



火炎温度と速度の二次元同時測定

小宮山 正 治*

Simultaneous Measurements of Two-Dimensional Temperature and Velocity Profiles in Flames

Key Words : Diffusion Flames, Rayleigh Scattering Image Velocimetry, Temperature, Extinction

1. はじめに

燃焼は身近な生活で見られる現象であるが、最近のエネルギーの有効利用や大気汚染物質の低減の要求と相まって燃焼技術についての研究が盛んに行われている。工業的によく用いられる乱流を伴う燃焼では流速やスカラー量(温度および成分濃度)が空間的に不均一に存在し、時間的にも変動し、相互に干渉している。このため、その局所的な火炎温度の変化を調べるには温度と速度の二次元分布を同時に測定し、空間的な速度変化と関連させて考える必要が生じる。流速の瞬時二次元分布測定には流れに散乱粒子を混入し、その動きから画像相関法により流速分布を求める方法(PIV: Particle Image Velocimetry)が用いられている¹⁾。しかし、散乱粒子からのミー散乱は気体分子からのレーリ散乱と同じ波長であるためレーリ散乱を用いた温度測定とPIV法を併用することは困難である。

本稿ではレーリ散乱法を用いて火炎の二次元瞬時温度分布測定を行うと同時に、微少時間差

で二回のパルス光を発振するNd:YAGレーザと二台のCCDカメラを用いて、一定時間間隔をもつ二枚のレーリ散乱強度画像を得て、その強度むらの相互相関より二次元瞬時速度ベクトル分布を得るための画像解析法(RIV: Rayleigh scattering Image Velocimetry)について紹介する。

2. 同時測定法

温度測定にはレーザシート光による気体分子からのレーリ散乱を用いる。気体の温度はレーリ散乱光強度に反比例するので、レーリ散乱光強度の瞬時二次元像を検出することで、二次元上の瞬時温度分布を求めることができる。

図1は瞬時二次元速度分布測定法の概略である。微少時間差で二回のパルス光を発振するNd:YAGレーザと二台のCCDカメラを用いて、一定時間間隔で二枚のレーリ散乱強度画像を得る。両者の画像を小領域に分割し、強度パ

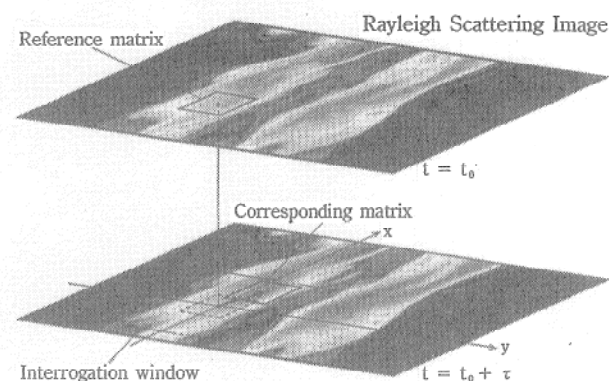


図1 同時測定法の概略図

* Masaharu KOMIYAMA
1960年8月25日生
1985年大阪大学大学院工学研究科産業機械工学専攻前期課程修了
現在、大阪大学工学部産業機械工学科、講師、工学博士、熱工学
TEL 06-877-5111 (内線3357)
FAX 06-876-4975
E-Mail komiyama@tran.meim.eng.osaka-u.ac.jp



ターン間の相互相関関数を計算し、その最大値をとる空間的位置からその小領域の移動距離と方向を求め、流体の速度ベクトルを求める。

測定対象とした火炎は円管ノズルから周囲空気流中にガス燃料を噴出させる同軸流拡散火炎である。燃焼ガスの散乱断面積が空気と大きく変わらないように体積混合割合が H_2 30% と N_2 70% の混合気を燃料としている²⁾。燃料出口平均流速は 40 m/s に設定した。

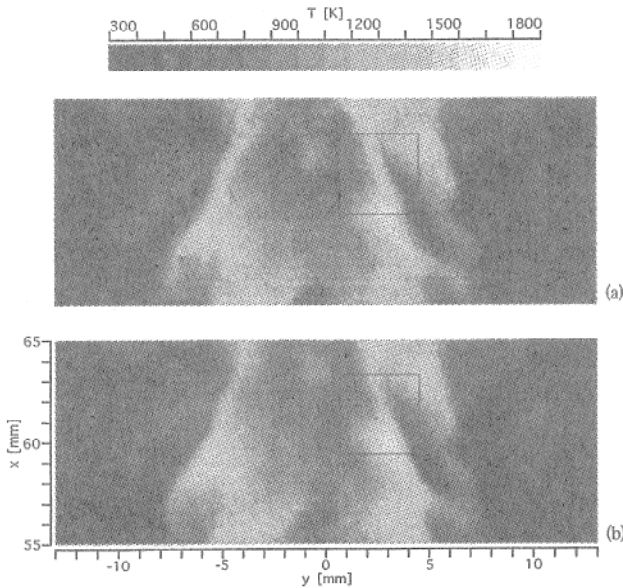


図2 瞬時二次元温度分布図

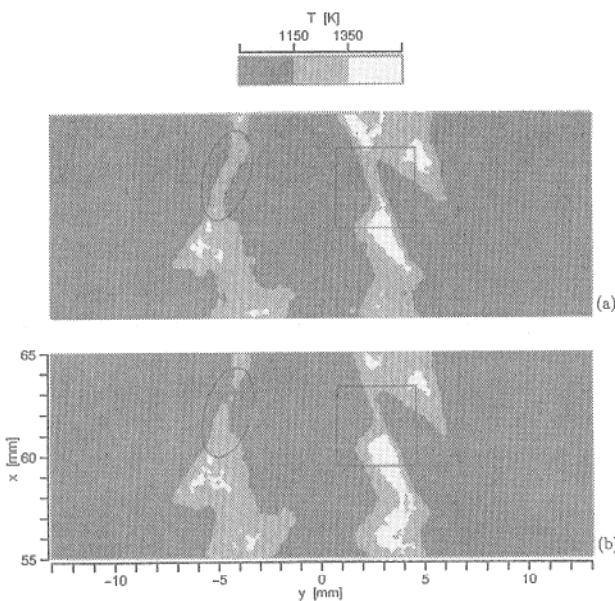


図3 火炎片領域図

3. 温度・速度分布

図2は微小時間差をもつ二枚のレーリ散乱強度画像から求めた瞬時二次元温度分布である。図2(b)は図2(a)より 20 μ s 後に得られた温度分布図である。図3には図2の温度分布図を三値化し、火炎片領域を白と淡灰色で表す。図2および図3から火炎片の半径方向幅は流れ方向には一定ではなく、かなり厚い領域から薄い領域まで存在している。図3中の(左側の)丸で囲った領域と(右側の)四角で囲った領域の中央部の火炎片では時間の経過とともに顕著な温度低下が認められ、局所的な消炎に達すると思われる。

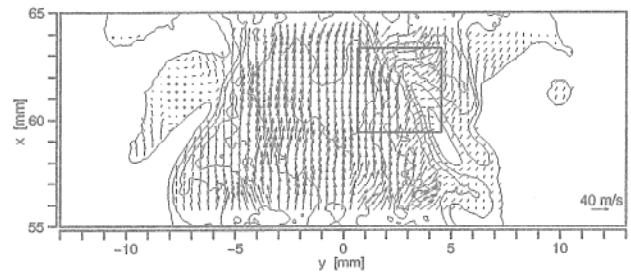


図4 瞬時二次元速度分布図

図4には図2の二枚のレーリ散乱強度画像を用いて、相互相関法により求めた瞬時二次元速度ベクトル分布を示す。火炎片領域の内側における流速のほうが、火炎片領域の外側の流速より大きくなっていること、流速の大きさや方向に大きなむらがあることなどがわかる。

また、図3の火炎片の分布より(右側の)四角で囲った領域の中央部の火炎片は中心軸に対して内向きの傾きをもつことがわかる。図3で(左側の)丸で囲った領域の中央部の火炎片についても中心内向きの傾きをもち、火炎片の半径方向幅が薄くなることが認められる。同じ流れ条件での二次元瞬時温度分布においてこれらの火炎片と同様な傾向がみられた。これはせん断層付近では内側を高速流体が流れ、外側を低速流体が平均的に流れているため、火炎片が内側に傾くことで、火炎片が引き伸ばされるためと考えられる。火炎片が伸張を受けると、その濃度および温度の勾配が大きくなる。濃度勾配の増加は燃料と酸素の供給を促進し、反応が活

発に起きる方向に向かうが、温度勾配の増加は熱の損失を増大させ、反応速度が有限であるためにその火炎温度が低下し、局所的な消炎に至ると考えられる。

4. ま と め

微少時間差で二回のパルス光を発振する Nd:YAG レーザと二台の CCD カメラを用いて、レーリ散乱法による二次元瞬時温度分布測定を行うと同時に、得られた二枚のレーリ散乱強度画像を用いた相互相関法により二次元瞬時速度ベクトル分布を求める画像流速測定法 (RIV) について紹介した。また、乱流拡散火炎に適用

して得られた温度および速度の二次元分布についてその例を示した。今後、熱・流体の特性を詳細に検討する必要性から複数のスカラー量と流速の二次元同時計測の重要度が増すと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 塩路, 川那辺, 東本, 池上, 第 32 回燃焼シンポジウム講演論文集, (1994), 434-436.
- 2) 小宮山, 高城, 松成, 機論, 54-502, B (1988), 1486-1490.

