

氏 名	塩 路 昌 宏 しお じ まさ ひろ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1899 号
学位授与の日付	昭 和 61 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	拡散燃焼における流動ならびに燃料-空気の混合に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 池 上 詢 教授 嶋 本 讓 教授 赤 松 映 明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、各種燃焼装置や圧縮点火機関の主過程である乱流拡散燃焼とそれに関連する諸現象の解明をめざして、光電子相関法によるレーザドップラ流速測定をはじめとする各種レーザ計測法を開発するとともに、それらにより乱流拡散燃焼における流動ならびに燃料と空気の混合過程を解析し、さらに燃焼過程のモデリングを試みた研究の成果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章は緒論であって、関連する研究の動向を展望するとともに本研究の目的と意義を述べている。

第2章では、強い発光を伴う火炎内の流動を測定するためレーザドップラ流速計の信号処理に光電子相関法を適用している。この信号処理によって輝度の影響を統計的に除き、リアルフリンジ光学系により輝炎内での流速ならびに乱れを測定できることを示している。あわせて信号解析の精度を向上する方策を検討している。

第3章では、光電子相関レーザドップラ法を用いて定常噴流拡散炎における平均流速ならびに乱れ強さを測定し、その分布を求めるとともに、散乱光強度変動分析によりすす粒子雲の空間分布を調べている。これらの結果にもとづいて、噴流拡散炎では火炎面で乱れが強められることを示すとともに、火炎面では比較的規模の大きな渦が生じ、これが周囲空気を間欠的に取り込んで燃料と空気の混合が促進されていること、アセチレン炎では火炎の中心軸近くでも大きな取り込み渦があるため噴流内部への空気の浸透が迅速であること、などを示している。

第4章では、拡散燃焼に固有のすす生成に関し、火炎内でのすす粒径および数密度を光電子相関レーザホモダイナ法によって測定している。この方法はすす粒子のブラウン運動の実効速度から粒径を推定するもので、測定精度ならびに誤差要因について種々の角度から検討している。さらに、気体燃料を用いた定常層流拡散炎にこの方法を適用してすす粒径および数密度の空間的分布を求め、その結果からすす生成領域を示すとともに燃料によるすす生成の相違を論じている。

第5章では、レーザホモダイナ光学測定によって散乱光強度の時間的変動から流体の相對運動が検出できることに着目して、乱流の実効速度ならびに空間積分スケールを求める方法を確立している。まず、必

要な基礎理論を示すとともに誤差要因などを検討し、熱線風速計による測定結果と対比して精度を確かめている。この方法は時系列信号解析によらないで乱流運動に伴う相対速度を直接検出するので、その利点を生かして内燃機関のシリンダ内の非定常乱流にこれを適用している。その結果より、圧縮上死点の乱れ実効強度と積分スケールはスワールがあると、ない場合に比べてともに大きくなることを見出している。

第6章では、圧縮点火機関内の燃焼のように異なる燃料濃度をもつ混合気塊が乱流混合しながら進行する非定常乱流拡散燃焼を確率過程論的方法によって記述するモデルを示している。これは混合気あるいは燃焼ガスの不均一な熱力学的状態を確率密度関数によって表現し、燃焼をその推移ととらえるもので、圧縮点火機関内の燃焼の基本モデルとして使えることを述べている。

第7章では、前章で導出した確率過程論モデルを圧縮点火機関における燃料噴射過程および燃焼過程に適用して、熱発生率ならびに一酸化窒素生成の予測モデルを確立している。このモデルによってそれらに及ぼす各種要因の影響を予測できることを実験的に検証している。

第8章は本論文の結論であって、得られた結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

乱流拡散燃焼は各種燃焼装置や圧縮点火機関における燃焼の基本形態であって、エネルギーの有効利用ならびに大気汚染物質低減の点からその解明が急がれているが、強い発熱と強い乱流のもとで燃料と空気の混合が不均一に進む複雑な現象であるため流動ならびに燃料と空気の混合については未知の点が多い。本研究はこのような観点から流動、乱れなどのレーザ計測法を確立するとともに、それらを用いて乱流拡散炎における燃料と空気の混合過程について調べ、さらに非定常乱流拡散燃焼のモデリングを試みたもので、得られた主な成果は以下のようである。

1. 炭化水素を燃料とする拡散燃焼は強い発光を伴うため通常のレーザドップラ流速計では流動測定が困難なことが多い。それを解消するため信号処理に光電子相関法を用いて火炎の発光によるランダム雑音を統計的に除去する方法を試み、これを使って高輝度噴流拡散炎の流速の確率密度分布、平均流速、乱れ強度を求めた。さらに、その結果と散乱光強度相関から得たすす粒子雲の空間分布とにもとづいて、火炎面では燃焼に伴い乱れが増幅されるとともに比較的規模の大きな渦が生じ、これが周囲空気を間欠的に取り込んで燃料と空気の混合が促進されていることを示した。

2. 拡散火炎内のすすの粒径を光電子相関レーザホモダイナ法によって得られるブラウン運動の実効速度から推定し、あわせてすす粒子の数密度を求める方法を示した。この方法によって層流拡散炎内のすす粒子を測定し、すす生成領域、生成速度などを示しているほか、燃料によるすす生成傾向の相違を明らかにした。

3. 光電子相関レーザホモダイナ法により散乱粒子の相対運動が検出できることに着目して、乱流の乱れ実効強度ならびに積分スケールを測定する方法を確立した。その測定精度について検討するとともに、時系列信号処理によらずに乱れを測定できる本方法の特徴を生かして、内燃機関のシリンダ内非定常乱流を測定しスワール、回転数などの影響を明らかにした。

4. 圧縮点火機関内の燃焼のように、燃料濃度の異なる混合気塊が乱流混合しながら燃焼が進む状況を

確率過程と扱うモデルを提示した。このモデルは確率密度関数によって混合気あるいは燃焼ガスの熱力学的状態を表わし、燃焼の進行をその推移として捉えるもので、燃料と空気が分離した初期状態から乱流混合により均一な状態へ推移する過程を表現している。これを圧縮点火機関の燃料噴射過程および燃焼過程のシミュレーションに応用し、実験結果との対比からこのモデルによって熱発生率経過および一酸化窒素濃度の予測が可能であることを示した。

以上要するに本論文は、レーザを用いた各種計測法を適用して乱流拡散燃焼に関連する諸現象を解明するとともに、非定常乱流拡散燃焼の確率過程論モデルを確立し、拡散燃焼における流動ならびに燃料-空気の混合過程について多くの知見を得たもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和61年1月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。