

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：38005

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06173

研究課題名(和文) Development of temperature-sensitive microfluidic tensiometer for precise interfacial tension measurements

研究課題名(英文) Development of temperature-sensitive microfluidic tensiometer for precise interfacial tension measurements

研究代表者

SHEN Amy (SHEN, Amy)

沖縄科学技術大学院大学・マイクロ・バイオ・ナノ流体ユニット・教授

研究者番号：70740314

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：私たちはPhysical Review X, Small, ACS Nanoなど著名科学誌に27件の査読済論文を発行しました。マイクロ流体プラットフォーム開発に使用する方法論はバイオテクノロジーアプリケーションを使用し界面現象調査機器に応用されます。まず瞬間的な流れと局所的温度制御のための統合マイクロ流体プラットフォームを開発し、部分的に混和する流体の時間依存の動的界面張力を測定しました。次に流れ構成(T型およびX型の接合部、波状壁のマイクロチャネル、マイクロ流体シリンダー)で生成した渦形成と破壊ダイナミクスを小規模で調査し、単純及び複雑な流体の微視的な流れの分岐と不安定性に焦点を当てました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Our research results have made a major leap to tackle challenges in measuring the transient interfacial tension for partially miscible systems with high temporal and spatial resolutions. The microfluidic platforms we developed have been applied to biotechnology applications.

研究成果の概要(英文)：We have been highly productive and have published 27 peer reviewed papers, in quality journals such as Physical Review X, Small, ACS Nano, Biosensors and Bioelectronics, Soft Matter, Lab on a Chip, Physical Review Fluids, Physics of Fluids. The methodology used to develop the microfluidic platform is extended to several devices to probe interfacial phenomena, with biotechnology applications.

First, we developed an integrated microfluidic platform for instantaneous flow and localized temperature control to accurately measure time-dependent dynamic interfacial tension of partially miscible fluids, which is relevant to many technological processes. Second, we employ the similar platforms to examine the dynamics of the formation and breakdown of vortices generated in flow configurations (T- and X-shaped junctions, wavy-walled microchannels and microfluidic cylinders) at small length scales. We focused on the bifurcation and instability in microscopic flows of simple and complex fluids.

研究分野：Physics

キーワード：Microfluidics Mixing Swirling flows Fluid dynamics Bioassays

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

The dynamics of partially miscible liquid pairs has received little attention but are central to many physical and biological processes, ranging from micromixing to the dissolution of mucous in our intestinal tract. Although the dynamics of immiscible and miscible jets and drops bear some similarities, the very small and transient dynamic interfacial tensions give rise to distinct outcomes such as intricate droplet shapes and jets that resist break-up. The evolution of the interfacial tension is very difficult to measure experimentally, caused by their small values and rapidly diminishing as the two liquids ultimately mix. With a precise microfluidic platform to probe the interfacial properties and interfacial dynamics, we can study various physical and biological processes with high temporal and spatial resolutions.

2. 研究の目的

First, to develop an integrated microfluidic platform for instantaneous flow and localized temperature control to accurately measure time-dependent dynamic interfacial tension of partially miscible fluids, which provides valuable tools for studying transient interfacial dynamics. Second, we employ the similar microfluidic platforms to examine the dynamics of the formation and breakdown of streamwise vortices generated in common flow configurations (T- and X-shaped junctions, wavy-walled microchannels and microfluidic cylinders) at small length scales.

3. 研究の方法

This project involves several components. We first employed a variety of microfabrication tools (i.e., lithography, soft lithography, and selective laser etching) to fabricate microdevices with localized microheaters in PDMS devices, and 3D glass devices. For the flow geometry, we used both flow focusing device (for emulsion droplet production), cross slot device (to manipulate droplets and control miscible or immiscible fluids mixing), T-shape device (to study vortex breakdown and vortex dynamics), wavy channel device (to study spanwise vorticity), and microfluidic cylinder device (to study fluid-structure interactions). We also used novel imaging techniques such as micro-PIV and flow induced birefringence to capture the flow dynamics, under both steady and un-steady conditions. Finally, we also investigated non-Newtonian fluids inside various microfluidic platforms we developed, with interesting applications related to drag reduction and biomimetic cilia motion.

4. 研究成果

We have been highly productive during the project period. We have published 27 peer reviewed papers, in high quality journals such as Physical Review X, Small, ACS Nano, Biosensors and Bioelectronics, Soft Matter, Physical Review Fluids Physics of Fluids, Journal of non-Newtonian Fluid Mechanics, etc. The methodology used to develop the microfluidic platform can be extended to a variety of microfluidic devices to probe interfacial phenomena, with both industrial and biotechnology applications. Below I will highlight 2 unexpected findings.

A. Intracellular Nanomaterial Delivery via Spiral Hydroporation

GeoumYoung Kang, Daniel W. Carlson, Tae Ho Kang, Seungki Lee, Simon J. Haward, Inhee Choi, Amy Q. Shen, and Aram J. Chung, "Intracellular Nanomaterial Delivery via Spiral Hydroporation", *ACS Nano*, DOI: [10.1021/acsnano.9b07930](https://doi.org/10.1021/acsnano.9b07930) (2020).

This work reports on the development of an intracellular nanomaterial delivery platform, based on unexpected cell-deformation phenomena via spiral vortex and vortex breakdown exerted in the cross- and T-junctions at moderate Reynolds numbers. These vortex-induced cell deformation and sequential restoration processes open cell membranes

transiently, allowing effective and robust intracellular delivery of nanomaterials in a single step without the aid of carriers or external apparatus. By using the platform described here (termed spiral hydroporator), we demonstrate the delivery of different nanomaterials, including gold nanoparticles (200 nm diameter), functional mesoporous silica nanoparticles (150 nm diameter), dextran (hydrodynamic diameters between 2-55 nm), and mRNA, into different cell types. We demonstrate here that the system is highly efficient (up to 96.5%) with high throughput (up to 1×10^6 cells/min) and rapid delivery (~ 1 min) while maintaining high levels of cell viability (up to 94%).

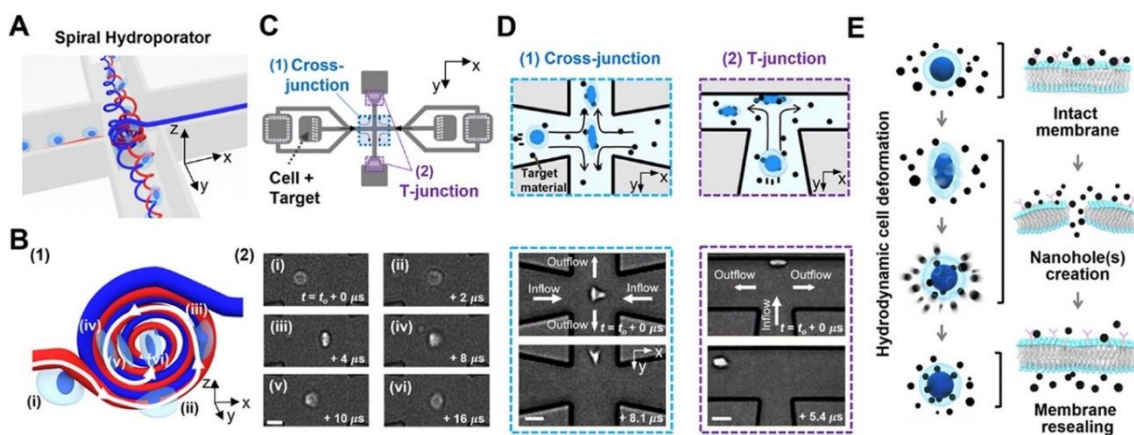


Figure 1: Spiral hydroporation for intracellular nanomaterial delivery. (A) Schematic depicting spiral flow motion at a cross-junction channel. (B) (1) Illustration of spiral vortex-induced cell deformation and (2) high-speed microscope images showing rotational cell motions (scale bar: 10 μm). (C) CAD layout of the hydroporation microfluidic device, consisting of (1) a cross-junction and (2) two dividing T-junction channels. (D) Hydrodynamic cell deformation via (1) the spiral vortex at the cross-junction and (2) cell-wall collision at the T-junction(s) (scale bars: 20 and 30 μm for (1) and (2), respectively). (E) Schematic illustrating nanomaterial delivery into cell cytosols.

B. Purely elastic fluid-structure interactions in microfluidics

Cameron C. Hopkins, Simon J. Haward, Amy Q. Shen, "Purely elastic fluid-structure interactions in microfluidics: implications for mucociliary flows", *Small*, **3**, 1903872 (2019)

Fluid-structure interactions lie at the heart of the complex, and often highly coordinated, motions of actively driven micro-scale biological systems (e.g. translating cilia, flagella and motile cells). Due to the highly viscoelastic nature of most relevant biological fluids and the small length scales involved, the viscous and inertial forces in such flows are dominated by elasticity. However, elastic effects are often overlooked in studies seeking to address phenomena like the synchronization of beating cilia. In this study, unique microfluidic experiments are presented to demonstrate that inertia-free viscoelastic flows can lead to highly regular beating of an immersed (passive) flexible structure, herein named "purely-elastic" fluid-structure interaction. It is also shown how two such flexible structures can achieve an extraordinary degree of synchronization, with a correlation coefficient approaching unity. The synchronization is a result of the generation of localized elastic stresses in the fluid that effectively link the two objects. These purely elastic interactions may be important to consider toward developing a complete understanding of the motions of microscale biological systems.

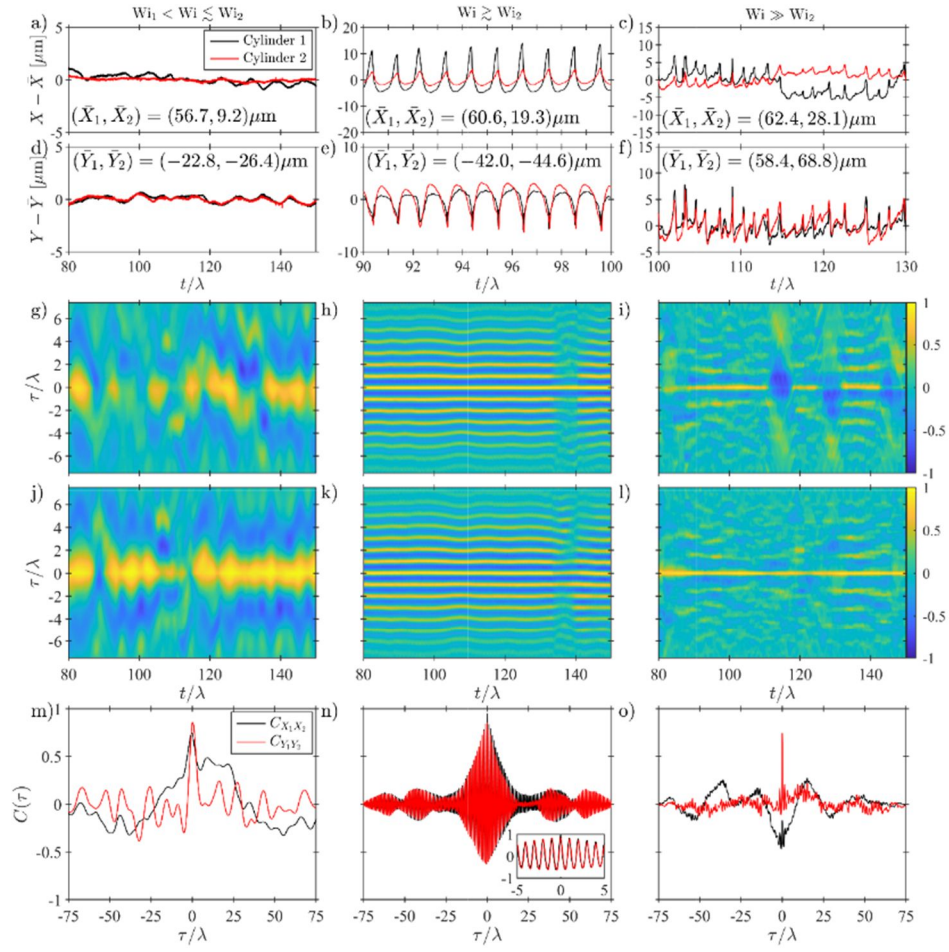


Figure 2: Analysis of time-dependent motions of the two cylinders measured in the Double-Cylinder (DC) flow channel at three representative values of the Weissenberg number. (a) - (c) time series of the X positions of the cylinders. (d) - (f) time series of the Y positions of the cylinders. (g) - (i) time-resolved correlation functions between the X positions of DC₁ and DC₂. (h) - (l) time-resolved correlation functions between the Y positions of DC₁ and DC₂. (m) - (n) full, post transient, experimental time duration correlation functions between the X and Y positions of DC₁ and DC₂.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 27件 / うちオープンアクセス 20件）

1. 著者名 Kang GeomYoung, Carlson Daniel W., Kang Tae Ho, Lee Seungki, Haward Simon J., Choi Inhee, Shen Amy Q., Chung Aram J.	4. 巻 14
2. 論文標題 Intracellular Nanomaterial Delivery via Spiral Hydroporation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 3048 ~ 3058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acsnano.9b07930	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 Haward Simon J., Hopkins Cameron C., Shen Amy Q.	4. 巻 278
2. 論文標題 Asymmetric flow of polymer solutions around microfluidic cylinders: Interaction between shear-thinning and viscoelasticity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 104250 ~ 104250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2020.104250	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 Hopkins Cameron C., Haward Simon J., Shen Amy Q.	4. 巻 16
2. 論文標題 Purely Elastic Fluid-Structure Interactions in Microfluidics: Implications for Mucociliary Flows	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 1903872 ~ 1903872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/smll.201903872	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 Chan San To, Ault Jesse T., Haward Simon J., Meiburg E., Shen Amy Q.	4. 巻 4
2. 論文標題 Coupling of vortex breakdown and stability in a swirling flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 084701~084720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.4.084701	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 Howard S. J., Hopkins C. C., Toda-Peters K., Shen A. Q.	4. 巻 114
2. 論文標題 Microfluidic analog of an opposed-jets device	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 223701 ~ 223701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1063/1.5097850	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 Recktenwald Steffen M., Haward Simon J., Shen Amy Q., Willenbacher Norbert	4. 巻 9
2. 論文標題 Heterogeneous flow inside threads of low viscosity fluids leads to anomalous long filament lifetimes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7110-7121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1038/s41598-019-43590-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 該当する

1. 著者名 Iqbal R., Matsumoto Atsushi, Sudeepthi A., Shen Amy Q., Sen A. K.	4. 巻 114
2. 論文標題 Substrate stiffness affects particle distribution pattern in a drying suspension droplet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 253701 ~ 253701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1063/1.5097620	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 Burshtein Noa, Chan San To, Toda-Peters Kazumi, Shen Amy Q., Haward Simon J.	4. 巻 43
2. 論文標題 3D-printed glass microfluidics for fluid dynamics and rheology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Colloid & Interface Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.cocis.2018.12.005	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 Sathish Shivani, Ishizu Noriko, Shen Amy Q.	4. 巻 11
2. 論文標題 Air Plasma-Enhanced Covalent Functionalization of Poly(methyl methacrylate): High-Throughput Protein Immobilization for Miniaturized Bioassays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 46350 ~ 46360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acsami.9b14631	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 Funari Riccardo, Ripa Rosa, Soderstrom Bill, Skoglund Ulf, Shen Amy Q.	4. 巻 4
2. 論文標題 Detecting Gold Biomineralization by Delftia acidovorans Biofilms on a Quartz Crystal Microbalance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Sensors	6. 最初と最後の頁 3023 ~ 3033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acssensors.9b01580	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 Bhalla Nikhil, Jain Aditya, Lee Yoonjoo, Shen Amy Q., Lee Doojin	4. 巻 9
2. 論文標題 Dewetting Metal Nanofilms - Effect of Substrate on Refractive Index Sensitivity of Nanoplasmonic Gold	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1530 ~ 1530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/nano9111530	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 Roether Johanna, Chu Kang-Yu, Willenbacher Norbert, Shen Amy Q., Bhalla Nikhil	4. 巻 142
2. 論文標題 Real-time monitoring of DNA immobilization and detection of DNA polymerase activity by a microfluidic nanoplasmonic platform	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 111528 ~ 111528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111528	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 Ripa Rosa, Shen Amy Q., Funari Riccardo	4. 巻 5
2. 論文標題 Detecting Escherichia coli Biofilm Development Stages on Gold and Titanium by Quartz Crystal Microbalance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 2295 ~ 2302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03540	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 Leung Mandy H. M., Shen Amy Q.	4. 巻 34
2. 論文標題 Microfluidic Assisted Nanoprecipitation of PLGA Nanoparticles for Curcumin Delivery to Leukemia Jurkat Cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 3961 ~ 3970
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b04335	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 Galvin Casey J., Shirai Kentaro, Rahmani Ali, Masaya Kakuta, Shen Amy Q.	4. 巻 90
2. 論文標題 Total Capture, Convection-Limited Nanofluidic Immunoassays Exhibiting Nanoconfinement Effects	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 3211 ~ 3219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.7b04664	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 Chan San To, Haward Simon J., Shen Amy Q.	4. 巻 3
2. 論文標題 Microscopic investigation of vortex breakdown in a dividing T-junction flow	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 072201: 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.3.072201	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 Howard Simon J., Page Jacob, Zaki Tamer A., Shen Amy Q.	4. 巻 30
2. 論文標題 "Phase diagram" for viscoelastic Poiseuille flow over a wavy surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 113101 ~ 113101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5057392	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 Del Giudice Francesco, D' Avino Gaetano, Greco Francesco, Maffettone Pier Luca, Shen Amy Q.	4. 巻 10
2. 論文標題 Fluid Viscoelasticity Drives Self-Assembly of Particle Trains in a Straight Microfluidic Channel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 064058: 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.10.064058	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 Burshtein Noa, Shen Amy Q., Howard Simon J.	4. 巻 31
2. 論文標題 Controlled symmetry breaking and vortex dynamics in intersecting flows	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 034104 ~ 034104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5087732	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 Howard Simon J., Kitajima Naoyuki, Toda-Peters Kazumi, Takahashi Tsutomu, Shen Amy Q.	4. 巻 15
2. 論文標題 Flow of wormlike micellar solutions around microfluidic cylinders with high aspect ratio and low blockage ratio	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 1927 ~ 1941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8sm02099j	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 Burshtein Noa, Chan San To, Toda-Peters Kazumi, Shen Amy Q., Haward Simon J.	4. 巻 43
2. 論文標題 3D-printed glass microfluidics for fluid dynamics and rheology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Colloid & Interface Science	6. 最初と最後の頁 1~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cocis.2018.12.005	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 Lee Doojin, Fang Cifeng, Ravan Aniket S., Fuller Gerald G., Shen Amy Q.	4. 巻 17
2. 論文標題 Temperature controlled tensiometry using droplet microfluidics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lab on a Chip	6. 最初と最後の頁 717~726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1039/c6lc01384h	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 Del Giudice Francesco, Sathish Shivani, D' Avino Gaetano, Shen Amy Q.	4. 巻 89
2. 論文標題 "From the Edge to the Center": Viscoelastic Migration of Particles and Cells in a Strongly Shear-Thinning Liquid Flowing in a Microchannel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 13146~13159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.7b02450	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 Burshtein Noa, Zografos Konstantinos, Shen Amy Q., Poole Robert J., Haward Simon J.	4. 巻 7
2. 論文標題 Inertioelastic Flow Instability at a Stagnation Point	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 041039-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevX.7.041039	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 Howard Simon J., Shen Amy Q., Page Jacob, Zaki Tamer A.	4. 巻 2
2. 論文標題 Poiseuille flow over a wavy surface	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 124102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.2.124102	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 Howard Simon J., Toda-Peters Kazumi, Shen Amy Q.	4. 巻 254
2. 論文標題 Steady viscoelastic flow around high-aspect-ratio, low-blockage-ratio microfluidic cylinders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 23 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2018.02.009	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 Zografos Konstantinos, Burshtein Noa, Shen Amy Q., Howard Simon J., Poole Robert J.	4. 巻 262
2. 論文標題 Elastic modifications of an inertial instability in a 3D cross-slot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 12 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2018.02.002	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

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Shen, Amy Q
2. 発表標題 Flow instabilities in Microfluidics
3. 学会等名 19th RIES-Hokudai International Symposium, Hokkaido, Japan (招待講演)
4. 発表年 2018年 ~ 2019年

1. 発表者名 Shen, Amy Q
2. 発表標題 Microfluidic Assisted Nanoprecipitation of Curcumin Encapsulated PLGA Nanoparticles
3. 学会等名 European Advanced Materials Congress, Stockholm, Sweden (招待講演)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Shen, Amy Q.
2. 発表標題 Hydrodynamics of micro/Nanofluidics for microbial applications
3. 学会等名 Symposium for Microbial Control 3.0, Tsukuba Global Science Week (招待講演)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Shen, Amy Q
2. 発表標題 Microstructure, Rheology, and Flow Instability of Wormlike Micellar Solutions under Spatial Confinement and Flow Conditions
3. 学会等名 Pacific Rim Conference on Rheology, Jeju Island, South Korea (招待講演)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Shen, Amy Q.
2. 発表標題 Elastic and inertial instabilities of complex fluids in microfluidic flows
3. 学会等名 Lab-on-a-Chip and Microfluidics Europe 2018, Rotterdam, Netherlands (招待講演)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Amy Q. Shen
2. 発表標題 Using microfluidics to explore how fluid elasticity affects inertial flow instability
3. 学会等名 Clare Seminar on Soft and Biological Physics, Weizmann Institute, Israel (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Amy Q. Shen
2. 発表標題 Viscoelastic and inertial instabilities in microfluidic flows
3. 学会等名 Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences (MIMS), Meiji University, Japan (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Amy Q. Shen
2. 発表標題 Balancing acts: viscoelastic and inertial instabilities in microfluidic flows
3. 学会等名 AMN ISMM APCBM ANZNMF Conference, Tasmania, Australia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Amy Q. Shen
2. 発表標題 Elastic and Inertial Instabilities in Microfluidic Flows
3. 学会等名 Microfluidics, Physics & Chemistry of Gordon Research Conference, Italy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Amy Q. Shen
2. 発表標題 Elastic and inertial instabilities of complex fluids in microfluidic flows
3. 学会等名 COFTEC Symposia, Kobe University, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 Microheater integrated temperature controllable microfluidic tensiometer for measuring dynamic interfacial tension	発明者 Doojin Lee and Amy Shen Fried	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2017023322	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

https://groups.oist.jp/mbnu/fy2017-annual-report https://groups.oist.jp/mbnu/fy2018-annual-report https://groups.oist.jp/mbnu/fy2019-annual-report

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