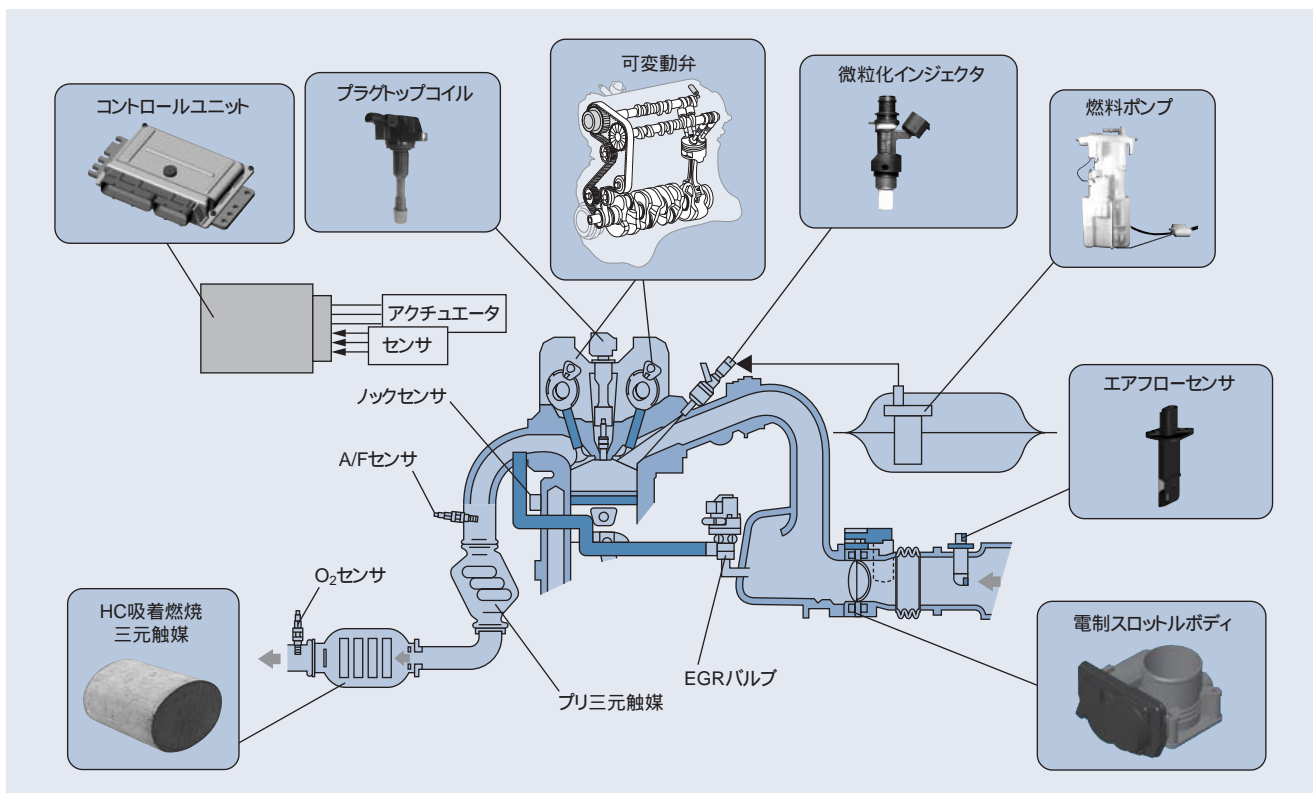


環境規制に対応した ポート噴射エンジン制御システム

Port-Injection Engine Control Systems for Environmental Protection

永野 正美 Masami Nagano 助川 義寛 Yoshihiro Sukegawa
渡邊 悟 Satoru Watanabe 天羽 清 Kiyoshi Amou



注：略語説明 A/F(Air/Fuel Ratio), HC(Hydrocarbon), EGR(Exhaust Gas Recirculation)

日立グループの総合力を生かしたポート噴射エンジン制御システムの構成

原子力発電プラントや新幹線のシミュレーション技術をエンジン制御部品とエンジン制御の開発に応用し、開発期間の短縮、優れた性能を持つ高品質・高信頼性のシステム・部品の製品化、さらに、システムソリューションの提案へ結び付けている。

近年、地球温暖化や大気汚染、資源枯渇などの問題がますます顕在化してきている。そのため、自動車業界に対しては、全世界で排気規制や燃費規制の強化が進められている。

日立グループは、これらの排気規制や燃費規制への対応と、自動車社会の今後の発展のために、その

総合力を生かし、エアフローセンサやインジェクタ、可変動弁、コントロールユニットなどの先進的な主要機器、各種センサやアクチュエータを使用した、「走り」に対応したポート噴射エンジン制御システムの開発・製品化のほか、さまざまなソリューションを自動車メーカーに提案している。

1 はじめに

1982年、日立製作所は、マイクロコンピュータを使用した、デジタル方式のポート噴射エンジン制御システムを製品化し

た。その後、国内外の自動車メーカーから排気規制への対応などを求められるようになったため、新技術を提案しながら、主要部品の機種拡大を図ってきた。

今後は、ますます厳しくなると予測される排気規制(国内の新長期規制、米国のSULEV(Super Ultra Low Emission

Vehicle), 欧州のEuro-V)や燃費規制(国内の2010規制, 欧州のCO₂規制)に対応するだけでなく、「走り」の要求にも応じていく必要がある。

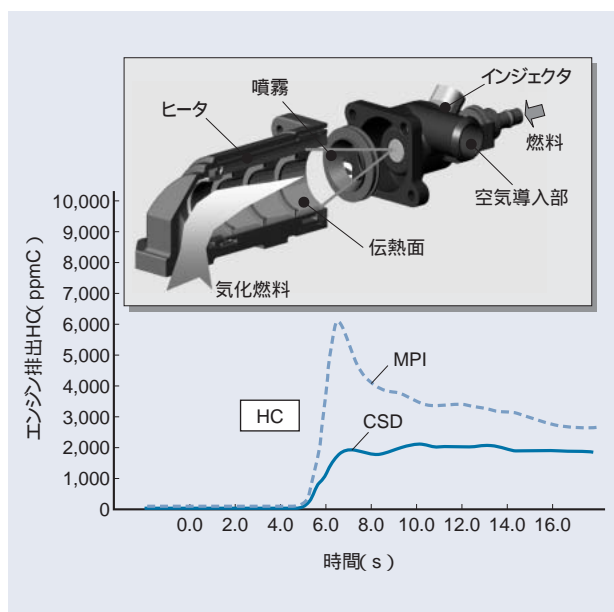
これらに共通する課題は、燃焼の改善である。燃焼の改善には、シリンダ内で混合気を最適形成する必要があることから、日立グループは、燃料の微粒化や気化、さらに、燃料を搬送するための最適な空気の流れを形成する技術の開発を進めている。また、エンジンから排出された有害成分には、触媒の早期活性化やHC(炭化水素)の吸着・浄化が必要である。このため、触媒を早期に活性化させる制御や、HC吸着・燃焼触媒の制御を含めた、後処理技術の開発にも取り組んでいる。さらに、「燃費」と「走り」の改善については、可変動弁の採用や吸排気弁の最適化技術など、ハードウェアとソフトウェア両面の開発を行っている。

ここでは、環境規制に対応した日立グループのポート噴射エンジン制御システムについて述べる。

2 排気対応技術

始動から始動直後の燃焼を改善し、有害成分の排出を低減するために、燃料を気化して供給するCSD(Cold Start Device)を開発した。

インジェクタから噴射された燃料は、空気導入部から供給された空気によって微粒化が促進され、旋回しながらヒータ部へ搬送される。細かな粒径の燃料は搬送空気に乗り、そのまま吸気管内へ供給される。一方、大きな粒径の燃料は旋回をかけられているので、ヒータ壁面に接して気化され、吸



注：略語説明 ppmC(Parts per Million Carbon), MPI(Multi-Point Injection)

図1 CSDの構成と実車テスト結果

ヒータにはPTC(Positive Temperature Coefficient ヒータチップ)を使用し、消費電力の削減と装着性の観点から小型化を図った。

気管内へ供給される(図1参照)。吸気管の集合部に装着したCSDで気化された燃料は、集合部下流の各吸気管を通してシリンダ内へ供給される。CSDは、始動から所定時間使用後、ポート噴射へ切換が行われる。環境温度25℃で始動し、始動直後のエンジンから排出されるHC量は、ポート噴射の場合が6,000 ppmC、CSDでは2,000 ppmCと低減した(図1参照)。

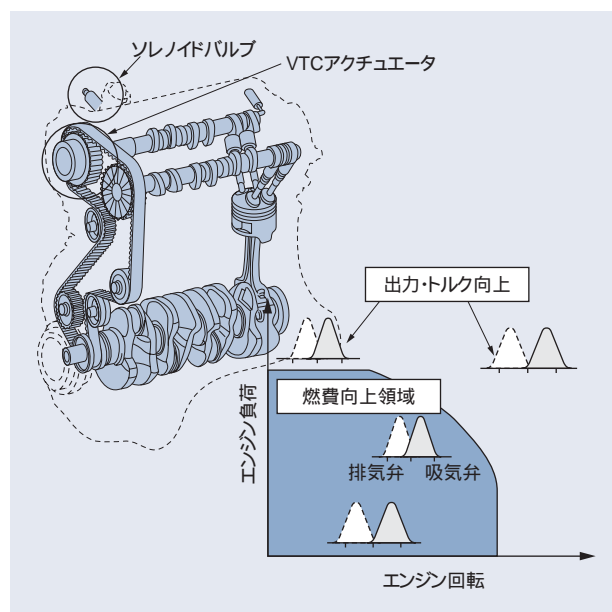
また、米国のFTR(Federal Test Procedure)モードでは、HCを52%低減することができた。

CSDを使用することで、ガソリンの性状(重質、軽質)に関係なく、良好な始動性を確保することができる。また、始動時の燃料補正量を、重質ガソリンに合わせる(多くする)必要がないことから、実用燃費を向上させることができる。

3 燃費対応技術

燃費対応では、エンジン制御システム、エンジン、エンジンの補機、および駆動系(トランスミッション)など総合的に対応する必要がある。

エンジン制御システムに関係する可変動弁の技術についても、例えば可変動弁は、吸排気弁の開閉タイミングで燃費、排気、および出力を向上させる。燃費の向上は、運転条件によって最適タイミングが異なる。アイドリング運転では、残留ガスを減少させ、燃焼を改善するために吸気弁を遅く開き、排気弁を早く閉じる。また、パーシャル(部分負荷)運転では、ポンプ損失を低減するために吸気弁を早く開き、排気弁を遅く閉じる。これにより、3,000 ccのエンジンで自動変速機仕様



注：略語説明 VTC(Valve Timing Control)

図2 可変動弁の構成と設計要件

各種アクチュエータや、さまざまな機構の対象エンジンに最適となるように設計している。

車のFTPモードにおける燃費を5.7%向上させることができた。

なお、日立製作所の可変動弁は、さまざまな位相、リフト、およびタイミングに対応できるほか、各種のアクチュエータや機構の異なるエンジンへの搭載も最適となるように設計している(図2参照)。

4 「走り」対応技術

最近では、燃費や排気への要求はもちろんのこと、商品性向上の観点から、きびきびとした「走り」や静粛性などが求められている。これらについては、ハードウェアとソフトウェアの両面から対応する必要がある。ハードウェアは上記の可変動弁や電制スロットルボディなどであり、ソフトウェアはトルクベース制御などである。例えば、トルクベース制御技術の開発では、加減速時のショック軽減、定常運転時の静粛性など運転性の向上と、車両に搭載されている他のコントロールユニットとのインタフェース(自動変速機との協調など)の強化を図った。加減速時のショックや、空調機など補機類の負荷変動時に生じる振動については、エンジンで発生するトルクの単位時間当たり変化量を制御することで対応できる。従来の制御では、アクセル開度で吸入空気流量が決まり、空気流量に応じて燃料量や点火時期を決定していたので、トルクを操作することができなかった。そのため、アクセル開度や外部要求トルクの目標エンジントルクを決め、それに合わせて空気量、燃料量、および点火時期を決めるようにした。

加速を例にとると、加速の初期はトルクを緩やかに立ち上げて車体への加振力を弱め、その後急速に強めることにより、加速性能を損なうことなく、ショックを軽減することができる(図3参照)。

5 システムを構成する主な部品

5.1 コントロールユニット

OBD(On-Board Diagnosis)、電制スロットルボディ制御、デジタルロック制御などに対応するため、高性能マイクロコンピュータ(日立グループ製SHシリーズなど)や、小型化のためのカスタムICを採用し、最新の実装技術を用いている。これらの部品はガソリン車すべてに対応しており、エンジン実装、エンジンルーム実装、および車室内実装の3種類を製品化している。

5.2 電制スロットルボディ

伝達機構の改良により、アイドルングから全開までの作動時間が150ms以下(全使用環境)という高応答と、低消費電力、

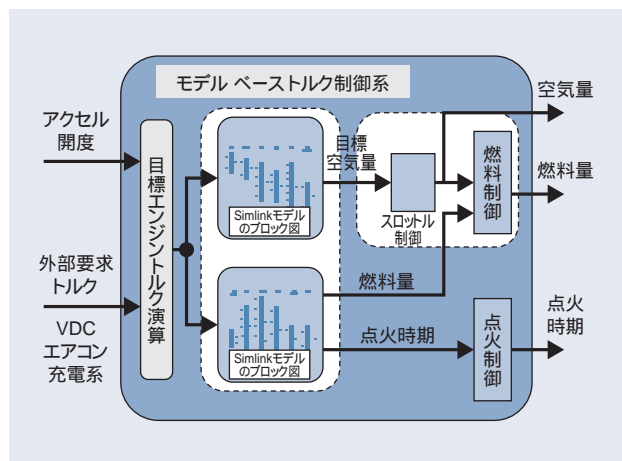


図3 トルクベース制御のブロック図

トルクベース制御であることから、駆動系とシャシ系との高精度な協調制御が可能となる。

さらに、弁系の高精度化によるアイドルング制御が可能な最低流量の低減を実現している。また、1kg以下の小型・軽量設計とした、スロットルコントロールモジュール(部品)も生産中である。このモジュールは、その高耐振構造が注目され、ディーゼルエンジンにも採用されている。使い方については、制御ロジック、診断、フェイルセーフなどの開発によるシステムサポートを行っている。

5.3 インジェクタ

設計上のくふうによって部品点数を減らし、29gへ軽量化した。流れのシミュレーションを実施し、通路構成や孔の位置を検討した結果、粒径を60 μ mとした。また、インジェクタの指標であるダイナミックレンジは、 $\pm 5\%$ で25倍まで可能とした。

6 シミュレータ、評価技術

ポート噴射エンジン制御システムを効率よく開発するためには、燃料の挙動や燃焼反応などを正確かつ定量的に把握し、どのような要因がエンジン性能に影響するかを理解することが重要である。これには、コンピュータシミュレーション技術の適用が有効である。

日立製作所は、原子力発電プラントの開発で培った独自の二相流、反応シミュレーション技術を応用し、エンジン内の燃料噴霧や、混合気、燃焼挙動を高精度に解析、評価できるエンジンシミュレータを開発している²⁾。また、このエンジンシミュレータと、車両の運動性やモード燃費、排気を評価する車両シミュレータ、診断やエンジン制御を評価する制御系シミュレータ、触媒の浄化特性や熱特性を評価する触媒シミュレータなどと連携することで、エンジンシステムから車両特性までを統合的に評価できる環境を構築している(図4参照)。

これらのシミュレーション技術を活用することで、試作工数

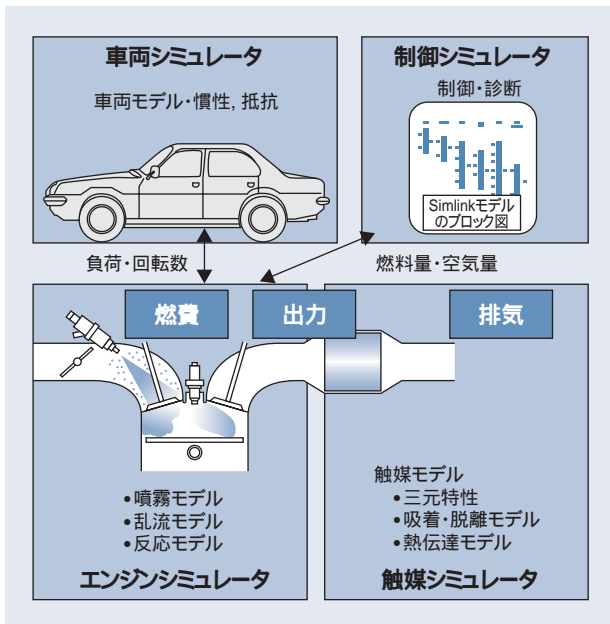


図4 エンジン制御技術開発のための統合シミュレーション環境

エンジン内の噴霧挙動から車両走行特性まで、統合的に評価できるシミュレーション環境を構築し、開発期間の短縮と、システム性能や信頼性の向上を図っている。

の大幅な低減や、システム性能の早期段階での評価、検証が可能となり、エンジン制御技術の開発期間短縮と、高品質・高信頼のシステム開発に役立っている。

7 おわりに

ここでは、日立グループのポート噴射エンジン制御システムの開発技術と主な製品について述べた。

日立グループは、今後も、排気・燃費規制に対する社会的責任はもとより、自動車のきびきびした「走り」や静粛性など高い実用性を目指し、高品質で生涯コストが低減できる部品やシステムの製品化、さらに、日立グループの総合力を生かした情報系の取り込みや、駆動系・シャシ系との協調を進め、新技術やソリューションの提案により、自動車社会の発展に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) Frank W. Hunt, et al.: Emission Reduction Device for SULEV Vehicle Applications, SAE2004-01-0140 (March 2004)
- 2) Y. Sukegawa, et al.: In-Cylinder Airflow of Automotive Engine by Quasi-direct Numerical Simulation, JSAE Review, Vol. 24, No. 2 (April 2003)
- 3) S. Nakagawa, et al.: A New Catalyzed Hydrocarbon Trap Control System for ULEV/SUEV Standard, SAE2003-01-0567 (2003)
- 4) H. Hosoya: Development of New Concept Control System for Valve Timing Control, SAE2000-01-1226 (2000)

執筆者紹介



永野 正美

1968年日立製作所入社、オートモティブシステムグループ制御システム設計部 所属
現在、パワートレインシステムの開発・設計に従事
E-mail : m-nagano @ cm. jiji. hitachi. co. jp



助川 義寛

1984年日立製作所入社、日立研究所 情報制御第三研究部 所属
現在、エンジン燃焼解析業務に従事
E-mail : ysukega @ gm. hrl. hitachi. co. jp



渡邊 悟

1985年株式会社日立ユニシアオートモティブ入社、エンジン本部 EMS設計部 所属
現在、エンジン マネジメント システムの開発に従事
E-mail : satoru_watanabe @ hitachi-unisia. co. jp



天羽 清

1987年日立製作所入社、機械研究所 自動車プロジェクト 所属
現在、排気規制対応システムの研究開発に従事
E-mail : amou @ gm. merl. hitachi. co. jp