教、北海道大学大学院理学研究院の水波誠教授らの研究グループは、爬虫類の餌として売られているトルキスタンゴキブリ（レッドローチ）がもつ性フェロモン情報を処理する神経が、動物界最高レベルの性フェロモン応答感度を示すこと、このゴキブリが身近な家屋害虫であるクロゴキブリやワモンゴキブリ（*Periplaneta* 属）の仲間であることを、神経生理学的手法を用いて明らかにしました。

なお、本研究成果は、2019年6月8日（土）公開の *Neuroscience Letters* 誌に掲載されました。



トルキスタンゴキブリとワモンゴキブリの外部形態。

2019年6月12日

青沼仁志（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

<https://www.hokudai.ac.jp/news/2019/06/56.html>

PRESS RELEASE 2019/6/12



5本腕と6本腕のオオクモヒトデは「ふくらみ方」が違う

～からだの形が、動きを協調させるデザイン～

ポイント

- ・オオクモヒトデがからだを風船のようにしぼませたり膨らませたりする現象を発見。
- ・5本腕と6本腕の個体で、パーツ間の同期のパターンが異なることを発見。
- ・水の流れを想定した数理モデルから、神経回路に頼らない協調運動の理解に貢献。

概要

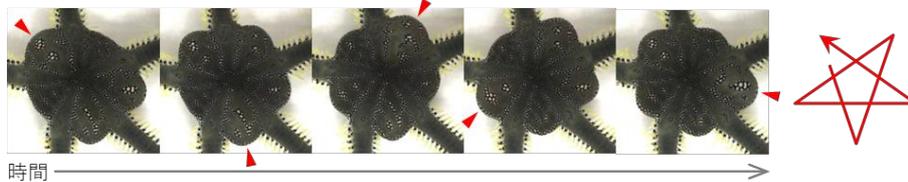
北海道大学大学院生命科学院博士課程の脇田大輝氏、広島大学大学院理学院の早瀬友美乃研究員、北海道大学電子科学研究所の青沼仁志准教授の研究グループは、オオクモヒトデというヒトデに似た動物が、からだを風船のようにしぼませたり膨らませたりする協調運動「ポンピング」をし、パーツ間の同期のパターンが5本腕と6本腕の個体で異なることを発見しました。

ポンピングは「生きた動物で、明らかに異なるからだの形が、明らかに異なる動きの協調を作っている」好例です。動物の動きを協調させるネットワークとして、神経回路が注目されてきましたが、研究グループはパーツ間に神経系を想定せず、水流のはたらきでポンピングの協調運動が成り立つことを、数式を使って説明することに成功しました。

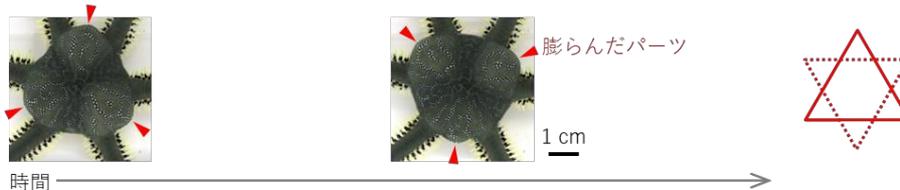
本研究は、「からだの形そのものをうまく利用して、ある動きを協調させる」という動物の知恵をピックアップした研究で、複雑なコントロールなしに協調的なリズムを生み出す設計論として、ロボット工学への貢献が期待されます。

なお、本研究成果は、2019年6月5日（水）公開のScientific Reports誌に掲載されました。

5本腕のオオクモヒトデ…1個飛ばしのポンピング



6本腕のオオクモヒトデ…3個ずつ同期したポンピング



オオクモヒトデのポンピングの様子

2019年3月6日

西野浩史（人間数理研究分野）

記事全文はこちらをご参照ください

URL <https://www.es.hokudai.ac.jp/result/2019-03-05-mamo/>

PRESS RELEASE 2019/3/6



コオロギはヒトと似た構造の耳をもつ

～自然が生み出した最小・高感度・広帯域の聴覚器～

ポイント

- ・コオロギの聴覚器の中に、ヒトの耳小骨に似た構造（上皮コア）を発見。
- ・上皮コアは、体内に入り込んだ上皮細胞が自己組織化的に（自らを積み上げていくように）形成。
- ・上皮コアは音の高低の識別に寄与する可能性が高く、生物の機能を模したマイクロセンサー開発に期待。

概要

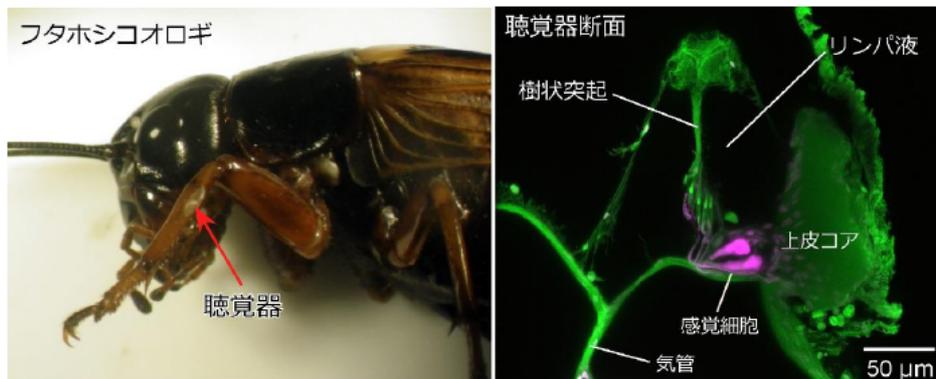
北海道大学電子科学研究所の西野浩史助教・堂前 愛研究員，同大学院情報科学研究科の岡嶋孝治教授，森林総合研究所の高梨琢磨主任研究員は，コオロギの前肢にある聴覚器と周囲の組織の三次元構造を高精細で明らかにするとともに，鼓膜の振動を液体の流れに変換しうる，ヒトの耳小骨に似た構造（上皮コア）を初めて発見しました。

ヒトと同じ陸上に生きる昆虫の中には，種間コミュニケーションのために聴覚を発達させたものがあります。その代表格であるコオロギの耳は，鼓膜を持つ耳としては動物界最小サイズ（ $200\mu\text{m}^2$ ）にもかかわらず，ヒトよりも広い周波数の音を聞き分けられる高感度・広帯域の聴覚器です。

ヒトと昆虫の進化的起源は大きく異なりますが，今回の研究で，1枚の鼓膜に入射した音を液体の流れに置き換える構造をもつことで，両者の耳はよく似ていることが解明されました。

なお，本研究成果は，2019年3月4日（月）公開の Cell and Tissue Research に掲載されました。

また，本研究は 2012～2016 年度科学研究費助成事業新学術領域研究「生物多様性を規範とする革新的材料技術」（領域代表：下村政嗣）の公募研究「昆虫の聴覚器規範設計の解明」による支援を受けて行われました。



コオロギの聴覚器の位置

今回解明した聴覚器の構造

2018年12月21日

長山 雅晴 (人間数理研究分野)

記事全文はこちらをご参照ください

URL https://www.hokudai.ac.jp/news/181221_pr.pdf

PRESS RELEASE 2018/12/21



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY



数理モデルによる予言でヒト3次元培養表皮を高機能化

～ヒト皮膚並みの厚みとバリア機能、皮膚疾患研究や評価試験への活用に期待～

ポイント

- ・皮膚外用剤や化粧品の開発に重要な3次元培養表皮は、従来十分にヒト表皮を模倣できていなかった。
- ・数理モデルによる予言で、ヒト皮膚と同等の厚みとバリア機能を持つ高機能表皮の構築に成功。
- ・人間の生命を守る表皮のメカニズム解明と、数理科学の医学・生命科学への貢献に期待。

概要

北海道大学電子科学研究所の長山雅晴教授、熊本淳一学術研究員、株式会社資生堂グローバルイノベーションセンターの傳田光洋主幹研究員らの研究グループは、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST 研究領域「数理モデリング」（研究総括：坪井 俊）で採択されている「数理モデリングを基盤とした数理皮膚科学の創設」（研究代表者：長山雅晴）の支援により、高いバリア機能^{*1}を持つ3次元培養表皮の構築に成功しました。

ヒトの表皮細胞^{*2}を用いて作られる人工表皮、いわゆる表皮モデルは、様々な皮膚疾患、加齢変化のメカニズムや表皮機能の解明といった基礎研究に応用されるだけでなく、新薬の開発や化粧品開発での安全性試験にも用いられる重要なリサーチツールであり、多くの研究者が注目しています。しかし、これまで数多く作られた表皮モデルはいずれも、ヒトの表皮を十分に模倣できていませんでした。

長山教授らの研究グループは、表皮恒常性^{*3}の維持メカニズムを反映させた数理モデル^{*4}を構築し、コンピュータシミュレーションを行いました。その結果、特異的な凹凸が培養器の底にある場合、ヒト皮膚と同等に厚い表皮と角層^{*5}が構築されることが予言されました。そこで培養器の底部に様々なパターンのポリエステル布を敷いて表皮細胞（ケラチノサイト）を培養した結果、コンピュータシミュレーションが予言したパターンの場合、ヒト皮膚表皮並みに厚く、ポリエステル布を敷かない場合の2倍の角層バリア機能を持つ、高機能3次元表皮を構築できることが確認されました。

この3次元表皮は老化に伴う乾皮症など様々な皮膚疾患のメカニズム解明に役立つほか、皮膚外用剤、化粧品などの効果の評価、あるいは再生医療にも展開しうる機能を持ちます。さらに本研究成果は、数理モデリングが医学・生命科学の領域で有効な方法論であることも示唆しています。

なお、本研究成果は、英国時間2018年12月20日（木）公開のScientific Reports誌に掲載されました。