

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04290

研究課題名（和文）トワイマン・グリーン干渉計を用いた超小形超音速噴流の定量的可視化計測法の開発

研究課題名（英文）Development of Quantitative Visualization Measurements of Ultra-Small Supersonic Jets Using Twyman Green Interferometry

研究代表者

仲尾 晋一郎（Nakao, Shinichiro）

北九州市立大学・国際環境工学部・准教授

研究者番号：40331029

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：超小形矩形ノズルからの不足膨張噴流において、衝撃波の詳細な構造が定量的に明らかにした。噴流の中心軸に対して垂直な断面における密度場の形状は、ノズル出口から下流方向に向かうにつれて正方形からひし形に変化し、再び正方形へと変化するアクシススイッチング現象を生じる。その現象は噴流境界に発達するせん断層内部の渦構造ではなく、膨張波によって誘起される。

2次元的な矩形先細ノズルでは、出口近傍の最初のショックセル内の膨張と圧縮の領域は、ジェットの外側の境界を除いて二次元の構造を示しているが、それ以降の下流のショックセルでは三次元の流れの特徴を示し、セル内の膨張領域のx方向の長さは下流ほど小さくなる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では複雑な超音速流れの特性を非接触・三次元的に高分解能で定量化することが目的である。簡単に言えば、流れ場を乱す計測器等を使用せず、流れ場の写真を撮影し画像処理するだけで、複雑な超音速の流れ場の任意の位置における密度値得るという事である。軸対称の円形ノズルからの超音速噴流を可視化計測してきたが、本研究では軸対称ではない1辺が1mm以下の超小形矩形ノズルからの超音速噴流を非常に高い分解能で可視化計測を行った。軸対称ではない形状を正確に計測できるようになったことで、騒音低減効果の高いノズルや混合効果の高いノズルとして期待される、特殊形状のノズルの開発への応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The detailed structure of the shock wave in an under-expanded jet from an ultra-small rectangular nozzle has been quantitatively revealed. The shape of the density field in the cross-section perpendicular to the central axis of the jet changes from a square to a rhombus and back to a square as we move downstream from the nozzle exit. This phenomenon is called axis switching. The phenomenon is induced by expansion waves, not by the vortex structure within the shear layer that develops at the jet boundary.

In a two-dimensional rectangular convergent nozzle, the regions of expansion and compression in the first shock cell near the nozzle exit have a two-dimensional structure except for the outer boundary of the jet. On the other hand, downstream of the nozzle outlet, the shock cell has three-dimensional flow characteristics, with the x-directional length of the expansion region in the cell decreasing downstream.

研究分野：圧縮性流体力学

キーワード：超音速噴流 圧縮性 衝撃波 密度定量化 光学的可視化 干渉計

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

医療分野における局所凍結治療器、電子機器の微細機械要素(MEMS)の冷却および昨今話題の半導体洗浄液の異物濃度を測定する誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析装置等、小形超音速ノズルは広い分野の様々な機器で使用されている。しかしながら、従来のノズルの開発では高圧気体を使用しているにもかかわらず、気体の圧縮性を考慮した設計がされておらず、構造が単純なノズルを使用しているのが実情である。そのため流れ場の詳細を把握できていないため機器の高性能化を阻んでいる。

このような背景から小さい流れに適用可能なセンシング技術の開発が急務となっている。本研究では超小形ノズル(1mm以下)からの超音速噴流の三次元密度場を光学的かつ定量的に可視化する計測法の確立を目指す。衝撃波と膨張波を含む複雑な超音速流れを、トワイマン・グリーン干渉計を応用して、三次元的に定量計測した例は、国内外において全くない。

本手法が確立されれば、複雑な超音速流れの特性を非接触・三次元的に高分解能で定量化することが可能となる。簡単に言えば、流れ場の写真を撮影し、画像処理するだけで、複雑な超音速の流れ場の任意の位置における密度値が分かるようになる。その結果、超小形ノズルの形状およびその動作条件の最適化が可能となり、超小形ノズルを利用する様々な機器の飛躍的な高性能化・高効率化が図れる。

2. 研究の目的

代表的な非接触の可視化法とその特徴を表1に示す。表1に示すように、非接触の可視化法はいくつかあるが、その中でもレインボーシュリーレン偏向法は、シュリーレン法の中では最も空間分解能が高く、密度の計測値の精度も高い。レインボーシュリーレン偏向法によって軸対称ノズルからの超音速流れを定量化した研究は、国内では本申請者らのみで、国外ではAgrawalらの研究室のみである。しかし、軸対称に限定されない矩形ノズル(図1)からの超音速流れにおいてレインボーシュリーレン偏向法を応用して三次元的に定量計測に世界で最初に成功したのは、本申請者らである。

しかしながら、計測対象の噴流が小さい場合、シュリーレン法の中では空間分解能が高いレインボーシュリーレン偏向法を用いても定量測定が困難になってくる。トワイマン・グリーン干渉計は非常に空間分解能が高く、得られる密度値の精度も高いが、トワイマン・グリーン干渉計を用いて、三次元的に定量計測した例は、国内外において全くない。よって、本研究の目的は、このトワイマン・グリーン干渉計にCT(コンピュータトモグラフィ)を組み合わせた計測法を確立することである。実現できれば、複雑な超小形超音速流れでもその特性を非接触で三次元的に調べることができ、工学的にも学問的にも非常に価値が高い。

3. 研究の方法

本研究は、トワイマン・グリーン干渉計にコンピュータトモグラフィを組み合わせることで、衝撃波と膨張波を含む複雑な超小形超音速噴流の流れ場を三次元的に(つまり多方向から)定量的に可視化観察する手法を確立することを目的とする。そのため、既存の大気吹出し式超音速風洞に設置する測定部の設計・製作、トワイマン・グリーン干渉計の追加設計・構築を行う。また、超小形超音速噴流の数値計算、ノズル壁面の圧力測定およびレインボーシュリーレン偏向法による計測も同時に行い、トワイマン・グリーン干渉計コンピュータトモグラフィ計測法によって得られる密度値と比較検討することで、本計測法の妥当性と有効性を調べた。

現有装置では、測定対象のノズルは固定式となっている。三次元的に測定するためには多方向から計測が必要である。よって、先細ノズルとラバルノズルを特性曲線法で設計し、ノズルを望みの角度で連続的に回転でき

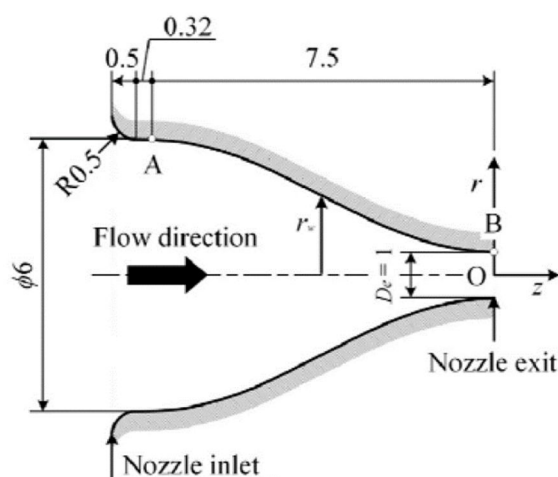


図1 供試ノズル (矩形ノズル)

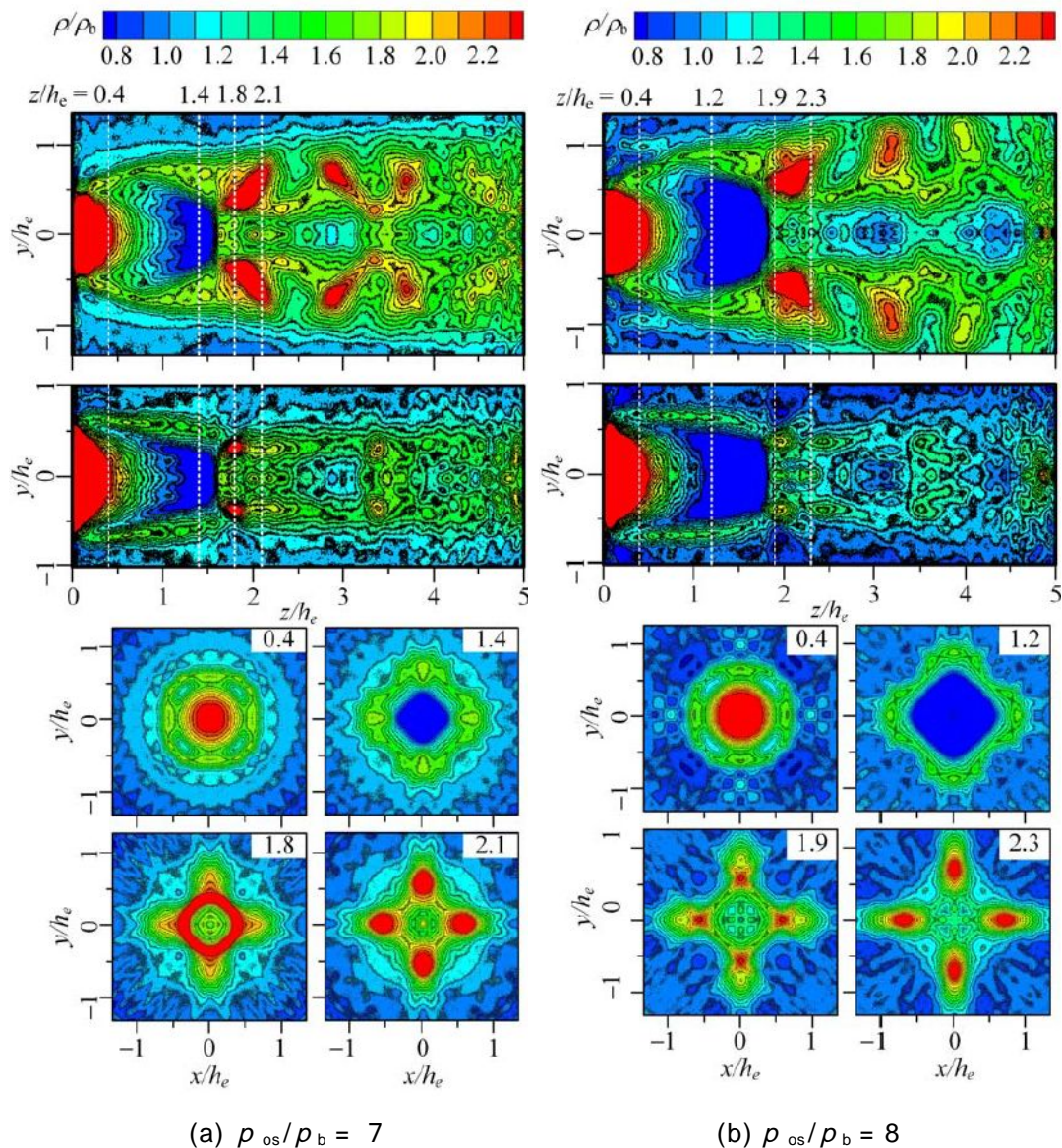


図 2 噴流の等密度線図の一例

(一番上が対称断面, その下が対角断面, 下の 4 つが噴流の中心軸に対して垂直な断面)

るように圧力チャンバーを改造した。また、一方向からの計測時には問題にはならないが、ノズルを回転して多方向から計測するときには、特に測定対象が超小形の場合、測定に使用する光軸とノズルの回転軸間の精度と トワイマン・グリーン干渉計の空間分解能が高いため、噴流自身からの音波と光学系との干渉の低減の 2 点が重要になる。現有の超音速風洞で上記 に対応できるように、トワイマン・グリーン干渉計の光学系を構築し、軸の精度の影響を受けにくい光学系にした。これらの装置を用い、等間隔に回転させた超小形の先細ノズルとラバルノズルからのマッハディスクを伴う不足膨張噴流に対して、レインボーシュリーレン偏向法を用いて密度場を得た場合と、トワイマン・グリーン干渉計の写真からコンピュータトモグラフィの原理に基づいて解析した場合の密度場を求め、両者を比較検討した。なお、コンピュータトモグラフィの原理に基づく画像解析は LabVIEW に自作の追加プログラムを用いて行った。また、実験と同じ条件で、汎用数値計算ソフトウェア AnsysFluent による数値計算を行った。

供試ノズルによる実験値、数値計算結果、過去の実験結果に加え、研究期間後半で行った既存のカメラよりも高解像度のカメラを用いた実験、他の可視化法の実験結果を比較検討することにより、不足膨張状態の矩形先細ノズルからのマイクロ噴流を高空間分解能で計測し、噴流の 3 次元密度場の構造を調べた。

4. 研究成果

本研究では、不足膨張状態の矩形先細ノズルからのマイクロ噴流を高空間分解能で計測し、噴流の 3 次元密度場の構造を調べた。その結果、以下の結論を得た。

・ノズル圧力比 p_{os}/p_b が 4 の状態では、噴流の中心軸に対して垂直な断面における密度場の形状は、ノズル出口から下流方向に向かうにつれて正方形からひし形に変化し、再び正方形へと変化する。矩形ノズルからの低速の亜音速噴流で観測されるこのアクシススイッチング現象が矩形ノズルからの超音速噴流でも生じる。ただし、その現象の原因は噴流境界に発達するせん断層内部の渦構造に起因するものではなく、膨張波によって誘起されると考えられる。

・ノズル圧力比 p_{os}/p_b がさらに高い 5 ~ 8 の状態では、向かい合う辺の中心を通る対称断面における噴流境界は、ノズル出口から下流方向に向かうにつれて緩やかに外側に広がるが、第 1 ショックセルの下流の噴流境界は複雑な形状を示す。また、第 1 ショックセル内部にマッハステムと遮断衝撃波に挟まれた台形の形状をした低密度領域が現れる。さらに、遮断衝撃波がマッハステムの 3 重点で反射した衝撃波の直後に 3 角形で囲まれる密度の極大値をもつ領域が生じる。(図 2 参照)

・向かい合う頂点の中心を通る対角断面における噴流境界は、ノズル出口直後に初めわずかに広がった後、噴流中心軸方向に収縮し、第 1 ショックセル直後では対称断面とは異なり、流れ方向に平行となる。また、第 1 ショックセル内部のマッハステムと遮断衝撃波で挟まれる低密度の領域は台形の下底が下流方向に凸となる形状となる。(図 2 参照)

・噴流の中心軸に垂直な断面について、マッハステムの上流にひし型形状の等密度線、下流には十字型形状の等密度線が現れる。これらの形状の輪郭はノズル圧力比の増加とともに鮮明になる。上述のひし型と十字型形状は、圧縮波あるいは衝撃波と膨張波の干渉によって生じる。(図 2 参照)

・対称断面と対角断面で観察されるマッハステムは、ノズル圧力比の増加に伴い下流に移動し、長くなる。対称断面におけるマッハステムの中心部は下流に移動するにしたがって下流に凸となる形状になる。しかしながら、対角断面で観察されるマッハステムの形状は圧力比に関係なくほぼ流れに垂直のままである。(図 2 参照)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Sugawara, S., Nakao, S., Miyazato, Yojiro Ishino & Kenji Miki	4. 巻 106
2. 論文標題 Quantitative Flow Visualization of Slightly Underexpanded Microjets by Mach-Zehnder Interferometers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Flow Turbulence Combustion	6. 最初と最後の頁 971-992
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10494-020-00211-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tatsuya Sakanashi, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato and Yojiro Ishino	4. 巻 2
2. 論文標題 Study of Supersonic Microjet from a Square Convergent Nozzle by the Mach-Zehnder Interferometer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational and Experimental Simulations in Engineering	6. 最初と最後の頁 15-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-67090-0_2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fukunaga Ryota, Islam Muhammad Minarul, Awata Yusuke, Nakao Shinichiro, Miyazato Yoshiaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Application of Rainbow Schlieren Deflectometry for Jets from Round Laval Nozzles Followed by Cylindrical Ducts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Flow Control, Measurement & Visualization	6. 最初と最後の頁 15 ~ 27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/jfcmv.2021.92002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ryota Fukunaga, Masatoshi Ezo, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato	4. 巻 -
2. 論文標題 Application of rainbow schlieren tomography for shock-containing rectangular jets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Visualization	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12650-022-00827-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagata Tatsuya, Islam Muhammad Minarul, Miyaguni Takeshi, Nakao Shinichiro, Miyazato Yoshiaki	4. 巻 63
2. 論文標題 Shock-cell spacings of underexpanded sonic jets emerging from elliptic nozzles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00348-022-03463-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimi Shota, Nakao Shinichiro, Miyazato Yoshiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Study of Rectangular Underexpanded Microjets	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Open Journal of Fluid Dynamics	6. 最初と最後の頁 122 ~ 131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ojfd.2023.132010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tashiro Tenta, Fukunaga Ryota, Utsunomiya Daisuke, Nakao Shinichiro, Miyazato Yoshiaki, Ishino Yojiro	4. 巻 64
2. 論文標題 Flow features of underexpanded microjets emerging from a round convergent nozzle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00348-023-03603-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 ISLAM Muhammad Minarul, NAGATA Tatsuya, NAKAO Shinichiro, MIYAZATO Yoshiaki	4. 巻 67
2. 論文標題 Theoretical Study of Slightly Underexpanded Jets from Elliptical Nozzles	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 32 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tjsass.67.32	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 名嘉大樹, 仲尾晋一郎, 宮里義昭
2. 発表標題 遷音速ディフューザ内における衝撃波の振動特性に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第74期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂梨達哉, 仲尾晋一郎, 宮里義昭
2. 発表標題 矩形先細ノズルからの不足膨張音速噴流に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第74回総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福永諒汰, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 超音速マイクロジェットの構造に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第74期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂梨達哉, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 矩形ノズルからの不足膨張マイクロジェットの構造に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会2021年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福永諒汰, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 軸対称ノズルからの不足膨張マイクロジェットの構造に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会2021年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代典大, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 マイクロラバルノズルからの不足膨張超音速噴流の可視化計測
3. 学会等名 日本機械学会2021年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名嘉大樹, 仲尾晋一郎, 宮里義昭
2. 発表標題 遷音速ディフューザ内の衝撃波の非定常特性に関する研究
3. 学会等名 日本航空宇宙学会西部支部講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂梨達哉, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 矩形不足膨張音速噴流の構造に及ぼすノズル圧力比の影響
3. 学会等名 日本航空宇宙学会西部支部講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福永諒汰, 竹下泰史, 仲尾晋一郎, 宮里義昭
2. 発表標題 軸対称先細ノズルからの不足膨張音速噴流の非定常特性
3. 学会等名 日本航空宇宙学会西部支部講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代 典大, 仲尾晋一郎, 宮里義昭, 石野洋二郎
2. 発表標題 軸対称ラバルノズルからの不足膨張マイクロジェット of 構造に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第75期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiju Naka, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 Study on Unsteady Flow Characteristics in Transonic Diffusers
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuya Sakanashi, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato, and Yojiro Ishino
2. 発表標題 Study of square underexpanded microjets
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Fukunaga, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 Study of Underexpanded free jets
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tenta Tashiro, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato, and Yojiro Ishino
2. 発表標題 Experimental Study of Axisymmetric Supersonic Microjets by TGI
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. M. Islam, Ryota Fukunaga, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 Assessment of Linearized Shock-cell Models for Axisymmetric Underexpanded jets by Rainbow Schlieren Deflectometry
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tenta Tashiro, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato, and Yojiro Ishino
2. 発表標題 Preliminary Experiments of Supersonic Microjets by TGI
3. 学会等名 The 33rd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Muhammad Minarul Islam, Tatsuya Nagata, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 THEORETICAL STUDY OF SUPERSONIC ELLIPTIC JETS
3. 学会等名 The 7th International Conference on Jets,Wakes and Separated Flows 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsuya Sakanashi, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato, and Yojiro Ishino
2. 発表標題 Study of Supersonic Microjet from a Square Conver-gent Nozzle by the Mach-Zehnder Interferometer
3. 学会等名 The 27th International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Muhammad Minarul Islam, Tatsuya Nagata, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 THEORETICAL STUDY OF SUPERSONIC ELLIPTIC JETS
3. 学会等名 The 7th International Conference on Jets,Wakes and Separated Flows 2022, PaperNo.ICJWSF2022-D06, 8pages 2022年3月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takumi SAKASHITA, Tatsuya NAGATA, Shinichiro NAKAO, Yoshiaki MIYAZATO
2. 発表標題 Preliminary Experiments of Elliptic Underexpanded Sonic Jets
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Space Technology and Science, PaperNo.2023-e-04, 4pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiromu UENO, Tomohiro MATSUDA, Ryota FUKUNAGA, Tenta TASHIRO, Shinichiro NAKAO, Yoshiaki MIYAZATO
2. 発表標題 Preliminary Study of Flow Structure of Axisymmetric Supersonic Free Jets
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Space Technology and Science, PaperNo.2023-e-03, 3pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryuki NISHI, Itsuki MORITA, Shinichiro NAKAO, Yoshiaki MIYAZATO
2. 発表標題 Preliminary Experiments of Square Supersonic Microjets
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Space Technology and Science, PaperNo.2023-e-07, 4pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masaki OKAJIMA, Takahiro YAMASHITA, Shinichiro NAKAO, Yoshiaki MIYAZATO
2. 発表標題 Numerical Study of Unsteady Transonic Diffuser Flows
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Space Technology and Science, PaperNo.2023-e-06, 2pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Nagata, S. Nakao, Y. Miyazato
2. 発表標題 THREE-DIMENSIONAL FLOW VISUALIZATION OF ELLIPTIC UNDEREXPANDED JETS BY TOMOGRAPHIC RAINBOW SCHLIEREN DEFLECTOMETRY
3. 学会等名 14th International ERCOFTAC Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements, 6pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Yoshimi, S. Nakao and Y. Miyazato
2. 発表標題 THREE-DIMENSIONAL FLOW VISUALIZATION OF RECTANGULAR UNDEREXPANDED MICROJETS BY TOMOGRAPHIC MACH-ZEHNDER INTERFEROMETRY
3. 学会等名 14th International ERCOFTAC Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements, 6pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. UENO, S. NAKAO, Y. MIYAZATO
2. 発表標題 RANS SIMULATIONS OF SUPERSONIC FREE JETS FROM ROUND LAVAL NOZZLES
3. 学会等名 The 33rd International Symposium on Transport, PaperNo.88, 2pages
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryuki Nishi, Ituki Morita, Shinichiro Nakao, Yoshiaki Miyazato
2. 発表標題 RANS SIMULATIONS OF UNDEREXPANDED MICROJETS FROM SQUARE SUPERSONIC NOZZLES
3. 学会等名 The 33rd International Symposium on Transport, PaperNo.86, 3pages
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------