

低燃費と動力性能を両立させたブラジル向け 小型二輪車用 4 ストロークエンジンの開発

Development of 4-stroke Engine for Small Motorcycle with Low Fuel Consumption
and High Performance for Brazil

俵 田 雄 一*
Yuichi TAWARADA
矢 部 裕 之*
Hiroyuki YABE

神 戸 敬 司*
Takashi KANBE
横 山 英 巳*
Hidemi YOKOYAMA

安 田 幸 広*
Yukihiro YASUDA

要 旨

ABSTRACT

低燃費と動力性能を両立させたブラジル市場向け小型二輪車用 4 ストローク 150cm³エンジンを開発した。燃費向上手法として、タンブルポートの採用で急速燃焼化とリーンタフネス向上を図った。加えて、エンジンしゅう動部のフリクションを低減するために、薄肉のオイルリングとローラフォロア構造のロッカアームを採用した。また、中低速のエンジン出力向上による減速比の変更で、同一車速での燃料消費を低減した。結果として、排気量を 150cm³と拡大したにも関わらず、燃費は 125cm³の前モデルに対して ECE-40 モードで 18% 向上した。また、低燃費化しながらも排気量あたりの出力を同等に保ち、最大出力は 18% 向上した。ねらいの中速回転域においては 37% の出力向上を達成した。同時に、二次空気導入システム等のデバイスを採用せずに EURO-2 レベルのエミッション性能の実現や、1 次バルブサの採用による低振動化もおこなった。

A 4-stroke, 150 cm³ engine that satisfied both of low fuel consumption and drivability was developed for Brazilian market. For decreasing the fuel consumption, quick burnning was attempted by employing a tumble-port, and leaner air-fuel ratio than the former model was enabled. In order to decrease the engine friction, a thin oil ring and a cam follower with a roller bearing was employed. Engine output at low and middle engine speed was enhanced and high gear ratio was enabled. This reduced the fuel consumption at the same vehicle speed. As a result, compared to the former 125 cm³ models, the fuel economy at ECE-40 mode was enhanced by 18% despite increased displacement to 150 cm³, and the maximum output was increased by 18%. Engine output at low and middle engine speed was enhanced by 37%. Emission level of EURO-2 was attained without any devices such as secondary air induction. In addition, vibration was decreased with a primary balancer.

1. まえがき

近年の小型二輪車用エンジンにとって、経済性向上や地球環境問題に対応する CO₂削減のため、燃費向上が重要な課題となっている。4 ストロークエンジンが主流のブラジル市場においても、さらなる燃費の向上が強く求められている。一方で高速道路などのインフラ整備が進み、より快適に移動するための動力性能向上も期待されている。

今回、ブラジルで長い間ヒットしている従来モデルのコンセプトは継承しつつ、クラストップの燃費と動力性能に、

低エミッション、低振動などを特徴とする、ブラジル向け空冷 4 ストローク 150cm³ の新エンジンを開発した。本稿では、そのエンジン技術について紹介する。

2. 開発のねらい

全世界的な省エネルギー化・環境保護の観点と、ブラジルにおける商品性のニーズから、開発目標を次の通り定めた。

(1) 低燃費化：前モデルや他社モデルに対し、ユーザが明らかに差を感じる得る低燃費

*朝霞研究所

- (2)動力性能向上：中速回転域重視の扱いやすい特性と高速道路での巡航性能向上
- (3)環境保護：EURO-1 規制対象であるが、EURO-2 規制値レベルのエミッション性能の実現
(EURO-1規制値CO/HC/NO_x=13/3/0.3 g/km, EURO-2 規制値 CO/HC/NO_x=5.5/1.2/0.3g/km)
- (4)振動低減：1次バランサ装着による振動低減で快適な高速クルージングを実現

3. エンジンの概要と主要諸元

Fig. 1 に今回開発したエンジンのカットモデルを、Table 1 に主要諸元を示す。本エンジンは、シリンダ前傾角 15° の OHC 2バルブ空冷単気筒 4 ストロークエンジンであり、ブラジルで一般的なエタノール混合のガソリン燃料の使用を前提として開発した。以下に前モデルからの主な変化点を示す。

- (1)排気量は前モデルの 124.1cm³ から 149.2cm³ とした。
- (2)ボア×ストロークを、56.5×49.5(S/B=0.88)から 57.3×57.8(S/B=1.01)とロングストローク化した。
- (3)バルブ駆動方式は、プッシュロッドを使った OHV 方式からチェーン駆動の OHC 方式とした。
- (4)バルブ挟み角を 55° から 49° に狭角化した。



Fig. 1 Cutaway model of developed engine

- (5)吸気バルブ径は 30mm のままとし、排気バルブ径を 25mm から 26mm に拡大した。
- (6)ピストン裏オイルジェットを追加した。
- (7)1次バランサを装着した。

4. エンジン出力と燃費・エミッション向上技術

4.1. エンジン出力

Fig. 2 にエンジン性能曲線を示す。前モデルに対し排気量あたりの出力は同等とし、最大出力で 18% の向上を達成した。ねらいである中速回転域での出力は 37% の向上を達成した。トルクは低回転域から全域で前モデルに対して高い値を得ることができ、最大トルクは 24% 向上した。

4.2. タンブルポート

燃費向上のための急速燃焼化とリーンタフネス向上を実現するために筒内の混合気流動強化⁽¹⁾をおこなうと、一般的にポートの定常流性能は低下する。しかし、燃費と動力性能の両立を達成するためには、混合気流動を発生させなが

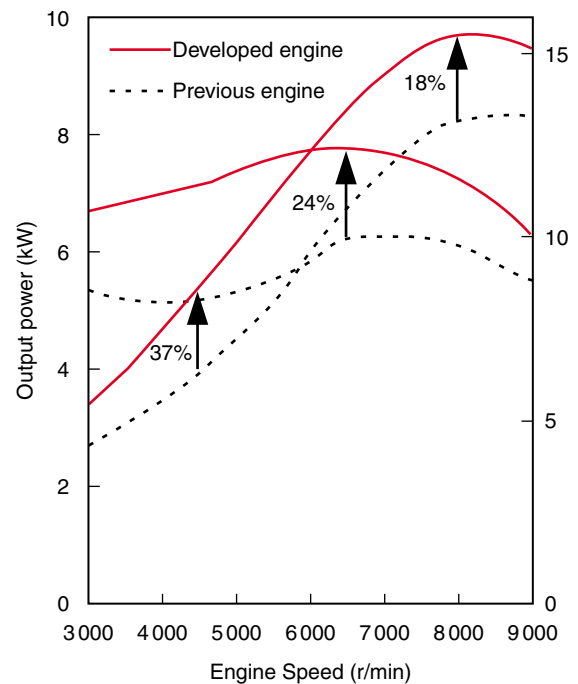


Fig. 2 Output engine performance

Table 1 Major specifications of engines

Items	Developed engine	Previous engine
Engine type	4-stroke, single-cylinder	4-stroke, single-cylinder
Displacement (cm ³)	149.2	124.1
Bore × Stroke (mm)	57.3 × 57.8	56.5 × 49.5
Compression ratio	9.5	9.2
Valve train	SOHC 2-valves	SOHC 2-valves
Valve diameter (mm)	IN 30, EX 26	IN 30, EX 25
Included valve angle (deg)	49	55
Balancer shaft	Applied	—
Transmission	5 speed constant mesh	5 speed constant mesh

らも、高いポートの定常流性能を確保する必要がある。これらを両立するため、吸気ポートに Fig. 3 に示すようなタンブルポートを採用し、タンブルを最適化することで、タンブル強度と定常流性能の両立を図った。Fig. 4に本エンジンのポート形状を示す。

吸気ポートのタンブル強度と定常流性能を予測し両立させるために、開発の早期からポート定常流の CFD シミュレーションをおこないタンブルを最適化した。本エンジンでは従来のポート形状に対し、同等の定常流性能をねらいながら、できるだけタンブル比を上げる検討をした。Fig. 5 にシミュレーション結果を示す。採用した吸気ポートでは吸気バルブの上側を通してシリンダ壁面に沿って流入するタンブル生成の起因⁽²⁾となる吹き出し流速が増加していることがわかる。シミュレーションに基づいてタンブル比と



Fig. 3 Tumble flow

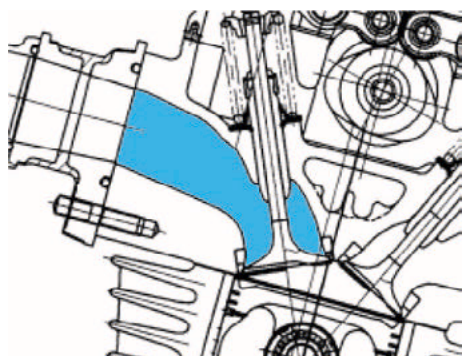


Fig. 4 Shape of intake port

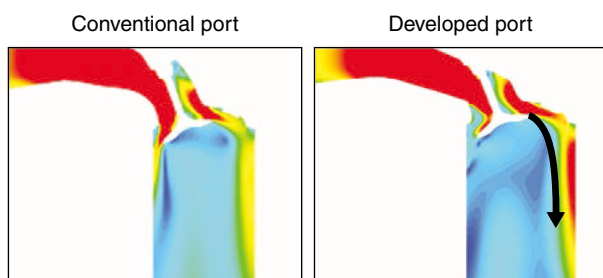


Fig. 5 Simulation result of intake port

定常流性能を最適化した吸気ポートにおいて、Fig. 6に示すように前モデルに対する吸気ポートの有効開口面積：Zをほぼ同等にすることができた。60km/h 定地走行時の燃焼変動割合を Fig. 7 に示す。タンブル吸気ポートの採用により、前モデルに比べ空燃比で2ポイントのリーン化が可能となった。

また、急速燃焼に対応するため、Fig. 8に示すように、右側のジャーナル軸受けにローラベアリングを採用し、クランクシャフト支持剛性の向上をおこなった。本エンジンでは急速燃焼化により前モデルに対して 1.6 倍の高い圧力上昇率($dp/d\theta$) $_{max}$ が発生し騒音の増加が懸念されたが、ローラベアリングの採用などにより、完成車としての乗車時耳元騒音をボールベアリング仕様に対し 70%低減することができた。

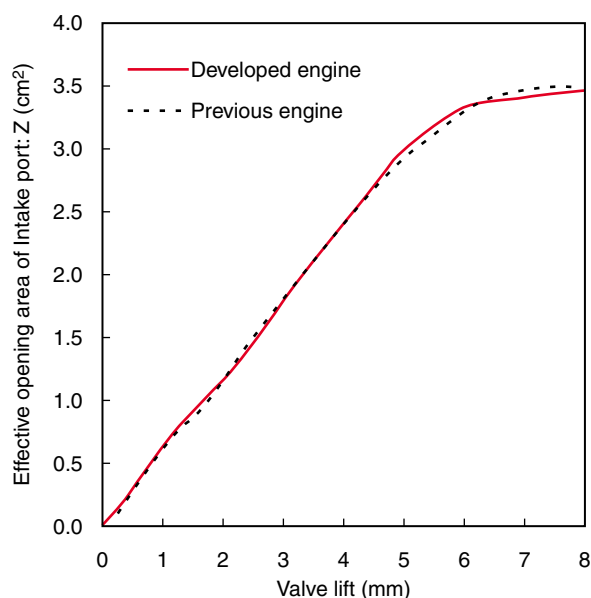


Fig. 6 Comparison of effective valve-opening area of intake port

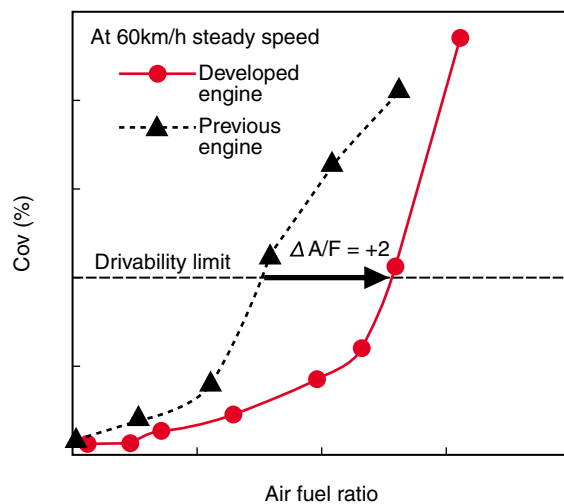


Fig. 7 COV(IMEP) at 60km/h steady speed

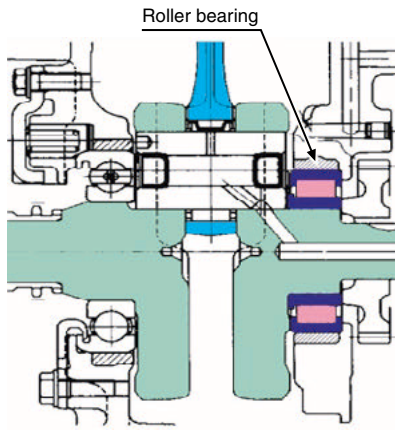


Fig. 8 Section drawing of main bearing

4.3. コンパクト燃焼室

ボアを 56.5mm から 57.3mm とし、バルブ挟み角を 55° から 49° に狭角化して、コンパクトな燃焼室設計とした。燃焼室形状は、シリンダヘッド側を球面とすることに加え、ピストン頭部形状もキャビティ状の凹形状とすることで、Fig. 9 に示す球状燃焼室とした。これによりボアの増加にもかかわらず S/V 比は前モデルに対し 8 % 改善した。

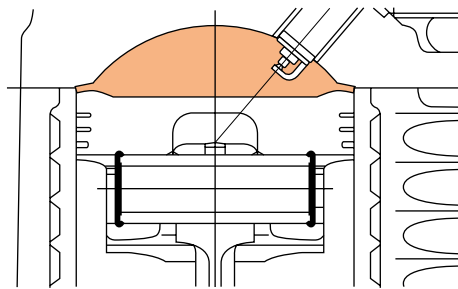


Fig. 9 Spherical combustion chamber

4.4. 冷却性能向上

耐ノッキング性能の向上を目的とし、プラグ座方向とエンジン後方に分岐する T 字形状の冷却フィン付きエアジャケットを採用した。Fig. 10 にエアジャケットの断面図を示す。

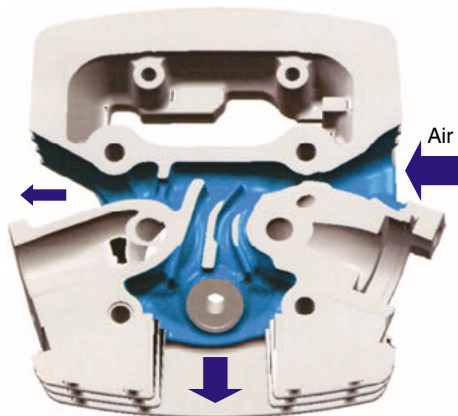


Fig. 10 Air jacket section view

また、ピストン裏に積極的にオイル冷却を施すため、従来のコンロッド大端スラスト面からの飛沫オイルに加え、Fig. 11 に示すようにジャーナル近傍に専用のオイルジェットを設置した。これによりピストン最高温度は 10°C 低減した。

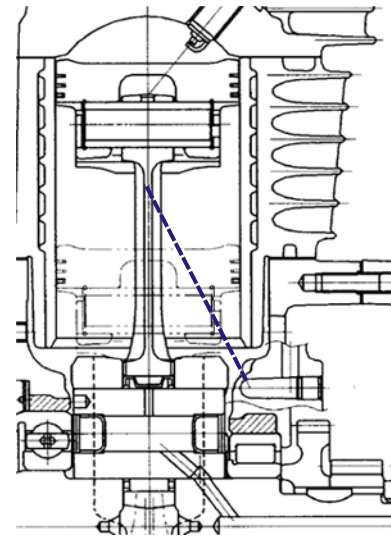


Fig. 11 Oil jet to piston

4.5. オフセットシリンダ

中低速回転域でのピストン側圧フリクションを低減するため、オフセットシリンダ構造を採用した。Fig. 12 に示すように、シリンダ中心線をクランク軸に対し排気ポート側へ 4mm オフセットさせている。

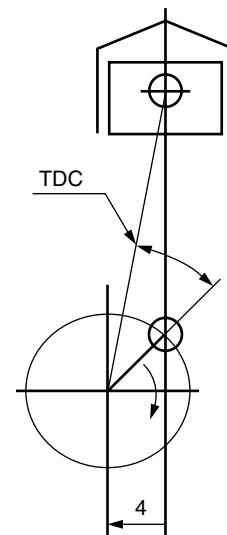


Fig. 12 Offset cylinder

4.6. バルブ駆動システム

低燃費と動力性能の両立を実現するために、動弁系の等価質量を低減してフリクションを下げる目的で、カムシャフト駆動方式を長い間ブラジル市場で信頼を築いてきた前モデルの OHV 方式から OHC 方式に変更した。また、カムとのしゅう動抵抗を低減するためにローラフOLLOW構造のロッカアーム⁽³⁾を採用した。

4.7. ピストン系のフリクション低減と軽量化

Fig. 13に示すように、ピストンのフリクション低減のために、ピストン全面のすずメッキ処理に加え、ピストンスカート部に条こん加工をおこなった⁽³⁾。また、ピストンリングのしゅう動抵抗低減のために、オイルリングの厚さを前モデルの2.0mmから1.5mmにすることで、オイルリング張力を前モデル比で15%低減した。さらに、ピストン軽量化のためにピストン全高を前モデルに対し3.3mm低くし、形状も見なおした。その結果、ボアを56.5mmから57.3mmに拡大したが、ピストン完備質量(ピストン、ピストンリング、ピストンピンを組み込んだ状態の質量)で4%軽くすることができた。

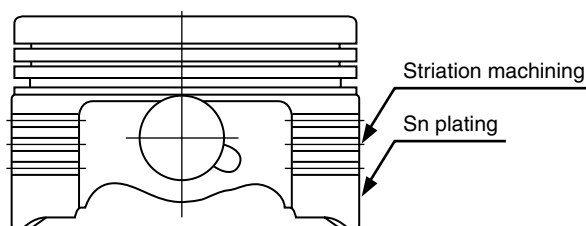


Fig. 13 Developed piston

4.8. 減速比の変更による同一車速での燃料消費低減

同一車速でのエンジン回転速度を下げることでフリクションを低減するために、排気量を増やすこととロングストローク化することで低中速型のエンジン特性をねらった。併せて減速比を小さく設定し、60km/h定地走行での燃料消費を17%低減できた。Fig. 14に60km/h定地走行でのBSFCを示す。

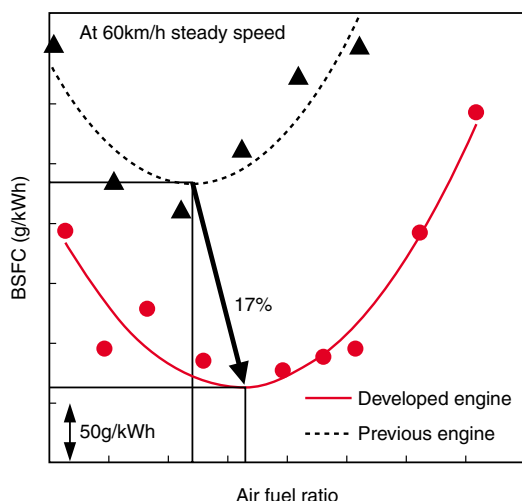


Fig. 14 BSFC at 60km/h steady speed

5. 燃費向上とエミッション低減の効果

5.1. 燃焼改善の効果

前章で述べた燃焼改善の結果、Fig. 15に示すように前モデルに対してPmiは最大で約10%向上した。

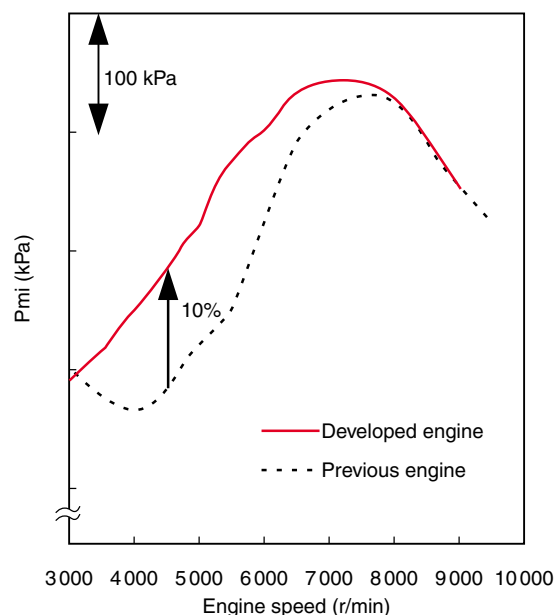


Fig. 15 Result of Pmi

5.2. フリクション低減効果

前章で述べたフリクション低減技術の採用の結果、Fig. 16に示すように前モデルに対してエンジン中速回転域時のPmfを13%低減した。

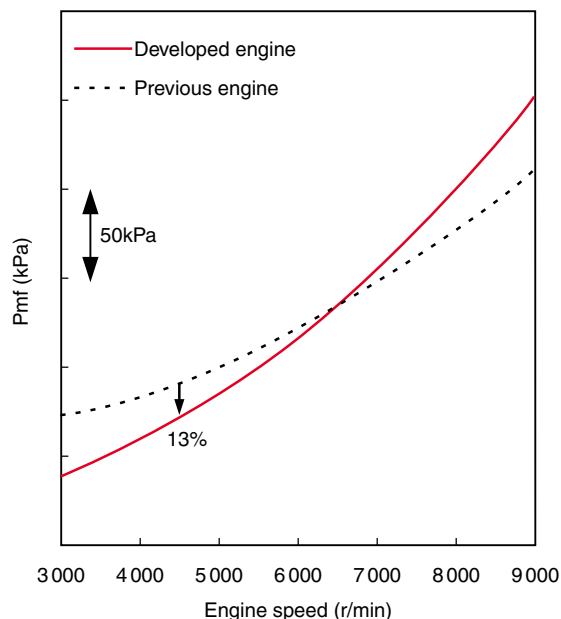


Fig. 16 Result of Pmf

5.3. 燃費向上とエミッション低減の効果

ECE-40モード燃費は、燃焼改善と各部フリクション低減、低中速のエンジン出力向上による減速比の変更により前モデルに対して18%向上した。ECE-40モードにおける燃費の測定結果をFig. 17に示す。エミッションは、Fig. 18に示すように二次空気導入システムや三元触媒を用いることなく、EURO-2規制値レベルに低減できた。

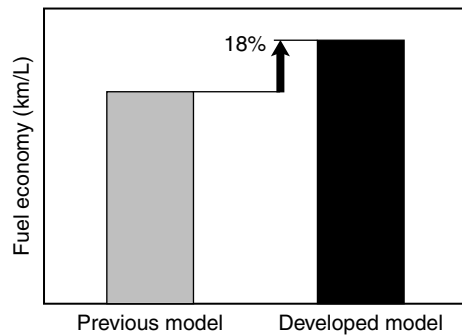


Fig. 17 Result of fuel economy in ECE-40 mode

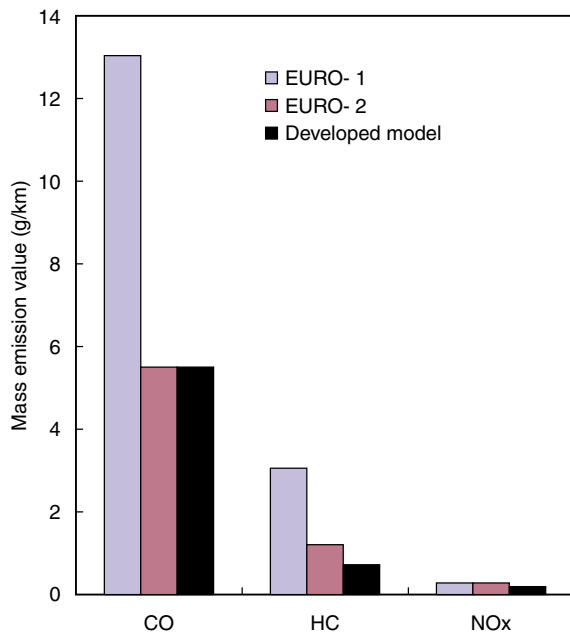


Fig. 18 Result of mass emission

6. 振動低減技術

6.1. 1次バランサ

排気量の増加に伴い、エンジンでの振動低減手法として Fig. 19に示す1次バランサを採用した。これにより、前モデルに対しフレーム・ヘッドパイプ部のエンジン1次振動を約 1/2 にできた。

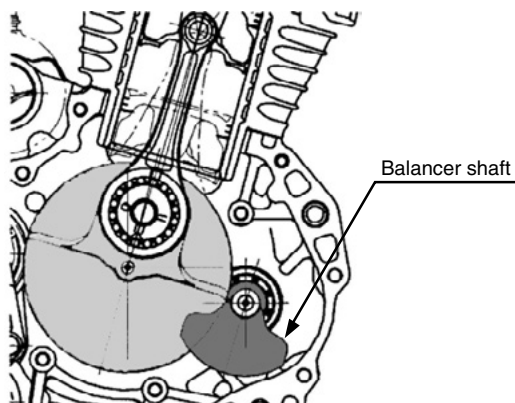


Fig. 19 Side view of balancer shaft

7. まとめ

エンジンの燃焼改善とフリクション低減技術、振動低減技術の採用などにより、新開発の空冷4ストローク150cm³エンジンは下記の成果を得ることができた。

- (1) ECE-40モードで燃費を前モデルに対して 18%向上できた。
- (2) 前モデルに対し排気量あたりの出力は同等とし、最大出力で18%の向上を達成した。ねらいである中速回転域での出力は 37%の向上を達成した。
- (3) エミッションを特別なデバイス無しで EURO-2規制値レベルに低減できた。
- (4) 1次バランサの採用でクラストップレベルの乗車振動を実現した。

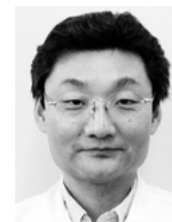
参考文献

- (1) 中島泰夫, 村中重夫: 第2章 燃費の向上, 改訂・自動車ガソリンエンジン, 東京, 山海堂, 2001, p.29-31
- (2) 林有登, 櫻原一雄, 高林徹, 遠藤太郎: アコード/トルネオ用 1.8Lリーバンエンジン開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.10, p.49-57(1998)
- (3) 澤村吉信, 齊藤則夫, 坂本文一郎, 小林英男, 廣瀬義久: 低燃費・低エミッションのタイ向け小型二輪車用 4ストロークエンジンの開発, Honda R&D Technical Review Vol.15, No.1, p.77-82(2003)

■ 著 者 ■



俵田 雄一



神戸 敬司



安田 幸広



矢部 裕之



横山 英巳