

ダブルパルス CH PLIF による火炎面移動速度の直接計測

Direct Measurement of Flame Displacement Speed by Double-Pulsed CH PLIF

- 高 翔平, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail:shtaka@navier.mes.titech.ac.jp
 店橋 護, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail:mtanahas@mes.titech.ac.jp
 宮内 敏雄, 東工大, 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail:tmiyauch@mes.titech.ac.jp
 Shohei TAKA, Mamoru TANAHASHI and Toshio MIYAUCHI
 Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology,
 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

Double-pulsed CH planar laser induced fluorescence (PLIF) measurements have been developed to investigate the dynamics of the flame elements in turbulent premixed flames. The direct measurements of flame displacement speed of the flame fronts were conducted in relatively high Reynolds number turbulent premixed flames. By applying cross-correlation method for successive CH images captured with minute time interval, local displacement speeds of flame front are well measured. Displacement speed of the local flame element is of the order of u'_{rms} and probability density functions coincide very well for all Reynolds number cases under the normalization by u'_{rms} .

1. 結論

乱流燃焼モデルにおいて、局所火炎要素の動的特性のモデル化は、乱流燃焼速度の予測精度等に大きな影響を及ぼす。Flameletモデルでは、局所的な火炎要素の移動速度を火炎要素の曲率及び火炎面に作用する接線方向歪み速度の関数として表現するが、それらの関係を直接実験的に検証した研究は殆ど存在しない。乱流火炎の火炎構造を計測する方法として、中間生成物等の平面レーザ誘起蛍光法(PLIF)が頻繁に用いられている。CH ラジカルは火炎面近傍にのみ存在し、火炎面において鋭いピークを示す特性があるため、CH ラジカルを PLIF により火炎面の二次元断面形状を計測することができる⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、通常の PLIF 計測の時間分解能は低いため、乱流中の火炎面の非定常特性を検査することはできない。そこで本研究では、スワール・バーナ上に形成されるメタン・空気乱流予混合火炎に対して、ダブルパルス CH PLIF 計測法を適用し、得られた微小時間間隔異なる火炎面情報から火炎面の移動速度を直接算出することで、乱流予混合火炎の局所火炎要素の幾何学的特性と動的特性の関係等を明らかにすることを目的としている。

2. ダブルパルス CH PLIF 計測システム

本研究で用いたダブルパルス CH PLIF 計測システムの概略を図1に示す。CH の PLIF 計測には、励起バンドとして 390.30nm 付近の $B^2\Sigma - X^2\Pi(0,0)$ 振動バンドの Q1(7.5) 吸収線を、検出バンドとして 420-440nm の $A-X(1,1), (0,0)$ バンドと $B-X(0,1)$ バンドを用いた。計測システムは2組のレーザ・システムと2台の ICCD カメラから構成されており、それぞれのレーザから発振された光は偏光ビームスプリッターにより同一光軸上に導かれ、任意の時間間隔で計測領域に照射される。

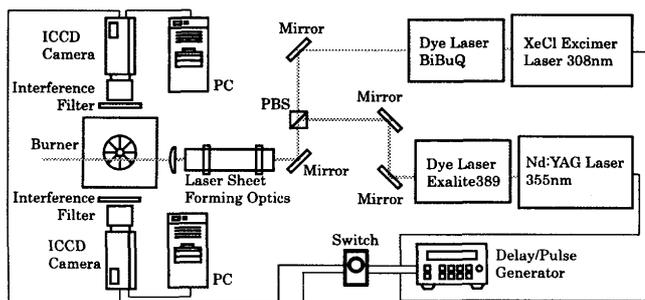


Fig.1 Schematic of the double-pulsed CH PLIF system.

3. 火炎面の移動速度

本研究では、ダブルパルス CH PLIF により得られた微小時間異なる連続した CH ラジカルを蛍光強度分布に対して、粒子画像流速計(PIV)で用いられている相互相関法を適用することで、火炎面の移動速度を直接算出した。図2は $Re_\lambda = 63.1$, $\phi = 1.0$, ダブルパルスの時間間隔 $\Delta t = 30\mu s$ とした場合の連続する CH 蛍光画像と、それらの画像から算出した火炎面の移動速度ベクトル分布を示している。移動速度ベクトルは CH 蛍光画像から特定した火炎面位置においてのみ示してある。移動速度ベクトルの方向は連続する蛍光画像と良く一致しており、本研究で用いた方法により火炎面の移動速度を算出可能であることがわかる。

図3は異なるレイノルズ数の場合に対する計測結果から求めた火炎面移動速度の確率密度関数を示している。火炎面の移動速度は、以前の研究⁽³⁾において PIV により計測された流体速度変動の二乗平均値程度の大きさである。また、移動速度の主流方向成分の確率密度関数は、乱流場の二乗平均変動速度を用いて無次元化するとレイノルズ数に依存しない。

参考文献

- (1) Schefer, R. W. et al., *Proc. Combust. Inst.*, **25**(1994), 1223
- (2) Watson, K. A. et al., *Proc. Combust. Inst.*, **29**(2002), 1905
- (3) Tanahashi, M. et al., *Proc. Combust. Inst.*, **30**(2004), 1665

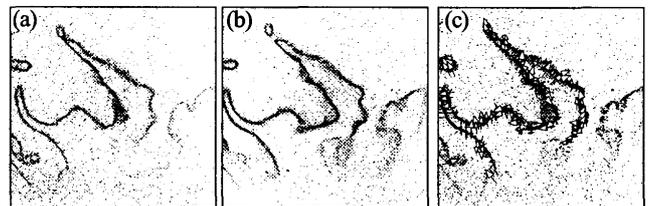


Fig.2 Double-pulsed CH fluorescence images (a), (b) and two component vector map of the flame displacement speed (c) ($Re_\lambda = 63.1$, $\phi = 1.0$, $\Delta t = 30\mu s$).

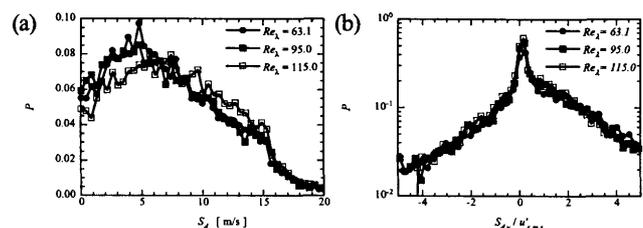


Fig.3 Probability density functions of the flame displacement speed (a) and the streamwise component of the flame displacement speed (b).