

(33) 燃焼場における高速度現象の可視化解析

研究代表者 工学部 西村 龍夫

研究目的

火炎の光学測定は、燃焼場に対して不侵入型測定法であり、極めて高い時間分解能を持つという利点から盛んに利用されている。特に近年のレーザ応用計測の進歩は著しいものがある。本プロジェクトでは小嶋直哉教授および三上真人講師が分担者となり、それぞれの専門性を活かして、各種燃焼場における高速度現象の可視化解析法の開発並びに現象の解明にあたる。

研究成果

① 火炎と渦の相互作用の理解は高負荷燃焼および保炎に関連して重要であり、従来より拡散噴流火炎について研究がなされてきている。しかし、実用的に用いられているはく離を伴う拡散火炎については定量的な検討はあまり行われていない。そこで、ブラフボディ遷移拡散火炎中に生じる燃料せん断渦の動的挙動をレーザシート法およびシャドウグラフ法

によって可視化した。ブラフボディ型燃焼器では中心から燃料噴流がそして環状周囲から空気流が流れ、燃焼器直上にははく離領域が形成される。燃料噴流の Re 数が1000–3000の範囲において高速度ビデオカメラに収録された画像を解析し、ノズル出口近傍に形成される渦の発生振動数と移動速度を計測した。燃焼場における渦の振動数は非燃焼場における値とほぼ等しいが、渦の移動速度は熱膨張によって下流で増加し、安定な渦列を形成する(図1参照)。また、環状空気流の存在は移動速度を減少させ、渦の崩壊を促進させる傾向にある。燃料としてプロパンを用いた系では、渦の無次元振動数 St は通常知られている値よりも3倍程度大きくなることがわかった(図2参照)。

② 液体燃料の燃焼過程における二次微粒化現象である微小爆発現象について、その発生機構の解明を行った。微小爆発とは、多成分燃料を用いた場合、過熱状態となった燃料液滴中に気泡核が生成され、その急膨張により液滴が分裂する微粒化現象である。微小爆発の発生条件については不明な点が多く統一的な解釈がなされていない。

本研究では、空間浮遊する二成分単一燃焼液滴の燃焼挙動を高速撮影し、微小爆発現象の発生について

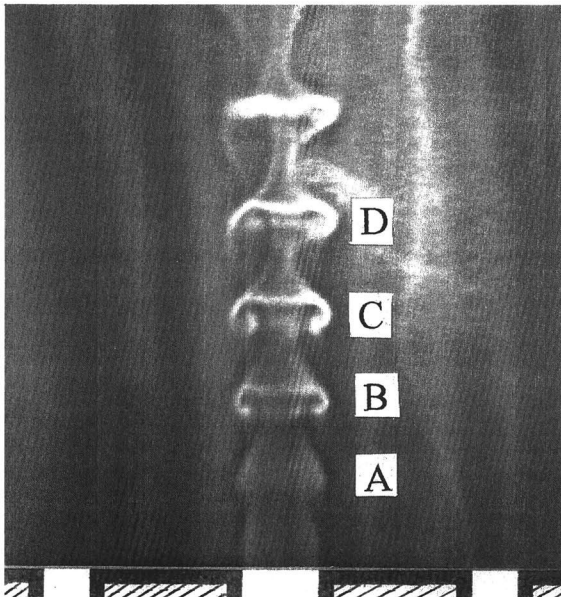


図1 渦列の可視化

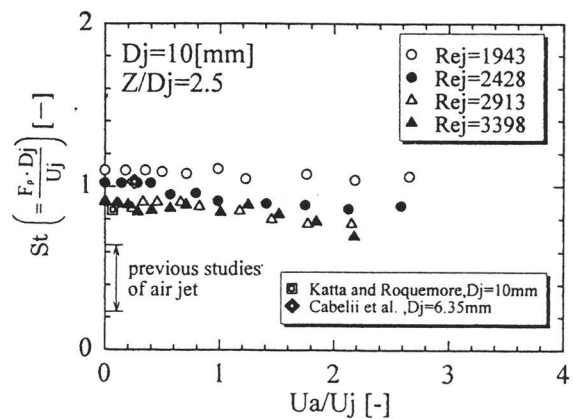


図2 St vs. Ua/Uj

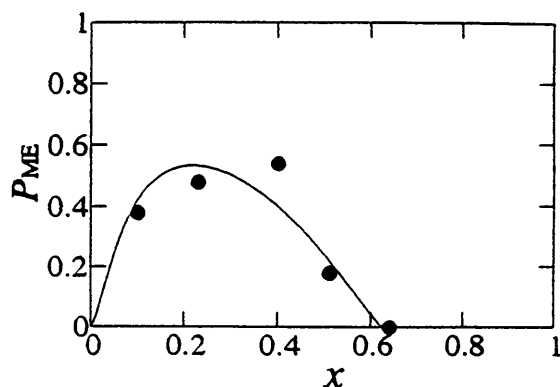


図3 微小爆発発生確率 P_{ME} の低揮発燃料成分濃度 x 依存性
(実験値と理論値の比較)

検討を行った。

実験の結果、微小爆発の発生は確率的に捉える必要があることが明らかになった。微小爆発の発生確率はある燃料混合割合で最大値をとり、微小爆発現象を利用する場合には最適燃料混合割合が存在することがわかった。さらに、均質核生成理論を導入することにより微小爆発現象・フ発生を予測する確率モデルを新たに提示した。このモデルにより、微小爆発の発生確率の燃料組成依存性および液滴直径依存性が良く予測できることがわかった (図3 参照)。

産業技術への貢献

反応を伴う流体现象は複雑であり、燃焼器を始めとして物理化学過程のモデリングが求められている。しかし、その開発はまだ初歩的段階にあり、熱流体計測とシミュレーションの併用が一つのアプローチである。ここで得られた実験結果は数値シミュレーションを検証するためのデータを提供するものである。数値シミュレーションの開発は、各種バーナ等の設計において指針を与える。

また本研究では、多成分液体燃料の燃焼過程における二次微粒化現象である微小爆発現象について基礎研究を行い、微小爆発現象の発生は確率的であり、発生確率が最大となる最適燃料混合割合が存在するという新たな知見を得た。また、核生成理論に基づいた微小爆発現象の発生を予測する確率モデルを提示した。これらの知見は、燃料技術の改良による二次微粒化を利用した液体燃料の高効率燃焼法およ

び高効率・低エミッションエンジンの開発指針を与えるものと考えられる。

研究発表

- 1) Tatsuo Nishimura, Takeshi Kaga, Kazuyuki Shirotani and Junya Kadowaki: "Vortex Structures and Temperature Fluctuations in a Bluff-Body Burner", 5th FLUCOME '97, pp. 905-910, 1997. 9.
- 2) 西村龍夫、門脇潤弥、川原秀夫: 「ブラフボディ型燃焼器における渦構造と温度変動」、第35回燃焼シンポジウム講演論文集、pp. 57-59, 1997. 11.
- 3) Masto Mikami, Takashi Yagi, and Naoya Kojima: "Stochastic Aspects of Microexplosion in Miscible Binary Fuel Droplet Combustion", ASPACC 97, pp. 420-423, 1997. 5.
- 4) 八木孝、三上真人、小嶋直哉: 「混和性二成分燃料液滴の燃焼における微小爆発の発生確率」、第35回燃焼シンポジウム講演論文集、pp. 627-629, 1997. 11.

グループメンバー

氏名	所属	職(学年)
西村 龍夫	工・機械	教授
小嶋 直哉	工・機械	教授
三上 真人	工・機械	講師

連絡先

T E L : 0836-35-9909 F A X : 0836-35-9926
E-mail : tnishimu@mechgw.mech.yamaguchi-u.ac.jp