



# THERMAL ENGINEERING

TED Newsletter on the WEB

日本機械学会熱工学部門ニュースレター  
TED Newsletter No.102 April 2024

## 目 次

### 1. 第 102 期 部門長あいさつ

教授 鹿園 直毅

(東京大学生産技術研究所)

### 2. TED Plaza

- 次世代型航空宇宙用推進機の開発研究：  
MPD スラスタおよび回転デトネーションエンジン  
川崎 央 (静岡大学)
- 高強度 Time-stretch 分光装置の開発  
五十嵐 彩 (ウシオ電機株式会社)

### 3. 各種委員会活動報告

### 4. 行事案内

- 部門企画行事案内
- 部門関連行事案内
- 国際会議案内

### 5. その他

- 編集後記

## 第 102 期 部門長あいさつ



第 102 期 熱工学部門長

東京大学生産技術研究所

教授 鹿園 直毅

shika@iis.u-tokyo.ac.jp

2024 年 4 月より第 102 期の熱工学部門長を仰せつかりました東京大学生産技術研究所の鹿園直毅と申します。部門長就任にあたり、期首のご挨拶を申し上げます。

失われた 30 年という言葉をよくニュース等で耳にしますが、経済活動が停滞しデフレ基調が続いたまま時が流れてきた中で、外に目を向けると世界は大きく変化しています。専制主義国家が先鋭化し、他方の民主主義国家は分断化が進む中で、ウクライナやパレスチナでの出来事なども、対岸の火事だと高を括っていられなくなるかも知れません。感染症についても、SARS や MARS が流行ったところからある程度予想はついたはずですが、COVID-19 を身近に経験して初めてその深刻さが身に染みました。一方で、自然界でも熊本や能登での大きな地震など、想定を上回る、あるいは想定が十分されていなかった場所での大きな災害も度々発生しています。昨夏の猛暑も地球温暖化の影響の表れだと思いますが、一時的なものではなく、今後一層加速することでしょう。カーボンニュートラル社会を実現するためには、化石燃料に依存した現在の文明を根本から変えていく覚悟が必要になります。また化石燃料だけでなく、PFAS 規制や資源争奪の流れのように、これまで当たり前のように便利に使っていた素材についても、今後その使用を見直す動きが出てきています。以上のように、現在の社会的な課題は過去に例を見ないほど強く広範にわたり、かつ不確実性が増えています。技術や学術の在り方についても、大きな見直しを迫られることになるのではないのでしょうか。これまでの技術や学問の体系は、安価で扱いやすい化石燃料や素材をベースに非常に強固に構築されていて、疑ってかかる必要など全くありませんでした。例えば適切かどうかわかりませんが、まるで太古の温暖で住み易かった時代に大繁栄した恐竜の姿に重なる気がします。一方、カーボンニュートラルやサーキュラー社会への移行、あるいは冒頭に記した大きな社会のうねりのもとで、生成系 AI や自動車の CASE の動きなど、新しい技術革新の兆しもみられます。上記のような環境変化や新しい動きが、まるで隕石のように技術や学問の体系を変革することになるのではないのでしょうか。変化はときに不安を煽るものですが、逆にチャンスでもあります。我々技術者や研究者は、新たに活躍の場が拡大した実に幸せな時代に巡り会うことができたとポジティブに考えたいと思います。熱工学においても、新たな社会的な制約や境界条件のもとで、従来の概念にとらわれずに、ゼロベースでネズミのような小さな哺乳類に相当する技術や学術の種を、仕込んで育てていかねばなりません。ただ、私を含めて今の現役世代は、新しい技術を一から考えて作った経験が残念ながらありません。発電にしる、自動車にしる、家電にしる、すでに設計の基本形は出来上がっていて、我々はそれに改良を重ねて磨きこんできたに過ぎません。自由な発想で議論を戦わし、具体的な形として生み出すプロセスが今ほど重要になった時代は無いのではないのでしょうか。学会は、そのような自由かつ公正な議論を戦わすことができる大変貴重な場だと思います。原理原則から考えることが求められる今日こそ、学会が力を発揮し、様々な社会的課題の解決に資する多くのイノベーションを生み出す大きな原動力となれるはずです。熱工学分野において、学会活動を通じて多くの熱に関わるイノベーションが生まれることを願ってやみません。随筆のようになってしまいましたが、会員の皆様にとって、本部門が有益で魅力のある場であり続けるよう精進してまいりますので、今期もどうぞよろしくお願い申し上げます。

## TED Plaza

## 次世代型航空宇宙用推進機の開発研究： MPD スラスタおよび回転デトネーションエンジン



川崎 央

静岡大学 准教授  
 学術院工学領域 機械工学系列  
 kawasaki.akira@shizuoka.ac.jp

### 1. はじめに

はやぶさ、および、はやぶさ 2 による小惑星探査や SLIM による月着陸実証などに代表されるように、人類は着実に活動領域を深宇宙へと広げつつある。このような宇宙空間における活動をより自在化させる上で最も重要な技術開発項目の 1 つが航空宇宙用推進機の高度化である。航空宇宙用推進機においては、航空機やロケット、人工衛星をはじめとする航空宇宙システムの厳しい質量制約の下で所定の性能を発揮する必要性から、必然的に小型化と高出力化の両立が求められる。従って、航空宇宙用推進機の高度化においては、極めて大きな出力密度に適合的な熱設計の確立が肝要となる。

本稿では特に、著者が研究に取り組んできた MPD (magnetoplasmadynamic, 電磁プラズマ力学) スラスタおよび RDE (rotating detonation engine, 回転デトネーションエンジン) といった次世代型の航空宇宙用推進機について概説する。いずれも、激しい容態の放電や燃焼に起因する熱・流体現象を利用する機器であり、物理現象の深い理解に基づいた極限的な設計が求められるが、特に熱設計の成立性は、それらの機器を実用化に導く上で鍵となり、大きな関門となっている。併せて、それらの熱設計を確立する上で有用な高速熱計測技術に関しても簡単に紹介する。

### 2. MPD スラスタ

上述の通り、近年、地球軌道以遠での宇宙活動が活発化しており、火星や金星、木星等を目的地とする種々の新しい深宇宙ミッションも計画されている。野心的な深宇宙ミッションの実現性を高めるには、多量のペイロードを短時間で効率良く輸送する宇宙輸送システムの開発が必須となるが、大型電気推進機の実用化は、これに大きく貢献することが期待される。

MPD スラスタは、電気推進機の中では電磁加速型に分類され、単機に 100 kW を超える大電力の投入も可能な、最も大型の部類の電気推進機である (栗木・荒川, 2003; Jahn, 1968; Sovey & Manteniaks, 1991)。いくつかの類型が存在するが、それらは、電極配置や外部磁場印加の有無等の違いにより分類できる。特に、ノズル状陽極と棒状陰極を同軸配置した自己誘起磁場型 MPD スラスタ (以下では単に MPD スラスタと記す) は、大電力作動に適合的で、定常作動時の電力は典型的には 1 MW あるいはそれ以上となる。

図 1 に自己誘起磁場型 MPD スラスタの作動概念を示す。この方式の MPD スラスタは、直流アーク放電により駆動され、放電電流とその放電電流自身が誘起する自己磁場の相互作用で推進剤に Lorentz 力を作用して電磁的な推力を発生する。また副次的に、放電電流による Joule 加熱で気体力学的な推力も発生する。高い比推力 (推進剤の消費効率の指標) と高い推進効率 (電気エネルギーから推進仕事への変換効率) の両立には電磁推力の強調が不可欠であることが知られており、必然的に大電流での作動状態が主たる研究対象とされている。このため、MPD スラスタの実

機設計にとっては、比推力や推進効率といった推進性能のみならず、宇宙空間での熱的耐久性に対する考慮も当然ながら不可欠となる (Sercel & Krauthamer, 1986)。

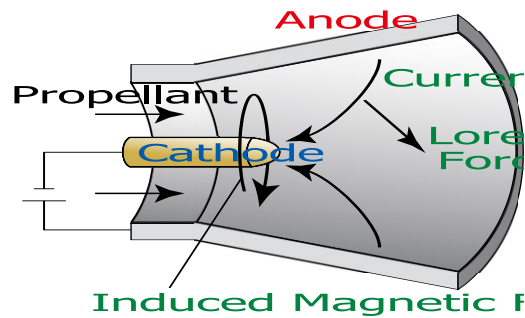


Fig. 1 A schematic of an MPD thruster.

大電流で連続作動する MPD スラスタの性能を地上にて評価するには非常に大規模な真空設備が必要となるため、実験的手法のみによる設計最適化の敷居は決して低くない。これが一因となり、MPD スラスタの技術成熟度は、概ね実験室での技術実証の段階に留まっている。そこで、著者らの研究グループでは、性能評価のための連続作動実験を数値シミュレーションにより補完し、スラスタの設計最適化を促進することを試みている (Funaki, *et al.*, 2014)。

これまでも高度な数値モデルを用いた多くの数値シミュレーションが行われており、バルクプラズマの实在気体効果が推進機特性に与える影響についてはよく検討が進んでいる (例えば Nakata, *et al.*, 2008)。一方で、MPD スラスタにおいては、電極のごく近傍に存在する非常に薄い静電シース領域にも無視できない電力が投入されており (Kubota, *et al.*, 2009)、この静電シース領域もまた、スラスタの推進機特性を検討する上で重要な考慮事項となる。つまり、推進性能の見積りに必要な投入電力、およびスラスタ構成要素の温度分布の見積りに必要な壁面熱流束に関する確度の高い予測のためには、電極や壁近傍の静電シースを介しての荷電粒子束の評価が重要となる。しかしながら、既往研究においては、静電シース領域の影響に関して、特定のスラスタ形状および運転条件にて得られた経験的なパラメータを補外的に用いて、簡易的な評価を行うのが通例であった。このため、MPD スラスタの推進機特性に重大な影響を与える可能性のある電極近傍の静電シースを、経験的なパラメータではなく、理論モデルにより捉え、電磁流体シミュレーションおよび熱シミュレーションに反映することが課題となっていた。

本稿では、既往の数値モデルを統合および拡張することで、新たに静電シースを介した電磁流体・熱連成シミュレーションモデルを構築し、作動電力 100 kW 級のアルゴンを推進剤とする自己誘起磁場型 MPD スラスタのシミュレーションに適用してその妥当性を検証した結果 (Kawasaki, *et al.*, 2016) について、以下で簡単に紹介する。

図 2 に、静電シースモデル連成の有無で比較した MPD スラスタ内の放電電流経路と電子数密度の分布を示す。この図では、同軸配置された陽極 (図中上側の黒く塗られた領域) と陰極 (図中下側の黒く塗られた領域) の間の放電場・流れ場の  $r$ - $z$  スライスが示されており、推進剤は左から右へと流れている。図に示す通り、静電シースモデルの連成により、放電構造が大きく変わるのがある。すなわち、静電シースモデル連成有りの場合は、放電電流経路が全体的に下流に偏っている。また、静電シースモデル連成により、電極上でのイオンの再結合が考慮されたことから、電子数密度分布にも顕著な違いが出ている。これらのように、放電場・流れ場をより忠実に再現できたことから、スラスタへの投入電力も、実験により近い値を示すことが確認された。

図 3 (a) に放電電流が 6, 8, 10 kA の場合の電磁流体・熱連成シミュレーションによる陰極温度分布の予測結果と既往の実験結果の比較を示す。実線がシミュレーション結果であり、点線が既往の実験結果である。熱連成シミュレーションにおいても、陰極先端付近の特徴的な温度プラトーが再現された。また、そのプラトー部温度は、実験結果とよく整合している。また、図 3 (b) に同連成シミュレーションによる陽極熱負荷の予測結果と既往の実験結果の比較を示す。モデルの精緻化により、良好な予測が得られていることがわかる。

以上のように、シースモデルを連成することで、これまで経験的なパラメータの補外的な利用により簡易評価されてきたシース電圧や電極への熱流束に関して、数値シミュレーション上で実験



と整合的な見積もりを実現した。

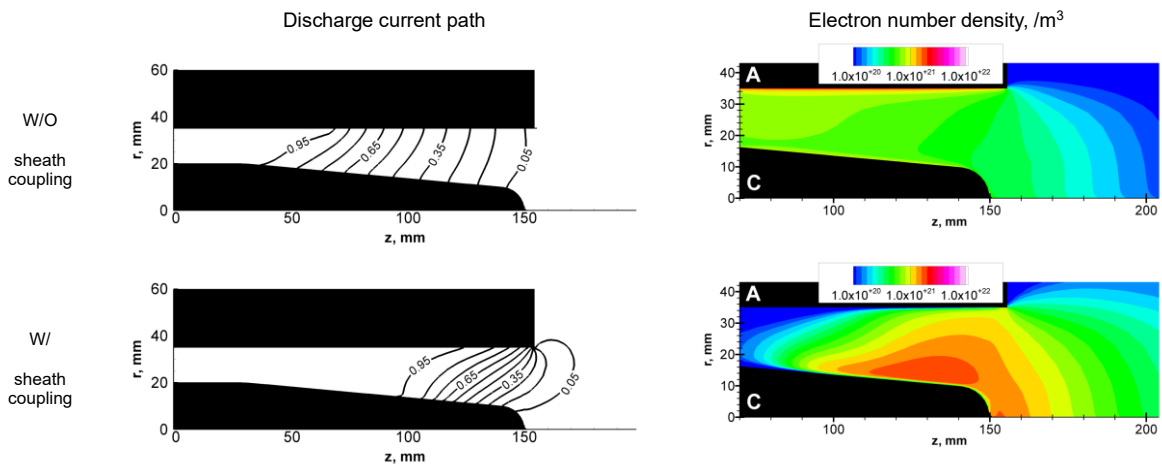


Fig. 2 Discharge and flow fields in an  $r$ - $z$  slice of an MPD thruster without and with the sheath model coupling. The upper and lower electrodes are the anode and cathode of the thruster, respectively. (Kawasaki, *et al.*, 2016)

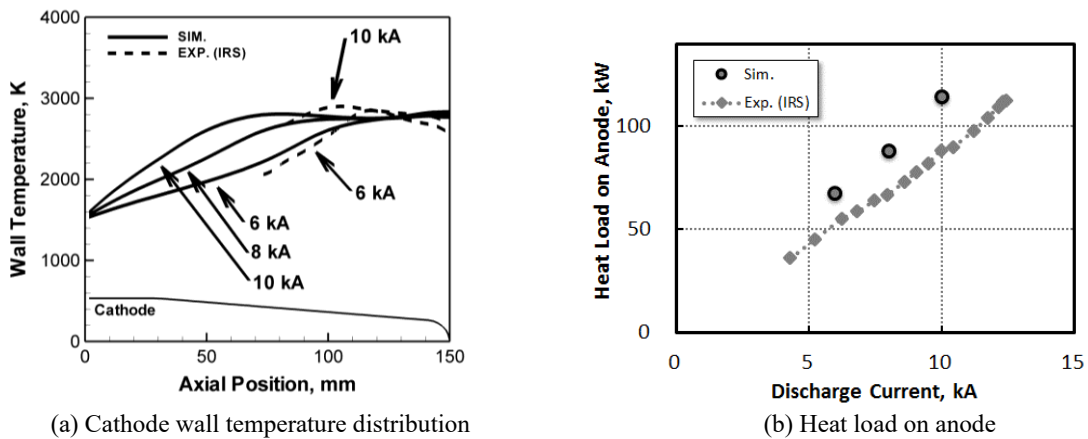


Fig. 3 Typical results in the MHD and thermal coupling simulation. Experimental data was cited from (Winter, *et al.*, 1995; Winter, *et al.*, 1997; Wegmann, *et al.*, 1992) for the comparison. (Kawasaki, *et al.*, 2016)

### 3. 回転デトネーションエンジン

デトネーション（または爆轟）とは、媒質中を加熱領域と衝撃波が連成して超音速で伝播する現象である。加熱領域と結合した衝撃波はデトネーション波と呼ばれ、衝撃波による圧縮・加熱が引き金となって媒質の更なる加熱が生じるとともに、媒質の加熱によって衝撃波の駆動を支持する構造となっている。媒質の加熱の機構や媒質の均一性に応じて様々な形態のデトネーションが生じうるが、特に、燃焼現象の1つを指して単にデトネーションと呼ぶことがある。この場合には、均一な媒質としては、例として、気相の燃料および酸化剤が予めよく混合されたもの（燃料・酸化剤予混合気）が、また、不均一な例として、可燃性噴霧や粉塵、固体推進剤、爆薬などが挙げられる。

本稿では、主として、燃料・酸化剤予混合気中での燃焼により生じるデトネーションおよびその宇宙推進システムへの応用に焦点を絞る。はじめに、デトネーションの基礎研究および応用研究について極めて簡単に概観した上で、著者らの研究グループで取り組んでいるデトネーション燃焼技術応用による宇宙推進システムの高度化研究の一部についても簡単に述べる。なお、デトネーションの基礎理論の更なる詳細については、成書 (Fickett & Davis, 1979; Lee, 2008; デトネーション研究会, 2011; Lee, 2018) などを参照されたい。

デトネーションに関する最も基本的な理論として CJ (Chapman-Jouguet) 理論が良く知られている。一様な燃料・酸化剤予混合気中を、定常かつ1次的に伝播するデトネーション波においては、デトネーション波の前後に適切に検査面を取ること、保存則を用いた理論解析によりデト

ネーション波の伝播速度やデトネーション波背後（後述の CJ 点）の熱力学的状態が得られる。具体的には、垂直衝撃波前後の状態の関係を記述する Rankine–Hugoniot の理論を拡張したものであり、デトネーション波前後のエネルギー保存を考える際に、媒質の加熱を生成項によって考慮し、デトネーション波背後の検査面として加熱された媒質が膨張・加速して音速に達する位置（CJ 点と呼ばれる）を取っている。このようにして得られる、CJ 理論におけるデトネーション波の伝播速度（CJ デトネーション速度） $D_{CJ}$  は、多くの実験で実際のデトネーション波の伝播速度と精度良く一致することが知られている。

再び、一様な燃料・酸化剤予混合気中を定常かつ 1 次元的に伝播するデトネーション波において、衝撃波の前面から CJ 点に至るまでの内部構造について、Zel'dovich, von Neumann, および Döring により独立に、簡便なモデル（ZND モデルと呼ばれる）が提案されている。ZND モデルの概念図を図 4 に示す。ZND モデルでは、無限小の厚みを持つ先頭衝撃波が、衝撃波到達前の媒質（pre-shock 状態）に対して CJ デトネーション速度  $D_{CJ}$  の相対速度を持って伝播する。衝撃波により、pre-shock 状態の媒質は加熱および圧縮を受け、post-shock 状態（von Neumann 状態とも呼ぶ）へと変化する。これにより高温高压となった媒質は化学反応を開始し、未燃焼状態の媒質は吸熱分解を受け、ラジカルなどの中間生成物が生成される。中間生成物の生成反応は吸熱反応であるため、媒質の温度は最初緩やかに下降する。中間生成物の濃度が十分大きくなると再結合反応が支配的となり発熱を始める。これにより、媒質は急激に加熱を受けるとともに、膨張を開始して、やがて音速に達する（CJ 状態に達する）。衝撃波のすぐ背後で中間生成物の生成が支配的な領域を反応誘導帯（induction zone）と呼び、これに引き続く再結合の支配的な領域を反応帯（reaction zone）と呼ぶ。

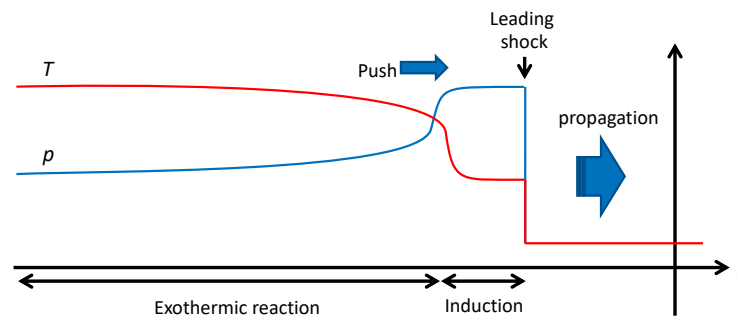


Fig. 4 A schematic of the ZND model. Temperature and pressure distributions along the propagation direction ( $z$  direction) of a detonation wave.

上述の CJ 理論や ZND モデルは、デトネーション波の挙動を理解する上で部分的には大きな成功を収めている。しかしながら、これらの理論は、デトネーション波の時間的変動を取り扱っていない。この意味で、CJ 理論や ZND モデルは、デトネーションの定常理論と呼ばれる。一方で、多次元の系において ZND モデルのデトネーション波構造は不安定であり、例えば、衝撃波速度に擾乱が加わると、正のフィードバックがかかる。すなわち、何らかの要因で衝撃波速度が CJ 速度よりも早くなると、衝撃波背後の反応はより早く進行するようになり、衝撃波を更に加速させる。また、逆も同様である。実際に、実験的に観測されているデトネーション波は、単純な平面的な層が重なった構造を有する訳ではなく、デトネーション波頭の伝播方向に対して直交する方向に伝播する多数の衝撃波（横波と呼ばれる）を併せ持つ複雑な構造を有することが知られている。この横波は、デトネーション波頭に対して常に位置を変えるため、巨視的に定常的に伝播するデトネーション波においても、デトネーション波頭上の圧力分布は常に変動している。このことから、デトネーションは本質的に動的（非定常的）であり、デトネーションの開始条件や消炎条件、限界条件などは、定常理論によっては予測できないことが知られている。

デトネーションの動的特性については、未だ完全には理解されておらず、特に媒質の熱力学的および化学動力学諸量からの直接の定量予測は実現していない。そのため、デトネーションの動的特性を特徴づける現象論的なパラメータとして「セル幅」という量が頻りに利用されている。ここで、直線状管路内でデトネーション波を伝播させる際に、管路内壁に煤を塗布した膜（煤膜）を設置しておくことで、デトネーション波頭の圧力分布の変動により、煤膜上に魚の鱗状の特徴的な

模様（セル模様）が記録される。このようにして得られるセル模様の代表寸法がセル幅と呼ばれ、実在のデトネーション波の波頭を構成する多数の横波の平均的な間隔に対応する。

これまでの研究で、デトネーションの動的特性は、ある種の燃料・酸化剤混合気に対しては、セル幅に基づいて良く予測できることがわかっており、RDEなどのデトネーションエンジンの設計則を含むデトネーションの動的特性の定量予測には、セル幅のデータが不可欠と言っても過言ではない。このため、各種の燃料・酸化剤混合気の、各種の状態（温度、圧力、混合比など）に対して、煤膜模様の記録によってセル幅が広く調査されており、California 工科大学によってデータベースが公開されている。

このデトネーションを利用した熱機関をデトネーションエンジンと呼ぶ。燃料・酸化剤予混合気の燃焼が様々な熱機関において利用されているのはもちろんのことであるが、従来型の熱機関では、主にデフラグレーションと呼ばれる、比較的穏やかに進行する形態の燃焼が利用されてきた。一方で、各種の熱機関において、燃焼の形態をデトネーションに置き換えることによって、(1) 熱効率の向上、(2) 昇圧燃焼効果、(3) 燃焼器寸法の小型化などのメリットを享受できることが期待されている。デトネーションエンジンは、燃焼機内でのデトネーションの発生および維持の方式から、主として2種類に分類される。1つはPDE (pulse detonation engine, パルスデトネーションエンジン) であり、もう1つがRDEである。(Wolanski, 2013; Kailasanath, 2000; Lu & Braun, 2014; Rankin, *et al.*, 2017)

PDEでは、管状の燃焼器内で間欠的にデトネーションを発生させ、管の長手方向にデトネーション波を伝播させる。間欠的な動作となることから推力密度の向上には工夫が必要となるが、一方で、冷却の観点からは有利となる。また、上述の昇圧燃焼効果が得られやすく、また、総発動力積をコントロールしやすい。このような観点から、宇宙推進システムとしては、姿勢制御の用途に用いるのが向いていると考えられている。

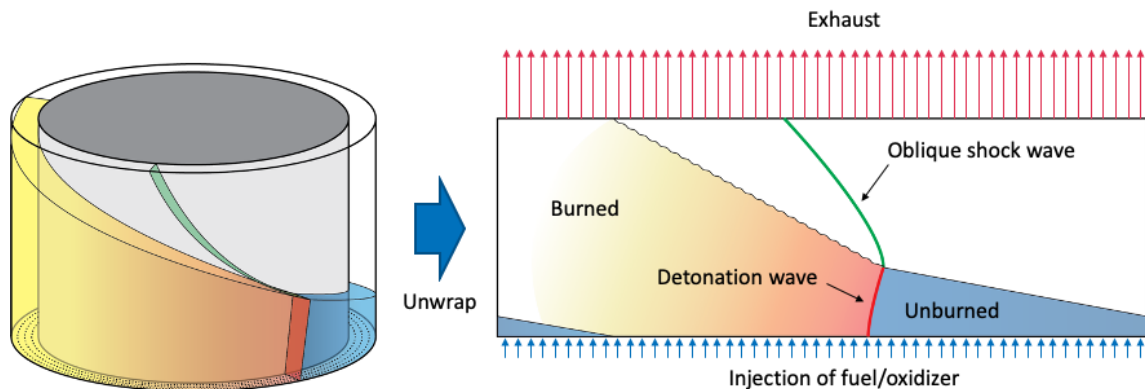


Fig. 5 A schematic of the RDE flow field.

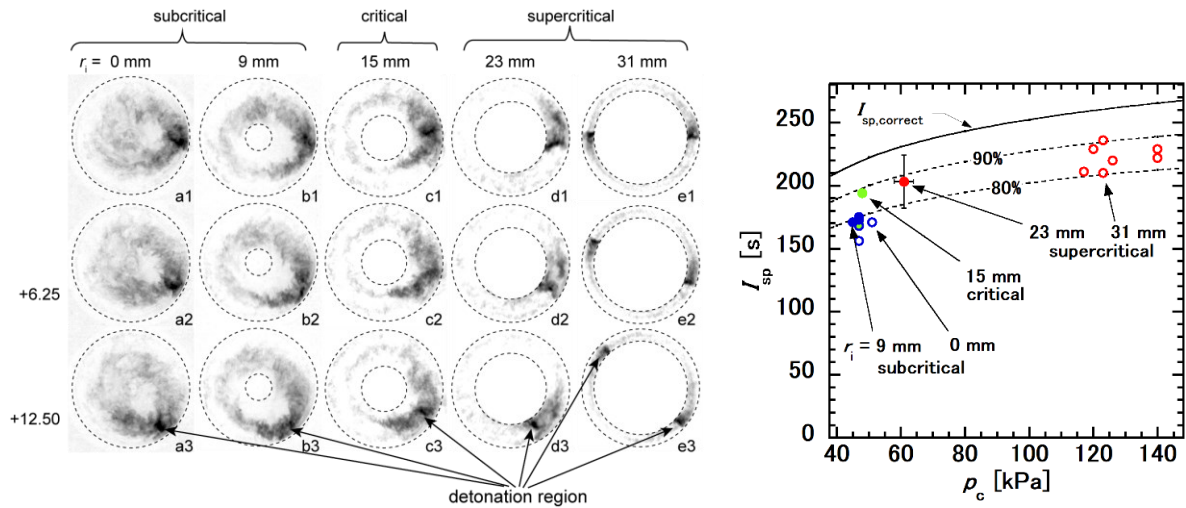
RDEでは、図5に示す通り、通常、燃焼器を二重円筒構造で構成し、内筒と外筒間の円環状領域に燃料および酸化剤を連続的に噴射することで、デトネーションが方位角方向に伝播を続け、燃焼器内で維持される。デトネーションにより、高温・高圧の既燃気体が生成されるが、これをノズルにより加速し、高速排気することでロケット推進が可能となる。このようなRDEは、特に、回転デトネーションロケットエンジンと呼ばれ、これが著者の研究対象である。以降では、著者らの研究グループのRDE研究の一例として、内筒の寸法効果について実験的に検討した結果(Kawasaki, *et al.*, 2019) について紹介する。

図6(a)にRDEの燃焼室内部をエンジン軸方向下流から高速度カメラにより撮影することで得られた典型的な自発光の連続画像を示す。フレーム間隔は $6.25 \mu\text{s}$ である。図において、特に強い発光が見られる（特に黒く見える）領域がデトネーション燃焼領域だと解釈できるが、例えばa1からe1までを比較してみると、内筒半径 $r_i = 0$  および  $9 \text{ mm}$  のケースにおいて、デトネーション燃焼領域は内筒と接触しておらず、外筒とのみ接触している。一方で、 $r_i = 23$  および  $31 \text{ mm}$  のケースにおいて、デトネーション燃焼領域は内筒および外筒の両方と接触している。 $r_i = 15 \text{ mm}$  のケースにおいては、デトネーション燃焼領域と内筒の間にはわずかに間隙がみられる。これらデトネーション燃焼領域の燃焼器壁との接触の特徴の違いから、 $r_i = 23$  および  $31 \text{ mm}$  のケースを

supercritical,  $r_i = 0$  および 9 mm のケースを subcritical,  $r_i = 15$  mm のケースを critical と分類した。

図 6 (b)に、ロードセルにより計測した RDE の推力と推進剤流量とから算出した比推力の燃焼室圧力に対する依存性を示す。図中には、併せて、NASA CEA コード (McBride & Gordon, 1996) により算出した理論比推力を黒の実線にて、また、理論比推力の 90%および 80%のラインを黒の破線にて示した。図からわかるように、 $r_i = 23$  mm, 31 mm のケース (supercritical) では、理論比推力の 80%以上の性能が計測されている。他方で、 $r_i = 0, 9$  mm のケース (subcritical) では、supercritical のケースと比較して性能の低下が見られるものの理論比推力の 80%弱の比推力を維持している。また、 $r_i = 15$  mm のケース (critical) においては、理論比推力の 80%以上の値が計測された場合と、80%弱の値が計測された場合が混在する。これは、subcritical のケースでは、デトネーション燃焼が不完全となっていることに起因するものと考えられる。

以上のように、RDE 内筒は、デトネーション波の安定伝播に影響しているものの、推進性能には必ずしも顕著な影響を与えないことがわかる。小型の RDE においては、内筒は、特に熱的に厳しい環境にさらされており、熱設計の難点であったが、それを取り除ける可能性が示唆された。このような RDE は、単円筒 RDE や内筒無し RDE と呼ばれ、現在では活発に研究が進められており、また、宇宙での作動実証も控えている (Kawasaki, *et al.*, 2024)。



(a) Typical axial photograph of self-luminescence in the combustion chamber taken with high-speed camera. Black and white are reversed. For  $r_i = 0$  and 23 mm, the images are reflected horizontally.

(b) Dependence of specific impulse,  $I_{sp}$ , on combustion chamber pressure,  $p_c$ . Symbols are measured data. Error bars are shown only for the case where  $r_i = 23$  mm as a typical example. Solid line is ideal correct expansion curve computed by the NASA CEA code (McBride & Gordon, 1996).

Fig. 6 Influence of the inner cylinder size,  $r_i$ , for the combustion field and performance of an RDE. ( $C_2H_4-O_2$ , Equivalence ratio =  $1.15 \pm 0.21$ , mass flow rate =  $140 \pm 10$  g/s). (Kawasaki, *et al.*, 2019)

#### 4. 高速熱計測のためのプラズマ・火炎透過型輻射温度計

物体からは、その表面温度に応じた輻射が放射される。このとき、そのスペクトルは、黒体の場合には、Planck の法則に従い、

$$I_{bb} = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (1)$$

となる。ここで、 $I_{bb}$  は黒体の分光放射輝度、 $\lambda$  は波長、 $T$  は温度、 $h$  は Planck 定数、 $k_B$  は Boltzmann 定数、 $c$  は光速とする。実在の物体は黒体ではないので、その輻射スペクトルは、 $I$  を分光放射輝度、 $\epsilon$  を放射率として、



$$I = \varepsilon I_{\text{bb}} = \varepsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (2)$$

となる。このように、放射の強度と物体の表面温度は相関を有しており、放射を測定することで温度を決定することが可能となる。このような原理に基づく温度計は放射温度計と呼ばれる。放射温度計は、光の強度を検出することにより温度が得られるため、例えば熱電対や測温抵抗体のように熱容量を要因とする計測の時間遅れは生じず、一般に高速での熱計測が可能となる。また、非侵襲で計測対象の温度場を乱しにくい、高温域の計測が可能、光計測なのでノイズに強い、といった好ましい特徴を有する。一方で、放射輝度の精密測定は必ずしも容易ではなく、特に高温でない場合に測定精度を高めるためには煩雑な取り扱いが必要となる。

放射率が既知の場合には、単一波長の分光放射輝度のみにより温度の決定が可能である。しかしながら、放射率は、温度や波長、表面性状、方向などにより変化し、一般には一定とはならず、従って、必ずしも既知でない場合も多い。放射率が未知の場合にも、複数の波長の分光放射輝度を同時に計測することにより放射温度計測が可能になる場合がある。特に2波長の分光放射輝度を用いる場合には、しばしば2色放射温度計と呼ばれる。

いま、放射温度計測に用いる2波長を $\lambda_1$ および $\lambda_2$ 、それぞれの放射率を $\varepsilon_1$ および $\varepsilon_2$ とすると、それぞれの波長における分光放射輝度 $I_1$ および $I_2$ は、

$$I_1 = \varepsilon_1 \frac{2hc^2}{\lambda_1^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda_1 k_B T}\right) - 1 \right]^{-1}, \quad I_2 = \varepsilon_2 \frac{2hc^2}{\lambda_2^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda_2 k_B T}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (3)$$

と表せるので、輝度比を取ると、

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\varepsilon_1 \frac{2hc^2}{\lambda_1^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda_1 k_B T}\right) - 1 \right]^{-1}}{\varepsilon_2 \frac{2hc^2}{\lambda_2^5} \left[ \exp\left(\frac{hc}{\lambda_2 k_B T}\right) - 1 \right]^{-1}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \frac{\exp\left(\frac{hc}{k_B T} \cdot \frac{1}{\lambda_2}\right) - 1}{\exp\left(\frac{hc}{k_B T} \cdot \frac{1}{\lambda_1}\right) - 1} \quad (4)$$

となる。2波長が十分に近接しており放射率が同一と見做せる場合には、更に、

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \frac{\exp\left(\frac{hc}{k_B T} \cdot \frac{1}{\lambda_2}\right) - 1}{\exp\left(\frac{hc}{k_B T} \cdot \frac{1}{\lambda_1}\right) - 1} \quad (5)$$

となる。よって、計測により2波長の強度比が得られれば、温度を決定できることになる。

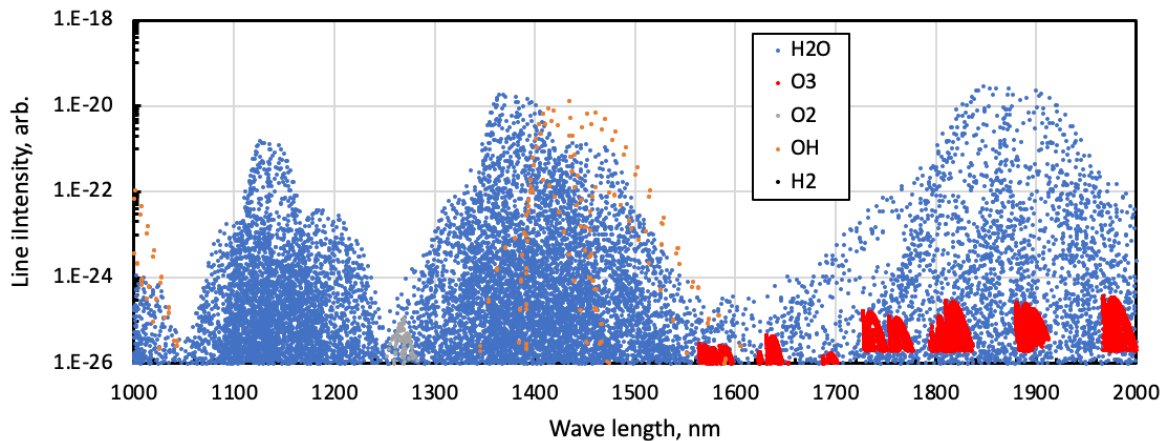


Fig. 7 Molecular spectra by HITRAN. (Intensities for H<sub>2</sub> is low in this range of wave length.)

このような温度計を用いると、MPD スラスタや RDE 中で生じる放電やデトネーションの高速現象に伴う熱負荷の計測が可能となるが、興味ある計測対象がプラズマや火炎に接する壁面の場合には、波長の選定が重要となる。すなわち、輻射温度計で使用する 2 波長は、燃焼器内壁からの熱輻射がプラズマや火炎を通過してから集光光学系へと導入されることから、選定する 2 波長において、プラズマや火炎が光学的に十分薄くなるように注意を要する。これは、壁面からの熱輻射のうち選定した 2 波長について、プラズマや火炎により吸収されたり、あるいは、プラズマや火炎からの発光が重畳したりすると、相対強度比が変化してしまうことによる。

波長の選定に際しては、原子発光スペクトルについては、米 NIST (National Institute of Standards and Technology) の Atomic Spectra Database, 分子吸収スペクトルについては、HITRAN の利用が有用である。一例として、図 7 に水素・酸素火炎に含まれる化学種による近赤外領域における吸収スペクトル強度分布を示す。主として 1500~1700 nm の領域は、吸収スペクトルが十分に弱い領域であることがわかる。ただし、図 7 に示したスペクトル強度分布は常温でのものであり、燃焼生成ガスの温度領域では、より多くの自由度が励起されることとなることに注意を要する。また、当然ながら対象の系において実際に分光計測を行うことも重要である。

著者を含む研究グループでは、以上の原理に基づくプラズマ式の高速度 2 色温度計を、MPD スラスタの始動時の陰極温度計測に適用し、熱設計等に資する現象理解に役立てている (Oshio, *et al.*, 2021)。

## 5. おわりに

本稿では、宇宙での活動の自在性を高めるポテンシャルを有する将来型の航空宇宙用推進機である MPD スラスタおよび RDE について紹介した。これらの開発においては、内部の物理現象の深い理解に立脚した極限的な設計が必要となる。特に熱設計は、最重要項目の 1 つで、その確立に資するプラズマ・火炎透過式の高速度 2 色温度計測についても紹介した。

## 謝 辞

本稿で紹介した研究は、東京工業大学 奥野 喜裕 教授、宇宙航空研究開発機構 船木 一幸 教授、窪田 健一 博士、名古屋大学 笠原 次郎 教授、松岡 健 准教授、龍谷大学 大塩 裕哉 講師をはじめとする方々との共同研究として実施された。また、JSPS 科研費 15J10821, 17H06741, および、19K15209 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

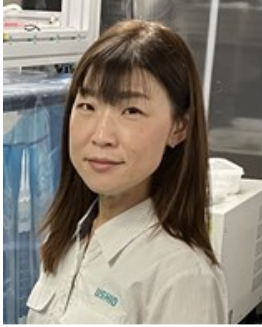
## 文献

- 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 (2011).
- Fickett, W., Davis, W. C., Detonation Theory and Experiment, University California Press (1979).
- Funaki, I., Kubota, K., Kawasaki, A., Okuno, Y., Miyazaki, K., Takenaka, S., Horisawa, H., Analysis of Self-field MPD Thrusters for Designing a Megawatt-class In-space Propulsion System, 50th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, AIAA 2014-3418, Cleveland, Ohio, USA, (2014).
- Jahn, R. G., Physics of Electric Propulsion, McGraw- Hill Inc. (1968).
- Kailasanath, K., Review of Propulsion Applications of Detonation Waves, AIAA Journal, Vol. 28 (2000), pp. 1698-1708.
- Kawasaki, A., Kubota, K., Funaki, I., Okuno, Y., A Coupled MHD and Thermal Model Including Electrostatic Sheath for Magnetoplasmadynamic Thruster Simulation, 69th Annual Gaseous Electronics Conference, Bochum, Germany, (2016).
- Kawasaki, A., T. Inakawa, T., Kasahara, J., Goto, K., Matsuoka, K., Matsuo, A., Funaki, I., Critical Condition of Inner Cylinder Radius for Sustaining Rotating Detonation Waves in Rotating Detonation Engine Thruster, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 37 (2019), pp. 3461-3469.
- Kawasaki, A., Nakata, K., Sato, T., Sawada, S., Kudo, Y., Suzuki, Y., Itouyama, N., Matsuoka, K., Matsuyama, K., Kasahara, J., Nakata, D., Namera, M., Eguchi, H., Uchiumi, M., Matsuo, A., Funaki, I., Nakamura, S., Higashino, K., Hirashima, H., A Bread Board Model Testing for In-Space Flight Demonstration of a Liquid-Propellant Detonation Engine System, AIAA SCITECH 2024 Forum, AIAA 2024-0817, Orlando, Florida, USA, (2024).

- Kubota, K., Funaki, I., Okuno, Y., Comparison of Simulated Plasma Flow Field in a Two-Dimensional Magnetoplasmadynamic Thruster with Experimental Data, *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 37 (2009), pp. 2390–2398.
- 栗木恭一, 荒川義博, 電気推進ロケット入門, 東京大学出版会 (2003).
- Lee, J. H. S., *The Detonation Phenomena*, Cambridge University Press (2008).
- Lee, J. H. S., デトネーション現象, 笠原次郎, 前田慎市, 遠藤琢磨, 笠原裕子 訳, 化学工業日報社 (2018).
- Lu, F. K., Braun, E. M., Rotating Detonation Wave Propulsion: Experimental Challenges, Modeling, and Engine Concepts, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 30 (2014), pp. 1125–1142.
- McBride, B. J., Gordon, S., Computer Program for Calculation of Complex Chemical Equilibrium Compositions and Applications II. User's Manual and Program Description, NASA RP-1311-P2 (1996).
- Nakata, D., Toki, K., Shimizu, Y., Funaki, I., Kuninaka, H., Arakawa, Y., Experimental Measurement of Total Sheath Fall Voltage in an MPD Thruster, 44th AIAA/ ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA 2008-4635, Hartford, Connecticut, USA, (2008).
- Oshio, Y., Tauchi, S., Kawasaki, A., Funaki, I., Cathode temperature measurement of a hydrogen self-field MPD thruster during 1 ms quasi-steady operation, *Journal of Applied Physics*, Vol. 130 (2021), 173306.
- Rankin, B. A., Kaemming, T. A., Theuerkauf, S. W., Schauer, F. R., Overview of Performance, Application, and Analysis of Rotating Detonation Engine Technology, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 33 (2017), pp. 131–143.
- Sercel, J. C., Krauthamer, S., Multimegawatt Nuclear Electric Propulsion – First Order System Design and Performance Evaluation, AIAA Space Systems Technology Conference, AIAA Paper 86-1202, San Diego, California, USA (1986).
- Sovey, J. S., Mantenieks, M. A., Performance and Lifetime Assessment of Magnetoplasmadynamic Arc Thruster Technology, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 7 (1991), pp. 71–83.
- Wegmann, T., Auweter-Kurtz, M., Habiger, H., Kurtz, H., Schrade, H., Experimental Investigation of Steady State High Power MPD Thrusters, 28th Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA Paper 92-3464, Nashville, Tennessee, USA, (1992).
- Winter, M. W., Auweter-Kurtz, M., Kurtz, H. L., Sleziona, P. C., Evaluation of Cathode Temperature Distribution in a Cylindrical MPD Thruster, IEPC-95-109, 24th International Electric Propulsion Conference, Moscow, Russia, (1995).
- Winter, M., Boie, C., Auweter-Kurtz, M., Kurtz, L. H., Experimental and Numerical Investigation of Steady State MPD Thrusters, 2nd European Spacecraft Propulsion Conference, ESA SP-398, Noordwijk, the Netherlands, (1997).
- Wolanski, P., Detonation propulsion, *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol. 34 (2013), pp. 125–158.

## TED Plaza

## 高強度 Time-stretch 分光装置の開発



五十嵐 彩

ウシオ電機株式会社  
 経営統括本部 事業創出本部 研究開発部門  
 新技術開発部光源イノベーショングループ  
 a.ikarashi@ushio.co.jp

## 1. はじめに

近赤外分光は、波長  $0.8\sim 2.5\ \mu\text{m}$  の光を物体に照射し、反射または透過の吸光度スペクトルを統計的に解析することで物質の同定や成分量を測定することができる手法であり、非接触非破壊での検査が可能である。この特徴から、食品の品質管理をはじめ様々な分野で近年産業応用が進んでいる(尾崎, 2015)。近赤外光の吸収は有機物内分子結合の基準振動の倍音領域に由来するものであり、基準振動に由来する赤外域(波長  $2.5\sim 25\ \mu\text{m}$ )に比べ吸収が弱い。そのため、希釈や薄片化などの前処理なしで測定できるメリットを有する一方、その僅かな吸収の違いを判別できる高い測定精度(=SN比)が求められる。

測定対象が高散乱体である場合の試料内部の成分量測定方法は、図1に示す拡散透過法、拡散反射法、インタラクタンス法(Kawano, et al., 1992)の3つに大別される。拡散反射法もインタラクタンス法も試料内部を拡散した光を含んで検出されるが光照射表面近傍の情報が主であり、対象が均質である前提が成り立たない場合は間接的な指標に留まる。内部の情報を捉えるという意味では拡散透過法が最も好ましい選択肢となるが、他2方式に比べ透過光の光量は微弱であり、十分なSN比を得るには積算回数や測定時間を要する課題があった。

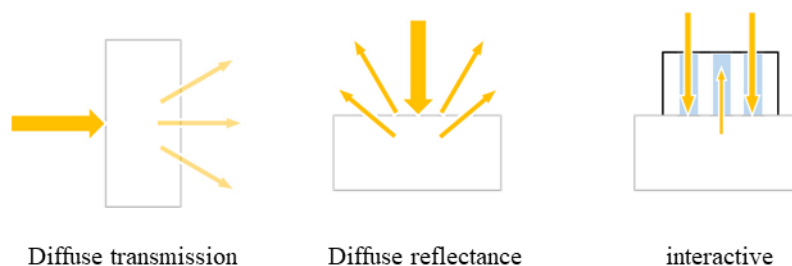


Fig. 1 The measurement configurations for scattering sample.

筆者らは、低透過率試料であってもサブミリ秒で測定できる高強度 Time-stretch 分光装置を開発した(山田他, 特許 7115387)。この装置は波長  $900\sim 1300\ \text{nm}$  を  $1.2\ \text{MHz}$  周期で波長掃引できる広帯域パルスレーザー光源を用いた時分割分光方式であり高 SN 比と高速を両立できることから、高速搬送される試料のインライン検査や、高速性が求められるプロセスモニタリングへの適用が期待される。

本稿では、開発した高強度 Time-stretch 分光装置の構成と原理、実測例、高散乱体計測における既存分光器(ポリクロメーター)に対する熱的優位性についてご紹介させていただく。



## 2. AWGを用いた高強度 Time-stretch 近赤外分光装置の構成と原理

### 2・1 構成

図 2(a)に本装置の概略図を示す. 近赤外域を含む広帯域パルス光源として Supercontinuum (SC) 光源 (NKT Photonics 社製, 特注) を用いており, SC 光源のパルス幅は約 500 ps, 繰り返し周波数は 1.2 MHz である. SC 光源からのコリメート光を帯域フィルターで波長 900-1300 nm の波長域を選択した後, レンズで集光し AWG (Arrayed Waveguide gratings) に入射することで分光する. AWG は一般に波長分割多重通信 (WDM)用の分合波で用いられる数 cm 角の分光素子であり, 1 つのコアに入射した光が分光され複数の別々のコアから出射される機能を持つ. 独自設計の AWG は 900-1300 nm の SC パルス光を  $56 \text{ cm}^{-1}$  (波長約 6.6 nm) 間隔で 61 チャンネルに分割する設計となっている. 図 2(b)に本装置で用いた AWG の透過率スペクトルを示す. AWG で分光された 61 チャンネルは長さの異なるシングルモードファイバを経由することで時間差が与えられ, 1 つのパルス内に 61 個のサブパルスが形成される. これがディレイラインである. ディレイラインはおよそ 1m~150 m で, 夫々 2.35 m ずつ長くなっており, サブパルスに 11.5 ナノ秒間隔の時間遅延を与える. この遅延量は使用した光検出器の応答速度を考慮し, 時間領域でサブパルス同士が重ならないように設定した. 最後に, 複数のファイバから出射される異なる波長の光を 1 つコアに集約するため前述の AWG と同じ設計の AWG へ再結合した. AWG からの出力ビームは測定のためコリメートレンズで直径 2.8 mm の平行光とした. 最終的な測定光の平均パワーは 60 mW であり, 総スループットは約 7%であった.

試料の透過光は InGaAs の pin フォトダイオード (帯域幅 60MHz) を用いて検出し, オシロスコープ (DSOS804A, Keysight 社製) またはデジタイザー (ADQ7DC, Teledyne SP Devices 社製) でデータを取得した. SC 光源のスペクトル強度変動を補正するため, 測定光の一部をビームサンプリングで分岐し参照光とした.

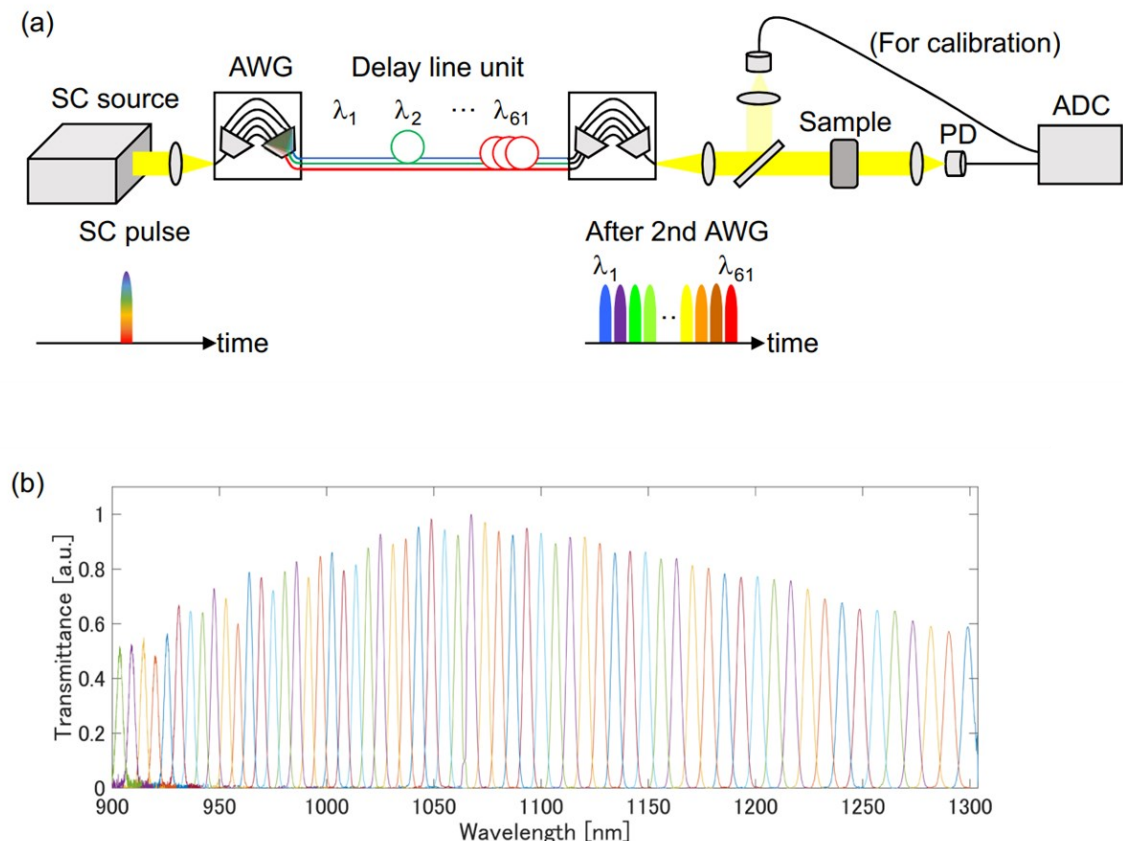


Fig. 2 AWG-based high-power time-stretch spectroscopy. (a) Schematic of the developed spectrometer. The relationship between the optical spectrum and the pulse waveform is shown in the bottom row. SC supercontinuum, AWG arrayed waveguide grating, PD photodiode, ADC analog-to-digital converter. (b) Transmittance spectra of the AWG (61 output channels) in 900–1300 nm wavelength range.

## 2・2 原理と特徴

本手法が低透過率試料を高 SN 比かつ高速に測定できる理由について定性的に説明する。図 3 は測定時の連続光とパルス光の信号取得イメージを表している。どちらも信号光量（黄色部分の面積）とノイズレベルは同じとする。本手法は瞬間的に高いピークパワーを有するパルス光を用いており、ランプ光の 1000 倍以上のパワー密度が得られるため、同光量の連続光に比べノイズに対し十分高い信号強度を得ることができる。さらに、ノイズはパルス持続時間のみ積算されるため、例えば、パルス幅 1 ns、繰り返し周波数 1 MHz とすると、時間的に 1/1000 に圧縮され、SN 比は $\sqrt{1000} \approx 30$  倍となる。これがパルス光源を用いる効果である。

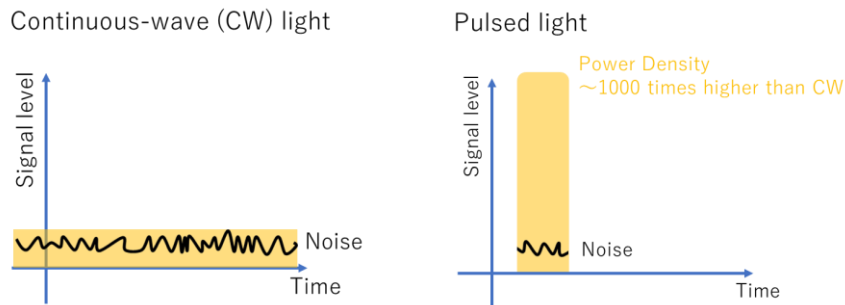


Fig. 3 Comparison of continuous light and pulsed light of signal acquisition.

また、SN 比は積算回数  $n$  の平方根に比例するため、高 SN 比を得るためには積算回数を増やすことが有効である。本装置は繰り返し周波数が 1.2 MHz であるので積算回数 1000 回としても測定時間は 0.83 ms という高速測定が可能となる。これが高繰り返し周波数を用いる効果である。

さらに、本手法は波長掃引光源を用いた時分割分光方式であるため、拡散透過光を高 NA のレンズと単一フォトダイオードで効率良く取り込むことができる。その他、測定光を分岐して参照光を取りパルス毎の変動を補正していることも SN 比に寄与していると考えられる。

一般的に広く用いられている近赤外分光装置であるフーリエ変換赤外 (FT-NIR) 分光器やポリクロメーター (分散型分光器) と比較すると、FT-IR は可動ミラーの機械的走査のためスペクトル取得レートは市販装置で数 Hz～数 10 Hz 程度であり、ポリクロメーターのスペクトル取得レートは仕様上数 kHz となっているが入射スリットと低い許容開口数により光利用効率が制限され相応の積算時間が必要なため、実用上数 100Hz 以下となっている。

一方、近年チャープパルス光 (時間的に波長が変化するパルス光) を用いたタイムストレッチ分光法が報告されている (Goda and Jalali, 2013; Mahjoubfar, et al., 2017; Godin, et al., 2022)。MHz 以上の繰り返し周波数で、周波数帯域が GHz オーダーの高速な単一フォトダイオードで測定した時間波形からスペクトルに変換される。しかし、これら従来のタイムストレッチ分光ではファイバの分散 (光の伝搬速度の波長依存 [ps/nm/km]) を利用してパルス内の波長毎の時間差を引き延ばすために数 km～数 10 km の光ファイバ用いており損失が大きかった。また、パルス光をファイバ中で長距離伝搬させると望まない非線形効果による波長変換が生じ特定波長の著しい強度低下や波長と時間の対応が崩れるため、利用できる光量に制限があった。

そこで、本開発の高強度 Time-stretch 分光法は、AWG で分光した後、長さが異なるシングルモードファイバを経由することで波長毎に時間差をつけている。ファイバ長は最長 150 m と比較的短く、低損失で非線形効果を生じにくい。また、時間差が付くディレイファイバは AWG での分光後であるため、SC パルス光のピーク強度が下がっており、高出力な SC パルス光源を使用しても非線形効果を生じにくい。これらの効果から、Time-stretch 光源の高出力化が可能となる (平均パワー 60mW)。加えて、従来方式では周波数帯域が GHz オーダーの高速フォトダイオードを用いていたが、GHz 帯のフォトダイオードの受光部直径は  $\phi 0.3$  mm 以下と小さく受光光量を得にくい。本開発では受光部直径  $\phi 1$  mm の周波数帯域 10 MHz オーダーのフォトダイオードが使用できるよう波長毎に 11.5ns の時間差を設ける設計とした。

このように、本開発の高強度 Time-stretch 分光装置は、AWG の設計で波長分解能と波長間隔が決まり、ディレイラインのファイバ長で波長毎の時間差を自由に設計できる。所望のアプリケーションに合わせた最適化がしやすいこともメリットと言える。

### 3. 測定例

#### 3・1 NIST 標準試料の測定

はじめに、NIST 標準試料 (National Institute of Standards & Technology Certificate Standard Reference Material, 2035b) を用い測定精度を評価した。この標準試料は比較的透過性が高いため、我々の主なターゲットである低透過率試料の測定を模擬するため光学濃度(OD)3.8 の減光フィルターにより照射光強度を約 4 桁低減して測定した。図 4(a)に、積算回数 1000 回、測定時間 0.83 ms で得られた試料無し (灰色) と有り (青色) の時間波形を示す。各々 1000 回測定を平均化している。SC パルス周期 0.83  $\mu\text{s}$  内に 61 本のサブパルス列がクロストークなしに観測されていることが分かる。これより算出した吸収スペクトルを図 4(b)に示す。黒破線が NIST 証書データのスペクトル、ドットが本手法測定データであり、50 回測定の標準偏差  $\pm 1\sigma$  を重ねて表示している。950 nm 以上の波長では変動係数 2% 以下と高い測定精度が得られている。950 nm 以下の短波長側でエラーバーが大きくなっているが、これは使用した InGaAs 光検出器の感度が 950 nm 以下では低いためである。このように、約 4 桁の光減衰にもかかわらず、サブミリ秒の測定時間で高い測定精度を達成した。

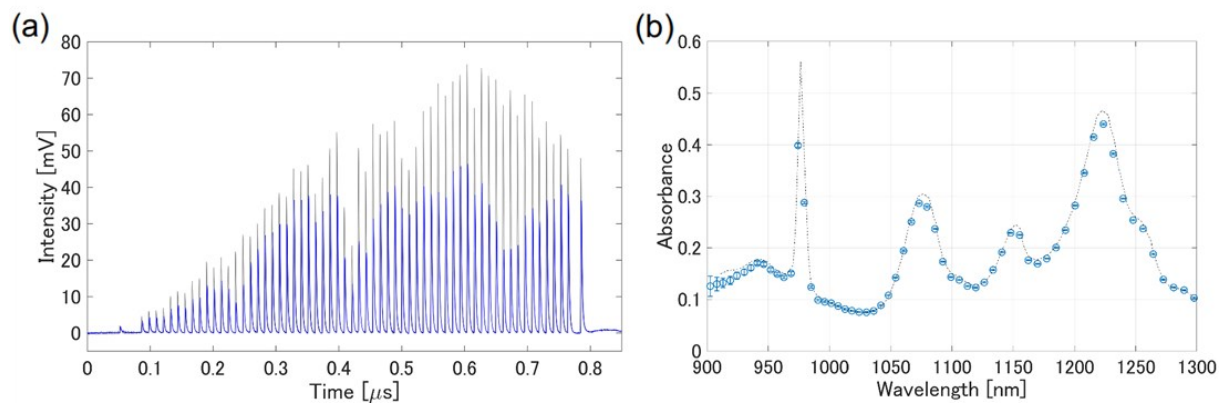


Fig. 4 Measurement of NIST standard reference sample (a) Pulse waveforms measured without (gray) and with (blue) a standard reference material. (b) Measured absorption spectrum of the standard material (circles). The reference spectrum provided by NIST is also shown as dashed lines. The error bars represent the standard deviation of absorbance ( $\pm 1\sigma$ ).

#### 3・2 高速移動試料の測定

次に、インライン検査の実証のため、高速移動試料 (水, エタノール, メタノールの液体) の吸収スペクトル測定を試みた。各液体は光路長 5 mm, 内径 19 mm の円筒ガラスキュベットに入れ半径 180 mm の回転ステージに設置し、回転速度 160 rpm で搬送しながら測定した。測定条件は 2.1 と同様、試料手前に OD3.8 の減光フィルターを設置し、積算回数 1000 回、測定時間 0.83 ms にて、試料透過光をオシロスコープで測定した。実験装置の模式図と実際の写真を図 5(a), 1000 回の測定結果を平均化した時間波形を図 5(b), 算出された吸収スペクトルを図 5(c)に示す。各溶液固有のスペクトルは、図 5(d)に示すモノクロメーター (V-7200, JASCO) で測定した結果と良く一致した。高速移動試料でもサブミリ秒で測定できることから、インライン検査やリアルタイムモニタリングによる動的な現象の観測が可能であることを示した。



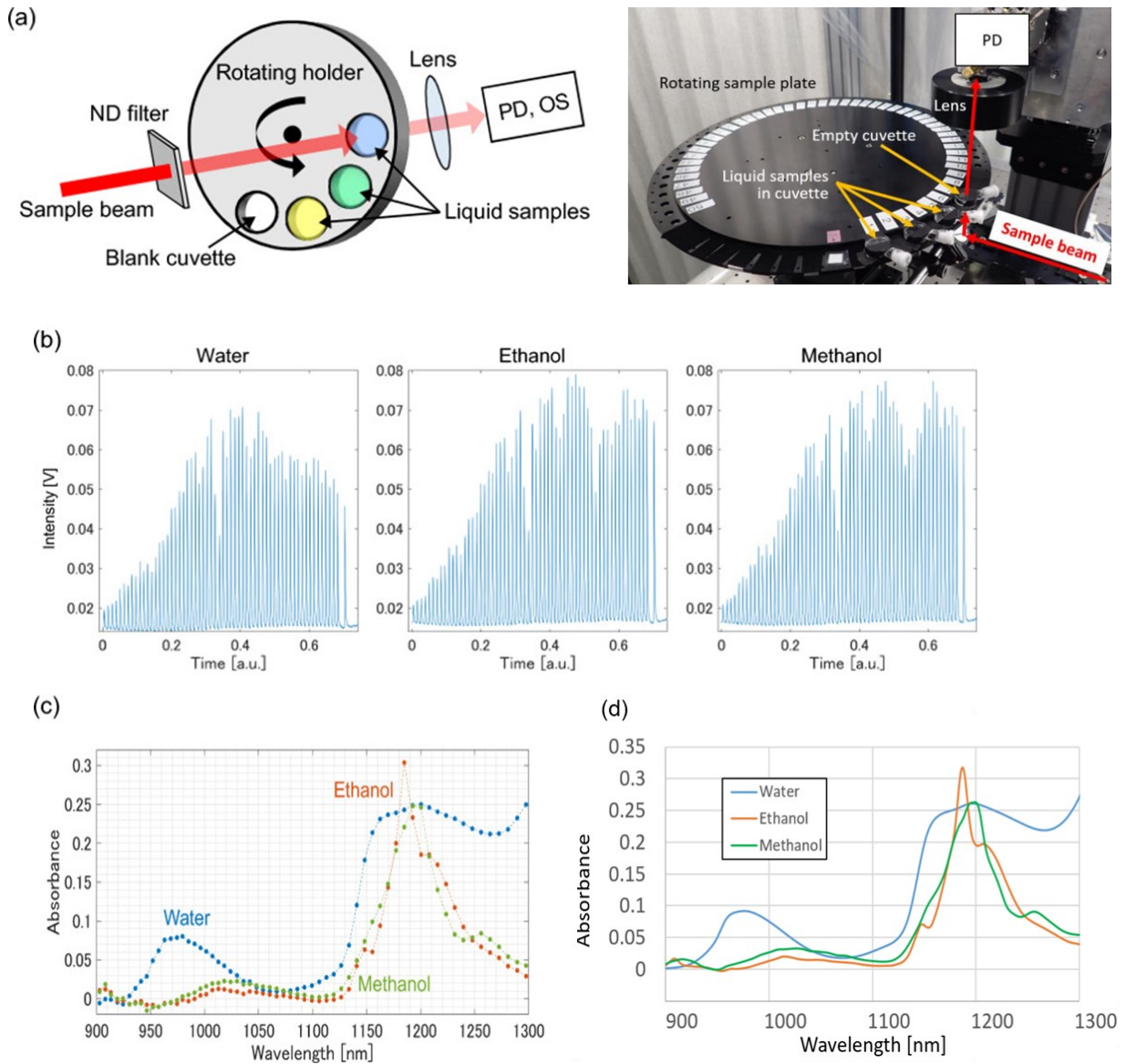


Figure 5 NIR spectroscopy of low-transmittance samples. (a) Schematic of the experimental setup. PD photodiode, OS oscilloscope. (b) Waveforms observed through liquid samples. We averaged 1000 successive waveforms for each sample extracted from the raw signal. (c) Absorption spectrum of the samples measured by the developed spectrometer. (d) Absorption spectrum of the samples measured by the conventional spectrometer.

### 3・3 低透過率試料の測定

従来の分光器では高速な測定が難しい低透過率試料（高散乱体）でも高精度に定量分析が可能であることを確かめるため、高散乱液体として知られるイントラリポス輸液 20%（ダイズ油注射液，大塚製薬）を，純水希釈によりダイズ油の体積分率 16，17，18，19，20%の溶液を調整し，光路長 5 mm の角キュベットに入れた試料を作製した．サンプル数は 16，18，20%は 3 検体，17，19%は 2 検体の計 13 検体とした．図 6(a)に作製したイントラリポス溶液の写真を示す．赤レーザー照射の様子からも高い散乱性が伺える．これら試料の透過率スペクトル測定結果を用い多変量解析による体積分率推定を試みた．

本装置での透過スペクトル測定条件は，照射パワー 60 mW，積算回数 5500 回，測定時間 4.6 ms とした．多変量解析には VEKTOR DIREKTOR (KAX Group) を用い，前処理として SNV と Savitzky-Golay を適用し PLS 回帰により予測モデルを作成した．最後に Leave One Out Cross Validation (LOOCV) でモデルの検証を行った．

図 6(b)に，測定した透過率スペクトルの一次微分を示す．1200 nm 付近はダイズ油由来の C-H 伸縮の 2 次倍音吸収ピークに一致する．体積分率の違いによるスペクトル強度の違いが明瞭に確



認できる．図 6(c)にイントラリポス希釈液の体積分率の推定結果を示す．モデル妥当性の指標である決定係数  $R^2$  は 0.996 という高い値が得られており，高散乱試料の定量的スペクトル分析における本装置の有効性を示唆している．

以上の測定例はこちらの先行論文(Kawagoe, et al., 2023)を引用しており，詳細は論文を参照されたい．

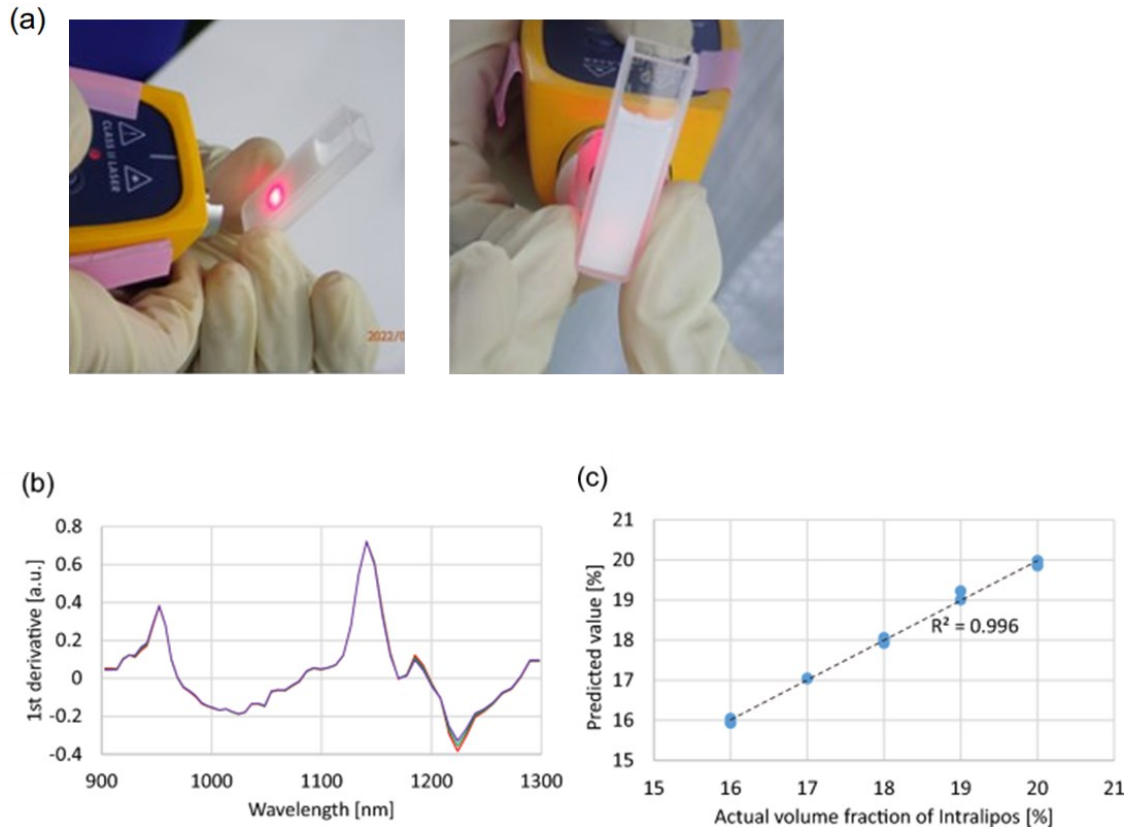


Fig. 6 Results of NIR spectroscopy of highly scattering sample. (a) The picture of Intralipos sample (b) The first derivative of the transmittance spectra of Intralipos dilutions measured for 4.6 ms for each. The volume fractions of Intralipos were 20% (red), 18% (green), and 16% (blue). For each volume fraction, three samples were measured, and their spectra almost overlapped each other. (c) Plot of predicted and actual volume fractions of Intralipos in the sample dilutions.

#### 4. 高散乱体の高効率測定

最後に，NIR 分光で従来よく用いられる分散型分光器（ポリクロメータ）に対する，高散乱体計測における開発手法の熱的優位性について議論する．開発手法は波長掃引光源を用いた分光手法の一種であり，単一フォトダイオードを用いて光スペクトルを測定する．ポリクロメータのように波長分解能を担保するためのスリットが不要なので，特に高散乱体の測定では，試料からの透過散乱光を高いスループットで集光できる．このことは，単一フォトディテクタ検出に基づく FT-IR や従来の波長掃引光源を用いた分光法の利点 (Jacquinot's advantage) としてよく知られている．上記のように開発手法は従来のポリクロメータに比べ高散乱体測定時の光検出スループットが高いため，同等の SN 比のスペクトルを取得するために必要な試料照射パワーを下げることができ，熱の発生を極力抑えることができる．以下ではそれについて実証した．

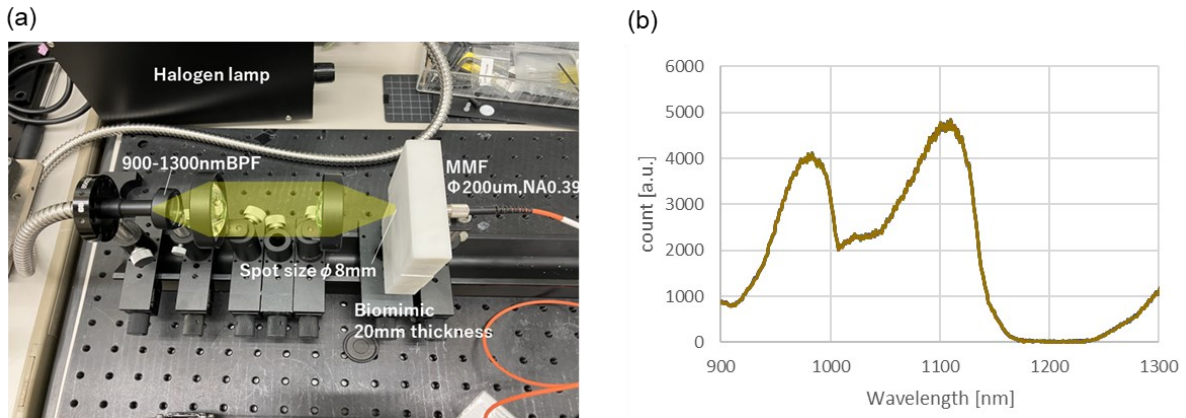


Fig. 7 Measurement of transmittance spectrum of high scattering sample using a halogen lamp and polychromator. (a) Setup (b) Example of the transmittance spectrum (irradiation power: 0.88W, acquisition time: 50ms)

図 7(a)にハロゲンランプと小型ポリクロメーターの構成を示す. 高散乱体試料には 20mm 厚の光学ファントム (National Optics Institute, F0534) を用い, 拡散反射光の透過スペクトルを測定した. ハロゲンランプ (日本ピー・アイ, PIS-UHX) からのバンドルファイバ出射後に, 帯域フィルターで高強度 Time-stretch 分光装置と同様の波長帯域 900~1300 nm のみを選択し, レンズ 2 枚でビーム径 8mm に集光して試料に照射した. 試料からの拡散透過光は  $\phi 200 \mu\text{m}$ , NA0.39 のマルチモードファイバで受光し, ポリクロメーター (Ocean Optics, NIR-Quest512-1.7) でスペクトルを取得した. 図 7(b)にバックグラウンドを差し引いた透過スペクトルの一例を示す. 照射パワーは 50 mW, 880 mW, 2490 mW で各々積算時間を変えて, 透過スペクトルを 10 回測定し変動係数 (CV) を求めた. なお, CV は透過光量が最大となる  $1100 \pm 20 \text{ nm}$  の範囲での平均値とした.

一方, 高強度 Time-stretch 分光装置は, 2. 1 で述べた構成において照射ビーム径が 8 mm になるよう調整し, 照射パワー 50 mW 一定で積算回数のみを変えて, 上記同様に CV を求めた. 各測定条件および CV を下表 1 にまとめる. また, 図 8(a)に照射エネルギーに対する CV のプロットを示す. ハロゲンランプとポリクロメーターの構成については, 照射パワー毎に色分けしグラフ中に照射時間を記載した. 高強度 Time-stretch 分光装置では約 0.1 mJ の照射エネルギーで CV=1% を達成しているのに対し, ハロゲンランプとポリクロメーターでは 10 mJ 以上を要している. つまり, 同じ照射パワー 50 mW でのデータ取得時間で比べると, 高強度 Time-stretch 分光装置で 2~3 ms であるのに対し, ハロゲンランプとポリクロメーターでは 200 ms と 100 倍の時間がかかっている. また, ハロゲンランプの照射パワーを 2490 mW (高強度 Time-stretch 分光装置の約 50 倍) とすると高強度 Time-stretch 分光装置と同等の数 ms オーダーで測定が可能となることが分かる.

Table 1 The measurement conditions and coefficient of variation.

**Halogen Lamp × Polychromator**

Irradiation Power [mW]	50	50	50	50	880	880	880	880	2490	2490	2490	2490
Data acquisition time[msec]	200	500	1000	6000	10	50	100	500	3	5	7	10
Irradiation energy [mJ]	10	25	50	300	8.8	44	88	440	7.47	12.45	17.43	24.9
CV of 10 repeated measurements	0.80%	0.35%	0.21%	0.24%	1.02%	0.25%	0.13%	0.04%	1.26%	0.69%	0.55%	0.35%

**High power time-stretch**

Irradiation Power [mW]	50	50	50	50	50	50
Accumulation number	650	4062	8125	16250	32500	65000
Data acquisition time[msec]	0.54	3.39	6.77	13.54	27.08	54.17
Irradiation energy [mJ]	0.027	0.169	0.339	0.677	1.354	2.708
CV of 10 repeated measurements	1.66%	0.60%	0.44%	0.45%	0.25%	0.27%

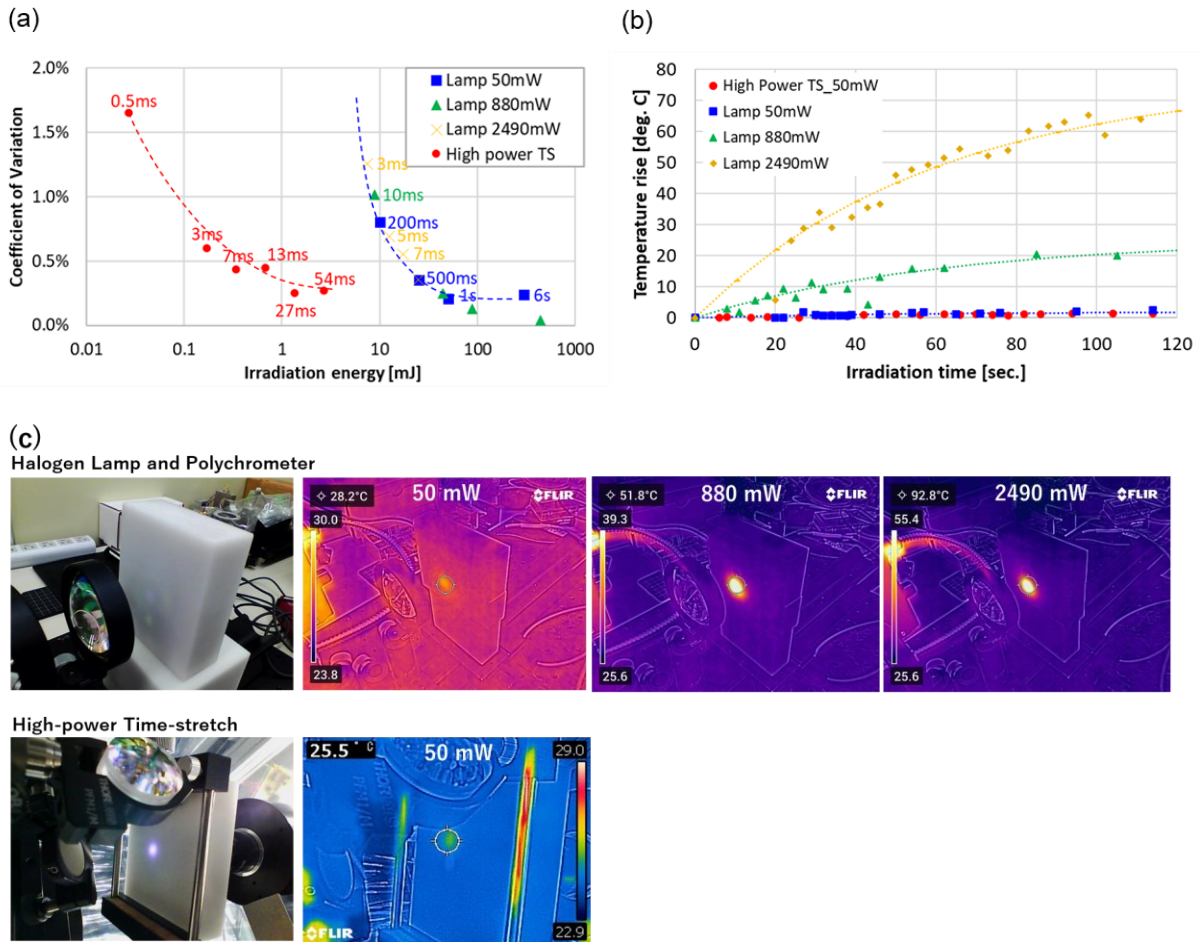


Fig. 8 Comparison of halogen lamp and polychromator configuration with high-power time-stretch spectroscopy. (a) Coefficient of variation under various measurement conditions (b) Temperature rise of the sample with respect to irradiation time (c) Thermographic images of sample surface 2 minutes after the start of light irradiation.

ここで、各照射パワーでの照射時間に対する試料表面の温度上昇をサーモカメラで測定した。測定時のサーモグラフィ画像を図 8(c)に、測定結果を図 8(b)に示す。光照射前の試料表面温度は 25°Cであった。照射パワー50 mW では、2 分間照射しても 1~2°Cの温度上昇であるのに対し、880 mW では 20°C、2490 mW では 70°C近く温度が上昇した。よって、同じ場所をサブミリ秒~ミリ秒の時間間隔で高精度にモニタリングする場合においては、本開発の高強度 Time-stretch 分光装置による試料温度上昇低減効果は非常に大きいと言える。

使用したポリクロメーターの光検出効率をエタングデュ  $E = \text{受光面積} \times \pi NA^2$  から見積もると、マルチモードファイバコア径  $\phi 200 \mu\text{m}$ 、ポリクロメーターの入射スリット幅  $25 \mu\text{m}$ 、入射許容  $NA = 0.125$  より  $E = 0.000245 \text{ mm}^2\text{sr}$  となる。一方、高強度 Time-stretch 分光は、フォトダイオードの受光部  $\phi 1 \text{ mm}$ 、 $NA = 0.5$  より  $E = 0.62 \text{ mm}^2\text{sr}$  であるため、高強度 Time-stretch は光検出効率が約 2500 倍であると見積もられる。しかし、今回の実験では同等の CV が得られる照射エネルギーは 100 倍程度の差にとどまった。SN 比の差が想定より小さかったのは、検出器ノイズの違い等が考えられる。今後、定量的な解析を行っていく予定である。また、瞬間的な温度上昇は実測が難しかったためシミュレーションを活用しさらに短時間照射時の熱影響について明らかにしたい。

## 5. おわりに

我々は、低透過率試料を高速かつ高精度に測定できる高強度 Time-stretch 分光装置を開発した。高速移動試料の透過スペクトルがサブミリ秒で正しく測定できること、低透過率試料に対しミリ秒で取得した透過スペクトルを用いて濃度推定が可能であることを実証し、最後に高散乱体測定における試料温度上昇の低減について言及した。

近年、近赤外分光は工程管理の観点で注目が高まっている。高強度 Time-stretch 分光装置は、高速と高精度の両立、および熱的影響の低減という付加価値により、新たなアプリケーションへの適応が期待できる。今後も早期実用化に向けて取り組んでいきたい。

## 謝 辞

近赤外分光の技術指導を賜りました関西学院大学の尾崎幸洋名誉教授、FT-NIR の技術指導と装置借用を賜りました東京農工大学の高柳正夫教授、レーザー分光のご指導を賜りました京都大学の川崎昌博名誉教授、AWG 開発において御指導を賜りました岡本研究所の岡本勝就先生、ここに記して関係各位に謝意を表します。

## 文献

- 尾崎幸洋, 近赤外分光法 (分光法シリーズ), 講談社, (2015)
- Goda, K. and Jalali, B., Dispersive Fourier transformation for fast continuous single-shot measurements, *Nature Photonics*, Vol.7 (2013), pp.102–112.
- Godin, T., Sader, L., Khodadad Kashi, A., Hanzard, P.H., Hideur, A., Moss, D.J., Morandotti, R., Genty, G., Dudley, J.M., Pasquazi, A., Kues, M. and Wetzel, B., Recent advances on time-stretch dispersive Fourier transform and its applications, *Advances in Physics*, X, Vol.7 (2022), No.1, 2067487.
- Kawagoe, H., Sera, H., Sahara, J., Akai, S., Watanabe, K., Shinoyama, K., Nagashima, T., Yokoyama, T., Ikarashi, A. and Yamada, G., Near-infrared spectroscopy of low-transmittance samples by a high-power time-stretch spectrometer using an arrayed waveguide grating (AWG), *Scientific Reports*, Vol.13 (2023), Article number: 17261.
- Mahjoubfar, A., Churkin, D.V., Barland, S., Broderick, N., Turitsyn, S.K., and Jalali, B., Time stretch and its applications, *Nature Photonics*, Vol.11 (2017), pp.341–351.
- 山田剛, 横山拓馬, 光測定用光源装置, 分光測定装置及び分光測定方法, 特許 7115387 (2022/8/1 登録)



## 各種委員会活動報告

### 広報委員会

広報委員会 委員長 菊川 豪太（東北大学）  
幹事 川村 洋介（名城大学）

#### 1. 委員会構成

委員長：菊川 豪太（東北大学）、幹事：川村 洋介（名城大学）  
委員：安藤 詩音（九州大学）、志村 敬彬（東京大学）、出島 一仁（滋賀県立大学）、  
藤井 宏之（北海道大学）、三浦 正義（千葉工業大学）、李 敏赫（東京大学）

#### 2. 委員会開催報告

2. 1 メール審議（～2024年3月14日）
  - ・ニュースレターNo. 100, 101, 102 発行のための審議（原稿収集、書式統合、著者および委員校正などの作業を分担し、多くの打合せを行った）。
  - ・次期体制および引継ぎの打合せおよび審議。
2. 2 第1回広報委員会（第101期&102期合同委員会）  
日時・場所：2023年4月5日（金）にオンライン会議システムにて開催予定  
議題：引継ぎ、第102期活動計画確認、ニュースレターNo. 103～105の内容について。

#### 3. 活動報告

3. 1 ニュースレター発行
  - ・ニュースレター No. 101（12月号）を発行し部門ホームページで公開した。ニュースレター No. 102（4月号）は現在最終校正中である。
  - ・101期のニュースレター編集担当委員は、No. 100が志村委員、出島委員、No. 101が安藤委員、李委員、No. 102が藤井委員、三浦委員であった。
  - ・ニュースレターのコンテンツとして、各種行事案内と報告記事の他、TED Plaza に各号2報の特集記事を掲載した。
3. 2 部門ホームページの更新・維持管理
  - ・部門ホームページのコンテンツを逐次、最新情報に更新した。
  - ・部門概要、部門長挨拶、委員会名簿、行事予定、部門賞、新着情報掲載欄の維持管理を行った。
3. 3 インフォメーションメールの運用
  - ・2023年4月～9月までは96件、2023年10月～2024年3月現在までは下記の通り67件のインフォメーションメール配信を行った。

#### 4. 102期広報委員会構成

委員長：岡島 淳之介（東北大学）、幹事：李 敏赫（東京大学）  
委員：梅原 裕太郎（九州大学）、岡部 貴雄（東京大学）、金野 佑亮（北海道大学）、  
橋本 将明（慶應義塾大学）、森本 崇志（青山学院大学）、山崎 拓也（豊橋技術科学大学）

	配信日	配信元組織	配信先組織	タイトル
1	2024/3/8	エンジンシステム	熱工学, 機械力学・計測制御, ロボティクス・メカトロニクス, 交通・物流	【教員公募】北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門 教員公募
2	2024/3/6	流体工学	計算力学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 環境工学	【受付開始】講習会「流体とインフォーマティクス」のご案内
3	2024/3/5	計算力学	熱工学, 動力エネルギーシステム, 産業・化学機械と安全, 宇宙工学	オンライン講習会「機械材料・材料加工のシミュレーション・計測と力学(第4回: 材料への治療・修復機能付与)」のご案内
4	2024/3/4	熱工学	熱工学, 計算力学, 流体工学, エンジンシステム, 動力エネルギーシステム	2023年度第4回燃焼工学講座のご案内(本会協賛・日本燃焼学会主催)ーオンライン開催ー
5	2024/3/1	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	No.24-28 講習会「IDCAEスクール: 1Dモデリングセミナー(2024年度) 第1回: 1DCAEと1Dモデリング ～概論と基礎理論～」開催のご案内
6	2024/2/29	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 機械力学・計測制御	【締切延長3/18まで】第34回環境工学総合シンポジウム2024
7	2024/2/29	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 機械力学・計測制御	締切延長3/11まで】第32回環境工学総合シンポジウム2022
8	2024/2/22	動力エネルギーシステム	流体工学, 熱工学, エンジンシステム, 環境工学	動エネシンポ講演申込み受付延長のご案内【締切延長:3/1(金)】
9	2024/2/22	動力エネルギーシステム	機械材料・材料加工, 流体工学, 熱工学, ロボティクス・メカトロニクス	FDR2024発表募集のご案内
10	2024/2/21	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 機械力学・計測制御	第34回環境工学総合シンポジウム2024【好評申込受付中】
11	2024/2/20	動力エネルギーシステム	流体工学, 熱工学, 環境工学, 技術と社会	カーボンニュートラルに向けたエネルギー貯蔵技術研究会報告会(蓄エネ研セミナー)開催案内
12	2024/2/19	熱工学	熱工学, 流体工学, 動力エネルギーシステム	【登録〆切:3/13(水)】第27.0回相変化界面研究会(3/18(月)15:00-16:30)のご案内
13	2024/2/16	動力エネルギーシステム	流体工学, 熱工学, 環境工学, 技術と社会	エネルギーストレージベストミックスのための意見の公表
14	2024/2/10	熱工学	熱工学	新たな熱工学部門一般表彰(躍進研究者表彰&若手講演表彰)設置のご案内
15	2024/1/24	熱工学	熱工学	第5回ナノ・マイクロ熱ふく射国際ワークショップ(NanoRad2024)のご案内
16	2024/1/17	熱工学	熱工学, 計算力学, 流体工学, エンジンシステム, 動力エネルギーシステム	2023年度第3回燃焼工学講座のご案内(本会協賛・日本燃焼学会主催)ーオンライン開催ー
17	2024/1/15	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-37 講習会「IDCAEスクール: 1Dモデリングセミナー(2023年度)第6回: モデリングとデザイン ～その方法と効果～」開催のご案内
18	2024/1/15	材料力学	流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御, ロボティクス・メカトロニクス	【教員公募】京都大学大学院工学研究科 機械理工学専攻/マイクロエンジニアリング専攻 助教の公募(女性限定)
19	2024/1/11	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 宇宙工学	【締切延長:1/17】第57回空気調和・冷凍連合講演会
20	2024/1/10	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 機械力学・計測制御	【講演申込開始】第34回環境工学総合シンポジウム2024
21	2024/1/9	動力エネルギーシステム	流体工学, 熱工学, エンジンシステム, 環境工学	動エネシンポ講演申込み受付開始のご案内【締切:2/23(金)】
22	2024/1/5	熱工学	熱工学, 流体工学, 動力エネルギーシステム	【登録〆切:1/26(金)】第26.5回相変化界面研究会:オンライン講演会(1/30(火)15:00-16:30)のご案内
23	2023/12/26	熱工学	熱工学	【締切延長1/15】第3回アジア熱科学会議(3rd ACTS)
24	2023/12/26	環境工学	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 宇宙工学	【講演申込締切1/10】第57回空気調和・冷凍連合講演会
25	2023/12/26	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-118講習会「設計力UP! CAE活用術」～デジタル技術駆使の開発設計 現状紹介～開催のご案内
26	2023/12/26	熱工学	熱工学, 流体工学, 動力エネルギーシステム	【登録〆切:1/5(金)】Prof. Matteo Buccini (MIT, USA)講演会のご案内, 1月10日(水) 16:00
27	2023/12/8	流体工学	計算力学, 熱工学, マイクロ・ナノ工学	【教員公募】東北大学 流体科学研究所 准教授公募
28	2023/12/7	動力エネルギーシステム	機械材料・材料加工, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	ICONE31講演募集(アブストラクト投稿期限: 12/13(水))のご案内
29	2023/12/6	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-129 講習会「IDCAEスクール: デザイン演習(2023年度) 第3回: 『電気でも動く車をデザインする』」開催のご案内
30	2023/12/5	熱工学	熱工学	【12/15締切】第3回アジア熱科学会議(3rd ACTS)へのお誘い
31	2023/12/5	環境工学	熱工学, 動力エネルギーシステム	題目: 「サーモインフォーマティクス研究会」第6回研究会(対面)のお知らせ
32	2023/12/4	流体工学	熱工学, 機素潤滑設計, 情報・知能・精密機器, マイクロ・ナノ工学	【教員公募】名古屋大学工学研究科マイクロ・ナノ機械理工学専攻 教授の公募(流動分野)
33	2023/12/1	流体工学	熱工学, 機械力学・計測制御, ロボティクス・メカトロニクス, 技術と社会	理科教室「空気や水のふしぎを体験してみよう!」開催のお知らせ
34	2023/11/30	熱工学	熱工学, 流体工学, 動力エネルギーシステム	【登録〆切:12/17(日)】第26.0回相変化界面研究会(12/21(木)15:00-16:30)のご案内
35	2023/12/1	熱工学	熱工学	熱工学部門ニュースレターNo.101発行のお知らせ
36	2023/11/28	熱工学	熱工学	日本熱物性学会 セミナーシリーズ 第5回「高温での材料プロセスのシミュレーションと熱物性」のご案内
37	2023/11/24	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-117 講習会「VE/VRを用いた設計・開発・ものづくりの新しい検討手法の紹介」開催のご案内
38	2023/11/24	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-108 講習会「最適設計法の基礎数理」開催のご案内
39	2023/11/21	熱工学	熱工学	第7回ASMEマイクロナノ熱物質輸送国際会議(MNHMT2024)のご案内
40	2023/11/21	流体工学	計算力学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 環境工学	【教員公募】豊橋技術科学大学 機械工学系 環境・エネルギー分野 助教公募
41	2023/11/17	熱工学	熱工学, 流体工学, エンジンシステム, 動力エネルギーシステム, 環境工学	【教員公募】東北大学 大学院工学研究科 機械機能創成専攻 助教の公募
42	2023/11/15	流体工学	熱工学, エンジンシステム, 動力エネルギーシステム, 環境工学	【好評受付中】「空力騒音入門講座 騒音計測の基礎と実例」のご案内
43	2023/11/15	動力エネルギーシステム	機械材料・材料加工, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【開催案内】第31回原子力工学国際会議(ICONE31)
44	2023/11/14	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	講演会「IDCAE・MBDシンポジウム2023」参加登録のご案内
45	2023/11/13	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	No.23-129 講習会「IDCAEスクール: デザイン演習(2023年度)第3回: 『電気でも動く車をデザインする』」開催のご案内
46	2023/11/13	エンジンシステム	流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム, 環境工学	講習会No.23-124f 往復動内燃機関の研究開発に関わる計測と数値解析技術に関する講習会」開催のご案内
47	2023/11/9	環境工学	計算力学, 流体工学, 熱工学, 動力エネルギーシステム	(参加登録延長)水・蒸気性質シンポジウム2023
48	2023/11/8	熱工学	熱工学, 計算力学, 流体工学, エンジンシステム, 動力エネルギーシステム	2023年度第2回燃焼工学講座のご案内(本会協賛・日本燃焼学会主催)ーオンライン開催ー
49	2023/11/6	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	No.23-37 講習会「IDCAEスクール: 1Dモデリングセミナー(2023年度)第6回: モデリングとデザイン ～その方法と効果～」開催のご案内
50	2023/11/6	設計工学・システム	材料力学, 流体工学, 熱工学, 機械力学・計測制御	【残席あり】No.23-36 講習会「IDCAEスクール: 1Dモデリングセミナー(2023年度) 第5回: 制御系のモデリング ～PID制御を中心として～」開催のご案内

51	2023/11/6	熱工学	熱工学	2024年度年次大会におけるOS、特別行事企画の募集について
52	2023/11/1	環境工学	流体工学、熱工学、動力エネルギーシステム、機械力学・計測制御	(残席あり)講習会「プログラミングで学ぶ熱物性－ステップアップ編－」..
53	2023/10/31	環境工学	流体工学、熱工学、機械力学・計測制御、技術と社会	NEE研究会第27回講演討論会のご案内
54	2023/10/30	環境工学	流体工学、熱工学、動力エネルギーシステム、産業・化学機械と安全	(残席あり)No.23-119講習会「低炭素社会実現に向けた最新技術」
55	2023/10/27	設計工学・システム	材料力学、流体工学、熱工学、機械力学・計測制御	講演会「1DCAE・MBDシンポジウム2023」参加登録のご案内
56	2023/10/25	環境工学	機械材料・材料加工、流体工学、熱工学、産業・化学機械と安全	2023年度静電気学会講習会「静電気災害の事例と対策(1)(2)」のご案内
57	2023/10/24	熱工学	熱工学、流体工学、動力エネルギーシステム	【登録〆切:11/12(日)】第25.5回相変化界面研究会(11/16(木)15:00-16:30)のご案内
58	2023/10/19	設計工学・システム	材料力学、流体工学、熱工学、機械力学・計測制御	No.23-118講習会「設計力UP! CAE活用術」～デジタル技術駆使の開発設計現状紹介～開催のご案内
59	2023/10/19	設計工学・システム	材料力学、流体工学、熱工学、機械力学・計測制御	No.23-117 講習会「VE/VRを用いた設計・開発・ものづくりの新しい検討手法の紹介」開催のご案内
60	2023/10/17	熱工学	熱工学、流体工学、エンジンシステム、動力エネルギーシステム、マイクロ・ナノ工学	PIV講習会のご案内
61	2023/10/16	流体工学	熱工学、エンジンシステム、動力エネルギーシステム、環境工学	【申込開始】「空力騒音入門講座 騒音計測の基礎と実例」のご案内
62	2023/10/13	環境工学	流体工学、熱工学、動力エネルギーシステム、産業・化学機械と安全	(開催案内)No.23-119講習会「低炭素社会実現に向けた最新技術」
63	2023/10/10	熱工学	熱工学	第3回アジア熱科学会議(3rd ACTS)のご案内
64	2023/10/4	環境工学	流体工学、熱工学、動力エネルギーシステム、産業・化学機械と安全	(10/9締切・残席あり)エコクリーンピアはりまと播磨中継施設の見学会
65	2023/10/2	設計工学・システム	材料力学、流体工学、熱工学、機械力学・計測制御	No.23-108 講習会「最適設計法の基礎数値」開催のご案内
66	2023/10/2	計算力学	バイオエンジニアリング、材料力学、流体工学、熱工学	第36回計算力学講演会 (CMD2023) 事前参加登録のご案内 (リマインド)
67	2023/10/2	設計工学・システム	材料力学、流体工学、熱工学、機械力学・計測制御	講演会「1DCAE・MBDシンポジウム2023」発表申込み延長のご案内(締切10/13)

以上.

## 部門賞委員会

委員長 鹿園 直毅  
幹事 浅岡 龍徳

構成員：鹿園直毅（委員長）、高橋厚史（部門長）、店橋護（前部門長）、浅岡龍徳（幹事）、  
畠山友行（前委員会幹事、オブザーバー）、以上敬称略

### 1. 委員会の開催

第1回委員会 日時：2023年5月12日（金）14:30-15:00

会場：Web会議

議事：委員会の年間予定と推薦手続きの確認

第2回委員会 日時：2023年7月5日（水）13:30-15:00

会場：Web会議

議事：フェロー候補者の選考、部門賞候補の検討

第3回委員会 日時：2023年9月26日（火）13:30-15:00

会場：Web会議

議事：部門賞・部門一般表彰（貢献表彰）候補者の選出

第4回委員会 日時：2024年1月19日（金）13:30-15:00

会場：Web会議

議事：部門賞・部門一般表彰（貢献表彰）候補者の決定  
若手優秀講演フェロー賞候補者の決定

### 2. フェロー候補者の推薦（学会への提出締切り9月15日）

- (1) フェロー候補者の推薦について、今期は熱工学部門のフェロー組織推薦定数は2名であること、組織推薦定数を超えた推薦は一般推薦枠として審議されることを確認。結果、部門推薦定数2名に加えて、一般推薦枠として2名、合計4名を推薦することを決定。
- (2) 前期の候補者をふまえて、委員長と幹事は候補者リストを作成（6月末）。
- (3) 幹事はそのリストを（幹事を除く）3名の部門賞委員会委員に送り、委員には「そのリストから、あるいはリスト外から委員推薦の候補者を選び、幹事宛に投票するように」依頼。
- (4) 幹事は投票結果を集計し、その結果をもとに第2回部門賞委員会において、部門推薦定数2名と一般推薦定数2名を審議・決定した後、第2回総務委員会において諮った（7月5日）。
- (5) 幹事より、総務委員会で同意が得られた推薦候補者に、部門・一般推薦の候補者となっていただくように依頼した（7月）。
- (6) 委員長・部門長・幹事は、最終的に推薦書を取りまとめ、学会本部にHPより提出し



た (9月14日).

(7) 機械学会事務局より自動返信メールが部門長宛に送信された。

3. 部門賞, 部門一般表彰候補者の推薦

- ・ 運営委員会構成員には第1回運営委員会にて推薦を依頼。7月に部門ホームページに推薦依頼を掲載。また, 同時にインフォメーションメールで部門登録会員全員に推薦依頼 (締切りは8月31日)。
- ・ 第3回部門賞委員会で部門賞・部門一般表彰候補者の選定を行った。

4. 若手優秀講演フェロー賞候補者の推薦

- ・ 若手優秀講演フェロー賞推薦に関して, 年次大会 (都立大大学), 熱工学コンファレンス (神戸大学) の委員長に推薦を依頼した。なお, 依頼時に「評価プロセス手順」「評価フォーム」を併せて送付。

※本年度は年次大会および熱工学コンファレンスとも対面開催であるため, 従来どおりのエクセルシートで作成した評価フォームによって評価を行った。

5. 部門賞・部門一般表彰

●部門賞

・ 国際功績賞 (Thermal Engineering Award for International Activity)

○藤田 修 (北海道大学・教授)

理由: 熱工学, 特に燃焼に関わる教育と研究に従事し, 微小重力燃焼や高温空気燃焼などで国際プロジェクト研究を先導するなど, 燃焼研究の国際展開と基礎燃焼工学の発展に寄与する業績を挙げた。

・ 研究功績賞 (Thermal Engineering Award for Outstanding Academic Contribution)

○鶴田 隆治 (西日本工業大学・学長)

理由: 熱工学, 特に相変化を伴う伝熱に関する教育と研究に従事し, 高熱流束域での沸騰や凝縮, 気液界面の分子境界条件, 食品の乾燥や凍結など, 伝熱工学の発展に寄与する業績を挙げた。

○須賀 一彦 (大阪公立大学大学・教授)

理由: 熱工学, 特に乱流伝熱に関わる教育と研究に従事し, 乱流伝熱モデリングや格子ボルツマン法などの数値解析手法, および実験や数値解析による多孔体乱流伝熱のメカニズムの解明など, 乱流熱工学の発展に寄与する業績を挙げた。

・ 業績賞 (Thermal Engineering Achievement Award)

○津島 将司 (大阪大学・教授)

理由: 熱工学, とりわけ電気化学デバイスにおける多孔質電極内反応輸送現象の解明ならびにその促進と制御など, 電気化学エネルギー変換分野における研究業績が顕著である。

●部門一般表彰

・ 貢献表彰 (Certificate of Merit for Thermal Engineering Contribution)

○浅野 等 (神戸大学・教授)

理由: 熱工学, とりわけ相変化を伴う熱流動現象, 冷凍空調および機器冷却技術の分野での研究への貢献, ならびに熱工学部門活動に対する貢献が顕著である。

○迫田 直也 (九州大学・准教授)

理由: 熱工学, とりわけ高圧水素や冷凍空調機器における新規作動流体といった流体熱物性に関する分野での研究への貢献, ならびに熱工学部門活動に対する貢献が顕著である。

○千足 昇平 (東京大学・准教授)

理由：熱工学、とりわけナノ・マイクロ熱工学分野におけるナノ材料・ナノ構造体の創成やナノスケール現象に関わる研究への貢献、ならびに熱工学部門活動に対する貢献が顕著である。

●若手優秀講演フェロー賞

(注：○印が登壇者、原則として発表の翌年度の4月1日現在で26歳未満の会員が表彰対象)

1. 2023年度年次大会講演会 (審査対象発表15件, 贈賞数は0件)

2. 熱工学コンファレンス2023 (審査対象発表111件, 贈賞数は5件)

講演番号：E123

講演題目：旋回流燃焼器における液体アンモニア噴霧燃焼時の保炎可能範囲および燃焼生成ガス特性

○奥 航平(東北大), 山下 裕史, Somarathne, Kunkuma, 工藤 琢, 早川 晃弘, 小林 秀昭

講演番号：E211

講演題目：紫外レーザーによる光改質を用いた着火性向上の可能性探究

○柿澤 昂志(東北大), 佐川 和孝, 手塚 卓也, 森井 雄飛, 中村 寿, 丸田 薫

講演番号：A123

講演題目：自動データ生成によるCNNベースの気泡検出 (PEM水電解への応用)

○遠山 航平(横国大), 朝岡 洸太, 諏訪 秀樹, 荒木 拓人

講演番号：I131

講演題目：水のプール沸騰におけるマクロ液膜の挙動と大きな乾き面の形成

○田村 亮太(九州工大), 矢吹 智英

講演番号：B135

講演題目：溝付きテイラー・クエット流れにおける乱流熱流動のラージ・エディ・シミュレーション

○天野 由視(阪公大), 桑田 祐丞, 金田 昌之, 須賀 一彦

以上

## 学会賞委員会

委員長 渡邊 裕章 (九州大学)

### 第 101 期 熱工学部門学会賞委員会 活動報告

委員会構成 委員長 渡邊 裕章 (九州大学, 燃焼)  
 幹事 武藤 昌也 (名城大学, 燃焼)  
 委員 (覆面) 伝熱 2 名, 燃焼 3 名, 熱物性 2 名 計 8 名

#### 活動報告

5 月 22 日 第 100 期当該委員会 伏信前委員長より 活動内容の引継ぎ@online  
 委員長・幹事で online 等にて作業内容について情報共有

5 月中 学会賞委員会 委員の選定  
 ・委員会：作業内容について情報共有(対象者の資格確認等)  
 ・公募前に予め委員に推薦論文の選定を依頼(引継ぎ注意事項より)

6 月 1 日 部門インフォメーションメールにて部門推薦(自薦・他薦)の募集  
 締切 2023 年 6 月 26 日(月)(必着)

6 月 26 日 部門インフォメーションメールにて募集期間延長を告知  
 締切 2023 年 7 月 3 日(月)(必着)

7 月 3 日~7 月 19 日 推薦案件の選定

7 月 19 日~7 月 26 日 推薦書類の確認, 修正

7 月 26 日 書類提出(電子メール添付及びファイル共有サーバにて学会事務局に提出)

#### 推薦件数

<input type="checkbox"/>	日本機械学会賞(技術功績)	0 件
<input checked="" type="checkbox"/>	日本機械学会賞(論文)	4 件
<input checked="" type="checkbox"/>	日本機械学会賞(技術)	1 件
<input checked="" type="checkbox"/>	日本機械学会奨励賞(研究)	5 件
<input type="checkbox"/>	日本機械学会奨励賞(技術)	0 件
<input type="checkbox"/>	日本機械学会教育賞	0 件
<input type="checkbox"/>	日本機械学会優秀製品賞	0 件

#### 申し送り

- 動き出しは, 機械学会のインフォメーションメールより前でも可.
- 委員会活動は online 会議とメールベースで実施.
- 今年度は, 1 週間の募集期間延長を実施. 内訳は, 昨年度より 4 件減少(学会賞(論文) 1 件減, 学会賞(技術) 1 件増, 奨励賞(研究) 4 件減).
- 昨年度より, 推薦案件を 1 件ずつ学会の表彰部会へ online システムを通じて提出することになり, 提出作業に時間を要する. 但し, 推薦案件が 10 件を超える場合は, 一括してメール添付で提出でき, 今年度は該当した為, メール添付とファイル共有サーバを利用して提出.
- 推薦案件を一括してメール添付で提出する場合も, 指定された書類以外のファイルは提出後事務局にて確認の後, 修正・再提出依頼有.

今年度は学会賞(論文)4 件, 学会賞(技術)1 件, 奨励賞(研究) 5 件修正依頼有, 候補者に連絡の上再提出.

以上

## 年次大会委員会

委員長：向笠 忍（愛媛大学）  
幹事：井上 修平（近畿大学）

### <2024 年度年次大会 概要>

日程：2024 年 9 月 8 日（日）～ 11 日（水）  
場所：愛媛大学 城北キャンパス  
大会委員長：愛媛大学 教授 岡本 伸吾  
顧問：愛媛大学 学長 仁科 弘重  
実行委員長：愛媛大学 教授 松下 正史  
キャッチフレーズ：「機械工学で実現する日本産業変革」  
テーマ：「AI を活用したデジタル変革」「環境にやさしいエネルギー変革」「未来を担う技術人材の育成」  
特別講演：檜垣幸人氏（今治造船株式会社代表取締役社長）  
岡田武史氏（株式会社今治、夢スポーツ代表取締役会長）

### <部門共催 OS（8 件）>

#### J031 燃料電池・二次電池とナノ・マイクロ現象

（材料力学部門，マイクロ・ナノ工学部門，熱工学部門，計算力学部門，動力エネルギーシステム部門，流体工学部門）

オーガナイザ 佐藤 一永（東北大学）  
鹿園 直毅（東京大学）  
徳増 崇（東北大学）  
田部 豊（北海道大学）  
杵淵 郁也（東京大学）  
村松 眞由（慶應大学）

#### J051 マイクロ・ナノスケールの熱流体現象

（流体工学部門，熱工学部門，マイクロ・ナノ工学部門）

オーガナイザ 米村 茂（中部大学）  
菊川 豪太（東北大学）  
山口 浩樹（名古屋大学）  
鈴木 雄二（東京大学）

#### J071 カーボンニュートラル社会に向けたエネルギー変換技術

（エンジンシステム部門，動力エネルギーシステム部門，熱工学部門）

オーガナイザ 中原 真也（愛媛大学）  
岩本 幸治（愛媛大学）  
向笠 忍（愛媛大学）  
野村 信福（愛媛大学）

#### J091 環境保全に向けた熱・流体およびプラズマ研究

（環境工学部門，熱工学部門）

オーガナイザ 奥村 幸彦（香川大学）  
水野 論（近畿大学）  
坂東 茂（電力中央研究所）  
野村 信福（愛媛大学）



**J121 1DCAE・MBD と物理モデリング**

(設計工学・システム部門, 機械力学・計測制御部門, 機械材料・材料加工部門, 流体工学部門, 熱工学部門, 計算力学部門)

オーガナイザ 大富 浩一 (Ohtomi Design Lab.)  
 山崎 美稀 (日立ハイテク)  
 脇谷 伸 (広島大学)  
 野間口 大 (大阪大学)  
 岩田 宜之 (東芝インフラシステムズ)  
 後藤 恵一 (鉄道総合技術研究所)  
 西田 怜美 (インテグレーションテクノロジー)  
 畑 陽介 (ブラザー工業)  
 福江 高志 (金沢工業大学)

**J181 交通・物流機械の自動運転**

(交通・物流部門, 機械力学・計測制御部門, 流体工学部門, 機械材料・材料加工部門, 技術と社会部門, 産業・化学機械と安全部門, 法工学専門会議, 設計工学・システム部門, ロボティクス・メカトロニクス部門, 熱工学部門, スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス部門, 生産加工・工作機械部門, 生産システム部門, 情報・知能・精密機器部門)

オーガナイザ 高田 一 (中部大学)  
 西村 秀和 (慶應義塾大学)  
 中野 公彦 (東京大学)  
 綿貫 啓一 (埼玉大学)  
 ポンサトーン ラクシンチャラーンサク (東京農工大学)  
 林 隆三 (東京理科大学)

**J222 機械工学に基づく細胞アッセイ技術**

(マイクロ・ナノ工学部門, 流体工学部門, 熱工学部門, バイオエンジニアリング部門)

オーガナイザ 元祐 昌廣 (東京理科大学)  
 出口 真次 (大阪大学)  
 須藤 亮 (慶應義塾大学)  
 横川 隆司 (京都大学)  
 鈴木 宏明 (中央大学)  
 木村 啓志 (東海大学)  
 杉田 修啓 (名古屋工業大学)  
 武石 直樹 (京都工芸繊維大学)

**J241 医工学テクノロジーによる医療福祉機器開発**

(医工学テクノロジー推進会議, 機械力学・計測制御部門, 流体工学部門, 計算力学部門, バイオエンジニアリング部門, ロボティクス・メカトロニクス部門, 情報・知能・精密機器部門, 材料力学部門, 熱工学部門, マイクロ・ナノ工学部門, 機素潤滑設計部門)

オーガナイザ 中里 裕一 (日本工業大学)  
 宮田 昌悟 (慶應義塾大学)  
 甲斐 義弘 (東海大学)  
 塚本 哲 (防衛大学校)

**<部門同好会>**

4 部門合同を企画中

以上

## 環太平洋熱工学会議委員会

委員長： 店橋 護（東京工業大学）  
幹 事： 津島将司（大阪大学）

### 1. 委員会メンバー

委員長：店橋 護（東京工業大学）  
幹 事：津島将司（大阪大学）  
委 員：深淵康二（慶応義塾大学，第2回 PRTEC 幹事）  
来期以降，準備状況に応じて委員会構成は変更予定。

### 2. 第3回環太平洋熱工学会議の開催について

2020年度(2021年3月)に韓国にて開催予定であった日韓熱流体会議が2022年度(2022年4月以降)に延期され，未だ開催の目途が立っていないこと，2022年度に南アフリカにて開催予定であった国際伝熱会議が2023年度に延期されていること等を鑑み，第3回会議の開催年を2024年に延期することについて，ASTFE及びKSMEに打診し，開催年を2024年12月以降とすることで合意していた。

第2回会議会期中（2019年12月）の会合での合意事項に基づき，第3回会議の予定ホスト・ソサエティであるASTFEに開催年を2024年12月の開催を打診したが，2023年3月26日に開催されたASTFEのボードミーティングにおいて，ASTFEはホスト・ソサエティを断念するとの結論に至ったとの連絡を受けた。これを受けて，同じく第2回会議会期中（2019年12月）の会合での合意事項に基づき，KSMEにホスト・ソサエティとして第3回会議を企画・開催することの可否を照会したが，KSME主催ではハワイ周辺での開催が不可能とのことで，JSMEが再び企画することとなった。

米国におけるホテル宿泊費、F&B 契約における最低額が極めて高騰していることから，従来のPRTECで採用していたホテルでの会議開催を断念し，国際会議場等を開催場所とした通常の国際会議形式での開催とした。機械学会本部に国際会議開催届\_熱工学 PRTEC2024を提出済み。開催概要は次のとおり。

会期：2024年12月15日～12月19日  
会場：ハワイ・コンベンション・センター

### 3. 開催までの主要日程の見通し

1st announcement	March, 2024
Website open	March, 2024
Track, Topics and Track chairs are fixed	April, 2024
Plenary lectures are fixed	April, 2024
2nd announcement (Call for Papers)	April, 2024
Keynote lectures are fixed	May, 2024
Abstract for review due	June, 2024
Extend abstract for review due	August, 2024
Deadline for early-bird registration	October, 2024
Deadline for late registration	November, 2024

### 4. 委員会委員の追加について

ASTFE側およびKSME側との調整状況や第3回会議の準備状況などに応じて環太平洋熱工学会議委員会に委員を追加する。

5. 日本側各種委員会について

第3回会議の会議形態に関する ASTFE および KSME との調整状況を考慮に入れながら、Organizing Committee, International Scientific Committee, Executive Committee 等の構成について検討を進めている。

以上

## JSME-KSME 合同会議委員会

委員長： 小宮 敦樹（東北大学）  
幹事： 元祐 昌廣（東京理科大学）

### 第 11 回日韓機械学会合同・熱流体国際会議 The Eleventh JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference

#### 1. 開催時期

2025 年秋季

会場の空き状況から以下の 3 候補を検討中

- ・ 2025 年 10 月 1 日（水）-7 日（火）のうち 4 日間
- ・ 2025 年 10 月 10 日（金）-31（金）のうち 4 日間
- ・ 2025 年 11 月 1 日（土）-6 日（木）のうち 4 日間

\* 秋季に開催予定の関連会議の開催日を要確認

#### 2. 開催場所

沖縄コンベンションセンター

〒 901-2224 沖縄県宜野湾市真志喜 4-3-1 <https://www.oki-conven.jp/>

#### 3. 体制

日本側	熱工学部門	小宮 敦樹（東北大学, Chair） 元祐 昌廣（東京理科大学, Secretary General）
	流体工学部門	渡邊 聡（九州大学, Co-Chair）
韓国側	流体工学部門	Prof. Jung-Il Choi（Yonsei University, Chair）
	熱工学部門	Prof. Jaeseon Lee（UNIST, Co-Chair）

#### 4. 2023 年度の活動

2023 年 11 月	日韓 4 部門の代表者, 担当者を決定 開催候補地の決定, 会場仮予約
2024 年 2 月	韓国側代表者に開催内容概要を打診 日本側の Executive Committee 発足の準備
2024 年 3 月	TFEC11 第 1 回合同実行委員会に向けた検討会を開催予定 PL 講演者の決定, ホームページ立ち上げ

#### 5. 開催規模

<基本>TFEC9（2017 年：沖縄）を踏襲

- ・ 想定参加人数 750 名（一般 400 名, 学生 350 名）
- ・ 参加登録費(予定)
  - 一般 Early : 70,000 円
  - 一般 Late : 80,000 円
  - 一般 Onsite : 90,000 円
  - 学生 Early : 30,000 円
  - 学生 Late : 35,000 円
  - 学生 Onsite : 40,000 円
- ・ 予算規模 約 40,000,000 円（バンケット費用含む）
- ・ プレナリ講演 JSME/KSME TED/FED より各 1 名の 計 4 名
- ・ 一般講演 約 480 件を 6 パラレルセッションで 3 日間
- ・ OS 全体で 25-30 を検討（TED 独自 / FED 独自 / TED&FED）
- ・ 組織構成 Advisory / EC / LOC
- ・ 実行委員(EC) TED および FED から 15 名程度を検討（30 代後半-50 代前半）



6. 暫定スケジュール

2023.11	実行委員会立ち上げ
2023.12	KSME 側と擦り合わせ
2024.03	第1回のフライヤー配布, HP 立ち上げ, 告知開始
2024.05	第2回のフライヤー配布
2024.10	第3回のフライヤー配布
2025.02 末	アブストラクト <del>〆</del> 切 (*コピーライトフリーとする)
2025.03 末	アブストラクト採否通知
2025.05 末	Full paper <del>〆</del> 切
2025.06 末	査読結果, 論文採択通知
2025.07	最終原稿 <del>〆</del> 切
2025.11	TFEC11

7. 参考

これまでの開催

TFEC7	2008年10月13日-16日@札幌
TFEC8	2012年3月18日-21日@韓国・松島
TFEC9	2017年10月27日-30日@沖縄,
TFEC10	2021年3月に釜山で開催予定→延期の後, 中止が決定

## JTST 委員会

委員長： 高橋 周平（岐阜大）  
幹事： 桑名 一徳（東京理科大）

### 1. 掲載状況（2024年3月13日現在）

Vol. 1,	No. 1 (pp. 1~41) :	4 件
	No. 2 (pp. 42~148) :	9 件
Vol. 2,	No. 1 (pp. 1~133) :	12 件
	No. 2 (pp. 134~300) :	15 件
Vol. 3,	No. 1 (pp. 1~166) :	16 件
	(2007 日米熱工学会議特別号 : Guest Editor = 花村克悟 (東工大))	
	No. 2 (pp. 167~380) :	17 件
	No. 3 (pp. 381~551) :	15 件
Vol. 4,	No. 1 (pp. 1~201) :	17 件
	No. 2 (pp. 202~323) :	11 件
	No. 3 (pp. 202~436) :	14 件
	(第 7 回日韓熱流体工学会議特別号 : Guest Editor = 近久武美 (北大))	
	No. 4 (pp. 437~517) :	8 件
	(第 2 回国際伝熱フォーラム特別号 : Guest Editor = 中別府修 (明治大))	
Vol. 5,	No. 1 (pp. 1~188) :	15 件
	No. 2 (pp. 189~341) :	11 件
Vol. 6,	No. 1 (pp. 1~202) :	17 件
	No. 2 (pp. 203~322) :	12 件 (Preface を含む)
	(第 7 回国際流体力学会議特別号 : Guest Editor = 圓山重直、小原拓 (東北大))	
	No. 3 (pp. 323~485) :	13 件
Vol. 7,	No. 1 (pp. 1~349) :	27 件
	(うち 10 件は第 3 回アジア計算熱流体シンポジウムからのセレクトドペーパー : Guest Editor = 須賀一彦 (大阪府立大)、芝原正彦 (阪大))	
	No. 2 (pp. 350~404) :	6 件 (Preface を含む)
	(第 8 回国際流体力学会議特別号 : Guest Editor = 圓山重直、小原拓 (東北大))	
	No. 3 (pp. 405~496) :	9 件
	(第 4 回マイクロスケール熱流体国際会議特別号 : Guest Editor = 高橋厚史 (九大)、鹿園直毅 (東大))	
	No. 4 (pp. 497~766) :	19 件
Vol. 8,	No. 1 (pp. 1~335) :	23 件
	No. 2 (pp. 336~447) :	10 件 (Preface を含む)
	(第 9 回国際流体力学会議特別号 : Guest Editor = 圓山重直、小原拓 (東北大))	
	No. 3 (pp. 448~612) :	12 件
Vol. 9,	No. 1 (JTST1~5) :	5 件
	No. 2 (JTST6~15) :	10 件
Vol. 10,	No. 1 (JTST1~20) :	20 件 (2 件の Review Paper を含む)
	No. 2 (JTST21~28) :	8 件
Vol. 11,	No. 1 (JTST1~19) :	19 件 (2 件の Review Paper を含む)
	No. 2 (JTST20~33) :	14 件
	No. 3 (JTST34~49) :	16 件 (Preface を含む)
	(First Pacific Rim Thermal Engineering Conference 特集号 : Guest Editor = 須賀一彦 (大阪府立大))	
Vol. 12,	No. 1 (JTST1~15) :	15 件 (1 件の Review Paper を含む)
	No. 2 (JTST16~38) :	23 件
Vol. 13,	No. 1 (JTST1~19) :	19 件
	No. 2 (JTST20~35) :	16 件

Vol. 14,	No. 1 (JTST1~13) :	13 件
	No. 2 (JTST14~29) :	16 件
Vol. 15,	No. 1 (JTST1~12) :	12 件
	No. 2 (JTST13~21) :	9 件 (Preface を含む)
	(Special Issue of The 7th Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow : Guest Editor-in-Chief= 芝原正彦 (大阪大))	
	No. 3 (JTST22~36) :	15 件
Vol. 16,	No. 1 (JTST1~13) :	13 件 (Preface を含む)
	(Special Issue of the Second Pacific Rim Thermal Engineering Conference : Guest Editor-in-Chief= 芝原正彦 (大阪大))	
	No. 2 (JTST14~31) :	18 件
	No. 3 (JTST31~41) :	11 件
Vol. 17,	No. 1 (jtst.21-00271~) :	11 件
	No. 2 (jtst.22-00051~) :	6 件 (Preface を含む)
	(Special Issue of The 11th International Symposium on Solar Energy and Efficient Energy Usage : Guest Editor-in-Chief= 山田昇 (長岡技科大) )	
	No. 3 (jtst.22-00007~) :	14 件
Vol. 18,	No. 1 (jtst.22-00365~) :	5 件
	No. 2 (jtst.23-00182~) :	4 件
Vol. 19,	No. 1 (jtst.23-00148~) :	4 件

## 2. 編修委員会

Editor-in-Chief : 高橋周平 (岐阜大)

Editors : 矢吹智英 (九工大/日本伝熱学会推薦)、小糸康志 (熊本大)、  
熊野寛之 (青山学院大)、小宮敦樹 (東北大)、桑名一徳 (東京理科大/幹事)、  
戸谷剛 (北海道大)、黒瀬良一 (京都大)、岩井裕 (京都大)

Advisory Board : 山田昇 (長岡技科大)

## 3. 第 101 期特記事項

### ・ 投稿数について

Impact Factor は 1.17 となった。(昨年は 0.947、一昨年は 0.678)

投稿数はやや減少。採択論文数維持には特集号の企画が必要。(詳細は下表)

### ・ 査読期間について

可決までの平均日数の目標値 (100 日) を達成できた。

## 年鑑委員会

委員長 村上 陽一（東京工業大学）  
幹事 長澤 剛（東京工業大学）

以下の活動を行った。

### 1. 本委員会の概要及び活動内容

「機械工学年鑑 2023」の対象時期：2023 年 1 月～12 月。第 8 章「熱工学」の発刊が本部門の担当。

- ・2023 年 5 月、長澤 剛 先生（東京工業大学 工学院 助教）に年鑑委員会幹事をお引き受け頂いた。
- ・第 8 章の節構成は例年通りとした。  
（参考、2022 年の同章：<https://www.jsme.or.jp/kikainenkan2022/chap08/>）
- ・6 月、長澤先生と手分けして各節の執筆候補者を探し、数度の意見交換を経て、執筆依頼先を決めた。その際、過去数年間の執筆者の実績を考慮し、流れは踏襲しつつバランスを取るよう努めた。その後、各節の執筆者として下記の方々に依頼を行い、執筆のご快諾を頂いた。

#### 8.1 伝熱および熱力学

- 8.1.1 概説・・・鹿園 直毅 先生（東京大学）
- 8.1.2 熱物性・・・岡部 孝裕 先生（弘前大学）
- 8.1.3 伝熱・・・小宮 敦樹 先生（東北大学）
- 8.1.4 熱交換器・・・高橋 雄太 様（三菱重工業<sup>†</sup>）

#### 8.2 燃焼及び燃焼技術

- 8.2.1 燃焼・・・林 潤 先生（京都大学）
- 8.2.2 燃焼技術・燃料・・・田中 光太郎 先生（茨城大学）

<sup>†</sup>総合研究所、伝熱研究部、伝熱第一研究室主任、技術士

- ・2024 年 1 月 正式な執筆依頼がなされた。

### 2. 発刊までの今後の予定

- 2024 年 4 月 原稿締切
- 2024 年 5 月 原稿査読
- 2024 年 7 月 著者校正
- 2024 年 8 月 発刊

以上



## 出版委員会

委員長	熊野寛之 (青山学院大学)
幹事	寺岡喜和 (金沢大学)
委員	石井慶子 (青山学院大学)
委員	仮屋圭史 (佐賀大学)
委員	藏田耕作 (九州大学)
委員	地下大輔 (東京海洋大学)
委員	光石暁彦 (大阪電気通信大学)
委員	森本崇志 (青山学院大学)

### 1. 委員会の開催

ウェブサイト「熱工学ギャラリー」(<https://g.ted-jsme.jp/>)の更新と運営, 動画発表セッション「熱工学コレクション 2023 (熱コレ 2023)」の開催に関して, 伝熱シンポジウム開催中に会議を実施した。また, 適宜, 必要に応じてメール会議を行った。

### 2. 熱工学ギャラリーの更新

講演者の希望に応じて, 熱工学コレクションで発表いただいた動画をウェブサイト「熱工学ギャラリー」に掲載した。継続的にコンテンツ数および視聴回数を増やすことを当面の目標とする。今期, 熱工学ギャラリーとして YouTube チャンネルを開設 (<https://www.youtube.com/@user-zu1ww3bi6q>) することが部門会議で承認されたため, 現在掲載されている動画について, 了承を得たものについて「限定公開」から「公開」への設定変更を行った。

### 3. 熱コレ 2023 の開催

熱工学コンファレンス (10/14-15, 神戸) において動画発表セッション「熱コレ 2023」を企画し, 8 件の講演が行われた。熱コレ 2023 最優秀動画賞には「いくつかの気液界面流動を伴う熱流体现象の写真観察」が選ばれた。受賞者には, 懇親会にて熱工学コンファレンス実行委員長より表彰状が贈呈され, 受賞動画の上映を行った。

引き続き, 熱工学ギャラリーを充実させるためにも, 2024 年度の熱工学コンファレンスでも動画発表セッションを企画予定である。

以上

## 講習会委員会

委員長 巽 和也 (京都大学)  
 幹事 網 健行 (関西大学)  
 長谷川 洋介 (東京大学)

### 活動報告

#### 1. 部門講習会

■ 講習会名 : No. 23-20

「機械学習×熱・流体工学の最先端」

企画 : 熱工学部門・流体工学部門・計算力学部門 合同企画

開催時期 : 2023年3月24日(金)

会場 : オンライン (Zoom Webinars)

WEBサイト : <https://www.jsme.or.jp/event/23-20/>

プログラム・演題・講師 :

11:00~12:30	機械学習の基礎	松岡 大祐	(海洋研究開発機構)
13:30~14:30	乱流×機械学習	塚原 隆裕	(東京理科大学)
14:40~15:40	沸騰・混相流×機械学習	古谷 正裕	(早稲田大学)
15:50~16:50	燃焼・エンジン×機械学習	山崎 由大	(東京大学)

参加者数 : 81名

■ 講習会名 : No. 23-63

『伝熱工学資料 (改訂第5版)』の内容を教材にした熱設計の基礎と応用」

開催時期 : 2023年9月13日(水), 20日(水)

会場 : オンライン (Webex events)

WEBサイト : <https://www.jsme.or.jp/event/23-63/>

プログラム・講師 :

9月13日(水)

10:00~11:35	全体を見渡す話	花村 克悟	(東京工業大学)
13:00~14:35	熱放射の基礎	花村 克悟	(東京工業大学)
14:50~16:25	伝導伝熱の基礎	岩井 裕	(京都大学)

9月20日(水)

9:00~10:35	対流伝熱の基礎	西野 耕一	(横浜国立大学)
10:50~12:25	熱交換の基礎	鹿園 直毅	(東京大学)
13:30~15:05	沸騰熱伝達の基礎	上野 一郎	(東京理科大学)
15:20~16:55	温度測定	中村 元	(防衛大学校)

参加者数 : 32名

■ 講習会名 : No. 23-101

「熱工学ワークショップ2023」

開催時期 : 2023年10月14日(土)

会場 : 神戸大学 六甲台キャンパス 工学研究科 LR501 教室

熱工学コンファレンス 2023 会場

WEB サイト:<https://www.jsme.or.jp/event/23-101/>

プログラム・講師:

- 12:00～12:40 「パワーモジュールの信頼性に関する各種技術の紹介」  
堀口 剛司 氏 (三菱電機株式会社)
- 12:40～13:20 「革新的 SOEC メタネーション技術が切り拓く  
e-methane によるゲームチェンジへの挑戦」  
大西 久男 氏 (大阪ガス株式会社)
- 13:20～14:00 「カーボンニュートラルに向けた暖房給湯ヒートポンプ技術の展開」  
藤野 宏和 氏 (ダイキン工業株式会社)

参加者数:150～160 名

2. 部門講習会 (長谷川 委員長)

講習会名:「計算力学技術者 2 級 (熱流体力学分野の解析技術者) 認定試験対策講習会」

企画: 流体工学部門・計算力学部門・熱工学部門 合同企画

■ 行事 No. 23-71 平日コース

開催日: 2023 年 10 月 16 日 (月), 17 日 (火)

会場: オンライン

WEB サイト:<https://www.jsme.or.jp/event/23-71/>

プログラム・講師:

10 月 16 日 (月)

- |             |               |                 |
|-------------|---------------|-----------------|
| 10:05～11:25 | 計算力学のための数学の基礎 | 坪倉 誠 (神戸大学)     |
| 11:35～12:55 | 流体力学の基礎       | 中 吉嗣 (明治大学)     |
| 14:00～15:20 | 熱力学の基礎        | 伏信 一慶 (東京工業大学)  |
| 15:30～16:50 | 伝熱学の基礎        | 保浦 知也 (名古屋工業大学) |

10 月 17 日 (火)

- |             |              |                |
|-------------|--------------|----------------|
| 10:00～12:05 | 乱流モデル, 境界条件  | 小林 宏充 (慶應義塾大学) |
| 13:15～15:20 | 数値計算法, 格子生成法 | 守 裕也 (電気通信大学)  |
| 15:30～17:00 | ポスト処理, 結果の検証 | 亀谷 幸憲 (明治大学)   |

参加者数:42 名

■ 行事 No. 23-72 休日コース

開催日: 2023 年 10 月 21 日 (土), 22 日 (日)

会場: オンライン

WEB サイト:<https://www.jsme.or.jp/event/23-72/>

プログラム・講師:

10 月 21 日 (土)

- |             |               |                |
|-------------|---------------|----------------|
| 10:05～11:25 | 計算力学のための数学の基礎 | 大森 健史 (大阪公立大学) |
| 11:35～12:55 | 流体力学の基礎       | 茂田 正哉 (東北大学)   |
| 14:00～15:25 | 熱力学の基礎        | 芝原 正彦 (大阪大学)   |
| 15:35～16:50 | 伝熱学の基礎        | 岩井 裕 (京都大学)    |

10 月 22 日 (日)

- |             |             |                |
|-------------|-------------|----------------|
| 10:00～12:05 | 乱流モデル, 境界条件 | 桑田 祐丞 (大阪公立大学) |
|-------------|-------------|----------------|

13:15~15:20 数値計算法, 格子生成法

15:30~17:00 ポスト処理, 結果の検証

山川 勝史 (京都工芸繊維大学)

小田 豊 (関西大学)

参加者数 : 29 名

以上

## 熱工学コンファレンス 2024 実行委員会

委員長：三上 真人  
幹 事：田之上健一郎

### 1. 準備状況

- 実行委員会  
委員長：三上 真人（山口大学）  
幹事：田之上健一郎（山口大学）  
委員：白石僚也，坂野文菜（山口大学），結城和久，結城光平（山口東京理科大学）
- 熱工学コンファレンス2024 開催日時・会場  
開催日：2024年10月5日（土），6日（日）  
会場：KDDI 維新ホール（新山口駅前，山口市小郡令和一丁目1番1号）
- 熱工学ワークショップ  
開催日：2024年10月5日（土）初日昼休みから2時間程度  
講習会委員会と協議（予定）
- 特別講演  
開催日：2024年10月5日（土）  
演題：ピンチはチャンス！～山口の山奥の小さな酒蔵だからこそできたもの～（仮）  
講師：桜井 博志（旭酒造株式会社・会長）
- 部門賞・部門一般表彰贈呈式  
開催日：2024年10月5日（土）特別講演後
- 懇親会  
開催日：2024年10月5日（土）19時から  
会 場： KAMEFUKU ON PLACE（山口市湯田温泉 4-5-2）  
※KDDI 維新ホール ⇄ 湯田温泉間は朝夕シャトルバス運行予定
- 参加費等 参加登録費〔講演論文集（ダウンロード版）を含む〕  
正員(不課税)：11,000円（早期），14,000円（後期）  
会員外(課税)：14,000円（早期），17,000円（後期）  
学生員(不課税)・一般学生(課税)：6,000円（早期），9000円（後期）  
懇親会会費  
正員，協賛学会員，会員外一般：10,000円（早期），12,000円（後期）  
学生：5,000円（早期），7,000円（後期）
- ホームページの開設  
2024年3月末にホームページを公開  
・URL： <https://www.jsme.or.jp/conference/tedconf24/index.html>  
・事務局メールアドレス： [tedconf24@jsme.or.jp](mailto:tedconf24@jsme.or.jp)
- オーガナイズドセッション（OS）の募集開始  
3月中に募集開始
- 熱工学コレクション2024（熱コレ）  
出版委員会と協議（予定）

### 2. 今後の予定

- ・5月30日：講演申込受付開始
- ・6月14日：講演申込受付締切
- ・8月16日：講演原稿提出締切



・9月13日：早期参加登録締切

以上

## 行事案内

### 部門企画行事案内

－2024 年度－

● [熱工学コンファレンス 2024](#)

開催日：2024 年 10 月 5 日（土）～6 日（日）

場 所：KDDI 維新ホール，山口県山口市

### 部門関連行事案内

－2024 年度－

● [第 34 回環境工学総合シンポジウム 2024](#)

開催日：2024 年 7 月 17 日（水）～19 日（金）

場 所：高野山大学，和歌山県伊都郡

主 催：日本機械学会 環境工学部門

● [第 28 回動力・エネルギー技術シンポジウム](#)

開催日：2024 年 6 月 17 日（月）～18 日（火）

場 所：京都テルサ，京都市

主 催：日本機械学会 動力エネルギーシステム部門

● [No. 24-38 講習会「流体とインフォマティクス」](#)

開催日：2024 年 4 月 25 日（木）

場 所：オンライン

主 催：日本機械学会 流体工学部門

### 国際会議案内

－2024 年－

● [第 7 回 ASME マイクロナノ熱物質輸送国際会議\(MNHMT2024\)](#)

開催日：2024 年 8 月 5 日（月）～7 日（水）

場 所：Nottingham, United Kingdom

● [第 31 回原子力工学国際会議\(ICONE31\)](#)

開催日：2024 年 8 月 4 日（日）～8 日（木）

場 所：Prague, Czech Republic

● [第 5 回ナノ・マイクロ熱ふく射国際ワークショップ \(NanoRad2024\)](#)

開催日：2024 年 7 月 17 日（水）～19 日（金）

場 所：北海道大学，札幌市

● [第 3 回アジア熱科学会議\(3rd ACTS\)](#)

開催日：2024 年 6 月 23 日（日）～27 日（木）

場 所：Shanghai Fuyue Hotel, China

## その他

### 編集後記

本号の TED Plaza では、光と熱工学をテーマとして、最新の研究開発動向について大学・企業よりそれぞれ 1 件のご寄稿をいただきました。川崎央先生（静岡大学）からは、次世代型航空宇宙用推進機、およびその熱設計において有用な輻射温度計についての話題をご提供いただきました。五十嵐彩様（ウシオ電機株式会社）からは、輻射散乱試料を高速かつ高精度に測定できる高強度 Time-stretch 分光装置と試料温度上昇低減についてご紹介いただきました。お二方の原稿を拝読し、物理現象・物質の理解を目指して光を用いた計測技術が進歩しているとともに、宇宙航空や食品の異なる分野において熱工学が共通して広く深く関わっていることを認識いたしました。この度は、お忙しいなかにも関わらず執筆をご快諾いただきましたこと、心より御礼申し上げます。

（編集担当委員：藤井・三浦）

### 第 101 期広報委員会

委員長：	菊川 豪太	東北大学
幹事：	川村 洋介	名城大学
委員：	安藤 詩音	九州大学
	志村 敬彬	東京大学
	出島 一仁	滋賀県立大学
	藤井 宏之	北海道大学
	三浦 正義	千葉工業大学
	李 敏赫	東京大学

©著作権：2024 一般社団法人 日本機械学会 熱工学部門