

# 博 士 論 文 概 要

## 論 文 題 目

小排気量直噴ガソリンエンジンの開発

Development of Small-Displacement  
Direct-Injection Gasoline Engines

申 請 者

野寄	高宏
Takahiro	Noyori

--

2009 年 2 月

環境保護への意識高揚と省資源への要請などから、自動車用エンジンの燃費向上及び排出ガス低減化は重要な課題となっている。世界規模での人口増加(60 億人:2000 年→80 億人:2030 年)や発展途上国とりわけアジア地区の富裕層増加により、この 30 年間で車両の急激な増加(4 億台:1980 年→10 億台:2010 年予測)がみられ、今後も増え続けることが予想されている。内燃機関の重要性は、ますます増大とするといえる。しかしながら一方で、自動車の増加は二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )の排出量や窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)などの有害排出量の増加を招き、地球温暖化や局所的な環境汚染を引き起こす主たる原因にもなっている。また、化石燃料の大量消費はその限りである天然資源の枯渇問題をも顕在化させている。将来にわたり、我々の社会及び環境を持続するためにも、自動車用エンジンの燃費向上及び排出ガス低減への取り組みを続けていく必要がある。

本研究の大きな目的としては、単に小型ガソリンの排気浄化と燃費改善に関する研究に終わるのではなく、市場での実用化を目指し、社会的要請に応えることを狙いとし、以下を目的とした。

(1)日本初の 660cc 軽自動車用ターボ過給機付直噴ガソリンエンジンの開発及び実用化

(2)直噴ガソリンエンジン用インジェクタの開発及び特許取得

上記(1)においては、ターボ過給機付直噴ガソリンエンジンは、軽自動車のみならず全車両を含めて、日本初のターボ過給機付直噴ガソリンエンジンであり、現在のダウンサイジングの代名詞であるターボ過給機付直噴ガソリンエンジンの奔りとなった。

上記研究の目的の(2)のように、CFD(Computational Fluid Dynamics)を活用し、最適な噴霧特性を作り出す新たな直噴ガソリンエンジン用インジェクタの開発を行うこととした。インジェクタ開発では、未だ直噴ガソリンエンジン用としては量産化されてマルチホール噴霧に注目して、小排気量エンジンでも燃料付着量を低減し、スモークの排出を低下させる新たなインジェクタを開発し、インジェクタの特許を取得することも目指している。

本論文は、以下の 5 章にて構成されている。

第 1 章は序論であり、研究の背景と目的、本論文の構成について説明している。研究の目的では、本論文の着目点を述べ、本研究は研究の範囲に収まらず、実際に日本で初の 660cc ターボ過給機付直噴ガソリンエンジンを実用化したことで、社会への貢献を果たしていることを述べ、本論文に意義についても明確にしている。また、本論文の構成では、各章の概要を記載する。

第 2 章では、低燃費化と排出ガス化を図った軽自動車初のターボ過給機付直噴ガソリンエンジンを開発するために、筒内現象の詳細な把握した上で、開発期間の短縮と試作コストの低減を目的として数値シミュレーションを導入し、エンジンの吸気ポート形状、ピストン形状諸元の検討を行う。また、エンジン性能は、生産時のバラツキにより変化するため、本章では、筒内空気流動に大きく影響する吸気ポートの型ズレについて数値シミュレーションを実施し、その結果に基づき、吸気ポート形状の選定を行う。

本エンジンにおける燃焼コンセプトは、吸気ポートおよびピストン形状を選定することにより高タンプル・高流量係数化を図り、また、点火プラグ近傍に最適な濃度の燃料混合気を配置させることにより、(1) 燃焼安定性の向上、(2) EGR の大量導入による燃費の向上及び NO<sub>x</sub> の低減、(3) 点火時期を遅角化して触媒早期活性化にすることにより、低排出ガス化をねらいとしている。

第 3 章では、660cc ターボ過給機付直噴ガソリンエンジンにおけるスモークの排出特性の実験的考察を行っている。ボア径が 68mm で 660cc という小排気量エンジンで、スモークの排出を低減させるために、燃焼室やピストン頂部への燃料付着を最小限させることは、重要なキーである。このようなエンジンでは、インジェクタのレイアウトの制限やインジェクタからピストン頂部への距離が短いため付着燃料が増えて燃料が過濃領域をつくりスモークを生成し排出することが、大きな課題となる。そこで、本研究では、可視化を含めた各種実験により、インジェクタ噴霧、噴射タイミング、燃料温度、点火時期の検討を行う。その結果、スモークの発生と燃焼開始時の付着燃料の量との関連について考察している。

第 4 章では、小排気量直噴エンジンでのスモークの排出への燃料噴霧特性の影響を検証している。インジェクタには様々なタイプがある。例えば、非対称質量分布を含むスワールインジェクタ、ファン噴霧インジェクタそしてマルチホールインジェクタなどがあるが、本章では、以下の 3 つの異なるインジェクタにより形成される噴霧特性について調査している。

(1) スワール噴霧

(2) ファン（フラット）噴霧

(3) マルチホール(MH)噴霧

これらのインジェクタの初期評価により、マルチホール(MH: Multi Hole)噴霧は、複数の噴霧孔により噴霧形状を形成することから、噴霧孔の配置により各種噴霧形状を作り出すことが可能であり、最もフレキシビリティがあることを明らかにしている。噴霧形状の自由度が高く、噴霧粒径等も優れている MH 噴霧が、今後主流になると予想されるため、MH 噴霧を主に開発を進めることとしている。

ファン及びスワール噴霧については、それらのインジェクタは、それぞれの特徴を示しており、ベンチマークとして意味があるため、ファン及びスワール噴霧インジェクタのテストも実施した。

本研究では、CFDによる噴霧特性のスクリーニング、噴霧特性の計測、実機でのスモークの排出測定を行い、燃料噴霧特性のスモークの排出への影響を明らかにする。インジェクタの噴霧解析方法として、噴霧の計測を多く用いる。

本研究では、多気筒エンジンを供試エンジンとして実施している。インジェクタ特性については、レーザシート **Mei** 散乱イメージ及びストロボスコープ光源を使用したボリュームイルミネーションイメージングによる光学的診断と、位相ドップラー流速計(PDA: Phase Doppler Anemometry)を用いて、噴霧粒径及び粒子速度を計測し、詳細に評価している。

第 5 章では、各章で得られた結果を総括するとともに、本研究で得られた成果である 660cc 直噴ガソリンターボエンジンの商品化について述べている。さらに、今後世界的に採用されていくであろう直噴エンジン用マルチホールインジェクタの特許が米独で取得できたこととその特許の概要について説明している。また、本研究での成果をもとに、今後ますます重要となる燃費性能向上技術を開発していくという今後の方向性についても言及している。