



**YAMAHA**

# **YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW**

**ヤマハ発動機 技報**



**2005-9  
No.40**

**創立50周年記念特集：○○の今昔**

# CONTENTS

ヤマハ発動機 技報

2005-9  
No.40

▶ 創立50周年

記念特集：  
○○の今昔

1

**技術を見る形に**  
*Putting Technology into Visible Forms*

長谷川 至

4

**ジェット推進艇事業の創出と、その未来に向けて**  
*The creation of a jet-propulsion watercraft business and looking to its future*

小林 昇

17

**マウンターの今昔**  
*The Past and Present of Yamaha Surface Mounters*

藤田 宏昭

25

**アラビア半島におけるATV市場の創造と開拓**  
～アラビアのバンシー（YFZ350）～  
*Creating and developing an ATV market on the Arabian Peninsula*  
- The Banshee (YFZ350) of Arabia

石田 道之 岩城 信雄 中嶋 輝之 宮本 知行 泊 伸弘

32

**ヤマハ・ビッグスクーター史**  
*The History of Yamaha's Big Scooters*

高橋 博幸

39

**ポータブル・ジェネレーター技術の変遷**  
*Developments in Portable Generator Technology*

深谷 光男

47

**船外機の昔、そして今**  
*Outboard Motors, Then and Now*

松下 行男

▶ 製品紹介

53

**2005年欧洲向けトルクスポーツ「MT-01」**  
*2005 European market model Torque Sports "MT-01"*

富永 隆史 木下 拓也 田中 裕 渡邊 隆志 隆谷 文緒 伊藤 和久

61

**マウンターメーカーが作った実装検査装置**  
マウンティングインスペクター「Mi」  
*"Mi"-A mounting inspector device created by a maker of surface mounters*

村松 啓且

66

**愛・地球博用 自転車タクシーのデザイン**  
*Design of a Bicycle Taxi for the 2005 World Exposition, Aichi, Japan*

並木 育男

- 70 **FOAMAP を採用した「BaySports 21」「AeroSports 21」**  
**The "BaySports 21" and "AeroSports 21" Boats Constructed by the FOAMAP Method**  
 福山 美洋 香山 晃 坂田 明子 宮下 祐司 末森 勝
- 78 **ビッグスクーター MAXAM (マグザム)**  
**Big Scooter MAXAM**  
 高橋 博幸 大平 優 峰 豊 高橋 透 鈴木 雅也 清水 正之 吉澤 彰浩 西村 光雄
- 84 **リニアモーター単軸ロボット PHASER シリーズ MF タイプ**  
**The MF type models of Yamaha's "Phaser Series" linear motor single-axis robots**  
 加茂川 良 石塚 健次 平野 晓史
- 90 **エレクトリックコミューター「EC-02」の開発**  
**Development of the Electric Commuter "EC-02"**  
 長瀬 猛 神田 栄作 吉澤 彰浩 小野 朋寛

## ▶ 技術紹介

- 96 **「ヒミコ」に生かされた型製造技術**  
**The mold-making technology used for the *Himiko***  
 林 邦之
- 101 **失敗事例に学ぶ新商品需要予測のジレンマとその解決への試み**  
**An attempt to solve the dilemma of predicting demand for new products based on the lessons from past mistakes**  
 原 以起

## ▶ 技術論文

- 111 **唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニターの開発**  
**Development of sympathetic nervous system activity monitor using salivary amylase activity**  
 東 朋幸 水野 康文 山口 昌樹
- 118 **保全情報検索システム開発による NC 設備の MTTR 短縮**  
**Shortening of MTTR of NC Machine by Developing Maintenance Information Retrieval System**  
 石川 芳城
- 127 **単気筒試作エンジンを用いた性能開発**  
**～エンジン性能最適化のための燃焼システム改善～**  
**Performance Development with a Single-cylinder Engine**  
**- Combustion System Improvement for Optimizing Engine Performance**  
 岩田 良文



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## 技術を見る形に

**Putting Technology into Visible Forms**

長谷川至

It goes without saying that technological strength is one of the important pillars of a manufacturer's competitiveness. However, you inevitably run into troublesome contradictions when asking the question of whether or not the market is evaluating a maker's technical capabilities correctly or not.

One of the indexes used for evaluating the status of a company's assets is the balance sheet, but you will not find technological strength listed on this sheet. When a company buys a patent for some technology, it is listed on the balance sheet as an intangible asset, but there is no real measure of a maker's true technological strength to be seen here. Also, from the stockholder's standpoint there is an index of a company's worth known as the aggregate market value (stock price  $\times$  total number of shares issued). But, stocks tend to be bought and sold with an eye for short-term changes in price, so it is doubtful whether a company's technological strength is being evaluated in terms of its long-term value.

Another aspect of technology is that some of a company's technologies must be kept secret, and it is often in these technological secrets that the true value lies. However, I believe that certain measures can be taken to make an effective evaluation of a maker's technological strength possible. In 2003, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) held a "Technology Explanation Meeting" for industry analysts and journalists. After this meeting there was a rise in the value of YMC stock that enabled a stock conversion on our convertible debt.

So, what exactly can be done to put technological strength into forms that can be properly evaluated? While our System Supplier product development and manufacturing system (unifying the development, procurement and manufacturing operations) has provided us with a general overview, I believe that there is a need to harmonize the technologies of our different divisions. No matter how outstanding our technologies might be, they will not be put to truly important and effective use if they exist separately in the different divisions. I believe that it is when these technologies are effectively integrated and connected together that we will hear our divisions saying "Look how much we were able to reduce cost" or "Look how much the performance was improved" or "Now we are able to build things we couldn't build in the past." It may sound crass to speak of "turning technology into money" but I believe we will be losing a lot if we don't think about effective ways to have our technologies evaluated positively. I hope that everyone in the company who is involved with technologies will try to do something to help solve this dilemma I have described.



Of course, this is not to say that we can open up completely and show all of our technological secrets. I think that the ideal practice is to draw little by little on the big "savings account" of technologies we have stored up.

メーカーにとって技術力が競争力の大きな柱の一つであることは、今さら言うまでもありません。しかし、真の技術力を世間がどれだけ正当に評価してくれているのかを考えると、どうしても矛盾を感じことがあります。

会社の資産状況を表す指標に貸借対照表がありますが、ここには技術力が入っていません。特許を買ったときには無形固定資産として記載されますが、自社の本当の技術力は表現されていないのです。また、株主から見た企業価値の指標に時価総額(株価×発行済株式総数)があります。しかし株は、短期的な視点で売り買いされることも多く、真の技術力が長期的視点で評価されているかというと疑問です。

技術には当然、秘密にしておかなければならぬ部分があって、実は、そこにこそ本当の価値がある場合も多いのですが、工夫をすれば効果的に評価を得ることも可能だと思います。当社も2003年に、証券アナリストやジャーナリストを対象とした「技術説明会(図1)」を開催しましたが、その後、株価は上昇し、転換社債の株式転換に結びつきました。

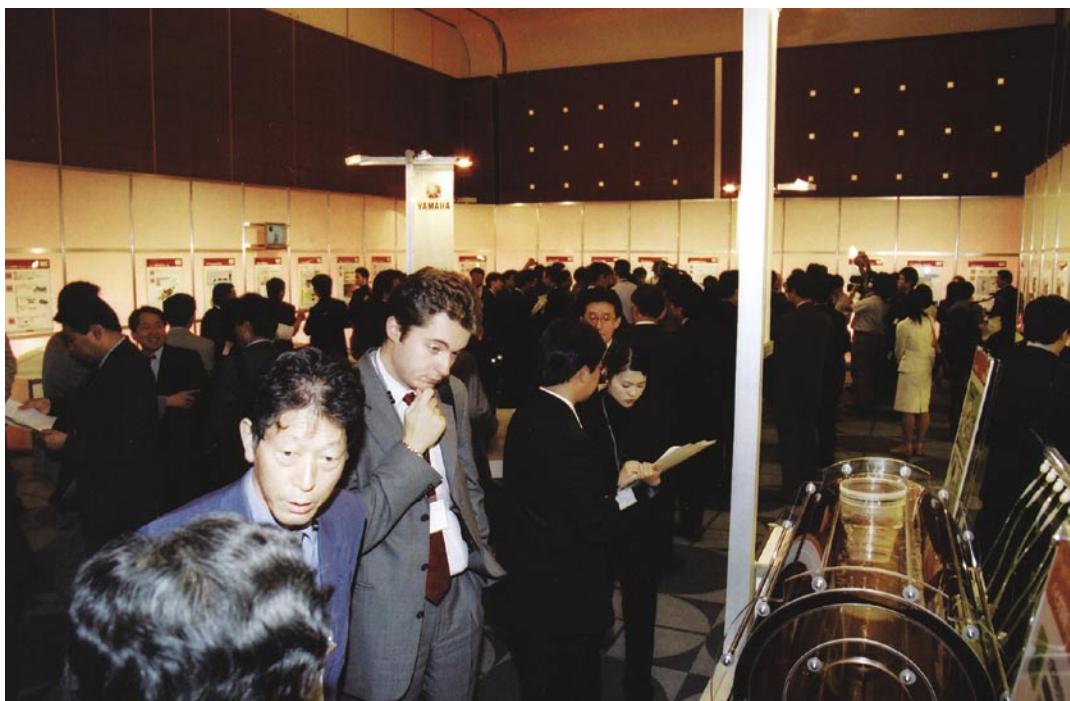


図1 技術説明会の様子

では、技術力を、より評価される形にするためには、どうすればいいのでしょうか。当社の場合、システム・サプライヤー体制(開発・調達・製造の一体化による開発生産体制)によって、ある程度の見通しが立ってきましたが、やはり、それぞれの部門の技術力がハーモナライズされることが必要だと思います。いくらかばららしい技術があちこちにあっても、それがバラバラでは大きな効果を生み出せません。うまく連携することによって、「コストがこれだけ下がった、性能をこんなに上げることができた、今まで作れなかつたことを作ることができた」となるのではないか。「技術を金にする」と言うと露骨に聞こえますが、効果を上げて評価されることを考えなければ損だと思うのです。技術に携わる皆さん、どうか私が感じている矛盾を解決してください。

もちろん、いつも全部を出し切って丸裸の状態でも困ります。効果的に貯めた技術の貯金(図2)がたくさんあって、そこから少しずつ引き出していくという姿が理想的だとは思いますか…。

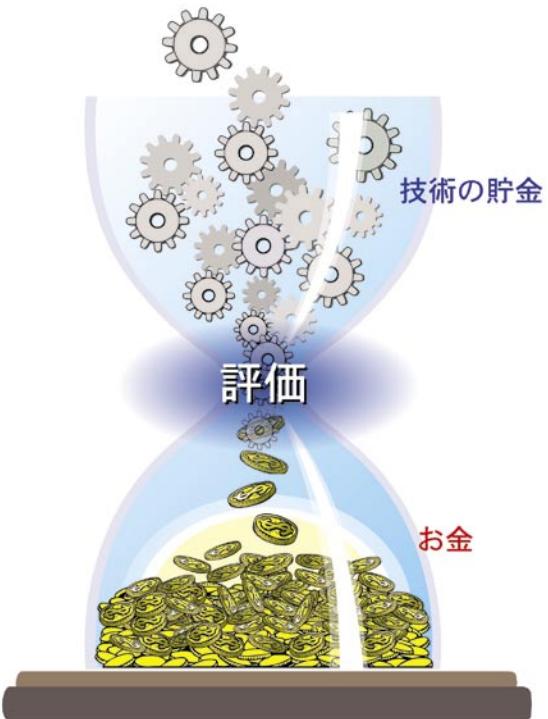


図2 技術を見る形にする

## ■著者



長谷川 至  
Toru Hasegawa  
取締役会長



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## ジェット推進艇事業の創出と、その未来に向けて

**The creation of a jet-propulsion watercraft business and looking to its future**

小林 昇

### Abstract

A small watercraft born on a corner of Lake Hamana-ko (Shizuoka Pref.) has grown and spread tremendously to become a craft that lets people in over 120 countries around the world today enjoy the pleasure of riding freely over the water.

The history of the development of craft that can be called "water vehicles" is actually quite a long one. Looking at French patents from the 1920s, we find a patent for a watercraft that can be operated standing, sitting or lying down.

Since then, advances in the technologies and materials used in boat hulls making and in small marine engines have led to the development of a wide range of craft that might be called "water vehicles."

However, before Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) on the introduced its first Water Vehicles, there were very few such craft in actual use and certainly none that could be called major products.

This is surely because of the failure to eliminate the image of these craft as strange curiosities from another world with an uncomfortable steering feeling, as well as the fears of the possibility of capsizing or sinking or being stranded out on the water.

Then, in 1986, YMC developed its first Water Vehicle by enclosing an engine into a small-hulled craft. This was a model with the seat positioned in the center of the craft with the back left open so that it could be handled with excellent balance either standing or sitting, thus offering exceptional running performance and maneuverability on the water.

This was a watercraft that eliminated the fear of the craft sinking if the rider fell off or capsized the craft. If the rider fell off, they could easily remount and the craft could easily be launched in even the shallowest waters. With this Water Vehicle, YMC took on the challenge of establishing a place for the product in marine markets around the world. We believe that looking back over the path we have come in the development of Yamaha Water Vehicles can be a meaningful guide as we look to the future of these and other jet-propulsion watercraft. In this report we review the history of YMC's Water Vehicle development.

### 1

### はじめに

浜名湖(静岡県)の片隅で生まれた小型の水上の乗り物は、現在、飛躍的に広がり、世界120カ国以上の水辺で、自由に楽しく走り回っている。

Water Vehicle (以下、W/V) と呼ばれるような乗り物の開発の歴史は、比較的古い。昭和初期のフランスの特許を見ると、立って、座って、寝そべって操縦できるというコンセプトの水上の乗り物が登録されている。その後も、船体に関する新技術や新材料の発展、小型のマリンエンジンの開発により、多くのW/Vのような水上の乗り物が開発された。しかし、ヤマハ発動機(以下、当社)がW/Vを市場導入するまでは、数も少なく、メジャーには至らなかった。それは、操縦性の違和感からくる、「まるで別世界の特殊な乗り物」というイメージや、転覆、沈没、漂流という不安を払拭できなかったからである。

1986年、当社は、小型船体にエンジンを密閉設置したW/Vを開発した。中央に座席を設け、その後部を開放して、立っても座ってもバランスよく操縦できることで、高い運動性を実現したモデルである。

これは、落水や転覆しても、沈没の心配がなく、再乗船ができ、浅い所からでも自由に航走ができる乗り物である。我々はこの乗り物と共に、世界のマリン市場に挑戦したのである。そして、このW/Vをはじめとする、ジェット推進機の推力を用いた乗り物の未来は、これまでの開発活動の軌跡を見つめた先にあると信じている。

## 2 経営危機でつかんだ開発チャンス

1970年、私は、日本のマリンレジャーのメッカである湘南に駐在していた。この時代、小型船には免許や検査がなく、自己責任において、自由に水辺を走ることができた。湘南は、横浜、横須賀に近く、海外からのボートやW/Vのような乗り物が浜辺に持ち込まれ、自由奔放に走っていた。それらは小型ボートの縮小版や、サーフボードに動力を付けたもの、水中翼のものなど、多種多様な乗り物であった。

当時、マリンレジャーは、一部の人達だけの高級感の漂うものであり、もっと手軽に、一般の人達が自由に楽しむことができないものかと思っていた。

その後、海外では、小型の水上の乗り物が盛んに開発され、W/Vのような乗り物が数社で商品化されると、1979年には、少数であるが日本にも持ち込まれた。この頃になると、日本では、小型艇にも免許や検査が義務付けられ、法律的な技術基準の策定のために、運輸省から日本舟艇工業会に協力の依頼があった。この時私は、日本舟艇工業会の技術委員をしており、若干の知識と経験があったことから、調査研究の依頼を受け、当社のマリーナや湘南で、安全性を主体とした性能確認試験を重ねた。その結果、翌1980年に『水上オートバイの特殊基準』が交付され、マリンレジャーを安心して楽しむための法的整備がなされた。そこで、かねてから思いのあった水上オートバイの開発許可を求めたが、社内では同意を得られず、私の情熱だけが空回りをしていた。その後も、ことあるごとに「水上オートバイの開発をやらせて欲しい」と上申したもの、社内全体にそうした空気はなく、理解が得られなかった。

1983年頃、会社が経営危機を迎えると、これまでの主力商品だけでは経営が成り立たず、競争力のある新事業商品が必要との機運が社内に生まれた。当時、実験を担当していた私は、現業務を8割でこなし、2割の余力を生み出し、新事業商品として水上オートバイの開発を実行に移した。しかし、あらかじめ予算を計上していたわけではなかったので、当時、堀内研究室 室長の堀内(前・当社取締役)に相談し、約100万円の研究開発費を捻出してもらった。

この100万円で、中古のボード付きジェット推進機を3台手に入れ、研究開発を始めた。

### 3 W/V事業の創出までの軌跡

#### 3.1 落水連続の初期アイデア

実験の業務は忙しくなったが、不思議に活力も生まれ、新事業商品の希望は膨らんだ。私の思いは、高級レジャーとは異なり、誰でも水辺で手軽に乗れる乗り物を創ることであり、マリンの世界に、ひとつのジャンルを形成することであった。

湘南時代から、多種のW/V類に試乗する機会があり、評価を重ねていたのでアイデアは豊富にあったが、それだけに、何から始めようか迷いが生じていた。

そうしたこともあるって、まずは、研究費を頂いた堀内室長からのウイングスキーのアイデアから始めた。このコンセプトは、細めのボードの前方にステアリングを設置し、後部にエンジンを配置して、その中間のボード上に乗り、シャープな旋回をねらうものであった。そして細身の船体の弱点である静止安定性を、ウイングを広げて補うというアイデアであった。

しかし、試作完成後に試乗をしてみたが、思うように行かなかった。安定性を受け持つウイングが、プレーニング時の揚力の一旦を担っているので、ウイングを引き上げた途端に、転倒落水の連続となってしまうのであった。

当時セールボートの実験を担当していた、平原吉樹(図1)と試乗を重ねたが、うまく乗れなかった。これを改善するため、平原とさまざまなウイングを作り、挑んだが、結果として、構造は複雑で大きくなり、当初めざしていた小型軽量から、だんだん離れてしまった。まだ、気がつかない改善点があったかもしれないが、シンプルの原点に戻るため、ウイングを捨て、单一船体(ボード)の研究を優先させた。これがパワースキー(図2)である。

形状はシンプルになったが、数々の矛盾と戦うことになった。例えば、静止安定性や、プレーニングを早めるためには、ある幅が必要であり、逆に、シャープな旋回を得るには細身が不可欠であった。また、小さなエンジンでスピードを上げるには、長さが欲しいという具合である。試行錯誤の末、浜名湖内では、それなりに走れるようになり、そうこうしているうちに、当社の海外グループ企業のひとつであるYMUS (YAMAHA MOTOR CORPORATION, U.S.A.)から、プレゼンテーションしてほしいという連絡がきた。



図1 平原吉樹(現、ヤマハマリン株式会社 第3技術部)



図2 パワースキーの湖内航走テスト

### 3.2 心躍るアメリカでのテスト

1984年9月、早々に、他社のボード型モデルに載っていた15馬力(11.0kW)のポンプをそのまま使い、当社製の25馬力(18.4kW)のエンジンに載せ換え、船体を修正してアメリカに運んだ。

しかし、待望のテストの結果は、散々だった。小型軽量をめざし、小さなエンジンであったパワースキーは、100kgを超えるアメリカのドライバー達には、操縦前の乗り込みでギブアップし、かろうじて乗れても、25馬力の遠心ポンプは非力であった。試乗後のミーティングでは、どこか良い所を探して慰めてやろう、という気遣いばかりであった。

当時、YMUSマリン担当である部長の柴田(現、部品事業部長)は、湘南時代と共に過ごした同僚で、現地人の評価は十分耳に入っていたものの、「俺、あきらめないよ」と言って、半年後に新しい試作艇を持ってくるように要求してきた。再度のチャンスをもらった有難さは、身にしみた。

YMUSでの評価は極めて妥当であった。この時のパワースキーは、65kgと軽量だったが、現地人に言わせると、手に持つには重すぎ、むしろトレーラーを使うことを前提とすれば、130kg程度あっても差し支えない、という話であった。さらに、YMUSで、W/Vから小型ボートまでを範疇に入れた調査報告を聞くと、彼らが要求しているものは、まさに湘南時代から熱い思いのある、"1人で乗って楽しく、そして、2人でも乗れるタンデム型"と同種のもので、これなら任せておけ、という気持ちになった。

### 3.3 開発者には抵抗勢力と見える社内展開

日本に戻って、早速、YMUSから要求のあったシングルモデルとタンデムモデルの開発に取りかかった。この段階になると、業務の余力の2割では、ことを進めるのが困難になってきた。1985年2月、YMUSの後押しもあり、社内にMMV(Mini Marine Vehicle)プロジェクトが発足し、実験の自主開発が、正式なプロジェクトとして認められた。

ここで手を打たなければならないのが、エンジンとジェット推進機の量産に向けての開発であった。早々、技術部長の坂元と、三信工業株式会社(現、ヤマハマリン株式会社)に出向き、50馬力(36.8kW)前後のエンジン、ジェット推進機の開発の依頼をした。

しかし、三信工業は、以前に和船用のジェット推進機の開発で、苦い経験を持っており、慎重であった。開発は認めてくれたが、50馬力は無理で、30馬力(22.1kW)の船外機をベースにやってくれ、との注文がついた。

この馬力では、2人乗りの速力を含めた運動性の確保が難しい、と交渉を重ねたが、これ以上の回答は返ってこなかった。しかし、有難かったのは、この船外機を設計した中瀬良一(図3)が担当してくれる事、また、当時、新しいものに好奇心が強かった、設計の名波正善(図4)が、会社間を越えて協力してくれたことであった。急ぎ、シングルモデルとタンデ



図3 中瀬良一  
(現、ヤマハマリン株式会社品質保証部)



図4 名波正善  
(現、ヤマハマリン株式会社第3技術部)

ムモデルの船体開発に専念した。

このとき尽力したのが、谷聖志(図5)と、高橋正人(図6)だった。社内では『小林の道楽』といわれる中で、彼らはこのプロジェクトの方向性やコンセプトを、いち早く理解し、あっという間にタンデムモデルの原型を作り上げてしまった。

しかし、2人が乗るタンデムモデルに30馬力というのは、いかにも非力であった。これは、後の開発努力で32馬力(23.5kW)になる。現在、170馬力(125.0kW)前後のエンジンが積まれている状況から、その差が理解できると思う。

30馬力しか提供できないという状況の中で、思いついたのは、シャローVの船型に、ダブルチャインの組合せ(図7)であった。少ない馬力で速力を上げるには、最適幅をダブルチャインの内側に寄せて、水を切ることだった。

そして、外側のチャインで船体の静止安定性を持たせると同時に、船体を傾けた時にシャープなエッジターンができるようにし、かつ、重心を中央前部にした時、コントロール可能な高速スピントーンを味わえる船型を創り出した。

その後、ほぼ毎日、改良しては航走することを繰り返した(図8)結果、生まれた運動性は、世界中の人々を魅了した。

その頃、中瀬と名波は、既存のポンプの類似系は作りたくないとの強い意志で、新しいポンプの開発に取り組んでいた。そして水槽テストの結果では、素晴らしい成果を得たと、自信に満ちて我々に提供してくれた。

早々、これを船体に取り付け、試乗したところ、わずかに走るもの、エンジンの出力がほとんど振動に変わり、降りてから手や足が痺れ、しばらくは、まともに話ができない状態であった。さすがにこの時は、情熱のあるポンプチームでも落ち込んでいた。YMUSへのプレゼンテーションが近づき、配送のトラックを試作工場の前に待たせ、夜遅くまでかけて、試作艇のポンプを他社の量産品のポンプに取り換え、アメリカへ送った。

### 3.4 手ごたえのあった第2回YMUSテスト

1985年7月、失敗のできないYMUSへのプレゼンテーションを迎えた。試乗者は、前回試乗した、二輪車やスノーモービルのライダー達である。タンデムモデルに試乗した人は、乗ったら、もう降りよ



図5 谷聖志  
(現、プール事業部)



図6 高橋正人  
(現、東海プラスチック工業株式会社)



図7 タンデムモデル試作艇の船底形状



図8 タンデムモデル試作艇の運動性能づくり

うとしない。やっと降りてきたら、親指を上に立て、「Excellent!」の繰り返しである。ただ、やたらと興奮して、次々に乗っては、コメントを聞く時間もないほどだった。

実際にいい手ごたえを感じた。鮮明に記憶に残るのは、第1回のYMUSテストの時、手厳しい評価のうえ、当社の技術では作れないと酷評した二輪車のライダーが、最高速で360度のスピントーンを決めた時、「俺の欲しかった理想の乗り物が、これだった」と絶賛してくれたことである。

こうして、タンデムモデルは生産前提のプロジェクトとなり、名称は"Wave Runner(ウェーブランナー)"(図9上)と決まった。しかし、シングルモデルの方は、ウイングの構造の複雑さから、賛同は得らなかった。

そして、同じシングルモデルであっても、ウイングのない可動ステアリングの"Super Jet(スーパージェット)"と、固定ステアリングの"Wave Jammer(ウェーブジャマー)"(図9下)の、2つのタイプに絞り、さらに研究することになった。その後、タンデムモデルと同様な船体構造で、より1人乗りに特化した固定ステアリングの"Wave Jammer"の試作艇を、YMUSに提示したところ、これも生産前提のプロジェクトになった。

### 3.5 開発議論は浜辺で行う商品開発

2つのコンセプトは決まったものの、細部に至っては、まだ詰めきれていないものも多かった。落水したら、どのようにエンジンを止めて、どのように乗船するか。転覆した場合、どのくらいの力で起こすことができるか。その際、船内のエンジンや機器部を、どのように保護するか等、従来のボート設計にはない考え方に対処する必要があった。

これらに信頼性の観点から対応するため、設計、実験、品質管理、サービス、それにマニュアルを作る部署まで、ほぼ毎日、試乗の繰り返しであった。

実験する部品は砂浜近くに置き、試乗をしては砂の上に略図を描き、再検討を繰返す。急ぐ時は、そこから外注メーカーに出かける等、砂浜での作業が続き、関係者の顔といわば首筋まで、真っ黒に日焼けしていた。

そして、部屋に戻ると、壁に貼られた品質機能展開表やFMEA(Failure Mode and Effect Analysis:故障モード影響解析)シート等に書き込み、完成度を上げていった。エンジンチームは、転覆時の排気への水の逆流を阻止しながら馬力を上げていくという、相反する機能と戦っていた。また、船体開発チームは、寸法を決定し、型発注した後に、エンジンチームの排気形状の変更を知り、激怒する等、互いに夢あるものを作ろうとする中、その調整と決定は、つらいものであった。



図9 Wave Runner(上)とWave Jammer(下)



こうして1986年10月、"Wave Runner"の生産が始まり、1987年2月に"Wave Jammer"の生産が始まると、各国から強い引き合いがあり、たちまち世界中の浜辺の人気者になった。

## 4 W/Vのラインナップと世界への道

この爆発的な人気は、世界中に広がり、ユーザーやディーラーからは、建設的な夢のある要望が次々に上がってきた。最初の課題は、エンジンの馬力アップと量産問題であった。もう少し馬力が増えれば、体重のある人達の2人乗りができる、レスキーなどの用途も広がるという意見であった。これには中瀬が動いた。ここまで人気が上がれば、社内展開は問題ない。すぐさま高馬力仕様の検討に入り、その後、42馬力(30.9kW)、50馬力(36.8kW)等、次々と開発した。この流れは、4ストロークエンジンまで続いた。そしてまた、効率の良い軸流ポンプも作りだした。量産問題に対しては、RTM(Resin Transfer Molding)工法の効率化と、SMC(Sheet Molding Compound)工法の艇体構造で対応した。

次期モデルの要望は、3人乗りの開発であった。これも世界初の仕事であった。当時、馬力の制約がある中、1人で乗った時の運動性を落とさず、3人でも楽しめるというものは、なかった。

最初の試作艇は、十分3人乗りができたが、面白みに欠けた。試行錯誤の結果、この試作艇をやや縮小し、"Wave Runner"をやや大きくしたサイズで折り合いをつけた。そして、軽快さも大きな要素であることから、大人2人に子供1人という、重量を限定した3人乗りを完成させた。これがロングセラーになった、"Wave Runner-3"(図10)である。

この開発での課題は、FRP(Fiber Reinforced Plastics)製品を強度部材として、全長3メートルの船体をSMC工法で製造することであり、これはSMC業界にも経験がなく、未知の分野であった。

この時、出番を感じたのは、岡克則(図11)だった。彼は、約60トンもあるFRP漁船の生産設計の経験を持っており、悪戦苦闘の末、量産化を可能にした。その後、SMC工法の量産モデルは、"Wave Runner-VXR"(図14)、"Wave Raider"(図15)を経て、現在につながっている。一方、船体設計の経験が豊富な服部力(図12)が、国内工場で、特徴のある"Wave Braster"(図16)等のモデルを次々と開発していった。



図10 Wave Runner-3



図11 岡克則  
(現、MEカンパニー)



図12 服部力  
(現、ホクト工業株式会社)



図13 池田啓二郎  
(現、法務知財ユニット)



図14 Wave Runner-VXR



そして、さらなる大型化モデルにも挑戦した。限定された3人乗りに対して、水上スキーができる、フル3人のモデルの"Wave Venture"の開発であった。これには、次世代の設計者である池田啓二郎(図13)が担当した。その後、4人乗りにも挑戦し、試行錯誤の末、商品化につなげた。

こうして、他社に先駆け次々と新しいモデルを開発した。その過程で得た新技術により、数百に上る特許を取得し、将来に備えた。その後、参入他社にライセンス供与をすることになった。

このW/Vという新事業商品の開発は、生産開始3年以内に年間売上げ100億円超、6年で年間200億円超、9年で年間300億円超という、前例のない記録をはじき出した。

これは、浜名湖の片隅から、マリン先進国に挑んだ結果である。また、アメリカで、それまでなかった販売ルートを構築し、営業として最初に井戸を掘ったYMUSの柴田の功績も忘れてはならないだろう。

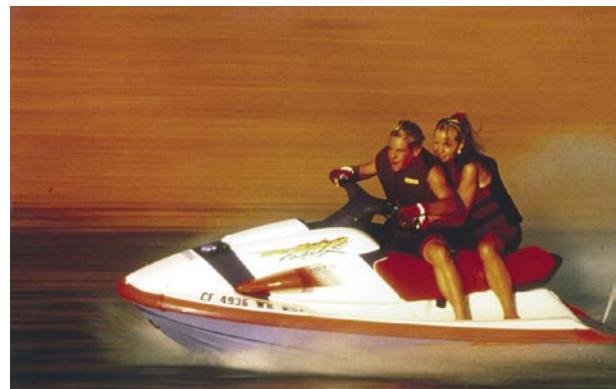


図15 Wave Raider



図16 Wave Braster



VX110 Deluxe



VX110 Sport



FX Cruiser High Output



FX Cruise



FX High Output



XLT1200



GP1300R



GP800R



Super Jet

図17 Water Vehicleの2005年モデルラインナップ

## 5 ジェットボート事業の創出までの軌跡

### 5.1 不安の中、新たなる開発への挑戦

工場の努力や生産技術の支援が活発になり、生産が安定してきた頃、アメリカの市場を訪問した。W/Vは、どこでもたいへんな反響であった。ディーラーは新しいショールームを作る等、あまりにも良い手ごたえには、若干の不安がよぎった。それは、もしW/Vに魅力がなくなれば、ユーザーは去り、ショールームや工場の拡張はどうなるのか。それと思うと、落着いてはいられなかった。

日本に戻り、W/Vのカテゴリーだけで、継続的にユーザーに夢や感動を与え続けることができるかどうか、と考え始めた。その結論は、プロペラを持たず、船底下に突起物のないジェット推進機は、W/Vに留まるだけでなく、もっと大きな可能性を秘めているということだった。これがジェットボートの開発の始まりであった。

1989年、我々の得意とするジェット推進機を活用して、新しいファン層を確保することを目的に、ボートの世界に入るための開発を決意した。しかしこれはたいへん難しい挑戦であった。

ジェット推進機がボートに使われた例は、過去にもあったが、量産で成功した例はなく、観光用や救助用など、一隻毎の特殊な乗り物であった。それは、ジェット推進機には船底突起がなく、浅瀬航走ができる等の長所を持つ反面、航走中にビニール等の浮遊物を吸引することや、係留がしにくいくこと等、大きな短所を持つからである。このため、開発には、この解決が優先した。そこで、弱点を克服するために、ジェットユニットを可動式にしたジェット推進機"RJP"(図18)を考案した。

この"RJP"開発には、船外機の設計経験があり、"RJP"に興味を持った、今枝弘文(図19)、そして船体開発には、W/Vの設計経験があり、ジェットボートの開発にも熱意のあった、小柳智義(図20)と、W/Vの4人乗りモデルの原型を創った、金子義之(図21)を主体的に係らせた。いずれも他の業務と掛け持ちであった。

この時、手元にあるエンジンは50馬力が最高で、ボートに搭載するには非力であった。何とか15フィート(4.6m)のボートは可能かもしれないが、20フィート(6.1m)は困難である。そこで、20フィートの方は、エンジンをツインとすることとした。

そして試乗の日、我々は、本当の浜名湖の広さを知った。通常、海でも川でも走れる航路は、水深の関係から、おおむね決まっているものである。しかし、この"RJP"を搭載したボートは、湖内のあらゆる場所に行くことができた。

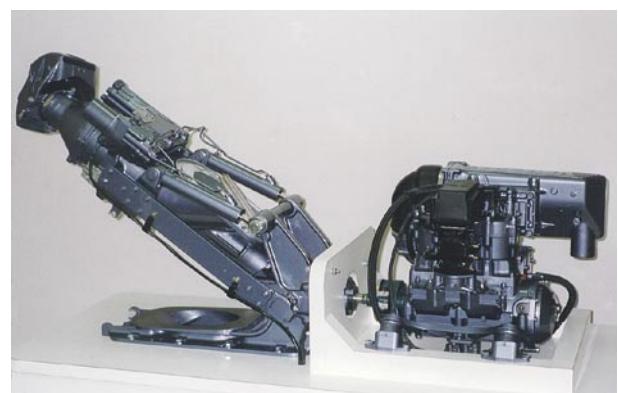


図18 可動式のジェット推進機"RJP"



図19 今枝弘文 図20 小柳智義 図21 金子義之  
(現、MEカンパニー) (現、海外市場開拓事業部) (現、ヤマハマリン株式会社  
第3技術部)

そして、テスト航走では、川を上ることもやってみた。最後にボートを止めたところは、水深が足首のところであった。このテストで、何か新しい世界が開ける予感を感じ、この思いを若い技術者と共有できたのは嬉しかった。

1991年の2月、参考出品として、研究開発した "RJP" を、東京、大阪ボートショーで発表した(図22)。世界のマリン業界から見れば、日本のボートショーはローカルにすぎないが、"RJP"の出品は、海外からたいへんな反響があった。

この年、浜名湖へ、アメリカのボートビルダーが何十社も見に来た。この時、試乗したボートビルダーが、「アメリカと比べて、日本は20年～30年も遅れていると思っていたが、今日は完全に負けた。あなたが勝者だ」といわれた時、この研究をやって良かったと思った。

しかし、社内の方は、そう簡単ではなかった。50馬力という小さなエンジンに付く "RJP" という新ジェット推進システムの割高感は否めない。実際は高馬力エンジンとの組合せなので問題はない、と事例をもって説明をしたが、関係者の頭の中には、ジェットボートは特殊な分野で、成功した例はないという気持ちが強くあったようだ。結局、"RJP"の開発は、判断がつかず、保留となった。

その後、約2年間、W/Vの開発の傍らで、ジェットボート事業の創出の必要性を訴え続けた。1993年、国内のボートの減産が続く中、九州の八代工場から、ジェットボートを生産したいとの話があり、金子が進めていた15フィートの試作艇を改良して、1994年、国内限定で15フィートのジェットボート "LJB-15" (図23)を、香山晃(図24)が担当し、生産することになった。

## 5.2 開発の場を求め、アメリカでジェットボート開発

面白いことに、かつて我々を訪ねたアメリカのボートビルダーが、1994年、現地においてジェットボートを販売すると、YMUSから、「W/V事業部で開発をしないのであれば、YMUSの事業としてやりたい」との話があり、現地でジェットボートを開発することになった。そして1995年、私がYMUSに赴任することになった。



図22 東京ボートショー(1991年)に出品した "RJP" ボート



図23 LJB-15



図24 香山晃(現、国内マリン事業部)



この時、YMUSでは、テネシー州にあるボート会社のCobia社(現、TWI)を買収し、そこでジェットボートを生産する手を打っていた。

アメリカでのジェットボートのデビューは、運動性の高いファミリースポーツボートのジャンルが最も良いと考え、既に試作していた20フィートの"RJP"艇を基本に、開発に着手した。

全体のフォルムは、風防のないバウライダーのデッキとし、船内のレイアウトはファミリー向けに楽しめる配置とした。また、打ち込み水に対応するため、セルフベーラーを採用した。エンジンは、既にW/Vで使われていた110馬力(80.9kW)をツインで使うことを決め、試作とテストはフロリダで実施した。

船型開発では、運動性を引き出すため、ストライプ(船底で水を切る)を付けずに試作し、試乗と改造を重ねた後に、最も良い位置にストライプをつける手法をとった。この結果、現地人から、「こんなにすごい運動性を持ったボートには、乗ったことがない」と聞いて、手ごたえを感じた。そして、課題であったジェット推進機については、ジェットのインテークの後方に安全装置の付いたアクセスホール機構を考案し、浮遊物等のごみ詰まりに対処した。

1996年5月、当社で、アメリカ最初のジェットボート"Exciter"(図25)をデビューさせると、結果は大盛況であった。このコンセプトが確立できた後は、"LS-2000"(図26)、"SR-230"などを開発し、W/Vに続く、新ジャンルの事業商品となつた。



図25 Exciter の初号艇



図26 LS-2000



SX230 High Output



SX230



SR230



LX210



AR230 High Output



AR230



AR210

図27 ジェットボートの2005年モデルラインナップ

## 6

## ジェット推進艇事業の未来はコンセプトの再改革

こうして、ジェット推進機を使ったW/V、そして、ジェットボートは、それぞれ新事業商品として、当社の商品群の仲間入りを果たした。W/Vについては、当社がW/Vを市場導入してから、その後、他社も追従し、多くのW/Vが誕生した。

この試行錯誤で創りあげた技術コンセプトの誕生から、約20年が経過した。このコンセプトの路線も残ると思うが、そろそろ、新鮮で魅力あるコンセプトを持った乗り物が、欲しい時代であり、世界中のユーザーが期待していると思う。

例えば、ひとつの可能性として、『Fly feeling(浮遊感覚)』というのはどうだろうか。水面を走る2次元から、浮遊するという3次元の運動性を持つ乗り物の可能性である。ただ、こうした乗り物に、構造として複雑な突起物があっては、多くの利便性が失われ、メジャーにはならないので研究が必要である。

ジェットボートにおいては、デビュー当時、優れた運動性を実感してもらうために、スポーツボートでデビューしたが、ジェットの魅力が理解された現在、今後はフィッシング等の新たなる領域で、その機能を発揮すれば、さらなる発展ができるだろう。また近い将来、食糧事情から、世界中で漁業の改革が進み、獲る漁業から育成する漁業になることが予想される。この場合、湾や入江は海の畠となり、網やロープが張り巡らされた水域を航走するには、ジェット推進機が有効な手段になると考える。また、水陸両用車等も開発されると思うが、この場合も船底突起のないジェット推進機は最有力候補と思われる。

ジェット推進機には、こうした新ジャンルの乗り物を生み出す潜在的な魅力があり、技術的先見性を持った技術者により、新たな展開が生まれると思う。

## 7

## おわりに

約20年前、浜名湖の片隅から、マリン大国といわれたアメリカに挑んだ技術者達は、世界の水辺でW/Vが親しまれている現実に、ひとつの達成感を持って、現在、多方面で活躍している。また、現在、花が開いたジェットボートの事業は、W/Vの生産開始から約10年後に生まれた新事業商品である。これもまた苦難の道を歩んできたが、さらなる達成感を得た。

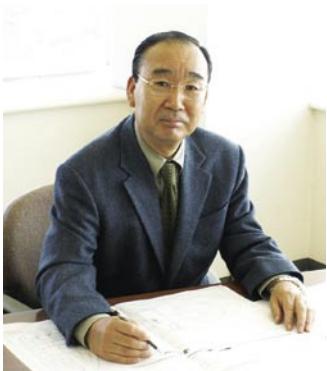
この開発の10年という数字は、また別の意味を持っている。W/Vは例外として、当社の多くの新事業商品が年間売り上げ100億円に達するのは、その商品が生産開始されてから10年以上もかかっていることを、過去の実績が物語っている。

従って、今日、生産開始にこぎつけたとしても、年間売り上げ100億円に達するのは10年後である。そのことから考えると、10年後の結果のほとんどが、今日の活動で決まることになり、技術者にとって日々の活動が、いかに大切かということが分かる。

今思うと、技術者としての証を見つけるためか、野心的な気持ちだったのか、何かにとりつかれたように日々開発心が騒いでいた。仲間を集め、マリン先進国に挑戦した日々は、今も熱く心に残る。

数字的にもひとつの目標を作り上げた現在、これに挑む技術者の出現を期待したい。

## ■著者



小林 昇

Noboru Kobayashi

ヤマハマリン株式会社 第14技術部



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## マウンターの今昔

**The Past and Present of Yamaha Surface Mounters**

藤田 宏昭

### Abstract

Twenty-one years have passed since Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) established its IM (Intelligent Machinery) operations in 1984 and developed its first surface mounter in the same year. Looking back, it was a time when we had no technological base in the field and no sales network to sell our products. All we had was the will to press forward as best we could and survive in what for us was a new field.

In recent years our IM operations (now the in-house IM Company) has made dramatic steps forward both in our business scale and technology to become a solid competitor in the market, and we believe that we owe a great debt for this to the outstanding managers who have led us, the efforts of the engineers before us and the proud YMC DNA they have handed down to each new generation of engineers.

In this report we introduce the changes in the technologies of our surface mounters over the years as they have progressed to become one of our main product lines.

### 1 はじめに

1984年、ヤマハ発動機(以下、当社)のIM(Intelligent Machinery)事業がスタートし、同じ年に最初のサーフェスマウンターが開発されてから、すでに21年が経過した。当時を振り返ると、技術も販路も何も無い状態で、ただただ、自分達の生き残りをかけて、やみくもに突進していたことが思い出される。

今日、このように事業規模だけでなく、技術開発についても大きな飛躍を遂げてこられたのは、秀でた指導者に恵まれ、諸先輩エンジニアの努力とともに、IM事業部(現・IMカンパニー、以下IM)設立当時のDNAが、次代のエンジニアにも着実に伝承されてきたことが大きいと感ずる。

ここでは、現在、IMの主力商品に成長したマウンターに関する技術開発の変遷に焦点を当て、時代とともに、どのような進歩を遂げてきたかを簡単に紹介する。

### 2 ロボットシステムからマウンターへ

1983年、初めて国際ロボット展に組立てロボットを出展したときに、ある設備メーカーから、チップ部品をプリント基板上に搭載する装置をOEM開発(Original Equipment Manufacturer:相手先ブランド開発)してくれないか、と相談を受けて、マウンターの開発は始まった。当時、チップ部品やらマウンターなどという商品知識を持ち合わせている人間は皆無であったが、逆に何の先入観も持たずに自分達がロボット開発や導入で培った経験を元に、全く独自のコンセプトで開発を行ったところ、結果として、そのコンセプトがマウンターの世界に中型機(中速機)という新しいジャンルを切り開くこととなった(図1)。IMが

ロボット開発で培った組立て技術の3要素すなわち、搬送、位置決め、部品供給は、マウンターにも共通するキー技術であったのである。また、実験室でお客様の要望に沿って1台ずつ製作する「一品料理」の色彩が濃いロボットシステムに対して、標準品をある程度まとめて生産、販売できるマウンターは、ビジネスの効率も非常に高く、その後のIMの方向性を変える転機となった。



図1 OCM8500

### 3 メカチャック機

1987年からはOEM契約を解消し、ヤマハブランドでマウンターを販売することとなった。当社製のマウンターは、OEM当時から、チップ部品をヘッドの吸着ノズルで吸い上げ、メカチャックと呼ばれたメカニカルなセンタリング機構(図2)によって位置決めして、プリント基板上に搭載していた。チップ部品の種類やサイズは様々であり、それらを一様に吸着するヘッド部は、非常にデリケートであったため、常に改良が行われた。当時、IMの販売の主力であるロボットを制御するロボットコントローラーには、BASIC(Beginners' All-purpose Symbolic Instruction Code)言語に似た、当社独自のロボット言語を搭載し、お客様自身がロボット動作をプログラミングする形態を取っていた。初期のマウンター制御部は、ロボットコントローラーをそのまま転用していたため、IMのエンジニアがそのロボット言語を駆使してマウンターのアプリケーションソフトを作成し、軸やI/O(Input/Output)機器の制御を行った。当社のロボット言語はインタープリター方式を取っていたため、処理スピードや汎用性には限界があるものの、プログラミングが簡単なため、カスタマイズ性に富んでおり、お客様のマウンター上でも、お客様の要望に沿った機能を追加することが容易であった。結果として、スピーディーな機能追加や問題発生時のアクション、柔軟なカスタマイズが行われ、その後の広範なカスタマイズ対応力につながっていった。

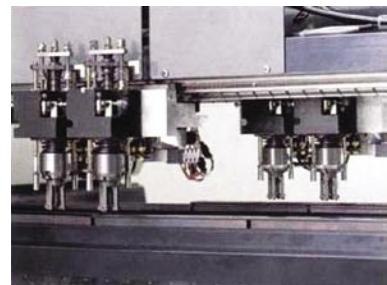


図2 YM6000T メカチャックヘッド

## 4 画像認識機能付きマウンター

1980年代には、様々な電子部品が次々に表面実装化されていき、部品のセンタリングをメカニカルに行うことの限界が見え始めてきた。特に、QFP (Quad Flat Package)と呼ばれる、4方向に多数のリードを持つIC (Integrated Circuit) 部品のリード部をチャッキングすることは、精度上も品質上も敬遠されがちであった。そのため、他社では、そのような部品を下面から画像認識して高精度に搭載する専用機も開発されていた。IMとしても、マウンターに画像認識機能を付加して、画像処理によってセンタリングさせる機種の開発に着手したいと考えていた頃、当社のマウンターを評価し、我々を信頼してくれるお客様から、画像認識機能付きマウンター開発の打診があった。そこで、現行のマウンターヘッドはそのまま、背面にメカセンタリング機能の無い吸着ヘッドを付加し、ベース部にQFPのトレー供給ユニットと、上向きに取付けたCCD (Charge Coupled Device) カメラと照明を取付けた。同時に、ロボットコントローラーに、当時の当社技術本部に開発を委託していた画像処理ボードを接続した、画像認識機能付きマウンターYV2260を開発した。1987年末であった。

現在の基準と比べると、かなり低い性能、安定性であったが、YV2260は、そのお客様に評価していただき、それから長い間愛用していただいた。そのお客様には、継続して当社製品をご購入いただいており、現在も当社の大切なお客様となっている。

YV2260は、当時としては珍しい、チップ部品とQFPを1台で搭載できる「混載機」であった。極めて少ない台数で出荷を終えたが、そこでチャレンジやノウハウは、翌年開発のYM3000V(図3および表1)等の主力マウンターや、さらに次世代のフルビジョン機へと継承されていった。



図3 YM3000V

表1 YM3000Vの仕様

項目	仕様
基板寸法	L330mm × W250mm (Max) L50mm × W30mm (Min)
装着タクト	0.9 秒 /chip QFP3.9 秒 /chip (最適条件時)
装着精度	± 0.08mm (画像認識時) ± 0.2mm (通常) ※ただし角度精度含む
部品品種数	テープ 29 品種、トレー 8 品種 15 段
外形寸法	L1,110mm × W1,383mm × H1,610mm
重量	600kg

## 5 フルビジョンシリーズ

1989年頃には、メカチャック機、および、一部画像認識機能付きのマウンターが、欧州に本社を有するメーカーへのOEM供給もあって、なんとか順調に歩み始めていたが、さらなる発展のためには、QFPなどのIC部品だけでなく、抵抗やコンデンサーなどのチップ部品においても画像処理によって部品認識する

必要があることは、皆、気づき始めていた。すでに他社の大型機(高速機)では全部品を画像認識するものも発売され始めていた。そこで、従来のマシンとは、全く一線を画したコンセプトのマシン開発が始まった。すなわち、

- ・全部品を画像認識
- ・狭ピッチ16連マルチヘッド、2テーブル化によるタクト高速化
- ・自社開発PC/AT(the Personal Computer for Advanced Technologies)ボード+DOS(Disk Operating System)システム上でのUI(User Interface) & アプリケーションソフト開発
- ・マウンター専用コントローラー、21軸フルデジタルサーボ+リモートI/Oシステム

と、どれをとっても未知の領域であり、非常に高度な開発テーマであった。そのため、開発には膨大な労力がかかったし、製品立上げまでには、かなり苦戦も強いられた。こうして1992年に生まれたのがフルビジョンマウンターYV112(図4および表2)である。翌年、レーザーによる認識装置を使ったフルビジョン汎用マウンターYVL80も開発された。ここからIMは、メカチャック機構から決別し、一步未来へ踏み込んだのである。

当時の苦労話はすでに伝説となっているが、ここで培われた技術が現在のマウンターの基礎となっている。

表2 YV112の仕様

項目	仕様
基板寸法	M type:L330mm × W407mm (Max) L50mm × W50mm (Min) L type: L457mm × W407mm (Max) L50mm × W50mm (Min)
装着タクト	0.25 秒 /chip (最適条件)
装着精度	± 0.1mm (chip), ± 0.08mm (QFP)
部品品種数	M type:112 品種 (8mm テープ換算) L type: 96 品種 (8mm テープ換算)
外形寸法	L2,412mm × W1,759mm × H1,867mm
重量	1,200kg

## 先進技術を満載！ヤマハスーパーミディアムマウンター YV112

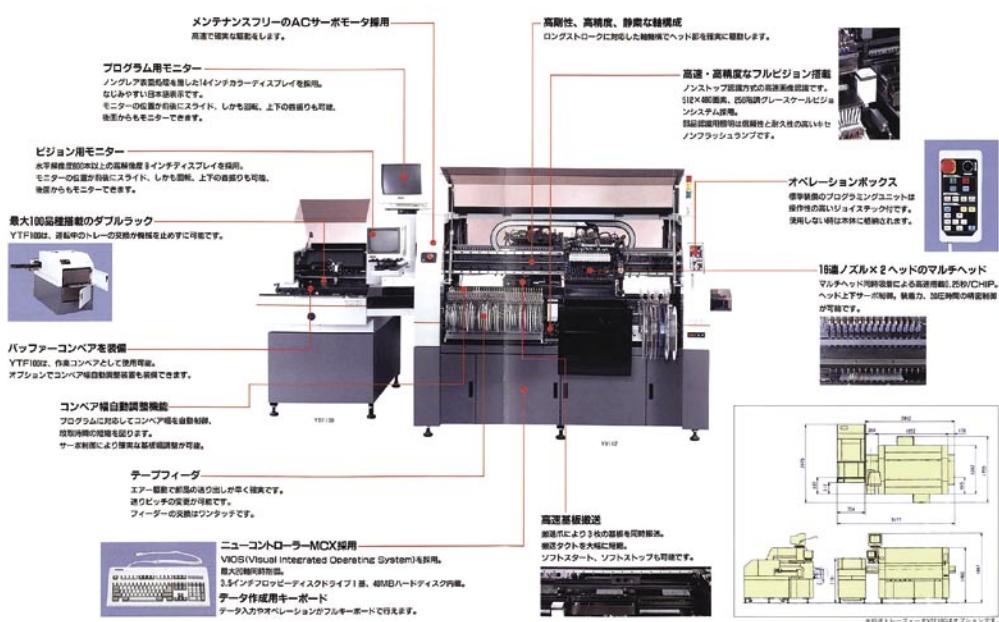


図4 YV112(カタログ)

## 6 現在までの開発

フルビジョン機開発後も、競合他社の多くが大型の高速機を販売する中、当社は中型機のカテゴリーを逸脱せず、比較的、小中規模のお客様のご要望にお応えしていくことで、中型機マウンターメーカーとして独自のポジションを築いていった。

1999年のXシリーズからは、その中型マウンターを自由に複数台連結することで、従来の高速機(大型機)に匹敵する生産性と、従来にはない汎用性を達成する「モジュール型高速機」というコンセプトを市場に提案し、世界の変種変量生産のトレンドとマッチさせることにより、当社のポジションをより強固なものとした。過去、一世を風靡したロータリーヘッドタイプの高速機は、すっかり影を潜め、中型機を連結する「モジュール型」、「モジュールマウンター」という用語が業界の標準語となり、各社が中型機市場に参入しての激しい開発競争に移っていった。

現在、当社の最新モデルはYGシリーズであるが、その中で、もっとも高速な機種であるYG200(図5、表3)において、搭載タクトは0.08秒/chipであり、初期に開発されたマウンターの10倍以上に生産性が向上している。それらを支える様々な要素技術がメカ分野、電気ハード・ビジョン分野、アプリケーションソフト分野で開発されてきた。

### 6.1 メカ分野

主な課題は、高速化と高精度化である。

- YV112の流れを受け継いで、ヘッドは狭ピッチのヘッドを一列に並べた「マルチヘッド」を熟成していった。アクチュエーターとして、エア機器メーカーと共同開発した高速ソレノイドバルブによるエア駆動としていたが、現在では全ヘッドサーボ化へ進化しつつある。また、運転中に吸着ノズルを切替える独自のFNC(Flying Nozzle Change)機構(図6)を開発し、実タクトの向上を果たした。



図5 YG200

表3 YG200の仕様

項目	仕様
基板寸法	L330mm × W250mm (Max) L50mm × W50mm (Min)
装着タクト	0.08 秒 /chip (最適条件)
装着精度	$\mu +3 \sigma : \pm 0.05\text{mm}$ (chip), $\pm 0.05\text{mm}$ (QFP)
部品品種数	80 品種 (8mm テープ換算)
外形寸法	L1,950 × W1,408 × H1,850
重量	2,080kg

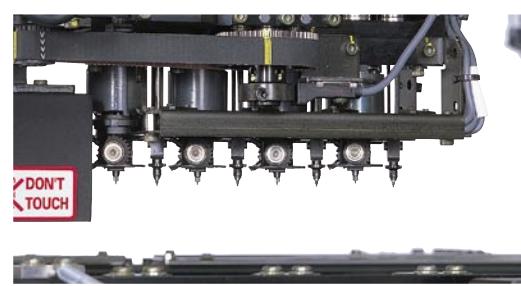


図6 YV100Xg FNCヘッド

- ・主軸の高速・高精度化のため、ベース部を構造解析(図7)し、面構造モノコックフレームを開発した。また2つのモーターでX軸ビームを駆動する、完全リジッド型デュアルドライブ機構も業界に先駆けて開発・採用している。
- ・精度向上の手法として、MACS(Multiple Accuracy Compensation System:多重精度補正システム)を開発し、経時変化や温度変化に影響を受けない搭載精度を実現した。そのとき同時に開発された、パソコンを駆使した高度な精度解析手法も、当社の重要なコア技術となっている。
- ・2001年には、マウンターの高速・高精度実装技術を応用して、i-Cube/i-CubeIIを商品化し、当社の新しい分野として半導体製造市場への進出を果たした。

## 6.2 電気ハード・ビジョン分野

お客様が要求する高い信頼性をめざしながら、マシンの高速化や高精度化を支える機能開発を推進し、現在では、ほとんど全てのキーコンポーネンツを自社開発品としている。

- ・PC/ATボードは年々CPU(Central Processing Unit)の高速化を図り、記憶装置はフラッシュディスク化によって信頼性を向上させた。
- ・ビジョンシステムの高速処理・高分解能化では、超高感度のデジタルマルチカメラ(図8)を開発し、マシンの高速化・高精度化に対応した。
- ・サーボシステムはフルデジタル化、次にフルソフトウェア化を行い、コストダウンを進めながら、モーターの制御性を向上させた(図9)。
- ・高速化によるモーターのワット数アップに対応するための電源系の強化や、欧州の安全規格に適合させるための安全設計も進歩させた。

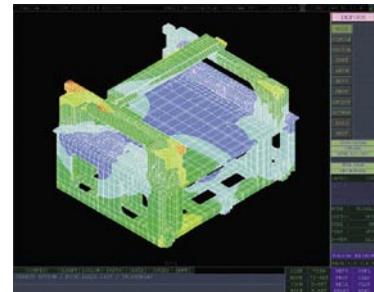


図7 Xgシリーズ ベース部構造解析結果



図8 高分解能デジタルマルチカメラと専用照明

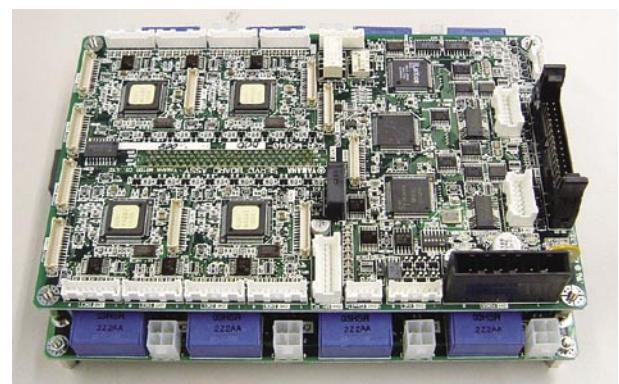


図9 小型10軸モーター制御ユニット

### 6.3 アプリケーションソフト分野

フルビジョン機以来、OS(Operating System)上でのアプリケーションソフト開発となって、ソフト開発環境も充実し、お客様が要求する種々の機能をスピーディーに具現化していった。

- 2001年からは、OSをMicrosoft社のMS-DOS®から同社製Windows®に切り替え、タッチパネル機能とともに操作をより視覚化、直感化させるGUI(Graphical User Interface)を実現すると同時に、独自な手法でWindows®下でのリアルタイムなマシン制御を達成した(図10)。
- 工場のLAN(Local Area Network)とも接続を可能とし、周辺パソコンとお客様の生産管理システムとの連携等、拡張性の強化を図った。また、お客様の生産性や品質に対する高いご要求に応えるべく、各種カスタマイズ機能を開発、現在その集大成としての生産支援機能「ITオプション」(図11)を開発し、製品の付加価値を高めることができた。

※MS-DOS®、Windows®は、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標です。

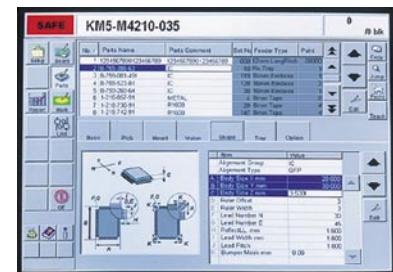


図10 タッチパネル機能付きGUI

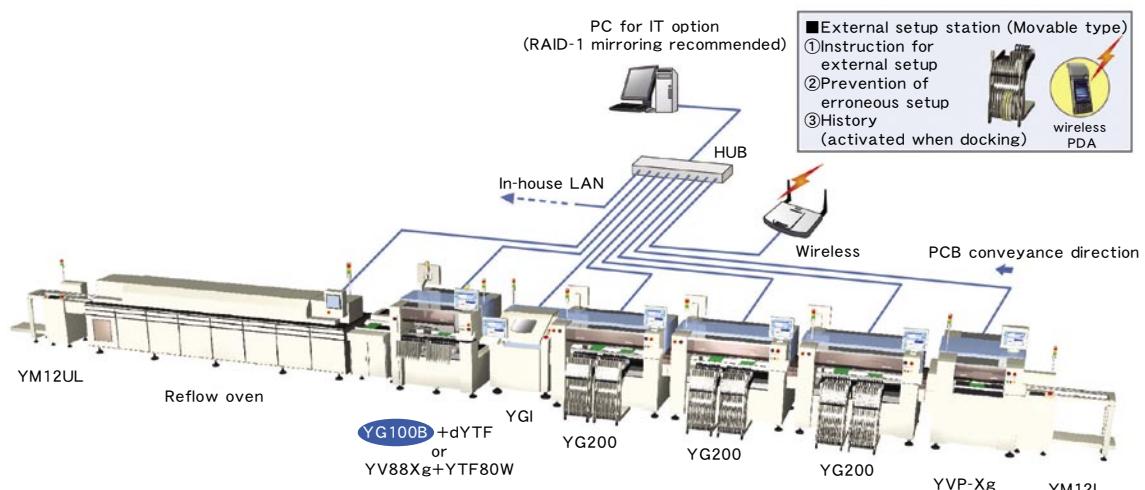


図11 マウンターラインとITオプション

## 7 おわりに

今や業界の主戦場は、中型機(モジュール機)市場であり、市場の成熟化とともに、どの競合メーカーのマシンとも差別化が難しくなりつつあるため、開発競争は激しさを増している。マウンター業界を専門にしている調査会社の統計によると、マウンター出荷台数では当社が世界一となってはいるが、売上規模や総合力において、当社はまだ発展途上にあり、年々高くなるお客様のご要望にお応えするため、さらなる高速性と精度を含めた実装信頼性の向上を図っていかなければならない。

一方、元来我々のめざすマウンターは、ただ単に生産性が高いとか、サイズがコンパクトであることだけではない。使いやすく、故障しにくく、たとえ故障しても、お客様が自分で簡単に直せるようになっていくことが非常に大切である。今後も、この当社のマウンター開発の原点を忘れずに、次世代の商品開発を推進していきたいと考える。

### ■著者



藤田 宏昭

Hiroaki Fujita

IMカンパニー  
技術チーム



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## アラビア半島におけるATV市場の創造と開拓 ～アラビアのバンシー (YFZ350)～

**Creating and developing an ATV market on the Arabian Peninsula - The Banshee (YFZ350) of Arabia**

石田 道之 岩城 信雄 中嶋 輝之 宮本 知行 泊 伸弘



図1 YFZ350 バンシー

### Abstract

Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) was founded in 1955. By 1963, the company was taking its first steps to develop overseas markets in a number of countries, and in October of 1991, the Overseas Market Development Operations (OMDO) was established within YMC. OMDO is responsible for market development activities in regions including Africa, the Caribbean nations, Central America, West Asia, the Middle East and Russia. In these regions OMDO works to develop business that is closely involved in the local societies and service activities that are firmly rooted in the localities, while also basing its activities on the pillars of international cooperation and contribution to society.

On the Arabian Peninsula, YMC has worked in concert with our distributors and the customers to build a large ATV market, especially for the YFZ350 Banshee model, through efforts to create demand and develop a strong market base. In this report we introduce these efforts to create demand and develop a strong market.

### 1

#### はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)は、1955年に創業した。その後、1963年頃からは、本格的に海外の様々な国や地域の市場開拓の一歩を踏み出し、1991年10月、海外市場開拓事業部(Overseas Market Development Operations:以下、OMDO)が設立された。OMDOは、アフリカ、カリブ海沿岸諸国、中米、西アジア、中近東、そしてロシアを担当地域として、現地密着営業活動、地域に根ざしたサービス活動、さらに国際協力と社会貢献を事業の柱として活動を行っている。

当社は、アラビア半島において、ATV (All-Terrain Vehicle)、特に、YFZ350 バンシー(図1)の需要創造・市場開拓を通じて、ひとつの大きな市場を代理店や顧客とともに築き上げた。本稿では、その需要創造と市場開拓の事例を紹介する。

## 2 市場の変化

広大な砂漠地帯を、ラクダでゆっくりと隊列を組みながら進む隊商。サウジアラビア、アラブ首長国連邦、クウェート、カタールなどの国々が位置しているアラビア半島(図2)には、そんな光景を彷彿とさせる砂漠地帯が広がっている。起伏の激しい砂地、月のクレーターを想像させる無数のくぼみが展開する砂地。市場の変化は、2000～2001年に始まった。

アラビア商法の独特な形態のひとつに、座売りという商売がある。座売りは、店で顧客が買いにきたものを売るだけ。フィールドへ出て活動することをしないため、投資が最低限で済む。当社代理店の体質も、まさに座売り商売に近い形態であった。そこには、販売(Sales)、サービス(Service)、部品(Spare parts)が一体となった"3S"という概念が乏しく、さらに、実際に使っている顧客の顔も見えていなかった。

市場変化への気づきは、座売りを生業としている代理店の営業マンを現場に連れていくことから始まった。なぜ、ATVが市場で売れ始めたのかを現場で見るために。イスラム圏に位置するアラビアの週末は、木曜日と金曜日。現在でも、都市で生活している多くの人々・家族は、郊外の砂漠地帯で週末を過ごすことを好む。その砂漠地帯へと車を走らせたのである。当時、アラブ首長国連邦、ドバイの郊外に広がる砂漠地帯で走っているのは、四輪駆動車がほとんどであった。しかし、そこに、まばらではあるが、バンシーが走っていた。ATVを楽しんでいる人がいたのである(図3)。そのとき我々は、バンシーは、砂漠を走破する魅力、車にはない開放感を人々に感じさせ、需要の掘り起こしができる乗り物であると直感した。一方、安全に正しく乗ることを顧客に啓発することが、販売を続けるメーカーの最重要課題であることも認識した。



図2 中近東・アラビア半島



図3 砂漠でのATV走行

### 3 バンシーの魅力

さらさらとして、歩くにつれて足が30cm以上埋没していく砂地を、バンシーは走破する。バンシーの魅力はどこにあるのか、顧客の声を集約してみた。

- ① 加速時のパワー
- ② アクセルワーク時の追随性・応答性の敏捷さ
- ③ 走破バランス
- ④ ヤマハというブランド
- ⑤ 価格と性能のコスト・バリュー

バンシーはATVの代名詞になるほどの商品に成長した(図4)。



図4 バンシーはATVの代名詞(店の看板)

### 4 3S (Sales, Service, Spare parts) と1P (Proper riding) の推進

ATVの販売戦略は、需要を創造することから始まった。需要を創造し、その規模を拡大していく中で、代理店の自立による顧客のさらなる信頼性確保や、ヤマハファンの拡大を通じて、ブランドイメージを向上することを重要戦略と位置付けた(図5)。これは、現場に軸足を置き、着実なマーケティング活動を実施して、顧客の視点から販売戦略の方向性を創り上げるという、当社のDNAからもたらされたものである。具体的には、販売・サービス・部品が一体となった3Sの推進と、安全啓発1Pの継続的な展開にある。以下に、具体的な事例を紹介する。

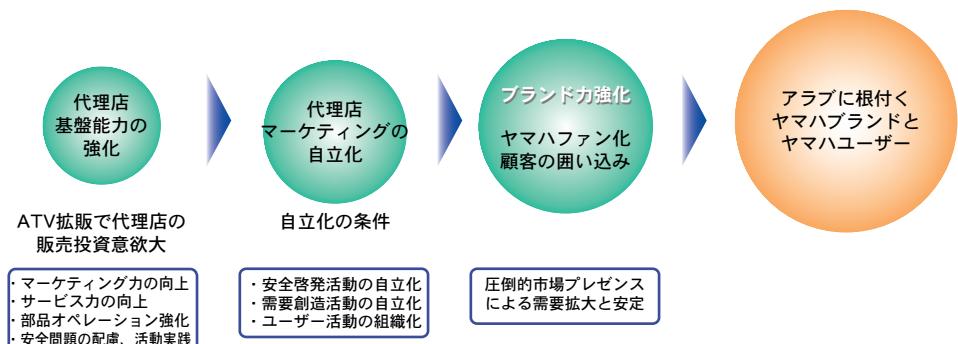


図5 中近東におけるATV販売戦略

## 4.1 マーケティング活動

### 4.1.1 新ショールームの建設とVI(Visual Identity)推進

代理店の自立は、店作りに反映され、そこからくるヤマハブランドのイメージの向上は、顧客の好感度向上につながる。アラブ首長国連邦とサウジアラビアでは、新ショールーム(図6)を建設した。クウェートについては、建設中である。

### 4.1.2 広告キャンペーンの展開

市場の変化に気づいてから、まずはじめに手をつけたのは、大々的な広告キャンペーンを顧客の身近で実践することにあった。そこには、マスメディアという媒体、ソフトドリンク(※アラビア世界では、基本的にアルコール類は禁忌)という、ターゲット顧客が常に目にし、耳にするものがあった。そこで、以下のような広告を行った。

- ① レストランチェーンとの共同ラジオ広告(2000年に、2ヶ月連続で実施)
- ② ソフトドリンク製品とのジョイント広告(アラブ首長国連邦、クウェート、カタールの3カ国同時キャンペーン。2002年)(図7)

## 4.2 アフター・サービスの能力強化と充実化

### 4.2.1 サービス講習会

新ショールームの建設にともない、サービスマンの増員や、サービス拠点作りが急速に進められている。そこで、当社では、中近東代理店に対して、YSA(ヤマハ・サービス・アカデミー)(図8)の集合教育を実施した。

### 4.2.2 フィールド・サービス・クリニック

2004年9月にはアラブ首長国連邦で、2005年1月にはクウェートで、フィールド・サービス・クリニックによる顧客への定期点検励行キャンペーン(図9)を開



a) アラブ首長国連邦・ドバイ店 b) アラブ首長国連邦・シャルジヤ店  
(2001年秋オープン) (2003年夏オープン)



c) サウジアラビア・リヤド店 d) リヤド店内  
(2004年春オープン)

図6 新ショールーム



図7 ソフトドリンク500万本にバンシーを印刷



図8 YSAでの集合教育



図9 フィールド・サービス・クリニック

催した。直接、顧客の声を聞き、次に何ができるかのヒントを得る絶好の場であり、当社のサービスの能力底上げにつなげるねらいを含んでいる。

#### 4.3 正しい乗り方(Proper riding)教室(安全啓発活動)

顧客に安全に正しく使っていただくことをキーワードに、YRA(ヤマハ・ライディング・アカデミー)(図10~12)を継続して開催している。これは、当社サービス部門の協力による、現地インストラクターの養成と、一般顧客への乗り方指導であり、同イベントは2003年から継続して開催している。

現地インストラクターを養成した結果、代理店主催のYRAを受けた顧客は、優に1,000名を超えている。



図10 ヘルメット、ゴーグル、グローブなどの着用を説明



図11 安全啓発のチラシ



図12 乗り方指導の様子

## 5 販売台数の推移

2000年~2001年の市場変化の気づきから、継続的に行ってきました3S+1P活動が、前年比倍となる出荷実績へと反映されている。図13にあるように、1999年に数百台規模であったものが、2004年には、その10倍にも伸びている。

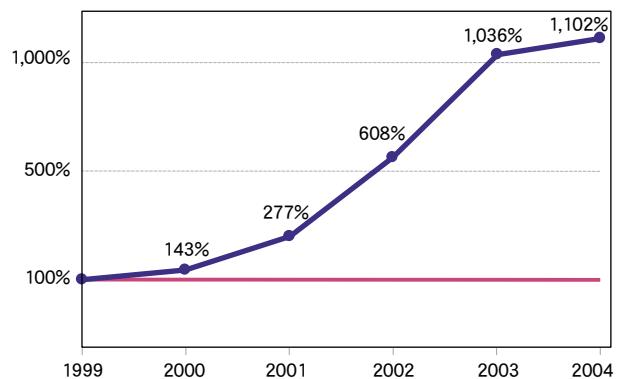


図13 1999年を基準としたATV出荷台数の伸び率

## 6 使用用途の変化と拡大、購買層の広がりへ

バンシーの知名度が上がるにつれて、バンシー や、それ以外のモデルにおいても、使用用途や購買層に、変化と広がりが見られるようになった。例えば、砂漠地帯だけでなく、海辺をATVで走行する人もできた(図14)。ここで、さらなる需要を創造するには、遊びの要素も欠かせない。当社は、よりスポーツライストの強い新商品YFZ450によるツーリングの楽しさを提供したり、大人だけでなく子供も楽しめるよう、子供への正しい乗り方教室(図15)を開催した。また、ATVのレンタル利用も増えてきたことから、レンタル店の経営者に対して、安全啓発活動を行った(図16)。



図14 海辺を走行するATV



図15 子供たちへの乗り方教室



図16 レンタル店調査



図17 お客様のテントの中で(サウジアラビア)  
バンシーそのものに乗る楽しさに加えて、たくさんのサービスをヤマハから受けられるという大きな期待を膨らませている。子供から大人まで、正しく安全に乗る技術指導を最優先活動とし、今後も顧客の期待に結びつく遊び方の提案などを含めたサービスを提供していきたい。

## ■著者



**石田 道之**  
Michiyuki Ishida

海外市場開拓事業部  
ロシア・中近東室



**岩城 信雄**  
Nobuo Iwaki

海外市場開拓事業部  
ロシア・中近東室



**中嶋 輝之**  
Teruyuki Nakajima

海外市場開拓事業部  
ロシア・中近東室



**宮本 知行**  
Tomoyuki Miyamoto

海外市場開拓事業部  
サービスグループ



**泊 伸弘**  
Nobuhiro Tomari

海外市場開拓事業部  
サービスグループ



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## ヤマハ・ビッグスクーター史

The History of Yamaha's Big Scooters

高橋 博幸

### Abstract

Big scooter models like the Yamaha Majesty and TMAX are used and loved by many customers in markets like Japan and Europe. The Majesty 250 is now in the tenth year since its release and the TMAX 500 is in its fifth year. During this time, some 250,000 units of the Majesty have been sold, while TMAX sales have passed the 50,000 mark. Together they have established a major worldwide product line for the Yamaha brand with combined sales of over 300,000. Big scooters have a long history, with the first Yamaha "SC-1" model in this class being released in the early 1960s. In this report we give an outline of the development of the Yamaha big scooters of recent years, concentrating mainly on the Majesty 250 and TMAX 500.

### 1 はじめに

MAJESTYシリーズや、TMAX500を中心とするビッグスクーターは、現在、日本・欧州を中心に、多くのお客様にご愛用をいただいている。MAJESTY250は今年で10年目、TMAX500は5年目を迎える。これまでに、MAJESTYシリーズは合計約25万台、TMAX500は5万台強、併せて30万台以上販売されており、世界に通用するヤマハブランドのひとつになっている。ビッグスクーターの歴史は古く、昭和30年代にさかのぼり、ヤマハ発動機(以下、当社)では「SC-1」が初代である。今回は、MAJESTY250、TMAX500を中心とした、近年のヤマハ・ビッグスクーターについて、今日までの生い立ちの概要を紹介する。

### 2 ビッグスクーターの経緯

#### 2.1 MAJESTYシリーズ誕生の背景

今から15年以前、1990年代に入った頃、国内スクーター市場に陰りの兆しが見え始めていた。1975年に発売した「PASSOL(ガソリンエンジン車)」、「JOG」をはじめ、ファミリーバイクと呼ばれた多くの原付一種クラスが、ブームを終えつつあった。これには、以下のような要因があり、このままでは、将来の販売台数規模を見込めない状況であった。

- ① 主婦・女性需要の大幅減少(軽自動車へのシフト)
- ② 高校生・大学生需要の減少(若者人口が減少+携帯電話・パソコンなどの新しい魅力商品の出現)

このような状況に、我々は危機感を持ち、新たな未来を描くシナリオ構築に着手した。「台数規模が小さい」、「女性や学生は、ねらいにくい!」、そういう背景の中から、「高付加価値路線」にシフトすることを選択し、その具体化を進めた。これが、MAJESTYシリーズ誕生の第一歩である。

## 2.2 MAJESTYシリーズの誕生

高付加価値路線を具現化していくプロセスで、「誰に、どういうバイクを、どう使ってもらうか?」を、徹底的に議論・調査・机上検討を繰り返し、ひとつのコンセプトを構築した。それは、『快適革新・プレステージコミュニケーション』であった。種々の付加価値アイデアが出た中で、少しでも可能性を秘めている『通勤』にターゲットを絞った。自宅から都内(もしくは都市)までの通勤者にフォーカスをあて、以下の調査結果を得た。

- ① ダイレクト通勤(自宅→勤務先)は、片道平均25km:1時間である。
- ② 四輪車通勤では、交通渋滞のため、時間がかかりすぎる。また職場付近に駐車場がない。
- ③ 主流である電車通勤は満員で、職場にたどりつくまでに疲れてしまう。
- ④ 電車やバスのない時間帯に働く人や通勤する人も多い。
- ⑤ バイク通勤に最適なモデルがない=既存のバイクによる通勤は疲れる!(快適・便利でない)

この結果から、『通勤が快適・快速にできるコミュニケーション』を創ることを具体的に決めた。しかし、今までに無かったコンセプトやモデルであり、見込める生産台数は欧州向けモデルと併せて、年間1万台未満であった。そのため、エンジン・車体オールニューでの新規開発は、コストの点で大きな壁にぶつかった。そこで、新規の型投資の削減策(金額の高い灯火器類の共通化等)を、許容上限と思われる小売価格になるまで実施した。

## 2.3 MAJESTYシリーズの育成

1995年8月に国内発売開始、その翌年1月に欧州で発売開始されたMAJESTY250は、『快適革新・プレステージコミュニケーション』というコンセプトを具現化したモデルである。オートマチック・排気量250cm<sup>3</sup>の動力性能や、収納・低振動・低騒音・疲れないシート・スポーティーなスタイリングが評価され、販売台数は、1年目から予想を上回った。しかし、欧州では、日本より走行速度が速いことや、ベルジャン路(石のブロックを埋め込んで作った道)での使用が多く、サスペンションやブレーキなどの足回りの強化を望む声が多く寄せられた。こうした背景から、マイナーチェンジやバリエーションの追加を行った。1995年の初代モデル投入後、1997年には、リアディスクブレーキやハイマウントテールを装着したMAJESTY250-SVを発売し、1998年には、ABS(Anti-lock Braking System)をこのクラスで初めて採用するなど、積極的展開を図った。これらの育成・成熟化によって信頼性と商品性が向上し、初代MAJESTY250は、発売後5年間で約10万台(日本・欧州の合算)の販売台数を記録した。

## 2.4 MAJESTYシリーズの変遷

1999年には、利便性・快適性をより向上させた2代目MAJESTY250を発売した。大きなフィーチャーとしては、ヘルメット2個収納(二輪車初)や、シートスライド、風切音低減など、初代の不満足点を改良し、満足点を伸ばす欲張った内容とした。2002年には、カスタムベース車として出した、ショートスクリーン+ネイキッドハンドル仕様のMAJESTY250-Cを発売、若者に支持されて、MAJESTYシリーズの国内年

間販売台数記録を更新した。2代目は、現在も日本・欧州で発売中であり、1999年～2004年までの5年間で、約11万台の販売を達成。2004年には、高速道路2人乗り解禁等を見据え、走行性能・操縦安定性や足回りを強化した、3代目のGRAND MAJESTY250を発売した。フューエルインジェクション(以下、FI)や、ダイアジル(DiASil : Die casting Aluminum-Silicon)シリンダー、CF(Controlled Filling)アルミダイキャストフレーム等の新技術を多く織込み、MAJESTYシリーズの機能進化を図った。初代から現在までのMAJESTYシリーズの大きな経緯を、表1に示す。

表1 ビッグスクーターの変遷

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
法規・環境																									
当社大型スクーター (軽二輪クラス)			シグナス180									シグナス150													AT免許 高速道路2人乗り
MAJESTY シリーズ (国内ベース)	250													初代 MAJESTY250		2代目 MAJESTY250		3代目 GRAND MAJESTY250							
	400													MAJESTY250 SV リニアスクリーブレーキ	ABS	MAJESTY250 ABS ABS	MAJESTY250 C ショートスクリーン ネイキッドハンドル								
MAXAM250																									MAXAM250
TMAX500 (欧州ベース)																									TMAX500 マイナーチェンジ
																									MAJESTYシリーズ10周年★
																									快適で利便性が高く、かつ、スポーティーな 250cm <sup>3</sup> スクーターの出現

## 2.5 TMAX500の誕生と変遷

初代のMAJESTY250は、1996年に欧州で発売されて以来、平均で30%以上の台数の伸びを記録してきたが、250cm<sup>3</sup>という排気量は、欧州では日本ほどメリットがなく、走行速度も速いことから、より大排気量化の要求が出てきた。そこで、当社としては、市場調査結果等も踏まえ、欧州向けに、より運動性能を重視した企画を選択した。誰もが快適に安心して『150km/hで走行できるスポーツコミューター』というコンセプトで、TMAX500は2001年に誕生した。このコンセプトを達成するため、従来のスクーターのプラットフォームの常識であった、ユニットスイングをやめて、スイングアーム式のサスペンションとし、バネ下荷重の低減を行い、高い操縦性・安定性を確保した。その他、CVT(Continuously Variable Transmission)を内蔵した固定式エンジンやピストンバランサー採用など、革新的なプラットフォームとした。2004年にFIやフロントダブルディスクブレーキの採用等、マイナーチェンジを行い、TMAX500の育成・成熟化を図った。このマイナーチェンジが高い評価を得て、販売台数も伸びた。発売後4年間の欧州での販売台数は、5万台以上にのぼった。TMAX500は欧州専用として開発したコミューターであり、今も、その運動特性や快適性の高さから、高い評価をいただいている。

## 2.6 GRAND MAJESTY400の登場

2004年に400cm<sup>3</sup>のGRAND MAJESTY400(欧州名:MAJESTY400)が誕生した。初代から約10年の歴史を経て、+150cm<sup>3</sup>の余裕を求める日本・欧州のお客様などに受け入れられている。2004年の1年間ではあるが、欧州では約1万1千台の販売があり、TMAX500とともに、ビッグスクーター市場の頂点モデルとして市場を牽引している。国内も、2005年から高速道路2人乗り解禁や、AT(オートマチック)免許新設等が始まり、このクラスの伸びが期待されている。

## 3 ビッグスクーター技術の変遷

### 3.1 エンジンについて

ビッグスクーターのエンジンに求められる要求品質は、目立たず、静かに、コンパクトに、など四輪車に近いものになっている。いわば、縁の下の力持ちであるが、環境性能・動力性能を中心に、着実に進化している(表2、図1、2)。

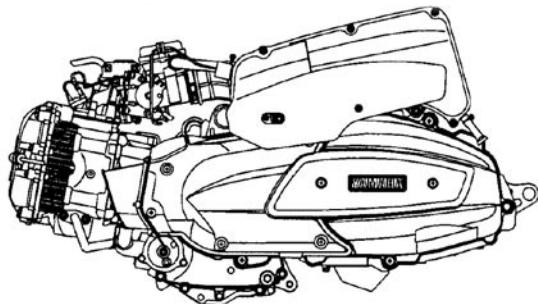


図1 GRAND MAJESTY400のエンジン外観

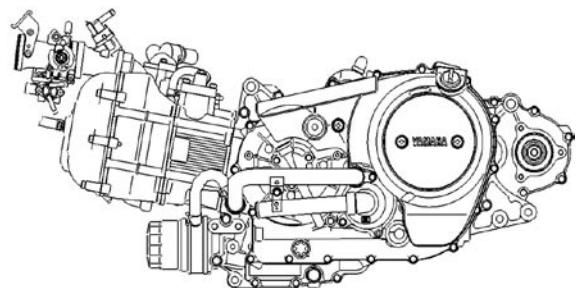


図2 TMAX500のエンジン外観

表2 ビッグスクーターのエンジンの変遷

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
MAJESTY シリーズ (国内ベース)	250	初代 MAJESTY250		リヤディスクブレーキ MAJESTY250 SV		MAJESTY250 ABS			ショートスクリーン ネイキッドハンドル MAJESTY250-C		GRAND MAJESTY250	
	400									GRAND MAJESTY400		
MAXAM250											MAXAM250	
TMAX500 (欧州ベース)						TMAX500		TMAX500マイナーチェンジ				
エンジン 技術	原動機	4ストローク・水冷・SOHC・2バルブ										
	シリンダー	鋳鉄										
	吸気系	キャブレター										
	排気デバイス	AIS+ヘアピン触媒										
	駆動系	CVT										
	排気ガス レベル	EU-1										
	バランサー	EU-2										
		ピストンバランサー										

### 3.2 車体について

車体の進化は多岐にわたる。フレームやサスペンション、ブレーキの基本機能から、収納・積載等の利便性、低振動・プロテクション向上などの快適性、その他、盗難抑止装置などが主な進化の内容である。表3に車体技術の変遷を示す。これらの車体技術を駆使したデザインやパッケージングの良さが、当社のビッグスクーターの最大の売りであることは、言うまでもない。また、走る・曲がる・止まるを含めた質の高い乗り味や、クセのない操縦性の良さは、当社スポーツバイクのDNAであり、ビッグスクーターにも継承されている。

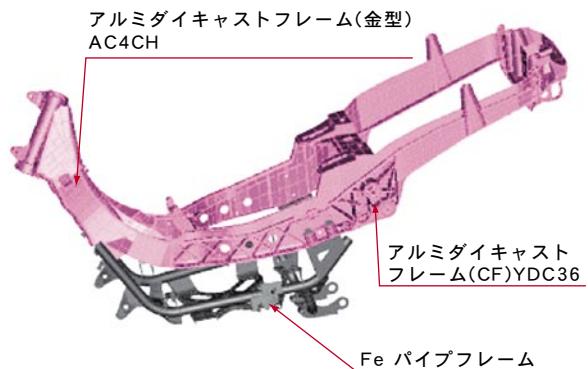


図3 GRAND MESTY400のフレーム

表3 ビッグスクーターの車体の変遷

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
MAJESTY シリーズ (国内ベース)	250	初代MAJESTY250 MAJESTY250 SV MAJESTY250 ABS			2代目MAJESTY250 リアディスクブレーキ ABS			ショートスクリーン ネイキッドハンドル MAJESTY250-C			3代目GRAND MAJESTY250	
	400										GRAND MAJESTY400	
MAXAM250											MAXAM250	
TMAX500 (欧州ベース)						TMAX500		TMAX500マイナーチェンジ				
車体技術	フレーム	鋼管製									CFアルミダイキャスト+鋼管製	
	サスペンション	ユニットスイング						スイングアーム				
	ブレーキ	フロント:シングルディスク リア:ドラム		フロント:シングルディスク リア:シングルディスク		ABS					フロント:ダブルディスク リア:シングルディスク	
	タイヤ	チューブレスバイアス									ラジアル化	
	収納 (シート下のみ)	29L			54L		33L (TMAX500)			60L		
	プロテクション	大型スクリーン			エアインテーク付きスクリーン					インテグレートエアインテーク		
	盗難防止装置	強化メインスイッチ (フリーリング)			リモコンキーシャッター					キーアクセサリ (欧州のみ)		
	シート構造	可動バックレスト			可動メインシート							
	メーター	アナログ			電気式			5連メーター			オール液晶	
	ヘッドライト	H4バルブ×1灯			HS1バルブ×2灯					H4バルブ×2灯		
	テールライト										LED化	

## 4 当社ビッグスクーターのラインナップ

2005年の春から、MAJESTYシリーズ、TMAX500に続く、当社ビッグスクーターの第3のブランドとしてMAXAM250が加わった。これにより、国内においては図4のようなラインナップが構築できた。高速道路2人乗り解禁や、AT免許新設等によるビッグスクーター需要増に対応できるようにしている。

図4から分かるように、当社はこれまでオリジナリティーのあるビッグスクーターで、常に新規需要を開拓してきた。MAXAM250の導入で、今以上にAT市場を活性化できると信じている。なお、MAXAM250の紹介は、本誌の製品紹介の項に記載されている。一方、欧州でのビッグスクーターのラインナップには、当社の欧州現地法人製造のモデルが加わる(図5)。VP300は、MAJESTY250ベースのMBK INDUSTRIE S.A.(フランス現地法人)製のモデルで、販売台数の上位に食い込んでいる。X-MAX250は、YMES(YAMAHA MOTOR ESPANA S.A.:スペイン現地法人)の新商品で、2005年6月に発売開始された期待のニューモデルである。



図4 国内ビッグスクーター モデルラインナップ

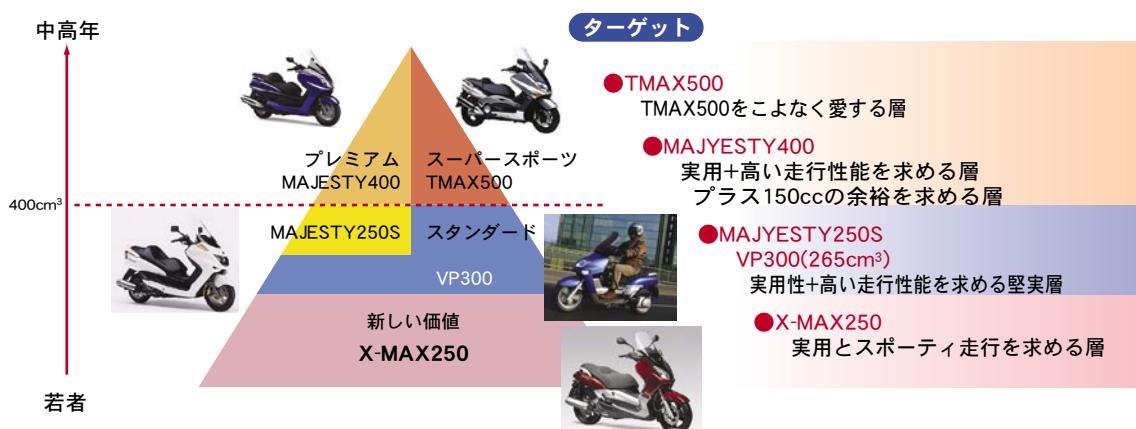


図5 欧州ビッグスクーター モデルラインナップ

## 5 当社ビッグスクーターの将来展望

中長期的にみて、ビッグスクーターカテゴリーは世界的に市場の伸びが期待できる分野であろう。2004年までのMAJESTYシリーズ、TMAX500の日本・欧州での販売台数の実績を、図6に示す。現状は、先進国の渋滞が激しい都市(ミラノ・ローマ・パリ・東京・大阪等)中心の需要が多い。今後の10年は、現状の市場に加えて、経済成長で所得が増え、かつ、交通渋滞が進む先進国以外の都市部の需要も期待できる。

この市場の伸び(=お客様の期待)に応えられるようするための、主な課題は以下と捉えている。

- ① 排ガス浄化と燃費向上の両立や、次世代ABSなど、環境性能・安全性能への積極的な取り組み
- ② 各モデルの強みを伸ばし、弱みを減らすための技術開発
- ③ たゆまぬコストダウン

これらの課題を達成し、既に乗っていただいているお客様にはリピーターになっていただけるよう、また、まだ乗っていただけてないお客様には新規ユーザーとなっていただけるよう、ビッグスクーターとしての商品魅力を創造していけたら幸いである。

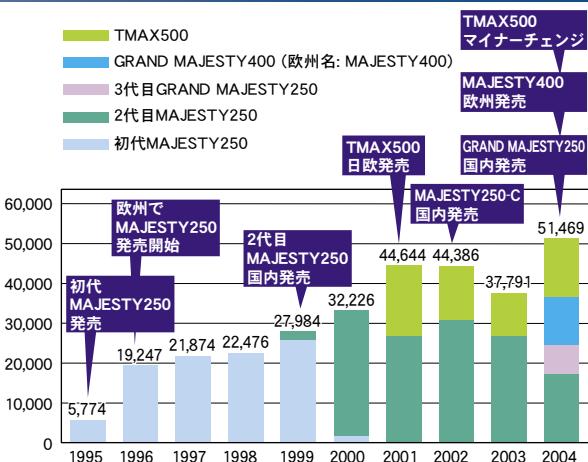


図6 販売台数実績(欧州現地法人製スクーターを除く)

## 6 おわりに

この10年間で、MAJESTYシリーズ、TMAX500のお客様が、延べ30万人以上に達している。ご愛顧をいただいているお客様に、あらためて感謝をするとともに、これからも当社ビッグスクーターを通じて多くのお客様に、新たな感動をお届けできるようにしていきたい。次の10年後には、感動を享受できた人々が2倍、3倍に増えていることを夢見て。

### ■著者



高橋 博幸  
Hiroyuki Takahashi  
MC事業本部  
CV事業部 開発室



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## ポータブル・ジェネレーター技術の変遷

Developments in Portable Generator Technology

深谷 光男

### Abstract

Yamaha Motor Co., Ltd. released its first portable generator on the market in 1973. The model name was ET1250. It was an open type synchronous generator with a rated output of 1.2 kVA and was powered by Yamaha's MT110 2-stroke engine. With 32 years having passed since then, Yamaha's generators have developed along with the trends of the times toward lightness, slimness, and simplicity by rapidly becoming lighter and more compact to the point where a generator of the same output is now half the weight of conventional models of not long ago. Yamaha's latest silent type 2 kVA class (rated output) model "EF2000iS" mounts a 4-stroke OHV engine in an aluminum die-cast frame. Designed for light weight and an appealing design, this model is a product of Yamaha's brand strategy to be "No. 1 in Quietness and Lightness." In this report we trace the development of Yamaha's generator technology from our first model to our latest.

### 1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)が携帯発電機の第1号機を世に送り出したのは、1973年のことである。モデル名は、ET1250(図1)。2ストロークエンジンMT110を搭載した、定格出力1.2kVAのオープン型同期発電機である。あれから32年、軽薄短小化の時代と共に歩んできた当社携帯発電機は、軽量化とコンパクト化を一気に進め、同一出力で重量2分の1を達成した。定格出力2kVAの最新防音型モデルEF2000iS(図2)では、4ストロークOHVエンジンを搭載し、フレームにアルミダイキャストを採用。軽量化と外観デザインの先進性をねらい、同時に"静かさ・軽さNo.1"のブランド戦略の旗印を追求した。本稿では、1号機から最新モデルまで、その発電技術の変遷を紹介する。



図1 第1号機 ET1250



図2 最新モデル EF2000iS

## 2 携帯発電機 第1号機について

ET1250は、発電方式として回転電機子式を採用。スターター付きドレーン機構装備キャブレターによる良好な始動性、大型サイレンサー採用による静肃性を特徴とした商品であった。2ストロークエンジンの容易な整備性により、土木建設作業、農林水産業界で広く活躍した。

この発電方式(図3に回路図を示す)は、交流電力を取り出す巻線がクランクシャフトと直結したローターコアに巻かれており、外側のステーターは巻線式の界磁コイルを2個設置した構造である。電圧制御はダイオード式と呼ばれ、シリーズコイルにダイオードを追加し、負荷電流の増大に伴い励磁力を増強し、端子電圧の垂下を補償した。これにより、電圧変動率は7%を達成している。しかし、交流電流はブラシを介して取り出すため、その接触部分でのトラブルが多かった。また、発電体の線間レアーショートや、水中ポンプが起動しないという問題があり、解決のために試行錯誤の連続となった。しかしながら、この第1号機は、クラス最大の出力を業界にアピールし、その存在を知らしめた。

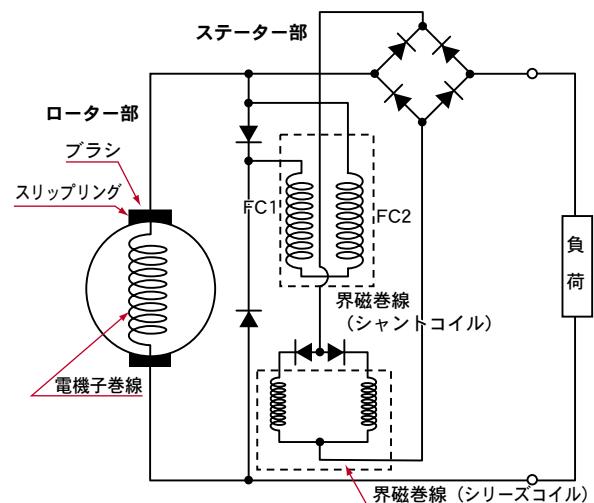


図3 回転電機子式回路図 (ET1250)

## 3 コンデンサー補償式

第1号機開発から数年間、当時の開発部門は昌和製作所沼津工場(現、創輝株式会社)にあり、発電体は、他社からの購入部品であった。しかし、当社技術サイドから、発電体を内製化しようという機運が高まり、昌和製作所と共同で開発を進めることとなる。我々が選択した発電方式は、コンデンサー補償式といわれるものであった。九州大学の野中作太郎教授(当時)が考案された、ブラシレス自励型単相同期発電機である。野中教授を技術相談役とし、2人3脚でのラインナップ開発が始まり、本社と九州大学を往復することも度々であった。1979年、業界で初めてコンデンサー補償式発電体を搭載した2ストローク発電機ET500を市場投入。榛葉シボリ製作所(現、創輝株式会社)が、ヤマハ発動機グループに参入した1年前のことである。当方式(図4に回路図を示す)は、ローター残留磁束による誘導起電力により、コンデンサー励磁巻線に進相電流Icが流れ、その"正相分回転磁界による自己励磁"と、"逆相分回転磁界による界磁起電力を、ダイオードで半波整流すること

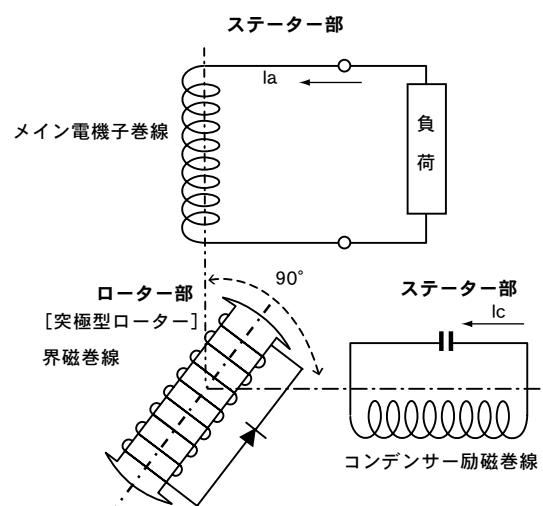


図4 コンデンサー補償式回路図 (ET500)

による自己励磁"の相互作用によって、電圧を確立する。発電安定限界が比較的大きく、かつ、界磁側はダイオードを挿入するだけでよいので、これをローターに設置すれば、スリップリングの必要もなく、構造が簡単になる。励磁巻線とメイン電機子巻線は、電気角で90°の位相を有し、図示するIcとIaの合成起磁力は、単相電機子反作用を増大し、負荷電流増加時の電圧低下を補償する。これは、従来のブラシ付きから無接点化を実現したものであり、メンテナンスフリー・高信頼性発電機への幕開けとなつた。以来、現在まで、1~4kVAまでのコンデンサー補償式発電体開発を完了。エンジンから発電体までの主要部品を社内開発とし、内部製造するその総合開発力は、当社の強みであり、誇りとするところである。しかし、その製品化成功の裏には、乗り越えるべきいくつかの課題があった。まず、残留磁気のみで電圧を確立するが故に、電圧立ち上がり回転数が高くなり、電圧が確立しないという問題。その対策として、ローター巻線数アップによる相互誘導インダクタンス増加、ステータースロット配置を90°ずらす磁路変更やサブコイルのコンデンサー容量を大きくして電機子反作用を増磁側にアップすることを実施した。その他、誘導モーターの起動性が十分でなく、その改善に時間と労力を費やしたことも事実である。コンデンサー補償式に突き進んだ当社の方向性は、顧客に十分受け入れられ、その信頼性は市場の高い評価を受けることにつながつた。

## 4 発電システムの変遷

表1に、当社が採用した発電システムの構造と、特徴をまとめた。

### 4.1 回転電機子式(図3)

システム詳細は前述、「2.携帯発電機 第1号機について」を参照。メンテナンス性、コンパクト性が、他の方式に対し、劣る。

### 4.2 回転界磁式(図5)

1976年、エンジンに初めてアルミダイキャストシリンダーを採用したEF1500は、回転界磁式でAVR(自動電圧調整装置)により電圧制御するシステムで、発電システムの諸特性は、平均して良好であった。

一方、同方式採用のEF1800開発時、磁気音という発電機特有の新たな問題と向き合っていた。発電体メーカーとの合同テストが当社浜北工場で行われ、発電体へのワニス2回含浸が、磁気音低減に最も効果があることを確認。これを生産仕様とした。また、発電機特有のフリッカーという問題にも直面。電圧の瞬時変動によって白熱球の光束が変化する現象(チラツキ)が問題となつた。これを抑えるために、エンジン側の回転変動を緩和すべく、フライホイールの慣性モーメントを増やすことや、発電機の発生

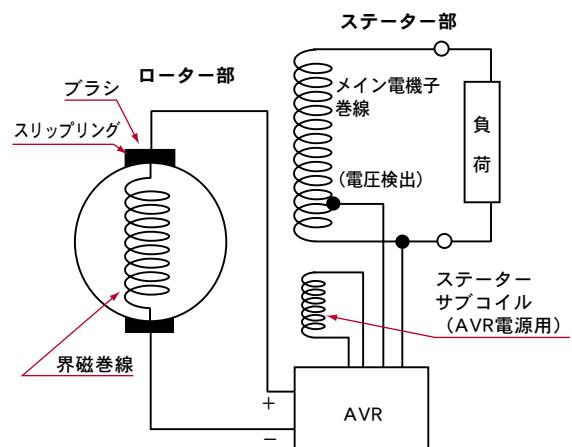
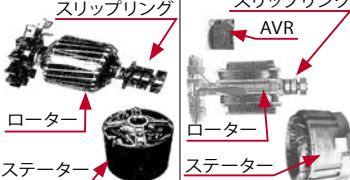
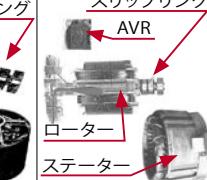


図5 回転界磁式回路図 (EF1500)

電圧とエンジントルク変動との位置関係を見直す作業が日夜進められた。対策は、エンジン瞬時速度の最大位置で、発電機発生電圧が±0Vになるように、発電体ローターをクランク軸に対し、組付けることとした。この技術は現在でも継承されている。

表1 当社携帯発電機の発電システム方式とその特徴

注) 当社 1 ~ 6 kVA 発電機の諸特性を△○◎の三段階で評価

No	1)	2)	3)	4)	5)
年代	1973 年~	1976 年~	1979 年~	1984 年~	2000 年~
発電方式と代表モデル名	回転電機子式 ・ ET1250	回転界磁式 ・ EF1500	コンデンサー補償式 ・ ET500	励磁付き AVR 式 ・ EF4300	三相多極磁石式 ・ EF2500i
構造					
メンテナンス性	△ ブラシのメンテナンスが必要: 出力電力をローターのブラシを介して取り出すためブラシの問題が多い	○ ブラシのメンテナンスが必要: ブラシを介する界磁電流(1~2A)は小さくトラブルは少ない	◎ ブラシレス、AVR で定電圧を保つため、部品点数が少なく構造が簡単	○ ブラシレス	◎ 完全な無接点式でメンテナンスフリー
波形のきれいさ (波形ひずみ率)	○ 20%	○ 15 ~ 17%	△ 23%	○ 19%	○ 2.5%
電圧安定性 (動揺電圧 / 定格電圧 × 100)	○ —	○ —	△ 回転数により電圧が変化	○ —	○ 電圧は CPU によるフィードバック制御で安定
電圧変動率 (最大電圧 - 最低電圧 / 最低電圧 × 100%)	○ 2 ~ 7%	○ 2 ~ 7%	△ 5 ~ 10% エンジン回転数の変化で出力電圧が変化やすい	○ 2 ~ 5%	○ 1 ~ 3%
総合効率	○ 76 ~ 78%	○ 76 ~ 78%	△ 69 ~ 80% 他の方式と比べ効率が悪い	○ 76%	○ 75 ~ 84%
コンパクト性 (軸長)	△ スリップリングまわりの軸長大	○ —	○ ブラシレスのため軸長小	△ 励磁機分だけ軸長が長い	○ ユニット分を含めても小
コスト	△ —	○ —	○ 構造が簡単な分コスト安	△ 励磁機と AVR でコスト高	△ 制御ユニット付きでコスト高

#### 4.3 コンデンサー補償式(図4)

システム詳細は、前述の「3.コンデンサー補償式」を参照。表1に示すとおり、ブラシレスによりメンテナス性が良いことと、低コストであることに大きな利点を持つ。

#### 4.4 励磁機付きAVR式(図6)

1984年、初号機EF4300を市場導入。エキサイターという別の小型発電機を抱えた構成で、部品点数が多く、構造が複雑。しかし、市場からの電圧調整機構要望が強く、AVR装備が可能な当発電システムを採用。発電体は社内開発とし、現在5~6kVA出力帯に採用している。ブラシレスによりメンテナス性が良いことが特徴。

#### 4.5 三相多極磁石式(インバーター式)(図7)

1998年、それまで先行開発を進めていたインバーター式発電機の商品開発に着手。この方式の発電機は、従来型と比較し、製品コストは高いが、軽量・コンパクトで商用電源に近い、きれいな波形という高付加価値を持つ商品である。諸特性は、コストを除いて従来発電機に優る。軽量化の手段として採用した、このインバーター式は、三相多極発電体により、300~500Hzの三相交流電圧を発電し、一旦、直流電圧に変換した後、インバーター回路部で50Hz(60Hz)の交流電圧を生成する。

2000年の秋、当社で初めてのインバーター式発電機EF2500iを市場投入。乾燥重量29kgと、クラス最軽量を達成し、現在も安定した顧客を獲得。続いて、業界で初めて二重巻線方式インバーターシステムを搭載し、軽負荷時静肅性で他社製品を凌駕したEF900iSを開発した。さらに、当社独自のパワーブースト・システム(図8)を、EF3000iSEBにて開発。起動電力の大きな負荷に対し、始動用バッテリーエネルギーをDC/DC変換し、通常の電力と加算。これにより、DC/ACインバーター出力は増大し、誘導負

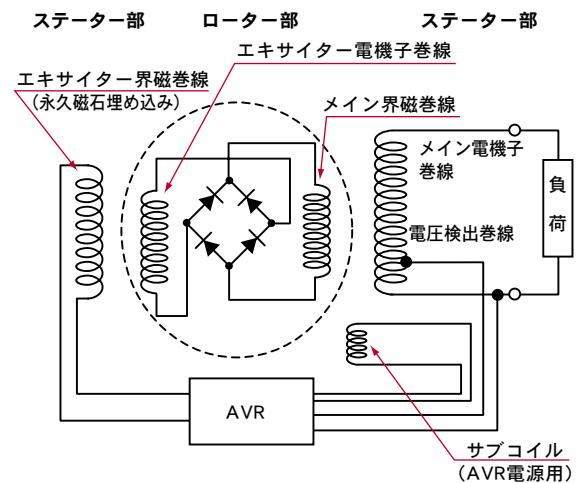


図6 励磁機付きAVR式回路図(EF4300)

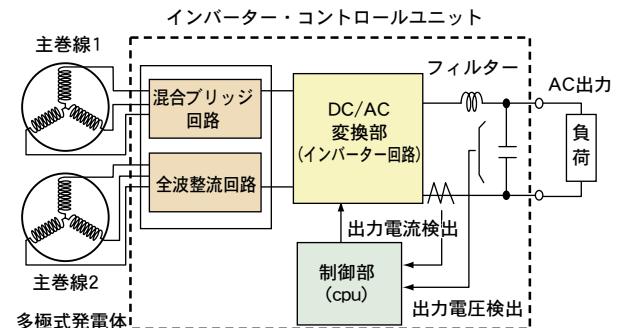


図7 インバーター式回路図(EF900iS)

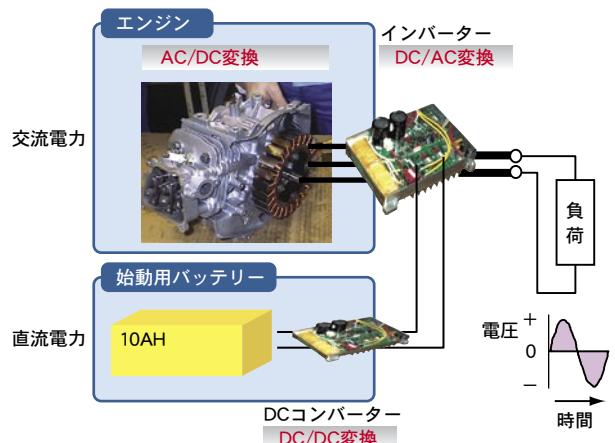


図8 パワーブースト・システム図

荷起動性を向上させることができた。そして、冒頭に紹介したEF2000iSが、インバーター式発電機ラインアップの最新モデルである。それぞれに当社らしい付加価値をもった製品開発を進めてきた。

これらのインバーター式発電システムは、環境対応技術として、軽負荷時にエンジンを低回転に制御し、低騒音・低燃費化を図ることができる。かつ、商用電源と同等の良質な電気を供給できる点が、まさに"ポータブルでインテリジェントな小型商用電源"である。このインバーター式発電機を、今後、いかに差別化した形で進化させていくか、またインバーターに代わる新しい技術をいかに創出するかが、我々に残された重要課題であり、その結果としての技術が、次世代の勝ち残り技術となるものと考えている。

## 5 低騒音化と軽量化への道

1985年、1kVAクラスコンデンサー補償式防音型発電機EF900Sの生産を開始。この商品は、それ以来15年以上、ユーザーから愛された。これに代わるインバーター式発電機の開発が開始されたのは、2000年夏のことである。競合他社が、すでに同クラス同一出力のインバーター式発電機を市場で販売しており、後発で何ができるかということに企画担当者と頭を抱えて議論したことを思い出す。その結果が、前述した二重巻線方式である。低回転領域で発電出力を確保するために、電流遮断方式点火システム(TCI)で採用している考え方を応用。低回転領域でも発電可能するために、主巻線の他に、低回転用巻線を追加した。この多極発電体は内製化し、制御回路部分は三相混合ブリッジ回路と三相全波整流回路を直列接続とし、社外に製造を委託した(図7参照)。これにより、EF900iSは他社製品と比較しエンジン回転数を1,000rpm低く設定でき、軽負荷時の騒音値を3dBA(at 7m)低減した。インバーターモデルの騒音測定の様子を図9に示す。

軽量化は、EF900iSにおいては、従来モデルの乾燥重量25kgに対し、12.7kgを達成(図10)。2005年に開発を完了したEF2000iSは、従来モデルEF2300Sの乾燥重量76kgに対し、32kgを達成。約50%の軽量化である(図11)。これらの軽量化に大きく貢献した技術は、インバーター方式採用による発



EF2500i



EF2000iS

図9 騒音測定の様子

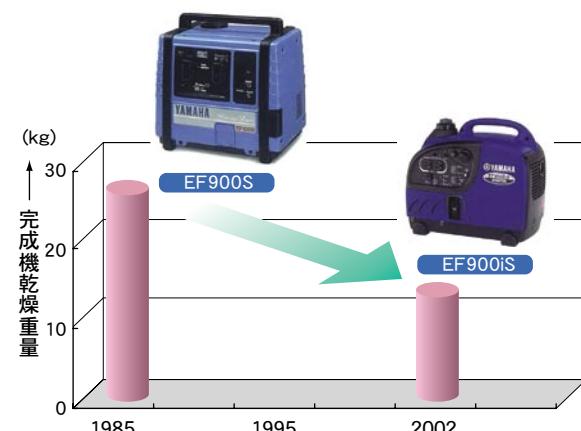


図10 1kVA携帯発電機、軽量化の足跡

電体部分の軽量化、エンジンを高回転で使用することによるエンジン重量の低減、および、軽量部材の採用によるものである。エンジンという内燃機関を動力源とする限り、エンジン音とエンジン重量の軽減には限度がある。しかし、それを取り巻く補機、例えばボディー、フレーム、タンク、電子制御ユニット、磁石を使ったコンポーネント技術の発展はめざましく、低騒音化と軽量化への挑戦は今も継続中である。

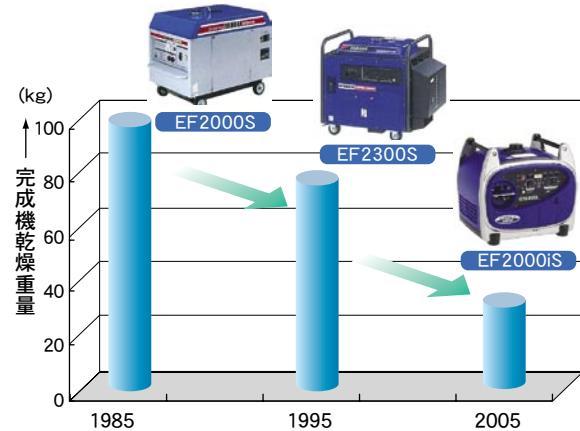


図11 2kVA携帯発電機、軽量化の足跡

## 6 おわりに

携帯発電機におけるパラダイムの変換は、同期発電機からインバーター式発電機に代わった時であると考えている。電気機器工学の根本である同期発電機は、 $N=60f/P$ (回転数:N[rpm]、磁極対数:P、周波数:f[Hz])に従い、一定周波数を得るために、同期速度(エンジンスピード)を一定に維持しなければならない。この概念を覆すインバーター発電方式は、Nに無関係に、いかなる回転数でも所要の周波数と電圧を得ることができる。同時に、商用電源に近い正弦波形であるために、従来使えなかった電気機器が使えるようになり、発電機は幅広い生活圏での電源に進化した。一方、世の中の動きとして、発電システムが、今後より分散型で小容量電源の方向に進むであろうという考え方がある。家庭や集合オフィスのコーポレーティブ用電源、あるいは災害時に役立つ可搬式電源として、より家屋に近いところにもインバーター式携帯発電機の活躍の場が広がってきた。そのエネルギー源は、ガソリンエンジンの他に、ガスエンジン、燃料電池であってもよい。現実に、商用製品として、一戸建て住宅における定置用燃料電池コーポレーティブ用電源システム(都市ガス仕様)の導入が、東京で開始された。しかし、この定置用燃料電池コーポレーティブ用電源システムを一般家庭に導入しようとすると、価格の面で大きな制約が生ずる。従って、ガソリンやガスを燃料とした低コストのエンジン動力源インバーター式発電機が、防音性能とエンジン耐久性能を保証できるのであれば、住宅空間にも十分に活躍の場が広がるのではなかろうか。

前述した、パワーブースト・システム搭載EF3000iSEBは、キャンピングカーのエアコン起動性に付加価値ありとみて、開発を進めたものである。静肃性と合せて、北米キャンピングユーザーに受け入れられている(図12)。



図12 北米のキャンピングサイトにて



進化した現代文明の環境の中、多くの電気製品に囲まれて生活するようになった我々現代人にとって、電気は衣食住に次ぐ、第4の生きるための糧といえる。2004年に日本で勃発した新潟中越地震、海外のスマトラ沖地震による津波の大被害は、現代文明を粉々にしてしまった。そんな被災地域で当社のポータブル・ジェネレーターが少しでもお役に立ったなら、幸いである。

## ■著者



深谷 光男  
Mitsuo Fukaya

---

特機事業部  
パワープロダクツ事業室



創立 50 周年記念特集：○○の今昔

## 船外機の昔、そして今

Outboard Motors, Then and Now

松下 行男

### Abstract

It was in 1956 that Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) began studying the possibility of entering the outboard motor industry. At the time, the marine market in the United States was in the midst of a postwar outboard motor boom. In the five decades since then, YMC has accumulated a wealth of experience in the outboard motor field. Although these 50 years may look short in comparison to the roughly 140-year history since the first products that are clear predecessors of today's outboards appeared in the world, for YMC these five decades have been a long and often rough road. But it is a road that has led us to our position today as the world's largest manufacturer of outboards in terms of unit production.

In this short report I would like to take a look back over this road that Yamaha outboard motors have come along with our customers around the world.

### 1 はじめに

1956年に、ヤマハ船外機の事業化の検討がスタートした。この頃、米国マリン業界では、戦後の船外機ブームが起きていた。ヤマハ船外機は、様々な経験を経て今日に至り、50年目を迎えるとしている。船外機らしき姿が現れてから、およそ140年の船外機の世界史から見ると、短いように見えるかもしれない。しかし、ヤマハ船外機にとっては決して平坦ではなく、長い長い道のりでもあった。それが今日、船外機の生産数量で世界一といわれるまでに至った。

小特集として、限られた紙面の中だが、お客様とともに、ヤマハ船外機がここまでこられたという道のりを振り返ってみたい。

### 2 船外機の歴史

船外機の世界史をみると、1866年に、フランス人のピースの手回しスクリュープロペラという船外機らしき姿があるが、1896年に、最初のガソリン船外機が販売されて、原型がここで確立された。1905年に、ウォーターマンが自ら「船外機」と名づけた装置に関する特許を申請した。これが「船外機のスタート」といってよいかもしれない。

1909年に、エビンルードが米国ウィスコンシン州にエビンルードモーター社を設立し、船外機を販売した。1939年に、キークーファーがウィスコンシン州にマーキュリーマリンの前身のキークーファー社を設立した。両社は後に、OMC社、マーキュリー社として、世界の船外機リーディングカンパニーになっていった。

日本国内を見てみると、1930年に「九〇式駄載操船機」、そして「九二式、九四式軽操船機(1934年)」などがあった。日本で最初に作られた民間船外機は、1932年の「天城」と呼ばれるもので、その他、「ハリマ・モーター(1935年)」、「旭(1937年)」、「砧(1938年)」があった。

### 3 ヤマハ船外機の誕生

1956年頃、ヤマハ発動機の川上社長が個人的に使用していたセールボートに船外機を搭載することになった。このボート用に、米国から船外機を購入するにあたり、社内で検討したことが、当社における船外機開発の原点といえる。世界、特に米国では、太平洋戦争後の1951年には、戦後最低レベルである29万台まで落ち込んだ。しかし、その後の売り上げは上昇に転じ、ヤマハ発動機が船外機の事業を検討し始めた1956年には、63万台まで急上昇していく、戦後における真の船外機ブームが起きつつあった。図1に船外機の歴史の一部をピックアップして示す。

年代	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010		
【世界の動き】													◆手回しスクリュープロペラ ◆蒸気を動力とするデタッチャブル推進機の発明品 ◆最初のガソリン船外機の販売。船外機の基本形確立。 ◆「船外機」と自ら名づけた装置に関する特許 ◆Ole Evinrudeが量産船外機第1号の試作製作。 Evinrude Motor Company設立。 ◆第1回 Chicago International Boat Show開催。 ◆Mercury Marineの前身 Kiekhaefer Corp.を設立。 ◆第1回 Miami International Boat Show開催。			◆排ガス53年規制 ◆Boden湖排ガス規制 ◆EPAマリン排ガス規制 ◆CARBマリン排ガス規制		
【日本の動き】													◆九〇式駄載操船機 ◆九二式、九四式軽操船機 ◆日本で作られた最初の船外機：名称「天城」 ◆ハリマ商会の「ハリマ・モーター」発売。 ◆「砧」船外機					
【ヤマハ船外機：2ストローク】													◆P 7 ◆P 3 ◆55A ◆140A ◆220A ◆250A					
													【ヤマハ船外機：筒内噴射】	◆HPDI250 ◆HPDI300				
													【ヤマハ船外機：4ストローク】	◆F9.9 ◆F50 ◆F200 ◆F100 ◆F250				

図1 船外機の歴史とヤマハ船外機

ヤマハ船外機の最初の生産機は、1959年に「P7」と呼ばれる、2ストローク125cm<sup>3</sup>空冷単気筒の船外機である。開発では、空冷のため、排気熱でドライブユニットが歪むことによって生じる問題の苦労を伴った。「P7」に次ぐ2番目の製品として、出力が半分である2ストローク63cm<sup>3</sup>空冷単気筒3馬力・ロータリーバルブ付きの船外機「P3」を、1961年に発売した(図2)。ちょうどこの頃、オートバイのYA5で開発中の機構を参考にして、エンジン部分には吸気方式として、初めてロータリーバルブを採用した。「P3」は始動性が良く、軽くて評判が良かった。船外機特有の技術的課題の中で最大の問題は、海水の塩分による腐蝕であり、塩害対策に最も苦労した。ステンレス製のボルトを使っても、すぐに腐蝕して、ねじが固着してしまうことがあった。

### 3 ヤマハ船外機の成長

その後、海水対策、腐食対策、始動不良対策、エンジン内への水入りなど、不具合対応を経験したが、中でもエンジン内への水入りが大きな問題であった。シリンダーからの排気は、ドライブ軸の通路を通りプロペラの所で水中排気されていたため、水分が逆流してシリンダー内部に水が入ることがあり、問題を起こしていた。エンジン内に水が入ると、航走中にエンジンが不具合を起こしたり、そのままにしておくと、エンジン内部が錆付いて回らなくなったりした。自動車エンジンにない苦労のひとつであった。プレジャー用では大きな問題になっていなかったが、次第に業務用に使用されるようになってから、大きな問題になった。

エンジン内への水入り、始動性不良をはじめとして諸問題が解決していき、これらの経験をもとに実験評価基準が確立されたことが、品質向上で大きな転機となった。流木に当たって壊れる問題を解決するための流木試験評価基準も取り入れられて、推進機部のブラケットやロワーの耐久性も著しく向上していった。その後、耐久試験場も作られ、業務用の開発・評価力がさらに高まった。さらに、国内の航走試験基地および米国にも試験基地(図3)を開設していき、プレジャー用の開発・評価の基盤も整った。

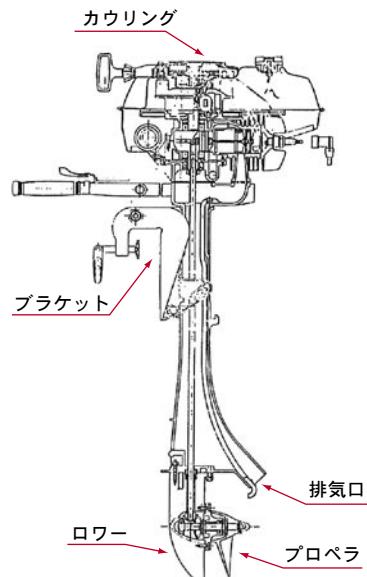


図2 「P3」船外機



図3 米国の試験場:高速試験に使われた水路

## 5 ヤマハ船外機の拡大

マーキュリー船外機を製造するブランズウイック社(米国)と、1972年に契約期間10年間の合弁をし、業務提携が実現して、プレジャー志向を強めていく。プレジャー用のエンジンは、従来の漁業・業務用のエンジンに比べると、軽くてコンパクトであることが要求されるが、ひとつの商品でプレジャー用と業務用の両方に適した性能を作り出すには、おのずと限界があり、できるだけ機種の整理をした上で、プレジャー系列と業務系列の「2本立て」の商品をつくる方針を立てた。用途別の2つのラインナップ構成は、船外機業界ではヤマハが初めてである。他のメーカーの倍の機種を持つことになり、開発の仕事もたいへんだったが、これにより商品の性格が明確になり、生産量も機種の増加に伴って伸びていった。日本経済成長期にあったことも幸いして、この方針は大きな効果をあげた。

1983年に、シカゴIMTECショー(いわゆるシカゴボートショー)で米国進出の発表をする目標が出された。40馬力から220馬力までの12機種は、すべて新商品で、この生産を一気に立ち上げなければならず、全社一丸になって、ものすごいエネルギーを注いだ。結果は、1981年から1983年のわずか3年間足らずの短期間に、それまでやったことのない仕事量をこなした。

## 6 ヤマハ船外機と環境対応

欧洲のドイツ、オーストリア、スイスの3国に囲まれたBoden湖(Bodensee)では、スイスが水質汚染に関連して排ガスの規制を検討しており、1992年に世界で初めてマリンエンジン排ガス規制が施行された。ヤマハマリンにとっても、排ガス規制対応は初めてのことでの、ヤマハ発動機から排ガス技術、ノウハウを吸収し、測定設備、製造設備も整えた。ヤマハ発動機の欧洲拠点とも連携して、世界で最初に船外機排ガス認証ラベルを取得することができた(4ストロークのF9.9)。その後も、排ガス測定設備、製造設備を増強し、充実させて、環境対応の先取りができる体制にしていった。

1998年に、米国環境省(EPA)は、9年間で排ガスを段階的に下げ、HCレベルを75%下げる、いわゆるEPAマリンエンジン排ガス規制を施行した。さらに、米国カリフォルニア州の大気保全局(CARB)が、2001年、2004年、2008年にHC+NOxを段階的に低減させていき、最終の2008年には、EPA2006年のHC+NOxレベルの35%に下げるCARBマリンエンジン排ガス規制を施行した。これらの規制に対応するため、商品としては、4ストロークシリーズを拡張して、ラインナップは250馬力の「F250」(図4)までに至っている。



図4 4ストローク船外機「F250」

一方、軽量コンパクトで高出力の2ストローク船外機の良さを望むユーザーも多く、4ストロークと2ストロークの両方を推進する「2&4」方針を掲げた。2ストロークエンジンに関しては、2ストロークエンジン特有の、排気口から吹き抜ける未燃燃料が排ガスを悪くさせていることを改良するため、1985年から、燃料をシリンダーに直接噴射して燃焼させるシステムの筒内噴射(または直噴)の研究を、社内で行っていた。1999年に、排ガス対応2ストロークのHPDI(High Pressure Direct Injection)シリーズの先がけとなる2ストローク高圧筒内燃料噴射・200馬力船外機の「HPDI-Z200」商品を発売した。同時に、バスポート市場を中心とした船のハイスピード化に呼応して、船の高速操縦安定性を高める水中の推進基部(ロワー)の改良も行い、2003年には、シリーズ最大馬力であるHPDI300馬力船外機の「HPDI-VZ300」が導入された(図5)。

ヤマハマリン社内では、地球環境方針「地球環境との調和を図った事業を推進します」を経営理念のひとつに掲げ、4ストロークシリーズ、および、2ストロークHPDIシリーズを拡張している。現在では、トータル生産数量から見ると、4ストロークの比率が少しづつ増えて、4ストロークシリーズ、および、2ストロークの生産比率は、およそ1:1になってきている。提供している商品の範囲は、4ストローク船外機では、2.5馬力から250馬力、2ストローク直噴HPDI船外機は、150馬力から300馬力、その他、2ストローク船外機、ケロシン船外機、エンデューロ船外機シリーズがあり、幅広く商品群を揃えていて、お客様の選択肢は広いものとなっている。生産累計台数は、2003年12月時点で700万台を達成している(図6)。



図5 2ストローク船外機「HPDI-VZ300」

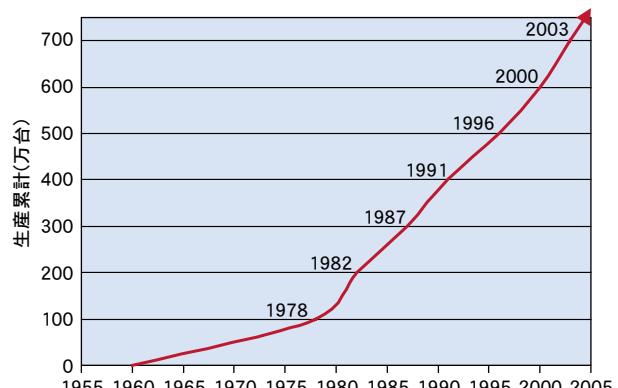


図6 ヤマハマリンの累計生産台数

## 7 おわりに

船外機の歴史も交えて、ヤマハ船外機の昔を振り返ってみると、ヤマハ船外機の今を垣間見ることができる。プレジャー用の船外機としてばかりでなく、業務用にも拡大していった結果、世界各地の多種多様な船、使い方を知り、また、その中で塩水腐食・水入り問題など、船外機特有の根本的な技術課題に直面した。その都度、現地に行ったサービスの人達、その情報に耳を傾け対応に全力を注いだ技術の人達がいて、積み重ねた経験をノウハウとして、評価基準等に蓄積していった。環境課題に対しては、関連会社と技術交流を行い、環境対応の「先取り」へと成長した。そして、いつのときも「船外機の基本は何か」を思い起こしながら、事業の拡大とともに発生する要望を取り込んで、最終的にはバランスのとれた商品として熟成させた。

今後も、各地域でのお客様の要望、環境保全や省エネルギーなどの様々な要望があると想像するが、これまでのヤマハ船外機史に刻まれた「水をよく知る船外機メーカー」として、要望に応える新技術を開発しながら、「船外機の基本」は崩すことなく、バランスのとれた船外機商品を作っていくたい。

### ■参考文献

- 1) Charles D. Strang, "The Long Happy Life of the Phenomenal Outboard Motor", Motor Boating, 1965.
- 2) (社)日本舟艇工業会編, 日本舟艇工業会30年史『航跡』, 2000.

### ■著者



松下 行男  
Yukio Matsushita

ヤマハマリン株式会社  
第14技術部

# 製品紹介

## 2005年歐州向けトルクスポーツ「MT-01」

2005 European market model Torque Sports "MT-01"

富永 隆史 木下 拓也 田中 裕 渡邊 隆志 隆谷 文緒 伊藤 和久



図1 MT-01

### Abstract

When Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) showed a prototype named the "MT-01" as a special exhibition model at the 1999 Tokyo Motor Show, it received high acclaim for its advanced and innovative concept and original styling. Subsequently, YMC also received strong calls from markets like Europe for a production model of the MT-01 to be marketed.

Meanwhile, as the aging of the user demographic continues, total motorcycle demand in the European market has shown a strong trend toward stabilization at a scale of about 700,000 units per year. Within this, sport bikes constitute a central segment (approx. 1/4 of the overall demand) that is continuing to show growth today amidst trends toward larger displacement models and diversification regarding user tastes reflected in the products. In light of these market requests and market background, YMC has developed the MT-01 as a 2005 production model under the development key words of a "Soul-beat V-twin Sports" machine aimed at offering "the ultimate hobby machine for the sophisticated adult." Through this model YMC hopes to propose a new type of product for the mature user demographic that gives a clear demonstration of our originality and uniqueness as a maker and further strengthens the Yamaha brand image. Here we report on the development of the MT-01.

### 1

#### はじめに

ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)が、1999年の東京モーターショーに参考出品した「MT-01」は、新規性の高いコンセプトと独創的なスタイリングが高く評価され、欧州を中心に量産化を強く待望する声があった。

一方、顧客層の成熟化が進み、総需要約70万台の規模で安定化の傾向を強めている欧洲二輪車市場の中で、スポーツカテゴリーは、その中核(総需要の約4分の1)をなし、かつ、排気量の大型化・商品嗜好の多様化が進み、現在も伸張を続いている重要な分野である。このような市場要望・市場背景の中、当社の独自性のさらなる明確化・それによるブランドイメージ高揚・成熟した顧客層への新たな商品提言のねらいのもと、"ソウルビートVツインスポーツ"を企画のキーワードに、"洗練された大人のための究極の趣味材"の具現化を目指して2005年モデル「MT-01」(図1)の開発を行った。

## 2 開発のねらい

数値性能での商品性明確化・向上だけでなく、"鼓動(BEAT感)"を楽しむ官能性能型商品の提示を目指し、以下の5項目を具体的な開発のねらいとした。

- (1) 一発一発の爆発を感じる大排気量Vツインの加速特性
- (2) コーナー脱出時の力強いトルク特性
- (3) エンジン特性を生かした軽快なハンドリング
- (4) 人を振り向かせる独創的な外観
- (5) 所有感を高める各部仕様(特にコックピット回り)

仕様諸元を表1に、フィーチャーを図2に示す。

表1 MT-01 仕様諸元表

項目	諸元値	
原動機種類	空冷 4ストローク	
	V型2気筒、4バルブ	
排気量	1,670 cm <sup>3</sup>	
内径×行程	97.0x113.0 mm	
圧縮比	8.36:1	
最大出力	66.3 kW / 4,750rpm	
最大トルク	150.1 N·m / 3,750rpm	
変速比	1速:2.375	2速:1.579
	3速:1.160	4速:0.960
	5速:0.800	
1次/2次減速比	1.479 / 2.294	
全長×全幅×全高	2,185x790x1,160 mm	
シート高	825 mm	
軸間距離	1,525 mm	
最低地上高	145 mm	
乾燥/装備重量	240 / 259 kg	
キャスター/トレール	25° / 103 mm	
ホイールトラベル	前	120 mm
	後	117 mm
タイヤサイズ	前	120/70 ZR17M/C (58W)
	後	190/50 ZR17M/C (73W)
ブレーキ形式	前	油圧式ダブルディスク
	後	油圧式シングルディスク
燃料タンク容量	15.0 L	
エンジンオイル容量	5.0 L	
バッテリー容量	12V / 12AH	
ヘッドライト	ハロゲンバルブ H7/HB4	

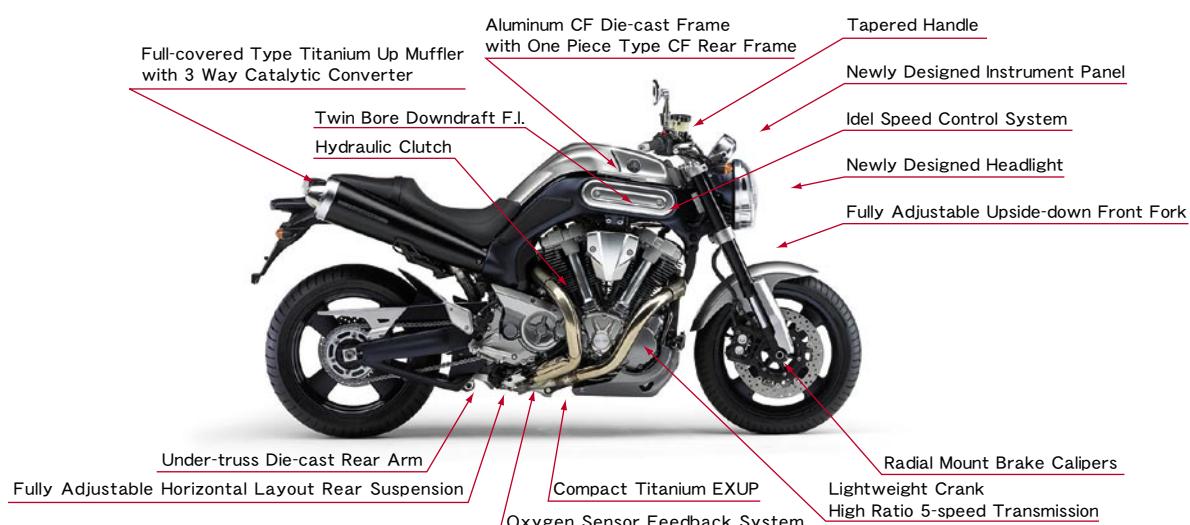


図2 フィーチャーマップ



## 3

## エンジン関係概要

環境対応、並びに開発のねらい「一発一発の爆発を感じる大排気量Vツインの加速特性」、「コーナー脱出時の力強いトルク特性」を両立させるために、次の項目に主眼をおき、開発を行った。

## 3.1 トルク特性

開発のねらいを達成するにあたり、下記2点に留意した。

- (1) 1回毎の爆発を鼓動感として楽しめるように、低回転域で十分な駆動力を確保する。
- (2) 加速時も煩雑なシフト操作によるパワーバンドの保持を不要とするよう、スロットルを開けるだけで必要な駆動力を確保する。

(1)についてはハイギヤード化が、また(2)についてはトルクアップが具体的な施策である。

本系列のエンジンの特徴であるフラットなトルクカーブにより、中回転域以上では、優れたスロットルレスポンスでのスポーツ走行が楽しめる。また、2,000rpm付近のトルクの山により、街中でも大排気量感と鼓動感を感じ取ることができる(図3)。このようなトルク特性が、大排気量Vツインを搭載するスポーツモデルとしての「MT-01」のねらいに最適であると判断した。下記に具体的な手法を記す。

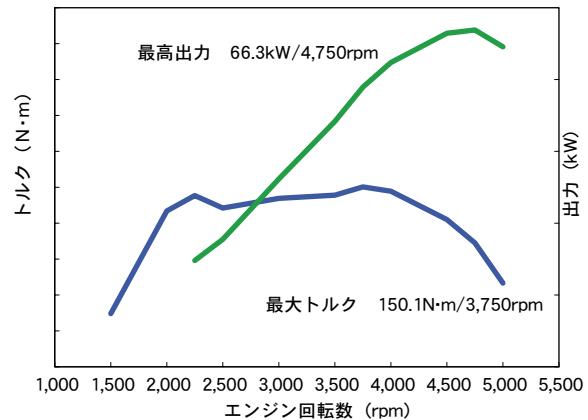


図3 MT-01性能カーブ

## 3.1.1 吸気系

当社既存モデルから採用している、Φ40ツインスロットルボディおよびダウンドラフトレイアウトに加え、エアクリーナー容積を7Lと大きく確保したことにより、当社既存モデル比にて約40%の通路抵抗低減を実現した。軽快なスロットルレスポンスを得ているとともに、静肃性との両立を可能としている。

## 3.1.2 排気系

トルク特性を作りこむ上で大きく影響したのが排気系仕様であり、特に下記2点を重要視した。

- (1) 前後エキゾーストパイプの等長化(図4)
- (2) 触媒配置

(1)に関してはデザインとのバランスをとりながら極力等長化に努め、(2)については排ガス浄化率を考慮しつつ位置選定を行った。



図4 等長エキゾーストパイプ



また、前述のトルク特性実現のために、2気筒エンジンとしては初のEXUP(Exhaust Ultimate Power Valve)を採用した。バルブ配置は2-1集合部とし、1バルブのコンパクトタイプとした。材質をチタン材(ロストワックス鋳物製)とすることにより軽量化も行っている(図5)。

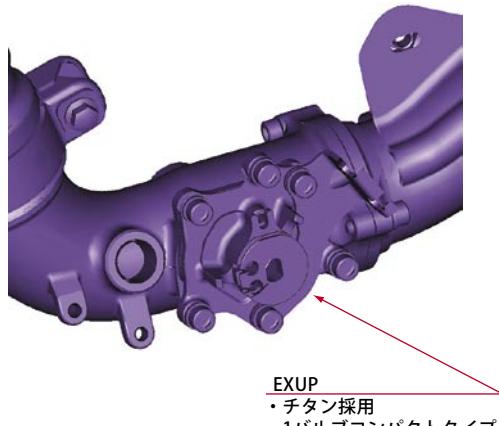


図5 EXUP部

### 3.1.3 变速比

総減速比を当社既存モデルより11%のハイギヤード化することにより、鼓動感と駆動力の両立を達成した。

また、ミッションレシオはスポーツ性を考慮し、一部レシオ配分を見直し、最適化した。

### 3.1.4 軽量化

ミッション側の駆動力をチェーン側へ移すトランスファーユニットを割愛する設計とした。これにより、パワーユニットの軽量化を達成した。

また、マフラー本体および前述のEXUP部をチタン製とした。ステンレス製に対して約2kgの軽量化となっている。クランクケースカバー類についても、当社既存モデルに対し、薄肉化やクルーザー特有の装飾カバーの廃止等を行い、軽量化を行った。

## 3.2 環境への配慮

### 3.2.1 FI(Fuel Injection)システムの最適化

O<sub>2</sub>センサーを採用することで、アイドリング状態からO<sub>2</sub>フィードバックを実施し、またISC(アイドルスピードコントロール)によりアイドル回転数を安定制御することで、理論空燃比による運転領域を極力拡

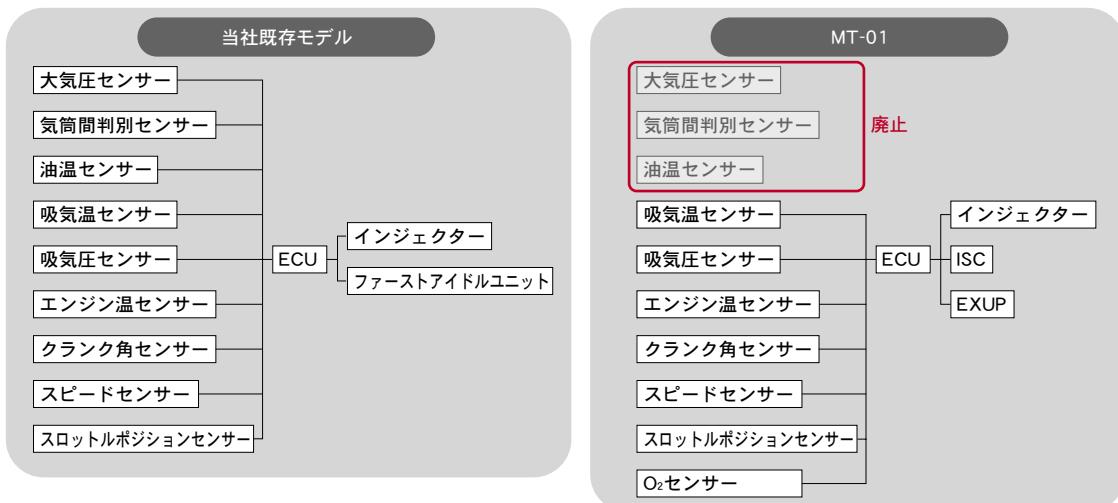


図6 FIシステム概念

大した。さらに、燃料霧化促進のためインジェクターは12孔タイプとし、燃圧アップとあいまって低速域での燃焼改善に貢献し、ユーロ2排ガス規制値をクリアしつつドライバビリティーを確保している。モード燃費も当社既存モデル比で3%向上している。

さらに、前後気筒にそれぞれ備えた吸気圧センサーの出力値を利用し、大気圧および気筒判別を行うことで、大気圧センサー、気筒間判別センサーを廃止した。またISC制御したことから、ファーストアイドル時の冷機または暖機状態把握のために採用していた油温センサーを廃止した(図6)。

### 3.2.2 触媒の採用

マフラー内ディフューザー後端部に、ハニカム触媒を配置した。チタン製マフラーに触媒自体を溶接することができないため触媒保持部はステンレス製とし、本体のチタン部分とはリベット接合としている。これは部品廃却時の分別もまた容易にしている。さらに、触媒活性化を促すために排ガス温度を上昇させるホットチューブを、マフラー上流集合部に採用し、エンジン始動後早期からの排ガス浄化率の確保に貢献している(図7)。

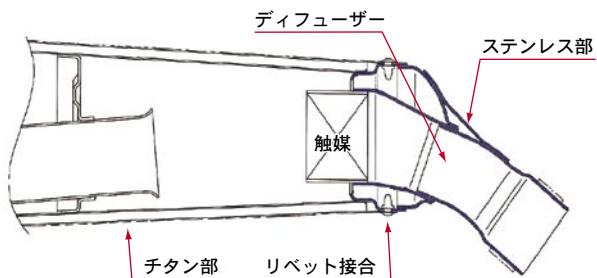


図7 触媒断面図

## 4 車体関係概要

### 4.1 軽快なハンドリングの実現

軽快なハンドリング実現のため、以下の3点を開発主要項目とした。

- (1) 骨格回りの強度と剛性を確保しながら、軽量な骨格(図8)を達成する。
- (2) ボックス構造下トラスリアーム(図9)と新規ピボットシャフト構造による剛性バランスの最適化を図る。
- (3) オイルタンクやリアクション(図10)のレイアウトを含めたマスの集中化を図る。

上記内容に対し、開発特記事項を以下に記す。



図8 骨格



図9 リアアーム



図10 リアクション



#### 4.1.1 溶接レス・ボルトオンアルミフレーム

外観、コスト、強度および剛性部材としての部分最適化を目的とし、当社二輪車では初の3種類の製造方案を用いた溶接レス・ボルトオンアルミフレームを開発した。①デザインの特徴となるメインフレーム部分は、当社独自の技術であるCF(Controlled Filling)ダイキャストを採用。形状の自由度と表面仕上げの美しさを確保し、新色のマットブルーメタリック3を塗装。②ダウンチューブヘッドパイプ下部分は鍛造製を採用し、デザイン上目立たせないように最小形状を確保。③ダウンチューブエンジン下部分は金型铸造製を採用し、エンジン取り付けブラケットを廃止、閉断面化によるリアクッション取り付け剛性を確保。④シート下リアフレーム部分は、上下抜きのCFダイキャスト製を採用。取り付け部を含め加工レス化し、コスト低減を確保。それら4部品全てをボルトで締結することにより、溶接跡がない美しい外観と、溶接コストゼロを達成した。また、強度および剛性面においても、各部材の最適化および軽量化が可能になり、軽快なハンドリングの達成の一因となった。

#### 4.1.2 下トラス2分割溶接金型铸造リアアーム

当社の二輪車では初の金型铸造製2分割溶接アルミリアアーム(図9)を開発した。金型铸造方案を採用することにより、下トラスリアアーム全体のボックス構造が可能。それによりヘッドパイプ部が分割構造にかかわらず、優れた剛性特性と必要強度を確保しつつ、軽量化を達成している。

### 4.2 独創的な外観の実現

独創的な外観の実現のため、以下の2点を開発主要項目とした。

- (1) メガホンアップマフラーにシートがのる、今までにない後回りレイアウトとする。
- (2) エンジンを主役とし、吸気～燃焼～排気構造を視覚的にアピールする車体レイアウトとする。

上記内容に対し、開発特記事項を以下に記す。

#### 4.2.1 樹脂製マフラークリーバー+アルミ製断熱材&冷却ファン

デザイン上の特徴である、メガホンアップマフラーにシートがのるというデザインの成立のため、樹脂製マフラークリーバーを採用。その内側には0.1mmのアルミ製断熱材を接着。また、マフラークリーバー内の熱気を、温度センサーにて制御された冷却ファンにより強制排熱する。それにより、ライダーの安全性と快適性を確保しながら、排気音も体感できる、アグレッシブなデザインを達成している。

#### 4.2.2 新規ピボットシャフト構造

フートレスト回りのスリム化とエンジンを強調した外観達成を目的とし、リアアームのヘッドパイプ側を分割。外からフートレストブラケット、リアアーム、メインフレームのサンドイッチ構造にし、1本のピボットシャフトで連結する、当社チェーン駆動車としては初のピボットシャフト構造を採用し、ピボットシャフト剛性を含めたピボットシャフト回りの剛性バランスを調整した。本構造により、メインフレームとフートレスト回りのスリム化が達成でき、Vツインエンジンの外観を強調しつつ、自然なフートポジションを両立させている。

#### 4.3 所有感を高める各部仕様の実現

所有感を高めるために、以下の2点を開発主要項目とした。

- ・夜でも「MT-01」であることをが一目で分かるヘッドライト(図11)の開発。
- ・「MT-01」らしい、独自のコックピット回りの実現。

##### 4.3.1 新規構造ヘッドライトの開発

縦2灯異形デザインのヘッドライトを新作。その特徴として、ポジションランプがヘッドライト枠をとりまくようリング状に発光する新規構造を開発した。夜でも「MT-01」であることが一目で分かる。



図11 新規構造ヘッドライト

##### 4.3.2 高品質メーターの開発(図12)

円の中にアナログ式タコメーターとデジタル液晶表示が共存するメーターを新作。その特徴として、アナログタコメーターの文字盤を光が透過可能な樹脂製とし、暗いところでは、文字が立体的に浮かびあがる高品質なメーターを開発。これも、「MT-01」の所有感を高めている。



図12 高品質メーター

##### 4.3.3 その他の特徴

フルアジャスト式サスペンション、フロント倒立サスペンション、フロントラジアルポンプマスターシリンダー＆ラジアルマウントキャリパーを採用。また当社量産車初のテーパーハンドルの採用など、全ての部品が「MT-01」であること、またその走りを満足させる装備となっている。

### 5 開発上の取り組み

仕様・性能上の数値目標達成もさることながら、新領域での商品提示を目指し、官能性能型商品開発のため、経験豊富な実験グループの官能評価を核として、それに解析技術を織り交ぜ、"心地よい鼓動"の商品具現化を図った。また、従来以上の高い品質基盤の上に独創性の高いスタイリングを実現すべく、製造・調達をはじめ、全社がひとつとなって、開発・生産展開に取り組んだ。また、本社の全体活動と平行し、欧州現地を中心として広範囲なアクセサリーの開発も行われた。これらにより、高品質なライフスタイル提案型商品開発・提示が可能となった。



## 6 おわりに

2004年秋にドイツで開催されたIntermot(国際オートバイ・スクーター専門見本市)での発表以来、市場での反響は非常に大きく、当社の独自性含め、モデルのコンセプト・スタイリングに対し高い評価をいただいている。また、南アフリカ・ケープタウンで催されたワールドワイド・プレス評価会では、"トルクスポーツ"としての"鼓動感"、"ハンドリング"に関する賛辞、新領域商品提示への賞賛を頂き、各雑誌社の誌面を大きく飾る結果となった。今後とも、より多くのお客様に、当社の新たなる提案"ソウルビートVツインスポーツ"を体感・享受していただけることを期待している。

### ■著者



左から、

伊藤 和久 Kazuhisa Ito  
MC事業本部 MC事業部 開発室

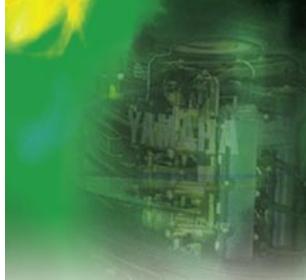
木下 拓也 Takuya Kinoshita  
MC事業本部 MC事業部 開発室

隆谷 文緒 Fumio Takatani  
MC事業本部 MC事業部 開発室

富永 隆史 Takashi Tominaga  
MC事業本部 MC事業部 開発室

渡邊 隆志 Takashi Watanabe  
MC事業本部 技術統括部 コンポ開発室

田中 裕 Hiroshi Tanaka  
MC事業本部 MC事業部 開発室



## 製品紹介

# マウンターメーカーが作った実装検査装置 マウンティングインスペクター 「Mi」

"Mi"-A mounting inspector device created  
by a maker of surface mounters

村松 啓且



図1 グッドデザイン賞を受賞した「Mi」

### Abstract

The Yamaha Motor group company i-PULSE Co., Ltd. has developed the mounting inspector "Mi," a device used to inspect the condition of parts (chips) on a printed circuit board to verify that they have been properly mounted by a surface mounter.

This is a device that is usually positioned in the production line after the surface mounter and has the functions of verifying whether or not each part is mounted or not and whether or not the positioning is correct. It is thus an inspection device that provides a real-time quality control function that prevents any defective work from proceeding along the production line. And, as a product, its connectivity and compatibility with the surface mounter are important qualities. Here we report on the development of this "Mi" mounting inspector.

### 1 はじめに

アイパルス株式会社(以下、当社)は、マウンター(表面実装機)によってプリント基板上に実装された電子部品の実装状態を高速に検査する実装検査装置(マウンティングインスペクター)「Mi」(図1)を開発した。

本装置は通常、マウンターの後工程に設置され、搭載された電子部品の「あり」「なし」と、「位置ズレ」「角度ズレ」などを主に検査し、良品のみを後工程に供給するインライン型の実装状態検査装置であるとともに、マウンターとの連携や親和性にも重点を置き、実装ラインの生産品質をリアルタイムに監視し、生産品質の向上を目的とした装置である。



## 2 開発の目的

現在、世界中の実装ラインで活躍している検査装置は、ハンダ印刷後検査装置、リフロー後検査装置および実装後検査装置の3種類に大きく分けられる。どの検査装置も、それぞれ重要な役割を持っているが、この中で最もポピュラーなものは、リフロー後外観検査装置であり、この検査装置が使用される主目的は、不良品の選別である。しかしながら、最終工程で行われる検査のみでは、前述したように不良品の選別が主目的であり、生産現場において日々取り組まれる生産ラインの歩留まり率の向上や品質向上に、直接的にはつながりにくい。

また、最近の携帯電話やデジタルカメラなどに代表される高密度実装多層基板においては、目視検査も困難であり、かつ不良箇所の修正も不可能になりつつある。検査装置を導入する目的は、生産品質を向上させることであり、結果として生産コストを削減することである。不良発生率を低減するためには、その原因を突き止め、改善することにほかならないが、最終工程の確認だけではそれが難しく、最近の実装現場では、最終工程だけではなく、より上流工程で不良品となる予兆を発見し予防するといった観点から、「マウント後リフロー前」実装検査装置の需要が次第に高まりつつある。

そこで、当社はマウンターメーカーとして、実装工程での実装状態検査および実装品質向上を主目的として、マウンターとの連携と親和性に重点を置き、実際の実装不良発生時に、上流の「どのマウンター」の「どの箇所」に問題点があるかを即座に突き止めることができたり、また従来の検査装置では、「設定が難しく、時間がかかり、結果があいまい」といったユーザーの声を真剣にとらえ、「簡単な設定」で「確実な検査」をスローガンに、実装検査装置「Mi」を開発した。

## 3 装置の特徴

### 3.1 高速な撮像と検査

現在、世の中で生産されている基板は、一般的に高密度実装で、基板上における面積は、ほとんどの部分が無駄なく電子部品で埋めつくされている。つまり、カメラで基板上の、どの部分を撮像したとしても、ほとんどの場合、何らかの複数の部品が視野に存在することになり、各部品の中心または一部分をねらって撮像を行うと、カメラの視野の中に他の部品が写っているにも関わらず、重要なデジタルデータの大部分を毎回の撮像のたびに、対象以外は無駄に捨てていることになる。

そこで、当社が新しく開発した検査装置は、部品が搭載された基板上をカメラの画格(グリッド)で格子状に分割し、その画格(グリッド)を隅から隅まで一気に撮像しながら、メモリー上において一切補正なしで正確に貼り合わせることによって、高速で効率的な画像取得を可能にしている。

つまり、当社の方法(図2)であれば各部品の数量や大きさ、境界を気にする必要が一切ないので、平均的な実装基板においては無駄にする部分が無く、結果として撮像回数(時間)を大幅に減らすことがで

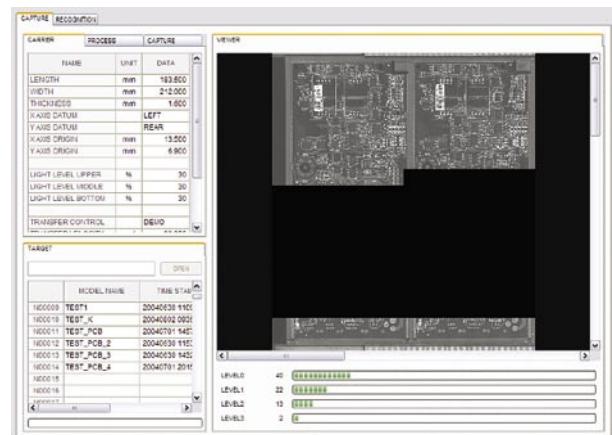


図2 グリッド分割連続撮像画面



きる。この方法における撮像時間は、基板上に搭載された部品点数ではなく、ほぼ基板の面積に比例しなおかつ撮像取得した画像データは、隅々まで有効に活用することができる。また、画像処理(図3)においては、対象とする部品が含まれる画格(グリッド)が取得された段階ですみやかに、順次バックグラウンドで並行して効率的に処理される。実際の生産基板は現在、高密度実装が一般的であり、実際この方法でほとんどの場合、検査時間の効率を上げることができる。

これらの方法が高速化を可能とし、インラインでの基板実装部品の全数検査(図4)を可能としている。

### 3.2 データ作成が容易

従来の外観検査装置は、現物合せの場当たり的設定によって結果もまちまちで、基板や部品の状態に検査結果が影響されることが多かった。それは、検査対象のマスターとなるデータを、実際の検査対象の比較的良い状態のもの(ゴールデンボード)を

撮像し、それをマスターデータとしていることに起因している。実装された基板は、良品であっても何らかの誤差(色差、位置ズレなど)を持っており、それをゼロにすることは事実上不可能である。つまり、もともと不安定で不完全なものをマスターにして、実際の生産基板の検査を行っても、結果として、あいまいになるのは至極当然のことである。また、現物から取得されたデータは、取得こそ簡単であるが、一般的に生産基板は多種多様で、それと同じ状態のものは生産現場では数少く、データの可搬性に乏しい。実際には、まったく同一の生産基板にしか使えないか、同一の基板でも基板や部品のロットに左右される場合が多く、データの有効活用や流用といったことが、極めて困難である。

そこで、当社の装置は上記問題を解決すべく、一度作成された部品データを数々の生産基板において流用、再利用ができるよう工夫されている。

その解決手段としては、検査対象の比較対象モデルを人工モデル(人工画像)とすることで、それを実現し、結果としてマスターとする良品基板を必要とせず、マスターとなる画像処理対象の画像を、すべて幾何学的な形状寸法から作り出すことができる。また、その人工モデルを定義するデータ構造は、複雑な検査や柔軟な検査に対応できるように階層化されており、その設定方法においては、簡単な数値入力と画面による確認が容易に可能である。

そして、人工モデルのデータ構造は、幾何学的形状を表す数値からのみ構成されるため、その形状データの基本を有する他のデータから容易にコンバート(変換)して作成することもできる。



図3 撮像と並行して画像処理を行う

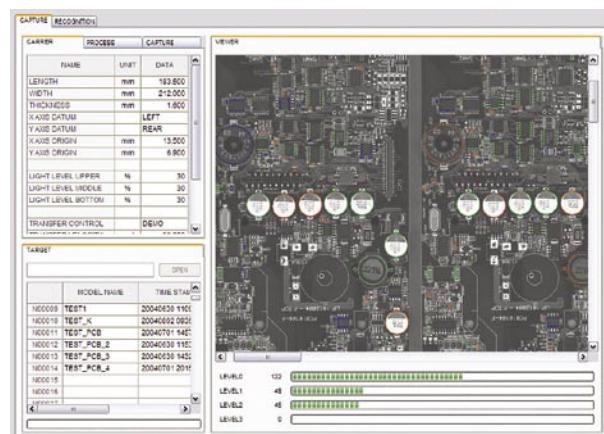


図4 全数検査画面



また、本装置は、自社または他社の実装装置の実装位置データや、基板を作成する時に用いるガーバーデータなどから、比較的簡単に抽出変換して利用できるよう工夫されている。

そして、検査結果においても明確に数値化され、出力することができ、不良箇所もしくは全体の画像も検査履歴として、全てファイルに保存することが可能なので、後に統計処理を含む分析や品質管理などに大いに役立てることができる。

### 3.3 検査精度を支える高度な組立て技術

機械の振動を抑え、高精度を維持するベッドを、徹底した構造解析により新開発した。さらに振動吸収能力と剛性を高めるために、構造体は鋳物の一体鋳造方式を採用している。また、本体を支えるアジャストフットを3本(図5)にすることにより、実装ラインの床状況に影響されない設置を可能とした。これにより、いかなる設置条件においても、装置のもつ最大限の精度と性能を発揮することができる。

また、ベッドに対する部品の組付けには、当社が誇る高い技術をもつ熟練の職人技を、細部にわたって凝らしている。例えば、撮像ユニットを取付けるベースとなる金属面(図6)には、手作業による「キサゲ」で最終仕上げを行っている。また、ねじ留め箇所には精度調整後に「テーパーピン」を打っており、これは精度の長期間維持、衝撃による精度劣化防止やメンテナンス時の精度復元を容易にするといった目的を持っている。

これらの組立て技術により、ソフトウェアによる補正に頼らなくても、撮像された画像が、いかなる場所においても $5 \mu\text{m}$ (0.005mm)の範囲内に収まる精度を実現している。このように正確な撮像と画像処理を可能にしているのが、当社の高度な機械組立て技術である。

本装置は、「キサゲ」などによる手仕上げで、機械精度の向上を図り、温度による熱膨張などの補正を除き、無用な補正を行わないことにより、精度信頼性を向上させている。



図5 3本足で支持された一体構造高剛性鋳造ベッド

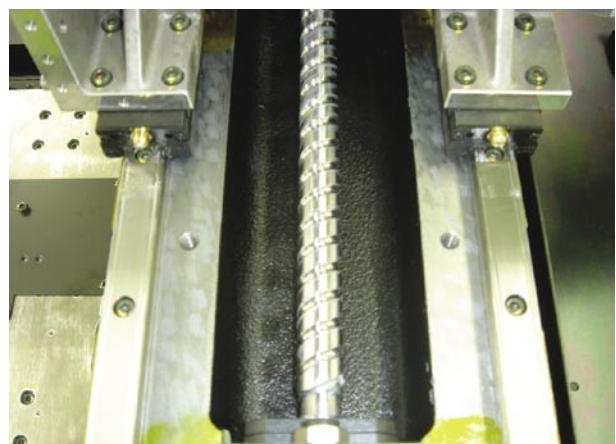


図6 「キサゲ」による高精度手仕上げ



## 4 おわりに

当社の実装検査装置「Mi」は、生産現場における検査装置に必要とされる2つの大きな要素である「簡単な設定」で「確実な検査」を実現し、生産性を向上させると同時に、マウンターとのデータ交換や連携動作も視野に入れた上で、生産現場における生産性の向上やトレーサビリティーを含む品質管理などにおいて、非常に大きな意味と発展性を備えるものである。

### ■著者



村松 啓且

Hirokatsu Muramatsu

アイパルス株式会社

第2技術グループ

# 製品紹介

## 愛・地球博用 自転車タクシーのデザイン

Design of a Bicycle Taxi for the 2005 World Exposition, Aichi, Japan

並木 育男



図1 自転車タクシー

### Abstract

In Europe and North America, where concern about environmental issues is keen, you will see a variety of different styles of bicycle taxis on the streets. As for Japan, there were said to be as many as 200,000 man-powered "jinrikisha" on the roads in the Meiji Period (1868-1912).

Later, bicycle taxis, either having a sidecar attached to the bicycle or a wheel-fitted passenger seat positioned either in front or behind the bicycle, came into popular use in Japan as a simple form of transportation when gasoline became scarce during World War II and the postwar years. But, in both cases, the appearance of street trolleys and automobile taxis caused these vehicles to eventually disappear.

At present, foreign-make bicycle taxis also mounting ad billboards have come into use as a short-distance form of transportation in certain designated areas of cities like Tokyo and Kyoto. In this way, the bicycle taxi has returned time and again after long hiatus, and they are now making another comeback as vehicles with little environmental impact.

Yamaha Motor Co., Ltd. recently used the technologies and know-how garnered from a decade of building PAS electro-hybrid bicycles to develop and supply seven units of bicycle taxis to be used at the 2005 World Exposition, Aichi, Japan during its run this year. Here we report on the development and features of these bicycle taxis.

### 1

### はじめに

環境問題に关心が高い欧米では、現在、様々な自転車タクシーが街の中を走っている。一方、日本では、明治時代に人力車というものが20万台あまりも存在していた。また、戦中、戦後のガソリン不足時代には、



自転車の横に側車を付けるか、前または後部に座席を取り付けた輪タクという乗り物が、簡便な輸送手段として利用されていた。しかし、いずれも、路面電車や自動車のタクシーの登場、交通手段の発展とともに淘汰されていった。現在、日本では、東京や京都などの一部限定エリアで、外国製の自転車タクシーが、広告を兼ねた移動手段として利用されている。このように、自転車タクシーは、長い歴史的空白期間があつたが、その環境に対する負荷の少なさが評価され、現代に復活することになった。

今回ヤマハ発動機は、"愛・地球博"の会場における、お客様の移動手段として、10年かけて培った電動ハイブリッド自転車PASのテクノロジーを応用し、7台の自転車タクシー(図1)を開発したので、紹介する。

## 2 ねらい

博覧会のテーマである「自然の叡智」と、ヤマハ発動機の企業理念である「感動創造」の融合を目指し、スタイリングテーマは、"どこか、なつかしく、ほっとする"安心感と、"未来に向けてワクワクする"高揚感とを兼ね備えたイメージをねらった(図2)。人力とモーターの"ハイブリッド"である乗り物だから、スタイリングでも異なる要素の融合をねらい、"日本初の自転車タクシーをつくる"という想いで開発した。

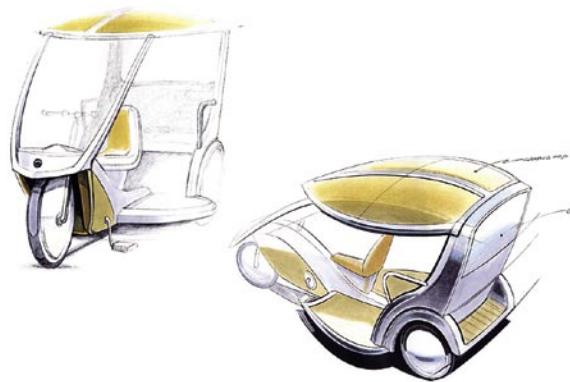


図2 イメージ図

## 3 概要

### 3.1 スタイリングの方向性

日本人に合った空間の大きさ、雰囲気、取り回しのしやすさを考え、外国製のものより一回り小さいサイズとした。

ドライバーズシートは、こぐ力の効率的な伝達と、乗り降りのしやすさを考え、セミ・リカンベントシート(足を前方に投げ出し、背もたれに寄りかかるような乗車姿勢のタイプ)を採用した。お客様のシートは、大人2人と子供1人がゆったりと座れるスペースを確保し、また、ドライバーズシートより若干高めに設定して、会場の風景を気持ちよく楽しめるレイアウトとした(図4)。また、サイドの構造物をなくし、乗り降りをスムーズに行えるようにした。

動体のスタイリングをする際、通常はトップを絞り込んで小さく見せるが、今回はお客様の快適性を重視して、最大幅をルーフ(天井部)に設定した。雨天時の快適性はもとより、スタイリング上の重要な要素にもなっている。

会場のグローバルループ(図3)というウッドデッキや、まわりの風景に、違和感なく溶け込むスタイリングをめざした。



図3 グローバルループ

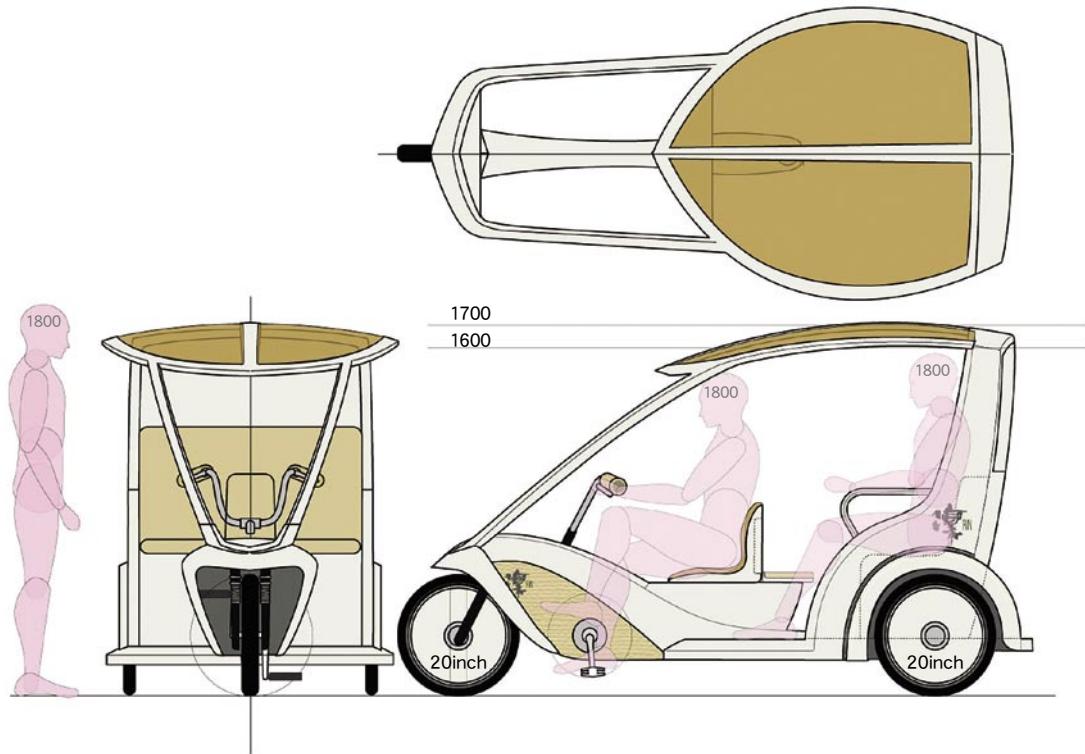


図4 三面図

### 3.2 視覚に訴える

360度、どの角度からでも、広告スペースを確保できることがデザイン上の条件であった。また、高い視点から見ても、一目で存在感をアピールできるスタイリングとした(図5)。ルーフはポリカーボネートを使用し、太陽の輝き、雲の動きを感じとれるようにした。また、ルーフ内側はシェードとしてレースのカーテンを波状に取り付け、風の動きを感じとれる演出をした(図6)。



図5 上部から見たスタイリング

### 3.3 聴覚に訴える

電動ハイブリッド自転車のメリットである静謐性を活かしたことで、風や自然の音を感じることができる。また、運転手とのコミュニケーション、お客様同士の会話もストレスなく行うことができる。



図6 ルーフ内側



### 3.4 触覚に訴える

ドライバーズシートは、1日中乗っていても疲れないポジショニングと、若干固めのクッションとした。お客様のシートは、短時間でも気持ちよく過ごしていただけるよう、やわらかく厚めのクッションを採用した。また、背もたれには夏場の快適性を考え、木の編みこみ素材と薄めのクッションで密着感を抑え、背中で素材感を感じていただく工夫をした(図7)。さらにフロアには麻のマットを取り付け、乗った瞬間に柔らかい素材感を足の裏で感じていただけるようにした。



図7 ドライバーズシートとお客様のシート

### 3.5 心に訴える

乗っていただくお客様がリラックスして五感をフルに使い、様々なことを感じていただける空間をめざした。具体的には、図8のような、会場全体を見渡せる開放感ある視界を確保しつつ、まわりの風景に違和感なく溶け込むカラーリングやスタイリングにして、過度な注目を浴びて周囲の視線が気になることがないようにした。



図8 後部座席からの視界

## 4 おわりに

現在日本では、法的な問題もあり、限られたエリア内や観光地が自転車タクシーの活躍ができる唯一の場所である。今回の万博を機に、自転車タクシーが、環境への負荷が少なく、自然を五感で感じられる乗り物であると認識され、今後活躍できる場が一つでも増えれば幸いである。

### ■著者



並木 育男  
Ikuo Namiki  
株式会社エルム・デザイン

# 製品紹介

## FOAMAPを採用した 「BaySports 21」「AeroSports 21」

The "BaySports 21" and "AeroSports 21" Boats Constructed  
by the FOAMAP Method

福山 美洋 香山 晃 坂田 明子 宮下 祐司 末森 勝



図1 フィッシングボート「BaySports 21」とマルチボート「AeroSports 21」

### Abstract

As the Japanese economy begins to show signs of recovery, we are seeing consistent demand for mid-size boats targeting affluent customers. On the other hand, in the smaller boat category demand remains depressed especially in the mainstream models priced inexpensively to target entry-level boaters. In light of this, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) released in this category in 2004 the "BaySports 16" model built by our new "FOAMAP" (Foam Manufacturing Process) method and it has given us a major technological advantage that the other makers cannot imitate. Establishing a lineup of models built with this new advanced construction method has been a vital effort for YMC, not only from the standpoint of creating demand in this depressed smaller-boat category but also because this construction method holds great potential for bringing the customers boats with a higher level of "safety," "comfort" and "convenience." Amid these great expectations we developed two different types of models built by our new "FOAMAP" method at the same time, namely the "BaySports 21" and "AeroSports 21." Here we report on the project to develop and build these two boats.

### 1 はじめに

国内では、徐々に景気回復の兆しが見え、高額所得者向けの中型ボート以上は堅調な売れ行きを示す一方、小型ボートの中でも、比較的安価で、ボート初心者などにも購入しやすい普及モデルの市場は伸び悩んでいる。そのような中、ヤマハ発動機(以下、当社)は、2004年に発売した「BaySports 16」(以下、BS-16)に採用された新構造FOAMAP(Foam Manufacturing Process)によって、他社が追随できない圧倒的な技術力を持つに至った。この新構造を用いたモデルのラインナップ構築は、当社の命題であるとともに、上質の「安全性」「快適性」「利便性」を提供できる手段として、社内外からの期待が高い。今



回、小型ボートの需要拡大を図るため、新構造FOAMAPを用いたタイプの異なる2艇種、「BaySports 21」(以下、BS-21)と、「AeroSports 21」(以下、AS-21)(図1)を同時開発したので紹介する。

## 2 開発のねらい

BS-21とAS-21は、共通の船体構造を用いているが、それぞれ仕様に違いを持たせている。BS-21は、湾内でシーバスなどをねらう、ゲームフィッシングを主用途とした。比較的外洋釣り向けの当社既存モデル「YF-21」と性質を明確に住み分け、これまで取りきれていた需要を獲得することを目的とした。また、AS-21は、一般顧客の需要拡大を図るために、ウェイクボード(水上版スノーボード)や釣りなど、主目的を固定しない、マルチパーパスモデルとした。加えて、当社既存モデル「SRV-20」に代わり、会員制のレンタルボートシステム「ヤマハSRVレンタルボートクラブ」用の艇としても十分に機能する仕様を要求された。さらに、2艇に共通するテーマとして、FOAMAP構造を取り入れ、商品訴求力を高めるとともに、製造原価の低減を図ることとなった。

## 3 主な特徴

FOAMAPは、FRP(Fiber Reinforced Plastics)積層板の間に、高圧でウレタンを注入して一体成形した、FRP+高密度ウレタンの三重構造である。BS-21/AS-21には、2004年に発売したBS-16に採用したFOAMAP構造を、さらに進化させ、自社、他社ともに商品が多い、21フィートクラスで大きな優位性を持たせることができた。その船体断面を図2に示す。

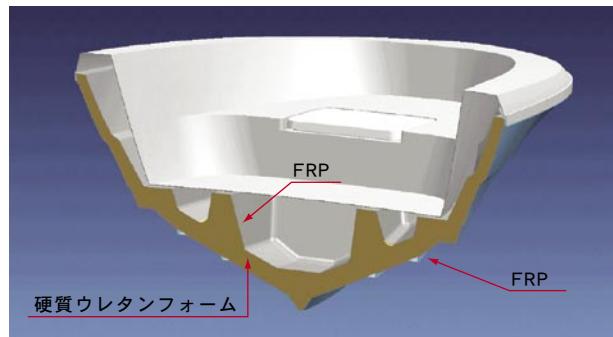


図2 BS-21の船体断面

### 3.1 高浮力性(Super Float)

BS-21/AS-21は、FOAMAPの採用により、従来艇に比べて1.8倍の浮力を有している。そのため、定員が乗船中に、船底に孔が開き、船内が浸水しても、デッキが水に浸かる程度で、それ以上沈むことはない。また、船側に浮体が詰まっているので、浸水時の左右安定性も大きく向上している(図3~4)。顧客訴求力を高めるため、この浮力性能を「Super Float」と名づけた。船の浮力は、船の大きさの2乗に比例するが、重量は、船の大きさの3乗に比例する。このため、船が大きくなるほど、浮力性能を向上させるのは難しいが、FOAMAPの採用で、それを可能とした。



図3 BS-21の船底/船側に孔を開けて浸水させた状況



図4 従来艇が浸水した状況



### 3.2 高剛性

FOAMAPを採用することによって、浮力性能を大きく向上させる以外にも、船体剛性も大きく向上させた。構造計算結果(図5)に示すように、縦曲げの荷重を船体にかけた場合、従来構造艇に比べてガンネル部の左右の開きを71%、ガンネル部、キール部の上下たわみを、それぞれ44%、48%減少させた。

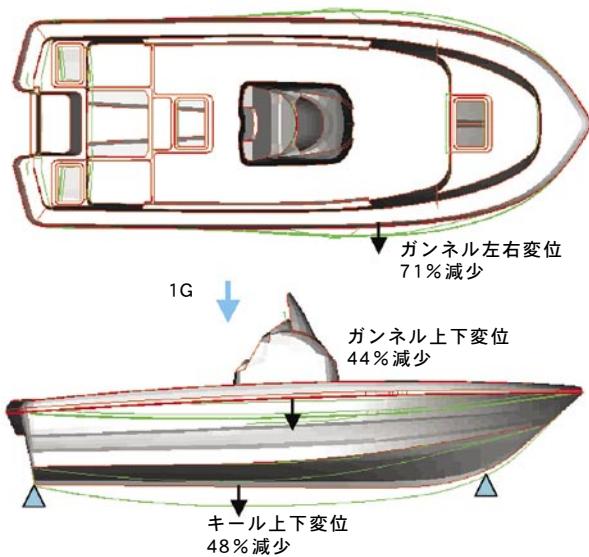


図5 縦曲げ荷重をかけた場合の  
従来構造に対してたわみ量が減少した割合

### 3.3 高品位、高効率

国産小型プレジャーボートの船体構造は、ハル(船殻)にロンジと呼ばれるフレームや補強材を、手作業にてFRPで積層するものが多い。この場合、人目に触れる積層面については、見栄えを良くするために内装ゲルコート(塗料)を塗布するのだが、あくまで手作業による塗布なので、どうしても外観品質には限界がある(図6)。FOAMAPは、従来のロンジや補強材の役目を三重構造で担っているので、余分な補強積層や内装ゲルコート塗布を必要とせず、人目に触れるのはライナーの外装光沢面のみとなり、物入れ内や室内外観品質を向上させることができる(図7)。

また、北米からの小型輸入艇には、ロンジなどのフレーム構造を持たない発泡構造のものが多いが、そのほとんどは、(ハル)–(発泡体)–(デッキ)という構成(図8)であり、物入れ容量に不十分なものが多い。FOAMAPは、(ハル)–(発泡体)–(ライナー)–(空間)–(デッキ)という構成(図9)であり、ライナーとデッキの間を有効に活用できるため、収納効率の高い内部レイアウトとすることことができた。

もうひとつのメリットとして、船首デッキレイアウトの自由度向上がある。小型船舶の法規では、不沈性試験に不合格、もしくは申請しない場合、ルールに従ったサイズの「船首甲板」が必要となる(図10)。これはユーザーの使い勝手を低下させる遠因である。BS-21/AS-21は、FOAMAPの高い浮力性能によって不沈性試験に合格し、船首デッキを法規に縛



図6 既存工法の船内内部 図7 FOAMAPの船内内部

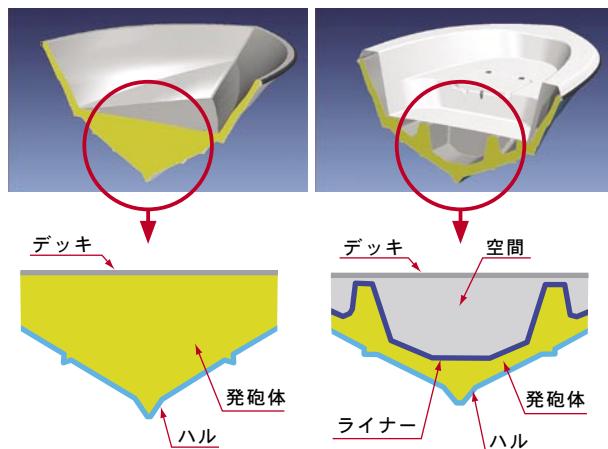


図8 既存の発泡構造艇

図9 FOAMAP

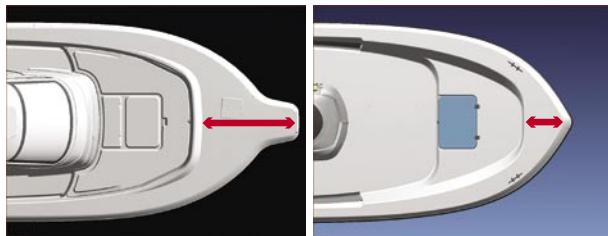


図10 一般的な船首甲板 図11 必要最小限に抑えたBS-21の船首甲板



られることなく、要求品質に基づいた自由な設計が行えた(図11)。もちろん、不沈性試験に合格すれば、FOAMAPのみならず、既存工法でも船首甲板を割愛することは可能だが、既存工法で不沈性試験をクリアするのは多大な労力とコストがかかることを付け加えておく。

## 4

## 製品の特徴

BS-21とAS-21は、同一の船体構造を完全共用し、デッキのレイアウトのみを変更したモデルである。同一プラットフォームで仕様の違う製品を設計するのは、他業種でも頻繁に行われるが、ボートの場合、船体主構造とデッキ構造に深い関わりがあったり、船体主構造が室内レイアウトに強く影響したりと、デッキの変更だけでは済まないケースが多く、ハル外観形状のみは共有するけれども内部構造は新設計、というパターンがほとんどで、設計効率向上にあまり寄与しなかった。今回の2艇種が、実質上、当社製ボート初の同一プラットフォーム異種開発モデルになり得たと思う。

主構造を共有化する上で、基本設計にて主に心がけた点は以下のとおり。

- (1) ハルライナーとデッキを接着する面積の増減と、それに関わる最適な構造や形状
- (2) デッキ形状が変化しても、使い勝手に支障のない内部物入れレイアウト形状
- (3) 各艇の取付け部品や取付け位置に違いがあつても、組立て作業上支障ないこと
- (4) デッキ形状の違いによる、水密確保部位の変化に対する対応手段

共有化設計を考えない場合、上記に関して検討の必要がなかつたり、開発ステップの後半で検討すればよいものが多いが、今回は開発後半で不整合を発見した場合、基本設計に立ち戻る恐れもあるので、設計ミスを極小にできるよう、並行で2艇種の開発に臨んだ。以下、各々の商品特徴を説明する。

### 4.1 BaySports 21の特徴

本艇の基本コンセプトは、主に比較的若年層に向けたゲームフィッシングであり、現在ラインナップとして存在する「YF-21」(図12)とは開発思想が異なる。表1に、この2艇の主たる使用海域や要求性能の違いを示す。航走性能を司る船底形状については、YF-21をベースとし、横揺れを少なくするためにチャインと呼ばれる船底両舷の張出し部の幅を広くリメイクした。さらに、各地域の艇体保管形態に適応するため、船底後部形状をYF-21CCのVキールからフラット形状に変更。係留保管で、かつ、干満差により船底が川底に接地するような場所でも艇体が斜めに転がらないよう配慮した(図13)。

デッキ上の基本レイアウトであるが、ルアーを用いるキャスティングスタイルの釣りの場合、最適な釣り場は後部ではなく、船首デッキとなる。通例ならば



図12 YF-21CC

表1 BS-21とYF-21CCの特性の違い

比較項目	BaySports 21	YF-21CC
主な使用海域	ベイエリア～内海	内海～外洋
釣りスタイル	キャスティング・底釣り	底釣り・流し釣り
メイン釣りスペース	船首デッキ	後部デッキ
主たる要求性能	静止安定性	外洋凌波性



外洋航走性を考慮して高めに設定される船首デッキも、本艇では思い切って低く、人と水面との関係を近くなるよう設計した。また、先に述べたように、船首甲板が不要なため、親水性はより深まっている。あわせて全体のシルエットも低めにすることで、ゲームフィッシングのみならず、沿岸で座って竿を出す底釣りにも対応できるようにした。ゲームフィッシング機能のみでは若年層の一部にしか受け入れられないが、底釣り機能も満足することで、広範囲の需要層を獲得することをねらっている。

さらに、釣り上げる獲物によっては、人が竿を抱えたまま、デッキ上を移動する必要があり、本艇ではブリッジ左右の通路幅をYF-21CCの290mmから470mmへ拡大。船上での移動性を高めている。その分、ブリッジはYF-21CCより小振りになったが、余分な船内補強を必要としないFOAMAPの床下収納性を活かし、ブリッジ内物入れ容量は同一とできた。同時に、釣り上げた獲物を収容するイケスもクラス最大級の容量とした。

ゲームフィッシングでは、ポイントへ素早く移動する機動性と長時間の釣行に耐えうる航続力が必要となる。燃料タンクはYF-21CC比約1.5倍の110Lとし、搭載船外機は、年々の高馬力化に従い、YF-21CCの73.6kW(100馬力)から今回は84.6kW(115馬力)まで保証馬力を上げ、スピード性能の向上を図った。表2にBS-21の主要諸元を示す。比較としてYF-21CCを並べた。

表2 主要諸元(YF-21CCとの比較)

	BaySports 21 F115	BaySports 21 F60	YF-21CC F90	YF-21CC F60
全長	6.38m	6.38m	6.45m	6.45m
全幅	2.35m	2.35m	2.27m	2.27m
艇体質量	860kg	840kg	793kg	763kg
完成質量	1,058kg	965kg	971kg	880kg
定員	6名	6名	6名	6名
搭載エンジン	F115A	F60C	F90B	F60C
最大搭載馬力	84.6kW (115ps)	84.6kW (115ps)	73.6kW (100ps)	73.6kW (100ps)
燃料タンク容量	110L	24L	73L	24L

## 4.2 AeroSports 21の特徴

本艇は、マルチパーパスな使われ方を想定したモデルである。SRV-20に代表されるマルチパーパスモデルといえば、釣りを主軸として、その他の遊びにも適応できる、という視点で開発していたが、YF-21、BS-21などのフィッシングボートラインナップが充実しているので、今回のコンセプトはファミリーユース、ウェイクボード色を強めた商品として設計した。

基本レイアウトは、SRV-20から継承されるデュアルコンソールタイプだが、今までSRV-20で課題となっていた「ファミリーボートなのにトイレがない」というコンプレインを解消するために、運転席側のブ

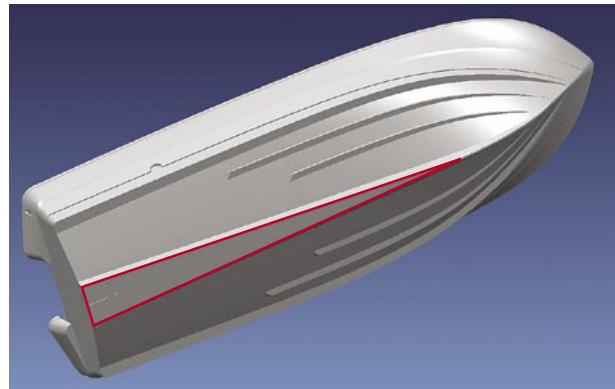


図13 船底中央のフラットキール形状

リッジを大きくし、非常トイレルームとして使える大型カーゴスペースを設定。それにともない助手席のブリッジを小さくし、思い切って左右非対称のデザインとした(図14)。

このカーゴスペースは、非常トイレルームとして使用する場合、人間が全て納まるように設計しては、とてもコンパクトには、まとめられない。そこで、カーゴドアを上下開閉式とし、ドア裏にオプションのファスナー付きカーテンを仕込んでおいて、ドアが上に上がりきったところでカーテンを展開し、プライバシーを保てる工夫をした。多少窮屈ではあるが、軽い着替えなどもできるスペースとなっている(図15～17)。

運転席と助手席のシートは、縫い目がなく、水の入りにくい一体成型シートを標準装備、その間にBS-21からそのまま活用しているイケススペースを装備する。ウェイクボードでは滑る人の技量などに合せ、重量物を追加することで艇の浮きなりを調整し、引き波の大きさや形状を変えるため、このイケスに水を入れることで重量調整ができるようにしている。

全体のシルエットは形状的にはBS-21と似つかないのは当然のこと、子供などの安全性にも配慮し、サイド面を高くして深めにし、ファミリー的な印象を与えるために各部に大きなRの効いた曲面形状を多用した。また、船上から水面へエントリーできるよう専用ラダーと、ウェイクボードが座って履けるよう大型ステップを設定した。これらは開発効率も考え、ウェイクボード専用モデル、AG-21から流用、小変更したものである。



図14 AeroSports 21の左右非対称ダブルコンソール



図15 カーゴドア



図16 ドア全開状態



図17 カーテン展開状態

表3 主要諸元(SRV-20との比較)

	AeroSports 21 F90	AeroSports 21 F60	SRV-20WB
全長	6.38m	6.38m	6.43m
全幅	2.35m	2.35m	2.00m
艇体質量	965kg	942kg	697kg
完成質量	1,266kg	1,128kg	826kg
定員	6名	6名	6名
搭載エンジン	F90B	F60A	70B
最大搭載馬力	84.6kW (115ps)	84.6kW (115ps)	51.5kW (70ps)
燃料タンク容量	110L	24L	75L



尚、AS-21は、一般販売のほかに、ヤマハSRVレンタルボートクラブ専用艇があり、エンジン出力、装備品の違いなどで価格帯に幅を持たせた計8バリエーションとなっている。表3にAS-21の主要諸元を示す。比較としてSRV-20を並べた。

## 5 環境への取り組み

ボート製造工程において、環境に対する課題は2つある。ひとつは産業廃棄物の減少、もうひとつは有害物質(スチレン)排出の低減である。

産業廃棄物の低減に関してはトリミング(積層後の不要部分の削除)部位の減少などの取り組みを行った。

有害物質(スチレン)排出の低減については、ハルに低スチレンゲルコートを使っている。このことにより、従来のゲルコートに比べて約30%大気へのスチレンの放出を減少させている。また、これまで使っていたスチレンを含有した接着剤からスチレンを含有しない接着剤を採用し、接着剤分のスチレンの大気放出をゼロとしている(図18)。



図18 デッキ接着前の船体

## 6 1日2隻生産の取り組み

BS-16の生産から1年経ち、BS-21/AS-21の生産が開始されたが、大きく変わった点がある。BS-16は1つの型で2日に1隻のペースで生産していたが、BS-21/AS-21は2つの型で1日2隻生産している。すなわち16時間の2直の体制で1つの型で1隻生産していることになる。FRPボート製造において1日1隻生産することは、多くの課題を持つこととなる。なぜなら成形工程(ゲルコート吹き付け～積層～注入～離型)の中でゲルコート、FRP成形、接着、ウレタン発泡などの化学反応によって支配される工程が大半を占めるからである。これまで2日に1隻の生産ペースでは、48時間(24時間×2日)で反応を完了させていたものを、24時間で反応を完了させなければならない。そのため、よりシビアな温度管理を実施し、安定して生産することに注力している。ヤマハ天草製造(株)では各工程での綿密なデータ取りを実施し、安定して良品を生産する取り組みを実施している(図19～20)。



図19 ウオーターとインナーのカップリングの様子



図20 ウレタン注入作業



## 7 おわりに

BS-21/AS-21は従来艇がひしめく厳しい競争の中で、様々な工夫により、何とか目標コストに着地させることができた。また、FOAMAPの船体構造開発技術も、BS-16よりも、ふたまわりも大きな構造体を開発することによって、ひとつのブレークスルーを達成することができた。

ただし、いくつかの課題も見えてきた。ひとつは、よりコストを意識した構造の開発、もうひとつは、より環境課題に対応した材料/工法の開発と導入である。これらの開発を成功させるには、まだまだ高いハーダルが待ち受けていると思うが、ひとつずつクリアしていき、FOAMAPのレベルを向上させ、お客様に「Super Float」を含めた新しい価値を提供していきたい。

### ■著者



福山 美洋  
Yoshihiro Fukuyama  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



香山 晃  
Akira Kayama  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



坂田 明子  
Akiko Sakata  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



宮下 祐司  
Yuji Miyashita  
ヤマハ天草製造株式会社  
製造部



末森 勝  
Masaru Suemori  
ヤマハ天草製造株式会社  
製造部

# 製品紹介

## ビッグスクーター MAXAM (マグザム)

### Big Scooter MAXAM

高橋 博幸 大平 優 峰 豊 高橋 透 鈴木 雅也 清水 正之  
吉澤 彰浩 西村 光雄



図1 MAXAM(マグザム)

#### Abstract

As of April 2005, tandem riding has become legal on Japan's expressways, and from June there is a new license category for automatic transmission 2-wheelers. These deregulations and laws are sure to be a stimulus to the motorcycle industry. Especially in the Light 2-wheeler (126-250cm<sup>3</sup>) category where the big scooters have led a continued growth, Yamaha Motor Co., Ltd. forecasts that the impact of these regulation changes, like the new AT license, may bring sales increases of up to 30%.

As the pioneer and leader in this category, the Yamaha Majesty series has continued to win a growing number of customers, recording a total of over 100,000 unit sales of Majesty models since its release in 1995. During these ten years, the trend in user tastes has been a division into three main categories: those interested in utility use, those interested primarily in touring and those for whom their motorcycle is a fashion item. The target for the new Yamaha "MAXAM" is this last group that places importance on the fashionable aspect of the motorcycle they choose, and it is a model that Yamaha presents with confidence as the next big entry in this category since the Majesty series. Here we report on the development of this new MAXAM model.

### 1 はじめに

2005年4月からの高速道路2人乗り解禁や、6月からのAT(オートマチック)免許新設など、国内二輪車市場には、追い風が吹き始めている。特に、軽二輪(126～250cm<sup>3</sup>)市場は、ビッグスクーターを中心に拡大基調であり、ヤマハ発動機(以下、当社)では、AT免許新設等により、最大で+30%程度の販売台数の増加を予測している。

一方、ビッグスクーター市場を牽引してきた当社MAJESTYシリーズのユーザーも確実に増え続け、1995年に発売以来、国内で10万台以上の販売を記録した。この10年の間に、お客様の好みが、実用志向、ツーリング志向、ファッショニズム志向に大別される傾向になってきた。今回のMAXAM(マグザム)(図1)

は、ファッショニストをより重視されるお客様にターゲットをあてた、MAJESTYシリーズに続く、ビッグスクーターである。

## 2 開発のポイント

MAXAMのコンセプトは、『ベスト・タンデム・アーバン・クルーザー』である。"街でおしゃれに、2人で快適に乗りたい!"というお客様の要望に応え、企画をスタートさせた。

読者の皆さんもご存知のように、MAJESTYシリーズをはじめ、ビッグスクーターユーザーは、自分流のおしゃれを施して楽しんでいる。特に若者は、彼女と2人で楽しんでいる人が多くなってきている(図2)。

MAXAMは、『ベスト・タンデム・アーバンクルーザー』のコンセプト達成のため、下記の点をポイントとし、開発を行った。

- ① 一目で分かるLow & Longデザイン
  - ② クラス最高のライダーの足着き性と居住性確保
  - ③ クラス最高のパッセンジャーの居住性確保
  - ④ 街中で扱いやすいエンジン性能
  - ⑤ 国内平成18年新規排ガス規制値をクリアできる  
環境性能

仕様諸元を表1に、フィーチャーマップを図3に示す。



図2 2人乗りを楽しむMAJESTYユーザー

表1 MAXAM仕様諸元

項目	諸元値
全長×全幅×全高	2,370mm × 825mm × 1,050mm (全長：フロントモール付き)
シート高	655mm
軸間距離	1,615mm
乾燥重量	182kg
原動機種類	水冷・4ストローク単気筒・ DOHC・4バルブ
排気量	249cm <sup>3</sup>
内径×行程	66mm × 73mm
圧縮比	10.8：1
最高出力	15kW/7,500rpm
最大トルク	21N・m/5,000rpm
始動方式	セル式
燃料タンク容量	14L
タイヤサイズ	前 120/70-13-M/C 53P
	後 130/70-13-M/C 63P
ブレーキ形式	前 油圧シングルディスク
	後 油圧シングルディスク
バッテリー容量	12V-8.6Ah
燃料供給	電子制御燃料噴射式

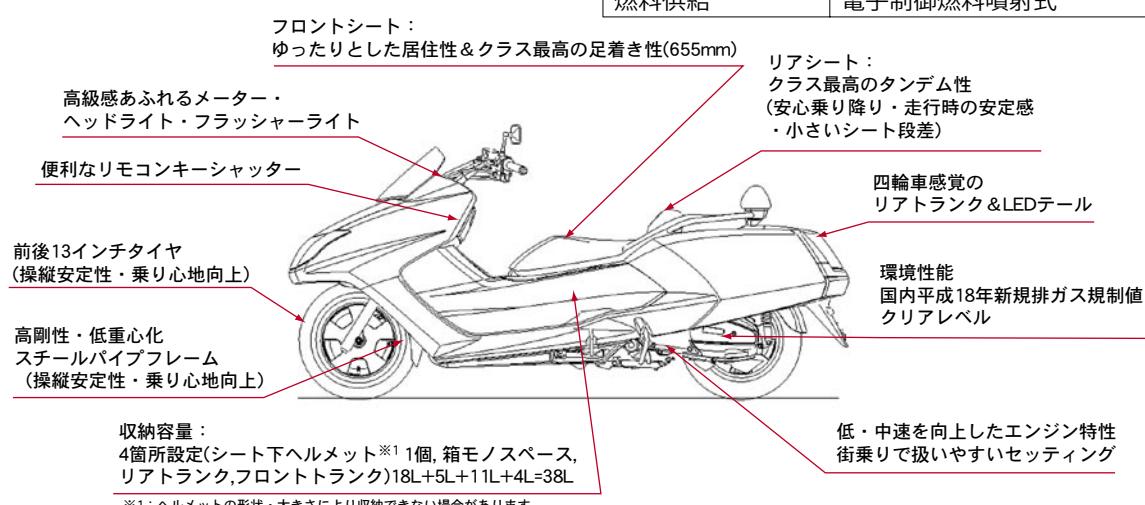


図3 MAXAMのフィーチャーマップ



### 3 エンジン関係

エンジン開発にあたっては、街乗りで扱いやすいことと、国内平成18年新規排ガス規制=EU-3レベルの規制値を達成することを、ねらいとした。水冷・4サイクル・DOHC・249cm<sup>3</sup>・単気筒・4バルブ・CVT(Continuously Variable Transmission)エンジン(GRAND MAJESTY250)をベースとし、街乗りで扱いやすいように、最大トルク発生回転数を低めにした。また、駆動系のセッティングを見直し、街乗りで重視される出足の発進加速を向上させた(当社250cm<sup>3</sup>スクーター比較)。

さらに、綺麗な都会や街並みにふさわしいコミューターとして、排ガス浄化にも力を入れた。二輪車で2CAT(触媒)+AIS(Air Induction System)を初めて採用し、フューエルインジェクションと併せて排ガス浄化を達成した。2CAT+AISは、2つの触媒(還元触媒と酸化触媒)の中間にエアを導入して、排ガスを浄化するシステムで、O<sub>2</sub>フィードバックに比べ、小排気量モデルでは、ドライバビリティーに優れる特徴がある。図4にマフラー構造を、表2に排ガスレベルを示す。

また、一軸バランサーによるエンジン振動の低減や、冷却性を向上させたダイアジル(DiASil: Die casting Aluminum-Silicon)シリンダー採用によるエンジンオイル交換インターバル向上、駆動系のVベルト室冷却性向上によるベルト寿命向上など、ベースエンジンの利点はそのまま継承している。

### 4 車体関係

車体の開発にあたっては、『実在するスクーターでは見たことないLow & Longの実現』と『ライダー&パッセンジャーの居住性確保』、『上質な外観品質の実現』を重視した。

#### 4.1 今まで見たことのないLow & Longボディの実現(図5、6)

現在、若者に支持を得ているMJESTY250-Cに対して、より低く、より長く見えるように、フロントシート高さを-55mm、リアシート高さを-94mmとし、ホイールベースは+80mmとした。このシート高の低さにより、足着き性のよいビッグスクーターを実現した。収納容量は、MJESTY250-Cに比べてフロント &

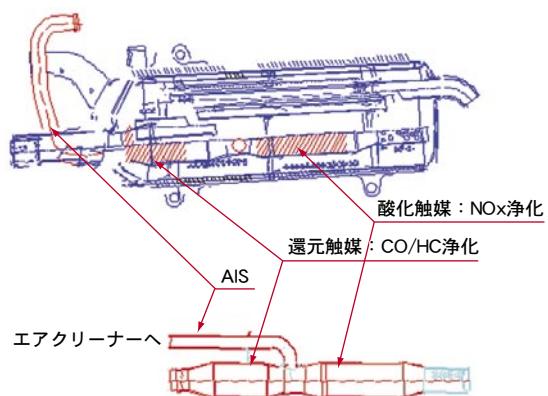


図4 マフラー構造図

表2 排ガスレベル

	新規制値	実力値
CO	2.0g/km	-60%
HC	0.3g/km	-20%
NOx	0.15g/km	-70%

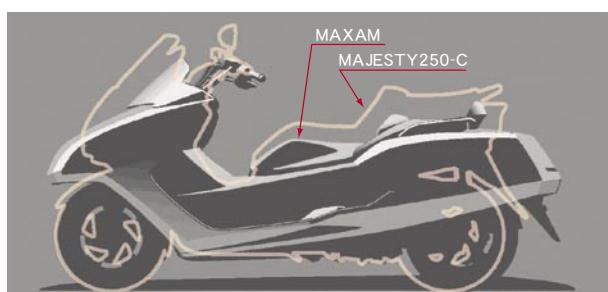


図5 Low & Longの比較



図6 足着き性



リアシートの低さを優先させるため、必要最小限に割り切った。ただし、収納箇所は、シート下2ヶ所、リアトランク、および、フロントトランクの計4箇所（合計38L確保）設定して、日常での使いやすさに配慮した。

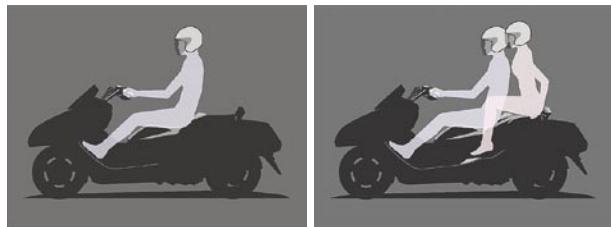


図7 ライディングポジション

#### 4.2 ライダー＆パッセンジャーの居住性確保

身長185cmのライダーが、ゆったり快適な姿勢をとれるようにライディングポジションを設定した。特に、足を前に出してリラックスして走行できるようにしている。また、リアシートの高さを低くしたことで、ライダーの耳元に、パッセンジャーの顔がくるようになり、走行中の会話がしやすくなっている（図7）。さらに、パッセンジャーが乗り降りしやすいよう、フロントシートとリアシートの段差を、105mmとし、身長150cm前後の小柄な女性でも安心して、またがれるようにしている。



#### 4.3 上質な外観品質の実現（図8）

MAXAMの開発コンセプトは、『ベスト・タンデム・アーバン・クルーザー』である。おしゃれな都会や街で見栄えのするスタイリングは言うまでもなく、構成部品個々の仕様や質感にも、こだわった。ヘッドライト、フラッシュライト、スピードメーター、ハンドル回り、シート、テールライト等、最新仕様を取り入れ、外装類の合せとともに、質感を確保した。



図8 外装類の質感



#### 4.4 見た目以上の走りを達成

大柄な外観から予想される以上の操縦安定性や発進加速性能を実現した。前後13インチホイール(250cm<sup>3</sup>スクーターとしては大きめのサイズ)や、高剛性フレームの採用、サスペンションの作りこみで操縦安定性を、エンジンキャラクターの適正化で発進加速性能の向上などを達成した。2人乗りで過不足のない動力性能とあいまって、まさに『ベスト・タンデム・アーバン・クルーザー』にふさわしい仕上がりとなっている。

#### 4.5 MAXAMのできばえ

2005年4月12～13日に、東京都内で実施したプレス発表・試乗会時のコメントを以下に示す。総合的にみて、『ベスト・タンデム・アーバン・クルーザー』として上々の評価をいただいた。

##### ■よい評価

- ・デザインがカッコイイ。
- ・見た目と違い、普通に乗れる。
- ・リラックスして乗ることができます。
- ・全体的に作り込みがよい。
- ・車体・エンジン性能ともによく作り込まれ、キビキビと軽快に走れる。
- ・デザインと走りのバランスがよく、カスタム車と違って、車高が低くてもナチュラルに乗れる。
- ・女性からみて、「カワイイ」印象は十分にある。
- ・スタイリング重視で割り切ったのがよい。

##### ■悪い評価

- ・リア回りが長いため、すり抜け時に気になる。
- ・小柄な人は、ひざが伸びきってしまい、ライディングポジションがつらい(バックレストの調整ができると聞いて、安心)。
- ・見た目と違って乗りやすいため、MAXAMの"癖"がないのが残念。"乗りにくさ"もスタイルの一部。

### 5 おわりに

今回、ビッグスクーターでは当たり前とも言われる収納容量を減らしてまで、Low & Longにこだわる目標に、何度もジレンマを感じつつ、『ベスト・タンデム・アーバン・クルーザー』達成に向けて、努力した。2005年4月に実施されたプレス発表・試乗会では、コンセプトが理解され、上々の評価をいただいた。この新しいMAXAMブランドを育成＆成熟させ、定着するようにしていくことで、ビッグスクーターブームが長く続くようにしていきたい。

## ■著者



① 高橋 透 Tooru Takahashi  
MC事業本部 CV事業部 開発室

② 高橋 博幸 Hiroyuki Takahashi  
MC事業本部 CV事業部 開発室

③ 吉澤 彰浩 Akihiro Yoshizawa  
MC事業本部 技術統括部 コンボ開発室

④ 大平 優 Masaru Oohira  
MC事業本部 CV事業部 開発室

⑤ 清水 正之 Masayuki Shimizu  
MC事業本部 CV事業部 開発室

⑥ 鈴木 雅也 Masaya Suzuki  
MC事業本部 CV事業部 開発室

⑦ 峰 豊 Yutaka Mine  
MC事業本部 CV事業部 開発室

⑧ 西村 光雄 Mitsuo Nishimura  
MC事業本部 企画統括部 商品企画室



# 製品紹介

## リニアモーター単軸ロボット PHASERシリーズ MF タイプ<sup>®</sup>

The MF type models of Yamaha's "Phaser Series"  
linear motor single-axis robots

加茂川良 石塚健次 平野暁史



図1 PHASERシリーズ MFタイプ

### Abstract

In recent years the trends toward larger LCD (Liquid Crystal Display) manufacturing equipment and faster factory transport systems have created the need for robotic arms with longer strokes as well as high speed and accuracy to serve as the drive arms in factory operations. To answer these market needs while also adding new value to differentiate our products from those of the competition and bring new creativity to the single-axis robot category, Yamaha Motor Company's IM (Intelligent Machinery) Company released in November, 2003 the MR type models of our "Phaser Series" shaft-type single-axis robots with coreless linear motor.

Now we release on the market our new MF type models of this series as the new top-of-the-line models capable of accommodating heavier loads over a longer stroke. The new MF models adopt the linear scale positioning mechanism developed and put to use on the MR models while utilizing a core-equipped linear motor as the drive motor to achieve a maximum load capacity of 100 kg and a maximum stroke of 4 m. And, despite their large size as single-axis robots, the MF type robots have also been developed to achieve high levels of speed and accuracy while maintaining low product cost.

### 1 はじめに

近年、液晶製造装置の大型化や工場内の搬送設備の高速化に伴い、それらの駆動軸として、ロングストロークかつ高速、高精度なものが求められている。こうした市場要求に加え、単軸ロボットとしての新たな価値の付与や他社との差別化を図り、単軸ロボット市場での独創性を確立すべく、ヤマハ発動機株式会社IM(Intelligent Machinery)カンパニー(以下、当社)では、2003年11月に、シャフトタイプのコアレスリニアモーター単軸ロボットPHASERシリーズ MRタイプを発売した。



今回、同シリーズの上位機種として、高可搬質量、ロングストロークに対応できるMFタイプ(図1)を市場に投入する。MFタイプは、MRタイプで開発、実用化した位置検出器(リニアスケール)を採用し、駆動モーターにコア付きリニアモーターを用いることで、最大可搬質量100kg、最大動作ストローク4mという大型単軸ロボットでありながら、高速、高精度かつ低価格な商品の開発を目標とした。

## 2 開発の背景

単軸ロボットは、従来、回転型モーターにボールネジを組合せた構成をとることが多く、性能、価格、構造の面において差別化を図りにくい状況にあった。こうした状況を打破し、新規市場を開拓する目的で、当社は2003年に、駆動源にリニアモーターを用いたPHASERシリーズMRタイプを開発、発売した。以来、現在までに、産業用ロボット市場において、高性能・軽量・コンパクト・低価格なリニアモーター単軸ロボットとして認知されている。

その中で、近年、液晶製造などに代表される工場設備において、より重い質量を、より長距離、高速かつ高精度に搬送したいという強い市場要求があったため、PHASERシリーズの商品優位性はそのままに、高推力、ロングストロークの商品の開発を行い、MRタイプではカバーできない性能領域を補完する必要があった(図2)。

## 3 特徴

MFタイプの仕様を表1に、構造を図3に示す。

### 3.1 位置検出器

リニアモーター単軸を駆動させるための位置検出器には、MRタイプで独自開発、内製化したリニアスケールを採用した。リニアスケールに記録された磁気信号を検出、内挿処理することで、分解能  $1 \mu\text{m}$  という高精度を達成しながら、多少の汚れでは誤動作しない、優れた耐環境性を有している。同リニアスケールは、現在までにMRタイプで約2年間生産、出荷した実績があり、性能、品質において高い安定性を示すとともに、内製効果により商品のコストダウ

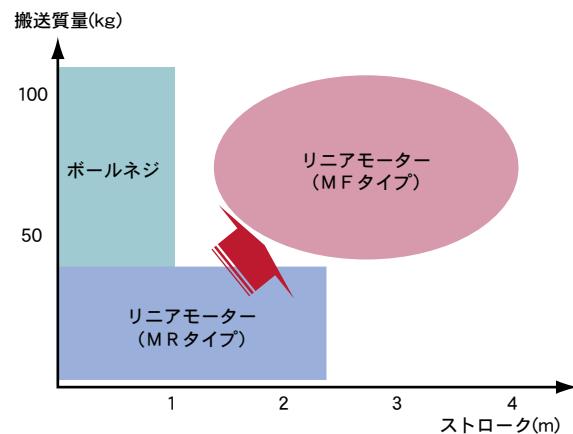


図2 単軸ロボットの性能領域

表1 PHASERシリーズMFタイプの仕様

型式	MF50	MF100
駆動方式	フラット型コア付きリニアモーター	
最高速度 (mm/s)		2,500
定格推力 (N)	200	400
最大推力 (N)	600	1,200
最大可搬質量 (kg)	50	100
繰り返し位置 決め精度 ( $\mu\text{m}$ )		$\pm 5$
ガイド構造	直動ガイド	直動ガイド(ローラー)
ストローク (mm)	1,050 ~ 4,020 (135mm ピッチ)	895 ~ 4,000 (135mm ピッチ)
幅 (mm)		210
高さ (mm)		100
位置検出方式	磁気式リニアスケール：分解能 $1 \mu\text{m}$	
コントローラー	SRCP-20-R, RCX141	SRCP-30-R

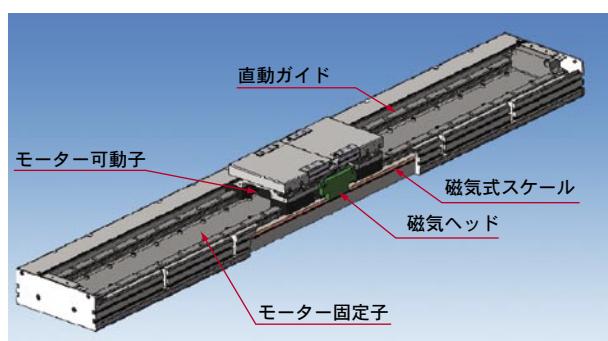


図3 PHASERシリーズMFタイプの構造



ンに大きく寄与している。

### 3.2 モーター

リニアモーターにはコア付きフラットタイプを採用した。コア付きリニアモーターの特長である高推力モーターを搭載することで、MRタイプの大型機種(MR25F)の約5倍の推力を発生する。一般にコア付きモーターは、コアレスモーターと比べて速度安定性において不利とされるが、MFタイプのモーター可動子には速度リップル低減措置が施されているため、同種のモーターと比べ、約5分の1以下のコギングリップル(推力の脈動)である。同モーターの採用により、圧倒的な高推力を発揮しながら、コアレスモーターのMRタイプとほぼ同等の速度安定性を確保することができた。

### 3.3 直動ガイド

MFタイプのコア付きリニアモーターには、可動子(コイル)と固定子(磁石)の間に、強力な磁気吸引力が作用する。単軸ロボットでは、スライダー上面に設置される搬送物の荷重を直動ガイドで受けるが、コア付きリニアモーター単軸では、搬送物の荷重に加えて、磁気吸引力を支持する必要がある。

MFタイプでは、これらの荷重を余裕をもって受けるために、MRタイプと比べ格段に高容量の直動ガイドを採用した。MF50では、直動ガイドにボール支持の高剛性ガイドを、高荷重対応のMF100では、高負荷容量、高剛性のローラーガイドを採用することで、機械耐久性を大幅に向上させるとともに、低騒音かつ低振動で動作させることができる。MF50では、ボールリテナー入りの直動ガイドを、MF100では、スライドベアリング部に潤滑剤が含浸されたシール部材を配置することで、長期メンテナンスフリーを達成している。

また、MFタイプでは、単軸ロボットの軸端カバーを外すだけで、容易に直動ガイドへの給脂が可能な構造(図4)であるため、メンテナンス時にロボット上部の防塵シャッターを取りはずす必要がない。



図4 軸端カバーの取外し

### 3.4 断熱構造

コア付きリニアモーターでは、巻き線に通電することで発生する損失(銅損)に加えて、巻き線コア部に発生する渦電流損失(鉄損)により、コアレスモーターと比べて発熱が大きい。MFタイプでは、モーターから発生する熱を、ユーザーのツール取付け面に伝達しにくくするために、モーター可動子固定部材とユーザー取付けスライダーとの間に、断熱部材を配置した。また、モーター可動子固定部材には、放熱フィンを設け、放熱性を向上させている(図5)。

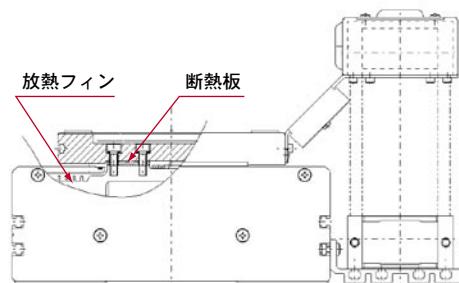


図5 断熱構造



### 3.5 防塵

リニアモーター単軸では、ロボット内部に大量かつ強力な磁石を配置する。万一ネジ等の部品をロボット内部に落下させた場合、ネジが磁石に張付き固定されてしまう。磁石と可動子との間には、数mm程度のクリアランスしかないので、ロボットが正常に動作しないばかりか、モーターが破損する。MFタイプではロボット上部にステンレスシャッターを配置し、これらの異物混入を防止するとともに、クリーンルームへのロボット導入を容易に行えるよう、密閉式のステンレスシャッター(図6)を標準装備した。

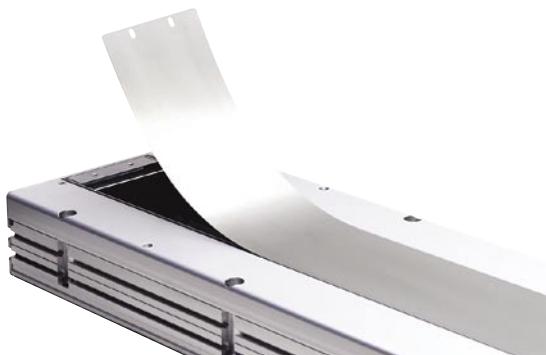


図6 ステンレスシャッター

### 3.6 取付け

ロングストロークのリニアモーター単軸では、軸長が長くなるにしたがって、その重量も重くなるため、設備に設置する際に、軸下面からの固定が困難である。ところが、防塵のために密閉構造とすると、軸内部へのアクセスを制限する必要があり、結果として、軸背面からの取付け方法とすることが多い。MFタイプでは、軸内部への異物防止のステンレスシャッターを設けた防塵構造でありながら、軸上面より固定できる構造(図7)とすることで、装置への据え付けを簡便に行うことができる。



図7 上部からの取付け構造

## 4 性能

### 4.1 高速・高推力

MFタイプの定格推力は、MF50を200N、MF100を400Nとし、MRタイプと比べ、格段に高いものとした。また、高加減速に寄与する瞬時最大推力は、MF50で600N、MF100では1,200Nを達成した。

なお、MF50の可搬質量は50kg、MF100では100kgとし、大型の搬送物にも対応できる。また、最高速度は2,500mm/sとし、高速移動が可能である。ボルネジと異なり、長距離移動時でも最高速度を落とす必要がないリニアモーターでは、長距離搬送時などに大幅なタクトタイム(製品1台、あるいは部品1個を何秒で作らなければならないか、という時間)短縮が可能となる。



## 4.2 高精度

リニアモーター単軸では、通常、モーターと平行にリニアスケールを配置するフルクローズド制御であるため、モーター駆動部とスライダーとの間に機械系が介在しない。そのため、ボールネジなどのようなバックラッシュがなく、高い繰り返し位置決め精度を達成できる。MFタイプは、MRタイプよりも大型ではあるものの、制御系はMRタイプと同一であるため、ロングストロークタイプでありながら、 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下の繰り返し位置決め精度を達成している。

## 5 ロボットコントローラー

MFタイプは、ロボットコントローラーに、SRCP(図8)およびRCX141(図9)を採用した。両コントローラーは制御系、動力系とともに、当社が長年培ってきた技術やノウハウを結集した極めて信頼性の高いものである。SRCPは、MRタイプを動作させるために開発された1軸制御用コントローラーであり、従来のロボット言語を使用したプログラム運用が可能である上に、パルス列入力にも対応した、汎用性の高いものである。また、RCX141は、PHASERシリーズ同士、あるいはPHASERシリーズ+ボールネジ単軸、ベルト単軸を同時に制御できる多軸制御用コントローラーである。

RCX141は、最大4軸まで制御できるため、1軸上に2スライダー配置したダブルキャリア仕様の制御や、2軸を同期制御するデュアルドライブ制御、リニアモーター単軸同士を組合せたリニアモーター直交仕様の制御として使用することができる。高推力、ロングストローク対応のMFタイプの発売により、MRタイプでは、実現が限られていた直交ロボットのベース軸としての利用も可能となるため、設備設計の可能性が大きく広がり、産業用ロボットのリニアモーター化がさらに進むものと期待できる。



図8 ロボットコントローラー SRCP



図9 ロボットコントローラー RCX141



## 6 おわりに

PHASERシリーズMRタイプは、産業用ロボット市場での閉塞感を打破し、当社ロボットの新たな可能性を発掘し、市場への浸透を果たした。これに続くMFタイプは、MRタイプで補えない部分を補完するために商品開発を行った。今後も市場ニーズを的確に反映する商品開発を行い、性能、コストともにユーザーに喜んでいただけるものを提供していきたい。

### ■著者



加茂川 良  
Ryou Kamogawa  
IMカンパニー  
技術チーム



石塚 健次  
Kenji Ishizuka  
IMカンパニー  
技術チーム



平野 晓史  
Akifumi Hirano  
IMカンパニー  
技術チーム

# 製品紹介

## エレクトリックコミューター「EC-02」の開発

Development of the Electric Commuter "EC-02"

長瀬 猛 神田 栄作 吉澤 彰浩 小野 朋寛



図1 エレクトリックコミューター「EC-02」

### Abstract

In recent years the concern about environmental and energy issues continues to grow. A look at the history of Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) shows that we have been involved for many years in the research and development of electric motorization technologies, which led to the early introduction of the electric scooter "Frog" as a concept model shown at the 1991 Tokyo Motor Show and the 1993 market release of our PAS electro-hybrid bicycles.

Then in November of 2002, we introduced on the market the electric commuter model "Passol" that proposed the world of a completely new type of clean, silent-running vehicle designed from the ground up to take optimum advantage of the unique qualities of electric motorization, as opposed to simply mounting an electric power unit on an existing scooter chassis. This model has won a popular following mainly among fashion-conscious women in their 20s and other users who appreciate the easy advantages of an electric-powered vehicle.

Meanwhile, there has also been a call mainly from male users for electric vehicles that are fun to use. To answer this type of need from the market, we developed the "EC-02" as a "Fun-to-ride minimum commuter" full of enjoyment that is only possible in an electric-powered vehicle. Here we report on the development of this model.

### 1

#### はじめに

環境・エネルギー問題への関心は、近年ますます高まっている。ヤマハ発動機(以下、当社)はその歴史の中でも、1991年の東京モーターショー出展の電動スクーター「FROG」(図2)を皮切りに、1993年には電動ハイブリッド自転車「PAS」を発売するなど、長年にわたり電動技術の研究開発を進めてきた。

そして、2002年11月、単に既存原付スクーターの電動化製品としてではなく、電気動力の特性を活かし、クリーン&サイレントな新しい乗り物の世界を提唱するモデルとして、エレクトリックコミューター「Passol」(図3)を市場に本格導入した。トレンドに敏感な20代の女性や、電動ならではの扱いやすさ、軽さを求める方を中心に支持を得ている。

その一方では、男性層を中心に、電動としての楽しさを求める声もあった。それら市場ニーズに応える、電気動力だからこそ可能な遊び心を加味した「ミニマム・ファン・コミューター」が「EC-02」(図1)である。

## 2 開発のねらい

「Passol」に続くエレクトリックコミューターとして、よりライフスタイルにこだわり、モノにこだわる30～40代の男性をコンセプトターゲットとし、高い趣味性に見合う機能、デザインの採用と、男性ユーザーからご要望の多かった項目について、以下の対応を行った。

### ① 斬新かつ印象的なデザインの実現

- ・ 5角形軽量アルミダイキャストフレーム採用
  - ・ フロント小径タイヤ(10インチ)採用による軽快感の演出
- ### ② 四輪車への積載性の向上
- ・ 折りたたみハンドルと可倒式フートレスト採用
- ### ③ 走行性能、航続距離の向上
- ・ モーター仕様変更と高効率モーターコントロールユニットによる発進・登坂時の出力特性向上
  - ・ 高エネルギー密度リチウムイオンバッテリーの採用
  - ・ 転がり抵抗低減タイヤの採用
- ### ④ 使い勝手の向上
- ・ インナーポケット採用により積載性を高め、ユーザーの多様な用途に対応
  - ・ コンパクト充電器またはスペアバッテリーをスマートに収納可能
  - ・ 複雑な操作を不要とするワンボタンデジタル液晶メーター
- ### ⑤ コストダウンによる低価格化の実現



図2 FROG ※ 1991年東京モーターショー参考出品車両



図3 Passol



### 3 仕様諸元

#### 3.1 電気で走る新感覚コミューター

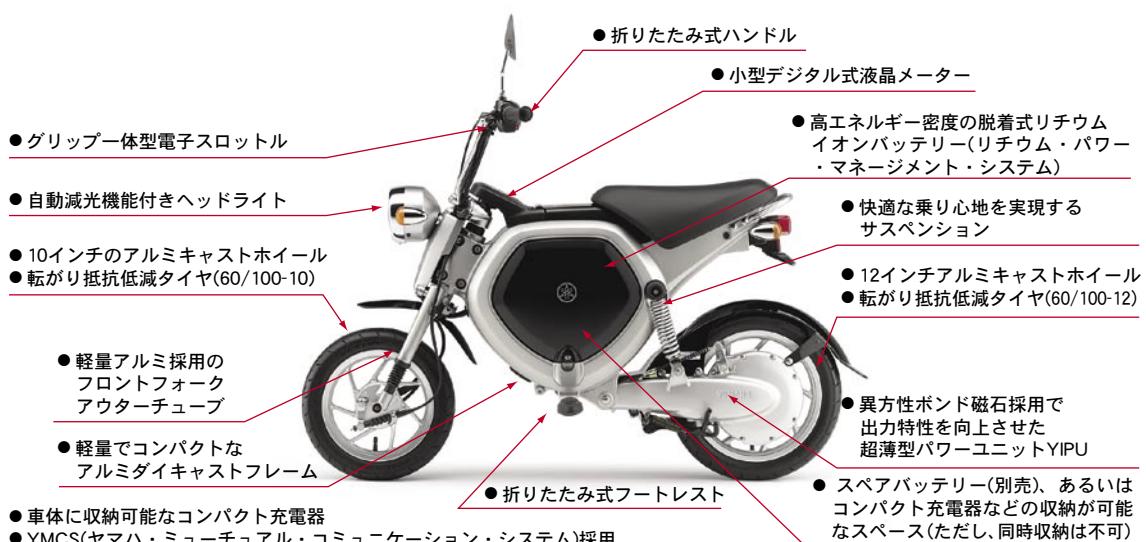
コンセプトは「ミニマム・ファン・コミューター」。部屋に入れてディスプレイしたり、車に載せたり、いつも一緒にいたくなる。走らせてみると、まるで未来の感覚。大人の時間を楽しむ、感性を刺激する車両に仕上がっている。「EC-02」の仕様諸元を表1に、フィーチャーマップを図4に示す。

#### 3.2 アルミダイキャストフレーム採用で軽量コンパクト設計 [車重47kg(バッテリー未装着時41kg)、全長1,385mm]

車体は、左右のメインフレームとリアフレームとの3分割構成となる、アルミダイキャストフレームを採用。また、アルミ一体構造のアウターチューブフロントフォーク、前後アルミホイールなど、車体の約30%(重量比)に、リサイクル性が高く環境負荷の少ないアルミ材を投入し、重量47kg(バッテリー未装着時41kg)、全長1,385mmの軽量コンパクトボディを実現。920mmのショートホイールベースとあいまって、良好な取り回し性、軽快な操縦性を実現している。

表1 仕様諸元

全長×全幅×全高	1,385mm × 620mm × 935mm
軸間距離	920mm
最低地上高	115mm
シート高	715mm
車両重量	47kg (バッテリー未装着時 41kg)
乗車定員	1名
1充電走行距離	43km (30km/h 定地走行テスト値)
最小回転半径	1.6 m
原動機型式	Y802E
原動機種類	交流同期電動機
定格出力	0.58kW
最高出力	1.2kW / 2,250rpm
変速機形式	単速 / 遊星減速機
ブレーキ形式	前 ドラム 後 (機械式リーディングトレーリング)
タイヤサイズ	前 60/100-10 33J 後 60/100-12 36J
懸架方式	前 テレスコピック 後 ユニットスイング
フレーム形式	バックボーン (コ形・アルミダイキャスト)
バッテリー種類	リチウムイオンバッテリー
バッテリー電圧 / 容量	25V / 24Ah
充電時間	80%まで 5時間 100%まで 6時間
バッテリー充電電圧	AC100V





### 3.3 斬新かつ印象的なデザイン

従来型原付スクーターの概念を覆す、斬新で遊び心にあふれたデザインを採用。アルミダイキャストフレーム(図5)の質感との相乗効果で、上質さを醸し出し、インテリア性を高めている。また、サイドパネルは取り替えもでき、カスタマイズなど、個性演出の幅を広げることができる。



図5 フレーム

### 3.4 折りたたみ式ハンドルとフートレストにより、寝かし置き収納や四輪車への搭載も可能

全長1,385mmのコンパクトサイズ、ハンドルとフートレストを折りたたむことで、屋内保管はもちろん、寝かし置きにて四輪車への搭載も可能。オイル漏れやガソリン臭さなどの心配もない。

### 3.5 使い勝手を向上する装備や機能

ユーザーの使い勝手を考慮して、充電器はよりコンパクトなものを新規に開発した。フレーム中央のインナーポケットには、このコンパクト充電器や、スペアバッテリー(別売り)を収納することができ、走行距離に応じて、移動先での充電やバッテリーの交換を行うことができる(ただし、コンパクト充電器とスペアバッテリーの同時収納は不可)。

### 3.6 パワーユニット

「EC-02」のパワーユニットは、高度に機能集約されたYIPU(ヤマハ・インテグレーテッド・パワーユニット)を採用した(図6)。

YIPUは、後輪ハブ部に、

- ① 超扁平面対向型ブラシレスDCモーター
- ② 超小型コントローラー
- ③ 遊星減速機
- ④ ドラムブレーキ

などをまとめ、さらにリヤアームと一体設計することで、コンパクト化を図ったものである。

今回、モーターには異方性ボンド磁石を採用。コントローラーの高効率化による出力アップとあいまって、発進時・中速域および登坂時のパワーを高い次元で実現した。早朝、深夜などの街路地も、気がねなく走れる静肅性も特徴の一つである。

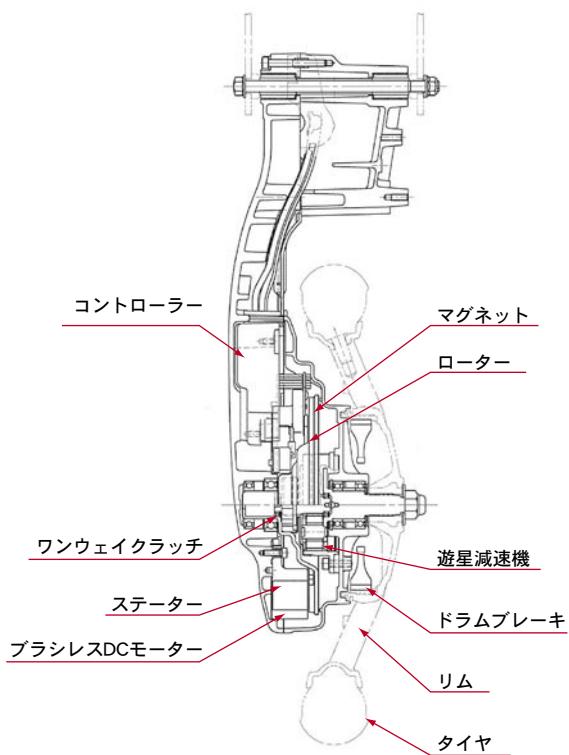


図6 パワーユニット

### 3.7 新開発グリップ一体式の電子スロットル

ハンドルグリップの中に、グリップ回転角検出用の磁気センサーと磁石を内蔵。高度なモーター制御との相乗効果で滑らかな走行性を実現。スロットルワイヤーがないため、ハンドル回りのデザインがすっきりとし、ハンドルの折りたたみも容易にできる。

### 3.8 新開発高エネルギー密度のリチウムイオンバッテリー搭載

世界最高水準の性能をもつ、着脱式二輪車用リチウムイオンバッテリーを採用。

- ① 軽量で安定した高出力
- ② リフレッシュ不要
- ③ 急速充電対応

などが特色である。車体に搭載したままで、取り外しても、家庭用電源から充電できる。また、新開発した電池は高いエネルギー密度を持ち、1充電走行距離 43km (30km/h定地走行テスト値)を実現した。電気代は1充電で約16円の優れた経済性を達成した。

### 3.9 乗る人の意思とパワーユニットをつなぐ相互制御システム $\langle\!\langle$ YMCS $\rangle\!\rangle$ の採用(図7)

当社独自の電子制御技術を投入した相互制御システム、YMCS(ヤマハ・ミューチュアル・コミュニケーション・システム)を搭載した。①バッテリー、②コントローラー、③充電器、④メーターの4系統に相互通信回路を設け、常に互いの情報を共有しあって、車両の総合制御を実現している。これにより、スタンバイ時、走行中、車載充電時など全ての状態に応じて、システム起動やモーターの駆動・補機駆動などの制御が自動化され、より手軽な操作性を実現した。



### 3.10 新開発ワンボタン小型液晶メーター

メーターは、「EC-02」専用に新開発したLED (Light Emitting Diode) バックライト、ワンボタン操作式の液晶メーターを採用。スタンバイから走行可能モードへの移行や、オドメーター/トリップメーターの表示切替え、走行モード(標準モード/パワーモード)の切替えを、全てひとつのボタンで実現。ボタンの操作方法は使いやすさを最重要視して開発した。

図7 相互制御システム



### 3.11 操縦安定性

直進安定性を保ちつつ、コーナーリング性能を引き出すため、トレール量は53mmとした。また、ハンドルの全幅は、「Passol」+20mmの620mmに設定し、身長180cmの男性が乗っても窮屈にならないポジションを実現した。タイヤについては、新開発の転がり抵抗低減タイヤを採用した。

## 4 優れた環境性能

電気動力に加えて、車体の軽量化、新開発・転がり抵抗低減タイヤの採用、オートパワーオフ機能、停車時に自動で減光するヘッドライト等、環境負荷軽減のための機能や装備にも配慮した。LCA(Life Cycle Assessment：原材料採掘から、製品の製造、廃棄に至る全てのプロセスで、環境への負荷を総合的に評価する方法)においては、当社50cm<sup>3</sup>スクーター比較で二酸化炭素を約57%、窒素酸化物を約88%、硫黄酸化物を約80%削減した。

## 5 おわりに

「Passol」の発売以降、お客様からのご要望を、より多く車両に組み入れることだけを考えて開発を進めてきた。今回、男性向けに開発した「EC-02」は、環境性能・動力性能・遊び心、全てにおいて、男性ユーザーの皆様のご要望に対して回答ができたモデルであると考えている。

また、環境性能の高い第2弾の電動車両を商品化できたことは、環境問題がますます重要視される今日、社会的な責任を果たしていくという視点においても、大きなステップを踏めたものと考えている。

最後に、多大なご協力を頂きました、関係各位にお礼を申し上げます。

### ■著者



長瀬 猛  
Takeshi Nagase  
EV事業推進部 EV開発室



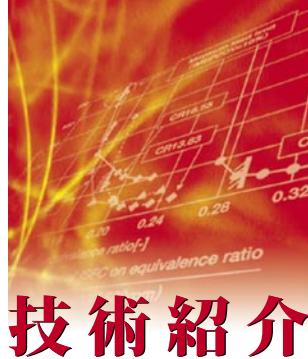
神田 栄作  
Eisaku Kanda  
EV事業推進部 EV開発室



吉澤 彰浩  
Akihiro Yoshizawa  
MC事業本部 技術統括部  
コンボ開発室



小野 朋寛  
Tomohiro Ono  
EV事業推進部 EV開発室



# 技術紹介

## 「ヒミコ」に生かされた型製造技術

The mold-making technology used for the *Himiko*

林邦之



図1 未来型水上バス「ヒミコ」

### Abstract

When the axe swung by Reiji Matsumoto cut the rope tied to the hull, the huge form of curved surfaces began to slide down into the water. The scene was the launching ceremony of the futuristic waterbus *Himiko* held in the drizzling rain on November 19, 2003, at the Kanagawa Dockyard Co., Ltd. in Kobe. Produced by the famous manga and anime artist Reiji Matsumoto, this 33.3 m boat with its swirling curved surfaces welded together from steel plates was not yet painted, but from its deck rose a proud teardrop shaped cockpit canopy. As I watched with a feeling of great relief that we had been able to meet our deadline, I looked back over the previous six months.

Some 45 years have passed since Yamaha Motor Co., Ltd. began designing and building boats. The mold-making technology that we have accumulated over those long years of experience were used to their fullest in the building of the *Himiko*. In this report we introduce the mold-making technology used in the *Himiko*.

### 1 はじめに

松本零士氏の振りかざした斧が、船体をつないでいた支鋼(しこう)を切断すると、巨大な曲面のかたまりは、ゆっくりと水面にすべり下りていった。2003年11月19日、小雨の降る中、神戸の金川造船において、未来型水上バス「ヒミコ」(図1)の進水式が行われた。漫画・アニメ界の巨匠、松本零士氏がプロデュースした、全長33.3mの船体の、うねるような曲面は、鋼板を溶接して作られ、まだ塗装も施されていないが、その先端に大きな「ティアドロップ(涙滴)」形状のコックピットキャノピーが、誇らしげに設置されていた。私は、ああ間に合ってよかったと感慨にふけりながら、この半年間のことを思い起こしていた。

ヤマハ発動機(以下、当社)が舟艇事業を始めて45年。この間に当社がボートの型製造で培ってきた技術が、「ヒミコ」の建造に生かされた。ここでは、その当社の型製造技術を紹介する。



## 2 使命感

2003年5月末、社内の知人から電話があった。ボートの窓に使う曲面ガラスを製作している会社が、複雑な形状の曲面ガラスを作るための木型を作るところを探しているという。早速、ガラス会社の大倉に電話をして内容を聞いた。松本零士氏がデザインされた全体が3次曲面の形状の船で、そのほぼ全面に曲面ガラスをつけるという。ピンと来た。この仕事は当社でなければ、できない。翌週、「ヒミコ」を建造する神戸の金川造船で打合せがあり、直感は使命感に変わった。この仕事は当社がやらなければならない。納期とコストが厳しいが、なんとしても、やり抜こう。

当社が舟艇事業を始めたのは、1960年のことである。当初、船大工による木型の製作で始まった型製造は、1990年のNC(Numerical Control)加工の研究開発開始から、2000年の3次元CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)とNC加工機を使用したシステムへと進化した。また、2001年からは、ボート業界他社の型製造も請け負い始め、そして、この「ヒミコ」は、他の業界からの初仕事になった。2003年には大型のNC加工機を新規に導入し、2004年以降は、蒲郡事業所として社内の型はもちろん、社外の仕事を積極的に取り込み、最近では航空業界などの仕事を受注している。

## 3 型の作り方

はじめに、ボートの型の作り方を、簡単に紹介したい。まず、製品と同じ形状の才型(以前は木型ともいっていた、オス型のこと。英語ではplug、またはmale plug。plugは栓のこと。)を製作する。これが以前は、船大工による木型であったわけで、現在はNC加工による才型である。その才型に対して、製品と同じ材料であるFRP(Fiber Reinforced Plastics)を10mm以上積層して、メ型(メス型のこと。英語ではmold、またはfemale moldという。)を製作する。製品は、このメ型の中で積層される(図2)。

NCによる才型製造に、欠かせない要素が3つある。①3次元CAD/CAM、②材料・工法、③NC加工機である。それについて、以下に解説する。

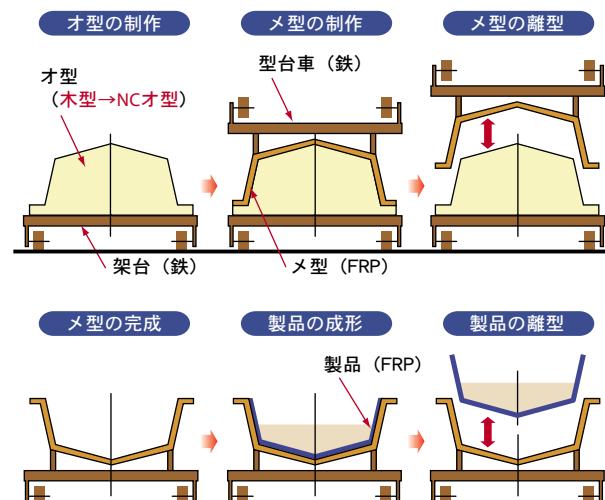


図2 FRP用型の作り方

### 3.1 3次元CAD/CAM

舟艇事業で使用している3次元CAD/CAMソフトは、Unigraphics®である。社外の仕事をする場合には、IGES(Initial Graphics Exchange Specification)変換されたファイルでやりとりをしている。設計部門、デザイン部門から送られた3次元データに対して、フィレット(角R、隅R)付けを行い、データが完成する。このデータをもとに、一方ではUnigraphics®のCAM機能によって加工データを作成し、もう一方では実際の加工物(ワーク)の下部構造(サブストラクチャー)をCAD上で設計する(図3)。

※Unigraphics®は、UGS PLM Solutionsの登録商標です。

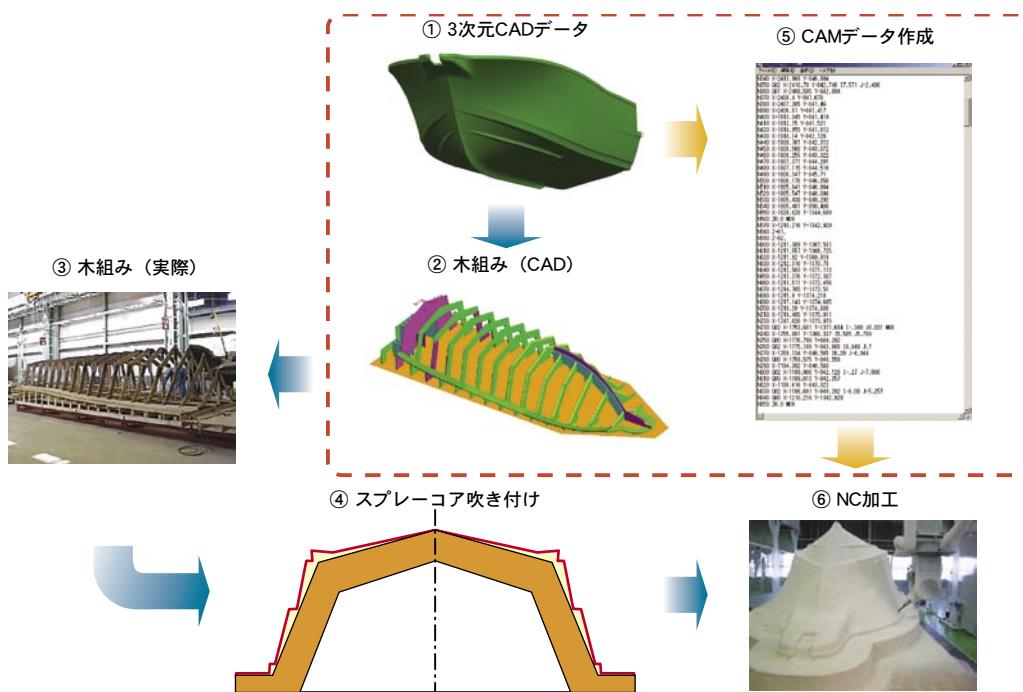


図3 仕事の流れと3次元CAD/CAM

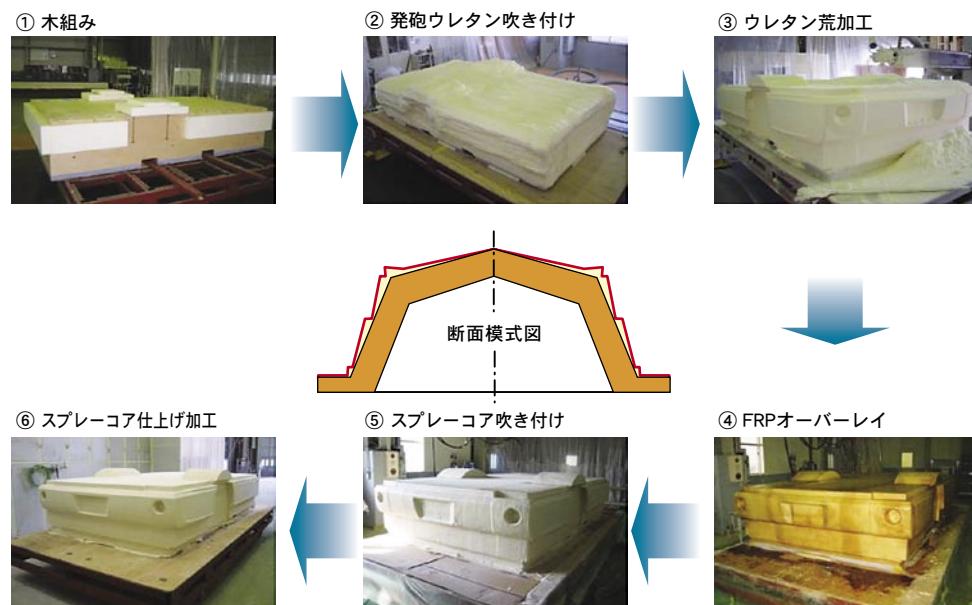


図4 材料・工法

### 3.2 材料・工法

材料・工法は、1990年当時に大型造形の研究開発を始めてから長年の課題であったが、2000年からアメリカのボート用型製造会社が使用している材料(スプレーコア)を輸入して使い始めた。この材料によって、大型造形が可能になった。工法は、以下のとおりである。まず、最終形状よりも、ひとまわり小さな木型(サブストラクチャー)を簡単な形状で作り、その上にウレタンフォームを吹き付ける。この状態で1回目のNC加工を実施するが、最終形状より10mm小さく加工する。加工後、ウレタンフォームを安定化するためにFRPを1枚積層する。その上にスプレーコアを約15mm吹き付ける。そして、2回目のNC加工を実施する(図4)。こうして加工し終えると、型の表面は、厚さ10mmのFRPとスプレーコアのシェルで覆



われることになる。スプレーコアは比重0.6の材料で、硬度、強度も十分あり、作業者が型の上に乗って作業ができる。

### 3.3 NC加工機

当社の蒲郡事業所には、NC加工機が3台ある。1台は、1990年に導入した片持ち式の3軸の加工機である。加工範囲は、長さ10m×幅2m×高さ2.5mで、現在も稼動中である。次が、1991年に導入した木工NC加工機で、主に合板の平面加工を行っている。加工範囲は、長さ2.4m×幅1.2m×高さ0.15mである。NCオ型のサブストラクチャーを製作する時には、この木工NC加工機で、合板からフレームと表面材を切り出している。また、高さ150mm以内のものであれば、3次元加工も可能である。最後が、2003年に導入した門型の5軸NC加工機(図5)である。加工範囲は長さ12m×幅5m×高さ3mで、金属以外のものを加工する、いわゆるモデル加工機としては日本で最大のものである。この加工機は門型のため、片持ち3軸加工機では反転や分割をしなければならなかった加工物を、そのままの状態で、一体で加工できるようになった。また、加工速度も最大で10m/分と、3軸加工機の約3倍となり、加工能力を大幅に増大させることができた。なお、ここで3軸とか5軸とか、いっているのは、加工機が動く自由度の数を示しており、3軸とは、X、Y、Zの3軸の方向に刃具(ツール)が移動することを意味し、5軸とは、前述の3軸に加えて、ツールをつかむヘッドがA軸とC軸の周りに回転することを意味している。例えば5軸加工機で凸面体を加工する場合に、加工物の表面の法線方向に、常に刃具の中心線を向ける同時5軸加工が可能となる。

- 特徴
- ・FRP用の型（金属ではなく柔らかいものを加工）
  - ・大型（加工範囲） 12m × 5m × 3m
  - ・高速（加工速度） 10m/分
  - ・高精度（加工精度） ±0.1mm



(2004年4月稼働開始)



図5 大型高速NC加工機

## 4 「ヒミコ」のガラス型

さて、「ヒミコ」に戻る。2003年6月末に、金川造船、大倉、当社の3社で打合せを行い、同年11月の進水式に、一番大きなコックピットキャノピーのガラス一式を設置することが最優先課題となった。そのためには、通常ではない方法が取られた。まず、金川造船から、フェアリング(点を線や面で立体的につなぎ、きれいにならすこと)されていない状態の2次元のデッキラインズをいただき、当社で3次元フェアリングを実施して、デッキの3次元形状を確定させる。次に、この3次元データをもとに、鋼製のデッキを製造するための2次元データを、当社から金川造船に提供する。また一方で、同じ3次元データをもとに、曲面ガラスを製作するためのオ型を当社が製作し、大倉に納入する。この方法のおかげで、納期の短縮が図られ、



図6 船体に設置されたコックピットキャノピー



かつ、鋼板の船体に曲面ガラスがぴったり合うことが可能になった。曲面ガラスは合計で36枚あり、表面積は全部で166m<sup>2</sup>。この表面積は30フィート(9.1m)クラスのボートの総型表面積に匹敵する。コックピットキャノピーは、長さ9m、幅3m、表面積25m<sup>2</sup>の巨大なものであった。7月中旬から3次元フェアリングにとりかかり、8月末にコックピットキャノピーの型を納入、約80日間のガラス製作の工程を経て、無事、進水式の前に設置することができた(図6)。その後も、10月まで順次、オ型を製作していった。

ここで、曲面ガラスの製造方法について紹介する。ボートのように、販売隻数が数百のオーダーの曲面ガラスを製作するには、重力曲げといわれる方法を用いる。ボートメーカーは、ガラスが設置される部分の型を支給し、ガラスメーカーは、その型の外周部の形状に合わせた鉄枠の型を製作し、ガラスをその鉄枠に乗せてオーブンに入れ、熱で柔らかくなったガラスが自重で変形し、所期の形状になったところで冷却する。そして、その支給された型は、ガラスの形状を検査するジグとしても使用するのである。今回の「ヒミコ」の場合は、これに加えて、ガラスを受けるサッシの曲げ加工にも用いられた。サッシも部材幅が細いとはいえ、3次元形状のため、オ型の上でサッシを叩いて形状に合せるのである。こういうことから、今回のオ型はある程度の強度を必要としていた。当社のスプレーコアNCオ型の威力を存分に発揮できた。

## 5 おわりに

進水式の後、「ヒミコ」の建造は進められ、2004年3月26日に、東京都観光汽船の水上バスとして隅田川に就航した。初日から話題を集め、ほぼ満席の運航が続いている。

①3次元CAD/CAM、②スプレーコア、③大型NC加工機を活用した、ボート用オ型製造技術は、他の分野にも適用が可能だと考えている。特徴は、大きな自由曲面が、精度よく加工できることである。適用の候補として考えられるのは、デザイン性の高い建築、新幹線の先頭車両、航空機等であるが、例えば、立体地形図なども可能性があると思われる。防災対策用のハザードマップを立体で作成すれば、効果的ではないかと考えられる。より広くこの技術を知っていただき、新しい価値の創造に寄与したいと考える。

### ■参考ホームページ

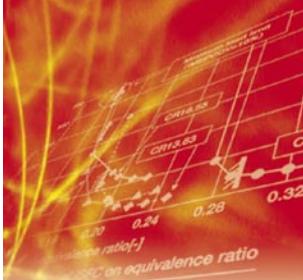
- 1) 松本零士オフィシャルホームページ <http://www.leiji-matsumoto.net/>
- 2) 東京都観光汽船 水上バス ヒミコ [http://www.suijobus.co.jp/himiko\\_ship/index.html](http://www.suijobus.co.jp/himiko_ship/index.html)
- 3) ヤマハ発動機 製品一覧 型製造 <http://www.yamaha-motor.co.jp/product/nc/index.html>

### ■著者



林 邦之  
Kuniyuki Hayashi

国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



# 技術紹介

# 失敗事例に学ぶ新商品需要予測のジレンマとその解決への試み

## **An attempt to solve the dilemma of predicting demand for new products based on the lessons from past mistakes**

原以起

## Abstract

There is one troubling doubt that always assaults product planners when drawing up proposals for new businesses or new products. That doubt comes when trying to answer the difficult question of how many units will actually sell of (what the planner believes at the time to be) a revolutionary product or a product that they are attempting to differentiate from the competition by giving it a design that includes "value based on emotional appeal." No matter how carefully the planners think they have conducted their market research, there are times when actual sales results when the product comes to market are tragically below the planning-stage predictions (but, of course, there are also times when the initial prediction is wrong in the opposite way and the product becomes an unexpected big hit). The reason for these mispredictions is that the planners must try to survey consumer reactions to a "product that has never existed before" or a "product with an appeal that is emotional (and subjective)" and in this kind of survey it is difficult for the consumers being surveyed to compare and evaluate the conceived product with something that actually exists now. And, in such a case, the consumer's response is most often determined by a vague sensibility (mental image) and they will often give an inconclusive answer like, "I might like to have a product like that, but I don't know if I would actually spend money to buy it." Therefore, what makes this kind of demand prediction difficult is the difficulty of translating the "emotional (subjective) value" expressed in these responses into "quantitative" data.

Because such predictions are so difficult, in the end you have to actually start selling the product before you will get an answer. But, in order to justify bringing such a product to market and starting sales, you also need to be able to provide plenty of data. But, these remain products with which you can't get really convincing data until you actually start selling them. This is truly a dilemma.

In our project we asked ourselves a simple question: Can't we find a technique to help solve this dilemma by creating a model that addresses the factor that makes this kind of demand prediction so difficult? In other words, we asked ourselves if there wasn't a way to "quantify emotional (subjective) value." The eventual aim of our research had been to create a business model that would provide "emotional (subjective) value" but we were unfortunately forced to shelve it when we were unable to find justification for the product development and production cost. In this report we present an outline of what we learned from the research process up until the point where the project was shelved, the actual research that was conducted and ideas we got for a business model based on our research results.



## 1 はじめに

新事業や新商品を企画する者たちが企画書をまとめる時に、いつも襲われる悩みがある。「その商品は、いったい何台売れるのか?」とりわけ、まだ世の中にはないような画期的(と、当事者は思っている)商品や、デザインなどの「感性的価値」によって差別化を図ろうとする商品であるほど、その需要予測は難しい。さんざん綿密な調査(と、当事者は思っている)を行ったにも関わらず、最後にふたを開けてみれば、無残な結果になることも、しばしばである(もちろん、よい方に裏切られて、大ヒットを飛ばすこともあるのだが)。なぜなら、それは「今は、ない商品」や「感性的な商品」について調べているので、調査対象である消費者自身が「ある何か」と比較検討して評価を下すことが難しく、ほとんどの場合「それ、欲しいかもしれないなあ。でも買うかどうかまではね…」というような、かなり漠然とした感覚(=心)に左右されてしまうためだ。そんなわけで、この手の商品の需要予測を難しくさせている要因は、「感性的価値」をうまく「定量化」できないところにあるとも考えられる。

予測が難しいので、売ってみなければ分からぬ。が、売るためには、それなりのデータが必要だ。しかし、納得するに足るデータを得るには、やっぱり売ってみなければ分からぬ…。まさにジレンマである。

当活動では、こうしたジレンマを、どうにかして解消できる術はないだろうか、という、ごくシンプルな思いから、需要予測を難しくさせている要因である「感性的価値の定量化」を試みた。最終的には「感性的価値」を提供する事業を目指してリサーチを進めていたが、商品の開発・生産コストの見通しが立たなくなってしまったため、残念ながら中途段階で休止となった。今回は、活動休止までのプロセスから学んだこととして、実際に行われたリサーチと、その結果から導き出されたビジネスモデルのアイデアについてもご紹介する。

## 2 リサーチの考え方

さて、「感性的価値」の定量化を考える時に、どんな尺度をあてはめるとよいだろうか?「感性的価値」とは対称となる「機能的価値」の場合なら、「機能」や「性能」という価値がすでに「定量値」なので、ほぼダイレクトに定量評価が可能だ。しかし、「感性的価値」の場合、それは「定性値」なので、そう簡単には定量化できない(例えば、心の動きを数値化しようとすると、脳波測定や頭部の血流測定等の方法が考えられるが、お金と施設としかるべき解析者が必要となり、それは、たいへんである)。

私たちは、「価値」は商品という形で、最終的に消費者が「それが対価に見合う価値かどうか」という問題を「買う」「買わない」で判断していることから、「価格」を尺度にすることにした。実際のアウトプットとしては、

- ・ その「感性的価値」は、消費者から見て〇〇円である。
- ・ その価格で〇〇人が買う。

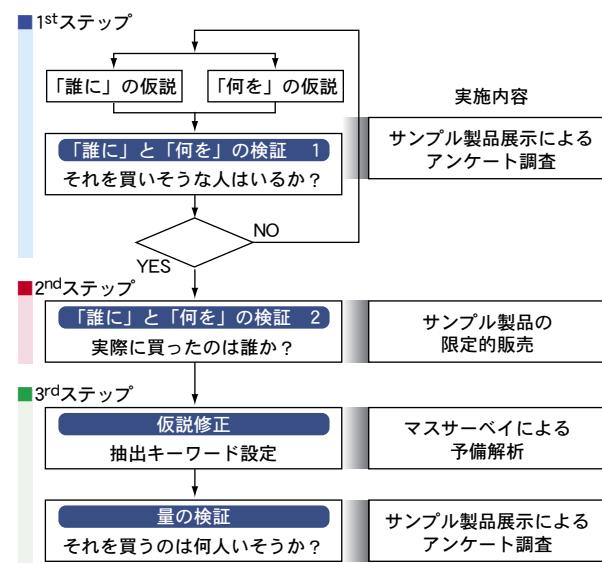


図1 プロセス概要図



となる。そして、実際の調査設計を行うにあたって、

- ・ その「価値」は、どんな人たち向けに考えたものなのか?「誰に」
- ・ その「価値」は、具体的にはどんなものなのか?「何を」

を定義(仮説の設定)するところから取り掛かり、大きく3つのステップで仮説・検証を繰り返しながら、需要予測精度を高めていこうと考えた(図1)。

### 3 「誰に」

「誰」探しの方法については、一般的に大きく次のようなプロセスが考えられる。

- ・ ライフスタイル視点でのマスサーベイ(消費者ライフスタイル調査などと言われている)を行い、消費性向や生活信条などを切り口にしたクラスター分析を行い、対象としたい消費者を探し出す。  
「網を打って魚を一網打尽にし、その中から『鯛』を見つける。」
- ・ すでに(仮にではあるが)提供したい価値(=商品)を消費者に対して提示し、その価値(=商品)の購入意欲度の最も高い消費者群を対象とし、再プロファイリングする。  
「ねらう魚(例えば、鯛)の好きそうなエサ(例えば、エビ)で釣り上げる。」

今回は、対象者のプロファイリング精度を、定性・定量両面で上げるため、上記のプロセスを組合せて計画した。

### 4 「何を」

「何を」とは、商品そのもの(モノ・サービス)を指したり、その商品がもたらす効用(ベネフィットとも言う)を指したりする。「何を」について、まず、次のような仮説を立てた。

- ・ 効用=私だけの一品が手に入る(入った)喜び
- ・ 商品=ユーザーの嗜好がデザインに取り入れられた電動自転車

この結論に至るまでのロジックは、

- ・ 「感性的価値」はデザインで表現されることが多い。
  - ・ また、「感性」は心の動きなので、供給者(ヤマハ発動機)と顧客とのやり取りも重要な要素となるだろう。
  - ・ その時顧客が「うれしい」と感じる理由には、どんなものが挙げられるか?「自分の思いがメーカーに通じた」というものもあるのではないか?
  - ・ 故に、顧客の思いが通じやすく、またそれを具現化しやすく、検証が比較的容易に行えるモノ
- ということで、電動ハイブリッド自転車「PAS」をベース商材として選定した。



## 5 調査設計

「その価値を、いくらなら買うか」を知るために、被験者に、なんらかのサンプルと価格を提示する調査方法が有効である。今回は、

- 同一カテゴリ既存商品との相対比較によって、「感性的価値」を加えた場合の「差額」を求められればよい。
  - より多くの消費者のプロファイルデータを取得したかった(n数優先)。
- という視点から、「直接価格反応サーベイ」をベースに設計した。

直接価格反応サーベイとは、「価値(=「商品」)に「価格」を付けて提示し、「買う」or「買わない」を5段階~7段階で評価する方法で、通常、上位2段階(5段階評価の場合)、もしくは3段階(7段階評価の場合)をまとめて「潜在的な購入層」とみなし、「潜在顧客層」数 ÷ 被験者総数 = 「購買確率」というかたちでアウトプットする。さらに、価格についても3段階程度(上・中・下)設定しておくと、価格の変化と購入意欲度の変化の関係をつかむことができる(図2)。

この調査方法は、設問がたいへんシンプルに構成でき、被験者への負担も少なく、n数を稼げるという点でも優れている。これは、1960年代にアメリカでよく使われた手法で、少々レトロだが、特に生産材の分野では非常に精度の高い結果が期待できる(アメリカの某フィルムメーカーも、この手法で新製品の価格を決定し、マーケティング的にも成功を収めた)。

ただし、消費材分野での、この手の価格を提示する調査では、特に以下のような項目<sup>※1</sup>に気をつけなければいけないので、今回は、あらかじめ販売実績のある商品も同時に調査し、調査の信頼度を確認できるようにした。最終的には、ビジネスモデルをまとめるために欠かせない、「どのようにして提供するのか?」についての材料も、一連のリサーチで得られるようにした。実際に行ったアンケートの構造を図3に示す。

※ 1 : 実際の購買場面では、消費者は商品の属性と価格とを同時に天秤にかけているが、この調査方法の場合、価格だけが一人歩きしてしまう。また、回答者は「見栄を張りたがる」ので、実際の想いより「高め」の価格で答える傾向がある。こういった問題を回避しつつ、消費者の選好要素と関連付けられた反応値が得られる手法として、「コンジョイント分析」が挙げられる。これは「異なる特徴(デザイン、仕様、性能等)を持つ一連の商品群の中から、「価格」も考慮に入れた上で、どれか1つを選択しなければいけないという、いわば消費者が直面する現実的なシナリオを再現しているという点でアリアリティーがあるが、一度に何枚(もしくは、何個)のサンプルを提示しなければならず、調査側・被験者側の双方に多大な負担をかけるので、量(n数)を稼ぎたい場面や調査会場の条件次第で実施難易度が上がってしまう。

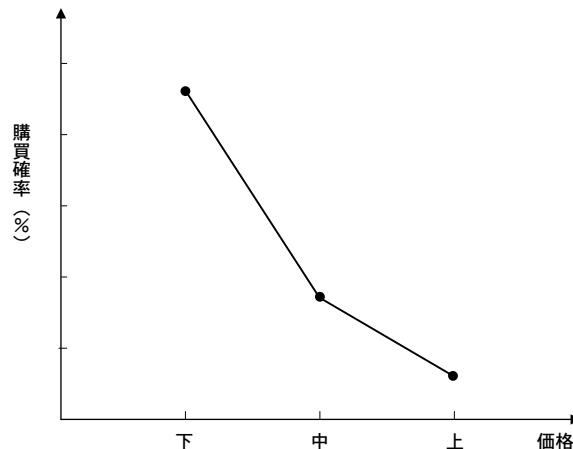


図2 直接価格反応サーベイのアウトプットイメージ  
(価格-販売量反応曲線)

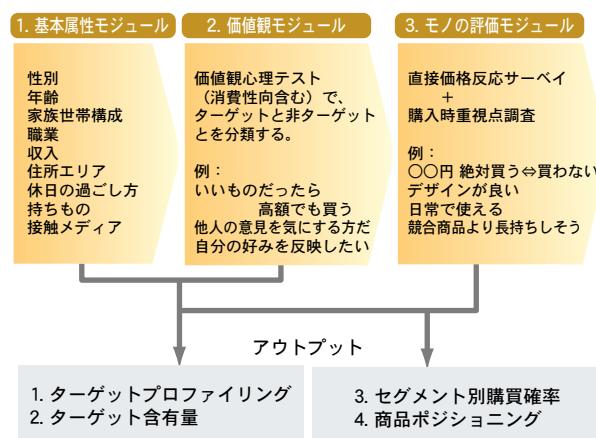


図3 アンケート構造図



## 6

## 調査活動本番

## 6.1 「感性的価値代」の把握

- ① 既存商品を含む、複数のデザインコンセプトの異なる車両を用意(図4)。
- ② 展示会(サイクルショー)とインターネットで同様の調査を行い、購買確率と被験者の属性の差を測定。
- ③ 最終的に、車両ごと、価格ごとの購買確率を集計し、それぞれの車両の販売台数を予測(需要予測)する。また、「既存商品」と「感性的価値車両」との価格差を「感性的価値代」とする。

結果は、次のようになった。まず、当調査が信頼できるかどうかについての検証だが、既存商品のアンケートから導き出された需要予測値と、実際に販売された実績値を比較すると、ほぼ一致していることが確認できた(図5)。この結果から、特に"前述"の問題<sup>\*1</sup>をキャンセルする"補正"は行わないとした。また、当初の我々の予測では、「価格が高くなるほど、購買確率は減少する」と考えていたが、車両ごとに見れば、確かにそういう傾向が確認できるものの、全車両を横通しで見た場合には、必ずしもそうはない。これは、「それを気に入れば、少々高くても買う」という、昨今よく見聞きする「こだわり層」の存在を裏付けている(図6)。ちなみに、「感性的価値」金額と需要予測との関係は、おおざっぱにいって



図4 調査に用いたサンプル車両

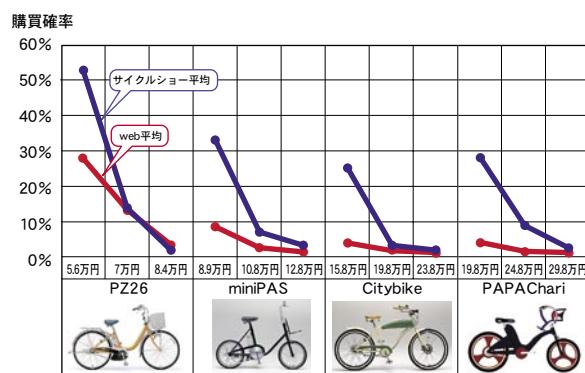


図6 車両ごとの購買確率

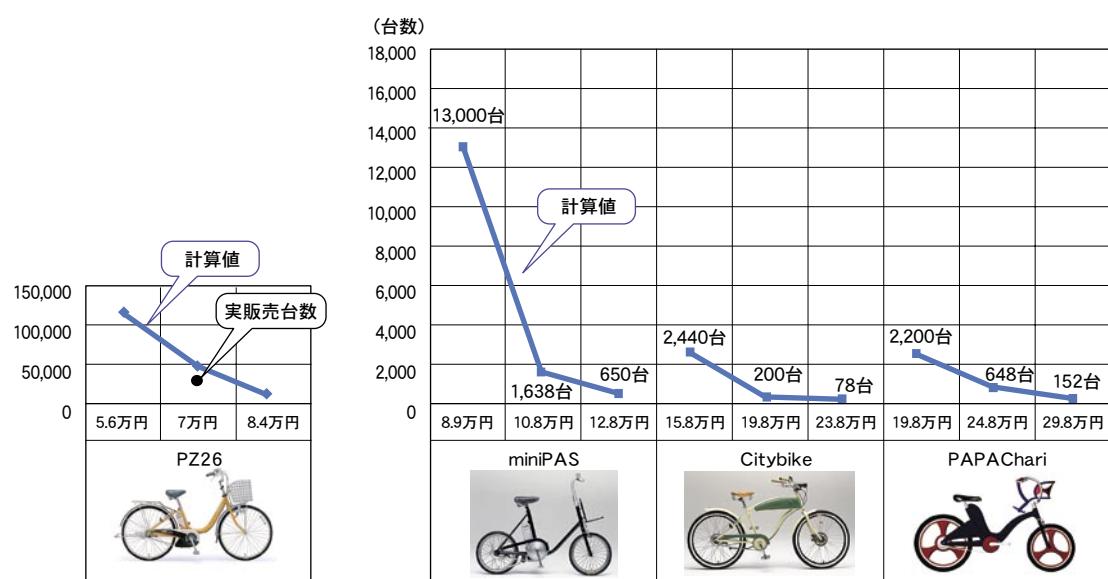


図5 車両ごとの販売台数予測(サイクルショー測定値ベース)



て、感性的価値代を10万円とすると、市場規模は既存商品の20分の1程度ということになる。感性的価値を上乗せしても、購買確率的には、さほど変動していないが、一般に販売価格が上がるほど、需要キャパシティは減少する傾向があるので、それで補正すると、やはり販売台数的には大きく減少してしまう。

## 6.2 調査対象による違い

展示会とインターネット調査については、次のようなことが分かった。インターネット調査の被験者の属性は、概ね平均的なものであったのに比べて、展示会(サイクルショー)の被験者は、高額自転車(10万円以上)の所有率が平均より5倍もあり(図7)、また、消費性向的には、高額商品に対する購入意欲度が高かった。提示した各車両の価格ごとの購入確率を比較すると、既存商品の中央価格値(実在する価格で、下限価格は実在しない)以上では、両者共にほぼ一致したが、「感性的価値車両」に関しては、いずれも大きな差が認められた。平均すると、約5倍であった。

## 6.3 需要予測

需要予測については、販売価格帯ごとに需要キャパシティが異なるとの仮説から、補正係数を加味した(図8 価格別需要係数参照)。また、実物を見ての測定値の方が、より正確であろうとの考え方のつどり、展示会(サイクルショー)でのデータを採用し計算する場合には、平均的消費者よりも5倍もの割合で多い高額自転車所有率を加味し、さらに20%の補正係数をかけた。

需要予測式:「購買確率」×「価格別需要係数」×「被験者属性補正20%」=需要予測値

## 6.4 予測検証(2<sup>nd</sup>ステップ)

当ステップは、「感性的価値代として上乗せされた"高価格"の商品を、実際に買っていただけるのは、どんなお客様なのか?」という「誰」の特定と、「アンケートから得られた販売予測値は、どの程度正しいのか?」を検証するプロセスである。というわけで、実際に商品を売るという行為が伴うので、一連のプログラムの中で、最も"骨が折れた"プロセスであった。販売する車両は、その時点で実現性とユニークさのバランスが最もとれていた「Citybike(図4c)」を選択した。この仕様を、ある程度量産できるところにまで改良し、アフターサービス面でも、なんとかやりくりが可能な台数限定(15台)、販売地域限定(東京・神

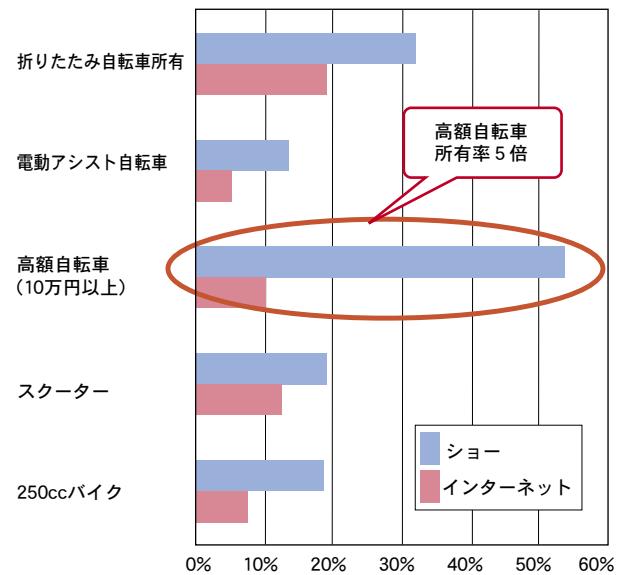
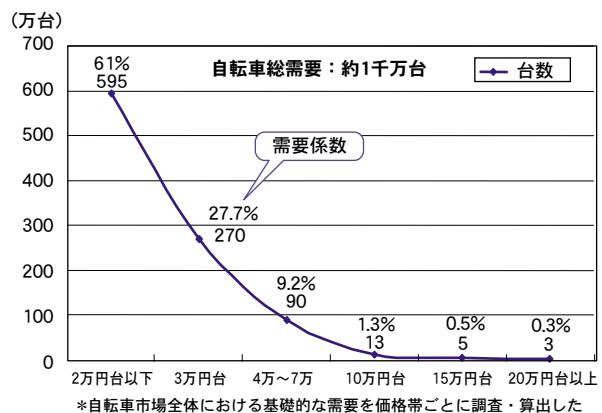


図7 2輪車に類する製品の所有率比較  
(サイクルショー vs インターネット)



\*自転車市場全体における基礎的な需要を価格帯ごとに調査・算出した

図8 価格別需要係数について



奈川)、期間限定(2週間購入申込み受付)、販路限定(インターネットのみ)で、「Citybike UP-1」という商品名で販売した(図9~10)。

結果は、15台に対して、31人の申込みがあった。1<sup>st</sup>ステップからの試算では、この車両を価格16万円、購入申込み受付2週間の場合、申込者は100人程度と読んでいたので、「予測値の正しさ加減は30%」ということになる。また、販売台数に対して申込者が上回っていたので、購入権は抽選にて決定した。後のユーザー調査による購入者プロフィールとして、以下のような特徴的なところが分かった。

- ・可処分所得が多い、いわゆる「パラサイト」と呼ばれる層や、DINKSを中心。
- ・人とは違ったスタイル(もちろんカッコいい側)を心がけている。
- ・もともと、「モノ」へのこだわりが強い。

## 6.5 仮説の修正と量の検証(3<sup>rd</sup>ステップ)

3<sup>rd</sup>ステップでは、2<sup>nd</sup>ステップまでに得られたことを、さらに「確たるもの」とするために、1<sup>st</sup>ステップ同様の「直接価格反応サーベイ」をアレンジし、以下の項目について検証できる調査設計を行った。

- ・ターゲット層とその他の層とのサンプル車両に対する購買確率の違い。
- ・ターゲット層とその他の層とのプロファイルの違い。

尚、アンケート時に提示するサンプル車についても、それまでのリサーチで得られた消費者ニーズが織り込まれた、量産仕様に近いプロトタイプ(図11)を準備した。

まず、ターゲット層を抽出する設問を作成するために、過去に我々が行ったライフスタイルサーベイ<sup>※2</sup>の再解析を行うことから始めた。その手順は、

- ① 当時のライフスタイルサーベイで、生活信条や持ち物について聞いてるので、「スタイル」「こだわり」といったキーワードに関係の強い設問(図12)に対する共感度の高い層だけを抽出する。
- ② 抽出された層の持ち物や、欲している商品ブランド、購入時重視点などについて、他の層と比べる。

※2:2002年3月~4月にかけて、我々が行ったライフスタイルに関するマスサーベイ。首都圏、関西圏の一般消費者を対象に、有効回答1,400サンプルを得た。調査項目は、基本属性を始め、生活信条、選好ブランド、選好理由、消費財別選好理由、モビリティー意識、趣味、接触媒体、持ち物など、ライフスタイル上での消費者プロファイリングを行うに足るデータを収集した。



図9 販売車両「Citybike UP-1」



図10 限定販売告知ページデザイン



図11 アンケートに用いたサンプル車両



このとき、特に抽出層の購入重視点において、「デザイン」「ブランド」など、「感性的価値」重視の傾向が他の層よりも強ければ、抽出時に用いた設問(すなわち①)を使えると判断し、本番のアンケートにそれを反映する。解析時には、「感性的価値」に関する設問について、

- ・ 全て「陽性」なら「ターゲット層」
- ・ 一部「陽性」なら「準ターゲット層」
- ・ 全て「陰性」なら「その他一般層」

として分類する(図13)。

こうして分類されたセグメントごとに、サンプル車両に対する購入意向度、購買確率を求め、さらに、プロファイルに関する項目でのクロスチェックを行った。以下に、結果概要を示す。

- ・ ターゲット層は、他の層に比べて、サンプル車両に対する購入意向度が高い(図14)。
- ・ ターゲット層の持ち物をチェックすると、他の層に比べて「モノ的に充実」した生活ぶりを送っていることが垣間見える。また、既存の電動アシスト自転車の所有率は、きわめて低い。
- ・ ターゲット層は、他の層に比べて、インターネットによるショッピングをしている割合が多い(図15)。
- ・ ターゲット層の年収平均値は、その他の層の平均を上回っており、「モノ充実度」の高さと併せて考えると、いわゆる「富裕層」が多く含まれている可能性が高い。
- ・ その一方で、平均値以下の所得層も含まれており、一概に「金持ち層」と決め付けることもできない。中には限られた小遣いをやりくりして、「スタイルリッシュ」な生活を維持している層もあると考えられる。

	そう思う	割合 そう思う	どちらとも いえない	あまりそう は思わない	そうは 思わない
おしゃれには気を使うほうだ	5	4	3	2	1
目標のために頑張っていることがある	5	4	3	2	1
心地よく過ごすために日常の消耗品にもこだわる	5	4	3	2	1
機能よりも自分のセンスに合うかどうかが大事	5	4	3	2	1
いいものだったら、高くってもしょうがない	5	4	3	2	1

図12 ターゲット抽出設問(抜粋)

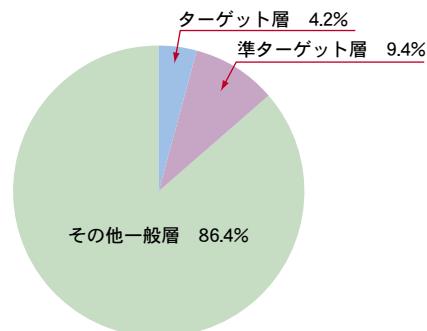


図13 各セグメント比率

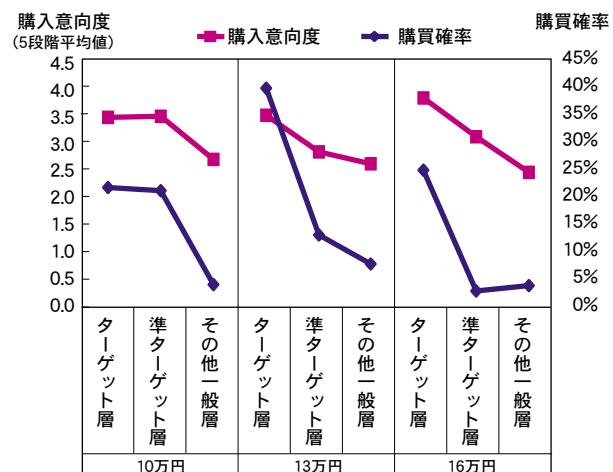


図14 サンプル車両の購入意向度と購買確率

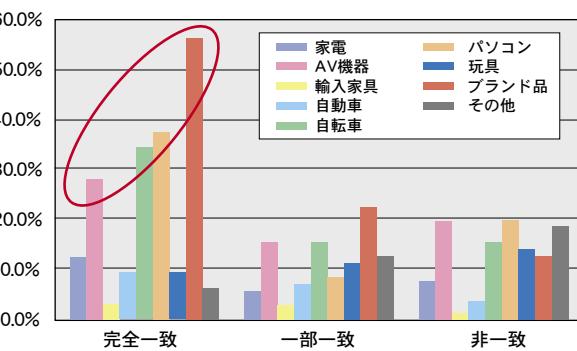


図15 インターネットショッピング経験度



## 7

## リサーチのまとめ

- ① 「感性的価値」としてプレミアムを乗せた場合、それが、ユーザーの感性に共感されれば、価格の如何に関わらず、一定の購買確率が得られる。
- ② ターゲット層と非ターゲット層とで、サンプル車の購買確率に有意差が認められたことから、ターゲット仮説、ベネフィット仮説は、ほぼ立証できたと考えられる。
- ③ 電動自転車カテゴリー・日本国内における年間の「感性的価値商品」の1モデルあたりの平均的需要は、価格が15万円の時、およそ1,000台である。

以上のように、これまで定性レベルで捉えがちだった「感性的価値」について、定量的に検証できた。

## 8

## ビジネスモデル

以上の調査を元にして、「どのようにして提供するのか？」を織り込んだビジネスモデルとして、以下のようにまとめた。

「スタイル」「こだわり」を重視する層をターゲットカスタマーとし、さらに、その層の中で細分化したデザインティストニーズ対応させるべく、インターネットを通じて、彼らと直接的なやりとりをしながら、彼らの「想い」を「翻訳」し、それを「ユニーク」かつ「スタイリッシュ」な商品として仕上げ、オンラインショッピングを主販路として販売する、小ロット生産と収益性とを両立したビジネスモデル。

このアイデアの基本的な部分となっている、インターネットを用いた、いわゆる「ダイレクトモデル」は、パーソナルコンピューターや、一部乗用車の分野では、すでに確立されているものの、商品企画の段階から消費者を巻き込み、販売までつなげるビジネスモデルとしては、一般的には、まだまだ確立されていないようだ(実施例はあるが、成功例は少ない)。

本来、オンラインショッピングにおける消費者側の最大のメリットは、お店で買うより安く買えることや、どこからでも注文できるなどの「利便性」であるので、例えば、ここでしか買えないということがメリットとなり得るのは、すでに商品の機能的価値が充分に認識されていて、さらに「何かの記念モデル」であるとか、「某キャラクターの限定品」などの場合に限られる。

今回、私たちがビジネスモデルを考える上で苦労したのもこの点で、最終的には、消費者の「自分が商品作りに参加した」という事実が、「カッコいいデザイン」と併せてプレミアムとなり、結果、そのサイトでしか買えない「限定性」を肯定し、「利便性」に劣らない消費者メリットを実現できるのではないかとの仮説設定に至ったのである。しかし、実際には、そうした「価値」の提供コストの壁をブレークスルーする難しさを、改めて思い知らされた結果となった。



## 9 おわりに

以上のように、ビジネスモデル仮説まで立案したところで、冒頭に述べた理由により、活動を休止したわけであるが、ここまで活動で得られた提供価値についての価格想定や、それを欲しがる消費者のターゲティングの手法は、新事業や新商品の需要予測精度を向上させる有効な技術・ノウハウとして位置付けられると考えている。

今後もコーポレートR&D本部で取り組む、新事業・新商品の企画を支えるマーケティング技術の構築をテーマとして取り組んでいきたい。

最後に、今回の活動では、調査段階で、実際に商品の販売を行うなど、実際の事業運営に近いオペレーションや、専用のWebサイトを立ち上げての消費者とのコミュニケーションも伴ったため、社外メーカーをはじめ、PAS事業に関わる開発部門、購買部門、生産部門、販売部門、広報部門の方々には、多大なるご尽力をいただいた。また、調査設計においては、成城大学経済学部の神田教授に綿密なるご指導をいただいた。関係者の皆様に、この場を借りて深く感謝申し上げる。

### ■参考文献

- 1) ヘルマン・サイモン、ロバート・J・ドーラン 共著、『価格戦略論』、ダイヤモンド社、2002
- 2)マイケル・J・シルバースタイン、ニール・フィスク、ジョン・ブットマン 共著、『なぜ高くても買ってしまうのか』、ダイヤモンド社、2004
- 3) フィリップ・コトラー 著、『コトラーの戦略的マーケティング』、ダイヤモンド社、2000
- 4) 佐伯啓思 著、『「欲望」と資本主義』、講談社、1993
- 5) 神田範明 編著『商品企画七つ道具』、日科技連出版社、1995

### ■著者



原 以起

loki Hara

コーポレートR&D本部  
事業開発チーム



# 技術論文

## 唾液アミラーゼ活性を利用した 交感神経活動モニターの開発

Development of sympathetic nervous system activity monitor using salivary amylase activity

東 朋幸 水野 康文 山口 昌樹

### Abstract

In order to understand human sensitivity and emotion, it is considered useful to evaluate the functions of the the autonomic nervous system (the sympathetic nervous system and parasympathetic nervous system). In addition, it is understood that the salivary amylase activity reflects the sympathetic nervous system activity based on the results of recent studies. In order to easily monitor the sympathetic nervous system activity in daily life, a dry chemistry type salivary amylase activity analyzer was then developed. By developing a method for quantitatively sampling a small amount ( $\sim \mu\text{L}$ ) of saliva, the technology for measuring the salivary amylase activity using colorimetry has been established. Functions to eliminate the effects of the ambient temperature and the pH of the saliva on the measured value are included in this instrument. The measuring range is 10 - 140 kU/L, and the measuring accuracy of  $R^2 = 0.99$ , which exceeds the standard value of  $R^2=0.95$  for the portable measuring instrument, have been achieved. This instrument can precisely analyze the salivary amylase activity in about one minute including the time for sampling the saliva.

### 要旨

ヒトの感性や情動を知るために、自律神経系(交感神経系と副交感神経系)の機能を評価することが有用であると考えられている。その一方で、最近の研究結果から唾液アミラーゼ活性は交感神経活動を反映することが分かってきた。そこで、日常生活における交感神経活動を簡単にモニタリングするために、ドライケミストリー式の唾液アミラーゼ活性分析装置を開発した。 $\mu\text{L}$ オーダーの微量唾液を定量採取する方法などを考案することによって、比色法による唾液アミラーゼの活性値を測定する技術が確立できた。本装置には、環境温度と唾液 pH の測定値への影響を除去する機能も搭載されている。測定レンジは10~140kU/Lで、その測定精度は携帯型簡易測定器の目安となる $R^2=0.95$ を上回る $R^2=0.99$ を実現した。本装置は、唾液採取までを含めておよそ1分程度で唾液アミラーゼ活性を高精度に分析できる。

### 1 はじめに

ヒトの情動や感性を客観的に評価できれば、より快適で違和感のない製品や、個人の能力や好み等に合わせて仕様の変更が可能なパーソナルフィット製品等、付加価値の高い商品開発が可能になる。ヒトの情動を計測、評価する技術としては、アンケートやインタビューを通して心理学的側面から評価する方法<sup>1)</sup>や、自律神経系等の生理的反応から評価する方法<sup>2)</sup>が用いられている(表1)。

表1 各測定方法の特徴

	心理学的手法	生理学的手法
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定自体が簡易である</li> <li>・機械では測定できない感覚での評価が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・客観的な評価が得られる</li> <li>・実時間での反応を捉えることができる</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・客観的評価が得にくい</li> <li>・意識されない刺激の評価は不可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定が大掛かりとなる</li> <li>・被検者の拘束が強い</li> </ul>



一方、ヒトの唾液は、唾液腺と呼ばれる器官から口腔内に分泌され、その唾液腺の活動を支配しているのは、主に、交感神経であることが知られている。従って、唾液中に最も多く存在する酵素であるアミラーゼの分泌も、同様に交感神経系により支配されていると考えられる。このことから、唾液中のアミラーゼの働き度合いを示す唾液アミラーゼ活性は、交感神経 - 副腎髄質系(SAM system:Sympathetic nervous-adrenomedullary system)の神経活動を評価するための指標になり得ると考えられている<sup>3,4)</sup>。唾液は非侵襲で採取できること、さらに頻回計測が容易であることから、唾液を用いた交感神経活動の計測は、日常生活における実用レベルでの情動や感性の評価に極めて有効であると考えられる。

これまでに著者らは、唾液による交感神経活動の測定技術の確立を目的として、携帯型の唾液アミラーゼ活性分析装置の開発に取り組んできた<sup>5)</sup>。この装置には、ドライケミストリー方式による唾液アミラーゼ活性の分析技術が採用されており、従来用いられていた試薬と臨床自動分析装置を用いた液系の分析方法に比べて、小型化が実現されている。しかし、期待される隨時性や即時性、簡便性といった長所を実用レベルで実現するためには、 $\mu\text{L}$ オーダーの微量検体の定量採取や反応時間の制御といった機能を追加することが必要である。

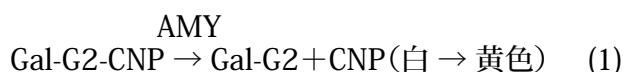
そこで本研究では、上記課題を解決するために、新たに唾液採取器具、定量転写機構を考案し、これらを搭載した携帯型唾液アミラーゼ活性分析装置を開発した。環境温度や唾液 pH による唾液アミラーゼ活性の測定値への影響を除去するために、温度依存性、pH 依存性を実験的に求め、それらの特性値に基づいて活性値を自動校正する機能を搭載した。また、測定装置のレンジ、精度を知るために検量線を作成し、交感神経活動モニターとしての有用性を検討した。

## 2 機材と方法

### 2.1 測定原理

アミラーゼはデンプンを麦芽糖に加水分解する酵素の総称であり、唾液中に最も多く含まれる酵素である。酵素を定量的に分析するには、その数(濃度)を測定する方法と、酵素の働き度合いを測定する方法の2種類がある。一般的には後者が用いられ、その働き度合いを酵素活性(Enzyme Activity)という。濃度と活性は異なる単位であるが、同一の条件下(温度、pH等)では比例関係にあり、いずれも酵素の働き度合いを示す単位として用いられることが多い。アミラーゼ活性は、37°Cにおいて1分間に1  $\mu\text{mol}$  のマルトースに相当する還元糖を生成する酵素量を1Unitとして示される<sup>7)</sup>。

試作した携帯型唾液アミラーゼ活性分析装置は、唾液  $\alpha$ -アミラーゼ(AMY)の基質であるGal-G2-CNP(2-chloro-4-nitrophenyl-4-O- $\beta$ -D-galactopyranosylmaltoside)を含浸した試験紙を用いたドライケミストリー式の測定システムである。Gal-G2-CNPとは、血液中のアミラーゼ活性を分析するための臨床用試薬である。Gal-G2-CNPにAMYが加えられると、AMYの加水分解作用により色原体であるCNPが遊離し、黄色に発色する(式(1))。



AMYの分解能力と遊離するCNPの数は比例関係にあるため、CNPによる発色濃度を光学的に測定することで、唾液アミラーゼ活性を知ることができる。

唾液中のアミラーゼは、血液中に比べて数100～1000倍の濃度があるため、血液用の試薬をそのまま用いることができない。従って唾液のアミラーゼ活性を分析するには、唾液検体を希釈する等の前処理が必要となる。本装置においては、日常生活における実用レベルでの測定を実現するために、試薬に競合剤を調合することで、希釈を必要としない反応系を開発した。すなわち、基質と同様の働きを持つオリゴ糖(マルトース1水和物、ペントオース)を添加し、AMYとGal-G2-CNPとの反応をオリゴ糖で阻害させることによって、希釈と同様の効果を実現した。

本反応においては、AMYは酵素としての機能を失わないため、次々と新しい基質と反応を続けていく。そのため、AMYに対して測定時間内に反応が持続するのに十分な量のGal-G2-CNPを供給し、ある単位時間内のCNP生成量を測定することで、酵素活性を測定する。そのためには、反応時間と検体量の制御が必要となる。そこで、一定量の唾液を採取できる唾液採取機構、および簡易な操作で反応時間を制御できる唾液転写機構を考案し、比色法による唾液アミラーゼ活性の定量を実現した。

## 2.2 携帯型唾液アミラーゼ活性分析装置

測定系は、使い捨て式のテストトリップと測定器本体(110×100×40mm、350g)から構成される(図1)。テストトリップは唾液採取紙(10×10×0.23mm)が取り付けられた採取シート(120×10×0.25mm)と試験紙ホルダーから構成される(図2)。試験紙ホルダーの裏面には試験紙(4×4×0.25mm)が貼り付けられている。試験紙には、基質の他に、検体である唾液のpHの影響を受けにくくするためのpH緩衝剤を含浸させている。すなわち、MES(2-Morpholinoethanesulfonic acid, CAS No.4432-31-9)で緩衝能をpH6.5に調整したグッドバッファーに、基質であるGal-G2-CNPを溶解してから濾紙に含浸し、その後乾燥させている。測定器本体には、唾液転写機構と、試薬の発色濃度を測定する光学測定部が設けられている。

採取シートを口腔内に挿入し、舌下部から10～30sかけて直接全唾液を約20～30μL採取する(図3)。その後、テストトリップを測定器本体に取り付け、カバーを閉じる。転写レバーを操作すると、



図1 測定器本体とテストトリップ

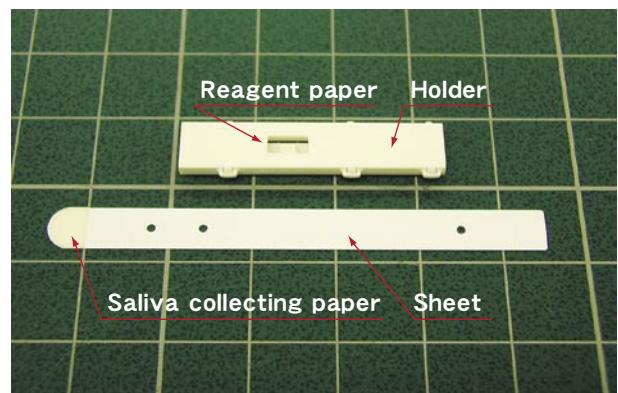


図2 テストトリップ

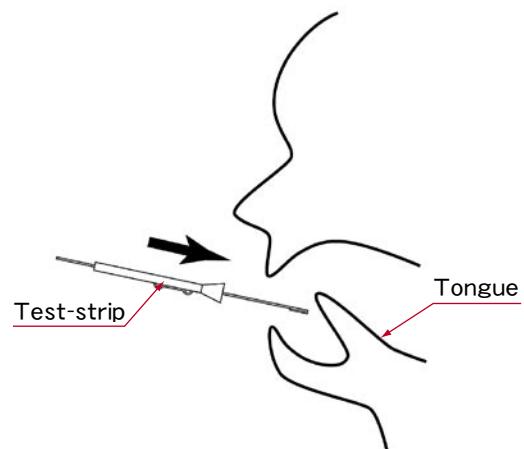


図3 唾液の採取

試験紙ホルダーの裏側に貼り付けられた試験紙が唾液採取紙に押し付けられ、唾液が転写される(図4a)。この時点を反応開始時間として検出し、予め設定しておいた転写時間が経過するとアラームが鳴る(図4b)。その後採取シートを引き出すと、酵素反応によって発色した試験紙の発色濃度が、光学測定部によって測定される(図4c)。反応開始から予め設定しておいた一定時間経過時の発色濃度を測定し、その測定値から換算されたアミラーゼ活性値がディスプレイに表示される。本分析装置は唾液採取が30s、転写が10s、反応時間が20sに設定されている。全て含めて約1分程度で唾液アミラーゼ活性を測定できる。

### 2.3 温度特性とpH特性

唾液アミラーゼ活性の温度依存性を調べるために、温度特性を求めた。現在、ヒトアミラーゼ活性の国際的な標準測定法は規定されていない<sup>6)</sup>。一般的には、基質にデンプンを用いる方法や、共役酵素を用いる方法などがある。今回は、Gal-G2-CNPを基質とした酵素法試薬(Espa AMY liquid2, Nipro Co., Japan)と臨床自動分析装置(Miracle Ace 919, Nipro Co., Japan)を用いて唾液アミラーゼ活性を分析する方法を採用した。唾液検体としては、健常男性3名から採取した全唾液を用いた。まず37°Cの条件下での唾液アミラーゼ活性を測定し、次に、恒温セルホルダーを内蔵した分光光度計を用いて、温度を10、20、30°Cに変化させて同一の唾液検体を測定した(n=60)。ヒトの体温に近い37°Cでのアミラーゼ活性を100%とし、他の温度における相対活性を計算して温度特性を求めた。

次に、唾液アミラーゼ活性のpH特性を求めた。唾液検体のpHを所望の値に調整するため、採取した検体に1% BSA(Bovine Serum Albumin, ウシ血清アルブミン: 酵素を安定化させる作用がある)溶液にて希釈したHClとNaOH溶液を加え、pHを4.4~9.1に調整した。BSAは、pH調整により唾液検体の総タンパク量が希釈されないように用いた。これらのpH調整した検体を試験紙(4×4×0.25mm)に4.5 μL滴下し、滴下から30s後の唾液アミラーゼ活性を携帯型分析装置で測定した(n=35)。同時に、試験紙のpHを、マイクロpH電極(9810BN, Orion Research Inc., MA, USA)を用いて測定した。このpH電極のpH感応部の直径は0.9mm、長さは1.1mmと微小なので、数 μLの検体のpHの測定が可能である。pH6.5におけるアミラーゼ活性を100%とし、他のpHにおける相対活性を計算してpH特性を求めた。

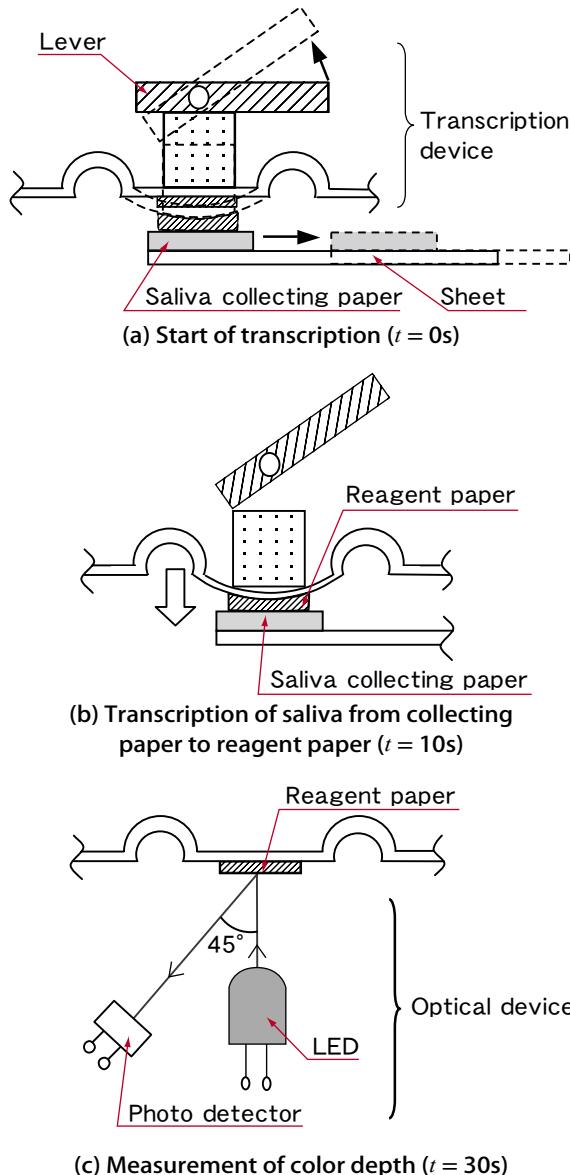


図4 唾液転写機構と測定プロトコル

## 2.4 検量線

本試作機では、酵素活性を直接測定しているのではなく、試薬の発色濃度を光学的に測定した結果を酵素活性に換算している。測定器の出力には明確な基準がないため、試作機の出力を校正して基準となる酵素活性との関連を知る必要がある。そこで、前記酵素法試薬と臨床自動分析装置を基準とした検量線を作成した。検体には、被検者7名(男性5名、女性2名)より採取した全唾液を用いた。この検体の37°Cにおける唾液アミラーゼ活性を、酵素法試薬と臨床自動分析装置により測定した。同時に同じ検体を携帯型分析装置によって測定し、臨床自動分析装置を基準とした携帯型分析装置の検量線を作成した。唾液アミラーゼ活性の測定はそれぞれの唾液検体について7回繰り返して行い、最大値、最小値を除いた5件のデータを用いた。この検量線の結果より、携帯型分析装置の測定レンジと測定精度を評価した。

## 3 結果と考察

### 3.1 温度特性とpH特性

温度の低下に伴う唾液アミラーゼ活性の低下が観察され、温度に大きく依存していることが確認できた(図5)。アミラーゼ活性の標準測定温度条件<sup>6)</sup>に対する温度特性式として、次式が得られた( $R^2=0.99$ )。

$$\% \text{AMY} = 0.048T^2 + 0.59T + 12.1 \quad (2)$$

この温度依存性を補正するために、携帯型分析装置には温度補正機能を搭載してある。本体にはデジタル温度計(DS18S20, Maxim Integrated Products, Inc., CA, USA)が搭載されており、この温度計により検出された雰囲気温度と、式(2)より求めた温度補正式により、37°Cにおける唾液アミラーゼ活性が算出される。

唾液pHの測定値への影響を除去するために、試験紙にはMESで緩衝能をpH6.5に調整した緩衝剤を含浸してある。測定の結果、pH特性において唾液アミラーゼ活性はpH6.5で最大値を取り、酸性またはアルカリ性に変化するにつれて低下することが分かった(図6)。pH特性式として、次式が得られた( $R^2=0.96$ )。

$$\% \text{AMY} = -0.075\text{pH}^2 + 0.99\text{pH} - 2.3 \quad (3)$$

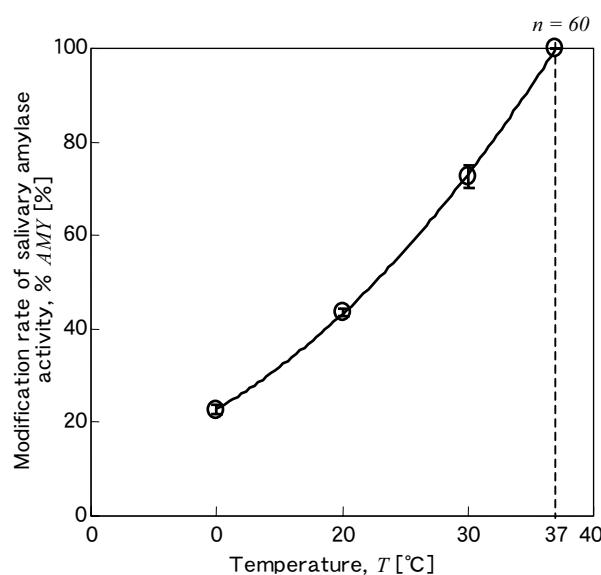


図5 唾液アミラーゼ活性の温度特性  
(%AMY = 0.048T<sup>2</sup> + 0.59T + 12.1)

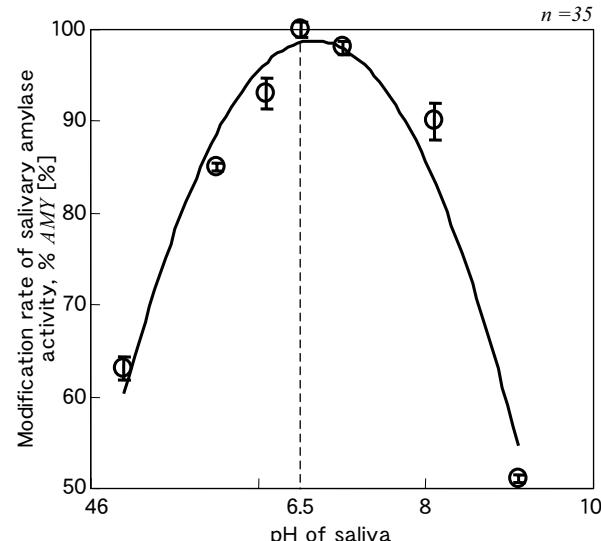


図6 唾液アミラーゼ活性のpH特性  
(%AMY = -0.075pH<sup>2</sup> + 0.99pH - 2.3)

携帯型分析装置にはpH補正機能も搭載した。通常はpH6.5の値を表示するように設定されている。被検者の口腔内のpHが中性からの大きな差異が予想される場合には、市販のpH試験紙を用いて口腔内のpHを測定する。そのpH値を本体に入力することにより、式(3)から求めた補正式からpH6.5における唾液アミラーゼ活性が計算され、pHの影響を除去することができる。

### 3.2 検量線

臨床自動分析装置の分析結果を基準とした、携帯型分析装置の検量線を図7に示す。唾液アミラーゼ活性が10～140kU/Lの範囲で $R^2=0.99$ と良好な検量線が得られた。測定精度については、携帯型簡易測定器の目安となる $R^2=0.95$ を超える精度を有しており、十分な測定精度であることが確認された。測定レンジについては、想定される実用範囲には十分適用可能であるが、試薬や測定条件を調整することによって、測定レンジを変更することも可能である。

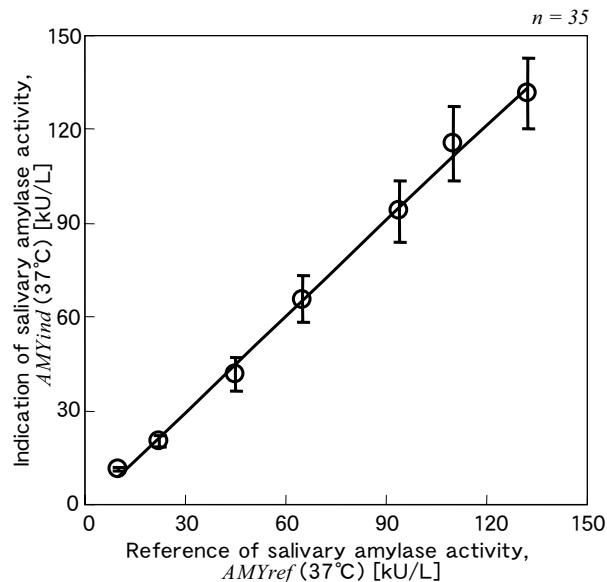


図7 携帯型唾液アミラーゼ活性分析装置の検量線  
( $y = 0.97x - 1.71$ )

## 4 おわりに

日常生活における交感神経活動のモニタリングを実現するために、ドライケミストリー式の携帯型唾液アミラーゼ活性分析装置を試作した。比色法による唾液アミラーゼ活性値の測定技術を開発した。試作機には、活性値に影響を与える環境温度と唾液pHを補正する機能が搭載されている。携帯型分析装置の性能を示す検量線は、唾液アミラーゼ活性が10～140kU/Lの範囲で $R^2=0.99$ と良好な結果が得られた。想定される実用範囲に十分適用可能で、一般的な簡易測定器以上の精度が実現されている。唾液採取までを含めておよそ1分程度で唾液アミラーゼ活性を分析できる技術が確立された。

最後に、テストストリップの試作に協力されたニプロ株式会社総合研究所 吉田 博部長代理に謝意を表する。

## ■参考文献

- 1) 天坂格郎,長沢伸也:官能評価の基礎と応用,日本規格協会(2000)
- 2) 三宅晋司:快適工学,泉文堂(1994)
- 3) Skosnik, D.P., Chatterton, T.R.Jr., Swisher, T., Park, S., 2000. Modulation of attentional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress. *Int. J. Psychophysiol.* 36, 59-68.
- 4) Chatterton, T.R., Vogelsong, M.K., Lu, Y., Ellman, B.A., Hudgens, A.G., 1996. Salivary  $\alpha$ -amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clinicalphysiology*. 16, 433-448.
- 5) Yamaguchi, M., Kanemori, T., Kanemaru, Takai N., Mizuno, Y., Yoshida, H., 2004. Performance evaluation of salivary amylase activity monitor. *Biosensors & Bioelectronics*. 20, 491-497.
- 6) Lorentz K., 1998. Approved recommendation on IFCC methods for the measurement of catalytic concentration of enzymes part 9. IFCC method for  $\alpha$ -amylase (1,4- $\alpha$ -D-Glucan 4-Glucanohydrolase, EC 3.2.1.1). *Clin. Chem. Lab. Med.* 36, 185-203.
- 7) NC-IUBMB, 1992. Enzyme Nomenclature. Academic Press Inc., San Diego.

## ■著者



東 朋幸  
Tomoyuki Higashi  
コーポレートR&D本部  
システム技術研究チーム



水野 康文  
Yasufumi Mizuno  
コーポレートR&D本部  
システム技術研究チーム



山口 昌樹  
Masaki Yamaguchi  
富山大学工学部



# 技術論文

## 保全情報検索システム開発による NC設備のMTTR短縮

**Shortening of MTTR of NC Machine by Developing Maintenance Information Retrieval System**

石川 芳城

### Abstract

On the many production lines in the machine workshop of the Yamaha Motor Co., Ltd., NC (Numerical Control) machines such as the machining center, etc., are mainly being used. In general, the NC machine has the features of good versatility and high precision processing, and it also exhibits a high reliability because the qualities of its components have been improved. On the other hand, it has disadvantages such that the processing operation and the control method are more complicated compared to a conventional machine. Therefore, the MTTR (Mean Time To Repair) of the NC machines is about 1.5 times that of other equipment. One reason for this problem is that the search time to determine the failure is influenced by the skill level. In order to shorten the MTTR, it is very important to shorten the failure cause search time.

Until now, the manufacturers of machine tools have developed machines, which are trouble-free, maintenance-free, have a good longevity and a good durability. The users also tried to extend the MTBF (Mean Time Between Failure) by improving the standard model using the MP (Maintenance Prevention) design based on the past failure log. However, making an investment in such machines is reflected in the product being processed, which leads to the increased cost of the product. Therefore, machine tools equipped with a support system, which focuses on shortening the MTTR, rather than extending the MTBF have been commercialized by many manufacturers in recent years. Although these machines indicate the condition of the machine such as the malfunctioning part, etc., it requires a long time before finding the cause of the failure if the control system and the malfunction detection system are not well understood, and they are not related to shortening the MTTR. In particular, it is important to efficiently provide the maintenance information such as the failure diagnosis method and the procedures for exchanging the parts and its adjustment in order to successfully undergo the search process of the failure cause and the parts exchange and adjustment method for recovery (hereafter, troubleshooting).

Consequently, at this time, we have begun the development of a support system that every user can easily use during the troubleshooting. For this development, we made it in-house in order to easily expand the function and to add the know-how in the future. As a result, a new system, which can decrease the failure causing search time and minimize the difference in the level of skill between the maintenance engineers, has been put into practical use, and it will be described in following studies.

## 1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)の機械加工職場(以下、当職場)の生産ラインの多くは、マシニングセンター等のNC(Numerical Control)設備が主力となっている。NC設備は汎用性が高く、精密加工にも適しており、構成している部品の品質も向上していることから信頼性も高い。その反面、従来の設備に比べ、加工動作や制御方式が複雑であるため、NC設備のMTTR(Mean Time To Repair: 平均復旧時間)は、他の設備の約1.5倍と長い。その一因は、故障原因の探索時間が、熟練度により左右されるためであることが分かった。MTTRを短縮するためには、故障原因の探索時間をいかに短くするかが鍵となっている。

今まで工作機械メーカーは、故障しない設備や、メンテナンスが少なくて済む、長寿命で高耐久の設備を開発してきた。ユーザー側でも過去の故障実績からMP(Maintenance Prevention: 保全予防)設計により、標準モデルに改良を加え、MTBF(Mean Time Between Failure: 平均故障間隔)の延長を図ってきた。しかし、こういった設備への投資は、加工される製品にも反映され、製品自体のコストアップにつながっている。そこで、近年ではMTBFの延長よりMTTRの短縮に着目した支援システムを搭載する工作機械が、各メーカーから市販されるようになってきた。これは、異常発生部位等の設備状態表示を行うものであるが、制御システムや異常検知システムを熟知していないと、故障の原因にたどり着くまでに時間がかかり、MTTR短縮に結びついていないのが実状である。故障原因から、復旧のための部品交換・調整方法の探索までを含めたプロセス(以下、故障探索)をうまく進めるためには、故障診断方法、部品の交換・調整手順といった保全情報を、効率良く提供することが、特に重要である。そこで、今回、使用者の誰もが簡単に故障探索を進められる支援システムの開発に取り組んだ。開発にあたっては、今後の機能拡大やノウハウの追加が簡単に行えるように、自分たちで作り込みを行った。その結果、故障原因探索のロスを減らし、保全マンの熟練度合いの差を埋めることができるシステムの実用化に至ったので、以下に紹介する。

## 2 現状分析

### 2.1 加工設備の概要

当社工場の機械加工ラインの多くは、NC設備間を自動搬送で連結し、加工する方式を探っている(図1)。また、NC設備の導入は1980年頃から始まり、マシニングセンターが全体の20%、その他NC付き加工設備が全体の25%、つまりNC設備が約半数を占めており(図2)、この割合は年々増加している傾向にある。

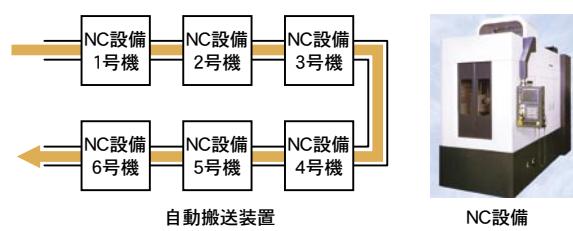


図1 機械加工ラインの形態

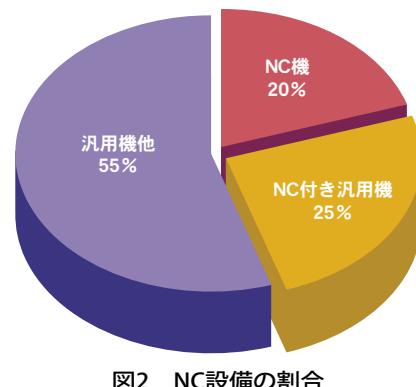


図2 NC設備の割合

## 2.2 MTTR分析

NC設備とその他の設備を比較してみると、NC設備のMTTRは、その他の設備の約1.5倍となっていることが分かった(図3)。そのNC設備のMTTR内訳を調べてみると、全体の約45%が故障原因の探索時間に費やされている(図4)。特にNC制御部の故障では、その要因が多岐にわたるため、原因探索が非常に困難である。さらに、新人保全マン(保全経験年数5年未満)の原因探索時間は、熟練保全マン(保全経験年数10年以上)の1.5倍もかかっていることが分かった(図5)。また、これ以外にも、NC装置の部品交換・調整は、特殊で複雑な手順が必要となるため、熟練者と新人の差が特に顕著に現れる。このような熟練者と新人の差は、過去の故障事例や部品交換・調整手順などノウハウ情報の量、および、その活用方法の違いによるものであり、保全作業形態がこの15年ほどで大きく変化してきたことが影響していると考えられる。以前は、熟練者と新人がコンビを組んで作業するといった形態が多かったが、現在では新人でも単独になることが多い。そのため、熟練者の持つノウハウを、新人が受け継ぐ機会が減っているのである。

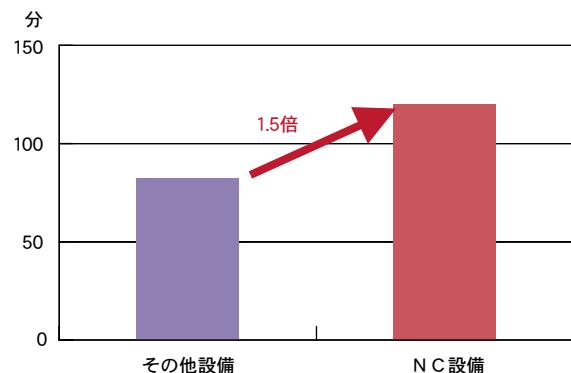


図3 NC設備とその他の設備のMTTR比較

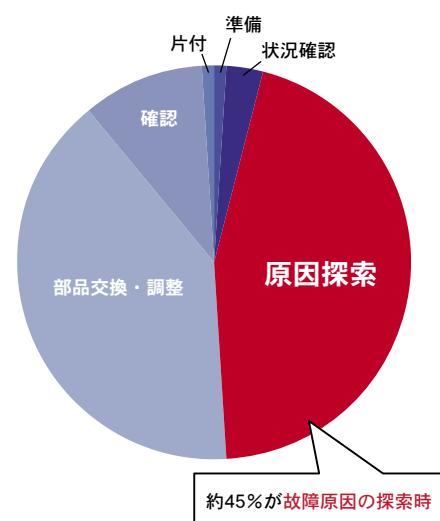


図4 NC設備のMTTR内訳



図5 新人保全マンと熟練保全マンの探索時間比較

## 3 実用化開発

### 3.1 開発コンセプト

システムの開発にあたっては、「熟練度に左右されることなく、新人でも熟練者並みの時間で故障探索ができること」をねらいとして、以下のコンセプトで臨むこととした。

- (1) システムの画面に表示された内容から、原因の絞り込み手順を入手し、熟練者と同じ探索方法ができるようにする。
- (2) 膨大な量の取扱説明書、手順書等から、簡単に目的の情報が検索できるようにする。
- (3) 携帯性に優れる機器を媒体とし、作業しながらシステムを使えるようにする。

### 3.2 システムの構成

開発コンセプトを満たす機器として、保全情報検索システムにはPDA(Personal Digital Assistance)端末<sup>※1</sup>を使用することとした。その理由は以下の通りである。

※1:個人用の携帯情報端末。手のひらに収まるくらいの大きさの電子機器で、パソコンのもつ機能のうち、いくつかを実装したものという。

- (1) 小型であるため携帯性に優れ、様々な環境での使用ができる。
- (2) パソコン等に比べて起動時間が短いため、必要な時に短時間で情報を表示できる。
- (3) 操作がパソコンに近いため、誰でも操作にじみやすい。
- (4) パソコンとの連携が容易であるため、システムの機能変更やデータの追加等が行いやすい。

図6に、そのシステムの構成を示す。このようなPDA端末を利用したシステムは、以前から開発されているが、従来は保全マンの実施した点検などの保全作業実績情報を収集するためのものが大半であった。今回開発したシステムは、蓄積された保全マンのノウハウ情報から、用途に合った検索方法で、必要な情報のみを提供するというものである。つまり、保全情報に付加価値を付けて保全マンにフィードバックするシステムにしたことが、過去のものとの大きな違いである(図7)。

### 3.3 保全情報の選定

故障探索時間の短縮を図るために、探索作業のどこにロスが存在するのかを明確にする必要がある。そこでシステムに使用する情報を選定するため、新人保全マンの探索作業のフローを分析してみた。図8にその一例を示す。

分析の結果、以下の3点に熟練者との違いが見られ、そこに探索時間のロスが存在することが分かった。

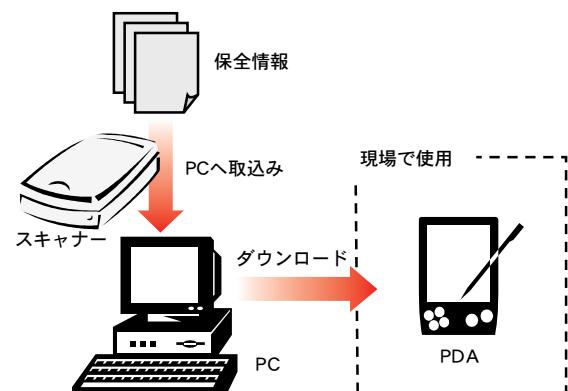


図6 システムの構成

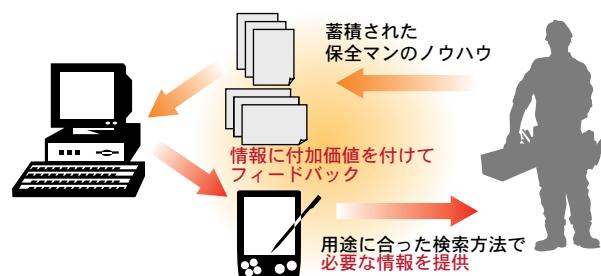


図7 システムの特徴

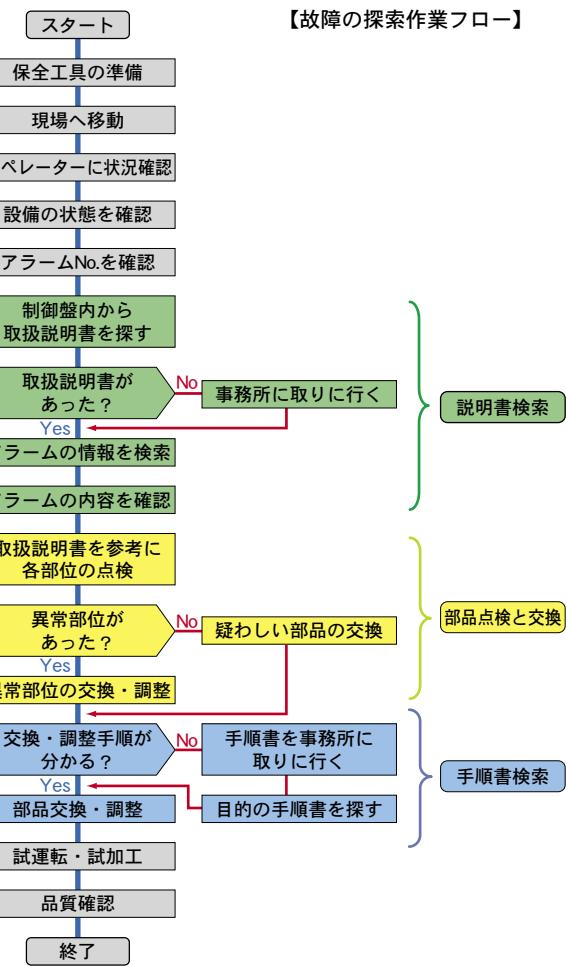


図8 新人の故障探索フロー

- (1) アラームの内容確認のため取扱説明書を取りに行き、その中から目的の情報を検索する時間。
  - (2) トライアンドエラー方式による原因部位の絞り込み(部品点検と交換)。
  - (3) 診断手順や部品交換手順確認のため、手順書を取りに行き、その中から目的の情報を検索する時間。

特に(2)は、熟練者と新人の経験の差が最も出やすい部分である。新人保全マンは原因絞り込みの時、取扱説明書を参照しながら原因と思われる部位を選び出し、その部位に対し、ひとつひとつ部品を交換して、現象に変化があるか確認しながら進めて行くトライアンドエラー方式である。この方法を実施するに当たり、実施順序については取扱説明書の記載順序に従っていることが多い。それに対して、熟練者は過去の経験から可能性の高い部位に優先順位を付けて調査するため、原因部位にたどり着く時間が必然的に早くなる(図9)。

また(1)と(3)では、数十種類・数百ページにも及ぶ資料の中から目的の情報を探し出すのに非常に時間がかかり、場合によっては必要な情報を見つけ出せずに、あきらめてしまうといった例もある。

この結果から、保全情報検索システムは、

- (1) 過去の故障探索手順の参照
  - (2) 設備診断整備手順書の検索
  - (3) 取扱説明書の検索

という3つの機能を持たせた。各機能の詳細を以下に示す。

■新人の原因探索順序			■熟練者の原因探索順序		
実施順序	実施内容	過去の頻度	実施順序	実施内容	過去の頻度
1	サーボ基板交換	2件	1	ブレーキ配線点検	10件
2	サーボユニット交換	3件	2	サーボモーター交換	8件
3	サーボモーター交換	8件	3	サーボユニット交換	3件
4	サポートベアリング交換	1件	4	サーボ基板交換	2件
5	ブレーキ配線点検	10件	5	サポートベアリング交換	1件

図9 新人と熟練者の原因探索順序の違い

### 3.3.1 過去の故障探索手順の参照

前述したとおり、過去の同様な現象から原因探索の手順を参照することは、保全マンの経験の差を埋めるために非常に有効的な手段である。そこで、当職場で使用されている「長時間故障記録」を活用することとした(図10)。これは特に故障探索に長時間かかった故障に対して、調査・処置・結果の内容を時系列に記録したものであるため、原因探索の手順を確認するだけでなく、過去に原因となった部位を参照することができる。この「長時間故障記録」に書かれている内容は、まさに熟練者が故障現場で考え設備と現象から、以前同じようなことが無かったかを経験をデータベースとして、必要な情報を検索するの品・工具まで思い出せる。その熟練者の考え方を、これを検索し画面に表示させるようにした。

図10 長時間故障記録

### 3.3.2 設備診断整備手順書の検索

熟練者は、作業手順での"カンドコロ(勘所)"を独自のメモとして持っているが、その情報は個人の持ち物として扱われ、共有はしていない。そのため、熟練者でも持っている情報の量によって作業時間に長短の差が生じている。今回のシステムは、この"カンドコロ"まで記入された手順情報を共有化させることを目的とした。

「設備診断整備手順書」は、特殊な手順が必要な作業に対して、実際にその作業を体験した保全マンによって作成されたものである(図11)。これは、初めて作業をする新人保全マンはもとより、熟練保全マンにとっても作業手順や基準の確認には欠かせないものである。

現在、当職場にて作成された設備診断整備手順書の数は、約200件に及ぶ。これを保全情報検索システムにより、設備分類や部位から簡単に検索し、画面に表示することを可能とした。

### 3.3.3 取扱説明書の検索

NC装置の取扱説明書は、その用途ごとに分けられており、非常に種類が多い。例えば、操作説明書・保守説明書・パラメーター説明書といったものが主に挙げられ、NC設備1台に対し、およそ8種類もの説明書が存在する(図12)。また、それぞれの説明書は数百ページに及ぶため、そこから目的の情報を検索することは非常に時間のかかる作業である。そこでNCシステム名称を条件に検索し、さらにアラームNo.を選択することで目的の情報を表示することとした。

### 3.4 熟練者の故障探索方法

システムの検索画面を作成していく上で、熟練者がいかにして現場で故障探索を進めるかという考え方を取り入れるために、保全作業歴15年以上のベテランと呼ばれる保全マンにインタビューを行い、その考え方の調査をした。その結果、熟練者が行う故障原因探索は、次の2つの手法で行っていることが分かった。

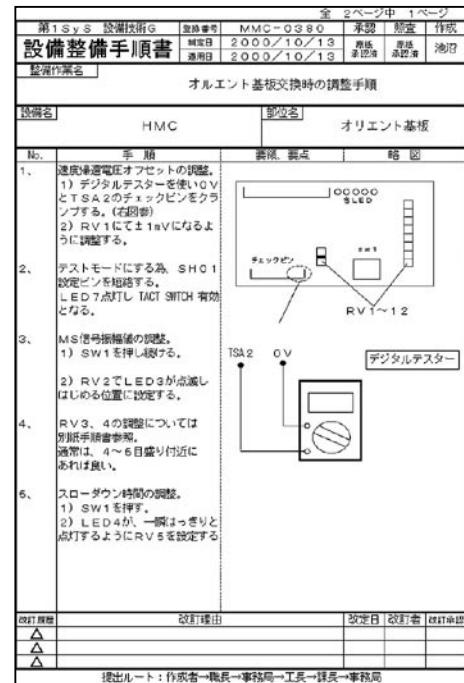


図11 設備診断整備手順書

B-61395407		付録																																													
(6) サーボに関するアラーム																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>番号</th><th>アラームの意味</th><th>内容 および</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400</td><td>サーボアラーム：1軸、2軸オーバードロー</td><td>1軸、2軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号720、721を参照して下さい。</td></tr> <tr> <td>401</td><td>サーボアラーム：1軸、2軸Vレディオフ</td><td>1軸、2軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)が0</td></tr> <tr> <td>402</td><td>サーボアラーム：3軸、4軸オーバードロー</td><td>3軸、4軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号722、723を参照して下さい。</td></tr> <tr> <td>403</td><td>サーボアラーム：3軸、4軸Vレディオフ</td><td>3軸、4軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)がオ</td></tr> <tr> <td>404</td><td>サーボアラーム：Vレディオン</td><td>駆動カードの準備完了信号(MCON)がOFFになってしまった OFFにないません。又は、電源投入時、MCONがONす。 駆動カードとサーボアンプとの接続を確認して下さい。</td></tr> <tr> <td>405</td><td>サーボアラーム：原点復帰異常</td><td>位置制御系の異常です。レアレンズ点復帰時におい り、正しくレアレンズ点復帰ができなかた。初期 手動レフレンズ点復帰からやり直して下さい。</td></tr> <tr> <td>406</td><td>サーボアラーム： 7軸、8軸オーバードロー 7軸、8軸Vレディオフ</td><td>7軸、8軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号726、727を参照して下さい。 あるいは、7軸、8軸のサーボアンプの準備完了(信号)</td></tr> <tr> <td>4n0</td><td>サーボアラーム：n軸誤差過大</td><td>n軸において、停止中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を越えてる必要があります n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。</td></tr> <tr> <td>4n1</td><td>サーボアラーム：n軸誤差過大</td><td>n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。</td></tr> <tr> <td>4n3</td><td>サーボアラーム：n軸LSIオーバーフロー</td><td>n軸のLSIオーバーフローの誤差です。</td></tr> <tr> <td>4n4</td><td>サーボアラーム：n軸検出系エラー</td><td>n軸の検出系エラーの誤差です。</td></tr> <tr> <td>4n5</td><td>サーボアラーム：n軸移動量過大</td><td>n軸において、4000000回出単位/sec以上の速度が有 るのエラーとなるのは、CMRの設定のミスです。</td></tr> <tr> <td>4n6</td><td>サーボアラーム：n軸断線</td><td>n軸のパルスコードの位置検出系の誤差です。(断線)</td></tr> <tr> <td>4n7</td><td>サーボアラーム：n軸パラメータ不正</td><td>n軸が以下のいずれかの条件になれば、本アラーム (ディジタルサーボアラーム) ①パラメータ番号6n2のモータ型式に指定範囲外の ②パラメータ番号6n2のモータ回転方向に正しい値</td></tr> </tbody> </table>			番号	アラームの意味	内容 および	400	サーボアラーム：1軸、2軸オーバードロー	1軸、2軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号720、721を参照して下さい。	401	サーボアラーム：1軸、2軸Vレディオフ	1軸、2軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)が0	402	サーボアラーム：3軸、4軸オーバードロー	3軸、4軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号722、723を参照して下さい。	403	サーボアラーム：3軸、4軸Vレディオフ	3軸、4軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)がオ	404	サーボアラーム：Vレディオン	駆動カードの準備完了信号(MCON)がOFFになってしまった OFFにないません。又は、電源投入時、MCONがONす。 駆動カードとサーボアンプとの接続を確認して下さい。	405	サーボアラーム：原点復帰異常	位置制御系の異常です。レアレンズ点復帰時におい り、正しくレアレンズ点復帰ができなかた。初期 手動レフレンズ点復帰からやり直して下さい。	406	サーボアラーム： 7軸、8軸オーバードロー 7軸、8軸Vレディオフ	7軸、8軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号726、727を参照して下さい。 あるいは、7軸、8軸のサーボアンプの準備完了(信号)	4n0	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、停止中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を越えてる必要があります n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。	4n1	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。	4n3	サーボアラーム：n軸LSIオーバーフロー	n軸のLSIオーバーフローの誤差です。	4n4	サーボアラーム：n軸検出系エラー	n軸の検出系エラーの誤差です。	4n5	サーボアラーム：n軸移動量過大	n軸において、4000000回出単位/sec以上の速度が有 るのエラーとなるのは、CMRの設定のミスです。	4n6	サーボアラーム：n軸断線	n軸のパルスコードの位置検出系の誤差です。(断線)	4n7	サーボアラーム：n軸パラメータ不正	n軸が以下のいずれかの条件になれば、本アラーム (ディジタルサーボアラーム) ①パラメータ番号6n2のモータ型式に指定範囲外の ②パラメータ番号6n2のモータ回転方向に正しい値
番号	アラームの意味	内容 および																																													
400	サーボアラーム：1軸、2軸オーバードロー	1軸、2軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号720、721を参照して下さい。																																													
401	サーボアラーム：1軸、2軸Vレディオフ	1軸、2軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)が0																																													
402	サーボアラーム：3軸、4軸オーバードロー	3軸、4軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号722、723を参照して下さい。																																													
403	サーボアラーム：3軸、4軸Vレディオフ	3軸、4軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)がオ																																													
404	サーボアラーム：Vレディオン	駆動カードの準備完了信号(MCON)がOFFになってしまった OFFにないません。又は、電源投入時、MCONがONす。 駆動カードとサーボアンプとの接続を確認して下さい。																																													
405	サーボアラーム：原点復帰異常	位置制御系の異常です。レアレンズ点復帰時におい り、正しくレアレンズ点復帰ができなかた。初期 手動レフレンズ点復帰からやり直して下さい。																																													
406	サーボアラーム： 7軸、8軸オーバードロー 7軸、8軸Vレディオフ	7軸、8軸のオーバードロー信号が上がっています。 詳細は診断番号726、727を参照して下さい。 あるいは、7軸、8軸のサーボアンプの準備完了(信号)																																													
4n0	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、停止中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を越えてる必要があります n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。																																													
4n1	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、位置中の位置偏差量の値が設定値より パラメータで各軸の限界値を設定する必要があります n軸の誤差レジスタの内容が±2°の範囲外となりま るのミスです。																																													
4n3	サーボアラーム：n軸LSIオーバーフロー	n軸のLSIオーバーフローの誤差です。																																													
4n4	サーボアラーム：n軸検出系エラー	n軸の検出系エラーの誤差です。																																													
4n5	サーボアラーム：n軸移動量過大	n軸において、4000000回出単位/sec以上の速度が有 るのエラーとなるのは、CMRの設定のミスです。																																													
4n6	サーボアラーム：n軸断線	n軸のパルスコードの位置検出系の誤差です。(断線)																																													
4n7	サーボアラーム：n軸パラメータ不正	n軸が以下のいずれかの条件になれば、本アラーム (ディジタルサーボアラーム) ①パラメータ番号6n2のモータ型式に指定範囲外の ②パラメータ番号6n2のモータ回転方向に正しい値																																													

図12 取扱説明書の一例

### ① 局所的評価による探索

原因と思われる部位を、あらかじめいくつか特定し、それに対して調査を行う。ここでは単純で独立した良否の判断を行い、原因部位を絞り込む作業となる(図13)。

### ② 設備単位での評価による探索

設備を現実の操作状態にして観察し、正常な状態との比較評価をする(図14)。この時、保全マンの経験に基づくデータとの照合を行い、原因と思われる部位を絞り込んでいく。

熟練者は、これらの手法を故障状況により使い分け、効率良く故障原因の探索を行っている。

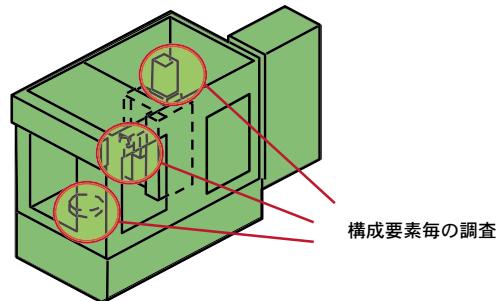


図13 局所的探索

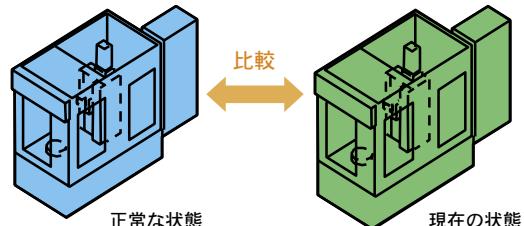


図14 評価による探索

## 3.5 検索方法

前項で述べた熟練者の故障探索の考え方を模範として、検索方法は以下のパターンに決めた。

### (1) 設備名から検索する方法

原因探索の手順を過去の事例から得たい場合、まずは同一設備にて過去に同様の現象が発生していないかを確認し、その探索手順を参照することが必要である。この検索システムでは、ライン名・設備名称を条件に検索することで、それに対応した保全情報のみが一覧表示される。さらに、その中で目的の情報を選択すれば画面に資料が表示される(図15)。

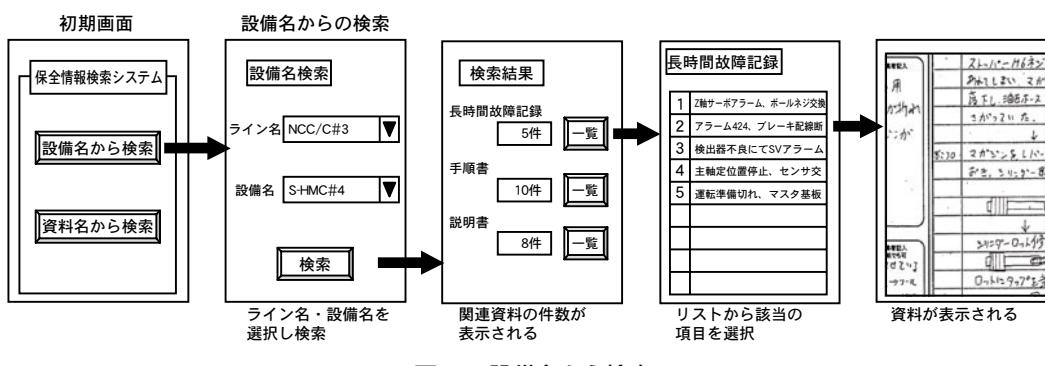


図15 設備名から検索

### (2) 部位名から検索する方法

同一設備で同様の現象が無かった場合、次に類似設備の同一部位にて発生していないかを確認する。このシステムでは、部位名を条件に検索することで、その部位の保全情報が表示される(図16)。

### (3) 手順書・説明書を直接検索する方法

設備に表示されたアラームNo.の内容を説明書で確認したいとき、また、診断方法や部品の交換手順を手順書で確認したいときに、この機能を使用する。手順書は、設備分類・部位名等を条件に検索する。説明書は、NC装置のシステム名称・説明書の種類等を条件に検索を行う。なお、説明書は、目的のアラームNo.を選択すると、そのページを瞬時に表示することができる(図17)。

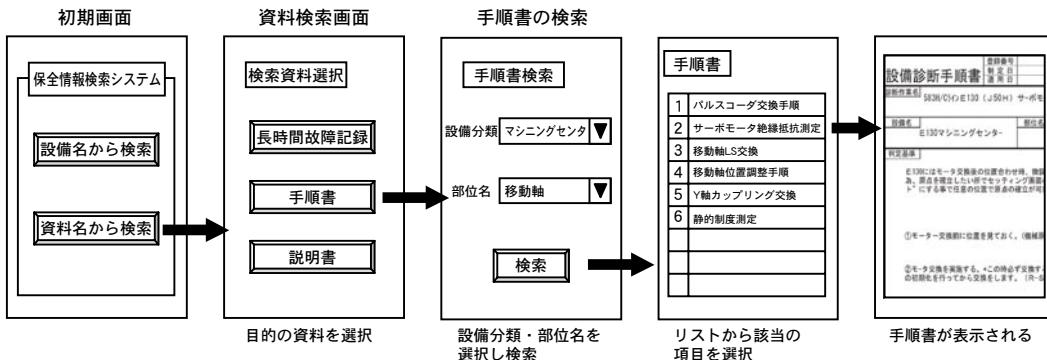


図16 部位名からの検索

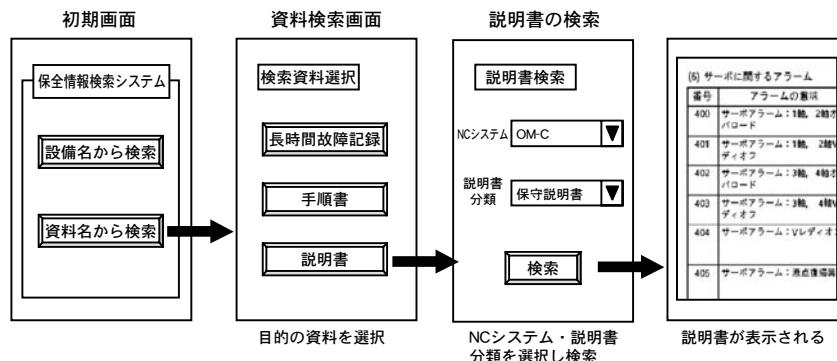


図17 手順書・説明書の直接検索

## 4 使用事例

保全情報検索システムの完成後、早速マシニングセンターの故障探索にて大きな成果をあげることができた。図18は、マシニングセンターの移動軸の過電流アラームについて、本システムを用いた実例を示したものである。これは、同レベルの新人保全マンが、同じ現象に対して修理を行った際の内容を、システム未使用時と使用時で比較したものである。システム未使用時の修理時間が190分、それに対し、システムを用いた場合が105分となり、およそ45%の修理時間が短縮できていることが分かる。特に長時間故障記録の参照により、必要の無かった「駆動部の点検」を省いたことで、60分もの時間を短縮できた。

### ■過去の実績

実施内容	作業時間
① 設備の状態調査	20分
② サーボモーター本体の点検	40分
③ 駆動部の点検	60分
④ モーターブレーキの点検	10分
⑤ モーターブレーキの修正	30分
⑥ 試運転	30分
計	190分

### ■使用した実例

実施内容	作業時間	使用した保全資料
① 設備の状態調査	10分	説明書
② サーボモーター本体の点検	25分	手順書
③ 駆動部の点検	0分	長時間故障記録
④ モーターブレーキの点検	10分	
⑤ モーターブレーキの修正	30分	
⑥ 試運転	30分	
計	105分	

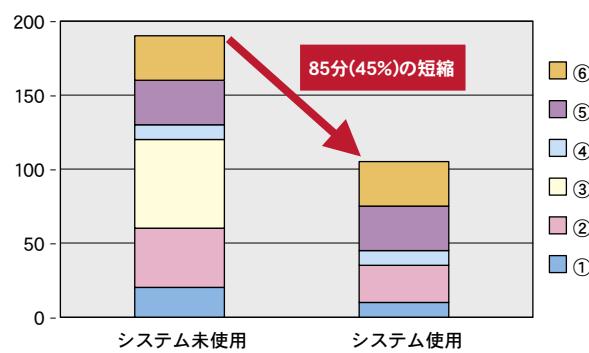


図18 検索システムの使用実例

## 5 結果

今回、私たちは制御システムが複雑であるNC設備において、故障原因探索のロスを減らし、保全マンの経験の差を埋めることをねらいにシステムを作り込み、実用化に至った。その結果、原因探索時間と部品の交換・調整時間の大幅な削減が可能になった。「4. 使用事例」では、特に効果が大きかった事例を挙げたが、システムを使用した実績全てを集計すると、故障履歴検索により、原因絞り込み作業が全体の15%減、説明書検索により現象確認作業が5%減、手順書検索により部品交換・調整作業が10%減という効果が現れ、新人保全マンのMTTR145分が110分と、およそ30%の削減ができた。また、熟練保全マンも検索システムを使用することで作業効率が向上し、MTTRが95分から15%削減の75分になった(図19)。

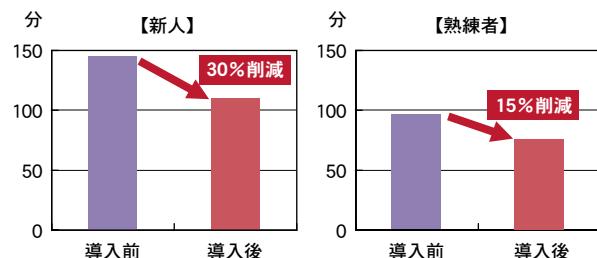


図19 検索システム使用による効果

## 6 おわりに

今回の開発を通し、熟練保全マンの故障原因探索のしくみを理解したこと、そしてノウハウの標準化と活用の重要性を明確にできたことが大きな収穫だった。当社工場には旧型の専用機も多数存在するため、NC設備と同様に故障探索における熟練者のノウハウが非常に重要である。現在、熟練保全マンから新人への教育の機会が非常に少なくなっている。今後熟練者が持つ保全ノウハウを新人に確実に伝承させていくために、NC設備以外の設備に対する保全ノウハウを標準化・活用し、MTTR短縮を図っていきたい。

### ■著者



石川 芳城  
Yoshiki Ishikawa

MC事業本部  
SyS統括部 第1SyS



# 技術論文

## 単気筒試作エンジンを用いた性能開発 ～エンジン性能最適化のための燃焼システム改善～

Performance Development with a Single-cylinder Engine  
– Combustion System Improvement for Optimizing Engine Performance

岩田 良文

### Abstract

In recent years, many 4-stroke outboard motors have been developed in response to market demand. Because of the complicated engine structure of a 4-stroke, however, they tend to be larger and heavier than a 2-stroke outboard. Contrary to this tendency, an outboard motor by nature should be lightweight and compact so that it does not detract from the inherent character of the boat it is mounted on. In addition, due to the nature of boat use, an outboard needs to deliver a high level of torque in the mid-speed range. In this kind of high-load use in the mid-speed range, knocking can be a factor limiting specific torque (torque/liter). In this research we used the latest analysis and developmental technologies to attempt to improve performance on a single-cylinder prototype engine by improving combustion characteristics. Here we report on the process and results of our performance development project.

### 要旨

近年、市場の要求から、多くの4ストローク船外機が開発されてきている。しかし、4ストローク船外機は、その複雑なエンジン構造上、従来の2ストローク船外機に比べて、大きく、重くなりがちである。一方、船外機は、それを装備するボートの特性を損なわないように、軽量・コンパクトであることが要求される。加えて、船外機には中速での高いトルクが要求される。このような中速高負荷の条件では、ノッキングがリッタートルクを制限するひとつの要因である。我々は、単気筒試作エンジンを用い、最新の解析、開発技術を用いて燃焼改善による性能向上を試みた。

### 1 はじめに

商品としての船外機には、小馬力のものを除いて、多気筒のエンジンが使用される。しかし、多気筒エンジンを用いての基礎的燃焼開発では、気筒毎の吸・排気特性の差、気筒間干渉の影響等による解析要因の増大、測定点数の増大、試作部品点数の増大により、開発に多くの工数を要することになる。このため、今回は単気筒エンジンを試作し、基礎的性能開発を行った。この開発を通じて、船外機用4ストロークエンジンの出力密度向上を目的として、燃焼システムを改善した。本開発においては、エンジンの性能開発に適用される最新の開発プロセスを体系的に適用することで、出力密度を向上する可能性を見出すことができた。本報では、以下の項目について記す。

- ・各解析に用いた手法について
- ・解析と最適化のためのシミュレーションの適用について
- ・仕様の改善の方向性について
- ・仕様変更の内容について
- ・エンジン試験と設計目標確認について



- 最終仕様と最終達成性能について

## 2 開発概要

### 2.1 開発ツール

今回の開発には、次のようなツールを用いた。

#### (1) 1-D(1次元)シミュレーション解析

- 3-D(3次元) CFD(Computational Fluid Dynamics)シミュレーション解析のための境界条件取得
- 体積効率向上を目指した仕様検討

#### (2) 3-D CFDシミュレーション解析

- 吸気ポート内流れ解析
- 混合気形成解析
- 筒内残留ガス分布解析
- 筒内混合気濃度分布解析
- 筒内空気流動解析
- 火炎伝播解析
- ノック性向解析
- 排気流れ解析

#### (3) 火炎トモグラフィック(断層)解析(光ファイバーを埋め込んだヘッドガスケットを用いた実機の火炎観測)

- CFD解析結果の検証
- 火炎伝播把握
- ノック発生位置解析

#### (4) ポートフローテスト

- 流量係数
- 静的筒内流速分布解析
- タンブル比解析

#### (5) インジェクター噴射コンポーネントテスト

- 噴霧壁面付着解析

### 2.2 開発手法と改善の概要

本開発の中で上記開発手法をどう用いたか、概要を以下に記す。

#### (1) 吸気システムの解析と最適化

吸気システムの解析と最適化は、1-Dの流体力学解析と3-DのCFD解析を用いて行った。この1-D、3-Dシミュレーション利用による改善策は、吸気管、ポート形状、および、吸気・排気カムタイミングの仕様変更に反映した。吸気系の形状・寸法の変更は、壁境界流の剥離を最小にすること、および、吸気2ポート(吸気2バルブ)の対称な流れ、吸気バルブ上流におけるインジェクター位置・噴霧方向を最適化すること



とをねらった。実機開発の手段は、静的フローテストによって行い、評価はトータルマスフローと、フローテストにおける筒内シリンダー直角断面の空気流れ分布計測によって行った。

### (2)混合気形成

混合気形成最適化のためのインジェクター位置、方向、噴霧の選定は、ラピッドプロトタイピングによる樹脂製ポートとインジェクターを組合せたコンポーネントテストにより行った。

吸気ポートを対称形に変更することで、最適なインジェクター位置選択が可能となった。インジェクターからの2つのスプレーが、吸気通路の内壁と両バルブの間の領域をよくカバーするように、インジェクター仕様(噴霧角、噴射角)を選択した。これと平行して、噴霧の衝突、特に吸気ポートの上流部分のポート壁面への噴霧の衝突が最小となるように、インジェクター位置、および、向きを最適化した。改善の結果は、吸気ポートへの噴霧の広がりを、エンドスコープによる高速度撮影にて観察し評価した。

### (3)燃焼改善

燃焼の解析、および、改良は、3-D CFD解析、および、火炎トモグラフィー計測を利用して実施した。

ピストンおよびシリンダーヘッドの表面は、エンドガス領域が早く燃焼するよう、中央からの良好な火炎伝播が得られるように最適化した。変更はスキッシュエリアも含めて行っている。結果は、火炎前炎のトモグラフィー計測、および、火炎トモグラフィーによるノック限界条件で運転でのノック中心検知によって解析した。最適化はCFDによる燃焼解析と、燃焼システム変更による火炎伝播の変化を直接トモグラフィー計測することで達成した。

## 2.3 改善のねらい

精査に図面検討を行い、改善効果が得られる可能性のある箇所として、以下の項目をピックアップし、以下のねらいで改善形状を検討した。

- 吸気マニホールドからポートにかけての形状

ねらい：吸気流れの剥離防止による体積効率向上、

燃焼の安定化と燃焼効率向上のための筒内タンブル流れ最適化

- カムプロファイルと可変タイミング

ねらい：残留ガス低減と体積効率向上のための最適化

- インジェクタータイプ・位置

ねらい：速やかな燃料蒸発が得られる燃料噴霧と空気の混合、および最小限の燃料壁面付着

- 最大の予混合燃焼割合(出力密度、燃費、および、排気エミッションに影響)

- 速やかな過渡応答

- 燃焼室形状

ねらい：ノック限界における出力密度向上

- エンドガスを早く燃やすための火炎伝播

- ホットスポットによる着火を避けるための一様なエンドガス温度

### 3 改善内容

#### 3.1 体積効率改善

単気筒試作エンジンの設計ベース仕様を図1に示す。図1はスロットルバルブ位置、インジェクター、吸気管、ポート形状の詳細、燃焼室形状、排気ポート、そして排気マニホールド形状を示す。改良案は、製造可能な形状、および船外機レイアウト上の制約を満足する範囲内での検討とした。

吸気系解析は、吸気マニホールドとポート断面積の1-Dシミュレーションによるガス交換計算、バルブとピストンの運動力学、および、0-Dの燃焼モデル解析をベースに行った。1-Dシミュレーション解析による改善検討を行った最終結果を図2に示す。

カムに関しては、カムタイミングおよびカムワークアングル変更の効果について検討した。検討の結果、試作エンジンベース仕様に対し、カムワークアングルの変更は体積効率向上効果が得られないと考えられた。カムタイミングに関しては、特に吸気カムタイミングを可変とすることで、かなり体積効率を向上させることができるシミュレーション結果を得た。吸気カムの可変タイミング幅40°が体積効率向上に有効であることが明らかとなった。このシミュレーションを用いた改善検討の結果は、体積効率が約10%向上することを示している。1-Dシミュレーションによる体積効率改善のための変更は以下である。

- ・吸気マニホールドの長さと径
- ・バルブタイミングとカム形状
- ・可変バルブタイミングの効果

また、3-D CFD解析の結果から、以下の項目を体積効率向上の可能性のある箇所としてピックアップし、改良仕様に織り込んだ。

- ・吸気ポート形状、対称形状ポート
- ・インジェクター位置
- ・燃焼室への流入部形状
- ・吸気バルブ部の流れ

以上が体積効率向上による性能向上分で、これ以上の改善は、燃焼効率の改善によって導き出すものである。高い燃焼効率は、筒内の乱流を最適化することにより得られる早い燃焼速度の効果と、燃焼

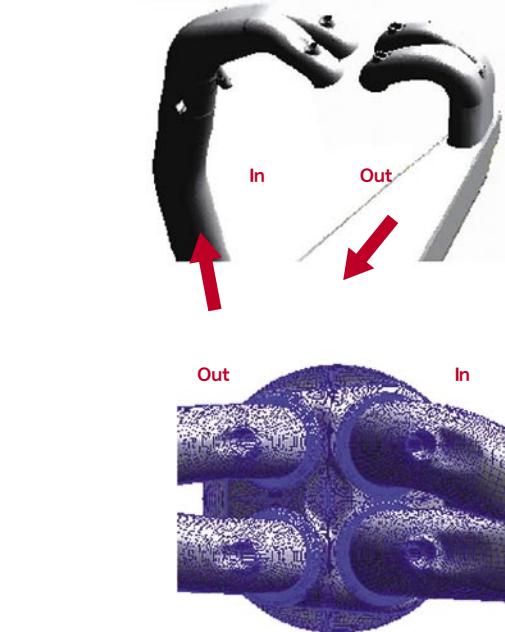


図1 単気筒エンジンの設計ベース仕様

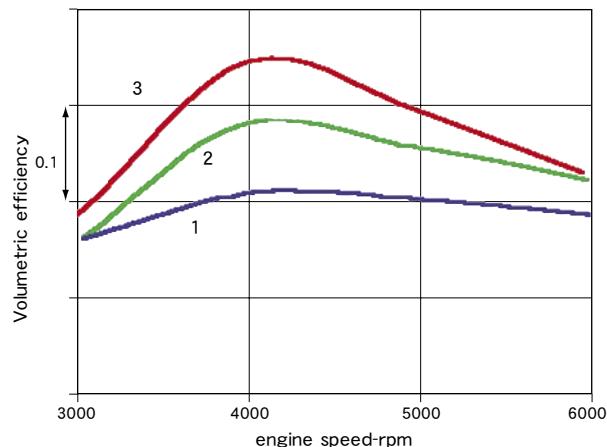


図2 Volumetric efficiency for baseline(1) and improvements achieved with geometry variation(2) and variable cam phasing(3)

タイミングを最適化することで得られると考えられる。しかし、このように望む燃焼改善ができるか否かは、いかにノック限界近くで運転できるかどうかにかかっている。

### 3.2 燃焼改善

#### 3.2.1 吸気マニホールドと対称ポート

試作ベース仕様の吸気ポートは図1に示すように非対称であったが、ポートを対称形状(図3a参照)とすることによって、スペースを最大限に利用することができるようになり、良好な流れとなる断面形状をとることが可能となった。スムーズなつながりのカーブ断面とすることで、吸気流の剥離と渦発生の可能性が低減し、良好な流れ断面が得られる。シリンダーへの流入部を対称形状とすることで、インジェクター位置を吸気バルブ近くに位置することができ、吸気2バルブの両ポートに、均等に燃料を供給することができる。この形態とすることで、筒内に均一な混合気を供給するのに最良の状態となる。このインジェクター位置とすることで、燃料の壁面付着を最小にする噴霧方向にすることができる。燃料の壁面付着を最小にすることが、燃焼を安定させ、また回転や負荷の変化に対する速やかな応答に効果的である。

吸気流れの図(図3b)から、ポート形状変更(対称形状への変更)の結果を見ることができる。シリンダー軸直角断面での速度分布は静的フローテストにて計測した。バルブリフト8.12mmおよび9.47mmの試験結果を図3cに示す。ポート形状変更の結果、筒内の流れが対称となっていることが確認された。

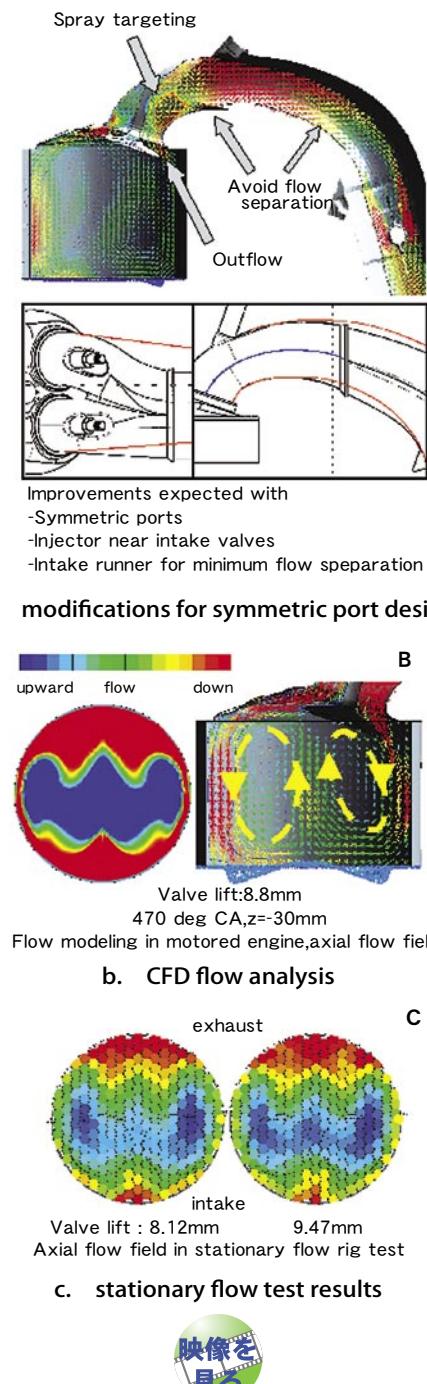


図3 吸気マニホールドと対称ポート



### 3.2.2 インジェクター位置

最終的に選択したインジェクター位置、および、噴霧方向を図4に示す。CFDに基づくインジェクター噴霧方向変更の結果をエンドスコープによるスプレー観察で検証した。図4の噴霧写真に見られるように、幾何的に良好な構成となっていることが見て取れ、設計検討とCFDシミュレーションが示す噴霧方向が、良好な結果になっていることを示している。さらに、インジェクター位置をバルブに近づけることにより体積効率を阻害する要因を排することができる。

### 3.2.3 燃焼室形状変更

設計ベース仕様では4箇所のスキッシュエリアを設けていた。この吸気側、排気側、クランク軸方向の4箇所に設けたスキッシュエリアは、ピストンのバルブポケットとピストン中央のドームからなるピストン頂部形状と、形状的には合っている。しかし、図5に示す、CFD解析結果は、スキッシュエリアに囲まれる角4隅の領域と、バルブポケットへの火炎速度を上げることで燃焼の改善が得られることを示している。バルブとピストンの衝突を防ぐための、4つの深いバルブポケット部で、空気流動が弱くなり、火炎伝播速度を遅くしている。

最終仕様(図5)では、クランク軸方向のスキッシュエリアは取り止めとし、バルブポケットをできるだけ削減してピストン頂部の形状を基本的に平らとした。対称形にした吸気ポート形状と合わせて、結果としてねらいとする改善効果を得ることができた。

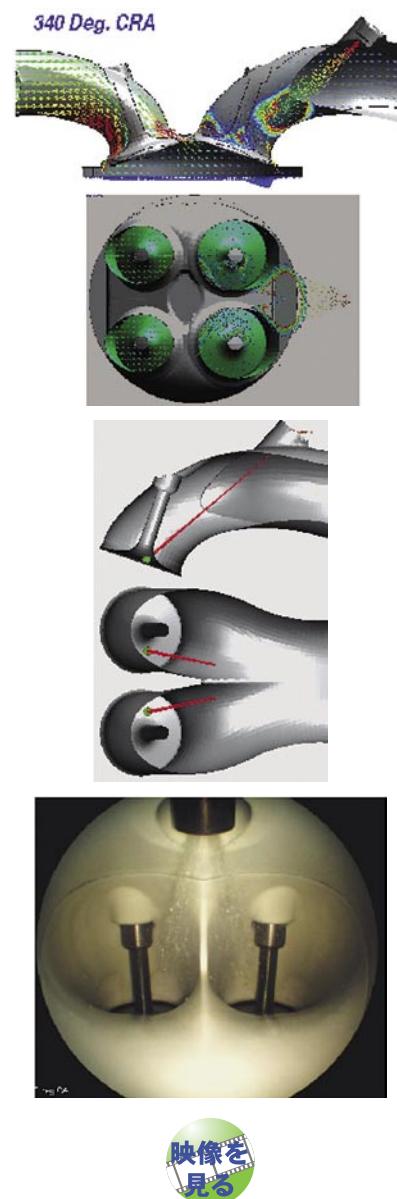


図4 Injector arrangement and spray targeting

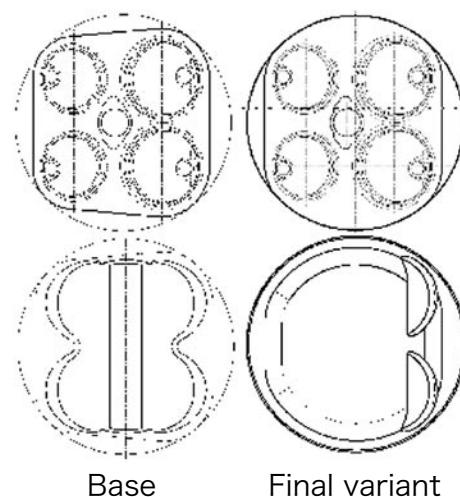


図5 Squish area and piston top design variants

## 4

## 改良仕様の検証

### 4.1 体積効率

体積効率の向上は、次の項目から得られた。

- (1) 吸気管の長さと径の最適化
- (2) 対称ポート形状とポート曲がり改善
- (3) バルブシート出口の流れ形状改善
- (4) 可変バルブタイミング

静的フローテストで得たポートの流量係数を図6に示す。この結果は、設計ベース仕様の流れのレベルは良好であること、および、上記の幾何的変更による改善効果を示している。

### 4.2 対称な火炎伝播

単気筒試作エンジンにて、ファイバーを埋め込んだガスケットにより、火炎伝播を測定した。これが、火炎トモグラフィー(断層)観察写真による解析である。

改善仕様の中速・部分負荷における火炎伝播変化の、実機火炎トモグラフィー(断層)写真データを

図7に示す。初期設計仕様は、著しい非対称の火炎伝播を示している。この原因は、設計ベース仕様の非対称の吸気ポートが作り出す筒内の非対称空気流れによるもので、これは吸気ポートを対称形状に改良することで大幅に改善されている。この改善した、火炎伝播が対称であることそのものが、良好な性能を得るために必要なものではない。しかし、この対称な火炎伝播が複雑さを排し、結果として、全エンジン作動領域で良好な筒内流れと燃焼特性を利用できるようにしている。

### 4.3 全開性能

3,000～6,000rpmにおける初期仕様、および最終仕様のWOT(Wide Open Throttle) BMEP(Break Mean Effective Pressure:軸平均有効圧)データを図8に示す。最終仕様のBMEPは初期仕様と中間仕様を0.5～1 bar上回る。この改善効果は、体積効率向上、混合気の均一性改善、残留ガスの

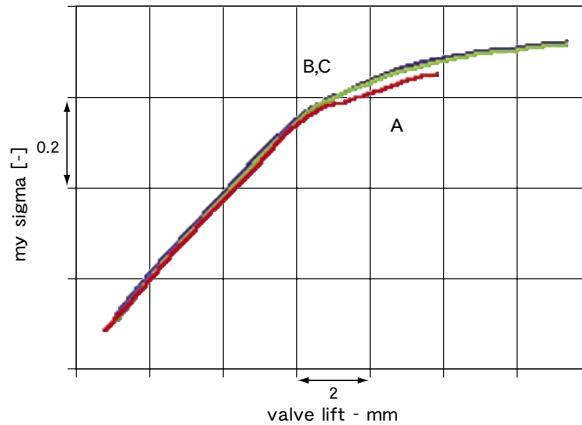


図6 Port flow coefficient data(my sigma) for A:baseline,B,C port and combustion chamber modifications

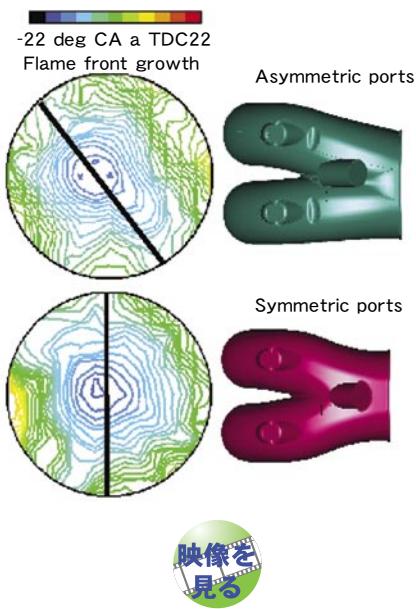


図7 Modification effects on flame propagation at 3,000rpm, 6bar IMEP. Flame tomography measurements with VisioTomo

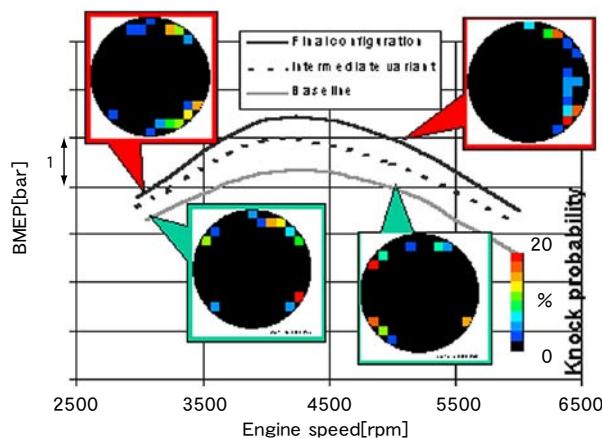


図8 Single cylinder full load operation analysis

分布改善の組み合わせ、および、良好な燃焼効率とノック改善の結果である。特に、ベース仕様の火炎トモグラフィーによるノック発生箇所の解析では、排気側にノックの起点が見られた(図8の3,000および5,000rpm参照)。このベース仕様の解析結果から、筒内空気流れ改造のねらいは、排気側の高温に誘起される自己着火の前にエンドガスを燃焼させるよう、排気側への火炎伝播を高めることになる。上述の変更で、このねらいを達成することができる。

最終仕様をノック限界で運転したときの火炎トモグラフィーの解析結果を図9に示す。BMEPが大幅に向上したにもかかわらず、自己着火は吸気側で起きている。図9に見られるように、4,000rpm WOTの運転状態の比較から、最終仕様の効果は以下の項目から得られる。

- ・筒内混合気の不均一の低減(狭い空燃比幅)
  - ・筒内残留ガスの片寄りの減少
  - ・排気側およびクランク軸方向への早い火炎伝播
- 最終仕様でも、吸気スキッシュエリアの両端に、ノッキング発生確率が高いことを示している。これらのノック発生領域の、特に高いエンドガスのピーク温度を低減させよう、局所の空気流動を高めることで、さらに改善効果を得られる可能性がある。

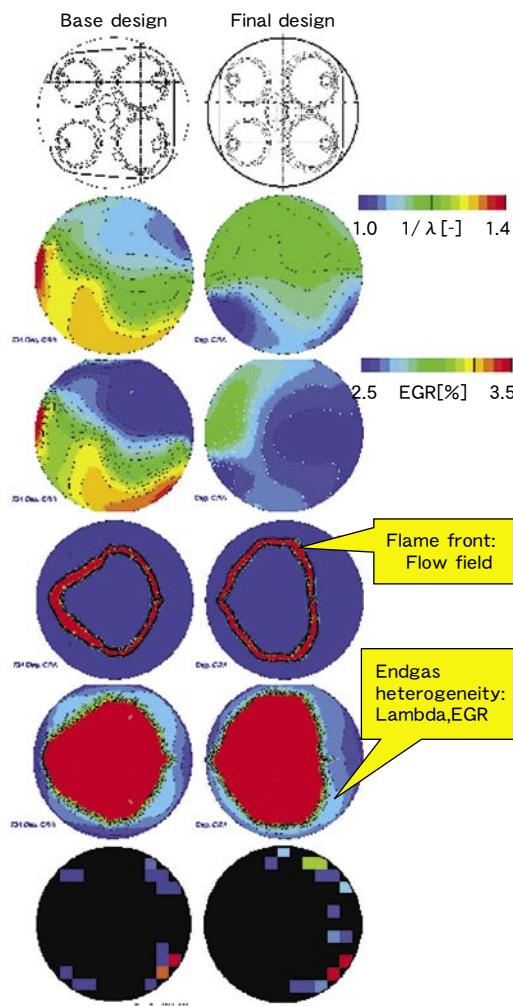


図9 Combustion analysis at borderline knock at 4,000rpm

## 5 まとめ

### 5.1 解析技術

本報に記述した開発では、以下の技術を広範囲に利用した。

- ・一般的な性能および排ガス測定
- ・吸気マニホールド、シリンダー、排気マニホールド圧力測定を含めた熱力学解析
- ・ファイバー埋め込みガスケットによる火炎トモグラフィー(断層観察)解析
- ・静的フローテスト、総合ポート流れ、軸方向流れ分布のための数値解析
- ・1-Dガス交換、および、0-D燃焼モデルによるシミュレーション解析
- ・流れ、乱流、燃焼の3-D CFDシミュレーション解析

## 5.2 エンジンの状況

最終的に、体積効率の改善と、燃焼効率の改善によって、単気筒試作エンジンの性能改善を達成した。これは、徹底した流れ幾何学と流れの燃焼への影響を解析し最適化した結果による。エンジンの変更項目は以下の内容である。

- ・燃焼室スキッシュエリアおよびピストン頂部形状
- ・吸気マニホールドおよびインジェクター位置・方向
- ・吸気ポート形状
- ・可変カムタイミング

これらの変更の目標性能への効果を図10に概観する。

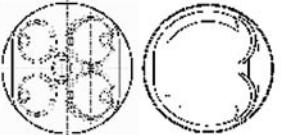
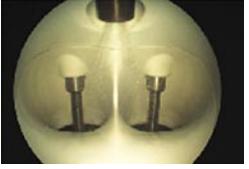
	combustion chamber and piston	less knocking:piston surface modified squish area design, better outflow at valve seat area increase volumetric efficiency ~ 2%
	port / manifold: symmetrical	less knocking:better charge distribution and in-cylinder flow smoother curvatures increase volumetric efficiency ~ 1.5%
	injector near intake valve	less knocking:better fuel distribution less wall film <ul style="list-style-type: none"> <li>• less HC emission</li> <li>• faster combustion</li> <li>• better dynamic response</li> </ul>
Squish gap:1mm		less knocking:flame propagation after TDC
All modifications combined		BMEP improvement up to 1 bar in wide rpm range

図10 Design elements and their benefits for the target configuration

## 6 おわりに

本報の、単気筒試作エンジンを用いた性能開発は、AVL社(Graz, Austria)との契約により、共同で開発および試験を実施したものである。ここに、論文作成にご協力いただいたAVL社のWinklhofer氏、Spanner氏に謝辞を表します。



## ■参考文献

- 1) R. Glanz: "Differential measurement of tumble flow", MTZ Motortechnische Zeitschrift, 61(2000)1.
- 2) H.M. Koegeler, G. Regner, T. Sams, K. Gschweil: "Using simulation and optimization tools to decide engine design concepts", SAE2000-01-1267
- 3) E. Winklhofer, Ch. Beidl, H. Philipp, W. Piock: Micro-Optic Sensor Techniques for Flame Diagnostics, JSAE20015301.
- 4) R. Tatschletal: "CFD in IC engines spray and combustion simulation-current status and future development", WCCMV-fifth world congress on computational mechanics, July 7-12, 2002, Vienna, Austria, Eds. :H. A. Mangetal.

## ■著者

岩田 良文 Yoshibumi Iwata

ヤマハマリン株式会社 第12技術部

2005-9  
No.40

### ●読者の声



読者の皆様からお寄せ頂きましたご意見をご紹介します。(敬称略)

- ✉ 今回初めて技報を知りました。非常に参考になりました。 (前田 節雄)
- ✉ この技報を読み、日夜研究開発に励む技術者の心意気を感じることができました。私も技術者ですが、たいへんな刺激を受けています。ヤマハのような魅力的な研究開発ができる企業にしていきたいと思いました。付録 CD-ROM には映像等があり、非常に効果的だと思う。 (高田 健吾)
- ✉ 特に独創性を強調したデザインを追及して欲しい！ (匿名希望)
- ✉ 毎号送付いただきありがたく思うとともに、顧客としっかり向き合おうというヤマハの姿勢がうかがえます。時に、ヤマハモータースポーツ活動といった部分の特集も組んでもらえたら、また違った側面も見て面白いのでは？とも思います。今後も期待しています。 (匿名希望)
- ✉ 私のような地方出身者にとっては、例えば著者の方々の出身地などが記載してあると、さらに親しみをもって読むことができるのですが。 (匿名希望)
- ✉ 二輪車の商品に直結した記事が読みたい。 (匿名希望)
- ✉ 学校のイベントで訪問した折、ヤマハの紹介映像で見た内容が、冊子で詳しく読めたので、かなり理解できました。 (匿名希望)

## ●編集後記

最近、会議の効率的なやり方がないかと、本を探したところ、「すごい会議」(大橋 禅太郎 著)という本を本屋で見つけた。この本に書かれた方法で会議を行うと、短期間で会社が劇的に変わる「すごい効き目!」という表紙に惹かれて購入した。(内容は少し癖があるので、確認してから購入することをおすすめします。)

いろいろと会議の方法が書かれていたが、その中で一番なるほどと思ったことがある。それは、「自分の意見を紙に書いてから発表する」ということである。このメリットとしては、①話を短くまとめることができる、②自分の考えを書くことにより再認識できる、③記録としてのこせる、という点がある。そして最大の効果は、④書いているときは、他の参加者の意見が聞こえない、という点であると本の中では述べられている。

なるほど、会議をはじめる前に少し自分の意見を紙に書くだけで、自分の意見が整理されて、他の人の意見に左右されず、他の人の発表も落ち着いて聞けるようになった。皆さんも、やってみてはどうでしょうか?

(佐藤 彰)

愛・地球博が開催中であるが、35年前に開催された大阪万博の“太陽の塔”のツアーが、若者に人気らしい。現在の若者にとって、テクノロジーが全てを解決でき、明るい未来しかないと思われていた時代の展示物は、新鮮に映るようだ、とテレビで紹介があった。破壊の世紀といわれた20世紀から、再生の世紀である21世紀になり、エンジン技術者が果たす役割は大きい。皆が購入できる燃料電池車の到来まで、しばらくはバイオマスエネルギーを上手に使ったりして、ガソリン、ディーゼル、それらの技術融合エンジン等で、まずは調和の時代の実現への一助にと知恵を絞っている。連続可変動弁系、直噴エンジン等、ちょっと前までは量産化が難しいと思われていたものが、次々と実現してきた。強い渴望、良い意味でのこだわりが、実現までのストーリーの中にあるのを、実際のエンジン開発の中でも感じている。編集委員として、今後も、次代に向けた技術を紹介していくらと思う。また、自分も参画した明るい未来を語れるエンジンの実現を念願している。

(鈴木 篤)

ヤマハ発動機  
技報 第40号

印 刷

発 行

発 行 所

発 行 人

編集委員長

編集委員

デザイン  
事務局

印 刷 所

お問い合わせ

ホームページ

2005年8月31日

2005年9月1日

ヤマハ発動機株式会社 〒438-8501 静岡県磐田市新貝 2500

宮尾博保

平野 雅久 コーポレートR&amp;D本部企画チーム

鈴木 篤 AM事業部AM第1技術室

鈴木 晴久 MC事業本部企画統括部生産管理室

宮久正憲 MC事業本部企画統括部生産管理室

丸山 隆一 (株)モリック技術部

本山 雄 コーポレートR&amp;D本部コア技術研究チーム

小柳智義 海外市場開拓事業部サービスグループ

小野惣一 創輝(株)HS事業部

武智 裕章 EV事業推進部EV開発室

岡本 琴路 (株)スタジオコバ

小栗 真 法務・知財ユニット知財戦略グループ

金子 和佳 コーポレートR&amp;D本部企画チーム

荒川 裕子 コーポレートR&amp;D本部企画チーム

(株)スタジオコバ 〒437-1196 静岡県袋井市松原 2455-2

コーポレートR&amp;D本部企画チーム(技報編集事務局) TEL 0538-32-1171

<http://www.yamaha-motor.co.jp/profile/technical/>

吉本 幸広 IMカンパニー技術チーム

宮崎 光男 MC事業本部技術統括部技術管理室

佐藤 彰 スカイ事業部開発グループ

大場 久仁保 (株)ワイ・イー・シー・システム機器部

松下 行男 ヤマハマリン(株)第14技術部

村松 康幸 コーポレートR&amp;D本部新事業推進チーム

仲井 政雄 特機事業部パワープロダクツ事業室

※無断転載を禁じます。  
※落丁本・乱丁本は、小社技報編集事務局宛てにお送りください。  
お取替えいたします。



## ヤマハ発動機 技報

CD-ROM

## ご使用方法

## 【収録技報】

- 2005-9 No.40  
創立 50 周年記念特集：○○の今昔
- 2005-3 No.39  
特集：ユビキタス領域周辺の技術
- 2004-9 No.38  
特集：コンポーネント技術
- 2004-3 No.37  
特集：魅力的な製品を生み出す技術
- 2003-9 No.36  
特集：空気・水・土をきれいにする技術
- 2003-3 No.35  
特集：海外開発 / 海外生産
- 2002-9 No.34  
特集：CAE
- 2002-3 No.33  
特集：品質

この CD-ROM には、下記のような機能が備わっています。

- ・全文検索
- ・必要箇所のプリントアウト
- ・マルチメディア機能（音や映像の再生）

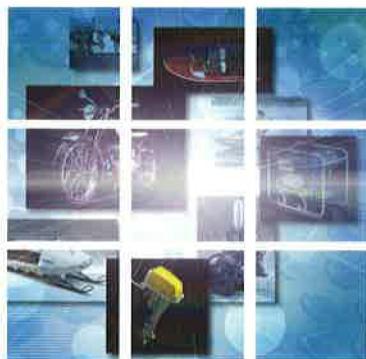
CD-ROM を開いて『CONTENTS.pdf』をダブルクリックして下さい。

この CD-ROM 内の技報をご覧になるには、Acrobat Reader と QuickTime プラグインが必要です。両ソフト共、この CD-ROM 内に同梱しています。ご利用ください（Windows 版のみ）。



文中にある左記のボタンを画面上でクリックしていただけますと、音や映像を再生することができます。





 **YAMAHA**  
YAMAHA MOTOR CO., LTD.  
2500 SHINGAI IWATA SHIZUOKA JAPAN