

製品紹介

4ストローク パersonalウォータークラフト (PWC) VX110 Sport/VX110 Deluxe

The VX110 Sport and VX110 Deluxe Personal Watercraft

井端 俊彰 Toshiaki Iбата 小柳 智義 Tomoyoshi Koyanagi

中村 光義 Mitsuyoshi Nakamura

● Yamaha Motor Manufacturing Corporation of America, Product Development

/ ヤマハマリン株式会社 第3技術部



図1 WaveRunner VX110

Abstract

In 2002, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) became the world's first PWC (Personal WaterCraft) maker to release a production 4-stroke PWC model, the Yamaha "FX." Since then, 3-passenger family-use 4-stroke PWCs have become the market's mainstream models. With the largest horsepower 4-stroke model now boasting a 215 PS (158 kW) engine, the current market trend has turned to high-horsepower, high-priced models.

Meanwhile, popularity also remains strong in the marketplace for more affordable 2-stroke models of lower horsepower and a lower price range, which are purchased mainly by entry-level customers and rental operators in an active market segment.

In light of these market conditions, Yamaha's new WaveRunner VX110 is a 3-passenger family-oriented model powered by a 110 PS (81 kW) 4-stroke engine and designed to offer riding fun and comfort at a price that targets the entry-level and other lower price-scale customers. In this way it is strategically positioned to stimulate growth in this market segment. In this report we discuss the development of the WaveRunner VX110 with its "Sport" and "Deluxe" versions.

1 はじめに

2002年、ヤマハ発動機株式会社(以下、当社という)がPWC(Personal WaterCraft)業界に先駆けて投入した4ストロークモデルFXの発売以来、市場の主流を占めているのは、3人乗りのファミリー向け4ストロークモデルである。現在では、4ストロークエンジンの最大馬力は215馬力(158kW)であり、高馬力、高価格モデルがトレンドになってきている。

一方、手頃感のある2ストローク、低馬力、低価格帯モデル市場は、人気も根強く、新規購買層をはじめ、レンタルマーケットを中心とした活気のある市場である。

このような状況の中、当社は、新規購買層を含めた低価格帯モデル市場の拡大を目的に、4ストローク110馬力(81kW)を搭載し、乗る楽しさと快適性を追求した3人乗りファミリー向け戦略モデルである、WaveRunner VX110(図1)を市場投入した。

2 開発のねらい

開発にあたっては、「Affordable/Fun/Comfort」という新規購買層の視点を中心テーマとし、デザイン、性能、機能の作り込みを行い、SportタイプとDeluxeタイプの2種類を同時開発した。Sportタイプは、シンプルな機能と装備でコストパフォーマンスの向上をねらい、Deluxeタイプは、セキュリティシステムやリバースシステム、ミラーの装備など、機能を充実させ、さらにカラーも2色から選択でき、顧客の多様性に対応できるようにした。

本モデルの仕様諸元を表1に、Deluxeタイプのフィーチャーマップを図2に示す。

表1 仕様諸元表

全長	3.22m
全幅	1.17m
全高	1.15m
乾燥質量	325kg
定員	3名
燃料タンク容量	60L
オイル容量	4.3L
最高出力	81kW / 8,000rpm
排気量	1,052cc
シリンダー数×配列	4×直列
シリンダー内径×行程	76mm×58mm
燃料噴射方式	電子燃料噴射 電子制御スロットル搭載
バルブタイプ	DOHC 5バルブ
JET 推進ポンプ形式	φ155 軸流 1 段式
FEL(HC+Nox) 申請値	30.0g/kWh



図2 フィーチャーマップ(Deluxeタイプ)

3 艇体概要

3.1 ファン性能と快適性能ハル

新規購買層を含めた低価格帯モデル市場を拡大することを目的に、艇体サイズをはじめ、船底形状や性能関連部品の全てを1から見直した。艇体サイズは、主流の3人乗りモデルサイズよりも一回り小さくして軽量化し、軽快な運動性能と、良好な加速性能を実現しつつ、かつ、従来モデル並みの安定性も確保した。また、近年盛んなWakeBoard(水上スキーのボード版)などのトーイング(けん引)にも十分な性能を発揮するために、エンジンパワーとマッチングした船底形状を作り上げた。その結果、運転する人も同乗する人も、幅広く楽しめるモデルとなった。



図3 ハルの外観

また、水上では不快と感じる水しぶきが乗船者にかかるのを防ぐために、船底形状にトリプルSprayガード(図3)を採用して、水上でのさらなる快適性を追求した。

3.2 YMMCでのコンカレントエンジニアリング

YMMC(Yamaha Motor Manufacturing Corporation of America)では、技術と製造が一体になって開発できるメリットを最大限に生かしてコンカレントエンジニアリングを行った。SMC(Sheet Molding Compound)成形される艇体のメイン部品に関しては、クレーモデルの製作段階から成形性を考慮し、デザインとの両立を図った。

また、スタイリングCAD(Computer Aided Design)を活用し、インモールドコーティングの流れ解析や、SMC強度の構造解析など、シミュレーションを多数行うことで、開発の上流での問題解決を目指した。一例を図4、図5に示す。

さらに、組立て工程においても、穴数の削減や、部品点数の削減、また、ラインバランスを考えた部品のモジュール化を行った。

3.3 OTS(Off Throttle Steering)システム

走行中、スロットルをオフにした時、推進力が最小となり、旋回能力が低下するが、OTSによりステアリング(操舵)を切ることによって、旋回性の補助を行う。VX110のOTSシステムは、操舵時にステアリング軸ストッパーが磁歪センサーと接触し、磁歪素子に発生する操作加重に応じた出力電圧をエンジンコントローラーの信号に変換することによって、オフスロットル時でも良好な操舵を可能にしている。そのシステム図を図6に、センサー部写真を図7に示す。

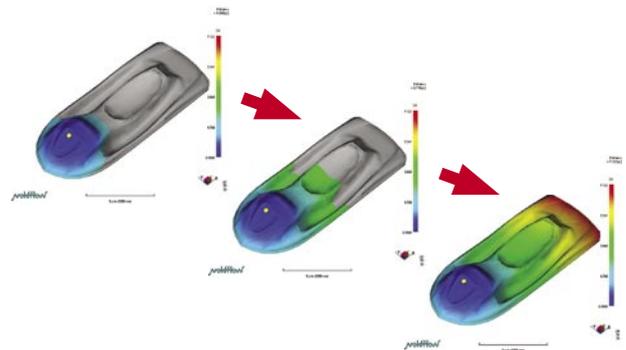


図4 インモールドコーティング流れ解析

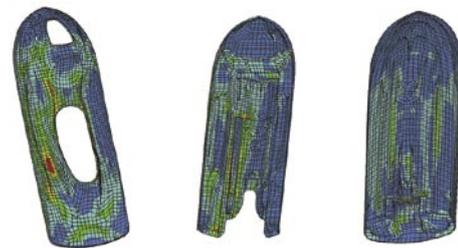


図5 SMC強度構造解析

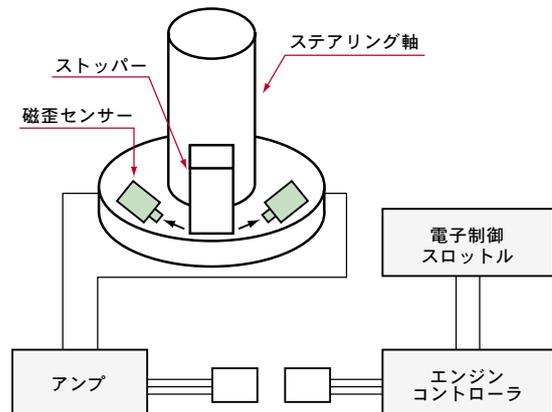


図6 OTSシステム図



図7 OTSセンサー

3.4 艇体構造とレイアウト

VX110では、3人乗りファミリーモデルとしての遊びの世界を広げるために、ステアリング位置を前に移動して、後部に多くのスペースを設け、新形状のリアプラットフォームを採用し(図8)、乗降性を容易にした。

また、Deluxeタイプには、2003年に、FX High Outputモデルで導入された遠隔操作の発信機を装備している。これは、不正使用を防ぐセキュリティーシステムで、PWCの速度を制限するリミットモードをコントロールできるようになっている。



図8 リアプラットフォーム

3.5 騒音への取組み

4ストロークモデルならではの商品性を一層引き立てるために、騒音低減にも最大限の努力を払った。エンジン吸気、排気音の他、ジェットポンプからの音、艇体からの透過音、漏れ音などの音解析により、全世界の騒音規制値をクリアするとともに、乗船者の耳元音にまで優しい艇に仕上げることができた。

4 エンジン概要

4.1 PWC4ストロークエンジンの新基軸

ベーシックで、かつ、リーズナブルなPWC用4ストロークエンジンを市場に提供するため、FX High Outputエンジンをベースに低回転化し、吸排気系を全面新作、またエンジン内部部品のスペックに至るまで見直しをかけ、信頼性を維持しつつ、低価格化を実現した。また、従来よりも一回り小さくなった艇体に合わせ、エンジンを小型、軽量化(従来機種に対して約7kg減)することで、快適なライディングポジションや軽快な運動性に大きく寄与した。エンジン外観図を図9に示す。

4.2 吸気レイアウト

乗りやすさを重視し、中低速でのトルクを十分に引き出すために、スロットルボディーはシングルボアとし、軽量化のために樹脂製のサージタンク付きインテークマニホールドを採用した。また、従来エンジン上部に配置していた吸気サイレンサーをエンジン前側に配置することで、エンジン上部の幅を狭め

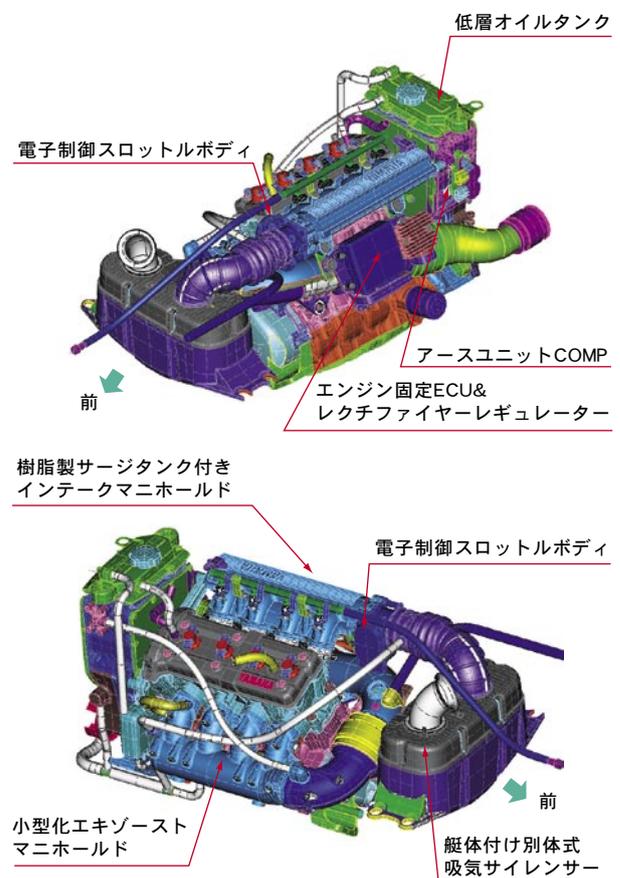


図9 エンジン外観

ることが可能となり、快適なライディングポジションが取れるデッキ形状に寄与した。尚、吸気サイレンサーの設計にあたっては、流れ解析を事前に実施することにより、開発効率を大幅に高めることができた。流れ解析の一例を図10に示す。

4.3 電子制御式スロットルボディの採用

他社に先駆けて電子制御式スロットルボディを採用し、快適なドライバビリティ、Low-RPM-Mode、低速安定性向上等を、非常にシンプルな構造で市場に提供することができた。たとえば、Low-RPM-Modeでは、従来の1気筒休止からスロットル開度規制制御にすることでフィーリングが向上し、また、アイドルスピードコントロールによって低速安定性向上、およびメンテナンスフリー化を実現した。そのシステム図を図11に示す。

4.4 軽量コンパクト化された排気系レイアウト

集合部までの排気管長を短くすることにより、中低速のトルクを引き出した。また従来4分割構造であった排気系を3分割とすることで、エンジンの小型、軽量化に寄与した。

4.5 バスバーインサート型小型電装Box

電装Boxの小型、軽量化のために、従来電装Box内に納められていたECU(Engine Control Unit)をエンジン付けとした。また、バッテリー線以外のハーネスを全てダイレクトカプラー化することで、組立て性、整備性を向上させた。一方、本電装Boxは樹脂成形されたBoxの壁内にバスバーをインサートする構造とすることで、内部構造の簡略化、組立ての簡易化に大きく貢献した。

4.6 環境への対応

3次元マップによる、最適な燃料噴射制御と、最適な点火時期制御により、2005年排ガス規制のCARB(California Air Resource Board) 2STARに対応した。また燃費については、2ストロークベンチマークモデルに対して、約50%、さらに4ストローク当社既存モデルに対しても約35%向上を果たした。

4.7 コストダウン

ベースとしたFX High Outputのインナーパーツに至るまで、材質、表面処理まで徹底的な見直しをかけた。例をあげると、ピストンは鍛造から鋳造に変更、コンロッドは浸炭を廃止しているが、それぞれ材質、

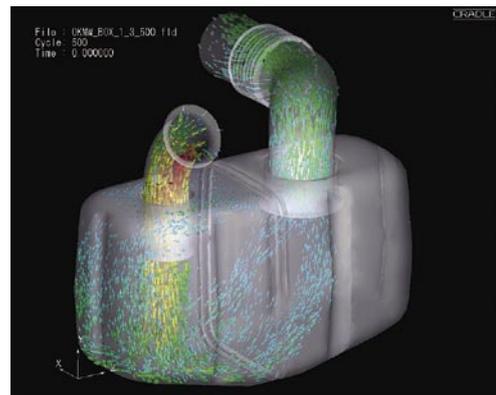


図10 吸気サイレンサー内の流れ解析の例

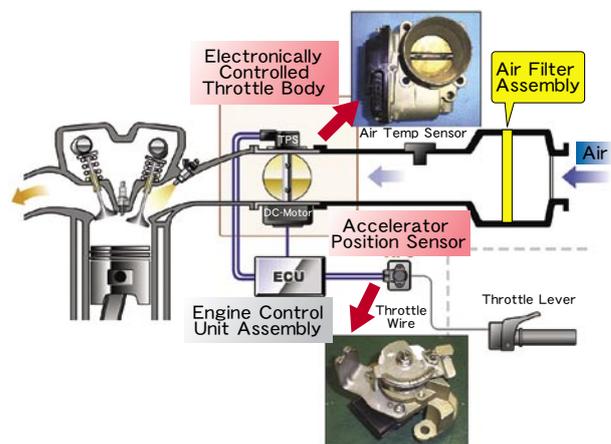


図11 システム図

熱処理を変更するために、部品形状は0から見直しをかけ、専用設計とした。また、部品点数の削減、および、部品のモジュール化を強力に推進した。これにより、例えば冷却系ではベンチマークに対して47%、吸気系では31%の部品削減を実現した。さらに、ほとんどの型物部品においては、ベンダーとコンカレント活動を積極的に展開し、最適形状を導き出した。

一方、1次試作の段階から、生産技術部門の協力により、エンジンの組立て性向上のための部品形状を、型物部品に落とし込んだ。

5 ジェットポンプ概要

艇体コンセプトである「Affordable/Fun/Comfort」にこたえるため、全面的に見直しをかけ新設計とした。リバース性能をはじめとした機能向上と共に、コストダウンを強く押し進め、従来機種比で、25%部品点数削減、36%原価低減を達成した。ジェットポンプの外観図を図12に示す。

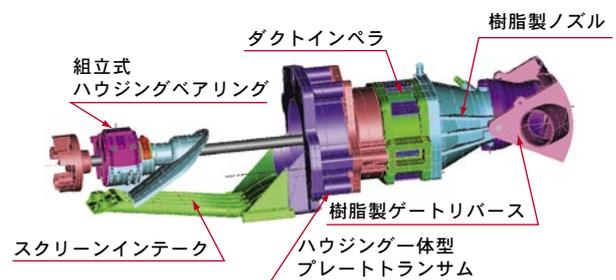


図12 ジェットポンプ外観

5.1 ハイプレッシャーポンプ

FX High Output譲りのハイプレッシャーポンプを採用し、加速性能、最高速を達成した。

5.2 大物部品の樹脂化

ノズル、ノズルデフレクター、ゲートリバースの大物3部品を樹脂化することで、大幅な軽量化と共に、コストダウンに貢献した。強度面はCAE(Computer Aided Engineering)解析により十分な事前評価を行い、耐久等の実機評価においても破損等のトラブル無く、効率的な開発ができた。

5.3 中間軸受け構造

艇体BHD(バルクヘッド)の廃止に伴い、BHDに取り付けられていた中間軸受け(ハウジングベアリング)を、周辺部品と統廃合して新規構造とした。個々の部品を多機能化させることで部品点数の削減、および軸心精度の向上ができ、信頼性確保とコストダウンを両立させた。また、ハウジングベアリングは、ゴム焼付けタイプから組立てタイプに変更し、ゴム焼付けを廃止することで、コストダウンを図った。中間軸受け部の構造を図13に示す。

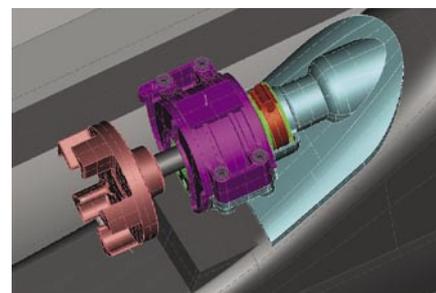


図13 中間軸受け部の構造

5.4 リバースシステム

理想的なリバースゲート形状とは何か、という観点から、いかに前方向にスムーズに噴流を流すことができるかという点にポイントを絞り込み、艇体のトランサム部への水流れまでを考慮したリバースゲート

形状とした。尚、このリバーシステムは、現在の他社含めた全てのPWCの中で最も後進性能が高いと評価されている。

6 品質への取り組み

本モデルの開発では、「開発／生産品質向上」を目標に、以下の点を重点的に取り組んだ。

- (1)スタイリングCADを活用し、多数の部品をシミュレーションすることで事前検討が十分にできるようにした。
- (2)型物試作の完成度を上げることで、開発効率の向上を目指した。特に、この型物試作において、品質の作り込みに従来以上に時間を割いた。
- (3)製造側とのコンカレント活動を徹底的に行い、部品点数の削減、および、品質の安定につながる一方策として、部品のモジュール化を最大化した。

7 おわりに

現在、PWC市場は大きく4ストロークエンジン化の方向に進み、高性能、高価格モデルがトレンドになってきている。そのような中で、新規購買層も含めた低価格帯モデルの市場を拡大すべく投入したVX110シリーズは、発表以来、誌上等で非常に高い評価を得ていると共に、計画を上回る受注を頂いている。VX110シリーズは4ストロークPWCのニュースタンダードとして、多くの人に水上での楽しみを提供できる商品であると確信している。

尚、VX110の開発にあたりコンカレント活動をはじめとし、多大なご協力を頂きました関係者各位に対し、心から感謝すると共に、誌面を借りて御礼を申し上げます。

■著者



井端 俊彰



小柳 智義



中村 光義