

[別紙 2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 脇坂佳史

修士（工学）脇坂佳史提出の論文は、「燃料噴射率形状が非定常噴霧燃焼に及ぼす影響」と題し、7章からなっている。

1 サイクル中の燃料噴射率の時間的変化である燃料噴射率形状は、燃料の時間的・空間的分布を直接支配するため、その最適化はディーゼル機関の低公害化を実現する技術として大いに期待されている。しかしながら、従来の研究では、個別のディーゼル機関を対象として有害物質の低減を実現する噴射率形状を探求する研究が多く、噴射率形状が噴霧や燃焼に及ぼす影響を、現象の理解を通じて検討した例は少ない。また、従来の燃料噴射装置では、噴射率形状以外の条件も噴射率形状と一緒に変化してしまい、噴射率形状の影響のみを抽出することが難しい点が問題であった。このような背景から本論文では、実機の霧囲気圧力や温度などの物理的条件のみを模擬した自由空間内に燃料を噴射し、燃料噴射率形状が噴霧燃焼に及ぼす影響を、実験と数値計算により系統的に検討することを試みている。

燃料噴射率形状には、 Δ 型の1段噴射で、噴射の重心が系統的に移動していく波形を採用し、さらに噴射率及び噴射率形状が同一の条件のまま、燃料噴射圧力とノズル噴孔径の組合せを変化させて、より一般化した噴射率形状の影響に関する検討を行っている。実験では実機同様の条件下で非蒸発噴霧及び噴霧燃焼の観察を行い、非定常噴霧の発達や燃焼特性、火炎中の温度やすす分布、燃焼ガス中のNO_xに及ぼす影響を段階的に明らかにしている。さらに、汎用エンジンシミュレーションコードであるKIVAコードを用いて数値解析を行い、実験で得られた結果を噴霧内の燃料空間分布や、混合気形成の観点から考察して、噴射率形状と噴霧燃焼の因果関係を検討している。

第1章は序論であり、本研究の背景を述べ、燃料噴射率形状と噴霧燃焼に関する従来の研究を紹介しながら研究の目的と意義を明確にしている。

第2章では、本研究用に開発した噴射率形状可変型噴射装置について、噴射率制御の原理と装置の概要を述べ、さらに、本噴射装置の噴射率形状可変特性を明らかにしている。

第3章では、実験手法および装置について述べている。まず、実験および計算に使用した、噴射率形状のパラメータと噴射条件について述べ、次に、非蒸発噴霧と噴霧燃焼の可視化に用いた実験装置全体の概要について説明している。また、火炎温度とすす分布の計測に使用した二色法システムについて、その手法や原理を概説し、装置概要と解析手法について説明している。

第4章では、数値計算に用いた KIVA コードについての概要を述べ、計算に導入したサブモデルとその特性を明らかにしている。次に、計算格子サイズの最適化や、計算条件を説明している。

第5章では、燃料噴射率形状が非定常噴霧の成長に及ぼす影響を実験と数値計算により明らかにしている。実験結果より、噴霧先端到達距離等の噴霧の巨視的特性は噴射率形状に大きく依存し、噴射率の上昇速度が速い場合ほど、空気導入が進んだ噴霧を形成することを明らかにしている。また、KIVA コードを用いた計算の結果、噴射率の上昇速度が速い場合は、燃料が噴射軸方向に比較的均等に分布するためノズル近傍にも濃い混合気が存在すること、一方、噴射率の上昇速度が緩やかな場合は、燃料が噴霧先端付近に集中するため、当量比が大きい濃い混合気は噴霧先端付近に集中することを推定している。

第6章では、第5章の結果を踏まえて噴射率形状と噴霧燃焼の関係が検討されている。まず実験結果から、主燃焼期間の短縮化の観点から考えた最適噴射率形状が、噴射圧力に依存することを明らかにしている。また、噴射率の上昇速度が速い場合、燃焼初期から火炎温度が高温になり NO_x が生成すること、一方で、上昇速度が緩やかな場合は燃焼中期から後期にかけて燃焼が促進され、NO_x が増加することを示している。一方、すす生成に関しては、低圧噴射時は燃焼が緩慢化する燃焼後期に、上昇速度が速い場合はノズルに比較的近い位置に、緩やかな場合は噴霧火炎先端部に未燃燃料が分布し、すす生成が増加する可能性があること、また、高圧噴射時は何れのパターンにおいても、初期には燃焼が促進されて火炎温度が上昇し、すす生成が増加するものの、後期には高圧噴射による乱れの増加によりすすの酸化が促進され、最終的なすす排出量が減少する可能性があることを指摘している。さらに、第5, 6章で得られた知見をもとに、本研究で対象とした△型の燃料噴射率形状を実機に適用する際の留意点について、考察が加えられている。

第7章は、本論文の結論であり、本研究において得られた知見をまとめている。

以上を要するに、本研究は燃料噴射率形状が、非定常燃料噴霧と燃焼に与える影響について、実験と数値計算により系統的に検討を加え、その影響を明確にすると共に、噴射率形状最適化に向けての留意点を指摘したものであり、機械工学、特に内燃機関工学、燃焼工学に寄与するところが多い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。