

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05066

研究課題名(和文) 分子変換により誘起される自己駆動する液滴の相転移現象

研究課題名(英文) Transformation of self-propelled droplets induced by molecular conversions

研究代表者

伴野 太祐 (Banno, Taisuke)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・講師

研究者番号：70613909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：界面活性剤水溶液中を自ら動く(自己駆動する)マイクロメートルサイズの液滴をプラットフォームに、種々の外部刺激を与えた際に駆動モードを変えたり、他の分子集合体へと相転移したりする化学システムの構築を目指した。金属イオンのリガンドとなるアニリン骨格を有する界面活性剤や光応答性の界面活性剤を用いることで、一方に駆動する走性を示した後に膜構造を有する凝集体へと相転移する現象や、複数の液滴が集合し、離散するといった複数の応答性を示すことを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超分子化学の観点から、細胞にみられる、高次に階層化された化学システムをつくりだし、その機能を搭載した材料を開発する試みがなされている。しかし、そのほとんどは、超分子構造体中の弱い分子間相互作用を外部刺激によって変換・制御することで、構造体の形状や物性をスイッチングするものであり、常にエネルギーの供給と散逸のある平衡から遠く離れた系で発現される細胞機能を再現するには至っていない。それに対し、本研究成果は化学反応を活用することで、細胞にみられる相転移現象の一端を再現することに成功しており、新たな機能性材料の設計指針を供するものである。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to construct chemical systems where self-propelled micrometer-sized oil droplets change the locomotion mode and/or transform to other aggregates under various external stimuli. By using reactive surfactants having a ligand with metal ions, such as aniline group, oil droplets exhibited chemotactic behavior and then transformed to aggregates having membrane structures. In addition, collective behavior of assembly and disassembly of oil droplets was found in aqueous solution containing photo-responsive surfactants.

研究分野：コロイド界面化学

キーワード：自己駆動液滴 非平衡系 界面活性剤 エマルション 金属錯体 光応答性 マイクロ流体デバイス
マランゴニ対流

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

超分子化学の概念のノーベル化学賞受賞を契機として、この分野が急速に進展した1990年代以降、生命の最小単位である細胞にみられる高次に階層化された化学システムを構成的につくりだすことで、特徴的な機能を理解しようとする試みが盛んになされてきた。このような潮流と相補的に、細胞機能の高効率かつ高選択なシステムを模倣した機能性材料の開発も同時に行われてきている。これのほとんどのものは、超分子構造体における弱い分子間相互作用を外部刺激によって変換・制御することで、構造体の形状や物性をスイッチングするというコンセプトに基づいている。したがって、このようなアプローチは平衡系を外部刺激によ

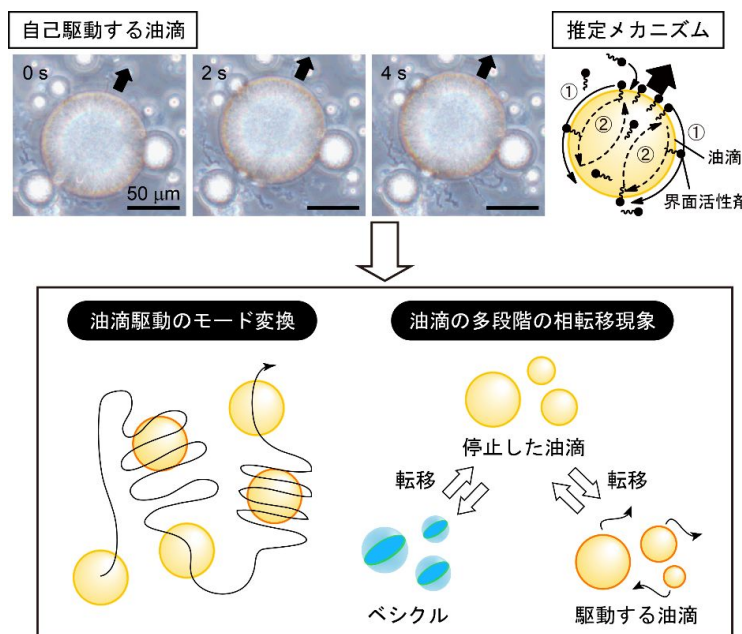


図1 自己駆動する油滴の相転移現象

て別の平衡系に誘導する手法が基盤である。細胞は、常にエネルギーの供給と散逸のある平衡から遠く離れた系にあるが故にその機能を発現しているものの、その系において構造体が経時的に相転移する化学システムを構築する取組みは十分とは言えない。超分子化学分野においては、生命にみられる機能を化学システムとしてより忠実に再現する試みが加速しており、Systems Chemistry という一分野も台頭してきている。そのなかで、細胞システムを構築できれば細胞の機能創発への理解が飛躍的に進むとともに、材料科学分野においても現行のものづくりの考え方や開発方針を大きく転換させる、想像もできないインパクトをもたらすという見通しを示している。しかし、平衡から遠く離れた系にあるが故に発現される細胞機能を超分子集合体に見出すには至っていない。

細胞機能が創発される化学システムの1つとして、我々が見出した、細胞サイズの油滴が界面活性剤水溶液中を自ら泳ぐ(自己駆動する)現象が挙げられる(図1)。本現象は、油滴界面の界面張力勾配により生じる界面活性剤の流れ(マランゴニ効果)と、それに伴って生じる油滴内外の対流によるものと推定されており、油滴表面の界面張力が均一に近づくと停止する。このような非平衡系における油滴のダイナミクスについて、我々はこれまでに、化学反応により系を構成する成分の組成を変えて油滴内部および油滴界面の状態を変化させることで、走性や分裂、融合といった細胞様の挙動が現れることを明らかにしてきた。これらは、系の空間的・時間的な不均一性を誘起する構成成分の分子変換が油滴の運動モードを変化させる上で有効な戦略であることを示している。しかしながら、細胞ダイナミクスの一部を油滴に見出したにすぎず、細胞のように時間発展的に異なる機能を発現するような相転移現象を誘導するには至らなかった。

2. 研究の目的

上記のような背景から、本研究では「油滴駆動モードの変換」と「油滴の多段階の相転移」を誘導する化学システムの構築を目指した。具体的には、(1)外部刺激に対する油滴の多段階な応答性、(2)油滴の集団/離散現象、(3)油滴駆動のモード変換、の3つのモジュールに分けて、生命らしさを議論する上で重要な要素の1つである相転移現象の誘導を目指した(図1)。

3. 研究の方法

(1) 外部刺激に対する油滴の多段階な応答性

顕微鏡観察用の試料は、室温下(23-25 °C)、10 mM 金属塩(NaBr, MgBr₂, CaBr₂, FeBr₂, CoBr₂, NiBr₂およびCuBr₂)、30 mM ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド(HTAB)および10 mM アニリン骨格を有するカチオン性界面活性剤(ABTAB)の水溶液 90 μL に、ラウロニトリル 4.5 μL を分散させて軽く振とうすることで調製した。この全量をフレイムシールチャ

ンバー内に流し込み、スライドガラスで封入することでプレパレートを作製し、調製直後から位相差顕微鏡により観察した。また、油滴の応答性として駆動の方向および駆動を停止した後の構造転移を観察するために、簡易的なマイクロ流体デバイスの作成を以下の手順より行った。まず、グリセリン 16% (v/v)、アガロース 3% (w/v) 水溶液を用いて直径 1 mm のゲルワイヤーを作った。固まったポリジメチルシロキサン (PDMS) の上にゲルワイヤーを置いて、その上から架橋前の PDMS を流し込み、55 °C で 1 時間かけて固化させた。ゲルワイヤーを設置した地点まで穴をあけ、そこから熱湯を流すことでアガロースゲルを溶かし出すことで流路を作製した。HTAB 濃度を 30 mM、ABTAB 濃度を 10 mM に調製した水溶液 90 μ L にラウロニトリル 4.5 μ L を分散させ、軽く振とうすることで調製した分散液を流路内に流し込み、その後シリンジポンプを用いて 20 mM の CuBr₂ 水溶液を 1 μ L/min の速度で注入し、位相差顕微鏡で油滴の観察を行った。

(2) 光照射下での油滴の集合 / 離散現象

アゾベンゼン骨格を有する光応答性界面活性剤 (AzoTAB) 50 mol% とドデシルトリメチルアンモニウムブロミド (DTAB) 50 mol% からなる 50 mM 界面活性剤水溶液 85.7 μ L に対して 4-ヘプチルオキシベンズアルデヒド (HBA) 4.3 μ L を分散させ、試料を調製した。この分散液をフレームシールチャンパー内に流しこみ封入することでプレパレートを作製した。油滴の自己駆動終了後、プレパレートの上から紫外光 (UV, $\lambda = 365$ nm) を 180 秒間、ついで可視光 (Vis, $\lambda = 470$ -495 nm) を 180 秒間照射したときの油滴の挙動を位相差顕微鏡で観察した。

(3) 油滴駆動のモード変換

界面活性剤および油分子間の相互作用と液滴の駆動モードの関連性を明らかにするために、アルキル鎖中に分岐構造を有する油分子およびカチオン性界面活性剤と、その異性体であるアキラルな界面活性剤を合成した。分岐構造を有する化合物の光学純度は、キラルカラムを用いたクロマトグラフィーおよび旋光度により求めた。合成した界面活性剤および典型的なカチオン性界面活性剤である HTAB を用いて、それらの水溶液 85.7 μ L に 4.3 μ L の油成分を加え、攪拌することで試料分散液を調製した。全量をフレームシールチャンパー内に流し込み、スライドガラスで封入することでプレパレートを作製し、位相差顕微鏡で油滴の観察を行った。解析ソフト Image J により、撮影した動画から油滴の粒径および速度を解析した。

4. 研究成果

(1) 外部刺激に対する油滴の多段階な応答性

本項では、金属イオンと界面活性剤との錯体形成に着目し、油滴の多段階な応答性を誘導することを目標に、金属イオンと配位能を示すアニリン骨格を有する界面活性剤 (ABTAB) を合成し、ラウロニトリル油滴の金属イオン応答性を調べた (図 2)。分散液で満たしたチャンパー中においては、いずれの金属塩存在下でも油滴の駆動が確認され、特に CuBr₂ 存在下においては、ABTAB を混合した条件の方が混合しない条件よりも油滴の駆動が長期化した。CuBr₂ を共存させると界面活性剤溶液に色が無色から濃褐色に変化したことと、¹H NMR 測定より ABTAB のベンゼン環メチン由来のピークが低磁場側へシフトしたことから、ABTAB のアニリン骨格が Cu

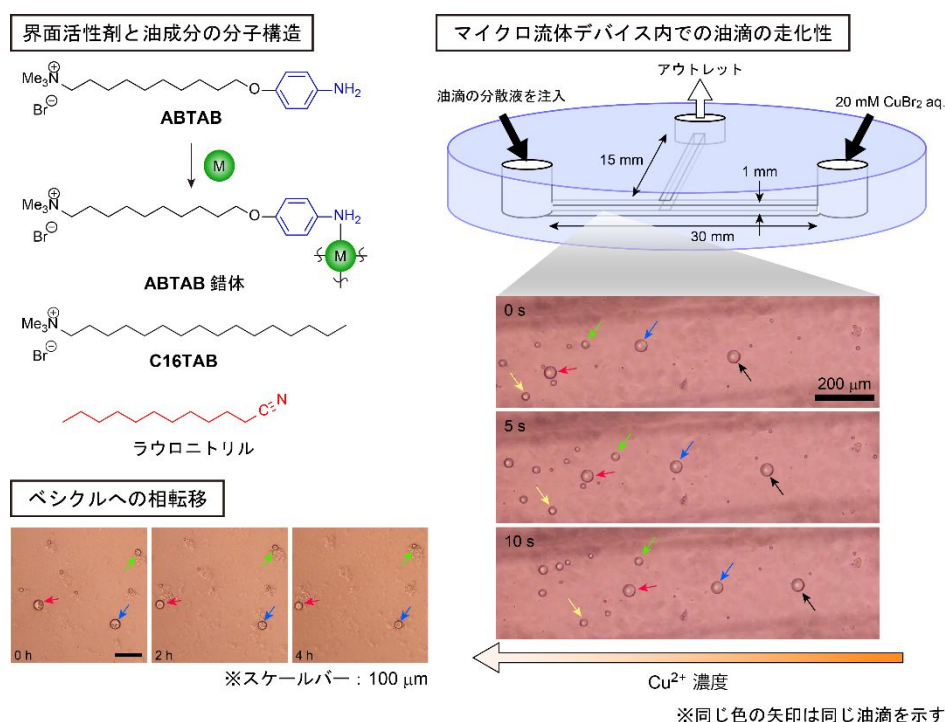


図 2 金属イオン存在下での油滴の多段階の相転移現象

イオンと錯体を形成するものと考えられた。また、Wilhelmy 法による表面張力測定から、この錯体は **ABTAB** とは異なる界面活性性を有することが示唆された。したがって、錯体の生成により油滴が駆動するのに十分な強さの対流が誘起され続けやすくなったために油滴の駆動は長期化したものと推定された。マイクロ流体デバイス中に油滴の分散液を満し、片側から CuBr_2 水溶液を注入したところ、油滴は CuBr_2 の高濃度領域に向けて駆動し、正の走化性が認められた（図 2）。これは、**ABTAB** と Cu イオンとの錯体が駆動する油滴の前方に豊富に存在し、それにより界面張力が低下したことによるものと考えられた。また、駆動停止後には、膜構造を有する凝集体へと相転移した。共焦点走査型蛍光顕微鏡により、脂溶性の蛍光分子が膜部分に局在化し、この分散液に電解質を添加すると、徐々に収縮することが認められた。これは、膜内外の電解質の濃度差にもとづく浸透圧による崩壊と考えられることから、形成した凝集体はベシクルであることが示唆された。本知見は、油滴の多段階の相転移を誘導したはじめての例として、超分子化学の観点から大変興味深い。

(2) 光照射下での油滴の集合 / 離散現象

我々はこれまでに、生物でみられる走性を模倣した、油滴が光に対して一方向に動く現象を見出しているが、油滴どうしが相互作用し、マクロな集団挙動が現れる化学システムの構築には至っていなかった。そこで、本項では光刺激に伴い複数の油滴が相互作用することで創発する集団挙動を誘導することを目的に、光応答性官能基であるアゾベンゼンを有する界面活性剤 (**AzoTAB**) を合成し、それと **DTAB** との混合溶液中での **HBA** 油滴の挙動を観察した。

調製した分散液に UV を照射したところ、多数の油滴が集合して油滴群を形成し、その後の Vis 照射時には、集合化していた油滴が離散した（図 3）。集合化する際の 2 つの油滴の距離は $100 \mu\text{m}$ 以内であり、閾値が存在した。紫外可視吸収スペクトルより、UV および Vis 照射下で **AzoTAB** の異性化が進行することが認められ、また、懸滴法による界面張力測定からは、**AzoTAB** の光異性化に伴って油水界面張力が変化することが確認された。油成分である **HBA** は使用した波長領域の UV を吸収したことから、UV 照射時には油滴の片側（光を照射した側）で **AzoTAB** のトランス体からシス体への異性化が進行し、界面張力が変化したと考えられた。これにより、油滴下部から上部への対流が形成し、これが他の油滴を引き寄せつつ、その対流により生じた 2 つの油滴間に界面活性剤の濃度勾配が形成されたことで、油滴がお互いに引き合うように駆動し、集合化したと推定された。油滴群周囲で誘起された対流の及ぼす範囲には限界があることから、複数の油滴が集合化する際の油滴間距離には閾値が存在したと言える。Vis 照射時には、**HBA** の屈折率にもとづいて油滴下部でも上部（光照射側）と同様に **AzoTAB** の光異性化が進行するために、油滴表面に四重極の流れ場が形成し、その対流どうしが反発しあうことで離散が生じたと考えられた。本現象は、化学反応をトリガーとする油滴の集団挙動を報告したはじめての例であり、非線形ダイナミクスの観点から大変興味深い。

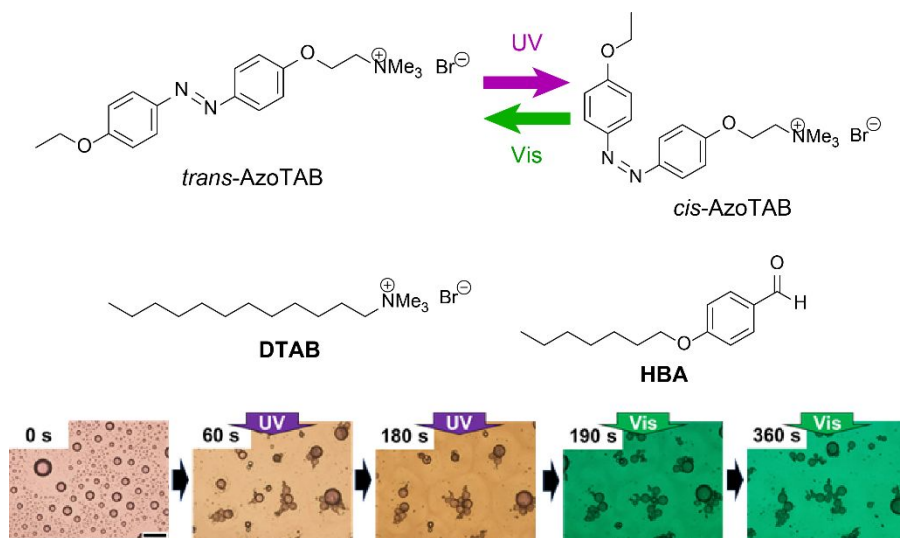


図 3 化合物群の分子構造と光照射下で誘起される油滴の集合 / 離散の顕微鏡写真（スケールバー： $200 \mu\text{m}$ ）

(3) 油滴駆動のモード変換

本項では、界面活性剤および油分子の分岐構造およびキラリティーに着目し、カチオン性界面活性剤水溶液中でのベンズアルデヒド誘導体からなる油滴の運動モードに与える影響を調査した（図 4）。観察を行った全ての 50 mM カチオン性界面活性剤水溶液中において、いずれの油成分からなる油滴も頻繁に方向を変えて駆動する蛇行運動が認められた。一方、分岐構造を有する **C12iPr** の水溶液中で、**MHBA** 油滴は蛇行運動をしながらも、連続的に円軌道を描く回転運動や、直進と逆進を繰り返す往復運動を示し、また蛇行運動をするという、断続的に異なる駆動モード

が現れることを見出した(図4右)。分岐構造を有する界面活性剤および油成分のキラリティーによる油滴の駆動モードに違いは認められなかった。また、それらの駆動速度は C12Pr 水溶液中と比べて遅い傾向が認められた。Image J により油滴内部の流れを解析したところ、これらの運動と油滴内部の対流構造はおおよそ一致した。一方、界面活性剤および油分子のキラリティー(光学純度)により油滴の運動モードに顕著な差異は確認されなかった。界面活性剤濃度が 20 mM 以下の条件では油滴の駆動は認められず、回転や往復運動は 30 ~ 100 mM の条件下、70 ~ 200 μm の油滴にみられた。現在、油水の界面張力測定を行い、回転や往復運動が現れるメカニズムについて調査を進めている。

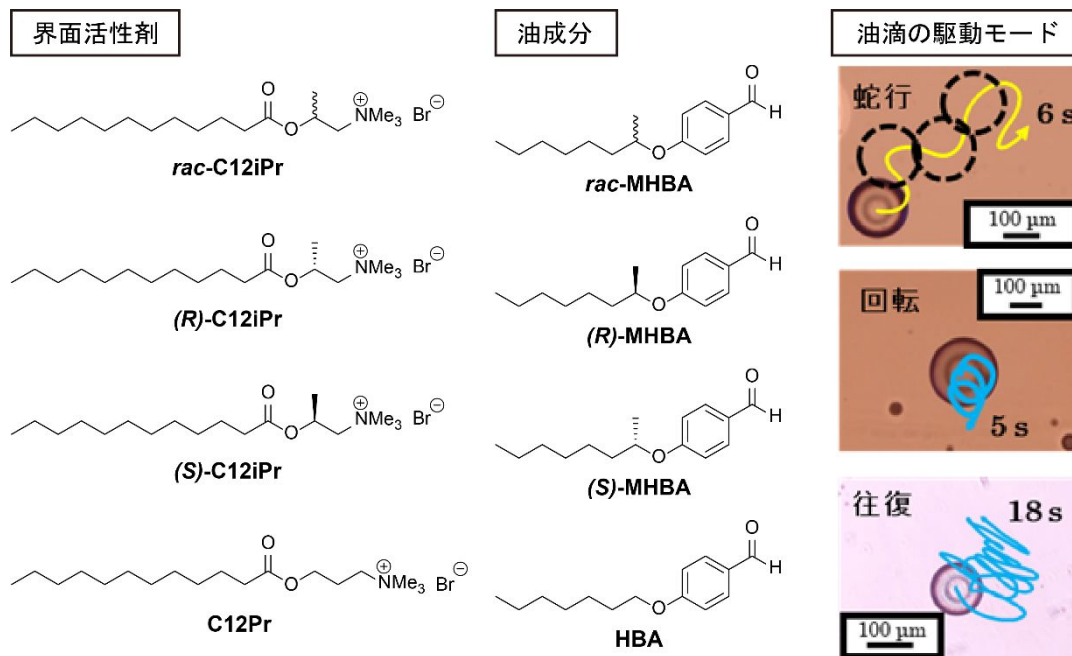


図4 化合物の分子構造と観察された特異的な油滴の駆動モード

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kozuka Shohei, Banno Taisuke, Fujii Syuji, Nakamura Yoshinobu, Yusa Shin-ichi	4. 巻 48
2. 論文標題 Disruption of Liquid Marbles Induced by Host-Guest Interaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 840 ~ 843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kasuo Yui, Kitahata Hiroyuki, Koyano Yuki, Takinoue Masahiro, Asakura Kouichi, Banno Taisuke	4. 巻 35
2. 論文標題 Start of Micrometer-Sized Oil Droplet Motion through Generation of Surfactants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 13351 ~ 13355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b01722	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tameyuki Maito, Hiranaka Hisato, Toyota Taro, Asakura Kouichi, Banno Taisuke	4. 巻 35
2. 論文標題 Temperature-Dependent Dynamics of Giant Vesicles Composed of Hydrolysable Lipids Having an Amide Linkage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 17075 ~ 17081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b02707	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hirono Ayana, Toyota Taro, Asakura Kouichi, Banno Taisuke	4. 巻 34
2. 論文標題 Locomotion Mode of Micrometer-Sized Oil Droplets in Solutions of Cationic Surfactants Having Ester or Ether Linkages	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7821 ~ 7826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b01352	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Konno Shota, Banno Taisuke, Takagi Hideaki, Honda Satoshi, Toyota Taro	4. 巻 13
2. 論文標題 Irreversible aggregation of alternating tetra-block-like amphiphile in water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0202816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0202816	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Banno Taisuke, Toyota Taro, Asakura Kouichi	4. 巻 30
2. 論文標題 Cell-Mimicry Behaviors of Micrometer-Sized Oil Droplets in Aqueous Solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Artificial Life Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 13 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/isal_a_00010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sawada Daichi, Hirono Ayana, Asakura Kouichi, Banno Taisuke	4. 巻 10
2. 論文標題 pH-Tolerant giant vesicles composed of cationic lipids with imine linkages and oleic acids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 34247 ~ 34253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra06822e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 平中寿人, 朝倉浩一, 伴野太祐
2. 発表標題 ジアミンおよびジチオエステル化合物を含むリポソームの構造安定性
3. 学会等名 第71回コロイドおよび界面化学討論会 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Kojima, Hiroyuki Kitahata, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Photoinduced cooperative behavior of micrometer-sized oil droplets in azobenzene-containing surfactant solution
3. 学会等名 日本油化学会第59回年会（オンライン）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuri Yamaguchi, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Photo-responsive behaviors of molecular aggregates composed of cationic and anionic surfactants
3. 学会等名 日本油化学会第59回年会（オンライン）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Kojima, Hiroyuki Kitahata, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Photo-responsive collective behavior of oil droplets in surfactant solution
3. 学会等名 アクティブマター研究会2021（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daichi Sawada, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Creation of molecular system emerging multi-step phase transition of supramolecular architectures
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会（オンライン）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菊池孝宜, 朝倉浩一, 伴野太祐
2. 発表標題 電解質を含むカチオン性界面活性剤水溶液中におけるウンデカノールとデカノールからなる油滴の変形
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伴野太祐
2. 発表標題 生命らしいダイナミクスを誘起する分子システムの設計
3. 学会等名 第7回慶應有機化学若手シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伴野太祐
2. 発表標題 分子デザインによる生命らしい油滴ダイナミクスの誘導
3. 学会等名 MIMS/CMMA Seminar on Self Organization 第26回自己組織化セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山星汐彩, 朝倉浩一, 伴野太祐
2. 発表標題 界面活性剤水溶液中で自己駆動する油滴の金属イオン応答性
3. 学会等名 日本油化学会第58回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daichi Sawada, Koichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 pH-Responsibilities of giant vesicles composed of cationic lipids with imine linkages and oleic acids
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hibiki Ueno, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Structural stability of giant vesicles consisting of cationic amphiphiles having diamide skeletons
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島祐太郎、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 界面活性剤水溶液中での分岐構造を有するベンズアルデヒド誘導体からなる油滴の運動モード
3. 学会等名 第29回非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yifei Liao, Kouichi Asakura, Taisuke Banno
2. 発表標題 Emergence of vesicle-like assemblies induced by production of triazole-type cationic lipids
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taisuke Banno, Yui Kasuo, Hiroyuki Kitahata, Yuki Koyano, Masahiro Takinoue, Kouichi Asakura
2. 発表標題 Required Conditions for Self-Propelled Motion of Micrometer-Sized Oil Droplets in Surfactant Solution
3. 学会等名 Gordon Research Conference Oscillations and Dynamic Instabilities in Chemical Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taisuke Banno, Taro Toyota, Kouichi Asakura
2. 発表標題 Cell-Mimicry Behaviors of Micrometer-Sized Oil Droplets in Aqueous Solution
3. 学会等名 ALIFE2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 冠木麻里、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 O/Wエマルション中で自己駆動する油滴のpH応答性
3. 学会等名 日本油化学会第57回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴野太祐
2. 発表標題 両性界面活性剤水溶液中でのpHによる微小油滴の運動制御
3. 学会等名 第18回油脂優秀論文賞受賞講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴野太祐
2. 発表標題 合成化学からの自己駆動物体
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笈川貴規、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 アミド結合を有するジチオール化合物の水 / 有機溶媒混合溶液中での自己集合化
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澁谷優輝、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 1,2,3-トリアゾール基を有する三分岐型両親媒性化合物のその場合成と錯体形成によるゲル化
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山星汐彩、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 アニリン骨格を有する界面活性剤水溶液中における金属イオン存在下での油滴の自己駆動
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笈川貴規、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 アミド結合を有するジチオール化合物の水 / 有機溶媒混合溶液中での自己集合化
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澁谷優輝、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 1,2,3-トリアゾール基を有する三分岐型両親媒性化合物のその場合成と錯体形成によるゲル化
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山星汐彩、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 アニリン骨格を有する界面活性剤水溶液中における金属イオン存在下での油滴の自己駆動
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴野太祐
2. 発表標題 分子デザインによる液滴ダイナミクスの制御
3. 学会等名 第5回つくば時空間ダイナミクスの会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池孝宜、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 界面活性剤水溶液中でのウンデカノールとデカノールを混合した油滴の運動モード
3. 学会等名 第28回非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taisuke Banno
2. 発表標題 Unique Dynamics of Molecular Self-Assemblies Induced by Chemical Reactions
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島祐太郎、朝倉浩一、伴野太祐
2. 発表標題 カチオン性界面活性剤水溶液中でのキラルなベンズアルデヒド誘導体からなる油滴の運動モード
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Taro Toyota, Taisuke Banno, Kouichi Asakura	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Royal Society of Chemistry	5. 総ページ数 371ページ（23ページ分担当）
3. 書名 Self-organized Motion: Physicochemical Design based on Nonlinear Dynamics (分担執筆: Chapter 5. Synthetic Approaches to Control Self-propelled Motion of Micrometre-sized Oil Droplets in Aqueous Solution)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

慶應義塾大学工学部応用化学科朝倉研究室ホームページ
<http://www.applic.keio.ac.jp/~asakura/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			