

太田 淳司

Abstract

Yamaha Motor Co., Ltd. (hereafter, “Yamaha”) started its boat business in 1958. Since that time, the company has developed a wide range of boats, from small models to large, starting with the “CAT-21” (figure 1) released in 1960. In more recent years, Yamaha has introduced new models to the market, including the “DFR” (figure 2) and “YFR” (figure 3) in 2014, and the “F.A.S.T.23” (figure 4) in 2015. Bringing together superior performance, designs which move and inspire people, and optimum layouts, each model has continued to receive high praise since release.

This report introduces the simulation technology used by Yamaha to focus on the most important performance-related advancements in boat development – the Yamaha Performance Development System – as well as the methods used for performance verification.

1 はじめに

ヤマハ発動機（株）（以下当社）は、1958年にボート事業を開始し、翌々年の1960年の『CAT-21』（図1）をはじめとして、小型から大型まで数多くのボートを発売し続けている。近年では、2014年に『DFR』（図2）、『YFR』（図3）、2015年には『F.A.S.T.23』（図4）とニューモデルを市場に投入した。いずれのモデルも優れた性能、五感をくすぐるデザインと最適

なレイアウトを併せ持ち、発売以来お客様から高い支持を得ている。

本稿では、ボート開発において最も重要な性能開発に焦点を絞り、その開発手法として当社で用いているシミュレーション（以下SIM）技術 Yamaha Performance Development System（以下Y.P.D.S.）と性能検証手法について紹介する。



図1 CAT-21 復刻版



図2 DFR



図3 YFR



図4 F.A.S.T.23

2 Y.P.D.S.のねらい

ボートに求められる性能とは、速力、加速性、などの基本性能と、乗心地、横揺れ、風流れ抑止性能などの運動性能である。

これらの性能開発は、重量重心バランス(装備品の配置などレイアウトに支配される)と船型(ハル(船体)の形状)に左右され、なかでも船型が大きなウエイトを占める。船型開発の手法としては、模型を用いた水槽試験による手法や、プロトタイプによる航走試験によりトライ&エラーを繰り返し造り込む手法がある。ただ、これらの手法は船型確定までに多くの日程と費用を要する。

そこで、基本計画のステージにおいて、開発モデルに求められる最適性能となる船型、スペックを短期かつ精度よく導き出すことを目的に、各種性能を推定するツールとしてY.P.D.S.を独自開発した。

3 Y.P.D.S.の概要

Y.P.D.S.は、主に以下4点の計算ツールで構成され(図5)、本ツールとプロトタイプによる実機試験の両軸で運用している。

① United Functional Operation (以下U.F.O.)

- 排水量等計算ツール：排水量、浮きなり(艇を水に浮かべた時の状態)、復原性を推定するツール

② 運動SIM

- 縦運動推定ツール：航走時における上下加速度などを推定するツール

- 横揺れ運動推定ツール：波浪状態停船中(波の中に艇を浮かべた状態)における横揺れ運動を推定するツール

- 旋廻運動推定ツール：航走旋廻時における旋廻径、旋廻傾斜角などを推定するツール

③ 基本性能推定プログラム

- D.SAVITSKYの論文に基づき、船体抵抗、航走トリム(船の前後方向の傾斜)、正味馬力、水の切れ具合、速力など滑走艇の基本性能を推定するツール

④ 性能SIM・判定式(表)

- 風流れ性能SIMツール：船首を風上に向け艇を浮かべた状態から風にどの様に流されていくのかを推定するツール
- ハンブ¹⁾判定・加速時間推定ツール：プレーニング(滑走)可否判定ツール、ならびにプレーニング時間推定するツール
- ポーポイズ²⁾判定：ポーポイズ発生可否判定ツール

1) ハンブ (hump)

船が水面を走ることによって船首波と船尾波が起こる。船首波と船尾波が同調することにより造波抵抗が増大する状態のこと。滑走艇では滑走(プレーニング)手前が最も造波抵抗が大きい状態となる。

2) ポーポイズ (porpoise)

走行中、波の影響がない状態においてピッチング(上下回転運動)を繰り返し、減衰しない現象をいう。

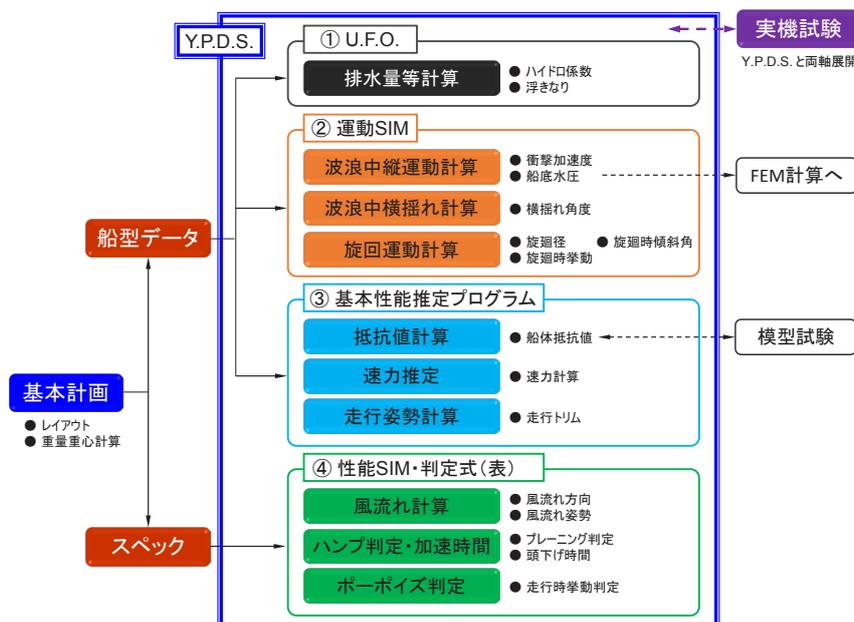


図5 Y.P.D.S. 概要図

4 Y.P.D.S.による船型開発

昨年発売した フィッシングボート YFR(図3) を例にとり Y.P.D.S.を用いた船型開発手順を説明する。

4-1. 性能目標

船型開発するにあたり、フィッシングボートの性能として求められる項目を下記4点に絞り、各項目の目標値を当社同型艇（ベンチマーク艇）比15%向上に定めた。

- ① 速力：当社同型艇同等（排水量UP、ハルボリウムUPがあっても速力は落とさない）
- ② 横揺れ性能
- ③ 乗心地性能
- ④ 風流れ抑止性能

4-2. 船型開発

当社同カテゴリ（船外機艇フィッシングボート）のハルに対し、試運転解析等による比較・評価、実験評価結果、市場からの評価、YFRで新規採用予定である新船型技術ステップハル（図6）とのマッチングなど幾つかの要素を総合的に判断し、ベースとなるタイプシップを選定した。

このタイプシップをベースに全長、全幅、船底形状、Wave Thruster Blade（以下W.T.B.）（図6）などをY.P.D.S.によるシミュレーション（図7～10）を繰り返し、最適バランスにチューニングした。また、既存モデルを改造した簡易プロトタイプによる実機検証を平行して実施し、最終船型を確定させた。

Y.P.D.S.と簡易プロトタイプによる実機評価の平行実施により、最小限の費用で、かつ船型開発期間短縮を果たした。

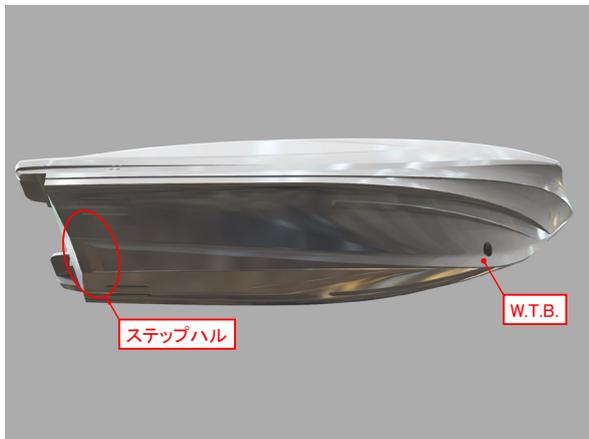


図6 ハル(船底)

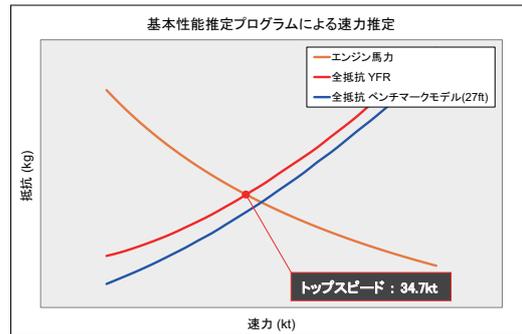


図7 基本性能 抵抗・速力推定

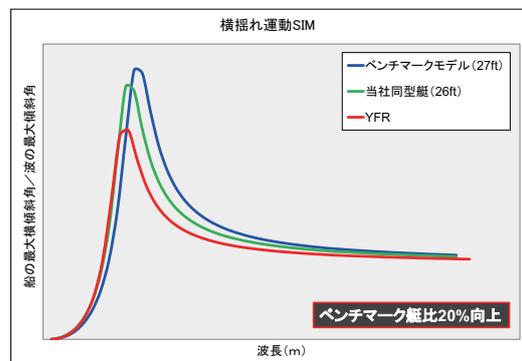


図8 横揺れ SIM

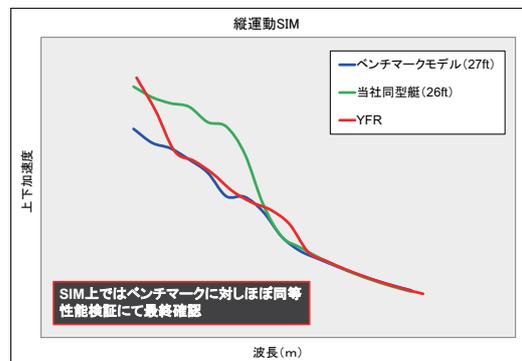


図9 縦運動 SIM

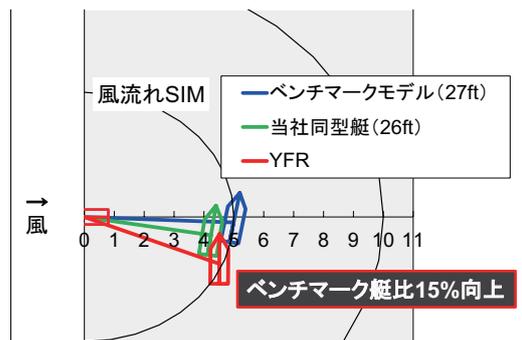


図10 風流れ SIM

5 性能検証

当社のボート評価は、通常浜名湖内および遠州灘沖で行われる。今回実施した実機評価の手法と結果について以下に述べる。

5-1. 2ボートテスト

海上では、日時により外部環境（風、波、潮の影響）が大きく異なる。よって、ベンチマーク艇もしくはコンペティタとの性能評価を各々異なる日時で実施すると外部環境の影響が大きく、正確な比較評価が困難となる。そこで、開発モデルとベンチマーク艇（もしくはコンペティタ）を海上で同時評価する2ボートテスト（図11）を実施した。各艇には慣性装置を搭載し、航走、波浪中の横揺れ、自由風流れなど様々なテストを行い、データを計測した。これにより、外部環境の影響を最小限に抑えることができ、より正確な性能比較・検証が可能となった。



図11 2ボートテスト風景

5-2. データ解析と評価

2ボートテストで計測したデータは、周波数解析などで分析し比較評価した（図12、13）。計画に対する性能検証や達成度、開発モデルの実力把握に用いている。

また、2ボートテストのデータは次期開発モデルへの活用は然ることながら、HPやカタログなどの外部ツールや営業販促ツールへと展開している。

6 おわりに

本稿で紹介した性能シミュレーション技術はまだまだ発展途上中であり、その精度については課題が残る。実機によるデータを蓄積し、それをフィードバックすることで精度向上を図ることが命題と考える。また、性能シミュレーションの精度を向上させることにより、さらなる開発期間の短縮とコスト低減、性能向上を図り、今後もお客様に喜びと感動、そして驚きを与える商品を開発していきたい。

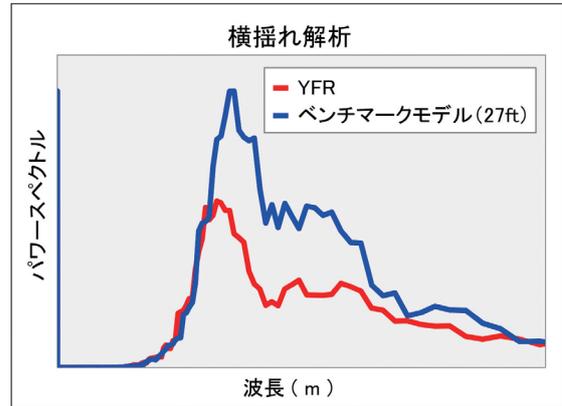


図12 2ボートテストデータ分析

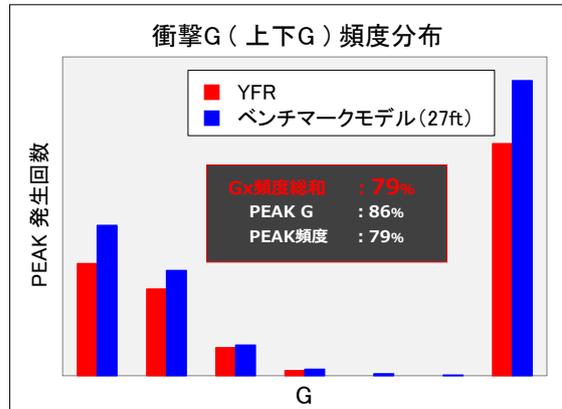


図13 2ボートテストデータ分析

■著者



太田 淳司

Junji Ohta
マリン事業本部
ボート事業部
艇体開発部