

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901
研究種目：若手研究(A)
研究期間：2017～2020
課題番号：17H04971
研究課題名（和文）相転移予混合気充填法とレーザー点火による気体力学的上限パルスデトネーション作動

研究課題名（英文）Pulse Detonation Operation at kHz Frequency by Liquid-Purge Method and Laser Ignition

研究代表者
松岡 健（Matsuoka, Ken）

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：40710067
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 16,200,000円

研究成果の概要（和文）：デトネーション波（超音速燃焼波）とは、既存燃焼方式では達成できない高い理論熱効率、コンパクトな燃焼器、瞬時高圧生成を実現する。本研究は、独自の手法である液滴パージ法とレーザー点火によって、間欠的なデトネーションサイクル（PDC）の気体力学的上限周波数での作動を目指す。本研究では、PDCの全過程をシュリーレン法および高速度カメラで可視化し、1次元数値計算でモデル化できることを示した。また、従来の作動周波数を1桁向上させた2kHzでのPDC作動を達成した。デトネーション波遷移過程を最小化するため、レーザー点火システムを新たに構築し、投入エネルギーとプラスト波マッハ数の関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義
最も激しい燃焼モードであるデトネーション波を用いると、燃焼サイクルで最高の理論熱効率と高速燃焼による燃焼器の小型化を実現する。そのため、デトネーションエンジンは既存内燃機関の燃焼方式を置換するポテンシャルを有する。本研究の目的である「間欠デトネーションサイクル（PDC）の気体力学上限周波数での作動」によって、既存定常燃焼方式のエンジンとの性能比較が初めて可能となる。また、PDC全過程の可視化およびモデル化は、デトネーションサイクルの複雑な非定常流れを理解し、能動的に制御することにつながる。

研究成果の概要（英文）：Detonation wave (supersonic combustion) can realize the high thermal efficiency, compact combustor and high-pressure gas. The objective of this study is to achieve a pulse detonation cycle operating at the frequency of the gas-dynamic upper limit. This study achieved three results as follows: (1) The whole process of the PDC was observed by Schlieren optical method and modeled by one-dimensional numerical calculation. (2) The PDC at a operating frequency of 2 kHz without purge material was demonstrated. (3) The laser ignition system for promoting deflagration-to-detonation transition process was applied to PDC. The relationship between Mach number of the shock wave generated by laser breakdown and incident energy of the laser was obtained.

研究分野：航空宇宙推進工学

キーワード：デトネーション パルスデトネーションエンジン 液滴パージ法 レーザー点火

1. 研究開始当初の背景

デトネーションエンジン (DE) は既存燃焼サイクルで最高の理論熱効率[1]と高速燃焼による燃焼器の小型化を実現する。本研究グループは、2013 年のパルス DE の飛行実証[2]および 2015 年の回転 DE の滑走試験を成功させた[3]。2021 年 7 月には、世界初の宇宙空間での DE 作動実証試験が計画されている[4]。また、タービン応用を目的とした米国空軍研究所、General Electric[5]、広島大学[6]による 5~10 分の長時間作動によって準熱平衡状態が実現されている。

上記の通り、DE 研究が激しい競争下にある一方、デトネーション波の連続的な生成手法が確立されているとは言い難い。図 1 に示す通り、理想的なパルスデトネーションサイクル (PDC) では不活性ガスを用いない円筒燃焼器内でデトネーション波を連続パルス生成する。既燃ガス排出時間 t_{ex} は燃焼器全長 L_{tube} で気体力学的に決定する[7]。この排出時間のみで決定する PDC の気体力学的上限周波数 ($f_{upper} = 1/t_{ex} \propto 1/L_{tube}$) で推力密度が最大となり、初めて定常燃焼方式である既存内燃機関との比較が可能となる。

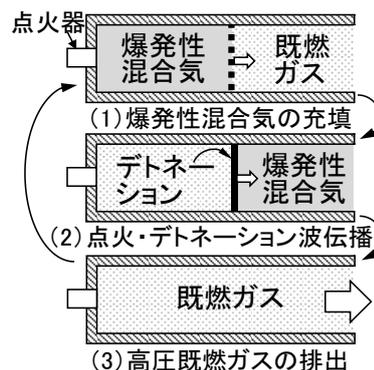


図 1 理想的な PDC

2. 研究の目的

本研究の目的は、気体力学的上限周波数を実現する PDC 作動手法を確立することである。図 2 に、本研究が提案するセミバルブレス PDC を示す。時刻 $t = t_1$ において、左から供給されている酸化剤中に側面から燃料を噴霧し、その下流側に爆発性混合気を生成する。時刻 $t = t_2$ において、生成された爆発性混合気を着火しデトネーション波を生成する。時刻 $t = t_3$ において、デトネーション波によって生成された高圧既燃ガスによって一時的に酸化剤の供給を停止させる。時刻 $t = t_4$ において、燃焼器出口 (燃焼器の右端) からの膨張波によって内部圧力が減少し酸化剤の供給が再開する。以上の過程を繰り返すことでデトネーション波を間欠的に生成する。本研究では、以下の 3 つの研究目的を設定した。

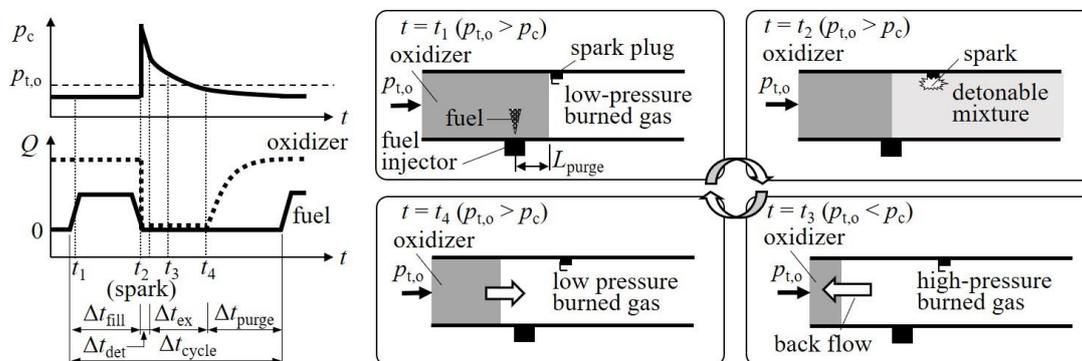


図 2 提案するセミバルブレス PDC

左：燃焼器内部圧力 (上) と流量 (下) の時間履歴
右：各時刻における燃焼器内部ガス成分分布

(1) セミバルブレス PDC の内部流動の解明

実際のセミバルブレス PDC では、デトネーション遷移過程 (DDT) や混合気の自着火など、図 2 の理想的な作動と異なる非理想的な現象のため作動周波数が制限される。本研究では、まずセミバルブレス PDC における全過程を直接可視化することで内部流動を理解し、モデル化する。

(2) 気体力学的上限周波数での PDC 作動に向けた課題抽出

本研究では、燃焼器長さで決定する気体力学的上限周波数に対して阻害する原因を特定する。また、従来の手法では達成できない、PDC 作動周波数を 1 桁向上させることを実証する。

(3) デトネーション波遷移過程の短縮

本研究の最終目的に対して、DDT 過程に要する距離や時間の短縮は最も難しい課題である。本研究では、レーザー一点火によって生成されたプラスト波 (強い衝撃波) と壁を干渉させることで DDT を短縮する手法を提案する。まず静止予混合気での点源着火試験によってレーザー一点火の基本特性およびプラスト波の強さ (マッハ数) を把握する。

3. 研究の方法

(1) 正方形断面を有する長方形燃焼器の側面を透明壁面とし、PDC中の燃焼器内部流動をシュリーレン光学可視化する。長時間撮影可能な高速度カメラによって、時間スケールの異なる混合気充填過程や既燃ガス排気過程 (1 ms オーダー) と DDT 過程 (50 μ s オーダー) を包括する PDC 全体を把握し、数値計算との比較により 1 次元流れとしてモデル化する。

(2) 直管燃焼器長さ L_{tube} (気体力学的上限周波数) が異なる 2 つの燃焼器を用いた PDC 高周波数作動試験と 1 次元数値解析を実施する。安定作動に必要な酸化剤バッファ層厚さ (図 2 右の L_{buffer}) を定量的に示し、バッファ層形成に必要な時間が PDC の 1 サイクルにおける占有時間が小さいことを確認する。加えて、燃料噴霧に応答時間 50 μ s のピエゾ型インジェクタを導入し、従来の作動周波数を 1 桁大きい 2000 Hz での PDC 作動が可能であることを実証する。

(3) 爆発性混合気の点火用として新たにレーザー点火装置を導入し、入射エネルギーを変更可成な光学系を構築する。静止予混合気による単一着火燃焼試験装置を製作し、最短フレーム間隔 500 ns で撮影可能な高速度カメラでレーザーブレイクダウン直後の強いブラスト波とその背後の火炎面の挙動を捉える。レーザー入射エネルギー (ブラスト波のマッハ数) を変化させ、反射衝撃波一火炎面の干渉現象を可視化し、DDT 短縮の可能性を探求する。

4. 研究成果

(1) 図 3 にセミバルブレス PDC における燃焼器内部流動を示し、シュリーレン画像の $x-t$ 線図 (左) とその模式的な絵 (右) である (Kubota et al., *Combustion and Science Technology*, 2018)。デトネーション波 (図中の DW) の伝播、デトネーション波によって発生した高圧既燃ガスの逆流と排気過程、既燃ガスと酸化剤の接触不連続面 (図中の CS)、複数の衝撃波が確認できた。この結果から、既燃ガス排気時間が DDT 過程に必要な時間に対して十分大きい条件では、DDT 過程を無視した 1 次元数値計算が実験結果をよく再現することが示された。本研究によって、セミバルブレス PDC における内部流動が明らかになり、気体力学的上限周波数達成に向けた基礎的な知見を得ることに成功した。

(2) 燃焼器全長が 80 mm の Type L と 40 mm の Type S の燃焼器を用いて、高周波数 PDC 作動実験および 1 次元数値計算を比較することで、安定作動に必要な酸化剤バッファ層厚さを定量的に求めた (Matsuoka et al., *Combustion and Flame*, 2019)。図 4 は、横軸にバッファ層厚さ L_{purge} 、縦軸は PDC 成功率 β である。図中の \square は Type L、 \bullet は Type S での成功率を示しており、 L_{purge} がおよそ 20 mm で成功率が向上することが示された。20 mm のバッファ層を形成するのに必要な時間は、PDC の 1 サイクルに要する時間の 10% 程度であり、作動周波数に大きく影響しないことが明らかになった。また、同じバッファ層厚さで見ると、Type S がより成功率が高い結果となった。これは、より長い燃焼器では既燃ガスが排気されるまでの時間がより長いため、燃焼器下流での自着火の確率が高くなったことが原因と考えられる。この結果から、より短い燃焼器ではより少ないバッファ層で安定作動する新しい知見が得られた。本実験では、DDT 距離に約 20 mm の距離を有しており、Type S では燃焼器の 50% を DDT 過程に使用している。この結果から、気体力学的上限周波数に近づけるためには、従来の 10mJ クラスの火花点火に変わる新しい点火方式によって DDT 過程に要する時間、距離を 1/10 以下にする必要があることが示された。また、Type S において、最高作動周波数 1916 Hz を達成し、従来の作動周波数を 1 桁向上させることに成功した。

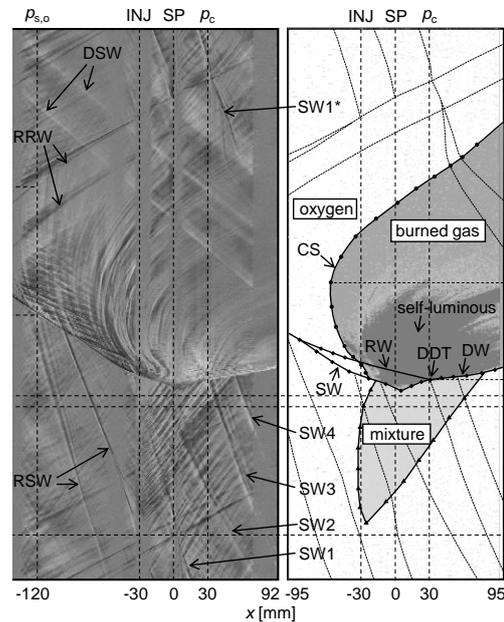


図 3 PDC 作動中の燃焼器内部流れシュリーレン画像 $x-t$ 線図 (左) 各ガス層接触面の $x-t$ 線図 (右)

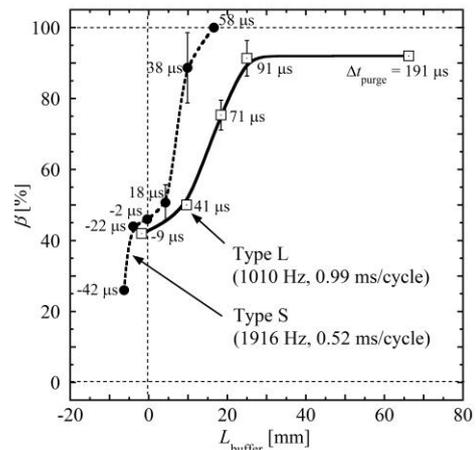


図 4 酸化剤バッファ層厚さと PDC 成功率の関係

(3) 図5に、レーザー着火時のシュリーレン画像とその模式図を示す (Sato et al., 2020 年度衝撃波シンポジウム, 2021). 一辺 10 mm の正方形断面を有する燃焼器内に 100 kPa の予混合気を充填し、200 mJ のレーザーブレイクダウンを起こした際のシュリーレン画像である。レーザーブレイクダウンから 3.4 μ s 後では、ブラスト波とその背後から追従する火炎面が確認された。また、燃焼器下面でも衝撃波と火炎面が確認され、これは、透過したレーザーが壁面に衝突し金属アブレーションが発生したためだと考えられる。時間の経過とともに衝撃波と火炎面が分離し、先に衝撃波が壁に衝突・反射した。この反射衝撃波と火炎が干渉し、火炎面が大きく乱れる様子が確認され、レーザーブレイクダウン着火によって DDT 過程の促進が示唆された。また、図6にはレーザー入射エネルギーを変化させたときの点火源から球状に拡大する衝撃波のマッハ数を示している。この結果、点火源から 1 mm の領域ではマッハ 5 程度の強い衝撃波が形成されていることが確認された。今後は、より閉鎖空間での着火、壁面形状の変化、レーザーの強みである多点着火の実験を実施し、DDT 過程の短縮機構を提案・解明する。

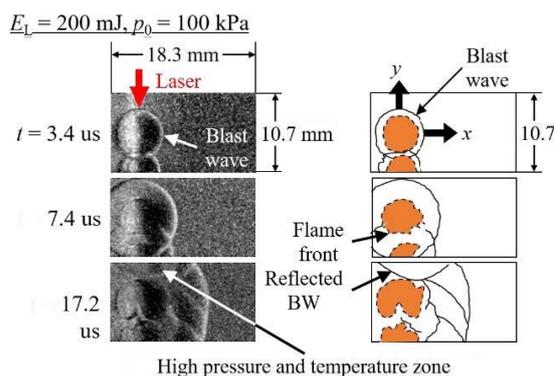


図5 レーザー点火後の衝撃波と火炎の干渉 (投入エネルギー200 mJ, 爆発性混合気圧力 100 kPa)

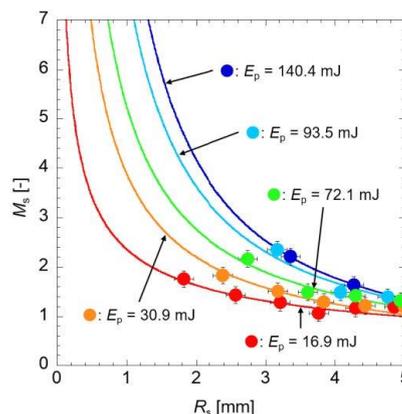


図6 点火源から衝撃波先頭面までの距離 R_s と衝撃波マッハ数の関係

(4) 本研究期間中に、新しいデトネーションサイクルである反射往復デトネーションサイクルを提案し、その現象を実験的に確認した[8]。本サイクルは、2つの反射壁面で反射を繰り返しながらデトネーション伝播を維持するサイクルである。回転デトネーションサイクルと異なり、燃焼器内部流動を光学可視化可能であり、より連続的なデトネーション伝播機構の解明につながる学術的に重要なサイクルである。

<引用文献>

- [1] T. Endo, T. Yatsufusa, S. Taki, J. Kasahara, Thermodynamic Analysis of the Performance of a Pulse Detonation Turbine Engine, Science and Technology of Energetic Materials, Vol. 65, No. 4, 2004, 103–110
- [2] K. Matsuoka, T. Morozumi, S. Takagi, J. Kasahara, A. Matsuo, and I. Funaki, Flight Validation of a Rotary-Valved Four-Cylinder Pulse Detonation Rocket, Journal of Propulsion and Power, Vol. 32, No. 2, 2016, 383–391
- [3] K. Goto, Y. Kato, K. Ishihara, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki, D. Nakata, K. Higashino, N. Tanatsugu, Thrust Validation of Rotating Detonation Engine System by Moving Rocket Sled Test, Journal of Propulsion and Power, Available online 1 Dec. 2020.
- [4] 松岡 健, 笠原 次郎, 松山 行一, 川崎 央, 伊東山 登, 渡部 広吾輝, 後藤 啓介, 他15名, 観測ロケット S-520 31号機プロジェクト:デトネーションエンジンシステムの宇宙実証, 第3回観測ロケットシンポジウム, 2021年3月24-25日, オンライン.
- [5] A. Rasheed, A. H. Furman, A. J. Dean, Experimental Investigations of the Performance of a Multitube Pulse Detonation Turbine System, Journal of Propulsion and Power, Vol. 27, No. 3, 2011, 586–596
- [6] T. Takahashi, A. Mitsunobu, Y. Ogawa, S. Kato, H. Yokoyama, A. Susa, T. Endo, Experiments on Energy Balance and Thermal Efficiency of Pulse Detonation Turbine Engine, Science and Technology of Energetic Materials, Vol. 73, No. 6, 2012, 181–187
- [7] T. Endo, J. Kasahara, A. Matsuo, K. Inaba, S. Sato, T. Fujiwara, Pressure History at the Thrust Wall of a Simplified Pulse Detonation Engine, AIAA Journal, Vol. 42, No. 9, 2004, 1921–1930
- [8] M. Yamaguchi, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, Supersonic Combustion Induced by Reflective Shuttling Shock Wave in Fan-Shaped Two-Dimensional Combustor, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 37, Issue 3, 2019, 3741–3747

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Watanabe Hiroaki, Matsuo Akiko, Chinnayya Ashwin, Matsuoka Ken, Kawasaki Akira, Kasahara Jiro | 4. 巻 887 |
| 2. 論文標題 Numerical analysis of the mean structure of gaseous detonation with dilute water spray | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics | 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) 10.1017/jfm.2019.1018 | 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 Yokoo Ryuya, Goto Keisuke, Kim Juhoe, Kawasaki Akira, Matsuoka Ken, Kasahara Jiro, Matsuo Akiko, Funaki Ikkoh | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Propulsion Performance of Inner-Cylinder-Less Rotating Detonation Engine | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 AIAA Journal | 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) 10.2514/6.2019-1500 | 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 Yatsufusa Tomoaki, Kii Keigo, Miura Naoya, Yamamoto Hiroki, Kawasaki Akira, Matsuoka Ken, Kasahara Jiro | 4. 巻 211 |
| 2. 論文標題 Investigation of the measurement characteristics of a multiple-ion-probe method for a propagating methane/oxygen/nitrogen flame | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Combustion and Flame | 6. 最初と最後の頁 112 ~ 123 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2019.09.022 | 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 Goto Keisuke, Nishimura Junpei, Kawasaki Akira, Matsuoka Ken, Kasahara Jiro, Matsuo Akiko, Funaki Ikkoh, Nakata Daisuke, Uchiyumi Masaharu, Higashino Kazuyuki | 4. 巻 35 |
| 2. 論文標題 Propulsive Performance and Heating Environment of Rotating Detonation Engine with Various Nozzles | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power | 6. 最初と最後の頁 213 ~ 223 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B37196 | 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 Kubota Akiya, Matsuoka Ken, Kawasaki Akira, Kasahara Jiro, Watanabe Hiroaki, Matsuo Akiko, Endo Takuma | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Optical Measurement of Fluid Motion in Semi-Valveless Pulse Detonation Combustor with High-Frequency Operation | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Combustion Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 1~16 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00102202.2018.1559837 | 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 Matsuoka Ken, Taki Haruna, Kawasaki Akira, Kasahara Jiro, Watanabe Hiroaki, Matsuo Akiko, Endo Takuma | 4. 巻 205 |
| 2. 論文標題 Semi-valveless pulse detonation cycle at a kilohertz-scale operating frequency | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Combustion and Flame | 6. 最初と最後の頁 434~440 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2019.04.035 | 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 Watanabe Hiroaki, Matsuo Akiko, Matsuoka Ken, Kawasaki Akira, Kasahara Jiro | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Numerical investigation on propagation behavior of gaseous detonation in water spray | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 3617~3626 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2018.07.092 | 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 Kawasaki Akira, Inakawa Tomoya, Kasahara Jiro, Goto Keisuke, Matsuoka Ken, Matsuo Akiko, Funaki Ikkoh | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Critical condition of inner cylinder radius for sustaining rotating detonation waves in rotating detonation engine thruster | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 3461~3469 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2018.07.070 | 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 Yamaguchi Masato, Matsuoka Ken, Kawasaki Akira, Kasahara Jiro, Watanabe Hiroaki, Matsuo Akiko | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Supersonic combustion induced by reflective shuttling shock wave in fan-shaped two-dimensional combustor | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 3741 ~ 3747 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2018.06.210 | 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 Matsuoka Ken, Takagi Shunsuke, Kasahara Jiro, Matsuo Akiko, Funaki Ikkoh | 4. 巻 34 |
| 2. 論文標題 Validation of Pulse-Detonation Operation in Low-Ambient-Pressure Environment | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power | 6. 最初と最後の頁 116 ~ 124 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36401 | 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 S. Nakagami, K. Matsuoka, J. Kasahara, Y. Kumazawa, J. Fujii, A. Matsuo, I. Funaki | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Experimental Visualization of the Structure of Rotating Detonation Waves in a Disk-Shaped Combustor | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power | 6. 最初と最後の頁 80-88 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36084 | 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 K. Matsuoka, K. Muto, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo and T. Endo | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Development of High-Frequency Pulse Detonation Combustor without Purging Material | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power | 6. 最初と最後の頁 43-50 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36068 | 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 S. Nakagami, K. Matsuoka, J. Kasahara, A. Matsuo, I. Funaki | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 Experimental Study of the Structure of Forward-Tilting Rotating Detonation Waves and Highly Maintained Combustion Chamber Pressure in a Disk-Shaped Combustor | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 2673-2680 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2016.07.097 | 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 K. Matsuoka, K. Muto, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, T. Endo | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 Investigation of Fluid Motion in Valveless Pulse Detonation Combustor with High-Frequency Operation | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 2641-2647 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2016.07.069 | 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 J. Fujii, Y. Kumazawa, A. Matsuo, S. Nakagami, K. Matsuoka, J. Kasahara | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 Numerical Investigation on Detonation Velocity in Rotating Detonation Engine Chamber | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute | 6. 最初と最後の頁 2665-2672 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2016.06.155 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計65件 (うち招待講演 3件/うち国際学会 24件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Yamaguchi, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo |
| 2. 発表標題 Mode Classification of Combustion and Propulsive Performance of Reflective Shuttling Detonation Combustor |
| 3. 学会等名 AIAA SciTech 2020 Forum (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Sato, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara |
| 2. 発表標題 Experimental Study on Shortening Deflagration-to-Detonation Transition by Nanosecond Laser Ignition |
| 3. 学会等名 AIAA SciTech 2020 Forum (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Sato, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara |
| 2. 発表標題 Experimental Study on Deflagration-to-Detonation Transition Shortening by Nanosecond Pulsed Laser Ignition |
| 3. 学会等名 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田口 知哉, 山口 聖人, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子 |
| 2. 発表標題 反射往復型デトネーションエンジンの推進性能評価 |
| 3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 野田 朋之, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎 |
| 2. 発表標題 パルスデトネーションエンジンにおける混合気再充填過程に関する実験的研究 |
| 3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 松岡 健 |
| 2. 発表標題 反射往復デトネーションロケットエンジンの推進性能評価 |
| 3. 学会等名 令和元年度航空宇宙空力シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山口 聖人, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子 |
| 2. 発表標題 平行2平面矩形デトネーション燃焼器内における燃焼形態とその推進性能 |
| 3. 学会等名 第57回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松岡 健, 田中 聖也, 川崎 央, 笠原 次郎, 八房 智顯 |
| 2. 発表標題 既燃ガス逆流を含む回転デトネーションサイクルに関する実験研究 |
| 3. 学会等名 第57回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤 朋之, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎 |
| 2. 発表標題 ナノ秒パルスレーザーを点火源としたデトネーション遷移過程短縮に関する実験研究 |
| 3. 学会等名 第51回流体力学講演会 / 第37回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松岡 健, 山口 聖人, 田中 聖也, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子 |
| 2. 発表標題 反射往復型爆轟ロケットエンジンの燃焼形態および推進性能に関する研究 |
| 3. 学会等名 第51回流体力学講演会 / 第37回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Matsuoka |
| 2. 発表標題 Reflective Shuttling Detonation Cycle in a Fan-Shaped Two-Dimensional Combustor |
| 3. 学会等名 2018 International Workshop on Detonation for Propulsion (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Taki, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, T. Endo |
| 2. 発表標題 Study on Burned Gas Purge Process with the Detonable Mixture for High-Frequency Pulse Detonation Cycle |
| 3. 学会等名 37th International Symposium on Combustion (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 M. Yamaguchi, K. Matsuoka, A. Kawasaki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo |
| 2. 発表標題 Supersonic Combustion Induced by Reflective Shuttling Shock Wave in Fan-Shaped Two-Dimensional Combustor |
| 3. 学会等名 37th International Symposium on Combustion (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Matsuoka, M. Yamaguchi, A. Kawasaki, J. Kasahara |
| 2. 発表標題 Study on a reflective shuttling detonation combustor |
| 3. 学会等名 The 15th International Space Conference of Pacific-basin Societies (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤 朋之, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎 |
| 2. 発表標題 レーザー点火時に発生する球状衝撃波の挙動に関する実験研究 |
| 3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松岡 健, 田中 聖也, 山口 聖人 |
| 2. 発表標題 扇形燃焼器中を反射往復伝播する高速燃焼波に関する実験研究 |
| 3. 学会等名 平成30年度航空宇宙空力シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 瀧 春菜, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子, 遠藤 琢磨 |
| 2. 発表標題 液体燃料を用いたパルスデトネーションサイクルの高周波数作動に関する実験的研究 |
| 3. 学会等名 第55回日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋期大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中 聖也, 瀧 春菜, 山口 聖人, 松岡 健, 笠原 次郎, 川崎 央, 笠原 次郎 |
| 2. 発表標題 イオンプローブを用いた新たなデトネーション燃焼検出技術の基礎研究 |
| 3. 学会等名 第56回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松岡 健, 山口 聖人, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子 |
| 2. 発表標題 反射往復伝播するデトネーション波に関する可視化実験 |
| 3. 学会等名 第50回流体力学講演会 / 第36回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Matsuoka |
| 2. 発表標題 Study on a Pulse and Reciprocating Detonation Cycle |
| 3. 学会等名 2017 International Workshop on Detonation for Propulsion (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Matsuoka |
| 2. 発表標題 Study on a High-Frequency Pulse Detonation Operation |
| 3. 学会等名 International Constant Volume and Detonation Combustion Workshop (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Taki, N. Hirota, K. Matsuoka, K. Akira, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, and T. Endo |
| 2. 発表標題 Pulse Detonation Operation at Kilohertz Frequency |
| 3. 学会等名 26th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Taki, K. Takao, N. Hirota, K. Matsuoka, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, and T. Endo |
| 2. 発表標題 Investigation of High - Frequency Pulse Detonation Cycle with Fuel Phase Transition |
| 3. 学会等名 31st International Symposium on Shock Waves (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山口 聖人, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子 |
| 2. 発表標題 扇形平行2平面燃焼器内を往復伝播するデトネーション波に関する実験的研究 |
| 3. 学会等名 平成29年度衝撃波シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 瀧 春菜, 松岡 健, 川崎 央, 笠原 次郎, 渡部 広吾輝, 松尾 亜紀子, 遠藤 琢磨 |
| 2. 発表標題 パルスデトネーション燃焼器の高周波数作動に関する実験的研究 |
| 3. 学会等名 第49回流体力学講演会 / 第35回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 K. Matsuoka, H. Taki, J. Kasahara, H. Watanabe, A. Matsuo, and T. Endo | 4. 発行年 2017年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 239 |
| 3. 書名 Detonation Control for Propulsion: Pulse Detonation and Rotating Detonation Engines (Shock Wave and High Pressure Phenomena) | |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 J. Kasahara, Y. Kato, K. Ishihara, K. Goto, K. Matsuoka, A. Matsuo, I. Funaki, H. Moriai, D. Nakata, K. Higashino, and N. Tanatsugu | 4. 発行年 2017年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 239 |
| 3. 書名 Detonation Control for Propulsion: Pulse Detonation and Rotating Detonation Engines (Shock Wave and High Pressure Phenomena) | |

〔出願〕 計1件

| | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 燃焼装置 | 発明者 松岡 健, 山口 聖人 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-232418 | 出願年 2017年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

| |
|--|
| 推進エネルギーシステム工学研究グループ http://www.prop.nuae.nagoya-u.ac.jp/ 研究代表者個人業績 http://www.prop.nuae.nagoya-u.ac.jp/member03.html |
|--|

| | | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|
| 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 |
|---------|---------|
|---------|---------|