

2026. 5.13

報道関係者 各位

< 配信枚数 4 枚 >

らせん状微生物スピルリナを“流すだけで自動整列”する新現象を発見**～直線マイクロ流路で長さ別に高速分離する新手法を開発～**

立命館大学理工学部の磯崎瑛宏准教授と、同大学大学院博士前期課程の原航大からなる研究グループは、らせん状の微生物であるスピルリナが、直線マイクロ流路内で速度分布に沿って自己整列する新現象を世界で初めて発見しました。さらに本現象を利用し、標識を用いずにスピルリナを長さ別に高速分離する新手法を開発しました。

本件のポイント

- スピルリナ^{※1}が直線マイクロ流路^{※2}内で特定の姿勢をとって流れる現象を世界で初めて発見
- この現象を利用して、長さの異なるスピルリナを高速かつ非標識^{※3}で分ける手法を開発
- スピルリナの成長段階や特性を“長さ”の観点で評価する新たな基盤技術として期待

<研究成果の概要>

本研究では、らせん状の微生物であるスピルリナ(学術名: *Arthrospira platensis*)が、直線マイクロ流路内で特定の姿勢で流れる現象を世界で初めて発見し、その現象を利用して、長さの異なるスピルリナを高速かつ非標識で分ける手法を開発しました。本手法は蛍光染色などの標識が不要で、流路形状もシンプルであることから、スピルリナの状態評価(成長段階、環境ストレス応答など)を“長さ”に基づいて解析する基盤技術となり、スピルリナに関する研究の発展に寄与することが期待されます。

<研究の背景>

細胞の研究において、細胞の種類や特性に応じて識別して分ける技術は極めて重要で、これまでも多くの技術が開発されてきました。その中でも、細胞をマイクロ流路に流して形や大きさごとに分ける技術は広く研究されています。これは、マイクロ流路を流れる際に細胞が受ける流体力が、その形や大きさによって変わることを上手く利用したものです。

このような研究は、応用面では生命科学や医学分野で注目される一方、技術の基盤となる細胞を分ける技術に関しては、マイクロ流路内における流体力学を主とする工学分野で研究されています。生命科学と工学が交差するこの学際的分野において、生命科学を理解する工学分野の研究者の貢献により、この10年ほどで流体力学的現象の理解が大きく進み、細胞分取技術が発展してきました。

一方で、流路幅よりも長く、しかも柔らかい細胞が流路内でどのように振る舞うかは複雑で、十分に解明されていませんでした。特に、らせん状かつひも状のスピルリナのような微生物については、その挙動解析や分取への応用はほとんど進んでいませんでした。

<研究の内容>

本研究グループは、長さが数百マイクロメートル、直径が約10マイクロメートルのらせん状の微生物であるスピルリナ(図1左下)について、直線マイクロ流路内での挙動を調べました。当初は、流れに対して

長軸が平行にそろおうと予想していましたが、実際には、流路内の速度分布に沿うような特徴的な姿勢で流れることが多いと明らかになりました(図1 上と右下)。

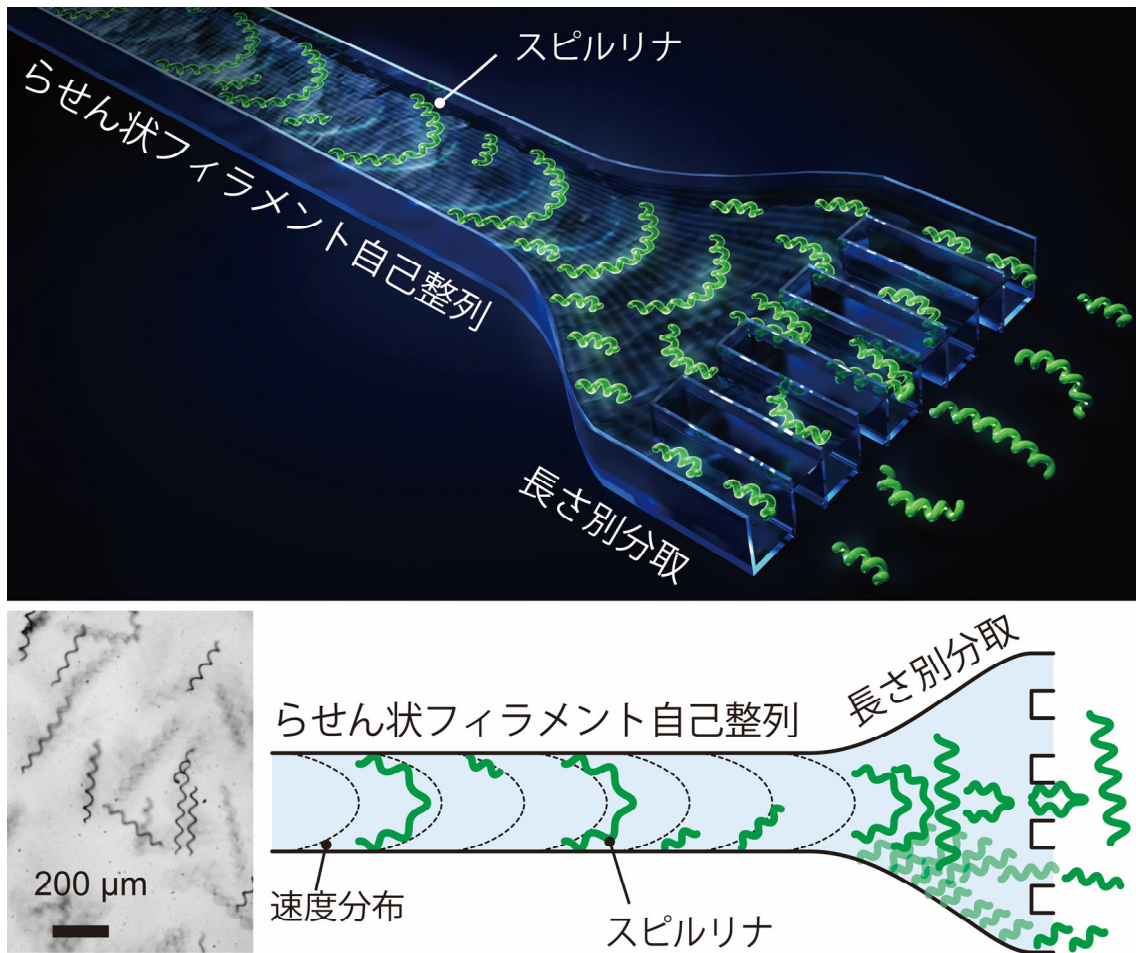


図1 本研究の概要図

左下:スピルリナの顕微鏡像。上と右下:らせん状フィラメント自己整列現象の概念図と、その現象を利用したスピルリナの長さ別分取の概念図を合わせた図。マイクロ流路よりも長いスピルリナは、流路を跨ぐように速度分布形状に沿った形で整列し、短いスピルリナは流路壁に接しつつ、速度分布形状に沿った形で流れる。下流に設けられた拡大流路において、直線流路での位置関係を維持したまま流れていくので、スピルリナの長さ別分取が実現できる。

研究グループはこの現象を「らせん状フィラメントの自己整列現象」と名付け、その発生条件を詳しく調べました。その結果、この現象は、これまでマイクロ流路内を流れる物体の挙動の説明に用いられてきた力の一つである「Inertial lift force^{**4}」だけでは説明できず、これに加えて、らせん構造に加わるせん断速度に由来する力が複雑に絡み合うことで生じていると示唆されました。

本研究グループは、このらせん状フィラメントの自己整列現象を上手く利用して、スピルリナの長さ別分取に応用するために、直線マイクロ流路の下流に滑らかな拡大流路と複数の出口流路を設けました(図2)。このデバイスにスピルリナを流した結果、長さ 300 マイクロメートルをしきい値として、約 80%の純度でスピルリナを分離できることを実証しました(図2)。

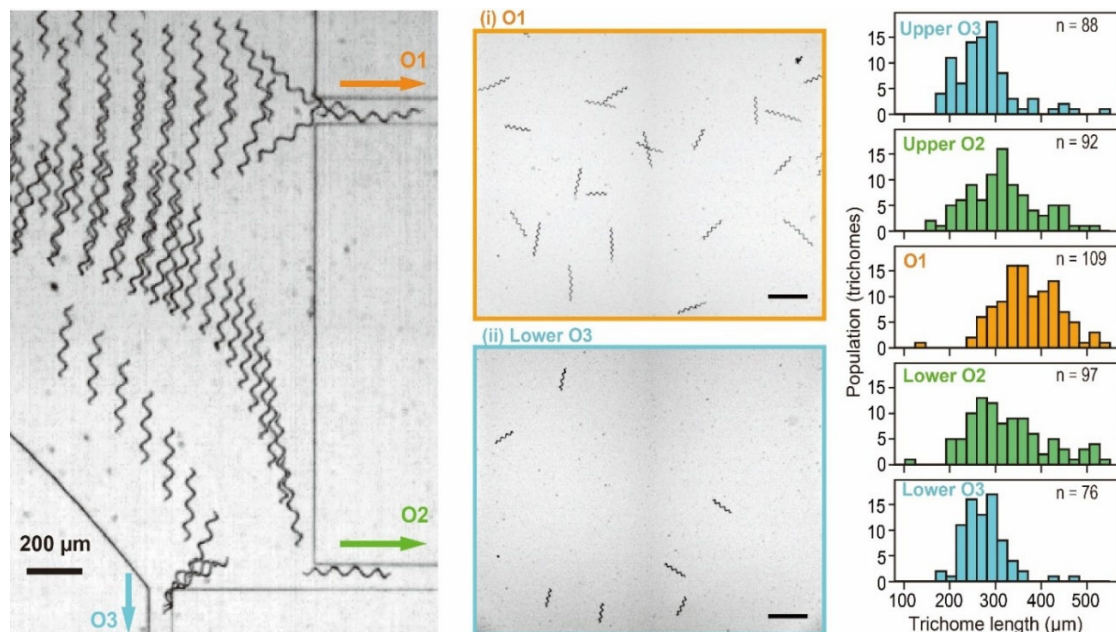


図2 実証実験結果

左: 拡大流路におけるスピルリナの挙動を、連続写真を重ねて示した図。長さ別に分取されていることが分かる。中: それぞれの Outlet から採取したスピルリナの顕微鏡像。右: それぞれの Outlet から採取したスピルリナの長さ分布。

<社会的な意義>

スピルリナは、サプリメントなどにも利用されている工業的に重要な微生物であると同時に、美しいらせん構造を持つことから、その移動能力や機械特性も注目が集まっています。また、スピルリナは成長と断片化を繰り返すため、その長さは成長段階や状態を反映している可能性があります。

本研究で開発した手法は、こうしたスピルリナを長さごとに分けて解析することを可能にし、培養状態の評価や基礎研究の効率化につながることを期待されます。

<研究者のコメント>

工業的な応用可能性に加え、スピルリナの美しいらせん構造そのものが、機械工学の視点から見ても非常に魅力的な研究対象です。なぜこのようならせん構造をとるのか、機械的特性はどのようになっているのかなど、興味は尽きません。本研究では、最も基礎的な機械的特徴である「長さ」に着目して、マイクロ流路内での挙動の調査と分取への応用展開を行いました。その結果、これまで見つけていなかった挙動を明らかにすることができ、流体力学の観点からも多くの魅力を持つ細胞であることが分かりました。今後も、機械工学科ならではの視点を大切にし、独自性の高い研究へと展開していきます。

<論文情報>

論文名 : Length-based separation of *Arthrospira (Spirulina) platensis* trichomes via the self-alignment effect of helical filaments in a straight microchannel
 著者 : Kodai Hara and Akihiro Isozaki (原航大、磯崎瑛宏)
 発表雑誌 : Microsystems & Nanoengineering
 掲載日 : 2026年5月12日(火)

D O I : 10.1038/s41378-026-01302-4

U R L : <https://www.nature.com/articles/s41378-026-01302-4>

<用語説明>

※1 スピルリナ (*Arthrospira platensis*)

スピルリナは、らせん状の糸のような形をした微生物で、一般には藍藻(シアノバクテリア)の一種として知られています。食品やサプリメント原料として利用されるほか、その独特の形や運動、機械特性についても研究対象となっています。

※2 マイクロ流路

マイクロ流路は、幅や高さがサブミリメートル以下の非常に細い流路です。こうした微小空間では、液体や細胞の流れを精密に制御しやすく、分析、分離、培養などに用いられます。

※3 非標識

非標識とは、蛍光色素や磁気ビーズなどの目印を対象に付けないことを指します。従って、非標識分離は、標識せずに分離する方法のことです。前処理を簡略化しやすく、試料への影響を抑えやすい点が特長です。

※4 Inertial lift force

Inertial lift force は、一定以上の流速で流れる流路内で、流路内に流れる物体が流速に対して垂直方向に働く力です。マイクロ流体デバイスでは、この力を利用して粒子や細胞を整列させたり、分離したりする研究が行われています。

以上

本リリースの配付先: 京都大学記者クラブ、草津市政記者クラブ、科学記者会、文部科学記者会

●本件に関するお問い合わせ先

(研究内容について)

立命館大学理工学部 准教授 磯崎 瑛宏

TEL. 077-561-4822 Email. aisozaki@fc.ritsumeai.ac.jp

(報道について)

立命館大学広報課 担当: 大森

TEL. 075-813-8300 Email. r-koho@st.ritsumeai.ac.jp