

O109

レーザースペックル法による振動性予混合火炎の温度分布測定

(山口大工) (正) 田之上 健一郎*, 小倉 祐斗, 高柳 誠, (正) 西村 龍夫

1. 緒言 火炎法による微粒子生成を行う場合, 粒子種, 大きさ, 形状などが空間の温度に依存することが報告されている. 火炎温度の計測は通常熱電対で行われ, 一部では振動挙動の計測も行われている. ただし, 条件によっては, 原料が燃料となり, 当量比が変化したり, 熱電対への微粒子の付着も考えられる. 従って, 微粒子生成においては, 非接触法による温度測定が望ましいと考えられる.

本研究では, 温度計測において非接触法の一つである, レーザースペックル法を用いて, 予混合火炎の温度分布を測定し, 火炎周りで生じるフリッカリングについて検討した¹⁾.

2. 実験装置および実験方法 光源としてアルゴンイオンレーザーを用い, すりガラスを介してレーザー光を散乱させ, スペックルパターンを生成させた. そのスペックルパターンを平凸レンズによりコリメートし, テストセクションを通過させた. その通過したスペックルパターンを平凸レンズにより集光させ, 高速度カメラで撮影した. また, すりガラスの前にスペーシャルフィルタを設置し, レーザー光のノイズを抑えた. さらに, 高速度カメラの前にバンドパスフィルタを設置し, 輝炎の影響を極力抑えた. 室温におけるスペックルパターンと火炎を通過したスペックルパターンとで生じる移動距離をPIV法によって測定した. この移動距離から屈折角 α (rad)を算出した. Fermat の原理を用いて屈折角 α と屈折率 $n(r)$ の関係は,

$$\frac{n(r)}{n_0} = 1 - \frac{1}{p} \int_r^\infty \frac{a(y)}{\sqrt{y^2 - r^2}} dy \quad (1)$$

となる n_0 は室温での空気の屈折率である. また, 理想気体条件下ではガスの屈折率 $n(r)$ は Gladstone-Dale の方程式より次式のように表される.

$$n(r) = 1 + Kr = 1 + K \frac{MP}{R_0 T} \quad (2)$$

ここで, $K(\text{m}^3/\text{kg})$ は Gladstone-Dale 定数である. 式(1),(2)より, 位置 r における温度分布は次式となる.

$$\frac{T(r)}{T_0} = \left[\left(\frac{n(r)}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{R_0 T_0}{MKP_0} + 1 \right) + 1 \right]^{-1} \quad (3)$$

ここで, $T_0(\text{K})$ は室温, $P_0(\text{Pa})$ は標準大気圧, $M(\text{kg/mol})$ は分子量, $R_0(\text{J/mol} \cdot \text{K})$ は一般ガス定数である.

3. 実験結果および考察 Fig.1 に温度分布の時系列データを示す. これより, 予混合火炎周りの拡散火炎部分は, 形状の変化と温度分布の変化(高温領域の位置の変化)を伴っており, 振動している. 0s の画像は, 左側が高速度カメラによる可視化画像, 右側が温度分布画像である. また, 0s と 0.05s ではその形状が, ほぼ一致していることから, 周期的に振動していることが分かる. このように, 火炎が振動する原因として, 既燃ガスは高温で密度が低いため, 浮力により加速される. 加速された既燃ガスの流れと周囲空気との速度が異なるため, Kelvin-Helmholtz の不安定により渦が形成される. ノズル出口付近に形成された渦により酸素が供給され, 燃焼反応が促進される. 燃焼反応が促進されたことにより, 温度が上がり, 気体が膨張する. 渦は, 自然対流により下流に運ばれ, それにともなって, 膨張部も移動する. このように, 気体の膨張, 膨張部の移動を繰り返すため, 振動が起こると考えられる.

参考文献 1) K.Tanoue et.al: Measurement of Temperature Distribution for the Flickering Phenomenon in the Premixed Flame by using Laser Speckle Method, submitted to J. Visual.

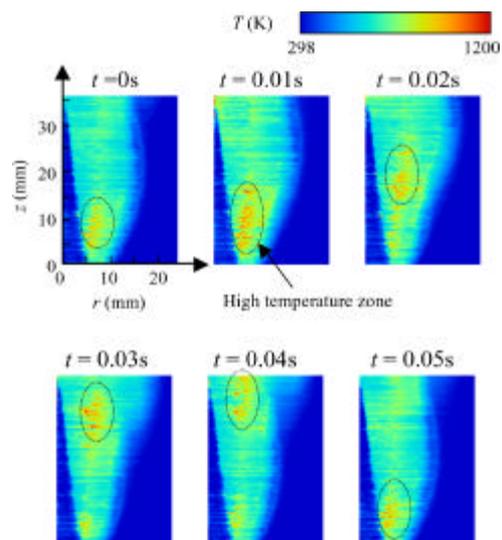


Fig.1 Time course of the temperature distribution for the premixed flame by the laser speckle method.

*) Tel: +81-836-85-9122, E-mail: tano@yahaguchi-u.ac.jp