

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	光学計測による自動車用エンジンの筒内流動特性解明と燃焼促進に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大倉康裕
Author(English)	Yasuhiro Okura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9970号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:店橋 護,花村 克悟,小酒 英範,村上 陽一,志村 祐康
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9970号, Conferred date:2015/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

専攻： 機械宇宙システム 専攻  
Department of  
学生氏名： 大倉 康裕  
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員(主)： 店橋 護  
Academic Advisor(main)  
指導教員(副)：  
Academic Advisor(sub)

### 要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「光学計測による自動車用エンジンの筒内流動特性解明と燃焼促進に関する研究」と題し、以下の 6 章よりなる。

第 1 章「緒論」では、地球・都市環境問題等の自動車用エンジン技術を取り巻く課題と、それらの課題を解決するためのエンジン燃焼技術に関する従来の研究開発について概観し、次世代の高効率自動車用エンジンに要求される技術課題と本論文の目的を明らかにしている。すなわち、高効率かつ高出力の自動車用次世代エンジンとして高過給ダウンサイジングエンジンが有望であるが、これを実現するには高回転域におけるエンジン筒内流動計測技術と乱流燃焼速度に寄与する乱流成分の分離法の確立が必要であり、それらを実現し、過給ダウンサイジングエンジンにおける強流動ポートとピストントップ形状が流動・燃焼特性に与える影響及び高回転域での出力低下を低減させる流動制御デバイスによる乱流強化と燃焼促進効果との関係を明らかにすることが本論文の目的であると述べている。

第 2 章「超高回転域でのエンジン筒内の流動解析」では、究極の自動車用エンジンである F1 レース用エンジンの可視化技術を確立し、粒子画像流速計 (PIV) による流体速度計測を行うことで、超高回転域における筒内流動特性を明らかにしている。すなわち、中空構造の延長ピストンやスリーブリング等により F1 エンジンと同一諸元の単気筒可視化エンジンを開発し、粒子画像流速計 (PIV) を用いて 10000rpm までの流動計測を世界で初めて実現している。吸気バルブの後流に 2 対の渦が形成され、これが高い体積効率を得られる吸気ポート形状の特徴であることを明らかにしている。また、一つのバルブを休止させることでエンジン筒内のスワール流を強め、これによる乱流強化により燃焼促進が可能であることを明らかにしている。さらに、計測結果と三次元フルモデルでの数値計算結果が非常に良く一致することを示し、超高回転域においても数値流体力学による予測が適用可能であることを明らかにしている。

第 3 章「エンジン燃焼室内の乱流変動分離法」では、従来のサイクル平均による乱流変動分離法では乱流燃焼速度の増大に寄与しないサイクル変動が乱流成分に含まれる問題点を指摘し、平均流成分、乱流変動及び平均流のサイクル変動を分離する新たな乱流変動分離法を提案している。すなわち、第 2 章で構築した可視化技術を高時間分解能に拡張することで、タンブルプレートにより疑似的に流動強化された従来型エンジンにおいて時系列 PIV 計測を実現し、サイクル平均スペクトルの勾配が変化する周波数をカットオフ周波数として、それを基準に平均流成分と乱流成分に分離する時間フィルター法を提案している。この手法を異なる運転条件に適用することで、抽出される乱流強度と乱流燃焼速度との間に相関があることを明らかにし、提案した時間フィルター法の有効性を検証している。

第 4 章「過給ガソリン直噴エンジンの筒内流動解析」では、強流動ポートを持つガソリン直噴過給ダウンサイジングエンジンに前章で提案した時間フィルター法を適用し、強流動場における乱流特性とそれに対するピストントップ形状の影響を明らかにしている。すなわち、エンジン筒内の流動計測では世界最高の高時間分解能 10kHz での PIV 計測に成功し、それらの結果から強流動ポートを具備させることで、吸気行程で生成されたタンブル流を圧縮行程後半まで維持できること、回転数の増加とともに乱流強度も増大することを明らかにしている。また、吸気行程で生成された流れを効率良くタンブル流に変換するピストントップ形状が流動強化に有効であることを明らかにしている。さらに、時間フィルター法を用いて乱流特性の詳細を議論するには 5kHz 以上の時間分解能が必要であること、時間フィルター法のカットオフ周波数は吸気行程のピストン挙動で生成される積分スケールの運動に対応することを明らかにしている。

第 5 章「吸気切換えデバイスによる筒内乱流強化と燃焼促進」では、高回転域での最大出力低下を低減させる流動強化デバイスであるタンブル制御バルブ (TCV) を装着した過給ダウンサイジングエンジンの筒内流動特性を明らかにしている。すなわち、TCV の隔壁とフラップが異なる条件での計測結果から、吸気バルブ上部の流速を上昇させる TCV を用いることで、エンジン筒内のタンブル流を大幅に強化でき、強乱流場を形成可能であることを明らかにしている。また、同一諸元の実機用 4 気筒エンジンの燃焼期間と時間フィルター法により得られる乱流強度との間に高い相関があることから、TCV が燃焼促進に有効なデバイスであることを明らかにしている。

第 6 章「結論」は、各章で得られた結論を総括している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

専攻： 機械宇宙システム 専攻  
Department of  
学生氏名： 大倉 康裕  
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員(主)： 店橋 護  
Academic Advisor(main)  
指導教員(副)：  
Academic Advisor(sub)

### 要旨(英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Due to global and urban environmental issues which are represented by global warming and air pollution, technological problems related to engine combustion technology for automobile varied across the ages and each problem has been overcome until now. For a next-generation engine for automobile, however, higher thermal efficiency and higher power output are required. As one of such automobile engine which has both of high thermal efficiency and high output, a downsizing boosted engine is promising. To realize this engine, it is necessary to establish an in-cylinder flow measurement method in high engine speed range and a decomposition method of turbulence component which contributes directly to enhancement of turbulent combustion speed. In this thesis, after realizing these methods, in-cylinder flow characteristics and combustion characteristics were clarified with focusing on relationships between turbulence enhancement and combustion promotion by an intake switching device which is reduced output loss in high engine speed range.

An optical single cylinder engine for ultra-high engine speed is newly developed and optical technique is established. Characteristics of in-cylinder flow up to 10000rpm were clarified on the optical single cylinder engine by applying particle image velocimetry (PIV). By extending the constructed optical technique to high speed PIV, a time filtering method for turbulence component decomposition from in-cylinder flow is newly proposed. The proposed time filtering method is applied on the enhanced flow field like a downsizing boosted engine. Turbulent characteristic induced by high tumble intake port shape and effects of piston top shape on the turbulent characteristics are investigated. Furthermore, appropriate time resolution and physical meaning of cut-off frequency are clarified for the time filtering method using high time resolution PIV data up to 10kHz. Characteristics of in-cylinder flow by the intake switching device are also investigated and it is shown that tumble flow can be enhanced by the intake switching device. Finally, it is revealed that turbulence characteristic obtained by the time filtering method on an optical engine has high correlation with combustion duration on a metal engine.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).