

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22083

研究課題名（和文）高分子溶液の流動挙動を相転移の観点から明らかにする積分変換法の提案

研究課題名（英文）Integral transformation method to investigate flow characteristics of polymer solution from the phase transition perspective

研究代表者

日出間 るり（Hidema, Ruri）

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20598172

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：低濃度高分子溶液や界面活性剤溶液が示す特異な流動挙動を相転移の観点から解明するため、溶液内部の構造の相互作用と関連する物理量を定量化した上で、それが流動場全体の挙動に与える影響を調べた。溶液内部の状態は、マイクロレオロジー測定により溶液の局所粘度や弾性率を分布として表す方法と、伸長流動場の緩和時間計測により定量化した。さらに、これらの溶液の流動挙動を観察すると、速度場変動に溶液内部の構造を反映した特徴がみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低濃度で流動中にのみ特異な挙動を示すため定量化することが難しかった複雑流体内部の特徴を、マイクロレオロジー手法による計測とその解析により、分布を用いて定量化した上で、溶液の流動現象と対応させる可能性を見いだしたことに学術的な意義がある。得られた知見は、工業的に多用される複雑流体の流動場制御にも適用でき社会的な意義があるうえ、流体以外の様々な相転移現象に適用できる可能性もあり発展性がある。

研究成果の概要（英文）：To clarify characteristic flow regimes of complex fluids such as polymer solutions and surfactant solutions, interactions of inner structure in the fluids were quantified by using a method of micro-rheology. Optical tweezers were used as a tool of micro-rheology; the motion of a trapped particle was analyzed to obtain distribution of local fluids properties around the bead that reflects the complexity of the fluids. Relaxation time of the fluids measured under the extensional stresses was also used to characterize inner structures. Then, flow regimes of these solutions in flow channels in micro and macro length scales were observed, which was affected by enhancement of inner structure of the fluids.

研究分野：複雑流体のレオロジー

キーワード：複雑流体 相転移 分布

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高分子溶液や界面活性剤溶液などソフトマターを含む流体は、低濃度でも特異な流動現象を示すため複雑流体と呼ばれる。例えば分子量数百万の高分子 0.001wt% 水溶液はメートル(m)スケールの流路中で乱流を抑制し流体を層流化する(乱流抑制)。同じ溶液がマイクロ(μm)スケールの流路中では、逆に不安定な現象を引き起こす(弾性不安定)。スケールや応力に依存した特異な流動挙動は、溶液内部で高分子が不均一に相互作用するためだと考えられる。静置した低濃度高分子溶液では、高分子は溶液中で互いに離れて存在し相互作用しない。しかし溶液に応力が加わり高分子が伸長すると、互いに絡まり合い、相互作用すると予想される。このことから、複雑流体の特異な流動現象はある条件で急激に生じる、相転移現象だと捉えられる。

相転移現象は主に、系内の着目する現象の急な変化を観察する、現象のスペクトルをとってスケール指数を議論するといった方法で調べられている。統計力学をベースとし、スケール指数が系内の相互作用の強度やパーコレーションに関連づけられ、相転移が起きた際の系内部の構造について意味づけがされている。しかし、非平衡系の相転移については数学による理論が先行し、「理論」と「実験をベースにした物理」をつなぐ意味づけは未解明な部分が多いと言える。ここで、複雑流体の流動挙動のような、極めて低濃度の溶液に、ある条件で応力を与えた時のみ現れる特異な現象も、非平衡系の相転移に当てはまると言える。さらに、高分子溶液内部の不均一な相互作用を具体的にイメージできれば、乱流抑制や弾性不安定などの現象解明につながると考えた。

2. 研究の目的

乱流抑制や弾性不安定など低濃度高分子溶液の複雑な流動挙動を、相転移現象の観点から解明するために、溶液内部で生じる高分子間や界面活性剤が形成するミセルなどの相互作用を、マイクロレオロジー手法により得る溶液の粘度分布、測定周波数に依存するレオロジー物性値の分布、溶液の緩和時間計測により定量化し、流動挙動と対応付けることを目的とした。レオロジー物性値の分布や、緩和時間は、注目する系内の様子を反映し、これらの溶液が示す相転移的な流動挙動を系内の相互作用と対応付けて定量化できる可能性がある。

3. 研究の方法

(1) 光ピンセットを用いたマイクロレオロジー計測と解析手法

光ピンセットはレーザーを対物レンズに通し、対物レンズの焦点で粒子をトラップする技術である(図1a)。光ピンセットを用いて、流体中で粒子をトラップする

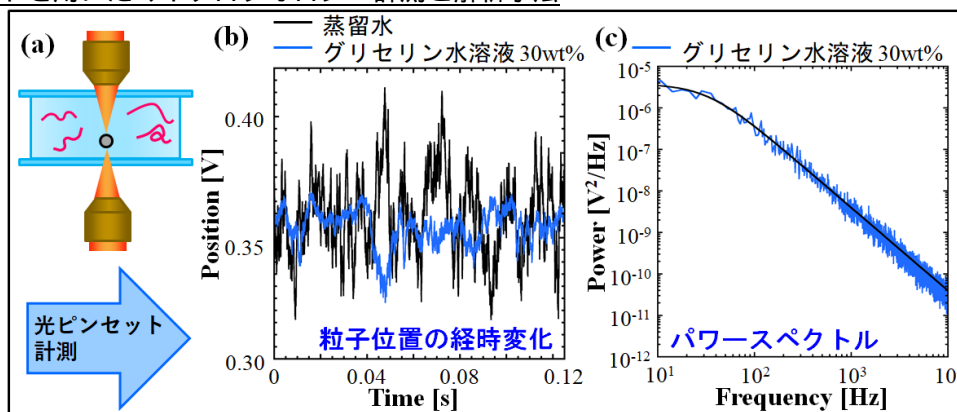


図1. 光ピンセットによるマイクロレオロジー計測

と、ある一定の点に粒子をとどめることができる。ただし、この際、粒子はトラップされつつもわずかに振動している。この振動は、周囲流体の粘度の影響を受けて変化するため(図1b)、振動を解析すると、粒子周囲の流体の粘度を測定できる。まず、光ピンセットを用いて、様々な濃度のエチレングリコール(EG)水溶液、ポリエチレンオキシド(PEO、分子量は3,500,000)水溶液、ひも状ミセルを形成する界面活性剤水溶液中(紐状ミセル水溶液)で、粒子をトラップし、微小な位置変化を測定した。ここでEG水溶液はニュートン流体、PEO水溶液はわずかなシアニング性を示す高分子溶液、紐状ミセル水溶液は粘弾性の強い溶液である。

まず、これらの水溶液中での粒子の位置変化から図1cの例に示すようなパワースペクトルを求めた。このパワースペクトルをローレンツ関数の足し合わせだと考え、逆積分変換法という解析手法を適用すると、粒子周囲の粘度分布に関連する分布が得られる。この手法を用いて各溶液の粘度分布を抽出した[R. Hidema et al., *Soft Mat.*, 16, 6826 (2020)]。

次に、粒子の位置変化から平均二乗変位(MSD)を求め、これを解析することにより溶液のレオロジー物性を求める解析を行った。この手法を用いると、粒子振動の振動数に依存したレオロジー物性を抽出することができる。

(2) 溶液の伸長流動下の緩和時間計測

低濃度なPEO水溶液や紐状ミセル水溶液の伸長流動下の緩和時間を計測するシステムを開発した。図2に示したように、直径 D [m]のシリンジから溶液を押し出し、基板と液架橋をつくり、

この液架橋のネック部分の直径 D_0 [m] の経時変化を高速ビデオカメラにより測定する。そして、 D_0/D の値を時間に対してプロットし、液架橋が切れる

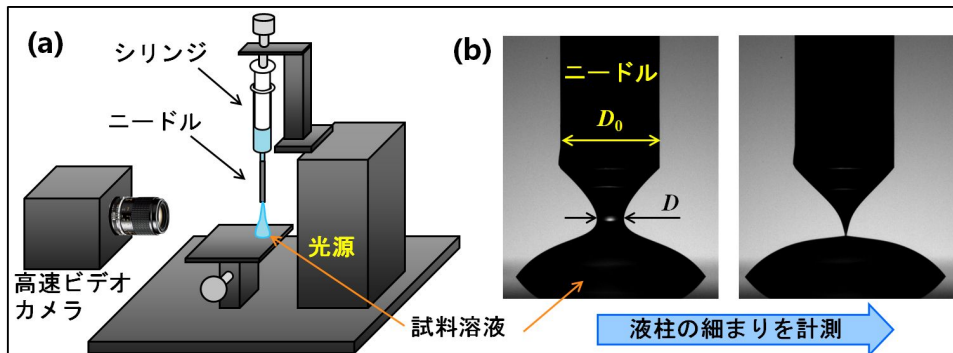


図2. 伸長流動を用いた溶液の緩和時間計測

直前の D_0/D を関数によりフィッティングすると溶液の緩和時間を抽出できる[K. Fukushima et al., *J. Fluid Mech.*, 933, A9 (2022)]. この溶液の緩和時間は、系内部の構造に由来し、例えば高分子溶液なら、高分子の絡まり合いに起因する最長緩和時間と対応している。

(3) 溶液の流動挙動の定量化

溶液内部の構造が、流動場に与える影響を調べた。高分子溶液や紐状ミセル水溶液を、長さスケールが、m スケールの二次元(2D)流動場や、 μm スケールのマイクロ急縮小急拡大型流路に流し、その流動挙動を観察した。どちらも伸長流動が支配的な系であり、溶液内部で高分子や紐状ミセルの相互作用が起きやすい。2D 流動場は粒子画像流速測定法(PIV 法)によっても計測し、速度場変動を調べた。マイクロ急縮小急拡大型流路では不安定な流動挙動を可視化した。これらの流動挙動と、マイクロレオロジー計測により得た溶液内部の状態を比較した。

4. 研究成果

図3に、光ピンセットを用いて計測したEG水溶液中、PEO水溶液中の粒子位置の微小な変動を解析し、粒子周囲の溶液の粘度分布を抽出した様子を示した。ニュートン流体であるEG水溶液の場合は、溶液の濃度(粘度)が上がっても、粘度分布は非常に狭くほぼ単一の粘度が観察された。粘度分布のピークの値は、レオメータで測定したバルク粘度とよく一致する。一方、シアシンニング性を有するPEO水溶液の場合は、濃度の上昇とともに粘度分布が

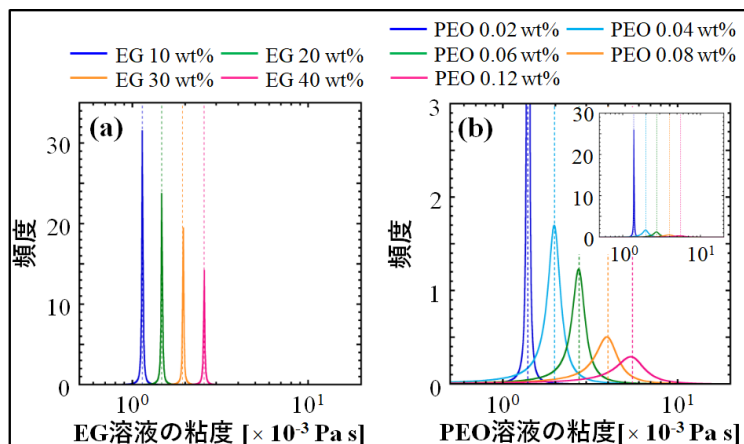


図3. 各溶液の粘度分布

広がった。これには、粒子周囲に存在する高分子鎖のゆらぎが反映しているのではないかと予想している。また粘弾性の強い紐状ミセル水溶液の場合は、この分布がさらに広がっていた。光ピンセットによる測定と逆積分変換法を用いた溶液の分布抽出には、系内の構造が反映されていると考えられた[R. Hidema et al., *Soft Mat*, 16, 6826 (2020)]。さらに粒子の位置変動のMSD解析によるレオロジー物性にも、溶液内部の不均一さの影響が表れることがわかった。

図4には、紐状ミセル水溶液の緩和時間計測(図4a)と、この溶液の2D流動場の速度場変動(図4b,c)を示した。2D流動場に円柱列を配置し円柱背後の渦放出を調べると、紐状ミセルの粘弾性が比較的弱く緩和時間が短い溶液(図4b)では渦放出が起きているのに対し、粘弾性が強く緩和時間が長い溶液では渦放出が抑制された(図4c) [K. Fukushima et al., *J. Fluid Mech.*, 933, A9 (2022)]。緩和時間の長短は溶液内部での紐状ミセルの形成に関係するため、この実験を通して、粘度分布が広く溶液内部の構造が形成されやすい溶液は、流動場を大きく変えることが示された。

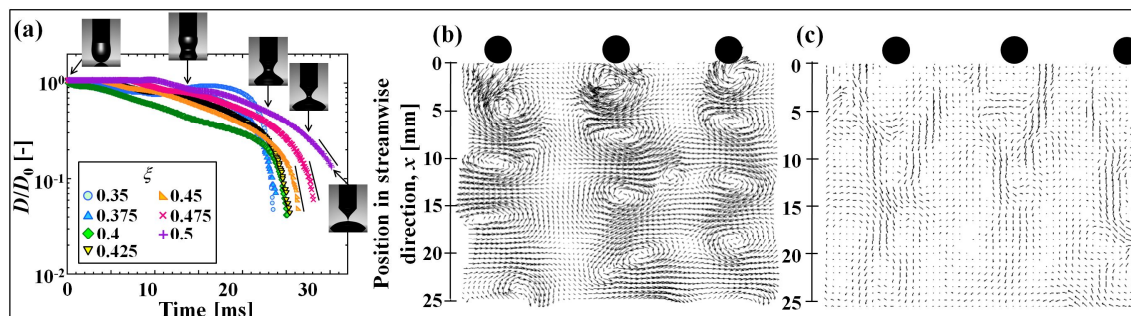


図4. 界面活性剤水溶液中の構造形成が流動場に与える影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kengo Fukushima, Haruki Kishi, Hiroshi Suzuki, Ruri Hidema	4. 巻 933
2. 論文標題 Modification of turbulence caused by cationic surfactant wormlike micellar structures in two-dimensional turbulent flow	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A9-1-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1017/jfm.2021.1058	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 Ruri Hidema, Ken-ya Fujito, Hiroshi Suzuki	4. 巻 18
2. 論文標題 Drag force of polyethyleneglycol in flows of polymer solutions measured using a scanning probe microscope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 455-464
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D1SM01305J	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 Ruri Hidema, Kengo Fukuashima, Ryohei Yoshida, Hiroshi Suzuki	4. 巻 285
2. 論文標題 Vortex deformation and turbulent energy of polymer solution in a two-dimensional turbulent flow	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 104385-1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jnnfm.2020.104385	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 Ruri Hidema, Zenji Yatabe, Hikari Takahashi, Ryusei Higashikawa, Hiroshi Suzuki	4. 巻 16
2. 論文標題 Inverse integral transformation method to derive local viscosity distribution measured by optical tweezers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 6826-6833
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D0SM00887G	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 Ruri Hidema, Taiki Oka, Yoshiyuki Komoda, Hiroshi Suzuki	4. 巻 31
2. 論文標題 Effects of flexibility and entanglement of sodium hyaluronate in solutions on the entry flow in micro abrupt contraction-expansion channels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 072005-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5096781	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 Ruri Hidema, Seika Hayashi, Hiroshi Suzuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Drag force of polyethyleneglycol in flow measured by a scanning probe microscope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 074201-1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.074201	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 -

〔学会発表〕 計48件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 粘弾性流体や柔らかい粒子のマイクロレオロジー計測
3. 学会等名 化学工学会 粒子流体プロセス部会気液固分散工学分科会 第24回気液固分散工学サロン (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武部真ノ介, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 流動場に浸したカンチレバー振動解析のマイクロレオロジー計測適用への検討
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福嶋賢悟, 岸治希, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 二次元流動場の渦放出とエネルギー輸送に紐状ミセル構造のレオロジー特性が与える影響
3. 学会等名 化学工学会関西大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武部眞ノ介, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 水和が流体中の高分子の粘弾性や流動抵抗に与える影響の検討
3. 学会等名 化学工学会関西大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋賢悟, 岸治希, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 流動場で増強されるひも状ミセル構造が二次元流動場の渦変形とエネルギー輸送に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会 第99期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東川竜晟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 紐状ミセルを形成する界面活性剤水溶液の局所粘度測定にトレーサー粒子径と溶液の内部構造が与える影響
3. 学会等名 第69回レオロジー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東川竜晟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 光ピンセットによる高分子溶液の局所粘度測定と相関長の関係
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり, 福嶋賢悟, 岸治希, 鈴木洋
2. 発表標題 界面活性剤水溶液のレオロジー特性が二次元流動場の渦変形とエネルギー輸送に与える影響
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 複雑流体のマイクロレオロジー計測
3. 学会等名 化学工学会粒子流体プロセス部会熱物質流体工学分科会 熱物質流体工学セミナー2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東川竜晟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 高分子溶液の局所粘度測定にトレーサー粒子の径と高分子の絡まり合いが与える影響
3. 学会等名 日本レオロジー学会第48年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり, 藤戸健矢, 鈴木洋
2. 発表標題 ポリエチレングリコールの流動抵抗計測に分子量と周囲の高分子が与える影響
3. 学会等名 日本レオロジー学会第48年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武部眞ノ介, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 カンチレバーの振動解析による高分子の流動抵抗測定への検討
3. 学会等名 化学工学会第86年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Characteristic energy transfer in a polymer-doped two-dimensional turbulent flow and microfluidic approach to detect drag coefficients of polymers
3. 学会等名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics Complex Fluids Seminar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ruri Hidema, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Polymer-fluids interaction quantified by the drag force of polymers in a flow
3. 学会等名 The 21st International Union of Materials Research Societies - International Conference in Asia (IUMRS-ICA2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 複雑流体流動挙動の階層性を溶液内部の不均一さの観点から明らかにする実験研究
3. 学会等名 第 38 回コロイド界面技術シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 複雑流体流動挙動の階層性を誘発する溶液内部の不均一さ
3. 学会等名 第403回高分子分析研究懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 溶液内部の不均一さに由来する複雑流体流動挙動の階層性
3. 学会等名 化学工学会 岡山地区化学工学懇話会 第68回コロキウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋賢悟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 界面活性剤水溶液のレオロジー特性が二次元流動場のエネルギー輸送に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会第98期流体工学部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東川竜晟, 日出間るり, 谷田部然治, 鈴木洋
2. 発表標題 溶液中の高分子の堅さと絡まり合いが局所粘度分布に与える影響
3. 学会等名 第68回レオロジー討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日出間るり, 東川竜晟, 谷田部然治, 鈴木洋
2. 発表標題 高分子溶液および界面活性剤溶液の局所粘度測定と分布抽出
3. 学会等名 第68回レオロジー討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤戸健矢, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 流動場中の高分子との絡まりあい起因するポリエチレングリコールの流動抵抗の変化
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Local viscosity distribution of viscoelastic solutions measured by optical tweezers
3. 学会等名 Conference on Theoretical and Applied Mechanics (CTAM 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日出間るり, 福島賢悟, 鈴木洋
2. 発表標題 ポリエチレンオキシド溶液の緩和時間が二次元流動場の乱流統計量に与える影響
3. 学会等名 第57回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東川竜晟, 日出間るり, 谷田部然治, 鈴木洋
2. 発表標題 溶液中の高分子の絡まり合いが局所の粘度分布に与える影響
3. 学会等名 日本レオロジー学会第47年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鍵山依里, 日出間るり, 鈴木 洋
2. 発表標題 走査型プローブ顕微鏡による溶液の物性測定
3. 学会等名 化学工学会第85年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 基調講演：高分子溶液のマイクロフルイディクスとマイクロレオロジー
3. 学会等名 第8回「若手研究者・技術者を対象とした工場見学および交流会」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋光, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 光ピンセットを用いた粘弾性流体の不均一さ解明
3. 学会等名 日本レオロジー学会第38回西日本支部修士発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kengo Fukushima, Ruri Hidema, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Effects of relaxation time of polyethyleneoxide solution on vortex deformation and turbulence statistics in two-dimensional turbulent flow
3. 学会等名 The 15th International Workshop for East Asian Young Rheologists (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ruri Hidema, Kengo Fukushima, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Modification of vortex shedding and turbulence statistics in a two-dimensional turbulent flow affected by polymers
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Suzuki, Masaki Kawata, Ruri Hidema
2. 発表標題 Impacts of geometric parameters on bulge structure appearance in a cavity swept by a visco-elastic fluid
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Effects of polymer characteristics and conformation on complex flow behavior of polymer solution
3. 学会等名 University of Strathclyde MAE Invited Seminar Series, University of Strathclyde, Glasgow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Effects of polymer characteristics and conformation on complex flow behavior of polymer solution
3. 学会等名 Seminar at The Division of Biomedical Engineering, University of Glasgow, University of Glasgow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Effects of the extensional rheological properties of polymer solutions on a two-dimensional turbulent flow
3. 学会等名 Seminar at Mechanical, Materials & Aerospace Engineering, University of Liverpool (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Effects of polymer characteristics and conformation on complex flow behavior of polymer solution
3. 学会等名 Seminar at ENS, Paris-Saclay (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema
2. 発表標題 Effects of polymer characteristics and conformation on complex flow behavior of polymer solution
3. 学会等名 Seminar at ESPCI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福嶋賢悟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 界面活性剤水溶液の緩和時間が二次元流動場の乱流統計量に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会第97期流体工学部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日出間るり, 高橋光, 谷田部然治, 鈴木洋
2. 発表標題 光ピンセットによる粘弾性流体の粘度測定と粘度分布の抽出
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤戸健矢, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 走査型プローブ顕微鏡を用いた高分子の流動抵抗実測と流体中の高分子形態予測
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤戸健矢, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 ポリエチレングリコールの流動抵抗に高分子の分子量が与える影響
3. 学会等名 日本レオロジー学会第12回西日本支部学生ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ruri Hidema, Hikari Takahashi, Zenji Yatabe, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Distribution of local viscosity of viscoelastic solutions measured by using optical tweezers
3. 学会等名 The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenya Fujito, Ruri Hidema, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Effects of molecular weight on drag force of polyethyleneglycol in flows measured by a scanning probe microscope
3. 学会等名 The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kengo Fukushima, Ruri Hidema, Hiroshi Suzuki
2. 発表標題 Effects of relaxation time of solutions on vortex deformation and turbulence statistics in two-dimensional turbulent flow
3. 学会等名 The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zenji Yatabe, Joel T. Asubar, Seiya Kasai
2. 発表標題 Calculating charge relaxation time distribution in a transistor device from noise spectrum
3. 学会等名 13th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日出間るり
2. 発表標題 依頼講演：ヒアルロン酸ナトリウム溶液の弾性不安定現象
3. 学会等名 日本機械学会 第30回バイオフィロンティア講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福嶋賢悟, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 高分子溶液の伸長レオロジー特性が二次元流動場の乱流統計量に与える影響
3. 学会等名 第21回複雑流体研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤戸健矢, 日出間るり, 鈴木洋
2. 発表標題 高分子の流動抵抗実測と流体中の高分子の形態予測
3. 学会等名 第21回複雑流体研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日出間るり, 林星香, 藤戸健矢, 鈴木洋
2. 発表標題 カンチレバーの抗力係数から算出されるポリエチレングリコールの流動抵抗に高分子の分子量が与える影響
3. 学会等名 日本レオロジー学会第46年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋光, 日出間るり, 谷田部然治, 鈴木洋
2. 発表標題 光ピンセットによる粘弾性流体の局所粘度の分布測定
3. 学会等名 日本レオロジー学会第46年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学 工学研究科 粒子流体工学研究グループ http://www2.kobe-u.ac.jp/~hidema/fluparlab/
--

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	鈴木 洋 (Suzuki Hiroshi) (90206524)	神戸大学・工学研究科・教授 (14501)	数理モデルの提案, 数値計算

6. 研究組織（つづき）

	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	谷田部 然治 (Yatabe Zenji) (00621773)	熊本大学・大学院先導機構・助教 (17401)	数理モデルの提案

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