



2023年1月19日

報道関係者各位

慶應義塾大学
国立大学法人千葉大学

油の液滴が集団となって動きを示す人工システムを開発 ー化学の視点から、生き物が集団で動く仕組みのさらなる理解に期待ー

慶應義塾大学大学院理工学研究科の小島知也（博士課程1年）、同大学理工学部の朝倉浩一 教授、伴野太祐 専任講師と千葉大学大学院理学研究院の北畑裕之 教授の研究グループは、光を照射するとマイクロメートルサイズの油の液滴が集団を形成し、その周囲において自発的に模様が形成される現象の誘導に成功しました。本研究成果は、2023年1月5日（米国東部時間）に米国科学雑誌『Cell Reports Physical Science』のオンライン版に掲載されました。

1. 本研究のポイント

- ・光を照射することで、複数の油滴が集団を形成し、その周囲に模様が形成されることを発見
- ・油滴の個数によって、形成された集団の動きが変わることを発見
- ・化学の視点から生き物の動きを模倣した人工システムを創出

2. 研究背景

「動き」は自然界の生き物を特徴づけるものの1つと言えます。ミドリムシやクラミドモナスなどの微生物は、光を照射すると集団化し、目視可能な大きさの模様を生じさせます。この生物対流とよばれる現象は、生き物1個体の内部で協奏的に進行するさまざまな化学反応の結果、「動き」を示すだけでなく、水を媒介として個体同士の「動き」が複雑に絡み合うことで初めて起きるものと考えられています。そのような微生物のユニークな挙動は非常に複雑であることから、その仕組みを完全に解明するまでには至っていません。一方で、単純な人工モデルを用いて生き物の現象を模倣し、理解しようとする取り組みがなされています。そのような人工モデルの1つとして、本研究グループでは、界面活性剤^{*1}水溶液中に特定の分子構造をもつ油を分散させたエマルジョン^{*2}において、マイクロメートル（100万分の1メートル）サイズの油の粒（油滴）が水中を泳ぎ回る自己駆動現象に注目してきました。この現象は、油滴の表面に生じる界面張力^{*3}の勾配に基づいたマランゴニ対流^{*4}という流れによるものと推定されています。外部から供給された“燃料（食べ物）”（界面活性剤）を利用して「動き」を発現する点で、油滴の動きは生き物の動きと類似したものとする見方もあります。本研究グループはこれまで油滴1つに着目し、内部で油の成分が変化する化学反応を組み込むことで細胞分裂を模した油滴の分裂や、アメーバの変形様式を模した油滴の変形などを見出してきました。自然界を見渡してみると、多数の微生物による生物対流をはじめ、魚や鳥の集団運動などといった、生き物単独ではなく複数の個体が集団となって起きる協同的な現象が普遍的にみられます。そこで本研究では、光を照射したときの分子構造の変化をきっかけとして、複数の油滴が相互作用して集団を形成するような新しい人工システムの開発を目指しました。

3. 研究内容・成果

光に応答して分子構造が屈曲するような界面活性剤を用い、それを含んだ水溶液中に油を分散させ、エマルションを調製しました(図1)。このエマルションに対して紫外光、続いて可視光を照射したところ、油滴の個数密度に応じて異なる現象がみられました(図2)。視野内にサイズが異なる2つの油滴しかない場合には、紫外光照射によって油滴同士が引き寄せあってペアを形成し、さらにはその油滴ペアが大きな油滴を先頭にして、小さな油滴はそれについていくように動きました。それと同時に、油滴ペアから少し離れたところに、円状の模様が自発的に形成されました。一方、視野内に大小さまざまな多数の油滴が存在する場合には、紫外光に応じて油滴同士が引き寄せあってクラスターを形成し、同時に円状の模様も形成されたものの、クラスターが動くことはありませんでした。以上のように、視野内の油滴の個数に応じた集団挙動、ならびに同時に起きる円状模様の形成・消失の新奇現象を発見し、これらの現象がなぜ起きるのか、光応答性界面活性剤の分子構造変化を手がかりとして、その仕組みを明らかにしました。

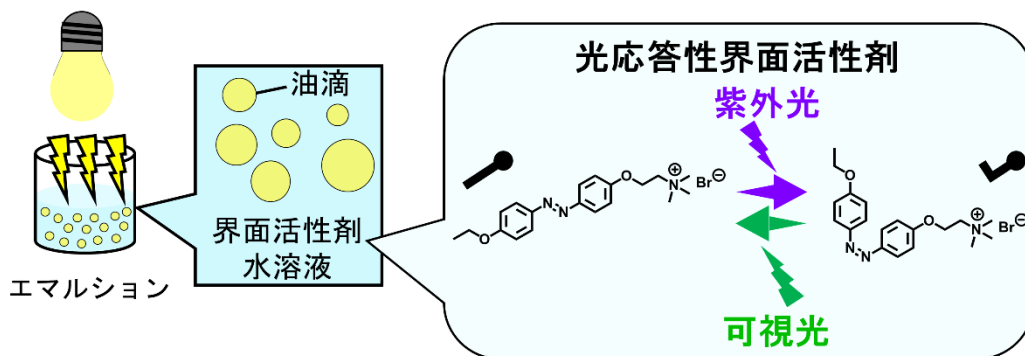


図1. 本研究の実験概要

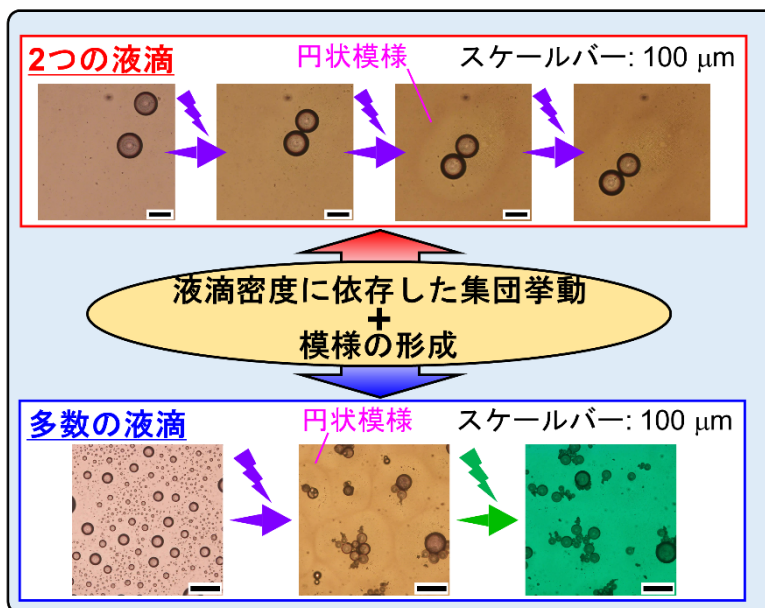


図2. 本研究で発見した現象

4. 今後の展開

本研究では、“分子”の性質を巧みに組み合わせた化学の視点から、光による分子構造の変化をきっかけとすることで、油滴同士が集団的な挙動を示すと同時に模様形成・消失をも起こすような人工システムの開発に成功しました。本研究で新たに発見した集団挙動に伴う円状模様の形成・消失現象は、生物対流のような、生き物にみられる模様形成のメカニズムを理解するための1つのモデルとして期待されます。

<原論文情報>

タイトル: Photoinduced collective motion of oil droplets and concurrent pattern formation in surfactant solution

タイトル和訳: 界面活性剤水溶液中での光照射による油滴の集団挙動および同時発生する模様形成

著者: 小島 知也¹、北畑 裕之²、朝倉 浩一¹、伴野 太祐¹

¹慶應義塾大学、²千葉大学

掲載誌: Cell Reports Physical Science

doi: <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2022.101222>

<用語説明>

※1 界面活性剤: 油と水など、混じり合わない二種類の媒体の境界である界面に作用して、その界面の性質を変化させる物質。身近な例としては、シャンプーやセッケンなどがある。

※2 エマルション: 混じり合わない二種類の液体が存在したとき、一方の液体がもう一方の液体中にマイクロメートル(100万分の1メートル)程度の液滴として分散しているもの。身近な例としては、ドレッシングやマヨネーズなどがある。

※3 界面張力: 油と水など、混じり合わない二種類の媒体の境界である界面にはたらく力。界面に存在する分子はお互いに引き付けあって凝集しようとする力によって、できるだけ表面積を小さくしようとする。

※4 マランゴニ対流: 同一の界面で界面張力の大きな領域と小さな領域があるとき、界面張力の小さな領域から大きな領域へと自発的に生じる流れ。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、千葉県政記者クラブ、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 専任講師 伴野 太祐 (ばんの たいすけ)

TEL: 045-566-1553 E-mail: banno@applc.keio.ac.jp

千葉大学 大学院理学研究院 教授 北畑 裕之 (きたはた ひろゆき)

TEL: 043-290-3723 E-mail: kitahata@chiba-u.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室（望月）

TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

E-mail : m-pr@adst.keio.ac.jp <https://www.keio.ac.jp/>

国立大学法人千葉大学 広報室

TEL : 043-290-2018 FAX : 043-284-2550

E-mail : koho-press@chiba-u.jp <https://www.chiba-u.ac.jp/index.html>