

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 宮嶋 歩

本論文は論文題目「筒内噴射ガソリンエンジン用インジェクタの噴霧パターン生成法に関する研究」と題して筒内噴射 (Direct Injection) ガソリンエンジン (以下、DIエンジンと略す) のさらなる低燃費化、排ガスの清浄化および高出力化を目的とし、それに合致した噴霧パターンの生成方法を提案している。すなわち成層燃焼 (低負荷運転時、圧縮行程噴射) と均質燃焼 (高負荷運転時、吸気行程噴射) を両立させ、しかも、両者を改善する噴霧パターンの提案、その噴霧パターンを生成するインジェクタの開発、およびレーザを用いた可視化と噴霧粒径分布計測による噴霧構造の解明を主たる内容としている。近年、DIエンジンの燃焼改善に関しては筒内の空気流動制御に関する研究がさかんに行われているが、本論文の研究は、噴霧パターン自体に注目し、異なる運転条件下でも筒内雰囲気圧力や燃料噴射圧力の影響を受け難い噴霧パターン、かつ、点火プラグ方向への指向性を持った噴霧パターンの生成方法を検討した研究である。特に、本論文では、設計変更が比較的容易なインジェクタノズルの先端形状に着目し、これに非対称性を持たせて噴霧パターンを制御する方法を新たに考案するとともに、筒内雰囲気圧力と燃料噴射圧力が噴霧構造に及ぼす影響について考察を加え、提案した噴霧パターンがDIエンジンの性能改善に寄与することの見通しを得ている。

第1章では、研究の動機、背景、目的及び論文の構成が述べられている。ここで申請者は、近年行われたDIエンジンの燃焼改善に関する多くの研究活動の成果をまとめることにより、排気ガス清浄化と燃焼安定性の向上のためには、噴霧パターン自体を積極的に制御する必要があることを述べている。

第2章では、これまでにDIエンジンに用いられてきた混合気形成方法と噴霧パターンの役割について述べている。特に成層燃焼の安定化に及ぼす噴霧パターンの影響について詳しく考察している。さらに従来のインジェクタノズルを比較検討し、インジェクタノズルを開発するための課題を抽出するとともに、以降の章で述べる噴霧パターンの現象理解に必要な噴霧構造の基本特性について説明している。

第3章では、はじめに燃費改善・排ガス改善を実現する新しい噴霧パターンのコンセプトが提案されている。そのコンセプトには、以下の3つの特徴がある。(1) 指向性のある偏向噴霧を生成し、点火プラグ近傍に混合気を集中させピストン冠面への噴霧分布を少なくする。(2) 噴霧の一部を分断して噴霧内外の圧力差を小さくし、背圧が高い場合でも噴霧が潰れることなく、噴霧形状を安定に保つ。(3) 燃料旋回素子 (スワロー) を用いて噴霧を微粒化する。次に、従来のスワールノズルの先端部を半面だけステップ状に切り欠いた構造の L-Step ノズルを新たに開発している。続いて、噴霧が分断・偏向されるメカニズムについてオリフィス内部の燃料の旋回速度と軸線方向速度に着目した考察が行われ、分断は噴霧分布の濃淡によって生じ、偏向は旋回速度と軸線方向速度の比によって説明できることが示されている。

第4章では、噴霧のペネトレーションと噴霧角を測定するために開発した YAG レーザ、CCD カメラによる可視化装置と実験方法、粒径分布を測定するために開発した PDPA 計測装置と実験方法について説明している。噴霧実験においてはエンジン筒内の雰囲気場を模擬するために加圧可能な容器を設けるとともに、インジェクタに供給する燃料としてはシェルロースが用いられている。

第5章では実験結果について述べている。実験には、比較のために、L-Step ノズル、スワールノズル、テーパノズル(ノズル先端半面をテーパ状にカットしたノズル)の3種類のノズルが用いられている。L-Step ノズルの噴霧パターンは偏向し、噴霧の一部が分断された中空噴霧である。一方、スワールノズルは中空円錐状、テーパノズルは偏向中空円錐状の噴霧である。背圧が噴霧パターンに及ぼす影響が検討され、L-Step ノズルの噴霧は他のノズルの噴霧に比べて背圧変化に対して安定な形状を保つことを確かめている。一方、燃料噴射圧力が噴霧パターンに及ぼす影響はいずれのノズルに対しても小さいことが示されている。次に L-Step ノズルの粒径分布の特性が検討され、背圧、燃料の噴射圧力に無関係に、常に他のノズルに比べて微粒化の良い噴霧を生成可能なことが確認されている。さらに、オリフィス内の燃料流れの数値シミュレーションを実施し、L-Step ノズルではオリフィス内の燃料流れがオリフィス軸に対して傾いており、傾きの方向は実験から得られた噴霧の偏向方向と一致していることを明らかにし、噴霧偏向がオリフィス内流れの影響であることを示している。

第6章においては、噴霧パターンの制御について考察している。噴霧を調整する手段として、設計変更が比較的容易なノズル先端部の切り欠き深さの無次元量に着目し、それを小さくするほど偏向側噴霧角が大きくなることを確認し、望ましい噴霧パターンの取得に成功している。更に、噴霧写真を DI エンジンのシリンダに当てはめることによって L-Step ノズルにおいては、空気流動の補助を用いずに点火プラグ近傍に混合気を集めることが可能であり、かつ、ピストンキャビティへの燃料付着を抑制できる可能性があることを示している。

第7章においては全体の結論が述べられている。

以上を要約すると、DIエンジン用インジェクタ噴霧生成に関して、本研究において新たに提案された噴霧パターンとその特徴に関する実験データは、この分野の基礎研究と応用研究の両面において有用な資料である。開発した L-Step ノズルインジェクタは、均質燃焼／成層燃焼を両立する混合気を噴霧の慣性力だけで生成することが可能である。また、ピストンへの燃料付着を抑制できる可能性があり、燃費・排ガスの改善に有効である。さらに、ノズル作成が比較的容易であり、筒内流動の精密な制御の必要がなくなるため、エンジンシステムのトータルコストの低減に有効であり、産業上重要な技術となることが期待される。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格であると認められる。