

# SIP革新的燃焼技術 Research Report 2017.1

この度、SIP 革新的燃焼技術では、当プロジェクトの成果のうち、論文・学会発表された一部をご紹介します、リサーチレポートを発行することといたしました。これを通して内外からご意見を頂き、さらなる成果創出につなげたいと考えております。

当プロジェクトの研究期間は5年ですが、既に、後半に突入しております。おかげさまで、これまでの論文・学会発表数は約350件にのぼります。

「正味熱効率50%」の目標達成、また、技術の持続的発展は、アカデミアによる最先端の知見蓄積がなくては成し遂げられません。当プロジェクトでは、若手を含む多様な研究者が、日々、研究を行っております。ぜひとも内外の皆様には、私どもの成果の一端をご覧いただき、ご指導ご鞭撻を頂けましたら幸いです。

最後に、本リサーチレポートの主旨に賛同、原稿を執筆頂きました東京工業大学 神本名誉教授にお礼申し上げます。



プログラムディレクター  
杉山 雅則(トヨタ自動車 常務理事)

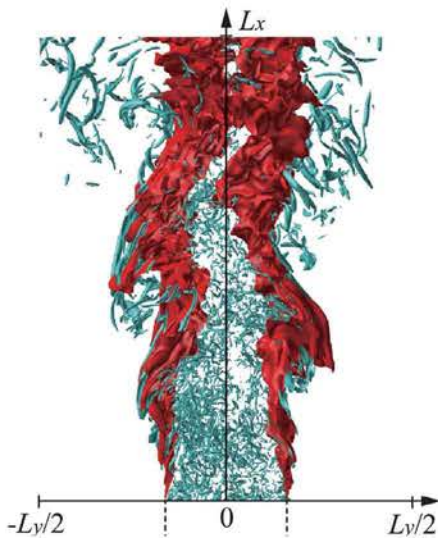
# 最新研究成果 ～ガンリン燃焼チーム～

## A Fractal Dynamic SGS Combustion Model for Large Eddy Simulation of Turbulent Premixed Flames

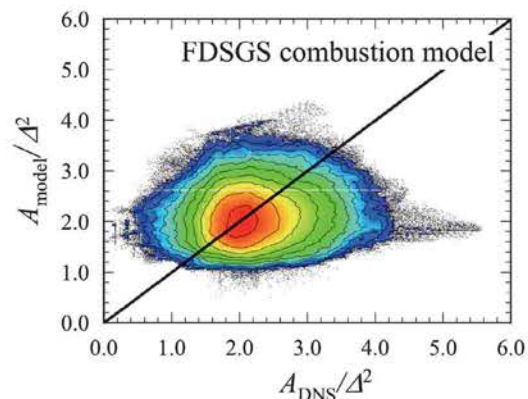
Direct numerical simulation of a turbulent hydrogen-air premixed plane jet flame is performed to investigate fractal characteristics and to evaluate the fractal dynamic subgrid scale (FDSGS) combustion model.



平岡 克大  
東京工業大学大学院  
理工学研究科 博士後期課程



DNS 結果 (赤：火炎面、シアン：小スケール渦)



モデル値と DNS 結果の結合確率密度関数

### 詳しくは

Katsuhiro Hiraoka, Yuki Minamoto, Masayasu Shimura, Yoshitsugu Naka, Naoya Fukushima and Mamoru Tanahashi, A Fractal Dynamic SGS Combustion Model for Large Eddy Simulation of Turbulent Premixed Flames, Combustion Science and Technology, 188 (9) 1472-1495 (2016).

### コメント

超希薄高 EGR かつ高乱流強度条件での燃焼特性予測は熱効率 50% の SIP エンジンを実現するために必要である。この研究では、直接数値計算(DNS)により水素の高乱流噴流火炎の燃焼特性を計算し、筆者等が開発した FDSGS モデルを用いた LES の結果が DNS の結果と矛盾しない事を示した。この結果は SIP で開発している HINOCA の LES に FDSGS を適用して高乱流強度条件下での燃焼特性を予測することが可能となることを示しており、SIP エンジン開発にとって重要な成果である。

SIP 燃焼 プログラム会議委員 越 光男  
(独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 特任教授)

# 最新研究成果 ～ディーゼル燃焼チーム～

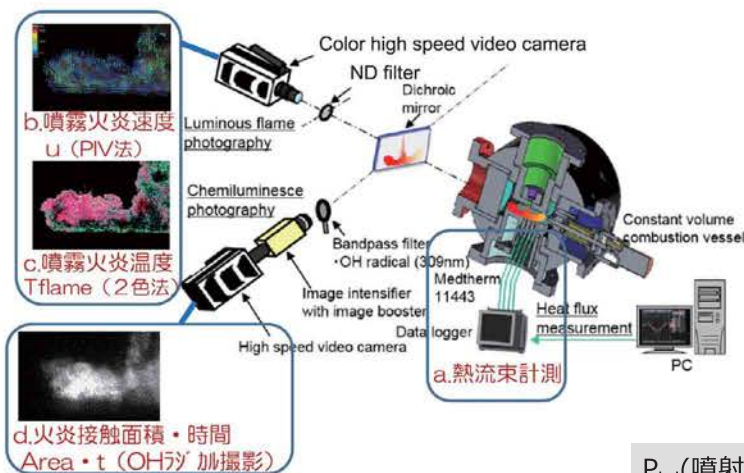
## エントレイン制御噴霧による冷却損失低減法の開発

熱流束計測可能な壁面挿入型定容燃焼容器を考案し、火炎直接撮影を同時に行なうことでディーゼル火炎性状と冷却損失指標との相関を調査し、噴射圧力が熱損失に与える影響の支配因子を明らかにした。

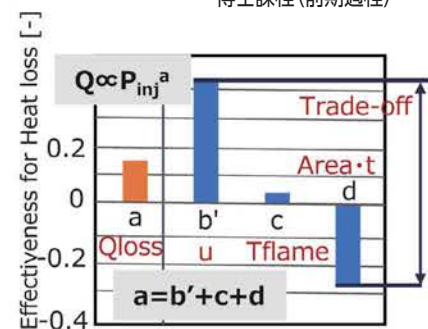


異 健

同志社大学大学院 理工学研究科  
博士課程(前期過程)



噴霧火炎画像・熱流束同時計測システム



$P_{inj}$ (噴射圧力)の増加に対して $Q_{loss}$ (熱損失)増加  
火炎流速( $b'$ )および火炎接触面積・時間( $d$ )の  
トレードオフが要因

### 詳しくは

異健, 前田篤志, 宮田哲次, 小橋好充, 桑原一成, 松村恵理子, 千田二郎  
ディーゼル噴霧火炎における壁面熱損失に関する研究, 自動車技術会  
論文集, Vol47, No.6, pp1291-1296 (2016)

### コメント

ディーゼルエンジンの熱効率向上にとって、シリンダからの熱損失の低減はきわめて重要である。本研究は各種の可視化・温度計測手法を組み合わせ、燃料噴射圧と噴霧火炎が当たる部分からの熱損失の関係を緻密な実験により定量的に明らかにしたもので、実用的価値はきわめて高い。今後は研究で明らかになった火炎流速、火炎接触面積等のパラメータを利用して、実際のディーゼルエンジンへの適用可能性を検討してほしい。

SIP 燃焼 プログラム会議委員 工藤 俊治  
(元トヨタ自動車株式会社 / JST 戦略ディレクター)



# 最新研究成果 ～制御チーム～

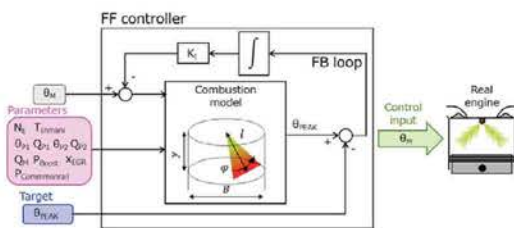
## ディーゼルエンジンのモデルベースド制御

燃料の多段噴射を行うディーゼルエンジンを対象に、離散化燃焼モデルを構築した。さらに、構築したモデルを組み込んだ、メイン燃料噴射時期を操作量、筒内圧力ピーク時期を制御量とするフィードフォワード制御器を設計、実機実装し、制御試験を行った。制御実験を通じて、制御マップによらない燃焼モデルを用いた制御の有効性を示した。

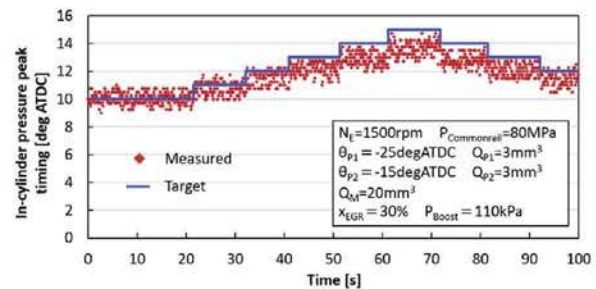


池村 亮祐

東京大学大学院 工学系研究科  
修士課程



Control system with the original combustion model



Result of control experiment

### 詳しくは

池村亮祐, 山崎由大, 金子成彦, “ディーゼルエンジンのモデルベースド制御”, 第3回制御部門マルチシンポジウム, 計測自動制御学会, (2016)

### コメント

オンボード用3段噴射の離散化燃焼モデルを構築、その制御器をECUに実機実装し、その予測精度を検証し有効性を示したもので、実用に近づいたことは大変評価できる。本研究は、これまでの単段、2段噴射を拡張したものであるが、最近の実エンジンの噴射は6～7段噴射もあり、また入出力変数が多いことから実用化にはまだ課題が多い。今後は、更なるアカデミックな新規性とテクノロジーへの繋がりを期待したい。

SIP 燃焼 サブ・プログラムディレクター 古野 志健男  
(株式会社 日本自動車部品総合研究所 専務取締役)

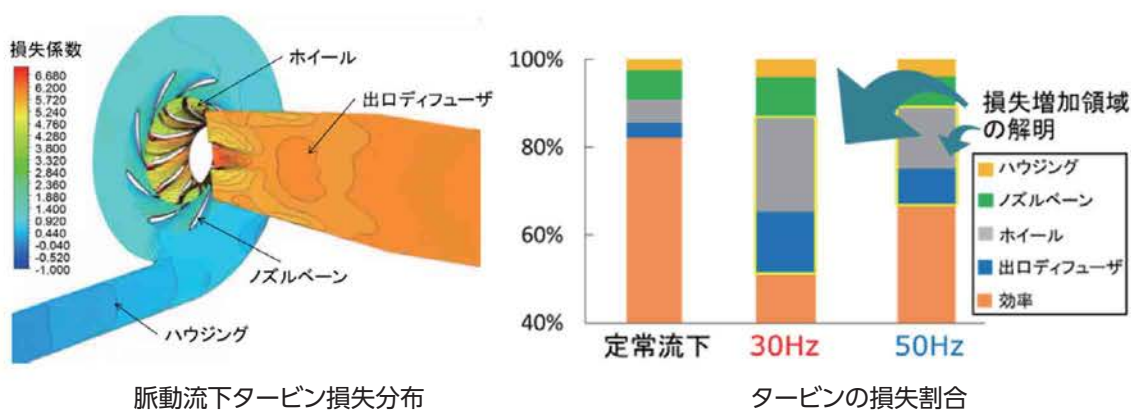
# 最新研究成果 ～損失低減チーム～

## Unsteady Flow Behavior of Radial Turbine in Pulsating Flow Field

自動車用過給機はエンジンによる脈動流の影響で定常流下よりも効率が大きく低下する。本研究では脈動流下過給機タービン試験装置で効率試験を行うことで脈動流下の特性を把握し、流動解析にて損失メカニズムを調査し、高効率過給機的设计を行っている。



中村 揚平  
早稲田大学 理工学術院  
博士後期課程



### 詳しくは

Saki Shiratori, Yohei Nakamura, Kazuyoshi Miyagawa : UNSTEADY BEHAVIOUR OF RADIAL TURBINE IN PULSATING FLOW FIELD, 7th International Symposium on Fluid Machinery and Fluids Engineering, ISFMFE 2016, 1-2(2016)

### コメント

本研究は、一般に定常流試験で計測されるターボ効率を脈動流の下で、脈動周波数(エンジン回転速度相当)を変化させ計測したものである。質量流量係数と圧力係数の関係が、一つの曲線となる定常流試験と比べ、ヒステリシス曲線となること、かつ脈動周波数が高くなるとヒステリシスが大きくなることを明らかにしている。産業応用的にはこの脈動流下の効率を簡略化したモデルで表現できると、開発速度の向上に寄与すると考えられる。

SIP 燃焼 プログラム会議委員 村中 重夫  
(元 日産自動車株式会社)

# What's New?

## ～燃焼研究 世界の最前線～

ディーゼル燃焼研究では火炎内ススの予測が最も重要かつ緊急の課題である。核生成から凝集体に至る生成過程と OH と  $O_2$  による酸化過程の計算が行われているが、従来のモデルではススの排出濃度の予測精度は低い。これを改善するため turbulence-chemistry interaction を考慮して温度と等量比の不均一性を表現する手法が Bolla や Haworth らによって提案されている。一方、Uchida らの研究によりシリンダ内スス質量が定量的に測定できるようになり、ススモデルの検証が可能となった。

米国の Convergent 社はスス排出レベルの高精度予測を目標にして Computational Chemistry Consortium を開始した。また IJER 誌では今春 Soot Dynamics in Internal Combustion Engines 特集号を組み、世界のスス研究の最新論文を掲載する。



神本 武征  
東京工業大学 名誉教授

### SIP 革新的燃焼技術 | Research Report 2017.1

発行日 / 2017 年 1 月 20 日

編集発行：科学技術振興機構 (JST)

環境エネルギー研究開発推進部 SIP 革新的燃焼技術 担当

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's 五番町

E-mail sip\_combustion@jst.go.jp HP <http://www.jst.go.jp/sip/k01.html>

(撮影者：村中 重夫)