

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 24 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・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 Large Eddy Simulation (LES) のための Subgrid Scale (SGS) 乱流燃焼モデルの構築を行う数値的研究からなる。

本年度は、実験的研究では、現有の定容容器乱流燃焼器を対象として光学計測を行い、前年度までに得られた DNS 結果及び HCCI エンジンを対象とした DNS 結果を総合して、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、さらに、現有の乱流燃焼器において代替燃料を模擬した燃料を対象として多次元多変量光学計測を行い、大気圧条件下での乱流火炎構造及びその動的特性等の代替燃料の乱流燃焼機構を明らかにすることを目的とした。数値的研究では、前年度までに開発した局所最適化簡略化学反応機構による超並列 GPU-DNS を行い、自然由来代替燃料の基本的な乱流燃焼特性を明らかにすること目的とした。

**2. 研究の実施状況**

実験的研究では、乱流火炎の伝播機構や壁面と高圧乱流火炎の干渉機構等を解明するために、設備品として前年度導入した高繰り返し用色素レーザを用いて時系列 CH-OH PLIF 同時計測の構築を行った。さらに、これに時系列ステレオ投影 PIV を組み合わせた多次元多変量光学計測法を確立し、メタン・空気乱流噴流予混合火炎に適用することで、メタン燃料の乱流燃焼特性を明らかにした。この計測装置を用いて、定容容器燃焼器内に形成される高圧乱流火炎の伝播特性や壁面近傍での火炎の消炎機構等を検討することを計画していたが、火災事故(平成 24 年 11 月 23 日)により設備の一部が被害を受けたため、平成 24 年度はそれ以降実験を遂行することが困難となった。そのため、研究協力者との連携を深めて高圧燃焼実験を推進し、高圧乱流火炎の伝播特性や火炎の消炎機構等について検討を行った。自然由来代替燃料の大気圧下での乱流燃焼特性については、旋回型乱流燃焼器及び乱流噴流火炎を対象とした数値的研究を重点的に行うことで明らかにした。

数値的研究では、HCCI エンジンを対象として、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自着火・火炎伝播機構や壁面と火炎の干渉機構への圧力の影響を明らかにしつつある。メタン燃料を対象とした平面乱流予混合火炎及び平面乱流噴流予混合火炎の超並列 GPU-DNS を大気圧条件において実行し、メタン・空気乱流噴流予混合火炎の計測結果と合わせて、メタン燃料の局所火炎構造や局所燃焼速度等の乱流燃焼に関する基本特性を明らかにした。さらに、自然由来代替燃料の基本的な乱流燃焼特性を明らかにするために、自然由来代替燃料を対象とした平面乱流火炎及び平

様式19 別紙1

面噴流火炎の超並列 GPU-DNS を開始した。平成 25 年度に予定されていた乱流燃焼の LES モデルの構築と高精度化及び LES の構築を前倒して開始した。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 4 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 2 件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Itaru Yoshikawa, Young Sam Shim, Yuzuru Nada, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Dynamic SGS Combustion Model based on Fractal Characteristics of Turbulent Premixed Flames. Proceedings of the Combustion Institute, 34, 2013, p.1373-1381.</li> <li>・ Masayasu Shimura, Komei Yamawaki, Naoya Fukushima, Young Sam Shim, Yuzuru Nada, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Flame and Eddy Structures in Hydrogen-Air Turbulent Jet Premixed Flame. Journal of Turbulence, 13, 2012, N42.</li> </ul> <p>(掲載済み一査読無し) 計 2 件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 店橋護, 福島直哉, 志村祐康, 由川格. 乱流火炎構造研究の最先端 (DNS と先端レーザ計測). ながれ, Vol. 31, No. 4, p.333-338, 2012.</li> <li>・ 店橋護, 福島直哉, 由川格, 志村祐康. 乱流燃焼研究における大規模数値データのハンドリングと可視化技術. 燃焼学会誌, Vol. 54, No. 169, p.158-165, 2012.</li> </ul> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 25 件</p>	<p>専門家向け 計 22 件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Mamoru Tanahashi, Multi-Dimensional/Multi-Variable Laser Diagnostics and DNS in Turbulent Combustion Research. 3rd International Forum on Heat Transfer, Nagasaki, Japan, 2012-11-13/15. (Keynote lecture)</li> <li>・ Mamoru Tanahashi, Petascale Simulations of Turbulence and Turbulent Combustion - Towards Exascale Full Simulation of IC Engine -, The second International Workshop on COllaborative DEvelopment of SIMulation software of next GeNeration (CO-DESIGN 2012), Beijing, China, 2012-10-23/25. (Invited Lecture)</li> <li>・ Itaru Yoshikawa, Katsuhiko Hiraoka, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Evaluation of the Fractal Dynamic SGS Combustion Model on V-flame, The First International Education Forum on Environment and Energy Science. The First International Education Forum on Environment and Energy Science. Hawaii, USA, 2012-12-14/18. C218, USB. (Organizing and executive committee member)</li> <li>・ Kotaro Kuchiki, Masayasu Shimura, Naoya Fukushima, Itaru Yoshikawa, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, The Dynamics of Flame and Vortical Structures in Turbulent Swirling Premixed Flame. The First International Education Forum on Environment and Energy Science. Hawaii, USA, 2012-12-14/18. C216, USB. (Organizing and executive committee member)</li> <li>・ Basimil Yenerdag, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Itaru Yoshikawa, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, 3D DNS of Turbulent Premixed Flame in a Constant Volume Vessel. The First International Education Forum on Environment and Energy Science. Hawaii, USA, 2012-12-14/18. C213, USB. (Organizing and executive committee member)</li> <li>・ Kotaro Kuchiki, Masayasu Shimura, Itaru Yoshikawa, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS of Swirling Premixed Flame and Pressure Fluctuations in Micro Combustor. JSME-CMD International Computational Mechanics Symposium. Kobe, Japan, 2012-10-9/11. MS12-4-4, USB. (Organizing committee member and mini-symposium organizer)</li> <li>・ Itaru Yoshikawa, Young Sam Shim, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, A Fractal-based Dynamic SGS Combustion Model for Turbulent Premixed Flames. JSME-CMD International Computational Mechanics Symposium. Kobe, Japan, 2012-10-9/11. MS12-1-4, USB. (Organizing committee member and mini-symposium organizer)</li> <li>・ Kotaro Kuchiki, Masayasu Shimura, Itaru Yoshikawa, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Local Structure of Swirling Premixed Flame in a Micro Scale Combustor. Turbulence, Mass and Heat Transfer 7, K. Hanjalic, Y. Nagano, D. Borello, and S. Jakirlic. eds., Begell House Inc., New York, Wallingford (UK). Palermo, Sicily, Italy, 2012-9-24/27. pp. 737-740, CD-ROM.</li> <li>・ Basimil Yenerdag, Naoya Fukushima, Masayasu Shimura, Itaru Yoshikawa, Mamoru Tanahashi, Toshio</li> </ul>

	<p>Miyauchi, DNS on Propagation of H<sub>2</sub>-Air Turbulent Premixed Flame in a Constant Volume Vessel. Turbulence, Mass and Heat Transfer 7, K. Hanjalic, Y. Nagano, D. Borello, and S. Jakirlic. eds., Begell House Inc., New York, Wallingford (UK). Palermo, Sicily, Italy, 2012-9-24/27. pp. 801-804, CD-ROM.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Kotaro Kuchiki, Masayasu Shimura, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, DNS of Turbulent Swirling Premixed Flame and Pressure Oscillations in a Micro Combustor. 23rd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. Beijing, China, 2012-8-19/24. CD-ROM.</li> <li>・ Ayane Johchi, Mamoru Tanahashi, Masayasu Shimura, Gyung Min Choi, Toshio Miyauchi, High Repetition Rate Simultaneous CH/OH PLIF in Turbulent Jet Flame. 16th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics. Lisbon, Portugal, 2012-7-9/12. 4.3.6. (Advisory Committee member)</li> <li>・ Itaru Yoshikawa, Young Sam Shim, Naoya Fukushima, Mamoru Tanahashi, Toshio Miyauchi, Fine Scale Flame Structures in Corrugated Flamelets and Thin Reaction Zones Regimes. The 10th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2012), São Paulo, Brazil, 2012-7-8/13. (Mini-symposium organizer)</li> <li>・ 由川格, 堅田祐樹, 平岡克大, 福島直哉, 店橋護, 宮内敏雄, 乱流予混合火炎のフラクタル・ダイナミック SGS 燃焼モデル. 第 50 回燃焼シンポジウム講演論文集. 愛知県名古屋市, 2012 年 12 月 5 日～12 月 7 日. pp. 54-55.</li> <li>・ Yenerdag Basmil, 福島直哉, 志村祐康, 由川格, 店橋護, 宮内敏雄, Propagation of Turbulent Premixed Flame in a Constant Volume Vessel. 第 50 回燃焼シンポジウム講演論文集. 愛知県名古屋市, 2012 年 12 月 5 日～12 月 7 日. pp. 226-227.</li> <li>・ Bossard Pierre-Edouard, 城地文音, 志村祐康, 中吉嗣, 店橋護, 宮内敏雄, Zimmer Laurent, 乱流予混合火炎における高速 PLIF-PIV 同時計測. 第 50 回燃焼シンポジウム講演論文集. 愛知県名古屋市, 2012 年 12 月 5 日～7 日. pp. 234-235.</li> <li>・ 村山大樹, 志村祐康, 中吉嗣, 店橋護, 宮内敏雄, 局所燃焼速度計測を目指した多次元多変量レーザ計測. 第 50 回燃焼シンポジウム講演論文集. 愛知県名古屋市, 2012 年 12 月 5 日～7 日. pp. 236-237.</li> <li>・ Bossard Pierre-Edouard, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, Zimmer Laurent, 高速 PLIF・ステレオ PIV 同時計測による火炎ダイナミクスに関する研究. 熱工学コンファレンス講演論文集. 熊本県熊本市, 2012 年 11 月 17 日～18 日. pp. 359-360.</li> <li>・ Yenerdag Basmil, 福島直哉, 志村祐康, 由川格, 店橋護, 宮内敏雄, 三次元閉空間における乱流予混合火炎の動的特性. 熱工学コンファレンス講演論文集. 熊本県熊本市, 2012 年 11 月 17 日～18 日. pp. 363-364.</li> <li>・ 志村祐康, 城地文音, 中吉嗣, 店橋護, 宮内敏雄, 乱流噴流予混合火炎における高繰り返し CH/OH PLIF 同時計測. 可視化情報学会誌, Vol.32, Supple. No. 2, 可視化情報全国講演会(姫路 2012)講演論文集. 兵庫県姫路市, 2012 年 10 月 4 日～5 日. pp. 47-48.</li> <li>・ 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, 複数化学種 PLIF 及びステレオ PIV による乱流予混合火炎の多面同時計測. 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集. 京都府京都市, 2012 年 11 月 17 日～18 日. pp. 613-616.</li> <li>・ 由川格, 沈永三, 店橋護, 宮内敏雄, フラクタル特性に基づいた乱流予混合火炎の動的 SGS モデル. 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, 石川県金沢市, 2012 年 9 月 9 日～12 日. J054011. (J054 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: 流体工学部門, 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))</li> <li>・ 片山牧人, 福島直哉, 志村祐康, 店橋護, 宮内敏雄, 流体粒子追跡による HCCI 燃焼における火炎形態の分類. 第 49 回伝熱シンポジウム講演論文集(2-3). 富山県富山市, 2012 年 5 月 30 日～6 月 1 日. pp. 383-384.</li> </ul> <p><b>一般向け 計 3 件</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高校生・一般向け公開講演会「炎を科学する：人類はなぜ火を燃やすか？」(開催日：2012 年 8 月 10 日, 開催地：東京工業大学大岡山キャンパス西 9 号館 W933 教室, 参加者：79 名)</li> <li>・ 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：2012 年 10 月 6, 7 日, 開催地：東京工業大学大岡山キャンパス, 見学者数：348 名)</li> <li>・ 女子高校生のための研究室ツアー(開催日：2012 年 10 月 6, 7 日, 開催地：東京工業大学大岡山キャンパス, 見学者数：69 名)</li> </ul>
<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  計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件  (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 <a href="http://www.navier.mes.titech.ac.jp/gr038/">http://www.navier.mes.titech.ac.jp/gr038/</a></p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高校生・一般向け公開講演会「炎を科学する：人類はなぜ火を燃やすか？」(開催日：2012年8月10日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス西9号館W933教室，参加者：79名)</li> <li>・ 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：2012年10月6,7日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，見学者数：348名)</li> <li>・ 女子高校生のための研究室ツアー(開催日：2012年10月6,7日，開催地：東京工業大学大岡山キャンパス，見学者数：69名)</li> </ul>
<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"> <li>・ 第7回乱流熱物質輸送国際会議において，この会議を代表する研究成果として論文集(Turbulence, Mass and Heat Transfer 7 (K. Hanjalic, Y. Nagano, D. Borello, and S. Jakirlic. eds., Begell House Inc., New York, Wallingford))の表紙に研究成果が採用された。</li> <li>・ 日本流体力学会誌「ながれ」(第31巻，第4号，2012年8月 日本流体力学会発行)において，研究成果が表紙に取り上げられた。</li> <li>・ 本研究で用いている計測技術の基礎となる特許が，東工大つばめ新聞 Vol. 4, September 2012に「高速で移動するものの流れを計測する「時系列流体速度計測システム」(店橋 護)として紹介された。</li> <li>・ 東京工業大学の最新の研究成果等を紹介する Tokyo Institute of Technology Bulletin に研究成果が "Simultaneously measuring fluorescence and velocity in turbulent combustion", Tokyo Institute of Technology Bulletin (<a href="http://www.titech.ac.jp/bulletin/archives_category/research/research_261.html">http://www.titech.ac.jp/bulletin/archives_category/research/research_261.html</a>) No. 26, May 2012 として取り上げられるとともに，その内容が米国 Science 誌の購読者(約 15,000)に配信された。</li> </ul>

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 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	22,270,000	22,470,000	0
間接経費	37,800,000	24,378,000	6,681,000	6,741,000	0
合計	163,800,000	105,638,000	28,951,000	29,211,000	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	472,211	22,270,000	0	22,742,211	20,329,800	2,412,411	0
間接経費	0	6,681,000	0	6,681,000	6,681,000	0	0
合計	472,211	28,951,000	0	29,423,211	27,010,800	2,412,411	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	1,558,346	光学部品等
旅費	2,354,580	研究成果発表, 情報収集等
謝金・人件費等	11,935,053	特任助教, ポスドク雇用
その他	4,481,821	計算機使用料等
直接経費計	20,329,800	
間接経費計	6,681,000	
合計	27,010,800	

## 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
紫外線撮影用レン ズ	UV-105mm F4.5	1	703,500	703,500	2012/9/6	東京工業大学
				0		
				0		