

CH-OH PLIF / Stereoscopic PIV 同時計測による乱流火炎計測と振動燃焼制御

Measurements of Turbulent Flames and Control of Oscillating Combustion and Noise

東京工業大学大学院 宮内, 店橋

宇宙航空研究開発機構 崔

1. はじめに

高効率・低環境負荷燃焼器を開発するには, 予混合燃焼の際に問題となる振動燃焼及び燃焼騒音などを予測し, それらを制御することが重要である. 本研究では, 平面レーザー励起蛍光法(PLIF)による CH と OH の濃度計測と Stereoscopic 粒子画像流速計(PIV)による 3 次元速度の同時計測法を確立し, 乱流火炎構造と振動燃焼特性との関係を明らかにし, それらに基づく乱流燃焼制御法を確立することを目的としている. 本研究では, 二次燃料噴射を制御手法として採用し, 低 NO_x 及び超希薄燃焼を実現する.

2. CH-OH PLIF/Stereoscopic PIV 同時計測による乱流火炎構造の計測

乱流火炎の構造を解明し, 乱流燃焼場における熱発生率の変動特性を明らかにするために, 昨年度は乱流火炎において CH と OH の PLIF 同時計測を行い, 乱流強度と当量比に対する火炎構造の変化を明らかにした. 本年度は複雑な乱流予混合火炎の構造より詳細に検討するために, CH-OH PLIF と Stereoscopic PIV の同時計測法を確立した. 計測は四つのレーザー・システムと 2 台の ICCD カメラ(CH 及び OH PLIF 用)及び 2 台の CMOS カメラ(Stereoscopic PIV 用)を用いて行った. CH-OH PLIF 計測では, 昨年度と同じ励起バンドを用いた. Stereoscopic PIV の計測システムは, ダブルパルス Nd:YAG レーザ(532nm, 100mJ/6ns), 2 台の CMOS カメラ(Vision Research, Phantom V5.0)及び光学系から構成される. シ

ード粒子には, 平均直径 0.18 μ m の Al₂O₃ を用い, 粒子の散乱光は, フィルタ(中心波長 532.9nm, 半値幅 2.1nm)を用いて背景光を除去した後, 2 台の CMOS カメラにより撮影され, 得られた粒子画像から三次元速度場を算出した. 図 1 は $f=1.0$ における CH-OH PLIF/Stereoscopic PIV の同時計測結果を示している. 図示した結果は 1shot の計測結果であり, 瞬時の乱流火炎の様子を表している. CH-OH PLIF 計測は約 30mm \times 30mm の領域において行われており, 白枠で示した領域が Stereoscopic PIV の計測領域(14.3mm \times 14.3mm)である. ベクトルは x と y 方向の速度成分を示し, カラー分布は z 方向の速度成分の大きさを示している(赤色が高い値). 同一の当量比では, レイノルズ数の増加とともに火炎面の形状は複雑になり, スケールの小さな凹凸が増加していることがわかる. 速度場は非常に複雑な構造を有しているが, 火炎構造との明確な相関は観察されない.

3. 二次燃料噴射による燃焼振動制御

昨年度に引き続き, 本年度は二次燃料噴射弁の周波数制御を行い, 二次燃料噴射周波数と燃焼騒音及び NO_x 排出量との関係を明らかにした. 図 2 は二次燃料の噴射周波数が圧力変動に及ぼす影響を示している. 図中の線は各流量条件で二次燃料噴射を行わない場合の圧力変動値を示している. すべての噴射周波数において圧力変動の低減が実現されている. 特に, 流量が 250 と 300[l/min]の場合, 40Hz で圧力変動は最小値を示している. この周波数は, 燃焼器内の温度を一定と仮定して近似的に算出される固有振動数の 1/4 に対応する. また, 燃焼騒音及び NO_x 計測の結果から, 二次燃料の噴射周波数制御により, 燃焼騒音と NO_x 排出量の低減, 並びに下限可燃範囲の拡張が可能であることを明らかにした. 今後は, CH-OH PLIF/Stereoscopic PIV 同時計測により得られた乱流火炎構造と振動燃焼特性との関係を明らかにし, それらに基づいて二次燃料噴射による振動燃焼の能動制御を行う予定である.

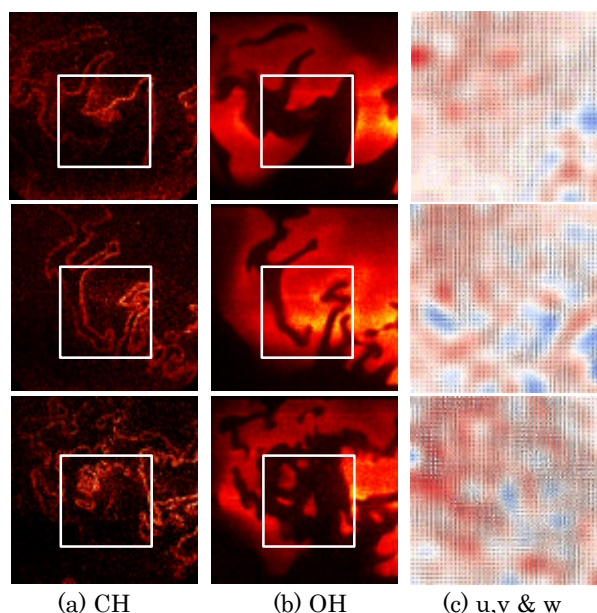


図 1 スワール型モデル燃焼器における CH-OH PLIF / Stereoscopic PIV 同時計測($Re_f=63.1$ (上), 95(中), 115(下))

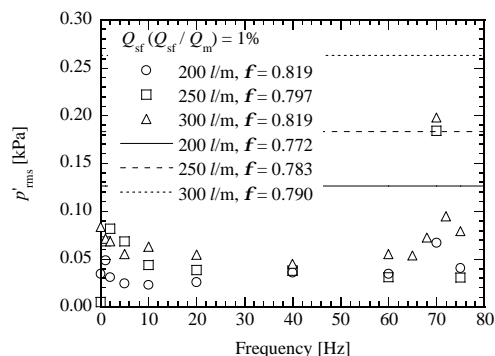


図 2 二次燃料噴射周波数と圧力変動