

氏名	Mohamed Fathy Cidek Esmail
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第4227号
学位授与の日付	平成22年 9月30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	Atomization Process of Fuel Spray Issued from Port Fuel Injector and DISI Multi-Hole Injector Using Direct Microscopic Visualization (直接微視的可視化によるポート燃料噴射弁および DISI マルチホール噴射弁から噴出される燃料噴霧の微細化過程)
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

One important method of a fuel injector design is to improve fuel injector spray break-up to produce smaller and more disperse droplets. The demand for quantitative information on the atomization process has been increasing recently. High speed photography is used when the phenomenon to be observed or visualized occurs too quickly for normal human perception.

In this study, the time-series images of the spray behavior from different nozzle geometry of PFI and multi-hole DISI were obtained with using ultra high-speed video camera that could record 102 frames at the rate up to 1 Mfps couples with a long-distance microscope and Barlow lens with backlighting method.

From this study, The atomization processes and detailed characterizations of the break-up of a liquid column from PFI were identified; the direct microscopic images results were in good agreement with the results obtained from LIEF, experimental results of wavelength were in good agreement with that from Kelvin- Helmholtz breakup model. The process of breaking up liquid ligaments into droplets was investigated, a Weber's analysis of predicated droplet diameter from ligaments break-up was found to be applicable only at larger wavelengths. Experimental investigation showed that exit velocity, droplet diameter and stability (wavelength) influence by PFI nozzle geometry. It has been shown that experimental results for exit flow velocity of multi-hole DISI injector due to the variation of injection pressure show good agreement with predicted results from nozzle flow model. Direct microscopic images method of atomization process of PFI and PDA method give qualitatively similar trends for droplet size distribution and quantitative similar value of SMD. It is observed that the mean droplets diameter of spray from multi-hole injector is constant after certain time from injection at the location 60mm down stream from the nozzle tip at the same pressure. The probability of collision and coalescence is very low in a PFI. The tangential velocity components of the smaller droplets play a vital role in shape deformation during collisions and coalescence of the droplets. The empirical equations will be applicable to the coalescence of droplets in a PFI.

論文審査結果の要旨

火花点火機関における燃料噴射弁の性能向上のためには、噴霧の微粒化過程がたいへん重要である。特に最近、このような微粒化に関する定量的な情報の必要性が増してきた。そのために種々の研究が実施されてきたが、高速度撮影によって、現象の把握が容易になる。

本研究では、異なるノズル内部形状を有するポート噴射式の燃料噴射弁あるいは筒内直接噴射式マルチホール噴射弁に関して、超高速度（最高100万駒/秒）かつ微小な視野を拡大撮影した噴霧画像の時間履歴を観察した。

まず、ポート噴射式の場合について、液柱から液糸になって液滴になる微粒化過程を詳細に観察した。その結果、液柱の波長に関しては、LIEF(Laser Induced Exciplex Fluorescence)法によって得られた結果と直接拡大撮影によって得られた結果は、Kelvin-Helmholtzモデルによって推定された結果と良く一致した。また、液糸から液滴になる過程に関しては、Weberの解析法は、比較的大きな波長の場合には一致することが分かった。また、ポート噴射式の燃料噴射弁のノズル内部形状を変更した場合について、ノズル出口速度、液滴径、波長の安定性などについて調査した。直接拡大撮影によって得られた噴霧の液滴径は、PDA(Phase Doppler Anemometry)によって得られた結果と定量的に傾向が一致した。また、液滴と液滴の衝突や合体は、観察はされるものの、その確率はさほど高くなく、より小さな液滴との接線方向速度が重要な役割を果たすことなどが分かった。

次に、筒内直接噴射式のマルチホール燃料噴射弁の場合について、まずは基礎的に1つの噴霧に着目して調査した。すなわち、本来は6孔を有する噴射弁を2孔に変更し、そのうちの1孔からの噴霧を観察した。噴射圧力を変化させてノズル出口流速を見つめた結果、ノズル流れモデルによって得られる結果とほぼ一致した。また、噴射圧力が一定の場合、下流約60mm程度の位置では、噴射開始後一定時間経過すると平均粒径はほぼ一定になるなどの知見が得られた。

以上より、本論文は、博士（学術）の学位に値するものと認められる。