

専攻 総合エネルギー工学	学籍番号	指導教官氏名 大竹 一友教授
申請者氏名 井田 民男		

論文 要 旨

論文題目	レーザ計測による乱流拡散火炎混合過程の実験的解明
------	--------------------------

(要旨 和文 1,200 字程度)

(1)

乱流拡散火炎構造の混合過程の本質を解明する上で、巨視～微視的空間構造の時系列的階層構造の変化を捉えることは最も重要な課題の1つである。乱流拡散火炎構造は、燃料流と酸化剤が流体力学的な乱流混合過程を経、分子拡散・混合過程の結果、化学反応による熱エネルギーの発生・膨張を介して乱流混合過程に空間・時間的に相互に影響を与える極めて複雑な物理・化学過程を含んでいる。

本研究では、乱流拡散火炎の燃焼特性に決定的に影響を与えているにもかかわらず、計測技術の点でこれまで取り上げられなかった巨視～微視的火炎構造が示す時系列的変化を定量的かつ具体的に把握・解明し乱流拡散火炎構造の本質を実験的に解明することを目的としたものである。

第1章では、これまでの研究と背景を論じ、本論文の目的と構成を述べる。

第2章では、レーザ・レイリー散乱法による1点温度計測法を用いた、時系列温度測定について述べる。まず1点計測法により得られたデータを統計処理することにより、対象とする乱流拡散火炎の基本的構造とその相似性について明確にする。特に自己相関関数より時間スケールを積分して求め、その変化から火炎を4つの特徴的領域に分割できることを述べる。

第3章では、乱流拡散火炎の乱れ構造に関する基本的構造とその相似性について述べる。基本的構造は、時系列温度および速度信号の自乗平均変動強度の分布より検討し、その相似性については、熱拡散作用の変化を詳細に検討するために周波数空間における性状を、1次元パワースペクトル関数を用いて比較する。

第4章では、1点計測法を種々組み合わせた複合同時計測により熱拡散作用を定量的に検討する。まず、光学装置に関し光学系の工夫および得られたデータの判別方法とその有意性について検討する。この方法により温度・速度同時測定およびレイノルズ応力分布測定を行い、熱・流体輸送機構の乱流モデルの検証を行う。

第5章では、1点計測法を発展させレーザ・レイリー散乱法による2点計測法により、乱流拡散火炎の空間構造を2点間の距離に対応した温度乱れの時系列データから、各領域における熱拡散作用の特徴的な性状を定量的に表現する。

第6章では、超高速ビデオシステムを用い瞬間空間火炎構造を時系列的に捉える。乱流拡散火炎混合過程の巨視～微視に至る異なる観察スケールでの階層構造の時間的変化より熱拡散作用の定量的な可視化を行い、両者の関係を示す。巨視的観察スケールでは、瞬間火炎発光像から火炎形状を抽出し、幾何学的混合過程を定量解析するためにフラクタル解析および幾何学的固有値の変化に注目して火炎形状の時間的変化を具体的に検討し、自己保存性の必要条件であるフラクタル次元を求める。局所的観察スケールは、レーザ・シート法によるラグランジュ的粒子追跡法と瞬間火炎発光像による火炎形状の抽出法を複合させた計測手法を用いる。本章では、この手法により乱流拡散混合過程のパターンを周囲空気流と火炎形状の変化より可視化し、運動学的観点から火炎形状を並進・回転・振動運動に分割し、定量的な火炎運動の評価を試み、瞬間火炎発光像による火炎形状と周囲空気流の流体力学的特性をそれぞれ定量解析する。これにより、乱流混合過程のパターンを具体的に可視化し、その秩序構造の存在を示唆する。さらに、周囲空気流中に添加した1粒子をラグランジュ的に追跡し、微視的スケールにおける階層構造の存在を示した。

第7章では、乱流拡散火炎構造の階層的なつながりの本質を理解するために、微視的火炎構造がどのように局所・巨視的火炎構造に影響を与えているのかを知るために、高速度ビデオシステムを用い従来1点計測で用いた測定体積内をレーザ・レイリー散乱法により空間的に捉え、微視的火炎構造の定量的な解析を行う。ここでは、微視的な瞬間2次元温度分布の時系列変化を捉え、1点計測結果と比較することによりその基本的構造の特徴を抽出する。さらに、テクスチャ解析により空間火炎構造の各領域での特徴を定量解析し、空間火炎構造のつながりについて検討する。

第8章では、本研究で開発・導入した計測法により得られた乱流拡散火炎混合過程を総括した。