



# YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW

ヤマハ発動機 技報



2004-9  
No.38

特集：コンポーネント技術

# CONTENTS

ヤマハ発動機 技報

2004-9

No.38

▶ コンポーネント  
技術 特集

1

高付加価値化、差別化をどこに求めるか

Where to Pursue Added Value, Differentiation

戸上 常司

5

パフォーマンスダンパーの開発

Development of the Performance Damper

沢井 誠二 / 坂井 浩二 / 近藤 勝広 / 佐藤 正浩

12

電磁誘導ゴルフカーの自動入出庫

Automatic Storage/Retrieval Function Electromagnetic Guidance Golf Car

雄谷 誠祐 / 内山 敦 / 松下 俊明

18

ねじ締結と摩擦係数

Threaded Fastening and Coefficient of Friction

米谷 俊一

27

スーパースポーツモデルのエンジン制御システム

The Engine Control System for the Supersport Models

大迫 正岐 / 高柳 智一 / 橋本 茂喜

▶ 製品紹介

31

2004年スーパースポーツバイク YZF-R1

2004 Supersport Model YZF-R1

小池 美和 / 安平 明彦 / 西田 豊士 / 藤原 英樹 / 萩野 光弘 / 鶴谷 知弘

37

モジュール型高速マウンター YG200

The High-speed Module-type Surface Mounter YG200

野末 智之

42

ヤンマー船用システム(株)との共同開発フィッシングボート UF-27 I/B

The Fishing Boat "UF-27 I/B" Developed Jointly with Yanmar Marine System Co., Ltd.

半田 清隆

47

リニア単軸ロボット PHASER シリーズ

"Phaser" Series Linear Single-axis Robots

海江田 隆 / 長森 基樹 / 加茂川 良

53

ワイワイプール

The "Wai Wai Pool"

前田 文雅 / 増田 尚士

57

ヤマハディスペンサー YGD

The Yamaha Dispenser YGD

福田 貴文

62

表面実装機サポートソフトウェア「IT オプション」

Surface Mounter Support Software "IT Options"

山積 宏二

- 68 電動ハイブリッド自転車「New PAS リチウム」の開発  
**Development of the New PAS Lithium**  
 中山 浩典 / 赤坂 雅之 / 村田 和弘 / 明田 久稔 / 高橋 秀明
- 73 新構造 FOAMAP を採用したフィッシングボート「BaySports16」  
**The Fishing Boat "BaySports 16"Built with the New FOAMAP Construction**  
 福山 美洋 / 宮下 祐司 / 望月 保志 / 香山 晃 / 末森 勝
- 78 スノーモービル RSVector シリーズ  
**The RSVector Snowmobile Series**  
 中野 太久二 / 甲斐 学 / 窪田 隆彦
- 86 スポーツバイク tricker XG250  
**The sport bike XG250 tricker**  
 近藤 充 / 都澤 大樹 / 中山 邦彦 / 村上 仁
- 91 スポーツ ATV Raptor350 & ユーティリティー ATV Grizzly125  
**The sport ATV "Raptor 350" and utility ATV "Grizzly125"**  
 松浦 達也 / 鈴木 康弘 / 井上 真一
- 97 サロンクルーザー LUXAIR(ラクシア)  
**The Salon Cruiser LUXAIR**  
 福山 美洋 / 門田 律

## ▶ 技術紹介

- 104 2004 年型 YZF-R1 用エンジンの開発  
**Development of the 2004 Model YZF-R1 Engine**  
 藤原 英樹
- 113 Unmanned Vehicle としての UMV(自律無人艇)  
**The autonomous navigation boat named the UMV (Unmanned Marine Vehicle)**  
 柳原 序 / 神谷 剛志 / 増田 裕
- 117 LUXAIR 商品企画における商品コンセプト創出技法  
**The Methodology Used for Creating the Product Concept for the LUXAIR**  
 田井 弘充

## ▶ 技術論文

- 124 過共晶 Al-Si 合金製オールアルミシリンダーの開発  
**Development of an All-aluminum Cylinder Using a Hypereutectic Al-Si Alloy**  
 栗田 洋敬 / 山縣 裕
- 132 遺伝的アルゴリズムを用いた二輪車操縦モデルの開発  
**A Model for Motorcycle Rider Operation Based on Genetic Algorithms**  
 藤井 茂 / Sergey A. Panfilov / Sergey V. Ulyanov



コンポーネント技術 特集

# 高付加価値化、差別化をどこに求めるか

**Where to Pursue Added Value, Differentiation**

戸上 常司 Tsuneji Togami

●代表取締役専務

Since entering the 21<sup>st</sup> century we are seeing a clear separation between the winning and losing corporations in every industry. Among companies involved in the same businesses, the winners are recording record-high revenues while the losers pile up red ink that is endangering their very existence as companies. What produces this striking division? I believe the difference is not simply that one company's employees worked harder than the other's but, rather, that one company had more attractive products with added value that won them customers.

The essence of creating products is actually creating attractiveness (value). In other words, it is a matter of how many attractive features you can create that the customers appreciate. If you have a product based on a completely new idea that you are able to patent, there is no need to consider processes for adding new value. In such a case the important thing is to manufacture the product quickly and dominate the market at your desired price. However, there are very few products of this type. In most cases we are involved in creating products that are not protected by patents, and as soon as it is marketed the competitors will come out with a model to compete against it. What's more, the products brought out afterwards by the competitors have often been designed to be more appealing than your original product.

So, what you must do in order to maintain your market advantage is to improve performance/cost in areas that the competitors cannot see and cannot imitate easily. These areas are not in the assembly process but in the components used. This is because performance and cost aspects have already been built into the components to the maximum degree possible and it is therefore very difficult to achieve further performance/cost advantages during the assembly process. Thus, it is most important to build differentiation and advantages into the components.

The idea that you can leave component development up to the specialized component makers is a concept from a nostalgic era when it was a suppliers' market with demand exceeding supply and manufacturers were simply assemblers. Now, we are in an era when you can no longer expect to sell run-of-the-mill products at standard prices, and you will not get much added value by just procuring parts from outside suppliers and assembling them into what you think are good products. It is difficult to differentiate your products by such a manufacturing process. Still, there are companies like Dell that have succeeded simply as assemblers through a process of horizontal task division. But, theirs is a minority case of a compact and speedy venture company with a small number of employees. On the other hand, there are also few companies that are succeeding as vertically integrated corporations (makers that add value at all levels of the

product creation process from the raw materials on up through assembly).

Yamaha Motor's IM(Intelligent Machinery) Company is one that had almost no core technologies of its own when it started out. However, because in its 20 years of operations it has become able to develop core components in-house, and it is now able to create products that are superior to those of the competitors in terms of cost and performance, despite the fact that production volumes are not large. However, this has been achieved not on the basis of in-house production but through **a process of vertical integration of technology + horizontal division of production**. In other words, this is a system in which components are developed in-house with transparent performance and cost standards that can be precisely controlled and then production is outsourced to a manufacturer with the highest QCD(Quality Cost Delivery) qualifications. This system has become a core competence that is now contributing to IM Company's profitability. One more advantage of developing components in-house is that problems can be solved more quickly when they occur. Particularly in the case of software, only its designer can find the bugs in it. Although in-house design may not eliminate the kinds of problems we classify as serious or chronic, it can provide great improvements in the possibility of solving problems and the speed with which they can be solved. These improvements will contribute to a greater sense of trust and security in our customers and our dealers and be effective in increasing the number of repeat customers and fans of Yamaha Motor products.

I would like to propose that this system of designing, building prototypes, evaluating and developing cost performance for major components in-house be applied to other Yamaha Motor products like our motorcycles. Undertaking new endeavors like this always demands a great deal of courage, and much time will surely be spent in trial and error, but I believe that if we concentrate these efforts on components needed for our products alone, we can soon catch up to and surpass the specialized parts manufacturers in terms of component performance and cost. We are now in an environment in which component development is essential for creating products with new performance and functions and significantly improved cost performance. Ten years will pass much more quickly than you think.

21世紀に入り、どの産業界でも勝ち組みと負け組みの区別がはっきりと見えるようになりました。同じようなビジネスをやっていても、一方は過去最高の収益で他方は赤字で存続さえも危うくなるという状況です。どこでそんな差が生じるのでしょうか。一方が汗水垂らして一生懸命やっていて、他方がサボっていたわけではなく、お客様にとっての魅力(価値)が有ったか無かったかということだと思います。

"ものづくり"も、本質は魅力づくり(価値づくり)です。どれだけお客様に認めてもらえる価値を素材に付けられるか、ということが勝負になります。全く新しいコンセプトの商品で特許で保護されるのであれば、どのプロセスでどんな付加価値を付けるかなどと考える必要はありません。とにかく早く作って希望の価格で市場を支配することが大事です。しかし、そんな商品はめったにありません。新しい商品でも、出した途端に他社が追いかけてきて、しかも、後から追いかける商品の方が強いことが多いのです。

ではどこで優位性を維持していくのかというと、他社が見えないところで簡単に真似できないように性能/コストを高めることです。それは、組立工程ではなく、コンポーネント(構成要素)にあります。なぜなら、既にコンポーネントにはそれぞれ性能とコストが最大限に折り込まれており、あらためて組立工程で性能を上げることは困難なのです。したがって、コンポーネントづくりのところで差別化して優位性を保つことが最重要になります。

コンポーネントは専門メーカーに任せておけばよいという考えが通用したのは、商品が市場で不足していた時代のアセンブリ屋のノスタルジアです。今は、並みの物を並みの価格では売れない時代ですから、社外から部品をかき集めうまく組立てて良いものを作ったと思っても大した付加価値は付かない、差別化は難しいのです。それでも世の中には、パソコンのDell社のように水平分業と称してアセンブリだけで成功している会社があります。しかし彼らは、少人数でコンパクト、スピーディーなベンチャー企業ならではの事業体質で成り立っているマイノリティーです。一方、素材から組立まで一貫して自社で賄う垂直統合が成功している企業(各工程にきちんと付加価値を持っている企業)も多くはありません。

IM(Intelligent Machinery)カンパニーは、発足当初はほとんど自前の技術がありませんでしたが、20年間かけてコアコンポーネントを社内開発できるようにしてきたおかげで、数量が少なくとも性能もコストも競合他社を上回るものが作れるようになりました。しかし、いわゆる内製化とは違い、いわば「技術の垂直統合+生産の水平分業」です。つまり、社内開発によってコンポーネントの性能、コストを透明にしてしっかりと管理できる状態を作り、生産はQCD(Quality Cost Delivery)で最も優秀なところへ委託する方式です。これは、IMカンパニーの収益源となる一つのコアコンピタンスです。もう一つ、社内開発の大きなメリットがあります。問題が起きた時の解決の早さです。特にソフトウェアなどは、設計者でなければバグは見つかりっこありません。社内開発すれば、難病、持病といった解決困難な問題が無くなるとは言えませんが、解決できる可能性とスピードが、大幅に改善されます。この改善は、お客様や販売店の人達に信頼感と安心感を与え、ヤマハ発動機製品のリピーター作り、ファン作りにとても有効です。

バイクやその他の製品の調達品でも、重要なコンポーネントは社内で設計・試作・評価・コスト開発してみたらどうでしょうか。やっていないことをやるのは勇気がいりますし、失敗の連続で時間が掛かるかもしれません、自分たちの商品が求める仕様に限定すれば必ず専門メーカーに追いつき追い越せると思います。新しい性能、機能を創り出し、大胆なコスト創りをするには、コンポーネントの開発が必須になってきています。10年なんてあっという間に経ってしまいますよ。

### ■著者



戸上 常司



コンポーネント技術 特集

## パフォーマンスダンパーの開発

**Development of the Performance Damper**

沢井 誠二 Seiji Sawai 坂井 浩二 Kouji Sakai 近藤 勝広 Katsuhiro Kondou

佐藤 正浩 Masahiro Satou

●AM事業部 AM第2技術室



サスペンションタワー間



リアシート取り付けフロア部

図1 パフォーマンスダンパー

It is widely known that chassis performance is an important factor that functions along with suspension performance to determine the handling stability and the comfort of the ride in an automobile. For this reason, the various auto makers have invested great efforts in optimizing chassis rigidity as an important component of chassis performance. Amidst these efforts, a new project was undertaken at Yamaha Motor Co., Ltd. to develop a "performance damper" the aim of which was to greatly improve chassis performance in a way that went beyond mere optimization of chassis rigidity by adding appropriate amounts of cushioning effect at certain points.

After the basic concept of the performance damper was proven valid in actual road tests in the autumn of 2000, development efforts to put it in applicable form and improve its performance were carried out at a rapid pace. It then made its appearance as a world's-first technology on the Toyota Crown Athlete VX (2001 limited edition of 300 units). Finally, in April of this year it appeared for the first time in the world on a full-scale production model, the sports grade version of the Toyota Corolla to be shipped to the domestic Japanese, European and North American markets.

The performance damper has a simple structure and is easily mounted on a chassis, and not only does it improve handling stability and ride comfort, it also reduces vibration noise. What's more, these effects are so marked that any driver can feel the difference in normal driving, not just in extreme driving at the hands of trained test drivers. Many domestic and foreign car makers have evaluated the performance damper very highly and expectations are high that it will become a common structural element of cars from now on.

In this report we begin by looking at the concept behind the performance damper and go on to trace its development to the present structure and discussion of the outlook for its future.

## 1 はじめに

自動車の操縦安定性及び乗り心地の開発においては、サスペンション性能はもちろんのこと車体性能の重要性が広く知られている。車体性能を表す一因子である車体剛性の最適化は、自動車メーカー各社が大きな努力を払っているところである。そのような中、車体剛性の最適化のみならず、適切な減衰要素を部分的に付加することにより、車体性能を大幅に向上させることを狙いとしてパフォーマンスダンパー(図1)の開発をスタートさせた。

パフォーマンスダンパーは2000年秋にその基本概念が実走確認され、実用的な進化と性能向上を急ピッチで進めたのち、トヨタクラウンアスリートVX(2001年、限定300台)に世界初の技術として搭載された。そして2004年4月には、日、欧、北米向けトヨタカローラのスポーツグレード車に量産車として世界初採用された。

パフォーマンスダンパーは構造がシンプルでかつ取り付けやすい上、操縦安定性と乗り心地がともに向上するのみでなく、振動騒音も低減することができる。それらの効果はとても分かりやすく、テストドライバーによる限界走行でなくとも、誰もが通常の走行状態において体感することができる。多数の国内外自動車メーカーからの評価も高く、自動車の新しい構成要素としての将来性が期待されている。

ここではパフォーマンスダンパーの発想の起源に始まり、現在の構造に至った経緯と今後の展開について紹介する。

## 2 車体性能

車体性能とは何か。ここではそれをサスペンションとの複合性能ではなく車体そのものの性能と定義する。多くの自動車の車体は鋼板の組み合わせで構成されているので、車体はバネ要素の集合体と考えられる。実際にはガラス窓の接着剤、制振材、各種シール材、ゴムマウント、ブッシュ類等によってある程度の減衰を持っているが、それらは車体全体の動きを積極的に制振するほどの大きさではないし、減衰特性を意図的にコントロールしている訳ではない。

車体性能を表現する言葉に車体剛性があり、新型車の発表時に自動車メーカーから「ねじり剛性を50%向上」「横曲げ剛性を30%向上」等といったアピールをされることが多い。車体剛性向上とは簡単に言えば車体の各変形モードのバネ定数を増加させることである。バネ定数の増加によって減衰特性が大きく変わるものではないが、バネ定数が増加すれば共振周波数が高くなるので振動減衰に要する時間は短くなる。またサスペンションの特性と車体の振動特性との関連性により走行性能は変化する。

各自動車メーカーはそれぞれの持ち味を主張すべく車体各部の剛性をチューニングしている。車体剛性のチューニングは高度なバランス取り作業であり、設計者やテストドライバーの腕の見せ所でもある。

### 3 パフォーマンスダンパーの発想の起源

それでは車体性能を向上させるとはどういうことなのか。車体剛性の取り方が重要であるということが広く知られているので、市販の後付けタワーバー(図2)等を取り付けては走行試験を重ねてみた。確かに部分的に車体剛性が向上したと思われる感触ではあるが、車体に貯まる変形エネルギーの発散され方も急激になるようだ。車は一見シャープなハンドリングを得たように感じる。しかし、シャープさゆえに収束性のアンバランスを生ずるうえ、乗り心地はゴツゴツと硬くなる。

そのころ同時に試験していたX-REAS(相互連携ショックアブソーバーシステム)の性能が上がるにつれ、車体性能が不足気味になるのが気になった。上質な走りを目指している以上、何らかの突破口が欲しい。ならばこのタワーバーの代わりにごく微小な変位(1mm以下)に効く減衰要素を与えれば、車体はゆっくりと変形し、変形エネルギーは熱となり、車は「しっとり」と落ち着くのではないだろうかとイメージした。



図2 タワーバーの例 (鋼管製: バネ要素)

### 4 試作

#### 4.1 試作品第1号

試作品の第一号は図3のように、粘弾性ゴムを二枚のプレートで挟み込んだものである。走行中の車体の極微小な変形に対し、微妙に減衰力を与えるにはこれしかないと思った。粘弾性ゴムにはバネ成分もあるので車体のバネ定数も上がるが、まずは試走してみた。

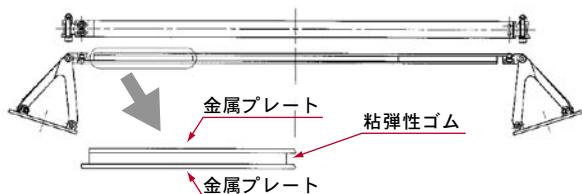


図3 試作品第1号

結果はイメージどおり。どのように車体を振り回しても収束性が良く、しっとりかつ正確に走ることができた。ただし、もっと減衰を与えようとしても同時にバネ定数まで上がってしまい乗り心地に悪影響がみられた。

#### 4.2 試作品第2号

試作品第2号は図4のように、単筒式ショックアブソーバーの低速度減衰力を上げたものを取り付けた。減衰特性の良さは感じ取れるが、高圧窒素ガスの封入圧が伸び方向にロッドを通して車体を押し広げ、操縦性と乗り心地に悪影響をおよぼした。ゴム式かショックアブソーバー式かで議論になったがどちらも満足できるレベルのものではなかった。

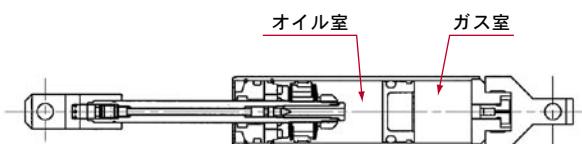


図4 試作品第2号

アーリングダンパーのようにロッドがシリンダーの両端に貫通しているタイプならばガス反力はゼロであるが、構造が複雑でコスト高になる。そこで、ふとリバウンドスプリングのことが頭に浮かんだ。ショックアブソーバーの伸び切りストローク付近にリバウンドスプリングを入れてショックアブソーバーを放置すれば、ロッドはガス反力とスプリング圧縮力が釣り合った状態で静止する。その状態で車体に取り付ければ車体へのプリロードはゼロとなる。あとはバネ定数をできる限り下げて設計すれば、ほとんど減衰力だけを車体に作用させることができるはずである。

#### 4.3 試作品第3号

試作品第3号は図5のように、内部のガス反力をキャンセルするスプリングを内蔵させ、バネ定数は3N/mmと小さくした。高压窒素ガスを封入した状態で、スプリング力とガス反力がつりあった状態でロッドは静止した(図6)。そのまま車体へ取り付けるので、減衰力のみを車体へ作用させることができた。乗り心地への悪影響は消え、上質で安定した走りが実現した。何よりも極めて簡単な構造ですべてを満足することで、実用化に向けての条件がそろうことになった。

### 5 パフォーマンスダンパーのチューニング

パフォーマンスダンパーのチューニングは通常のショックアブソーバーと同様に板バルブの仕様変更によって簡単に行うことができる。操縦安定性に対してはサスペンションのショックアブソーバーと同様の感度があり、さまざまな特性がテストされた(図7)。車体もまたサスペンションそのものであり、バネ要素の集合体であることを実感できた。

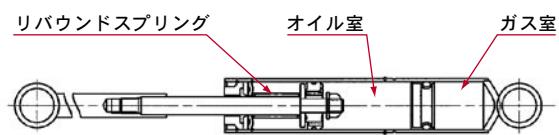


図5 試作品第3号

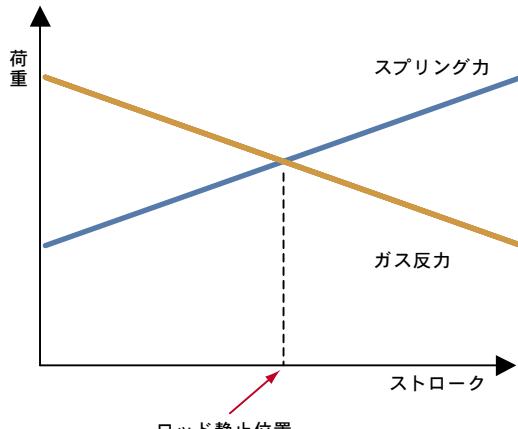


図6

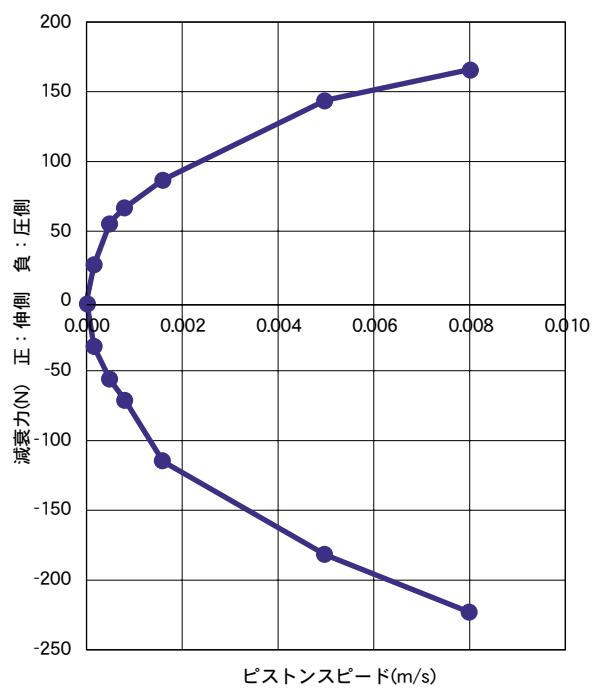


図7 チューニング特性例

## 6 取り付け箇所

取り付け箇所についてもさまざまなパターンを試みた。

- ・サスペンションタワー間
- ・バンパーリーンフォースメント
- ・リアシート取り付けフロア部
- ・サイドメンバー間
- ・サイドメンバー前後方向

結論から言ってどこに取り付けても効くのである。自動車の車体はバネ要素の集合体であるから全体が連成した振動をしており、一箇所にダンピングを与えれば全体の振動状態も変わる。それらは微小な振幅の変化であるにもかかわらず走行性能には大きな変化として感じ取れる。現在でもさまざまな箇所がテストされ、次々と面白い結果が出つつある。

## 7 欧州車

車体剛性が高いといわれる欧洲車でもいくつかテストしてみた。パフォーマンスダンパー非装着の状態でもしっかりと走りが素晴らしいのだが、路面からの大きな入力に対し反発も強く、乗り心地にきつい面があった。「欧洲車にパフォーマンスダンパーは効かないだろう。」というのが大方の予想であったが、パフォーマンスダンパーを取り付けてチューニングを進めたところ、乗り心地の硬さが減り静粛さも増えたうえ、操縦安定性がさらに向上した。

ベース車の基本性能の違いによっても向上度は大きく変わらず、どのような車にも必ず一定量以上効くという確証が得られた。

## 8 効果

パフォーマンスダンパーの効果は一言で言えば「上質な走り」である。もともと上質な走りの車はさらに上質になる。

一般に操縦安定性と乗り心地の両立は永遠の課題であるが、パフォーマンスダンパーは操縦安定性向上と同時に乗り心地と静粛性も向上する。

これらの理由はもちろん「車体性能の向上」にある。剛性による車体性能の追求には限界があり、いたずらに車体重量を増加させる恐れもある。パフォーマンスダンパーを車体剛性適正化と合わせて使用すればこれまでに無い高い車体性能が得られるとともに、トータルとしての車体重量の軽量化も可能となり動力性能および燃費性能にまで効果が及ぶと思われる。

また簡素な構造と取り扱いの容易さから、他の性能向上システムと比較した開発費用は極めて少なく、部品単価と合わせたコストパフォーマンスは近年類を見ない。

以上の効果をまとめると、

- ・走りの質感向上

- ・運動性向上
  - ・安定性向上
  - ・乗り心地向上
  - ・静肃性向上
  - ・高いコストパフォーマンス
- 車体の軽量化が実現すれば、
- ・動力性能向上
  - ・燃費性能向上
- という効果も生まれる。

## 9 市場での評価

トヨタカローラのスポーツグレード車(2ZZ-GEエンジン搭載車)におけるジャーナリストの評価は以下の通りである。

- ・効果絶大、クラスを超えた乗り味
- ・クイックでありながらニアで気持ちの良いハンドリング
- ・急激な挙動変化が無く、外乱に対してシビアでない
- ・ハードサスペンションと組み合わせても突き上げ感の無いフラットな乗り心地

これらは正に我々が狙いとしてきた走りであり、運動性と安定性と乗り心地の3つをいずれも向上させられることを実証するものである。



図8 欧州向けカローラ用パフォーマンスダンパー

## 10 今後の展開

今後はトヨタカローラのスポーツグレード車への採用を皮切りに、より多くの機種への採用を実現し、量産効果によるコストダウンも実施していきたい。

近い将来、自動車の車体には軽量化を目的としたアルミニウムボディの普及が予想されるが、アルミニウムは軽さと同時にヤング率も低いため、断面係数を稼ぎながら車体剛性を確保することになる。車重は軽くなるが、構造的に向上させた剛性に比較して減衰が不足気味になることが予想される。社内ではすでに一部のアルミニウムボディ車でのパフォーマンスダンパーの効果確認を実施しており、予想以上の結果が出つつあるので、アルミニウムボディ車全般に効果があることが期待できる。

また乗用車に限らず、2輪車や大型車両や特殊車両の快適性や安全性、耐久性についても効果が期待できる。

## 11 おわりに

パフォーマンスダンパーは簡素な構造でありながら、適切な特性の減衰を車体に付加できるものである。そしてその効果は予想以上に大きくかつ良質なものであることがわかった。

パフォーマンスダンパーの形態や単品性能についてはまだまだ進化の途中であり、さらに高性能化する可能性を秘めている。

様々な現象が理論的に解明し尽されているなか、シンプルな新技術の開発は極めて困難な作業である。1mm以下の車体の変位に対する減衰力付加という考えは、理屈で考えれば大して効くはずも無いことなのだが、走りの感覚からは必ず効果があると感じ取ることができたので即実行した。重要なことは、多くの不具合に埋もれた小さな素質を見逃さずに、とことん育てたことであった。

今後もヤマハ発動機らしさあふれるシンプルな新技術を生み出し続けるため、走れて、感じ取れて、発想できる感覚を育てることに集中していきたい。

### ■著者



左から、佐藤正浩、近藤勝広、沢井誠二、坂井浩二



コンポーネント技術 特集

## 電磁誘導ゴルフカーの自動入出庫

**Automatic Storage/Retrieval Function Electromagnetic Guidance Golf Car**

雄谷 誠祐 Seiyuu Ooya 内山 敦 Atsushi Uchiyama 松下 俊明 Toshiaki Matsushita

●特機事業部ゴルフカー事業室 / 株式会社ワイ・イー・サービスプロデュース事業部



図1 電磁誘導ゴルフカーの自動入出庫

Although its use is limited to one function, the Electromagnetic Guidance Golf Car is the only robotic vehicle of Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) that is designed to transport passengers automatically. Employing a "drive-by-wire" operating system, these vehicles can transport players and their golf bags around the golf course in a secure and comfortable way. One of the functions of these vehicles that contributes to labor saving at the golf course is the "Automatic Storage/Retrieval Function." Taking advantage of the vehicles' automatic guidance system, this function enables the golf cars to be returned automatically to the kart storage garage after use and also to be called out of the storage garage automatically to the clubhouse one after another as needed for use at the beginning of the golf day.

In this report we introduce the automation elements on the vehicle, the road surface and in the storage garage that enable this Automatic Storage/Retrieval Function.

### 1 はじめに

電磁誘導ゴルフカー(以下、GC)は限定用途ながら、人の自動運送を具現化しているヤマハ発動機株式会社(以下、当社)唯一の乗用ロボット車である。車両の操縦要素をいわゆるバイ・ワイヤー化することにより、プレイヤーを安全快適に運送している。この車両の自動化機能を活かし、ゴルフ場の省力化に貢献している機能に「自動入出庫」というものがある。これは、使用後のGCをカート庫と呼ばれる車庫に無人で整列収納し、また逆に始業時、必要車両をカート庫からクラブハウス前まで順次送り出すGCの運用システムである(図1)。

ここでは、自動入出庫を実現する車両側、路面および車庫の自動化要素について紹介する。

## 2 電磁誘導GCの構成要素

この後の理解のために、車両側の制御要素について、簡単に紹介しておく。

電磁誘導GCはセンサーとアクチュエーターの固まりのような車両である。以下に電磁誘導GCの制御コンポーネントを列記する(図2、3)。エンジン車の例を挙げるが、基本的には電動車の場合も同じである。

### 2.1 アクチュエーター類

- (1)動力 : スロットルモーター
- (2)制動 : メカブレーキ制御用モーター
- (3)操舵 : ステアリングモーター
- (4)駐車 : 電磁ブレーキ

### 2.2 センサー類

- (1)車間 : 追突防止センサー(電波式)
- (2)進路 : 誘導線検出センサー(コイル式)  
定点検出センサー(コイル式)
- (3)状態 : 各アクチュエーター状態センサー  
またはスイッチ
- (4)操作 : ペダル操作センサーまたはスイッチ  
発進停止スイッチ  
無線リモコン操作入力

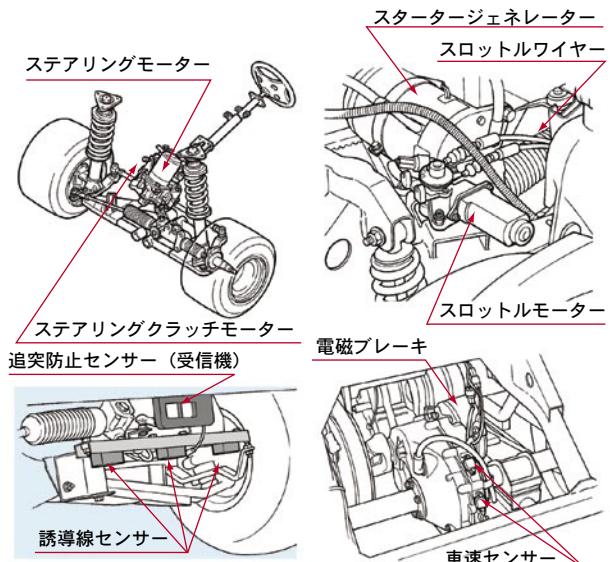


図2 制御コンポーネント

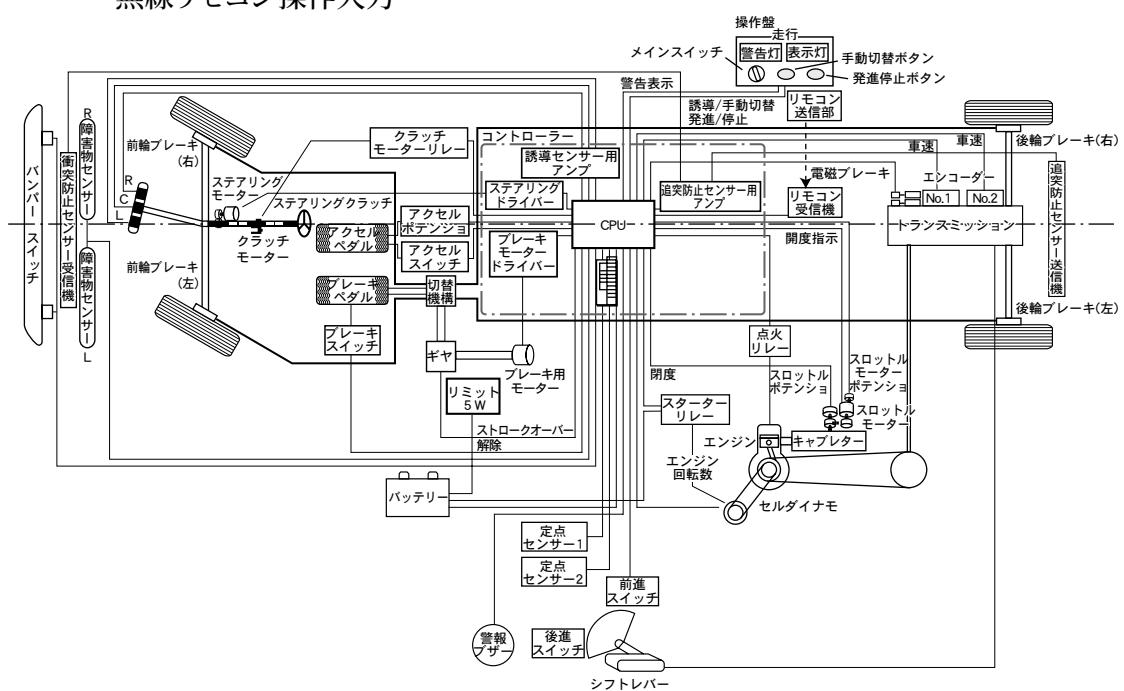


図3 制御コンポーネント回路

### 3 誘導路面

走路にはガイドのための誘導線が敷設される。誘導線は一本の電線であり、路面下30mmの位置に固定され、1.5 kHzの交流信号が流されている。GCはこの誘導線を車両幅の中心に置くように操舵装置を制御している。

走行路の要所には、定点と呼ばれるマーカーが埋設されている。定点はフェライト永久磁石の円盤であり、その極性(S/N)と配置パターンで、車両に対する複数のコマンドを作っている。

### 4 自動入出庫実現の手段

#### 4.1 追突防止センサー機能

個々の車両は電波の送受信機能を有している。車両後方に電波発信用のアンテナを持ち、前方には他車からの電波を受信するアンテナを設けている。例えば、誘導線を走行中に、前方に停止している車両があると、その車両から発信している電波を感受して、後方車両は一定間隔をあけて停止する。電波の利用形態は、いわゆる微弱無線局である。微弱無線局とは、電界強度が周波数特性で限られている無線局であり、追突防止で用いられている周波数100kHzにおいての電界強度は、 $500 \mu V/m$ 未満である。車両接近の判定は、電界強度のスレッシュホールドレベルにより決定する。自動入手庫の場合には、ゴルフ場でのラウンド走行と入庫時のスレッシュホールドレベルを可変させることで、前方車両との間隔を変化させている。

#### 4.2 自動追従動作

上記追突防止センサーにより、車両は誘導線路上の先行車に接近すると、停止動作に入る。通常はいったん停止した車両は、操作者がスタートボタンを押すまで走り出さないが、「自動追従モード」に切り替えておくと、前車を検知しなくなった時点で自動的に走り出す。車速とセンサーの検出距離を適当な値にセットしておくと、車両間の間隔を50cm程度に保ちながら、カルガモのように連なって走る縦列走行が可能となる(図4)。



図4 自動追従動作

#### 4.3 誘導線の分岐と切替

誘導線の働きは鉄道における線路と同じである。車両は線路をはみ出すことはない。線路にポイント(転轍機)があるように、誘導線も分岐を作ることができる。二つの誘導線ループを一部重ねて配置し、通電するループを切り替えれば、車両はループを乗り換えて進路分岐することができる。ここでは収納レーンの切替に使われる。

#### 4.4 通過車両台数カウント

車両の収納は、誘導するレーンの切替えによって実現する。カート庫の導入(出)口には通過車両を数えるカウンターが設けてある。通過車両の検出は、前出の定点マーカーを逆に使い、車両側にマグネット、地上側にコイルを埋設することで行っている。

#### 4.5 車両の発進停止

各収納レーンへの分岐手前には、停止コマンドの装置が置かれている。この装置は、永久磁石の停止定点ではなく、停止信号出力をするアンテナが埋設されている。そのアンテナ出力をオン、オフすることで車両を発進、停止することができる。

発進の場合は、出力をオフすることで発進する。

上記4.2～4.5の一連の制御動作はシーケンサーによって組み立てられている。それぞれの車庫は、ひとつつのレーンの入庫数が決められているため、切替台数等の制御パラメーターは納入先毎に書き換えが必要である。

### 5 自動入出庫の実例

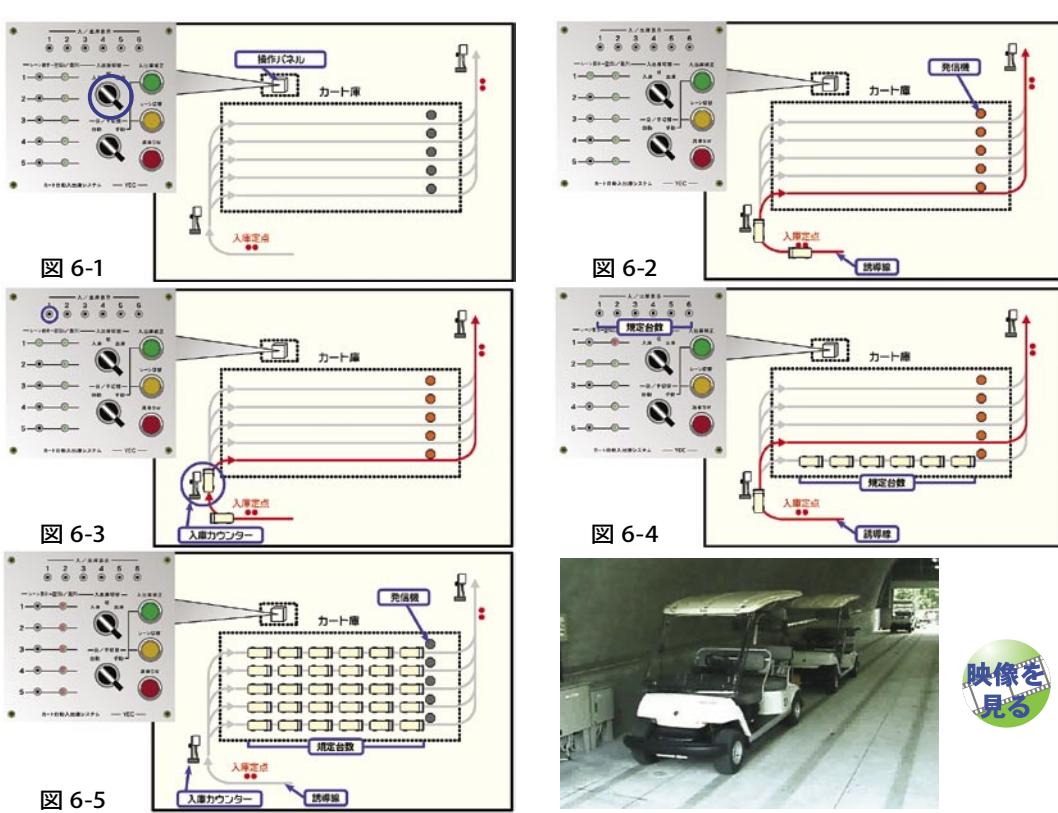
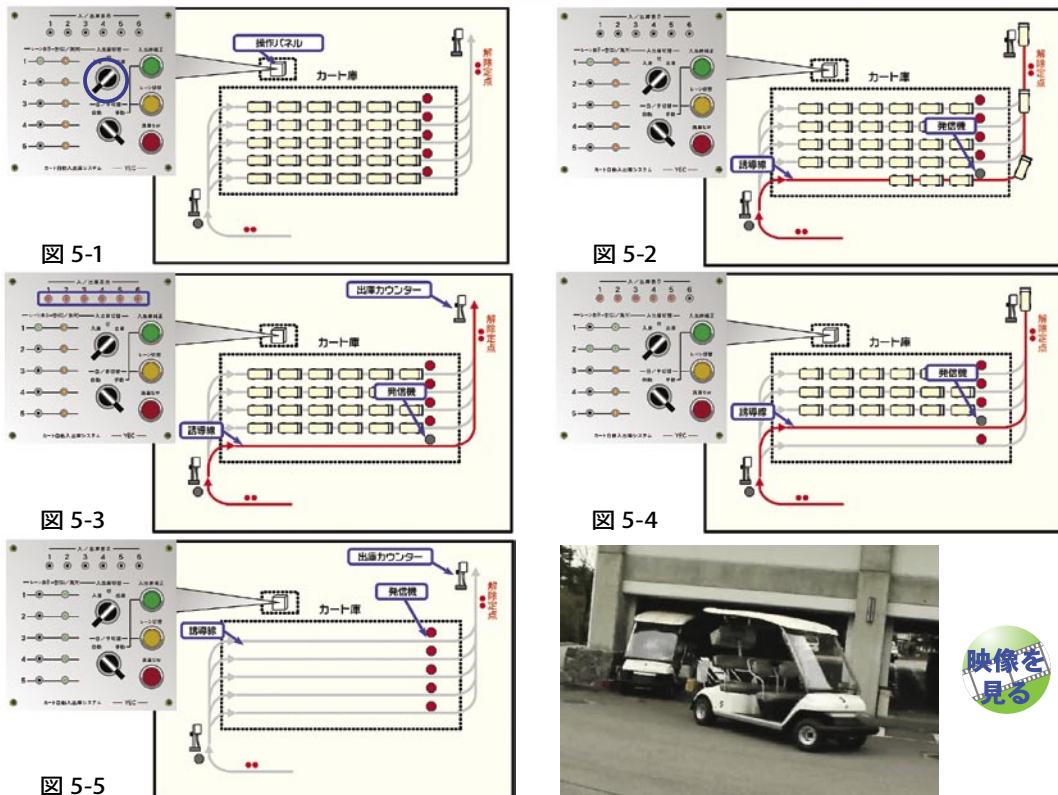
ゴルフ場の場合は、朝に出庫が行なわれ、夕刻には入庫が行われる。ここでは、朝の出庫時の例と夕刻の入庫の場面を分け、説明を行う。

#### 5.1 出庫時の流れ(図5)

- (1) 操作パネルの切替スイッチを出庫にあわせる(図5-1)。
- (2) 第一レーンの誘導線に電源が入り、出庫準備が完了。
- (3) 先頭車両の前方に埋設してある停止信号発信機の出力を停止すると、車両は自動的に走行を開始する(図5-2)。
- (4) 出庫カウンターが出庫台数をカウントし(図5-3)、あらかじめ設けてあった1つのレーンの規定台数になれば、レーンの切り替えを行う(図5-4)。
- (5) 第二レーンの誘導線に電源が入り、(3)～(4)を繰り返し行う。レーン切り替えを最終レーンまで行うと、全ての車両を出庫して完了(図5-5)。

#### 5.2 入庫時の流れ(図6)

- (1) 操作パネルの切替スイッチを入庫にあわせる(図6-1)。
- (2) 第一レーンの誘導線に電源が入り、レーンの最前部に埋設してある停止信号発信機の出力を開始すると、車両を自動的にレーン先頭位置で停止させることが可能になる。これにより、入庫準備が完了(図6-2)。



- (3) 入庫カウンターが入庫台数をカウントし(図6-3)、あらかじめ設けてあった1つのレーンの規定台数になれば、レーンの切り替えを行う(図6-4)。
- (4) 第二レーンの誘導線に電源が入り、(3)を繰り返し行う。レーン切り替えを最終レーンまで行い、すべての車両の入庫が完了する(図6-5)。

## 6 おわりに

国内のゴルフ場において、電磁誘導GCは効率的経営に役立っており、自動入出庫により省力化も進んでいる。今後はさらに機能を充実してゴルフ場運営に貢献していきたい。

### ■著者



雄谷 誠祐



内山 敦



松下 俊明



コンポーネント技術 特集

## ねじ締結と摩擦係数

**Threaded Fastening and Coefficient of Friction**

米谷 俊一 Shunichi Kometani

●研究創発センター企画推進室

Threaded fastening is used mainly for fastening together mechanical parts. Compared to other types of jointing methods such as adhesion, welding, brazing and pressure insertion, threaded fastening has a unique characteristic that elastic energy is built up inside the joint members. Tension in the bolt and compression in the fastened parts are created as a product of action and reaction. These forces can make the joint less susceptible to fatigue and loosening when external load is applied or internal pressure is increased. Fastening bolts in the assembling process is nothing more than applying mechanical energy to the joint members. The energy stored at the start of the joint life has a major effect on how the joint will behave and how long it will last. For example, this might be likened to the psych-up an athlete gives himself before a major competition. In this report the importance of the friction in the bolted joint is described and a measuring instrument for friction is shown, along with test results.

### 1 はじめに(ねじを締め付けることとは)

ねじ締結 threaded fastening は、主として、部品と部品の結合のために用いられる。同じ目的をもつ他の方法、接着、溶接、ろう付け、圧入などと比べると、ねじ締結の大きな特徴は、結合部内部に弾性エネルギーを蓄えることにある。ボルトには引張力が、被締結物には作用反作用として圧縮力が働く。これらの力が存在することにより、結合部に外部から大きな力がかからっても、また、エンジン燃焼室のように内部に大きな力が発生しても、結合部やボルトは容易に疲労破壊されないし、ねじがゆるむこともない。締付け作業を行うことは、ねじと被締結物で構成されるジョイントに、力学エネルギーを注入することに他ならない。部品としての一生のはじめに注がれるこのエネルギーは、ジョイントの挙動や寿命に大きな影響を及ぼす。例えて言うならば、大事な勝負を前にして、はちまきをして気合を入れるようなものだ。ねじ締結における摩擦の重要さを解説し、ねじに関する摩擦計測装置とその計測例を紹介する。

### 2 頻発するねじのトラブル

ボルトに関するトラブルが後を絶たない。2004年のはじまりは、ボルトの締付け不良やハブの設計ミスによる大型車の脱輪事故が相次いだ。この騒ぎが冷め切らぬ間に、今度は軽自動車の脱輪事故に関するリコールが発表された。2004年4月2日、大阪府高槻市の公園遊具で、子供の痛ましい指切断事故が発生した。直径1.2cm、長さ6.5cmで2個のナットで締め付けられたボルトが故意に抜き取られた可能性が高い。しかし、別の児童遊園に設置された回転遊具では、前日に交換したばかりの新品ボルトが3つに折れ遊具からはずれた。ボルトの使われ方自体に問題があったのかもしれない。

ボルトのトラブルは、締付けミスによるものもあるが、設計時のねじのゆるみや強度に対する検討不足、誤った仕様決定によるものも多い。国土交通省自動車交通局の「リコールの原因調査・分析検討調査報告書」(2002.9.5)<sup>1)</sup>により、過去5年間(1997-2001)の270件のリコール届から、リコールの内容をキーワード分析すると、図1に示すように、ボルト・ナット・座金が、ホース・パイプ類に次いで2番目にあがっており、ねじのゆるみ・折損が多いことが分かる。名古屋工業大学萩原助教授が行った「ねじ締結のトラブルに関する実態調査」(日本プラントメンテナンス協会、1997年)<sup>2)</sup>では、アンケートに答えた製造業121社の70%が、ねじ締結のトラブルは「しばしば起こる」、「たまには起こる」と回答している(図2)。この報告書によれば、トラブルの原因となる故障モードの中で最も高いのは、ゆるみ(脱落)であり、次いで疲労破壊となっている。

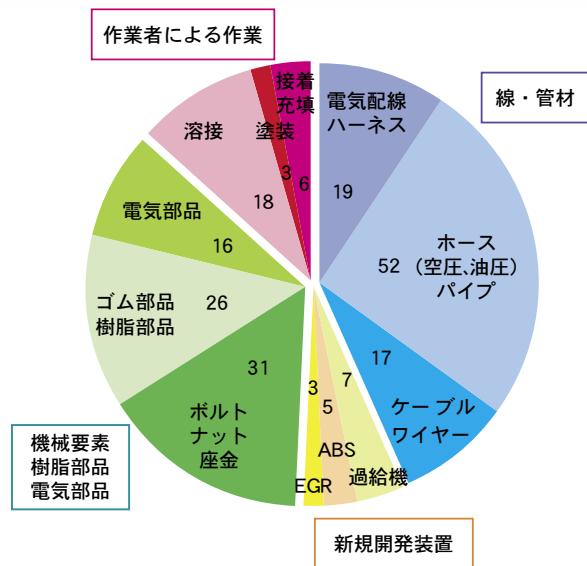


図1 キーワード出現数(件数)

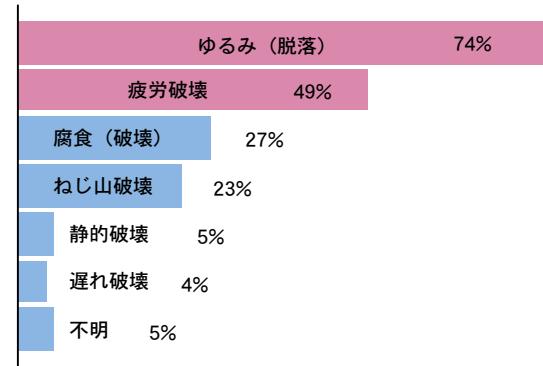


図2 ねじ締結体のトラブル発生状況

### 3 ねじの基本は摩擦

ねじ締結は、しばしば「奥行きの深い」技術と言われる。要するによくわかっていないということだ。ねじの基本となるトライボロジー Tribologyは、摩擦や潤滑など経験的な学問である。現在の多くの技術問題は、基礎となる原理はわかっているが、原理の組み合わせの複雑さのゆえに解決されていないことが多いのに対し、トライボロジーはその現象を生じる機構がニュートン力学からも量子力学からもはつきり説明されていないことが特徴だ。

ねじの原理は斜面の原理に例えられる。日光のいろは坂を思い浮かべてほしい。急な山をまっすぐ一気に上るのは大変だが、くねくねと曲がりながら登ると、歩く距離は長くなるものの、弱い力で楽に登ることができる。斜面を利用すれば、小さな力で重いものを持ち上げができる。斜面の上にあるものを押し上げるために必要な力は、斜面が急であればあるほど、ものと路面との摩擦係数coefficient of frictionが大きければ大きいほど、大きくなる。

2つの物体が接触して滑るとき、表面間に発生する摩擦力はアモンタン・クーロンの法則 Law of Amontons-Coulombに従う。

第1法則:摩擦力は見かけの接触面積によらない

第2法則:摩擦力は面に対して垂直な荷重に比例する

第3法則:摩擦力は滑り速度によらない

図3は、ものが滑るときに働く摩擦力を示す。摩擦力F、垂直荷重W、摩擦係数 $\mu$ の間には、

$$F = \mu W \quad (1)$$

の関係がある。クーロン(仏、1736-1806)はフランス革命より少し前にこの法則を実験から導いた。しかし、後年、クーロンより約100年も昔にアモントン(仏、1663-1705)が同じ法則を見出していることがわかり、これら2人の名前をとり、今日、アモントン・クーロンの法則と呼ばれている。クーロンはもうひとつの重要な法則(2つの点電荷の間に働く力)を発見しており、こちらの方がむしろ広く知られているかもしれない。

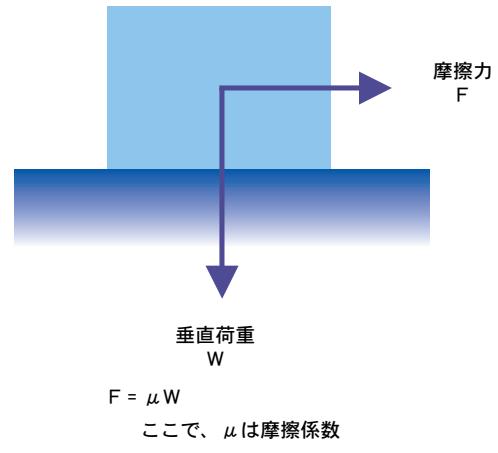


図3 摩擦力と垂直荷重

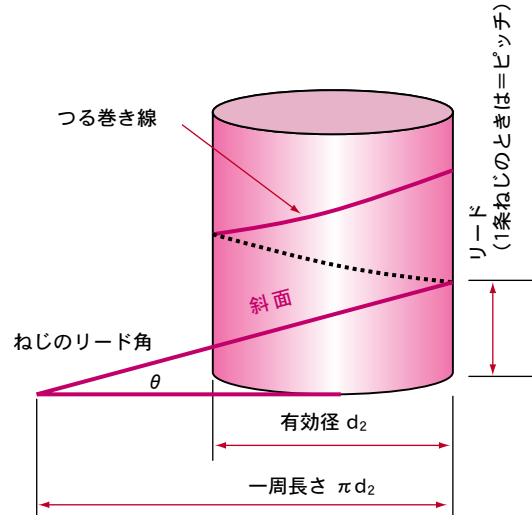
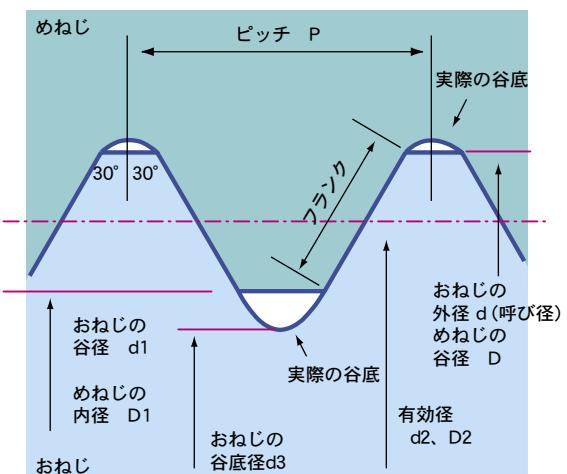


図4 つる巻き線



$$d_1 = D_1 = d - 1.0825P$$

$$d_2 = D_2 = d - 0.6495P$$

$$d_3 = d - 1.227P$$

図5 ねじの基本形状と名称

斜面上にある物体を考える。詳しい計算は省略するが、この物体の滑り落ちる力に対抗する力は、力のつりあいから、 $F\tan(\theta + \rho)$ の力である(図6)。ここで、Fは斜面上の物体の垂直荷重、θは斜面の角度、 $\tan \rho = \mu$ (μは斜面と物体との摩擦係数)である。斜面上の物体が滑り落ちないように、物体を水平方向に押す力、ねじの場合で言い換えると、ねじを締め付けるに必要な力は、荷重、傾きや摩擦係数が、大きければ大きいほど、大きくなる。

反対にねじをゆるめる場合は、図7に示すように、少なくとも $F\tan(\rho - \theta)$ が0より小さないと、外力を加えなくても自然にゆるむ。このときの条件は $\rho \geq \theta$ 。オイルを塗布した面では通常 $\mu = 0.1$ くらいになるので、 $\tan \rho = 0.1$ から、 $\theta = 6^\circ$ となり、斜面の角度(ねじではリード角)を6°以下にしないと自然にゆるんでしまう。 $\theta = \tan^{-1}(P/\pi d_2)$ から、M6×1.0(呼び径6mmでピッチが1mmのメートルねじ)のボルトのリード角は3.4°、M10×1.25では2.5°となり、自然にゆるむことはない。

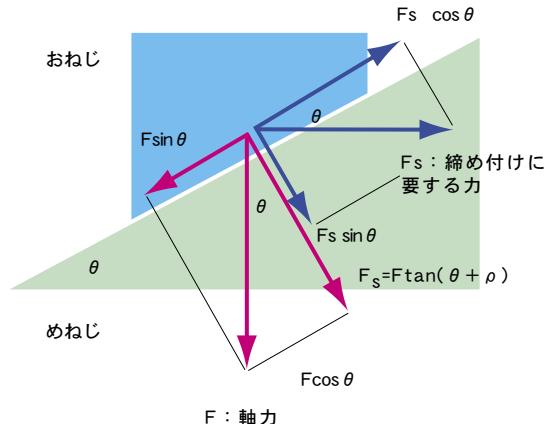


図6 斜面上の物体に働く力(ねじを締め付けるとき)

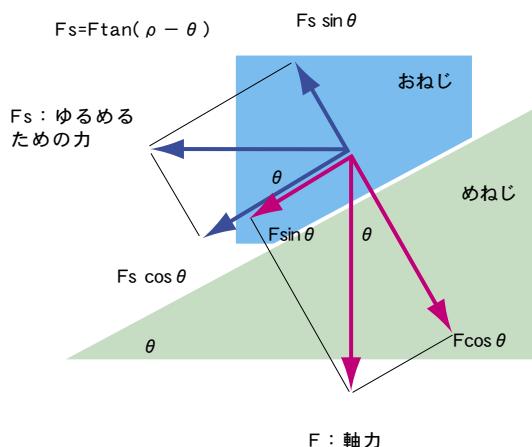


図7 斜面上の物体に働く力(ねじをゆるめるとき)

## 5 締付けトルクと軸力

ボルトを締め付けるとき、ボルトに働く力を考える。外から加えた締付けトルクTは3つの成分に分解される。

$$T = \frac{F}{2} \left( \frac{d_2}{\cos \alpha} \mu_s + \frac{P}{\pi} + d_w \mu_w \right) \quad (2)$$

この式は締付けトルクTと軸力Fの関係を示す基本的な式で、モトッシュMotoshの式と呼ばれる。この式の導き方は、山本<sup>3)</sup>、酒井<sup>4)</sup>、Bickford<sup>5)</sup>などに述べられている。右辺の第1項  $\frac{F}{2} \cdot \frac{d_2}{\cos \alpha} \mu_s$  はねじ面の摩擦トルクである。 $\mu_s$  はねじ面の摩擦係数、 $\alpha$  はねじ山の半角(通常は30°)、 $d_2$  はねじの有効径である。第2項  $\frac{F}{2} \cdot \frac{P}{\pi}$  はボルトの伸び、すなわち、ボルト内部に蓄えられる弾性エネルギーに関するトルクで、Pはピッチ、πは円周率である。最後の第3項  $\frac{F}{2} \cdot d_w \mu_w$  は座面摩擦トルクで、 $\mu_w$  は座面摩擦係数、 $d_w$  は等価摩擦直径で、次式のように定義される。

$$d_w = \frac{2(d_o^3 - d_h^3)}{3(d_o^2 - d_h^2)} \quad (3)$$

ここで、 $d_o$  はボルト座面外径、 $d_h$  はボルト孔径である。

実際的な値、例えば、M8×1.25 のフランジボルトを、油を塗布せずに締め付ける場合を考える。締付けトルク  $T = 15\text{Nm}$ 、ねじ面および座面の摩擦係数が両方とも0.2、ピッチ  $P = 1\text{mm}$  のとき、軸力  $F$  が  $6.7\text{kN}$  になったとする。このとき、右辺の第1項(ねじ面の摩擦トルク)は、 $5.6\text{Nm}$ 、第2項(弾性エネルギーに関係するトルク)は、 $1.3\text{Nm}$ 、第3項(座面摩擦トルク)は、 $8.1\text{Nm}$  になる。締付けトルクとしてボルトに与えた  $15\text{Nm}$  のうち、弾性エネルギーとしてボルト内に有効に蓄えることができたのは、 $1.3\text{Nm}$ (全体の9%)にすぎず、9割以上のエネルギーが、熱として損失されたことになる。**図8**は、ボルトに働く3つのトルクとそれらの割合を示す。摩擦係数が高いほど、より多くの摩擦損失が発生し軸力が低下する。また、2つの摩擦係数のなかで、座面摩擦係数  $\mu_w$  の方が、軸力により大きな影響を及ぼす。

この例で、摩擦係数  $\mu_s$ 、 $\mu_w$  とともに、0.1に低下すると(油を塗布した状態に相当する)、摩擦損失が減り、軸力が、 $6.7\text{kN}$ から  $12.3\text{kN}$ に増加する。ねじにオイルを塗布すると、締め付ける力が軽くなることは体感できるが、軸力が実際どれだけ増加したかはわからない。専用の計測機器が必要である。軸力が低すぎるとゆるみやすいし、高すぎるとボルトが折れたり、座面が陥没する。適切な軸力を確保することは、ねじ締結でもっとも重要なことのひとつであり、座面やねじ面の摩擦係数を把握しコントロールすることがポイントになる。

## 6 摩擦係数の計測

このように摩擦係数は、ねじ締結にとって重要な意味をもつ。しかし、摩擦係数はどのようにしたら把握できるのだろうか。ここで、冒頭に上げた問題に立ち返る。摩擦係数は物理定数ではなく、実験により、また、経験から求められる便宜的な定数である。設計用データとして、いろいろな組み合わせに対する摩擦係数が、山本らの本やガイドブック<sup>6)</sup>に載っている。しかし、いずれも値が範囲で示されていたり、条件が設計仕様との確に合わなかったりして、参考程度にしか使えない。したがって、なるべく実機に近い状態で計測する必要がある。軸力はいろいろな方法で計測できる。油圧軸力計に加えて、最近は超音波

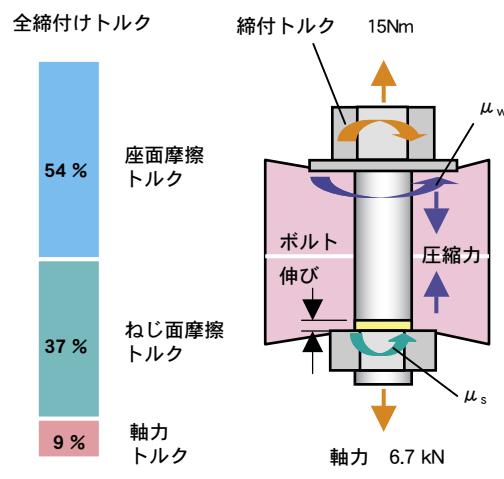


図8 ボルトに働くトルク (M8 × 1.25)



図9 締め付け分析装置

軸力計やロードセル軸力計を用いて、実機に近い状態で、軸力が計測できる。しかし、摩擦係数はそうはいかない。直接的に測れない。

**図9、図10**は2003年に導入した締付け分析装置である。この装置により、ねじ面摩擦係数 $\mu_s$ と座面摩擦係数 $\mu_w$ が計測できる。上部にあるナットランナーは、ボルトを設定された締付けトルク $T_f$ で締め付ける。座面板は一辺が32mm、厚さが4mmの平板で、実機の材質や表面処理に合わせて製作する。めねじやナットは、下の方に連れまわりしないように取り付けられている。めねじを保持する内側の筐体にはトルクメーターと軸力計が接続されている。軸力計により軸力が、トルクメーターにより、ねじ面トルクと軸力トルクが合算されたトルク $T_s$ が求まる。次の式から、 $\mu_s$ が算出される。

$$T_s = \frac{F}{2} \left( \frac{\mu_s}{\cos \alpha} d_2 + \frac{P}{\pi} \right) \quad (4)$$

座面摩擦トルク $T_w$ は、締付けトルク $T_f$ から上記の $T_s$ を減じて求まる。

$$T_w = T_f - T_s \quad (5)$$

次に、座面摩擦係数 $\mu_w$ は次式から算出される。

$$T_w = \frac{F}{2} d_w \mu_w \quad (6)$$

## 7 摩擦係数の計測例

バイクで用いられているM6フランジボルトのメッキは、大きく2種類ある。ひとつは、90年代はじめに耐食性向上のために導入された緑メッキ(亜鉛電気メッキ+6価緑クロメート)であり、もうひとつは、最近増えてきた有機複合NiZnメッキである。後者は、一見ステンレスに見えることから、外観部品として用いられることが多い。

テストしたボルトはM6×1.0のフランジボルト。強度区分は6.8、首下長さは40ミリ。めねじはテスト用治具を用いた。座面板とめねじの材質は4種類:アルミダイキャスト(ADC12)、アルミ押し出し材、SPHC鋼素地、SPHC緑メッキ。座面板とめねじは、同じ材質のものを組み合わせ、各仕様につき $n=5$ で計測した。締め付け条件は、脱脂して無潤滑、締め付け速度:20rpm、最大締め付けトルク:13Nmであった。

**図11**に計測に用いた部品の写真を示す。

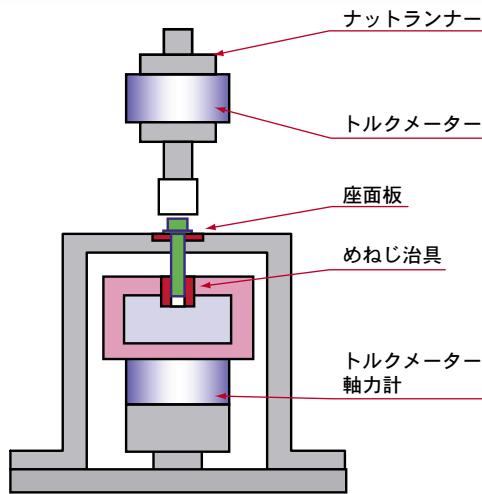


図 10 締め付け分析装置の構造



図 11 テストに用いた部品

摩擦係数は、締め付けが進行するにつれ変化する。JIS B 1084では、摩擦係数  $\mu_s$ 、 $\mu_w$  を、ボルトの規格降伏点または規格耐力に対応するボルト軸力の50-80%の範囲における任意の1点における値と定義している。強度区分6.8のM6ボルトの単純引張降伏強度は9.7kNで、ねじ面摩擦係数  $\mu_s=0.2$  のとき、ねじりを考慮したねじり引張降伏強度は、6.6kNになる。そこで、今回は軸力が6kNのときの摩擦係数を求めた。

**図12、図13**は、緑クロメートボルトと有機複合NiZnボルトに対して、座面とめねじがともにアルミダイキャストのときの軸力Fと摩擦係数  $\mu_s$ 、 $\mu_w$  の関係を示す。締め付け直後、座面摩擦係数  $\mu_w$  は高く、締め付けが進むに連れて低下する。一方、ねじ面摩擦係数  $\mu_s$  は徐々に増加する。軸力が4kN以上になると、両方ともほぼ一定になる。軸力が6kNに一番近い計測点の摩擦係数をその仕様の摩擦係数とした。

**図14、図15**は4種類の座面とめねじに対する摩擦係数  $\mu_s$  と  $\mu_w$  である。横軸が  $\mu_s$ 、縦軸が  $\mu_w$  である。同じ組み合わせを5組用意して計測し、結果をすべてプロットした。緑クロメートボルトでは、プロットは上下におおきく2つのグループに分かれた。 $\mu_w$  の高い

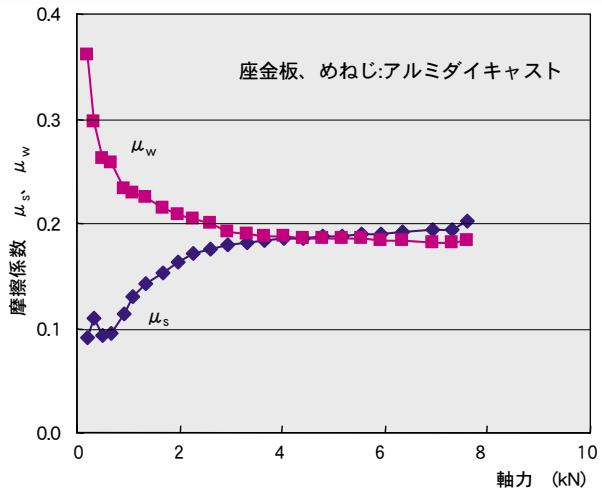


図12 軸力と摩擦係数（ボルト：緑クロメート）

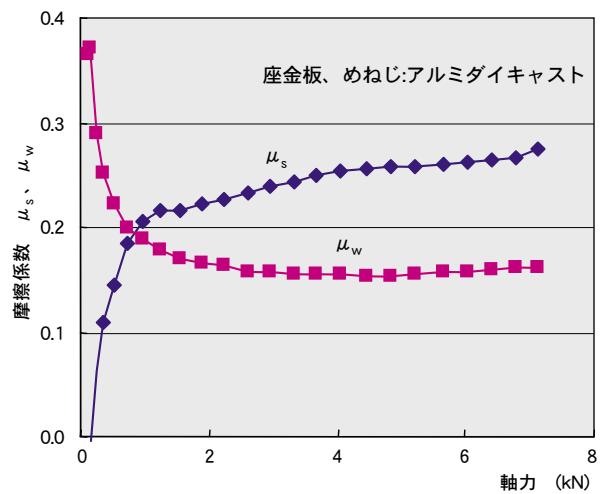


図13 軸力と摩擦係数（ボルト：有機複合 NiZn）

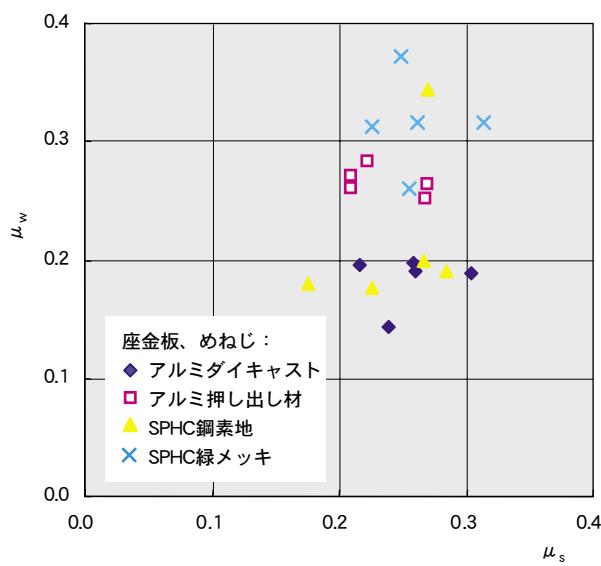


図14 摩擦係数（ボルト：緑クロメート）

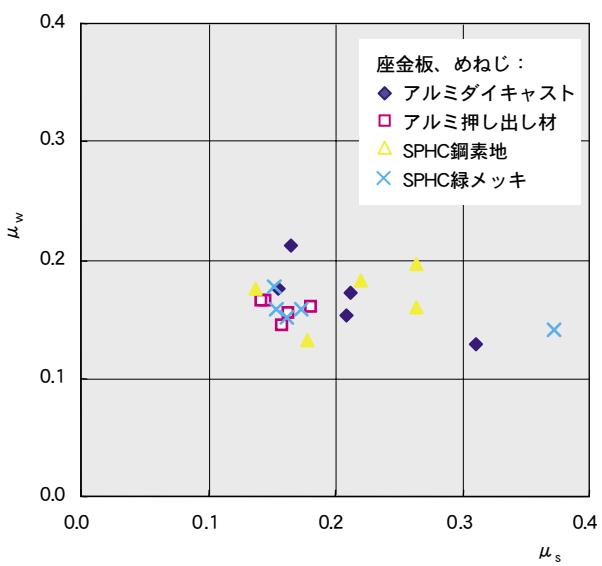


図15 摩擦係数（ボルト：有機複合 NiZn）

方はアルミ押し出し材と緑クロメート、 $\mu_w$ の低い方はアルミダイキャストと鋼素地であった。有機複合NiZnボルトでは、ほとんどのプロットがグラフ中央部に集中した。 $\mu_w$ は、座面やめねじの材質による影響が小さく、多くのプロットが0.13から0.18の範囲にあったが、 $\mu_s$ は、0.14から0.38まで広く分布した。

この結果から注目すべきは、ボルトのメッキの種類、および、座面とめねじの組み合わせにより、摩擦係数が大きく変わることだ。各組み合わせに対して、5回の計測で得られた $\mu_s$ と $\mu_w$ の平均値、およびこれらを基に12Nmで締め付けたときの推定軸力を表1、図16に示す。緑クロメートボルトの軸力は、座面とめねじがアルミダイキャストのとき6.2kN、緑クロメートのとき4.5kNになり、1.4倍になった。一方、有機複合NiZnボルトの場合、アルミ押し出し材では7.9kN、アルミダイキャストと鋼素地では7.0kNになり、組み合わせによる差が小さかった。

以上の結果から、締め付けトルクの指示値を決めるときは、ボルトのメッキの種類、座面やめねじの材質、表面処理を十分に考慮すべきことがわかる。

表1 組合せによる摩擦係数と推定軸力

| ボルト       | 座面とめねじ    | $\mu_s$ | $\mu_w$ | 軸力 (kN) |
|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 緑クロメート    | アルミダイキャスト | 0.26    | 0.18    | 6.2     |
| 緑クロメート    | アルミ押し出し材  | 0.24    | 0.27    | 5.1     |
| 緑クロメート    | 鋼素地       | 0.25    | 0.22    | 5.7     |
| 緑クロメート    | 緑クロメート    | 0.26    | 0.32    | 4.5     |
| 有機複合 NiZn | アルミダイキャスト | 0.21    | 0.17    | 7       |
| 有機複合 NiZn | アルミ押し出し材  | 0.16    | 0.16    | 7.9     |
| 有機複合 NiZn | 鋼素地       | 0.21    | 0.17    | 7       |
| 有機複合 NiZn | 緑クロメート    | 0.2     | 0.16    | 7.3     |

軸力： 12Nm で締め付けたときの計算推定値

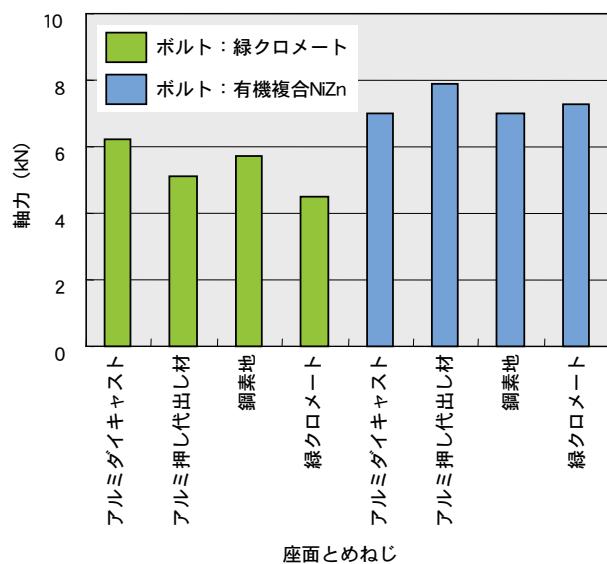


図16 12Nmで締め付けたときの推定軸力 (kN)

## 8 おわりに

ねじの締め付けは、これまで経験とフィーリングがものを言う世界だった。不確かな知識や情報、もしくは、無頓着な取り組みが、これまでいくつかの重大なトラブルを引き起こしてきた。摩擦の特殊性を考えると、開発者自らが、ねじの軸力や摩擦係数を実際に計測し体で感じることが大切だと思う。

6価有色クロメートに含まれる6価クロムは発ガン性を持ち、体内に入ると炎症を起こすことが指摘され、2007年に全面使用禁止になる。ここ数年、6価クロムを含まず、同等の耐食性をもつ新しい薬品が開発され、一部で使用がはじまっている。耐食性とともに関心事である摩擦係数については、まだ評価が確定していない。摩擦係数は一般的に増加すると言ってきたが、耐食性向上のための一部の樹脂コートは、摩擦係数を大きく低減させる。今後、代替品の摩擦係数をよく検討、把握した上で、最適の締め付けトルク値を設定することが必要である。

ねじは、機能、性能のみに注目されるが、重要なデザイン要素でもある。知り合いのエンジン・デザイナーはこう言っている。「エンジンのデザインをするとき、ボルトを描き入れると、はじめてエンジンらしく見える。ちょうど人の顔に眼を入れるのと同じように。」

## ■参考文献

- 1) 国土交通省自動車交通局ホームページ:「リコールの原因調査・分析検討調査報告書」(2002.9.5)
- 2) 萩原正弥:「ねじ締結のトラブルに関する実態調査」, 日本プラントメンテナンス協会(1997)
- 3) 山本晃:ねじ締結の理論と計算, 養賢堂(1970) p.39
- 4) 酒井智次:ねじ締結概論, 養賢堂(2003) p.7
- 5) John H. Bickford: An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, Marcel Dekker, Inc. (1995)  
p.213
- 6) 「ねじ締結ガイドブック」, 日本ねじ研究協会(1994)

## ■著者



米谷 俊一



コンポーネント技術 特集

## スーパースポーツモデルのエンジン制御システム

**The Engine Control System for the Supersport Models**大迫 正岐 Masaki Oosako 高柳 智一 Tomokazu Takayanagi 橋本 茂喜 Shigeki Hashimoto  
● MC 事業本部 技術統括部

It was the debut of the YZF-R1 that brought broad-based attention to the supersport category. Just as the name indicates, it is the sportiest of motorcycles and our customer's expectations regarding them are at the highest level as well.

In such circumstances as these, we believe that the engine control system is expected to provide a higher-order balance between the environmental efficiency, in order to meet emission regulations and the like, and drivability. It is said that this is the most difficult challenge for supersport models.

Herein we explain the 2004 model YZF-R1's engine control system, and introduce our initiatives to deal with this challenge.

### 1 はじめに

スーパースポーツというカテゴリーが注目されるようになったのは、YZF-R1がデビューしたころからだろう。その名の通り最もスポーツ性の高いバイクとしてお客様の期待も常に最高レベルとなっている。

そのような状況でエンジン制御システムに求められるものとは、排気ガス規制への対応など環境性能とドライバビリティを高次元でバランスさせることであると考えている。

スーパースポーツモデルはそのことが最も難しいカテゴリーと言える。

ここでは2004年モデルYZF-R1のエンジン制御システムを解説し、我々の取り組みを紹介したい。

### 2 YZF-R1のエンジン制御システム

図1に2004年型YZF-R1のエンジン制御システムブロック図を、図2に1999年モデルのYZF-R1のエンジン制御システムブロック図を示す。

2つのシステムブロック図をご覧頂ければ、ここ数年のスーパースポーツモデルにおけるエンジン制御システムの進化、規模の拡大をご理解頂けるものと考える。

その主なポイントは

- (1) FI(Fuel Injection)の導入
- (2) 新たな制御要素の追加
- (3) 制御機能の進化

である。

これより主な制御項目と内容について以下に紹介する。

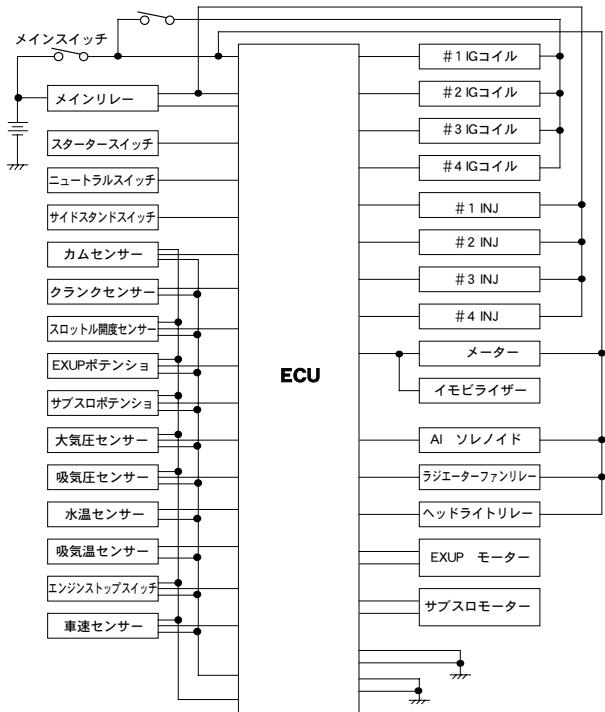


図1 2004年型YZF-R1 エンジン制御システムブロック図

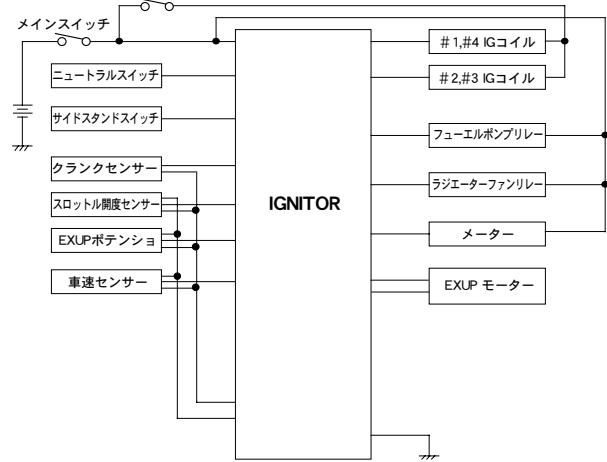


図2 1999年型YZF-R1 エンジン制御システムブロック図

## 2.1 サブスロットル制御

サブスロットル制御は、吸入空気量をエンジンの要求に合わせて制御する目的で新たに導入された。これはエンジン回転速度とスロットル開度の3次元マップにより目標開度を演算し、DCモーターを駆動してサブスロットル開度を調整するしくみである。

図3に新規開発されたアクチュエーターを示す。

## 2.2 燃料噴射制御

スーパースポーツにふさわしく、より高いスロットルレスポンスの実現と、スロットル開度に応じた正確なパワーを得るために、それぞれの気筒に対し最適なタイミングで噴射が可能なフルシーケンシャル燃料噴射を採用している。

エンジン回転速度とスロットル開度またはエンジン回転速度と吸気管圧力の3次元マップにより燃料噴射量は演算され、エンジン温度や大気圧力などの要素で補正演算が施されている。さらにスロットル開度、吸気管圧力の変化率を用い、ライダーの運転状況に応じた最適なドライバビリティーを得るための補正も実施している。

また環境性能に大きな影響を持つ燃料噴射時期についても同様にマップによる制御が実施されている。

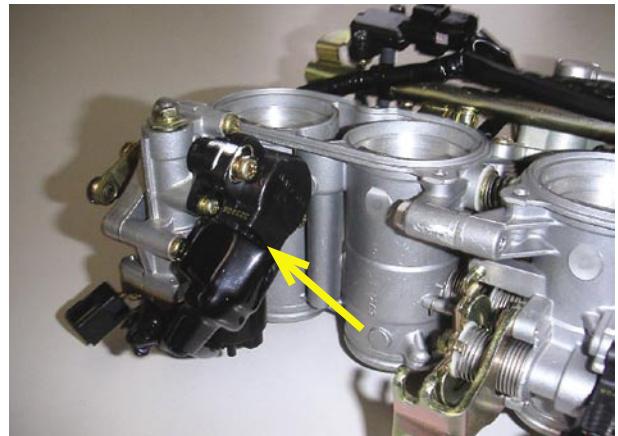


図3 新規開発アクチュエーター

### 2.3 点火時期制御

スーパースポーツとして高回転域まで余裕のある点火性能を保証するためDI(Direct Ignition)による気筒毎独立点火を採用している。

点火時期は燃料噴射制御と同様に2種類の3次元マップにより基本値が演算され、加速時における自然なフィーリングを得るために補正が適用されている。図4にDIのコイルを示す。



図4 DIコイル

### 2.4 排気バルブ制御(EXUP:EXhaust-Ultimate-Power-Valve)

EXUPとはヤマハ発動機株式会社がバイクで初めて導入した排気デバイスである。その作用は、排気管内に設置したバルブを制御することで開口面積を可変し、排気管内の圧力波の状態を最適にするものである。結果として、アイドリングの安定化、トルク谷の低減、騒音低減などの効果が得られる。制御はエンジン回転速度とスロットル開度の3次元マップにより目標開度を演算し、DCモーターを駆動してバルブ開度を調整するしくみである。また、スロットルの開閉等に対して高いレスポンスで連動することや、開度ごとに正確なパワーが求められるなど、過渡に対する要求が高まったため、DCモーターの特性を見直し、従来比2倍強のスピードアップを実現した。更にこれらの過渡に対する要求を満足するためには、排気バルブの位置精度の向上も必要であり、これに対しても初期位置調整とともに学習による位置精度向上のアルゴリズムを制御プログラム上に付加することで実現している。図5に新規開発されたEXUPアクチュエーターを示す。



図5 新規開発 EXUP アクチュエーター

### 2.5 ECU (Electronic Control Unit)

このように従来にも増して多くの制御要素に対し、3次元マップを含む多くの演算を実施して、アクチュエーターを制御している。しかもその制御を最高出力回転数12,500rpm時約1/100秒内で実行する必要性から、高機能の32ビットマイコンを採用している。

図6にECUを示す。システムブロック図から明らか



図6 ECU

なように、多くの入出力を持つためピン数は44ピンとなっている。

### 3 おわりに

ここまでYZF-R1のエンジン制御システムを紹介してきた。2004年のYZF-R1ではエンジン諸元や適合と相まって、お客様に感動していただけたエンジン性能とEU2の排気ガス規制を十分にクリアする環境性能を達成できたと確信している。

しかしスーパースポーツにおいて、この2つの性能は今後ますます高いレベルが求められ、我々に課せられる課題は、より大きなものになっていくと思われる。それらの課題に向け、社内外各部門の協力を得つつ、ひるむことなく挑戦していきたい。

#### ■著者



大迫 正岐



高柳 智一



橋本 茂喜

# 製品紹介

## 2004年スーパースポーツバイク YZF-R1

### 2004 Supersport Model YZF-R1

小池 美和 Yoshikazu Koike 安平 明彦 Akihiko Yasuhira 西田 豊士 Toyoshi Nishida  
 藤原 英樹 Hideki Fujiwara 萩野 光弘 Mitsuhiro Ogino 鶴谷 知弘 Tomohiro Tsuruya  
 ●MC事業本部 技術統括部 / MC事業本部 第1PM



図1 YZF-R1

The first "YZF-R1" model (1998 model) made its debut at Italy's Milan Motor Show in September 1997 as a "super cornering machine." By mounting the power and torque of a 1000 cm<sup>3</sup> engine on a lightweight, compact 600 cm<sup>3</sup> size frame in an extremely well-balanced package, this model offered the pure joy of riding twisting roads with outstanding handling. This, combined with the revolutionary styling, offered the rider the ultimate in motorcycling excitement and won the YZF-R1 exceptional praise from the market. It immediately became the new standard for supersport models in the liter class. In the market, the R series models became symbols of the high-performance motorcycle and in this sense contributed greatly to Yamaha's brand image. Soon the other makers responded by introducing similar models that further stimulated the market. Meanwhile, the race world attracted new attention as the GP500 class was changed to the 4-stroke dominated MotoGP class and the World Superbike class changed its regulation to include 4-cylinder 1,000 cm<sup>3</sup> models. These changes have contributed to strong, continuing sales for the supersport liter class models.

Amidst this market situation, the YZF-R1, which had continued to mature through its second version (2000 model) and third version (2002 model), was now ready for yet another remake, as the users called for even more excitement and even higher levels of performance. Yamaha Motor Co., Ltd. answered these calls by developing the new YZF-R1 for 2004. Here we report on the development of new 2004 model YZF-R1.

## 1 はじめに

初代(1998年モデル)のYZF-R1は、1997年9月のイタリアミラノショーにて、"スーパークーナリングマシン"としてデビューした。排気量600cm<sup>3</sup>並の軽量コンパクトな車体と1,000cm<sup>3</sup>のパワーとトルクを高次元でバランスすることで、ツイスティーロードでも操る楽しさを提供、また斬新なスタイルと相まって、ライダーに最高のエキサイトメントを提供するモデルとして市場で絶大な評価を獲得した。リッターカラスのスーパースポーツモデルの新基準となった。市場ではRシリーズ=高性能モデルとして評価され、ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)ブランドイメージの向上にも貢献してきた。その後各社からも競合モデルが投入されスーパースポーツ市場が活性化。レースでは、GP500がMoto GPへ、WSB(World Super Bikes)への4気筒1000cm<sup>3</sup>が出場可能になるなど、注目度が上がり現在も市場規模としては堅調に推移している。

こうした市場背景の中、Rシリーズの頂点モデルとして、2代目(2000年モデル)、3代目(2002年モデル)と熟成進化してきたYZF-R1ではあるが、お客様からもっとエキサイトメントを、もっとパフォーマンスをとの期待に応えるべく、新『YZF-R1』2004年モデル(図1)を開発したので、以下に紹介する。

## 2 開発の狙い

表1 YZF-R1主要諸元

従来からの基本コンセプトを継承し、『セカンダリーロード最速のビューティフル&エキサイティングスポーツ』を開発コンセプトに設定。YZF-R1の特徴であるセカンダリーロードで操る楽しさと斬新なスタイリングを進化発展、セカンダリー走行で圧倒的パワーを自在にコントロールできる性能と、新世代YZF-R1であると分かるデザイン、スタイリッシュな外観の実現を狙い開発を行った。表1に本モデルの主要諸元を示す。

## 3 エンジン概要

### 3.1 クラス最高性能のニューエンジン

スーパースポーツクラスでの"ナンバーワン・ハイパフォーマンス"を達成するために、水冷4サイクルDOHC並列4気筒・前傾40度シリンダー・5バルブ・FI(Fuel Injection)採用エンジンを新開発した(図2)。現行2003年モデル比較によりショートストロークとなる77×53.6mmのボア・ストローク、新設計コンパクト燃焼室、ハイリフトカム、12.4:1の高圧縮比から126.4kW/12,500rpmの最高出力を絞り出している。

| 項目            | 諸元値                                    |  |
|---------------|--|--|
| 原動機種類         | 水冷、4ストローク<br>並列4気筒、5バルブ                |  |
| 総排気量          | 998 cm <sup>3</sup>                    |  |
| 内径×行程         | 77×53.6mm                              |  |
| 圧縮比           | 12.4 : 1                               |  |
| 最高出力          | 126.4kW/12,500 rpm                     |  |
| 最大トルク         | 106.6Nm/10,500 rpm                     |  |
| 変速比           | 1速 : 2.533<br>3速 : 1.762<br>5速 : 1.364 | 2速 : 2.062<br>4速 : 1.522<br>6速 : 1.269   |
| 1次/2次減速比      | 1.512/2.647                            |  |
| 全長×全幅×全高      | 2,065 × 720 × 1,105mm                  |  |
| シート高          | 835mm                                  |  |
| 軸間距離          | 1,395mm                                |  |
| 最低地上高         | 135mm                                  |  |
| 乾燥重量 / 装備重量   | 172kg/193kg                            |  |
| キャスター角 / トレール | 24° / 97mm                             |  |
| ホイールトラベル      | 前<br>後                                 | 120mm<br>130mm                           |
| タイヤサイズ        | 前<br>後                                 | 120/70ZR17M/C(58W)<br>190/55ZR17M/C(73W) |
| ブレーキ形式        | 前<br>後                                 | 油圧ダブルディスク<br>油圧シングルディスク                  |
| 燃料タンク容量       | 18L                                    |  |
| エンジンオイル量      | 3.83L                                  |  |
| バッテリー容量       | 12V、8.6AH                              |  |
| ヘッドライト        | ハロゲンバルブ 12V55WX4                       |  |



### 3.2 剛性バランスに優れたクローズドデッキシリンダー

高圧縮比、高出力に呼応し信頼性を確保するためクローズドデッキシリンダーを採用した。ボア拡大ながらシリンダーピッチを徹底して詰めた設計で、シリンダー左右幅は現行比で僅か4mm増にとどまっている。シリンダーは、ライナーレスの直メッキシリンダー(セラミックコンポジットメッキ処理)とし、優れた放熱性、剛性バランス最適化、高精度な真円度設定などを可能とした。また、シリンダーとリングの最適設計により、摺動抵抗を低減。安定したガスシール性と優れたオイル消費特性を実現した。



図2 エンジン

### 3.3 FSコンロッド(Fracture Splitting Connecting Rod)の採用

高出力での信頼性を確保するために、コンロッド大端部にはFSコンロッドと呼ぶ方式を当社のバイクとして初採用した。破断面の結合相性を活用するため、組立時におけるハイレベルな大端の精度確保が可能となり、優れた真円度、加工精度、高い信頼性を得られた。

### 3.4 リンク式モーター駆動のサブスロットルバルブ付きFI

優れたドライバビリティーと性能向上および環境性能を満足させるために、エンジン回転数・スロットル開度の情報をECU(Electronic Control Unit)経由でフィードバックしモーター駆動させるサブスロットルバルブ付きFIを採用した。吸入空気の流速を最適制御して回転全域での体積効率の最適化を実現。デジタル制御ならではの、優れたドライバビリティーを引き出している。

### 3.5 フライホイールマスの軽量化

フライホイールマスは、2003年モデルとの比較で約20%軽くした。FIなど吸排系最適化や軽量アルミニウム鍛造ピストン、リング最適化との相乗効果で優れた加速フィーリングを実現している。

### 3.6 優れた排気効率と個性的外観のアップマフラー

鮮烈で印象的な外観を与えるアップマフラーを採用した。管長、サイレンサー膨張室、各パイプサイズなどの最適化を図った排気システムは、新エンジンの特性を効率的に引き出すとともに、精悍な外観を印象づけるポイントとなっている(図3)。



図3 アップマフラー

### 3.7 新設計排気デバイス

トルク特性改善のために、新設計の排気制御バルブ(EXUP)を採用した。4本のエキゾーストパイプが2本に集合した部分に排気バルブを設けることにより、小型化を促進した。また、バルブ材質もボディと合わせてチタン製としている。

### 3.8 背面ACM(交流発電機)の採用

サーキット走行に対応できる深いバンク角と、より低いエンジン重心高を実現するため、新設計小型Φ80mmACMをクランク背面に配置した。

## 4 車体概要

### 4.1 新デルタボックスVフレーム

Moto GPマシンYZR-M1の設計思想を取り入れ、デルタボックスV(Victory)と呼ぶ新設計フレーム(図4)を開発した。この新フレームは、サーキット走行及びストックレースユースまでを視野に入れ高い縦剛性を確保した点が特徴である。メインフレーム外側は延性のよいパネル材、内側を強度に優れる鋳物とし、軽量・高剛性というアルミ製デルタボックスフレームの特色をさらに進化させている。またピボット回りに鋳造アルミを投入するなど、フレーム各所に要求される剛性値に最適アルミ部材・最適板厚を採用し良好な剛性バランスを実現。なお剛性値は、2003年モデル比較で、縦剛性は約2.5倍アップ、横・ねじれ剛性値も各々1.3倍となっている。

優れたコーナリング性能、及びブレーキング時の高い安定性を引き出している。



図4 新デルタボックスVフレーム

### 4.2 逆トラス形状CF(Controlled Filling)ダイキャストリアアーム

リアアームには溶接性に優れたCFダイキャストと板金アルミ材を採用し、ボックス構造による優れた剛性特性を得ながら、外観品質の向上を両立させている。

### 4.3 ラジアルポンプマスターシリンダー & ラジアルマウントブレーキキャリパー

高い運動性能に対応し、新ブレーキシステムを開発した。フロントブレーキ関連では、マスターシリンダーにレバー作動量を多く確保でき優れたコントロール性をもたらすラジアルポンプ式を採用した(図5)。キャリパーには、制動時の反力による変形の少ないラジアルマウント型を採用し、特に高入力時の安定した制動力とコントロール性を確保している。



図5 ブレーキシステム



それによりメリハリをつけたブレーキ操作が可能となっている。またリアブレーキは、前後のバランス最適化でφ220mmサイズを採用、優れた効力とコントロール性を実現している。

#### 4.4 剛性バランス新設計軽量ホイール

車体のバランスに影響するホイールは、ハブ・リム間の剛性特性の最適化を図った新設計軽量5本スポークホイールを採用した。当社独自の板厚最適化技術の織込みで、軽量・高強度の基本要件を満たしつつ、スポーティーで精悍な外観となっている。

#### 4.5 ニーグリップ性に優れたライディングポジション

従来比で左右幅50mm短縮のスリムな燃料タンクを採用した。従来のエアクリーナーボックスを覆うタンクレイアウトに変えて、エアクリーナー部とタンクを別体式とした点が特徴である。スリムなフレームとの相乗効果で、優れたニーグリップ性を実現した。

#### 4.6 新開発のバイパス経路付きステアリングダンパー

通常走行での自然で軽快なハンドリング特性を損なうことなく操舵スピードに応じて減衰力を発生させる、新開発のバイパス経路を設けたステアリングダンパーを採用した(図6)。

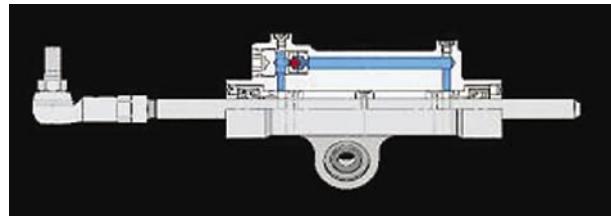


図6 バイパス経路付きステアリングダンパー

#### 4.7 新作メーターの採用

高性能・高回転エンジンの吹き上がりの様子をダイレクトに確認できるよう、回転計を中心配置した新作メーターパネルを採用した。これを囲むように左側に液晶のスピードメーターと時計を、右側に液晶トリップを配置、新たにストップウォッチ機能も内蔵させている。インジケーター類はスクリーンの形状に沿ったレイアウトとして精悍なイメージを強調した(図7)。



図7 新作メーターパネル

#### 4.8 その他の特徴

この他、2004年モデルを主張する2眼4灯新作ヘッドライト及び超軽量カウリング、スクリーン、LED (Light Emitting Diode)テールランプ、アップマフラーレイアウトとマッチングの良い軽量ダイキャスト一体型リアフレームなどを採用した。



## 5

## 品質への取り組み

高い開発目標達成と品質の確保を両立させるため、企画段階より開発から製造まで全社一丸となって開発をしてきた。また、開発プロセス改革にも取り組み、シミュレーションの有効活用と型物試作の前倒しにより精度と成熟度をアップした。また物作りの面では、生産試作を数ヶ月前倒しでプリ生産試作を実施し、生産に向けて早期の課題出しと対応を行い、生産試作で再度品質確認を実施し、生産での高い品質の確保を図った。

## 6

## おわりに

YZF-R1は、ヤマハスーパースポーツの頂点モデルとしてお客様から常に注目され、期待されている。その期待に応え、期待以上の感動を提供することがこのモデルの使命である。本モデルでも走る、曲がる、止まるの高次元での走りの実現はもとより、ライダーが乗って感じる楽しさ、気持ち良さ、安心感等に代表される『最高の興奮と楽しさ』を実現できたと感じている。

2004年2月にオーストラリアで行われたプレス試乗会でも高い評価を頂き、多くのお客様に新YZF-R1(2004年モデル)の新たなライディングを満喫して頂けることを期待している。

## ■著者とプロジェクトメンバー



中央(バイクにまたがっている人)田中 陽

左から、安平 明彦、西田 豊士、竹田 裕一、村松 恒生、  
荻野 光弘、鶴谷 知弘、小池 美和、藤原 英樹



# 製品紹介

## モジュール型高速マウンター YG200

**The High-speed Module-type Surface Mounter YG200**

野末 智之 Tomoyuki Nozue  
●IM カンパニー技術チーム



図1 モジュール型高速マウンター YG200

The printed circuit boards used in electronics products like cellular phones and personal computers mount from dozens to hundreds of types of electrical parts. In terms of size, these parts come in a variety of sizes and shapes, ranging from chip resistors of 0.4mm x 0.2mm to connector parts measuring up to 100mm.

Surface mounters are the machines used to automatically mount these electrical/electronic components on these printed circuit boards and they can be divided into two types, high-speed mounters and multifunction mounters, based on the size of parts they mount and the speed with which they mount them. High-speed mounters are high-productivity machines used for mounting parts of 15mm or less, which they are expected to mount at speeds of 0.10~0.12 sec. per part. And, with the increasing compactness of today's cellular/mobile products, mounters capable of high-concentration/high-precision mounting are in demand.

On the other hand, multifunction mounters are machines that mount parts over 15mm in size, IC parts like QFP (Quad Flat Package) and BGA (Ball Grid Array) parts and irregular shaped parts like connectors, switches and covers, etc., and they must have the versatility to handle a wide variety of parts and be capable of mounting and assembling them with a high degree of positioning accuracy.

Set makers accommodate the production needs of today's varied printed circuit boards by setting up their production lines with combinations of high-speed mounters and multifunction



mounters to perform the different assembly functions necessary.

Yamaha Motor Co., Ltd. has developed the module type high-speed surface mounter YG200 as a high-speed mounter that meets these market needs. Here we report on this model's development.

## 1 はじめに

携帯電話、パソコン用コンピュータ等の電子機器内部のプリント回路基板には、数十から数百種類もの電子部品が使われている。大きさで言えば、 $0.4\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ のチップ抵抗から $100\text{mm}$ を超えるコネクタ部品まで、さまざまな形状、大きさの部品が存在する。電子部品実装機は、プリント回路基板上にこれらの電子部品を自動的に実装する装置であり、実装する電子部品の大きさ、実装するスピードによって高速実装機と多機能実装機に大別される。高速実装機は、□ $15\text{mm}$ 程度以下の電子部品を1点あたり $0.10\sim0.12\text{秒}$ のスピードで実装する高い生産性の求められる装置である。加えて昨今のモバイル機器等の小型化により高密度実装=高精度実装が求められている。

一方、多機能実装機は、□ $15\text{mm}$ 以上の大きな電子部品、QFP(Quad Flat Package)、BGA(Ball Grid Array)といったIC(Integrated Circuit)部品や、コネクタ、スイッチ、カバー等の異型部品を実装、組み立てる装置で、高い部品対応力と実装精度が要求される。

セットメーカーは、これら高速実装機と多機能実装機を、各種生産形態に応じて各々組み合わせてライン化し、プリント回路基板の組み立てに対応している。

ヤマハ発動機㈱(以下、当社という)では、高速実装機としての更なる市場要求にこたえるため、従来のモジュールコンセプトを継承し、全幅を $2\text{m}$ 以下に抑え、中型機と並べても違和感の無い、そして高いアウトプットを出せるモジュール型高速マウンター YG200(図1)を新たに開発したので、ここに紹介する。

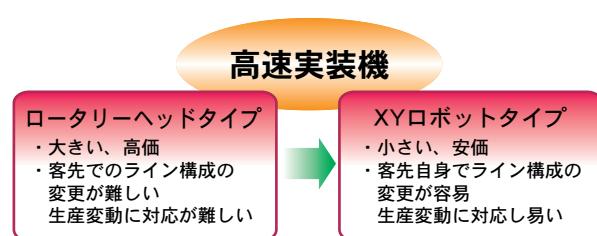


図 2

## 2 開発の狙い

従来、高速実装機と呼ばれる機械は、装着ヘッドが同一円周上に複数個装備され、電子部品吸着、実装を分業し、高速連続実装するロータリーヘッドタイプが主流であった。しかし当社製品に代表されるXYロボットタイプにおいても高速、高精度といった高機能化が進んできた。現在ではロータリーヘッドタイプ同等の能力のみならず、低価格、小型でスペース効率に優れ、取り回し易いといったメリットにより、ロータリーヘッドタイプに代わるものとなっている(図2)。このような昨今の市場動向をうけ、当社

表 1 YG200 基本仕様

|          |   |                                 |
|----------|---|---------------------------------|
| 装着タクト    | 最適条件                                    | 0.08 秒 /CHIP                    |
|          | IPC9850 条件                              | 34,800CPH(0.103 秒 /CHIP 換算)     |
| 装着精度     | 絶対精度 ( $\mu +3\sigma$ ) :               | $\pm 0.05\text{mm}/\text{CHIP}$ |
| 基板寸法     | L330 × W250mm (Max) ~ L50 × W50mm (Min) |                                 |
| 基板厚      | 0.4 ~ 3.0mm                             |                                 |
| 部品品種数    | 80 品種<br>(Max、8mm テープ換算)                |                                 |
| 部品供給形態   | 8 ~ 56mm 幅テープリール、バルク、スティック              |                                 |
| 実装可能部品寸法 | 0603 ~ □ 14mm<br>高さ 6.5mm               |                                 |
| 機械寸法     | L1,950 × W1,408 × H1,895mm              |                                 |
| 本体質量     | 約 2,080kg                               |                                 |



現行シリーズのモジュールコンセプトを有しながら、従来機以上の高速性を目指に、モジュール型高速マウンターYG200を開発した。YG200基本仕様を表1に示す。

### 3 製品の特徴

#### 3.1 ロータリー高速実装機同等の高速搭載

モジュール型高速マウンターYG200では、搭載ヘッドは6連マルチヘッドを4基、認識カメラはデジタルマルチカメラを4基、実装テーブルは2基装備した。マシン左右それぞれの実装テーブルで、前後どちらか片側の6連マルチヘッドが吸着動作をしている時、もう一方の6連マルチヘッドは実装動作をする。マシン左右それぞれの実装テーブルでこれを交互に繰り返す(図3)ことで、常時実装を可能とし、チャンピオンタクト0.08秒/CHIPを実現した。また、前後ヘッドの移動距離の均一化が可能となり、IPC9850基準で34,800CPH(0.103秒/CHIP換算)と、チャンピオンタクトと実タクト差を小さくすることができた。(IPC9850基準: 実装機の能力を表す性能パラメーターを標準化した規格で、ユーザー及びメーカー間の共通の方法論。タクト表記の場合、ある決められた部品を決められた搭載座標に実装する時の時間当たりの搭載点数で示す)

更にフライングノズルチェンジ機能を有し、軸移動中のノズル交換を可能としている。無駄時間を排除すると共に、ノズルを専有化すること無く負荷の均一化を図ることができる(図4)。

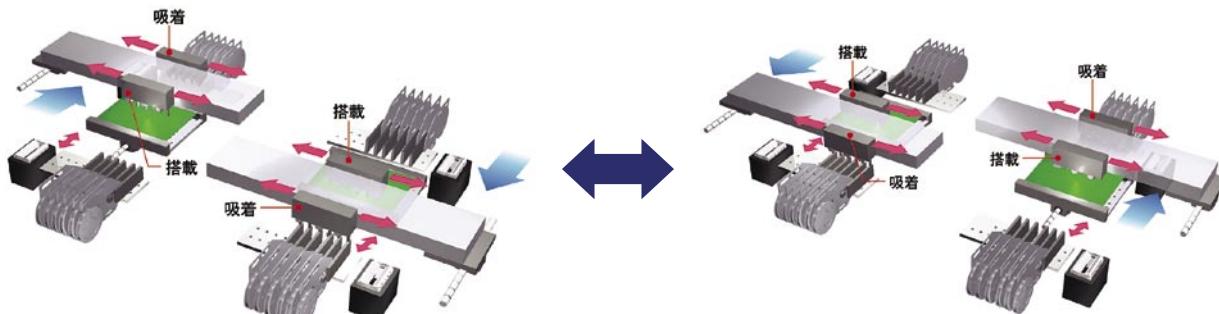


図3 動作概要

#### 3.2 中型機クラスのサイズと価格

機械長1,950mm、奥行き1,408mmという中型機クラスのサイズとしたことで、モジュール型マウンターとしてのコンパクトさを実現した。その結果ラインレイアウトを容易に変更、追加することに貢献している。単位設置面積当たりの生産量も、12,673CPH/m<sup>2</sup>と、他社比較しても1.5~2倍の高い面積生産性を達成している。また、価格はロータリーヘッドタイプの約二分の一とすることができた。コストパフォーマンスの高い機械といえる。

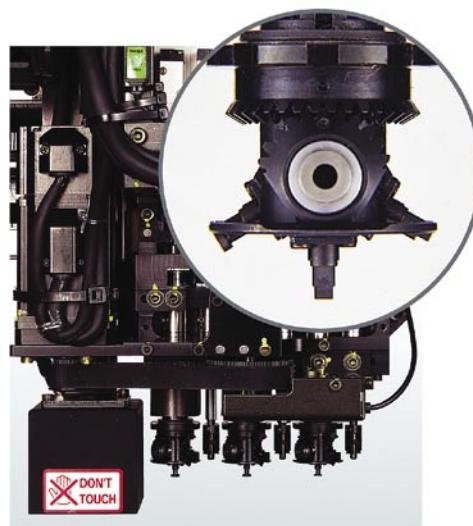


図4 フライングノズルヘッド

### 3.3 高い実装精度と常時維持

高分解能デジタルマルチカメラ(分解能 $34 \mu\text{m}/\text{pixel}$ )により $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ の極小チップから $\square 14\text{mm}$ 部品まで高精度実装が可能である(図5)。また、実装精度に影響するマシンの各要素を静的及び動的な視点で複合的に捕らえ補正する機能「MACS」(Multiple Accuracy Compensation System)を従来機と同様に採用した。これによりヒートサイクル等の機械の状態変化に対応することができ、 $\pm 50 \mu\text{m}$ の高い実装精度(絶対精度:  $\mu + 3\sigma < 50 \mu\text{m}$ )を常時維持することが可能である(図6)。

### 3.4 モジュールコンセプトの継承

モジュール型マウンターとしては、

- (1)プラットフォームが共通であること
- (2)部品供給フィーダーが共通であること
- (3)オペレーションソフトが共通であること
- (4)画像処理システムが共通であること

が必要である。これらにより、ラインレイアウトを容易に変更でき、機械間、ライン間での負荷バランスを均一化することが可能となる。YG200では、特に高速処理が可能な画像処理システム、吸着/装着シーケンス等を共通とすることにより機械自身の高速化を実現、また、機械幅を2m以下と従来機と比べて違和感の無いプラットフォームサイズとし、操作系を統一、部品供給フィーダーを共通とすることでモジュール型マウンターとすることことができた。

### 3.5 マン・マシン・インターフェイス

グラフィカルインターフェイスによる見やすくわかり易い簡単操作、人に優しい快適なオペレーションを実現した。また、Windows® XP\*を採用することにより、表示画面の多言語対応が可能となった(図7)。

\*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です。



図5 デジタルマルチカメラ

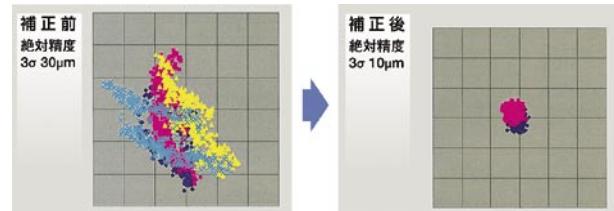


図6 MACS

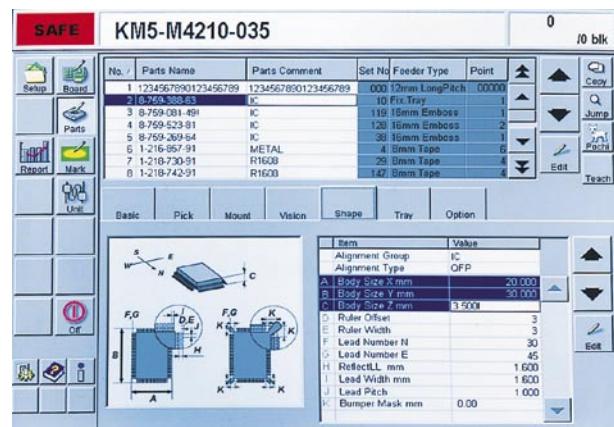


図7 グラフィカルインターフェイス

### 3.6 信頼性・メンテナンス性

独自のシングルX軸ビーム2ヘッドユニットにより干渉や衝突の心配がない機械構成としている。また、ヘッドユニットを機械外向きに配置することでメンテナンス性を向上させている。



### 3.7 ソフトウェアによる効率化

製造品質、生産性の向上に貢献するためのソフトウェアによる機能群を取り入れている。使用部品の残数管理機能、自動段取り機能、誤段取り防止インターロック機能、品質変化点トレーサビリティ機能を有したパッケージングソフトウェア「ITオプション」により、機械の基本性能以上の能力を発揮させることができる。

## 4 品質への取り組み

機械評価のプロセスとして、 $\alpha$  テスト、 $\beta$  テストと大きく2段階に分けて進めている。 $\alpha$  テストでは、各要素、機能個々の基本的な評価を実施し、これは社内での評価が中心を占める。一方  $\beta$  テストは、 $\alpha$  テストを経た後、実際の生産で評価をすることを目的に、社外評価として実施している。これは外部の基板アセンブリメーカーと協力しながら実施している。今回  $\beta$  テストを発売開始1ヶ月前から実施し、多品種生産形態での評価が実施できた。その結果、メカ、ソフト等で多くの改良項目を抽出し完成度を高めることができた。

更に別途生産機を近隣の携帯電話セットメーカーでご使用頂いている。こちらでは、单一品種を大量生産しており、詳細な機械パフォーマンスデータを高い精度で収集することができている。機械の基本性能の更なる改良、改善に結び付けている。

## 5 おわりに

YG200は、2003年5月の実装プロセステクノロジー展で新商品として発表、その後のJPCA Show(国際電子回路産業展)、インターネプコン・ジャパンに出展し好評を得た。今後、更なるコストダウン、市場フィードバックを実施することで機械パフォーマンスを向上させ、お客様にとってメリットのある機械としたい。最近の携帯電話等では、搭載品種数が200種類を超えるものもある。更に対象基板サイズは330mm×250mmを超える製品も多く見受けられる。こういった顧客ニーズも反映した商品開発を進めたい。

### ■著者



著者と YG200 開発メンバー  
後列左端が、野末 智之（著者）

# 製品紹介

## ヤンマー船用システム(株)との共同開発 フィッシングボートUF-27 I/B

**The Fishing Boat "UF-27 I/B" Developed Jointly  
with Yanmar Marine System Co., Ltd.**

半田 清隆 Kiyotaka Handa

●国内マリン事業部 舟艇製品開発室



図1 UF-27 I/B

Amidst the overall decline in boat demand that has resulted from Japan's economic recession, there continues to be fairly stable demand for boats in the 7.5 to 10 million yen price range in which our new 27 ft. (8.2 m) pleasure-use inboard fishing boat model "UF-27 I/B" is positioned. In this category there continue to be sales of just over 100 units annually and Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) holds a 60% share in this category. However, in recent years there has been a strong trend in the fishing boat market away from stern drives toward inboard models, and in order to maintain our high share in this category, it was decided that we needed to launch a new inboard model in this price range.

Meanwhile, when viewed from a business standpoint, since this is not a large product zone in terms of demand, there was a problem of how much budget could be allotted to its development. As a result, we decided to conduct a joint development project with Yanmar Marine System Co., Ltd. a company that was also interested in launching a similar product in the same price range for the same reasons. By working together to develop respective products that were as distinctively different as possible while sharing the same molds and components, it was possible for YMC to reduce the cost of the new product development by 20%. Here we report on this joint development project.

### 1 はじめに

国内の景気低迷によりボート全般の需要が落ち込む中で、27フィート(8.2m)インボードフィッシングプレジャーボートUF-27 I/B(以下、本艇)の価格帯である750~1,000万円の需要は比較的安定している。毎年100隻強の販売実績があり、その中で、ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)のシェアは約60%である。しかし、近年、フィッシングボートにおいては、スタンドライブ艇から、インボード艇へのシフト傾向が顕著であり、この高いシェアを維持するためには、この価格帯へのインボード艇の投入が必要になった。一方事業面で見ると、大きなボリュームを持たないゾーンであるため、新規開発に対する採算性



に問題を抱えていた。そこで、同価格帯に同様の理由で新商品を投入したいという意向を持つヤンマー船用システム株式会社と共同開発を行うことにした。お互いに共通型・部品をベースとして、できる限り区別化した商品を投入することで市場を活性化し、また、当社においては20%の開発投資を削減することが可能となった。

## 2 開発の狙い

以上のような市況の中で本艇(図1)の開発では、既存の他社艇並びに競合になる中古艇と明確な差別化ができるよう、30フィート(9.1m)クラスに匹敵する以下のコンセプトのもとに開発を進めてきた。**表1**に仕様諸元を示す。

1. クラス最大の広々としたスタンデッキスペース
2. クラス最高の居住性
3. 30フィートクラスに匹敵する外洋での乗り心地
4. 漁船に匹敵する卓越した風流れ性能
5. 他社にはないスタイリッシュなエクステリアデザイン
6. 卓越した旋回性能

表1 UF-27 I/B 仕様諸元

|         |              |
|---------|--------------|
| 全長      | 8.94m        |
| 全幅      | 2.70m        |
| 全深さ     | 1.75m        |
| 総トン数    | 5t未満         |
| 搭載エンジン  | SX421KM      |
| 呼称最大馬力  | 169kW(230PS) |
| 燃料タンク容量 | 300L         |
| 完成質量    | 2,490kg      |
| 定員      | 8名           |
| 航行区域    | 限定沿海         |

## 3 外洋航走性能

お客様の要求・期待として27フィート(8.2m)クラスの艇では、より遠くの釣りポイントまで安心して楽に移動できることが上げられる。本艇ではインボード艇としては大きな船底勾配を持つV形船型に加えて、2002年に発売したYF-23で定評のあるWave Thruster Blade(以下、W.T.B.)を採用した(図2)。これにより、同クラスのアウトボード艇・スタンドライブ艇では躊躇するような、より遠くのポイントまで安心して足を伸ばせる走破性を発揮する。具体的には1クラス上の当社UF-29 I/Bに匹敵する外洋乗り心地性能を持つとともに、充分なハルボリュームと大きなフレアを織り込むことで凌波性においても他社艇と差別化を図っている。なお、W.T.B.の弱点である追い波(船の進行方向と同じ方向に移動する波)でのブローチング(船首部が波に突っ込み保針性を失い、船首が左右に取られる現象)については、類似の船型を持つYF-23・UF-29 I/Bとの事前評価、実船比較においてW.T.B.の大きさ・形状を造り込んだ結果、問題の無いレベルに抑え込むことができた(図3)。

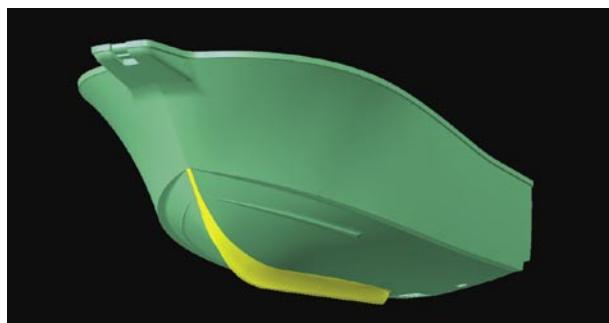


図2 Wave Thruster Blade



図3 航走

## 4

## 風流れ性能

アウトボード・スタンドライブ艇からステップアップしてきたお客様が、インボード入門艇である本艇に求められるのは、かかり釣りはもちろんのこと、流し釣り・ジギング・ライトトローリングと全ての釣りに対応可能な広くフラットなアフトデッキである。これに加えて長距離の釣行で寛げる高い居住性を併せ持つことが、本艇と他社艇との決定的な差別化となっている。これらの特徴は、何れも風流れ性能を悪化させるアイテムである。すなわち、ボリュームのあるハルと大きな居住区は風の影響を大きく受けることになる。また、広いアフトデッキを確保するために居住区を極端に船首寄りにしたレイアウトも、風で船首が風下へ振られる原因となる。

本艇では前述のW.T.B.をインボード船型に最適にチューニングすることにより、漁船に匹敵する卓越した風流れ性能を発揮している(図4)。本艇は、インボード艇に期待される、漁船なみの風流れ性能をス poイルすることなく、プレジャーフィッシングボートに求められる広いスタンデッキスペース、充分な居住性、並びに外洋に適したハルボリュームを具現化させた。

## 5

## 旋回・速力性能

従来、このクラスのボートは簡易係留場所や河川敷に係留されるケースが大多数であった。近年、マリーナの整備が進み、マリーナに係留されるケースが増えてくると、狭水路での取り回しやすさに対する要求が高まってきた。また、前述のように本艇がインボード入門艇として位置付けられるため、アウトボード艇・スタンドライブ艇から乗り換えられるお客様にとってインボード艇の取り回しの悪さは商品訴求

において弊害となっている。この課題に対する方策は、従来から実績があり評価の高いUF-29 I/Bの様な内舵方式で大きな舵を与えることが近道であるが、速力性能面で充分な結果を発揮できないデメリットもあった。そこで本艇では従来の速力性能に優れた漁船の外舵式にヤンマー船用システム(株)の外舵ノウハウを融合することにより、速力性能と旋回性能の両立を実現している(図5)。具体的には速力性能で従来艇内舵式より5%向上、旋回性能は前進全速時4艇身とスタンドライブ並みの性能を誇っている。

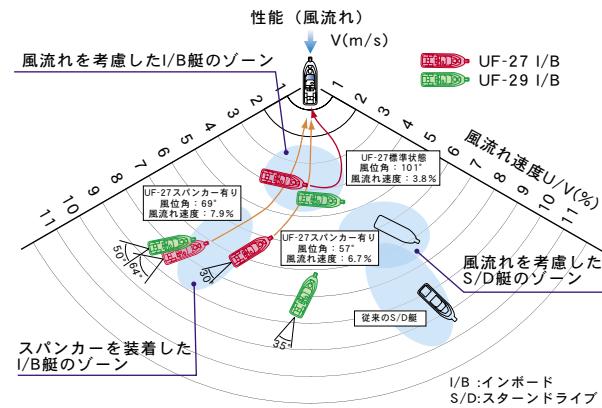


図4 風流れ比較図

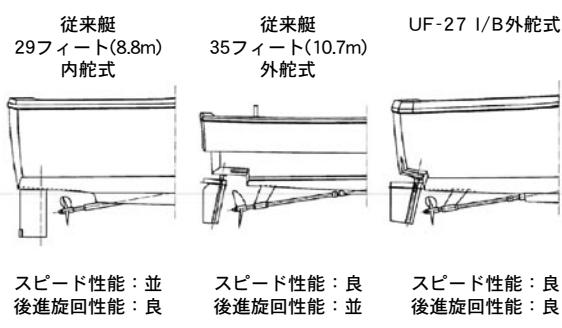


図5 旋回比較図



## 6

## ヤンマー船用システム(株)向けモデル(EX27Y)との区別化

本艇の開発においては船の造り込みと共に、共同開発を最大限生かしていかに開発投資を抑えるかという課題があった。開発投資面からだけでは見ると、投資の中で最も大きな金額を占める型を全て共通化することが望ましいのは当然であるが、これではヤマハ、ヤンマーのエンジンをそれぞれ搭載しているとはいっても、販路での商品の明確な区別化ができず、営業展開上支障が出る結果となる。共同開発の中で各社営業の意見を調整しながら、何度も議論を重ね具現化したデザインを図6に示す。機能・強度に影響が少なく、それぞれの特徴を生かしやすい型として選定したのがイーブスであり、この型を専用とすることにより窓回り・グラフィック他数点の部品を変更してエクステリアデザインの区別化を計った(図7)。数少ない区別化アイテムの中で、それぞれの特徴を演出する困難な課題にチャレンジしたデザイナーの尽力の結果、明確な区別化が実現できたと自負している。



図6 比較スケッチ

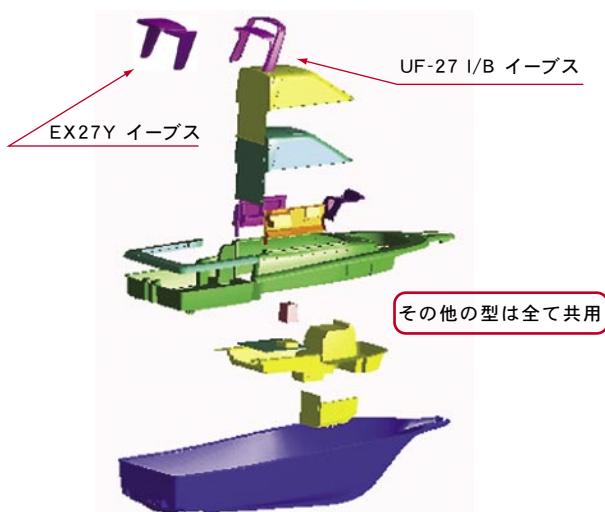


図7 型の区別化



図8 3D データ



Method)構造解析である。本艇の開発においても基本計画段階から構造解析モデル(図9)を作成し、シミュレーションを繰り返して構造決定につなげた。現在はこの解析結果(図10)により、基本構造の決定とその応力分布から試作艇評価時の耐久応力計測へと展開している。今後、これらの解析精度が向上し、解析手法が進歩することで、耐久評価そのものを低減できるようになる。

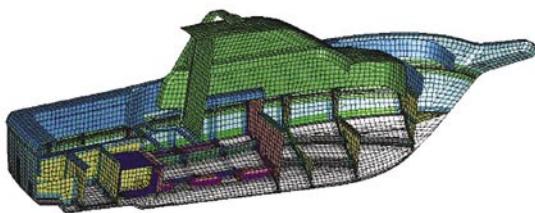


図 9 FEM 解析モデル

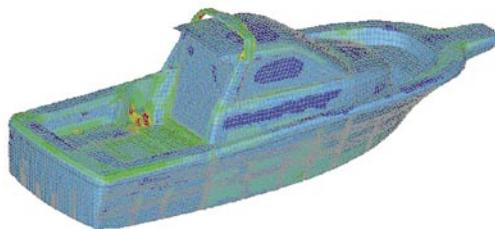


図 10 FEM 解析結果

## 8 おわりに

2000年のUF-29 I/B開発時に、航走性・居住性・機能性でトータルバランスの取れたインボードプレジャーフィッシングボートは29フィート(8.8m)が限界であり、良くまとめ上げられたと感じたことを思い出す。3年の月日が過ぎて今度は27フィートの本艇を開発した今、同じようにこのクラスが限界であるを感じている。3年間の技術的な進歩が27フィートの本艇を具現化させたことになるが、また2~3年後に更なるミニマムサイズのインボードプレジャーフィッシングボートを商品化できるよう、個人的にも技術アップにチャレンジしていきたい。

### ■著者



半田 清隆

# 製品紹介

## リニア単軸ロボットPHASERシリーズ

"Phaser" Series Linear Single-axis Robots

海江田 隆 Takashi Kaieda 長森 基樹 Motoki Nagamori 加茂川 良 Ryou Kamogawa  
 ●IMカンパニー 技術チーム



図1 Phaserシリーズ

Single-axis robots are widely used in factory automation as simple devices for placing functions. The market for these robots is now a mature one where there is little difference in performance between the products by the various makers. As a strategic product to offer our customers new value and give us an advantage in the market, the Yamaha IM Company has developed the new "Phaser" series single-axis robots that adopt linear motors as their drive units.

It has long been known that linear motors offer advantages in terms of top speed and accuracy compared to the conventional ball screw mechanisms used in most single-axis robots. However, they have not come into common use for factory automation due to the facts that they cost about twice as much and they make the robots larger and heavier. With the "Phaser" series we have succeeded in creating models in the same price range as conventional models by building the main components, especially the linear scale, into an internally integrated design. Also, by being the first in the industry to employ shaft type linear motors, we have been able to greatly reduce the unit size and weight compared to conventional linear motors. The resulting robots are incomparably smaller and lighter than linear-driven devices until now and no larger or heavier than conventional robots.

Since their release in November, 2003 at prices comparable to conventional units, these "Phaser" series models have been very well received in the marketplace because of their high performance, the fact that they are maintenance-free for long periods, their low operating noise levels and their double carrier capability. Here we report on the development of these "Phaser" series models.



## 1 はじめに

単軸ロボットは手軽な位置決め装置として、工場の自動化設備に広く使用されている。この商品は成熟期にあり、ここしばらくは機構、性能とも各社横並びの状態が続いている。ヤマハ発動機株式会社IM(Intelligent Machinery)カンパニーでは、そのような状況を打破し、お客様に新しい価値観を提案する切り札として、駆動源にリニアモーターを用いた単軸ロボットPHASERシリーズを発売した。

リニアモーターはボールねじを使った従来の機構に比べて、最高速度や精度など様々な面でアドバンテージがあることが知られていたが、コストが倍近い点、また大きく、重い点などから一般的なFA(Factory Automation)分野では普及していないのが現状である。PHASERでは主要部品、特に位置検出器(リニアスケール)を内製化することで従来機構なみの価格を実現することができた。また業界に先駆けてシャフトタイプのリニアモーターを採用したこと、従来のリニアモーターに比べて大幅に軽量コンパクトとなった。

高性能、長期メンテナンスフリー、低い動作騒音、ダブルキャリアなど様々な優位点を持ちながら、従来商品なみの価格を実現したPHASERシリーズは2003年11月の発売以来、市場では好評を持って迎えられている。

## 2 開発の背景

単軸ロボットは非常にシンプルな構造なので、他社に対して大きな技術的アドバンテージを得るのが難しく、性能的には横並びなのが現状である。市場では熾烈な価格競争が続いており、利益率も低下傾向にある。これらの状況を打破するには、今までに無い新しい魅力をお客様に提案し、新規需要や買い替え需要を喚起する必要があった。

リニアモーターを採用すれば最高速度、精度などの面で、ボールねじに代表される従来の機構に対しだけた大きなアドバンテージがあることは知られていたが、リニアモーター、及びそれを駆動するために不可欠な位置検出器は非常に高価であり、一般的なFA分野への普及は進んでいなかった。これらをコストダウンすることで、今までに無い性能、価格、機能のバランスをもった単軸ロボットを開発し、上記目標を達成したいと考えた。

また従来もリニアモーターを使った単軸ロボットは存在したが、高価なばかりでなく、大きく、重いなどの欠点があった。その他にも動作内容の設定が難しく、耐環境性が劣ったりするなど、単軸ロボットとしての完成度はいずれも低く、従来の単軸ロボットからの置き換えを難しくしていた。これらの点でも我々が培った単軸ロボットのノウハウを投入し、使い勝手の良さをめざした。

## 3 構造

単軸ロボットPHASERの構造を図2に示す。

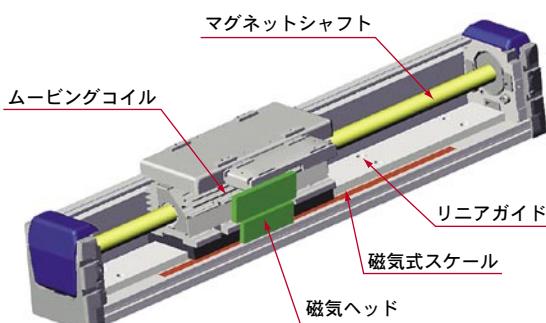


図2 構造図



### 3.1 モーター

業界に先駆けシャフトタイプのリニアモーター(以下シャフトモーター)を採用した。一般的なコアレスリニアモーターは図3のように磁石を対向させる構造になっており、限られた方向の磁束しか推進に使うことができない。これに対しシャフトモーターでは、全方向の磁束を利用可能(図4)なので、磁束の利用効率が高く、同じ推力ならば少量の磁石で済む。また、前者では対向する磁石間に吸引力が働くので、これを支える頑丈なフレームが必要となり大きく重くならざるを得ない。これに対しシャフトモーターは薄肉のステンレスパイプの中に磁石を整列させるだけの構造で、軽量、コンパクトに作れる(図5)。従来のリニアモーター駆動の単軸ロボットと比較して断面積で約40%、本体質量も三分の一以下と軽量コンパクトに仕上がった(図6)。

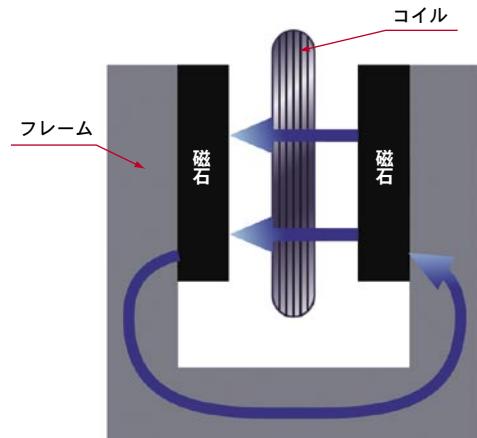


図3 一般的なコアレスリニアモーター

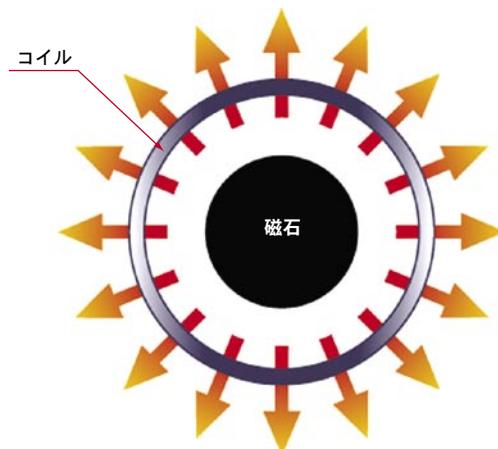


図4 シャフトモーター断面

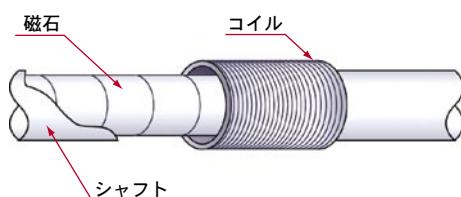


図5 シャフトモーター

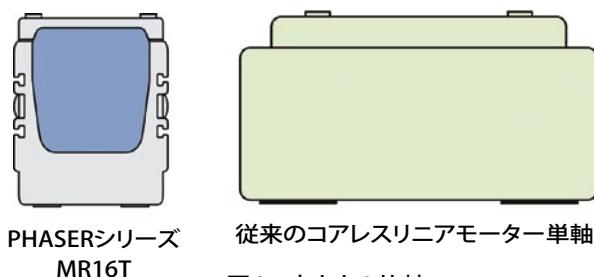


図6 大きさの比較

### 3.2 位置検出器

リニアモーターを動かすには位置検出器が不可欠なのだが、非常に高価なためコストダウンの最大のネックとなっていた。我々はこれを独自開発、内製化することで、大幅なコストダウンを目指した。全く経験の無い分野ではあったが、一つ一つ地道に問題解決を行い、比較的順調に開発を進めることができた。特に途中からヤマハ株式会社の技術協力を得られ、同社の磁気検出技術を生かせたことも相まって、企画から商品化まで約1年という短期間で開発できた。

検出方式には耐環境性に優れた磁気式を採用した。分解能は $1 \mu\text{m}$ 。高精度ながら多少の油汚れや粉塵のかかる環境でも位置検出可能である。入力信号の内挿、AD(Analog to Digital)変換の技術は既に従来の単軸ロボットで実績があり、信頼性の高いものができた。



### 3.3 断熱構造

一般的なリニアモーターにおいては、コイルから発生する熱がお客様のツールやワークにダイレクトに伝わってしまい問題になりがちである。PHASERではテーブルとムービングコイルの間に断熱層を設けることで、熱を伝わりにくくした(図7)。PHASERシリーズの1機種であるMR16Tの場合、この断熱層は定格動作している際の温度上昇を約15°C低減する効果がある。

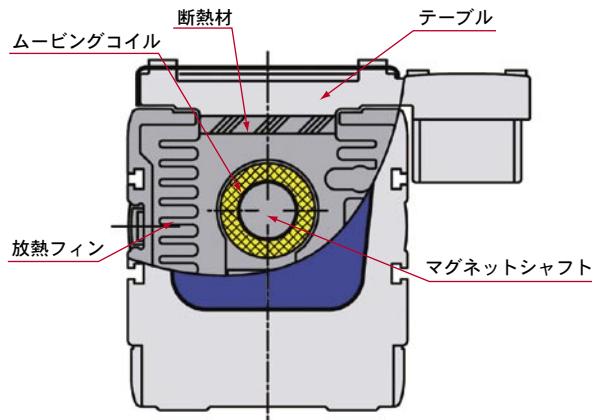


図7 断熱層

## 4 性能

### 4.1 高速

最高速度は2.5m/sec。従来の一般的なボールネジ仕様の単軸ロボットが1.0~1.2m/secであるのに対し、倍以上の最高速度を実現している。またボールネジはストロークが長くなるとネジ軸の共振周波数が低下するため、振動回避のために最高速度を下げなければならない。リニアモーターでは回転機構が無いのでそのような心配は無用であり、特に長いストロークにおいてサイクルタイム短縮に貢献する(図8)。

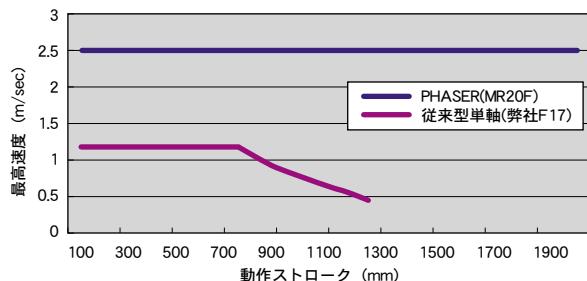


図8 動作ストロークー最高速度比較

### 4.2 高精度

バックラッシュが無く、位置検出器によるフルクローズド制御のため、停止位置のバラツキは極めて少ない。繰り返し位置決め精度は±5 μm以下と従来モデルの半分以下である。

### 4.3 低速度リップル

検査器などでは極低速でスムースな動きが必要である。コア付きのリニアモーター やボールネジでは構造的にある程度の速度変動は免れない。これに対しPHASERではコアレス構造のシャフトモーターの採用と周囲の部品の最適レイアウトにより極めて低い速度リップルを実現し、極低速での滑らかな運転を可能にした。

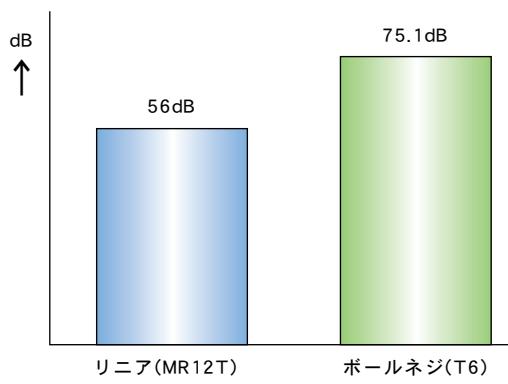


図9 騒音比較

### 4.4 静肃性

動力伝達が非接触なのでボールネジなどに比べると動作時の騒音が圧倒的に少ない(図9)。

特にデスクトップファクトリーやクリーンルームなど静かな環境において作業者の負担を軽減できる。



## 4.5 耐環境性

従来のリニアモーター単軸は磁石が剥き出しになっているものが多く、設置や運用に細心の注意が必要となる場合があった。これに対し全周をアルミ押し出し材のカバーとステンレスシャッター(図10)で覆い、またそれぞれのカバーと磁石からの距離を最適にすることで、外部への漏れ磁束を少なくし、この問題を解消した。



図10 ステンレスシャッター

## 5 バリエーション

お客様のツール、ワークの種類により、ロボットに求められるスペックも様々である。多様なニーズに対応するため、推力、最大ストローク、ヘッド数の異なる4機種8バリエーションをカタログラインナップした(表1)。また、お客様の使用するケーブルベアをオプションで用意したり、外観デザインも統一感が出るよう気を使った。

表1 ラインナップ

| 仕様       | モデル名    | 定格推力 | 最大可搬質量 |
|----------|---------|------|--------|
| シングルキャリア | MR12T   | 17N  | 3kg    |
|          | MR16T   | 23N  | 5kg    |
|          | MR16TH  | 32N  | 7kg    |
|          | MR20F   | 44N  | 15kg   |
|          | MR25F   | 80N  | 20kg   |
| ダブルキャリア  | MR12TD  | 17N  | 3kg    |
|          | MR16TD  | 23N  | 5kg    |
|          | MR16THD | 32N  | 7kg    |

## 6 その他

### 6.1 ダブルキャリア

リニアモーターは駆動部と位置検出部が可動テーブル側にあるので、1軸上に複数のテーブルを設置することができる。例えばワークをライン上流から作業ステーションに移動させ、作業後にライン下流へ排出するアプリケーションなどで、上流側と下流側で2本の単軸ロボットを使用するケースがよく見られる。この場合、1軸上に2つのテーブルを設置したダブルキャリア仕様を用いればスペースを削減できるのみならず、LM(Line Motion)ガイド、マグネットシャフトなどの主要部品を共有できるのでコストダウンも可能となる(図11)。

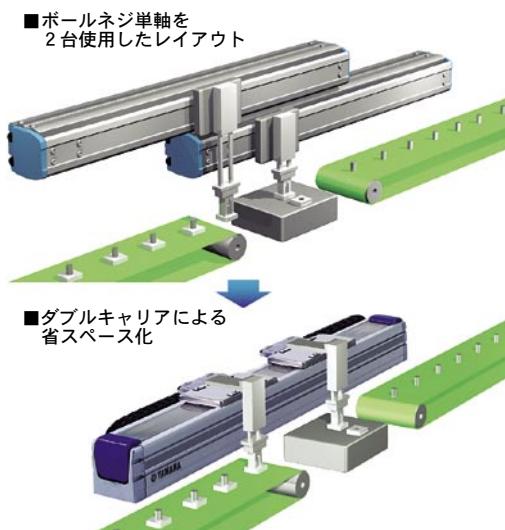


図11 ダブルキャリア



## 6.2 デュアルドライブ

新型多軸コントローラRCX141を用いれば2軸のPHASERを同期制御することが可能である(デュアルドライブ機能 図12)。これにより広範囲をカバーする大型の直交ロボットや液晶基板などの大型ワークの搬送に応用できる。



図12 デュアルドライブを使ったアプリケーション例

## 7 おわりに

現在、ロボット事業は厳しい競争の中にある。お客様にとって魅力があり、かつ利益を確保できる商品をタイムリーに開発し続けなければ、生き残ることはできない。そのためにも開発陣は他社ではやっていない新しいトライをしていかなければならないと思う。今後とも手を緩めずに、良い商品を市場に投入していきたい。

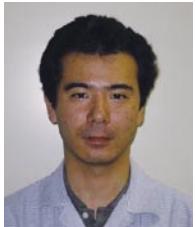
### ■著者



海江田 隆



長森 基樹



加茂川 良

# 製品紹介

## ワイワイプール

The "Wai Wai Pool"

前田 文雅 Fumimasa Maeda 増田 尚士 Hisashi Masuda  
 ●プール事業部 製造室 / プール事業部 営業部



図1 ワイワイプール

Utilizing the FRP (Fiber Reinforced Plastics) technology acquired over years of experience in boat building, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) began manufacturing and marketing FRP swimming pools in 1974.

Since then, YMC has built and supplied more than 25,000 pools, beginning with our "School Series" pools for school and sports club use and ranging widely from water slides and flowing pools for recreational facilities to small pools that have been so well received for use at nursery schools and the like. In this report we introduce our new "Wai Wai Pool" targeted for nursery school use, which we have developed with a special focus on functionality, reliability and ease of use based on our long years of pool design and manufacturing experience.

### 1 はじめに

ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)ではボート製造で培ったFRP(Fiber Reinforced Plastics)成形技術を活かし、1974年よりオールFRPプールを製造・販売している。

学校やスポーツクラブ向けのスクールシリーズをはじめ、レジャー用ウォータースライダーや流水プール、そして幼稚園や保育園で好評の小型プールまで、これまでの納入実績は25,000基を超える。この数多くの実績と経験を活かし、機能性と信頼性そして使いやすさを追究して開発した幼稚園向け「ワイワイプール」(図1)の紹介をする。

### 2 開発の狙い

全国の幼稚園および保育園の総数はおよそ36,500。プールについてはそのうち年間約500件の需要があると見込まれている。当社製品も数多くの施設で採用され、現在でもFRPならではの曲面を使ったデザインや素材の柔らかさによる安全性が高い評価を得てきた。

近年、市場では販売後20年近く経過した製品について老朽化等による買い替えの雰囲気が高まりつつあり、新規性を織り込んだ新シリーズを開発することで代替需要の促進を図ることとなった。

プールの大きさについては買い替え需要を狙ったモデルなので、既存の敷地や土台がそのまま使えるサイズとした(図2)。

企画当初は子供の笑顔があふれるプールをめざし、子供たちが喜びそうなキャラクターや噴水などのアトラクションが付いたスケッチ(図3)を持って各地の幼稚園を巡った。

しかし実際に子供たちの世話をする先生方から良い評価は得られなかった。「いずれ子供たちは飽きてしまう。むしろ現行のシンプルなデザインの方がよい。」とさえ言わされた。

市場調査を進めるにつれ、午前中はプール遊び、午後はお昼寝の時間として時間割を作られている園が多いことがわかった。つまり先生方は朝一番の給水にはじまり、午後は子供たちを昼寝させた後でプール清掃…という多忙なスケジュールで夏の日々を過ごしていたのだ。そのため排水待ち時間の短縮や清掃作業時の水はけに改良要望が多く、子供たちを安全に遊ばせる環境を整えるための苦労をひしひしと感じて市場調査を終えた。

その後のアンケート調査でも市場調査と同様の傾向がみられた(図4)。

この貴重な現場の声がきっかけとなり、日々の使い勝手の向上をメインコンセプトとし、長く愛される商品をめざすこととした。



図3 スケッチ

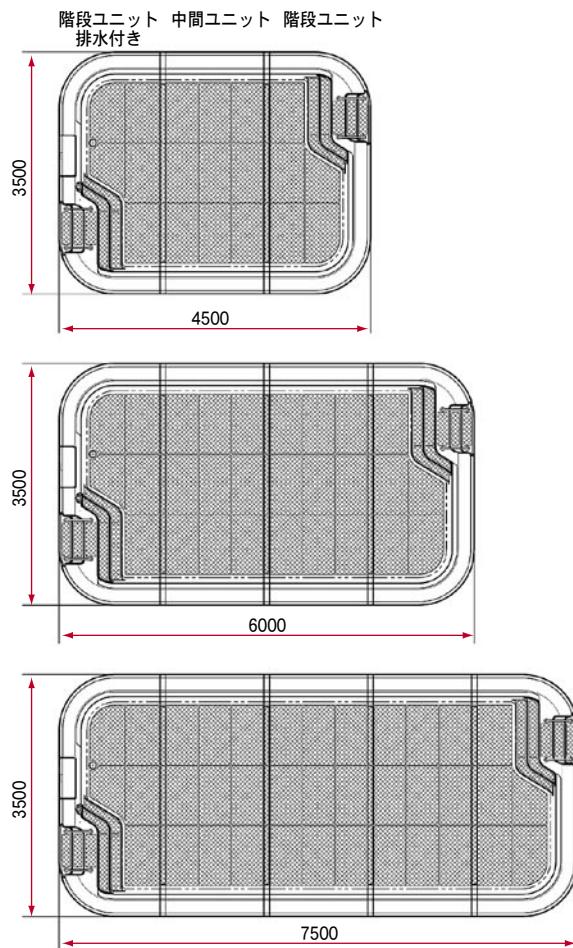


図2 ラインナップ

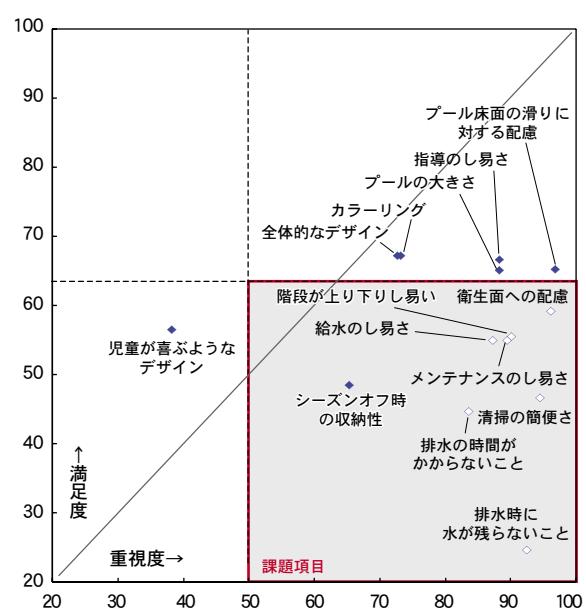
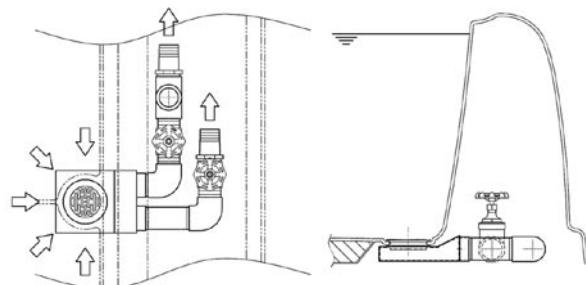


図4 幼稚園向けプールに対するポートフォリオ分析

### 3 製品の特徴

#### 3.1 毎日の清掃作業の省力化

排水構造に落し込み排水方式を採用。また排水口付近の床面に下り勾配をつけることで残り水を集めやすくした。これにより、清掃時の水はけが格段に良くなつた(図5)。



#### 3.2 動線を考慮した階段レイアウト

子供たちの動線を考慮し、作り付けの大型階段を対角二箇所に標準装備することで、子供たちの入れ替えを安全かつ短時間で行うことができるようとした(図6)。

#### 3.3 増設可能なユニット連結構造

中間ユニットを連結することで、敷地や利用人数に合わせたプールサイズを選択可能。プール設置後に子供が増えた場合も、ユニット追加によりプールを延長することができるようにした(図7)。

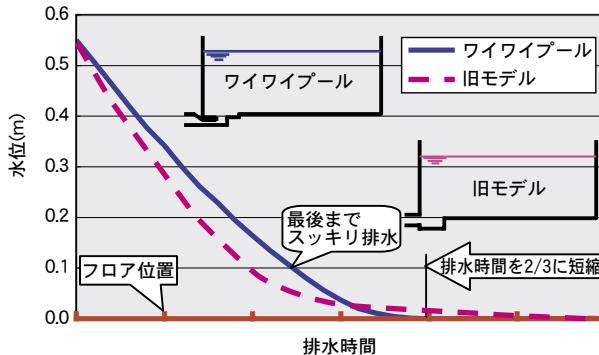


図5 排水構造と排水時間の比較

#### 3.4 扱いやすいバルブレイアウト

毎日使う排水バルブの数を最小限としたり、手の届きやすい位置にレイアウトするなど扱いやすさにこだわった(図8)。



図6 階段レイアウト

#### 3.5 有効床面積の拡大

デザインおよび成形作業姿勢の見直しにより側壁内の空間を狭くしたこと、旧モデルに比べて有効床面積を10%拡大することができた(図9)。



図7 連結ユニット



図8 排水バルブ

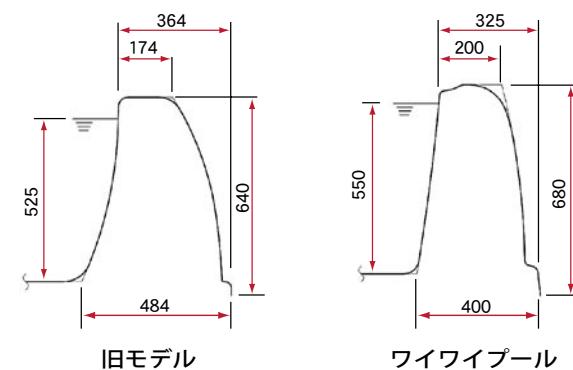


図9 側壁の断面図



## 4 品質への取り組み

### 4.1 開発品質向上への取り組み

企画段階でマーケットリーダーを集めて感動展開法や品質展開を実施。これによりお客様が求めている要求品質を最前線の営業マンと一緒に作り込むことができ、開発品質ならびに開発効率の向上を図ることができた。

### 4.2 狹所成形に対応した製造方法への取り組み

側壁内を狭くすることは従来の製造方法では作業上難しく、目標品質・コストともにクリアできない状況だった。そこでモックアップを作って作業姿勢の事前確認を行い、適正な作業姿勢で成形できる様に回転可能な型にするなどの工夫を織り込むことで、目標の品質とコストを実現した(図10)。

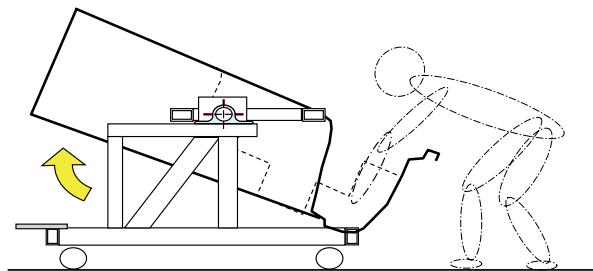


図 10

## 5 おわりに

幼稚園・保育園でのプール遊びは、子供たちにとって夏一番の楽しみであるとともに水に慣れ親しむための必要不可欠なアイテムとなっている。プールをより安全・快適に使っていただくためにも、課題=チャンスと考えて改良を重ね、これからも子供たちの思い出に残るプールを提供していきたい。

### ■著者



前田 文雅



増田 尚士

# 製品紹介

## ヤマハディスペンサー YGD

The Yamaha Dispenser YGD

福田 貴文 Takafumi Fukuda  
● IM カンパニー 技術チーム



図1 YGD

Market needs directed towards dispensers in recent years have included the following:

- (1) High-speed dispensing function capable of use with multiple mounters run in line
- (2) Dispensing accuracy capable of accommodating small part sizes
- (3) More compact external dimensions for the dispenser unit
- (4) Ease of use
- (5) Safety
- (6) Low price

Here we introduce our new YGD dispenser developed as the successor to our existing YV64D dispensers and designed to meet these current market needs.

### 1 はじめに

近年のディスペンサーに対する市場要求としては、

- (1) 連結される複数のマウンターに対応できる高速塗布性能
- (2) 部品サイズの小型化に対応できる塗布精度
- (3) 設備外形寸法の小型化
- (4) 扱いやすさ
- (5) 安全性
- (6) 低価格

などがある。

今回は、上記の市場要求に対して、既存機種のYV64Dの後継機種としてYGD(図1)を開発したので紹介する。

## 2 ディスペンサーとは

ヤマハ発動機株式会社 IM(Intelligent Machinery)カンパニー(以下、IM)の商品である表面実装機は、電子基板(以下、基板)製造用産業ロボットのひとつである。この表面実装機は、搭載速度により、高速機と中速機に大別される。高速機とは、1部品あたりの搭載速度が0.1~0.08秒程度と高速で、全長4~7m、重量5~7トンにもなる大型の機種である。中速機は、搭載速度が0.2~0.1秒、全長2m以下、重量2トン以下の機種である。IMで生産・販売する表面実装機は、中速機に属する。ただし、IM製表面実装機の最新機種YG200は、搭載速度0.08秒と、高速機に引けを取らないまでに性能が向上してきている。

近年、消費者の嗜好の多様化により、家電製品のモデルサイクルが短くなってきていている。そのため、表面実装機業界では、少品種大量生産向きの高速機から、複数台を連結することで高速機と同じスペースで、高速機以上の生産性と多品種対応能力の出せる中速機へと主流が移ってきている。

IMでは個々の表面実装機を1つのモジュールとして考え、異なるモジュールの組み合わせによる多様な生産形態への対応をユーザーに一貫して提案してきた。現在では出荷台数において業界NO.1のシェアを獲得している。

表面実装機は、基板の所定の場所に所定の電子部品を搭載し、部品の電極と基板の電極のハンダ接合を行う工程で使用される。表面実装機によるハンダ接合の工程は、以下の二つに大別できる。

### (1) フローソルダリング工程(図2)

リード付部品の基板への挿入→ディスペンサーによる電子部品固定用熱硬化接着剤の塗布→マウンターによる電子部品の搭載→熱風炉(リフロー炉)での基板への部品接着固定→溶けたハンダを貯蔵したハンダ槽(フロー槽)の中に基板を通すことでハンダ接合が完了。

### (2) リフローソルダリング工程(図3)

クリーム状のハンダを基板上に印刷(ガリ版印刷のイメージ)→電子部品をマウンターで搭載→熱風炉(リフロー炉)に基板を通しクリームハンダを溶融させハンダ接合が完了。高密度実装基板においては基板の裏面にも同様の工程で電子部品を実装する。

IMでは、マウンター以外にクリームハンダ印刷機とディスペンサーの開発・製造・販売を行っている。

ディスペンサーは主として(1)の工程の部品固定と(2)の工程で搭載される大型部品の補助固定用に

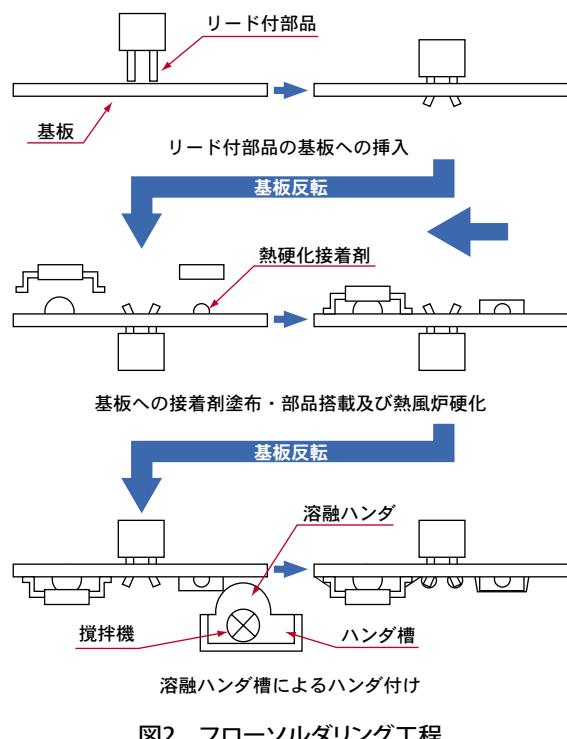


図2 フローソルダリング工程

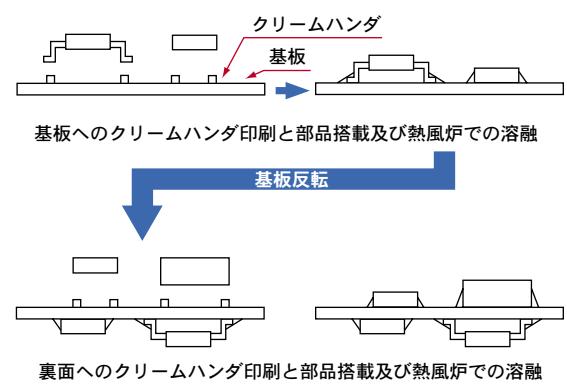


図3 リフローソルダリング工程

接着剤を塗布する作業と、(2)の工程で基板上にハンダ印刷ができないような立体形状の基板の電極部へのハンダ塗布に用いられる。

### 3 開発の狙い

「はじめに」に示した個々の市場要求を満たすべく開発を行った。

#### 3.1 高速塗布性能

マウンター用に開発されたY軸デュアルドライブ駆動ベースの採用と、新開発サーボソフトによる各軸の最適制御により、最速タクト0.09s/1shot(最適条件)を達成した。IMの多連結表面実装機ラインでは、実生産タクト0.1s/1部品以下という高速機と同等以上の部品搭載速度に達するが、YGDを二連結することでこの搭載速度にも対応することができる。

#### 3.2 高精度

軸駆動用サーボモーターに、エンコーダーパルス数が従来比4倍の高分解能品を採用した。これに、上記のサーボソフトと基板マーク認識補正機能を組み合わせることで、塗布位置精度±0.1mmを確保した。

これにより、現在の接着部品の最小サイズである1608チップ部品(縦1.6mm×横0.8mm)から、もう1ランクサイズの小さい1005チップ部品(縦1.0mm×横0.5mm)についても、テスト段階ではあるが対応できるめどがついた。電気製品の小型化が進み、小さい基板上により小さい部品を高密度に実装する要求が強くなってきた。また、微小部品の価格も、使用量の増加に伴い、大型部品より安くなっている。このため、フロー工程で使用される最小部品サイズについて、現状の1608サイズから、1005サイズへの移行が将来的に予想される。1005チップ部品へのディスペンス対応は、今後の重要な能力の一つになると考える。

また、液剤の吐出圧力表示に採用したデジタル圧力計と、既存機能であるビジョンカメラによる塗布補正機能との組み合わせにより、シリンジ(液剤の容器)内残量に影響されず安定した塗布を確保できるようにした。

図4に塗布位置分布、図5に1005チップ部品への塗布例を示す。

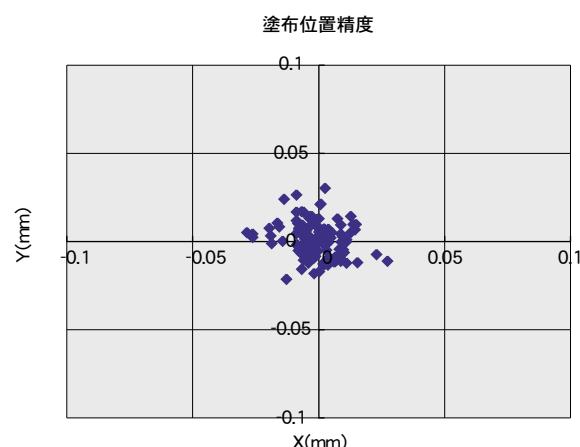


図4 塗布位置分布  
※ AMF(Auto Mount Feedback)による結果

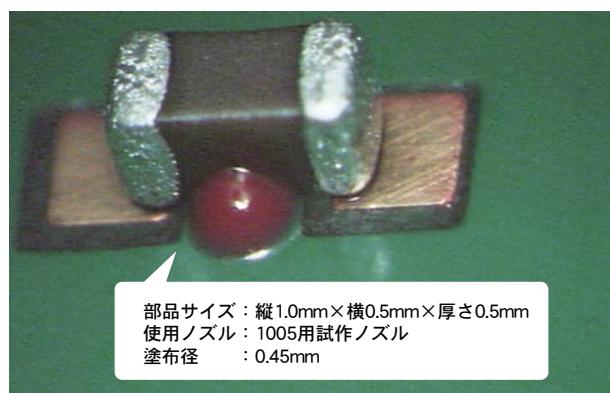


図5 1005チップ部品への塗布テスト例

### 3.3 小型化

対応する基板サイズを最近の主流であるMサイズ基板(L380mm×W330mm)までとすることで、機械外形寸法を従来機種より全幅で166mm小さい、全幅1,484mm×奥行1,408mm×全高1,850mm(全高はシグナルタワーを含む)とした。

### 3.4 扱いやすさ

OS(Operating System)に最新のヤマハマウンターと共にWindows® XP\*を採用し、インターフェイスを一新することにより操作性を向上させた。またLAN(Local Area Network)対応によるデータ管理機能の向上や、マルチリンガル表示による多国語対応により、海外市場におけるオペレーターの容易な操作運用を可能にした。

\*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です。

### 3.5 安全性

ディスペンサーでは塗布する接着剤等の樹脂剤の粘度コントロールにヒーターを使用する。YGDではヒーターの温度制御用に温度制御基板と制御ソフトを新規に開発し、ソフトと電気ハードによる二重の温度監視を行うことで、万一の過昇温による二次災害の発生を防止できるようにした。

また、機械前面の開閉扉を、オペレーターが不小心に機械内の可動部に手を入れることができない構造にした。

### 3.6 高コストパフォーマンス

ヘッド(図6)の塗布角度制御をベルト駆動とすることで、制御軸数を減らしたコントローラーの使用を可能とした。また、主要な部品を上位機種と共通化するとともに、上記温度制御基板の内製化等を行った。その結果、塗布ヘッド2個の仕様において3.1、3.2の高性能ながら、国内販売価格1,000万円以下を実現した。

## 4 基本仕様

表1にYGDの基本仕様を示す。

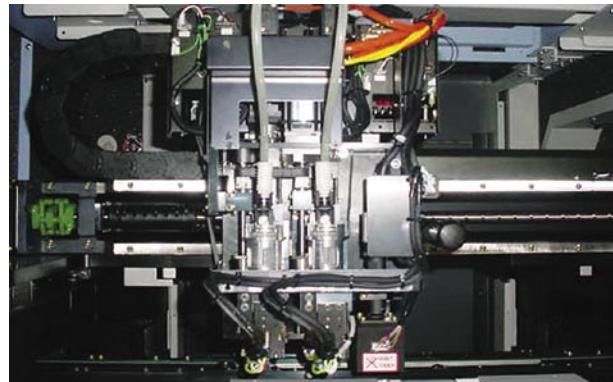


図6 ヘッド部概観

表1 YGD基本仕様

| 型式       | KGM   |
|----------|---|
| 適用基板寸法   | L50 mm × W50 mm (最小) ~ L380 mm × W330 mm (最大)               |
| 基板搬送方向   | 右→左、U ターン<br>(左→右はオプション)                                    |
| 樹脂剤吐出方式  | エアーパルス方式  |
| 塗布位置精度   | ± 0.1 mm  |
| 塗布径精度    | ± 10% (塗布補正機能使用時)   |
| 塗布タクト    | 0.09 秒 / 1 Shot (最適条件)                                      |
| ヘッド数     | 最大 2 ヘッド  |
| 設定塗布角度   | ± 180° 0.001° 単位  |
| 対応塗布パターン | 表面実装用接着剤：1点塗布、2点塗布<br>クリームハンダ：1点塗布                          |
| 対象部品     | 表面実装用接着剤：<br>1608 チップ部品以上<br>クリームハンダ：<br>1005 チップ部品用電極サイズ以上 |
| シリジングサイズ | 30cm <sup>3</sup> 、10cm <sup>3</sup>                        |
| データ数     | 10,000 ポイント / 基板  |
| 重量       | 約 1,450kg   |



## 5 おわりに

表面実装機を購入する際、ユーザーが最も重視するのはコストパフォーマンスである。ユーザーの目は非常に厳しく、仮に他社製品のコストパフォーマンスが高ければ、ヤマハ発動機製品を使っているユーザーであっても、他社製品を選択する。逆に、ヤマハ発動機製品のコストパフォーマンスが高ければ、他社製品を使っているユーザーであっても、ヤマハ発動機製品を選択する。既存ユーザーの確保とともに、新規ユーザーを獲得するために、今後とも、更なる性能と信頼性の向上をめざして開発していく。

本モデルは、開発から約6ヶ月で出荷を開始した。この短期スケジュールでの開発に、ご協力いただいた関係各位に、本誌面を借りて厚く御礼を申し上げます。

### ■著者



福田 貴文

# 製品紹介

## 表面実装機サポートソフトウェア 「ITオプション」

Surface Mounter Support Software "IT Options"

山積 宏二 Koji Yamazumi  
●IMカンパニー マウンター技術グループ

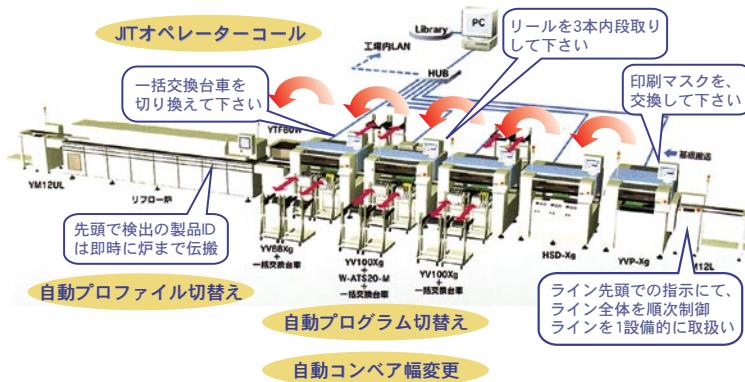


図1 生産支援ソフトウェアITオプション

As a maker of the surface mounters that are used for mounting electrical/electronic parts on printed circuit boards for products like cellular phones, personal computers and home electronics, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) has focused its development efforts on increasing the mounting speed, accuracy and reliability of the surface mounters themselves.

However, in recent years the increasing diversification of electronics product lines and the shortened life cycles of these products, as well as the globalization of manufacturing bases, have contributed to heightened competition in the surface mounting industry and forced it to deal with the difficult problems of how to run surface mounting production lines more efficiently while maintaining a high level of product quality.

These issues must also be dealt with by the makers of the surface mounters, and at YMC we have not only continued to pursue higher levels of performance for the individual machines but also we have developed a line of optional software functions designed for the total task of supporting the actual productivity of the surface mounting line by "improving operational efficiency" and "strengthening quality control functions." In April of 2004 these software functions have been released for sale under the product name "IT Options." Here we report on the development of this software product.

### 1 はじめに

携帯電話やパソコン、家電製品など電子・電気機器に使用されるプリント基板に電子部品を搭載する表面実装機(以下、マウンター)のメーカーであるヤマハ発動機株式会社(以下、当社)は、従来よりマウンター本体の「搭載の高速・高精度・高信頼性」に重点を置いて開発に取り組んできた。近年、電子部品実装業界では「製品の多品種化・ライフサイクル短期化」や「生産拠点のグローバル化」が進んでおり、実装設備ラインをいかに効率よく稼働させ、高い品質を維持させるか、という高度かつ大きな課題を抱えてい

る。これらの課題は設備メーカーである当社にとっての課題でもある。当社では設備単体の性能追求だけでなく、実装ラインとしての実生産を支援すべく、「稼働率の向上」と「品質管理の充実」をトータルで実現・提供する生産支援ソフトウェア(「ITオプション」と称するオプション機能群)を開発し、2004年4月より販売を開始した(図1)。

## 2 開発の背景

多品種少量、あるいは変種変量生産を行う生産現場においては、生産品種切替えによる頻繁な段取り替えや、搭載部品切れによる頻繁な部品補給によって実装ラインの稼働率が低下してしまう。また当然ながら、その段取り替えや部品補給によって作業ミスが発生すれば製品の品質が低下することになる。

このような市場環境の中で共通する課題として挙げられるのは、「生産性の向上」「製品品質の向上」「作業・操作の低スキル化」であり、従来より当社では、多くの顧客要求に応えるべく様々なソリューションを提案・提供し、カスタム対応としての実績を積み上げてきた(図2)。しかしながら、これら顧客要求が日増しに高まり、内容も高度化する一方で、過去に提供したソリューションとしての資産の再利用は難しい状況であった。それは、生産性向上などの最終目的は同じでも、具体的な運用方法が顧客によって異なるからである。

そのため、今までに蓄積したソフトウェア資産を整備し直し、「ITオプション」機能として新規に開発を進めることに至った(図3)。

## 3 開発の狙い

「ITオプション」は「残数カウンター」「段取りベリファイ」「部品ロットトレース」「自動段取り切替え」の4つの機能から構成され、様々な生産形態や運用に対応すべくシンプル、かつ汎用性を重視した上で標準パッケージ化を図り、顧客毎に最適な機能を選択できるようにした。

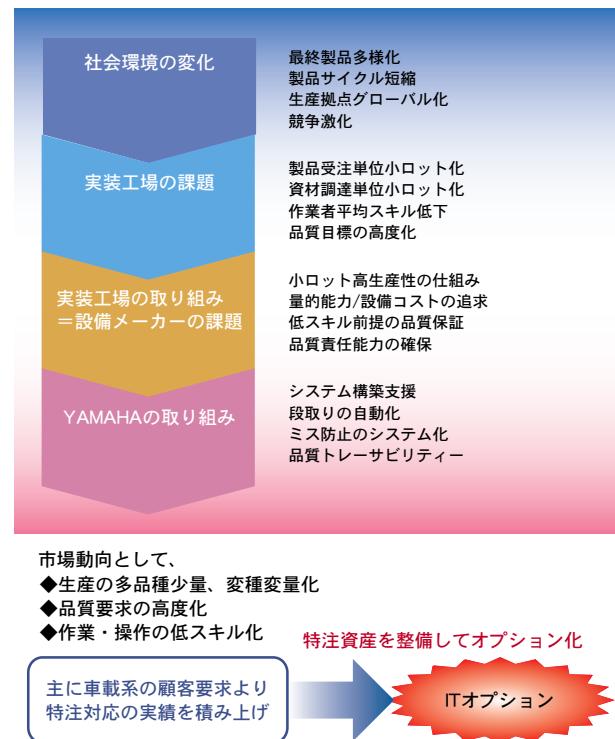


図2 ITオプションの開発背景

### ITオプション機能



図3 ITオプション機能構成

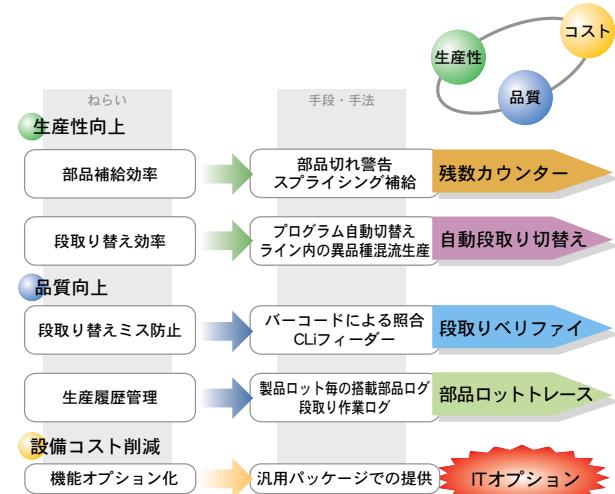


図4 ITオプションのねらい

開発のねらいとして、「生産性向上」「品質向上」「設備コスト抑制」という大きなテーマを設定した。そこから実際の生産現場を念頭に置いて、「部品補給効率と段取り替え効率」「段取り替えミス防止と搭載部品トレーサビリティー」「オプションでの提供」を目指して、"廉価で確実に効果を期待できる"ソフトウェアの開発に取り組んだ(図4)。

## 4 IT オプションの基本システム構成

「ITオプション」の基本的なハードウェア構成としては、設備間のLAN(Local Area Network)接続、LAN上の外部記憶装置、設備にて使用するバーコードスキャナーだけである。選択する機能によってはパソコンや携帯情報端末を要する場合もあるが、標準的な運用であれば特殊なハードウェアを必要としない、非常にシンプルな構成となる(図5)。

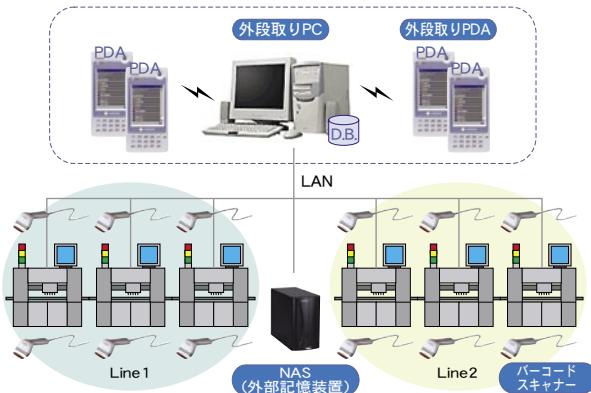


図5 ITオプションの基本システム構成

## 5 各オプション機能の特徴

### 5.1 残数カウンター

従来、マウンターでは搭載部品の"部品切れ"が発生すると生産の継続ができず、その時点で運転は停止される。その後、作業者は切れた部品を確認した上で集荷作業と補給作業を行い、ようやく運転が再開される。集荷とは対象の部品を部品庫から探して持ってくることを意味するが総じて時間のかかる作業である。その上、使用する部品数は生産品種によっても様々だが、仮に搭載点数が200～300点もあれば、運転停止の合計時間が長くなりそうなことは容易に想像できる。実際の生産現場でも部品補給は生産稼働率を下げる一因となっている。

「残数カウンター」機能では、使用する部品個々に対して設備自身が残数を管理することで、部品切れになる前に警告を発して補給部品の事前準備を促す。その後、実際に部品切れによる運転停止時に、準備済み部品を素早く交換するだけで済む。これにより部品切れによる運転停止時間を最小限に抑えることができ、稼働率は向上する(図6)。

さらには、"テープスプライシング"というテープ部品どうしを繋ぎ合わせるツールを併用することによって、最適なタイミングで警告を発して部品の補給を促し、運転継続中にスプライシング作業を行う。これにより無停止補給を実現することができ、稼働率は大幅に向上する。

#### 残数カウンター

◆設備自身が部品準備、補給の指示をすることにより  
設備停止を最小限に

**部品切れ警告**  
部品切れ時に素早く交換するため  
スペアフィーダーを準備  
部品架け替えのために十分早めな警告



**スプライシング警告**  
リール残数250個～125個  
(テープ長100cm～50cm)あたりで  
部品スプライシングを促すタイムリーな警告



今まででは . . .

|              |         |       |        |          |      |
|--------------|---------|-------|--------|----------|------|
|              | 部品切れ停止  | リール探し | リール架け  | フィーダーセット | 運転再開 |
| 部品架け替えの場合    | 稼働率アップ！ |       |        |          |      |
| 警告           | リール探し   | リール架け | 部品切れ停止 | フィーダー交換  | 運転再開 |
| 部品スプライシングの場合 |         |       |        |          |      |
| 警告           | スプライシング |       |        |          |      |



図6 残数カウンター

## 5.2 段取りベリファイ

従来、生産品種の切替えにおいて、生産に必要な部材や使用部品が正しく配置されたかどうかを確認する方法は、段取りリストを持ちながらの目視や読み合わせなどで、専ら人的作業にて行われている。しかし、これでは効率が悪い上に作業者のスキルに左右されるために製品品質は安定せず、場合によっては不良品を生産することになる。そのため、高スキルの人材を確保して人的作業により多くの時間を費やすことになるが、多少の品質改善と引き換えに段取り効率が悪化してしまう。

その上、昨今の「多品種少量生産」に伴う頻繁な段取り替えや、「生産拠点グローバル化」による作業者スキルの低下によって、品質向上と生産性向上の要求が格段に高まっている。

「段取りベリファイ」機能では、設備自身が必要な部材とその配置の確認を行い、正しい部材が正しい位置へセットされない限り運転をプロテクトして生産を開始させない。この仕組みによって段取りのミスを排除する。手法としては、設備が保有している部材&配置リスト情報と、各部材に貼り付けたバーコード情報を突き合わせて照合し、生産可能かどうかを判断する。例えば搭載部品を段取りする場合、部品&フィーダーのバーコードを読み取った後にそのフィーダーを取り付けるだけで部品が正しく配置されたか否かが即時に判定される(図7)。

さらには、無線LAN機能を備えた携帯情報端末を使用することで事前段取り作業でも同様にバーコード照合が可能である(図8)。

また、これらは"段取り照合"の機能だけではなく、次に段取りすべき作業を順次指示する"段取りナビゲーション"の機能も合わせ持つおり、低スキル作業者でも簡単に効率よく段取り替えを行うことができる。読み合わせなど非効率な作業からも解放されて段取りロスが少くなり、何よりも段取りミスが起こり得ないために安定した品質が確保される。

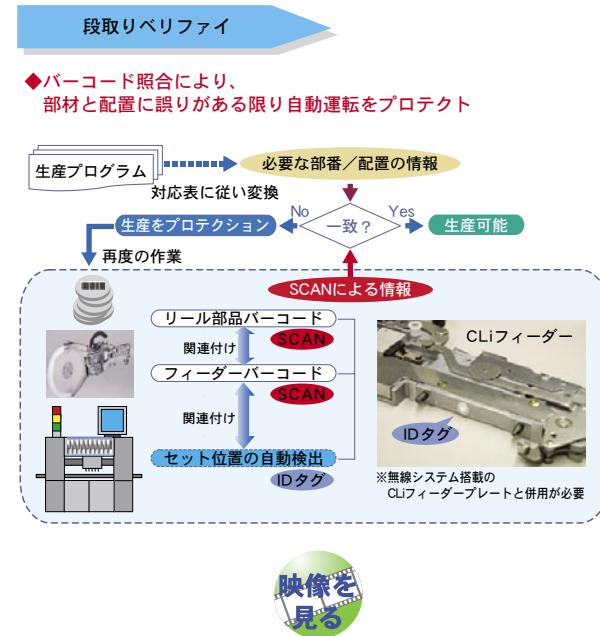


図7 段取りベリファイ～内段取り編～

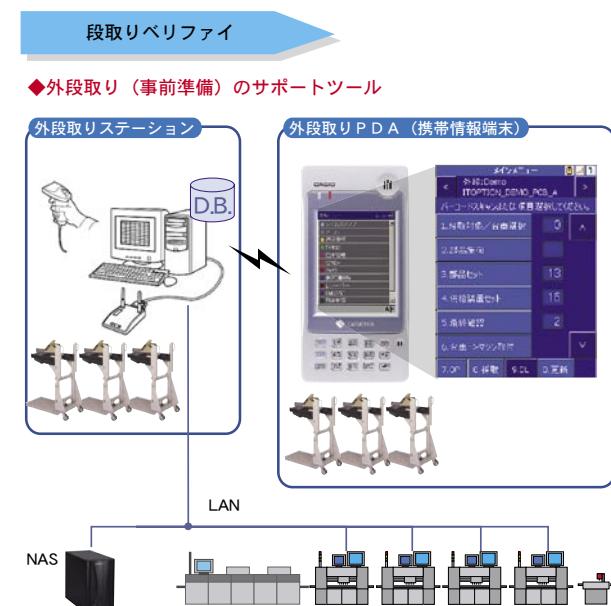


図8 段取りベリファイ～外段取り編～

### 5.3 部品ロットトレース

近年、品質管理を目的とした"トレーサビリティ"が叫ばれており、生産品の素性やその品質に影響する事象など生産に関する履歴を記録する、という動きが目立ってきた。電子部品実装業界でもこのトレーサビリティは重要視されており、品質向上の要求は一段と高まっている。しかしながら、一口に履歴と言っても様々な記録対象が考えられ、設備の一般的な生産時情報、日常的な作業情報、経時変化する情報、など品質に関連する情報は数えきれない。

「部品ロットトレース」機能では、製品不良が発生した場合にその不良範囲を迅速かつ適確に特定することにより、製品回収などのリスクを低減することができる。設備自身による履歴保存は基本的に生産ロット毎に行われ、その内容は、設備保有の生産時情報、組立てに使用した全部品情報、段取り等の作業情報である(図9)。

また、この「部品ロットトレース」は"履歴保存"だけを提供するのではなく、現在までに蓄積された履歴情報を検索・閲覧するツールが添付される。このツールを用いてキーワード検索により該当する情報を絞り込んでいくことで対象となるべきものを特定することができる。

### 5.4 自動段取り切替え

従来、生産品種の切替えにおいて、一般的には実装ラインの全設備で現行ロットの生産が終了するのを待ってから、次品種への段取り替え作業を行う。その際、オペレーターは一台ずつ順を追って品種毎に決められた生産プログラムに切り替えて段取り作業を行い、それを全設備に対して完了した時点でようやく次品種の生産を開始できる。この段取り替えによる非生産時間は稼働率低下に直結し、また生産プログラム選択も含めた段取り作業は人的ミスが付きまとうため品質低下にも直結する。

「自動段取り切替え」機能では、設備自身が製品ID(Identification)を取得することでそれに応じた生産プログラムとコンベア幅を自動的に変更する。製品IDは基板上、あるいは生産指示書等に設けられたバーコードや二次元コード情報であり、実装ラインの先頭設備にて読み取ったそのID情報をLAN経由にて後続設備へと順に引き継いでゆく。これら一連の自動化によって段取り替え時間は短縮され、生産プログラム選択ミスによる誤生産も防止される(図10)。

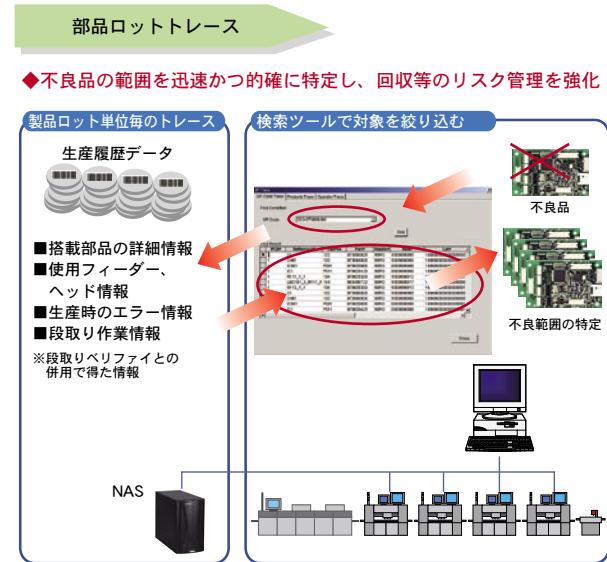


図9 部品ロットトレース

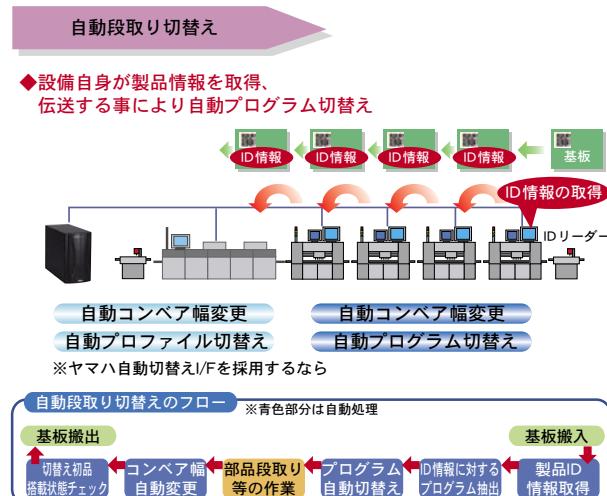


図10 自動段取り切替え



さらに、この「自動段取り切替え」の特徴としては、設備自身が自動プログラム切替えを行うため、品種切替え時においては現行ロットの生産完了を待つ必要がなく、連続して次品種を投入することができる。つまり言い換えば、実装ライン内で異なる製品品種の混在生産が可能となり、それによって稼働率は大幅に向上する。

## 6 おわりに

電子部品実装業界は常に市場の動向に左右され、商品の多様化や生産工場の海外シフト(特に中国)が進むなど激動の変化にさらされている。そのような環境下で勝ち残っていくには、いかに早く課題を見つけ、取り組み、クリアするか、に懸かっている。当社IM(Intelligent Machinery)カンパニーとしては、まさに事業の旗印である「JUST FIT SOLUTION No.1」に則って、多岐に渡り、日々変化する顧客要望をいち早く察知して対応し、最適なソリューションを提供することが極めて重要である。また、そうすることによって互いに成長・進化し、互いに勝ち残ることにつながる(図11)。

今後も、生産支援アイテムである「ITオプション」をさらに拡充していく、顧客の利益はもちろん、当社の利益にも結びつくような機能開発を継続して進めていく所存である。



図11 JUST FIT SOLUTION

### ■著者



山積 宏二

# 製品紹介

## 電動ハイブリッド自転車 「New PASリチウム」の開発

### Development of the New PAS Lithium

中山 浩典 Hironori Nakayama 赤坂 雅之 Masayuki Akasaka  
 村田 和弘 Kazuhiro Murata 明田 久稔 Hisatoshi Akita 高橋 秀明 Hideaki Takahashi  
 ●(株)モリック技術部



図1 電動ハイブリッド自転車「New PASリチウム」

The New PAS series, electro-hybrid bicycles released by Yamaha Motor Co., Ltd. in 2003 have been praised by many users for their light weight and ease of operation. The models of this series are lightened compared with previous models by using a compact nickel metal hydride battery. And they are excellent in their balance as electro-hybrid bicycles from the viewpoint of assist performance, running distance per charge, and price. To further add a deluxe model to this series, we undertook the development of a new model under the concept of a further improvement in running performance while maintaining the light weight. Taking the existing New PAS as the base model, a new high-capacity, high output lithium-ion battery was added to produce the "New PAS Lithium" model, which realized the next evolution in running performance and ease of operation. In this report we introduce an outline of the New PAS Lithium and the contents of its development project.

### 1 はじめに

2003年に発売されたNew PASシリーズは、軽さと使い勝手の良さで、多くのユーザーから高い評価を得た。小型ニッケル水素電池を搭載することで従来モデルに比べ軽量化が図られており、アシスト性能・走行距離・価格の観点で、電動ハイブリッド自転車としてのバランスに優れた商品である。その上位機種として、「走行性能の追求」をコンセプトに、軽量を維持しながら走行性能を高めた商品を企画・開発した。2003年New PASのスタンダードタイプ(以下、スタンダードタイプ)をベースに、高容量・高出力のリチウムイオン電池を搭載し、更なる走行性能の進化と使いやすさを実現した、「New PASリチウム」(図1)の概要と開発内容を紹介する。

## 2 開発の狙い

2003年New PASシリーズでは、小型ニッケル水素電池の保護と走行距離延長のため、効率改善、アシスト感の味付けやエネルギーの平準化など様々な工夫を凝らした。

2004年New PASシリーズは、「走行性能の追求」をコンセプトにして、2003年モデルにいくつかの改良を加えている。2004年のスタンダードタイプには、減速比変更や走行性能精度の改良を織り込んで、より軽く走れるように改良した。また、デラックスタイプとしてNew PASリチウムを設定し、高容量・高出力の電池を使って、走行性能をスタンダードタイプより一段と向上させることを開発の狙いとした。そこでエネルギー密度の高いリチウムイオン電池を採用することにした。

New PASリチウムでは、

1. 小型軽量・高容量・高出力のリチウムイオン電池の採用
  2. ドライブユニットの出力トルクを更に向上
  3. 充電操作をより簡単化するために、スタンド型充電器の採用
  4. メインスイッチや自転車部品の操作性や利便性の充実
- などを開発目標とした。

## 3 仕様諸元と商品の特徴

表1にNew PASリチウムとスタンダードタイプの主要な仕様諸元を示す。

表1 New PAS リチウムとスタンダードタイプの仕様諸元（26型）

|          |    | New PASリチウム                              | スタンダードタイプ            |
|----------|----|--|----------------------|
| 車両重量(kg) |    | 22.4(キャリア付)                              | 22.0(キャリア付)          |
| 電池       | 形式 | リチウムイオン                                  | ニッケル水素               |
|          | 容量 | 3.7Ah                                    | 2.8Ah                |
| 充電器      |    | スタンド型充電器                                 | 差し込みプラグ式充電器          |
| 充電時間(時間) |    | 2  | 1.8                  |
| 走行性能     |    | パワーモード<br>標準モード                          | 標準モード<br>エコモード       |
| その他装備    |    | 10Wハロゲン球バッテリーランプ<br>リアキャリア<br>パーキングストッパー | リアキャリア<br>パーキングストッパー |

## 4 バッテリー・ボックスアセンブリと充電器

### 4.1 リチウムイオン電池

今回採用したリチウムイオン電池は、スタンダードタイプで使用しているニッケル水素電池と比較し、以下の特長をもつ。

1. エネルギー密度が約2倍
2. メモリー効果がない
3. 放置時の自己放電が少ない

表2 New PAS リチウム電池（セル）諸元

| 項目   | 諸元値      |
|------|----------|
| 公称容量 | 1,850mAh |
| 重量   | 46g      |
| 直径   | 18.1mm   |
| 高さ   | 64.8mm   |

今回採用したリチウムイオン電池（セル）の諸元を表2に示す。



## 4.2 バッテリーボックスアセンブリ

New PASリチウムでは、より高いレベルで信頼性を確保するため、従来のPASで用いていたソフトパックではなく、ハードパックを採用し、ケースインケース構造となっているのが最大の特徴である。バッテリーボックスの構造を図2に示す。このケースインケース構造により、バッテリーボックス内部の耐衝撃性やセルの防水性、密閉性が飛躍的に向上した。また、制御基板も完全防水構造をとることで、1ランク上の信頼性を実現している。制御基板は残量検出に加え、セル電圧・セル温度を監視し充放電制御を行う。

New PASリチウムの電池とスタンダードタイプのニッケル水素電池を比べると、重量は400g軽くなっている一方、容量では約32%増加と、その商品性が格段に向上了している。表3にバッテリーボックスアセンブリの諸元を示す。

## 4.3 充電器

リチウムイオン電池用充電器は、図3のように携帯電話と同様、ホルダーに差し込む構造となっている。電池の軽さに加え、充電器に装着するだけというシンプルな操作により、充電器の使い勝手を向上させた。リチウムイオン電池の場合、メモリー効果がないため、気軽に充電することが可能となった。

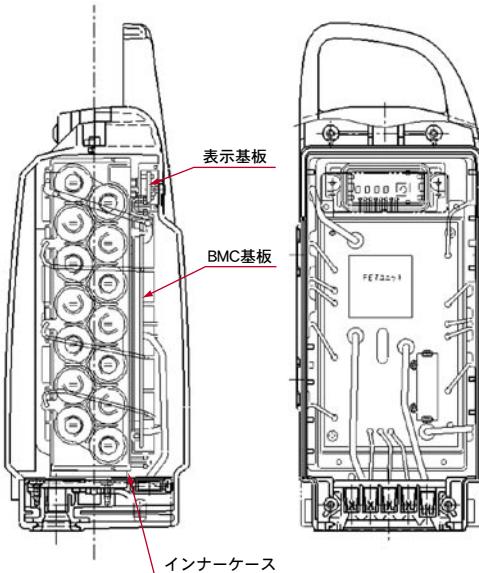


図2 バッテリーボックスアセンブリ

表3 バッテリーボックスアセンブリ諸元

| 項目     | New Pasリチウム | スタンダードタイプ |
|--------|-------------|-----------|
| 公称容量   | 3.7Ah       | 2.8Ah     |
| 公称電圧   | 25.9V       | 24V       |
| 高さ     | 243mm       | 243mm     |
| 車両前後方向 | 90mm        | 76mm      |
| 車両幅方向  | 88mm        | 85mm      |
| 重量     | 1.2kg       | 1.6kg     |
| 充電時間   | 約2時間        | 約1.8時間    |
| 残量表示   | LED4灯       | なし        |

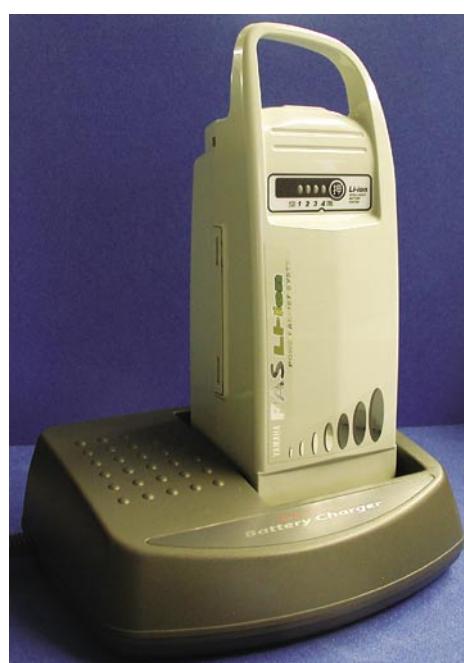


図3 バッテリー充電状態



## 5 ドライブユニットと走行性能

### 5.1 ドライブユニットアセンブリ

図4にNew PASリチウムのドライブユニットの外観、図5に内部構造を示す。

New PASリチウムのドライブユニットは、人力系駆動部、モーター系駆動部、トルクセンサー部、制御部およびハウジングで構成される。モーターには希土類磁石を使ったブラシレスDCモーターを採用して、小型軽量・高性能化・高効率化を図っている。モーター系の減速機構には、樹脂製のハス歯歯車を採用し、静肅性、軽量化を実現している。

トルクセンサーには磁歪式の非接触センサーを採用して、人力系駆動部の走行ロスを低減している。

### 5.2 走行性能

New PASリチウムの電池は、発進時などに必要とする大電流を出力可能な、優れたハイレート放電特性を有している。そこで、この高出力リチウムイオン電池の特性を活かして、アシスト力を上げた「パワー(強)モード」を設定した。この「パワー(強)モード」はスタンダードタイプの「標準モード」に比べ、低中負荷域でのアシスト力を20~30%アップさせている。パワー重視の設定でも、電池の容量が大きいため、走行距離はスタンダードタイプより7%伸長している。図6にNew PASリチウムの走行性能曲線を示す。なお、「入」モードは従来とほぼ同様である。これにより強いアシスト力を強調している。

「パワーモード」と「標準モード」のモード切り替えは、ハンドル手元のメインスイッチ(図7)で行われる。このスイッチには、大きな文字や操作性に優れたレバーを採用するなど、年配者にも優しいデザインを心がけている。



図4 ドライブユニット外観

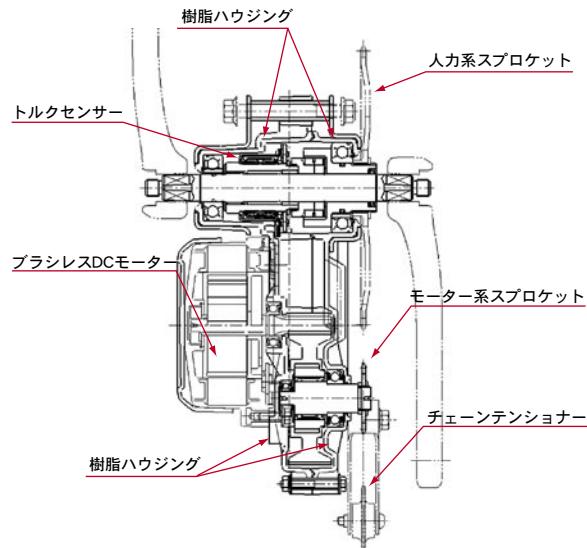


図5 パワーユニットの内部構造

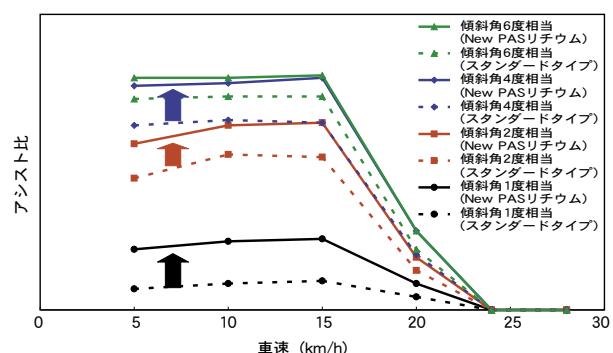


図6 New PASリチウムとスタンダードタイプの走行性能  
※各傾斜角度相当の負荷をかけた場合の比較



図7 メインスイッチ



## 6 フレームと車体部品

New PASリチウムのフレームはアルミパイプ製フレームを採用して、1.9kg以下の重量を実現している。

自転車部品には、内装3段変速やパーキングストッパー、「1キー2ロック」、ステンレス製リアキャリア、大型バスケットなどを採用し、使い勝手を充実させている。

## 7 品質への取り組み

New PASリチウムの開発では、三洋電機(株)の技術陣と密接に連携して、合同FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)、設計DR(Design Review)、評価結果DRなどを実施し、信頼性の確保に努めた。この結果、短期に難易度の高い新規システムの開発が実現できた。

## 8 おわりに

本モデルでは、新規にリチウムイオン電池とその充電器の開発に取り組み、使い勝手と走行性能を向上させた魅力あるモデルの開発ができた。

電動ハイブリッド自転車の市場は、今後もさらに競争の激化が予想される。本モデル開発の経験を生かし、さらに顧客満足度の高い商品開発にチャレンジして行きたい。

最後に、本モデルの開発に際して多大なご協力をいただいた三洋電機(株)およびブリヂストンサイクル(株)の関係諸氏に改めて御礼申し上げます。

### ■筆者



中山 浩典



赤坂 雅之



村田 和弘



明田 久稔



高橋 秀明

# 製品紹介

## 新構造FOAMAPを採用した フィッシングボート「BaySports16」

The Fishing Boat "BaySports 16" Built with the New FOAMAP Construction

福山 美洋 Yoshihiro Fukuyama 宮下 祐司 Yuji Miyashita  
 望月 保志 Yasushi Mochizuki 香山 晃 Akira Kayama 末森 勝 Masaru Suemori  
 ●国内マリン事業部 舟艇製品開発室 / ヤマハ天草製造株式会社 製造部



図1 フィッシングボート「BaySports16」

Although the sudden boom has now subsided somewhat in Japan, the fashionable boat fishing style seen in bass fishing has become an established trend among young people. Furthermore, they have begun to look beyond this type of freshwater fishing to saltwater sport fishing for catches like sea bass. In answer to these needs, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) has developed the new "BaySports 16" as a model with a high-level mix of the kind of stylish design that will appeal to young people and the functions demanded of a good fishing boat, plus a variety of options with which they can customize it to their own tastes. This boat adopts, for the first time ever in a YMC product, a newly developed construction technology called FOAMAP(Foam Manufacturing Process) that integrates three layers into a single-unit construction for outstanding floatation and rigidity, which is certain to ensure a greater sense of security and comfort for the users. In this report we introduce this model and its new FOAMAP construction.

### 1 はじめに

一時の爆発的なブームは落ち着きつつあるものの、バスフィッシングにみられるボートを使用したファッショナブルな釣りのスタイルは、ここ数年で若年層の間に定着してきた。また、最近ではシーバスをはじめとする海でのスポーツフィッシングも注目され始めている。こうした背景の中、ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)は、若者に受け入れられるスタイリッシュなデザインとフィッシングボートとしての機能性を高いレベルで両立させ、また、豊富なオプションを用意することによって、好みに合わせてカスタマイズできるフィッシングボート「BaySports16」(図1)を開発した。「BaySports16」は浮力や剛性の面で優れた一体成形三重構造「FOAMAP(Foam Manufacturing Process)」を商品として初めて採用した結果、安心感と快適性を大幅に向上することができた。



## 2 開発の狙い

「BaySports16」の開発の狙いは3つある。

- (1) 各地でバスフィッシングに対する規制が強まり、海釣りに目を向け始めた若者に海釣りの楽しさを知ってもらい、将来のヤマハボートファンの獲得と増加を目指す
- (2) 最近増加傾向の小型カートップボート・トレーラブルオーナーの乗り換え需要を獲得すること
- (3) 新たな価値をお客様に提供する新技術「FOAMAP」の商品化により、ヤマハボートの付加価値と信頼性を高め、トップメーカーとしての地位をより強固なものとする

## 3 主な特徴

### 3.1 船体は浮力と剛性に優れた新構造FOAMAPを採用

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、従来のFRP単板構造やサンドイッチ構造に比べ、浮力、剛性の面で優れた特性を発揮する。

この一体成形三重構造によってお客様に「安心」「快適」「便利」の3つのメリットを提供することができる。

「安心」の面では船体が不沈部材の三重構造となっているため、万一その一部が開孔し、浸水しても自走による帰港が可能なほどの浮力を有する(図2、図3)。このことはアルミボートが主流である小型カートップボート・トレーラブルオーナーに対して大きな安心感を与えることができる。

「快適」の面ではウレタン発泡体が充填されることにより、波をたたく音が伝わりにくくなっている。

「便利」の面では構造上、船体のバルクヘッド(隔壁)やロンジ(縦通材)が不要なため、ハル内部の設計に自由度が増しワンクラス上の空間を提供できる。「BaySports16」では、同クラスであまり例がないフロア下物入れの設定を可能とした(図4、図5、図6)。

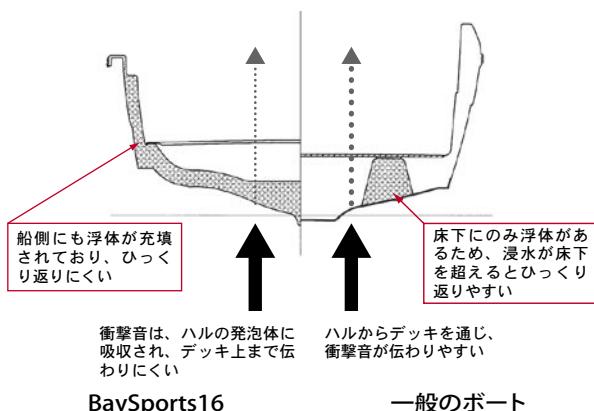


図2 BaySports16と一般のボートの船体断面の比較



図3 船首を切断した実験艇の走行の様子

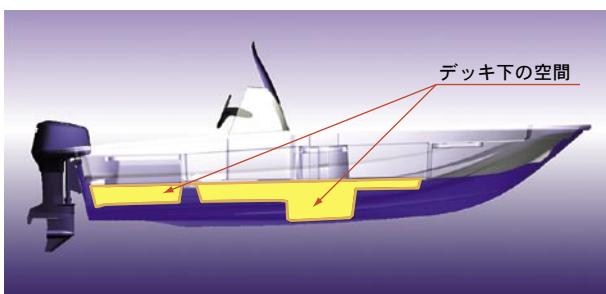


図4 デッキ下の空間(側面)

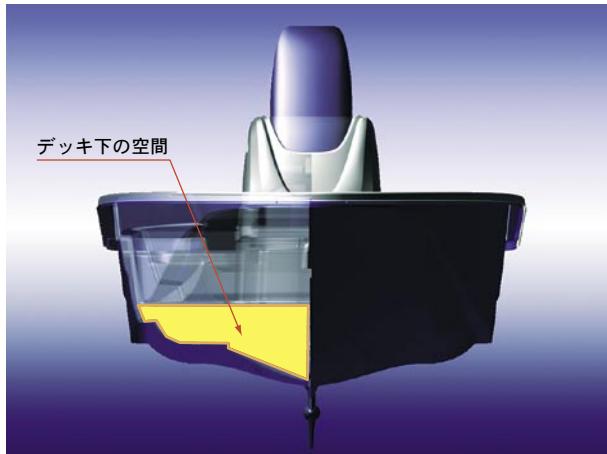
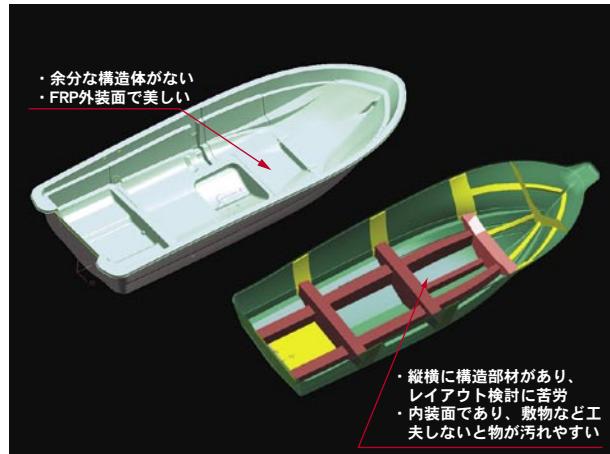


図5 デッキ下の空間(正面)

図6 BaySports16(左上)と一般的なボート(右下)の  
デッキ下構造の違い

### 3.2 安定性、走行性能、高馬力に対応したオリジナル・トリマラン船型を開発

「ベイフィッシングで常にポイントを移動する機動性」「バウデッキでのキャスティングに適した静止安定性」これらの2大要素を満足するため、実際に数種の小型ボートのハルを徹底的にテストし、その結果、静止安定性/ドライ性/耐衝撃性について我が社が保有している伝統のトリマラン船型が最も優れていることが分かった。さらに良好な機動性を得る高出力F60A船外機を搭載しても快適なハンドリング特性の向上を図るために、徹底的に航走プリテストを繰り返しチャイン部形状を作り込んだ。また、バウでの釣りを想定し、バウデッキでの釣りの際も不安感の無い、静止安定性を実現するために船首船型も作り込んだ。結果、高速でも卓越した旋回性能特性と直進安定性を得、また当社同クラスのプレジャーボートに対し、30%もの静止安定性向上が図られるなど、ベイスポーツの名にふさわしい「オリジナル・トリマラン船型」(図7)を開発した。



### 3.3 シーバスフィッシングに対応する機能性と豊富なオプション

ワンクラス上の大型イケスや物入れのほか、釣り機能を高めるバウ、サイド、スタン各所用のレール、バウデッキ、エレキモーター、ペデスタイルシートなど、特にシーバスフィッシングを意識したアイテムを豊富に揃えた。これらの豊富なオプションを揃えることにより、バスフィッシングから海釣りに目を向け始めた若者のニーズに対応することができる(図8)。



図8 オプション例



### 3.4 スタイリッシュなデザインと選択可能なコンソールタイプ

若年層を意識したスタイリッシュなデザインを採用した。また、コンソールが艇体中央に位置するセンターコンソールタイプと(図9)、右に寄せたサイドコンソールタイプ(図10)の二種類からユーザー好みによって選択することができる。

### 3.5 トレーラー対応のスケール

普通自動車免許での牽引を可能とするには総質量750kg未満としなければならない。できるだけ船を大きくし、かつ総質量を抑えるために様々なシミュレーションを実施した。その結果として全長4.8メートル、艇体質量385kgというスペック(表1)で、トレーラー対応としてだけではなく、フィッシングボートとしても十分なスケールと性能機能をもった商品とすることができた。これにより自宅保管を可能としたばかりでなく、広範囲なロケーションで釣りを楽しむことができる(図11)。

## 4 環境対応でも貢献

FOAMAPによるハルの製造工程において補強部材接着工程などを大幅に省略できることなどから、製造工程上発生する環境有害物質(VOC)を削減する、という環境保全の面においても大きな効果が得られる。また作業時のサンディングによる粉塵の減少の効果もあり、作業環境の改善にも効果がある。

## 5 品質への取り組み

FRPによるボート製造は人手とスキルに頼る工程が多い。FOAMAPは製造工程において最も重要なウレタン注入工程において材料、型の温度、注入量などを管理することにより、これまで作業者のスキルに頼っていた作業バラツキを排除し、品質を確保している。これらの設備をヤマハ天草製造(株)に導入し、生産体制を整えた。



図9 センターコンソールタイプ



図10 サイドコンソールタイプ

表1 主要諸元

|         | BaySports<br>16CC F40 | BaySports<br>16CC F60 | BaySports<br>16SC F60 |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 全長      | 4.80m                 |                       |                       |
| 全幅      | 1.92m                 |                       |                       |
| 全深さ     | 0.84m                 |                       |                       |
| 艇体質量    | 385kg                 | 405kg                 |                       |
| 完成質量    | 477kg                 | 500kg                 | 520kg                 |
| 定員      | 5名                    |                       |                       |
| 搭載エンジン  | F40B                  | F60A                  | F60A                  |
| 最大保証馬力  |                       | 44.1kW(60ps)          |                       |
| 燃料タンク容量 |                       | 携行缶24L                |                       |
| 航行区域    |                       | 限定沿海                  |                       |



図11 トレーラーでの揚降の様子



## 6 おわりに

ボート製造においても、高付加価値、コストダウンだけでなく、環境問題が重要なテーマになっている。FOAMAPは環境問題に対しても一つの回答をだす大きな可能性をもった技術である。今後、お客様に新たな価値を提供しつつ、環境問題にも対応するポテンシャルを持っているFOAMAPを大きく育てていきたい。

### ■著者



福山 美洋



宮下 祐司



望月 保志



香山 晃



末森 勝

# 製品紹介

## スノーモービル RSVectorシリーズ

The RSVector Snowmobile Series

中野 太久二 Takuji Nakano 甲斐 学 Manabu Kai 窪田 隆彦 Takahiko Kubota  
●MC事業本部RV統括部



図1 RSVectorシリーズ



The present worldwide snowmobile market demand is estimated at about 200,000 units annually. Of this, the largest volume zone is the mid-class models (73.5~95.5kW engine range) with an estimated demand of 90,000 units. Representing Yamaha Motor Co., Ltd. in this class, with the role of establishing Yamaha's firm position as the 4-stroke snowmobile leader, are the RSVector series models. Models that clear the USA's 2006 EPA (Environmental Protection Agency) emissions standards were introduced by the competitors last year, both in the form of 4-stroke models with turbocharger functions and 2-stroke models with direct fuel injection. As a result, the snowmobile industry has now entered a new stage where makers must compete by producing models with engines that offer not only the light weight and high power output traditionally demanded in snowmobiles but also environmental friendliness.

Here we report on the RXVector series models developed to answer these market needs.

### 1 はじめに

現在、スノーモービル(以下、SMB)の全世界の総需要は、約20万台である。その中で、最高出力が73.5~95.5kWのミドルクラスは、約9万台の最も大きなボリュームゾーンである。RSVectorシリーズ(図1)は、このミドルクラスにおいて、"4ストロークエンジンSMBはYAMAHA"といわれる地位を確立する使命を負った。昨今、競合各社から、2006年より施行されるEPA(Environmental Protection Agency)の排ガス規制をクリアした商品(4ストロークエンジン+ターボチャージャー搭載モデル、2ストロークエン

ジン+ダイレクトインジェクション搭載モデル)が発表された。SMBに求められる軽量、高出力に加え、環境に配慮したエンジンが市場に導入され、環境対応を踏まえた新しい土俵での商品競争になっている。

## 2 コンセプト

2003年に発売したRX-1は、4ストロークSMBの需要を創造する使命を受け、顧客の視点を4ストロークSMBに向けたためパフォーマンス、特に高い加速、最高速性能を発揮させるコンセプトで導入された。今回開発したRSVectorシリーズには、4ストロークSMBの世界を確立し、徹底して4ストロークSMBの価値を浸透させるため、パワー、ハンドリング、コンフォートのパーフェクトコンビネーションを求められた。"Advanced Light Weight Performance 4ストローク SMB"という商品コンセプトのもとにRSVector、RSVector ER、RSRage、RSVenture、RS Venture TF、RSVector Mountainを開発した。車両重量、エンジン出力は、SXB700(2ストローク、3気筒、700cm<sup>3</sup>エンジン+セルスターター付きモデル)同等とした。RSVectorシリーズの代表モデルであるRSVectorとRSVenture TFの仕様諸元を表1に示す。

このモデルの根幹をなすエンジンとサスペンションを中心に紹介する。

表1 仕様諸元

| 項目                          | RSVector                           | RSVenture TF                        |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 全長                          | 2,755mm                            | 3,210mm                             |
| 全幅                          | 1,225mm                            | 1,275mm                             |
| 全高                          | 1,212mm                            | 1,280mm                             |
| 排気量                         | 973cm <sup>3</sup>                 |                                     |
| 気筒数・配列                      | 並列 3気筒                             |                                     |
| ボア×ストローク                    | 79 × 66.2 mm                       |                                     |
| 圧縮比                         | 11.3                               |                                     |
| バルブ数                        | 4/バルブ/気筒                           |                                     |
| 冷却方式                        | 水冷                                 |                                     |
| 潤滑方式                        | ドライサンプ                             |                                     |
| キャブレター形式                    | ケーピングCVK40 × 3,<br>温水配管付き          |                                     |
| 点火方式                        | T.C.I.                             |                                     |
| エキゾーストパイプ・<br>マフラー形式        | 3-1-2                              |                                     |
| 変速機                         | Vベルト自動変速機                          |                                     |
| ブレーキ形式                      | 対向ピストン                             |                                     |
| スキー形式                       | 樹脂スキー                              |                                     |
| スキースタンス                     | 1,085 mm                           |                                     |
| フロントサスペン<br>ション形式           | インディペンデント<br>ダブルウイッシュボーン           |                                     |
| フロントサスペン<br>ショントラベル         | 229 mm                             |                                     |
| リアサスペンション<br>形式             | プロアクティブ<br>リアサスペンション<br>151フリップアップ | プロコンフォート<br>リアサスペンション<br>151フリップアップ |
| リアサスペンション<br>トラベル           | 292 mm                             |                                     |
| トラックベルトサイズ<br>(幅×周長×パターン高さ) | 381×3,072×<br>31.8 mm              | 381×3,835×<br>31.8 mm               |
| 燃料タンク容量                     | 38 L                               |                                     |
| オイルタンク容量                    | 3.5 L                              |                                     |



### 3 エンジン

4ストロークSMB第2弾であるRSVectorシリーズのエンジン(図2)のセールスポイントは軽量、コンパクト、高出力である。

4ストロークSMB第1弾である並列4気筒998cm<sup>3</sup> RX-1から約10kgの軽量化をしつつSXV700と同等の出力を実現した。少ない投資(人、物、金)で開発することを狙い、スポーツバイクFJR1300の4気筒エンジンをベースに3気筒化し、排気量を973cm<sup>3</sup>とした。以下にその詳細を紹介する。



図2 エンジン

#### 3.1 シリンダーヘッド

シリンダーヘッドの基本寸法はFJR1300を踏襲。性能向上と吸排気レイアウト変更のために、吸排気ポートを新作した。また、冷却系の仕様決めにはシリンダーヘッド水流れ解析(図3)を活用し、作り込みの時間短縮を図った。

#### 3.2 クランク、ピストン

圧縮比アップのためピストンはFJR1300から小変更した。クランクは、出力取り出しをCVT(Continuously Variable Transmission)用に補機類駆動レイアウトを変更するため新作した。3気筒240度等間隔爆発のため偶力バランサーを搭載し、エンジン振動はRX-1以下に抑えている。



図3 水流れ解析

#### 3.3 カムシャフト

性能向上のため、カムプロフィールを新作した。性能開発にはシミュレーションを活用し、テスト仕様の絞り込みを実施し、開発効率向上を図った。

#### 3.4 潤滑系

RX-1同様ドライサンプとした。3ローター(2回収+1加圧給油)のトロコイドポンプ(図4)を採用し、クランクケース内の負圧化を実現させ、ロス馬力低減による性能向上とオイル消費の節減を達成した。

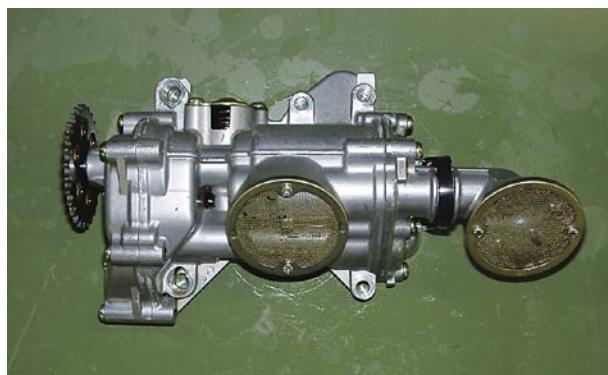


図4 オイルポンプ

### 3.5 冷却系

ウォーターポンプからクランクケース、ヘッドシリンダーへの通路をクランクケースに一体成形したダイレクトイン構造とし、軽量化、コストダウンを図った。ウォーターポンプは、高効率で大径のインペラを開発し、RX-1以上の冷却水循環水量を実現した。

### 3.6 吸気系

ケーヒン製CVK40、3連装キャブレターを新規開発し、目標性能達成と2006年排ガス規制クリアを果たした。アイシング、スノーアイシング対策として、電気式ヒーターと冷却水利用の温水ヒーターを併用している。エアクリーナー内にブリーザーボックスを一体成形し、コストダウンとコンパクト化を図っている。

### 3.7 排気系

3-1-2集合の排気システム(図5)とし、低速から高速までスムーズなトルク特性を実現した。

RSVectorとRX-1の差別化を図るため、車体のリア回りのデザインを一新した。リア回りをより小さく見せるように、排気サイレンサーをRX-1のものより小型化しているが、最適設計により騒音規制値をクリアすることができた。

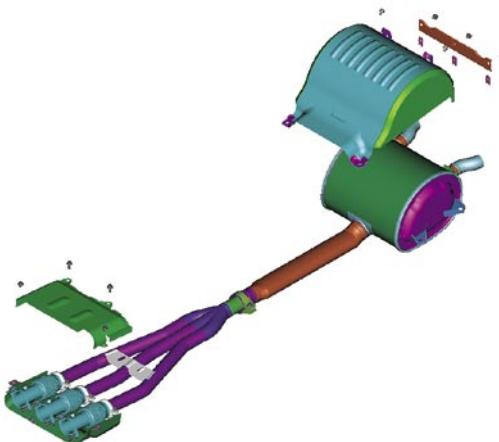


図5 排気系

### 3.8 クランクケース

アッパークースにLP(Low Pressure)鋳造による直メッキ+クローズドデッキ一体シリンダーを採用し、オイル消費を格段に減らすことができた。

### 3.9 始動系

1気筒当たりの排気量がRX-1より大きいため、低温でのクランキングトルクが増大している。そこで、セルモーターの出力アップと同時に0W-30の極低温用オイルを開発し、-30°Cにおける十分な始動性能を確保した。

### 3.10 制御系

冷機時エンジン保護制御、暖機制御、キャブレターヒーター制御、オーバーヒート制御等の基本制御はRX-1を踏襲した。

### 3.11 環境への対応

2006年から導入される排ガス規制を1年前倒しでクリアさせた。燃費は、2ストロークモデル(SXV700)より40%向上させることができた。

## 4 サスペンション

スノーモービルは、変化に富んだ条件下で使用される。また、使用用途も多種多様にわたっている。

気温: +15°C ~ -35°C

雪質: 氷・シャーベット・圧雪・新深雪など

走路: 整地・不整地・山の斜面・凍った湖・林の中など

用途: ツーリング・スポーツ走行・レース・荷物の牽引など

そのスノーモービルのカテゴリーは、使用用途とトラックベルトの長さ(周長)で決まっている。今回のRSVectorシリーズには、そのカテゴリーに合わせ成熟させた2種類のフロントサスペンションと、独自に新開発した5種類のリアサスペンションが搭載されている。

### 4.1 フロントサスペンション開発

#### 4.1.1 RSVector専用ワイドスキースタンス・フロントサスペンション

RX-1がフラットトレールをメインターゲットとしたリンクレイアウトであるのに対して、今回RSVectorに採用したダブルウィッシュボーン・フロントサスペンションは、どのような路面条件においても旋回に必要なサイドフォースを適切に得られるよう、新ジオメトリーによるロール剛性の見直しと、スキースタンス及びキー形状の新設計を行った。車体の軽さとあいまって軽快な操縦性を実現した(図6)。キーは、ヨーロッパ市場で要求される新深雪での走行性能を向上させるため、フローティング効果を最大限に發揮し、かつ旋回時のハンドル操作も重くならないスポーツユーティリティー専用のキー(POWDER SKI)を新設計した(図7)。

#### 4.1.2 マウンテンモデル専用ナロースキースタンス・フロントサスペンション

RSVector Mountainには、斜面走行(トラバース走行)に有利なナロースキースタンスの山モデル専用のダブルウィッシュボーン・フロントサスペンションを採用した(図8)。キーは、新深雪では今までにないフローティング効果と旋回性能を發揮し、かつ圧雪トレール路面でも軽快なハンドリングを得られ



図6 ワイドスキースタンス・フロントサスペンション



図7 スポーツユーティリティー専用新設計キー



図8 ナロースキースタンス・フロントサスペンション



図9 マウンテン専用新設計キー



るマウンテン専用スキー(MOUNTAIN SKI)を新設計した(図9)。

## 4.2 リアサスペンション開発

新設計のリアサスペンションは従来のプロアクションプラス・サスペンションに対して、約6kg(20%) の重量軽減を実現した。手法として、サスペンションの内部応力を複雑なリンク内で処理せず、単純にフレームと地面に発散させるようにし、シンプルな構造を用いるようにした。また、多機能一体化部品の作成に際し、アルミ・樹脂材料を積極的に使用することにより、部品点数・コストは30%以上の削減を達成した。さらに、一部の部品変更だけでカテゴリー毎の特性を調整できる機構を用い、共通部品を多用して、専用部品を削減した。

スノーモービルのリアサスペンションは一言でいうと揺動(フレームスライディングのシーソー運動)を抑制すれば乗り心地が良くなり、ピッチングさせれば加速性に富むアグレッシブなサスペンションとなる。新開発のサスペンションでは、揺動調整機構(C-ROD機構)と新開発のフローティングリンクを用いることで、カテゴリー毎に個々に要求されるサスペンションの特性・コンセプトに対応できる機構となっている。以下にカテゴリー毎に新設計したリアサスペンションを紹介する。

### 4.2.1 プロアクティブ・リアサスペンション(RSVectorに搭載)(図10)

どのような雪質でも速度・姿勢・加速の変化量を少なくしたアプローチアングルを採用し、プロアクションプラス・サスペンションより強烈な加速フィーリングをどの速度域からでも得られるリンクレイアウトを新設計した。独自のフローティングリンクの採用により、リアサスペンションのフロント部分とリア部分のショックアブソーバーの反力配分を、ストローク量で自由に設定できるようになった。その結果、前後長の短いモデルのリアサスペンションでは苦手とされたフロント部分の乗り心地の向上に効果を發揮している。また、リアサスペンションの底着き時にも、リアサスペンションのフロント部分とリア部分の反力配分を自由に設定できるため、大ジャンプや大きなうねりギャップ走行においても腰の強い乗り心地を得られる。さらに、走行パターンやライダーの体重に合わせ、適切に配分・調整できるため、各カテゴリーのコンセプトにあった乗り心地を得られる。

また、底着きフィーリングの向上を狙い、四角断面の高応力対応トーションスプリングを用い、支持点の長さをえることで多段バネと同じ反力が得られるアンチ・ボトミング・ストッパー・アジャストメント(反力可変機構)を新たに採用した。

リア回りのリンクにおいては、今まで分割していた支持リンクと、前後の揺動をコントロールするC-RODを一体化し、アルミ部材を採用することで、部品点数の削減と質量軽減を実現。またC-RODの長さをえることで、アグレッシブな走行フィーリングから乗り心地を優先する仕様に簡単に変更できる。



図10 プロアクティブ・リアサスペンション



#### 4.2.2 プロアクション・クリッカー・リアサスペンション(RSRageに搭載)(図11)

乗り心地に定評のあるプロアクションプラス・サスペンションのショックアブソーバーを減衰可変タイプとし、日々変化する走行条件に対し順応力を強化したサスペンションである。

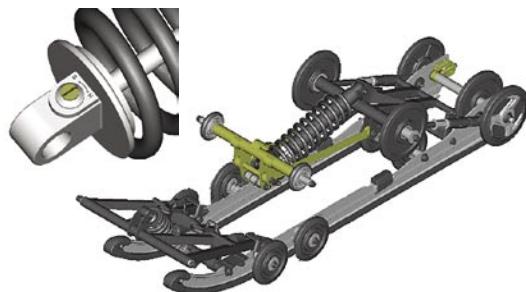


図11 プロアクション・クリッカー・リアサスペンション

#### 4.2.3 プロコンフォート・リアサスペンション(RSVentureに搭載)(図12)

プロアクティブ・リアサスペンションをベースとし、ピッチングの少ない乗り心地を優先するリンクレイアウトを取っている。また、1人乗りから2人乗りまでをカバーできるサスペンションとするため、可動式で調整可能な新設計反力可変アジャスト機構を設け、トーションスプリングの反力可変を行うことでライダーの人数に合わせて適正な乗り心地を得られるようにしてある。



図12 プロコンフォート・リアサスペンション

#### 4.2.4 プロコンフォートTF・リアサスペンション(RSVenture TFに搭載)(図13)

プロコンフォート・リアサスペンションに対し、リア反力を重視し、2人乗りや牽引走行までカバー可能なサスペンションレイアウトを行っている。また、可動式のフリップをサスペンション後部に設けることでバック走行時の走行性能を向上させている。

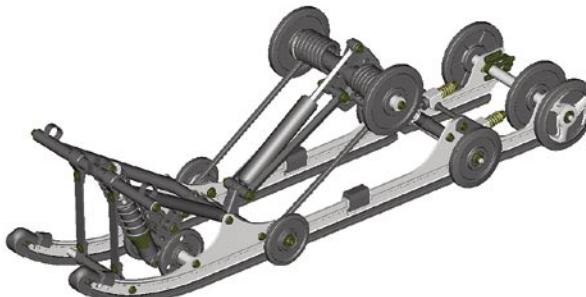


図13 プロコンフォートTF・リアサスペンション

#### 4.2.5 プロマウンテン・リアサスペンション(RSVector Mountainに搭載)(図14)

山モデルでは、登坂能力と新深雪での走破性が求められる。

プロアクティブ・サスペンションをベースに、登坂能力に大きく影響するトランスファー(フロントが持ち上がる現象)を重視したリンクレイアウトを行い、今までにない登坂能力と新深雪の走破性を実現している。また、今回新設計したデュアルアンダーフレームスライディングを使用することで、圧雪路ではプロアクティブ・サスペンション並みの旋回性能を得ることができた。

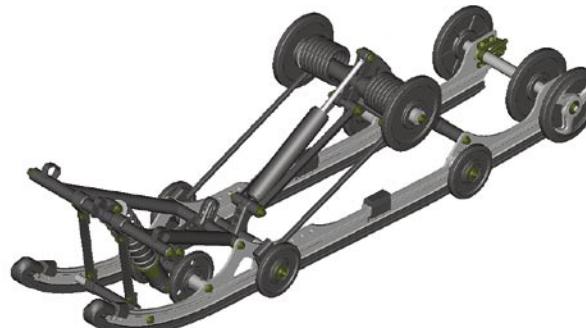


図14 プロマウンテン・リアサスペンション



## 5 品質への取り組み

多くのバリエーションモデルを持つRSVectorシリーズは、カテゴリー毎にメイン市場があり、それぞれの市場における検証が非常に重要であった。量産前の車両を主仕向け地で使用する機会を設定することにより、あらかじめ発生しうる課題を抽出し、対応をした。

## 6 おわりに

RX-1投入後の市場調査によると、次期購入モデルに4ストロークを検討する人は75%を超えていた。購入判断のポイントは、車両重量とエンジン性能への期待である。RSVectorシリーズは、目標通りSXV700のセルスターター付きモデルと同等の車両重量、同等のエンジン性能を達成した。さらに、新設計のリアサスペンションを搭載し、車両のパフォーマンスはSXV700を超えたと各雑誌社に評価された。このRSVectorシリーズによりYAMAHAの新たな4ストロークSMBの世界を堪能していただけたと考えている。最後に本モデルの開発にあたり多大な協力を頂いた皆様に、この誌面をお借りして心から感謝し、お礼を申し上げる。

### ■著者



中野 太久二



甲斐 学



窪田 隆彦

# 製品紹介

## スポーツバイク tricker XG250

The sport bike XG250 tricker

近藤 充 Mitsuru Kondou 都澤 大樹 Ooki Miyakozawa 中山 邦彦 Kunihiko Nakayama  
 村上 仁 Masashi Murakami  
 ●MC事業本部技術統括部



図1 tricker XG250

Sales of new units of Light(126-250cm<sup>3</sup>) Class motorcycles in Japan dropped from an annual level of 160,000 units in 1990 to less than 100,000 units in the mid-90s and finally to a level of 60,000 units in 1999. The popularity of sport motorcycles and large class scooters helped the annual demand to recover to a level of 90,000 units in 2002, continuing a positive trend in demand growth.

Yamaha Motor Co., Ltd.(YMC) developed the new XG250 tricker as a model intended to help create new demand that will strengthen this growth trend in the domestic motorcycle market.

Taking "Free Ride Play Bike" as the key words in its development project, this model is intended to create a new genre of sport motorcycle that pursues "the pure joy of bike handling" that is one of the most basic appeals of the motorcycle as a vehicle. To achieve this, YMC's engineers sought in this model an optimum balance of the elements of drivability that enables the rider to "play" with the bike, a high level of sports performance and agility, a compact, lightweight body that encourages the feeling of handling a bicycle, and an engine that delivers smooth power all the way from low to high speeds without stress.

In addition, YMC's designer sought to give this model a completely new look not seen in other models and to offer it all at an affordable price that adds to the overall product appeal.

Here we report on the development of this new model XG250 tricker.

### 1

### はじめに

国内における軽二輪(126~250cm<sup>3</sup>)クラスの新車販売実績は、1990年には16万台あったものが、1990年代半ばには10万台を割り込み、1999年には6万台にまで落ち込んだ。2002年以降はスポーツモデルとビッグスクーターの人気により9万台まで回復し復調傾向を持続している。

この低迷する日本市場において新規需要を掘り起こし、復調傾向をより確実なものとすべく新規開発されたモデルがtricker XG250(以下、トリッカー)(図1)である。

トリッカーは、バイクの本質的な魅力である「バイクを操る楽しさ」を訴求する新ジャンルのスポーツモデルとして、「フリーライドプレイバイク」をキーワードに、「遊べる」軽快な操縦安定性と高い運動性能を徹底追求した。その結果、自転車感覚で乗れる小型・軽量な車体と、低速から高速までストレスなく回るエンジンとのベストバランスを実現した。

加えて、他モデルには無い特徴あるスタイリング、買い易い価格設定等、商品としての魅力の高次元での調和を目標に開発した。

## 2 開発の狙いと設計構想

開発においては「意のままに操る楽しさ」を追及するため、以下項目について重点を置き造り込みを行った。仕様諸元を表1に、フィーチャーマップを図2に示す。

### 2.1 その気にさせるサイズ感

まったく新しいジャンルの開発であり、目指すものが何なのか、開発メンバー内のベクトル合わせのため、キッズ向けプレイバイクのPWから、競技用オフロードモデルのYZまで、様々なタイプのオフロード車両を揃えて試乗会を行った。その中から出てきたキーワードが「サイズ感」である。「意のままに操る楽しさ」を追求するためには、当社のオンオフモデルであるXT225では、まだ大きすぎるという結論であったため、トリッカーでは車体各部において徹底したサイズ縮小、凝縮への努力を行った。

表1 仕様諸元

| 項目           | 諸元値  |                                      |
|--------------|--|--------------------------------------|
| 原動機種類        | 空冷、4ストローク<br>単気筒、2バルブ  |                                      |
| 排気量          | 249 cm <sup>3</sup>  |                                      |
| 内径 × 行程      | 74.0 × 58.0 mm   |                                      |
| 圧縮比          | 9.5 : 1  |                                      |
| 最高出力         | 16 kW / 7,500 rpm  |                                      |
| 最大トルク        | 21 Nm / 6,500 rpm  |                                      |
| 変速比          | 1速 : 2.846 2速 : 1.812<br>3速 : 1.318 4速 : 1.035<br>5速 : 0.821 |                                      |
| 1次 / 2次減速比   | 3.083 / 3.000  |                                      |
| 全長 × 全幅 × 全高 | 1,980 × 800 × 1145 mm  |                                      |
| シート高         | 790 mm   |                                      |
| 軸間距離         | 1,330 mm   |                                      |
| 最低地上高        | 280 mm   |                                      |
| 乾燥質量 / 装備質量  | 111 kg / 120 kg  |                                      |
| キャスター / トレール | 25° 10' / 92 mm  |                                      |
| ホイールトラベル     | 前<br>後   | 180 mm<br>172 mm                     |
| タイヤサイズ       | 前<br>後   | 80/100-19M/C 49P<br>120/90-16M/C 63P |
| ブレーキ形式       | 前<br>後   | 油圧シングルディスク<br>油圧シングルディスク             |
| 燃料タンク容量      | 6.0 L  |                                      |
| エンジンオイル容量    | 1.4 L  |                                      |
| バッテリ容量       | 12V, 6AH   |                                      |
| ヘッドライト       | ハロゲンバルブ H4   |                                      |

### 2.2 自由にコントロールできる高運動性能

いくら性能が良くても使いにくくては遊べない、遊ぶ気にはなれない。そこで、スロットルやクラッチ、ブレーキなどのタッチ、自由なライディングポジションを取るために重要な車体幅など、バイクと人をつなぐ部分についてのフィーリングを重視して造り込みを行った。ハンドリングについてもライダーの意思通りに自由に旋回できる小気味の良い運動性能を狙った。

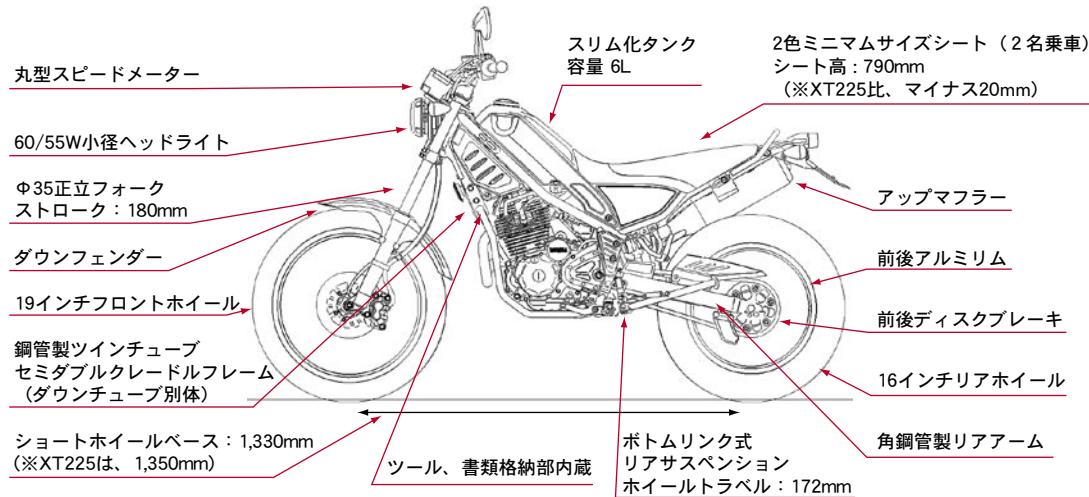


図2 フィーチャーマップ

### 2.3 低・中速の粘りと実用域でのパンチ力

エンジン性能関係で重視したのが低・中速の粘りと実用域のパンチ力である。ベンチテストで測定できる性能値はもちろん大切だが、トリッカーでは官能に訴えるモノ、例えば過渡時のツキの良さや、スロットル操作に対するリニアリティ、トルク"感"などがより重要視された。

吸排気系の容積は定常・過渡性能のいずれにも影響の大きな要素であり、コンパクトな車体の中でできる限りの容積を確保した。フライホイールマスの設定やキャブセッティングにあたっては、トルク"感"と車体に見合った軽快感のある吹き上がりが両立する解を求めてテストを重ねた。

### 2.4 買い易い価格設定

メインターゲットが若年層であること、また、なるべく多くの方にバイクを操る楽しさを知ってもらいたいとの思いから、40万円以下の価格設定とし、コスト活動を展開した。

## 3 車体概要

### 3.1 サイズ感とマスの集中化を実現する凝縮レイアウト(図3)

フレームのダウンチューブを別体式とすることにより、エンジン搭載のための余分なスペースを省き、エンジンとフレーム各パイプをコンパクトにまとめ、全体プロフィールの小型化、マスの集中化を実現している。また、リアサスペンションをエンジンの吸気管下方の低い位置へレイアウトすることで、車両の低重心化とエンジン吸気のストレート化、十分なエアクリーナー容量確保を達成している。

また、走破性確保のため、最低地上高は280mmと高く、シート高は790mmと低く設定、いつでも足が着く安心感から生まれる「その気」にさせてしまうサイズ感を達成した。

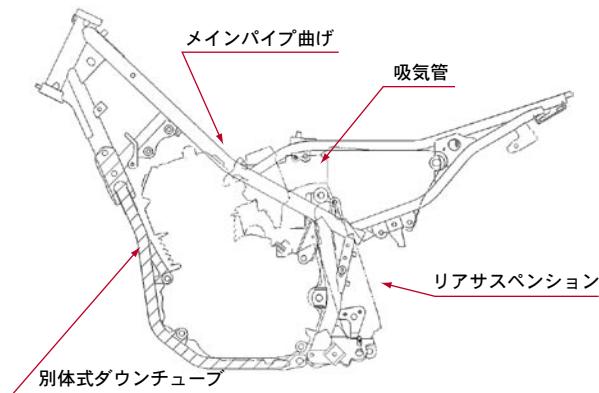


図3 別体ダウンチューブ式セミダブルクレードルフレーム



### 3.2 高剛性デュアルチューブ式セミダブルクレードルフレーム

メインパイプを $\phi$ 28.4mmの鋼管2本としたセミダブルクレードルフレームを採用、TT250R比2.4倍の高い横剛性を確保し、きびきびした旋回性能を実現している。また、メインパイプに側面から見て下方へ凸となる曲げ(図3)を追加することにより、タンクとエンジンのマスの集中化、タンク容量確保とともに、トリッカーワークス独特の縦へのデザインを演出している。

### 3.3 各ディメンション最適化による優れた操縦安定性

キャスターを $25^{\circ}10'$ (XT225比、マイナス $1^{\circ}20'$ )、トレールを92mm(XT225比、マイナス10mm)と設定、前19インチ、後16インチの新開発タイヤと相まって軽快なハンドリングと必要十分な直進安定性を両立させている。

### 3.4 走りの邪魔にならないミニマム設計ヘッドライト

夜間の視認性、被視認性確保のため、明るい60/55W H4バルブを採用しつつ、レンズ径 $\phi$ 100mmという超小型のヘッドライトを実現しており、安全性確保と同時にハンドル周りの回転マス軽減に貢献している(図4)。



図4 ヘッドライト

## 4 エンジン概要

### 4.1 トルクフルな新開発エンジン(図5)

エンジンは、排気量を軽二輪クラスフルサイズの $249\text{cm}^3$ とし、動弁機構はオーソドックスながら軽量かつコンパクト設計に有利なSOHC2バルブを採用し、低中速重視の、軽快でトルクフルな走行フィーリングを実現させている。

また新設計のシリンダーにはアルミメッキシリンダーを採用し、放熱性の向上によるオイル消費量の低減と、ピストンクリアランスの縮小によるピストン打音の低減に寄与している。同様に新設計となったピストンは鍛造ピストンを採用することで軽量化し、同時に採用した1軸バランサー機構と合わせて体感振動の低減に効果を上げている。吸気系はコンパクトな車体レイアウトに対応し、エアクリーナーケースを新作した。吸気管には共鳴音を低減するため、レゾネーターを設定した。

排気系は、エンジンの右側に排気管を通すレイアウトとした。乗員保護のためのプロテクターはステンレス鋼板のバフ研磨仕上げとし、機能と外観の高級感を演出している。消音器は $\phi$ 105mmの円筒形とし、3室からなる多段膨張反転構造により消音効果を得た。さらに内壁にはグラスウールを使用して吸音効果を高めている。



図5 エンジン



## 5 コスト低減活動による低価格実現

一般的なバイクの外観露出タンクは、下、上左、上右、各1枚ずつの3ピースのパネルを溶接する構成であるが、本モデルでは上、下各1枚ずつの2ピース構成とし、側面にできるシーム溶接のフランジラインをカバーで隠すようにした(図6)。これにより、型投資、プレス、溶接のコストを削減した。

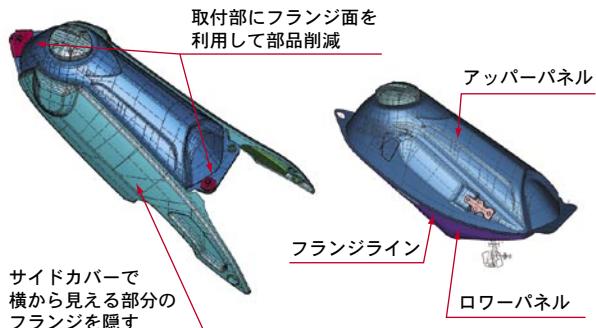


図6 フューエルタンク構造

## 6 おわりに

2003年の東京モーターショーでの発表以来、国内外から大変な反響を得ることができた。トリッカーが低迷する国内市場活性化の起爆剤となると同時に、若者にバイクを駆る楽しさを伝えられることを願っている。

### ■著者



著者と開発メンバー  
左から 中山 渡邊 近藤 都澤 村上

# 製品紹介

## スポーツATV Raptor350 & ユーティリティーATV Grizzly125

The sport ATV "Raptor 350" and utility ATV "Grizzly125"

松浦 達也 Tatsuya Matsuura 鈴木 康弘 Yasuhiro Suzuki 井上 真一 Shinichi Inoue  
 ● MC事業本部RV統括部



図1 YFM350 Raptor350



図2 YFM125A Grizzly125

The ATV(All Terrain Vehicle) model YFM350X "Warrior" released by Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) in 1986 won a strong following among a wide range of sport ATV users, from beginners to veterans, thanks to its ease of use and outstanding cost performance. However, the appearance of new rival models from the competitors in recent years has begun to slow sales of this model. As the successor to the Warrior, YMC has developed the YFM350 "Raptor 350," a model that carries on the original appeal of the Warrior while adding a new look based on the proud, aggressive styling of the popular Yamaha deluxe model 660R "Raptor" and updating components throughout the design.

The YFA1 "Breeze" released in 1988 won market approval as a low-displacement entry-level model with automatic transmission that is easy to handle for beginners and women. Its popularity has made it a consistent long-time seller in the 16 years since. However, recent years have seen a sudden growth in unit sales in this category for cheaper models imitating the "Breeze" by foreign makers. This created an urgent need for YMC to introduce a new model with new appeal to counter these copy models. To do this, a new model was conceived with attractive new styling relating to the popular Yamaha model "Grizzly 660." In addition, the development team made full use of YMC's existing model resources and a new design process to rapidly rework the existing model into an attractive, low-cost model that has been named the YFM125A "Grizzly 125."

What both of the new YFM350 "Raptor 350" and YFM125A "Grizzly 125" have in common is that they are the products of a "product renewal" process that takes the chassis and engines of two models that have continued to win customer support over long periods and, while making



few changes in the basic structures, succeeded in renewing the models with a minimum of development investment. Here we report on the development process for these two models.

## 1 はじめに

1986年に発売されたYFM350X Warriorは、スポーツATV(All Terrain Vehicle)の世界において扱い易さやコストパフォーマンスの高さで初心者からベテランまで幅広いカスタマーに親しまれてきたモデルである。しかし近年競合他社からのニューモデル登場により販売面で陰りが見られ始めた。そこでWarriorの持ち味はそのままに、人気の高い上級スポーツモデル660R Raptor譲りのアグレッシブなスタイリングへの変更や各部のリニューアルにより再生を図ったのが、YFM350 Raptor350である(図1)。

1988年に発売されたYFA1 BREEZEは、初心者・女性に扱い易い小排気量・オートマチックのエンターモデルとして好評を博し、以来16年の長きに渡り堅調な販売台数を維持して来た。ところが近年このクラスにおいては海外メーカーによるBREEZEの安価なコピーモデルの販売台数が急伸長しており、これらのモデルに対抗できる新たな魅力の付加が急務となっていた。そこでBREEZEを人気モデルGrizzly660のデザインにリレーションを持たせたスタイリングに一新。今ある資源(モデル)を有効利用し、更に新しいデザインプロセスを活用することで、低コストかつ短期間の内に魅力的な商品に再生したモデルがYFM125A Grizzly125である(図2)。

双方のモデルに共通して言えることは、市場において長きに渡りカスタマーに支持されてきたモデルの車体・エンジンをベースに、その基本構成を大きく変えることなく、最小限の開発投資による"商品再生"を狙ったことにある。

## 2 YFM350 Raptor350 開発の狙い

本モデルはベースとなったロングセラーモデルYFM350X Warriorに、最新の外観、トレンドを取り入れることで商品の再活性化を図ることを狙いとして開発した。

### (1) エンジン

キャブレターはミクニ製BSR型に変更し、2006年EPA(Environmental Protection Agency)排ガス規制に適合させる。

### (2) 車体

外観変更に加え、現行モデルの持つコンフォート性や扱い易さを維持しスポーツATVとしての機能のアップデートを実施するため、次のような変更を織込むこととした。

- a) 現在のスポーツATVカスタマーニーズに合ったライディングポジションへの変更
- b) 競合他社モデル同等以下の乾燥重量とするための軽量化
- c) スポーツATVとしての軽快感の向上
- d) スポーツATV最新トレンドの導入

### (3) スタイリング

上級モデル660R Raptorとリレーションを持つアグレッシブなデザインとする。



## 3

## YFM350 Raptor350 エンジン概要

基本的に現行Warriorと同一エンジンを使用し、外観表面処理の変更等でコストダウンを図る(図3)。

吸気系については、現行モデルが米国向けにおいてレギュレーションが異なるカリフォルニア州向けと他州向けのキャブレター仕様を設定していたのに対し、2006年EPA排ガス規制に適合させ全世界統一仕様とした。キャブレター変更に合わせエアクリーナーも新作。現行モデルより吸気経路をストレート化しレスポンスの向上を図りながら、特性をターゲットカスタマーに合わせてより扱いやすいものとしている。

マフラーについては、新しい外観にマッチした円筒形スポーツタイプを新作した(図4)。

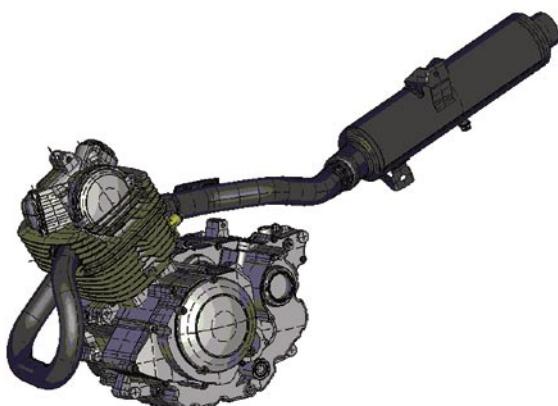


図3 YFM350 Raptor350 エンジン

## 4

## YFM350 Raptor350 車体概要

## 4.1 フレーム、サスペンション回り(骨格部品)の流用と軽量化

フレーム、リアアーム、フロントアーム類の骨格はそのまま活かし、軽量化のために細かいステー類を見直した。新しい外装は極力ステー類を追加せずマウントし、かつ電装品類の固定を新作外装部品に任せた。結果フレーム質量は1kg減の17.5kgとなり同時にコストダウンも達成した。



図4 YFM350 Raptor350 マフラー

## 4.2 足回りの軽量化と機能向上

タイヤのサイズダウンによる軽量化のほか、リア車軸回りはベアリングサイズを落としブレーキディスク、スプロケットの小径化などハブ回り全体を小型化し軽量化した。リアサスペンションはリンク形式を660R Raptorタイプに変更し、元々別体ガス室を持つガスクッションをピギーバックタイプとすることで商品性向上とコストダウンを果たした。更にフロントサスペンションのダンパーサイズをアップし、二段スプリング化することで乗り心地とスポーツ性の両立を図った(図5)。

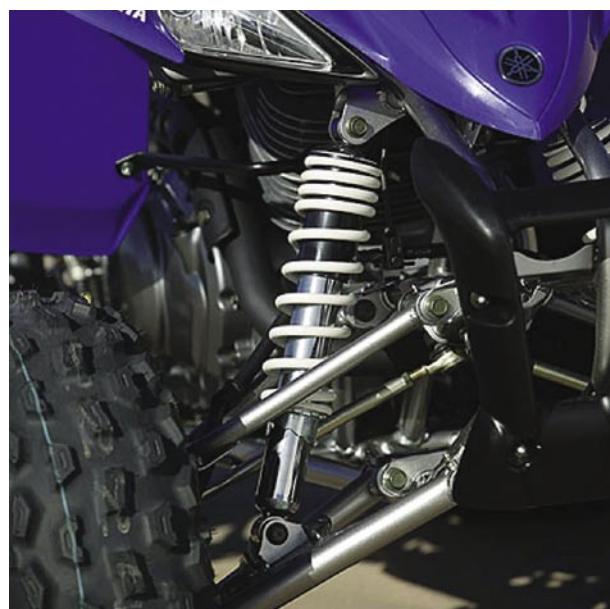


図5 YFM350 Raptor350 フロントサスペンション



#### 4.3 最新モデルのエッセンスを導入

外観上のアピールポイントとなるヘッドライトはYFZ450のものを、またフットレスト部のフラップは660R Raptorのものを流用した。操作性向上のためチョークについてはレバーを左スイッチハンドル下に設けたリモートタイプに変更した。また、従来のパーキングブレーキに替えてYFZ450にて新作した小径リアディスクと手元パーキングレバーも流用(図6)。幅広フットレストの採用も含め直前に開発されたYFZ450採用アイテムの中から市場で好評なものを積極的に織込んだ。



図6 パーキングレバー

#### 4.4 ヤマハATVで初の樹脂製バーキャリーフロントを採用

バーキャリーフロントにはヤマハATVで初めて一体ブロー成形のオール樹脂製を採用。外観に斬新なイメージを与え、更に軽量化を成し得た。

#### 4.5 クラッチ操作荷重の低減

クラッチの操作感向上のため、ワイヤークラッチの取りまわしをエンジン右取りまわしから左取りまわしに変更。操作荷重とフィーリングを改良した。

#### 4.6 ライディングポジションの見直し

フットレスト位置を下へ20mm後方へ20mmそれぞれ移動。シート着座高さ、ハンドル高さもそれぞれ変更し、リラックスして乗れ、それでいてよりスポーツライクなライディングポジションを実現した。

### 5 YFM125A Grizzly125 開発の狙い

開発にあたり海外メーカーの安価なコピーモデルに対抗するために価格ではない"新しい魅力"を創出しようとした。そこで活用したのがフラッグシップモデルGrizzly660(図7)の高いブランドイメージである。Generalカテゴリーのユーザーは若年層・女性層という、いわゆるファミリー層が主である。そこでBreezeのシャシー・エンジンをベースにGrizzly660とリレーションを持たせたスタイリングとすることで、Grizzly660を所有する父親層と共に"家族で楽しむATVの世界"(図8)、すなわち"ライフスタイル"を提供するというコンセプトで、安価なコピーモ



図7 Grizzly660



図8 家族で楽しむ ATV の世界 (米国)



ルとの差別化を図った。またデザインコンセプトが明確なことから、スタイリングCAD(Computer Aided Design)を活用しクレイモデルを製作しない新デザインプロセスにより開発期間・コストの大幅な低減を狙った。

## 6 モデル概要

### (1) スタイリング

Grizzly660のスケールダウンを基本としながら、小排気量モデルとしての軽快感やスポーティーさを加えた。

### (2) 車体・エンジン

信頼性が高く扱い易いBreezeの車体・エンジンを流用。Grizzly660のイメージの踏襲と使い勝手向上のため前後キャリアーを追加した。

### (3) 電装

イメージの踏襲のためGrizzly660の2灯丸目ヘッドライトを採用。

## 7 YFM125A Grizzly125 デザイン開発

### 7.1 Grizzly125での新デザインプロセス

Grizzly125のデザイン開発では、

- (1) "Grizzly660のスケールダウン"というデザインコンセプトが明確
- (2) 既存モデルのシャシーを流用するため設計要件のスタイリングCAD上での検討が容易で精度が高いという理由からクレイ造形の過程を無くし、細部デザインの造形からマスターデータ作成までを一貫してスタイリングCADによって作り込んだ。

### 7.2 デザイン確認

CAD画面上で詳細なデザイン面の造り込み作業を進めるため、表面の材質感・陰影を高度に表現できるCG(Computer Graphics)技術を活用した(図9)。またこれと併用して大画面映像表示システムと立体視メガネを用いることで、画面上で分かり難い車両のボリューム感・立体感の確認作業を行った(図10)。

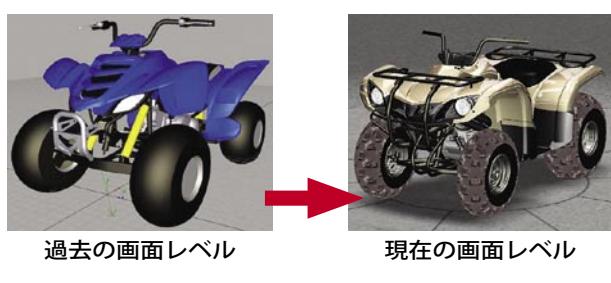


図 9 CAD 画面レベルの比較



図 10 大画面映像表示システムと立体視メガネ

### 7.3 効果

以上のような新デザインプロセスにより開発期間・コストを大幅に低減させることが可能となった。

- (1)開発期間 : 3ヶ月短縮
- (2) デザイン開発コスト : 24%削減



## 8 おわりに

YFM350 Raptor350においては、ベースモデルの良い部分を継承した上で各部分に変更を加えることで、新たな商品性を付加することができたと考える。

また、Grizzly125で採用した新デザインプロセスについては、スケールダウンモデルや外装部品の一部を変更するマイナーチェンジモデルの開発においては非常に効率的な手法と言える。

これらにより、発売以来長い年月を経て商品としての魅力が薄れてきたモデルに短期間・低成本の開発で新たな魅力を付加し、更に5年、10年とお客様の要求に答え続けられるモデルへと再生できたと考えている。

両モデル共に市場での評価はこれからとなるが、開発担当、各関連部署の努力により、高い性能/品質目標が実現でき、お客様に満足頂ける魅力ある商品に作り込むことができたと確信している。

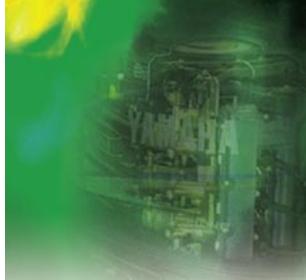
今後も開発を通じ、お客様の期待を超える商品を提供し続けていきたいと考えている。

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



著者とプロジェクトメンバー  
(左から、泉、山野、松浦、井上、鈴木康、  
鈴木孝、望月、加藤、山下)



# 製品紹介

## サロンクルーザー LUXAIR(ラクシア)

The Salon Cruiser LUXAIR

福山 美洋 Yoshihiro Fukuyama 門田 律 Ritsu Kadota  
●国内マリン事業部 舟艇製品開発室



図1 サロンクルーザー LUXAIR

Japan's domestic marine market is especially susceptible to the influence of the economy as a whole and has thus been in recession for a long time now. In particular, new model sales of domestic salon cruiser models that are used for cruising and other non-fishing uses was showing no signs of recovery due to the absence of new models, even though sales remained fairly strong in the imported model and used boat sectors. This situation led us to the decision to develop a new salon cruiser model with a new concept that reflected the current tastes of the users. Here we report on this development project.

### 1 はじめに

国内マリン市場は景気の影響を受けやすく、長らく低迷している。特に、クルージングなど釣り以外を主目的とするサロンクルーザーの市場については、輸入艇や中古艇は比較的堅調に推移しているものの、国内新艇については、新商品の投入がなく復調の兆しが見えなかった。

そこで、ユーザーの嗜好に対応した新コンセプトのサロンクルーザーを開発することにした。

### 2 開発の狙い

サロンクルーザーはフィッシングボートのように使用目的が明確でなく、様々な遊びに対応する必要がある。また、単純に仕様を豪華にしただけでは、輸入艇との差別化が難しく、中古艇には価格の面で太刀打ちできない。LUXAIR(図1)の開発では、従来の枠を超える新しい魅力として、以下項目を主要コンセプトに開発を進めてきた。

- (1) 優越感に浸れる内外装スタイリング
- (2) 25フィート(7.6m)フライングブリッジ(以下、FB)艇\*での爽快なドライビングプレジャー
- (3) 上質で快適なキャビン空間

#### (4) シチュエーションに合わせて空間を作り出せる多彩なシートアレンジ

\*FB艇：キャビンのルーフ部に操船席を設けたタイプのボート  
これらは、ボートでは初めての取り組みとなる品質機能展開による商品コンセプト創出技法<sup>1)</sup>により絞り込んできたものである。新しいコンセプトボートであるLUXAIRの開発には非常に有効な手法であり、開発の最後までコンセプトのぶれなく進めることができた。**表1**にLUXAIRの仕様諸元、**図2**にフィーチャーマップを示す。

表1 仕様諸元

| LUXAIR |         |
|--------|---------|
| 全長     | 7.47m   |
| 全幅     | 2.79m   |
| 船体質量   | 2,035kg |
| 定員     | 10名     |
| FB 定員  | 3名      |
| 最大保証馬力 | 221kW   |
| 航行区域   | 限定沿海    |

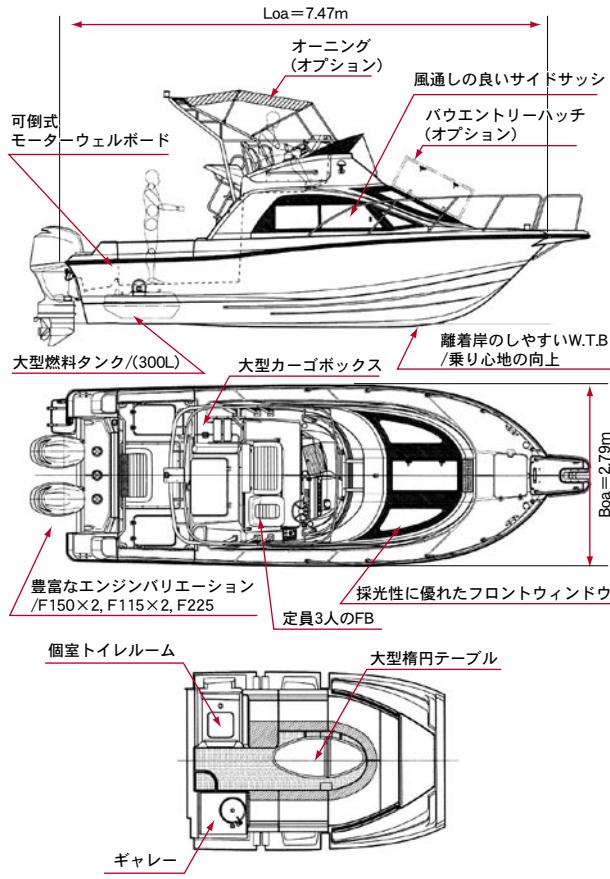


図2 フィーチャーマップ

### 3 パッケージング、レイアウト

昨今のFB艇の最小サイズはおよそ27フィート(8.2m)であり、従来の開発思想で設計してしまうと商品コンセプトの維持が難しい。LUXAIRの開発では、従来の枠にとらわれず、25フィート(7.6m)のクルージングボートとしての理想的なパッケージングはどうあるべきか、から計画をスタートさせた。

特に、サロンクルーザーのデッキ、キャビン空間には、その快適性、機能性、デザイン共に、高いレベルが要求され、開発に注力したポイントである(**図3**)。

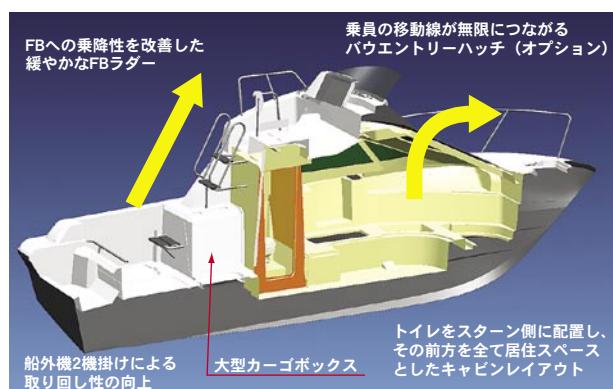


図3 デッキレイアウト



### 3.1 上質で快適なキャビン空間

LUXAIRでは限られたスペースを最大限に生かすために、通常はキャビン内にも設置されている操船席をFB操船の1箇所に絞り、自由にキャビン空間をレイアウトする事から始めた。そのため、通常は操船するための視界確保が優先されるフロントウィンドウについても、従来とは考えを変えて太陽の光を取り入れる配置とし、昼間はキャビン内を明るく照らし、夜には星空を眺める事もできるといった新しい魅力を付加している。



図4 室内検討用モックアップ

### 3.2 多彩なシートアレンジ

サロンクルーザータイプのボートはクルージングといった使い方に加えて、マリーナ係留でのパーティーや、船内泊といった様々な夢が広がるボートでもある。

LUXAIRでは、従来のFB艇で定位置とされていた、室内中央のトイレルームやギャレーを室内船尾側に集中配置し、ワンルームタイプのラウンジシートを採用。さらに、ユーザーの使用目的に合わせたシートアレンジを可能としている。開発時には机上検討だけでなく実物大の内装モックアップを作成し、アレンジの容易性や人の動線等を検証した(図4～図7)。



図5 ラウンジ  
大人6人でゆっくりテーブルを囲める



図6 ハーフフラット  
バウをくつろぎの空間とし、スターインにテーブルを配置



図7 フルフラット  
家族4人でゆったりと横になり、船内泊を楽しめる

### 3.3 アフトデッキスペース

近年、搭載エンジンの大型化が進みモーターウェル寸法\*は大きくなりつづけているが、LUXAIRではデッキスペースをできるだけ広く確保するために可倒式のモーターウェルボードを開発した(特許出願中)。\*船外機を搭載する船体後部のスペースのこと

通常航走時には操船に支障の無いスペースを確保し、エンジンをチルトアップする際には、モーターウェルボードを倒すことでスペースを作り出せるため、従来よりもモーターウェルボードをスタン側にレイアウトする事が可能になり、デッキスペースを100mm以上広げることに成功している(図8、図9)。

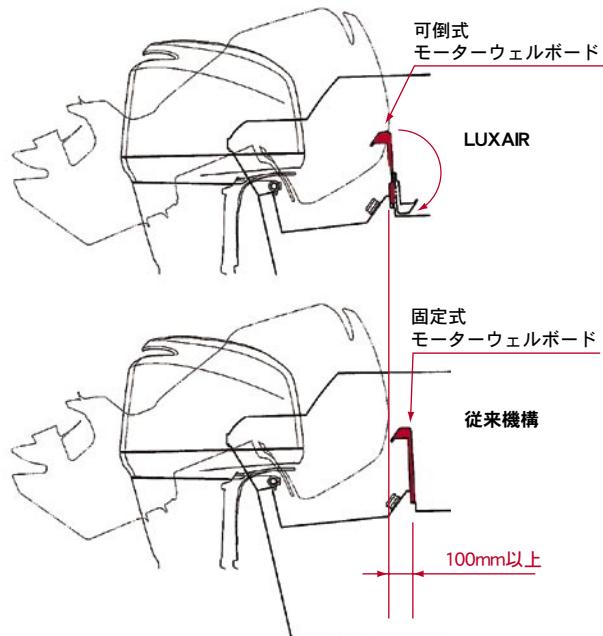


図8 モーターウェルスペース

## 4 航走性能

### 4.1 性能コンセプト

LUXAIRでは、以下の項目についてサイズを超えた性能を有することを目指して開発を進めてきた。

- (1) 低重心化、幅広船型によるクラスを超えた安定性の確保
- (2) 操船することが楽しくなるような、素直で扱いやすい操縦性



図9 可倒式モーターウェルボード

### 4.2 安定性の確保

爽快なドライビングを満喫するためには見晴らしの良いFB操船席の高さが重要である。逆に安定性を確保するためには、重心をできるだけ低くレイアウトする必要がある。LUXAIRではそれらを両立させるためにキャビンフロアの低床化技術に取り組んできた。

キャビンフロアを低床化(図10)すると内部構造部材の自由度が抑制され、後述の構造設計に大きく影響を及ぼすが、抜群の安定性を確保するためのフロア高さを決定し、その中で成立する構造仕様の検証を進めるというステップで開発を進めてきた。その結果、従来のFB無しの船に比較しても、およそ30%増しの安定性を実現している。

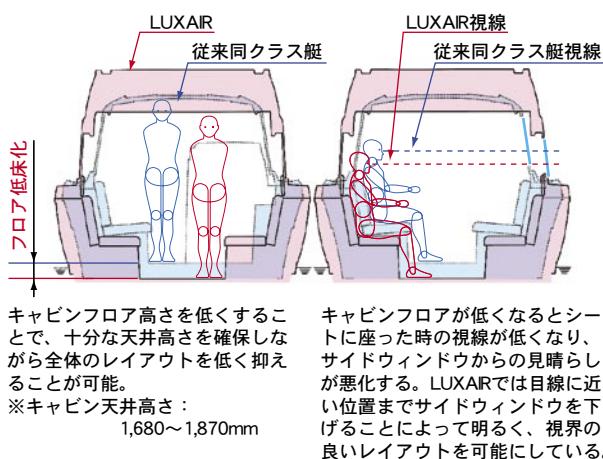


図10 断面比較図



#### 4.3 操縦性

操船することが楽しくなるような操縦性をコンセプトに、LUXAIRの船型は、ヤマハ発動機株式会社の小型艇に採用されているMV-R(Modernized V for Reliance)船型(素直な操縦性と快適な乗り心地をコンセプトに開発された船型)(図11)をベースに、YF-23で好評のWave Thruster Blade(以下、W.T.B.)を付加している(図12)。YF-23のW.T.B.は流し釣りのための風流れ性能を重視しているが、LUXAIRではマリーナ等での取り回し性能を重視し、形状のチューニングを進めてきた。

また、安定性確保のためには船体の幅を広げる必要があるが、ある割合を超えると旋回時の自然なヒール角度が抑制され、気持ちの良い旋回加速度が得られなくなる。

そのため、安定性と素直な操縦性を両立させるためのS-CHINE(SCULPTURAL CHINE)(図12)を新しく開発し採用している。

S-CHINEは、船体中央付近のチャイン幅を安定性確保のために幅広に、航走中に水を切るスタンチチャイン部は、前後揚力バランスや自然なヒール角度を得るために削り取った形状を特徴としている。

このS-CHINEの採用により、FB艇でありながらも抜群の安定性と、FB操船の醍醐味が味わえる素直な操縦性を両立させることに成功している。



図11 MV-R船型

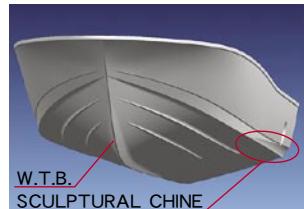
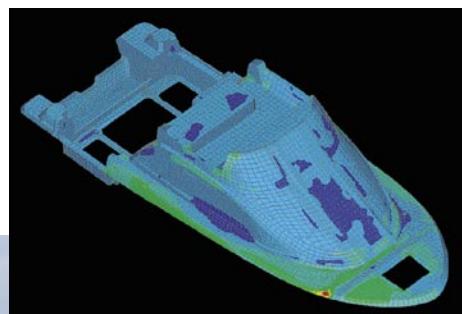
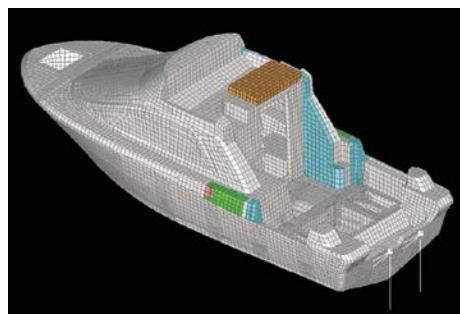


図12 W.T.B.とSCULPTURAL CHINE



※写真はプロドライバーによるテスト航走の模様です

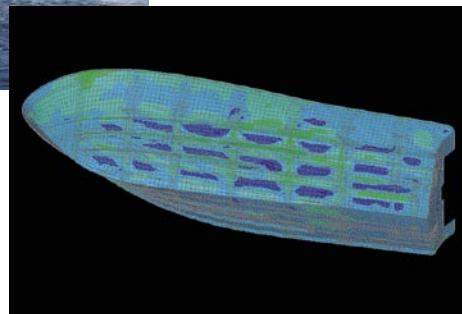
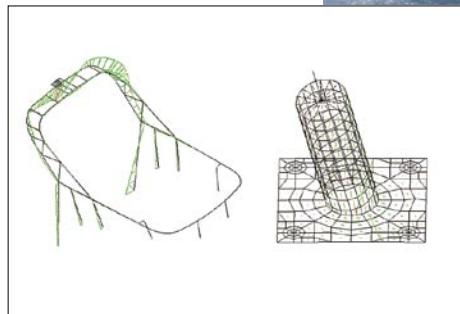


図13 FEM (Finite Element Method) モデル



## 5 船体構造

LUXAIRでは、前述の通り如何にキャビンスペースを広く開放的に作り出せるかが開発のポイントであった。

キャビンフロアの低床化を達成するために、従来よりも構造部材の高さを低く抑えた形での構造様式が求められる。そのため、長年培ってきた強度解析技術を以下の観点で発展させ、開発を進めてきた。

- (1) 局部強度に加え、全体変形、全体強度の検討
- (2) 構造部材の材質の見直し
- (3) 斜め落ち等、実際の海象条件に合わせた荷重設定(耐久試験基準の見直し)

また、搭載エンジンの高馬力化に伴い、ボートのスピードも上がってきている。LUXAIRでは航走時の船底外力値が従来艇の1.5倍となるなど、これまで以上に構造的には厳しい条件であったが、解析検討、計測、検証のスパイラルを徹底的にまわして開発してきた。その結果、同クラス艇に対しキャビンフロア高さを170mm低く下げながらも、高強度、高剛性の艇体構造を実現することができた(図13)。

## 6 品質への取り組み

近年のボート生産においては、製造・技術一体の体制を基盤とし、生産性の向上・品質の安定を目指し活動を進めている。

LUXAIRではその集大成として、以下項目を重点的に進めてきた。

- (1) 商品計画段階からの工場製造技術の噛み込み
- (2) 艇固有の専用治具、台車の開発
- (3) BHD(隔壁)高さセット治具による接着隙間の安定と管理
- (4) 「重要品質管理項目抽出表」の展開、運用

また、LUXAIRでは上質な室内空間の演出のために、従来のボート内装にはあまり使われてこなかつたアルミ材を採用している(図14、図15)。アルミ材は傷の修正が困難であることから、開発当初より傷入り防止のシステムづくりを進めてきている(図16)。今後ますます重要な商品の魅力向上のためにも、今回のアルミ材の品質管理を有効な手段の一つとして捉え、システムの熟成を進めていくつもりである。



図14 アルミフレームテーブル



図15 アルミフレームギャレー

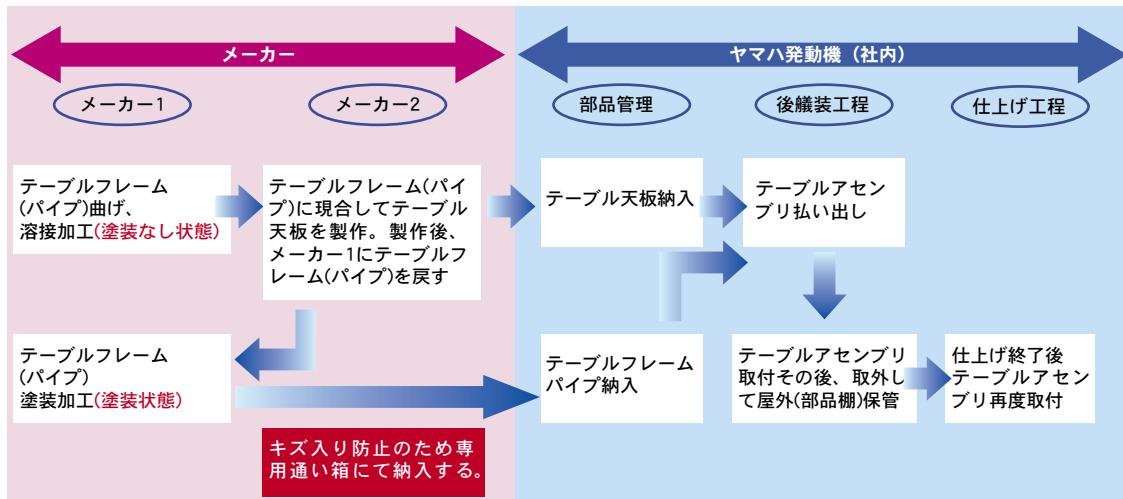


図16 傷入り防止流れ図

## 7 おわりに

LUXAIRの販売は始まったばかりであるが、ボートショーや各地展示会でのユーザー評価も高く、これから販売が期待できる。それは、これまで述べてきたように、従来の枠を超えた魅力を付加することをコンセプトにLUXAIRの開発を進めてきたのに加え、開発途中段階よりユーザーや販売店の要望を取り入れながら商品の熟成を進めてきた結果であると考えている。

低迷する国内のプレジャーボート市場を活性化することができる商品になる様に、今後も継続して熟成を進めていくつもりである。

### ■参考文献

- 1) 田井弘充:「LUXAIR商品企画における商品コンセプト創出技法」『ヤマハ発動機 技報』, 2004-9 (No.38), ヤマハ発動機株式会社

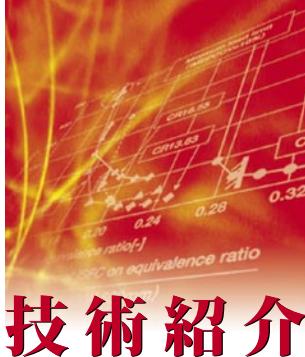
### ■著者



福山 美洋



門田 律



# 技術紹介

## 2004年型 YZF-R1用エンジンの開発

Development of the 2004 Model YZF-R1 Engine

藤原 英樹 Hideki Fujiwara  
●MC事業本部 技術統括部



2003 年モデル



2004 年モデル

図1 YZF-R1

The first supersport model YZF-R1 (1998 model) created a sensation when it debuted in September 1997 as a 1000cm<sup>3</sup> "big bike" developed to be the "fastest on twisting roads" by achieving light handling equivalent to a mid-class bike and a body weight even less than the mid-class machines of the day. The 2004 model YZF-R1 represents the fourth revision of the R1 since its debut and the first full model change. While retaining the first YZF-R1 concept, the 2004 model was developed with the following aims:

- (1) To achieve the best engine performance in class and an outstanding power-weight ratio;
- (2) To have good, precise response and handling with quick left-right banking switch-over capability;
- (3) To achieve precise power output in response to throttle opening;
- (4) To achieve compactness that belies the 1000cm<sup>3</sup> size and a riding position that provides excellent hold;
- (5) To design styling that retains the YZF-R1 image while adding fresh new elements;
- (6) To provide a frame-engine layout that is effective for circuit use.

In this report, we present and outline of the engine specification and describe the actual measures taken in response to the different development goals to achieve the desired balance of light weight, compactness and performance.

### 1 はじめに

セカンダリーロードでの最速をキーワードにリッターバイクでありながらミドルクラス並みのハンドリングとそれ以下の車重を目指して開発されたスーパースポーツモデル、初代YZF-R1(1998年モデル)は、1997年9月に衝撃的にデビューした。2004年型 YZF-R1(以下2004年モデル)は初代から数えて4代目であり、初のフルモデルチェンジを受けた(図1)。



従来のYZF-R1のコンセプトは継承しつつ2004年モデルの目標には以下の項目を設定した。

- (1) クラス最高のエンジンパフォーマンスと優れたパワーウェイトレシオの達成
- (2) 正確で応答性がよく、切り返しがはやいハンドリングの達成
- (3) スロットル開度に対し、正確にパワーが取り出せること
- (4) リッターバイクとは思えないコンパクトでホールドしやすいポジションの実現
- (5) YZF-R1イメージ+新規性のある外観
- (6) サーキットユースでも有効なフレーム・エンジンレイアウト

以下、2004年モデルのエンジンの仕様概要、開発項目と目標に対する具体的な達成手段について紹介する。

## 2 主要諸元とエンジン性能

### 2. 1 主要諸元

表1にエンジンの主要諸元を、図2にフィーチャーマップを、図3にエンジン断面図を示す。高回転・高出力化に対応するため2003年モデルに対しボアを3mm拡大してショートストロークタイプとした。ボア間肉厚を従来の9mmから、ヘッドガスケットが成立する限界寸法である5mmとしエンジン幅を最小とした。シリンダー前傾角は30°から40°とした。これはフレームの縦剛性を確保するため、フレームがヘッドシリンダーを抱えるような従来のレイアウトから、スロットルボディ幅ぎりぎりまでタンクレールを内側寄せたフレームの下にエンジンを吊り下げるようなレイアウトにしたためである(図4)。フレームの縦剛性の増加は、直進安定性や急減速時の車体の安定性などに代表される、操縦安定性の向上につながる。またタンクレール幅を狭くすることでライダーの操作(動き)の自由度が増すため、車体のコントロール性が向上する。本レイアウトを探ることで2004年モデルのフレームは従来モデルに対し2.5倍の縦剛性

表1 主要諸元

| モデル                    | 2004 YZF-R1    | 2003 YZF-R1    |
|------------------------|----------------|----------------|
| シリンダー配置                | 並列4気筒          | 並列4気筒          |
| ボア×ストローク(mm)           | 77.0×53.6      | 74.0×58.0      |
| 総排気量(cm <sup>3</sup> ) | 998            | 998            |
| 圧縮比                    | 12.4           | 11.8           |
| バルブ配置                  | DOHC 5バルブ      | DOHC 5バルブ      |
| 最大出力(過給なし)(kw/rpm)     | 126.4 / 12,500 | 111.8 / 10,500 |
| 最大トルク(過給なし)(N·m/rpm)   | 106.6 / 10,500 | 107.0 / 8,500  |
| エンジン重量(kg)             | 66.7           | 67.7           |
| 車両乾燥重量(kg)             | 172            | 174            |
| パワーウェイト(kg/kw)         | 1.36           | 1.56           |
| レシオ(kg/ps)             | 1.00           | 1.15           |

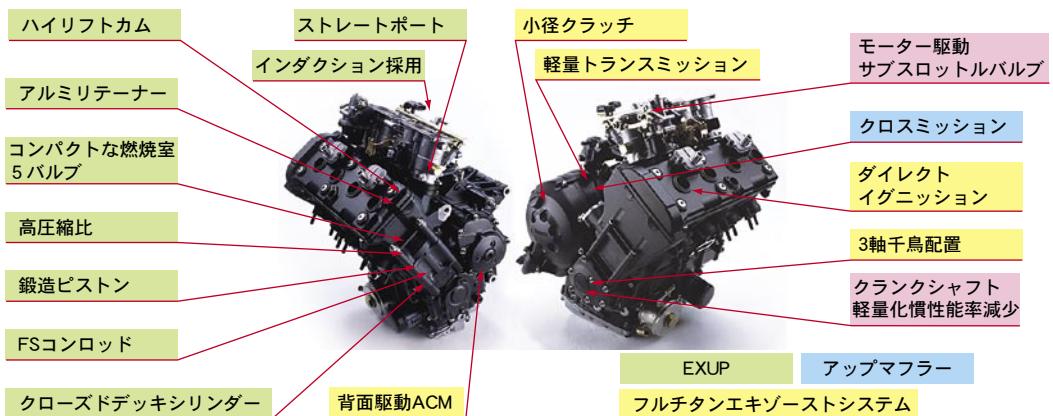


図2 フィーチャーマップ



## 技術紹介

を確保することが可能となり、ニーグリップの幅については50mm狭くできた。

吸気系ではサクションピストンで吸入空気量の制御を行う従来の方法に対し、電子制御のサブスロットルを設けた。これにより従来のサクションピストンよりも自由度の高い吸入空気量の制御を可能とした。

駆動系では従来同様トランスミッションをクロスレシオの6速としたがL/T(1速のギヤ比と6速のギヤ比の比。数値が小さくなるほどクロス傾向が強いことを示す)を2.24から2.00にすることでよりスポーツライディングに対応した。クラッチは従来に対しフレクションプレートの枚数を増やし小径化した。

バンク角を確保した上でエンジン重心位置を極力低く車体に搭載するため従来はクランクシャフト軸上左端にレイアウトされていたACM(発電機)を廃止、エンジン背面に独立したACM軸を設けた。これによりエンジン幅(クランクシャフト軸上)は従来よりも57mm短縮できた。

### 2.2 軽量・コンパクト設計の成果

ボアを拡大し高回転・高出力化したにも関わらず2003年モデルに対しエンジン前後長で19mm、全高で40mmの短縮を達成した。これらは2003年モデルに対して、ヘッドシリンダーのコンパクト化、軸間距離の短縮、クランクシャフトのウェブ小径化、大端ピンの小径化等により達成している(詳細は3.軽量・コンパクト設計参照)。4気筒水冷エンジンの進化の過程で、従来までのYZF-R1は軽量・コンパクト化において劇的な進化を遂げたモデルであるが、2004年モデルは軽量・コンパクトを継承しつつ、さらに最高出力においても劇的に飛躍したモデルであることが分かる(図5)。

表2に主要軽量化部品と2003年モデルに対する効果を示す。

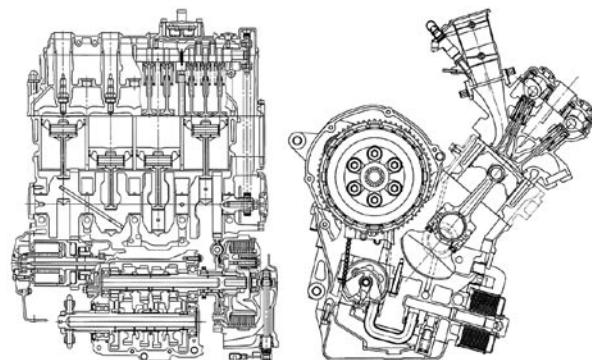


図3 エンジン断面図

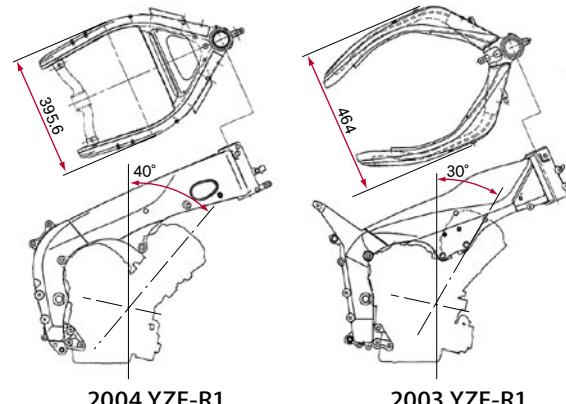


図4 エンジンレイアウト

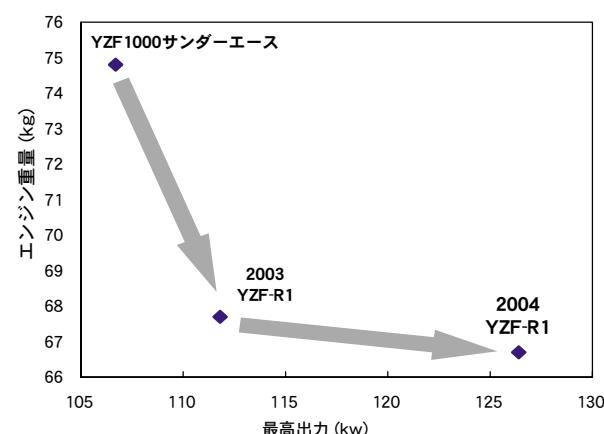


図5 エンジン重量と最高出力比

表2 主要軽量化部品と従来モデルに対する効果  
(g)

|               | 2004 YZF-R1 | 2003 YZF-R1 |       |
|---------------|-------------|-------------|-------|
| カムシャフト(吸排)    | 1,511       | -8%         | 1,648 |
| クランクシャフト      | 7,220       | -16%        | 8,620 |
| ACMローター+ステーター | 1,904       | -20%        | 2,390 |
| スロットルボディ      | 2,704       | -20%        | 3,360 |
| 排気系           | 8,652       | -5%         | 9,136 |
| 始動系(ワンウェイ、ギヤ) | 180         | -73%        | 667   |
| クラッチアセンブリ     | 4,301       | -7%         | 4,613 |
| トランスミッション     | 6,517       | -9%         | 7,154 |



## 2.3 エンジン性能

図6にエンジン性能曲線を示す。出力はリッターあたり126.4kwを発生する(過給なしの状態)。

## 3 軽量・コンパクト設計

### 3.1 軸配置

きめられたホイールベースの中でスイングアーム長さができる限り確保するためクランク軸のすぐ後ろにドライブ軸を配置する従来の3軸レイアウトを踏襲した。従来に対しクランク軸—メイン軸間を4mm、メイン軸—ドライブ軸間を2mm小さくしている。

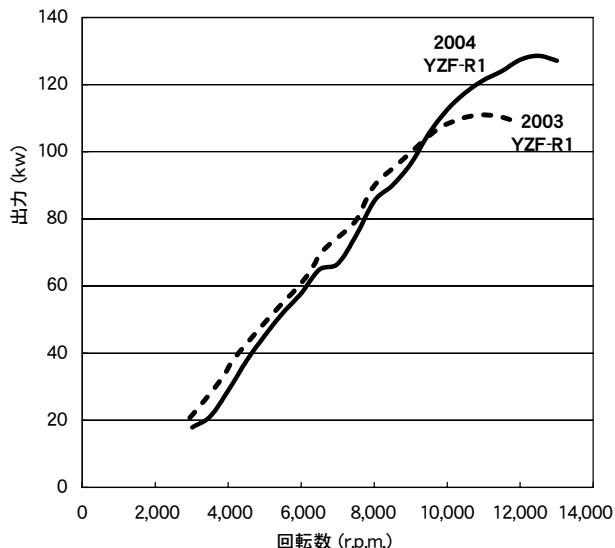


図6 エンジン性能曲線

### 3.2 ヘッドシリンダー

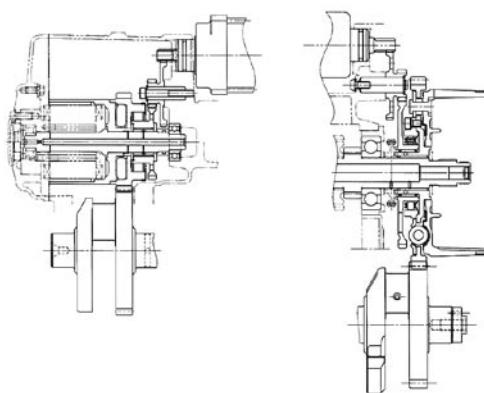
ヘッドシリンダーは2003年モデルと同様にDOHC、5バルブである。従来に対しカム軸ピッチを2.8mm、全高を3mm小さくしている。またカムジャーナル径は吸排ともに従来より2mm小さくした。

### 3.3 背面ACM

2.1で記したとおり従来クランク軸上に配置していたACMはボディシリンダー後方に別軸を設けたレイアウトとし、クランク軸のウェブに設けられたドリブンギヤによって駆動する方式を探った。コンロッド軌跡を避けるためローター外径は $\phi$ 80mmとした。小径化による発電量の低下は軸方向にステーターコイルを伸ばすことと、ACM軸をクランク軸に対して增速することで補った。

### 3.4 始動装置

2003年モデルでは始動用のワンウェイとギヤをメイン軸上に配置しエンジン幅を抑えるレイアウトとしていた。2004年モデルではACM軸上に始動用のワンウェイとギヤを配置した。減速したメイン軸から増速したACM軸に移したことでのワンウェイの伝達トルクを小さくできるため従来に対しワンウェイのサイズを2ランク小さくすることが可能となり、またギヤサイズも小さくできた(図7)。



2004 YZF-R1                    2003 YZF-R1

図7 始動装置

### 3.5 材料置換

軽量化のもっともオーソドックスな手法であるが2004年モデルは2003年モデルに対して更に多くの部品を材料置換した。樹脂化した例では、サーモハウジングアセンブリ、ダンパー、マグネシウム化した例では、クラッチカバー、ブリーザーカバーが挙げられる。動弁系のリテナーはアルミ製であり、



排気系においては触媒コンバーター以外、EXUP(排気制御バルブ)ボディ、EXUPバルブに至るまで、すべてチタン製である。

## 4 性能向上

### 4.1 性能開発の方向性

126.4kwの目標性能を達成するため、ショートストローク化、バルブの大径化による高回転・高出力化を基本方針とした。これは性能向上の常套手段であるが、中低速域での性能低下とレスポンスの悪化を招いてしまう。

2004年モデルでは電子制御サブスロットルバルブと排気デバイス、EXUPにより中低速域の性能の落ち込みをカバーしている。またレスポンス向上についてはエンジン内の回転物の慣性モーメントを小さくすることで対応した。

### 4.2 ヘッドシリンダーまわり

ヘッドシリンダーは従来からヤマハ発動機(株)が大排気量スポーツ系モーターサイクル用エンジンに採用しているDOHC、5バルブである。プラグサイズは従来同様10mmである。カム軸間をつめ、バルブ挿み角を狭角化して燃焼室を浅く、容積を小さくすることで高圧縮比を確保した。高回転・高出力化に対応しバルブ径及びスロート径は吸排ともに0.5mm大径化した。さらに2003年モデルに対し、より高いバルブリフトとすることで吸入空気量を確保している。**図8**にヘッドシリンダー断面図を、**表3**に各寸法の比較を示す。

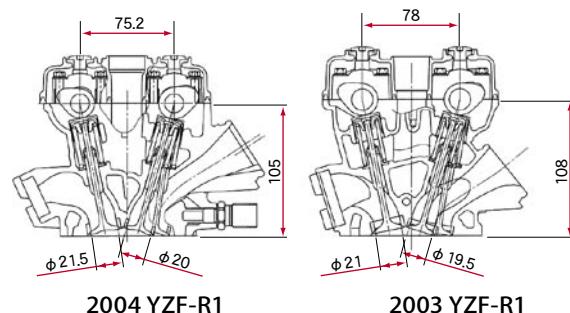


図8 ヘッドシリンダー断面図

表3 ヘッドシリンダ比較

|             | バルブ傘径 |      | バルブシステム径 |     | スロート径 |      | バルブ挿み角 |        |        |
|-------------|-------|------|----------|-----|-------|------|--------|--------|--------|
|             | IN    | EX   | IN       | EX  | IN    | EX   | IN-C   | IN-LR  | EX     |
| 2004 YZF-R1 | 23.5  | 25.0 | 4.0      | 4.5 | 20.0  | 21.5 | 8°45'  | 15°45' | 11°    |
| 2003 YZF-R1 | 23.0  | 24.5 | 4.0      | 4.5 | 19.5  | 21.0 | 9°30'  | 16°45' | 11°30' |

### 4.3 ボディシリンダー

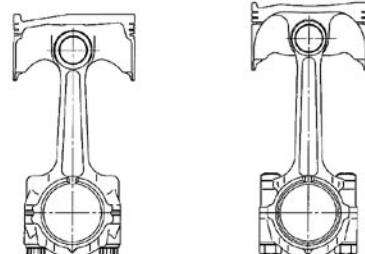
2003年モデルのアッパーケース一体構造に対して2004年モデルは別体とした。別体化の最大の理由はクローズドデッキ化によるシリンダー剛性の確保である。スリープ内面には高速メッキ処理にてNi-P-SiCメッキを施す。

シリンダー前側に冷却水のギャラリーを設けた。一旦ギャラリーに入った冷却水は各気筒に設けられた水通路からボディシリンダーのウォータージャケットに送られる。これにより各ボア及び各気筒の排気バルブシートまわりを均一に冷却することを可能とした。水通路の考え方と冷却効果についてはシミュレーションと実機確認の両方で検証を行った。



#### 4.4 ピストン、コンロッドまわり

通常、ピストンは、高出力・高回転化に対応する場合、強度確保のため各部の肉厚を厚くせざるを得ず、結果的に重量増を招くことになる。ましてボアサイズを大きくした2004年モデルの場合、重量面ではさらに厳しい条件となる。2004年モデルのピストンは従来と同じくアルミ鍛造製とし、FEM(Finite Element Method)解析による各部応力の最適化を実施し最も軽量な形状を追求した結果、2003年モデルに



2004 YZF-R1      2003 YZF-R1

図9 ピストン、コンロッドまわり

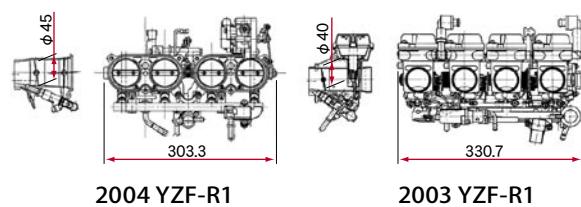
し、ボア径の拡大、高回転高出力化したにも関わらず、従来モデルとほぼおなじ重量に作り込むことができた。ピストンピンの径は2003年モデルと同じく $\phi$ 17mmとした。

コンロッドは2003年モデル同様クロムモリブデン鋼の浸炭焼入れであるがFS(Fracture Splitting)タイプを採用した。FSコンロッドの詳細については後述する。大端部の締付け構造は軽量化と加工の簡素化を図りナットレスタイプとした。ピストン同様、FEM解析による最適化の結果、2003年モデルに対し最高出力回転数を2,000rpm高く設定したにも関わらず重量アップは11%にとどめることができた。

大端ピン径、クランクジャーナル径は軽量化とロス馬力の低減を目的とし、従来モデルからそれぞれ直徑で2mm小さくしている(図9)。

#### 4.5 スロットルボディ

スロットルボディはメインスロットル上流に電子制御のサブスロットルを持つタイプで口径は従来の $\phi$ 40mmに対して $\phi$ 45mmとした。サブスロットルはエンジン回転速度、メインスロットル開度により制御されたDCモーターによって駆動される。吸入空気量をエンジンの要求にあわせてコントロールすることで、「スロットル開度に対して正確にパワーを取り出せる」というコンセプトを具現化した。インジェクターは高ダイナミックレンジのロングノズルタイプである。



冒頭で記した車両のコンセプトである「リッターバイクとは思えないコンパクトでホールドしやすいポジションの実現」のためスロットルボディの幅は最小に抑える設計とし、具体的手法としては次の項目による。

- (1) 1ボディ2バレルタイプのボディ構造とする
- (2) サブスロットル駆動用のDCモーターをサブスロットル軸の端に配置せず前方にオフセットさせ駆動はリンクを介して行う

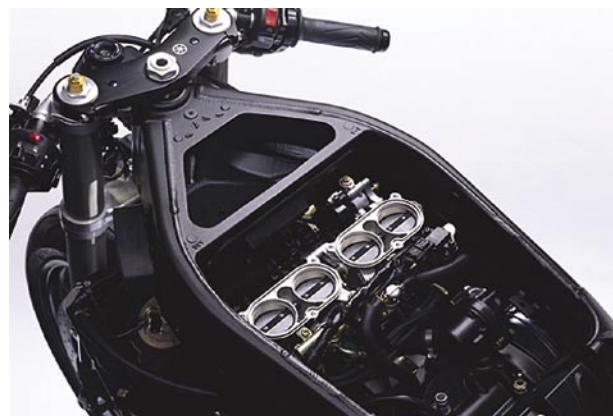


図10 スロットルボディ



(3) スロットルループーリーもメインスロットル軸上に配置せずリンクを用いる

この結果、スロットルボア径を従来から5mm拡大したがスロットルボディの全幅は27mm短縮することができた(図10)。

## 5 FS コンロッド

### 5.1 FSコンロッドとは

2004年モデルのコンロッドにはFSコンロッドが使われている。FSとは「Fracture Splitting」の略であり文字通りロッドとキャップを破断分割するものである(図11)。

自動車エンジンでは既に採用されており工法 자체は珍しいものではない。しかし、クロムモリブデン鋼の浸炭焼入れで破断面に母材組織が残ったまま破断したものは本コンロッドが世界初である。

### 5.2 FSコンロッドのメリット

破断分割の一番のメリットは、大端真円度が向上することであり、焼付き等のトラブルに対する安全率の向上につながる(図12)。2004年モデルのように高回転・高出力エンジンにとってその恩恵は大きい。次にコストダウンがメリットとして挙げられる。FSコンロッドは、合わせ面の加工がいらず、また、破面そのものが精度の高い位置決めになるので、大端真円度を確保するために位置決めピンを設ける必要はない。その分加工費、部品代、組立工数を省くことができる。

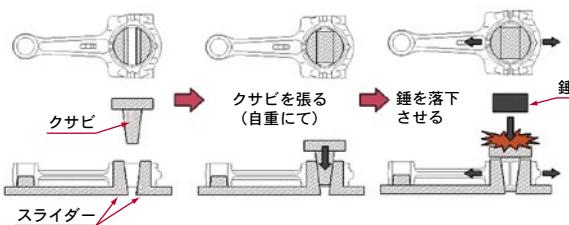


図 11 FS コンロッド

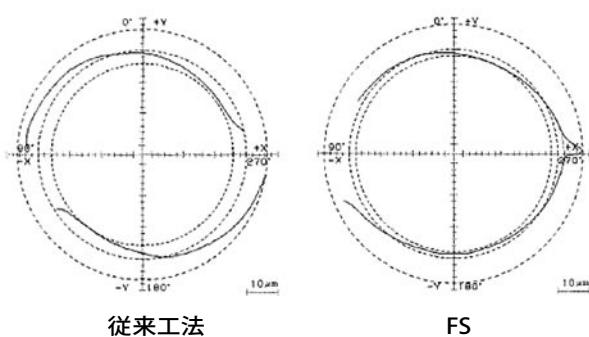


図 12 大端真円度



## 6 排気系

### 6.1 排気系の課題

2004年モデルの排気系に与えられた課題は次のとおりである。

- (1) 2003年モデル同様、EXUPを採用すること
- (2) 新規性のある外観とすること
- (3) 2003年モデルよりも軽量であること

### 6.2 課題に対する具体的施策

- (1) トルク特性改善のためEXUPは不可欠であるが、

車両に低く搭載されたエンジンレイアウトとバンク角を確保するため、エキゾースト毎にバルブを配した従来方式に代えて、2004年モデルでは、4本のエキゾーストパイプを2本に集合させた部分にバルブを配置した(図13)。1・2番、3・4番気筒それぞれの排気を合流させた上で脈動を制御する方式により、EXUP本体の大きさは従来の半分にすることができた。このレイアウトを採用するにあたり、性能シミュレーション及び実機で効果の確認を実施した。

- (2) 新規性のある外観のため2004年モデルでは

アップマフラーを採用した。マフラーは消音に必要な容量を確保し、リヤタイヤの可動範囲を避けなければならないため、結果的に重量面では不利な2本出しの楕円形状のマフラーをシート下に配置したが、外観上のメリットは非常に大きく、2004年モデルとしての全く新しいテールデザインの重要なキーとなっている(図14)。

- (3) 前述したとおり、軽量化のため、徹底的な材料置換を実施した。テールエンドキャップまでもがチタンの深絞り品である。これにより、2本出しのアップマフラーという重量的には不利なレイアウトとしながら、2003年モデルに対し排気系で484gの軽量化を実現している。

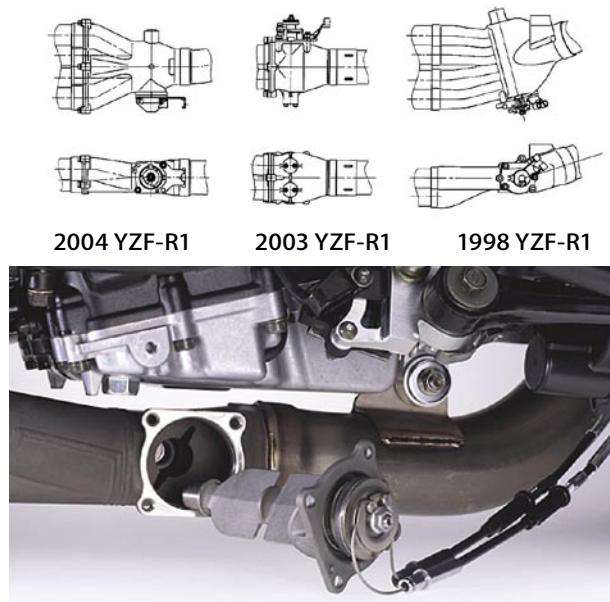


図 13 EXUP



図 14 アップマフラー



## 7 おわりに

2004年モデルは今までのYZF-R1の基本コンセプトを踏襲しつつより高次元でバランスさせるべく目標を掲げ開発した。結果的にすべての目標を満足する車両に仕上がっており、年々高まるお客様の期待を上回る感動を提供できるものと確信している。

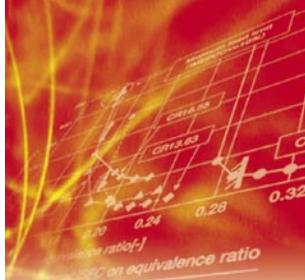
2003年モデルに対し2004年モデルは明らかな進化を遂げている。特にエンジン出力については飛躍的に向上させた。言うまでもないが向上しているのはエンジン性能だけではない。数字では表現できないYZF-R1の進化をひとりでも多くのライダーに感じていただきたい。

最後に本エンジンの開発にあたりご協力をいただいた関連会社の方々に深く感謝する。

### ■著者



藤原 英樹（後列左端）と  
2004年YZF-R1のエンジン設計者たち



# 技術紹介

## Unmanned Vehicle としての UMV( 自律無人艇 )

The autonomous navigation boat named the UMV  
(Unmanned Marine Vehicle)

柳原 序 Tslide Yanagihara 神谷 剛志 Tsuyoshi Kamiya 増田 裕 Yutaka Masuda  
●国内マリン事業部 舟艇製品開発室 / 新事業推進部 UV プロジェクト / 日本本部 事業開発室



図1 UMV( ポートショー展示の様子 )

Research and development of unmanned vehicles is presently being conducted in various countries. Of particular note is the U.S. centered Association for Unmanned Vehicle Systems International which holds annual expositions.

Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) originally began fundamental research in the area of unmanned vehicles for the air, land and water with the aim of investigating the potential for new business operations. It is natural for unmanned vehicles to serve useful roles individually, but at YMC we have been investigating the concept of integrated systems that enable air, land and water unmanned vehicles to work in conjunction with each other to perform a single task.

At the Tokyo Boat Show in February 2004, YMC displayed for the first time a high-speed autonomous navigation boat named the UMV (Unmanned Marine Vehicle) along with a video of actual test runs.

This UMV is a high-speed powerboat that adopts Yamaha technologies developed for our autonomous-flight helicopters, including attitude control technology, wireless communications systems and GPS-based technologies.

In this report we present a summary of the UMV.

### 1 はじめに

現在、色々な国で無人ビークルの研究や開発が行われている。とくにアメリカを中心にAUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International)が設立され、毎年展示会が開かれている。

ヤマハ発動機株式会社(以下、当社)は、事業化の可能性を調べるため、航空、陸上、海上での無人ビークル(UAV、UGV、UMV<sup>注1</sup>)の応用研究を始めた。無人ビークルが単独で役に立つのは当たり前だが、当社が考えているのは、空、陸、海の無人ビークルが連携をとりながらひとつの任務を果たすような統合的なシステムである。



2004年2月、東京国際ボートショーにおいて、このような経緯で開発した高速型のUMVの実験艇を初めて公開した(図1)。その実験の様子を紹介するビデオを図2に示す。

このUMVは、当社の自律無人ヘリコプターで培った技術、すなわち、姿勢制御、無線通信、GPS(Global Positioning System)利用技術等を高速艇に応用了したものである。以下、UMVの概要を紹介する。

注1

UAV(Unmanned Aerial Vehicle/自律無人航空機または自律無人ヘリコプター)

UGV(Unmanned Ground Vehicle/自律無人陸上車)

UMV(Unmanned Marine Vehicle/自律無人艇)



図2 UMVとUAVの同時運行テストの様子  
(テスト場所: ヤマハマリーナ浜名湖)

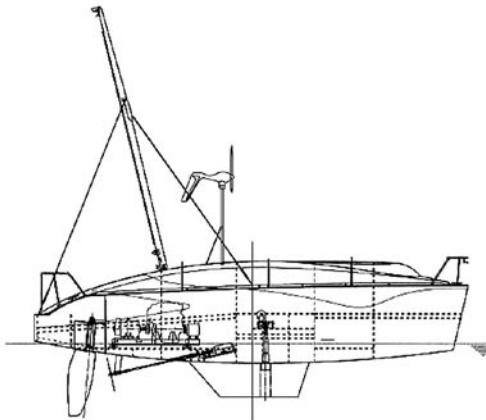
※ UMVには安全のため、人が乗ってテストしています。

## 2 無人ビークルの目指すところ

無人ビークルは噴火した火山等、人が近づくと危険な場所での調査や、外洋での長期間の観測等、人が嫌がるような仕事に最適と考える。ここではUMVの具体的な用途について述べる。

### 2.1 海底地形測量

日本には水底地形を毎年測量しているダムが1,000以上ある。地形を測量するということは、測量位置と水深を正確に測るということで、最近では、船に艤装したGPSと超音波ソナーが使われ、作業が近代化された。しかし、ダムをくまなく走査するためにコースを少しずつずらしながら正確に何度も往復する操縦をしなければならない。ここでUMVを使えば、たいへんな操船を自動で行うことができる。



### 2.2 環境観測

UMVは、当社が開発した無人観測船「かんちゃん」(図3)とおなじように長時間にわたり広いエリアの環境観測(水質や大気観測)への利用が考えられる。乗組員が食べる多量の食料や水の搭載、居住性、安全性のために大型にならざるを得なかつた従来の観測船を、無人ビークルに換えることで小型化、機動性、安全性、経済性等のメリットを発揮できるだろう。



図3 無人観測船「かんちゃん」



## 2.3 セキュリティー

特にアメリカでは、テロの深刻化からホームランドセキュリティーの重要性が言われている。それに伴い無人ビークルへの関心が強まっている。

赤外線カメラ、水中遠隔操縦カメラ、スキャニングソナー等を装備すれば、有人では危険な作業または過酷な労働である機雷探査や不審物の発見、水中監視、海底探索、不審船の発見等の利用を考えられる。この分野では、とくに当社がめざす統合的なシステムが威力を發揮すると考えている。**図4**にそのイメージを示す。



図4 統合システムのイメージ

## 3 UMV のシステム

船体および主機は市販していた当社のジェットボート「エキサイター1430」をベースボートに選び改造した。**図5**は、実験艇のシステムブロック図である。光ファイバージャイロスコープと加速度計が内蔵された姿勢センサー、磁気方位センサー、自律制御部、CCD(Charge Coupled Device)カメラ、無線通信等のユニットは、自律無人ヘリコプター用に当社が開発したものを利用している。

GPSは一般的な擬似コード測位式ではなく、精度の必要性からRTK(Real Time Kinematics)-GPSと呼ばれる干渉測位方式のもので、やはり当社の自律無人ヘリコプターに使われているものと同じである。

操舵、スロットル、リバースバケットの操縦系のアクチュエーターは、ブラシレス同期モーターとハーモニックドライブ減速機で構成されている。サーボのフィードバック発信器はポテンショメーターより過酷な使用に耐えるレゾルバを使った。

これらは、船の要求にあわせて特別に設計したものである。

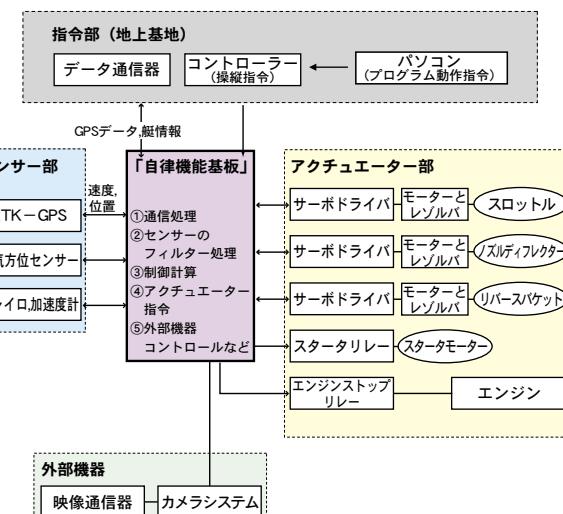


図5 システムブロック図



## 4 制御について

本船は、あらかじめプログラムをしておけば、外から指令を与えなくても、自分の位置をGPSで計測し、そのとおり巡航することができる。通過点のプログラムだけでなく、各地点での速度も指定でき、さらに指定された場所で決められた時間とどまることもできる。運行中の位置情報はもちろん、エンジン回転数やサーボモーターなどの異常有無情報を地上に無線で送り、異常があればエンジンを自動で止める。

## 5 高速型 UMV の課題

74 km/h(40ノット)の高速艇を無人で操縦するにはいろいろな課題がある。例として実際の進行方向を知るために必要な方位センサーについて説明する。磁気を使った方位センサーは正確ではあるが速い動きの途中では制御理論の「時定数の大きい一次遅れ」の特性を持つから正しい値を示さない。一方、ジャイロスコープの信号を積分して求めた方位角度は、時間とともに出力が小さくなる特徴(ウォッシュアウトと呼ばれる)がある。自律無人ヘリコプターでは両方のセンサーをハイブリッドにして、お互いを補完しており、UMVにもこの技術を使っている。

今回の実験艇の操作系や通信システムおよびナビゲーション部分は自律無人ヘリコプターのものを基本的に利用し開発効率を上げた。最終的にはUAV、UGVと一貫性を持ったシステムを目指している。また、使い勝手が良く各種用途に対応できる拡張性の高いシステムを作り上げていく必要があると考える。

## 6 おわりに

UMVはUAV・UGVを加えた空、陸、海の無人ビークル統合システムの一環である。

例えば自律無人ヘリコプターで詳細な調査をすべき場所を事前にオーバービューし、必要な部分だけをUMVやUGVが詳しく調査すれば効率が随分上がる。

当社の小型ビークル技術と自律無人ヘリコプターで培った姿勢制御技術等をコアに、空、陸、海の無人ビークルの用途の広がりの可能性を追求していきたい。

### ■筆者



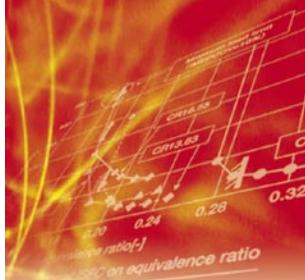
柳原 序



神谷 剛志



増田 裕



# 技術紹介

## LUXAIR商品企画における商品コンセプト創出技法

The Methodology Used for Creating the Product Concept for the LUXAIR

田井 弘充 Hiromitsu Tai

● CCS統括センター 品質活動推進チーム

The Quality Function Deployment (QFD) method is often used in product planning. However, while this method may be successful in achieving the quality desired by the customers, it has often been deficient in areas such as finding desired qualities that can differentiate a product from the competition or finding an effective focus among the desired qualities. From these experiences we have come to understand that the weakness lay in not clarifying the product concept before QFD was applied or not narrowing down the target sufficiently. Thus we added the step of setting a clear product concept as a first level priority above the QFD process and applied it on the development of a new product (the salon cruiser LUXAIR introduced in this report).

### 1 はじめに

商品企画において品質機能展開(以下QFD)<sup>1)</sup>を適用するケースが多い。しかしQFD手法により顧客の要求品質を整理したが、競合品と差別化できる要求を発見できない、あるいは要求の重点化がうまくできない、といった課題があった。その背景には、QFD実施以前のコンセプトの明確化や、ターゲットの絞込みに弱みがあることが分かった。そこで今回、QFDの上流に商品コンセプトを設定するステップを加え、開発モデル(本技報製品紹介にあるサロンクルーザーLUXAIR)に適用した。その方法について事例を通して紹介する。

### 2 商品コンセプトの必要性

近年、商品に対する顧客要求は多様化に加えて、プラスアルファの「何か」が求められているように思う。顧客が自分だけの特別な意味や価値、例えば「自分らしさ」や「忘れられない体験」を感じている商品やサービスにヒット商品が多いことから推察できる。特に顧客価値の創造が重視されている昨今、意味や価値を商品に反映させて提供できているだろうか。確かに「売れた」とか「購入後の満足度調査で好評」などの結果指標は存在するが、顧客価値のPDCA(Plan Do Check Action)を回す設計的アプローチになっているかどうかが問われる。

ところでQFDは、顧客の声を要求品質、品質特性に変換して、製品の設計品質を設定するツールとして活用されている。だが新商品開発手法という観点からQFDを見ると、「HOW(いかにして作るか)」という目的には強力なツールであるけれども、「WHAT(何を提供するのか)」や「WHY(なぜ望むのか)」に対しては100%応えてくれるものではない。また感動や顧客価値といった情緒的で概念的品質要素の扱い方も、十分に示されていなかった。もし感動や顧客価値を商品企画の早い時期に具体的に商品コンセプトという形で可視化し、QFDに機能的に連結できれば、ヒット商品を生み続けるシステムとなると考えた。

一般に「商品コンセプト」といっても、様々な解釈がある。ここでは、商品コンセプトを要求品質とコピー(キャッチフレーズ)で表出することにした。その理由は、それによりQFDにうまく橋渡しができ、全メンバーのコミュニケーションの求心軸ができるからである。形式が異なる要求品質とコピーという2種類の



価値指標を持つことにより、従来ひとりの企画マンだけが正しく理解し、所有していた商品コンセプトという個人知を、グループ知へ、更には組織知として共有することが期待できる。その結果、企画から販売・サービスまでをお客様価値指標で一気通貫させることが可能である。

### 3 適用事例 サロンクルーザーLUXAIRの商品企画

#### 3.1 開発の背景

近年低迷している国内ボートレジャー分野の中でも、特に中型クルーザー・カタゴリーは苦戦が続いている。単に顧客ボリュームが減少しているだけではなく、購入意向があつても自分の遊び方に合ったボートが無い、高価な輸入艇になってしまふ、といった意見があった。そのため狙う顧客層のマリンレジャー・シーンにジャストマッチしたクルーザーの開発が望まれていた。

#### 3.2 ターゲットユーザーの設定

今回ターゲットユーザーを設定するに当たり、「ボートを、生活している都会から比較的近いマリーナに保管し、マリンシーズンの週末を中心に遊ぶことが多く、自分の持つ価値に対する価格割安感を重視して購入する個人オーナー」との仮説を置き、その後の面談やアンケートなどの市場調査で検証を行っている。そしてターゲットの絞り込みは、ユーザーの表情や行動、価値観がイメージできるまで徹底的に行つた。この絞り込み過程から次のキーワードが出てきた。

「都会生活からの開放」「お洒落なマリーナライフ」「家族や仲間と過ごす時間が大切」「釣りもするが遊びのひとつ」

#### 3.3 顧客の自己実現シナリオと経験価値展開

一般的に、人はみな、「自分は何々になりたい」という自己実現の願望を持っている。その願望には、ゴールに当たる山の頂上もあれば、頂上に至る過程の3合目や5合目などの通過点もある。また人は、一足飛びに頂上だけを求めているのではなく、客観的に過去を振り返りつつ現状と頂上を結ぶ線上の一歩先のために行動しようとする(ことが多い)。これを山登りに例え、シナリオに書き直してみる。山を登るにつれニーズが順に満たされていくが、あるニーズが満たされると、まだ何か満たされていないような気持ちになるか、あるいは次の新しいニーズが発生する。これらの具体的ニーズを、梅澤のキーニーズ法で示されたBEニーズとDOニーズの形で表現してみる。キーニーズ法によると、『人は誰しも基本的な、豊かさや尊敬といった10個のニーズを持ち、その基本ニーズのため何らかの行動欲求が起り、更にそのために"物"を所有したくなるという法則がある』とされている。具体例を表1に示す。

表1 キーニーズ法

|          |  | 例                 |
|----------|--|-------------------|
| BE ニーズ   | 豊かさ (心豊かな人生)<br>尊敬 (尊敬されたい)<br>向上 (自分を高める)<br>愛情 (愛されたい)<br>健康 (健康でありたい)<br>個性 (自分らしくありたい)<br>楽しさ (楽しく生きる)<br>感動 (心ときめかせる)<br>交心 (仲良く、心暖まる)<br>快適 (快適に生きる) | 健康でありたい           |
| DO ニーズ   | BE ニーズの獲得のための目的と手段が連鎖的につながる  | ジョギングしたい          |
| HAVE ニーズ | DO ニーズの獲得のための目的と手段がつながる  | ジョギング・シューズが欲しい→買う |



## 技術紹介

以下に実際の作業を解説する。

- (1) ターゲットとしたお客様は、どんな自己実現シナリオを持つのか。ここでは「マリンレジャーと出合ってから、自分や家族の成長、生活の変化に合わせた遊びができるボートを選び購入」。そして将来、「独立した息子の運転するボートでエキサイティングなマリンレジャーを続けている」とした。そこで一步先未来を「家族や友人家族と頻繁にマリンレジャーの機会を持ち、一回当たり長い時間を多人数で遊んでいる」と類推したうえで、これら実現過程の姿を1合目から10合目までのステップに分けてシナリオに描いた。
- (2) 各シナリオでは、どんなDOニーズが発生して満たされていくのかを、BEニーズから類推発想する。一例をあげると、「シナリオ：長時間家族と遊ぶ」と「BEニーズ：尊敬」から「DOニーズ：父親の威厳を保ちたい」が抽出できた。同じ要領でDOニーズを数多く抽出していく。シナリオはどれを選んでもよいが、特に一步先の姿(本事例では7合目)のターゲットユーザーが望むであろうDOニーズを中心に抽出していった。
- (3) ひとつのBEニーズに対し、起こす行為を表すDOニーズは複数考えられる。そこでBEニーズを1次項目、DOニーズを2次項目として展開表で整理した。この展開表を経験価値展開表と名付けた(図1)。

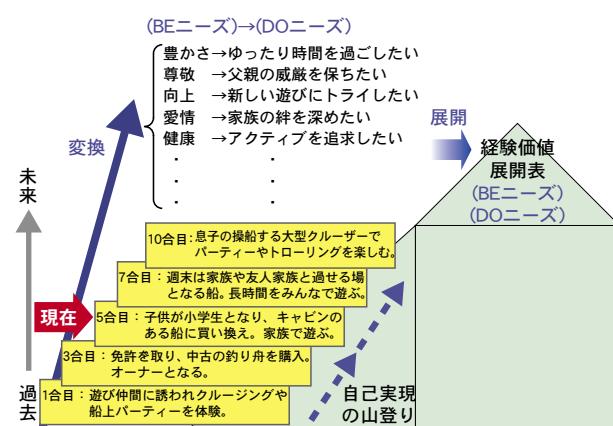


図1 経験価値展開表の作成

### 3.4 商品進化シナリオとシーン展開

要求品質抽出のためには具体的な商品像を示すことが必要である。この商品像は、経験価値展開表で明らかになった顧客の価値(DOニーズ)から一方的に導き出すこともできるが、開発不可能な"絵に描いた餅"になる可能性がある。そこで、顧客の自己実現と同じように、商品は将来どのように進化していくのかのシナリオを描き、そのシナリオに沿った場面をシーンに変換して、開発可能な商品像を表現することにした。

今回開発する中型プレジャーボート・カテゴリーに属するボートは、国内マリン市場でどのように変化してきたかを、「商品を取り巻く環境」「商品」「商品の構成要素」の3つの切り口で区分した所定枠内に図や文章で表現する。次に究極まで進化した状態を同じく3つの切り口で予測し、未来枠に表現する。最後に商品が、現在から予測した究極未来の方向に向かって進化していくならば、固有技術やシーズ技術で実現可能な一步先未来の商品の姿にはどのようなものがあるか、またはできるのか、を表現する。この一步先未来をターゲット未来、マトリックスを商品進化マルチスクリーンと名付けた。尚、図2に示す内容は商品企画初期段階で完成されたものではなく、仕様決定された後に修正を加えたものである。

The table illustrates the Product Evolution Matrix Screen (商品進化マルチスクリーン) across four time periods: Past, Present, Target Future, and Future.

|           | 過去                     | 現在                                   | ターゲット未来                            | 未来                         |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 商品を取り巻く環境 | バブル<br>マリン<br>レジャーの広がり | デフレ不況<br>マリン<br>レジャー<br>停滞           | マリン<br>レジャー<br>再発見                 | 特色ある<br>マリン<br>レジャー<br>定着  |
|           | 大型<br>豪華               | 入門艇と<br>専用艇の<br>二極化<br>(オーナー満足)      | 多くの遊びを<br>提案できる<br>(グループ満足)        | 使用目的に<br>応じて<br>船を使<br>い分け |
| 商品        | -                      | 既製デザイン<br>既製レイアウト<br>でなければ<br>フルオーダー | フライング<br>ブリッジ<br>キャビン↔ベース<br>自由に変更 | -                          |
|           | -                      | -                                    | -                                  | -                          |
| 構成要素      | -                      | -                                    | -                                  | -                          |

図2 商品進化マルチスクリーン



次に進化シナリオをシーンに変換する方法を説明する。シーン展開では、ターゲット未来の商品がターゲットユーザーに提供された場合、そこで起こるであろう出来事をシーンに変換するものである。出来事はクライマックスシーンだけでなく、そうなるまでのエピローグ部分もあれば、その後のプロローグも考えられるはずである。各シーンを、「5W1H」が分かる具体的な文章で表現し、これらをつなぐことでひとつのドラマが完結する。例えば「日が落ち、ゲストの友人夫妻と星空の見えるフライングブリッジに移動し、二次会気分で再び乾杯する」がワンシーンである。尚、表2に示すシーンは異なる複数のドラマから抜粋した。

### 3.5 二元表作成

二元表作成作業は、品質表作成と同じ要領である。作成されている経験価値とシーンの2つの展開表を、二元表に転記し、先ずシーンとDOニーズとを対応の重みを表す◎や○の記号で関連付けを行い、次にこの対応関係から重要項目を見つけ出し、●の記号を付けていく。作成した二元表を表2に示す。ここから仮説立てできたポイントは、以下の3点である。

- (1) ターゲットユーザーが何故このクルーザーを買おうと思うのかは、BEニーズの「豊かさ」「感動」「交心」がトリガーになっている。
- (2) BEニーズ実現のため「優越感を感じたい」「爽快感を味わいたい」「仲間とワイワイ楽しみたい」と強く思っている。
- (3) 特に「ゲストの友人夫妻が到着した際、旦那は外観を讃め、奥さんは室内が素敵と感動」は、ターゲットユーザーが買って良かったと思う最高のシーンである。

### 3.6 商品コンセプト抽出と品質展開

二元表から分かったポイントをもとに、DOニーズ実現のため演出の小道具であるクルーザーはどうあるべきかを11項目の要求品質で創出した。要求品質を表3の品質表に示す。更に重点化によって、スタイリング、室内居住性＆自由度、操船時の爽快性で競合との差別化を図るべきだと結論付けた。また二元表を鳥瞰し、重要要求品質から「マリンのミニバン・カブリオレ」が、コピーとして創出できた。このコピーはその後も開発スローガンとし共有され、使われ続けた。

要求品質はQFDによって設計品質を設定した後、部品、工程へと順次展開されている。この品質作り込み活動については、本技報の製品紹介<sup>2)</sup>に詳述されている。



技術紹介

## LUXAIR商品企画における商品コンセプト創出技法

## **The Methodology Used for Creating the Product Concept for the LUXAIR**

表2 シーン×経験価値展開表

| シーン展開表<br>(5W 1H) |           |                         |                    |  |  |                           | 経験価値展開表           |             |              |                  |           |           |              |               |               |             | 商品コンセプト     |             |              |           |             |             |          |   |
|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------|--|--|---------------------------|-------------------|-------------|--------------|------------------|-----------|-----------|--------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------|-------------|-------------|----------|---|
| WHO               | WHEN ①    | WHEN ②                  | WHERE              | WHY  | WHAT   | HOW                       | B<br>E<br>ニ<br>ーズ | 費<br>か<br>さ | 尊<br>敬       | 自<br>己<br>向<br>上 | 愛<br>情    | 健<br>康    | 個<br>性       | 楽<br>し<br>さ   | 感<br>動        | 交<br>心      | 快<br>適      | 船上で快適に過ごしたい | ターゲットシーン     |           |             |             |          |   |
| フィッシング系クルージング派    | 1日のサイクリング | 10月釣りシーズ<br>ン真只中<br>朝6時 | マリーナ               | 海好き仲間4人で出航準備。釣り道具はもちろんだが、船上ランチの為のビールや食料もしっかり積み込む。  | D<br>O<br>ニ<br>ーズ  | 優越感に浸りたい<br>お金より時間に価値を感じる | ステータスをもらいたい       | 父親の威儀を保つたい  | 新しい世界に踏み出したい | みんなに喜んでもらいたい     | 家族の絆を深めたい | アウトドアで楽しむ | 他人と違う遊び方を楽しむ | 冒険のよつなスリルを楽しむ | 冒険のよつなスリルを楽しむ | 日常を忘れて遊ぶみたい | 非日常的な空間を楽しむ | 仲間と一緒に楽しむ   | 家族の時間を大切にしたい | 仲間と一緒に楽しむ | 安全・快適に走行したい | 船上で快適に過ごしたい | ターゲットシーン | ● |
|                   | ↑         | ↑                       | 6時から8時クルージングの時間    | ポイントまでの海上  | 気の合う仲間とわいわいやりながら、ポイントまでフライングブリッジでの快適なクルージングを楽しむ。<br>ポイント到着、早速釣りの準備。    |                           |                   |             |              |                  |           |           |              |               | ○             | ○           | ○           | ○           | ○            | ○         | ●           |             |          |   |
|                   |           | 遊びの時間                   | いつもの島影の秘密のポイント     | いつもの島影の秘密のポイント   | 釣果はもうひとつだが、海の上でカブカブ浮かびながらのんびりすることが最大の喜び。友人はキャビンで寝覚める。                  |                           | ○                 |             |              |                  |           |           |              |               | ○             | ○           | ○           | ○           | ○            | ○         | ●           |             |          |   |
| 開業医 42歳<br>年収***  | 1日のサイクリング | ゴールデン<br>ウイーク<br>朝9時    | A島往路               | 家族4人でA島へクルージング。船長のお父さんがいつも連れ親もしくみえる。   |  |                           |                   | ○           | ○            | ○                |           |           |              |               |               |             |             | ○           |              |           |             |             |          |   |
| クルージング滞在型         | 1日のサイクリング | 春から夏<br>昼から夕方           | マリーナ<br>クルージングスポット | 奥様と2人でマリーナへ。食材やドリンクを充分積み込む。とりあえず2時間ほど、近くをのんびりクルージング。   |  |                           | ○                 |             |              |                  |           |           |              |               |               |             | ○           | ○           | ○            | ○         | ○           | ●           |          |   |
|                   | ↑         | ↑                       | 夕方から夜              | マリーナ   | 夕方に友人夫婦が到着。桟橋の艇をみて友人が『いいボートだなー』と褒める。キャビンに案内すると奥さんが『わあー素敵、すごいね』と感動している。 | ○                         |                   |             |              |                  |           |           |              |               |               | ○           | ○           | ○           | ○            | ○         | ○           | ●           |          |   |
|                   |           | 夕方から夜                   | 桟橋                 | 盛り上がったところでフライングブリッジへ移動。2次会の気分で再び乾杯。視界もいいし、横の船を見下し、星空もみながら時間を過ごす。泊まる予定ではなかった友人にも船内泊をすまめ、無事就寝。 |  |                           |                   |             |              |                  |           |           |              |               |               | ○           |             |             |              |           | ○           |             |          |   |
|                   |           | 船中泊の翌朝                  | マリーナの<br>フロント      | 朝早くに用事をあるのでゲストは帰る。また誘って欲しいという言葉にオーナーとしての喜びを感じる。  |  | ○                         |                   |             |              |                  |           |           |              |               |               | ○           |             |             |              |           |             |             |          |   |

表 3 品質表



### 3.7 コンセプトの検証

要求品質で具体的に可視化した商品コンセプトは、本当にターゲットユーザーの想いを反映しているものかどうか、コンジョイント分析を用いたアンケート調査を実施して検証している。詳細は略するが、顧客選好傾向の結果が仮説に概ね合っていたことから、自信が持てた。また仮説とのギャップも発見できたので、仕様変更に織り込んで対応した。また、発売直前に開催された東京国際ボートショーにおける展示艇でのアンケート調査からも、商品コンセプトをもとにこだわって作り込んだ品質項目が、見学者に高い評価を受けることがわかった(図3)。

### 3.8 成果

LUXAIRは発表直後より多くの予約や商談の報告が入ってきており、営業的成果が上がっている。またプロセスとしての成果に着目するため、今回的方法を実際に使った企画&開発の担当者からの感想を集めてみた。

- (1) お客様の感動や価値が商品コンセプトによって事前に仮説立てできていたため、市場検証ができ、その結果自信をもって開発を進められた。
- (2) 品質展開作業に移行した際、企画品質の設定が容易に行えた。
- (3) 商品企画プレゼンテーションにおいて、開発の狙いやターゲットユーザーを経営陣に説明する際に説得力があった。

以上の感想から、商品コンセプトの可視化ができ、開発を回していく指標にできたと考える。

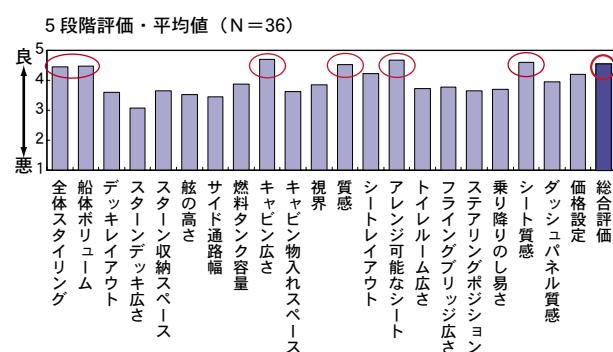


図3 ボートショー・アンケート結果

## 4 おわりに

今回、QFDの新しい領域に、新しいツールを使って事例に適用した。しかし、この2つの"新しい"は、ゼロから生み出したものではなく、開発商品に想いを持つ企画&開発担当者のこだわりどころである商品コンセプトを、二元表に工夫を加え可視化した。品質表も、市場の顧客の言葉と技術者の言葉を二元的に検討できる可視化ツールである。異なるのはその可視化の目的対象が、開発品質指標と顧客価値指標である点である。

未完成な部分がまだ多くあるが、想いの可視化ツールとして、使い手の実状に応じ工夫、改善して活用されれば幸いである。



## ■参考文献

- 1) 田井弘充「要求品質と開発目標～"感動"具現化ツールとしてのQFD～」『ヤマハ発動機 技報』, 2003-3 (No.35), ヤマハ発動機株式会社
- 2) 福山美洋、門田律:「サロンクルーザー LUXAIR(ラクシア)」『ヤマハ発動機 技報』, 2004-9 (No.38), ヤマハ発動機株式会社
- 3) 山崎秀夫 (2002) :「経験価値創造に挑む21世紀型商品開発(上)」『クオリティマネジメント』, Vol.53-No.6, 日本科学技術連盟
- 4) 大藤正、小野道照、永井一志 (1997) :『QFDガイドブック』, 日本規格協会
- 5) 梅澤伸嘉 (1995) :『消費者ニーズの法則』, ダイヤモンド社
- 6) 三菱総合研究所 知識創造研究部 編著 (1999) :『図解TRIZ』, 日本実業出版社

## ■著者



田井 弘充



# 技術論文

## 過共晶Al-Si合金製 オールアルミシリンダーの開発

**Development of an All-aluminum Cylinder  
Using a Hypereutectic Al-Si Alloy**

栗田 洋敬 Hirotaka Kurita 山縣 裕 Hiroshi Yamagata  
●研究創発センター コア技術研究室

### Abstract

A monolithic aluminum block using a newly developed Al-20%Si alloy was made by a vacuum die-casting process. The bore surface design was a sleeveless type with uniformly dispersed primary-Si crystals of around  $20\text{ }\mu\text{m}$ . The die-casting technology consists of a highly airtight die with two series of evacuation systems. The vacuum level in the die cavity was determined to be as low as 5kPa. The gas content of the block was found to be as low as  $5\text{cm}^3/100\text{g Al}$ , which has enabled T6 heat treatment. The die cavity temperature was carefully controlled to generate a fine dispersion of primary-Si crystals. Engine testing has proved that the bore wall temperature is 30K lower than that of an aluminum block enclosing a press-fitted cast iron liner. The superior cooling performance has decreased the oil consumption value to one half that of the aluminum block enclosing a cast iron liner. The simulation has revealed that the Si exposure provides EHL (Elastohydrodynamic Lubrication) contact in an exposure height ranging from 0.15 to  $0.3\text{ }\mu\text{m}$ . The wear on the bore surface occurs in the process comprising the initial wear of the exposed Si crystals to  $0.15\text{ }\mu\text{m}$  and a steady state is achieved where the exposure height becomes constant.

### 1 はじめに

エンジンシリンダーは軽量、高強度で、よく冷えることが必要である。アルミ化はこれらの要求に応えることができる有効な手段である。このため近年種々のアルミシリンダーが開発されている。代表的なものとしては、Niめっきシリンダー<sup>1)</sup>、MMC(Metal Matrix Composite)スリープ鋳ぐるみシリンダー<sup>2)</sup>、アルミパウダーメタル(PM)スリープ鋳ぐるみシリンダー<sup>3)</sup>、Fe溶射シリンダー<sup>4)</sup>等が挙げられる。オールアルミシリンダーとしてはAl-17%Si合金(以下A390合金)を使用したものが実用化されている。この合金はもともとレイノルズメタル社により開発され<sup>5)</sup>、1971年にシボレー・ベガに最初に採用された<sup>6)</sup>。その後、主として大排気量の乗用車用シリンダーとして広く使用されている。

A390合金製シリンダーは低圧(以下LP)鋳造により製造され<sup>7)</sup>、強度を出すためT5処理(高温加工から急冷後、人工時効硬化処理したもの)またはT6処理(溶体化処理後、人工時効硬化処理したもの)を施して使用される。LP鋳造は優れた鋳造品質を得ることができる一方で、サイクルタイムが長くなる欠点がある。バイクのシリンダーには、ダイキャストのように薄肉成形が可能で短いサイクルタイムで製造できるプロセスが必要である。しかしながら従来のダイキャストプロセスでは鋳物中のガス量が多く、ブリスターと呼ばれる膨れが生じるため、T6処理を施すことは困難であった。

本研究で我々は真空ダイキャスト技術を使い、T6処理可能なオールアルミダイキャストシリンダー「DiASil(Die casting Aluminum-Silicon)シリンダー」を開発、実用化した。本シリンダーはAl-20%Si合金を使用した、めっきレス、スリープレスのオールアルミシリンダーである。開発評価においてはシリンダーボア温度、オイル消費量、耐久性等を評価、また耐久試験後のシリンダーボア表面観察およびEHL



(Elastohydrodynamic Lubrication/弹性流体潤滑)シミュレーションにより摺動特性を評価した。

## 2 実験方法

### 2.1 DiASilシリンダー用アルミ合金

シリンダー用材料としてAl-20%Si合金を開発した。合金組成を表1に示す。合金には金属組織中の初晶

Siの粒径および分散を最適化するため、約100ppmのPを添加した。CaおよびNaは、Pの改良効果を阻害するため0.1%以下に規制した。CuおよびMgはT6処理により強度を得るために添加している。Feはダイキャスト時の金型の焼付きを防止するために添加した。添加量は0.5%±0.1%とした。これは、多量のFe添加は金属組織中に粗大な金属間化合物を形成し、強度の低下を招くためである。

表1 合金組成

| Si   | Cu   | Fe   | Mg   | Zn   | Mn   | Ni   | Ca    | P     | AI   | (wt.%) |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|--------|
| 20.0 | 2.61 | 0.59 | 0.44 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.003 | 0.027 | REM. |        |

### 2.2 ダイキャスト

鋳造プロセスとして、製品中へのガス吸収を防ぐために、真空ダイキャスト法を採用した。本ダイキャストシステムは効率的な真空排気を行うために2系統の真空排気システムを有している。図1に真空排気システムの模式図を示す。1系統はキャビティを排気し、残り1系統はキャビティ以外の金型空隙部分の排気を行う。これら排気システムは真空ポンプ、真空タンクを有しており、各々独立している。金型には真空シールを配し、高気密構造とした。射出時には5kPa以下の真空度を保持することが可能である。その結果、製品ガス量は約5cm<sup>3</sup>/100gであり、T6処理が可能となっている。

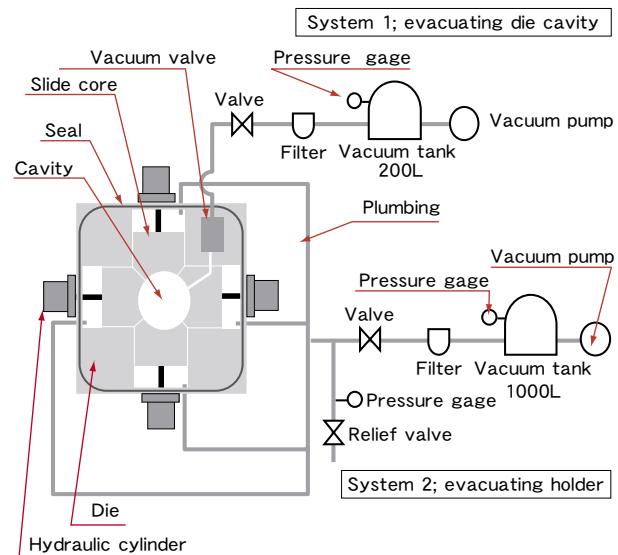


図1 真空排気システム

### 2.3 金属組織

ダイキャストは一般的に冷却速度が速いため、過共晶Al-Si合金を使う場合、製品表面近傍に初晶Siが晶出しない部分(初晶Si無晶出部)が生じる。初晶Si無晶出部が摺動部となると耐摩耗性が低くなってしまう。そのため金型温度をコントロールし、初晶Si無晶出部の最小化を図った。同時に残存している初晶Si無晶出部はファインボーリング工程で除去した。図2にシリンダーボア表面の金属組織を示す。画像処理装置により測定した初晶Siの平均粒径は約20μm、面積率は約11%である。

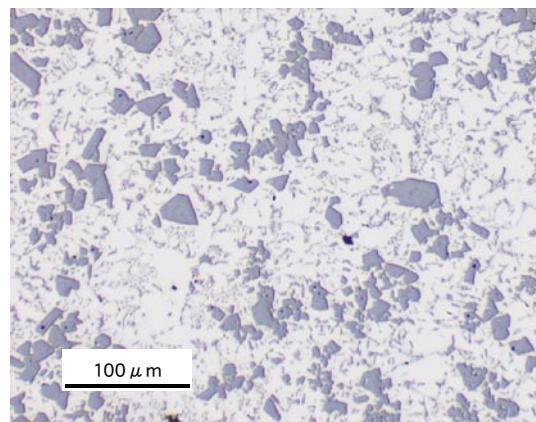


図2 金属組織



## 2.4 熱処理

シリンダーボア表面に十分な硬さを得るため、熱処理としてT6処理を施した。**表2**に処理条件を示す。HRB70のロックウェル硬さが得られた。

表 2 熱処理条件

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| Solution treatment | 4h at 763K followed by water quench |
| Aging              | 4h at 473K                          |

## 2.5 ホーニング

ホーニングは2工程よりなる。第1工程でシリンダーボア径および真円、円筒度を出し、第2工程で初晶Si粒子の浮出し加工を行う。ホーニング後のシリンダーボア表面は鏡面状態であり、従来のホーニング面に見られるクロスハッチパターンは認められない。Si粒子の浮出し高さは原子間力顕微鏡(AFM)にて測定した。

## 2.6 エンジンテスト

空冷および水冷のDiASilシリンダー(**図3**)を試作、試験に供した。空冷シリンダーを用いてシリンダーボア温度およびオイル消費量を測定、水冷シリンダーを使用して耐久試験を実施した。



図 3 DiASil シリンダー

### (1) シリンダーボア温度測定

シリンダーボア温度測定にはボア  $\phi$  49mm、ストローク80mmの空冷シリンダーを用いた。ボア温度は上死点より5mmのシリンダーボア表面に埋め込まれた熱電対により測定した。試験はテストベンチにて実施、エンジン回転数を変化させながら温度測定を行った。

鋳鉄スリーブ圧入シリンダーについても同様に測定を行った。鋳鉄スリーブ圧入シリンダーは、DiASilシリンダーと同一形状であり、スリーブ厚さは約5mmである。

### (2) オイル消費量測定

オイル消費量測定にはボア  $\phi$  49mm、ストローク80mmの空冷シリンダーを用い、10,000kmの実走行前後のエンジンオイル量を測定、算出した。鋳鉄スリーブ圧入シリンダーについても同様に測定を行い、結果を比較した。鋳鉄スリーブ圧入シリンダーのスペックはシリンダーボア温度測定に使用したものと同様である。

### (3) 耐久試験

耐久試験にはボア  $\phi$  66mm、ストローク100mmの水冷シリンダーを用い、2.5時間、8時間および105時間のエンジン運転を行った。このときエンジンオイル温度は423K一定とした。また耐久試験前後でエアマイクロメーターおよび表面粗さ計にてシリンダーボア径および表面形状の測定を行った。

## 2.7 EHLシミュレーション

接触部の表面形状は、接触状態に大きな影響を及ぼす。そこでEHLシミュレーションを用いて、ピストンリングとシリンダーボアの接触状態に及ぼすSi粒子浮出し高さの影響を検討した。Si粒子浮出し高さを0から $0.5 \mu\text{m}$ まで変化させ、接触部の油膜厚さ(h)および油膜圧力(p)を計算した。接触モデルを図4(a)に示す。ピン先端の曲率半径は40mmでピストンリング接触部の曲率半径と等しい。ディスクは平面であり、半無限体とした。荷重(P)はピストンリング張力と等しく、14.7Nとした。ディスク速度は上死点付近のピストンスピードに対応させて2m/sとした。

計算に用いた初晶Siの配列を図4(b)に示す。本モデルでは初晶Siのみ配列し、共晶Siは考慮していない。初晶Si粒径は実際の組織で最も頻度の高い $30 \mu\text{m}$ とし、初晶Si面積率は11%とした。初晶Si粒子の断面形状を図4(c)に、計算に用いたパラメータを表3に示す。表中の合成表面粗さRaはピストンリングおよびシリンダーボア表面粗さより決定した。潤滑油パラメーターは423Kにおける実際のエンジンオイルの値を使用した。接触部の油膜圧力分布はReynolds方程式(1)により表される。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\rho h^3}{\eta} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) = 12u \frac{\partial [\rho (h-Ra)]}{\partial x} \quad (1)$$

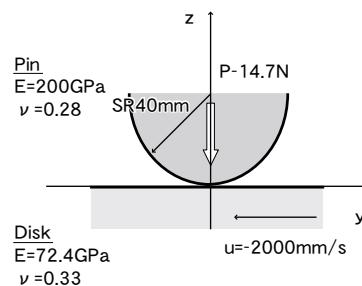
このとき粘性係数( $\eta$ )は油膜圧力(p)と共に変化する。そこで粘性係数( $\eta$ )はRoelandsの式(2)により補正を行った。

$$\eta = \eta_0 \cdot \exp \left[ \frac{\alpha p_0}{Z} \cdot \left( 1 + \frac{p}{p_0} \right)^{Z-1} \right] \quad (2)$$

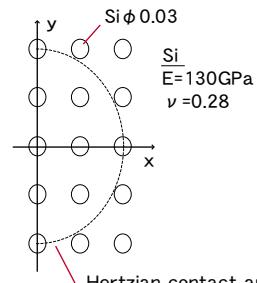
接触部の弾性変形量( $\delta$ )はBoussinesqの式(3)により計算される。

$$\delta = g(x) + E' \int_s \frac{p(\xi)}{r(x, \xi)} d\xi \quad (3)$$

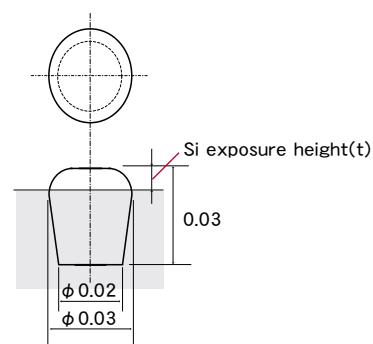
接触部の油膜圧力分布(p)および油膜厚さ分布(h)は式(1)から(3)を連立して解くことにより計算される。計算には境界要素法<sup>8)</sup>を用いた。これら分布から各Si粒子上の平均油膜圧力を求め、更にその最小値(PEHL)を求めた。また同様に接触部油膜厚さの最小値(TEHL)も求めた。



(a) 接触モデル



(b) 初晶 Si の配列



(c) 初晶 Si 粒子の断面形状

図 4 接触条件

表 3 パラメーター

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Composite roughness: Ra                                | $0.3 \mu\text{m}$               |
| Density of oil film: $\rho$                            | $0.76 \text{ g/cm}^3$           |
| Coefficient of viscosity at ambient pressure: $\eta_0$ | $0.028 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ |
| Pressure viscosity coefficient: $\alpha$               | $0.020 \text{ MPa}^{-1}$        |
| Roelands viscosity coefficient: $p_0$                  | $200 \text{ MPa}$               |
| Roelands viscosity coefficient (dimensionless): Z      | $0.5$                           |



### 3 実験結果

#### 3.1 シリンダーボア温度測定

シリンダーボア温度測定結果を図5に示す。従来の鋳鉄スリーブ圧入シリンダーに対し、DiASilシリンダーは約30Kの温度低減効果が確認できた。

#### 3.2 オイル消費率測定

DiASilシリンダーのオイル消費率は約20,000km/Lであり、鋳鉄スリーブ圧入シリンダーの約2倍であった。DiASilシリンダーの優れたオイル消費率は、優れたシリンダーボア冷却能力によるものと考えられる。

#### 3.3 耐久試験

耐久試験の前後でシリンダーボアの径および表面形状に変化は認められなかった。しかしながらSi粒子の形状は試験前後で大きく異なっていた。図6に105時間耐久試験前後の初晶Si粒子のAFM像を示す。耐久試験前 $0.5 \mu\text{m}$ であった初晶Si粒子の浮出し高さは、2.5時間、8時間、105時間のいずれの耐久試験後も $0.15 \mu\text{m}$ に減少していた。試験後の初晶Si粒子には、ピストンリングの運動方向と同一方向に多数の引っ掻き傷が認められた。

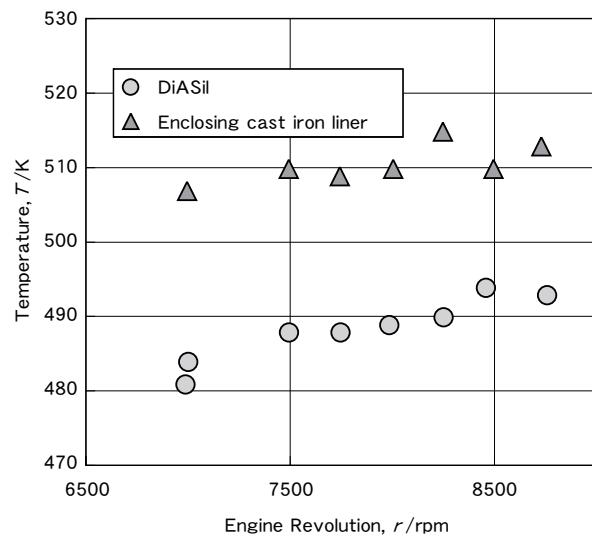
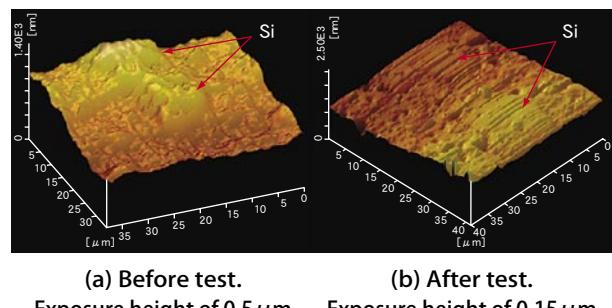


図5 シリンダーボア温度測定結果



(a) Before test. (b) After test.  
Exposure height of  $0.5 \mu\text{m}$       Exposure height of  $0.15 \mu\text{m}$

図6 初晶 Si 粒子の AFM 像



### 3.4 EHLシミュレーション

EHLとは、高い接触圧力のために潤滑面が変形するなどの影響が現れる流体潤滑状態のことである。EHLの特徴として、接触域出口側に圧力スパイクと呼ばれる圧力のピークの発生がある。油膜圧力分布計算結果中に見られた圧力スパイクを図7(a)矢印部に示す。図7(b)には油膜厚さ分布計算結果の一例を示す。図8にTEHLおよびPEHLと初晶Si粒子浮出し量の関係を示す。

## 4 考察

### 4.1 EHL状態に及ぼす初晶Si粒子浮出し量の影響

油膜厚さは耐摩耗性に大きな影響を及ぼす因子であり、接触部の表面形状(表面粗さ、うねりなど)により大きく異なる。DiASilシリンダーはホーニングによりシリンダーボア表面の初晶Si粒子を浮き出させている。そこでEHLシミュレーションによりSi粒子浮出し量がEHL状態に及ぼす影響を検討した。その結果、 $0.15\ \mu\text{m}$ および $0.3\ \mu\text{m}$ では油膜圧力分布中に圧力スパイクが観察され、EHL状態になっていることがわかった。その他の初晶Si浮出し量においてはEHL状態にならず、初晶Si粒子がピンに接触することがわかった。

### 4.2 エンジンテスト中の初晶Si粒子形状変化

エンジンテスト前のDiASilシリンダーの初晶Si粒子浮出し量は $0.5\ \mu\text{m}$ であった。2.5時間、8時間の耐久テストで浮出し高さは $0.15\ \mu\text{m}$ に減少していた。これらの結果より、初晶Si浮出し高さは短時間のうちに $0.15\ \mu\text{m}$ まで減少し、その後は一定値を保つことがわかる。図6(b)には初晶Siに多数の引っ掻き傷が認められ、これら傷の方向はピストンリングの運動方向と一致している。これよりSi粒子の形状変化はピストンリングによるアブレシブ摩耗によるものと推察される。図9(a)に初晶Si粒子の断面形状を示す。接触の初期、初晶Si粒子の頂部には平坦部は認

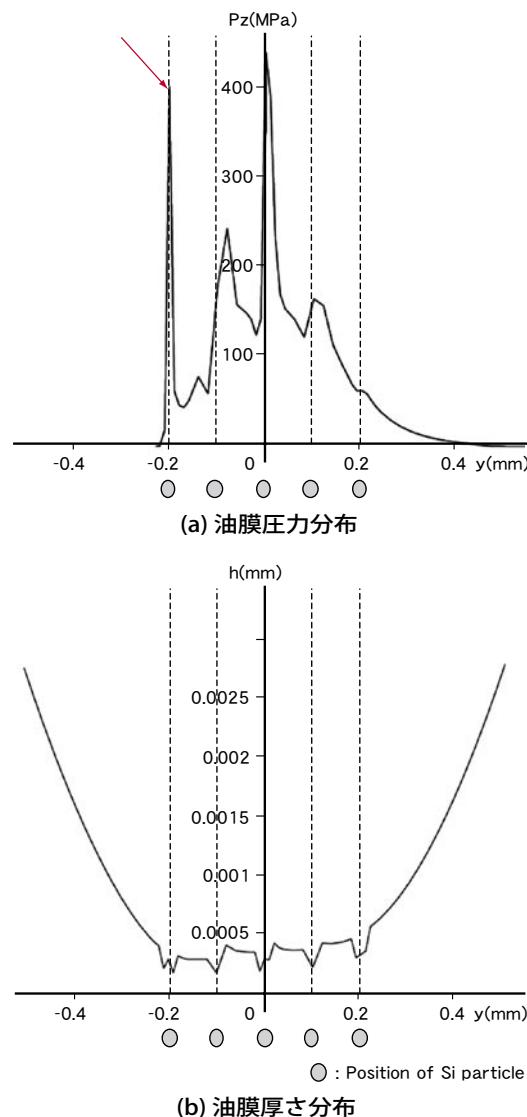


図7 計算結果の一例

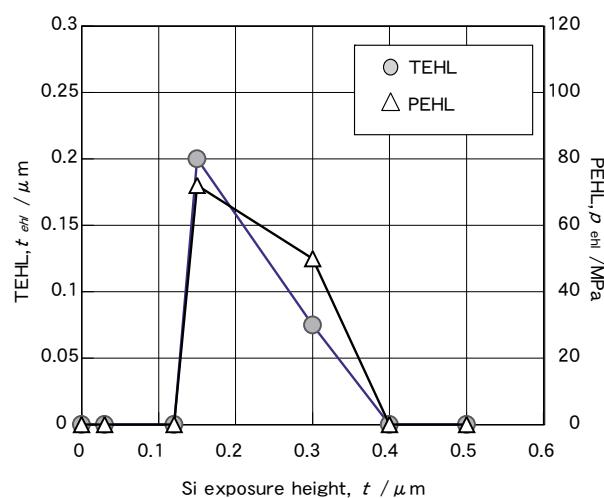


図8 TEHL、PEHLと初晶Si粒子浮出し量の関係



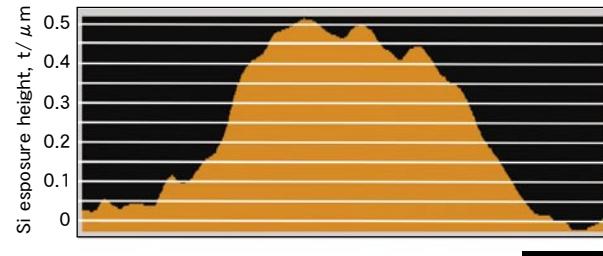
められない。このとき、実際に相手材の荷重を受ける実接触部の面積率( $f$ )は0.2%である。**図9(b)**にピストンリング張力によって生じる接触圧力(PRT)と初晶Si粒子浮出し量の関係を示す。PRT値は式(4)により求められる。

$$PRT = 200 \times W / (D \times h_1 \times f) \quad (4)$$

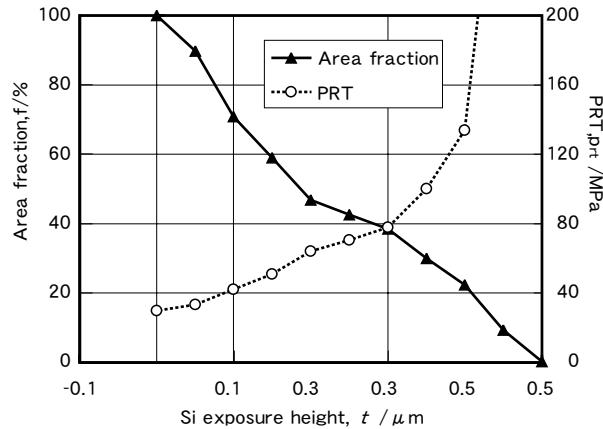
ここでWはリング張力、Dはシリンダーボア径、 $h_1$ は接触部の幅(0.2mm)、fは実接触部の面積率である。接触の初期においては、初晶Si粒子はピストンリングと点接触するため、その接触圧力は10GPaに達する。この大きな接触圧力により初晶Si粒子は速やかに摩耗する。摩耗の進行に伴い、実接触部の面積率( $f$ )が増加することで、PRT値は減少し、浮出し量0.15 μmでは50MPaとなる。

#### 4.3 エンジンテスト結果とシミュレーションの比較

実際のエンジンテストでは初晶Si浮出し量は0.5 μmから摩耗により減少し、0.15 μmで一定となった。これに対し、シミュレーションでは浮出し量0.3 μmおよび0.15 μmでEHL状態となることが示されている。実際のエンジンテストにおいて浮出し量が0.3 μmで摩耗が止まらないのはなぜか、それを考察するためSi浮出し量を変数にとり、PEHL値およびPRT値の比較を行った。結果を**図10**に示す。図に示されるように、PEHL値はSi浮出し量0.15 μmの点においてのみPRT値よりも高い値を示す。これはSi浮出し量0.15 μmの場合、EHLにより発生する油膜圧力がリング張力による接触圧力上回ることを示しており、ピストンリングとシリンダーボアの間に油膜が存在することを示す。一方Si浮出し量0.3 μmの場合、リング張力による接触圧力のほうがEHLによる油膜圧力よりも大きいため、ピストンリングとシリンダーボアが直接接触し、摩耗が進行するものと考えられる。これらよりDiASilシリンダーは運転の初期にSi粒子が摩耗し、浮出し高さ0.15 μmでEHL状態に達し摩耗の進行が止まるものと考えられる。



(a) 初晶 Si 粒子の断面形状



(b) 接触圧力と初晶 Si 粒子の浮出し量の関係

図 9 接触圧力と初晶 Si 粒子

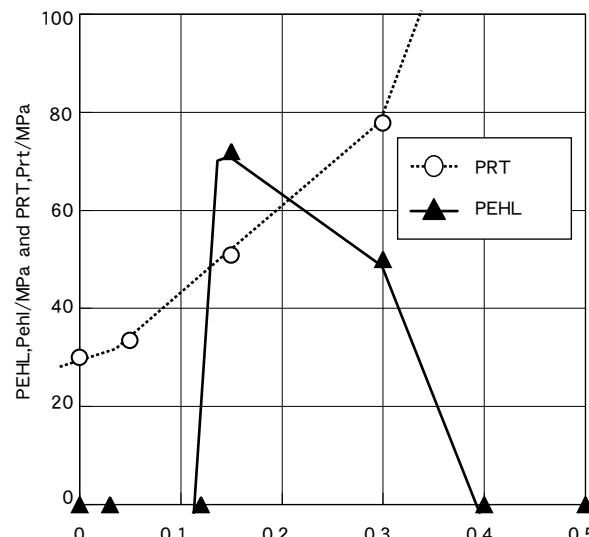


図 10 PEHL 値および PRT 値と Si 浮出し量



## 5 まとめ

真空ダイキャスト技術によりT6処理可能なAl-20%Si合金製オールアルミシリンダーを開発実用化した。金属組織中の初晶Si粒子の粒径および分散状態は金型温度コントロールにより最適化した。シリンダーボアの初晶Si粒子はホーニングにより $0.5 \mu\text{m}$ 程度浮き出させた。実際のエンジン運転においては鋳鉄スリーブ圧入シリンダーに対し、シリンダーボア温度30K低減、オイル消費率は2倍となった。境界要素法によるEHLシミュレーションより、初晶Si粒子浮出し量 $0.15 \mu\text{m}$ から $0.3 \mu\text{m}$ の範囲でEHL状態に達することがわかった。実際のエンジンにおいては、シリンダーボア表面のSi粒子はエンジン運転の初期において $0.15 \mu\text{m}$ まで摩耗し、EHL状態に達することで、その後摩耗は進行せず定常状態となる。

### ■記号定義

|             |                           |          |                      |
|-------------|---------------------------|----------|----------------------|
| $x$         | : 接触面上の計算点                | $\rho$   | : 油膜密度               |
| $h$         | : 油膜厚さ                    | $p$      | : 接触圧力               |
| $\eta$      | : 粘性係数                    | $u$      | : 2物体間の相対速度          |
| $Ra$        | : 合成表面粗さ                  | $\eta_0$ | : 常圧粘性係数             |
| $\alpha$    | : 圧力粘性係数                  | $Z$      | : Roelands 粘性係数(無次元) |
| $p_0$       | : Roelands 粘性係数           | $\delta$ | : 2つの弾性体の剛体的近接量      |
| $\xi$       | : 接触面上の積分点                | $g(x)$   | : 点 $x$ での初期ギャップ     |
| $E'$        | : 等価縦弾性係数                 | $S$      | : 接触面領域              |
| $r(x, \xi)$ | : 点 $x$ と点 $\xi$ の接触面上の距離 | $p(\xi)$ | : $\xi$ での接触圧        |

### ■参考文献

- 1) K.Funatani et al: Automotive Engineering, January, (1995), p. 15
- 2) H.Hayashi, H.Ushio and M.Ebisawa: SAE Paper, 890557, (1989)
- 3) G.Kubelstein, P.Stocker, F.Ruckert: VDI-Bericher, 1612, (2001), p. 63
- 4) G.Barbezat and R.Herber: SULZER TECHNICAL REVIEW, 2, (2001), p. 8
- 5) J.L.Jorsted: Transactions of the Metallurgical Society of AIME, 242, July, (1968), p. 1217
- 6) J.L.Jorsted: Modern casting, October, (1971), p. 71
- 7) <http://www.kolbenschmidt.de/pdfdoc/lpdc engine blocks e.pdf>
- 8) K.Kakoi: Journal of Japanese Society of Tribologists, 36, 6, (1991), p. 566



# 技術論文

## 遺伝的アルゴリズムを用いた 二輪車操縦モデルの開発

A Model for Motorcycle Rider Operation Based on Genetic Algorithms

藤井 茂 Shigeru Fujii Sergey A. Panfilov Sergey V. Ulyanov  
●研究創発センター・ヨーロッパ技術研究室 / Yamaha Motor Europe N.V.

### Abstract

In order to program computer simulations for a running motorcycle it is necessary to create a model of the motorcycle body plant and also a model for the rider's operational actions. In this research project we developed a motorcycle rider operation model using genetic algorithms to replace the operational actions of the rider and make the motorcycle follow a specified course. We created the motorcycle body model using the SimMechanics, mechanical modeling tool of the MATLAB software. This model is made to represent a scooter and consists of seven rigid bodies and 12 degrees of freedom. The rider operation model adopts a control method in which the machine roll angle is kept coinciding with the target roll angle, which is calculated so as to reach the prescribed course point at the forward reference length. Furthermore, the gain parameters used in the control method were optimized by genetic algorithms used in performing simulations at set velocities and roll angles. The running simulations using this rider operation model were performed over a velocity range of 1-15m/s and were successful in having the machine run the designated course with good stability. Furthermore, a good level of agreement was achieved between the results of actual test runs and the simulation runs.

### 要旨

二輪車の走行をシミュレーションするためには車体モデルと共にライダーの操縦動作をモデル化する必要がある。本研究はライダーの操縦動作の代わりに車体を安定に目標コースに追従させる二輪車操縦モデルを遺伝的アルゴリズムを用いて開発したものである。シミュレーションで用いた車体モデルはSimMechanicsというMATLABの機構解析用オプションツールにて作成した。このモデルはスクーターを対象にモデル化したものであり、7つの剛体からなり、12自由度を持つ。操縦モデルは前方注視点にてコース上に到達するために適当な車体ロール角度を目標ロール角として、車体ロール角を目標ロール角に一致させるように制御する形式を用いた。また、この制御におけるゲインパラメータは遺伝的アルゴリズムを用いつつ、定速度、定ロール角シミュレーションを行うことによって最適化した。この制御モデルを用いて行った走行シミュレーションは1~15m/sの速度範囲で、任意のコースを安定に走行することができた。また、実車走行の結果とシミュレーションの結果はよく一致した。

### 1 はじめに

近年、二輪車操縦モデルとして様々なものが提案されている<sup>1~4)</sup>。これらの中にはライダーの操縦動作をデータに基づいて再現した例や、ロール角の安定性とコースへの追従性の両立をするための工夫が見られる例などがあり、大変参考になる。しかし、実際に走行シミュレーションを行うにはまず多くの時間を掛けて走行条件ごとに安定に走行できる制御パラメーターを求める必要があり、走行シミュレー



図1 モデル対象車両

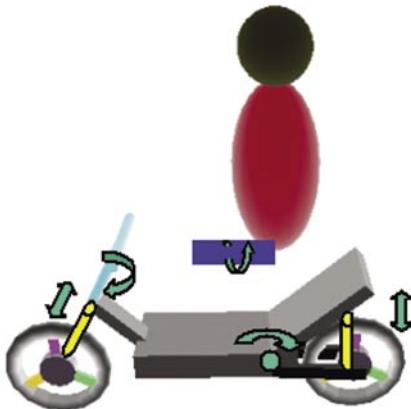


図2 車体モデル

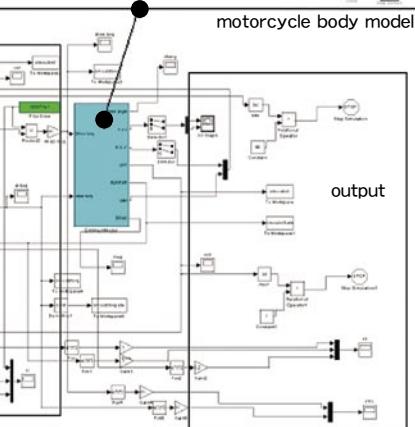
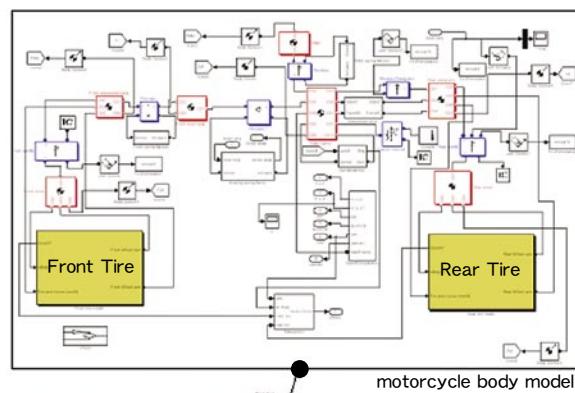


図3 車体モデル回路図

ションを開発に生かせない原因になっていると考えられる。ここではスクーター車体モデル(図1～3)をMATLAB/SimlinkのオプションであるSimMechanicsにより作成したものを対象に、自由に速度やコースなどの条件を設定してシミュレーションを行うことができるよう、遺伝的アルゴリズム(以下、GA)を用いて二輪車操縦モデルを開発した例について報告する。

## 2 車体モデル

車体モデルはSimMechanicsを用いて作成した。概要は剛体数7(メインフレーム、ライダー、ステアリング、フロントサスペンション下、リアアーム、前後輪)、回転ジョイント5(ステアリング、リアアームピボット、ライダーリーン、前後輪)、伸縮ジョイント1(フロントサスペンション)、バネダンパー4(フロントサスペンション、リアサスペンション、ライダーリーン、ステアリング)である。自由度はメインフレーム基準点の6自由度(前後左右上下、ロール角、ピッチ角、ヨー角)の他に前後輪の回転、フロントサスペンションの伸縮、ステアリングの回転角、ライダーのロール角、リアアームの回転角と合計で12自由度のモデルである。外力としては重力、空気抵抗、揚力とタイヤ荷重を用いた。入力データは各剛体の重心点、接続点の座標や重量、慣性モーメント、バネ、ダンパー等の物性値やタイヤについての定数等を入力した。タイヤモデルについては一次遅れを考慮した線形タイヤモデルをSimlinkのブロックにて作成した。このタイヤモデルはタイヤの地面に対する状態(高さ、キャンバー角、横滑り角、前後すべり率)を入力として、タイヤごとに求められたパラメーター値を用いて、タイヤの接地点における前後力、横力、セルフアライニング



トルク、オーバーターニングモーメント、緩和長を出力するモデルである。このモデルは大きな横滑り角やロール角が生じた場合には、線形性を仮定しているために出力が過大になってしまい使えないが、スクーターの一般的な走行の範囲であれば対応可能である。タイヤモデルのパラメーターについては主にJARI(Japan Automobile Research Institute)にて計測した値を用いた。なお、モデルの作成にあたっては参考文献<sup>5)</sup>を基にThe Mathworks社にて作成されたSimMechanicsのデモモデルを参考にした。

### 3 操縦モデル

図3に示すように、走行シミュレーションは、前項にて述べた車体モデルの状態をSimlinkにより組まれた操縦モデルが制御することにより、実行される。操縦モデルはドライブトルクとステアリングトルクを式(1)、(2)に従って算出するものとした。すなわち、目標速度と目標ロール角に速度とロール角が近づくようP(D)制御を行うものに、ステアリングダンパーの効果を加えたものである。ステアリングダンパーの項については、通常は車体モデルにその機能を持たせことが多いが、ステアリング部に発生する摩擦力は通常小さく、実際にはライダーが加える力であることと、走行条件によってステアリングダンパーの値は変化すると考え、式(2)に加えた。

なお、コースを追従するシミュレーションにおいては、目標ロール角を式(3)～(6)によって算出した。前方注視距離先にて与えられたコース上に円弧コースを通って到達するということを想定して、その円弧コースで走行する場合に必要なロール角を目標ロール角としたものである(図4)。

$$\tau_d = -K_{p1}(v - v_{ref}) \quad (1)$$

$$\tau_s = -K_{p2}(\phi - \phi_{ref}) - K_{d2}\dot{\phi} - K_{d3}\alpha' \quad (2)$$

$$\omega = v/R \quad (3)$$

$$a = v^* \omega \quad (4)$$

幾何学的(図4)関係から、

$$R = (y^2 + LR^2)/2y \quad (5)$$

$$\phi_{ref} = \tan^{-1}(a/g) = \tan^{-1}\left(\frac{2y^*v^2}{g^*(y^2 + LR^2)}\right) \quad (6)$$

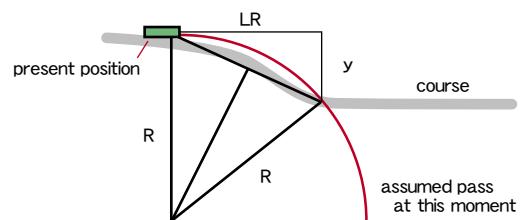


図4 コース追従時の想定コース

以下では操縦モデルのゲイン、すなわち式(1)、(2)の $K_{p1}$ 、 $K_{p2}$ 、 $K_{d2}$ 、 $K_{d3}$ を状況に応じた値に設定するファジーコントローラーを設計する手法について記す。ここで示す手法は、図5に示すように、第一段階でいくつかの目標速度、目標ロール角に対しての最適ゲインを探査し、第二段階では離散的な状態での最適値の間をスムーズにつなぐためのファジーコントローラー作成を行う。なお、本手法はGAを用いた最適ファジーコントローラー設計ソフトSCoptimizerを二輪車のモデルに応用したものである<sup>6)</sup>。

#### 3.1 定速定ロール角シミュレーション

二輪車を操縦するということはロール角を安定させつつ、望んだコースを追従することである。そして、ロール角を安定して走行できる制御方法を探ることが操縦モデルを作成する基礎になると想え、第一段階として目標速度と目標ロール角を指定値に一定化させるシミュレーションを行い、目標値ごとの最適ゲインを探査した。SCoptimizerにて下に示すように目標速度、目標ロール角、GAパラメーター、適合閏

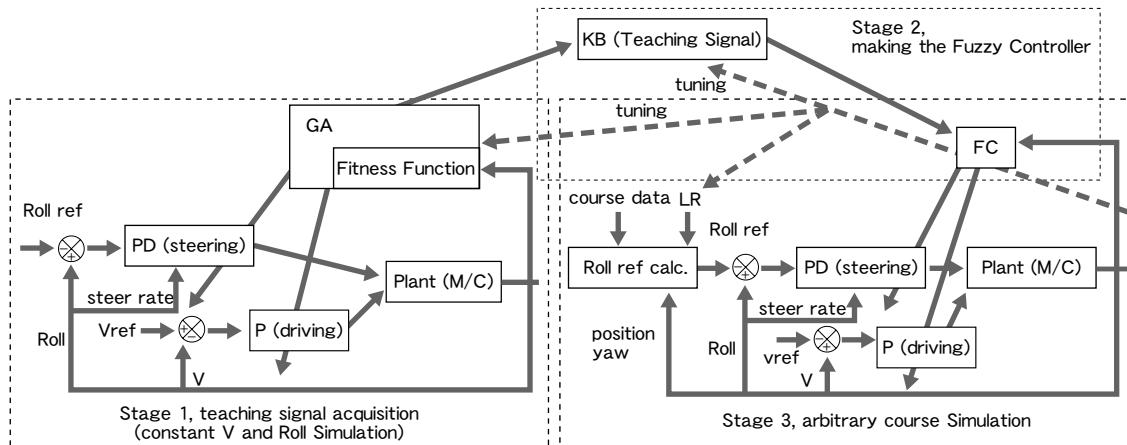


図5 ファジーコントローラーとその開発手順

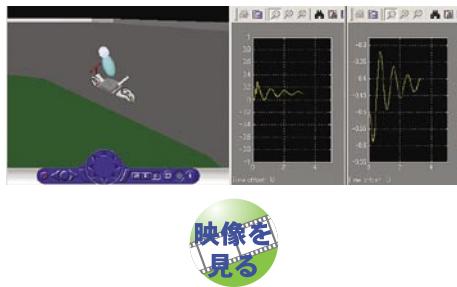


図6 最適化開始直後の最適化の様子

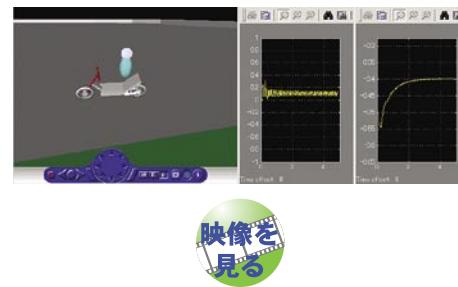


図7 最適化が進んだ後の最適化の様子

数等を設定して、図3の走行モデルを用いてシミュレーション(図6、図7)を行い、各目標値における最適ゲインを求めた。なお、GAの最適化の成否は適合関数の設定の仕方によるので、重み係数はシミュレーションの様子を見て、トライアンドエラーにて調整する必要があるが、図8には単一の適合関数をすべての場合に用いて得られたゲインセットの例を示す。

目標速度 = 1,2,3,5,7,10,15 m/s

目標ロール角 = 0°, 2°, 10°, 20°, 30°

最適化対象ゲイン  $K_{p1}, K_{p2}, K_{d2}, K_{d3}$

GA パラメーター

個体数 = 200, 世代数 = 5

突然変異率 = 0.01, 交配率 = 0.64, 削除率 = 0.8

適合関数

$$FF = (v - v_{ref})^2 W_v + (\phi - \phi_{ref})^2 W_\phi + \phi'^2 W_{d\phi} + \tau_d^2 W_{\tau d} + \tau_s^2 W_{\tau s} \quad (7)$$

$$W_v = 0.2, W_\phi = 1, W_{d\phi} = 1, W_{\tau d} = 0.0001, W_{\tau s} = 0.0005$$

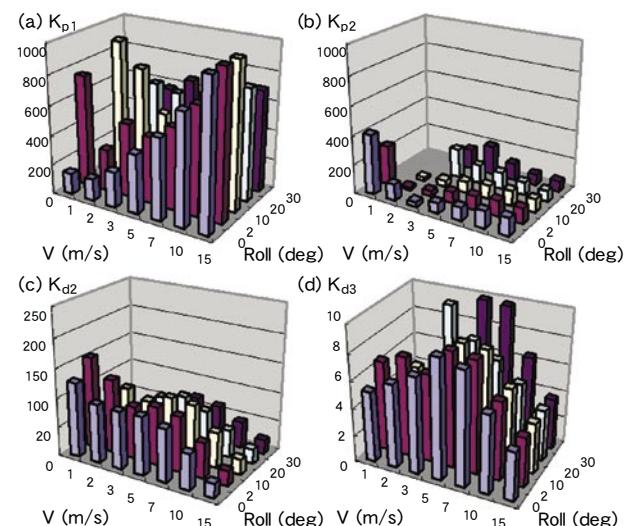


図8 単一の適合関数を用いた場合のゲインセット例

### 3.2 ファジーコントローラー作成

前項の手法にて得られたゲインセットを教師信号として、そのときの状態に応じて適したゲインを選び出すファジーコントローラーをSCoptimizerを用いて作成した。入力データは図8のようなゲインセットであり、図9のようなメンバーシップ関数を設定することにより状態(速度、ロール角)をファジー入力値に変換し、GAにより教師信号に合わせてスムーズにパラメーターが変化するようにファジールールを作成した。

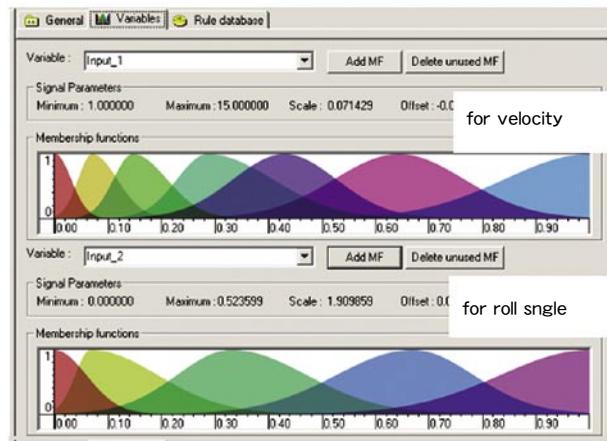


図9 メンバーシップ関数

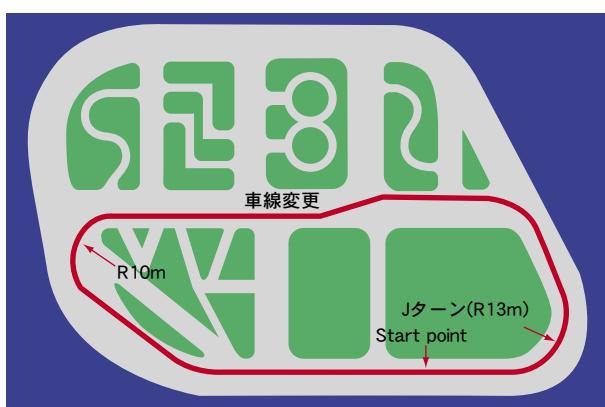
### 3.3 コース追従シミュレーションと実験データとの比較

図8のゲインセットをベースに作成されたファジーコントローラーを用いて、図10の表のように速度ごとに角Rを設定して作成した左折コースや、図11のような車線変更コースや、図12の周回コースを追従させるシミュレーションを行った。1~7m/sではコース追従性が不十分な場合があり、一方15m/sの場合は操舵トルクの変動が激しい傾向が見られた。また、4~6m/sの速度域で走行させた周回コースを追従させるシミュレーションの走行軌跡は、図13のTrack Aのように大きくコースを外れてしまう結果になった。

これらの不具合点の解決のため、まずは定速定ロール角シミュレーションでの適合関数の重み係数を調整した。これにより1~3m/sの場合は改善されたが、4~7m/sについては改善されなかった。しかし、定速定ロール角シミュレーションにてステアリングレートに対するゲイン $K_{d3}$ を最適化対象に含めず固定値として他のゲインを最適化したところ、操縦性

| v (m/s) | R (m) |
|---------|-------|
| 1       | 2     |
| 2       | 4     |
| 3       | 6     |
| 5       | 10    |
| 7       | 14    |
| 10      | 20    |
| 15      | 40    |

図10 左折コース



シミュレーション結果  
実車によるJターン走行の様子  
実車による車線変更の様子

図12 周回コース

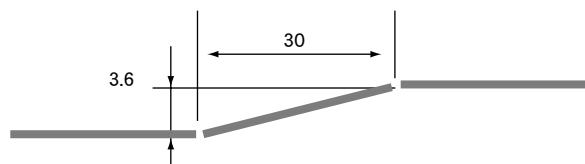


図11 車線変更コース



図13 周回コースでの走行軌跡

と安定性のバランスが良いゲインが得られた。また、 $K_{d3}$ はLRと共に別途、左折コースやレーンチェンジなどのコース追従シミュレーションにて値を決めた。これらの改良により図14のようなゲインを得た。このゲインにて作成したファジーコントローラーを用いると、軌跡は図13のTrack Bになった。この図ではDefined Courseと重なっている。

同様のコースをライダーが実走した実験値とシミュレーションの結果を比較したものを図15(a)～(e)に示す。速度については実走結果をスムーズにしたものとシミュレーションの目標速度にしたので当然良く一致しているが、他のデータについても実験とシミュレーションは良く一致している。図16はシミュレーション中のゲインの変化を示している。

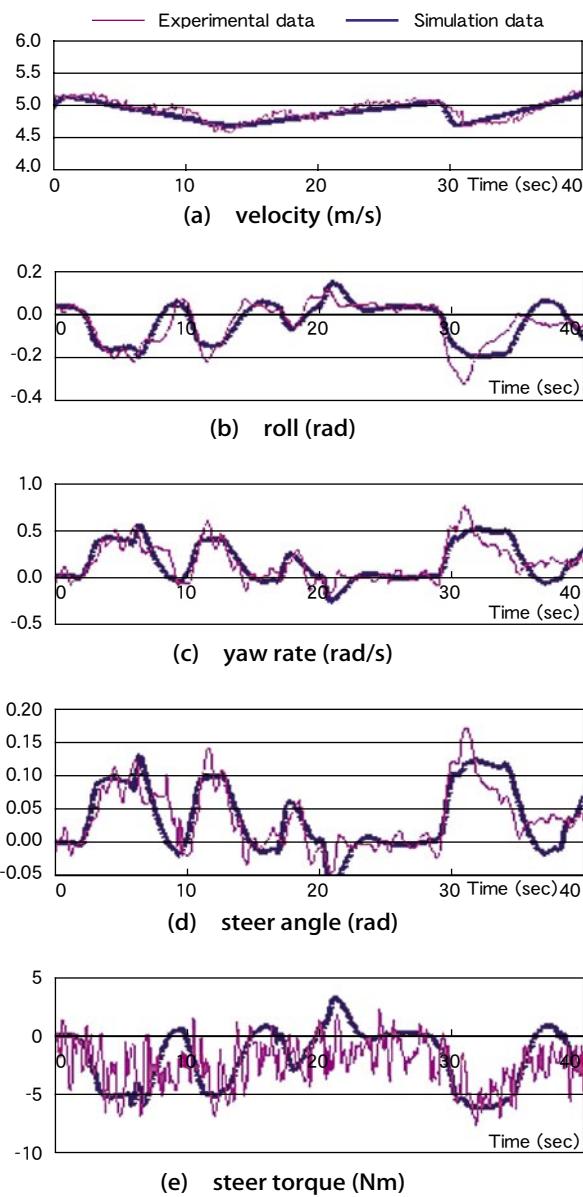


図15 実験と解析のデータ比較

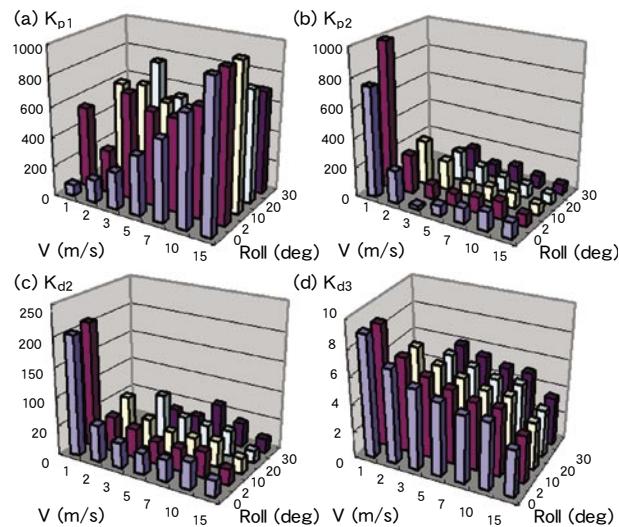


図14 最適化されたゲインセット

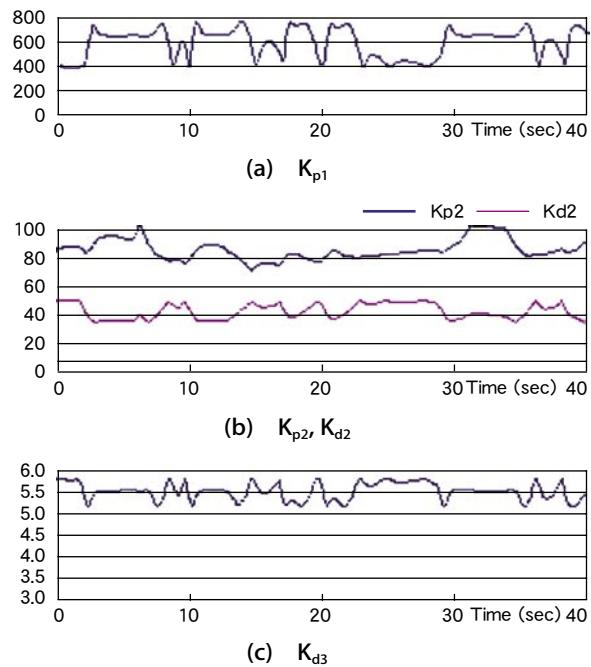


図16 ゲインの変動

また、図17にコースで大きく速度に変化をつけた場合のシミュレーションの様子を示す。ビデオにて示されるように、作成されたコントローラーは広い速度域にて操縦が可能である。

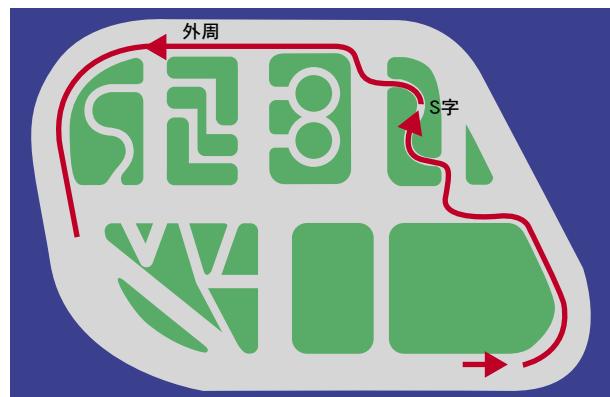


図17 S字コース

## 4 おわりに

GAを使った最適化手法を用いて二輪車の走行シミュレーションモデル操縦用のファジーコントローラを作成した。作成されたファジーコントローラーは広い速度域にて多様なコースを安定に走行できた。また、シミュレーションの結果は実験データとも良く一致した。

### ■記号定義

|  |                            |          |                           |
|--|----------------------------|----------|---------------------------|
| $\tau_d$   | : 駆動トルク(Nm)                | $\tau_s$ | : 操舵トルク(Nm)               |
| $K_{p1}, K_{p2}, K_{d2}, K_{d3}$                 | : ゲイン                      | $v$      | : 前進速度(m/s)               |
| $v_{ref}$  | : 目標速度(m/s)                | $\phi$   | : ロール角(rad)               |
| $\phi_{ref}$                                     | : 目標ロール角(rad)              | $\phi'$  | : ロールレート(rad/s)           |
| $\alpha$   | : 操舵角(rad)                 | $\omega$ | : ヨーレート(rad/s)            |
| $R$  | : 旋回半径(m)                  | $a$      | : 横加速度(m/s <sup>2</sup> ) |
| $LR$   | : 前方注視距離(m)                | $y$      | : 前方での予測偏差(m)             |
| $g$  | : 重力加速度(m/s <sup>2</sup> ) | $FF$     | : 適合関数                    |
| $W_v, W_\phi, W_{d\phi}, W_{\tau_d}, W_{\tau_s}$ | : 適合関数の重み                  |          |                           |

### ■参考文献

- 1) 今泉博英, 藤岡健彦: 機構解析言語による二輪車の運動解析, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.942, 21-24頁(1994)
- 2) 大和田克幸, 景山一郎: 二輪車を操縦する人間の制御動作に関する研究, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.942, 41-44頁(1994)
- 3) T.Breuer, D.A.Pruckner: Advanced Dynamic Motorbike Analysis and Driver Simulation, Studienarbeit am Institut fur Kraftfahrwesen Aachen (1999)
- 4) 渡辺仁: DADS/Plantを使ったモーターサイクルの走行シミュレーション, Matlab Automotive user's meeting (2000)



- 5) D.J.N. Limebeer, et al.: The stability of motorcycles under acceleration and braking. Proceedings Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science, (2001), vol. 215, no. 9, pp. 1095-1110
- 6) S.A.Panfilov, et al.: Soft Computing Optimizer: Structure and SW for Simulation of Universal Fuzzy Approximators, Second International Conference on Soft Computing and Computing with Words in System Analysis, Decision and Control (ICSCCW'03), pp. 112-122(2003)

### ■著者



左から、セルゲイ パンフィロフ、セルゲイ ウィリアノフ、  
藤井 茂



2004-9

No.38

## ●読者の声



読者の皆様からお寄せ頂きましたご意見を紹介します。(敬称略)

技報編集委員会では、読者の皆様のご意見・ご感想・ご要望を反映させ、誌面の充実をはかるため、読者アンケートを実施しています。

巻末のアンケート用紙にご記入の上、ご返送ください。お待ちしています。



技報というと専門の人にしか分からない暗号のようなものが相場です(私にとって)。しかし、御社の技報は分からない人間にとっても興味を持って読むことのできる稀有なものだと思います。当図書館では専門職の利用者が多いのですが、その方々にも満足できるものの様子です。今後ともよろしくお願ひします。 (匿名希望)



二種養成の講師会でトヨタ、ホンダの燃料電池車の話をしようと思っていたので非常にタイミングでした。特にP104以降、P107までは、そのまま話が出来るようまとまっており、今後共本並びにCDの配布を希望致します。本当にありがとうございました。 (池田和三)



EVシリーズの今後を注視したいと思います。 (匿名希望)



ヤマハのバイクのデザインには、いつもほしいな~と思わせる何かが有ります。テレビのCMにしてもそうです。これからも、いいデザインお願いします。 (匿名希望)



デザインの話など未来の製品を想像させる記事が楽しくて良いです。今後も期待しています。 (匿名希望)



今まで接してきていても、特に深く考えたことがない船外機や除雪機についても紹介されており、興味深く読めた。 (匿名希望)



貴社の活動内容の充実振りには、ただただ驚くばかりです。自社のカンフル剤として参考にさせて頂いております。 (匿名希望)



専門的技術を素人にもわかりやすく書かれていて、専門外の私にとって、大変勉強になりました。ありがとうございました。 (匿名希望)



最近ヤマハ発動機ファンになったド素人ですが、カラーでの紹介が多く、大変読み易かったです。現在、大学院で機械工学を専攻し、流体工学の研究をしております。貴社のバイクは、男性・女性1人ひとりに異なった力強さと美しさを与え、単なるマシーンではなく、なんだか・・・セクシーだなあ、とドキドキさせられます。残念ながら私は免許を持っておらず、実際に一体になることはできませんが、(近い!)将来、貴社でエンジニアとして一体となることを夢見ております★★ トヨタ自動車がUD(ユニバーサルデザイン)を前面に押し出した兼用車を発表し、UDに対する一般的な認識が大きく変わりつつあります。これから貴社がどう動くかが楽しみです。 (小林佳苗)



乗り物は楽しいですし、技術には夢があると、さらに強く感じました。魅力的なモノをこれからも提供して下さい。そんなYAMAHA発動機さんに私は就職したいです。ありがとうございました。 (匿名希望)



CD-ROMの映像が単発で終わってしまうため、少し見づらいです。 (匿名希望)

## ●編集後記

最近CSRという言葉を、よく耳にします。日本語で言うと「企業の社会的責任」という意味で、以前は、製品やサービスの提供、雇用の創出、税金の納付、メセナ活動などを指していました。最近では、企業を取り巻くステークホルダーとの関係を、これまで以上に大事にした具体的な行動のことを指し、それは従来の経済的または法的な企業の責任を大きく超えるものと言われています。技術の世界では、高性能化、コンパクト化、低コスト化など製品そのものに加え、製品が外部に与える影響、つまり環境性能の向上を図ることが、まさしく現在の「社会的責任」の一つなのでしょう。

それでは、この「ヤマハ発動機 技報」の「社会的責任」は何なのでしょう?「社会的責任を果たしている」と判断するのはステークホルダー、主にお客様です。執筆者一同、一般の方にも分かりやすい言葉で書くことには、特に気を使っています。後は「判断」してくださるお客様にしっかりと伝えることが「社会的責任を果たしている」ということなのかもしれません。幸いにして、今はインターネットという便利なメディアがあります。どちらかと言えば、広く伝えるというより、閲覧者に対して情報を伝えることが得意なメディアですが、だからこそ「わざわざ見に来てくださった方」に情報を伝えられないなどということがあると思います。

私たちも「紙」から「インターネット」の世界へ活躍の場を広げる時が来たようです。(北川 隆)

最近は何かと環境が話題になることが多いのですが、私にとって気になる身近な環境問題の一つは天竜川河川敷のゴミ投棄です。私が天竜川の流域に住んでいて、よく堤防の道を通るからだと思いますが、粗大ゴミがあちこちに投棄されており、相当にひどい状態です。ゴミが捨ててあればあるほど心理的に捨てたくなる? そうですので、完全に悪循環に陥っていると言えます。毎年6月頃になると天竜川河川敷の一斉クリーン作戦が行われ、子供会や自治会、その他いろいろな団体がボランティアで参加しています。ゴミを捨てる人がいなければゴミを拾う必要もないのですが、このような活動を知っていてもゴミを捨ててしまう人たちの心理は本当に摩訶不思議です。ゴミを捨てる人、それを拾う人、捨てても拾いもしない人、いろいろな人がいて、結果としてはひどい状態になっている。这样的ことは何も天竜川だけでなく、会社や組織の中でも当てはまることがあります。いろいろな人がいてその組織の状態を作り出している。私自信はゴミを捨てても拾いもしない人でいたい。いや、せめて年に一度くらいはゴミを拾う人でありたいと考える今日この頃です。

(大場 久仁保)

ヤマハ発動機  
技報 第38号

印 刷

発 行

発 行 所

発 行 人

編集委員長

編集委員

デザイン

翻 訳

事 務 局

印 刷 所

お問い合わせ

ホームページ

2004年8月31日

2004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

山下 隆一 取締役会長

平野 雅久 研究創発C. 企画推進室

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

澤田 良治 (株)モリック 営業部

本山 雄 研究創発C. コア技術研究室

小柳 智義 ヤマハマリン(株)第3技術部

小野 惣一 創輝(株) HS 事業部

武智 裕章 EV 統括部 EV 開発室

岡本 琴路 (株)スタジオコバ

玄(株)

勝岡 達三 法務・知財C. 知財戦略G

金子 和佳 研究創発C. 企画推進室

荒川 裕子 研究創発C. 企画推進室

(株)スタジオコバ 〒437-1196 静岡県磐田郡浅羽町松原 2455-2

研究創発C. 企画推進室 TEL 0538-32-1171

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

木宮 祐三 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

鈴木 昭彦 新事業推進部 スカイ事業部

大場 久仁保 (株)ワイ・イー・シー 技術開発事業部

松下 行男 ヤマハマリン(株) 技術企画部

村松 康幸 新事業推進部 清水器事業室

仲井 政雄 特機事業部 パワープロダクツ事業室

北川 隆 CCS 統括C. CRM 推進チーム

三浦 正明 研究創発C. 企画推進室

無断転載を禁じます



## ヤマハ発動機 技報

 CD-ROM

## ご使用方法

## 【収録技報】

- 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きますと、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