

コンシューマ向け汎用エンジンに適用する モジュール設計技術

Application of Modular Design Technology to Consumer-use General Purpose Engine

鹿 島 壮 二¹

Soji KASHIMA

杉 村 健太郎¹

Kentaro SUGIMURA

木 浦 寿 朗²

Toshiro KIURA

徳 備 広 太³

Kota TOKUBI

要 旨

さまざまな要望に応じながらエンジン構成部品の共用化を最大限にし、シリーズ総部品点数の削減と低コスト化、高い環境性能を有するコンシューマ向けエンジンの開発をおこなった。三排気量シリーズをボア径の異なるユニブロックシリンダとピストンで構成されるシリンダモジュールの変更のみで設定した。搭載フレームにより仕様が多数要求される部品をクランクケースモジュールとして排気量シリーズで共用し、同バリエーションを構成するエンジンブロック部の総部品点数を前モデルに対して43%削減した。クランクケース形状のシンプル化と冷却性能の向上によりエンジンブロック部の材料質量を前モデルに対して25%低減した。それらにより前モデルに対してコストを約15%低減した。小排気量の環境性能向上のため、燃焼室形状の変更とロングストローク化をおこない、三排気量すべてを各国の環境規制に適合させた。またクランクケース構造と動弁機構の配置により前モデル以上のメンテナンス性を確保した。

ABSTRACT

A series of engines for the consumer market has been developed that responds to a range of demands by maximizing the sharing of constituent parts, which also realizes a reduction in the total number of parts employed across the series, a reduced cost, and a high level of environmental performance. Three different displacements engines have been realized in the series by changing only the cylinder modules, consisting of uniblock cylinders of differing bore diameters and pistons. Parts, for which a range of specifications are demanded across the series of different displacements depending on the engine framework, have been shared as a crankcase module, reducing the total number of parts employed in the engine block for engine variations by 43% against the previous models. Simplification of the crankcase shape and the realization of an increased cooling performance reduced the mass of materials in the engine block by 25% against the previous engines. These innovations have reduced the cost of the engines by approximately 15% against the previous models. The combustion chamber shape was modified and a long stroke was employed in order to boost the environmental performance of the low-displacement model, and each of the three different displacement models clears environmental regulations in its countries of sale. In addition, crankcase configuration modification and valve mechanism position have made it possible to realize a greater ease of maintenance than the previous models.

1. ま え が き

Honda のコンシューマ向けエンジンである GCV エンジンシリーズ⁽¹⁾は、1997 年の発売後、主に北米や欧州市場で家庭用の芝刈機や高圧洗浄機といったホームユース商品に搭載され、累計 3600 万台を生産販売してきた。GCV エ

ンジンシリーズは、135/160/190 の三排気量でシリーズ化され、自社芝刈機搭載のみならず生産台数の約 8 割は他社製芝刈機や高圧洗浄機などの完成機メーカーへ OEM エンジンとして販売されている。OEM エンジンとは、各完成機メーカーのシリーズ展開や商品要望に適用するべく、シリーズラインナップと仕様バリエーションが必要である。

¹ ライフクリエーションセンター

² ライフクリエーションセンター、博士(システムデザイン・マネジメント学)

³ 嘉陵 - 本田発動機有限公司

一方、コンシューマ向けの商品は販売価格競争が厳しく、搭載されるエンジンにも低コストが強く要求されるため、エンジン性能、仕様バリエーションを兼ね備えた上で、低コストなエンジン骨格が競争力の源泉である。

近年の環境規制強化により、排気エミッション低減と低コストのバランスを維持することは特に小排気量な GCV135 で対応が容易ではなくなり、これを廃止した。

そこで本開発では Honda エンジンとして、環境性能、信頼性、仕様バリエーション、コストを高次元で成立させる新 GCV エンジンシリーズの開発をおこなった。Fig. 1 にエンジンの外観を示す。



Fig. 1 External view of new GCV engine

2. 開発のねらい

エンジン骨格の刷新によりさまざまな要望に応じながら構成部品の編集性を最大限にし、総部品点数の削減と低コスト化を達成する高い環境性能を有するコンシューマ向けエンジンをねらいとし、主な開発目標を以下とした。

(1) コスト 10% 以上低減

- ・ エンジンブロック部シリーズ総部品点数 30% 以上削減
- ・ エンジンブロック部アルミニウム質量 20% 以上低減

(2) 各国の環境規制クリア

(3) メンテナンス性を前モデル同等以上

3. エンジン基本骨格

エンジン供給をおこなうお客様である完成機メーカーにとって、芝刈機や高圧洗浄機などのコンシューマ作業機器には、作業負荷に応じて出力のバリエーションが必要である。新 GCV エンジンシリーズでは 145/170/200 の三排気

量を設定した。主要諸元比較を Table 1 に示す。

以下、各コンポーネントについて詳細を述べる。

3.1. エンジンブロック構造

3.1.1. シリンダモジュール

シリンダヘッドとシリンダが一体となったユニブロックシリンダを採用し、これとピストン系部品を合わせてシリンダモジュールとした。Fig. 2 に示すように、ボア径のみが異なる三つのシリンダモジュールを設定することで三排気量シリーズを構成した。

3.1.2. クランクケースモジュール

クランクケースモジュール構成部品のクランクケース、クランクシャフトは搭載フレームとの結合部であり、各フレームの要望により多くの仕様バリエーションが設定される部品である。そのため、これらの部品を排気量ごとに専用設定するとシリーズでの総部品点数は多くなってしまう。

新 GCV エンジンシリーズでは、Fig. 2 に示すようにクランクケースモジュールを全排気量で共用とした。これによりシリーズ総部品点数の削減が可能となる。Fig. 3 に新旧のシリーズ全体でのエンジンブロック構成を示す。

また、近年リコイルスタータからスタータモータによるエンジン始動の要望が高くなっている。前モデルではシリ

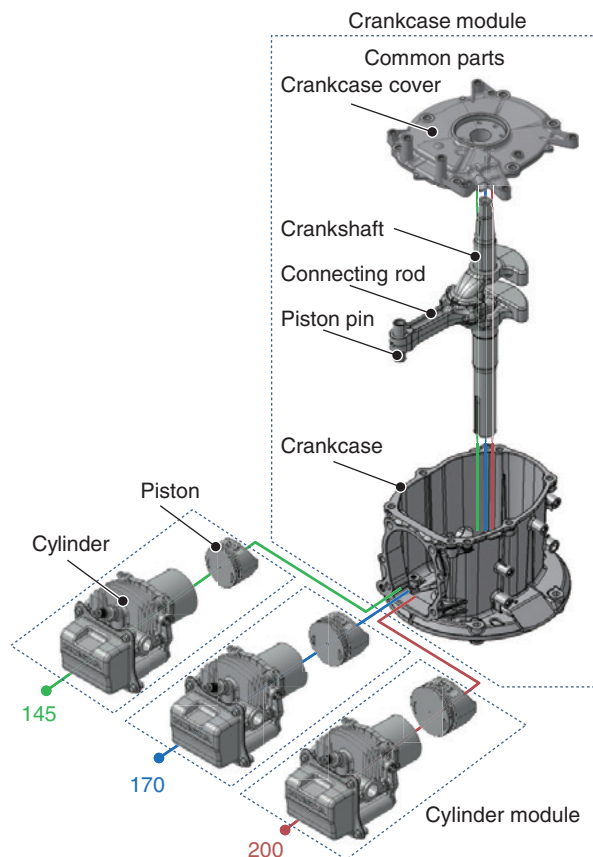


Fig. 2 Structure of engine block module

Table 1 Engine specifications

	Previous model			Developed model		
Model	GCV135 (Discontinued)	GCV160	GCV190	GCV145	GCV170	GCV200
Cam type	OHC			OHV		
Displacement (cm ³)	135	161	187	145	166	201
Bore x Stroke (mm)	64 x 42	64 x 50	69 x 50	56 x 59	60 x 59	66 x 59
Compression ratio	8.5			7.7	8.0	
Maximum power (kW/rpm)*	2.6/3600	3.3/3600	3.8/3600	3.1/3600	3.6/3600	4.2/3600
Maximum torque (N·m/rpm)*	6.9/2500	9.4/2500	11.3/2500	9.1/2500	11.1/2500	12.7/2500
Dry mass (kg)	10.4	10.5	12.4	10.1		

*According to SAE J1349

ンダにスタータモータを取り付ける構造となっていたが、新 GCV では簡単な形状のクランクケースカバーに取り付けられる構造となり、低コストでバリエーション設定することが可能となった。

クランクケースとクランクケースカバーの分割面はクランクケース上面とした。これによりクランクケースの形状を直線で繋ぐシンプルな構造とすることで、材料を削減した。Fig. 4 にクランクケース断面形状を示す。

3.2. 補機類

シリンダモジュールとクランクケースモジュールにて構成されるエンジンブロックモジュールに、各完成機メーカーの仕様やデザインバリエーション要求を満足するために、

吸気系、排気系、燃料系、カバー類をそれぞれの機能ごとにモジュール化した。例えば北米等の燃料透過規制がある地域には活性炭内蔵の燃料タンクキャップと多層ブロー成形の燃料タンク、低透過燃料チューブの燃料系モジュール

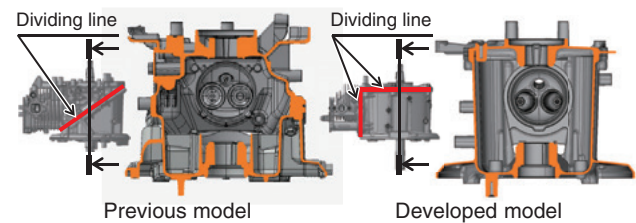


Fig. 4 Shape of crankcase

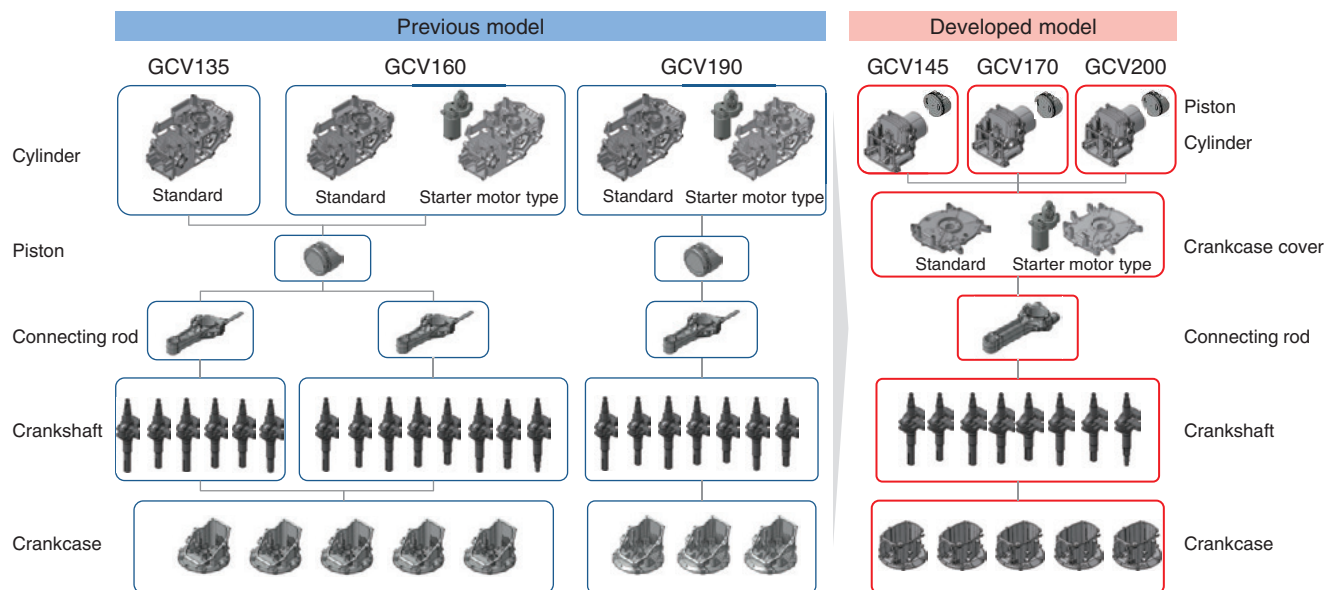


Fig. 3 Comparison of engine block structure

を選択するなど、販売国にあった仕様を構築することが可能となる。Fig. 5 に補機類のモジュール構成を示す。

カバー類は、冷却風のガイド機能を有するファンカバーの上部にさらにトップカバーを設ける構造とすることで、OEMのブランドカラーや形状といった要求に応じられるようにした。Fig. 6 にトップカバー構造を示す。

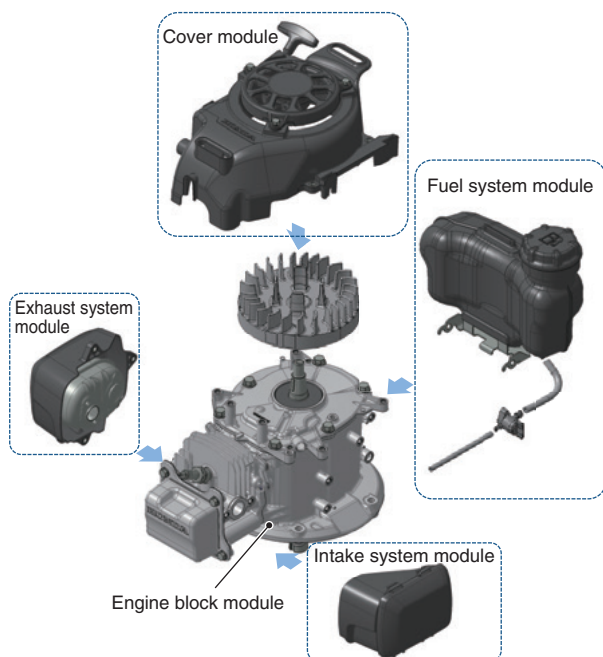


Fig. 5 Engine structure



Fig. 6 Top cover and fan cover of developed model

3.3. 冷却系

強制空冷エンジンでは効率的に冷却風を活用できれば、冷却フィンを小さくでき、材料低減に寄与する。効果的に冷却風を高温部に集中するように数値解析をおこない、その結果を Fig. 7, Fig. 8 に示す。これにより前モデルの GCV190 に対し新 GCV200 は排気量を増加させているが冷却フィン面積は 28% 低減が可能となった。

また冷却性能に効果的な位置に冷却フィンを設けるためにシリンダ上側の締結ボルトをクランクケース内からフランジボルトにて締結する構造とし、冷却性と低コスト化の両立をおこなった。Fig. 9 に締結部のエンジン断面を示す。

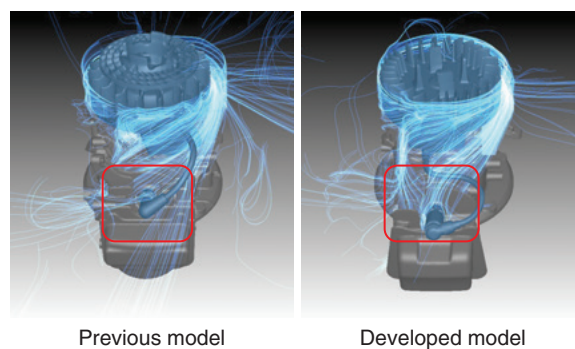


Fig. 7 Flow lines of cooling air

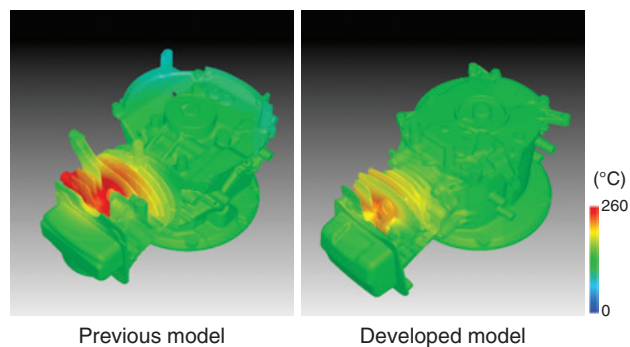


Fig. 8 Temperature of engine surface

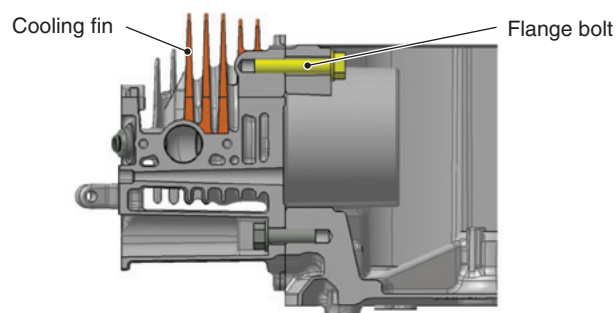


Fig. 9 Cross-section of cooling fins

3.4. 燃焼室

小排気量へシリーズ展開をおこなうには、より優れた環境性能が必要となる。新 GCV エンジンでは燃焼室形状をコンパクトなペントルーフ型とし、前モデルよりもロングストローク化した。これにより筒内流動が強化され乱流運動エネルギー (TKE) が向上し、燃焼の安定性と低エミッション、低燃費を図った。Fig. 10 に点火タイミングでの TKE の計算結果を示す。

また吸気、排気バルブ径、点火プラグ位置は全排気量同一とし、加工の共用化により生産性の向上を図った。

3.5. 動弁系

動弁機構を前モデルのエンジン内蔵型タイミングベルトの Over Head Camshaft (OHC) 機構からプッシュロッドとバルブリフタによる Over Head Valve (OHV) 機構とした。前モデルのタイミングベルト室によって冷却風が流れ難くなっていた燃焼室近傍の冷却風の通路を OHV 化により拡大することができ、冷却性能の向上に貢献した。Fig. 11 に新旧の形状比較を示す。

またシリンダ下の油中に動弁機構を配置し、樹脂製カムシャフトを採用することで低コスト化した。さらにこの構造によりメンテナンス時に動弁機構を分解することなくクランクシャフトを取り出すことが可能となった。Fig. 12 にエンジン断面を示す。

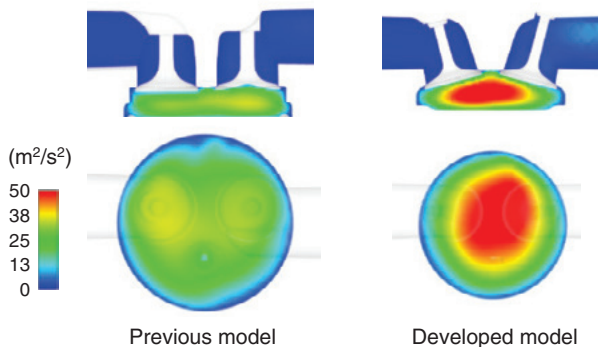


Fig. 10 Results of TKE calculations

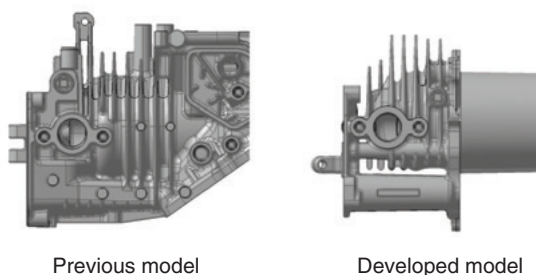


Fig. 11 Side view of cylinder

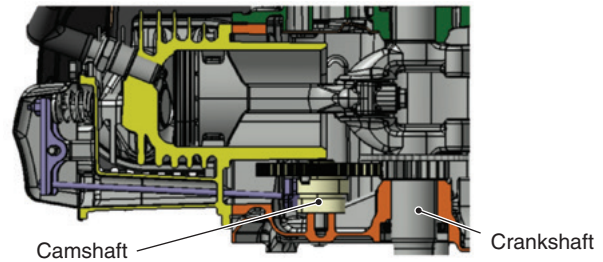


Fig. 12 Layout of camshaft

4. 適用効果

4.1. コスト

軽量化による材料費の低減や排気量シリーズでの部品共用により、新 GCV シリーズは前モデルに対して約 15% の低コスト化を達成した。

4.1.1. エンジンブロックのシリーズ総部品点数

部品共用化により同バリエーション構成するエンジンブロック部のシリーズ総部品点数は前モデルに対して 43% 削減となった。

4.1.2. 軽量化

冷却フィンの最小化やエンジンブロック部の形状変更により、エンジンブロックを構成するアルミダイキャスト部品の質量は、新 GCV200 では前モデルの GCV190 に対し 25% 低減した。Fig. 13 に新旧のエンジンブロック部のアルミニウム質量を示す。

Table 1 に示したようにエンジン全体質量も前モデルよりも排気量を増加しながら GCV200 では前モデル GCV190 に対し 18% 低減した。

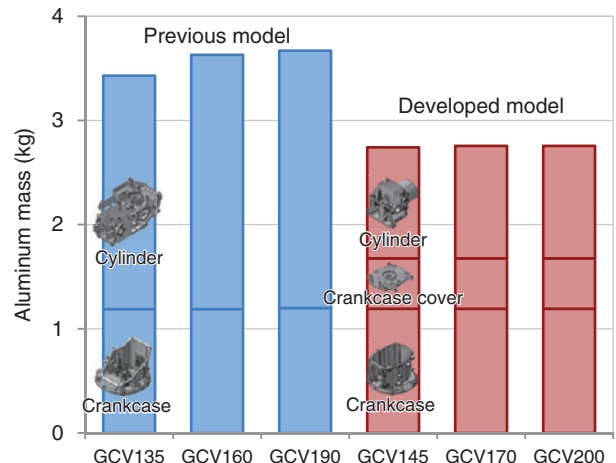


Fig. 13 Aluminum mass of engine block

4.2. 環境性能

燃焼性能向上により、小排気量である GCV145 の HC+NO_x の排出量は前モデルの GCV135 に対し、22% 低減した。Fig. 14 にその新旧比較を示す。これによりすべてのモデルが各国の排気ガス規制をクリアした。

4.3. メンテナンス性

芝刈機のクランクシャフト交換作業において、3.1.2. に示したクランクケースの構造により、フレームに搭載したままエンジンの分解が可能となった。さらに OHV 機構により動弁機構部品の分解、組み立て調整が不要になり、作業工数は 60% 低減した。Fig. 15 にクランクシャフト交換時の部品構成図を示す。

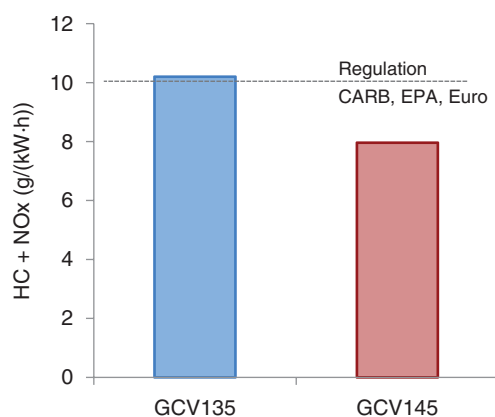


Fig. 14 Mode emissions



Fig. 15 Replacement of crankshaft

5. まとめ

さまざまな要望に応じながらエンジン構成部品の共用化を最大限にし、シリーズ総部品点数の削減と低コスト化、高い環境性能を有するコンシューマ向け汎用エンジンの開発をおこなった。エンジンの基本骨格を設計するにあたり、構成部品の編集性を最大限にするため、エンジンブロックならびに補機類のモジュール化をおこなった。

最大のモジュールであるクランクケースモジュールを共用部品とし、シリンダモジュールを変更することで三種類のエンジンをラインナップさせた。

これにより、以下の結果を達成した。

(1) 前モデルに対してコストを約 15% 低減した。

- ・ エンジンブロック部シリーズ総部品点数を 43% 削減
- ・ エンジンブロック部アルミニウム質量を 25% 低減

(2) 三排気量すべてを各国の環境規制に適合させた。

(3) 前モデル以上のメンテナンス性を確保した。

参考文献

- (1) 鈴木卓, 北條宏, 井上聡, 森山浩, 藤永陽治: タイミングベルト内蔵型汎用 OHC エンジンの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.10, p.122-127

■ 著 者 ■



鹿島 壮二



木 浦 寿 朗



杉村健太郎



徳 備 広 太