

令和 2 年 5 月 27 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04189

研究課題名(和文) マイクロ空間動力としての自己運動系の研究

研究課題名(英文) Study of self-moving chemical systems for power source of microsystems

研究代表者

塩井 章久 (Shioi, Akihisa)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：00154162

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：マイクロ空間での生物模倣型の動力源となるような自律運動系について研究を行った。主な対象は、そのような運動性を示す両親媒性分子集合体、触媒粒子系、油水界面、液滴、微小粒子系である。各々の系について化学物質感知性、光感受性、直流電場での振動運動性など、自己励起性を示す自律運動系を新たに見出すことに成功した。さらに、運動要素の非線形的同期による運動の増幅を示す形についても新たな研究を行った。これらの成果は多数の学術論文、国際会議、国内学会発表として公刊された。これらの研究成果はマイクロ空間における生物模倣的な自己運動性動力源として利用できると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学的なマイクロシステムは高度分析や物質生産の新しい形態として注目されているが、その内部では流体を流す動力が必要である。現在、通常のポンプを用いてマイクロシステムに流体を流す操作が一般的である。一方、生物は化学反応のエネルギーにより自ら体液の循環を維持しながら多様な高度な機能を営む化学システムである。本研究では、生物がもつこのような自己運動性を示す化学システムを広範に研究し、マイクロ空間における動力源としての発展を目指すものである。このような着想による研究成果が蓄積すれば、化学システムの動力源として、そこで営まれる化学反応から自律的に動力を得るといった画期的な技術の発展が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Autonomously moving chemical systems that exhibit biomimetic motion potentially working as power sources in microsystems have been studied. Main systems are composed of amphiphilic molecular assembly, catalytic particles, oil/water interface, liquid droplet, and solid particle. They show chemo and light sensitive motions, and some of them exhibits periodic motion under a DC electric field. Various types of moving systems with self-excitation process have been found out. Moreover, synchronous motion generated from each elementary motion has been studied with a novel oil/water nonlinear oscillator. This may be useful to consider amplification of self-motile power. These achievement has been published in scientific journals international and domestic conferences. These chemical systems will be useful for power sources working for microsystems.

研究分野：化学工学

キーワード：マイクロシステム 自己運動性 非平衡非線形

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

マイクロマシン、マイクロ流路、マイクロリアクター、マイクロ分析システムなどナノマイクロシステム(以下、微小システム)を進展させ利用するためには、動力が生まれる流体の流れや、微小なパーツの運動が必要となる。微小な化学システムの代表例である細胞などの生物系では、必要な動力を内部の化学反応で生成し、それによって化学ポテンシャルに関係なく必要な場所に必要な物質を送達する能動輸送機能も備えており、このような生物的機能を人工的な微小システムに導入することができれば、システムの機能に飛躍的な発展が期待できる。生物は、細胞などの微小システムと外部との界面を通じた物質の出入りにもなう化学反応を利用して界面そのもので動力を発生するという、人類のテクノロジーとは全く異なる原理で動力を生み出し利用することで、高度な運動機能など未だ人類が実現できない機能を実現している。生物的な化学エネルギーの利用を可能にするような自己運動系の研究は、これまで、液体界面で自発的に対流が発生するマランゴニ効果を用いたものが多いが、この運動機構は巨視的スケールの対流を伴うため微小スケールの系には適用困難である。より多様な自己運動系の研究を進展させて、ミクロンスケールの自己運動に一層の生物的機能を与えることができれば、まさに、微小化学システムでの機能的な動力源をつくることのできる。

### 2. 研究の目的

マイクロマシン、マイクロ流路、マイクロリアクター、マイクロ分析システムなどのナノマイクロシステムの内部で進む物理化学的過程から、自律的に動力を発生するシステムを研究する。申請者が長年の研究で得たいくつかの自己運動系をナノマイクロシステムの動力源として発展させるために、微小スケールでの自己運動の特性を解明し、さらに、これに化学物質感受性や光などの外部場応答性といった生物的機能を与えることを目指す。複数の運動物体の非線形的同期を利用した運動素子のナンバリングアップによる動力の増幅なども視野に入れながら、現状では生物だけが利用し得るエネルギー変換機能を導入し、革新的な微小エネルギー変換系の研究へと発展させる。

### 3. 研究の方法

原理的に微小システム内で動作が可能な自己運動機構として、触媒粒子マイクロモーター、直流電場による運動系、分子集合体系の3種類の系を主な対象として計画したが、研究の展開により油水系を含む広範な系を対象として研究を進めた。広範な自己運動系に関する研究を進め、これらに化学物質感受性や光応答性など外部場による制御性を与えることも目指した。このような生物的な機能の付与についても研究を進めるとともに、運動素子の動機による運動の増幅なども研究し、生物的機能を有する自己運動系を実現しマイクロ空間における動力源としての研究を進めた。

### 4. 研究成果

本研究で得られた成果は、触媒粒子系、両親媒性分子集合体系、油水系、直流電場マイクロモーター系など、多岐にわたっているが、本成果報告書では最終年度に論文として公開した成果の中からマイクロ空間動力の研究において特に興味深いと考えられる運動素子の同期による運動の増幅を扱った研究について報告する。

同期を研究するための化学的振動子として、Fig.1a に示す油水界面(水/ニトロベンゼン系)とガラス表面から形成される接触線の自発運動に着目した。この液柱はガラス管内を規則的に往復運動する。この運動は水中の臭化トリメチルステアリルアンモニウムと油中のヨウ化物アニオンとの反応で発生することが、これまでの研究から分かっている。直径 2.4mm、長さ 40mm にガラス管内に油相、水相、油相をそれぞれ 25、20、25  $\mu\text{l}$  ずつ入れて液滴の往復運動を発生させ液柱振動子として用いた。Fig.1b に示すように、この振動子を機械的に前後運動、傾斜運動する振動板上におき液柱の運動を観察した。さらに、Fig.1c に示すように、水上に浮かぶ船の上に複数設置し、液滴運動が誘発する船の運動によって液滴間に相互作用が生じることによる同期について研究を行った。

機械的に振動する板の上の液柱振動子について、液滴が外部振動の影響を受けていないときの液滴振動数を液滴固有振動数 $f_{d,0}$ とする。 $f_{d,0} = 1.35 \text{ Hz}$  のとき、外部振動数 $f_e = 1.47, 1.62 \text{ Hz}$  の前後運動を与えたときの、外部振動と液滴の位相差を Fig.2a に、 $f_{d,0} = 1.51 \text{ Hz}$  のとき、 $f_e =$

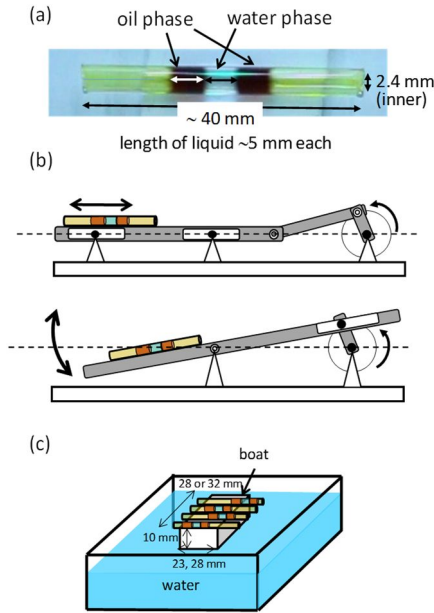


Fig.1 Experimental setup of the liquid column oscillator. (a) Snapshot of moving liquid column. (b) Schematic representation of the mechanical vibrator. Back and forth (upper) and periodic tilt (lower) (c) Schematic representation of the experiment with a boat floating on water surface.

1.10, 1.71 Hz の傾斜運動を与えたときの位相差  $\theta$  を Fig. 2b に示す。なお、液柱運動と機械的運動の両方について、一周期を  $2\pi$  として空間上の位置に比例するように位相を定義した。全ての実験で外部振動は 30 s から開始している。前後、傾斜の量運動について、外部振動数と液柱の固有振動数が近い時には位相差が一定となる引き込みが起こっており、そうでないときは引き込みが起こらないことが分かる。

前後振動、傾斜振動それぞれにおいて様々な  $f_e$  で実験したときの  $f_d/f_{d,0}$  と  $f_e/f_{d,0}$  の関係を Fig. 3 に示す。  $f_e$  と  $f_{d,0}$  の値が近いとき、プロットは  $f_d = f_e$  上にあり、引き込みが起こっていることが分かる。  $f_e$  と  $f_{d,0}$  の値が離れているときは  $f_{d,0} \approx f_d$  となり、引き込みが起こらないことが分かった。したがって前後振動、傾斜振動とも確かに引き込み効果があり、固有振動数と外部振動数が近いときに引き込みが生じることが分かった。

外部振動数が一定であるとすると、外部振動の位相  $\theta$  の時間  $t$  の微分は角振動数となり、次式が成立する。

$$\frac{d\theta}{dt} = 2\pi f_e$$

ここで前後振動では慣性力が、傾斜振動では重力が液滴に作用して引き込みが生じるとする。液滴が進行方向に対して同じ向きに力を受けると加速、逆向きに力を受けると減速するとして、以下の式を仮定した。

$$\frac{d\theta}{dt} = 2\pi f_d = 2\pi f_{d,0}(1 - K \cos\theta \sin\theta)$$

ただし  $K$  は引き込みの強さを表す正の定数である。これらの式を数値的に解くことで、位相差を計算することができる。前後振動、傾斜振動それぞれにおいて、  $K = 0.184, 0.341$  としたときの結果を Fig. 4a,b に示した。実験結果と良く一致した結果が得られた。

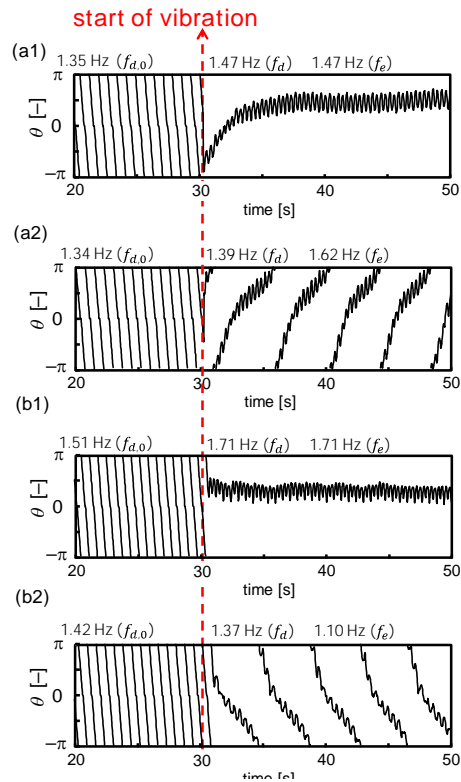


Fig.2 Phase difference between mechanical vibration and liquid column motion. Mechanical vibration is applied at 30 s. (a) Back and forth vibration, and (b) tilt vibration. (a1, b1) External frequency is close to the natural frequency of the liquid column. (a2, b2) Both frequencies are relatively far apart. The natural frequency immediately after the vibration experiment is (a1) 1.35 Hz but tends to decrease. (a2) 1.30 Hz, at least, for 5 s, (b1) 1.50 Hz, at least, for 10 s, and (b2) 1.43 Hz, at least, for 10 s.

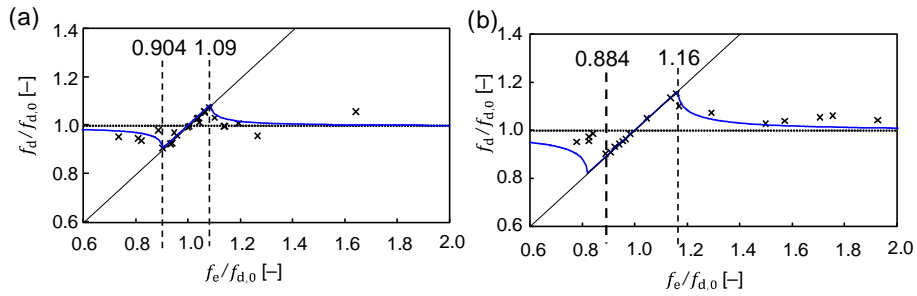


Fig.3 Dependency of the frequency of liquid column motion on that of external vibration (a) Back and forth vibration. (b) Tilt vibration. Plots are located on a red line when both frequencies are identical.

水上での同期実験のスナップショットを、Fig. 5 に示す。0 s 付近でランダムに運動していた二つの液滴は、30 s 後には位置を揃えて運動していることが分かる。船は液滴運動によって前後振動と傾斜振動を示したため、液滴、船の前後振動、傾斜振動それぞれの位相を機械振動と同様に定義し、液滴-液滴、前後振動-液滴、傾斜振動-液滴の位相差を検討した結果、液柱振動子の同期は船の傾斜振動によるものであると考えられる。

液柱振動子の運動速度は油とガラス面の接触線近傍での塩化トリメチルステアリルアンモニウムとヨウ化物イオンの物質移動と反応速度で決まると考えられる。本研究の結果は、それらで決まる液柱の運動速度が巨視的な運動と相互作用して全体の速度過程が決まることを示している。また、巨視的な運動そのものが液柱の運動によって誘起される場合もある。このようにマクロとミクロが協同して全体の速度過程が決まるという特徴は生物的な運動に顕著であり、マイクロ空間動力として、運動素子の同期による運動の増幅を考察する時に重要な要素となると考えられる。

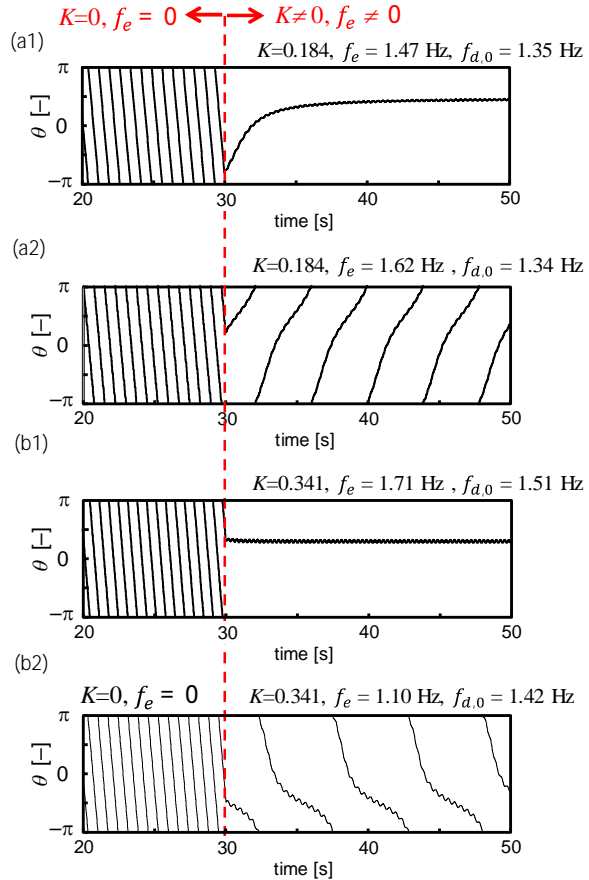


Fig.4 Calculated difference.  $K$  value is zero before 30 s and is assumed to be the value shown in the figure after 30 s. Natural and external frequencies are similar to those in Fig. 2. (a) Back and forth vibration, and (b) tilt vibration. (a1, b1) External frequency is near the natural frequency of the liquid column. (a2, b2) Both frequencies are relatively far apart.

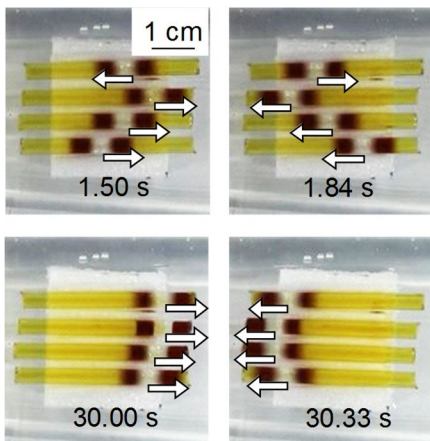


Fig.5 Experimental results of four glass tubes on a boat.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Masahiro Kasai, Daigo Yamamoto, Erika NAWA-OKITA, and Akihisa Shioi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Synchronization of chemo-mechanical oscillators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) in press	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 Nawa-Okita, Erika; Nakao, Yuki; Yamamoto, Daigo; Shioi, Akihisa	4. 巻 93
2. 論文標題 A molecular assembly machine working under a quasi-steady state pH gradient	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 604-610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1246/bcsj.20190348">https://doi.org/10.1246/bcsj.20190348</a>	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 Daigo Yamamoto, Kento Kosugi, Kazuya Hiramatsu, Wenyu Zhang, Akihisa Shioi, Kaori Kamata, Tomokazu Iyoda, and Kenichi Yoshikawa	4. 巻 150
2. 論文標題 Helical micromotor operating under stationary DC electrostatic field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 14901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1063/1.5055830">https://doi.org/10.1063/1.5055830</a>	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 Hisato Kawashimaa, Akihisa Shioi, Richard J. Archer, Stephen J. Ebbens, Yoshinobu Nakamura, Syuji Fujii	4. 巻 9
2. 論文標題 Light-driven locomotion of centimeter-sized object on air-water interface: Effect of fluid resistance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 8333-8339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1039/C9RA01417A">https://doi.org/10.1039/C9RA01417A</a>	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 該当する

1. 著者名 Yasunao Okamoto, Yoko Sasaki, Erika Nawa-Okita, Daigo Yamamoto, and Akihisa Shioi	4. 巻 35
2. 論文標題 Autonomous Movement System Induced by Synergy between pH Oscillation and a pH-Responsive Oil Droplet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14266-14271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02072">https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02072</a>	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 Yudai Mikuchi, Hirofumi Yamashita, Daigo Yamamoto, Erika Nawa-Okita, Akihisa Shioi	4. 巻 7
2. 論文標題 Ionic Tuning of Droplet Motion on Water Surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://dx.doi.org/10.3389/fchem.2019.00788">https://dx.doi.org/10.3389/fchem.2019.00788</a>	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 Daigo Yamamoto, Kento Kosugi, Kazuya Hiramatsu, Wenyu Zhang, Akihisa Shioi, Kaori Kamata, Tomokazu Iyoda, and Kenichi Yoshikawa	4. 巻 150
2. 論文標題 Helical micromotor operating under stationary DC electrostatic field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 14901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5055830	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 Hisato Kawashimaa, Akihisa Shioi, Richard J. Archer, Stephen J. Ebbens, Yoshinobu Nakamura, Syuji Fujii	4. 巻 9
2. 論文標題 Light-driven locomotion of centimeter-sized object on air-water interface: Effect of fluid resistance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 8333-8339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ra01417a	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 該当する

1. 著者名 山本大吾, 柳谷拓也, 井尾裕斗, 塩井章久	4. 巻 54
2. 論文標題 化学反応によって誘起される触媒微粒子の化学走性の発現	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 粉体工学会誌	6. 最初と最後の頁 770-775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.4164/sptj.54.770">https://doi.org/10.4164/sptj.54.770</a>	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 D. Yamamoto, R. Yamamoto, A. Shioi, S. Fujii, K. Yoshikawa	4. 巻 46
2. 論文標題 Periodic Motions of Solid particles with Various Morphology under a DC Electrostatic Field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1470-1472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1246/cl.170622">https://doi.org/10.1246/cl.170622</a>	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 Masato Nakada, Yukihiro Fujikami, Masaharu Kawaguchi, Daigo Yamamoto and Akihisa Shioi	4. 巻 1
2. 論文標題 A molecular assembly that crawls on a solid substrate with a metabolic-like process	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Molecular Systems Design & Engineering	6. 最初と最後の頁 208-215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5ME00012B	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 塩井章久, 山本大吾, 沖田 (名和) 愛利香	4. 巻 17
2. 論文標題 生物のように見える運動を示すコロイド	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 オレオサイエンス	6. 最初と最後の頁 25-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計56件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 18件）

1. 発表者名 Wenyu Zhang, Kento Kosugi, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi, Kaori Kamata, Tomokazu Iyoda, Kenichi Yoshikawa
2. 発表標題 Cork-screw Motion of Micro Helical Particle in an Oil Phase under a DC Voltage
3. 学会等名 ISME-10 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihisa Shioi
2. 発表標題 Design of moving chemical systems with semblance of life
3. 学会等名 Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuri Kishi, Erika Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Interfacial motor powered by spontaneous flow at oil/water interface
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress(APCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Nawa, Yuki Nakao, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Acid/soap vesicle working under a quasi-steady state pH gradient
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress(APCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Erika Nawa, Yuki Nakao, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Driving force of vesicle with autonomous motion under a quasi-steady state pH gradient
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoaki Nakano, Erika Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Quantitative evaluation of synchronization of oil droplet oscillation on water surface
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Kasai, Erika Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Synchronization and entrainment of oil/water/oil droplet's oscillators in glass tubes
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihisa Shioi
2. 発表標題 Design of chemical systems with semblance of life
3. 学会等名 The Active Matter Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名和愛利香, 中尾友紀, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 自己組織化した分子集合体の指向的運動によるエネルギー変換
3. 学会等名 粉体工学会2019年度 春期研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿本一朗, 神崎敬浩, 小杉健斗, 張文煜, 名和愛利香, 山本大吾, 彌田智一, 吉川研一, 塩井章久
2. 発表標題 油相中直流電場下での微粒子の周期的運動
3. 学会等名 第65回高分子研究発表会(神戸)65周年記念講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮地一輝, 山下亮, 名和愛利香, 山本大吾, 塩井章久, Marie Pierre Krafft
2. 発表標題 水面上におけるフッ素油滴の動的自己組織化の創出
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 寺田 遼翔, 名和愛利香, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 白金触媒粒子の自発的運動系における粒子形状の影響
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 上野優里香, 名和 愛利香, 山本 大吾, 塩井 章久
2. 発表標題 フッ化炭素を利用したPt触媒粒子の自発運動
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 Masahiro Kasai, Jumpei Maeno, Erika Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Synchronization of oil/water/oil droplets movements in glass tubes
3. 学会等名 13th Korea-Japan Symposium on Materials and Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wenyu ZHANG, Takahiro KOZAKI, Ichiro KAKIMOTO, Daigo YAMAMOTO, Akihisa SHIOI, Kenichi YOSHIKAWA
2. 発表標題 Periodic Motions of Micro Particles in Oil Phase Under A DC Electric Field
3. 学会等名 13th Korea-Japan Symposium on Materials and Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柿本 一郎, 神崎 敬浩, 小杉 健斗, 張 文煜, 名和 愛利香, 山本 大吾, 吉川 研一, 塩井 章久
2. 発表標題 油中直流電場下における微粒子の周期運動
3. 学会等名 粉体工学会 2018年度 秋期研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下亮、中嶋千雅、吉田拓司、名和愛利香、山本大吾、塩井章久、吉川研一、Marie Pierre KRAFFT
2. 発表標題 水面上におけるフッ素油滴群の動的自己組織化
3. 学会等名 化学工学会中国四国支部・関西支部合同徳島大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠井征宏、名和愛利香、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 ガラス管内で油水液滴が示す運動の同期現象
3. 学会等名 第28回 非線形反応と共同現象研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 船元亮、名和愛利香、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 pH振動反応を利用する油滴種に依存した自律運動
3. 学会等名 第28回 非線形反応と共同現象研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 W. Zhang, T. Kozaki, I. Kakimoto, K. Kosugi, D. Yamamoto, A. Shioi, S. Fujii, K. Kamata, T. Iyoda, and K. Yoshikawa
2. 発表標題 Various Motions of Micro Particles Under a DC Electric Field: An Approach to Make Electric
3. 学会等名 The first international conference on 4D materials and system (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下亮、中嶋千雅、吉田拓司、名和愛利香、山本大吾、塩井章久、吉川研一、Marie Pierre KRAFFT
2. 発表標題 水面上におけるフッ素油滴群の集団運動系の創出
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 前野純平、真鍋勇樹、名和愛利香、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 ガラス管内壁面で生じる油水界面接触線運動のモード分岐
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 Ryo Yamashita, Chika Nakajima, Takuji Yoshida, Erika Nawa, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi, Kenichi Yoshikawa and Marie Pierre KRAFFT
2. 発表標題 Collective self-propelled motion with fluorocarbon-oil droplets on water surface
3. 学会等名 13th Korea-Japan Symposium on Materials and Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古野彩季子, 佐藤彩香, 名和愛利香, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 電解質拡散によるDDABベシクルの伸縮運動
3. 学会等名 第21回 化学工学会学生発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Shioi
2. 発表標題 Colloid Dynamics with Semblance of Life under Nonequilibrium
3. 学会等名 BIT's 4th Annual World Congress of Smart materials 2018 -Weaving an Avatar Dream Together- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 E. Nawa-Okita, D. Yamamoto, A. Shioi
2. 発表標題 AVesicle with Biomimetic Transformation under a pH Gradient
3. 学会等名 IUMRS-ICAM 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 W. Zhang, K. Kosugi, D. Yamamoto, A. Shioi, S. Fujii, K. Kamata, T. Iyoda, K. Yoshikawa,
2. 発表標題 Corkscrew Motion of Microhelixes Depending on Chirality under DC Electric Field
3. 学会等名 Chirality 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 神崎敬浩, 岡田和也, 名和愛利香, 山本大吾, 吉川研一, 塩井章久
2. 発表標題 直流電場下における油中微小水滴の振動運動メカニズムの解明
3. 学会等名 化学工学会第83年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 名和愛利香, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 非線形現象と化学工学
3. 学会等名 化学工学会第83年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三口優大, 山下弘史, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 水面上における油滴の振動運動のイオン依存性
3. 学会等名 第27回非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中尾友紀, 濱口琴美, 塩井章久, 沖田(名和)愛利香
2. 発表標題 オレイン酸系ベシクルの自励振動とpH勾配の関係
3. 学会等名 第27回非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 沖田(名和)愛利香, 中尾友紀, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 擬定常pH勾配から得た駆動力で周期運動するベシクル
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木陽子, 岡本泰直, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 pH振動反応溶液上におけるオレイン酸油滴の自律運動
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久保内雅生, 井尾祐斗, 山本大吾, 塩井章久, 吉川研一
2. 発表標題 有機燃料を含む水溶液中におけるPt触媒粒子の集団運動
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塩井章久
2. 発表標題 非線形性を活かした生命のような化学システムの可能性
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前野純平, 真鍋勇樹, 山本大吾, 塩井章久
2. 発表標題 界面活性剤の吸脱着に誘発される油水界面接触線の周期的運動モードの分岐
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 沖田（名和）愛利香，中尾友紀，山本大吾，塩井章久
2. 発表標題 擬定常pH勾配下におけるベシクル運動の駆動力
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本泰直，佐々木陽子，山本大吾，塩井章久
2. 発表標題 pH振動反応と走化性微小油滴による 自律運動システムの構築
3. 学会等名 2017年度 第1回・第2回粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塩井章久
2. 発表標題 非平衡状態で自律運動する界面の科学
3. 学会等名 第35回関西界面科学セミナー，不思議な界面を創る・調べる・使う - メゾスコピック界面の設計とその挙動 - （招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井尾祐斗，久保内雅生，山本大吾，塩井章久，吉川研一
2. 発表標題 化学反応によって誘起される触媒粒子の集団運動
3. 学会等名 粉体工学会2017年度春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 塩井章久
2. 発表標題 非平衡化学システムの可能性
3. 学会等名 第32回徳島化学工学懇話会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 塩井章久
2. 発表標題 非平衡での時空間構造形成を利用した化学システムの創出に関する研究
3. 学会等名 化学工学会第82年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Erika Nawa, Yuki Nakao, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Observation of autonomic vesicle motion under a quasi steady-state pH gradient
3. 学会等名 12th Japan-Korea Symposium on Materials and Interfaces（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Wenyu Zhang, Kazuya Hiramatsu, Kento Kosugi, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi, Kenichi Yoshikawa
2. 発表標題 Behaviour of a micro coil under a DC electric field
3. 学会等名 12th Japan-Korea Symposium on Materials and Interfaces（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hirofumi Yamashita, Daigo Yamamoto, Akihisa Shioi
2. 発表標題 Cation-dependent motion of an oil droplet on water surface
3. 学会等名 12th Japan-Korea Symposium on Materials and Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 名和愛利香、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 ミクロな化学環境を利用した自己運動性のモデル細胞への付与
3. 学会等名 粉体工学会 第52回夏期シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小杉健斗, 平松和也, 山本大吾, 塩井章久, 鎌田香織, 彌田智一, 吉川研一
2. 発表標題 直流電場下で駆動する微小コイル型モーター
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 名和愛利香、中尾友紀、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 擬似定常pH勾配下におけるベシクル運動の定量的検討
3. 学会等名 化学工学会 第48回秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 平松和也、小杉健斗、山本大吾、塩井章久、吉川研一
2. 発表標題 直流電場下における油相中のマイクロコイルの周期運動
3. 学会等名 化学工学会 第48回秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山下弘史、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 水面上における油滴のイオン選択的挙動
3. 学会等名 第67回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉田拓司、山本大吾、塩井章久、吉川研一、Marie Pierre Krafft
2. 発表標題 水面上におけるフッ素油の自発運動パターン
3. 学会等名 第67回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤上幸大、中田真登、田中広夢、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 新陳代謝をしながらガラス表面を自己運動する分子集合体
3. 学会等名 第67回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 名和愛利香、中尾友紀、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 pH勾配とpHの絶対値がベシクル運動に及ぼす影響
3. 学会等名 第67回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小杉健斗、山本大吾、塩井章久、吉川研一
2. 発表標題 次世代型ナノデバイス創成の試み：直流型マイクロコイルの運動特性
3. 学会等名 第36回エレクトロレオロジー研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐々木陽子、岡本泰直、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 オレイン酸油滴の自発攪乱とpH振動反応の協同による自律運動システム
3. 学会等名 第26回 非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柳谷拓也、山本大吾、塩井章久
2. 発表標題 化学反応によって誘起されるPt触媒粒子の化学走性の発現
3. 学会等名 化学工学会 第82年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担 者	山本 大吾  (Yamamoto Daigo)  (90631911)	同志社大学・理工学部・准教授    (34310)	