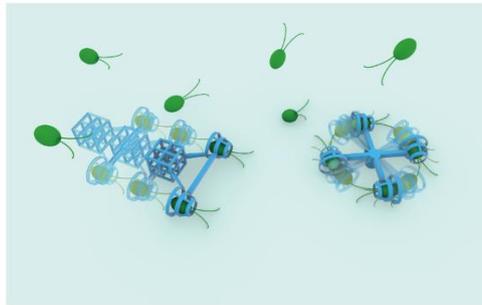


## 微生物によって動く小さなマシン ——微細藻類によってマイクロマシンを駆動する方法を開発——

### 発表のポイント

- ◆微細藻類の一種であるクラミドモナスによって小さい構造体を動かす手法を開発しました。
- ◆クラミドモナスの鞭毛の運動を阻害することなくマイクロマシンに組み込むことを可能にしました。
- ◆この技術はマイクロロボットの駆動や微生物の運動理解のツールとしての応用が期待されます。



本研究で作製したクラミドモナスで駆動するマイクロマシン

### 発表内容

東京大学大学院情報理工学系研究科の竹内昌治教授と、小田悠加特任助教、清水直人大学院生（研究当時）らを中心とした研究グループは小さな構造体を微生物によって動かす手法を開発しました。

本研究は微生物の中でも推進力の大きなクラミドモナス（注1）の鞭毛の運動性を阻害することのないトラップ構造を考案することで、様々な微細構造へ組み込むことが可能となったものです。



図1 本研究で作製したクラミドモナスで駆動するマイクロマシン。

同じ方向を向いた2つのクラミドモナスによって動く構造体（左）と、4つのクラミドモナスによって回転する構造体（右）。スケールバー：10  $\mu$ m

液中で動く、目に見えないほど小さなマシン（以下、マイクロマシン）は環境中の汚染物質の調査や除去、微小環境での物質の運搬などの分野での利用が期待されています。このようなマイクロマシンはその小ささから電池やモータを使用することができません。さらに、物質が小さくなるほど水中を動く際に粘性が支配的になり、効率的に動かすことが困難になります。そのためマイクロマシンの駆動方法の探索が盛んにおこなわれています。

我々の研究グループはこの課題に対してクラミドモナスの推進力を利用することを考えました。微生物は数マイクロメートルのサイズでありながら効率よく水中を泳ぐことができます。その中でも、微細藻類の一種であるクラミドモナスは推進力が大きいことで知られています。しかし、クラミドモナスは2本の鞭毛を平泳ぎの手のように動かして泳ぐため、この鞭毛の動きを阻害せずに任意の位置に固定することが困難でした。

そこで、クラミドモナスの運動をできるだけ阻害しない「かご状」のトラップ構造を開発しました。超精密三次元光造形装置を使用することでクラミドモナスと同じような大きさの構造を造形しました。トラップ構造に隙間が多くあることから、鞭毛はトラップから外に出て動くことができ、また、本構造は様々な形に配置することが可能です（図2）。本研究では4つのクラミドモナスが円形に配置された形と、2つのクラミドモナスが同じ方向を向いている形の2種類を作製しました。特に、クラミドモナスを円形に配置したマイクロマシンは回転運動をすることが分かりました（図3）。回転している間は大きくふらついたりせず、安定した姿勢を維持することができることを観察されました。また、クラミドモナスの数によって回転速度が変化することも分かりました。

本研究成果は、微細藻類の個々の動きを視覚化するのに役立つだけでなく、複数の個体が制約された条件下でどのように協調運動をするか分析する生物物理学的なツールに発展する可能性があります。さらに、これらの手法は、水環境における環境モニタリングや、走光性を利用した物質輸送や動力伝達機構などのへの展開が期待できます。

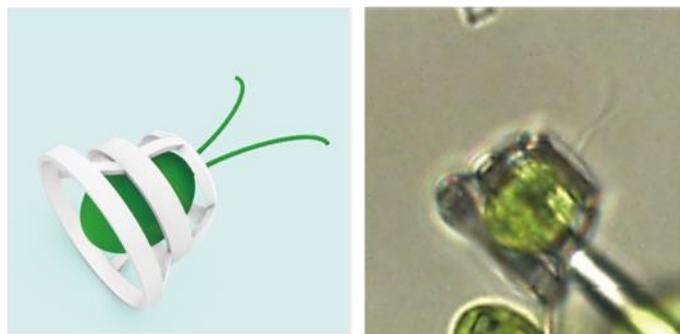


図2 考案したトラップ構造の設計イメージと実際にトラップされたクラミドモナス

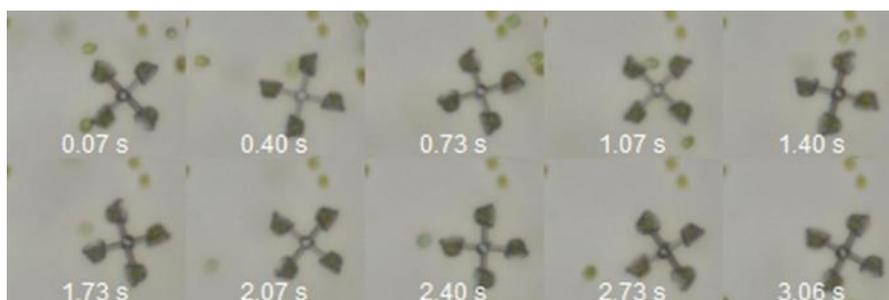


図3 回転するマイクロマシンの連続写真

## 発表者・研究者等情報

東京大学大学院情報理工学系研究科

竹内 昌治 教授

森本 雄矢 研究当時：准教授

現：早稲田大学理工学術院 准教授

小田 悠加 特任助教

清水 直人 研究当時：修士課程

## 論文情報

雑誌名：Small

題名：Harnessing the Propulsive Force of Microalgae with Microtrap to Drive Micromachines

著者名：Haruka Oda, Naoto Shimizu, Yuya Morimoto, Shoji Takeuchi\* \*責任著者

DOI：10.1002/sml.202402923

## 研究助成

本研究は科研費「超高感度センシングを実現するバイオハイブリッドセンサ工学の創成（課題番号：21H05013）」の支援により実施されました。

## 用語解説

（注1）クラミドモナス：淡水に生息する真核単細胞の藻類。2本の鞭毛、眼点、葉緑体などを有する。体長 $10\mu\text{m}$ 程度ながら一秒間に $100\mu\text{m}$ ほど泳ぐことが可能である。ゲノムの解読も完了しており、分子レベル・細胞レベルでの植物生理生化学の研究材料としても使われている。