

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04904

研究課題名（和文）加熱壁面上のマイクロバブルとマランゴニ対流発生が流体加熱効率に与える影響の解明

研究課題名（英文）Investigation of the influence of microbubble and Marangoni flow on heat transfer efficiency in the microscale cooling devices

研究代表者

名村 今日子（Namura, Kyoko）

京都大学・工学研究科・助教

研究者番号：20756803

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 18,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は光を熱に変換する金ナノ粒子薄膜を使って、水冷システムにおける加熱壁面上に生成するバブルとその周辺に発生する流れの積極的な制御を目指した。非常に強い流れを伴う蒸気マイクロバブルが発生する条件とバブルの自発的な振動を明らかにした。さらに、対流の方向の制御し、マイクロメートルスケールの細い流路の中に1方向の流れを生じることにも成功した。さらに、水アルコール混合液中で濃度勾配によって生じる表面張力差をうまく利用して、対流をより強くする方法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙空間に漂う機器類や高集積化する電子デバイス内での熱のマネジメントは急務となっている。特に小型のデバイスを冷却するためのマイクロメートルスケールの水冷技術の確立が求められている。本研究で得られた知見は、水冷の加熱壁面上に生成するマイクロバブルとその周辺に発生する対流を、積極的に制御する方法を与える。また、壁面近傍でのマイクロバブルの挙動解明は流体力学分野の発展につながる。今後は、排熱が自発的に熱を運び去るスマート冷却機構の開発につなげていきたい。

研究成果の概要（英文）：We have investigated the microbubble generation and the flow around the bubble by using the photothermal property of a gold nanoisland film. By using our originally developed apparatus, we have succeeded in capturing the self-oscillation of a water vapor microbubble and have found that the oscillation is the critical factor of the rapid flow generation. Besides, we demonstrated the control of the direction of the flow around the bubble via the shape of the heating spot. Using this method, we successfully generated one-directional flow in a microchannel. Furthermore, using an alcohol-water mixture, the concentration gradient was induced using a temperature gradient, which generates a surface tension gradient and enhances the flow speed around the bubble. These findings are useful for the development of microscale cooling devices.

研究分野：薄膜・表面・界面物性

キーワード：マランゴニ対流 水冷 マイクロバブル 沸騰 金ナノ粒子薄膜 光熱変換

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年のデバイスの小型化・高集積化の流れに伴い、その冷却方法の改善が待ち望まれている。特に、強力な冷却方法の一つである水冷を用いて小型デバイスを冷却する、マイクロ水冷デバイスの開発が重要な課題となっている。水冷においては、加熱壁面から水への熱伝達効率向上が冷却効率向上のカギとなる。これまでに、沸騰熱伝達の分野において、その効率向上や理論の確立がなされてきた。しかし、マイクロメートルスケールの流路を使った水冷技術は成熟しているとは言えない。熱伝達効率を大きく左右する一因として知られているのが、水の沸騰時に壁面に生成するバブルである。バブルの存在は、水と壁面の接触面積低下を引き起こす。マイクロメートルスケールの流路においては、バブルの逃げ場が少なく、その存在が熱伝達効率低下の要因となりやすい。一方で、バブルの存在はマランゴニ対流の発生を引き起こす。マランゴニ対流とは、気液界面に温度勾配等があるときに表面張力の不釣り合いが生じ、周囲流体が駆動される現象である。バブル周辺にこの対流が発生すると、流体を攪拌して熱伝達効率の向上につながる。つまり、水と壁面の接触面積の増大を抑制しつつ、マランゴニ対流発生を促進することが重要である。

(2) 最近、我々は水を脱気することでバブル成長の抑制とマランゴニ対流の劇的な増強に成功した。金ナノ粒子薄膜は非常に薄い層(~10 nm)で光を吸収して熱に変換する。そのため、他の加熱方法に比べて局所的な加熱が可能である。室温の水中に置いた金ナノ粒子薄膜にレーザーを集光すると、熱的にマイクロバブルを生成できる。生成したバブルは薄膜側からのみ加熱されているため、マランゴニ対流を伴う。特に脱気水中では、直径 10 μm 前後の水蒸気バブルがレーザースポット上に安定して生成・保持され、その周辺には m/s オーダーの急激なマランゴニ対流が発生する。光熱変換薄膜上のレーザースポットを小型の発熱素子に見立てると、バブルおよびその周辺対流がその素子を冷却していると見ることができる。バブル発生条件を最適化することで水と加熱壁面との接触面積を広く保ったまま、急激なマランゴニ対流を発生して壁面から流体への熱伝達効率を劇的に向上できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、平成 29-31 年度の 3 年間で以下の内容を明らかにすることを目的とした。

- (1) 水へのアルコール添加がマイクロバブル周辺の対流に与える影響の解明
- (2) 局所加熱点上で生成する水蒸気バブルの挙動の解明
- (3) 液中溶存気体量がバブルの挙動および周辺対流に与える影響の解明
- (4) レーザー多点同時照射によるバブル周辺温度分布および対流の制御
- (5) 加熱壁面から流体への熱伝達効率の評価

3. 研究の方法

- (1) 水へのアルコール添加がマイクロバブル周辺の対流に与える影響の解明

水とアルコールの混合液中では、それらの表面張力の大きな違いに起因する濃度勾配マランゴニ効果が現れることが知られている。金ナノ粒子薄膜の光熱変換特性を用いて水アルコール混合液中によく制御されたサイズのバブルを生成し、さらにそのバブルに温度勾配を与えることで、その周辺に発生する対流の様子を評価した。

- (2) 局所加熱点上で生成する水蒸気バブルの挙動の解明

局所加熱点上に生成する水蒸気マイクロバブルの挙動を解明するため、独自の光学系を作製した。本手法では、薄膜の光熱変換特性を用いて流体を局所加熱する。そのため、加熱用レーザーの集光とそのスポット形状の確認、またバブルの観察のために多方向から光学的アクセスが可能な観察用装置を作製した。さらに、バブルから散乱される光を捉えることで、そのサブ MHz オーダーの挙動を捉えた。また、流体を脱気するために真空超音波脱気法を用いることが有効であることがわかっている。流体の脱気と観察を同じ容器の中で行うために、超音波装置や真空ポンプ、圧力調整膜、顕微鏡などを組み合わせた装置も作製した。これらの装置を用いて、脱気水中で生成する水蒸気バブルの挙動を詳しく調べた。

- (3) 液中溶存気体量がバブルの挙動および周辺対流に与える影響の解明

液中溶存気体量を調節する装置を作製する。さらに、少量の流体中に含まれる水中溶存気体量を、ガスクロマトグラフィーを用いて定量する方法を模索する。完成した実験系を用いて、水中溶存気体量がバブルおよび周辺対流に与える影響を調べる。

- (4) レーザー多点同時照射によるバブル周辺温度分布および対流の制御

脱気水中で水蒸気バブルを生成すると、非常に強い対流が発生する。しかし、発熱部が円形である場合、壁面に垂直な向きに水が駆動される。マイクロ流路などの狭い領域で効率よく流れを発生させるためには、壁表面に沿った向きの流れを発生させる必要がある。空間位相変調子を用いると、レーザーを集光した時の照射強度分布を制御することができる。光熱変換技術においては、薄膜上のレーザー照射部が発熱源となるので、発熱源の形や発熱密度をフレキシブルに変調することに相当する。この方法を用いて、バブル周辺の温度分布に対する、バブル周辺に発生する対流の向きの依存性を調べた。

(5) 加熱壁面から流体への熱伝達効率の評価

タングステンドープした VO₂ 薄膜は室温~70 程度の温度で金属絶縁体相転移をすることが知られている。特に、ドーブするタングステンの量を変化させることで、相転移温度を変化させることができる。スパッタリング法を用いてこの薄膜を作製し、薄膜の光熱変換特性を利用してバブルを生成する。光学顕微鏡下でバブル周辺の薄膜の色を観察することで、バブル周辺の温度分布を測定する。周辺温度分布から、バブルと周辺対流が熱伝達効率に与える影響を調べる。

4. 研究成果

(1) 水へのアルコール添加がマイクロバブル周辺の対流に与える影響の解明 (引用文献)

金ナノ粒子薄膜の光熱変換特性を用いて水アルコール混合液を局所加熱し、直径約 50 μm のマイクロバブルを生成した。このバブルに対して温度勾配を与え、その周辺に発生する対流を観察した (図 1)。

アルコールの濃度に依存して、バブル周辺に発生する流れの向きが変化することを示した。濃度が閾値より低い範囲では高温部から低温部に向かう流れが発生し、濃度が閾値より高い範囲では低温部から高温部に向かう流れが生じた。変化が現れる濃度はエタノール、イソプロパノール、1-ブタノールの順に低くなった。

バブル表面を局所的に加熱すると、加熱された表面から揮発性のアルコールが優先的に蒸発し、濃度勾配が発生する。こうして発生した濃度勾配に起因するマランゴニ効果と、温度勾配によって生じるマランゴニ効果のうち、どちらが支配的になるかによって流れの方向が決まる (図 2)。

濃度勾配マランゴニ対流が支配的な領域では、温度勾配マランゴニ対流によって発生する対流よりも、強い対流を得られることが明らかになった。この成果はバブル周辺対流の増強に役立つ。

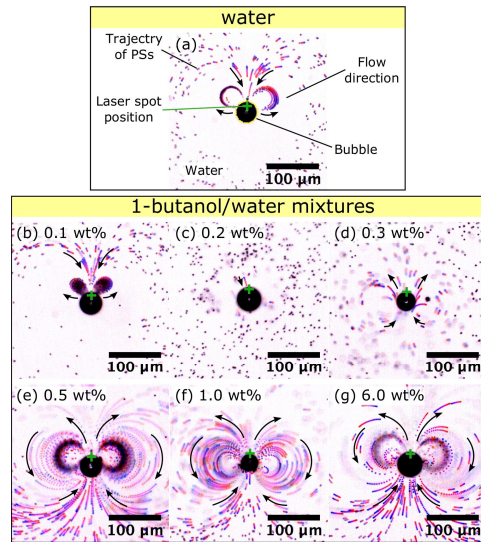


図 1. 局所加熱によって発生するマランゴニ対流のブタノール濃度依存性。

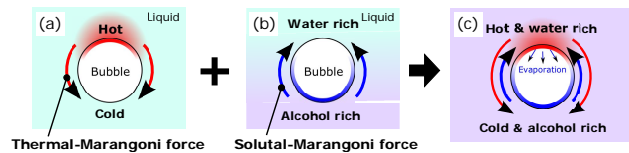


図 2. 温度勾配によって発生する、温度勾配および濃度勾配マランゴニ対流の釣り合い。

(2) 局所加熱点上で生成する水蒸気バブルの挙動の解明 (引用文献)

水中酸素濃度が 1 mg/L 以下の脱気水を局所加熱して、水蒸気を多く含むバブルを生成した。時間的に一定の強度で加熱しているにも関わらず、水蒸気マイクロバブルはサブ MHz オーダーで振動することを明らかにした (図 3)。一方で、未脱気水中で生成される空気を多く含むバブルは振動している様子が見られなかった。

バブルの振動数はバブルの大きさが大きいほど低くなる傾向にあった。バブルの大きさはレーザーパワーに対してはあまり変化せず、レーザースポットサイズ (加熱面積) を広げるほど大きくなるのがわかった。バブルの挙動は照射しているレーザーパワー密度、つまり発熱密度に大きく依存している。このことは広い面積を持つヒーター上で観察される沸騰現象と類似している。

数値計算によってバブルの振動を模擬することで、バブルの振動のメカニズムについて考察した。バブルの振動は、液相が断続的に高温部に触れることで発生する。加熱点上での水の激しい蒸発がバブルを成長させ、加熱点を気相が覆う

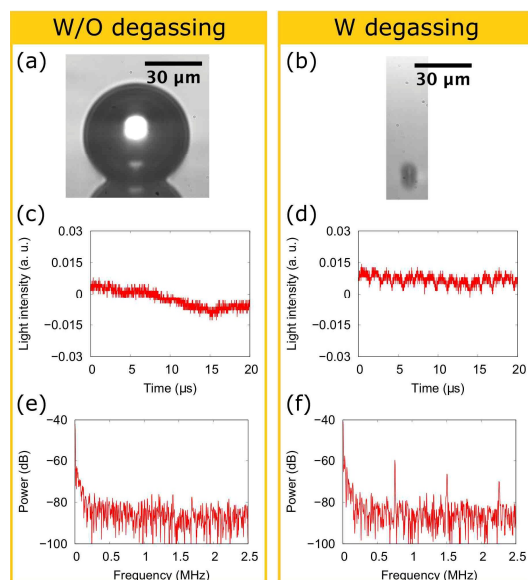


図 3. 空気および水蒸気バブルの顕微鏡像と散乱光強度の時間および周波数特性。

ことによる断熱および冷却がバブルを収縮させる。この激しい振動が、水蒸気バブル周辺の強い対流の発生と効率的な冷却に寄与していると考えられる。本成果は単に水蒸気バブルの挙動を明らかにするだけでなく、その伝熱特性や周辺対流の発生メカニズムを理解する上で重要な知見を与える。

(3) 液中溶存気体量がバブルの挙動および周辺対流に与える影響の解明（引用文献）

水を一度真空超音波脱気してから、一定圧力の酸素に晒して攪拌することで、定めた量の酸素を溶解させることができる装置を新たに開発した。

溶存酸素量を調整した水を観察用セルに封入し、封入後の少量の水の中に含まれる溶存気体量を、ガスクロマトグラフィーを用いて定量する方法を確立した。

水中溶存気体量とバブルおよび周辺対流との関係を調べた。その結果、水中溶存気体量が多くなると、生成するバブルが大きくなる傾向にあることがわかった。これは、水中に生成した水蒸気バブルに対して、溶存気体が拡散することを考えるとリーズナブルな結果である。

しかし、水中溶存気濃度が同じであっても、生成するバブルの直径及び振動数にはばらつきがあることがわかった。水中溶存気体量が増えるほどそのばらつきは大きくなった。

バブルの直径が大きいほど振動数は低下し、振動が見られる臨界直径が存在することがわかった（図4）。さらに、バブルの振動が検出された場合のみ、周辺に強い対流が発生することがわかった。この結果は、バブルの振動が周辺対流の発生に大きく寄与していることを示している。本成果は、デバイス開発の上で必要となる脱気の程度や熱源サイズについて重要な知見を与える。

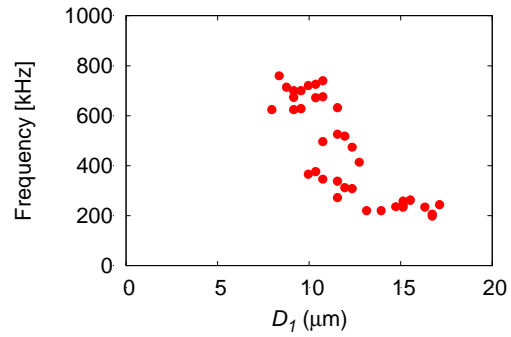


図4. バブルの直径, D_1 , に対するバブルの振動周波数の依存性。

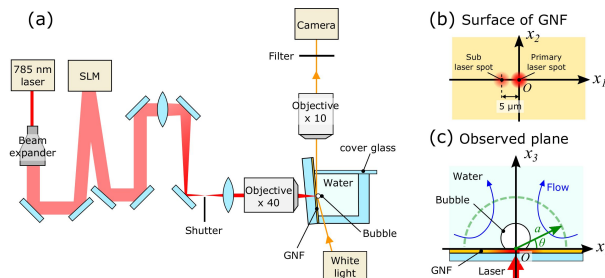


図5. 空間位相変調子を用いたレーザー光多点同時照射および流体観察のための装置の模式図。

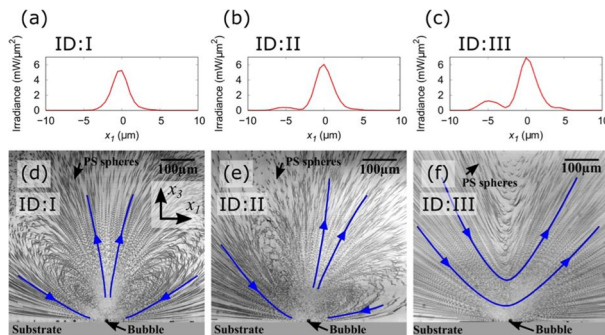


図6. レーザー光多点同時照射を用いた対流方向制御

(4) レーザー多点同時照射によるバブル周辺温度分布および対流の制御（引用文献）

空間位相変調子を用いてレーザー光多点同時照射を行いながら、バブルおよび周辺対流を観察するための光学系を新たに作製した（図5）。

プライマリレーザースポット上に水蒸気バブルを生成させ、その隣に温度勾配を可変するサブレーザースポットを設けた。サブレーザースポットの強度によって、バブルが生成する対流の方向を制御することに成功した（図6）。

バブルの数を2つに増やすことで、壁面に沿った非常に強い流れを発生させることができた（図7）。熱源は必ずしも光熱変換をもちいたものである必要はない。熱源の形状をうまくデザインすることで、周辺対流の向きを制御できることが示された。この結果は、このバブルが単に流体をかき混ぜるだけでなく、排熱のためのポンプの役割も担うことができることを示している。

(5) 加熱壁面から流体への熱伝達効率の評価（引用文献）

タンゲステンとバナジウムを酸素アルゴン雰囲気中でコスパッタすることで、サーモクロミック特性を持つWVO薄膜を作製することに成功した。

顕微鏡下に置いた温度変調ステージを用いて薄膜の光学特性の温度依存性を明らかにした。流体観察セルを3方向から観察できる光学系を新たに開発し、薄膜の相転移の様子を観察しながらバブルの大きさや振動数を測定することに成功した。

水中溶存気体量が比較的多い水中で生じる、振動しないバブルでは、周辺の広い範囲が高温となった。これは、加熱点がドライアウトすることで、気液相転移やマランゴニ対流に夜冷却の恩恵が受けられないためであると考えられる。これに対して、よく脱気した水中で発生する振動するバブルが生成する場合には、バブルの大きさと同程度の距離で温度が室温付近にまで下がることがわかった。これらの結果を簡単な熱伝導モデルを使って考察すると、壁面側への熱の逃げが約半分に抑えられており、効率よく流体側へ熱を伝えていることが示された。

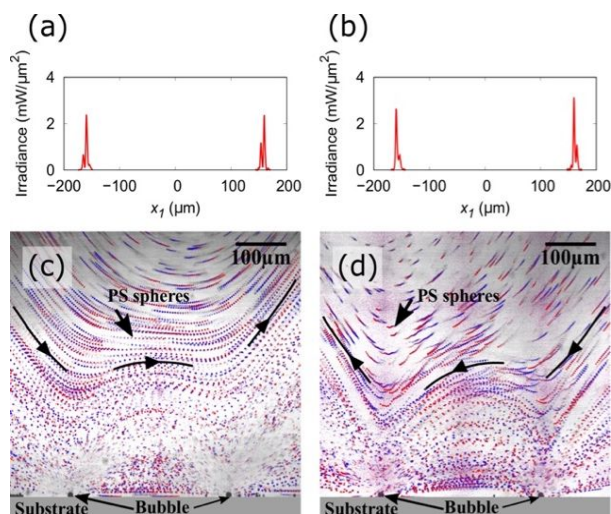


図 7.2 つの水蒸気バブルを用いて、壁面に平行な方向の流れを実現。

<引用文献>

Kyoko Namura, Kaoru Nakajima, Motofumi Suzuki, Quasi-stokeslet induced by thermoplasmonic Marangoni effect around a water vapor microbubble, Scientific Reports, 7, 2017, 45776

Kyoko Namura, Kaoru Nakajima, Motofumi Suzuki, Investigation of transition from thermal- to solutal-Marangoni flow in dilute alcohol/water mixtures using nanoplasmonic heaters, Nanotechnology, 29(6), 2018, 065201

Kyoko Namura, Yusaku Shimada, Shunsuke Okai, Samir Kumar, Motofumi Suzuki, Thermoplasmonics for investigation of microbubble dynamics in degassed water, Proc. of SPIE, 11082, 2019, 110820S

Nao Hiroshige, Shunsuke Okai, Kyoko Namura, Motofumi Suzuki, Effects of the dissolved gases in water on microbubble oscillation under photothermal heating, Proc. of SPIE, 11268, 2020, 1126807

Kyoko Namura, Souki Imafuku, Samir Kumar, Kaoru Nakajima, Masaaki Sakakura, Motofumi Suzuki, Direction control of quasi-stokeslet induced by thermoplasmonic heating of a water vapor microbubble, Scientific Reports, 9(1), 2019, 4770

成瀬 里樹、江 志武、Kumar Samir、名村 今日子、鈴木 基史、 $W_xV_{1-x}O_2$ 薄膜を用いた光熱誘起マイクロバブル周辺温度の時間的空間的測定、第 67 回応用物理学会春季学術講演会、上智大学、東京、15a-B410-3、2020 年 3 月

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Namura, Kyoko Imafuku, Souki Kumar, Samir Nakajima, Kaoru Sakakura, Masaaki Suzuki, Motofumi	4. 巻 9
2. 論文標題 Direction control of quasi-stokeslet induced by thermoplasmonic heating of a water vapor microbubble	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41255-5	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 Namura Kyoko, Nakajima Kaoru, Suzuki Motofumi	4. 巻 29
2. 論文標題 Investigation of transition from thermal- to solutal-Marangoni flow in dilute alcohol/water mixtures using nano-plasmonic heaters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 065201 ~ 065201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/aaa260	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 Kyoko Namura, Yusaku Shimada, Shunsuke Okai, Samir Kumar, Motofumi Suzuki	4. 巻 11082
2. 論文標題 Thermoplasmonics for investigation of microbubble dynamics in degassed water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE	6. 最初と最後の頁 110820S
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1117/12.2528560	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 Nao Hiroshige, Shunsuke Okai, Kyoko Namura, Motofumi Suzuki	4. 巻 11268
2. 論文標題 Effects of the dissolved gases in water on microbubble oscillation under photothermal heating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE	6. 最初と最後の頁 1126807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1117/12.2545293	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32件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 15件）

1. 発表者名 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 光熱変換によって局所加熱された気液界面の力学
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡井 俊介, 名村 今日子, 鈴木 基史
2. 発表標題 酸素濃度を制御した水中で局所加熱によって生成されたマイクロバブルの自励振動
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高島 直之, 名村 今日子, 鈴木 基史
2. 発表標題 異なる相転移温度をもつサーモクロミック薄膜を用いた水蒸気バブル周辺の温度分布の可視化
3. 学会等名 第66回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyoko Namura
2. 発表標題 Microbubble nucleation and subsequent flow generation studied by thermoplasmonic effect
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyoko Namura, Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Interfacial mechanics studied by photothermal heating of plasmonic nanostructures
3. 学会等名 IEEE NEMS 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 名村今日子
2. 発表標題 熱プラズモニック効果を用いた微小気泡の生成とその周辺に発生する対流の制御 (Control of convection around a microbubble generated by thermoplasmonic effect)
3. 学会等名 光・量子デバイス研究会 公開研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡井俊介, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 酸素濃度を制御した水中におけるマイクロバブルの振動に関する研究 (Study on microbubble oscillation in water with controlled oxygen concentration)
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 名村今日子, 今福壮貴, 坂倉政明, 鈴木基史
2. 発表標題 レーザー多点同時照射を用いた脱気水中でのマイクロ流体駆動 (Microfluidic control in degassed water by laser irradiation at multiple spots)
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyoko Namura, Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Thermoplasmonics for bubble nucleation and microfluidic control
3. 学会等名 PEP 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okai Shunsuke, Namura Kyoko, Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Thermoplasmonic Marangoni flow in water with controlled oxygen concentration
3. 学会等名 SPP8 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko, Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Microparticle handling method based on thermoplasmonic Marangoni effects
3. 学会等名 SPP8 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名村 今日子
2. 発表標題 微小熱源を用いた水中での微小気泡生成とマランゴニ対流の制御
3. 学会等名 兵庫県立大学術交流講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko, Okai Shunsuke, Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Effects of Dissolved Gases on Marangoni Flow Around a Microbubble in Water
3. 学会等名 ISSS-8 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 低溶解気体濃度水中での微小気泡およびそれに伴うマイクロ流体攪拌流の発生
3. 学会等名 化学工学会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko, Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Microfluidic manipulation based on thermoplasmonic Marangoni effects
3. 学会等名 AMEC_ISMHT (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko, Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Marangoni Flow in Microfluidics Controlled by Laser Heating of Gold Nanoisland Films
3. 学会等名 2017年秋季 第78回応用物理学関係連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 アルコール水溶液中で微小気泡周辺に発生するマランゴニ対流
3. 学会等名 2017年秋季 第78回応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko、Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Stable Solutal-Marangoni Flows Around a Microbubble in Water/1-butanol Mixtures
3. 学会等名 MNC 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Namura Kyoko、Suzuki Motofumi
2. 発表標題 Microfluidic Control by Photothermal Heating of Gold Nanoisland Film
3. 学会等名 TIX 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島田 雄策、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 脱気水の局所加熱によって生成される水蒸気バブルの振動
3. 学会等名 第65回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今福 壮貴、坂倉 政明、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 レーザー光多点照射による水蒸気バブル周辺の 光熱マランゴニ対流の制御に関する研究
3. 学会等名 第65回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千代 直也、屠 宇迪、宇都宮 徹、杉村 博之、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 光熱変換薄膜の濡れ性が光熱マランゴニ対流に与える影響
3. 学会等名 第65回 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬 里樹、江 志武、Kumar Samir、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 WxV1-xO2薄膜を用いた光熱誘起マイクロバブル周辺温度の時間的空間的測定
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Namura Kyoko
2. 発表標題 Thermoplasmonics for investigation of microbubble dynamics in degassed water
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村 瑠太、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 気液界面近傍の局所加熱が水蒸気バブル周辺の光熱対流に与える影響
3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楯 朋樹、名村 今日子、鈴木 基史
2. 発表標題 脱気水の光熱 局所加熱によって生成するマイクロバブルのその場観察
3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名村 今日子、Kumar Samir、鈴木 基史
2. 発表標題 光熱-局所加熱下での水蒸気バブルの非線形振動
3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riki Naruse、Kyoko Namura、Toshiki Sono、Naoyuki Takashima、Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Evaluation of temperature distribution around a photothermally induced microbubble using W-doped VO ₂ thin films
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuta Matsumura、Souki Imafuku、Kyoko Namura、Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Drive an object using photothermal convection around a water vapor microbubble
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 Kyoko Namura、Samir Kumar、Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Bubble Nucleation and Streaming in Degassed Water
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 Nao Hiroshige、Shunsuke Okai、Kyoko Namura、Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Effects of the dissolved gases in water on microbubble oscillation under photothermal heating
3. 学会等名 SPIE Photonics West LASE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kyoko Namura
2. 発表標題 Photothermal study of microbubble generation in degassed water
3. 学会等名 OEMN 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都大学 教育研究活動データベース
<https://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/j/uZ7qY>
マイクロ加工システム研究室HP
<http://www.mpe.me.kyoto-u.ac.jp>
マイクロ加工システム研究室ホームページ
<http://www.mpe.me.kyoto-u.ac.jp>
京都大学 教員研究活動データベース
<http://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/j/uZ7qY>

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