

V6 i-VTEC 可変シリンダシステムエンジンの開発

Development of V6 i-VTEC Engine with Variable Cylinder Management

野口 勝三*

Katsumi NOGUCHI

澤村 和同*

Kazutomo SAWAMURA

藤原 幹夫*

Mikio FUJIWARA

鈴木 茂*

Shigeru SUZUKI

瀬川 誠*

Makoto SEGAWA

要 旨

高出力、低燃費、低排出ガスを狙いとして V6 i-VTEC 可変シリンダシステムエンジンを開発した。本エンジンは、吸気弁と排気弁の作動と停止を VTEC 機構にて切り換え、片側バンク 3 気筒を休止できる構造を採用している。切り替えを確実にするためには、低回転の低油圧領域での切り替え応答性が重要で、シンクロピンの切り換え方式とスプールバルブを工夫することで高い応答性を実現した。また制御精度の向上は、切り替え時のバルブ停止と燃料カットの同期化を可能とし、その結果エンジン運転状況の変化に応じ、ドライバビリティを損なわずに、3 気筒運転と 6 気筒運転を瞬時に切替えられるようになった。本エンジンは、新型モデル INSPIRE に搭載されレギュラガソリン仕様ながら 184kW(250ps)、296Nm(30.2kgm)の高出力、高トルク、超低排出ガス基準適合を達成し、10・15 モード 11.6km/l とクラストップレベルの低燃費(平成22年燃費基準適合)を実現した。

ABSTRACT

A V6 i-VTEC engine provided with a variable cylinder system has been developed to achieve high output, high fuel economy and low emissions. The variable cylinder system uses the VTEC mechanism to close the rear bank of three cylinders. To increase the accuracy of switching control, it is essential to increase the responsiveness of switching when oil pressure is low at low engine speeds. High responsiveness has been ensured in this engine by contriving the way of switching synchro pin and spool valves. The increased accuracy of control has enabled valve close timing to be synchronized with the stopping of fuel supply to the deactivated cylinder bank. As a result, the system is able to switch instantaneously between three- and six-cylinder operation to enable engine output to respond to the different driving conditions with no loss of drivability. The new engine has been employed in the new model INSPIRE. It is a high-power (184 kW [250 ps]) and high-torque (296 Nm [30.2 kgm]) engine, and achieves a fuel consumption of 11.6 km/l in Japanese 10-15 mode and meets ultra-low emissions standards while maintaining regular gasoline specifications.

1. まえがき

近年の地球環境保護、省エネルギーの要求に対し、環境・燃費・走りなどを向上させた、パワートレーン「i-シリーズ」新世代エンジンを開発している。今回の V6 可変シリンダシステムエンジンは、Honda 独自の VTEC 機構に可変シリンダシステムを付加して開発された、V6 i-VTEC エンジンである。

V6 エンジンをいわば 2 基の 3 気筒エンジンと考え、ECU が最適と判断した場合に、V 字型に並んだ六つのシリンダのうち、片側バンク 3 気筒のバルブ駆動を瞬時に停止、残る 3 気筒のみで走行する可変シリンダシステムである。

*栃木研究所

アクセルを踏みこむなど、状況の変化に応じて瞬時に 6 気筒状態に復帰し、大排気量のパワーと小排気量の低燃費、低排出ガス性能を高い次元で実現させることに成功した。

本稿では、新型モデル INSPIRE に搭載された新開発 V6 3.0L i-VTEC 可変シリンダシステムエンジン(Fig. 1)の低燃費技術と低エミッション技術および高出力化技術について報告する。

2. 開発のねらい

今回の V6 i-VTEC 可変シリンダシステムエンジン開発の狙いは、地球環境保護や燃費の課題が厳しくなるなかで、大



Fig. 1 View of V6 3.0L i-VTEC engine

排気量上級エンジンにとって、今後どのような技術が必要か、それも低コストにて、世界に通用する技術を追求するという狙いで、環境時代の上級車エンジンを開発した。

具体的目標は、以下の通りである。

- (1) 2.0L エンジンなみのエンジン単体燃費
- (2) 環境保護、国内超・低排出ガス基準適合
- (3) 上級 V6 エンジンにふさわしい高出力
- (4) 電子制御スロットルによる切り替え時出力制御

3. エンジン

3.1. エンジン諸元

新型モデル INSPIRE に搭載された V6 3.0L i-VTEC 可変シリンダシステムエンジン J30A の主要諸元を Table 1 に示す。

3.2. 可変シリンダシステムの構造

Fig. 2 (a) にリヤバンク 3 気筒の可変シリンダシステムの動弁系構成と油路回路を全体構成外観を Fig. 2 (b) に示す。通常作動時は、バルブリフト用ロッカアームとバルブ停止用ロッカアームがシンクロピストンによって Fig. 3 (a) のように連結されて揺動し、吸排気弁を作動する。車両がクルーズ走行に入ると ECU が判断すると、シンクロピストンが油圧によって停止用ロッカアームの中に格納され、Fig. 3 (b) のようにバルブリフト用ロッカアームとの連結が解除され、駆動カムは、バルブリフト用ロッカアームを押すだけの空押し状態となり停止用ロッカアームおよび吸排気弁は、作動休止状態となる。その結果、吸排気弁全てが作動休止状態となったシリンダ内は密閉状態となり、エンジンのポンピングロス大幅に低減する。

従来の VTEC 機構は、油圧によりシンクロピストンを押して連結、スプリングの反力でシンクロピストンを戻し分離する機構であった。そのため連結解除を短時間かつ確実に起こすためスプリングには、ある程度の反力が要求されシンク

Table 1 Engine main specifications

Cylinder configuration	60° V-6 Variable Cylinder Management (VCM)	
Bore × Stroke (mm)	86 × 86	
Displacement (cm ³)	2997	
Compression ratio	10.5 : 1	
Valve train	SOHC i-VTEC	
Number of valves	4 per cylinder	
Valve diameter (mm)	Inlet	35
	Exhaust	30
Exhaust manifold	Includes cylinder head	
Fuel	Regular	
Max. power (kW[PS]/rpm)	184[250]/6 000	
Max. torque (N·m[kgm]/rpm)	296[30.2]/5 000	

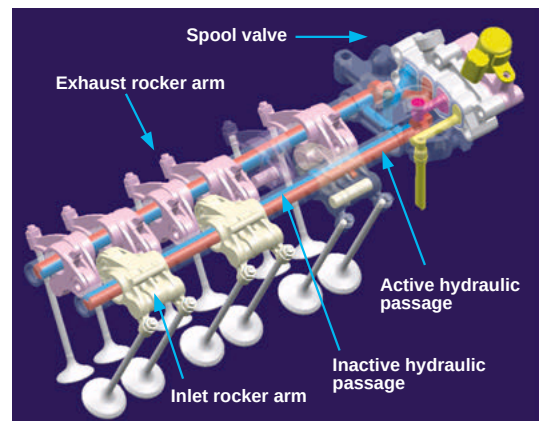


Fig. 2 (a)

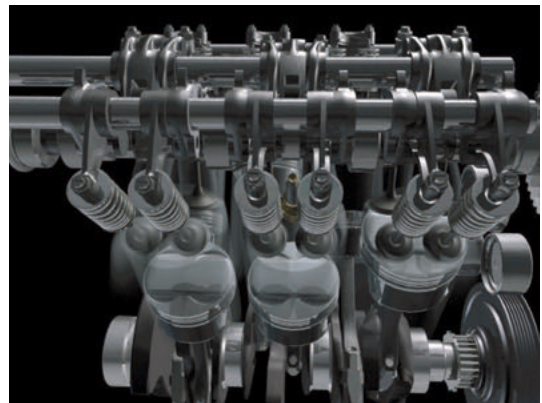


Fig. 2 (b) View of valve train

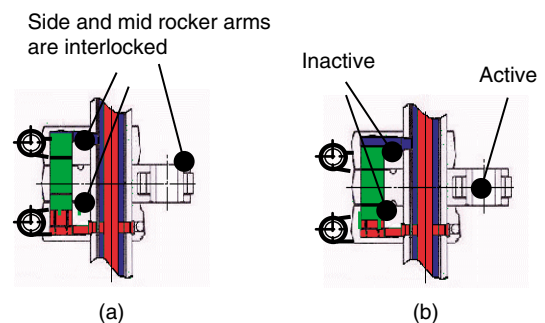


Fig. 3 Valve active and inactive condition

ロビンを押し連結するには、それに打ち勝つ油圧が必要となる。

可変シリンダシステムは、バルブ作動と停止の切り替えを油圧の低い低回転領域から高い応答性でおこなうことを必要とする。そこで新たに開発した技術が、2系統油路⁽¹⁾を採用した新 VTEC 油圧 - 油圧切り換え方式である。Fig. 4 に従来 VTEC と新 VTEC の構造を示す。

この新 VTEC の開発により Fig. 5 に示すように従来の約 1/5 の油圧で VTEC の切り替えが可能になった。その結果、新たなオイルポンプ等の付加の必要無しに、アイドリングレベルの低回転低油圧領域からの切り替えが可能となり、可変シリンダシステムによる燃費改善効果を最大限に引き出せるシステムとすることができた。

可変シリンダシステムにとってもう一つの重要な技術は、切り替えの応答性向上である。ドライバが、クルーズ状態からアクセルを踏んだ瞬間に、3気筒から6気筒に瞬時に切り替わり、加速をおこなうことが可能な応答性を可変シリンダシステムには要求される。この応答性を確保するため今回新技術として Fig. 6 に示す3方弁ソレノイドスプールバルブを採用している。この3方弁ソレノイドバルブにより、休止側油路にドレインとつながりが無くなり、シンクロ

ピストンをすばやく移動させロッカアームの連結を解除する事が可能になった。通常作動状態にする場合、休止時にかかっていた油圧をドレインを通して下げ、作動側の油圧を瞬時に上げる。これにより切り替えの応答性を Fig. 7 に示すように従来の約 1/3 に短縮することを可能とした。

3.3. 可変シリンダシステム作動領域と制御

可変シリンダシステムは、主にスロットル開度の情報をもとに、車速とエンジン回転、ギア段などからクルーズ状態や減速であることを判断し Fig. 8 に示すように気筒を休止し3気筒運転に切り替えている。また的確な切り替えをおこなうために、油温および触媒温度等が切り替えに適切であるかの判断を同時におこなっている。

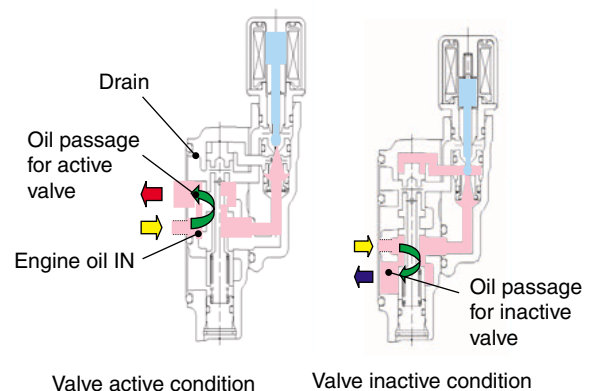


Fig. 6 Spool valve and hydraulic passage

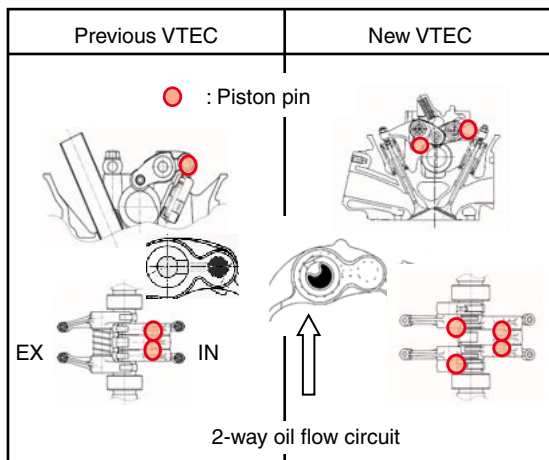


Fig. 4 Previous VTEC and new VTEC

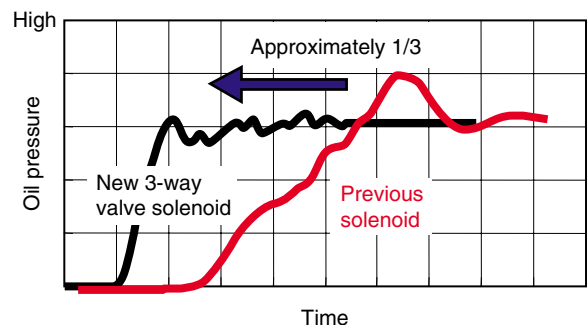


Fig. 7 Spool valve response

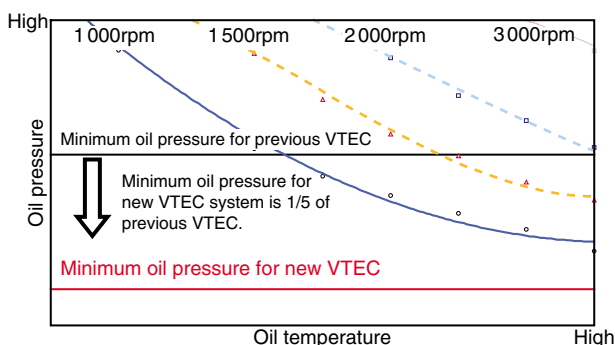


Fig. 5 Minimum oil pressure for VTEC

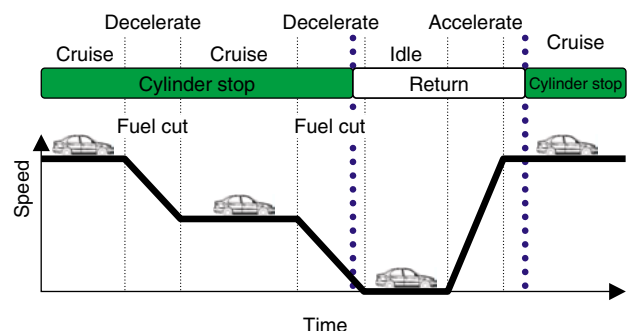


Fig. 8 Operation of cylinder stop system

その具体例を Fig. 9 に示す。例えば燃料復帰に対してバルブ復帰が遅って早く作動した場合、空気の吸入、排出が燃料噴射無しにおこなわれるポンピングサイクルの発生後に、正常な全筒運転状態に復帰する。また逆に燃料復帰に対してバルブ復帰が遅って遅れて作動した場合、吸気弁が閉じ

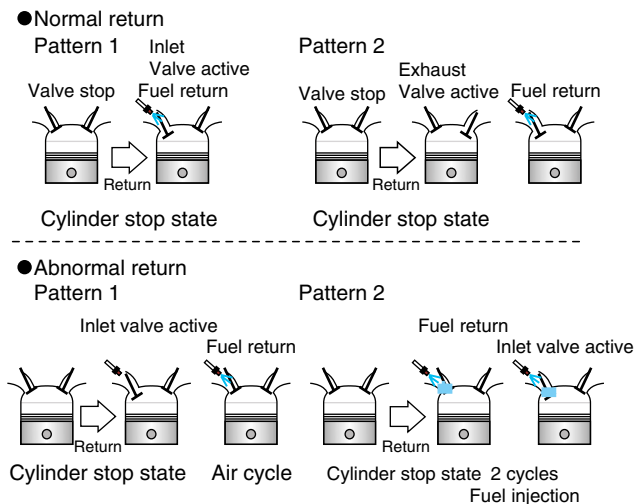


Fig. 9 Pattern at time of fuel return

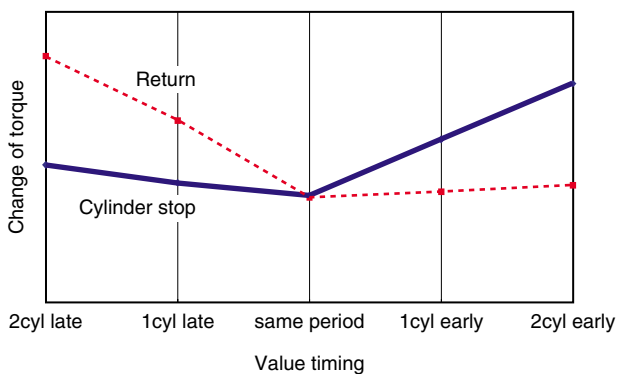


Fig. 10 Effect of change in timing on torque

たまの状態で燃料を噴射し、次サイクルで2サイクル分の燃料を吸入することになる。これらの誤作動により空燃比のずれが発生し、結果として Fig. 10 に示す切り替え時のトルク段差によるドライバビリティ悪化が発生する。このような不具合事象を克服するため、今回新 VTEC 機構を採用し、切り替え応答性の精度向上をおこなった。その結果吸排気弁の停止、作動のタイミングに合わせた燃料カット、燃料噴射の同期化が可能となりトルク段差の無いスムーズな切り替えを実現している。

さらに可変シリンダ切り替え時は、油圧によるシンクロピストンの切り替えのほか、場合により点火時期制御、電子制御スロットルによるスロットル制御、AT のロックアップ制御などをおこなっており、これらの協調制御 Fig. 11 によりトルク段差の無いスムーズな切り替えを達成している。

3.4. エンジン出力性能

J30A 型 V6 3.0L i-VTEC エンジンの出力特性を Fig. 12 に示す。レギュラガソリンでありながら 184kW[250ps]/6 000rpm, 296Nm[30.2kgm]/5 000rpm とクラストップの高性能を達成している。

この出力値は、共鳴効果を利用した切り替え機構付きインテークマニホールドの採用、バルブ径の拡大などによる吸入効率の向上によるものと、両バンクのシリンダヘッド直下に触媒を配置することで、触媒活性のために排気ガスを高温に保つための対応が不要となり、高出力化に適した排気管構造が可能となったことによる、排気効率の向上で達成された。

3.5. 燃費性能

V6可変シリンダシステムエンジンは、片側バンク3気筒のバルブ駆動を瞬時に停止、残る3気筒のみで走行することにより、停止側バンクのポンピングロス低減、バルブ駆動

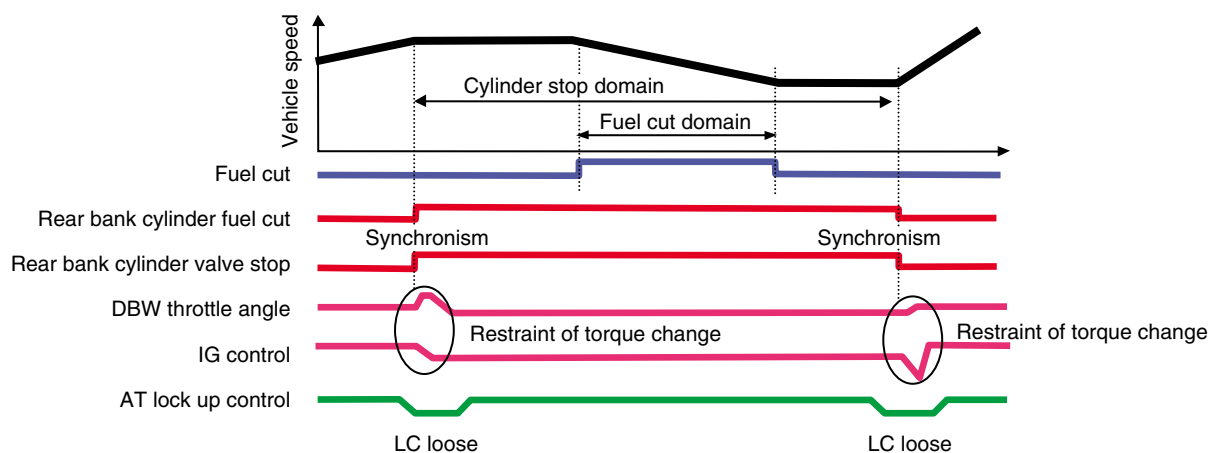


Fig. 11 Pattern of VCM operation

ロスの低減によるエンジンフリクションの低減を実現している。またスロットル開度増大により作動側バンクのポンピングロス低減、燃焼状態の良好な負荷領域を使うことによる熱効率の向上、燃料カット時間の拡大により燃費の向上をおこなっている。

6気筒状態から3気筒状態に切り替えた時のエンジン単体燃費向上率を Fig. 13 に示す。またエンジン回転数 1500rpm, 出力 2.94kW 状態でのエンジン総排気量と BSFC の関係を、Fig. 14 に示す。6気筒状態から3気筒状態に切り替わることで、約 30% のエンジン単体燃費向上効果があり、総排気量 3.0L でありながら、総排気量 1.7L エンジンと同等の BSFC を達成した。

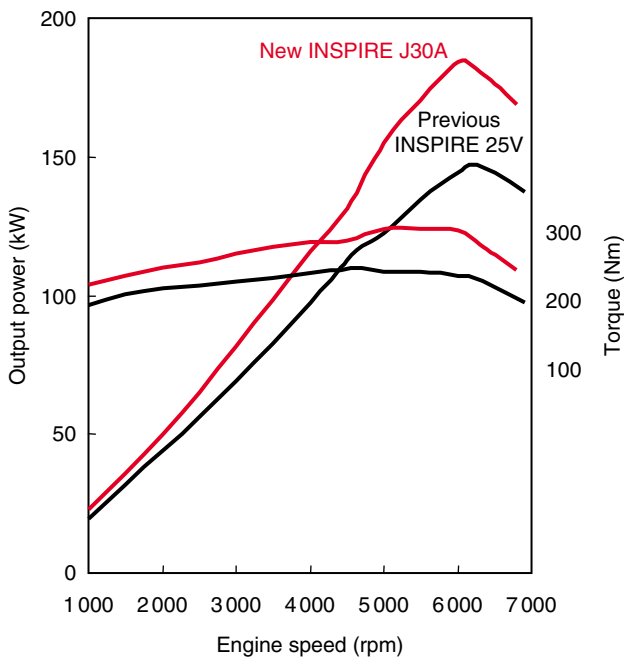


Fig. 12 Output performance

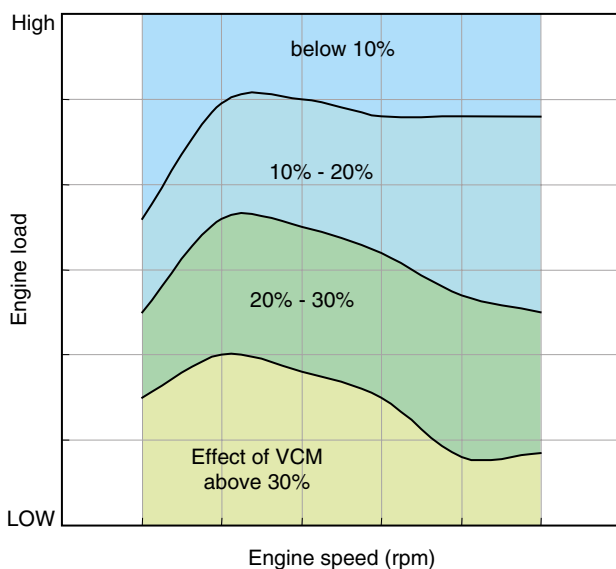


Fig. 13 Effect of VCM on fuel economy

新型 INSPIRE は、本可変シリンダシステムを核技術とし、フリクション低減、EPS(電動パワーステアリング)、オートマチックミッションにおけるアクティブブロックアップの高精度制御を燃費向上技術として採用している。Fig. 15 に示すように、3.0L の排気量でありながら、従来型 INSPIRE 25V の排気量 2.5L エンジンに対し、14% の燃費向上を達成し 10・15 モード燃費 11.6km/l と排気量 2.5L 直噴エンジン同等の低燃費を達成した。

3.6. 環境性能

本システムは、燃費向上の手法として希薄燃焼を用いないため、NO_x 対応の吸着反応型触媒のような特別な追加システムを必要としない。従って低コストでありながら同時に CO₂ 削減を可能にし、燃費性能と環境性能の両立を実現したシステムである。

本エンジンにおける、低排出ガス実現のためのシステム図を Fig. 16 に示す。V6 可変シリンダシステムエンジンは、V 型の両バンクにそれぞれ独立した排気浄化システムを装備しており、各バンクのシリンダヘッドにエキゾーストマニホールドを排除したかたちで直下に高密度 900 セル三元触媒を配置した。これにより熱容量の低減がはかられ、コー

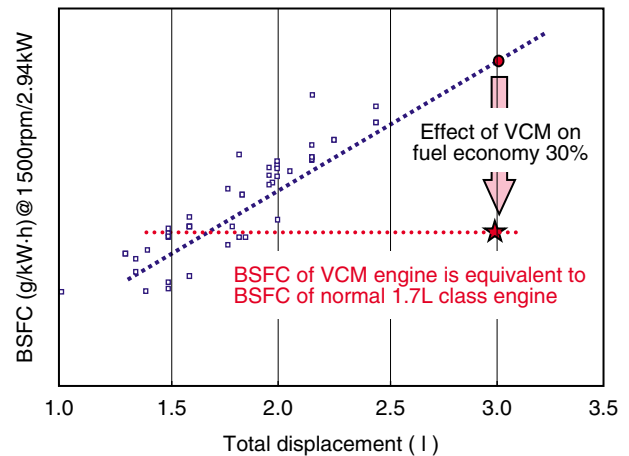


Fig. 14 VCM effect on BSFC

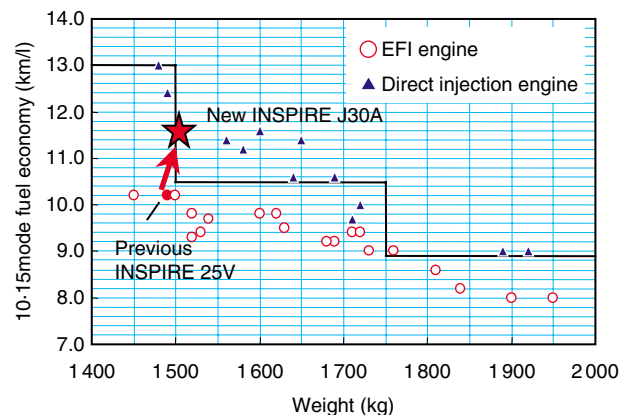


Fig. 15 10-15mode fuel economy

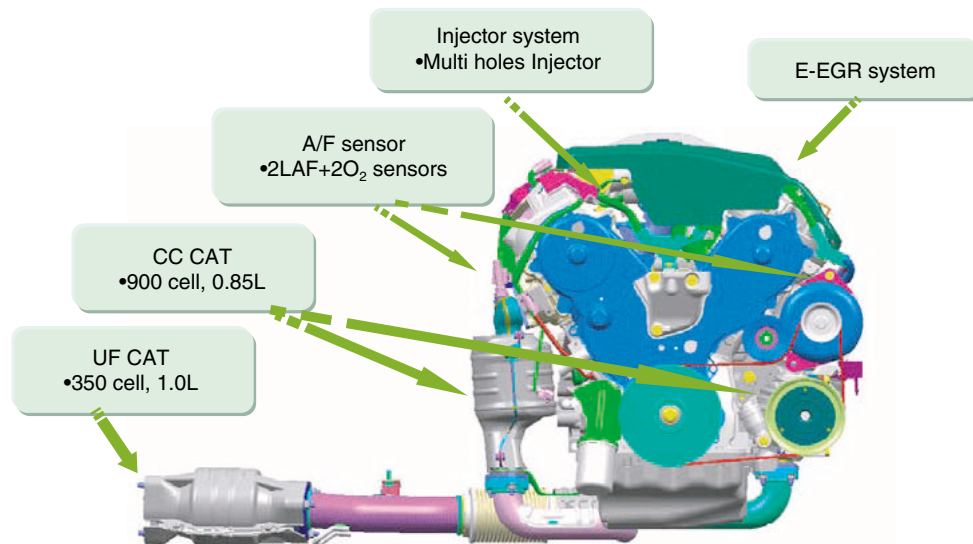


Fig. 16 Engine configuration and control system enable three-stars clean emission rating

ルド領域などでの昇温特性が向上し、優れた浄化性能を実現している。片バンク休止運転をおこなう事により、各バンクに温度差が生じる。そのような状況下においても最適な高精度空燃比制御をおこなうために、各バンクにLAF(リニア A/F)センサと O_2 センサを配置し応答性に優れ他方のバンクに影響を受けない V6 可変シリンダシステムエンジンに最適な空燃比制御を実現した。また休止側バンクの触媒温度低減時などでも、確実に排出ガスを浄化する目的と、高い浄化性能を確保するため O_2 センサ下流の床下に 350 セルの触媒を配置している。

上記の低排出ガス技術に加え、燃料の霧化を向上した12穴インジェクタの採用、電動EGRバルブの高精度制御の適用により、Fig. 17に示すように、10・15モード燃費11.6km/lの低燃費と超・低排出ガス基準適合という高い環境性能の両立を達成した。

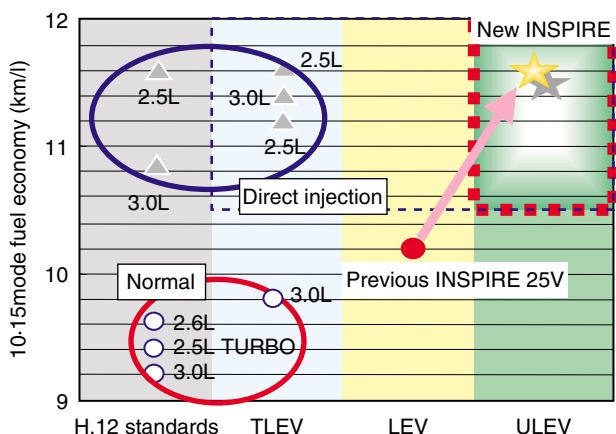


Fig. 17 Achievement of both ULEV emissions rating and conformity with 2010 fuel economy standard

4. 快適性

上級車としての快適性を提供するために NV(Noise, vibration)性能は、大切な要素の一つである。V6 i-VTECエンジンは、3気筒運転時に従来のV6エンジンには無い振動が発生するため、この振動をいかに押さえるかが、課題となった。その対応として、3気筒運転時の駆動系振動低減のためトランスミッションのロックアップダンパにロングトーションスプリングを採用している。これにより前席で-3dBの騒音低減と-5dBの駆動系振動低減効果を得た。またエンジンの振動を推定して振動をアクティブに低減するACM(アクティブ・コントロール・エンジンマウント)を開発し⁽²⁾、さらに室内騒音を低減し車体重量増加の少ないANC(アクティブ・ノイズ・コントロール)⁽³⁾を共に適応することで、上級車にふさわしい商品性と燃費の両立を実現した。

5. まとめ

可変シリンダシステムを核技術としたフリクション低減・燃焼改善効果を活用することで、高出力・低燃費・高い環境性能を軽量・低コストで達成した。本 V6 i-VTEC 可変シリンダシステムエンジンを開発し、以下の結果を得た。

(1)新VTECの開発により、従来の約1/5の油圧でVTECの切り替えが可能になり、また応答時間を従来の約1/3に短縮することを可能とした。エンジン回転数1500rpm、出力2.94kW時、可変シリンダシステムにより、約30%の燃費向上し、総排気量3.0Lでありながら総排気量1.7Lエンジンと同等のBSFCを達成した。

(2)従来型INSPIRE 25V 排気量2.5Lに対し、14%の燃費

向上を達成し 10・15 モード燃費にて 11.6km/l を達成した。

- (3) 各バンク別の LAF センサと O₂ センサによる V6 可変シリンダシステムエンジンに最適な空燃比制御を実現し、上記燃費と国土交通省超-低排出ガス認定取得、平成 22 年燃費基準に適合し、高い環境性能を達成した。
- (4) 上記燃費性能、環境性能を達成しながら、レギュラガソリン仕様にて 184kW[250ps]/6 000rpm, 296Nm [30.2kgm]/5 000rpm とクラストップの高出力性能を達成した。

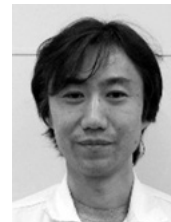
参考文献

- (1) Matsuki M., et al.: Development of a Lean Burn Engine with a Variable Valve Timing Mechanism, SAE Paper 960583
- (2) 松岡英樹, 三笠哲雄, 根本浩臣: アクティブエンジンマウントの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.15, No. 2, p.209-214(2003)
- (3) 井上敏郎, 高橋彰, 箕輪聡, 佐野久: エンジンこもり音低減のためのアクティブ騒音制御システムの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.15, No. 2, p.201-208 (2003)

■ 著 者 ■



野口 勝三



藤原 幹夫



瀬川 誠



澤村 和同



鈴木 茂