

メタン予混合燃焼制御解析

Study on Methane Premixed Combustion Control

青山学院大学 林 光一, 佐藤 博之, 遠藤 崇, 安並 義勝, 吉見 修一
航空宇宙技術研究所 小川 哲

スワールバーナーを用いたメタン予混合燃焼の制御について, 二次噴射による制御システムを構築し, その能動制御システムの開発を行った. 平成 14 年度の研究成果としては, スワールバーナーによる新しい二次噴射システムを開発し (Fig.1), スワール火炎の燃焼形態図を特定し, FFT 解析 (Fig.2) や OH-PLIF によるスワール火炎の空間形状 (Fig.3) を調べ, その受動制御を示し, 現在, 制御関数を求めて能動制御を開発中である.

二次噴射システムでは, ノズル部に延長管を付けることで流れの乱れによる振動要素を取り除き, スワラハブ部に加工された小孔より半径方向外向きに空気を噴出した. スワールは 12 枚羽で, 15, 30, 45 度のスワール角のものを用いた.

スワール火炎の燃焼形態図を得ることで, 本システムの安定 / 不安定領域が明確になり, どの方向に制御を考えれば良いかが明確になった. 今回のスワール火炎に対しては, 6 種類の形態に分類することができた. また, 希薄側の振動燃焼と過濃側の振動燃焼では, 振動の形態が異なることが確認された.

ノズル延長管を取り付けることにより比較的低周波の振動燃焼について, 騒音レベルを低減することが FFT 解析の結果から分かった. Fig.2 は延長管なしの場合の結果であるが, 低周波数 ($f < 200\text{Hz}$) を基本周波数に持つ振動スペクトルは, 流体力学的な要因で生じている可能性が示唆された. また, 400Hz 付近の振動燃焼騒音については, 燃焼室内での気柱振動の可能性が高いことが確認された. さらに, 4 つのシート光による 3D OH-PLIF 計測においては, 振動燃焼時の保炎の様子を解析し, 燃焼反応はスワール翼の前鋭の領域で強いことが分かった (Fig.3). また, Fig.2 における低周波の振動燃焼および高周波の振動燃焼で, 火炎の保炎の様子が異なることが確認された.

振動火炎に対して二次的な空気の流れを付加することにより, 火炎を安定化させるパッシブ制御方法が開発・提案された. 半径方向外向きに極微量の空気を噴出することにより, その噴出角度に依らず振動火炎を安定化させることに成功した. この方法は, 化学反応による熱的作用および流体的作用により生じていると示唆される比較的低周波の振動燃焼はもちろんのこと, 気柱振動が発生した場合においても有効であり, 何で振動火炎を制御するかという問題に対して, 非常に有用な結果であると考えられる.

フィードバック制御においては, 振動燃焼を感知し (入力), 安定な火炎に導く (出力) ための操作量を決める, つまり制御量を調節する信号処理 (制御器) の開発が重要である. 現在, 制御器設計の基となる伝達関数の計測を終え, システム同定の作業を行っている.

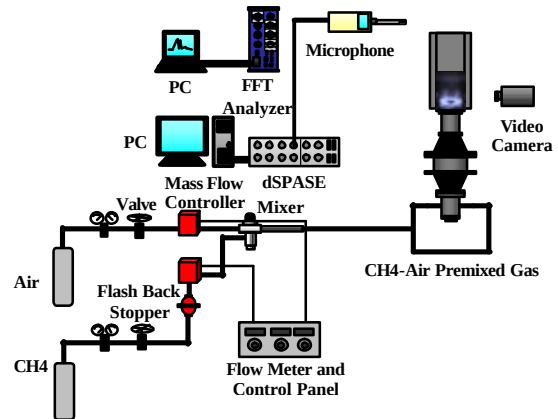


Fig.1 Experimental apparatus

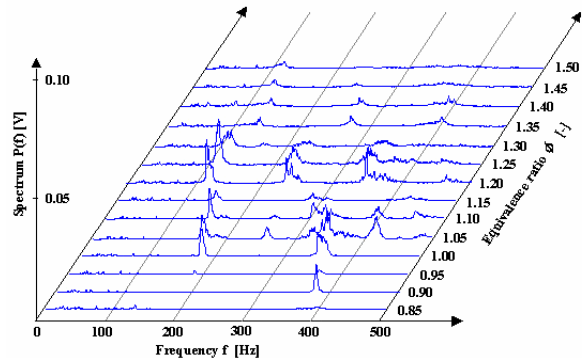


Fig.2 Characteristics of oscillatory frequency

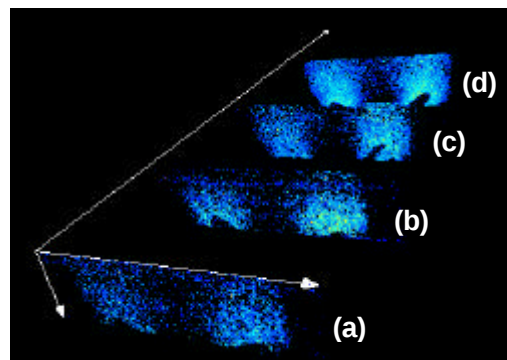
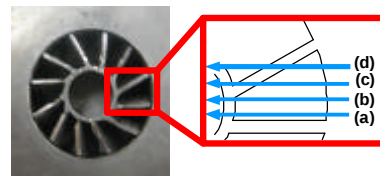


Fig.3 3D OH-PLIF images