

V6 新可変シリンダシステムエンジンの開発

Development of V6 Engine with New Variable Cylinder Management

瀬川 誠*
Makoto SEGAWA
田村 勇一*
Yuuichi TAMURA

熊谷 和英* 佐藤 隆治*
Kazuhide KUMAGAI Ryuuji SATO
藤原 幹夫*
Mikio FUJIWARA

要 旨

高出力、低燃費、低排出ガスをねらいとして、新しいV6 3.5-Li-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VTEC機構を用いた気筒休止機構の採用で、運転状況に応じ3気筒、4気筒、6気筒と、従来の気筒休止エンジンに対し4気筒モードを追加した3モードの気筒数コントロールを可能としている。気筒休止モードの追加に合わせ、油圧回路、油圧切換え機構、および切換え制御を新たに開発したことで、従来同様、ドライバビリティを損なわない瞬時の作動気筒切換えを可能とした。本エンジンを新型モデルのACCORDに搭載し、クラストップレベルの出力と燃費を実現すると同時に、米国カリフォルニア州 Partial Zero Emission Vehicle(PZEV)規制に適合させた。

ABSTRACT

A new V6 3.5-L i-VTEC variable cylinder management (VCM) engine was developed with the goals of high output, low fuel consumption, and low exhaust emissions. This engine employs a cylinder deactivation mechanism that uses variable valve timing and lift electric control (VTEC) that enable operation with three, four, or six cylinders according to operating conditions. With the addition of 4-cylinder operation, this realizes three-mode control over the number of cylinders, one mode more than previous cylinder deactivation engines. The increase in the number of cylinder deactivation modes was combined with the new development of hydraulic circuits, a hydraulic switching mechanism, and switching control. This has enabled the instantaneous switching of operating cylinders without losses of drivability, as in previous models. This engine is being installed in the new model ACCORD, giving this vehicle output and fuel economy at the top of its class, and at the same time complying with Partial Zero Emission Vehicle (PZEV) regulations in the U.S. state of California.

1. はじめに

環境と経済の両面から自動車に対し、低燃費と低排出ガスの要求が高まっている。自動車エンジンとしてはこれらの要求にこたえながら、走行性能の改善も求められる。この要求を満足するため、2003年モデルINSPIREで可変シリンダシステム(Variable Cylinder Management System:以下従来VCMシステム)を採用したV型6気筒エンジンを発表している⁽¹⁾。このシステムは、6気筒モードと3気筒モードを切換えて使用するが、今回はこれに4気筒モードを追加したシステムを開発し、気筒休止状態で運転できる領域を広げることで、さらなる燃費改善を図ることができた。

本稿では、新開発V6 3.5-Li-VTEC VCMエンジン(以下VCMエンジン)の燃費低減効果とその達成手法について述べる。

*四輪開発センター

2. 開発のねらい

VCMエンジンの開発のねらいは、大排気量エンジンの出力を損なうことなく小排気量エンジン並みの低燃費、低排出ガス性能を両立することである。次世代大排気量エンジンとして世界に通用する環境技術の開発のねらいを、

- (1) V6 エンジンにふさわしい高出力性能
- (2) クラスを超えた高い燃費性能
- (3) 米国カリフォルニア州 PZEV 規制への適合と定めた。

3. エンジン概要と諸元

Table 1 に本エンジンの主要諸元を示す。

Table 1 Engine specifications

Engine code		J30A8	J35Z2
Cylinder configuration		60° V-6 cylinder	60° V-6 cylinder
Bore × stroke (mm)		86 × 86	89 × 93
Displacement (cm ³)		2997	3471
Compression ratio		10.0	10.5
Valve train		SOHC VTEC	SOHC i-VTEC VCM
Number of valves		4 per cylinder	4 per cylinder
Valve diameter (mm)	Inlet	35	36
	Exhaust	30	30
Fuel		Regular	Regular
Maximum power (kW/rpm)		182 / 6250	200 / 6200
Maximum torque (Nm/rpm)		286 / 5000	336 / 5000
Fuel economy (CITY/HWY)		18/26	19/29

3.1. VCM システムの概要

VCMシステムは、吸排気バルブを休止させ同時に燃料噴射停止をおこない、吸排気弁が閉じた状態でシリンダ内を密閉状態とすることでエンジンのポンピングロスを低減させて燃料消費率を改善する技術である (Fig. 1)。

新開発の VCM システムは、従来の 3 気筒－6 気筒モードに対し 4 気筒モードを加え、3 気筒－4 気筒－6 気筒の切換えを可能とし実用燃費の向上を図ったものである。

切換えの運転条件としては、車両がクルーズ走行などでエンジンへの負荷が少ない場合には 3 気筒モード、3 気筒モードでは余裕駆動力が不足する緩加速領域や高車速域では 4 気筒モード、さらに駆動力が必要な場合は 6 気筒モードを選択する。このようにこのシステムでは駆動力に応じて最も燃費のよい気筒数を選択するシステムである。

VCM システムは従来の可変バルブタイミング・リフト機構 (Variable valve Timing and lift Electric Control: VTEC) の技術に応用したものであるが、気筒休止の切換えパターンが増えたことに合わせ、新たな油圧回路、油圧切換え機構、および切換え制御を開発した。

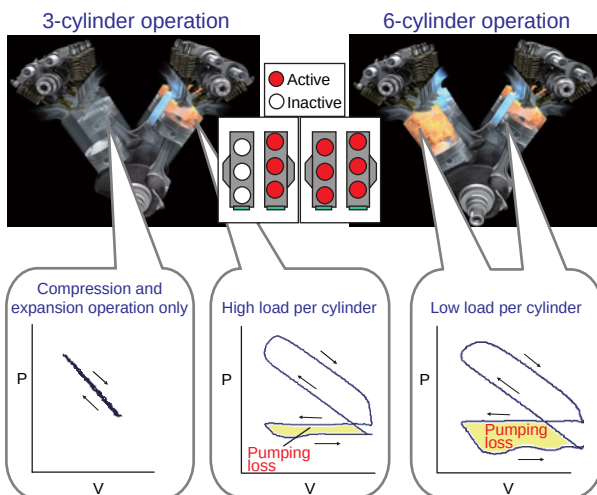


Fig. 1 Pumping loss

3.2. 基本構造

Fig. 2 に本システムの動弁機構概略を示す。

バルブ作動と休止の切換え機構は、従来 VCM システムと同じ「油圧－油圧切換え」機構を採用している (Fig. 3)。各ロッカアームには、2 個の油圧ピストンがあり、油圧ピストン A 側に油圧がかかると、油圧ピストンが連結状態になる。油圧ピストン B 側に油圧がかかると、非連結状態になる。

Fig. 4 に各運転モードごとの気筒の休止状態を示す。バンク 1 側は、4 気筒モード時に 1 気筒のみを休止、3 気筒モード時に 3 気筒すべてを休止することが要求されるため、

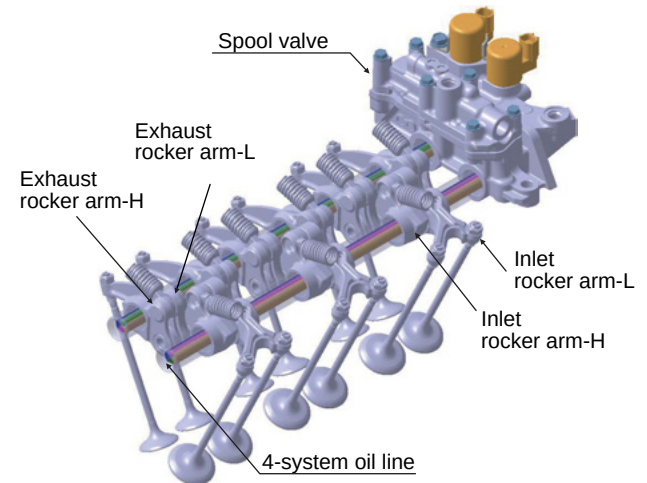


Fig. 2 VTEC VCM valve train

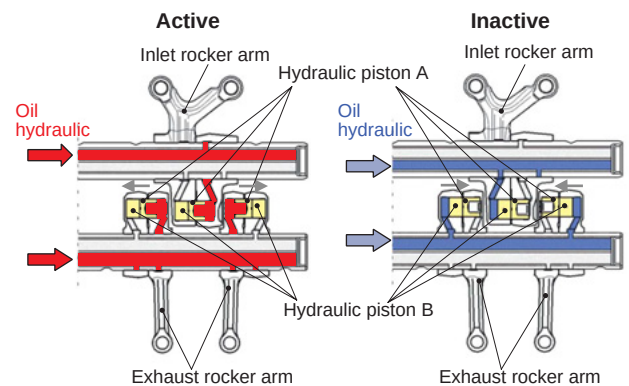


Fig. 3 2-way hydraulic passage VTEC mechanism

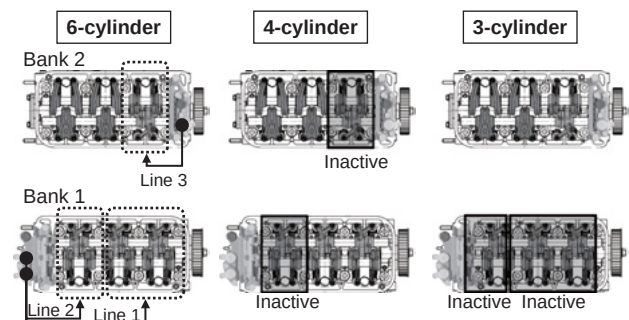


Fig. 4 State in each mode

気筒群ごとに独立した切換え油圧回路が必要となる。そのため2系統からなる「油圧・油圧切換え」経路を2組、合計4系統の油圧回路で構成される。一方バンク2側は、4気筒モード時に1気筒のみを切換える動作のため、2系統切換え油圧回路1組で構成される。

これらの切換え油圧回路を構成するために、バンク1側のロッカシャフト内は4部屋構造となる。Fig. 5に油圧回路を示す。

この油路の油圧を制御するスプールバルブユニットが、(バンク1, 2)それぞれのロッカシャフトの端部に設置される。バンク1側に設置されるスプールバルブユニットは、2組の「油圧・油圧切換え」の制御を独立して作動させるために2本のスプールバルブで構成される。従来 VCM 構造の延長線であれば、独立した油圧回路を2セット構成することとなるが、今回2本のスプールバルブを油圧回路として直列配置した。この回路構成を採ることで、独立回路ならば2個となる故障検知用の油圧スイッチを1個にすることができた。また、下流側のスプールバルブに2方弁ソレノイドを適用した。4気筒モードを高車速域に限定したことで、油圧の高いエンジン回転領域限定で作動させることができ、構造がよりシンプルな2方弁を使うことができた。その他にも部分的ヘッドカバー内蔵化、ホルダとの一体化、油圧回路の合理化等により小型化および軽量化を図っている。

また、4部屋構造となるロッカシャフトも、各部屋を仕切る内管を突き当てさせてシールする構造を採ることで、内管を4本もつ構造に比べ合理化と軽量化を図っている。

3.3. 切換え制御

6気筒モード、4気筒モード、3気筒モードのバンク1側のスプールバルブの作動状態を、Fig. 6 - Fig. 8 に示す。赤色の経路は、油圧がかかっている状態をあらわす。

6気筒モードにするには、SPL-A-SOL(スプールバルブAソレノイド)およびSPL-B-SOLをOFFに制御する(Fig. 6)。

6気筒モードから4気筒モードにするには(Fig. 7), SPL-B-SOL を ON にする(1)。これにより SPOOL-VLV-B(ス

プールバルブB)に油圧を供給し(2), SPOOL-VLV-B を移動させる。SPOOL-VLV-Aは二つのシリンダのロッカアームの油圧ピストンの作動側に油圧を供給する(3)。SPOOL-VLV-B は SPOOL-VLV-A を経由してきた油圧(4)を、残りの一つのシリンダにあるロッカアーム油圧ピストンのロッカアーム休止側に導く(5)。このシリンダは6気筒モード時は、作動側に油圧が供給されていたが、この油圧は(6)から排出される。これによりロッカアーム油圧ピストンが休止側に動き、バルブが休止する。同時にバンク2側も SPOOL-VLV-C を ON にすることで1気筒を休止させ、4気筒モード状態となる。

4気筒モードから6気筒モードに戻る時(Fig. 6)は、SPL-B-SOL を OFF にする(1)。SPOOL-VLV-B への油圧供給が停止され、オイルは(2)から排出される。SPOOL-VLV-B の油圧が低下すると、SPOOL-VLV-Bはスプリング力により戻る。これにより、SPOOL-VLV-B の油圧回路が切換わる。作動側に油圧が供給され(3)、休止側油圧は、(4)から SPOOL-VLV-B に入り、(5)を通して SPOOL-VLV-A(6)から排出される。これによりロッカアーム油圧ピストンが作動側に動き、バルブが作動する。同時にバンク2側も SPOOL-VLV-C を OFF にすることで、6気筒モード状態に戻る。

6気筒モードから3気筒モードにするには(Fig. 8), SPL-A-SOL を ON にする(1)。これにより SPOOL-VLV-A に油圧を供給し(2), SPOOL-VLV-A を移動させる。SPOOL-VLV-A は二つのシリンダのロッカアーム油圧ピストンの休止側に油圧を供給する(3)。このシリンダの作動側油圧は(4)から排出される。これによりロッカアーム油圧ピストンが休止側に動き、バルブが休止する。SPOOL-VLV-B は SPOOL-VLV-A を経由してきた油圧(5)を、残りの一つのシリンダにある油圧ピストンの休止側に導く(6)。このシリンダの作動側油圧は(7)から SPOOL-VLV-B に入り、(8)を通して、SPOOL-VLV-A(4)から排出される。これによりロッカアーム油圧ピストンが休止側に動き、バルブが休止する。

3気筒モードから6気筒モードにするには(Fig. 6), SPL-A-SOL を OFF にする。SPOOL-VLV-A への油圧供給が停止され、オイルは SPL-A-SOL(7)から排出する。SPOOL-VLV-A の圧力が低下すると、SPOOL-VLV-A はスプリング力により戻る。これにより、SPOOL-VLV-Aの油圧回路が切換わる。このように SPL-A-SOL, SPL-B-SOL および SPL-C-SOL を制御し該当する気筒の作動と休止をコントロールすることで、三つのモードの切換えが可能となる。

SPOOL-VLV-A と SPOOL-VLV-B は、バルブ部のオイルの排出を SPL-A-SOL 部でコントロールする(SPOOL-VLV-A)かコントロールしない(SPOOL-VLV-B)かが異なる。排出をコントロールすることで、油圧供給時の油圧漏れがなくなるため、低油圧から切換え可能となる。4気筒モードを油

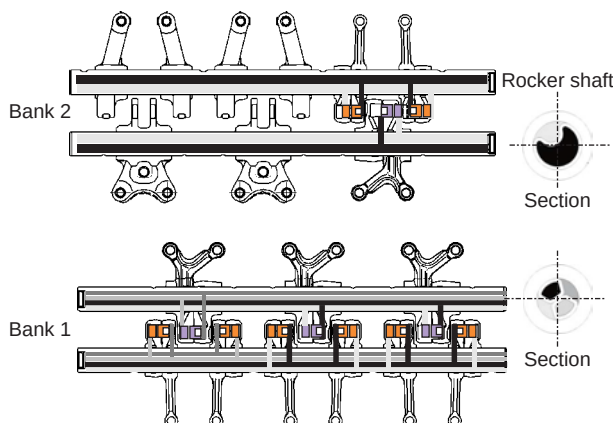


Fig. 5 View of valve train and hydraulic passage

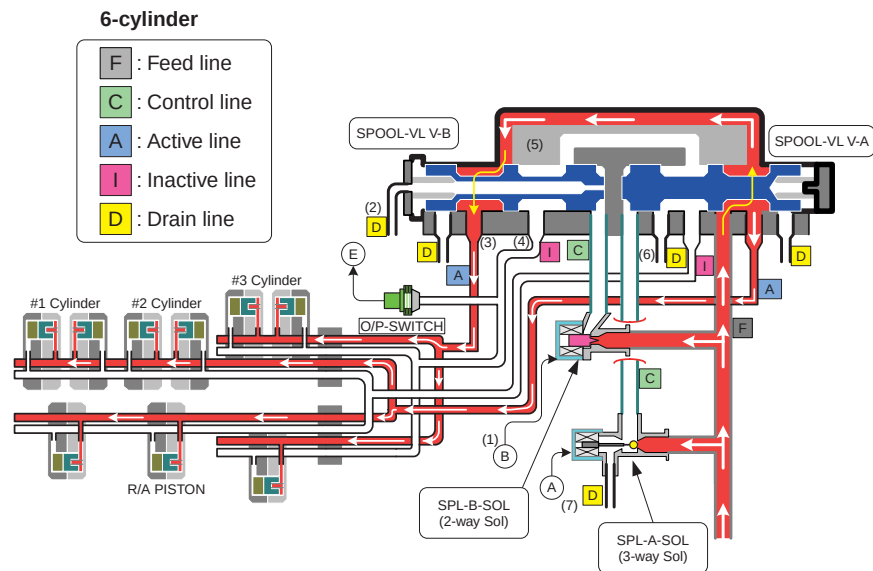


Fig. 6 6-cylinder oil-hydraulics control

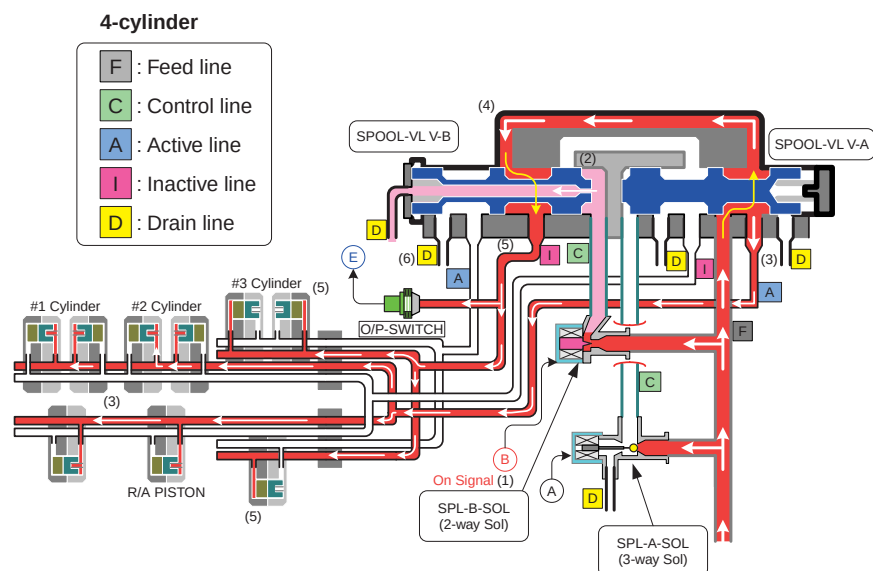


Fig. 7 4-cylinder oil-hydraulics control

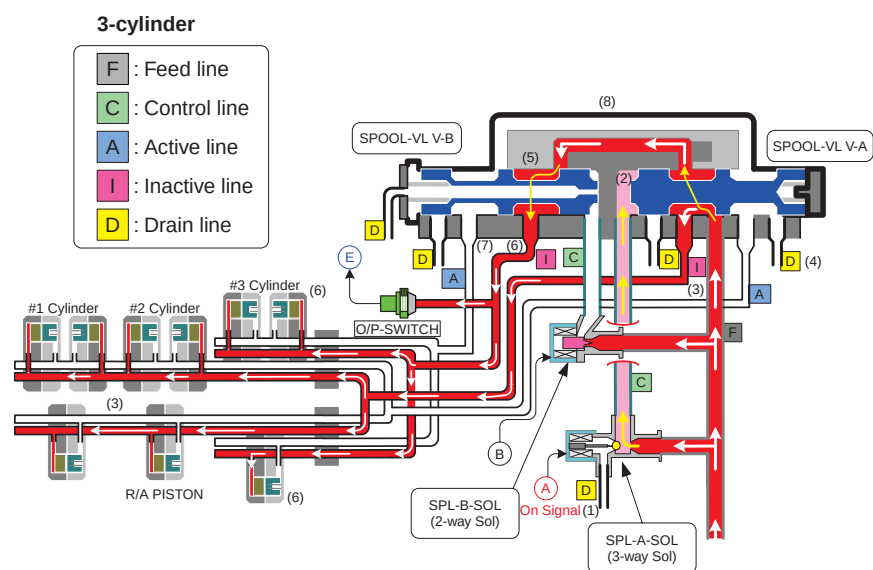


Fig. 8 3-cylinder oil-hydraulics control

圧の高いエンジン回転領域に限定したため、構造のシンプルな SPOOL-VLV-B を使うことができた。

最適気筒数の選択方法、気筒数切換え制御方法については従来 VCM システムと基本的に同じとなっている。Fig. 9 にエンジン制御の概要を示す。

3.4. 出力性能

新 VCM エンジンの出力特性を Fig. 10 に示す。レギュラガソリン指定で 200 kW/6200 rpm, 336 Nm/5000 rpm を得ている。

これらの性能を得る手段を以下に示す。冷却性能の改善のため、シリンダブロックとシリンダヘッドの冷却水循環経路の改良とスパークプラグのネジ寸法を M14 から M12 でかつロングリーチとすることによる燃焼室周りのウォータジャケットの薄肉化をおこなった。また、ピストンオイ

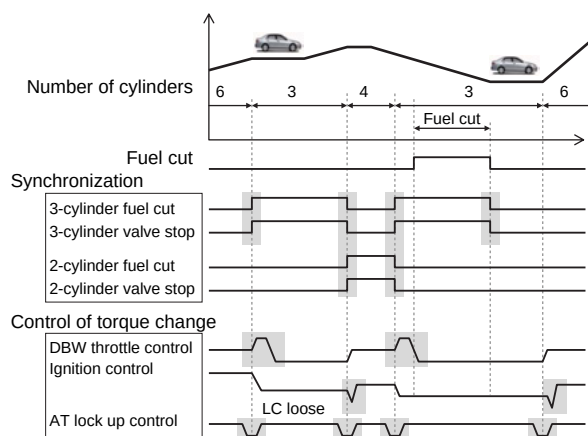


Fig. 9 Pattern of VCM operation

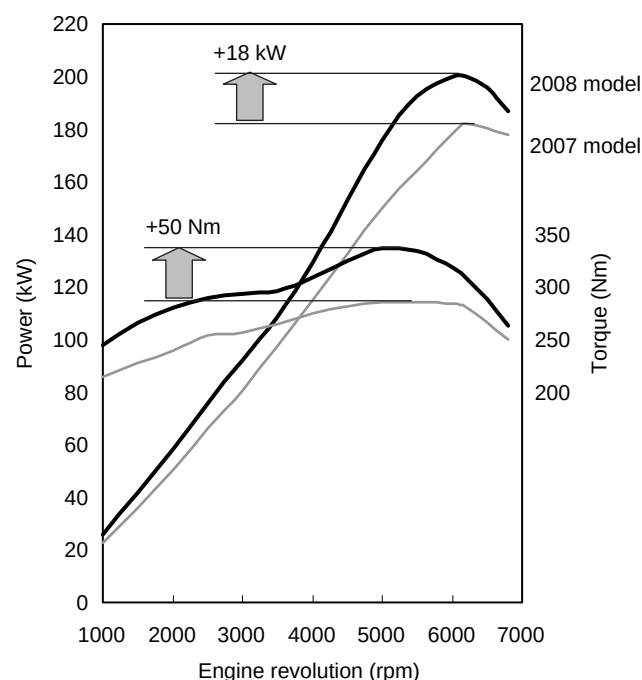


Fig. 10 Output performance

ルジェットによるピストン温度低減によりノッキングが抑制され、圧縮比を 10.5 に設定することができた。その他バルブタイミング、吸気系およびインテークマニホールド形状の見直し、バルブ傘径の拡大などにより吸入効率を向上、排気管構造見直しによる排気効率の向上により上記性能を得た。

3.5. 燃費性能

本システムでは、運転状況に応じた気筒数運転をおこなうべく該当気筒のバルブ作動を瞬時に休止することにより、ポンピングロス低減、バルブ作動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。

エンジン回転数 1500 rpm, 出力 2.94 kW 状態でのエンジン総排気量と燃料消費率(BSFC)の関係をFig. 11に示す。6気筒モードから3気筒モードに切替わることで、約30%のエンジン単体の燃料消費率の改善効果があり、総排気量 3.5-L でありながら、総排気量 2.0-L エンジンと同等の BSFC を得た。

Fig. 12にクルーズ燃費効果と気筒休止運転可能な負荷領域を示す。低車速域では3気筒モード、高車速域では追加した4気筒モードの運転をすることで、前年モデル 3.0-L エンジンを上回るクルーズ燃費を達成した。また、Fig. 13に車速 70 mph での負荷と BSFC の関係を示す。要求駆動力により気筒数が変化し、それに伴い燃費効果も変化する。クルーズ走行時は3気筒での燃費効果が得られ、さらに大きな駆動力が要求される走行状況では4気筒での燃費効果が得られる。

新開発の VCM システムの採用に加えて、ノッキングの抑制、圧縮比アップ、オートマチックトランスミッションにおけるアクティブロックアップの高精度制御等の燃費向上技術を採用することで、Fig. 14 に示すように、3.5-L の排

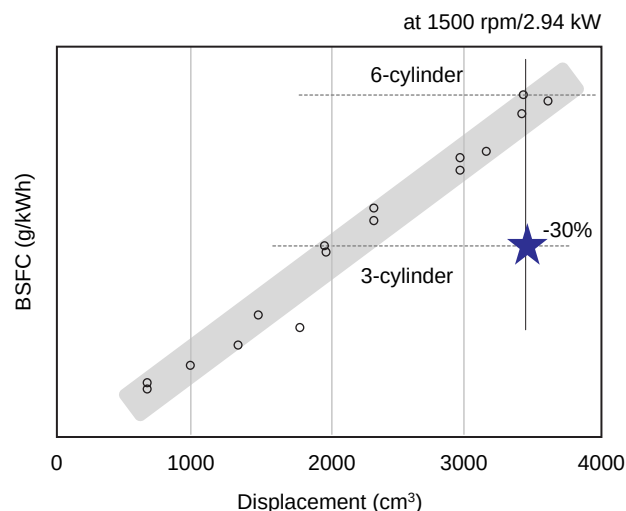


Fig. 11 VCM effect on BSFC

気量でありながら前年モデルの 3.0-L に対して燃費の向上を果たした。EPA ハイウェイモード燃費にて10%の向上が得られ、クラストップレベルの出力と燃費を両立することができた(Fig. 15)。

3.6. 排ガス性能

新 VCM システムでは米国カリフォルニア州 PZEV 規制に適合している。以下にその仕様を示す。

各バンクのシリンダヘッド直後に高密度900 CPI三元触媒を配置した。これにより熱容量の低減が図られ、コールド領域などでの昇温特性が向上し、浄化性能を改善している。また各バンクに LAF(リニア A/F)センサと O_2 センサを配置し応答性を高め、バンクごとに高精度フィードバック制御をおこなっている。また 2008 年モデルからエアフローメータを採用し、さらに空燃比制御の精度を高めている(Fig. 16)。

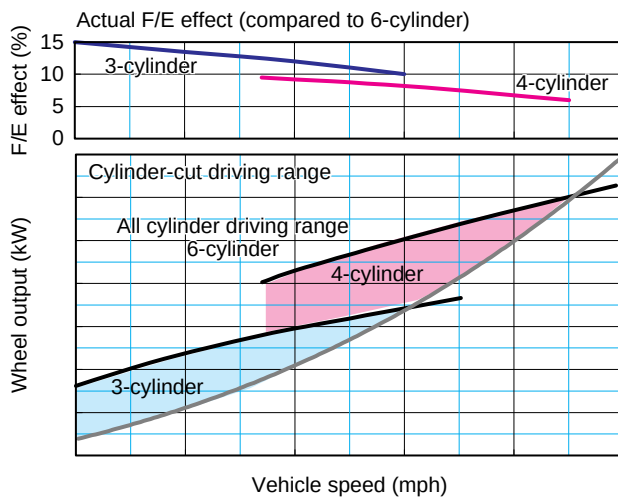


Fig. 12 Effect of VCM on fuel economy

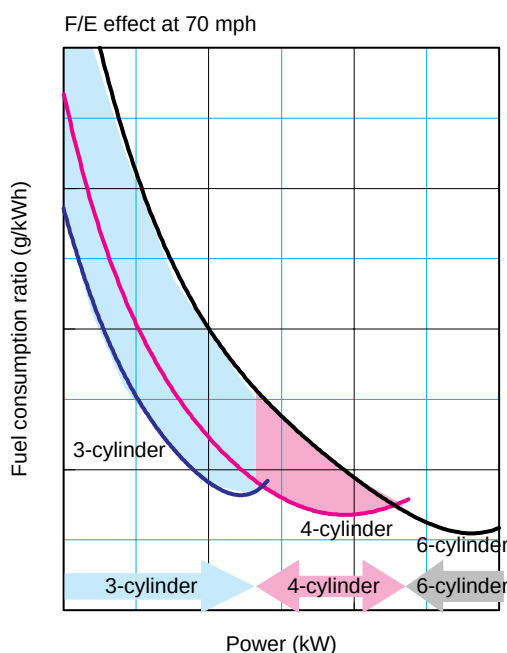


Fig. 13 Fuel consumption comparison

上記の低排出ガス技術に加え、電動 EGR バルブの高精度制御の適用、両針電極プラグによる始動 HC 低減などにより、米国カリフォルニア州 PZEV 規制に適合させ、環境性能と低燃費を両立している。

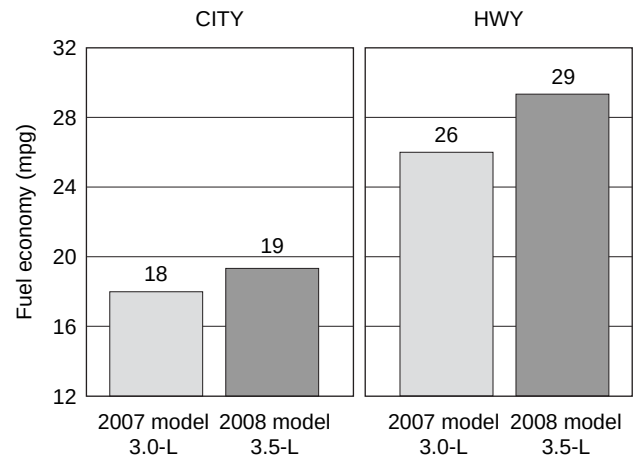


Fig. 14 Fuel economy effect

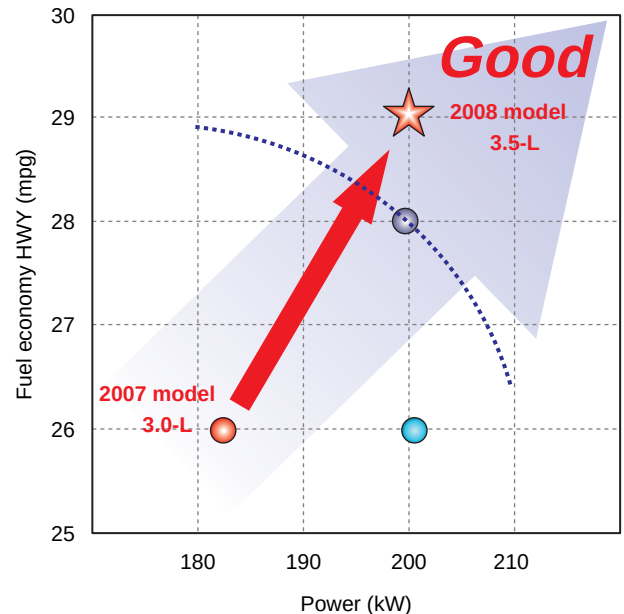


Fig. 15 Performance of 2008 model year ACCORD on fuel economy and power

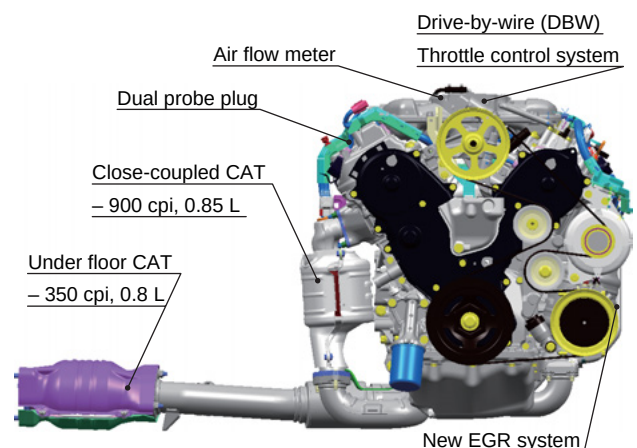


Fig. 16 Engine configuration and control system

4. 快適性

NV(Noise, vibration)性能は、上級車としての快適性を提供するための大切な要素の一つである。4気筒モードの追加により、不等間隔燃焼となるため、振動が増加する。対策として、従来 VCM で使用している NV デバイスの性能向上と、4気筒モードを高車速域限定とすることで NV 性能を満足することができた。

NV デバイスの性能向上としては下記項目を実施した。

(1) ロングトーションスプリング定数低減

従来 VCM システムから、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。このスプリング定数低減により、駆動系振動をさらに低減させた。

(2) アクティブコントロールエンジンマウント(ACM)の駆動力向上と4気筒次数への対応

従来 VCM システムから、気筒休止時の振動低減に ACM を採用している。4気筒モードの振動抑制のために4気筒次数制御を追加し、また3気筒モードを含む気筒休止時の振動抑制のため駆動力向上をおこなった。

5. まとめ

- (1) 高出力、低燃費、低排出ガスをねらいとして、4気筒モードを追加した V6 新可変シリンダシステムエンジンを開発した。
- (2) 前年度モデル 3.0-L SOHC VTEC に対し 3.5-L に排気量を増加させたにも関わらず、EPA ハイウェイモード燃費にて 10%の向上を達成した。
- (3) 上記燃費性能を達成しながら、レギュラガソリン仕様にて 200 kW/6200 rpm, 336 Nm/5000 rpm とクラストップレベルの高出力性能を達成した。

参考文献

- (1) 野口勝三, 藤原幹夫, 瀬川誠, 澤村和同, 鈴木茂: V6i-VTEC 可変シリンダシステムエンジンの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.16, No. 1, p.85-92

■ 著 者 ■



瀬川 誠



熊谷 和英



佐藤 隆治



田村 勇一



藤原 幹夫