

平成 28年度 助成

氏名:松岡 健



研究 終了 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	パルスデトネーション制御技術の確立とキロヘルツ作動実証
研究の結果	燃料・酸化剤の予混合気中を超音速で伝播するデトネーション波を用いると、燃焼器の小型化や高熱効率化、システム全体の簡素化が可能である。本研究では、デトネーション波を間欠的に発生させるパルスデトネーションサイクル(以下、PDC)に注目し、その繰り返し周波数を極限まで高める研究を実施した。2年間の研究で、高速燃料噴射および新しいPDC運転手法によって1916ヘルツのPDCを実証し、更なる高周波数化のための具体的課題(点火直後の火炎加速、さらなる高速燃料噴霧と高速混合手法)を抽出することが出来た。詳細な研究成果を以下に示す。 平成28年度は、新しい燃料噴霧系として、自動車のディーゼルエンジンに使用されているピエゾ型燃料インジェクタ(Bosch)およびその制御系(National Instruments)を導入した。高速度カメラを用いた液体エチレンの噴霧可視化実験を実施し、噴霧ON信号に対して約30マイクロ秒、噴霧OFF信号に対して約100マイクロ秒の応答遅れを実現した。この結果、従来のソレノイド型燃料インジェクタ(200~400マイクロ秒)に対して応答性が1桁改善され、インジェクタ単体で3000ヘルツ程度の繰り返し周波数まで追従可能であることが示された。次に、このピエゾインジェクタと申請者が独自に提案したPD運転手法(特願2015-251952)を用いた高周波数作動実験を実施した。その結果、酸化剤供給圧力を増加させることで点火からデトネーション波に遷移するまでのDDT時間・距離を著しく短縮できることを初めて示し、更なる高周波数化に向けた重要な成果を得た。また、7サイクルであるが約2000ヘルツのPDCを達成し、従来の周波数のオーダーを一桁向上させた。 平成29年度は、可視化実験を中心に、PDCサイクル中の燃焼器内部流動を詳細に調査し、高周波数化に向けた具体的課題の抽出を行った。数値計算と可視化実験との比較により、燃焼器内部流動が1次元数値計算で高精度で再現できることを確認し、PDCの気体力学的上限周波数が燃焼器長さに反比例することが明らかになった。実証実験として、全長40mmの燃焼器を用いた1916ヘルツ作動を実施し、安定したPDC作動を確認した。この燃焼器長さの短縮に伴い、DDT距離の短縮(燃焼器全長>>DDT距離)が次の研究課題であり、混合気高圧化と同時に数マイクロ秒での短時間点火エネルギー注入による初期火炎加速の研究を実施する予定である。 本研究によって、PDCで強力空中超音波(20キロヘルツ以上)を実現できる可能性が示唆された。本技術の確立は、推進器・医療・流体制御・建築等の多くの分野への展開が期待される。
研究発表 (実績)	●査読付き学術論文9件(申請者に下線) 1. K. Matsuoka, S. Takagi, J. Kasahara, A. Matsuo, and I. Funaki "Validation of Pulse Detonation Operation in Low-Ambient-Pressure Environment," <i>Journal of Propulsion and Power</i>, Vol. 34, No. 1, pp. 116-124, 2018. 2. T. Endo, その他5名, K. Matsuoka, "Reduction of air flow rate for pulse-detonation-turbine-engine operation by water-droplet injection," <i>Journal of Thermal Science and Technology</i>, Vol. 11, No2, 2016, Paper No.16-00322. 3. S. Nakagami, K. Matsuoka, その他5名, "Experimental Visualization of the Structure of Rotating Detonation Waves in a Disk-Shaped Combustor," <i>Journal of Propulsion and Power</i>, Vol. 33, Special Section on Pressure Gain Combustion, pp. 80-88, 2017. 4. J. Fujii, その他3名, K. Matsuoka, J. Kasahara, "Numerical Investigation on Detonation Velocity in Rotating Detonation Engine Chamber," <i>Proceedings of the Combustion Institute</i>, Vol. 36, Issue 2, pp. 2665-2672, 2017. 5. S. Nakagami, K. Matsuoka, その他3名, "Experimental Study of the Structure of Forward-Tilting Rotating Detonation Waves and Highly Maintained Combustion Chamber Pressure in a Two-Parallel-Plane Combustor," <i>Proceedings of the Combustion Institute</i> (accepted on March 29th, 2016). 6. K. Matsuoka, その他5名, "Investigation of Fluid Motion in Valveless Pulse Detonation Combustor with High-Frequency Operation," <i>Proceedings of the Combustion Institute</i>, Vol. 36, Issue 2, pp. 2641-2647, 2017. 7. K. Matsuoka, その他5名, "Development of High-Frequency Pulse Detonation Combustor without Purging Material," <i>Journal of Propulsion and Power</i>, Vol. 33, pp. 43-50, 2017. 8. T. Endo, その他5名, K. Matsuoka, T. Hanafusa, S. Mizunari "Thermal Spray using a High-Frequency Pulse Detonation Combustor Operated in the Liquid-Purge Mode," <i>Journal of Thermal Spray Technology</i>, Vol. 25, Issue 3, pp. 494-508, 2016 9. K. Matsuoka, その他5名, "Flight Validation of a Rotary-Valved Four-Cylinder Pulse Detonation Rocket," <i>Journal of Propulsion and Power</i>, Vol. 32, No. 2, pp. 383-391, 2016. ●受賞: 第26回(平成28年度)日本航空宇宙学会 奨励賞 ●その他: 国内特許:1件, 招待講演(国際):3件, 国際学会発表:21件, 国内学会発表:50件 詳しくは個人HP (http://www.prop.nuae.nagoya-u.ac.jp/member03.html)をご参照ください。

提出期限: 研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書(原本)」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。