

研究種目：基盤研究（S）  
研究期間：2006～2010  
課題番号：18106004  
研究課題名（和文） 高解像複合光学計測と大規模グリッドDNSによる  
成層・混相乱流燃焼の構造解明と制御  
研究課題名（英文） A Study on Turbulent Stratified/Multiphase Combustion by High  
Resolution Combined Laser Diagnostics and Large-Scale GRID DNS  
研究代表者  
宮内 敏雄（MIYAUCHI TOSHIO）  
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：50016664

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：環境技術，二酸化炭素排出削減，エネルギー効率化

### 1. 研究計画の概要

各種燃焼器の高効率化と低環境負荷化は、近年問題となっている地球・都市環境問題の解決に必要不可欠である。本研究では、世界最大級の高精度数値シミュレーションと種々のレーザ計測技術を組み合わせた世界最先端の高解像複合光学計測を用いて、実用燃焼器の高効率化と低環境負荷化に重要となる成層・混相乱流燃焼機構を明らかにし、それらに基づく高度乱流燃焼制御技術確立することを目的としている。

### 2. 研究の進捗状況

#### (1) 大規模 DNS による研究

詳細化学反応機構と輸送係数・物性値の温度依存性を考慮に入れて、水素・空気、メタン・空気、ヘプタン・空気予混合気を対象として乱流中での着火・火炎伝播の DNS を行い、空間的な当量比変動が予混合気の着火と火炎伝播機構に与える基本的な影響を明らかにした。また、乱流中での液滴分散・蒸発及び混合過程の DNS を行い、乱流コヒーレント微細渦が液滴分散及び微細スケールにおける蒸発化学種分布を支配していることを明らかにした。さらに、高級炭化水素の乱流燃焼の DNS を実現するために、反応項の取り扱いに陰解法を導入することで、DNS に要する計算時間の大幅な短縮を実現した。

ICエンジン内乱流燃焼の DNS を実現するために、世界初の試みとして DNS を閉容器内乱流燃焼に拡張し、水素・空気予混合火炎とメタン・空気予混合火炎の壁面近傍挙動を明らかにした。

#### (2) 複合光学計測による研究

ダブルパルス CH PLIF 計測法と高解像度ス

テレオ PIV 法を組み合わせることで火炎伝播速度と速度三成分の同時計測法を確立し、さらに OH PLIF 計測を加えて局所的な火炎要素の伝播速度と乱流構造の同時計測に世界で初めて成功した。また、二平面 CH PLIF 計測法を開発し、これと一平面 OH PLIF を組み合わせることで、乱流予混合火炎の三次元構造を計測可能な複合光学計測法を確立し、乱流予混合火炎の瞬時三次元火炎構造を世界で初めて明らかにした。また、燃料噴霧燃焼における雰囲気の酸素濃度と温度の不均一性が燃焼と排気に与える影響を解明するために、燃焼室内部の温度と酸素濃度分布を独立に変化させることができる燃焼器を新たに製作し、有害排出物の生成が着火までに噴霧内へ導入される酸素とエンタルピの量により支配されることを明らかにした。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）

研究遂行上幾つかの問題点が生じたが、それらを解決することで、逆に当初の予定よりも研究が促進されることとなり、現状では予定通りの順調な研究進展と自己評価できるが、今後は予定以上の成果が得られるものと期待できる。

### 4. 今後の研究の推進方策

これまでの研究成果を踏まえて、乱流燃焼の DNS を HCCI エンジンや SI エンジン等の実用的な燃焼場に拡張し、乱流中での不均一燃料濃度及び不均一温度分布を有する予混合気の着火・火炎伝播機構や壁面との干渉機構などを明らかにすると共に、世界に先駆けて実

用燃焼器内乱流燃焼場のフル・シミュレーションを試み、それらの結果を用いて実用的な燃焼器の制御に適用可能な高精度かつ汎用性の高いLES技術の確立を目指す。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計22件)

- ①M. Tanahashi, T. Seo, M. Sato, A. Tsunemi and T. Miyauchi, Huge Direct Numerical Simulation of Turbulent Combustion - Toward Perfect Simulation of IC Engine -, J. Comput. Fluids Eng., Vol. 13, No. 4, pp. 114-125, 2008, 査読有
- ②M. Tanahashi, S. Taka, M. Shimura and T. Miyauchi, CH Double-Pulsed PLIF Measurement in Turbulent Premixed Flame, Exp. Fluids, Vol. 45, No. 2, pp. 323-332, 2008, 査読有
- ③M. Sato, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Particle Dispersion and Coherent Fine Scale Eddies in Turbulence, J. Fluid Sci. and Tech., Vol. 3, No. 1, pp. 149-160, 2008, 査読有
- ④M. Tanahashi, M. Sato, M. Shimura and T. Miyauchi, DNS and Combined Laser Diagnostics of Turbulent Combustion, J. Thermal Sci. and Tech., Vol. 3, No. 3, 391-409, 2008, 査読有
- ⑤T. Aizawa and H. Kosaka, Laser-Induced Phosphorescence Thermography of Combustion Chamber Wall of Diesel Engine, SAE Int. J. Fuels and Lubri., Vol. 1, No. 1, pp. 549-558, 2008, 査読有

[学会発表] (計52件)

- ①T. Ueda, M. Shimura, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Measurement of Three-Dimensional Flame Structure by Combined Laser Diagnostics, 7th JSME-KSME Thermal and Fluids Eng. Conf. 2008年10月13日-16日, 北海道・札幌.
- ②S. Tsuda, H. Kosaka and T. Aizawa, A Study on Effect of Heterogeneity of Oxygen Concentration and Temperature Distributions in a Combustion Chamber on Combustion and Emissions of Diesel Engine, COMODIA2008, 2008年7月28日-31日, 北海道・札幌.
- ③M. Sato, S. Matsuura, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Direct Numerical Simulation of Ignition and Propagation of Turbulent H<sub>2</sub>/air, CH<sub>4</sub>/air and n-heptane/air Premixed Flames, Int. Symp. Advances in Comput. Heat Transfer, 2008年5月11日-16

日, モロッコ・マラケシ.

- ④M. Sato, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Particle Dispersion in Fine Scales of Homogeneous Isotropic Turbulence, 5th ASME-JSME Fluid Eng. Conf., 2007年8月1日, 米国・サンディエゴ.
- ⑤K. Terakado, S. Matsuura, G.-M. Choi, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Ignition and Propagation of Hydrogen-Air Turbulent Premixed Flames, 7th ASME-JSME Thermal Eng. Conf., 2007年7月9日, カナダ・バンクーバー.

[その他]

ホームページ

<http://www.navier.mes.titech.ac.jp/kak-en-s/index.html>