

審査の結果の要旨

論文提出者名 山西 学

工学修士山西学提出の論文は「燃料噴射系のモデル化とその応用による小型汎用直噴ディーゼルエンジンの生産性向上に関する研究」と題し、6章から成っている。

熱効率が他の内燃機関と比べて高い長所を持つ反面、有害物質排出および燃料消費の低減などの技術的課題を有する直噴ディーゼルエンジンにおいて、燃料噴射系は重要な構成要素である。また、75 kW 以下の小型汎用直噴ディーゼルエンジンは、自動車用と比べて多種少量生産であり、生産財としての経済効率が最優先されるため、専用の高価な燃料噴射装置の採用は極めて困難である。そこで、燃料噴射系に関する高精度のシミュレーション方法が確立されれば、開発期間の短縮および生産設計技術向上の観点から、今後世界的に一層厳しさを増す排出ガス規制に対応するためのエンジン開発にとってその活用は有効な手段になる。しかしながら、従来の研究においては、汎用エンジンに適合する複数の構造の燃料噴射系についてモデル計算を行い、搭載エンジンの改良に結びつける結果を出すには至っていない。さらに、燃料噴射モデルと噴霧モデルをリンクさせ、計算結果を実際の開発・生産過程に応用した例もない。

このような背景から、本論文ではこれらの課題を解決すべく、複数の構造の燃料噴射系に対応可能なシミュレーション手法を提案している。広い運転条件において検証実験を実施し、実験結果と計算結果との比較により、計算精度の検証を行っている。また、燃料噴射モデルとディーゼル噴霧モデルをリンクさせることにより、燃料噴射系の主要諸元と燃料噴射特性および噴霧特性の相関を明らかにしている。本シミュレーション手法は、ディーゼルエンジンの開発および生産の場において、燃料噴射系の基本設計、寸法公差決め、および生産工程に応用されており、エンジンと燃料噴射系のチューニングを短期間かつ低コストで行うことを実現させている。

第1章は序論であり、本研究の背景を述べ、ディーゼルエンジンの開発の動向および関連する研究の成果とその問題点を検討し、研究の意義と目的を明らかにしている。

第2章では、作成したシミュレーション手法について説明している。燃料噴射過程で生じるキャビテーションを考慮した、燃料噴射ノズル噴口部の詳細を含む各流体要素のモデル化について説明している。また、複数の構造の異なる燃料噴射系に対して、流体要素の組換えによって簡便にモデル変更が可能であることを示している。本手法を用いることにより、燃料カムリフトまたは燃料噴射管内圧力を入力値として、燃料噴射率および各部の圧力、弁挙動、流量の時間経過の予測値が非常に短時間で得られることを示

している。

第3章では、モデルの検証結果について述べている。特殊センサの開発による燃料噴射ポンプ内部の圧力および弁挙動の計測を含む、燃料噴射特性の実験方法について説明がなされている。複数の構造の燃料噴射系に対し、広い作動条件において計算結果と実験結果を比較することにより、計算精度の観点からモデルの妥当性について詳細な検討を行っている。

第4章では、燃料噴射モデルと噴霧モデルのリンクについて述べている。燃料噴射特性の計算結果を入力値とし、既存のモデルを用いて噴霧特性の計算を行っている。また、計算結果と実験結果の比較により、モデルの妥当性について検討を加えている。

第5章では、本シミュレーション手法の開発、生産の場への活用について述べている。まず、基本諸元の方向決めとして、基本諸元の変化量と噴射特性の変化量の相関を示している。基本諸元をいくつか組み合わせさせた結果、燃料噴射ノズルの噴口径が小さく、噴口入口部の曲率半径が大きい場合、微粒化の促進および噴射期間の適正化が図られることを示している。また、部品公差の検討として、構成部品の主要寸法公差を各々上下限で変化させた範囲では、燃料噴射ノズルのプレリフトと開弁圧力が小さい場合に、NO_xの生成に関係する初期噴射率が抑制されることを説明しており、エンジンの生産工程において発見される不具合への対処が迅速に実施し得ることを示している。さらに、本シミュレーション手法をエンジン生産における検査工程へ適用させた結果、行程の効率化が図られたことを説明している。これらの結果、ディーゼルエンジンの開発から生産までの間に要する試作回数、期間およびコストの低減が実現されたと結論づけている。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文は燃料噴射系に関するシミュレーション手法を提案し、実験結果との比較からその妥当性を検証した上で、本手法を多種少量生産である小型汎用直噴ディーゼルエンジンの開発、生産に応用し、その生産性向上を実現させたものであり、内燃機関工学および燃焼工学上貢献するところが大きい。

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。