

氏名	Cagdas AKSU
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5555号
学位授与の日付	平成29年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Combustion and End-Gas Autoignition Characteristics of Premixed Mixtures in a Pilot Ignited Dual Fuel Gas Engine (パイロット着火式二元燃料ガスエンジンにおける予混合気の燃焼とエンドガス自着火特性)
論文審査委員	教授 富田 栄二 教授 柳瀬眞一郎 教授 堀部 明彦

学位論文内容の要旨

This thesis is divided into 8 chapters. Chapter 1 summarizes the progress made in the field of internal combustion engine research regarding use of gaseous fuels, the proceedings of pilot fuel injected dual fuel gas engines, introduces the progress of in-lab research regarding pilot fuel injected dual fuel gas engine and PREMIER combustion, and explains the importance of the current work. Chapter 2 introduces the theoretical and conceptual background of combustion activity in internal combustion engines and describes a specialized combustion mechanism named as PREmixed Mixture Ignition in the End-gas Region. Chapter 3 explains the experimental setup, measurement devices, pilot fuel and gaseous fuel injection systems, control devices, the test engine and its settings. The specifics of these systems, the procedure of operation, their relation to one another are given in details, and the necessary precautions are identified. Chapter 4 informs on the procedure of data recording, its conversion to pressure versus crank angle arrays and evaluation of rate of heat release, mass fraction burned, unburned mixture temperature and end-gas autoignition timing, and also describes the procedure of visualization and image processing techniques. Chapter 5 discusses the effect of split pilot fuel injection on engine performance and combustion, which was evaluated from the results of both performance tests and visualization of pilot fuel sprays and flame kernels. Performance output and flame kernel images captured in single injection strategy is compared to those observed with split pilot fuel injection and the differences are discussed. Chapter 6 explains engine performance, exhaust emission and combustion characteristics of methane-hydrogen mixtures in a pilot fuel injected dual fuel engine by comparing to those of pure methane using average characteristics of an operating condition. The difference in combustion characteristics were explained based on the amount of hydrogen used in each fuel blend and the change of fuel reactivity. Chapter 7 discusses end-gas autoignition characteristics in PREMIER combustion operation by evaluating the details of heat release characteristics of each individual cycle of the methane-hydrogen data set of chapter 6. This chapter confirms that second stage heat release observed in PREMIER combustion is actually end-gas autoignition. Variation in end-gas autoignition characteristics are explained based on properties of unburned mixture and its composition. Chapter 8 summarizes the conclusions drawn in chapters 5, 6 and 7.

論文審査結果の要旨

本研究は、発電用エンジンとして用いられる、パイロット着火式二元燃料ガスエンジンにおける予混合気の燃焼とエンドガス部での自着火特性について調査している。すなわち、吸気管からガス燃料と空気の予混合気を吸入した後、ピストンで圧縮し、圧縮上死点付近で少量の軽油を噴射することによって自着火させて燃焼を開始する。ガス燃料としては、天然ガスおよびメタンと水素の混合ガスを使用した。ガス燃料は希薄燃焼させる。圧縮比は軽油で着火させるのでディーゼルエンジン並みに高く、また、吸気絞りがないために、熱効率はディーゼルエンジンと同等となる。火炎伝播で燃焼が進んでいくが、エンドガス部で自着火してノッキングになる場合がある。しかし、ノッキングにならず、燃焼が完了し、熱効率および出力が向上するとともに、HC,COが減少するという燃焼形態になる場合があり、当研究室ではこれをPREMIER (Premixed Mixture Ignition in the End-Gas Region) 燃焼と名付けて、そのメカニズム解明のための研究を続けている。

まず、天然ガスを使用して実験した。PREMIER燃焼を実現するための実験条件は、今までは狭い範囲に限られていた。しかし、本研究では、少量の軽油をさらに2分割して噴射することによって、初期燃焼を適切に制御することができ、PREMIER燃焼の運転範囲を拡大することができた。その初期燃焼の様子をピストンの下部から撮影することによって捉え、理解を深めることができた。

次に、メタンと水素の混合ガスを使用して、その割合を変化させた場合の燃焼特性を調査するとともに、PREMIER燃焼について考察した。まず、水素の割合を増加させると、水素の燃焼速度が速いため、燃焼期間が短くなる。また、種々の混合条件において、自着火発生時期をChemkinデータベースから得られた着火遅れをもとにLivengood-Wu積分によって予測することができた。さらに、PREMIER強度を表すパラメータを提案し、ノック、PREMIER、通常燃焼を区別することが可能になった。

以上のことより、本論文は、博士（工学）の学位を授与するに相応しいと考えられる。