

## 【基盤研究(S)】

### 理工系(工学I)



## 研究課題名 多次元複合光学計測と GPU クラウド DNS による乱流予混合火炎の多重階層構造の解明

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授 みやうち としお  
**宮内 敏雄**

研究分野: 工学

キーワード: 燃焼, 乱流, 流体計測, 数値流体力学, エネルギー利用

#### 【研究の背景・目的】

我が国の一次エネルギー供給の約 85%は依然として化石燃料の燃焼が担っている。このため、IC エンジンやガスタービン等の各種燃焼器には、更なる高効率化と低環境負荷化が求められており、それらは地球・都市環境問題の解決に直結する。多くの実用燃焼器内の流れは、化学反応と乱流による熱物質輸送が混在した複雑な乱流燃焼状態にあり、乱流の階層構造による火炎面の階層構造が乱流燃焼特性を支配している。高レイノルズ数の場合、乱流中のコヒーレント微細渦と火炎の干渉はより強調され、火炎内部で化学反応に起因する階層構造が新たに形成されることが予測される。また、高圧下では、火炎自身が有する固有不安定モードが変化し、上述の火炎面の階層構造及び火炎内部の階層構造と複雑な干渉を引き起こすものと考えられる。

本研究では、詳細化学反応機構を考慮に入れた超並列 GPU (画像演算処理装置) クラウドによる直接数値計算(DNS)及び複数の燃焼生成物濃度と速度の同時・時系列計測法等の多次元複合光学計測を用いて乱流予混合火炎の火炎面及び火炎内部の階層構造を明らかにし、実用的な燃焼器において観察される高圧力環境下の高レイノルズ数乱流火炎の構造解明とモデル化を目的としている。

#### 【研究の方法】

本研究は、超並列 GPU クラウドによる DNS を用いた数値的研究と高解像度時系列ステレオ投影粒子画像流速計(PIV)や高時間分解能平面レーザ誘起蛍光法(PLIF)等を組み合わせた多次元複合光学計測を用いた実験的研究からなる。数値的研究では、東京工業大学に平成 22 年度に設置された国内最高速の GPU 並列計算が可能なクラウド型グリーン・スーパー・コンピュータ TSUBAME 2.0 を用いる。実験的研究では、研究代表者らによる過去の研究を通じて構築した、世界最高速の時系列ステレオ PIV システム、世界初の CH ラジカルと OH ラジカル PLIF 及びステレオ PIV 同時計測システム、世界初の火炎伝播速度の直接計測法であるダブルパルス CH PLIF 計測システム等の最先端光学計測システムを更に発展させて用いる。実用燃焼器内で観察される乱流燃焼の階層的構造を総合的に解明するには、高レイノルズ数及び高圧力環境下の火炎面の階層構造、乱流のコヒーレント微細渦と火炎の干渉による火炎内部の

階層構造及びそれらと火炎自身が有する固有不安定性との関連を詳細に検討する必要がある。本研究では、これらの課題に対して研究代表者らが共同で効率良く研究を進める。

#### 【期待される成果と意義】

詳細化学反応機構を考慮に入れた乱流燃焼の DNS は研究代表者らによって世界で初めて行われたものであり、現在でも世界をリードしている。また、本研究で用いる多次元複合光学計測技術も世界最先端である。さらに、これら最先端の数値的・実験的研究手法を組み合わせることで総合的に高レイノルズ数乱流燃焼機構を明らかにする研究は国内外を通じて本研究が唯一である。本研究により実用燃焼器内の乱流燃焼機構が明らかとなり、それらが高効率・低環境負荷燃焼器の開発に応用され、地球・都市環境問題の解決に多大な貢献をするものと予想される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y.-S. Shim, S. Tanaka, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Local Structure and Fractal Characteristics of H<sub>2</sub>-Air Turbulent Premixed Flame, Proc. Combust. Inst., Vol. 33 (2011), pp. 1455-1462.
- ・ M. Shimura, T. Ueda, G.-M. Choi, M. Tanahashi and T. Miyauchi, Simultaneous Dual-plane CH PLIF, Single-Plane OH PLIF and Dual-plane Stereoscopic PIV Measurements in Methane-Air Turbulent Premixed Flames, Proc. Combust. Inst., Vol. 33 (2011), pp. 775-782.
- ・ M. Tanahashi, S. Taka, M. Shimura and T. Miyauchi, CH Double-Pulsed PLIF Measurement in Turbulent Premixed Flame, Exp. Fluids, Vol. 45, No. 2 (2008), pp. 323-332.

#### 【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度  
161,500 千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.navier.mes.titech.ac.jp/kiban-s-2011/index.html>