

新型 [BF90] 船外機の開発

Development of New BF90 Outboard Motor

吉 村 肇*
Hajime YOSHIMURA
宮 内 智 広*
Tomohiro MIYAUCHI

藤 間 昭 史*
Akifumi FUJIMA
木 村 亨*
Toru KIMURA

坪 内 方 則*
Masanori TSUBOUCHI

要 旨

走行性能向上および低燃費化に重点を置き、Honda 4 ストローク中型船外機 BF90 のフルモデルチェンジを行った。

2006 年モデル新型 BF90 では、SOHC-2 ステージ VTEC および 2 系統独立制御冷却機構の採用、インテークマニホールドやエアサイレンサなどの吸気系諸元の熟成により、現行 BF90 に比べ比出力(kW/L)を 13%向上した。船外機特有の使い勝手を考慮し、O₂ センサを用いたオープンリーンバーン制御により燃費を現行 BF90 に対し 20%向上しつつ、2008 年の CARB エミッション規制および 2006 年欧州レクリエショナルクラフト指令規制に適合した。

また、ギヤケース形状の改良により水中抵抗を低減し、完成機重量の軽減と合わせ走行性能を向上した。アルミフィッシングボートに搭載した結果では、現行 BF90 に対し 0-200 m 加速は 0.9 秒短縮し、最高速でも 4.6 km/h の向上となった。

ABSTRACT

Honda has developed an all-new mid-sized outboard motor in the 4-stroke outboard motor series, the new BF90. Development of the new BF90 stressed enhancements to operating performance and fuel economy.

The new 2006 BF90 uses a SOHC 2-stage VTEC and a dual independent circuit control cooling system. With refinements to the intake system general specifications, including the intake manifold and air silencer, this outboard motor achieves a 13% higher specific power (kW/L) than the current BF90. Fully considering the ways in which outboard motors are used, an open-loop lean burn control system, which uses oxygen sensors, was adopted, raising fuel economy by 20% over the current BF90. At the same time, the motor complies with 2008 CARB emission regulations and the 2006 European Recreational Craft Directive's regulations.

Modifications to the gear case shape have reduced water resistance. This, combined with a reduction in total motor weight, has enhanced operating performance. When used with an aluminum fishing boat, this new BF90 motor achieves 0-200 m acceleration 0.9 seconds faster than in the current motor, and a maximum speed that is 4.6 km/h higher.

1. はじめに

世界の船外機市場において、いわゆる、中型クラスと呼ばれる 37 kW(50 馬力)以上 74 kW(100 馬力)以下の船外機が占める割合は、約 18%であり、台数にして約 119 千台(2005年度, Honda 調べ)となる。このクラスは、燃費や快適性、環境意識の高まりから、全体市場の拡大と共に堅調に推移している。

Honda は、1995 年にキャブレタモデルの BF75/90 を発

*汎用開発センター

売したが、今回、経済性と環境適合性を現行 BF90 以上のレベルで実現した上で、高出力化および走行抵抗低減による走行性能を向上したフューエルインジェクションモデル(以下 FI)新型 BF90 を開発した。

外観デザインは、BF225, BF150 で採用のインテグレートドラインを踏襲した Wing Form を継承し、Honda 中大型船外機のデザインラインアップを完成させた。Fig. 1に外観写真を示す。



Fig. 1 External view of new BF90

2. 主要諸元および概要

新型 BF90 の主要諸元を Table 1 に示す。

エンジンは、2005 年モデルのフィット用 1.5 L 直列 4 気筒エンジン⁽¹⁾をベースに、動弁系には吸気側にのみ 2 ロックアームタイプの VTEC 機構⁽²⁾を組み込んだ、SOHC 4 バルブ形式を選択した。

3. エンジン性能向上

3.1. エンジン出力向上

新型 BF90 では、船外機エンジンとしては初の吸排気共用ロッカシャフトによる SOHC-2 ステージ VTEC 構造を採用した。

また、BF150 で採用した 2 系統独立制御冷却機構⁽³⁾、外気導入エアダクトの設置による、全装備状態での損失低減やノックコントロールの採用、空燃比のチューニングを行った結果、現行 BF90 の 1590 cm³ に対し 1496 cm³ と小排気量設定としながらも全域で上回る出力を得た (Fig. 2)。

3.2. 燃費の向上

3.2.1. リーンバーンによる低燃費の実現

新型 BF90 でも BF150 同様、低燃費の実現のためリーンバーン制御を実施している。BF150 では船外機初となる Linear air fuel ratio (LAF) センサを用いたリーンバーン制御⁽³⁾であったが、今回はコスト面で有利な O₂ センサを用いたオープンリーンバーン制御を採用した。これにより、モード燃費は現行 BF90 に対し 20% 向上した (Fig. 3)。

また、使用頻度の高いクルージング運転領域においてそ

Table 1 Specifications

Code name	New BF90 L-type
Overall length (mm)	740
Overall width (mm)	440
Overall height (mm)	1570
Transom height (mm)	537
Dry mass (kg)	165
Engine type	4-stroke L-type 4-cylinder
Displacement (cm ³)	1496
Bore (mm) × stroke (mm)	73 × 89.4
Compression ratio	9.7:1
Valve train	SOHC VTEC 16 Valves
Valve number	4/cylinder
Maximum power (kW/rpm)	66.2/5800 (90PS/5800rpm)
Maximum torque (N·m)	127
Recommended engine speed range (rpm)	5300 - 6300
Fuel supply system	Programmed Fuel Injection
Ignition system	Programmed Ignition (with Plug Top Coil)
Charge output (A)	35
Cooling system	Water cooling (with 2 thermostats)
Exhaust system	Through propeller hub

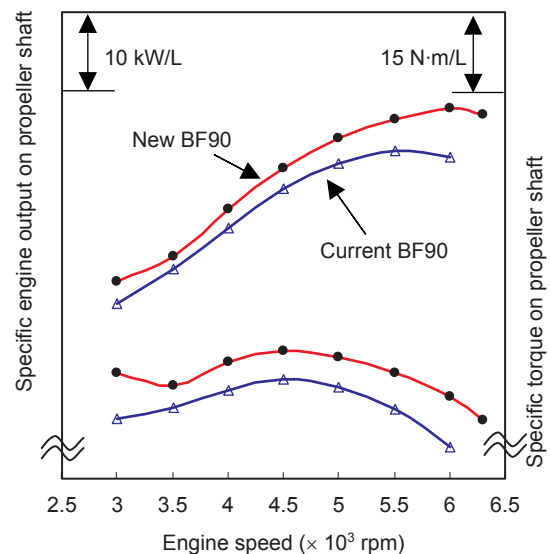


Fig. 2 Specific power and torque of BF90

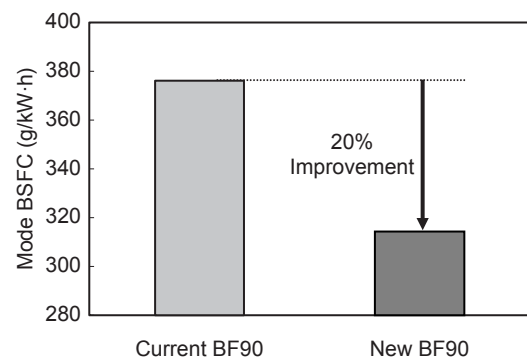


Fig. 3 BSFC in emission measuring mode

の空燃比(以下A/F)を18までリーン化することにより、実用燃費も他社機に対しアドバンテージを持つことができた。Fig. 4 に実走行時の燃料消費量のグラフを示す。

3.2.2. O₂ センサを用いたリーンバーン制御

新型 BF90 では BF150 の LAF センサに代えて O₂ センサを採用した。LAF センサと O₂ センサは空燃比検出可能範囲が大きく異なる。Fig. 5 にそれぞれの出力特性を示す。LAF センサは、付属されたマイクロコンピュータを含むセンサ制御回路により、A/Fを広範囲に渡って検出できるが、O₂ センサは理論空燃比を境にセンサ素子起電力が急激に変化するため、リッチかりんかを判定することしかできない。このため、O₂ センサではリーンバーン運転中はフィードバック制御により燃料噴射量を補正することはできない。

そのため新型 BF90 では、エンジン回転数と負荷(インテークマニホールド圧力)をパラメータとした理論空燃比ねらいの基本噴射量マップを用意し、これに目標とするリーン化係数(当量比)を乗算するのみでリーンバーン運転時の噴射量を決定するオープンリーンバーン制御とした。これにより、高価なLAFセンサを用いることなく、リーンバーン運転が可能となる。

ただしこの方式では、基本噴射量マップの微細な差異がリーンバーン運転時の空燃比のズレに直結するため、その精度が非常に重要となる。この基本噴射量マップの精度を確保するため、下記のような制御を行った。

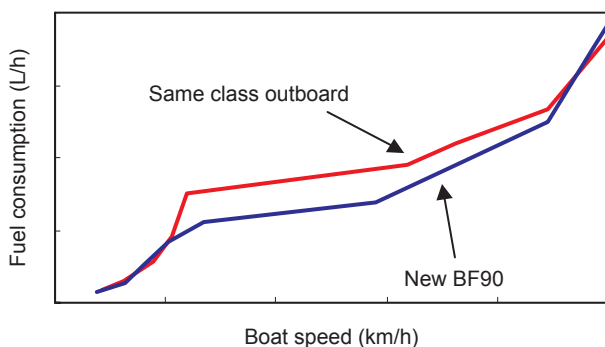


Fig. 4 Fuel consumption at cruising speed

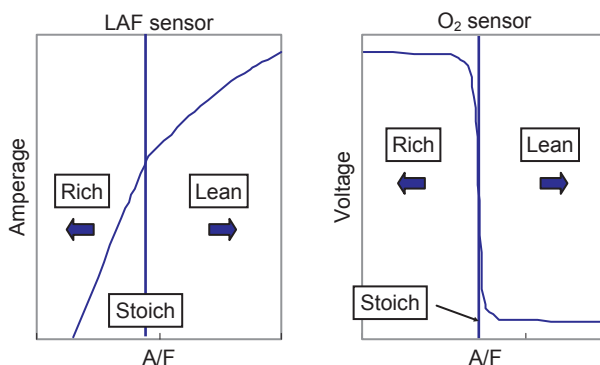


Fig. 5 A/F ratio sensor output

リーンバーン運転を想定した運転領域においては、一度理論空燃比でフィードバック運転を行い、O₂ センサの出力を元に基本噴射量マップを補正し、その補正量を算出する。

この補正量は、運転領域をエンジン回転数方向に8分割したそれぞれの領域ごとに学習値として不揮発メモリに記憶され、エンジン停止後も保持される。

運転領域を負荷方向に分割しなかったのは、船外機特有の航行負荷特性に由来する。二輪車や自動車と異なり、変速機を持たない船外機は使用する船艇とプロペラが決定すると、Fig. 6のようにエンジン回転数と負荷の関係がほぼ一意的に決まる。すなわち、あるエンジン回転数における負荷は、定常運転時にはほとんど変化しないため、負荷方向への学習値の持ち分けは必要ないと判断した。

このように補正値を運転領域ごとに細分化して持ち分けることによって基本噴射量マップの精度向上を図った。

以上のように求めた学習値はリーンバーン運転移行時に基本噴射量マップの補正用利用される。補正値の算出は、各学習領域において代表となるエンジン回転数を設定し、それぞれの学習値をその代表点で直線補間して求めることとした。

リーンバーン運転への移行条件は、暖機が終了していること、リーンバーン運転対象領域内であること、定常運転中であること、およびエンジン回転数ごとに8分割した学習領域での学習値が更新されていることとしている。

ある学習領域における基本噴射量マップの補正量は、その学習値が更新された学習領域から、まだ学習値が未更新の別の学習領域へ遷移した場合はリーンバーン運転を中止し、理論空燃比での運転を実施して学習値を更新してから再びリーンバーン運転へ移行する。

また、リーンバーン領域内ですべての学習領域の学習値が更新されている場合は、リーンバーン運転中に学習領域が変化してもそれぞれの領域での学習値を用いてリーンバーン運転を継続する制御としている。

前述のような学習値設定とリーンバーン運転条件の設定によってリーンバーン運転時の空燃比ばらつきを $A/F=18 \pm 0.5$ に抑えることができ、リーンバーン運転時のドライ

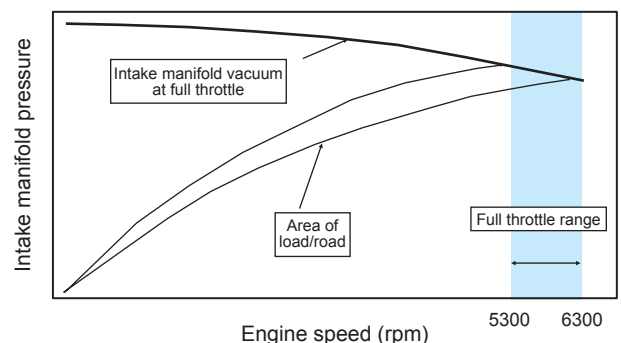


Fig. 6 Intake manifold pressure

バビリティも良好とすることができた。

また、新型 BF90 の排気ガスエミッションは CARB マリンエミッション規制の最終年度(2008年)規制値をクリアし、ULTRA-LOW エミッションレベルを達成した。また、2006年より施行されている欧州のレクリエショナルクラブ指令の規制値にも適合させている。

4. 走行性能向上について

4.1. ギヤケース形状による速度向上効果

ギヤケースの水没部は砲弾部(Gear box section)や砲弾をフレームとつないでいる部位(以下、支柱部:Body section)と、プロペラ上面の圧力を維持するために設定されているアンチベンチレーションプレートで構成される。ギヤケースの構造図を Fig. 7 に示す。これらを小型化すれば水没部の抵抗は減少するが、排気通路の確保やギアの耐久性を考慮する必要がある、極端な小型化は困難である。そこで下記2項目を主眼に実機およびシミュレーションで最高速の向上を図った。

- (1) アンチベンチレーションプレートの形状見直しによる水中抵抗の低減
 - (2) 砲弾および支柱部前側R形状見直しで、表面圧力低下の軽減によるプロペラエアレーションタフネスを向上
- 新型 BF90 用ギヤケースのアンチベンチレーションプレートの形状を、現行 BF90 に対して、加速および高負荷時のエアレーションタフネスが低下しないレベルまで縮小した結果、最高速が約0.8 km/h向上した。またウォータスクリーンおよびスクリーン後部形状の変更、砲弾前後形状のテーパ化により最高速が約 0.9 km/h 向上した。

新型 BF90 のギヤケース表面の圧力分布は、現行 BF90 に対し、砲弾と支柱部の前方側面R止まり部の形状を大きくすることで、圧力低下を軽減するシミュレーション結果を得た。Fig. 8 にギヤケース側面の圧力分布の傾向を示す。支柱部前方側面のRを 250 mm から 500 mm にすることで約 0.9 km/h 速度向上した。Fig. 9 に支柱前方側面R形状

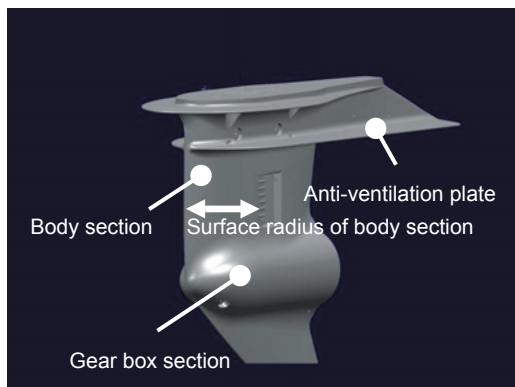


Fig. 7 Structure of gear case

違いによる最高速の傾向を示す。

以上のギヤケースの形状変更により、新型 BF90 の最高速は、現行 BF90 に対して 2.6 km/h 向上した。

4.2. 軽量化技術

軽量化技術のため、ネオジウムマグネット ACG とエキゾーストマニホールド一体シリンダヘッドを採用し、完成機重量を現行 BF90 に対し 7 kg 軽減した。

4.2.1. ネオジウムマグネット ACG

新型 BF90 の ACG は、軽量・コンパクト性と高充電出力を両立させるため、Honda 船外機の大型 FI 機種(115 馬力以上)で搭載しているベルト駆動オルタネータに代えて、クランク軸取り付け方式のネオジウムマグネット ACG を採用した。

これにより、従来のベルト駆動オルタネータの充電システムに対し、部品重量で20%の軽量化、およびベルト駆動機構部品の廃止を含む大幅な部品点数削減を達成した。

また、ACG ステータコイルおよび ACG ロータをエンジンに密接して取り付けることにより、従来の多極マグネットタイプ ACG に対し、約10%の部品高さ低減を実現した。ネオジウムマグネット ACG を船外機としての使用環境に適合させるため、ACG ロータに冷却風導入口を設け、ACG ステータコイルおよび ACG ロータマグネットの冷却を行う構造とした。また、海上での使用を考慮し、ネオジウムマグネットの耐食性を考慮した仕様とした。Fig. 10 に ACG の外観写真を示す。

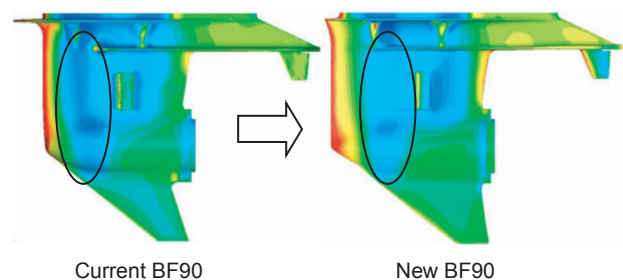


Fig. 8 Pressure distribution of gear case

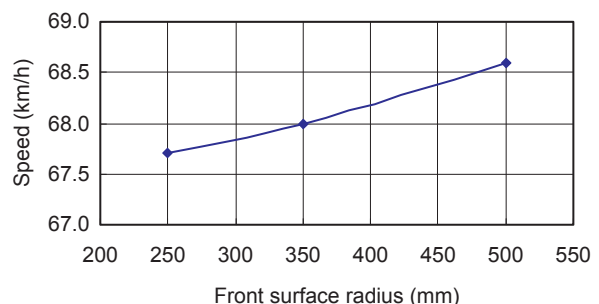


Fig. 9 Maximum speed according to front surface radius



Fig. 10 New BF90 ACG

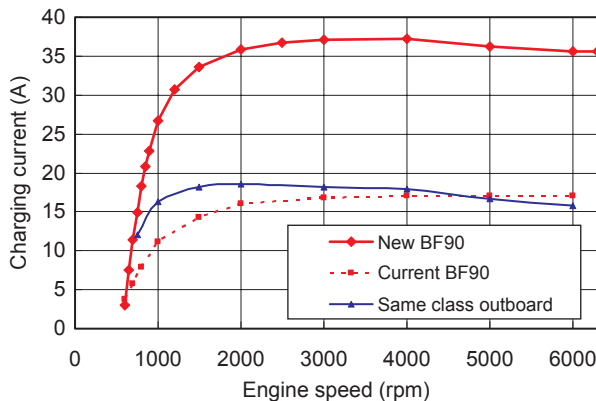


Fig. 11 Comparison of charging performance

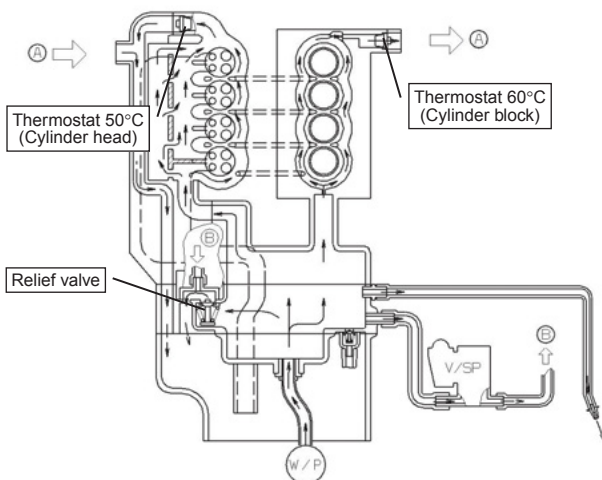


Fig. 12 Cooling system of new BF90

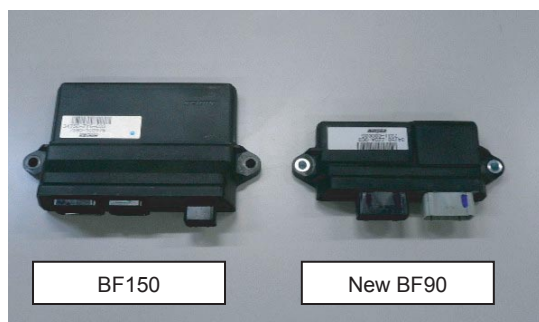


Fig. 13 New BF90 ECU

新型 BF90 は、現行 BF90 キャブレタモデルに対し、FI システムの電力消費が発生する。このことを考慮し、FI システムの電力消費を差し引いた条件において、このクラスの船外機では最高出力性能の定格充電出力 35 A、部品単体出力性能として 44 A を達成した。Fig. 11 に BF90 の充電出力特性を示す。

4.2.2. エキゾーストマニホルド一体シリンダヘッド

従来、船外機の排気管まわりの構造としては、別体のエキゾーストマニホルドを取り付けるか、シリンダブロック側に通路を構成するかの 2 種であった。これに対し、新型 BF90 ではシリンダヘッドのみでエキゾーストマニホルドを構成し、従来機種に比べ 3 kg の軽量化を実現した。

エキゾーストマニホルド一体シリンダヘッドとするに当たり、2 系統冷却システム、水冷式レギュレータ、外部配管レス冷却通路構造を合わせて採用し、高出力と小型化を両立させた。

Fig. 12 に冷却経路の模式図を示す。

4.2.3. ECU

新型 BF90 専用開発を行った ECU は、Interstitial Via Hole 入り 4 層基板を採用し、実装密度の向上を図った。非貫通の内層ビアを使用することによる有効実装面積の向上と、ビア上に実装パットを設けることで、基板面積で 45 % の小型化を図った。合わせて省スペースコネクタを採用し、ケースを小型化し充填樹脂材料を節減することで、従来の直列 4 気筒エンジン BF150 用 ECU に対し、部品重量で 40 % 以上の軽量化を図った。Fig. 13 に ECU の外観写真を示す。

また、エンジン制御は、BF115 以上の大型船外機で培った船外機向け FI システムを搭載した。燃費・エミッション性能の両立を目的とした O₂ センサ、エンジンノッキング検出手段である共振式ノックセンサなどを採用している。

5. まとめ

新型 BF90 を開発するにあたって、燃費と走りの両立を図り、現行 BF90 に対して以下の結果を得た。

- (1) 比出力で、13% 向上。
- (2) 燃費性能で、20% 向上。
- (3) 加速性能で、0 - 200 m 加速 0.9 秒短縮。
- (4) 最高速で、4.6 km/h の向上。

参考文献

- (1) 中山幸夫、鈴木誠、岩田洋一、山野順司：2002 年モデル「Fit」用 1.3L 2 プラグエンジンの開発、Honda R&D Technical Review, Vol.13, No.2, p.43-52
- (2) 新里智則、林有登：新型 2.0 L リーンバーンエンジン

の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2,
p.45-54

(3) 米沢道, 松田佳之, 田和寛基, 設楽貞文, 豊後圭一郎,
鈴木幸夫: 高出力・低燃費船外機[BF150]の開発,
Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.1, p.29-38

■著 者■



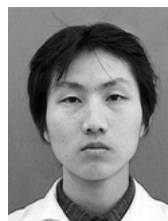
吉村 肇



藤間 昭史



坪内 方則



宮内 智広



木村 亨