

審査の結果の要旨

論文提出者名 石井 光教

工学修士石井光教提出の論文は、「遮熱ターボコンパウンドエンジンの性能とNO_x排出特性に関する研究」と題し、5章から成っている。

近年の地球温暖化およびエネルギーセキュリティなどの観点から、自動車用エンジンの更なる熱効率向上が望まれている。現在用いられている自動車用エンジンは、ディーゼルエンジンとガソリンエンジンに大別できるが、ディーゼルエンジンはガソリンエンジンに比べ、比出力などの面で劣るものの、熱効率が高いなどの大きな優位性を有している。ディーゼルエンジンのエネルギーバランスを考えると、エンジンの有効仕事として回収できるのは、一般に燃料の持つ全エネルギーの1/3程度であり、残りの約1/3は冷却損失、および約1/3は排気損失として捨てられている。このように今まで利用されていなかった冷却および排気損失を、有効仕事として回収する一手段として、遮熱ターボコンパウンドシステムが考えられており、その研究開発が盛んに行われている。これは高過給化、タービンなどによる排気エネルギーの回収システム、さらにセラミックスなどを用いた燃焼室壁面の遮熱化を組み合わせたシステムであり、これにより大幅な熱効率および比出力の向上が期待されている。しかしながら、遮熱化およびターボコンパウンド化による熱効率の改善効果は、必ずしも明確になっているとは言えない。また、排気エミッションの観点から考えると、燃焼室壁面の遮熱化や高過給化は燃焼ガス温度を上昇させるため、未燃炭化水素やススなどの排出低減が期待できるものの、窒素酸化物（NO_x）は大幅に増大することが懸念されている。このような高温燃焼場での有効なNO_x低減技術は未だ確立されておらず、これがシステムの実用化を妨げる大きな要因の一つとなっている。

このような背景から、本論文では、遮熱ターボコンパウンドシステムによる熱効率の改善効果を、エンジンサイクルシミュレーションモデルを用いた解析により明確にするとともに、過給機、タービンおよびレシプロ部などの最適化を行うことにより、このシステムの有効性を検証している。また、エンジン内でのNO_x生成過程を推定するシミュレーションモデルを開発し、各種のNO_x低減手法について検討を行うとともに、実機エンジンに適用可能な新たなNO_x低減手法を提案している。

第1章は序論であり、本研究の背景を述べ、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確にしている。

第2章は、ターボコンパウンドエンジンシステムによる熱効率の改善効果について述べている。まず、サイクルシミュレーションモデル、実験装置および測定法について説明している。また、実測結果との比較から、本シミュレーションモデルの妥当性を検証している。さらに、ターボコンパウンドエンジンの各種設計パラメータの感度解析とシステムの最適化を行い、このシステムによる熱効率改善効果について詳細な考察を行っている。

第3章は、エンジン燃焼室の遮熱化による熱効率の改善効果について述べている。まず、非定常熱伝達解析モデル、およびエンジンサイクルシミュレーションに適用する熱伝達モデルの妥当性について説明している。また、非定常熱伝達解析によるエンジン燃焼室壁面温度と冷却損失低減との相関を明確にするとともに、エンジン燃焼室の遮熱化による熱効率改善効果に関する考察を行っている。さらに、燃焼室の遮熱化と、第2章で述べたコンパウンドシステムとを組み合わせた遮熱ターボコンパウンドエンジンによる熱効率の改善効果について、詳細な検討を加えている。

第4章は、NO_xの低減手法について述べている。まず、NO_x生成モデル、実験装置および測定方法を説明し、実測結果との比較からモデルの妥当性を検証するとともに、遮熱ターボコンパウンドエンジン内でのNO_x生成過程を明らかにしている。また、種々の解析結果に基づき、エンジン内での効果的なNO_x低減手法として、燃焼ガスと余剰空気の急速混合手法を提案している。さらに各種エンジン実験から、提案されたNO_x低減手法の妥当性を検証し、本手法が実機エンジンに適用可能であると結論づけている。

第5章は結論であり、本研究において得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文は遮熱ターボコンパウンドエンジンについて、遮熱化およびターボコンパウンド化による熱効率改善効果を、実験および数値解析により明らかにするとともに、高過給高遮熱時におけるNO_x低減を行うための新たな手法を提案し、その手法の有用性を実証したものであり、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。