

氏 名	MITHUN KANTI ROY
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4763号
学位授与の日付	平成25年 3月25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5条第1項該当)
学位論文の題目	Investigation of Different Injection Strategies and Local Mixture Concentration for Jet-guided Combustion in a Hydrogen Direct Injection Spark-Ignition Engine (水素直接噴射式火花点火機関におけるジェットガイド方式燃焼のための異なる噴射方法と局所混合気濃度に関する研究)
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 准教授 河原伸幸

学位論文内容の要旨

Spark-ignition (SI) hydrogen engines based on direct injection (DI) promise significant advantages in terms of thermal efficiency and power output, and present a means of overcoming problems related to knocking, backfiring, and preignition. A better understanding of the effects of hydrogen jets on the fuel concentration distribution and mixing process in a DISI engine should provide new and useful insights into combustion optimization. The objective of the present work was to gain a deeper comprehension of the characteristics of late-injection hydrogen combustion. An Ar-ion laser beam was used as a light source to visualize the hydrogen jet in a constant-volume chamber. This allowed us to study the structure of the jet in addition to other physical processes resulting from hydrogen gas injection. Combustion experiments were conducted in a single-cylinder SI optical research engine equipped with a DI system. An experimental combustion setup was applied to a fired, jet-guided DISI engine operated at 600 rpm in stratified mode. GDI injector with the jet directed toward the spark plug was used to develop the stratified combustion concept. A high-speed camera synchronized with the spark was focused on a 52-mm-diameter field of view through a window at the bottom of the piston crown. A series of single-shot images captured at different intervals was used to study the time evolution of the flame distribution. Variations in the fuel injection timing relative ignition timing were found to impact the development of the early flame, as well as the flame propagation. This research also employed spark-induced breakdown spectroscopy (SIBS) to measure the local fuel-air concentration in the spark gap at the time of ignition under stratified-charge conditions. GTT 3D CFD simulations of transient gas injections are used in this thesis to examine various hypotheses and to answer some questions relevant to the use of hydrogen gas in DISI engines. Part of the objectives of this thesis is to verify the impact of gas parcel model and to establish the effects of injection pressure, nozzle diameter and chamber conditions on the local fuel distribution in a hydrogen DISI engine.

論文審査結果の要旨

本論文は、火花点火式の水素直接噴射式エンジンの燃焼および局所の燃料～空気混合比（濃度）に関する研究である。水素は気体であるので吸気管から吸入させると水素自体がかなりの体積を占めることになり、出力が制限させる。また、バックファイア、プレイグニション等が問題である。そこで、水素をシリンダ内に直接噴射することにより、これらの問題を回避、改善することが可能である。しかし、シリンダ内に直接燃料を噴射する場合、その非定常かつ不均一な混合気形成過程が燃焼に影響を及ぼすので、それらの解明が必要である。

本研究では、まず、定容容器内で水素を噴射し、レーザシート法でその可視化を行なった。実機相当の条件まで含むように噴射圧力および雰囲気圧力を変化させて、到達距離等に関して考察した。次に、1回だけ燃焼させることのできる圧縮膨張機関を用いて、水素をシリンダ内に噴射し、火花点火により混合気に着火させて燃焼させ、その様子を透明ピストンによるボトムビュー方式で可視化するとともに、シリンダ内圧力を計測して熱発生率を算出した。点火時期は圧縮上死点に固定して、燃料を噴射する時期と期間を変化させた。その結果、燃料噴射の初期に点火すると水素噴流の影響で安定した初期火炎が形成されず燃焼が不安定になった。燃料噴射が終了直後、あるいは終了してすぐの時期の点火の場合には、良好な燃焼状態となった。これはすでに、シリンダ内に水素と空気の適切な混合気が形成されており、また、強い水素噴流の影響も少なくなることによりものであることが分かった。また、SIBS（火花放電誘起ブレイクダウン分光）法によって、火花プラグ近傍の局所混合比を測定するシステムを作成して計測した。また、GTTコードによる3次元数値流体計算によって水素噴流のシミュレーションを実施し、点火プラグ近傍の混合比が実験で得られた傾向を表すことが分かった。

これらのことより、本論文は、博士学位論文に十分値するものと認める。