

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02061

研究課題名（和文）高Oh液滴の固体面衝突直後に発生するsplashの相似則構築とメカニズム解明

研究課題名（英文）Similarity of a splash at high Ohnesorge liquid drop impact on a solid surface

研究代表者

渡部 正夫（Watanabe, Masao）

北海道大学・工学研究院・教授

研究者番号：30274484

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：固体表面への液滴衝突はインクジェット印刷、超清浄洗浄等の技術応用において重要な技術的要素である。本研究では、高粘度小径の高Oh液滴が固体表面に衝突した際の不安定性現象に着目し、4つの研究項目（滑らかな固体表面への高粘度液滴衝突の観察、異なる接触角を有する固体表面への液滴衝突時に発生するwetting failureの観察、異なる表面粗さを有する固体表面への減圧チャンバ内での高速液滴衝突の観察、異なる接触角および電荷帯電量を有する固体表面への液滴衝突時に形成される空気薄膜の高速度カラー光干渉計による観察）を行うことにより、splash発生現象を考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

液滴の固体表面衝突後に、液滴の一部は変形し固体表面上を液膜として進展する。衝突速度が十分大きい場合には、液膜周縁部の流れが不安定となり、周縁部から二次液滴が発生する。本研究を遂行することにより、水と比較して10～20倍の高粘度の液滴の場合には、低粘度液滴衝突では観察されない種類の二次液滴が発生することを明らかにした。また、二次液滴発生には、固体表面の濡れ性・表面粗さが大きく影響を及ぼすことを明らかにした。液滴と固体面との衝突は、噴霧塗装、スプレー乾燥、インクジェット印刷等の様々な産業分野におけるプロセスにおいて本質的に重要な物理過程であるため、これらの産業分野の新たな展開に寄与する。

研究成果の概要（英文）：Liquid droplet impacts on the solid surface are critical in technical applications, such as ink-jet printing and semiconductor cleaning. After droplet impacts on a solid surface, splash, which consists of the secondary droplets ejected from the edge of the lamella, may be generated. Although a wide variety of parameters that control splash formation after the droplet impact are proposed, the dynamics of the droplet after the impact are yet fully understood. Therefore, we investigated the flow instabilities that occur at the impact of a high Oh liquid drop with high viscosity and a small radius on a solid surface. We conducted four types of experiments: observation of viscous liquid drop impact on a smooth solid surface, observation of wetting failure at drop impact on a solid surface with various wettability, observation of thin-gas layer by colour interferometry, and observation of high-speed droplet impact on a rough surface in the reduced pressure chamber.

研究分野：流体力学

キーワード：液滴衝突 液膜流れ スプラッシュ 不安定性現象 高オーネゾルゲ液滴

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 固体面に衝突する液滴の衝突速度が十分に大きいときには、固体面衝突後に微小液滴が飛散する splash と呼ばれる現象が発生する。splash 発生の理解は多数の工業的応用から要求されている (表面洗浄, コーティング等)。特にインクジェット印刷の分野では, splash は印刷の質を劣化させるため, その制御は極めて重要である。

(2) Ohnesorge 数 ($Oh = \mu / (\rho \sigma D)^{1/2}$) は, splash 発生条件の検討において最も重要な無次元数である。μ は粘性係数, ρ は密度, σ は表面張力, D は液滴直径である。Oh は表面張力が支配的な流れにおいて, 慣性力 (低 Oh) と粘性力 (高 Oh) のどちらが卓越するかを示す指標である。Oh はインクジェット印刷の安定作動条件を議論する際にも用いられる。

(3) Mundo ら (1995) は, 高 Oh 液滴の高速衝突時の splash 発生の観察に成功した。この splash は, 衝突直後に接触線から発生する prompt splash であると見なされたが, 気液相互作用により上方に飛散しており corona splash でもある可能性がある。低 Oh 液滴では, prompt splash と corona splash は互いに独立に発生するが, この結果は, 低 Oh 液滴の場合とは異なるメカニズムで, 高 Oh 液滴の splash が発生している。

(4) 研究代表者ら (2020) は, 低 Oh 液滴 ($Oh < 0.01$) の splash 発生について理論モデルを提案し, splash 発生条件の実験結果を説明できることを示した。しかしながら, このモデルは Mundo らの実験結果を説明できない。これは高 Oh 液滴では粘性力が無視できなくなるためであると考えられる。以上のことより, 本研究課題の核心をなす学術的「問い」を, 「高 Oh 液滴の固体面衝突直後に発生する splash は, どのようなメカニズムで発生するのか?」と設定する。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は, 高 Ohnesorge 液滴の固体面衝突直後に発生する splash (微小液滴が飛散する現象) の発生条件を明らかにし, その発生メカニズムを解明することである。ここで, Ohnesorge 数(Oh)は, 表面張力が支配的な流れにおいて, 慣性力 (低 Oh) と粘性力 (高 Oh) のどちらが卓越するかを示す指標である。

(2) 高 Oh 液滴として高粘度液滴を用い, 液滴衝突速度を液体粘度を代表実験パラメータとして実験を行い, splash 発生条件を実験的に求め splash 発生条件の相似則を検討する。また, 固体表面の特性に着目し, 固体表面の濡れ性と粗さが splash 発生に及ぼす影響についても検討する。さらに, 液滴と固体表面との衝突直前に, 固液界面間に形成される薄気膜挙動に着目し, splash 発生に影響を与える気膜挙動についても検討する。

(3) 本研究を遂行することにより, 液滴衝突時に発生する不安定現象を詳細に記述可能なモデルの構築が可能となり, 高 Oh 液滴衝突の不安定現象に起因する splash の発生メカニズム, および固体表面特性に起因する splash の発生メカニズムの解明に大きく寄与する。

3. 研究の方法

(1) 滑らかな固体表面への高粘度液滴衝突の観察

① 本研究では, 高粘度液体としてシリコンオイルとグリセロール水溶液を用いた。使用した液体の粘度の範囲は, 約 0.5 ~ 20 mPa・s であった。高粘度液体を注射器に注入し液体の自重で自然に生成される液滴をスライドガラス表面に衝突させた。液滴は直径約 1.5 mm としたため, Oh 数は約 0.004 ~ 0.1 程度であった。生成された液滴の衝突の様子を衝突板に対して 15° の角度で上方から高速度カメラとバックライトを用いて撮影した。

② 本実験はアルミフレーム (SUS SFF 204) を組んで作成したアルミフレームユニット底面 40 cm x 40 cm, 高さ 200 cm の任意の段に注射器を取り付けたアクリル板を設置し, その高さを変更することで液滴の衝突速度を制御した。アクリル板に設けた穴に内径 1.4 mm, 外径 4.2 mm のシリンジ (TERUMO SS 02SZ) を通しその先端に内径 0.13 mm, 外径 0.30 mm の注射針を取り付けて, 液体の自重で注射針先端に生成される液滴を衝突板表面に自由落下させた。

③ 衝突板には表面粗さ Ra = 40 nm 以下のスライドガラス (松浪硝子工業 S1112, 76 mm x 26 mm 0.8~1.0 mm) を使用した。接触角は θ/2 法を用いて静的接触角の計測を行った。純水に対する接触角は約 40°, シリコンオイル, グリセロール水溶液に対してはそれぞれ 2°, 16° で

あった。

(2) 異なる接触角を有する固体表面への液滴衝突時に発生する wetting failure の観察

① 本研究では、濡れ性が Splash 発生に及ぼす影響の調査と、液滴衝突の初期段階の観察を行うため、固体壁と水液滴との濡れ性を変化させて固体表面と水液滴の衝突実験を行い、下方向からの観察を行った。

② 注射針で純水液滴を生成して自由落下させ、固体壁に衝突する様子を横方向と下方向から同期して撮影を行った。生成された液滴の平衡半径は 1.49 ± 0.0265 mm、液滴底部曲率半径は 1.54 ± 0.137 mm であった。横方向からは高速度カラービデオカメラ (NAC イメージテクノロジー, HX-3)、下方向からは超高速ビデオカメラ (島津製作所, HPV-1) を使用した。

③ Thoroddsen ら (2012) の実験手法を参考にした。液滴がレンズの役割を果たし、バックライトが集光できるように、観察可能領域を調整した。衝突板には表面粗さ $Ra = 2.2$ nm のカバーガラス (松浪硝子工業 18×18) を使用した。この衝突板にプラズマ照射装置 (株式会社魁半導体社製) と、フッ素系撥水コート剤 (株式会社フロロテクノロジー社製) を用いることで濡れ性を変化させた。液滴衝突速度 V は $V = 2.9 \sim 4.6$ m/s まで変化させた。

(3) 異なる表面粗さを有する固体表面への減圧チャンバ内での高速液滴衝突の観察

① 本研究では、減圧チャンバー内で静止した注射針から、直径 $D = 2.3$ mm 程度の水液滴を自由落下させ、鉛直上向きに移動している衝突板に衝突させた。周囲気体圧力の範囲は $P = 0.5 \sim 100$ kPa (大気圧) と設定した。衝突板を移動させるために弾丸射出装置を使用した。弾丸射出装置は、誘導起電力により鉄製の弾丸を射出する機構を有する。衝突速度は $V = 6 \sim 30$ m/s の範囲であった。

② 衝突板は 3D プリンターを用いて作成した PLA 樹脂の基部にカバーガラス (松浪硝子工業, 18 × 18mm) を貼り付けて作成し、さらにその上から超精密研磨フィルム (三共理化学株式会社, #1000) を固定した。この衝突板の表面粗さは $Ra = 248$ nm であった。また、PLA 樹脂基部にプラスチック カバーガラス (PVC 製をスプレーのりで貼り付けた衝突版も作成した。この衝突板の表面粗さは $Ra = 31$ nm であった。

③ 液滴衝突の様子は超高速ビデオカメラ (島津製作所, HPV-1) を使用し、1,000,000 fps のフレームレートで撮影した。自由落下する液滴がセンサーによって感知されると、駆動信号が超高速ビデオカメラ、弾丸射出装置、ストロボに送信され、高速衝突の同期撮影が可能となった。

(4) 異なる接触角および電荷帯電量を有する固体表面への液滴衝突時に形成される空気薄膜の高速カラー光干渉計による観察

① 本研究では、液滴が固体壁に衝突する直前に、液滴界面と固体表面との間に形成される空気薄膜に注目する。高速カラー光干渉法による観察を用いて、衝突条件により薄膜がどのような変化を示すのかを考察する。

② 液滴衝突の観察には高速度カラーカメラ (nac イメージテクノロジー, ハイスピードカメラ HX-3) を用いた。カメラに光学顕微鏡レンズ (Leica Microsystems, マイクロスコープ Z16APO) を取り付け、その同軸に白色光源 (MORITEX, メタルハライド光源 MME-350) を取り入れて照射した。鉛直自由落下する液滴と衝突固体壁であるスライドガラス面による反射光と液滴底面の反射光による光の干渉を観察した。

③ 操作パラメータは固体表面濡れ性と固体表面への電荷帯電量である。固体表面濡れ性については、窒素プラズマ照射処理を施し、濡れ性を変化させた。コッククロフトウォルトン回路を利用してカバーガラス表面を帯電させた。カバーガラス表面の電位計測にはデジタル低電位測定器 (春日電機株式会社, KSD-3000) を用いた。

④ 空気薄膜の解析は幾何学的形状が既知である平凸レンズを用いて行った。スライドガラス上に平凸レンズの凸面が下になるように置き、ガラス面とレンズ底面の反射光により生じる干渉縞のデータを得る。液滴衝突時に得られる干渉縞のデータをこの情報と関連させることで、空気薄膜の形状を解析した。

4. 研究成果

(1) 滑らかな固体表面への高粘度液滴衝突の観察

① 低粘度シリコンオイル液滴の衝突において、液膜の進展過程で二次液滴が発生し固体壁に沿って飛散する現象が観察された。これを splash と呼ぶ。液滴粘度の増加とともに splash の発生が促進されることが確認された。さらに、低粘度領域における splash の発生閾値は Yang ら (Yang ら, 2021) の結果と同様であることがわかった。また、高粘度シリコンオイル液滴では、液滴粘度の増加とともに splash の発生が抑制されることが確認された。この結果は先行研究の結果と一致する。しかし、高粘度領域における splash 発生に対する衝突速度の影響を検討すると、 $Oh=0.03$ 程度では $We=300$ 程度では splash の発生が観察されたが、 $Oh>400$ では splash の発生は観察されず、液滴衝突後に液膜が進展し、液膜径が最大値に達した後、液膜径が減少する液膜後退過程で二次液滴が発生現象が観察された。これを Receding break-up とよび、液膜の進展過程で発生する splash と区別する。さらに、従来の液滴衝突実験では観察されたことのない衝突速度の増加が二次液滴発生を抑制する速度域が存在することが確認され、Receding break-up の発生が予測される $We=1000$ 以上の高 We 数での高粘度シリコンオイル液滴の衝突では二次液滴の発生が観察されなかった。

② 低粘度グリセロール液滴の衝突において、液滴粘度の増加とともに splash の発生が促進されることが確認され、シリコンオイル液滴の衝突と同様の結果が得られた。また、高粘度グリセロール液滴では、高粘度シリコンオイル液滴衝突と同様に、衝突速度の増加が二次液滴発生を抑制する速度域が存在することが確認された。しかしながら、 $Oh>0.03$ 程度で二次液滴の発生が高粘度シリコンオイル液滴の場合と大きく異なることが観察された。高粘度グリセロール液滴では、二次液滴が発生する速度域は高粘度シリコンオイルの場合よりも増加し、粘度の増加は二次液滴発生にたいして抑制的に働くことがわかった。また、 $Oh=0.05$ 程度の高粘度であっても splash の発生が観察され、Receding break-up が観察される実験条件は非常に限られることが観察された。

③ 異なる高粘度液体で二次液滴発生の様相が異なる理由を検討するために、スライドガラスに接する液体の接触角の効果を調査した。高粘度シリコンオイルの接触角は 2° 程度、高粘度グリセロール水溶液の接触角は 15.7° であった。そこで、カバーガラスに窒素プラズマを照射することにより高粘度グリセロール水溶液の接触角を減少させることを試みた。接触角を 9.6° 程度まで減じたカバーガラスに高粘度グリセロールを衝突させた結果、液滴衝突後の液膜進展挙動の不安定性は抑制され、二次液滴発生は抑制される傾向となった。

(2) 異なる接触角を有する固体表面への液滴衝突時に発生する wetting failure の観察

① 本研究では、表面粗さが数 nm の滑らかなカバーガラス固体表面に衝突した直後に、液滴と個体と周囲気体との固気液三相界面から射出される液膜の周縁部に発生する不安定性を起源として発生する splash について検討した。固体表面衝突直前の液滴の下部曲率半径 R_b 、衝突速度 V 、衝突してからの経過時間 t のとき無次元衝突時間 $\tau = Vt/R_b$ と定義し、 $\tau < 0.2$ で観察される splash を対象とした。衝突速度が小さい場合には splash が観察されないが、衝突速度を増加させると splash が観察される場合がある。splash が観察される閾速度を splash 閾衝突速度と定義し、実験結果より splash 閾衝突速度を求めた。

② 窒素プラズマ処理によってカバーガラスの接触角を減少させることによって、液膜周縁部不安定性の発生臨界速度が増加し、その結果 splash 発生が抑制されることが観察された。また、撮影速度が 1,000,000 fps の超高速カメラを用いた観察によって、液滴衝突後に進展する液膜挙動は、衝突速度にもカバーガラスの接触角にも依存しないことがわかった。従って、液滴衝突後に液膜が射出される時刻は、 We 数のみによって整理され、本研究の実験範囲においては接触角に異存しないことが明らかになった。

③ これらの実験結果と、Cox (1986, 1998) によって提案された wetting failure 理論とを用いることによって、液膜周縁部不安定現象の臨界 Ca 数の接触角依存性について検討した。Cox 理論は実験結果を適切に予測することが示されたため、 $\tau < 0.2$ で観察される splash は wetting failure によるものであることがわかった。splash 発生の臨界 Ca 数は固体表面の濡れ特性への依存性は、固体表面粗さと進展液膜厚さとの比を用いて整理できることが示唆され、表面の濡れ特性と表面粗さの相互作用について更なる理解が必要であると提示された。

(3) 異なる表面粗さを有する固体表面への減圧チャンバ内での高速液滴衝突の観察

① Splash 発生に対する固体壁、表面粗さおよび、周囲気体圧力の影響を調査するため、表面粗さが $Ra = 31.3 \text{ nm}$ と 248 nm の二種類の表面を用いて splash の発生挙動、および 先行研究で提案された splash 発生閾値について、Burzynski ら (2020) と同様にその発生挙動で分類した。

② 進展する液膜と固体壁との接触線から発生する prompt splash について検討した。 $Ra = 31.3$

nmの表面を用いた実験結果は、Xuら(2005)が提案した splash 発生閾値を用いることで、その発生を整理することができた。しかし、García-Geijoら(2021)の splash 発生閾値では整理できなかった。Ra = 248 nmの表面を用いた実験では、主に減圧条件下で splash の発生が観察された。この実験結果は Xuらの splash 発生閾値では整理できず、García-Geijoらの splash 発生閾値を用いて整理することができた。

③ 進展する液膜が浮かび上がる Corona splashについて検討した。Corona splash は Ra = 248 nmの「粗い表面」を用いた実験でのみ観察された。Burzynski(2020)らの実験結果で示されたように、純水液滴の衝突実験では、従来 splash の発生は観察されていなかった。しかしながら、本研究では、純水液滴の粗い表面への衝突後に corona splash の発生を観察することができ、固体壁表面粗さが splash 発生に影響を与えることが示された。

④ 液滴衝突直後のみに発生する ephemeral splashについて検討した。これまでに提案された splash 発生閾値では、ephemeral splash の発生を整理することができなかった。本研究で用いた Ra = 31.3 nmの表面では、corona splash の発生、および prompt splash の発生はともに、これまでに提案された splash 発生閾値によって予測されることがわかった。この実験結果より、「滑らかな表面において成立する」として曖昧に語られてきた splash 発生閾値が、Ra が 50 nm程度の粗さであれば成立することを示唆している。

(4) 異なる接触角および電荷帯電量を有する固体表面への液滴衝突時に形成される空気薄膜の高速カラー光干渉計による観察

① 大気圧下で自由落下する液滴が固体壁に衝突する現象を、高速カラーカメラによって撮影することで液滴と固体壁の間に形成される空気薄膜の観察を実現し、固体壁面の接触角が液滴衝突現象における空気薄膜特性に及ぼす影響を調査した。また、電磁気力が液滴衝突現象に及ぼす影響について検討する一歩として、固体表面の電位の効果について調査した。膜厚解析は本実験系に適用する方法を構築し、500 nm ~ 2.5 μmの厚さの解析を可能とした。

② 固体表面にプラズマ処理を施すとカバーガラスが帯電し、数百ボルトの表面電位となり、形成気膜中心近傍で液体表面が大きく凹む形状(ディンプル)が形成されることが分かった。また、プラズマ処理によって接触角や空気薄膜保持時間、ディンプル径が減少することが分かった。一方で、固体表面の電位変化によって接触角は変化しないが、空気薄膜保持時間やディンプル径が変化することが確認された。

③ 各種液体で実験を行うことで、液体の誘電率によってプラズマ処理、表面電位の効果が異なることが分かった。これは、固体表面の電荷によって形成された表面近傍の電場によって液滴下部にかかる引力が異なることが原因だと考えられる。また、0~4 μmの厚さにおいて、色強度モデルを構築することで膜厚の解析を可能とした。

<参考文献>

- ① T. Ashida, M. Watanabe, K. Kobayashi, H. Fujii, T. Sanada, Hidden prompt splashing by corona splashing at drop impact on a smooth dry surface, *Physical Review Fluids*, Vol. 5, 2020, 011601(R)
- ② D.A. Burzynski, I.V. Roisman, S.E. Bansmer, On the splashing of high-speed drops impacting a dry surface, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 892, 2020, A2
- ③ R. Cox, The dynamics of the spreading of liquids on a solid surface. Part 1. Viscous flow, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 168, 1986, 169-194.
- ④ R. Cox, Inertial and viscous effects on dynamic contact angles, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 357, 1998, 249-278
- ⑤ P. García-Geijo, E.S. Quintero, G. Riboux, J. M. Gordillo, Spreading and splashing of drops impacting rough substrates, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 917, 2021, A50
- ⑥ CHR. Mundo, M. Sommerfeld, C. Tropea, Droplet-wall collisions: Experimental studies of the deformation and breakup process, *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 21 (2), 1995, 151-173
- ⑦ S.T. Thoroddsen, K. Takehara, T.G. Etoh, Micro-splashing by Drop Impacts, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 706, 2012, 560-570.
- ⑧ L. Xu, W.W. Zhang, S.R. Nagel, Drop Splashing on a Dry Smooth Surface, *Physical Review Letters*, Vol. 94, 2005, 184505.
- ⑨ L. Yang, Z. Li, T. Yang, Y. Chi, P. Zhang, Experimental Study on Droplet Splash and Receding Breakup on a Smooth Surface at Atmospheric Pressure, *Langmuir*, Vol. 37 (36), 2021, 10838-10848.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Adachi Ryunosuke, Kobayashi Kazumichi, Fujii Hiroyuki, Sanada Toshiyuki, Watanabe Masao	4. 巻 34
2. 論文標題 Wetting failure in the early stage of water drop impact on a smooth solid surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 062116 ~ 062116
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0096813	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9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森 一貴, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之, 真田 俊之
2. 発表標題 減圧環境下の高速度液滴衝突時に発生する splash に表面粗さが与える影響
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 川中 浩平, 森 一貴, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之
2. 発表標題 減圧環境下のエタノール液滴の固体面上液膜衝突時に発生する Splash の観察
3. 学会等名 日本機械学会北海道学生会第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井 優作, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之, 川中 浩平
2. 発表標題 大気圧下における滑らかな固体表面上での高粘度液滴衝突の観察
3. 学会等名 日本機械学会北海道学生会第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安達 隆之介, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之, 真田 俊之
2. 発表標題 液滴衝突直後に発生する Splashにおける濡れ性の効果
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 森 一貴, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之, 真田 俊之
2. 発表標題 高速液滴衝突時に発生する splash の減圧環境下の観察
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 川中 浩平, 森 一貴, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之
2. 発表標題 減圧環境下のエタノール液滴の固体面上液膜衝突時に発生する Splash の観察
3. 学会等名 日本機械学会北海道学生会第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川中 浩平, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之
2. 発表標題 固体面への高速液滴衝突による Splash における周囲気体の影響
3. 学会等名 日本機械学会第100期流体工学部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 佑一郎, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之
2. 発表標題 衝突液滴直下に形成される空気薄膜形状の高速度カラー光干渉観察
3. 学会等名 日本機械学会第100期流体工学部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野崎 大理, 渡部 正夫, 小林 一道, 藤井 宏之
2. 発表標題 粗い表面における液滴衝突時に発生するsplashの観察
3. 学会等名 日本機械学会北海道学生会第52回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023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	小林 一道 (Kobayashi Kazumichi) (80453140)	北海道大学・工学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	藤井 宏之 (Fujii Hiroyuki) (00632580)	北海道大学・工学研究院・助教 (10101)	
研究分担者	真田 俊之 (Sanada Toshiyuki) (50403978)	静岡大学・工学部・教授 (13801)	

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