

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02070

研究課題名（和文）Lab in a dropの実現に向けた音響場による非接触流体マニピュレーション

研究課題名（英文）Toward Lab-in-a-drop: Contactless droplet manipulation by acoustic field

研究代表者

長谷川 浩司（Hasegawa, Koji）

工学院大学・工学部・准教授

研究者番号：90647918

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、Lab in a dropの実現に向けた音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証を目的とした。対象とした各種プロセスの安定制御条件の検証、同種液滴を用いた「浮遊～蒸発」のプロセス統合、異種液滴を用いた「浮遊～蒸発」のプロセス実証と統合、非接触流体マニピュレーションの数値解析を当初計画通りに全て遂行した。実験、数値解析、数理モデルのいずれも駆使した網羅的アプローチに基づき、音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証を達成した。得られた成果については、25件の学会発表を行い、10報の原著論文、2報の総説論文、および1冊の書籍（分担執筆）が出版となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非接触流体マニピュレーションの実現には、音響場中の液滴の浮遊、輸送、合体、混合、蒸発などの動的現象を制御する技術開発と現象理解が課題となっていた。本研究では、音響場中に浮遊する同種・異種液滴の一連の非接触操作を可能にし、Lab in a dropの実現のための概念実証に成功した点に学術的意義がある。また、社会実装に必要な統合的物理解明と、得られた知見を基に技術開発・実装に取り組んだ点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to demonstrate the concept of contactless fluid manipulation using acoustic fields towards realizing Lab-in-a-drop. The objectives included: (i) verifying stable conditions for levitated droplets, (ii) integrating the levitation-to-evaporation process using the same droplets, (iii) demonstrating and integrating the levitation-to-evaporation process with different droplets, and (iv) conducting numerical analysis of contactless fluid manipulation in acoustic levitation. All these tasks were completed as initially planned. By employing comprehensive approaches including systematic experiments, numerical simulations, and theoretical modeling, our results successfully demonstrated the concept of contactless fluid manipulation using acoustic fields.

研究分野：熱流体工学

キーワード：非接触流体マニピュレーション 音場浮遊法 液滴 Lab-in-a-drop 概念実証 混合 蒸発 非線形ダイナミクス

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

分析化学分野や生物・医学分野、さらには食品など各種プロセスをはじめとした幅広い分野において、**Lab in a drop** が実現可能な非接触マニピュレーションが注目されている。非接触マニピュレーションとは、容器を用いることなく、空中で試料(固体・流体)を能動制御する技術であり、本技術による少量での試料分析や試料操作技術の開発が世界的に注目されている[R. Morris et al. *Phys. Fluids*, (2019), A. Marzo et al., *PNAS*, (2019), M. Andrade, et al., *Rev. Sci. Instrum.*, (2018)]。非接触マニピュレーションの一例である「光ピンセット法」(2018年ノーベル物理学賞受賞)は、操作対象物に集光させたレーザーの強度勾配を利用して細胞などの生体試料を傷つけずに操作可能な点が特徴であるものの、印加可能な力は **pN** 程度かつ操作可能なサイズは **nm~ μ m** オーダーと、いずれも極小であるために適用対象が限定されている。

一方、本申請で提案する超音波を利用した非接触マニピュレーション(音響ピンセット法)は、任意の空間に形成させた超音波の定在波中の節付近に流体を保持・操作可能(図1)とし、対象試料に印加可能な力は **μ N~mN**、かつ操作可能なサイズも **nm~mm** と対象範囲の大幅な拡大が可能である点が特徴である。本手法は、超音波を用いるために対象試料の物性に依らず操作可能であり、非接触、非侵襲また非可聴である超音波を利用することで人体への安全性も確保可能である。本技術の活用により、生物学・化学・薬学の分野で求められる、容器壁を介した汚染・物質輸送・熱伝達の防止などが非接触かつ非侵襲的に実現可能となる。非接触流体マニピュレーションの実現には、複数の液滴を浮遊・輸送・合体・混合・蒸発といった、液滴の動的な現象を精緻に制御する必要があり、単工程での要素技術の開発、要素現象の理解は進んできたものの、**Lab in a drop** と表現できるような複数プロセスの連続操作は未だ実現しておらず、その道標となる統合的な現象把握と物理解明、獲得した知見を基盤にした技術開発・実装、概念実証が必要である。

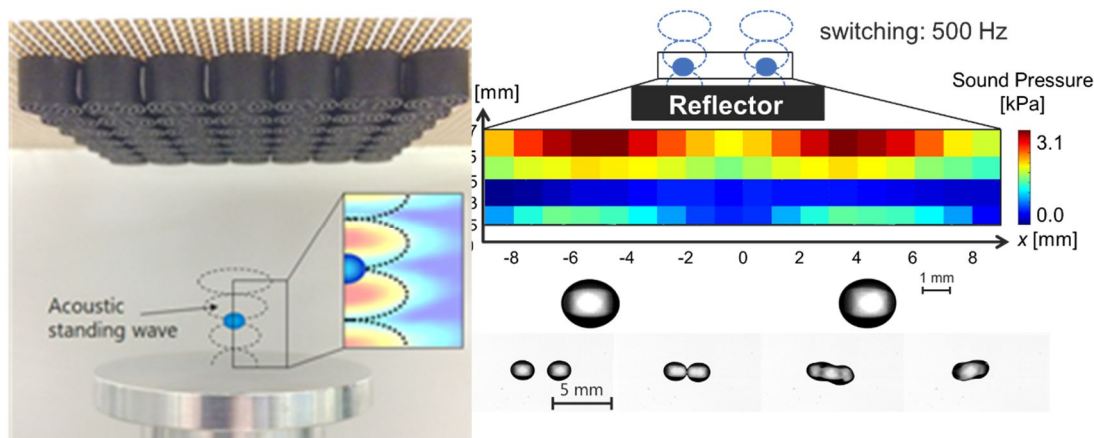


図1 音響場による液滴操作：(左) 単一液滴の浮遊、(右) 複数液滴の浮遊・輸送・合体過程

2. 研究の目的

本研究は、音場浮遊液滴に生じる流動、熱・物質輸送現象ならびに浮遊液滴の安定制御条件の解明のために現象の支配的パラメータを同定し、複数プロセスの連続的操作を可能とすることを旨とする。すなわち、**Lab in a drop** の実現に向けた音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証を行うことを目的とした。

先行研究においては、固体試料を浮遊・制御する試みは数多くなされてきた。一方で、液滴の浮遊は界面の変形や相変化に伴う複雑な現象が生じるために、実験技術上の困難を理由に、高精度な非接触流体マニピュレーション技術は開発途上である。本研究では系統的な条件下で液滴を浮遊させ、その安定保持・輸送・合体・混合・反応・蒸発(乾燥)に至る高精度な非接触流体マニピュレーション実現のための概念実証および浮遊液滴に生じる動的な界面、流動および熱・物質輸送現象を定量的に把握することで統合的な物理解明に挑戦した。

3. 研究の方法

本研究においては、超音波による非接触流体マニピュレーションの実現に必要な、複数の液滴の浮遊・安定保持・輸送・合体・混合・蒸発といった、液滴の動的な現象を精緻に制御する必要がある。そこで、各種プロセスの安定制御条件の検証、同種液滴を用いた「浮遊~蒸発」のプロセス統合、異種液滴を用いた「浮遊~蒸発」のプロセス実証と統合、非接触流体マニピュレーションの数値解析、の4点を対象として音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証を目指した。

実験方法について、図 2 に本実験で用いた装置および計測体系の一例の概略図を示す。振動子を配列し、各振動子から出力される音波の位相を制御することで任意位置に音波を集束させる。集束超音波をリフレクタで反射させることにより、任意位置に局所定在波を形成し、試料を浮遊させる。さらに、音波の位相制御により焦点を 1 軸上で移動させ、浮遊物体の位置を制御する。音波を集束させるための信号生成には **FPGA(Field-Programmable Gate Array)** を用いた。本装置では、周波数 **40 kHz** の超音波振動子を **49** 個用い、**7×7** 配列に設置した。振動子・リフレクタ間の距離は **45 mm** とし、音波の集束点をリフレクタの反射面上に設定した。

図 2 (左) のように、安定浮遊から輸送に至るまでの液滴の撮影は、横方向からバックライト法で行い、液滴内部の混合状態の可視化の場合には図 2 (右) のように同軸落射照明を用いて液滴下部から撮影を行った。また左単焦点と右単焦点を **500 Hz** で切り替えることで、擬似的な複数焦点の形成および複数液滴の安定浮遊を実現させた。その後、形成した 2 つの焦点間距離を近づけることで液滴は合体に至る。合体後の混合促進のためには、音波の基本周波数に加えて、任意の周波数による振幅変調を施し、液滴界面にモード振動を誘起させた。また安定浮遊後の液滴を長時間計測することでその蒸発過程を計測および解析した。

数値解析については、連成する物理現象を数値解析可能な **COMSOL Multiphysics** を駆使することで音響場と流動場の時空間発展を明らかにすることで、液滴界面に生じる圧力分布などの情報を基に実験へフィードバックを試みた。なお、本報告書内では紙幅の都合上、記載は割愛した。

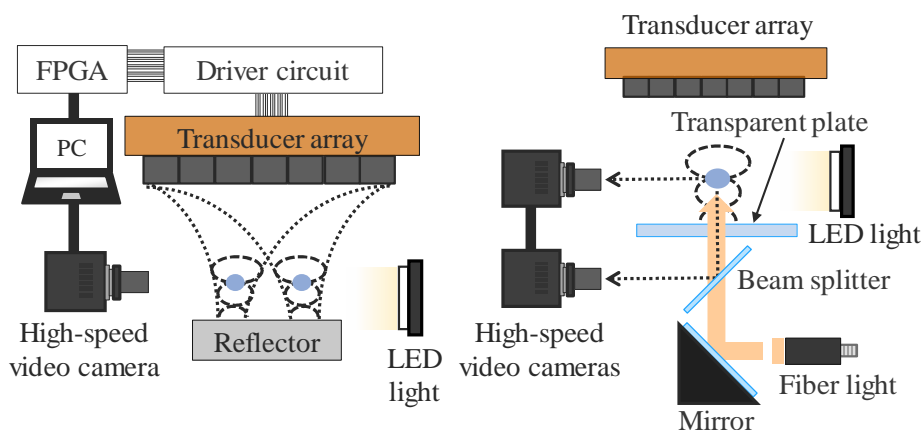


図 2 実験装置概要：(左) 音響浮遊装置、(右) 混合観察時の可視化体系

4. 研究成果

(1) 浮遊液滴の安定制御条件

音場内の液滴は音響放射圧によって空中に浮遊可能となる。液滴の非接触マニピュレーションの観点からは、液滴の界面安定条件の特定は必要不可欠である。図 3 (左) に水液滴を浮遊させた場合の浮遊安定性を示す。図中の実線で **Kelvin-Helmholtz instability (KH 不安定性)** から予測される界面不安定条件を示す。この結果より、液滴は実線より下の範囲で液滴界面が安定し、上の範囲で不安定となることが概ね良好に予測可能であることが示された。これは、エタノールなどその他のサンプルに対しても同様に予測可能であり、**KH 不安定性** が安定浮遊条件の指針として有効であることが実証している。

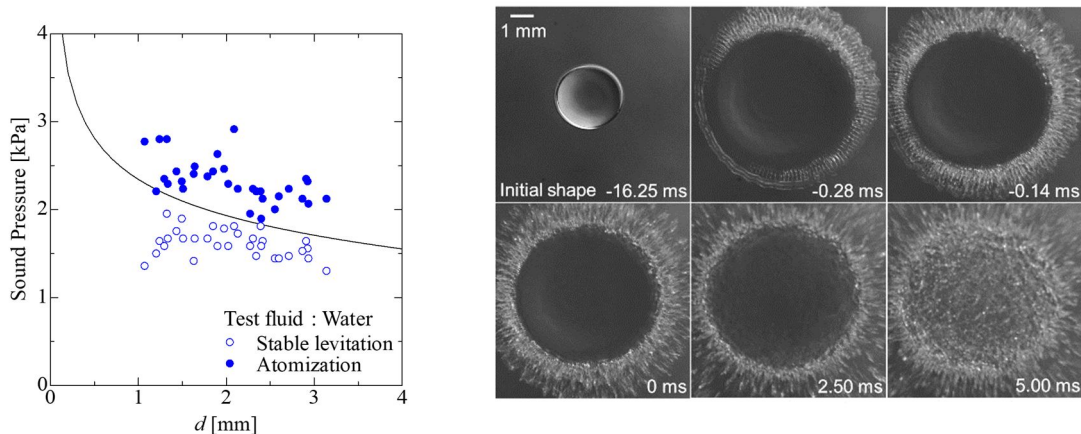


図 3 浮遊液滴の浮遊安定性：(左) 安定浮遊領域、(右) 音圧急上昇に伴う液滴の微粒化過程

浮遊液滴の連続操作の観点からは、安定浮遊が必要条件である一方、学術的観点からは、液滴の界面不安定性（微粒化）の理解も同様に重要であり、また現象自体も産業応用上の様々な場面で散見される。図3（右）に浮遊させた水液滴の微粒化過程の静止画（液滴上部から撮影）を示す。ここで、液滴を安定浮遊させた後に、不安定条件となる音圧まで上昇させることで微粒化させている。音圧の上昇に伴い液滴が扁平形状となり、界面端部から波立ち、その後に微粒化が生じ、数ms以内に界面全体に伝播する様子が確認できる。本操作を微粒化技術の1つとして考えた場合、2次液滴径の予測が重要となる。音場浮遊させた液滴の場合、2次液滴径も概ねで既存の理論式で予測可能であることを実証した。

(2) 浮遊液滴の搬送および合体

液滴の合体には、その前提として複数液滴の同時浮遊、すなわち液滴数に相当する音響定在波の焦点形成が必要である。音波を発振する振動子数を増加させることで複数液滴を同時に浮遊させるために十分な音圧の定在音場を同時に形成することが可能であるものの、振動子数は少ない方が制御が容易である。そこで、空間的な制御ではなく、時間的に音場を制御することで液滴の同時浮遊を達成した。さらに、安定浮遊する2液滴を互いに搬送させ、衝突させることで合体させる。各液滴の搬送および合体のためには、形成した定在音場の焦点位置を操作する。その概念図を図4（左）に示す。液滴の合体可否は定在音場の焦点に伴う音響ポテンシャルの形状が鍵を握る。実際に2つの定在波の焦点間距離をどの程度近づけることで液滴が合体するのかを予測するために、本研究ではGor'kov potentialを用いた。図4（左）に示すように、焦点間距離が10mmの場合には2つの音響ポテンシャルが明瞭に確認されるものの、焦点間距離が8mmに近づいた場合には、単一の音響ポテンシャルになり、その勾配により液滴が中央付近に移動を開始し、やがて合体する。実証した2液滴の合体過程を図4（右）に示す。以上の方法にて、音場浮遊法を用いた同種および異種液滴の非接触搬送および合体に成功している。

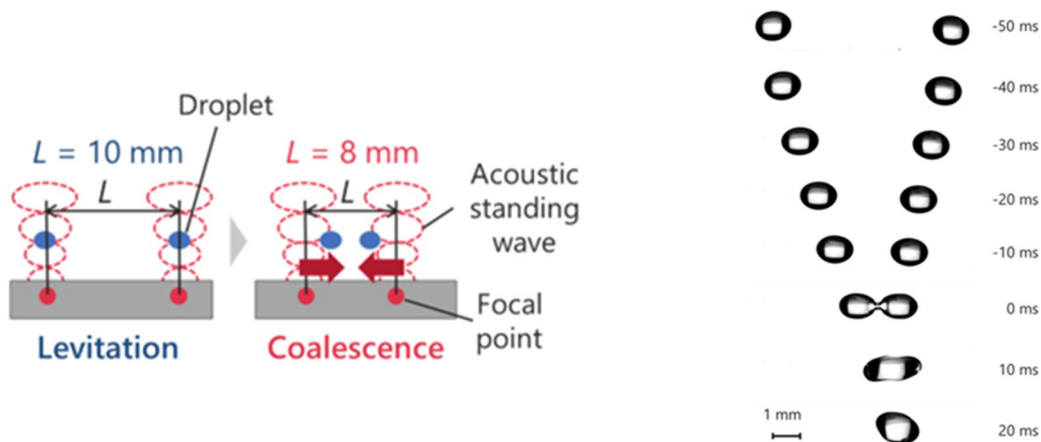


図4 浮遊液滴の合体：(左)浮遊後の合体手順、(右)音響場操作による液滴の合体過程

(3) 浮遊液滴の混合

図5（左）に振幅変調した音場中に液滴を浮遊させた時に観察されたモード振動の静止画を示す。モードの次数は液滴界面に生じる突起数から判別され、これらは4~7次のモードに分類される。図5（中央）に液滴の寸法と固有振動数の関係をプロットし、振動モードが生じる条件を整理した結果を示す。図中の実線にてRayleighの理論から予測される各モードの共振周波数を示している。ここで、振動変位が赤道面上に生じている観察結果から、パラメータ励振の引き金となる変動パラメータが長径であると予想し、液滴の代表寸法にはモード振動前の液滴の長径を採用した。その結果、実験値と理論値は良好な一致を示した。すなわち、代表寸法として長径を採用することで球形液滴を仮定するRayleighの理論が、扁平液滴である音場浮遊液滴にも拡張可能であると同時に、液滴界面に生じるモード振動を予測・制御可能であることを確認した。

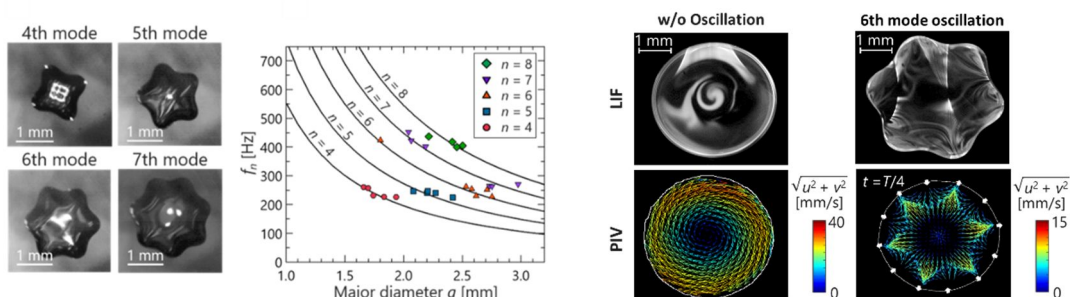


図5 浮遊液滴の混合：(左)モード振動、(中央)振動条件、(右)液滴内流動場

以上のように、界面モード振動を印可することで、液滴内部の混合が促進される。これは界面振動が液滴内部の流動場を誘起することで強制対流によって混合が促進されることは想像に難くない。モード振動発現前後での液滴内流動場を **LIF** および **PIV** 計測した結果を図 5 (右) に示す。振動印可前 (**w/o oscillation**) の場合には液滴の回転に即した流れ場が形成され、液滴内部では混合が促進されるような流れ場は形成されていない。一方で **6 次** のモード (**6th mode oscillation**) を印可した場合には、液滴内部に界面振動に対応する流動場が形成されている。界面に生じる振幅の増加に伴い、内部流動はより複雑化し、流れ場の非線形性が混合促進に寄与していることを定量的に明らかにした。

(4) 浮遊液滴の蒸発

最後に液滴の蒸発を対象に調べた結果を紹介する。液滴蒸発は日常的にも産業応用的にも普遍的な現象であるが故に、混相流分野で中心的な研究対象の **1** つである。液滴の蒸発の実験的研究では、任意の固体基板上に液滴を静置させ、その蒸発プロセスを観察・解析することが一般的である。この場合、コンタクトライン近傍での物理現象を把握することが重要であるものの、その詳細理解には困難が伴う。一方、音場浮遊法を用いて浮遊させた液滴は、空中に非接触保持するために液滴界面が全て自由界面となるといった特徴を有している。

図 6 (左) に水、エタノール水溶液、エタノール液滴を音場浮遊させた場合の蒸発過程を示す。蒸発は液滴の表面積に依存するため、縦軸は液滴の初期径を各時刻での液滴径で除した無次元断面面積相当で表現している。いずれの液滴も時刻の経過とともに蒸発しているものの、エタノール濃度に応じて振る舞いが異なることが確認できる。特にエタノール液滴に着目すると、**300** 秒前後を境にして段階的に振る舞う。これはエタノールの優先蒸発、蒸発に伴う界面温度の低下によって、周囲水蒸気が凝縮した結果であると考えられる。また液滴の蒸発過程の予測には **d²-law** もしくはその修正式が用いられることが多く、音場浮遊液滴の蒸発過程に対しても実験と予測が良好に一致する結果を得ている。より実用的なケースとして、液滴の蒸発に伴い溶解させた試料が析出するケースも報告する。図 6 (右) に塩分濃度および液滴サイズが異なる食塩水液滴に対する塩の析出時刻を示す。横軸に実験で得られた塩の析出時刻、すなわち液滴内の水分の蒸発時刻を示し、縦軸には我々が拡張させた蒸発モデルから予測される析出時刻を示している。ここでは、従来型の **d²-law** をベースに **van't Hoff** 係数、溶解している塩 (溶質) のモル分率および相対湿度の影響を加味した蒸発モデルに拡張している。結果より、析出を伴う液滴系においても我々の提案するモデルを用いることで実験値を概ね良好に予測可能であることを確認した。

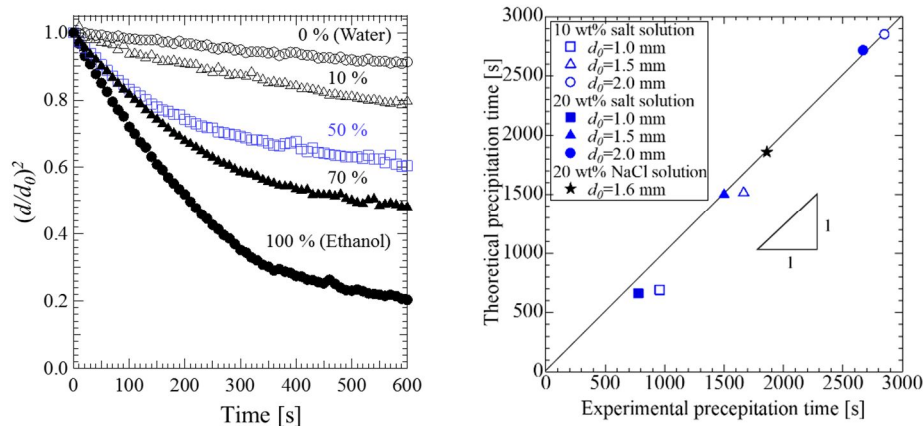


図 6 浮遊液滴の蒸発 : (左) エタノール水溶液の蒸発過程、(右) 蒸発 (析出) 過程の予測

以上のように、本研究では、**Lab in a drop** の実現に向けた音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証を目的とした。対象とした 各種プロセスの安定制御条件の検証、同種液滴を用いた「浮遊～蒸発」のプロセス統合、異種液滴を用いた「浮遊～蒸発」のプロセス実証と統合、非接触流体マニピュレーションの数値解析を当初計画通りに全て遂行した。実験、数値解析、数理モデルのいずれも駆使した網羅的アプローチに基づき、音響場による非接触流体マニピュレーションの概念実証に至ったと言える。

得られた成果は、各種国内外の学会で発表 (**25** 件) するとともに、論文 (原著 : **10** 報、総説 **2** 報) および書籍 (分担執筆 : **1** 冊) として出版済である。一部の論文は、流体科学分野のトップジャーナルである **Physics of Fluids** 等に掲載されている。とりわけ **3** 報は **Featured Article (journal's best)** 等として特選論文に選出されており、さらに内 **1** 報は、米国物理学協会 (**AIP**) が物理科学分野全体から特に重要な成果として特集する **Scilight (Science Highlight)** に選出される等、国際的にも高評価を得ている。

今後の展望として、**Lab in a drop** の適用範囲を拡張すべく、化学反応プロセスも加味した新たなマイクロリアクターの概念実証や生化学プロセス等での幅広い応用が見込まれる液液相分離や固液相変化である凝固・融解プロセスへの適用を目指す。

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 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Mitsuno Misaki, Hasegawa Koji	4. 巻 36
2. 論文標題 Airborne Ouzo: Evaporation-induced emulsification and phase separation dynamics of ternary droplets in acoustic levitation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 033328-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0192045	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 Honda Kota, Fujiwara Kota, Hasegawa Koji, Kaneko Akiko, Abe Yutaka	4. 巻 13
2. 論文標題 Coalescence and mixing dynamics of droplets in acoustic levitation by selective colour imaging and measurement	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19590-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-46008-z	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 Koji Hasegawa, Manami Murata	4. 巻 13
2. 論文標題 Oscillation Dynamics of Multiple Water Droplets Levitated in an Acoustic Field	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1373 ~ 1373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi13091373	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 長谷川浩司	4. 巻 37
2. 論文標題 音響場を駆使した浮遊液滴の非接触マニピュレーション	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 29 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3811/jjmf.2023.T004	査読の有無 無
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 Manami Murata, Koji Hasegawa	4. 巻 38
2. 論文標題 Effects of reflector geometry and sample radius on levitation stability in acoustic field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Microgravity Science and Application	6. 最初と最後の頁 380304-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15011/jasma.38.380304	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 Koji Hasegawa, Ayumu Watanabe, Akiko Kaneko, Yutaka Abe	4. 巻 37
2. 論文標題 Feasibility Study of Droplet Transportation via Ultrasonic Phased Array System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Microgravity Science and Application	6. 最初と最後の頁 370203-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15011/jasma.37.2.370203	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 Koji Hasegawa, Yutaka Abe	4. 巻 37
2. 論文標題 Transport Phenomena of a Droplet in Acoustic Levitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Microgravity Science and Application	6. 最初と最後の頁 370201-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15011/jasma.37.2.370201	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 Kohei Aoki, Koji Hasegawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Acoustically induced breakup of levitated droplets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 055115-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5143395	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 Yuya Sasaki, Koji Hasegawa, Akiko Kaneko, Yutaka Abe	4. 巻 32
2. 論文標題 Heat and mass transfer characteristics of binary droplets in acoustic levitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 072102-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5144396	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 Yuki Koyano, Hiroyuki Kitahata, Koji Hasegawa, Satoshi Matsumoto, Katsuhiko Nishinari, Tadashi Watanabe, Akiko Kaneko, Yutaka Abe	4. 巻 102
2. 論文標題 Diffusion enhancement in a levitated droplet via oscillatory deformation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 033109-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.102.033109	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 Mizuki Naka, Koji Hasegawa	4. 巻 32
2. 論文標題 Breakup characteristics of levitated droplets in a resonant acoustic field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 124109-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0035994	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 須田捷生, 金子暁子, 長谷川浩司, 阿部豊	4. 巻 35
2. 論文標題 対向型焦点超音波による浮遊液滴の搬送追従性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 68-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3811/jjmf.2021.011	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25件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 長谷川浩司
2. 発表標題 Toward Lab-in-a-drop: Acoustic manipulation of droplets in air
3. 学会等名 Multiphase Flow Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川浩司
2. 発表標題 Lab-in-a-drop approach: 音響場を駆使した浮遊液滴の非接触マニピュレーション
3. 学会等名 第51回可視化情報シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光野海祥, 長谷川浩司
2. 発表標題 音響場で浮遊する多成分液滴の蒸発に伴う自然乳化・相分離
3. 学会等名 第51回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光野海祥, 長谷川浩司
2. 発表標題 音響場で浮遊する多成分液滴の蒸発に伴う自然乳化・相分離
3. 学会等名 日本マイクロ重力ティ応用学会 第35回学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川浩司, 光野海祥
2. 発表標題 音響場で浮遊するウーゾ液滴の自然乳化および相分離
3. 学会等名 熱工学コンファレンス 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西一希, 長谷川浩司
2. 発表標題 音響場で浮遊する液滴および泡沫の浮遊安定性
3. 学会等名 日本機械学会 関東学生会第63回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 相子珠希, 金子暁子, 長谷川浩司
2. 発表標題 音場浮遊させた懸濁液滴の乾燥挙動の解明
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相子珠希, 金子暁子, シェンピャオ, 長谷川浩司
2. 発表標題 レーザー加熱下の音場浮遊液滴の形状変化と乾燥挙動
3. 学会等名 日本機械学熱工学コンファレンス 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光野海祥, 長谷川 浩司
2. 発表標題 音場浮遊させたOuzo液滴の蒸発・自然乳化現象の可視化計測
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第60回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本田恒太, 相子珠希, 長谷川浩司, 金子暁子, 阿部豊
2. 発表標題 界面の振動による超音波浮遊液滴の混合促進効果
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田愛美, 長谷川浩司
2. 発表標題 音響場中の試料の浮遊安定性及びばすりフレクタ形状の影響
3. 学会等名 第49回 可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田恒太, 相子珠希, 長谷川浩司, 金子暁子
2. 発表標題 収束超音波による浮遊液滴の合体・混合挙動
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第33回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相子珠希, 本田恒太, 藤原広太, 長谷川浩司, 金子暁子
2. 発表標題 音場浮遊させた懸濁液滴の流動挙動
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第33回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田愛美, 長谷川浩司
2. 発表標題 音響場で浮遊する複数試料の浮遊安定性
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第33回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Manami Murata, Koji Hasegawa
2. 発表標題 Visualization of vibration behavior of multiple sample levitated in an acoustic field
3. 学会等名 The 20th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-20) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部豊, 松本聡, 西成活裕, 谷田桜子, 渡辺正, 北畑裕之, 小谷野由紀, 長谷川浩司, 金子暁子, 本田恒太, 相子珠希
2. 発表標題 浮遊液滴非線形ダイナミクス研究報告
3. 学会等名 第36回宇宙環境利用シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田愛美, 長谷川浩司, 相子珠希, 金子暁子
2. 発表標題 音響場で浮遊する微小液滴の蒸発・乾燥ダイナミクス
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第28期総会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相子珠希, 本田恒太, 藤原広太, 金子暁子, 村田愛美, 長谷川浩司
2. 発表標題 懸濁液滴の乾燥過程における造粒挙動の解明
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第28期総会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中瑞希, 長谷川浩司
2. 発表標題 超音波フェーズドアレイを用いた浮遊液滴の微粒化挙動の実験的検討
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山侑太郎, 長谷川浩司
2. 発表標題 音場浮遊液滴に生じる蒸発および析出プロセスの解明
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年～2022年

1. 発表者名 須田捷生, 金子暁子, 長谷川浩司, 阿部豊
2. 発表標題 対向型集束超音波による浮遊液滴の搬送追従性
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山侑太郎, 長谷川浩司
2. 発表標題 音場浮遊液滴の蒸発および析出プロセス
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第32回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中瑞希, 長谷川浩司
2. 発表標題 対向型収束超音波を用いた浮遊液滴の微粒化メカニズム
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第32回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村田愛美, 長谷川浩司
2. 発表標題 浮遊液滴の安定性向上のための音場最適化
3. 学会等名 第13回大学コンソーシアム八王子学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川浩司, 中瑞希
2. 発表標題 音響場を活用した浮遊液滴の微粒化挙動
3. 学会等名 第29回 微粒化シンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Duyang Zang, Asier Marzo, Marco A. B. Andrade, Xiao-Peng Chen, Zehui Zhang, Kangqi Liu, Koji Hasegawa, Yanju Wei, Da-Chuan Yin, Soichiro Tsujino, Takashi Tomizaki	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 179
3. 書名 Acoustic Levitation From Physics to Applications	

〔産業財産権〕

〔その他〕

工学院大学 研究者情報データベース https://er-web.sc.kogakuin.ac.jp/Profiles/10/0000962/profile.html?lang=ja&#choshou
--

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
---------	---------