

課題番号	GR038
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成23年度)**

本様式の内容は一般に公表されません

研究課題名	多次元多変量光学計測と超並列 GPU-DNS による高圧乱流燃焼機構の解明と高度応用
研究機関・部局・職名	東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授
氏名	店橋 護

1. 当該年度の研究目的

本研究は、多次元多変量光学計測を用いて高圧乱流予混合火炎の局所火炎構造と乱流微細渦構造及び大規模渦構造の関係、さらにそれらの動的特性を明らかにし、高圧乱流燃焼機構を解明する実験的研究と、高圧力条件及び自然由来代替燃料の利用を念頭に置いて乱流予混合火炎の超並列 GPU-DNS を行い、それらの結果から乱流火炎構造及び乱流燃焼特性等の解明と LES のための SGS 乱流燃焼モデルの構築を行う数値的研究からなる。平成 23 年度は、多次元多変量光学計測及び超並列 GPU-DNS 技術を用いて、高圧環境下での乱流燃焼特性の解明に重点をおいて研究を進める。実験的研究では、高圧力乱流燃焼器を新たに製作し、前年度までに構築した多次元多変量光学計測を高圧乱流火炎に適用することにより、高圧力環境下での火炎と乱流の干渉機構及び火炎の動的特性等を明らかにする。さらに、時系列 PLIF による高時間分解の計測を行い、高圧乱流火炎の大域的な非定常特性を明らかにする。数値的研究では、高圧力条件下での温度分布制御型マイクロフローリアクターによる実験と同条件下の DNS を行い、高圧下における化学反応機構を解明すると共に、壁面と火炎の干渉機構や壁面熱損失機構等を明らかにする。また、高圧平面乱流火炎やマイクロ・ガスタービン燃焼器を対象として前年度に確立した超並列 GPU-DNS を行い、大規模渦構造や微細渦構造と火炎の干渉、再循環領域の特性等への圧力の影響を明らかにする。さらに、局所簡略反応機構最適化法として経路流束分析法 (PFA 法) を採用した超並列 GPU-DNS を実現し、自然由来代替燃料の乱流燃焼 DNS を行う。これらの実験結果と平面噴流火炎等の DNS 結果を統合して、高圧力条件下での乱流燃焼機構を解明すると共に、LES の SGS 高圧燃焼モデルの構築と検証を行う。

2. 研究の実施状況

高圧力条件が乱流燃焼機構に与える影響を解明するために、実験的研究では、高圧乱流燃焼器の設計製作及び高圧力条件下での光学計測法の確立と乱流火炎の三次元火炎構造と非定常特性を明らかにすることに重点を置いて研究を行った。これまでに開発した二平面 CH PLIF、一平面 OH PLIF 及び二波長二平面ステレオ PIV 同時計測法に OH PLIF をさらに追加し、火炎の三次元構造と乱流燃焼速度を同時に計測可能なダブルパルス CH PLIF、三平面 PLIF 及び二波長二平面ステレオ PIV の世界最先端の同時計測法を構築した。新たに構築した多次元多変量光学計測を乱流噴流火炎に適用し、火炎と乱流の干渉機構及び火炎の動的特性等を明らかにした。さらに購入備品を用いて OH ラジカルと CH ラジカルの時系列 PLIF 同時計測法を世界で初めて開発し、大気圧下の乱流噴流火炎に適用し、乱流火炎の非定常特性を明らかにした。また、高圧力乱流燃焼器の設計を安全に十分留意しながら進め、製作を開始した。数値的研究では、高圧力条件のマイクロフローリアクターやマイクロ・ガスタービン燃焼器等の DNS を行い、乱流火炎構造と乱流構造及び壁面との干渉機構を明らかにすることに重点を置いて研究を行った。高圧力条件下での温度分布制御型マイクロフローリアクターによる実験と同条件下の DNS を行い、高圧下における消炎及び再着火機構を明らかにし、壁

様式19 別紙1

面と火炎の干渉機構や壁面熱損失機構等を明らかにした。高圧力条件のV型乱流火炎やマイクロ・ガスタービン燃焼器を対象として超並列DNSを行い、大規模渦構造や微細渦構造と火炎の干渉、再循環領域の特性等への圧力の影響を明らかにした。また、局所簡略反応機構最適化法として経路流束分析法(PFA法)の採用を検討し、乱流燃焼DNSを炭化水素燃料に拡張した。これまでの数値的研究結果から、LESのSGS燃焼モデルの構築と検証を行った。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計5件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計3件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Shoichi Tanaka, Masayasu Shimura, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS of Turbulent Swirling Premixed Flame in a Micro Gas Turbine Combustor, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 33 (2011), pp. 3293-3300 ・ Masayasu Shimura, Takashi Ueda, Gyung Min Choi, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Simultaneous Dual-plane CH PLIF, Single-Plane OH PLIF and Dual-plane Stereoscopic PIV Measurements in Methane-Air Turbulent Premixed Flames, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 33 (2011), pp. 775-782 ・ Yuki Minamoto, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Thomas Dunstan, Nedunchezian Swaminathan, Effect of Flow-Geometry on Turbulence-Scalar Interaction in Premixed Flames, Physics of Fluids, Vol. 23 (2011), pn. 125107 <p>(掲載済み一査読無し) 計1件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 店橋護, 志村祐康, 福島直哉, エンジン内乱流燃焼機構の解明に向けて, 自動車技術, Vol. 66, No. 4, 2012, pp. 82-85 <p>(未掲載) 計1件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Itaru Yoshikawa, Young-Sam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, A Dynamic SGS Combustion Model based on Fractal Characteristics of Turbulent Premixed Flames, Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 34 (2012), accepted
<p>会議発表 計26件</p>	<p>専門家向け 計25件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 店橋護, 志村祐康, 福島直哉, 乱流火炎構造と燃焼制御, 第39回日本ガスタービン学会定期講演会, 2011年7月6日~7日, 松本(依頼講演) ・ Naoya Fukushima, Akihiko Tsunemi, Masayasu Shimura, Youngsam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Three-Dimensional DNS of Ignition and Propagation of Turbulent Premixed Flame in a Constant Volume Vessel, 13th International Conference on Numerical Combustion, April 27-29, 2011, Corfu, Greece ・ Masayasu Shimura, Shoichi Tanaka, Kotaro Kuchiki, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Interaction between Turbulent Swirling Premixed Flame and Pressure Oscillation in a Micro Gas Turbine Combustor, 13th International Conference on Numerical Combustion, April 27-29, 2011, Corfu, Greece ・ Yuki Minamoto, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Nedunchezian Swaminathan, Thomas Dunstan, Effect of Flow-Geometry and Damköhler Number on Turbulence-Flame Interaction, the Fifth European Combustion Meeting, June 28 -July 1, 2011, Cardiff University, UK ・ Masayasu Shimura, Ayane Johchi, Gyung Min Choi, Kaoru Iwamoto, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Measurement of Flame and Flow Structures of Turbulent Jet Premixed Flame by Simultaneous Triple-Plane PLIF and Dual-Plane Stereoscopic PIV, The 23rd International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems, July 24-29, 2011, Irvine, California, USA ・ Masayasu Shimura, Komei Yamawaki, Youngsam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Flame and Eddy Structures in Hydrogen-Air Turbulent Jet Premixed Flame, Turbulent Shear Flow Phenomena 7, July 28-31, 2011, Ottawa, Canada ・ Ayane Johchi, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Diode Laser Absorption Sensor for Active Combustion Control by Secondary Fuel Injection, Gordon Research Conference-Laser Diagnostics in Combustion, August 14-19, 2011, Waterville Valley, USA ・ Eiji Mastumoto, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Hiromitsu Kobayashi, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Energy Transfer and SGS Models in High Reynolds Number Turbulence, The Third Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow, September 22-26, 2011, Kyoto, Japan ・ Basimil Yenerdag, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Dynamics of

	<p>Turbulent Flame in a Constant Volume Vessel, 22nd International Symposium on Transport Phenomena, November 8-11, 2011, Delft, Netherlands</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Makito Katayama, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS on Autoignition and Flame Propagation of Methane-Air Mixtures at High Pressure, 8th International Conference on Flow Dynamics, November 9-11, 2011, Sendai, Japan ・ Naoya Fukushima, Basmil Yenerdag, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Characteristics of Turbulent Premixed Flames under the Pressure Rising Process in a Closed Vessel, American Physical Society 64th Annual DFD Meeting, November 20-22, 2011, Baltimore, USA ・ Itaru Yoshikawa, Youngsam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, A Fractal Dynamic SGS Combustion Model for Turbulent Premixed Flames, American Physical Society 64th Annual DFD Meeting, November 20-22, 2011, Baltimore, USA ・ Itaru Yoshikawa, Youngsam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Evaluation of a Fractal Dynamic SGS Combustion Model in High Reynolds Number Turbulent Premixed Flames, International Symposium on EcoTopia Science 2011, December 9-11, 2011, Nagoya, Japan ・ Basmil Yenerdag, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Effects of Pressure Increase on Flame Elements in a Constant Volume Vessel, International Symposium on EcoTopia Science 2011, December 9-11, 2011, Nagoya, Japan ・ Itaru Yoshikawa, Youngsam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Evaluation of a Fractal Dynamic SGS Combustion model for Turbulent Premixed Flames, Fourth International Forum on Multidisciplinary Education and Research for Energy Science, December 17-21, 2011, Honolulu, USA (member of the executive committee) ・ Basmil Yenerdag, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Effects of Pressure Increase on Turbulent Premixed Flame in Closed Vessel, Fourth International Forum on Multidisciplinary Education and Research for Energy Science, December 17-21, 2011, Honolulu, USA (member of the executive committee) ・ Makito Katayama, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS Investigation of Autoignition and Flame Propagation of Methane-Air Mixtures, Fourth International Forum on Multidisciplinary Education and Research for Energy Science, December 17-21, 2011, Honolulu, USA (member of the executive committee) ・ Makito Katayama, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS on Autoignition and Flame Propagation of Methane-Air Mixtures under High Pressure Condition, 8th KSME-JSME Thermal and Fluids Engineering Conference, March 18-21, 2012, Incheon, Republic of Korea ・ 福島直哉, Yenerdag Basmil, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, 三次元閉空間内における乱流予混合火炎の特性, 第48回伝熱シンポジウム, 2011年6月1日～3日, 岡山 ・ 城地文音, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, 半導体レーザー波長変調吸収分光センサーを用いた旋回型乱流燃焼の制御, 第48回伝熱シンポジウム, 2011年6月1日～3日, 岡山 ・ 由川格, 沈永三, 店橋護, 宮内敏雄, 乱流予混合火炎のLESにおけるG定義とSGS燃焼特性, 第48回伝熱シンポジウム, 2011年6月1日～3日, 岡山 ・ 松本栄治, 福島直哉, 小林宏充, 店橋護, 宮内敏雄, 乱流コヒーレント微細構造とGS-SGS間エネルギー輸送, 流体力学会年会2011, 2011年9月7日～9日, 八王子, (安定性・遷移・乱流カテゴリー, 乱流セッション, オーガナイザー: 店橋護(東京工業大学), 後藤晋(岡山大学)) ・ 朽木孝太郎, 志村祐康, 福島直哉, 店橋護, 宮内敏雄, マイクロ燃焼器における乱流及び火炎構造の動的特性, 日本機械学会2011年度年次大会, 2011年9月12日～14日, 目黒区(J056乱流における運動量, 熱, 物質の輸送現象(部門横断セッション: 流体力学部門, 熱工学部門), オーガナイザー: 加藤健司(大阪市大学), 河原源太(大阪大学), 廣田真史(三重大学), 店橋護(東京工業大学)) ・ 片山牧人, 福島直哉, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, 高圧条件下におけるメタン・空気予混合気の自着火の直接数値計算, 熱工学コンファレンス, 2011年10月29日～30日, 浜松 ・ Yenerdag Basmil, 福島直哉, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, Dynamics of Turbulent Hydrogen-Air Premixed Flame in a Constant Volume Vessel, 第49回燃焼シンポジウム, 2011年12月5日～7日, 横浜 <p>一般向け 計1件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 店橋護, 震災後の我が国のエネルギー問題について, 第8回屋高フォーラム, 2011年9月24日, 長野県千曲市
<p>図書 計0件</p>	

様式19 別紙1

<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>多次元多変量光学計測と超並列 GPU-DNS による高圧乱流燃焼機構の解明と高度応用 http://www.navier.mes.titech.ac.jp/gr038/</p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 母校の高校生及びOBを対象とした講演会（第8回屋高フォーラム）「震災後の我が国のエネルギー問題について」（開催日：2011年9月24日，開催地：長野県千曲市千曲ホール，参加者数：約650名） ・ 東京工業大学工大祭オープンキャンパスにおける研究室一般公開（開催日：平成23年10月22，23日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，見学者数：453名） ・ 高校生・一般向け公開講演会「東工大が誇る若手研究者たち」12：「日本のエネルギーを支える燃焼の先端科学」店橋 護（開催日：平成23年11月19日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，参加者数：58名） ・ 神奈川県立横浜翠嵐高等学校 大学見学（開催日：平成23年10月27日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，参加者数：31名） ・ 富山県立富山中部高等学校 大学探訪（開催日：平成23年7月22日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，参加者数：103名）
<p>新聞・一般雑 誌等掲載 計 0 件</p>	
<p>その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東京工業大学 TSUBAME2.0 高校生向けパンフレット「TSUBAME2.0 が切り拓く研究の未来」店橋護（分担） ・ 一般社団法人「日本燃焼学会」の維持会員勧誘用パンフレットに研究成果が掲載された。 ・ 図書「機械工学最前線6 流体工学最前線」（日本機械学会編，小濱泰昭，豊田国昭，佐藤洋平著，共立出版，2011年）に研究成果が取り上げられている（p. 94, 95, 99, 102, 103, 106, 127）

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	126,000,000	81,260,000	0	44,740,000	0
間接経費	37,800,000	24,378,000	0	13,422,000	0
合計	163,800,000	105,638,000	0	58,162,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	81,104,401	0	0	81,104,401	80,632,190	472,211	0
間接経費	24,331,321	0	0	24,331,321	24,331,321	0	0
合計	105,435,722	0	0	105,435,722	104,963,511	472,211	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	66,117,393	高繰返LIFシステム, 光学台, 光学部品等
旅費	2,410,880	研究成果発表旅費(国外及び国内)
謝金・人件費等	7,837,922	博士研究員人件費
その他	4,265,995	計算機使用料, 学会参加費
直接経費計	80,632,190	
間接経費計	24,331,321	
合計	104,963,511	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
光学台	1300-2200-909H	1	1,260,000	1,260,000	2011/9/21	東京工業大学
高繰返し時系列 OH/CH LIFシステ ム	KTOC-40III	1	59,430,000	59,430,000	2011/10/28	東京工業大学
タイミングコント ローラ	TT1680	1	1,417,500	1,417,500	2011/11/21	東京工業大学