

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	高時間分解能レーザー計測による乱流燃焼における火炎及び流動の動的特性に関する研究
Title(English)	Investigation on Flame and Flow Dynamics in Turbulent Combustion by High-Speed Laser Diagnostics
著者(和文)	城地文音
Author(English)	Ayane Johchi
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9775号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:店橋 護,小酒 英範,齊藤 卓志,村上 陽一,志村 祐康
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9775号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	城地	文音
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	店橋 護	教授	志村 祐康	准教授
	審査員	小酒 英範	教授		
		齊藤 卓志	准教授		
村上 陽一		准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Investigation on Flame and Flow Dynamics in Turbulent Combustion by High-Speed Laser Diagnostics(高時間分解能レーザー計測による乱流燃焼における火炎及び流動の動的特性に関する研究)」と題し、以下の5章よりなる。

第1章「Introduction」(緒論)では、近年深刻化しているエネルギー・地球環境問題の解決には、高効率・低環境負荷燃焼器の開発が重要であることを述べ、そのような燃焼器開発に必要な乱流燃焼モデルの開発と燃焼器内の不安定現象の解明に関する過去の研究を概観し、それらの問題点を明らかにしている。すなわち、高精度乱流燃焼モデルの構築と燃焼器内で生じる不安定現象を解明するには、高時間分解能で長時間計測可能なレーザー計測法の開発が必要であることを指摘し、高時間分解能で長時間計測可能な計測法を開発し、乱流燃焼場における火炎と流動の動的特性及び液体燃料スワール型乱流燃焼器の不安定現象を解明することが、本論文の目的であると述べている。

第2章「Development of High-Speed Laser Diagnostics in Turbulent Combustion」(乱流燃焼場における高時間分解能レーザー計測法の開発)では、10kHzの高繰り返し周波数で火炎構造を計測可能なCHラジカルとOHラジカルの同時平面レーザー誘起蛍光法(PLIF)を世界で初めて開発し、流体速度三成分の面計測が可能な時系列ステレオ投影粒子画像流速計(PIV)と融合することで高時間分解能複合レーザー計測法を開発している。開発した高時間分解能複合レーザー計測法を用いて、メタン・空気乱流噴流予混合火炎を対象とした火炎構造と流体速度の同時計測を行い、高レイノルズ数乱流中では、下流へと放出された大規模な予混合気塊が火炎先端部において多数の微細未燃予混合気塊へと分裂し、急速に消費されることを明らかにしている。また、高レイノルズ数乱流中では、CHラジカルのPLIFのみから検出され得る微細な火炎が存在することを明らかにし、CHラジカルとOHラジカルのPLIF同時計測の必要性を明らかにしている。これらの結果から、開発した高繰り返し周波数CH-OH同時PLIFと時系列ステレオPIVの同時計測が、乱流燃焼場における火炎と流動の動的特性を検討するための計測法として有効であることを明らかにしている。

第3章「Dominant Flame Structure and Dynamics in the Tip of the Turbulent Jet Premixed Flame」(乱流噴流予混合火炎の先端部における支配的火炎構造と動的特性)では、第2章で得られた計測結果に、固有直交分解解析を施すことにより、乱流噴流予混合火炎先端部における支配的火炎構造が微細な未燃予混合気塊の形成と消費により特徴付けられることを明らかにし、それら微細未燃予混合気塊の諸特性を明らかにしている。すなわち、微細未燃予混合気塊の等価半径の最頻値は約1mmであり、乱流場のテイラーマイクロスケール程度であることを明らかにしている。また、本論文で開発した高時間分解能複合レーザー計測を用いて微細未燃予混合気塊の局所消費速度を算出し、火炎先端部に形成される微細未燃予混合気の消費速度が層流燃焼速度を大きく上回り、未燃予混合気塊の等価半径の減少とともに最大で層流燃焼速度の約3倍にまで達することを明らかにしている。さらに、理論的な考察から周囲既燃ガスからの加熱効果と乱流運動による歪み効果が微細未燃予混合気塊の消費速度を支配することを明らかにしている。これらの結果から、噴流火炎先端部における微細未燃予混合気塊の形成とその高速消費が乱流燃焼速度の増大機構である可能性を指摘している。

第4章「Instability of Liquid-Fueled Swirl-Stabilized Turbulent Combustor」(液体燃料を用いたスワール型乱流燃焼器の不安定性)では、航空機用ガスタービン燃焼器を模擬した液体燃料を用いたスワール型乱流燃焼器を対象として、燃料噴霧をトレーサー粒子とした時系列PIVと圧力及びラジカル自発光の同時計測を行い、燃焼器の音響学的不安定性と流体力学的不安定性の関係を明らかにしている。すなわち、同時計測結果に多変数動的モード分解(Dynamic Mode Decomposition)解析を適用することで、燃焼器の固有音響モードによる圧力振動とらせん状の大規模渦構造の発生に係る流体力学的不安定モードが燃焼器内に混在することを明らかにしている。また、酸化剤と燃料の流量を系統的に変化させた計測結果の解析から、低当量比条件では流体力学的不安定性によるらせん状の大規模渦構造が支配的であるが、当量比の増加とともに大規模渦構造はその一貫性を失い、高当量比条件では音響モードへと支配モードが移行することを明らかにしている。

第5章「Conclusions」(結論)では、各章で得られた結論を総括している。以上を要するに本論文は、高時間分解能で長時間計測可能な複合レーザー計測法を開発し、それらを用いて微細未燃予混合気塊の形成とその高速消費が乱流燃焼速度の増大に寄与すること及び液体燃料を用いたスワール型乱流燃焼器の不安定特性を明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(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。