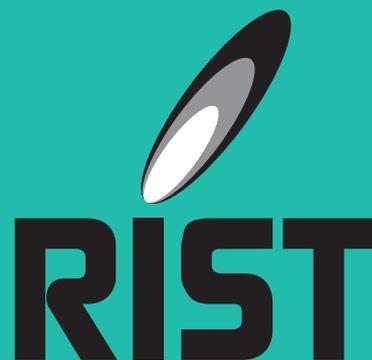


**Proceedings of Tokai University**  
**Research Institute of Science and Technology**

**東海大学紀要**

**総合科学技術研究所**

**2021 Vol.41**



**Research Institute of Science and Technology**

# 東海大学 紀要 総合科学技術研究所

---

Proceedings of Tokai University  
Research Institute of Science and Technology

**2021 Vol.41**



**Research Institute of Science and Technology**

## 目次—CONTENTS—

■総合科学技術研究所 所長挨拶	1
■【論文】 パルスレーザによる表面改質に関する研究	2
■2021 年度総合科学技術研究所 活動記録	11
■東海大学—デンマーク工科大学国際交流イベント Workshop on Solar Cell Technologies in DTU-Tokai Univ. (WSCT2022)	12
■総合科学技術研究所 2021 年度第 1 回シンポジウム 「飛翔体の流れに関するシンポジウム」	15
■東京都市大学—東海大学合同シンポジウム 「自動車のトライボロジーに関する 東京都市大学—東海大学合同シンポジウム」	22
■2021 年度総合科学技術研究所 研究業績	28

## ご挨拶

---

東海大学総合科学技術研究所は1948年に設立された産業科学技術研究所を前身とする研究所で、とくに環境・エネルギーの理工学系分野を中心に据えて、医・農・工・海の特色ある分野の研究プロジェクトを遂行しています。

東海大学の強みを生かした組織的な学内研究を推進し、民間企業や他大学、および自治体などと共に社会連携を目指した研究を発展させて行くことにより東海大学のコアとなり得る組織的な研究を醸成することを目指しています。

2020年度はCOVID-19感染拡大に伴ない研究活動が制限される中、研究所所属の教員や研究者の努力により、ここ数年の研究成果に比べても劣ることのない優れた研究成果が得られたものと確信しております。

今回は2021年4月から2022年3月までの研究所の研究成果を活動概要としてまとめました。さらに、2021年度に当研究所が主催・共催したシンポジウムの概要もまとめています。

御一読いただけますと幸いです。

引き続き皆様のご支援をよろしくお願い致します。

2022年4月1日

総合科学技術研究所  
所長 岩森 暁

# パルスレーザーによる表面改質に関する研究

橋田昌樹(東海大学・総合科学技術研究所)

Research on the material surface modification with pulsed lasers

Masaki HASHIDA (Research Institute of Science and Technology, Tokai University)

キーワード：表面改質，パルスレーザー，アブレーション閾値，微細周期構造

Keywords: surface modification, Pulsed laser, Ablation threshold, Periodic surface structures

## Abstract

To achieve laser nano-fabrication much smaller dimension than that of diffraction limit, the knowledge of the laser-matter interaction is important, especially for producing the LIPSS (Laser Induced Periodic Surface Structures) on solid surface. The periodicity of LIPSS has been down to  $1/13 - 1/25$  of the laser wavelength  $\lambda$ . The LIPSS can be produced on metal surface irradiated by femtosecond laser pulses slightly higher in fluence than the ablation threshold. Therefore the ablation threshold might be one of the key issues to discuss physics of the laser-matter interaction. Additionally, the LIPSS on material surface have expected to inducing a novel functionality. For investigating laser matter interaction “Advanced Photon Nanoscience Laboratory” have been established in Research Institute of Science and Technology, Tokai University on 1st October 2021. Here our research achievement for surface modification with pulsed lasers and prospective advanced researches will be introduced.

## 1. はじめに

2021年10月1日、総合科学技術研究所にパルスレーザーによる表面改質の研究室「先端光ナノ科学実験室」が発足した。本研究室では短パルスレーザーにより自己組織的に形成される微細構造物(LIPSS: Laser induced Periodic Surface Structures)の基礎研究と応用研究に取り組み、その形成メカニズム解明と微細構造物を材料表面に付加することで発現する新奇な機能を見つけることを目標にした。そして新機能を模索するため、計測評価に必要なサイズ of 材料を作るレーザー機能性材料創成システムを先端光ナノ実験室(総合科学技術研究所)に再構築し

- ・微細構造金属の抗菌効果(アブレーション閾値の測定)
- ・太陽電池の反射率低減
- ・リチウムイオンバッテリーの集電電極の表面積向上

に関する実験を開始した(Fig. 1)。Fig. 1はパルスレーザー(Nd:YAGレーザー(GCR250), 532nm, 500mJ, 10Hz)と照射材料を180mm×180mm移動できる電動ステージ, レーザビームを観測するCCDカメラが設置された光学ベンチの外観である。レーザーの散乱光を遮蔽しつつ内部の移動の様子を観測するためアクリル樹脂(オレンジ色)で覆った。学内外との協働研究や融合研究を加速させ微細構造物形成と新機能材料創成の研究分野において研究室のプレゼンスを示す。実験室は湘南キャンパスの12号館1階にあり「先端光ナノ科学実験室」と名付けレーザーによる基礎研究と応用研究を工学研究科機械工学専攻および理学研究科物理学専攻の大学院生とともに実施した。

最初に研究室の中心課題のパルスレーザーで形成されるLIPSSについて簡単に説明する。材料の破壊閾値を越えるエネルギーの短パルス短パルスレーザーを材料表面に照射すると、その表面はアブレーション(飛散剥離)し、短パルスレーザー特有のLIPSSが表面に自己組織的に形成される。このLIPSSはレーザー波長より短い格子間隔を持っている。しかし、その形成機構は分かっていな

い. LIPSS はどこまで小さくできるのか, そしてどのようにして周期の均一性を高めるのか, それらをどのように制御するか, これまで糸口が掴めなかった. 本研究室では LIPSS の形成機構解明を目的にレーザブレイションをレーザ物質相互作用の観点から 4 つの過程 (Fig. 2) に分けて研究に取り組できた. それぞれの過程についてこれまでの成果をまとめると「①レーザ吸収過程」を調べる実験では, レーザ照射された金属表面から放出されるイオンは多光子吸収[1]と光電場 (表面ポテンシャル障壁低下) による電子放出が関わっていることを明らかにした[2]. また, 「③物質放出過程」を調べる実験は LIPSS 形成時に放出されるイオンの運動エネルギーは微小空間からクーロン爆発によりイオンが放出[2]されていることが, 「④照射痕形成過程」の分析では, LIPSS の格子間隔がレーザフルエンスに依存することを見出し[3], [4], 「②相互作用」の考察ではレーザとレーザ生成プラズマとの相互作用が関わっていることを明らかにした[5]. 材料の結晶性はアブレーションによりアモルファス化[6]すること, 役割の異なる 2 つのパルスからなるダブルパルス照射により LIPSS の大きさをレーザ波長  $\lambda$  の 1/13 程度まで微細化できている [7]. 更に照射条件を最適化することで極めて高い周期性 (均一な周期性) の LIPSS が形成[8]されることやアブレーションが抑制されることなど様々な新しい現象を見出している. これらの知見をもとに, 材料表面に所望の微細加工を施すためにレーザと材料との相互作用を理解し制御することが求められている.

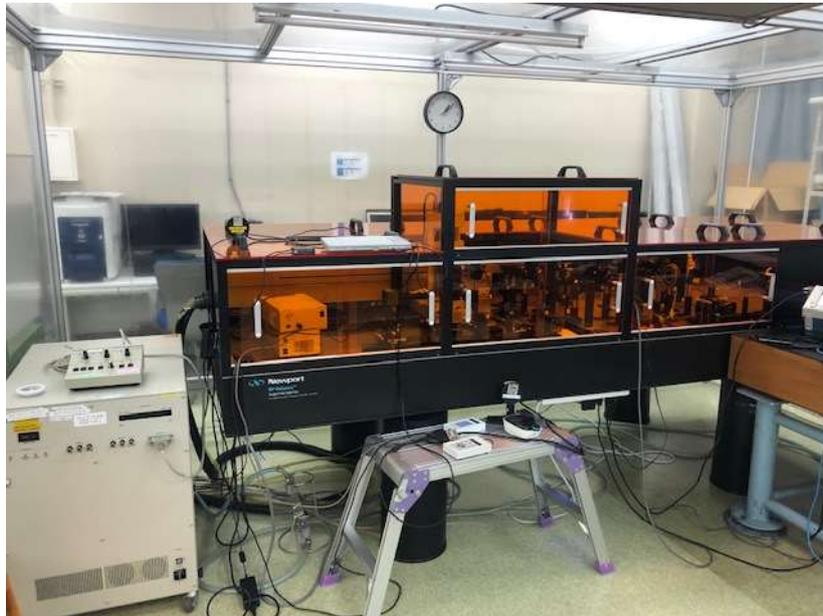


Fig. 1. “Advanced Photon Nanoscience Laboratory” for inducing a novel functionality on materials.

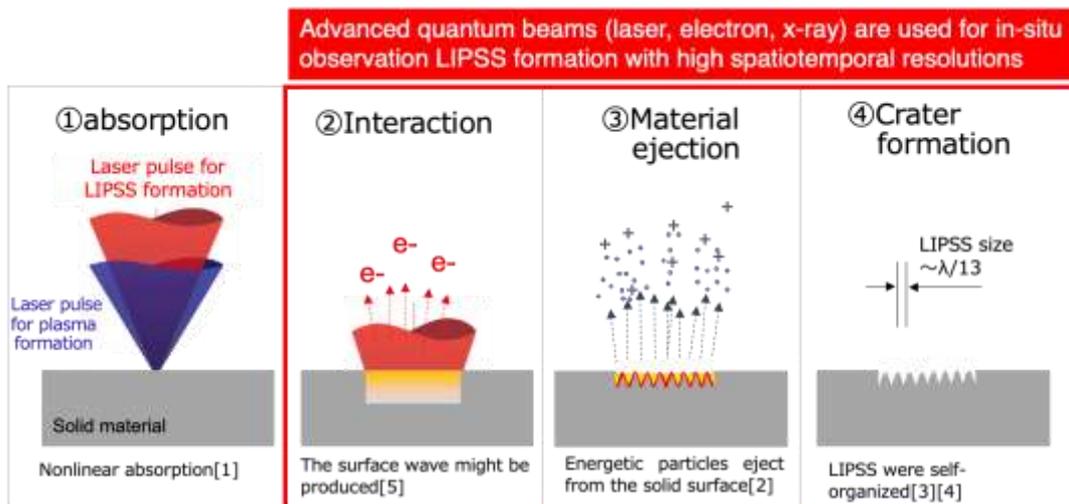


Fig. 2. LIPSS production on material surface with pulsed laser ablation.

## 2. レーザ微細周期構造物（LIPSS）の基礎と応用研究

レーザと材料との相互作用を理解するためレーザ照射により形成される LIPSS を、パルスレーザ[9]、パルス電子[10]や X 線[11][12]を用いて「その場計測」できる装置の開発を 4 機関の共同により実施した. Fig. 3 には各機関で開発されている装置の性能を示した. 東海大学は役割の異なる 2 つの 150fs のレーザパルスから成る複合レーザビーム装置を、京都大学は 250fs, 350keV のパルス幅の電子パルスビームを、量子科学研究開発機構は約 7ps, 20-150eV のパルス X 線を、大阪大学は SACLA のライン(10fs 程度, 4-15KeV のパルス X 線)を使った、その場計測機の開発を 2018 年度より行っている. 装置は、高い時空間分解能(1ps, 1 $\mu$ m)を有するもので下記に挙げる共同研究機関に加え協力研究機関と連携し加速させた.

### 【共同研究実施機関】

- ・ 京都大学 化学研究所
- ・ 大阪大学 工学研究科
- ・ 量子科学技術研究開発機構

### 【協力研究機関】

- ・ 京都大学エネルギー理工学研究所
- ・ 大阪大学 接合科学研究所
- ・ 核融合科学研究所
- ・ 大阪産業大学
- ・ 摂南大学
- ・ 広島大学

学内については、工学研究科、工学部、理学研究科と連携し、LIPSS に関し以下の基礎研究と応用研究に取り組んだ.

- ・ LIPSS 形成のその場計測とメカニズム解明
- ・ パルスレーザと物質の相互作用におけるシミュレーション
- ・ 回折限界以下の大きさのレーザ微細加工
- ・ 太陽電池の反射率低減による性能向上 [13][14]
- ・ 撥水性付与[15]
- ・ リチウムイオンバッテリーの性能向上[16]
- ・ がん治療のための薄膜炭素の製作[17]
- ・ 自動走行車開発のための異種材料接合
- ・ 生体適合性向上や抗菌・抗ウイルスへの応用
- ・ 次世代高感度デバイス作製[18]
- ・ 真空四光波混合[19]

- ・高強度レーザーによる高エネルギー荷電粒子生成



Fig. 3. Research facilities for in-situ measurement of LIPSS formation.

### 3. レーザ微細周期構造物（LIPSS）の制御

LIPSS 形成では、パルスレーザーと物質の相互作用（アブレーション閾値）をいかに制御できるかにかかっている。しかし、相互作用の理解はむずかしく、レーザー照射条件や物質の物理的・化学的特性が制御パラメータになっており、パルスレーザーの波長、強度、空間及び時間分布、偏光、入射角度、照射材料の掃引速度、照射回数、周辺の雰囲気や媒質種などで状況は変わる。特に、LIPSS 形成で鍵になるアブレーション閾値（材料の破壊閾値）は物質に左右される、例えば、その組成、構造、表面の幾何学的形状、多層膜などの形態などにより光励起や光吸収などが変化しアブレーション閾値が変わる。更にパルスレーザーが高強度化するとレーザーと物質の相互作用において非線形 [20] [21] や非平衡 [22] な現象を考慮する必要が出てくる。これらパルスレーザーと物質との相互作用物理を正しく理解し制御できれば新しい微細加工技術開発につながる。しかし、レーザーと物質の相互作用を巧みに制御し実用的なレーザー微細加工技術開発はまだ始まったばかりである。

相互作用の観点から計測分野に目を向けると、二波長のパルスレーザー（レーザー波長： $\lambda$ ）により、これまで不可能とされてきた回折限界を超え数十ナノメートル程度（ $\sim \lambda/20$ ）の空間分解能で観測を可能にしている。これは観測対象である蛍光分子について、励起させるパルスレーザーと誘導放出させるパルスレーザーを時空間に重ね合わせ励起準位からの蛍光を抑制することが鍵になっている。この新しい観測技術は、超解像顕微鏡 [23] [24] とよばれ、開発者の E. Betzig, S. T. Hell, W. E. Moerner に 2014 年ノーベル化学賞が与えられている。フェムト秒レーザー加工においてもアブレーション抑制の現象が見出されており超解像加工の実現が見え始めている。

一方、レーザー微細加工の分野では超解像を可能にする技術は開発されていない。しかし、近年の研究では、空間的に重ね合わせ、時間的に遅延させたダブルパルスを用いることで金属においてアブレーションが抑制されることを見出している (Fig. 4)。この抑制には材料表面にできるレーザー生成プラズマの密度が臨界密度に達しているか否かによるものと考察した [25]–[27]。いずれにせよ、超解像なレーザー加工の可能性が見え始めているが、パルスレーザー照射された瞬間の材料の表面状態を観測する有効な方法が無いと抑制に関する研究は現象論に限られ、その物理の本質は見えていない。

### 4. その場計測のための高速アブレーション加工法

相互作用物理の課題を解決するため、レーザー照射された材料表面の「その場観察」のための高速アブレーション加工法を提案した。この手法では、遅延時間をつけたダブルパルス (Fig. 4) を材料に照射し、材料のアブレーション深さのフルエンス及び遅延時間依存性から、過渡的な材料表面のレーザー侵入長や反射、加えて表面に形成されるレーザー生成プラズマの様子を間接的にとらえるも

のである。この独自に開発した高速アブレーション法をチタンに適用した。実験では波長の異なるダブルパルス（800nm と 400nm）を用いた、ここで、最初に照射されるパルスを第一パルスと呼び遅延されて照射されるパルスを第二パルスと呼ぶことにする。第一パルスはアブレーション閾値  $F_{th}$  の 1.5 倍に設定し、第二パルスをアブレーション閾値  $F_{th}$  の 1.0, 0.80, 0.60 に調整し遅延時間を変化させアブレーション率を測定した。ここで、400nm レーザのアブレーション閾値を  $F_{400th}$ , 800nm レーザのアブレーション閾値を  $F_{800th}$  と表す。Fig. 4 に実験結果を示す。第一パルスが 400nm の場合 (Fig. 4(a)), アブレーション抑制は遅延時間 200ps のとき最も大きかった。一方、第一パルスが 800nm の場合 (Fig. 4(b)) にはアブレーション抑制は遅延時間 60ps で最大を示した。波長により抑制時間が異なることが明らかになった。結果の議論では、第一パルスで生成されたプラズマが膨張し、第二パルスが照射されるときに臨界密度に達した時に抑制が最も大きくなると仮定すると、臨界密度は  $1/\lambda^2$  に比例するため照射遅延時間が波長により異なることを考察した。プラズマ膨張時間を 1000m/s とすると Fig. 4(a) の照射では計算値 154ps を示し実験値 200ps に比較的近い値を示した。一方、Fig. 4(b) の照射では計算値 51ps を示し実験値 60ps と良い一致を示した。したがってアブレーション抑制は表面のレーザ生成プラズマ密度が関係していることが分かった [27]。白金、シリコンも同様にアブレーション抑制があることが分かった。

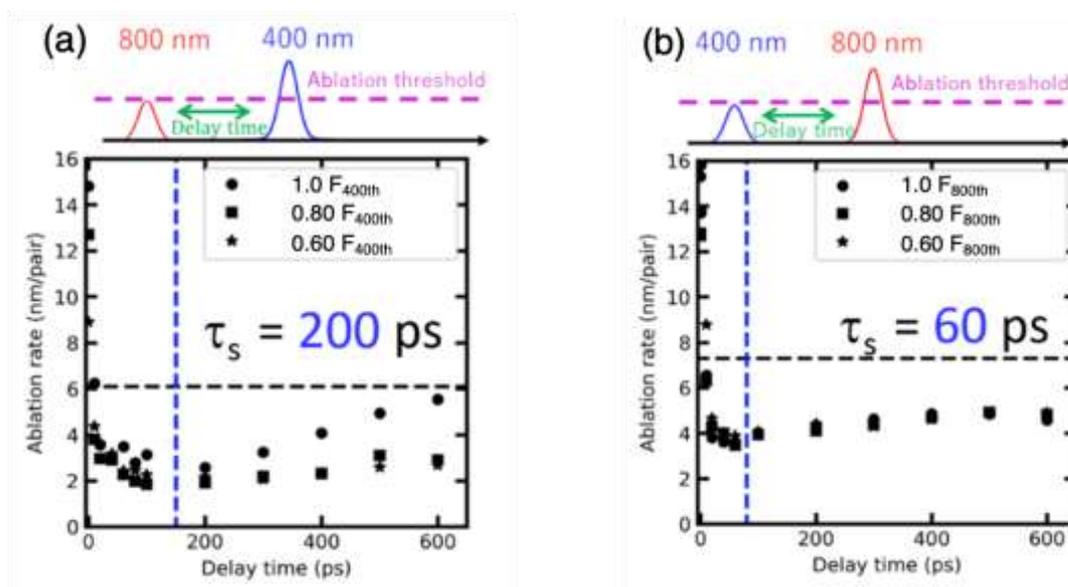


Fig. 4. Dependence of the ablation rate on delay time when the wavelength of the first pulse was (a) 400 nm and (b) 800 nm. The fluence of the first pulse was set to 1.5 times the ablation threshold, and the fluence of the second pulse was set to 0.60, 0.80, or 1.0 times the ablation threshold[28]

## 5. 均一なレーザ微細周期構造物 (LIPSS) の形成

均一な LIPSS 形成は「二波長ダブルパルス照射」を行い、パルス間の時間差(遅延時間)やフルエンスの組み合わせを最適化することにより達成 (Fig. 5) できることを明らかにしてきた。しかし、周期構造の均一性の評価法で有効なものではなく、LIPSS の SEM 画像について二次元 FFT を実施し、ピークスpekトルの広がりについて 0 次を中心に角度 (DOLA: dispersion in the LIPSS orientation angle)  $\delta\theta$  で表し評価する方法がある。しかし、この手法は画像の輝度や倍率に依存し評価結果が変わる課題があった。そこで我々は、均一性に有効な評価法を新たに開発し [28]、二波長ダブルパルス照射により形成された LIPSS の周期性が高くなるのは一体何によるものかを議論を深めることとした。Fig. 5(a) には 閾値フルエンス  $F_{400th}$  の 1.5 倍に調整された 400nm のフェムト秒レーザを 60 パルス照射して形成された LIPSS を示す。400nm のレーザで作られる LIPSS

は格子間隔が約 320nm で、溝の向きは偏向に対し直交（青の矢印に示す）していた。できた LIPSS の光子間隔と空間位相について、その均一性は良くなかった。一方、Fig. 5(c)は遅延時間 0ps で作製された LIPSS を示し、400nm レーザと 800nm レーザを時空間に重ね 60 ペア照射したときに得られたものを示す。そして材料は 0.42mm/s の走引速度で電動ステージによりコントロールされ広い面積に微細構造を形成している。ここで 800nm レーザのフルエンスは閾値  $F_{800th}$  の 0.9 倍、偏向方向は白の矢印に示し 400nm と直交させた。形成された LIPSS の格子間隔及び溝の向きは波長の長い 800nm で決まっているようだ。LIPSS の均一性については Fig. 5(a) で形成されたものより高くなっている。さらに、観察写真の輝度や倍率に影響されない P<sup>3</sup>S 法 (Perpendicular Period and Phase Scanning method) を独自に開発し、LIPSS の均一性について評価を確立した。これにより均一性が向上するメカニズムの議論が開始できた [29]。

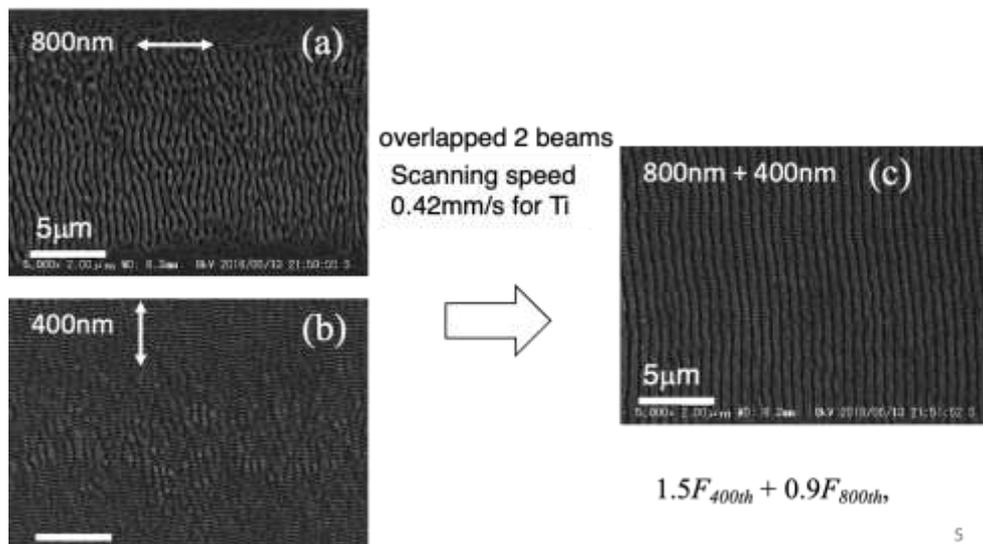


Fig. 5 Uniform LIPSS is produced by irradiation the double pulse of 800nm pulse ( $0.9F_{800th}$ ) and 400nm pulse ( $1.5F_{400th}$ ). The  $F_{800th}$  and  $F_{400th}$  show the ablation threshold fluences. Allows show the polarization direction for each laser pulses.

## 6. アルミニウムのアブレーション閾値測定

固体材料にパルスレーザーを照射すると表面に微細周期構造が形成できる。特に材料のアブレーション閾値近傍のフルエンスに調整することでできていることが報告されている。このアブレーション閾値は材料やレーザーの波長によって異なる [30] [31] ことを報告してきたが、その具体的な数値を求める理論モデルが存在しないため、実験的に求める必要がある。

レーザー誘起微細周期構造を制御するにあたり、アルミニウムについてナノ秒レーザーの場合のアブレーション閾値 [32] [33] について調査を行った。アブレーション閾値は融解もしくは破壊（非熱的と言われているものを含む）どちらを表すのか明確ではなかった。ナノ秒パルスレーザーでは、融解閾値のことを指すことが多い。また、報告論文によっては、アルミニウムのアブレーション閾値が一桁程度異なっていた。本研究では、材料が融点を越え損傷するものを融解閾値、更に低いレーザーフルエンスで材料が破壊する閾値をアブレーション閾値と区別し、アルミニウムの融解閾値とアブレーション閾値を実験的に測定することで、レーザーアブレーションによって形成される表面微細構造を制御し、表面特性変化について評価することを目的としている。ここでは紙面の都合上、アブレーション閾値フルエンスの結果の照射を報告する。

実験では YAG レーザ (GCR250) から出力されるパルス ( $\lambda=532\text{nm}$ ,  $\tau=10\text{ns}$ ,  $R=10\text{Hz}$ ) をアルミニウムへ照射した。YAG レーザパルスは半波長板と偏光プリズムからなるエネルギー減衰器でエネルギーを 10~100 $\mu\text{J}$  に調整し、 $f=200\text{mm}$  のレンズで集光し材料表面における照射ビーム径を直径 36 $\mu\text{m}$

であった。アルミニウム表面に形成される照射痕は、レーザ顕微鏡（OLYMPUS LEXT）により観察した。アブレーションの結果形成される照射痕の直径を加工径としレーザフルエンスの関数でプロットした結果を Fig. 6 に示す。実験的に求められた加工径は、ガウシアン分布のレーザビームを用いた時、式(1)に従う[34][35]。

$$\Gamma = a \sqrt{\ln \frac{F}{F_{th}}}$$

ここで、 $\Gamma$  は加工径 ( $\mu\text{m}$ )、 $a$  はレーザのビーム径 ( $\mu\text{m}$ )、 $F$  は照射レーザフルエンス ( $\text{J}/\text{cm}^2$ )、 $F_{th}$  ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) は材料のアブレーション閾値フルエンスを表す。フィッティング結果を Fig. 6 の実線に示す。この解析により、アルミニウムのアブレーション閾値  $F_{th}$  は  $0.76 (\text{J}/\text{cm}^2)$  と求められた。この求められたアブレーション閾値は従来報告されてきた融解閾値の約 4.5 倍の違いがあった。一方、融解閾値も同様に加工径のレーザフルエンス依存性より求め  $1.9 (\text{J}/\text{cm}^2)$  であった。このアブレーション閾値領域のレーザ照射によりアルミニウム表面へ微細構造形成が期待されるため、今後は

- ・リチウム電池の集電電極の性能への影響
  - ・レーザ微細周期構造形成された金属表面の抗菌効果
- などの応用研究について、性能や効果向上を目指し取り組んで行く。

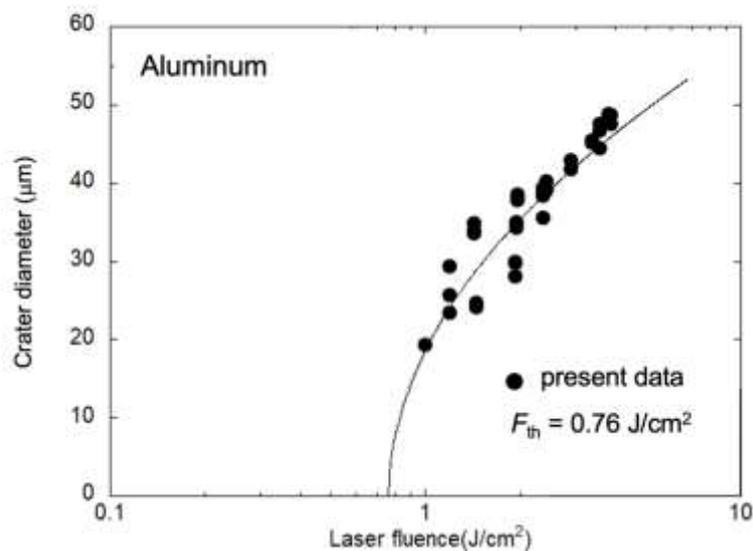


Fig. 6 The crater diameter depend on laser fluence for aluminum. The ablation threshold  $F_{th}$  was  $0.76 \text{J}/\text{cm}^2$ .

## 7. おわりに

総合科学技術研究所に発足した研究室を紹介し、現在までの研究成果と今後の展開を述べた。特に、研究室ではパルスレーザを材料に照射することでレーザ波長以下の微細構造ができることに着目し新奇な機能性の付与をさせること（パルスレーザによる表面改質）を目的としている。今後は、微細構造ができるメカニズムを解明する研究を行いつつ応用研究を模索しポストコロナの社会を支える新しい技術として Society5.0 社会の実現に役立てたい。更に学内外の協働研究を通じて広い分野に貢献したいと考えている。

## 謝 辞

本研究の一部は、H30-R9年度文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)基礎基盤研究「先端ビームによる微細構造物形成過程解明のためのオペランド計測」JPMXS0118070187, R3-R7年度文部科学省文部科学省 先端 研究施設プラットフォームプログラム「パワーレーザーDX プラット フォーム」JPMXS0450300521, 量子科学技術研究開発機構, 京都大学化学研究所, 東海大学総合科学技術研究所「TW級チタンサファイアレーザーを用いた量子ビーム発生と応用に関する研究」, 京都大学エネルギー理工学研究所ゼロエミッションエネルギー研究拠点(課題番号ZE2022B-14), 天田財団重点研究開発助成(課題番号 AF-2018203-A3), NIFS 共同研究(NIFS22KIIS004)及び大阪大学接合科学研究所「接合科学共同利用・共同研究拠点」共同研究員制度の支援を受けて行われた。

## 参考文献

1. M. Hashida, A. Semerok, O. Govert, G. Petite, *et al.*: *Appl. Surf. Sci.* **197-198** (2002) 862-867.
2. M. Hashida, S. Namba, K. Okamuro, S. Tokita, *et al.*: *Phys. Rev. B* **81**(2010) 115442-1-115442-5.
3. K. Okamuro, M. Hashida\*, Y. Miyasaka, Y. Ikuta, *et al.*: *Phys. Rev. B* **82** (2010) 165417.
4. M. Hashida, Y. Ikuta, Y. Miyasaka, S. Tokita, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **102** (2013) 174106.
5. A. M. Gouda, H. Sakagami, T. Ogata, M. Hashida, *et al.*: *Plasma Fusion Res.* **11** (2016) 2401071.
6. M. Hashida, Y. Miyasaka, Y. Ikuta, S. Tokita, *et al.*: *Phys. Rev. B* **83** (2011) 235413.
7. M. Hashida, L. Gemini, T. Nishii, Y. Miyasaka, *et al.*: *J. Laser Micro/Nano Eng.*, **9** (2014) 234-237.
8. M. Hashida, Y. Furukawa, S. Inoue, S. Sakabe, *et al.*: *J. Laser Appl.* **32** (2020)022054.
9. 橋田昌樹, 古川雄規, 井上峻介・升野振一郎: 光アライアンス 2022年7月号 (2022) pp. 6-9
10. 井上峻介, 橋田昌樹: プラズマ・核融合学会 98巻3号(2021)pp111-118.
11. G. Rigon, B. Albertazzi, T. Pikuz, P. Mabey, V. Bouffetier, N. Ozaki, *et al.*: *Nature Commun.* **12**(2021)2679
12. 長谷川登, 錦野将元: プラズマ・核融合学会 **94**巻5号(2018)pp261-265.
13. F. Nigo, M. Hashida, M. Tsukamoto, S. Sakabe *et al.*: *Appl. Phys. A* **126** (2020) 129.
14. 犬塚 拓, 田中大貴, 橋田昌樹, 岩森 暁: 2022年11月8日-10日, 福岡国際会議場
15. 尾藤春作, 山之内一皓, 草場光博, 橋田昌樹: 電気学会研究会資料, 光応用・視覚研究会, LAV-21-010 (2021年8月27日)
16. 中野洋太, 萩原拓海, 橋田昌樹, 岩森暁: 2022年11月8日-10日, 福岡国際会議場
17. 草場光博, 兒子史崇, 近藤康太郎, 西内満美子ら: 電気学会論文誌 A **140**巻8号(2020)395-400.
18. 藤原正規, 井上峻介, 付 海寧, 橋田 昌樹, 水落憲和: “第69回応用物理学会春季学術講演会 2022年3月25日, 青山学院大学+オンライン (ハイブリッド開催)
19. K. Homma, Y. Kirita, M. Hashida, Y. Hirahara, S. Inoue, *et al.*: *J. High Energy Physics* **12**(2021)108.
20. S. Preuss, M. Spath, Y. Zhang, M. Stuke: *Appl. Phys. Lett.* **62** (1993) 3049.
21. M. Hashida, A.F. Semerok, O. Gobert, G. Petite *et al.*: *Appl. Surf. Sci.* **197-198** (2002) 862-867.
22. D. Du, X. Liu, G. Korn, J. Squier, and G. Morou: *Appl. Phys. Lett.* **64**(1994)3071-3073.
23. S. W. Hell and J. Wichmann *Optics Lett.* **19**(1994)780.
24. E. Betzig, G. H. Patterson, R. Sougrat, O.W. Lindwasser, *et al.*: *Science* **313**(2006) 1642.
25. K. Takenaka, M. Tsukamoto, M. Hashida, S. Masuno, *et al.*: *Appl. Surf. Sci.* **478** (2019) 882-886.
26. Y. Furukawa, M. Hashida, S. Kojima, S. Inoue, *et al.*: *Appl. Surf. Sci.* **515** (2020) 146047.
27. K. Takenaka, N. Shinohara, M. Hashida, M. Kusaba, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **119** (2021) 231603.
28. K. Takenaka, M. Hashida, H. Sakagami, S. Masuno, M. Kusaba, S. Yamaguchi, S. Iwamori, Y. Sato, M. Tsukamoto: *Rev. Sci. Instrum.* **93**(2022) 093001.
29. K. Takenaka, M. Hashida, Y. Furukawa, Y. Sato, M. Tsukamoto:” Suppression ablation rate of titanium surface by two-color double pulse femtosecond laser”, *Proc. SPIE* **11988**(2022)119880F.
30. M. Kusaba, M. Hashida, S. Sakabe: *J. laser Micro/Nano Eng.* **13**(2018)17-20.

31. 橋田昌樹, 宮坂泰弘 西井崇也, 清水雅弘, 井上峻介, 阪部周二 : 電気学会論文誌 A **135** 巻 10 号(2015) 575-580.
32. I. Vlaadoiu, M. Stafe, C. Negutu, M. Popescu: *U.P.B. Sci. Bull., Series A*, **70**(2008)119-126.
33. M. Stafe, I. Vladioiu, M. Popescu: *Cent. Eur. J. Phys.* **6** (2008) 327-331.
34. J. Jandeleit, G. Urbasch, H. D. Hoffmann, H.-G. Treusch, E. W. Kreutz: *Appl. Phys. A* **63** (1996) 117-121.
35. M. Hashida, A. F. Semerok, O. Gobert, G. Petite, Y. Izawa, J. F.-. Wagner: *Appl. Surf. Sci.* **197-198**(2002) 862-867.

総合科学技術研究所シンポジウム2021

## 「飛翔体の流れ」について

日時：2022年3月7日（月）  
13:00～15:00

開催方法：Online(zoom)

URL：https://onl.la/isdePcV

ID:829 3769 7126



## 【プログラム】

- 13:00 - 13:05 開会挨拶 岩森 暁 総合科学技術研究所 所長
- 13:05 - 13:20 飛翔体流れの複合計測を目指した光学的流体計測技術の開発  
沼田 大樹 工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻 講師
- 13:20 - 13:35 ラグランジュ型乱流解析手法における壁面渦要素導入モデルの改良  
福田 純大 工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻 准教授
- 13:35 - 13:50 スナメリの体表面に見られる小突起の音と衝撃の緩和効果について  
稲田 喜信 工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻 教授
- 13:50 - 13:55 休憩 (5分)
- 13:55 - 14:25 極超音速飛行試験に向けた空力加熱センサーの開発  
山田 剛治 工学部機械工学科 准教授
- 14:25 - 14:40 回転爆轟燃焼器内部での爆轟波伝播の干渉計測  
水書 稔治 工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻 教授
- 14:40 - 14:55 超小型グリッドレスイオンエンジンの粒子シミュレーション  
堀澤 秀之 工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻 教授
- 14:55 - 15:00 閉会挨拶 稲津 敏行 副学長（理系担当）



主催：東海大学 総合科学技術研究所  
問合せ先：エンジニアリングカレッジオフィス 内線：2150

Workshop on Solar Cell Technologies  
in DTU-Tokai Univ.  
(WSCT2022)

Date: March. 17th (Thursday), 2022

Time: PM5:00-7:00 (JST), AM9:00-11:00(CET)

Online (Zoom)

https://us02web.zoom.us/j/83029707923

ID:830 2970 7923



## 【Program】

## 【Opening Remarks】

Prof.Satoru Iwamori, Director, Research Institute of Science and Technology  
Tokai University

"Ultrafast Charge Carrier Dynamics in 2D Ruddlesden  
- Popper Perovskites for Stable Solar Cell Application"  
Kaibo Zheng, Senior Researcher at DTU Chemistry

"Highly efficient and stable perovskite solar cells"  
Dr. Md. Shahiduzzaman, Assistant Professor,  
Nanomaterials Research Institute, Kanazawa University

"Solution-processed CZTS and its n-layers"  
Dr. Sara Engberg, Researcher (Tenure track)  
Photovoltaic Materials and Systems group DTU Fotonik

"Nano-structures on silicon solar cells fabricated by ultraviolet femtosecond laser pulses"  
Dr. Masaki Hashida, Professor,  
Research Institute of Science and Technology, Tokai University

## 【Closing Remarks】

Prof. Stela Canulescu Senior Scientist, DTU Fotonik,  
Technical University of Denmark

Co-Organizer: Tokai University (Research Institute of Science and Technology, Technical University of Denmark (DTU))

東京都大学－東海大学合同シンポジウム

自動車のトライボロジーに関する  
東京都大学－東海大学  
合同シンポジウム

日時：2022年3月23日  
10:00～12:00

開催方法：Online (Zoom)

アドレス：https://us02web.zoom.us/j/83408788732

ミーティング ID: 834 0878 8732

※参加無料、オンライン事前申請不要



## 【プログラム】

- 10:00 開会挨拶 岩森 暁 東海大学総合科学技術研究所所長
- 10:05 畔津 昭彦 東海大学工学部機械工学科 教授  
「フォトリソミズを利用した潤滑油膜流れの可視化法」
- 10:40 落合 成行 東海大学工学部機械工学科 教授  
「マイクロバブルによる軸受摩擦低減に関する基礎研究」
- 11:10 三原 雄司 東京都大学理工学部機械工学科 教授  
「東京都大学におけるエンジントライボロジー研究と東海大学との連携」
- 11:50 全体質疑応答
- 12:00 閉会挨拶 稲津 敏行 東海大学 副学長（理系担当）

主催：東海大学総合科学技術研究所 問合せ先：東海大学エンジニアリングカレッジオフィス

# Workshop on Solar Cell echnologies in DTU-Tokai Univ. (WSCT2022)

March. 17th (Thursday), 2022

PM5:00-7:00 (JST), AM9:00-11:00(CET) Online (Zoom)

## 【Program】

- 17:00-17:05 (9:00- 9:05) Opening Remarks  
Prof.Satoru Iwamori, Director, Research Institute of Science and Technology  
Tokai University
- 17:05- 17:35(9:05- 9:35) "Ultrafast Charge Carrier Dynamics in 2D Ruddlesden  
- Popper Perovskites for Stable Solar Cell Application"  
Kaibo Zheng, Senior Researcher at DTU Chemistry
- 17:35- 18:05(9:35-10:05) "Highly efficient and stable perovskite solar cells"  
Dr. Md. Shahiduzzaman, Assistant Professor,  
Nanomaterials Research Institute, Kanazawa University
- 18:05-18:35(10:05-10:35) "Solution-processed CZTS and its n-layers"  
Dr. Sara Engberg, Researcher (Tenure track)  
Photovoltaic Materials and Systems group DTU Fotonik
- 18:35- 19:05(10:35-11:05) "Nano-structures on silicon solar cells fabricated by ultraviolet femtosecond  
laser pulses"  
Dr. Masaki Hashida, Professor,  
Research Institute of Science and Technology, Tokai University
- 19:05- 19:10(11:05- 11:10) Closing Remarks  
Prof. Stela Canulescu Senior Scientist, DTU Fotonik,  
Technical University of Denmark

Moderator Mr. Jakob Skyt Jensen Tokai University European Center



## Highly Efficient and Stable Perovskite Solar Cells

Md. Shahiduzzaman

Nanomaterials Research Institute, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa 920-1192, Japan

### Abstract

In the first half, I will talk about improved moisture stability of PSCs using ionic-liquid (IL) assisted-MAPbI<sub>3</sub> nanoparticle-seed growth approach. In this work, we devised a pristine cesium-formamidinium-methylammonium (termed as CsFAMA) triple cation-based perovskite precursor solution into the IL-assisted MAPbI<sub>3</sub> nanoparticles (NPs) through a seeded growth approach in which host IL-assisted MAPbI<sub>3</sub> NPs remarkably promoted high-quality perovskite films with large grains and high crystallinity, enhancing device performance and stability. The power conversion efficiency (PCE) of MAPbI<sub>3</sub> NP-seeding growth of MAPbI<sub>3</sub> NPs/CsFAMA-based PSCs were as high as 20%. The long-term moisture stability of IL-aided MAPbI<sub>3</sub> NPs/CsFAMA-based devices (non-encapsulated) remained above 80% of their initial output after 6000 h storage in open air.[1]

In the second half, I will talk about CsI intercalation technology for efficient and stable PSCs. The present work used a sequential deposition process to alternately fabricate thin MAPbI<sub>3</sub>-based perovskite and cesium iodide (CsI) layers with precise control over the CsI intercalation, producing high quality cesium containing perovskite films. PSCs made with double layer CsI intercalation exhibited power conversion efficiencies as high as 18.43%.[2]

### Biography



**Dr. Md. Shahiduzzaman** is an Assistant Professor at the Nanomaterials Research Institute, Kanazawa University where he designs, fabricates and develops highly efficient and stable PSCs. Born in Bangladesh in 1984, Dr. Shahiduzzaman moved to Japan for postgraduate study in 2011. He obtained a Master degree in Thermoelectric Materials & Application from Japan Advanced Institute Science & Technology (JAIST) in 2013 and did his Ph.D. on PSCs from Kanazawa University in 2016. He was a post-doctoral fellow (10/2016 until 09/2017) at Kanazawa University. Then he did another post-doctoral (10/2017 until 10/2018) at Tokai University (Shonan Campus), Japan under Tokai University General Research Organization fellowship where he worked on the design and fabricate low-temperature (<180°C)-processed brookite based-TiO<sub>2</sub> junctions and test their performance in PSCs. He is also interested in design, fabrication and development of high-efficiency, stable, green and flexible solar cells for various energy applications. He published 1 patent, 2 book chapters and more than 80 peer-reviewed articles until the date.

### References:

- [1] M. Shahiduzzaman, K. Tomita, T. Miyasaka, T. Taima, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 13 (2021) 21194-21206.
- [2] M. Shahiduzzaman, K. Tomita, T. Taima, *Nano Energy* 86 (2021) 106135.

## Nano-structures on silicon solar cells fabricated by ultraviolet femtosecond laser pulses

Masaki Hashida

Research Institute of Science and Technology, Tokai University, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka,  
Kanagawa 259-1292, Japan

### Abstract

When material surface is irradiated with a short pulse laser with energy exceeding the destruction threshold (ablation threshold) for femtosecond laser pulse[1] and below destruction threshold (melting threshold) for nanosecond laser[2,3], the surface is ablated (scattering and peeling), and periodic nano-structures (LIPSS: Laser Induced Periodic Surface Structures) is self-organized. The LIPSS has an inter-spacing of LIPSS shorter than the laser wavelength[4,5].

We have been investigated on the advanced applied research that is adding LIPSS on materials surface.

- Improved performance of solar cells
- Improved performance of lithium-ion battery
- Production of carbon thin-film for cancer treatment
- Joining of multi-materials for the development of autonomous vehicles
- Improved antibacterial effect

In this presentation, improved performance of solar cells due to reflection reduction of Si solar cell with LIPSS.

We use ultraviolet femtosecond laser ( $\tau=150\text{fs}$ ,  $\lambda=400\text{nm}$ ) and excimer laser ( $\tau=10\text{ns}$ ,  $\lambda=308\text{nm}$ ) near the laser fluence of ablation threshold. The ablation threshold for silicon was estimated to be  $0.10\text{ J/cm}^2$  for femtosecond laser,  $0.5\text{ J/cm}^2$  for excimer laser. LIPSS and crystallinity of silicon solar cells for femtosecond laser and excimer laser are compared. We concluded that the nano-structures on silicon solar cells fabricated by ultraviolet femtosecond laser pulses have better performance for reflection and crystallinity[6,7]

### Biography



**Dr. Masaki Hashida** is a Professor at the Research Institute of Science and Technology, Tokai University. His research field is fundamental physics of laser processing and its application. He also have designed and developed an intense laser system. He was born in Osaka, Japan in July1967. He obtained a Doctor degree in Osaka University in 1996. He was belong to Institute for Laser Technology during 1986-2003 as a Researcher. Then he move to Institute for Chemical Research, Assistant professor, Associate professor during 2003 - 2021 at Kyoyo University. He have been received a grant from Advanced Research Program for Energy and Environmental Technologies NEDO for“Manufacturing technologies development of high quality laser

material processing for inducing new functionalities (FY2015-FY2016)” and Basic Foundational Research: “Next-Generation Laser” Projects Q-LEAP MEXT(Grant Number JPMXS0118070187) “Operando measurements using advanced beams to study the mechanism of fine structure formation (FY2018-FY2027)”

### References:

- [1] K. Okamoto, M. Hashida\*, Y. Miyasaka, et al. *Phys. Rev. B* **82** (2010) 165417.
- [2] J. Young, J. E. Sipe, J. S. Preston and H. M. van Driel, *Appl. Phys. Lett.* 41(1982)261-264.
- [3] S. Brueck and D. J. Ehrlich, *Phys. Rev. Lett.* 48 (1982)1678-1681.
- [4] L. Gemini, M. Hashida, M. Shimizu, et al, *J. Appl. Phys.* **114** (2013) 194903.
- [5] A. Irizawa, S. Suga, T. Nagashima, et al, *Appl. Phys. Lett.* **111**(2017)251602.
- [6] F. Nigo, M. Hashida, M. Tsukamoto, et al IEEJ Transaction on fundamental and materials **140**(2020) 401-406. ( in Japanese)
- [7] F. Nigo, M. Hashida M. Tsukamoto, et al, *Appl. Phys. A* **126**(2020) 129.

# 「飛翔体の流れ」について

2022年3月7日(月) 13:00~15:00

開催方法: Online(zoom) URL: <https://onl.la/isdePcV>

## 【Program】

- 13:00 - 13:05 開会挨拶  
岩森 暁 総合科学技術研究所 所長
- 13:05 - 13:20 **飛翔体流れの複合計測を目指した光学的流体計測技術の開発**  
沼田 大樹  
工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 講師
- 13:20 - 13:35 **ラグランジュ型乱流解析手法における壁面渦要素導入モデルの改良**  
福田 紘大  
工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 准教授
- 13:35 - 13:50 **スナメリの体表面に見られる小突起の音と衝撃の緩和効果について**  
稲田 喜信  
工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 教授
- 13:50 - 13:55 休憩
- 13:55 - 14:25 **極超音速飛行試験に向けた空力加熱センサーの開発**  
山田 剛治  
工学部機械工学科 准教授
- 14:25 - 14:40 **回転爆轟燃焼器内部での爆轟波伝播の干渉計測**  
水書 稔治  
工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 教授
- 14:40 - 14:55 **超小型グリッドレスイオンエンジンの粒子シミュレーション**  
堀澤 秀之  
工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻 教授
- 14:55 - 15:00 閉会挨拶  
稲津 敏行 副学長(理系担当)

## 飛翔体流れの複合計測を目指した光学的流体計測技術の開発

沼田大樹

東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

### 【Abstract】

飛翔体流れの研究に用いられる代表的な実験装置として、バリスティックレンジがある。バリスティックレンジは飛翔体を亜音速～極超音速で射出可能な空力実験装置であり、風洞試験の際に問題となる支持干渉の影響を排除した状態で模型回りの流れ場を明らかにすることが可能である。しかしながら、風洞試験のように模型が固定されている状態とは異なり、飛翔体は試験部を自由飛行するため、風洞試験で一般に用いられている機械式の計測装置の多くが使用できないという原理上の課題もある。

本研究では、上記の問題を光学的流体計測技術で解消することを目指した取り組みについて紹介する。特に、光学的に計測対象の圧力場、温度場の取得が可能な感圧塗料、感温塗料技術を中心として、飛翔体流れ場計測に向けて継続している技術開発の現状について、実例を含め紹介する。

## ラグランジュ型乱流解析手法における壁面渦要素導入モデルの改良

福田紘大\*

\*東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

### 【Abstract】

計算機性能の向上とともに、流体シミュレーションは、様々な工学的分野で応用されてきているが、複雑形状を対象とした乱流解析を行うことは容易ではない。そこで、このような課題を根本的に解決するために、計算格子を必要としないラグランジュ型の乱流解析手法の開発を進めてきた。ラグランジュ型乱流解析手法は、乱流の本質である渦度場の生成から消散に至る一連の過程が直接的に再現できるだけでなく、計算格子を必要とせず形状データのみで解析が可能なることから、CAD データなどから直接解析が可能であり、さらに、流れ場への計算格子の生成が不要なため、非定常運動や非定常変形を行う物体周りの流体特性の把握や複雑形状物体への適用が容易であるなどの利点があり、今後の発展が期待される手法の一つである。

ラグランジュ型乱流解析手法の高精度化における重要なポイントは、渦度場の空間分布および時間変化を高精度に表現することと壁面における渦度の生成を高精度に再現することである。本報告では、壁面における渦度の生成と流れ場への渦度の流入を高精度に再現するために提案したモデルについて述べる。ラグランジュ型乱流解析手法では、壁面近傍に設けた渦パネルにより壁面からの渦度の生成と流れ場への渦度の流入を模擬し解析を行うが、この渦パネルを高さ方向に多層化することで、壁面近傍の境界層の速度分布を従来手法よりも高精度に再現するとともに、渦度輸送方程式に基づき手法を改良することで、壁面渦パネル内部での渦度の時間変化と流れ場へ流入する渦度を従来手法よりも高精度に再現するモデルを開発した。本報告では、これらのモデルを2次元コードへ適用した結果について述べる。特に、運動する物体においては、壁面近傍の渦度が時々刻々、非定常的に変化するため、高精度解析を実現するためには、壁面近傍での渦度の生成と生成後の非定常的な時間変化を高精度に捉えることが重要となる。そこで、本研究では、静止した物体のみではなく、回転する円柱周りの流れなど運動する物体に対しても適用することで提案したモデルの妥当性を確認した。

# スナメリの体表面に見られる小突起の音と衝撃の緩和効果について

稲田喜信<sup>†</sup>, 高附遼弥, 森 充弘

東海大学 工学部 航空宇宙学科 航空宇宙学専攻

<sup>†</sup>inada@tokai-u.jp

## 1. はじめに

イルカの一つであるスナメリ (図 1) は背鰭を持たず、背中の中線上に頭部後方から尾鰭にかけて隆起を持ち、その表面に微小な突起が密生している。スナメリの捕食者であるシャチは、スナメリが呼吸する際に水面で立てる水しぶきや波がたてる音を手がかりにスナメリを探索するため、微小な突起がこれらの音の発生を抑える効果を持つ可能性がある。本研究では、昨年度にスナメリの突起構造に類似した突起を持つ模型を作成し、水面への突入実験を行って、突入時の音を低減する効果を確認した。しかし、突入時の衝撃の低減効果については未確認であり、音の低減効果についても再現性の確認が不十分という問題があったため、本年度は実験回数を増やすとともに、衝撃の低減効果についても分析したので報告する。

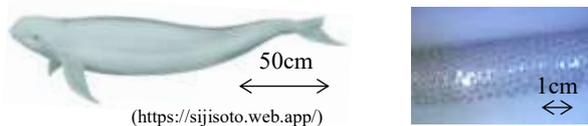


図 1 スナメリ (左) と背中中の隆起に見られる突起 (右)

## 2. 方法

水面への突入実験用に 3D プリンターで作成した流線形模型を図 2(a)に示す。模型前部の表面に大きさの異なる突起を直線状、もしくは全面に貼付した。突起の形は円錐型と半球型とし、突起の間隔はスナメリとほぼ同じ間隔 (5mm) と、それよりも広い間隔 (10mm) とした。模型前部に全面、あるいは直線状に突起を貼付した状態を図 2(b), (c)に示す。水面への突入実験では、突起を貼付した流線形模型を水面から 1m の高さから落下させ、頭部が水面に突入した瞬間の音を水中マイクで 5 回計測した (昨年度は 3 回)。また、突入時の衝撃を計測するため、図 3 に示す加速度センサを模型内に装着し、突入時の加速度を記録した。計測時の外部騒音を避けるため、計測はすべて東海大学湘南校



(a) 流線形模型



(b) 模型頭部 (全面貼付) (c) 模型頭部 (直線貼付)

図 2 突入実験用模型



図 3 加速度計測装置

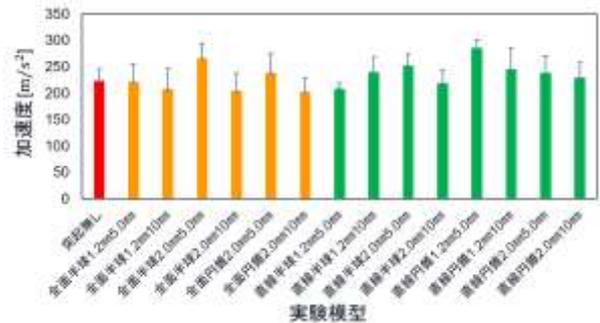


図 4 水面突入時の加速度 (鉛直上向きを正)

舎の音楽ホールにて実施した。

## 3. 結果と考察

記録した突入音は、昨年度と同様に全面に突起を貼付した模型の方が突起無しの模型に比べて小さいことが確認され、突起が持つ突入音低減の効果を改めて確認することができた。また、図 4 の結果より、突入時の衝撃の大きさを表す加速度も、突起を全面に貼付した模型では、突起無しの模型に比べて減少する傾向を示しており、突入時の衝撃を緩和する効果を持つことも確認した。

## 極超音速飛行試験に向けた空力加熱センサーの開発

山田剛治

東海大学工学部機械工学科,

### 【Abstract】

将来の宇宙輸送系として、完全再使用型の宇宙輸送機の開発が望まれており、世界各国で極超音速機の開発が進められている。このような極超音速機を開発するための課題として、極超音速飛行時のエンジン燃焼技術と空力加熱率の予測技術を確立することが挙げられる。機体開発において飛行試験による技術実証は必要不可欠である。一方で飛行試験はコストが高いことから、風洞試験と数値流体力学(CFD)との併用により広く研究開発が行われている。そこで風洞試験とCFDから、十分な精度で極超音速機の実飛行環境での飛行特性の予測が可能となれば、飛行試験の回数を必要最小限に抑えることができ、極超音速機の開発コストを大幅に削減することが期待できる。現在我々の研究グループは、極超音速飛行時の燃焼現象と空力加熱に着目して風洞試験結果が実飛行とは異なる「風洞依存性」の影響を定量的に評価する手法を確立することを目指して研究を行っている。その中で東海大学は、極超音速飛翔体の空力加熱現象の解明に取り組んでおり、これまでマッハ数6.7の球頭円柱模型のよどみ点空力加熱現象に関する風洞試験及び数値解析を実施しており、様々な飛行条件における高精度な空力加熱率の予測が可能となった。現在は、最終的に実施する極超音速飛行試験の飛行供試体を模擬した3次元計算へと空力加熱の解析手法の拡張を進めている。また実際の飛行試験で飛行供試体の空力加熱量を計測することも東海大学が担当している。そこで、これまでの研究において、飛行供試体に搭載可能な小型のプラグイン型の空力加熱センサーを提案して、風洞試験、加熱試験及び振動試験によりセンサー形状の最適化や性能評価を行ってきた。これより最終的にセンサー形状と仕様を決定して、東海大学の空力加熱センサーの開発が完了した。残されたミッションとしては、この空力加熱センサーを用いて飛行データから、実飛行時の極超音速飛翔体の空力加熱率を取得することである。Fig. 1に東海大学で開発し、飛行供試体に搭載予定の空力加熱センサーを示す。センサー本体はステンレス製で、直径10mm、長さ20mmとなっており、内部にシース型のK熱電対を3本設置してある。本講演では、空力加熱センサーの開発のために実施してきた各種試験について紹介する。



Fig.1 空力加熱センサーの概要図

## 回転爆轟燃焼器内部での爆轟波伝播の干渉計計測

水書稔治\*, 清水隆之介\*\*,  
小島淳†, 川島秀人†, 松山新吾†, 布目佳央†, 丹野英幸†

\* 東海大学工学部, \*\* 東海大学大学院工学研究科, † 宇宙航空研究開発機構

火炎はその伝播速度によって爆燃（デフラグレーション）と爆轟（デトネーション）に区別される。デトネーションは音速以上の速さで伝播する燃焼現象で、片端が閉じた管内に燃料と酸化剤の混合気を充てんし、点火することで発生可能である。爆轟は衝撃波と燃焼波が接続することがその特徴で、毎秒 2000 m/s から 3000 m/s の伝播速度を維持する。このように、燃焼が瞬間的に完結することや燃焼室形状が非常に簡素であることから爆轟の推進器への利用が検討され、アメリカやロシアを中心とした先進国で活発に研究が進められている。従来の航空宇宙推進器に対して高効率化、高推力化、燃焼室の小型化、および構造の単純化の可能性を持つ。これらは、燃焼器の形状からいくつかの種類に分類され、なかでも 2 重円筒内で周方向に爆轟が伝播する燃焼器を回転爆轟燃焼器（RDC, Rotating Detonation Combustor）と呼ぶ。RDC では爆轟の継続的な伝播が可能で、燃焼による高温高压の超音速既燃ガスを軸方向に連続的に発生可能である。この超音速既燃ガスを推進力、あるいは回転力として利用するものを回転爆轟原動機（RDE, Rotating Detonation Engine）と呼ぶ。しかし、爆轟の不安定な伝播や理論値以下での伝播などの課題があり、RDC 内部の燃焼特性は未解明な部分が多い。RDC 内部の流れを支配する要素を解明するために、可視化による波面構造の計測が、各種センサ類の計測に加え、有効である。特に干渉計を用いた可視化では、流れ場の密度分布を反映した干渉縞と呼ばれる等密度線として現れ、他の可視化手法と比較して定量計測できる点が優れている。なかでも点回折干渉計（PDI, point diffraction interferometer）は、光学系の自由度が高く、RDE の可視化に適した手法と考えた。そこで本報では、PDI による RDE 内部の波面構造の可視化計測のために、PDI での 2 次元軸対称現象の可視化、およびデトネーション管内部の波面の可視化を行った。さらに、PDI をもちいて RDE 内部の爆轟伝播の可視化を行った。その結果の詳細を報告する。

### 謝 辞

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援（課題名：回転爆轟波の詳細構造の解明）を受けたものである。ここに付して謝意を表する。

### Reference

- [1] デトネーション研究会編：“デトネーションの熱流体力学 1 基礎編”，理工図書，(2012)
- [2] 坪井伸幸：ローテティングデトネーションエンジン，日本燃焼学会誌，Vol. 55, No174, pp.349-363, (2013).
- [3] R. N. Smartt: Theory and Application of Point Diffraction Interferometers, Japan. J. Appl. Phys. Suppl., Vol.14-1, pp.351-356, (1975).
- [4] Daiju Numata: APPLICATION OF A POINT-DIFFRACTION INTERFEROMETER, TO UNSTEADY SHOCK WAVE PHENOMENA, 15<sup>th</sup> International Symposium on Flow Visualization, (2012)
- [5] 樫谷賢士：PDI 法による衝撃波管翼型流れの試験気体の影響に関する究，日本航空宇宙学会論文集，Vol.59, No685, pp.34-41, (2011)

## 超小型グリッドレスイオンエンジンの粒子シミュレーション

堀澤 秀之<sup>1)</sup>, 設楽 暁<sup>2)</sup>, 矢吹 理生<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 工学部航空宇宙学科航空宇宙学専攻, <sup>2)</sup> 工学研究科機械工学専攻

### 【Abstract】

近年, 超小型衛星は, その用途や利用範囲が急速に拡大している. これに伴って, サイズや質量および消費電力が大幅に制限された状況でも利用可能な低電力推進システムの必要性が高まっている. 特に最近では, 超小型衛星の様々なミッションに利用する目的で, 投入電力が 100 W 以下の微小電力ホールスラスタの開発が各国で精力的に進められている. しかしながら, ホールスラスタの低電力化においては, 特に 100W 以下の低電力化に伴って, 推進効率や比推力が急激に悪化する傾向が報告されている. これは, 小型化に伴い, 加速チャンネルにおけるプラズマの表面積対体積比の増大に伴い壁面損失が増大するためと考えられている.

本研究では, 粒子シミュレーションにより, 各種作動条件におけるイオン加速特性ならびに推力発生特性について検討し, 更なる高性能化に向けた改善点などについて考察した.

Fig.1 に作動実験中のエンジンから放出されるプラズマプルームの写真を示す. Fig.2 にはその 3D モデルならびに加速チャンネル内部・外部の計算結果 (電位分布, 電子・イオンの挙動) の一例を示す. Fig.3, 4 に計算領域および境界条件を示す. 計算領域は半径方向に 4 mm, 軸方向はイオン加速領域を考慮し 10 mm とした. Fig.5 にプラズマ電位分布の一例を示す (径方向最大磁場強度 19 mT (上図), 113 mT (下図), 各電圧 200 V). 図より, 径方向磁場が強い場合に, 磁極付近において空間的な電位勾配が比較的急峻になっており, すなわちこの場合の空間的な電場が強く, イオン加速に有効となる傾向が認められる.



Fig.1 Photo of plasma plume.

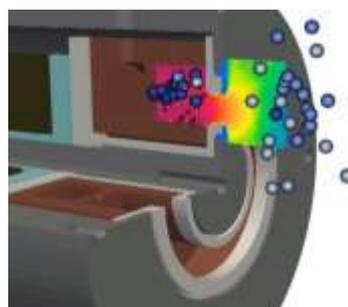


Fig.2 Example of PIC simulation.

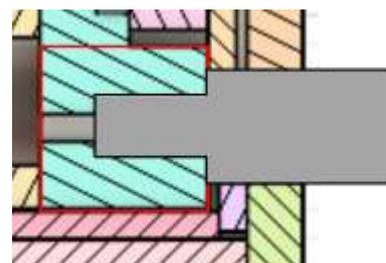


Fig.3 Simulation domain.

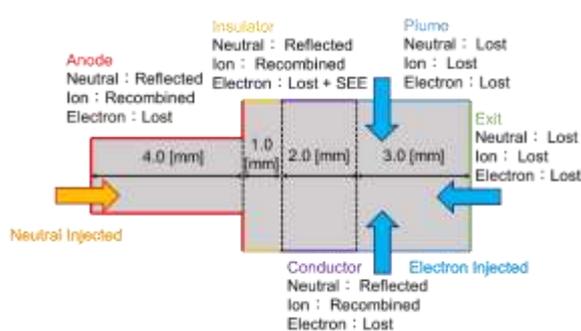


Fig.4 Boundary conditions.

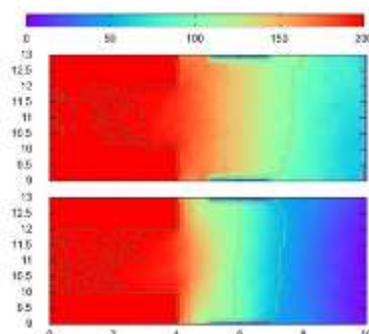


Fig.5 Potential distributions for 19 mT (upper) and 113 mT (lower).

## フォトクロミズムを利用した潤滑油膜流れの可視化法

畔津 昭彦

東海大学工学部機械工学科

### 【Abstract】

流れの可視化・計測手法は、エンジンを始めとした機械の高性能化・高信頼性化に大きく貢献している。比較的大きな空間の中での流速計測には、粒子画像計測手法 PIV やレーザードップラ流速計 LDV が実用化され、エンジン筒内の空気流速の測定に多用されている。一方でピストン周りのエンジンオイルなど、液体薄膜の流れの可視化や流速計測は開発が遅れており、適切な測定手法は存在しないと言って過言ではない。これは PIV や LDV で使用されるトレーサ粒子が、液体薄膜の厚さと同レベルあるいは厚さよりも大きいために、液体薄膜が通過するすき間と干渉して適用できないためである。そこで著者らはフォトクロミズム反応を利用することにより、分子をトレーサとして使用する可視化手法を提案した<sup>1)</sup>。

フォトクロミズムとは、紫外光または短波長の可視光の照射によって、可視部の吸収スペクトルに可逆で著しい変化が起こる現象である。図 1 に示すのはスピロピランとエステルオイルの組み合わせの例であるが、紫外光の照射により 470~580nm の可視光領域に強い吸収帯が現れ、可視光を吸収して溶液が赤色に着色している<sup>2)</sup>。なお着色部は時間が経過すると元のエンジンオイルの色に戻り、試料は繰り返し使用することが可能である。スピロピラン系色素の場合は着色寿命が温度により変化するが、0.1~数百秒と比較的長時間であるため、流れの可視化に有効である。

著者らは、照明光をほとんど吸収しない波長 $\lambda_1$ と良く吸収する波長 $\lambda_2$ の 2 画像を、紫外光を照射する前（時刻 1）と照射後（時刻 2）の 2 時刻において取得し、これらを基に以下の式で吸光度を算出して着色濃さの指標とする手法を考案した<sup>1)</sup>。

$$As = -\log_{10} \frac{I_{2\lambda_2}}{I_{2\lambda_1}} - \left( -\log_{10} \frac{I_{1\lambda_2}}{I_{1\lambda_1}} \right)$$

ここで、 $As$ ：吸光度、 $I_{1\lambda_1}$ 、 $I_{1\lambda_2}$ ：着色前における 2 波長帯の光強度、 $I_{2\lambda_1}$ 、 $I_{2\lambda_2}$ ：着色後における 2 波長帯の光強度である。なお本式で求めた吸光度は、油膜厚さに良く比例することを確認している<sup>3)</sup>。

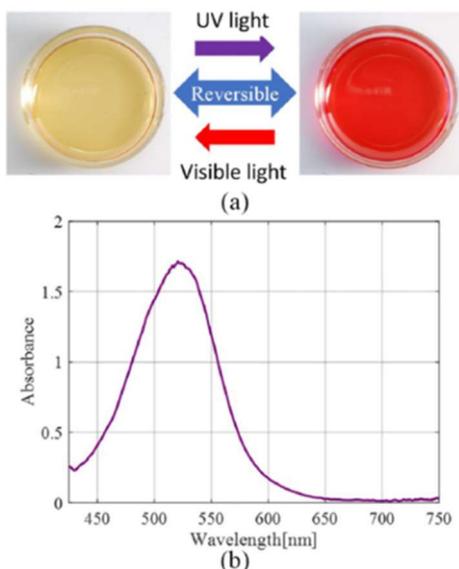


Fig.1 Example of photochromic reaction<sup>2)</sup>

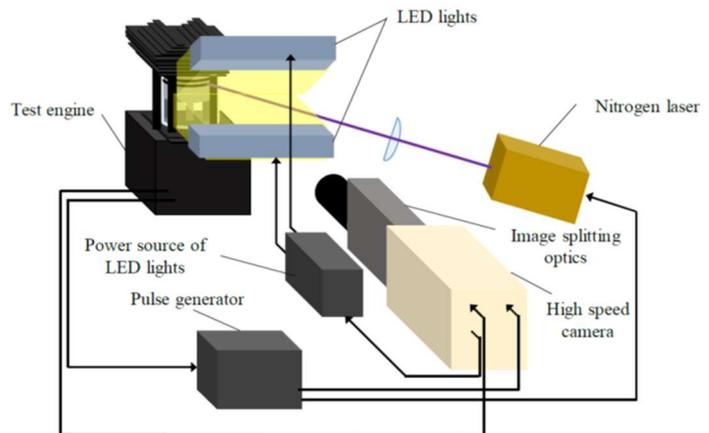


Fig.2 Photochromic visualization system<sup>3)</sup>

この手法を実現するシステムとして考案したものを図2に示す。可視化エンジンに適用することを念頭に構成したシステムである。フォトクロ反応用の紫外レーザーを任意クランク角度において測定部に照射し、また着色画像撮影のための照明としてLED光源をクランク角度に同期してフラッシュ発光させ、それをクランク角度に同期して高速度ビデオで撮影するシステムとなっている。なお2波長の画像を1台のカメラ上に結像させるために、市販の2分岐画像光学系を使用した。

フォトクロミズム可視化の典型的な一例として、モータリング駆動運転中の可視化ガソリンエンジンのピストンスカート部の油膜を水平方向に着色し、その後の着色部の挙動を連続撮影した結果を図3に示す。ピストンの上昇に伴い、ピストンとライナの間がエンジンオイルで満ちている部分は着色部が帯状に広がり、分離している部分はピストンと共に移動している状況が分かる。なお分離している部分の油膜はほとんどピストン表面にあり、ライナ側の油膜は極めて薄いことが明らかになった。

本手法はSIP革新的燃焼技術のプロジェクトの一環として開発を進めた。現在ではAICEの複数のWGや、NEDOコファンド事業の日独共同研究において、東京都市大学の可視化ディーゼルエンジン、ミュンヘン工科大学の可視化ガソリンエンジンに適用し、ピストン周りのエンジンオイルや燃料の流れの可視化、定量化に使用している。なおエンジンのピストンまわりだけでなく、軸受内の流れの計測、さらにはエンジン以外への適用も進めようとしている。

- 1) 畔津昭彦, 他 3 名 : 流体の流れ可視化方法, 可視化装置および可視化システム, 特許第 6830692 号 (2021).
- 2) Azetsu, A., Kitajima, I., & Kuratsuji, K.: Development of a new visualization technique using photochromism for transport process of lubricating oil around the engine piston, International J. Engine Res., 20, 7 (2019), pp.777-787.
- 3) 倉辻風樹, 他 4 名 : フォトクロミズムを用いた可視化手法によるピストン周りのオイル挙動計測, 自技論, 50, 1, 20194031 (2019), 55.
- 4) 小川航平, 他 4 名 : フォトクロミズムを用いた可視化手法によるピストン周りのオイル挙動計測, 第 31 回内燃機関シンポジウム講演論文集, No.20-43 (2020).

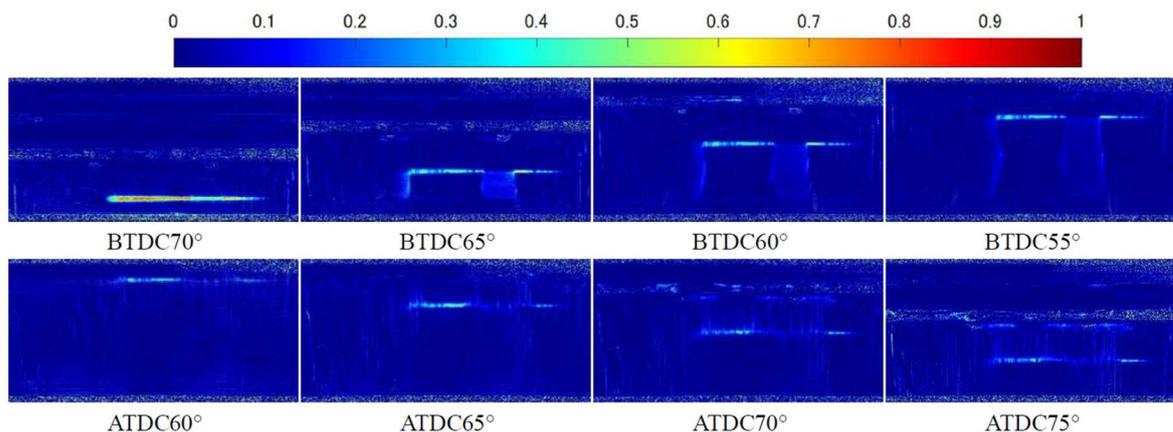


Fig.3 Behavior of oil film between piston skirt and liner

## マイクロバブルによる軸受摩擦低減に関する基礎研究

落合 成行\*, 高橋 俊\*

\*東海大学 工学部 機械システム工学科

### 【Abstract】

ジャーナル軸受は、回転軸を非接触で支持できることから、自動車のエンジンをはじめとし、大型のガスタービンから小型のハードディスクドライブまで、実に幅広い産業分野で用いられている。しかし、軸が高速で回転する場合、軸受部で摩擦損失が増大するため、CO<sub>2</sub>削減の観点からも、さらなる低摩擦化が求められている。このような中、著者らはジャーナル軸受の新たな摩擦損失の低減手法として、マイクロバブルに注目した。マイクロバブルは直径数百  $\mu\text{m}$  以下の微小な気泡であり、円管や船舶等ではマイクロバブルを混入した液体で、抗力が低減することが報告されている。一方で、マイクロバブルによる摩擦低減効果やそのメカニズムは不明な点が多く、特にジャーナル軸受の軸受すきまのような、低レイノルズ数でせん断流れを伴う微小な流路において、マイクロバブルの摩擦抵抗低減効果を検証した研究は、著者らの知る限り見受けられない。

このような背景から、本研究では、マイクロバブルの利用によるジャーナル軸受の摩擦低減効果について検討を行った。マイクロバブルを含む潤滑油と含まない潤滑油を用いて、ジャーナル軸受の摩擦トルクを測定し、比較を行った。さらに、潤滑油流れの可視化を行うことで、軸受すきま内のマイクロバブルがジャーナル軸受の摩擦トルクに及ぼす影響について考察を試みた。

実験は、当研究室で所有するジャーナル軸受試験装置で行った。試験には、直径 25mm の真円軸受を用いた。軸受にはテンションゲージが取り付けられており、この油膜せん断力を摩擦反力として測定することができるようになっている。ジャーナルは先端から取り外しが可能となっており、ジャーナル径の変更により、軸受すきまを変更することができる。また供試軸受はアクリルで作成されており、外部から光源をあてることで軸受すきま内の油膜を観察できるようになっている。給油方法は全損式の滴下給油となっており、潤滑油には、消泡剤等の影響を排除するために基油 (VG32) を用いた。

図 1 に軸受摩擦トルク測定結果の一部を示す。旋回流方式のマイクロバブル発生装置を用い

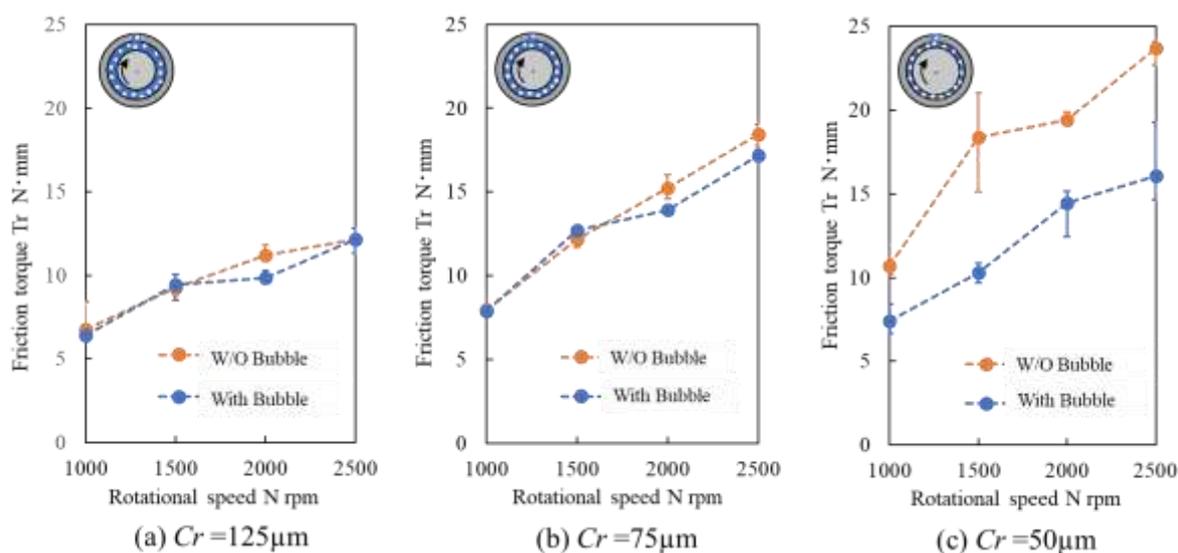


Fig.1 Measured friction torque of journal bearing

てマイクロバブルを含ませた場合の潤滑油と通常の潤滑油で試験した場合の結果を比較して示している。図中(a)は、軸受すきま  $Cr = 125\mu\text{m}$  の場合の結果であるが、図に示したとおり両者で大きな違いが現れていない。一方、図中(b)に示す軸受すきまを少し狭くした  $Cr = 75\mu\text{m}$  の場合では、高回転数領域において、マイクロバブルの影響による若干の摩擦トルクの低下が見うけられる。更にすきまを狭くした図中(c)の  $Cr = 50\mu\text{m}$  の場合においては、大幅な摩擦トルクの低減効果が確認される。何れの実験においてもマイクロバブルの発生条件は同じであることから、マイクロバブルの直径と軸受すきまの大きさに関連があるものと考えられる。すなわち、実際にマイクロバブルの発生分布を調べると、今回の条件下では  $20\sim 30\mu\text{m}$  辺りにピークが観察され、 $50\mu\text{m}$  に比較的近い。バブルが軸受すきま内の流れに何か影響を及ぼしているものと想定される。

これらを踏まえ、マイクロバブルの挙動観察を試みた。狭いすきま内を高速で移動するマイクロバブルを捉えるために試行錯誤を繰り返し、最終的に図 2 (a) のような可視化画像の取得に成功した。この結果から、軸受すきま内のバブルは、軸の回転方向に引きずられるように変形し、概ね軸受すきま内の中央を移動していることがわかった。一方で、マイクロバブルを含んだ場合の流れの把握を気液二相流 CFD 解析にて実施した<sup>2)</sup>。その結果の一部を同図中(b)に示す。解析結果より、マイクロバブル周辺において図に示すように流れが変化し、特に壁面近傍でのせん断応力を緩和していることが確認された。またこのような流れは、マイクロバブルの内部で渦流れが生じることに関連していることも確かめられた。

潤滑油内の泡は、一般的に表面損傷の原因になるなど嫌われるものであるが、マイクロバブルのような泡を上手く利用すれば軸受摩擦の低減に利用できることがわかり、今後の研究において、実用に向けた様々な検討を実施する計画である。

- 1) 小谷 晋平他 4 名, ジャーナル軸受の摩擦特性に及ぼす潤滑油中のマイクロバブルの影響 — 第 1 報 実験的検討 —, トライボロジー会議 2020 秋 別府 予稿集 (2020).
- 2) 川本裕樹他 4 名, ジャーナル軸受の摩擦特性に及ぼす潤滑油中のマイクロバブルの影響 — 第 2 報 二相流 CFD 解析と摩擦低減メカニズムの考察 —, トライボロジー会議 2020 秋 別府 予稿集 (2020).

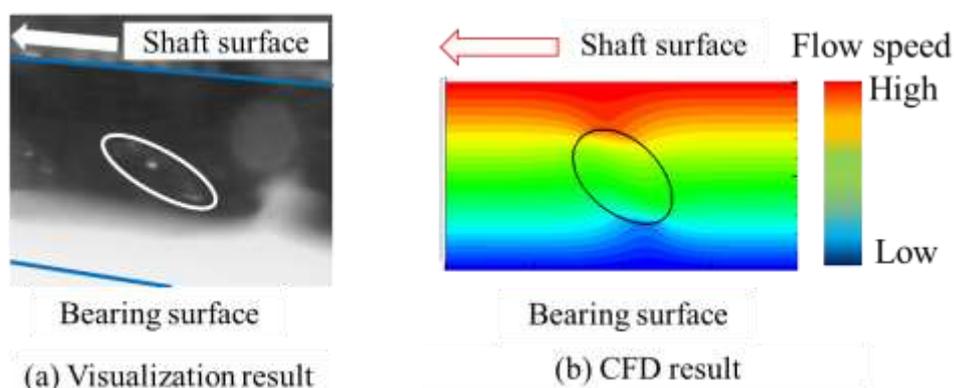


Fig.2 Micro bubble behavior in journal bearing

## 東京都市大学におけるエンジントライボロジー研究と東海大学との連携

三原 雄司

東京都市大学

### 【Abstract】

東京都市大学では水素エンジンの性能向上の研究や熱損失の低減研究、及び摩擦損失低減や潤滑油の消費などのエンジントライボロジーの研究を進めている。特にトライボロジー研究では、東海大学の研究チームと共同研究を続けており、2014年度からは革新的燃焼技術(SIP)で「オイル消費のメカニズム解明」の共同研究を実施し、2020年度からは日本-ドイツ研究開発協力事業(CORNET)で「ディーゼル機関の噴射燃料による潤滑油の希釈メカニズムの研究」、2021年度からはNEDO 先導研究による「摩擦損失低減の研究」を共同で進めている。本稿ではこれらの共同研究のうち、東海大学で開発されたフォトクロミズム法を活用した「ピストンリング周りの燃料とオイル挙動の明確化研究」を紹介したい。

ディーゼル機関の排出ガス浄化用の後処理装置である DPF(Diesel Particulate Filter)は、捕集した粒子状物質(PM)の蓄積により目詰りするため、燃料の主噴射とは別に、DPM の再生のための少量噴射(ポスト噴射)で PM を燃焼させ除去している。このポスト噴射により一部の燃料がシリンダライナに付着し、付着した燃料が潤滑油と共にオイルタンクに輸送されてオイル希釈が起こる。本研究ではこの輸送のメカニズムを明らかにすることを目的とした。図1はボア 86 mmでストロークが 94 mm、排気量 550cc の単気筒ディーゼル機関の燃焼室周りの概要図で、シリンダライナの一部分に幅 22 mmで長さ 118 mmのサファイア製の部分可視化窓を設け、この窓を介してフォトクロミズム法による燃料及び潤滑油の挙動を観察した<sup>(1)(2)</sup>。実験は 2000rpm モータリングで、ポスト噴射のタイミングは圧縮上死点後の 30, 60, 90 deg.ATDC、ポスト噴射量は 5 mm<sup>3</sup>/cycle とし、潤滑油はエステルオイル、燃料はトリデカンを使用し、これらの燃料と潤滑油にフォトクロミック色素を混ぜ、レーザー(紫外光)を照射して着色した。撮影した着色前後の画像の 2 波長帯の光強度から吸光度を算出し、吸光度と油膜厚さの関係から潤滑油と燃料油の厚さを求めた。図2は実験の一例で、レーザーの照射範囲はトップランドからセカンドリングまでの領域であるが、この中央部の幅 0.17 mm×長さ 18 mm の領域について上述の手法によりピストン、ピストンリングとライナー間の潤滑油の油膜厚さを求めた。

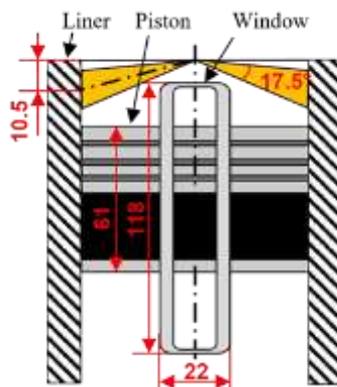


図1 燃料噴射と燃料・潤滑油の観察窓

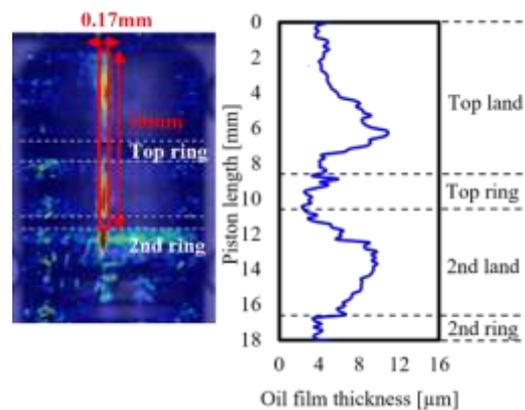


図2 フォトクロミズムにおけるレーザーの照射範囲と油膜厚さの算出例

図3はピストンリング周りの潤滑油と燃料油膜厚さで、排気上死点を基準として 45 deg.BTDC でレーザーを照射し、42 deg.BTDC で撮影した画像から潤滑油と燃料の油膜厚さを求めた。なお、図中の Avg. は各ランドとリング部における油膜厚さの平均値で、トップランド部では燃料の油膜厚さが約 9μmと

厚く、約  $6\mu\text{m}$  の潤滑油を上回り、セカンドランドでは逆に潤滑油膜の厚さが燃料油膜を上回った。図4はこれらの各油膜厚さから算出した希釈率と、エンジン実働中にピストンのランド部やリング溝背面に配した特殊なチューブでオイルを捕集し、このオイルをガスクロマトグラフ・水素炎イオン化検出器(GC/FID)で分析して求めた希釈率を示した<sup>(3)</sup>。この結果、ポスト噴射時期 60 と 90deg.ATDC において、両手法で得たセカンドランドの各希釈率は近い値となった。また、トップリング溝で 50%に迫る希釈率は、図3で分かるようにトップランド付近の燃料量の増大に起因し、セカンドランドの希釈率が 30~35%に下がる理由は、潤滑油膜が増大し、燃料油膜がトップランドより大幅に減少するためであることが明確になった<sup>(4)</sup>。

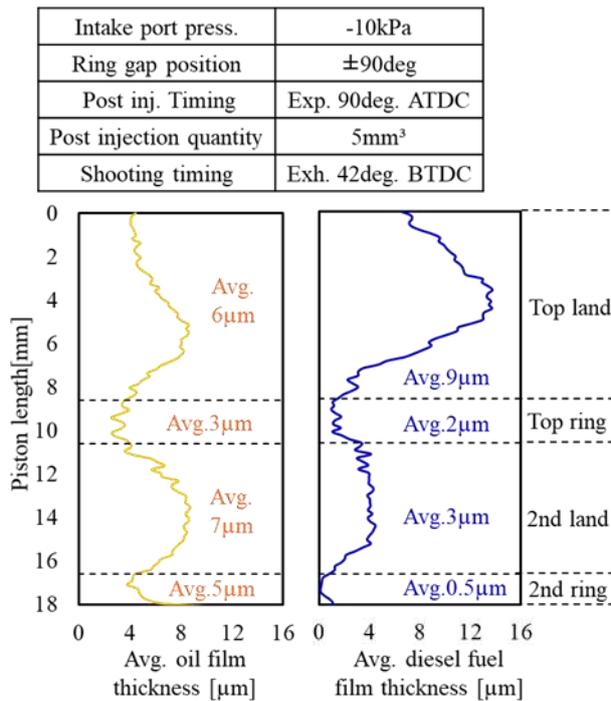


図3 フォトクロミズムで求めた燃料と潤滑油のピストン各部の油膜厚さ

実働中のピストン各部の潤滑油を特殊なチューブを使ってサンプリングし、ピストン各部の燃料による潤滑油の希釈率を求めることも難易度は高く、燃料と潤滑油の輸送メカニズム解明に有用であるが、フォトクロミズム法による燃料とオイルの油膜厚さの算出は、この現象を明確に裏付ける世界初の技術である。本研究事例のように、東海大学と東京都市大の研究シーズを協調させ、2050年カーボンニュートラル社会の実現に貢献する、水素燃料も含めたエンジンのトライボロジー研究を推進できればと考える。

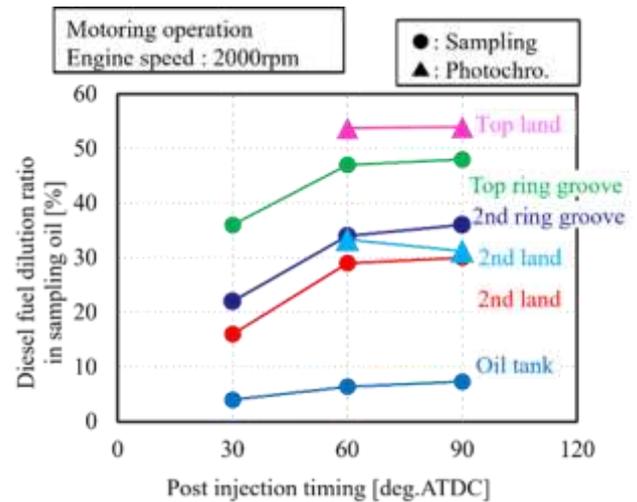


図4 フォトクロミズムと直接オイルサンプリング法での希釈率の比較

- (1) 井上直樹, 小川航平, 伊藤夕人, 中小路遥人, 畔津昭彦, 高橋俊, 落合成行, 及川昌訓, 三田修三, 三原雄司: フォトクロミズム可視化手法を用いたポスト噴射に伴う燃料油膜挙動観察, 自動車技術会 2021 年秋季大会学術講演会講演予稿集(2021)
- (2) 伊藤夕人, 小川航平, 井上直樹, 白井仁, 畔津昭彦, 高橋俊, 落合成行, 及川昌訓, 三田修三, 三原雄司: フォトクロミズム可視化手法を用いたエンジンピストン周りにおけるオイル挙動の可視化, 自動車技術会 2021 年秋季大会学術講演会講演予稿集(2021)
- (3) 山崎暁, 弘瀬裕也, 汲成浩, 中小路遥人, 及川昌訓, 石井大二郎, 三原雄司, 三田修三: ポスト噴射時期とピストンリング合口位置の違いがディーゼル機関のピストンリング周りのオイル希釈率に与える影響, 自動車技術会関東支部 2021 年度学術研究講演会(2021)
- (4) 中小路遥人, 及川昌訓, 三原雄司, 三田修三, 石井大二郎, 山崎暁, 汲成浩: ディーゼル機関の燃料によるオイル希釈に関する研究, 第 32 回内燃シンポジウム講演論文集 (2021)

【研究論文（原著論文）】	
2017-001	「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発
	M. Shahiduzzaman* <sup>#</sup> , M. I. Hossain <sup>#</sup> , S. Visal, T. Kaneko, W. Qarony, S. Umezu, K. Tomita, S. Iwamori, D. Knipp, Y. H. Tsang, M. Akhtaruzzaman*, J. M. Nunzi, T. Taima, and M. Isomura "Spray Pyrolyzed TiO <sub>2</sub> Embedded Multi-layer Front Contact Design for High-efficiency Perovskite Solar Cells," <i>Nano-Micro Lett.</i> , 2021, 13, 36. (Impact factor: 16.419)
	M. Shahiduzzaman*, B. Chen, M. Akhtaruzzaman, L. Wang, H. Fukuhara, K. Tomita, S. Iwamori, J. M. Nunzi, T. Taima, S. Umezu "Paste Aging Spontaneously Tunes TiO <sub>2</sub> Nanoparticles into Reproducible Electrospayed Photoelectrodes," <i>ACS Appl. Mater. Interfaces</i> , 2021, 13, 45, 53758–53766. (Impact factor: 9.229)
	Kohei KASUYA, Md. SHAHIDUZZAMAN, Makoto KOBAYASHI, Shu YIN, Masato KAKIHANA, Koji TOMITA "Synthesis of brookite-type TiO <sub>2</sub> nanoparticles by emulsion-assisted hydrothermal method using titanium glycolate complex" <i>Journal of the Ceramic Society of Japan</i> , 129(12), 720-724 (2021.12) 10.2109/jcersj2.21127
	Md. Shahiduzzaman, Boyang Chen, Md. Akhtaruzzaman, LiangLe Wang, Hiroki Fukuhara, Koji Tomita, Satoru Iwamori, Jean-Michel Nunzi, Tetsuya Taima, Shinjiro Umezu "Paste Aging Spontaneously Tunes TiO <sub>2</sub> Nanoparticles into Reproducible Electrospayed Photoelectrodes" <i>ACS Applied Materials &amp; Interfaces</i> , 13, 53758-53766 (2021.11) doi/10.1021/acsaem.1c13793
	LiangLe Wang, Md. Shahiduzzaman, E. Y. Muslih, Masahiro Nakano, Makoto Karakawa, Koji Tomita, Olivier Lebel, Jean Michel Nunzi, and Tetsuya Taima "Dopant-Free Mexylaminotriazine Molecular Glass Hole Transport Layer for Perovskite Solar Cells" <i>ACS Applied Energy Materials</i> , 4, 12232-12242 (2021.10) 10.1021/acsaem.1c02013
	Md. Shahiduzzaman, Mohammad Ismail Hossain, Shuji Otani, LiangLe Wang, Shinjiro Umezu, Tetsuya Kaneko, Satoru Iwamori, Koji Tomita, Yuen Hong Tsang, Md. Akhtaruzzaman, Dietmar Knipp, Jean-Michel Nunzi, Masao Isomura, Juan Antonio Zapien, Tetsuya Taima "Low-temperature treated anatase TiO <sub>2</sub> nanophotonic-structured contact design for efficient triple-cation perovskite solar cells" <i>Chemical Engineering Journal</i> , 426, 131831 (2021.8) 10.1016/j.cej.2021.131831
	Motoshi Sera, Mika Yamamoto, Koji Tomita, Yusuke Yabara, Seiichiro Izawa, Masahiro Hiramoto, Takayuki Nakanishi, Koji Yoshida, Katsura Nishiyama "Morphology control and synthesis of afterglow materials with a SrAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> framework synthesized by Surfactant-Template and hydrothermal methods" <i>Chemical Physics Letters</i> , 780, 138916 (2021.7) 10.1016/j.cplett.2021.138916

LiangLe Wang, Md. Shahiduzzaman, Ersan Y. Muslih, Masahiro Nakano, Makoto Karakawa, Kohshin Takahashi, Koji Tomita, Jean Michel Nunzi, Tetsuya Taima "Double-layer CsI intercalation into an MAPbI<sub>3</sub> framework for efficient and stable perovskite solar cells" *Nano Energy*, 86, 106135 (2021.4) DOI: 10.1016/j.nanoen.2021.106135

Md. Shahiduzzaman, LiangLe Wang, Shoko Fukaya, Ersan Y. Muslih, Atsushi Kogo, Masahiro Nakano, Makoto Karakawa, Kohshin Takahashi, Koji Tomita, Jean-Michel Nunzi, Tsutomu Miyasaka, and Tetsuya Taima "Ionic Liquid-Assisted MAPbI<sub>3</sub> Nanoparticle-Seeded Growth for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells" *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13, 21194-21206 (2021.4) DOI: 10.1021/acsami.1c00677

Buck-Boost-Type MPPT Circuit Suitable for Vehicle-Mounted Photovoltaic Power Generation: Fumihisa Kano, Yuji Kasai, Hideki Kimura, Kouhei Sagawa, Junnosuke Haruna, Hirohito Funato, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering* 16(9) 1229-1238 2021

A new strengthening process of thermoplastic polypropylene reinforced by interlayered activated sizing film-free carbon fiber treated by electron beam irradiation under oxygen-rich nitrogen gas prior to assembly and hot-press, Shodai Kitagawa, Hideki Kimura, Helmut T. Uchida, Michael C. Faudree, Satoru Kaneko, Tamio Endoh, Michelle Salvia, Yoshitake Nishi, *Journal of Composite Materials* 2021

2018-001 レーザー応用技術に関する研究

"Amorphous MoS<sub>x</sub>O<sub>y</sub>/h-BN<sub>x</sub>O<sub>y</sub> nanohybrids: Synthesis and dye photodegradation", A.T. Matveev, A.S. Konopatsky, D.V. Leybo, I.N. Volkov, A.M. Kovalskii, L.A. Varlamova, P.B. Sorokin, X.S. Fang, Sergey Kulinich(C A), D.V. Shtansky; *Nanomaterials*, Vol.11, 3232, (2021), MDPI (I.F=5.08)

"Anion exchange reaction in halide perovskite single crystals structured by laser pulses", A.Y. Zhizhchenko, A. Pushkarev, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov, A.A. Kuchmizhak, Sergey Kulinich; *Journal of Physics: Conference Series*, Vol.2015, 012085, (2021) Institute of Physics

"Direct imprinting of laser field on halide perovskite single crystal for advanced photonic applications" A.Y. Zhizhchenko, A.B. Cherapakhin, M.A. Masharin, A.P. Pushkarev, Sergey Kulinich, A.P. Porfirev, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov; *Laser and Photonics Reviews*, Vol. 15, 2100094, (2021) Wiley (I.F=13.14)

"Directional lasing from nanopatterned halide perovskite nanowire", A.Y. Zhizhchenko, A.B. Cherapakhin, M.A. Masharin, A.P. Pushkarev, Sergey Kulinich, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov; *Nano Letters*, A.Y. Zhizhchenko, A.B. Cherapakhin, M.A. Masharin, A.P. Pushkarev, Sergey Kulinich, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov; *Nano Letters*, Vol. 21, 10019-10025, (2021) American Chemical Society (I.F=11.19)

<p>"Ethyl benzene oxidation under aerobic conditions using cobalt oxide imbedded in nitrogen-doped carbon fiber felt wrapped by spiral TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>", S.M. Hosseini, M. Ghiaci, Sergey Kulinich, Wunderlich, Wilfried H.S. Ghaziaskar, A. Javaheri Koupaee; Applied Catalysis A: General, Vol. 630, 118456, (2022), Elsevier (I.F=5.71).</p>
<p>"Green laser ablation-based synthesis of functionalnanomaterials for generation, storage, and detection of hydrogen", A.V. Shabalina, V.A. Svetlichnyi, Sergey Kulinich; Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, Vol. 33, 100566, (2022), Elsevier (I.F=6.46).</p>
<p>"Hybrid Au@Si microspheres produced via laser irradiation in liquid for nonlinear photonics", S.O. Gurbatov, V. Puzikov, A. Cherepakhin, E. Mitsai, N. Tarasenko, A. Shevlyagin, A. Sergeev, Sergey Kulinich, A.A. Kuchmizhak; Optics and Laser Technology, Vol. 147, 107666, (2022), Elsevier (I.F=3.87)</p>
<p>"Laser-assisted fabrication and modification of copper and zinc oxide nanostructures in liquids for photovoltaic applications", N. Tarasenko, E. Shustava, A. Butsen, A.A. Kuchmizhak, S. Pashayan, Sergey Kulinich, N. Tarasenko; Applied Surface Science, Vol. 554, 149570, (2021), Elsevier (I.F=6.18)</p>
<p>"Laser-assisted preparation of highly-efficient photocatalytic nanomaterial based on bismuth silicate", S.V. Shabalina, E.D. Fakhrutdinova, A.G. Golubovskaya, S.M. Kuzmin, S.V. Koscheev, Sergey Kulinich, V.A. Svetlichnyi, O.V. Vodyankina; Applied Surface Science, Vol. 575, 151732, (2022), Elsevier (I.F=6.71)</p>
<p>"Preparation and electron-beam surface modification of novel TiNi material for medical applications", S.G. Anikeev, A.V. Shabalina, Sergey Kulinich, N.V. Artyukhova, D.R. Korsakova, E.V. Yakovlev, V.A. Vlasov, O.V. Kokorev, V.N. Hodorenko, Applied Sciences, Vol.11, 4372, (2021) MDPI (I.F=2.47)</p>
<p>"Technological parameters optimization in picosecond laser texturing of titanium surfaces", T.D. Dikova, Sergey Kulinich, Satoru Iwamori, Shigeru Yamaguchi; Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1859, 012037, (2021) Institute of Physics</p>
<p>"Modifier effect in silica-supported FePO<sub>4</sub> and Fe-Mo-O catalysts for propylene glycol oxidation", D.Y. Savenko, M.A. Salaev, V.V. Dutov, Sergey Kulinich, O.V. Vodyankina: Materials, Vol. 15 1906, (2022.3) MDPI (I.F=3.62)</p>
<p>"Stability of octadecyltrimethoxysilane-based coatings on aluminum alloy surface", A.Y. Zhizhchenko, A.V. Shabalina, A.A. Aljulaih, S.O. Gurbatov, A.A. Kuchmizhak, Satoru Iwamori, Sergey Kulinich: Materials, Vol.15, 1804 (2022.2) MDPI, (I.F=3.62)</p>
<p>Masaki Asobe, Daiki Yagi, Yuki Kawabata, Takeshi Umeki, Koji Enbutsu, Takushi Kazama, and Ryoichi Kasahara, "Broadband optical parametric amplification using PPLN waveguide pumped by detuned second harmonic" Optics Express Vol. 30, No. 6 9473-9481 (2022).</p>

Masaki Asobe, Saroeun Punhavan, Masato Kato, Takeshi Umeki, Kojo Enbutsu, Takushi Kazama, and Ryoichi Kasahara, "Parametric wavelength conversion with bidirectional utilization of a multiple QPM device" <i>Optics Express</i> Vol.29, No.15 22900-22906 (2021)
2018-002 熱音響現象に関する研究
千賀麻利子、長谷川真也、廃熱の昇温を目的とした熱で動作する熱音響ヒートポンプの蓄熱器温度とCOPに関する数値計算、東海大学紀要 総合科学技術研究所、pp. 2-6(2021).
2018-003 メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創出
前田成東「欧米型サード・セクターと日本における第三セクターの展開」『運輸と経済』第79巻第2号、交通経済研究所、pp.16-21、2019年
前田成東「自治体における行政評価」『政策研究大学院大学公共政策プログラム文化政策コース』政策研究大学院大学、pp.1-9、2021年
Y. Kashiwabara, M. D. Ibrahim, L. B. Roslan, H. Watanabe, <u>Y. Sunami</u> , "Effects of Injection Speed on Mechanical Properties in High-Pressure die casting of Mg-RE alloy", <i>M M SCIENCE JOURNAL</i> 11, 4906 (2021).
Y. Matsuda, R. Orimo, Y. Abe, Y. Hiraiwa, Y. Okamura, Y. Sunami, "Pressure-sensitive nano-sheet for optical pressure measurement", <i>Sensors</i> 21, 7168 (2021).
菊池飛鳥, 杉山直輝, 野原徹雄, 落合成行, 高速度カメラを用いた表面テクスチャリングによる衝突液滴の微粒化効果の評価/ / Atomization Methods using Surface Microstructure in Exhaust Emission Control (Application to Urea-SCR system by Surface Texture-Processed and Visualization), 混相流, 2021年 35巻 2号 p.308-315, (2021).
小原昭, 菊池飛鳥, 川本裕樹, 杉山直輝, 蔵本結樹, 奈良祥太郎, 落合成行, 高橋俊, 野原徹雄, 液滴可視化画像に対する深層学習を用いた深度予測手法の提案/ Proposal of Depth Estimation Method using Deep Learning for Droplet Visualization, 自動車技術会論文集, 2021年 52巻 5号, p.1071-1076, (2021).
小原昭, 菊池飛鳥, 川本裕樹, 杉山直輝, 蔵本結樹, 奈良祥太郎, 落合成行, 高橋俊, 野原徹雄: 液滴可視化画像に対する深層学習を用いた深度推定の提案, 自動車技術会論文集, Vol.52(2021), 1071-1076

山藤勝彦, 橋本真, 山本建, 澤田賢治,  $H_{\infty}$ 制御を用いた摩擦伝達装置のジャダー抑制, 計測自動制御学会論文  
文集, Vol.57, No.7 (2021), 324-333.

山本建, 高回転におけるトラクションドライブと歯車の伝達性能測定 (50000rpmでの性能比較), 日本機械  
学会論文集, Vol.87, No.903 (2021), 21-00209.

畔津昭彦, フォトクロミズムを用いた可視化手法による油膜挙動の観察, トライボロジスト, Vol.66,  
No.11, 2021年11月, pp.803-808.

#### 2020-001 「飛翔体の流れ」に関する研究

H. Takahashi, M. Naruoka, Y. Inada, K. Sato, "Seabird Biologging System with Compact Waterproof Airflow  
Sensor", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.33 No.3, pp. 466-474 (2021).

H. Takahashi, M. Naruoka, Y. Inada, K. Sato, "Seabird Biologging System with Compact Waterproof Airflow  
Sensor", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.33 No.3, pp. 466-474 (2021).

Toshiharu Mizukaki, Fumihiko Iwasaki, Misato Mori, Akari Kato, and Daiju Numata, Four-dimensional  
visualization of blast loading inside a detonation-driven shock tube using improved pressure-sensitive  
paint and digital image correlation, Science and Technology of Energetic Materials 82 (4), pp. 95-102  
(2021).

Toshiharu Mizukaki, Faming Wang, Makoto Kojima, Hideto Kawashima, Shingo Matsuyama, Yoshio  
Nunome, and Hideyuki Tanno, Visualization of detonation waves inside a rotating-detonation rocket engine  
by using point-diffraction interferometry, AIAA SCITECH 2022 Forum, 2021).

Faming Wang, Toshiharu Mizukaki, and Shingo Matsuyama, Visualization and CFD of the influence of  
mixing on detonation wave propagation inside a rotating-detonation engine by using linear detonation  
channel, AIAA SCITECH 2022 Forum, (San Diego, CA, 2021).

#### 2021-001 水素吸蔵合金を用いた新規エネルギー材料の創成

【研究論文（その他）】

2017-001 「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発

2018-001 レーザー応用技術に関する研究

A.Y. Zhizhchenko, M. Masharin, A. Pushkarev, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov, S.A. Kulinich, Anion exchange reaction in halide perovskite single crystals structured by laser pulses. // Journal of Physics: Conference Series 2015 (2021) 0120085.

T. Dikova, S.A. Kulinich, S. Iwamori, S. Yamaguchi, Technological parameters optimization in picosecond laser texturing of titanium surfaces. // Journal of Physics: Conference Series 1859 (2021) 012037.

S.O. Gurbatov, V. Puzikov, A. Cherepakhin, E. Mitsai, N. Tarasenko, A. Shevlyagin, A. Sergeev, S.A. Kulinich, A.A. Kuchmizhak, Hybrid Au@Si microspheres produced via laser irradiation in liquid for nonlinear photonics. // Optics & Laser Technology 147 (2022) 107666.

A.V. Shabalina, E.D. Fakhruddinova, A.G. Golubovskaya, S.M. Kuzmin, S.V. Koscheev, S.A. Kulinich, V.A. Svetlichnyi, O.V. Vodyankina, Laser-assisted preparation of highly-efficient photocatalytic nanomaterial based on bismuth silicate. // Applied Surface Science 575 (2022) 151732.

A.Y. Zhizhchenko, A.B. Cherepakhin, M.A. Masharin, A.P. Pushkarev, S.A. Kulinich, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov, Directional lasing from nanopatterned halide perovskite nanowire. // Nano Letters 21 (2021) 10019-10025

A.Y. Zhizhchenko, A.B. Cherepakhin, M. Masharin, A. Pushkarev, S.A. Kulinich, A. Porfirev, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov, Direct imprinting of laser field on halide perovskite single crystal for advanced photonic applications. // Laser & Photonics Reviews 15 (2021) 2100094.

N. Tarasenko, E. Shustava, A. Butsen, A.A. Kuchmizhak, S. Pashayan, S.A. Kulinich, N. Tarasenko, Laser-assisted fabrication and modification of copper and zinc oxide nanostructures in liquids for photovoltaic applications. // Applied Surface Science 554 (2021) 149570.

S.O. Gurbatov, E. Modin, V. Puzikov, P. Tonkaev, D. Storozhenko, A. Sergeev, N. Mintcheva, S. Yamaguchi, N. Tarasenko, A. Chivilin, S. Makarov, S.A. Kulinich, A.A. Kuchmizhak, Black Au-decorated TiO<sub>2</sub> produced via laser ablation in liquid. // ACS Applied Materials & Interfaces 13 (2021) 6522-6531.

<p>2018-002 熱音響現象に関する研究</p>
<p>水野裕介, 葛生和人, 長谷川真也, 数値流体解析を用いた熱音響デバイスの積層メッシュ間の隙間の影響の調査, 日本流体力学学会年会2021, オンライン開催, 2021.9.23.</p>
<p>矢内宏樹, 葛生和人, 長谷川真也, 常温熱交換器に設置したテーパ管内における振動流体の可視化計測, 日本流体力学学会年会2021, オンライン開催, 2021.9.23.</p>
<p>矢内宏樹, 葛生和人, 長谷川真也, 熱交換器に隣接するテーパ管内の流体運動の可視化計測, 東海大学マイクロ・ナノ啓発会【T<math>\mu</math>ne】第14回学術講演会, オンライン開催, P12, 2022.2.26</p>
<p>竹村郁哉, 千賀麻利子, 葛生和人, 長谷川真也, 液柱及び吸水芯を有し, 濡れた蓄熱器による気相・液相の相変化現象を利用する熱音響エンジンに関する研究, 2021年度研究交流会, B-1-5, 2022.3.8</p>
<p>矢内宏樹, 葛生和人, 長谷川真也, 熱交換器に隣接したテーパ管内における振動流体の可視化計測に関する研究, 2021年度研究交流会, B-1-4, 2022.3.8</p>
<p>2018-003 メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創</p>
<p>野原徹雄, 杉山直輝, 菊池飛鳥, 落合成行, 排ガス浄化システムにおける表面微細構造を利用した微粒化技術(表面テクスチャ加工と可視化による尿素SCRシステムへの適用) / Atomization Methods using Surface Microstructure in Exhaust Emission Control (Application to Urea-SCR system by Surface Texture-Processed and Visualization), 設計工学, Vol.56, No.6, 2021, p.259-266, (2021)</p>
<p>山本建, 高回転モーター用トラクションドライブの技術動向, 月刊トライボロジー, Vol. 35, No. 12 (2021), 52-55. (雑誌の解説記事)</p>
<p>フォトクロミズム可視化手法を用いたエンジンピストン周りにおけるオイル挙動の可視化, 伊藤 夕人, 小川 航平, 井上 直樹, 白井 仁, 畔津 昭彦, 高橋 俊, 落合 成行, 及川 昌訓, 三田 修三, 三原 雄司, 自動車技術会 2021年秋季大会学術講演会, 170, オンライン開催, 2021年10月, pp.1-6, WEB.</p>
<p>フォトクロミズム可視化手法を用いたポスト噴射に伴う燃料油膜挙動の観察, 井上 直樹, 小川 航平, 伊藤 夕人, 中小路 遥人, 畔津 昭彦, 高橋 俊, 落合 成行, 及川 昌訓, 三田 修三, 三原 雄司, 自動車技術会 2021年秋季大会学術講演会, 167, オンライン開催, 2021年10月, pp.1-6, WEB.</p>
<p>フォトクロミズム可視化手法とピストン周りの油膜流れへの適用, 畔津 昭彦, 小川 航平, トライボロジー会議2021 秋 松江 予稿集, A21, 2021年10月28日, pp.1-2, WEB.</p>

2021-001 水素吸蔵合金を用いた新規エネルギー材料の創成

源馬 龍太「3次元アトムプローブ法による重水素の分析 (特集 無機材料と分析法)」、Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan : セッコウ・石灰・セメント・地球環境の科学 28巻415号 (2021) 393-400.

Keito Sawahara\* and Ryota Gemma\*, “In-situ monitoring of CO<sub>2</sub> methanation: pressure change upon ball-milling of LaNi<sub>5</sub> under CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> 振動型ボールミルを用いたLaNi<sub>5</sub>によるCO<sub>2</sub>メタン化反応のモニタリング” Journal of Advanced Science 33 33107 (2021).

“Effect of hydrogen solution on the Young’s modulus of rolled Tungsten”, Ryoya Yamane, Ren Tokiwa, Arata Kaneko, Toshikio Takimoto, Tomomi Adachi, Hirotarou Tsuchiya, Akira Tonegawa, Helmut Takahiro Uchida, *GMM-Fachberichte*, 98, (2021), 257-260.

“Effect of hydrogen solution on the Young’s modulus of Nickel” , Mutsuki Matsumoto, Ryoya Yamane, Ren Tokiwa, Hironori Odaka, Tomomi Adachi, Arata Kaneko, Toshikio Takimoto, Akira Tonegawa, Hirotarou Tsuchiya, Helmut Takahiro Uchida, *GMM-Fachberichte*, 98, (2021), 250-252.

“Effect of in-situ substrate biases changes and ex-situ hydrogen loading on in-plane stress in Sm-Fe thin films”, Masato Kamiya, Kengo Yamaguchi, Ryuichi Kataoka, Ren Tokiwa, Seo Ono, Helmut Takahiro Uchida, Ryota Gemma, Yoshihito Matsumura, *GMM-Fachberichte*, 98, (2021), 246-249.

“Interfacial adhesion evaluation of magnetostrictive thin films applying electrochemical hydrogen loading technique”, Seo Ono, Ren Tokiwa, Yoshihito Matsumura, Helmut Takahiro Uchida, *GMM-Fachberichte*, 98, (2021), 238-241.

“Effects of hydrogen treatment and substrate hardness on the negative magnetostrictive thin films and their coatings”, Ren Tokiwa, Shuntaro Nakahiro, Seo Ono, Masato Kamiya, Ryota Gemma, Yoshihito Matsumura, Helmut Takahiro Uchida, *GMM-Fachberichte*, 98, (2021), 229-232.

【国際会議のプロシーディング】

2017-001 「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発

W. Wunderlich, S.A. Kulinich, Material compounds on nanoscale: Photocatalysts based on g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and CQDs. Nanotechnology Innovation Baltic Sea Conference (NIBS 2021), Kiel, Germany, August 4, 2021.

T. Takada, M. Inamori, "Long Distance Contactless Power Transmission in Seawater," presented in AWPT2021, Dec. 2021.

M. Methsamphop, U.U. Ekong, M. Inamori, "Characteristics of Two-phase Inverter-fed Three-phase Induction Motor Drive," in Proc. ICEMS 2021, Nov. 2021.

W. Karn, R. Kato, M. Inamori, "Pilot-based Channel Estimation Scheme in Time Domain for DVB-T System," in Proc. GECOST2021, July 2021.

2018-001 レーザー応用技術に関する研究

A.Y. Zhizhchenko, M. Masharin, A. Pushkarev, A.A. Kuchmizhak, S.V. Makarov, S.A. Kulinich, Anion exchange reaction in halide perovskite single crystals structured by laser pulses, 6th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics (METANANO 2021), Tbilisi, Georgia, September 13-17, 2021.

N. Mintcheva, S.A. Kulinich, Decorating titania nanoparticles with gold through laser processing in water, 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Nanoparticle Generation & Excitation by Lasers in Liquids (ANGEL 2020), Hefei, China, June 16-18, 2021.

2018-003	メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創出
	S. Nakano, <u>Y. Sunami</u> , “The manufacturing of PDLLA nanosheets using micro-gravure printing method for the roll-to-roll”, The 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE2021), (Online), September (2021).
	W. Shimoji, K. Ito, K. Kawasaki, T. Nagatsuma, <u>Y. Sunami</u> , “Experimental Study on Static Characteristics of Air Turn Bar”, The 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE2021), (Online), September (2021).
	T. Shoji, M. D. Ibrahim, <u>Y. Sunami</u> , “Relationship between Heat and Troughs during a Transport Process of Heating the PET Films”, The 14th International UNIMAS Engineering Conference 2022 (EnCon2022), (Online), March (2022).
	Y. Kashiwabara, M. D. Ibrahim, L. B. Roslan, H. Watanabe, <u>Y. Sunami</u> , “Analysis of Fractures and Microstructures on Different Injection Speeds in High-pressure Die-casting Magnesium Alloy”, The 14th International UNIMAS Engineering Conference 2022 (EnCon2022), (Online), March (2022).
	K. Ouchi, M. D. Ibrahim, Y. Kashiwabara, <u>Y. Sunami</u> , “Visualization of Die Casting Fluid Behaviour Using Acrylic Transparent Models”, The 14th International UNIMAS Engineering Conference 2022 (EnCon2022), (Online), March (2022).
	Y. Sasamoto, T. Kanda, M. D. Ibrahim, <u>Y. Sunami</u> , “Effects of Winding Speed and Tension on the Occurrence of Circumferential direction Slip”, The 14th International UNIMAS Engineering Conference 2022 (EnCon2022), (Online), March (2022).
	S. Nakano, M. D. Ibrahim, <u>Y. Sunami</u> , “Manufacturing of Poly-DL-Lactic Acid Nanosheets and Evaluation of Tribological Characteristics between Nanosheet Surfaces and Fingers”, The 14th International UNIMAS Engineering Conference 2022 (EnCon2022), (Online), March (2022).
	菊池飛鳥, 小原昭, 杉山直輝, 川本裕樹, 奈良祥太朗, 野原 徹雄, 高橋俊, 落合成行, 大角和生, 石川直也, 微粒化後の液滴径に着目した表面テクスチャによる衝突液滴の微粒化特性/Atomization Characteristics of Collision Droplets by Surface Texture Focusing on Droplet Size after Atomization, 自動車技術会, 2021年秋季大会 学術講演会予稿集(秋), No.122-21, p.1-6,(2021)
	小原昭, 菊池飛鳥, 川本裕樹, 杉山直輝, 蔵本結樹, 奈良祥太朗, 落合成行, 高橋俊, 野原徹雄, 液滴可視化画像に対する深層学習を用いた深度予測手法の提案/ Proposal of Depth Estimation Method using Deep Learning for Droplet Visualization, 自動車技術会, 2021年春季大会 学術講演会予稿集(春), No.55-21, p.1-6,(2021)

<p>奈良祥太郎, 高橋俊, 三坂孝志, 杉山直輝, 蔵本結樹, 川本裕樹, 小原昭, 菊池飛鳥, 落合成行, 野原徹雄, 大角和生, 石川直也, DDM-アンサンブルカルマンフィルタによる3次元粒子分布の高精度予測/Accurate Prediction of Three-dimensional Particle Distribution using DDM and Ensemble Kalman Filter, 日本機械学会2021年度年次大会講演会論文集, (2021)</p>
<p>野原徹雄, 杉山直輝, 菊池飛鳥, 落合成行, 富澤徹, 吸入空気の流れに影響する静電気帯電・放電メカニズムの研究 / A Study of Electrostatic Charging / Discharging Mechanism to Influence Intake Air Flow, 自動車技術会, 2021年秋季大会 学術講演会予稿集(秋), No.81-21, p.1-6,(2021)</p>
<p>川俣柊介, 川本裕樹, 奈良祥太郎, 野原徹雄, 高橋 俊, 多数の固体粒子を含む非ニュートン流体の混相流解析, 第34回数値流体力学シンポジウム講演論文集, C01-1, (2021)</p>
<p>鈴木僚, 奈良祥太郎, 高橋俊, 落合成行, 野原徹雄, 菊池飛鳥, 小型水素ロータリーエンジンの燃焼促進に向けた数値流体解析による内部流動の研究/A Study of Internal Flow by Computational Fluid Dynamics Analysis for Combustion Enhancement of Small Hydrogen Rotary Engine, 自動車技術会, 2021年秋季大会 学術講演会予稿集(秋), No.102-21, p.1-6,(2021)</p>
<p>Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Shuusuke Kawamata, Shotaro Nara, Hiroki Naga, "Two-Phase Flow Simulation of Heat Pipe Using Sharp-Interface Level Set Method with Phase Change", 18th International Conference on Flow Dynamics 2021, Online, October 27-29 (2021)</p>
<p>K. Fukudshima, <u>K. Fukuda</u>, T. Kashiwagi, T. Danno, K. Onishi, and K. Kimura, "Study on Drag Reduction of Superstructure of Ships and Improvement of Fuel Consumption", The 9th International Conference on Vortex Flow Mechanics (web開催), October 11-14 (2021).</p>
<p>A. Muto, I. Uto, <u>K. Fukuda</u>, K. Sagawa, and H. Kimura, "Fundamental Study on Design Methodology of a Solar Car Considering Aerodynamic and Power Generation Performance", The 9th International Conference on Vortex Flow Mechanics (web開催), October 11-14 (2021).</p>
<p>Y. inada, "Characteristics of Swarming Behavior of Animals", Biofluid Symposium in RIMS Research Project "Biofluids 2021" (2021).</p>
<p>Takayuki Asai, Tatsuki Matsuo, Satoru Shitara, Yuuto Matumoto, Hideyuki Horisawa, Tomoyuki Ikeda, Magnetic-layer type hall thruster "ST-II", Proceedings of Joint Symposium 33rd ISTS &amp; 10th NSAT &amp; 14th IAA LCPM, 2022-b-13, Feb 26 - Mar 4, 2022 Beppu, Oita, Japan, Online</p>
<p>Satoru Shitara, Yuto Matsumoto, Rio Yabuki, Tatsuki Matsuo, Tomoyuki Ikeda, Hideyuki Horisawa, Hollow anode characterization for low-power Hall thrusters, Proceedings of Joint Symposium 33rd ISTS &amp; 10th NSAT &amp; 14th IAA LCPM, 2022-b-16, Feb 26 - Mar 4, 2022 Beppu, Oita, Japan, Online</p>

Yuto Matsumoto, Ikkoh Funaki, Hiroki Watanabe, Yuya Oshio, Hideyuki Horisawa, Scaling Laws for the design of High - voltage Hall Thrusters, Proceedings of Joint Symposium 33rd ISTS & 10th NSAT & 14th IAA LCPM, 2022-b-20,

Satoru Shitara, Takuro Mikami, Maekawa Shuto, Hideyuki Horisawa, Temporal and Spatial Ion Velocity Distributions of a Short-pulse Coaxial Laser-assisted Pulsed Plasma Thruster Proceedings of Joint Symposium 33rd ISTS & 10th NSAT & 14th IAA LCPM, 2022-b-25, Feb 26 - Mar 4, 2022 Beppu, Oita, Japan, Online

Kohei Watabe, Shunya Ogawa, Koki Inoue, Tomoyuki Ikeda, Hideyuki Horisawa, Shigeru Yamaguchi, Yoshinori Nakayama, Ikkoh Funaki, Thrust Generation Mechanism through Interaction of Ultraviolet Light-emitting Diodes and Solid Polymers, Proceedings of Joint Symposium 33rd ISTS & 10th NSAT & 14th IAA LCPM, 2022-b-44, Feb 26 - Mar 4, 2022 Beppu, Oita, Japan, Online

Faming Wang, Toshiharu Mizukaki, and Shingo Matsuyama, NUMERICAL ANALYSIS OF THE DETONATION WAVE PROPAGATION IN A LINEARIZED ROTATING DETONATION ENGINE, The 32nd International Symposium on Transport Phenomena, (Online, 2022).

2021-001 水素吸蔵合金を用いた新規エネルギー材料の創成

【受賞】	
2017-001	「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発
2018-001	レーザー応用技術に関する研究
2018-002	熱音響現象に関する研究
	矢内宏樹、「熱交換器に隣接するテーパ管内の流体運動の可視化計測」、東海大学マイクロ・ナノ啓発会【T $\mu$ ne】第14回学術講演会、ショートプレゼンテーション 優秀発表賞
2018-003	メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創出
	砂見雄太, 2020年度「The Most Interesting Reading賞」, 日本設計工学会, 2021年5月21日
	畔津昭彦, 日本機械学会エンジンシステム部門 功績賞, 2021年9月6日
2020-001	「飛翔体の流れ」に関する研究
	JEC Innovation Award 2021 (航空宇宙部門) 受賞, 東レ・カーボンマジック社・スカパーJSAT株式会社・東海大学が共同受賞 (出展代表: 東レ・カーボンマジック社, 東海大学の研究代表者: 福田紘大) 2022年6月2日.
	福田紘大, 自動車技術会 技術部門貢献賞, 2021年 8月 20日.
	福田紘大, 自動車技術会 JSAEプロフェッショナルエンジニア認定, 2022年2月28日.
	Gouji Yamada, Takahashi Shun, Kiyonomi Ohtani, "Emission Spectroscopy of Argon Flows around a Hypersonic Free Flight Cylinder" Proceedings of the 21th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2021), pp.36-37, 2021.

2021-001 水素吸蔵合金を用いた新規エネルギー材料の創成

澤原馨登, 源馬龍太, 優秀ポスター賞, “水素吸蔵合金を用いたメカノケミカルCO<sub>2</sub>メタネーションにおける原子状水素供給の影響”, 日本金属学会2021年秋季第169回講演大会, オンライン開催, 2021年9月14-17日.  
(受賞者 澤原馨登)

林 諄眞, 源馬龍太, ポスター賞, “Ni 担持 CaO 触媒上における CO<sub>2</sub> メタン化反応”, 2021 SASシンポジウム, オンライン開催, 2021年11月18-19日. (受賞者 林 諄眞)

ポスター賞: 『アコースティック・エミッション (AE)を用いたSm-Fe磁歪薄膜の電気化学的水素吸蔵過程における剥離挙動のその場観察』、大野聖海,松本睦輝,佐藤誉也,渡邊堅太,原田 亮, 内田ヘルムート貴大 (2020年度SASシンポジウム)



---

### 東海大学紀要 総合科学技術研究所

発行日 2022年3月31日  
発行人 岩森 暁（東海大学総合科学技術研究所 所長）  
発行 東海大学総合科学技術研究所  
住所 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号  
電話 0463-58-1211（代表）

---

本紀要の全ての掲載情報は、著作権者の許諾なしに、著作物の全部または一部を無断で複写複製（コピー）することは、著作権法上での例外を除き、禁じられています。