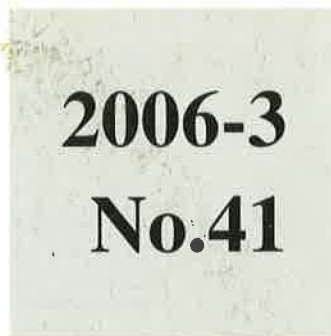


# YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW

ヤマハ発動機 技報



**特集：アジア**

▶ アジア特集

- |    |   |
|----|---|
| 1  | <b>中国におけるマウンターサービス事情</b><br>The Status of Surface Mounter Service in China<br>上島 宗一郎 鈴木 泰 森 好生  |
| 6  | <b>中国の電動自転車の紹介</b><br>An Introduction to China's Electric Bicycles<br>高橋 大輔   |
| 13 | <b>2005年中国生産モーターサイクル「YBR125」</b><br>The made-in-China 2005 model motorcycle "YBR 125"<br>北田 三男 浅村 欣司 渥美 友康 岡田 健史 登澤 幸雄  |
| 18 | <b>キッズ用オフコンペモデルTT-R50Eの開発と生産</b><br>Development and Manufacture of the Kids' Off-road Competition Model TT-R50E<br>近藤 充 坂部 清一 三浦 南一 角谷 智                              |
| 24 | <b>インドネシアでの製造用水改善への取り組み</b><br>Efforts to Improve Water Supply for Manufacturing in Indonesia<br>田中 和英  |
| 30 | <b>中国汎用エンジン事情</b><br>Multipurpose Engines in the Chinese Market<br>山口 隆義  |
| 36 | <b>3Dによる事前検証型業務プロセスの構築と<br/>グローバルエンジニアリングへの展開</b><br>Creating a 3D pre-operation verification type work process and<br>implementing it in global engineering<br>京極 敏弘 |
| 43 | <b>2006年ASEAN向けスポーティーモペット「T135」</b><br>2006 ASEAN Market Sporty Moped "T135"<br>黒元 敏則 増田 辰哉 宮部 敏昌 神村 薫 谷垣内 慶朗 森杉 茂雄 西村 慎一郎<br>鈴木 守 田村 孝典 天野 勝弘                        |

▶ 技術紹介

52

**船外機艇で流し釣りをするための「補機流し釣りシステム」**

**An "Auxiliary Drift-fishing System" for drift-fishing with an outboard motor**

井原 博英 箕浦 実

▶ 技術論文

57

**レーザー干渉法によるSIエンジンシリンダー内の未燃焼ガス温度計測**

**Unburned Gas Temperature Measurement  
in an SI Engine Using Fiber-Optic Laser Interferometry**

河原 伸幸 富田 栄二 大西 健二 後藤 一廣



特集：アジア

# 中国におけるマウンターサービス事情

**The Status of Surface Mounter Service in China**

上島 宗一郎 鈴木 泰 森 好生



図1 サーフェスマウンターYG200

## Abstract

Yamaha Motor's IM (Intelligent Machinery) Company is involved in the development, marketing and service of the electrical component mounting systems (surface mounters, etc.) for the manufacture of the printed circuit boards used in today's computers, cellular phones and other electronic devices. As of 2005, Yamaha ships the largest unit volume of this mounter equipment of any maker in the world, and just over 50% of this equipment is sold overseas. Of these exports, 50% go to China, making it a very important market for us. In October 2004, IM Company established a liaison office in the corporate headquarters of WKK Electronic Equipment Ltd., WKK China Ltd. and WKK Engineering Service Ltd.(WKK), our sales company for the southern region of China. With this move we are strengthening our corporate support of WKK in ways that will create a business system capable of quick and effective response to the business opportunities in the so-called EMS (electronics manufacturing service) field. In this report we introduce the status of IM Company's service activities for our mounter equipment, taking the Chinese market as an example.

## 1 はじめに

ヤマハ発動機IM(Intelligent Machinery)カンパニー(以下、当社)では、パソコンや携帯電話などの電子機器に使われるプリント基板に電子部品を実装するシステム(マウンターなど)(図1)の開発・製造・



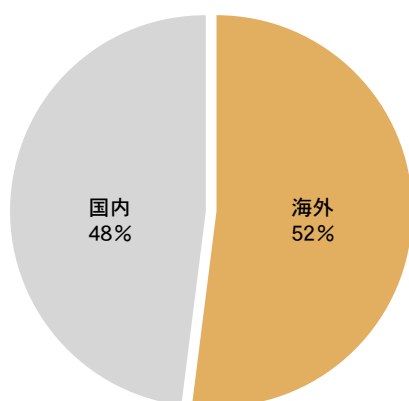


図2 当社マウンターの国内・海外売上げ比率

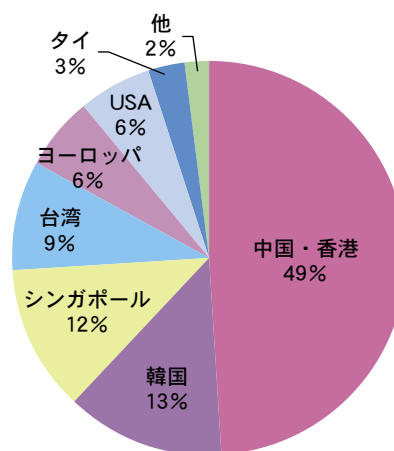


図3 当社マウンターの輸出先売上げ比率

販売・サービスを行っている。2005年現在、当社はマウンター製品では世界一の出荷台数を誇り、約5割強を海外へ輸出している(図2)。そのうちの5割を中国向けが占め(図3)、中国は重要な市場となっている(実際には、国内の商社を通じて海外へ出荷される場合もあり、海外で使用されている当社製マウンターの割合は、もっと多くなる)。2004年10月、当社は、中国華南地域における販売代理店であるWKK Electroninc Equipment Ltd.、WKK China Ltd.、WKK Engineering Service Ltd.(以下、総称としてWKK社)の深圳市にある社屋内(図4)に駐在員事務所を設けた。そこでの代理店への支援強化を通じて、EMS(Electronics Manufacturing Service)と呼ばれるビジネス形態に素早く対応できる体制の構築を進めている。本稿では、中国を例にとり、当社のマウンター製品のサービス事情をご紹介します。



図4 WKK社

## 2 中国へのマウンター輸出と販売代理店

当社は、1980年代、繊維関連を得意分野とする商社を窓口、中国へのマウンター製品の輸出を始めた。中国におけるマウンター市場は、深圳市を中心とする華南地域、上海市を中心とする華中地域、北京、大連、天津を含む華北地域の3つに大きく分けることができる(図5)。特に、華南地域では、深圳市が1979年に経済特別区に指定され、急速な発展を遂げた。1990年代には中国の工業中心地としてクローズアップされるようになり、今では世界の電子製品の一大供給基地となっている。

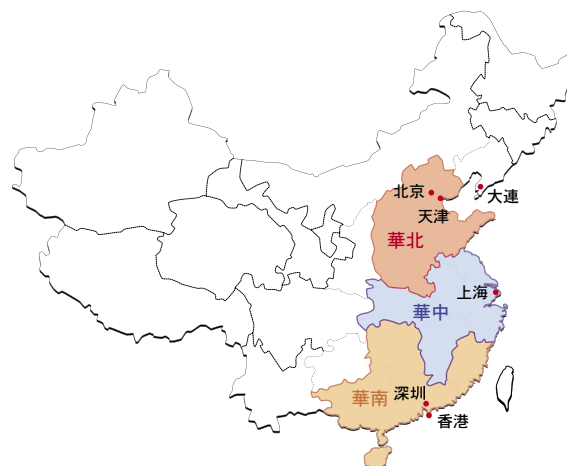


図5 中国市場

当社は、商社を通じてマウンター製品を納入していたWKK社と、1987年6月に代理店契約を結んだ。以来、華南地域における当社製のマウンター製品の販売を一手に任せている。

### 3 EMSビジネスの可能性

最近の電子機器製造業界では、EMSと呼ばれるビジネス形態が盛んで、中国でも主流になってきている。EMSとは、電子機器の受託開発・製造を専門に行う企業のこと、サブコンストラクターとも呼ばれる。OEMと似たような形態であるが、EMS企業によっては、委託された製品の設計から製造までの全てを行う。このビジネス形態によって、発注するメーカー側は、設備投資のリスクを減らすことができ、受注するEMS企業側は、複数のメーカーから受注することで設備の稼働率を上げることができる。すなわち、お互いの経営の最適化という意味でも評価され、電子機器業界に限らず製造業全般に適用できるシステムとして注目される。

### 4 当社製マウンターの特徴

EMS企業側は、発注メーカーからの受注内容に応じて製造ラインの最適化を行い、多品種少量生産から大量生産までの多くのニーズに対応する必要がある。そこで好評を得ているのが、当社の中型マウンター(図1)である。大型マウンターに対し、中型マウンターは、コンパクトで現場の省スペース化が図れ、装着する電子部品に対して高い汎用性があるのが特徴である。また、当社の中型マウンターは、複数台連結することで、大型の高速機を凌ぐ面積生産性を発揮することができる。さらに、ラインの構成変更が容易であり、多品種少量生産、変種変量生産から大量生産まで柔軟に対応することができるのである。

### 5 中国でのサービス事情

さて、現地でのマウンター製品のサービス業務は多岐に渡る。これらには、製品の搬入据付け、オペレーターのトレーニング、生産支援、トラブル対応などがある。ここでは、時々我々を驚かせてくれる中国でのサービス事情の一端を紹介する。

例えば、納品時には、開発著しい中国の道路事情によるものか、梱包を開けると製品のカバーが湾曲していたりすることがある。また、いざ据付けの段階で、まだ工場が工事中ということもある。

納品後には、製造ラインの稼働中に不具合が生じることもある。例えば、お客様の操作ミスで種類の異なった部品が実装された製品ができてしまうことや、不安定な電力事情が原因でマシン自体が停止してしまう場合もある。問題の難易度が高い場合、当社の現地駐在スタッフや代理店のサービスマンが中継となり、こういった状況で不具合が出たか、どの程度の頻度で不具合が発生するかなどの情報をお客様から収集し、日本にいるスタッフと一体となって問題解決を試みる。ただし、現場のオペレーターは、「壊れた。動かない。」というだけで、詳細を確認できないこともある。現地では、オペレーターのミスで機械に不具合を起こしたとき、罰金制度を設けている場合もあり、原因が操作ミスに起因すると判断されるのを懸念しているのか、現場での情報収集は、なかなかはかどらない場合もある。こうした場合には、マウン

ターの運転履歴情報から取り出したデータも合せて、入手した情報の中で改善策を立案して対策を行っていく。

EMS企業など、当社製マウンターを使っているお客様側には、生産ラインで実装している製品、部品に関する情報、ノウハウがあり、当社には、マウンターそのものに関する情報、ノウハウがある。何らかの課題がある場合、相手側の情報をうまく引き出し、問題点を見つけて的確にアドバイスすることが、肝心である。

さらには、工場は24時間継続して稼動しているのが一般的であるため、マウンターのメンテナンス時間の確保やその作業指導は、良好な品質を保つ上でも重要なポイントである。この点については、中国では従業員の頻繁な入れ替わりによって情報の共有化や有効活用が容易ではないため、積極的な訪問サポートを展開して、お客様の満足を得るように努めている(図6)。24時間稼動している工場は、情報、ノウハウの宝庫であり、それらの情報を、現地駐在スタッフや代理店サービスマンが逐一収集することで、マウンター製品の品質と機能性向上に貢献している。



図6 お客様の工場での保守サービス  
(当社とWKK社のサービスエンジニア)

## 6 代理店への支援

こうした保守サービスを円滑に行うには、窓口である代理店がキーポイントになる。中国では、EMS事業を行う企業から、一度に50台ものマウンターの注文を受けることもある。納品から保守サービスまで、人工や部品の確保など、日本ではちょっと考えられないような大量の設置も、現地代理店のスタッフは苦もなく淡々と処理するパワーを持っている。WKK社には、セールス機能とサービス機能両方があり、独自に保守部品の倉庫も持つ。「新規需要獲得は営業努力の結果、リピート需要獲得はサービス努力の結果」という認識があり、製品販売だけでなく、その後の保守サービスまで徹底してお客様をサポートするという姿勢がうかがえる会社である。当社は、このようなWKK社の社屋内に駐在員事務所を設け、代理店支援を通じたサービスの向上に努めている。その効果は、何といても情報伝達スピードの速さである。同じ社屋内なので、お互いのオフィスへは階段を駆け上がるだけで行き来できる。物理的な距離だけでなく、心理的な距離も近い。代理店に入ったお客さまの情報(お客様が何を欲し、どんなことで困っているのか、など)を、すぐさまキャッチし、素早い対応をとることができる。

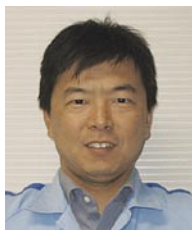
先述の通り、中国華南地域における当社のマウンター営業・サービス活動は、代理店であるWKK社との連携がバックボーンとなっており、今後も一層の強化が求められよう。

また、中国全土においては、現地のお客様がWKK社を通じてマウンターを購入する以外にも、日系企業が日本の代理店を通じて購入し、現地工場に設置する場合や、台湾や韓国、シンガポールを経由して購入する場合もある。

世界の工場としてますますの発展を遂げていく中国で、当社としては、流通経路の如何にかかわらず、IM事業の旗印である「Just Fit Solution No.1」に相応しい充実したサービスの提供を常に目指している。

中国と日本では、物の考え方や使用している言語など、さまざまな違いがある。これを補い、お互いが発展していくように、お客様とのコミュニケーションを積極的に行うように心掛け、今後、お客様の利益となるべきサービス拠点の拡大、現地スタッフの増員を行い、さらなるサービスの向上につなげていく。

## ■著者



上島 宗一郎  
Souichirou Kamijima  
IMカンパニー営業チーム



鈴木 泰  
Tai Suzuki  
IMカンパニー営業チーム



森 好生  
Yoshio Mori  
IMカンパニー営業チーム





特集：アジア

# 中国の電動自転車の紹介

An Introduction to China's Electric Bicycles

高橋 大輔

## Abstract

If you have visited China recently, you might be surprised by the number of electric bicycles currently seen on the streets. It is said that over 6 million electric bicycles have been manufactured in 2004. It becomes even more evident how large the Chinese electric bicycle market is when compared to the annual demand of approximately 0.2 million electric assist bicycles in Japan and 0.05 million in Europe.

Something to note is the fact that the Chinese market for electric bicycles has grown from an annual demand of 0.01 million in 1997 to 6 million in 2004; 600-fold in only 7 years. China, thereby, can be said to be the world's largest electric bicycle market from both a scale and growth perspective.

This rapid market development cannot be explained without an understanding of Chinese government regulation issues and social background. Therefore, this report attempts to give an introduction into the rapidly-growing electric bicycle market in China, primarily focusing on the regulatory and social background.

## 1 はじめに

最近、中国を旅行した同僚や知人から、「中国に行ったら、たくさん電動自転車が走っていた」(図1)という話を聞くことが多くなってきた。現在、中国では年間600万台(2004年時点)以上の電動自転車が生産されているといわれる(図2)。日本の電動アシスト自転車の年間総需要が20万台程度、ヨーロッパでの電動アシスト自転車の年間総需要が5万台程度であることを考えると、その市場規模がいかに大きなものか、お分かりいただけると思う。

しかも、図2にあるとおり、1997年には1万台しかなかった市場が、2004年までのわずか7年で600万台にふくれ上がったわけであるから、その規模、発展速度、両方の意味で、いまや中国は「世界最大の電動自転車大国」となっている。



図1 市内を走る電動自転車

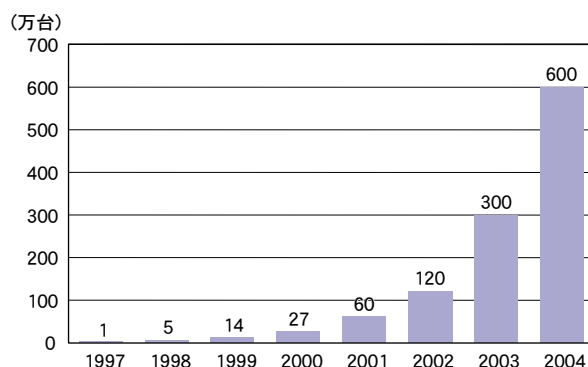


図2 中国における電動自転車の生産台数

このように短期間で大きな市場ができ上がった背景には、様々な要因が絡み合っている。特に、中国各都市の中心部で事実上オートバイの乗り入れが禁止となった「ナンバープレート規制」の広がりや、ほぼ全ての道路に「自転車専用道」が整備されているというインフラ的な背景、経済成長による幹線道路の慢性的な渋滞や通勤距離の増加といった社会的背景などの3つが大きな要因となっている。

そこで、本稿においては、上記要因の説明を中心に、ごく簡単に中国の電動自転車に関してご紹介したい。

## 2 電動自転車普及の法規的な背景

### 2.1 中国での乗り物の区分と法規制

中国の電動自転車を説明する前に、まずは道路を走る車両全体の区分について説明をしたいと思う。

一昔前までは、中国の交通手段といえば自転車というイメージが強いかもしれないが、経済成長が進んだ今日、様々な車両が道路を走行している。現在、中国では、図3に示すような、大きく分けて5種類の乗り物、自動車、オートバイ、助力車、自転車（電動自転車を含む）、その他の乗り物（リアカー等）、が法律によって区分されている。これらの全ての乗り物に対して法規制があると同時に、ナンバープレートが交付され、全ての車両が行政機関によって管理されている。つまり、中国においては、自動車やオートバイだけでなく、自転車もナンバープレートを申請しないことには、公道を走ることができない。

このうち、自動車、オートバイを、「機動車（動力を持った乗り物）」と呼び、「機動車専用道（いわゆる車道）」を走行するルールになっている。一方、助力車、自転車、電動自転車、その他の乗り物を「非機動車（動力を持たない乗り物）」と呼び、「非機動車専用道（いわゆる自転車道）」を走行するというルールになっている。実際に、中国のほとんどの道路では、最低1車線は自転車道が確保されている（図4）。また、そこを多くの自転車や電動自転車が走る姿を見ることができる。

一方、免許制度上は、自動車、オートバイ、助力車には、それぞれ所定の免許が必要である。他方、自転車、電動自転車、その他の乗り物には、免許は必要ない。

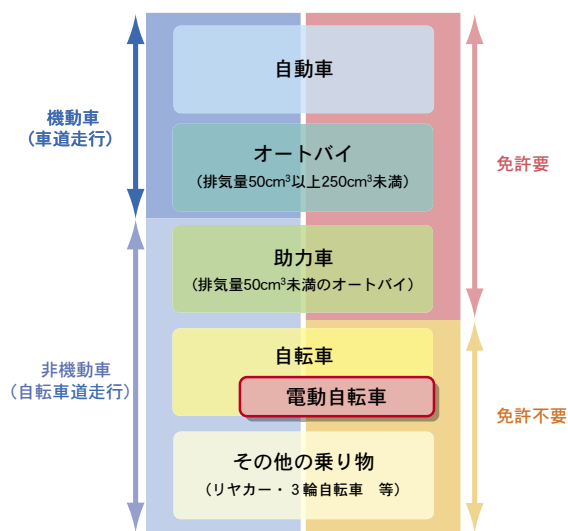


図3 中国での車両の区分



図4 「非機動車専用道（自転車道）」の様子



電動自転車は、中国での車両区分上は「自転車」の一部として位置づけられ、適用されるルールも自転車と同様である。別のいい方をすると、歴史の浅い電動自転車は、「自転車」の一部として、交通ルールの中に適用される形で各種の規制を整えた、という側面もある。

このように、助力車のように動力を持つにも係わらず、運転免許を必要としなかったこと、さらには、自転車や助力車と同様に自転車道を走行できることが、電動自転車が手軽な乗り物として、老若男女を問わず広く普及する大きな要因となったわけである。

なお、この章で記述した法規に関しては、各地方政府によって内容が若干変わることや、頻繁に改定もされているため、あくまでも一般論のレベルとして捉えていただきたい。

## 2.2 ナンバープレート規制

1990年代に入り、増えすぎた自動車、オートバイや助力車による環境問題や交通事故の増加、渋滞の慢性化といった問題が顕在化するようになってきた。これらに歩調を合わせるような形で、多くの都市において、車両ナンバープレートの発給数を制限・禁止する「ナンバープレート規制」が行われるようになってきた。このナンバープレート規制は、地方政府が都市ごとに制定する法律で、日本でいう「条例」にあたる。詳しい規制の内容は、各都市によって異なる。しかし、共通していえることは、ナンバープレート規制は、交通量の特に多い各都市の中心部で実施され、オートバイや助力車のナンバープレートの発給を大きく制限(事実上は禁止状態)するものとなったことである。表1に、例として、各都市でのオートバイ・助力車に対するナンバープレート規制の概要を挙げたので、参考にしていただきたい。

なお、余談であるが、一部の都市では自家用車もナンバープレート規制の対象とされている。例えば、上海市においては、ナンバープレートを「競売」で発給しており、一時はその値段だけで3万元(約45万円)という高額で「落札」されていた。

表1 各都市でのオートバイ・助力車に対する  
ナンバープレート規制の例

このような規制が行われた背景には、もともと収入がそれほど多くなく、オートバイや助力車が「庶民の足」として親しまれ、普及台数が多かったために「社会問題」の大きな要因となってしまったことが挙げられる。さらには、自家用車は「高値の花」として普及台数がまだまだ少ないため、バスや電車といった公共交通機関を発展させたいという政府の強い意思が働いているともいわれている。現在では、確認できただけでもナンバープレート規制が行われている都市は、150を越えている。この状況を極言すれば、中国のほとんどの都市の中心部では、なんらかの形でナンバープレート規制が行われ、オートバイや助力車が取得、もしくは、通行できない状況

省 / 市	都市	禁止、 制限の時期	規制の概要
北京市		1993 年	第3環状道路以内での通行を禁止、ナンバープレート交付の総数を2万枚以下とする
上海市		1998 年 12 月	外環状道路以内でのナンバープレート交付、および、通行を禁止する(50cm <sup>3</sup> 以下のみ)
河北省	石家荘	2002 年	市街地区でのナンバープレート交付、および、通行を禁止する
江蘇省	蘇州	1999 年	市街地区でのナンバープレート交付、および、通行を禁止する
浙江省	杭州	1997 年	市街地区でのナンバープレート交付、および、通行を禁止する

になっているといってもよい状況である。

このナンバープレート規制により禁止されたオートバイや助力車に代わる「新たな庶民の足」となったこと、これが、電動自転車が普及した最大の要因である。

### 3 電動自転車普及の社会的な背景

市場経済の導入により、ますます速度を早める経済成長も、電動自転車の普及に少なからず影響している。全ての影響を定量的に捉えることは困難であるが、主に以下のような要因が挙げられると思う。

- (1) 居住地・勤務地(特に工場等)が郊外に広がり、生活行動範囲が拡大
- (2) 公共交通機関(特に、電車・地下鉄)の発達が不十分な上、交通渋滞によりバスのダイヤが慢性的に不正確
- (3) 一人っ子政策による教育熱の高まりに加え、交通事故や誘拐などを避けるため子供の送迎が一般化
- (4) 生活レベルの向上にともない、電動自転車が購買可能な「庶民」人口の増加

特に、大きな要因である(1)に関して、補足で説明をしたい。社会主義国である中国においては、基本的に土地は国家の所有物である。このため、各都市での工業地帯や住宅街の整備は、日本と比較にならないぐらい、大規模かつトップダウン式に行われている。代表的な状況としては、市街地に隣接する郊外の土地(多くは農業地帯、もちろん人も住んでいる)が、丸々政府に接収された上、「工業新区」「住宅新区」という形で、再整備(むしろ、スクラップ&ビルドという状況に近い)されている。このように、街の再開発がとても大規模に行われるため、必然的にそこに住む人たちの移動距離も長くならざるを得ない状況になっている。

こういった要因に加えて、そもそも中国は、自転車の年間生産量7,500万台(そのうち2,500万台は国内需要)、国内保有台数48,000万台を抱える「自転車大国」である。そのため、前述した自転車道が整備され、国民誰しもが自転車に慣れ親しんでいたことも、電動自転車が受け入れられた基盤となった。



図5 電動自転車「軽燕」

### 4 電動自転車の形態

#### 4.1 電動自転車の代表的な形状

では実際に、中国の電動自転車は、どのような形態をしているのか簡単に紹介したいと思う。

図5、図6は、いずれもヤマハ発動機(以下、当社)が販売する電動自転車である。お気づきのように、



図6 電動自転車「美騎士」

図5「軽燕」は、フレーム部に足置きがある以外は、「自転車」に近い形状をしているが、図6「美騎士」は、むしろ「ペダルが付いたスクーター」に近い形状をしている。これは、中国の電動自転車が「アクセルを有し、漕がずとも自走する乗り物」であるためである。つまり、「ペダルを漕ぐ自転車」と「アクセル操作で自走するオートバイ」の双方の機能を有した乗り物が、中国の電動自転車ということができる。

## 4.2 電動自転車の製造に関する規定

様々な外観を持つ電動自転車であるが、部品の寸法、安全性能、品質については、1999年に中国で制定された「GB規格」(Guojia Biaozhun: 国家標準。日本の「JIS規格」に相当)によって、細かく規定されている。電動自転車の製造に当たっては、この規格を満たさない限りは、ナンバープレートを取得することができない。

電動自転車に関して、GB規格によって規定された内容を、表2に簡単に抜粋したが、主な特徴を挙げれば以下の4つになる。

- (1) 定格出力が250W以下のモーターを搭載
- (2) ペダルを有し、自転車として漕ぐ機能を搭載(30分間に7km以上の走行が可能であること)
- (3) アクセルを有し、漕がずとも自走する機能を搭載(補助モーターが回転することで、ペダルを漕ぐのが楽になる「アシスト機能」は有っても無くても良い)
- (4) 最高速は、20km/hまでに制限

一方、この規定は、重要度に応じて、

- 否決項目:最も重要な内容で、違反することが許されない項目
- 重要項目:重要な内容で、3項目の違反までしか許されない項目
- 一般項目:一般的な内容で、4項目の違反までしか許されない項目

というランク付けがされた内容になっている。もちろん、国家としては、これら全ての項目を満たすことを推奨している。他方、違反数が規定数以下であれば認可されるという「余地」が、結果として、電動自転車業界への参入を容易にし、多様な形態の電動自転車を生み出し、爆発的に普及させた遠因となったと考えることも可能である。

表2 電動自転車に関するGB規格の規定内容(抜粋)

否決項目 (全 3 項目)	・最高速 20km/h 以下
	・制動距離 4m 以下
	・フレーム強度 (詳細な試験規定有り)
重要項目 (全 18 項目)	・車体重量 40kg 以下
	・ペダル駆動能力 30 分 7km 以上
	・バンク角 25 度以上
	・モーター定格出力 240W 以下
	・バッテリー標準電圧 48V 以下
一般項目 (全 13 項目)	・その他
	・車両安全性に関する規定内容
	・車両品質に関する規定内容
	・リフレクター等の補記類の規定内容
	・マニュアル内容等の規定内容
	・その他

## 5 電動自転車の代表的な仕様の紹介

中国で一般的に販売されている電動自転車の仕様は以下の通りである。また、例として、当社が販売する電動自転車「軽燕」の仕様諸元を表3に示す。

- 価格：2,000元～3,000元のものが主流(日本円にして、約30,000円～約45,000円程度)
- バッテリー：鉛バッテリーがほとんど。電圧は36Vと48Vが主流。重量は10～20kg程度と重い。軽量なニッケル水素電池を使った車両も存在する。
- モーター：定格出力150W～250Wのものが主流。中には、定格350Wの高出力を売りにする商品もある。現地では、減速機構付きのものは「高速モーター」、減速機構無しの場合は「低速モーター」と呼称され、ユーザーの人気を二分している。
- 車体：タイヤ、ホイール、ブレーキ、フレーム等は、自転車用の部品、もしくは、自転車用部品を改良し「電動自転車専用」としたものが多い。
- 性能：航続距離は40km～60kmの商品が主流。長い距離を使用するユーザーが多く、航続距離に対する要求値は高い。一方、現在、中国で電動自転車が使われている地域の多くは平野部で坂が少ないため、登坂性能に対するユーザーの要求は日本ほど高くない。最高速は20km/hに制限される。

表3 「軽燕」の仕様諸元表

寸法	全長	1,850mm
	全幅	580mm
	全高	1,040mm
	タイヤサイズ	前：22 × 1 $\frac{3}{8}$ 後：24 × 1 $\frac{3}{8}$
電動機	形式	減速機構付き DC モーター
	定格出力	150W
電池	形式	鉛バッテリー
	電圧 / 容量	36V/12Ah
性能	航続距離	40km 以上
	最高速	20km/h 以下
重量	車両総重量	40kg
	バッテリー重量	13kg
メーカー希望小売価格		2,980 元

## 6 電動自転車の今後について

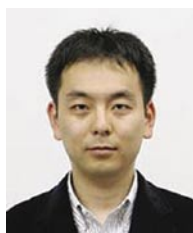
2005年の電動自転車の生産台数は1,000万台(2004年は600万台)を超えるといわれ、今後も電動自転車は、「庶民の足」としてますます普及が進んでいくと思われる。従って今後は、「増えすぎた電動自転車」によって、オートバイの時のような「社会問題」を引き起こさないように、政府や業界が上手にコントロールしていくことが、一番の課題ではないだろうか。例えば、大量に消費される鉛電池のリサイクルが十分に行われなければ、廃棄されたバッテリーにより、環境問題を引き起こすリスクは十分に考えられる。また、違反を許容している現在のGB規格によって、品質基準を十分に満たさない粗悪品の流通も指摘されており、ユーザーの安全確保という観点から、新しい規定の制定も必要かもしれない。逆に、こういった条件が整った時、今後も中国が「世界で最も進んだ電動自転車社会」として発展していくことは間違いのないと思う。



実際に、中国に出張した際に、何回か電動自転車で街中を走行したが、「自転車専用道」を走る上、速度も自転車程度であるので安全性も高く、しかも、簡単かつ手軽に乗ることができるため、近距離の移動手段としては最適である。しかも、環境にやさしい電気で動いているわけであるから、本当に素晴らしい乗り物だと思う。

一方、日本の道路に目を転じてみると、基本的に、自動車が走行するための「車道」と、人間が歩行するための「歩道」しかなく、自転車専用の「自転車道」が整備されているところは少ない。「ロハス/LOHAS: (Lifestyles of Health and Sustainability)」という言葉で、経済と環境の持続性が注目される今日において、日本の道路にも、中国の電動自転車のような「ちょっと遅いけど、環境に優しい」乗り物が走行する「自転車道」ができれば、どんなに素晴らしいことかと感じている。

## ■著者



高橋 大輔

Daisuke Takahashi

MC事業本部

MC事業部 EV開発室



特集：アジア

## 2005年中国生産モーターサイクル「YBR125」

The made-in-China 2005 model motorcycle "YBR 125"

北田 三男 浅村 欣司 渥美 友康 岡田 健史 登澤 幸雄



図 1 YBR125の外観

※映像の車両は、チョモランマラリー専用仕様であり、市販車とは異なります。

### Abstract

Yamaha began producing the motorcycle model YBR 125 in Brazil in March of 2000. Since then, production has begun in China (Nov. 2002) and India (May 2004) and, despite slight variations in the specifications, production of this same basic family motorcycle has continued to expand to the point where a total of 830,000 units have been produced worldwide.

In the developing countries, 125 cm<sup>3</sup> motorcycles have been positioned simply as a means of transportation. However, the YBR 125 is a model that has won the popular support of many users because, in addition to the basic performance qualities necessary for a motorcycle as a mere means of transportation, it has been designed and built with the aim of providing various forms of added value, such as a low-vibration engine, good fuel economy and a more comfortable and enjoyable ride.

China is a huge motorcycle market where domestic production is said to total about 12 million units annual, with 125 cm<sup>3</sup> models being the most competitive category. In this report we introduce the launch of the made-in-China YBR 125 model and the subsequent developments.



## 1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)が、ブラジルでYBR125の生産を始めたのは、2000年3月のことであった。それ以来、中国(2002年11月生産開始)、インド(2004年5月生産開始)と、多少の仕様変更はあるものの基本的には同じファミリーモデルが世界各国で生産され、現在までの累計生産台数は83万台を数えるまでに成長した。

一般的に、排気量125cm<sup>3</sup>のモーターサイクル(以下、MC)は、実用的なものが多い中で、YBR125は実用的な基本性能に加え、低振動エンジン、低燃費、快適な乗り心地等の付加価値にこだわった物なので、これが多くのお客様の支持を得たと考えられる。

2004年の国内向け二輪車生産台数が約1,200万台といわれる巨大市場の中国でも、125cm<sup>3</sup>クラスはMCの主戦場である。本稿では、ここに投入した中国製YBR125(中国名:天剣)(**図1**)の開発経緯、および、その後の発展について紹介する。

## 2 開発のねらいと仕様







今回の開発では、ブラジルで好評を得ていたYBR125の優れた商品性を生かしつつ、中国部品メーカーの物作り力を活用することで、品質の確保とコストの低減をねらった。また、バリエーションモデルを設定することで、様々なお客様のニーズに対応することを目指した。

開発当初、大胆なコストダウンのためには中国ローカル基準を設定し、耐久信頼性に関して中国の競合モデルレベルに合せるという議論もあった。しかし、品質に関しては日本と同じ品質を維持することとし、当社の現地法人、重慶建設・雅馬哈摩托社有限公司(以下、CJYM)の従来モデルに対し30%以上のコストダウンと、15ヶ月という短い開発期間を目標に掲げた。**図2**に中国製YBR125のバリエーションモデルを、**表1**に代表機種の主要諸元を記す。

表1 YBR125ESDの主要諸元

項目	諸元値
原動機種類	空冷4ストローク、単気筒、2バルブ
排気量	123cm <sup>3</sup>
内径×行程	54 × 54mm
圧縮比	10.0
最大出力	7.4kW/7,800rpm
最大トルク	9.5Nm/6,500rpm
変速比	1 速 : 2.643    2 速 1.778 3 速 : 1.316    4 速 1.045 5 速 : 0.875
1 次 / 2 次減速比	3.400/3.214
全長×全巾×全高	1,980 × 745 × 1,120mm
シート高	780mm
軸間距離	1,290mm
最低地上高	175mm
最小回転半径	1.75m
乾燥質量 / 装備質量	116/126kg
キャスト / トレール	26°   20'   /92
ホイールトラベル	前 120mm
	後 105mm
タイヤサイズ	前 2.75-18   42P
	後 90/90-18   51P
ブレーキ形式	前 油圧式シングルディスクブレーキ
	後 機械式シングルドラムブレーキ
燃料タンク容量	12L
エンジンオイル容量	1,200cm <sup>3</sup>
バッテリー容量	12V   5.0AH
ヘッドライト	35W/35W

図2 中国製YBR125のバリエーションと世界展開

外観	仕様	2002	2003	2004	2005
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カウル無</li> <li>・ドラムブレーキ</li> <li>・スポークホイール</li> </ul>	YBR125		YBR125E	EU2 対応 アフリカへの輸出開始 中米、カリブ、中東への輸出開始
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カウル有</li> <li>・ドラムブレーキ</li> <li>・スポークホイール</li> </ul>	YBR125S		YBR125ES	EU2 対応
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カウル有</li> <li>・ディスクブレーキ</li> <li>・キャストホイール</li> </ul>	YBR125SD	トルコへの試験的導入	YBR125ESD	トルコへの輸出 EU2 対応 アフリカへの輸出開始 ロシアへの輸出開始 シンガポールへの輸出開始
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カウル無</li> <li>・ディスクブレーキ</li> <li>・キャストホイール</li> </ul>	YBR125D		YBR125ED	EU2 対応 欧州への輸出開始
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カウル無</li> <li>・ドラムブレーキ</li> <li>・キャストホイール</li> </ul>			YBR125EC	EU2 対応
	オフタイヤ仕様				EU2 対応 YBR125EG
					EU2 対応 YBR125EGD

### 3

## コスト低減への取り組み

CJYMで製造・販売するMCの最下価格が9,800元(約14万円)に対し、中国競合モデルは7,000元(約10万円)程度であり、30%程度の価格差があった。YBR125は中国競合モデルに対抗するため、CJYMの従来モデルに対し30%のコストダウンを目標とした。これはオリジナルのブラジル製YBR125の売値4,150BLR(約20万円)の半分の価格である。コストダウンの方針として、次の2つを基本方針とした。

(1)中国ローカルメーカー製部品の採用

(2)他社を含めた共通部品の採用

中国ローカルメーカー製部品に関しては、エンジンメーカー28社、車体および電装メーカー61社と打合せ、コストダウン案の検討を実施し、仕様を決定した。他社共通部品は、エンジンではキャブレター、車体ではコンポーネント部品、電装品を中心に、19部品を採用した。他社共通部品、既存部品の流用およびコストダウン案の採用により、基本となったブラジル製YBR125から一部仕様変更も行った。結果として、売値6,680元(約9万5千円)が達成でき、年間販売台数も10万台と好調な売れ行きを維持している。

また、中国製YBR125に使われている部品は、当社の品質基準を満足し、かつコストが安いため、ブラジルへの供給が開始された。その結果、ブラジル製YBR125のコスト低減にも貢献することとなった。

### 4

## 世界展開

YBR125は、品質を保ちつつ低価格を実現したことによって、世界の工場といわれている中国で、確固たる地位を獲得した。そこで、次のステップであるYBR125の欧州市場への展開を視野に入れ、2004年に中国向けのYBR125をトルコへ試験的に導入した。トルコでは、YBR125の価格と品質のバランスが評価され、3万台の販売実績を上げることができた。この結果は、YBR125が世界でも競争力のある商品であることを証明し、欧州市場への足がかりとなった。

その後、中米、アフリカ、カリブ諸国、中東、シンガポール、ロシアなどに展開し(図2参照)、現在では世界40ヶ国への輸出を行っている。そして、2005年より西欧各国にも導入が開始され、価格と品質のバランスの良さから、好調な販売が続いている。西欧への展開は、塩害対策など欧州市場での使用に耐える品質の作り込みに苦労した。また法規に合致した灯火器などの開発も必要であった。しかし、小規模の変更で欧州導入ができた背景には、中国国内向けモデルの開発当初より将来を見据え、日本と同じ品質を確保した開発が実践できたためだと思える。

### 5

## おわりに

中国製YBR125の欧州への輸出では、当社のエンブレムが付いているという信頼感に加え、「小売価格と品質のバランスが良い」という点で、お客様から高評価をいただき、販売は好調である。ただし、欧州のお客様の品質に対する要求レベルは高く、コストとのバランスを考えながら、その要求にいかに対応していくかが、これからの我々の課題だと思っている。

## ■著者



左から、

**渥美 友康** Tomoyasu Atsumi

MC事業本部 CV事業部 開発室

**浅村 欣司** Kinji Asamura

MC事業本部 CV事業部 開発室

**北田 三男** Mitsuo Kitada

Yamaha Motor R&D (Shanghai) Co.,Ltd

**登澤 幸雄** Yukio Tozawa

(株)ワイ・イー・シー MC開発センター

**岡田 健史** Takeshi Okada

MC事業本部 CV事業部 開発室



特集：アジア

# キッズ用オフコンペモデルTT-R50Eの開発と生産

**Development and Manufacture of the Kids' Off-road Competition Model TT-R50E**

近藤 充 坂部 清一 三浦 南一 角谷 智



図1 TT-R50E

## Abstract

In North America there is an annual demand for about 220,000 off-road motorcycles, which are divided into categories that allow users to begin as children with kid models and move up to larger and more sophisticated models as they grow in age and body size. The "kid bikes" that are the entry-level models for children are most often received as presents from their parents. This first kid bike can thus become a teacher and a friend to the child. Yamaha Motor Co., Ltd. has recently completed the development of the latest version of the kids' off-road competition Model TT-R50E for the North American market. While this is an entry-level machine, it has been designed with the concept of creating a machine that can be a "Best Teacher" for the child, being equipped with features like a foot brake and a semi-automatic 3-speed transmission that make it a satisfying machine to ride for kids with higher levels of riding skills as well. In developing this bike, it was necessary to keep the price affordable and in a suitable price range to be given as a present from parent to child as mentioned earlier. As one of the cost development measures for this model, its production was moved to a Yamaha production base in China. The next important focus of the development became how to keep a high level of product quality while reducing cost in this way. In this report we look at the numerous issues that were dealt with to produce this electric starter-equipped TT-R50E model at an overseas production base while achieving a low retail price of just \$1,149.



## 1

### はじめに

北米では、年間約22万台のオフロードバイクの需要があり、年齢・体格に応じて適したバイクに乗り換えていく"ステップアップ構造"が確立されている。その入門となるキッズ用バイクは、親が子供にプレゼントするケースが多く、最初に手に入れたバイクは、子供にとって先生にも友達にもなり得る。ヤマハ発動機(以下、当社)は、今回、北米向けのキッズ用オフコンペモデルTT-R50E(図1、図2)を開発した。このモデルは、入門用ではあるが、"My Best Teacher"として子供がバイク操作を学べるように、フットブレーキ、セミオートマチック3速ギヤを装備し、スキルの高いキッズにも満足してもらえるようにしている。開発にあたっては、前述の通り、親から子供へプレゼントされるバイクであることから、買い求めやすい価格にする必要があった。そこで、コストをより引き下げるため、当社の中国における拠点で生産することとした。そこでは、コストを低く抑えながら、いかに品質も確保するか、が重要な課題となった。本稿では、セル付きバイクでありながら、\$1,149という低価格を実現したTT-R50Eの開発と生産について、ご紹介する。



図2 TT-R50E

## 2

### コスト抑制と品質確保の両立

コストを抑制しながら、かつ品質を確保するためには、開発要求仕様を確実に現地の生産拠点に伝達し、顧客満足度の高い部品を作り上げることが重要である。そのために最も注力した点は、現地の製造設備、コストで生産ができ、かつ必要な品質機能を満たす設計仕様を決めることであった。以下、本モデルを現地で生産するために留意した点について述べる。

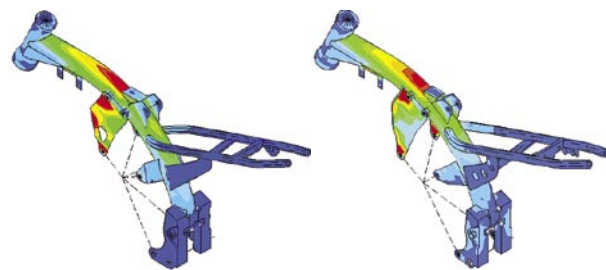
#### 2.1 開発要求仕様の伝達と合せ込み

##### 2.1.1 材料選定

中国ではGB規格(Guojia Biaozhun: 国家標準)を採用しているため、中国材は、JIS規格を基準とする日本材と若干異なっている。相当材といっても、サイズ、引張強度など差異があり、日本仕様をそのまま移行できないので、中国材の中から車両特性に適合する材料を抽出し、それを積極的に採用することでコスト低減を図った。しかし、現地材を採用する難しさは、互換性はあっても流通量が少ないものも多々あり、継続的な入手が可能か考慮する必要があることである。特に、昨今の急激な中国経済成長で材料不足になり、突然、入手できなくなるという局面にも遭遇し、選択肢は限られた。また、材料の中には物性値



だけで判断できないものもあり、テストピースを作り、実力強度を把握して、安定的供給が可能な材料を採用することとした。他にも、材質やサイズの変更によるフレーム剛性・強度バランスなどの変化をCAE (Computer Aided Engineering) 解析し(図3)、車両重量の低減を図り、キッズ用車両としての性能が損なわれない設計を心掛けた。



3a 日本材(試作モデル)      3b 中国材(生産モデル)

図3 解析モデルによる応力分布

### 2.1.2 現地部品メーカーへの意識付け

現地の部品メーカーに各部品の図面仕様を伝達する際に、仕様、機能、寸法公差について理解を深めてもらうだけでなく、それを測定・管理することによって、常時高品質な部品を供給できることを、意識付けした。

### 2.1.3 図面仕様の中国適合理化

製造技術や工程能力上、日本製と同様の指示では現地で部品を製造できない場合は、達成可能性を確認しながら、現地部品メーカーの要望をフィードバックした設計仕様へと変更した。なお、性能・機能・品質を満足することが前提であるため、安易な代替仕様ではなく、日本製をベンチマークとして、単品・実車にて評価をクリアしたものを採用した。これらの対応により、部品の現地調達率を高めることができた。

## 2.2 現地部品メーカーとのCE活動

開発を進める上で、現地部品メーカーを含めたCE(Concurrent Engineering:同時進行技術活動)活動として、以下の5点を行い、開発目標をクリアすることができた。

- ① 基本計画・設計と平行して、当社製造拠点や現地部品メーカーの製造能力について情報収集や、こちらが提示した設計仕様に対する要求の把握。
- ② 上記を反映しながら、試作車両を用いた開発仕様の機能・信頼性を評価。
- ③ 現地製型物部品の機能・信頼性を評価し、課題を現地へフィードバック。
- ④ 対策品評価と品質作り込みチームとの協力、情報交換。
- ⑤ 生産試作車による車両品質バラツキの確認。

なお、この開発を通して社内の関連部署と課題を共有し、対応できたことで、海外拠点で生産する際の開発ノウハウを、ソフト、ハード両面で蓄積できた。この経験をもとに、次期開発では、現地生産用図面の成熟度をより向上させ、開発効率を向上できると確信する。

### 3

## 生産準備と留意点

今回の開発において、生産拠点側の基本方針は、海外生産による低コストモデルの供給を通じ、当社のグローバル事業に貢献すること、品質優先のモノ作りで輸出基地としての基盤を構築することとした。近年、中国においては二輪車メーカーの増加と生産拡大にともない、現地部品メーカーの技術が格段にレベルアップしてきているのは確かなことである。しかしながら、日本で作成した図面通りの品を作り上げることは難しく、中国規格の材料スペックや工法を事前に確認し、図面へ反映する必要もあった。日本で生産するのと全く同じようにはいかないことも、多いのである。本モデルを中国で量産するための生産準備活動において留意した点を以下に述べる。

### 3.1 生産準備

- ① 重要部品については、日本と中国双方でプロジェクト体制を組み、製造部門、および関連部門で、作り込み活動を行った。具体的には、材料選定から製品の組立完了までの工程確認(2次外注まで工程監査を行う)や、受入検査体制と仕組みの見直し(検査規格書の検証、検査員のスキルアップ)である。
- ② 製品の排ガス値を管理するため、製造ラインの最終工程に排ガス測定設備を導入した。また、設備のオペレーターに対し、測定技能訓練を行った。
- ③ 安全部品については、管理要件を図面に明確に指示した。

### 3.2 製造体質の改善

- ① 組立総直行率の向上:「不良を出さない工程作り」を実現するために、中国拠点で製造する部品の不良低減活動や、荷姿・荷扱い・運搬法の改善を行った。
- ② 完成検査検出力の向上:完成検査で不良品の検出力を高めるため、検査員資格制度を導入し、検査員のスキルアップを図った。

### 3.3 新しい仕組みの導入

- ① 製造履歴管理:社内の製造履歴管理について見直しを行った(組立/部品)。また、現地部品メーカーに対しても、同様の製造履歴管理を導入した。
- ② 保安部品管理:ヤマハ発動機方式(日本で行っている部品管理方法)を取り入れた。
- ③ 市場品質情報の活用:品質に関して、販売会社のサービス部門を通じて得た市場情報を、製造拠点へ伝達し、問題点については改善を行い、再び販売会社のサービス部門へとフィードバックできる体制作りを行った。
- ④ 補修部品の供給:補修部品を製品の輸出先へ供給するために最適なシステムを構築。

今回のTT-R50Eの生産では、生産試作1ヶ月前の段階で、部品にバラツキが大きく、そのまま生産試作移行できるような状況ではなかった。そこで、通常、試作段階では本型を使用しないが、部品の成熟度を向上させるために、今回はやむを得ず本型を用いて試作を行うこととした。部品メーカーに対しては、再度、工程監査を実施し、改善要求・改善品確認を行い、PDCA(Plan-Do-Check-Action)活動を徹底的に現地で展開した。結果として、生産試作は若干遅れたものの、問題となっていた部品も採用可能レベルにまで品質が向上し、市場導入タイミングを逃さず、量産開始が実現できた(図4)。今回のTT-R50Eの生産が、エンジン、および完成車を中国で生産・輸出するよい前例となった。今後は、この生産準備プロセスの横展開を図っていきたい。



量産開始初号車

量産初号車完成検査

図4 量産開始初号車

## 4 おわりに

本モデルの発売以来、“待ちに待った待望のモデル”として好評のうちに、市場に受け入れられている。これからもTT-R50Eを含め、TT-Rシリーズは、お客様にオフロードでの楽しい休日の過ごし方を提供できるよう、開発努力を続けていきたいと考えている。最後に、本モデルの開発・製造にあたり、ご協力頂いた多くの関係各位の方に、この場を借りて深く感謝する。

## ■著者



近藤 充  
Mitsuru Kondou  
MC事業本部  
MC事業部MC開発室



坂部 清一  
Seiichi Sakabe  
(株)ワイ・イー・シー  
MC開発センター



三浦 南一  
Nanichi Miura  
MC事業本部  
CV事業部  
海外生産推進室



角谷 智  
Satoshi Tsunoya  
MC事業本部  
マーケティング統括部  
商品企画室

## ■開発メンバー







特集：アジア

# インドネシアでの製造用水改善への取り組み

**Efforts to Improve Water Supply for Manufacturing in Indonesia**

田中 和英

## Abstract

In order to contribute to the lives of our customers by improving the quality of the water that is one of the most essential elements of daily life, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) develops, manufactures and markets water purifiers designed to provide clean water that people can use with assurance in their daily lives, not only in Japan but also in Indonesia. In Indonesia, these Yamaha water purifiers are used not only in households but also in a wide variety of places such as restaurants, hospitals and factories. At the same time, we have succeeded in winning the trust of our customers by supplying a unique comprehensive system of total customer support based on "water analysis" unmatched by any competitor in the industry. This system begins with analysis of client needs prior to installation and then goes on to include full post-installation maintenance service.

In 1997, YMC established PT. Yamaha Motor Nuansa Indonesia (YMNI) in the Indonesian capital, Jakarta. This company has since been engaged in the water purifier business aimed at improving water quality in Indonesia as well as the other countries of Asia. The company's water analysis laboratory is outfitted with equipment for analyzing not only water quality but also heavy metals, bacteria and waste water, thus making it possible to conduct specialized analysis in order to provide water purification methods that answer a wide variety of customer needs. In this report we introduce efforts to improve water quality for manufacturing facilities based on YMC's water quality analysis capabilities and purification technologies.

## 1 はじめに

ヤマハ発動機(株)(以下、当社)では、生活の基本である「水」をテーマに、お客様の生活の質向上に貢献するため、クリーンで安心な生活用水を提供する浄水器(図1)の開発・製造・販売を、国内はもとより、インドネシアでも行っている。インドネシアでは、当社の浄水器は、一般家庭はもちろん、レストラン、病院、工場等で幅広く利用されている。また、当社は装置の販売だけでなく、装置据付前の事前調査から、据付後のメンテナンスサービスまで、他社にない「水



図1 当社中型浄水器の例

質分析」を核とした独自のトータルサポートシステム（図2）により、お客様からの信頼を獲得している。

1997年、当社はインドネシアのジャカルタに、PT. Yamaha Motor Nuansa Indonesia (YMNI) を設立し、インドネシアはもとより、アジア諸国の水事情改善に向け、事業を展開している。その水質分析所（図3）には、一般的な水質分析はもちろん、重金属・細菌・排水分析に対応する分析機器を備えており、お客様のさまざまな分析要望に応え、その結果に基づいた水処理方法を提案している。本稿では、インドネシアを例にとり、当社の水質分析能力と浄水技術を活用した、工場の製造用水改善への取り組みについて紹介する。

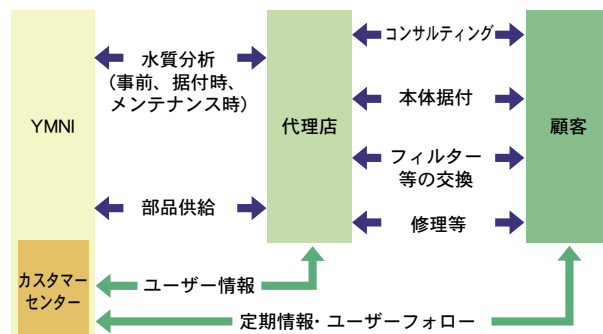


図2 浄水器トータルサポートシステム



図3 水質分析所

## 2 インドネシアの水事情

インドネシアでは、日本と違い、水道の普及率が低く、多くの家庭で井戸水を使用している。しかし、その井戸水には、水脈の水質によって「鉄、有機物」が含まれていて、水に色がつく原因になっている。また、水道水は、配管や貯水タンクが老朽化しているケースもあり、それが水の汚れの原因になっている。「洗濯のたびに、シャツやブラウスが黄ばむ」「口や目を閉じていないとシャワーを浴びられない」「浴槽に水を貯めると、濁りや色がついている」「歯磨きや洗顔時に、臭いが気になる」等、ほとんどの人が生活用水に何らかの不満をもっている（図4）。「水」は健康で快適な暮らしを作るための原点。もっといい水といっしょに暮らしたい。こんな願いは大きく高まっている。

また、「水」は生活用水や飲料水ばかりではなく、工場などの製造用水としても用いられる。多くの工場が、日本とは異なるインドネシアの水質のために、生産品の安定品質の確保や安全な製造用水供給に悩んでいる。例えば、水質の違いによって起こる配管の詰まり、錆の発生等である。これにより、設備や機械の故障が多くなり、保守点検頻度が増加し、ひいては投資の増加、生産性の低下、品質の不安定につながる。水質の違いは、そのまま工場の品質・生産性・経費に影響を及ぼすのである。他にも、工場内では、従業員用の生活用水・飲料水、生活排水、工場排水と、用途に応じた水処理が必要とされる。



洗濯

入浴

図4 生活用水の汚れ（イメージ）  
※各写真左側がきれいな水、右側が汚れた水



### 3

## 製造用水の水質改善への取り組み

インドネシアのある工場で、製造用水中に含まれる多量のカルシウムにより、配管の早期目詰まりが発生した。このため、水質の改善による作業効率や生産性の向上と品質の安定を目的に、当社の浄水システムを導入した。以下に詳細を記す。

### 3.1 現状の問題

鑄造工場では、冷却水配管にカルシウムが付着すると、カルシウムが断熱作用を起こし、冷却能力が低下する。その結果、生産品に引け巣が発生したり(外観不良)、冷却サイクルが長くなる(内部冷却効率の低下)等、品質や生産性に影響を及ぼすことになる。現状は、外部冷却時間を伸ばすことで、内部冷却効率の低下を補っている状態である。

他にも、配管内に詰まったカルシウムを除去するため、ドリリング等の作業を定期的実施しなければならないといった問題もあった。

### 3.2 事前調査の結果

現状の詳細を把握するため、冷却ノズルに詰まった物質、工場における水の供給システム、および、その水質について事前調査を実施した。結果は以下の通り。

#### ① 冷却ノズルに詰まった物質

冷却ノズル(10,000ショット後)に詰まった物質を分析したところ、硬度分が83%、有機物が15%であることが分かった(図5)。

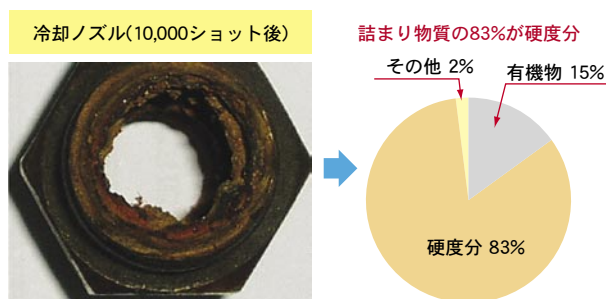


図5 冷却ノズルに詰まった物質の分析結果

#### ② 工場における水の供給システム

製造用水の原水は、水道水と地下水の併用であった。水の流れは、まず、地下原水タンク・高架タンクを経由し、補給水として循環水タンクに給水される。その後、ポンプで工場内に供給される。使用後は、工場内の調整タンクを経由し、クーリングタワーで冷却後、循環水タンクに返送され、循環後供給水として再び工場へと供給される(図6)。このように、冷却水循環式の供給システムであった。流れる水としては、補給水と循環後供給水の2種類であった。

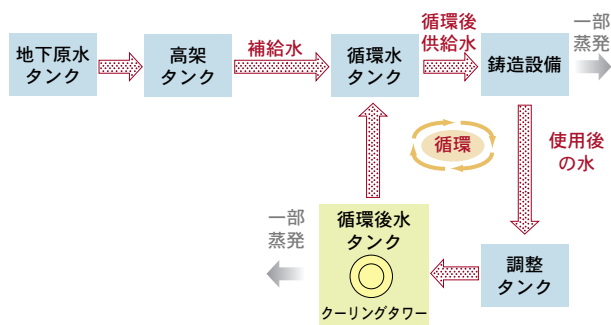


図6 製造用水供給システム

### ③ 水質

水質分析結果(表1)から、補給水には、硬度分74mg/ℓ、有機物6mg/ℓ、循環後供給水には、硬度分71mg/ℓ、有機物15mg/ℓが含まれていることが分かった。また、ランゲリア指数<sup>注)</sup>をみると、補給水は1.7、循環後供給水は1.6と、炭酸カルシウムの皮膜(スケール)を形成しやすい傾向にあった。

注)ランゲリア指数(Langelier's index, LI)：

水のpH値と、その水の理論的pH値との差をいう。水が金属管内面を腐食させるかどうか、その程度を知る目安。水の腐食性の程度を判定する指標として重要。

指数が正の値で絶対値の大きい程、管内面にスケールが発生する。指数が負の値で絶対値の大きい程、管内面に腐食傾向が大きくなる。

表1 水質分析結果

水質分析結果		補給水	循環後供給水
pH 値		9.0	9.0
全容解性物質	mg/ℓ	764	807
水温	℃	29	27
有機物	mg/ℓ	6	15
総硬度	mg/ℓ	74	71
カルシウム硬度	mg/ℓ	49	47
アルカリ度	mg/ℓ	605	655
ランゲリア指数		1.7	1.6
傾向		スケールング	スケールング

### 3.3 事前調査から得られた課題と目標値の設定

事前調査から、冷却水配管の早期詰まりを解消させるためには、水に含まれる硬度分と有機物を除去することが必要と判断し、下記2項目を具体的数値目標として設定した。

- ① ボイラー基準値を採用して、硬度分を5mg/ℓ以下とし、ランゲリア指数を平衡状態(0)に近づけ、スケールングを減少させる。
- ② 水道水基準を採用し、有機物は10mg/ℓ以下とし、不純物を除去する。

### 3.4 浄水システムの仕様の検討

上記課題をクリアするための浄水システムの仕様については、事前にテスト器を製作し、水質分析を実施しながら、ろ材の選定作業を進め、最終的なシステムの設計にあたった(図7)。テスト器によるプレテストの水質分析結果では、目標としていた数値は解決できた(表2)。今回の浄水システムには、硬度分除去にイオン交換樹脂を用いた軟水器を、有機物除去に活性炭フィルターを採用した(図8)。

①現場からの採水 ②テスト装置からの採水 ③水質分析



図7 ろ材選定作業

表2 プレテストの水質分析結果

水質分析結果	補給水		循環後供給水	
	対策前	対策後	対策前	対策後
pH 値	9.0	9.0	9.0	8.8
全容解性物質	mg/ℓ	764	807	824
水温	℃	29	27	27
総硬度	mg/ℓ	74	71	3
カルシウム硬度	mg/ℓ	49	47	0
アルカリ度	mg/ℓ	605	655	646
ランゲリア指数		1.7	1.6	0.1



図8 今回の浄水システム

また、事前調査の水質分析結果から、補給水と循環後供給水の両方に対策が必要と判断し、生産ライン毎の循環水タンク(クーリングタワー)敷設場所への設置を図ることとした(図9)。

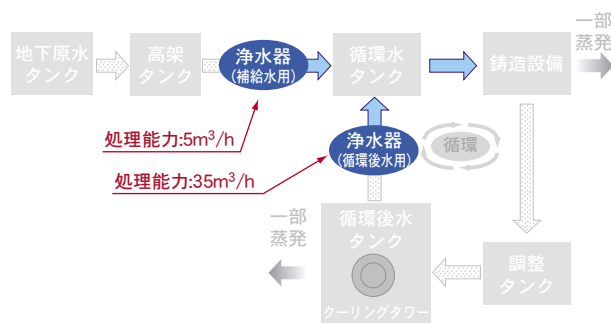


図9 浄水器の設置場所と水の流れ

### 3.5 システム導入後の水質モニター分析結果

本システムを実際に工場へ導入した後、補給水と循環後供給水について、水質のモニター分析を行った。その結果、目標としていたカルシウム硬度 5mg/ℓ 以下、有機物 10mg/ℓ 以下を達成していることが分かった(図10)。また、同時に循環後供給水用に設置したシステムについては、最も効率的な稼働時間の確認を行った。結果、5日目以降は、1日4時間以上の稼働で目標値を達成できることが分かった(図11)。

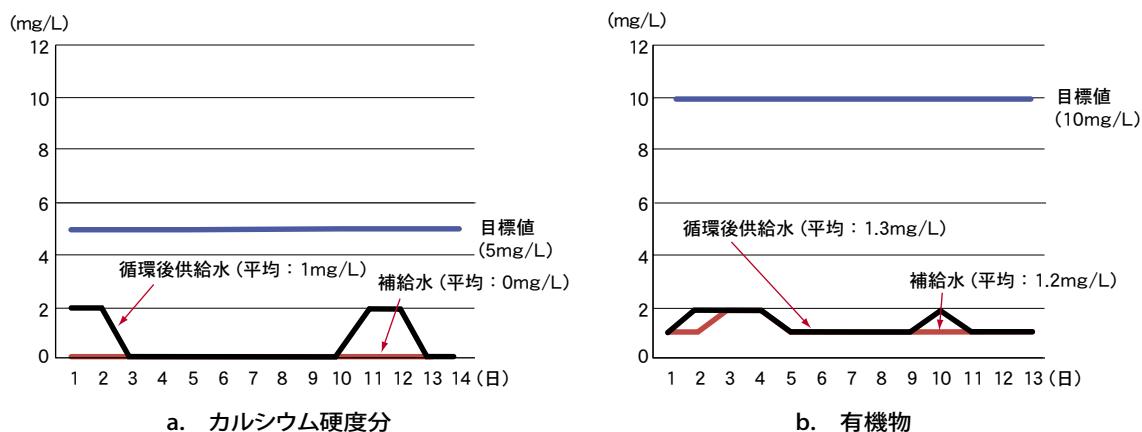


図10 水質モニター分析結果

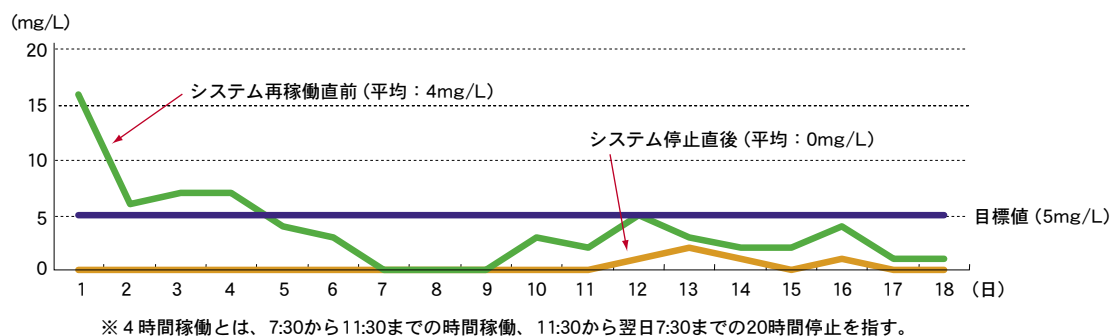


図11 浄水システムを4時間稼働した場合のカルシウム硬度分

### 3.6 水質改善による効果

今回のケースでは、浄水システムによる水質改善によって、冷却ノズルの詰まりを減少させることができた(図12)。その結果、金型清掃時間の削減、外部冷却スプレー時間の短縮等が実現し、当初の目的の通り、作業効率と生産性向上を図ることができた。また、これにより、水質改善が作業効率と生産性向上に重要な役割を果たしていることを確認することができた。



a. 改善前(10,000ショット後) b. 改善後(14,000ショット後)

図12 冷却ノズル詰まりの改善効果

## 4 おわりに

良質な水は、高品質な物作りに欠かせない。当社は、今回の水質分析をベースにしたソリューションシステムの開発をきっかけに、まずはインドネシアで、水質に悩んでいる多くの工場を対象として、取水の段階から、製造用水やそこで働く人々の生活用水の質を向上させるため、一貫した「給水環境システム」の構築を進めていく所存である。

また、水資源の枯渇が叫ばれている今、「消費する水」から「再利用する水」への取り組みが急務となっている。さらに、環境問題が重要視されている今、工場廃水による河川の汚染が問題になっている。大量の水を使用する工場において、当社の浄水技術を用いて水を再利用し、廃水をクリーン化できれば、時代の要請に応えることができると思う。発展途上国の人々に、安全で安心な水を提供することは、社会貢献の見地からしても、非常に価値あるものと考えます。急激な経済発展の影で、いずれ環境汚染が社会問題となるのは間違いない。今は、メーカーからの受注に対して、いかに効率よく増産体制を築くかに躍起となっている現地の工場も、顕在化する環境汚染問題に頭を抱える日は、そんなに遠くではないだろう。必ずや、当社の水質分析能力・浄水技術(水処理技術)の出番がやってくると考える。

### ■著者



田中 和英  
Kazuhide Tanaka  
コーポレートR&D本部  
新事業推進チーム





特集：アジア

# 中国汎用エンジン事情

Multipurpose Engines in the Chinese Market

山口 隆義

## Abstract

The multipurpose engines of Yamaha Motor Co., Ltd. were formerly manufactured by the group company SOQI Inc., but from July 2004, their production is gradually being shifted to Yamaha Motor Taizhou O.P.E. Co., Ltd. (YMTO) in China. Located approximately 400 km northwest of Shanghai, the mid-size city of Taizhou is one famous for its scenic beauty. Nearby in the beautiful water region is Suzhou, the famous "city of gardens" that is registered as a World Heritage, and the city of Wuxi. Some of the multipurpose engines manufactured here are shipped to the Jiaxin-Soqi Power Products Co., LTD. in Fuzhou city, Fujian province, where they are coupled with generator components to make Yamaha brand generators. These generators and multipurpose engines were then marketed in China by Yamaha Motor (Shanghai) Trading Co., Ltd. (YMST) and were exported abroad by Yamaha Motor Procurement (Shanghai) Co., Ltd. (YMPS). As of January 2006, however, YMPS has changed its name to Yamaha Motor Commercial Trading (Shanghai) Co., Ltd. (YMCT) and has assumed responsibility for both the domestic sales and exports of these products.

Under the title "Multipurpose engines in the Chinese Market," this report presents a summary of the multipurpose engines manufactured at YMTO and the status of the market for them.

## 1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)の汎用エンジンは、従来より創輝株式会社で製造されていたが、2004年7月から、中国の泰州雅馬哈動力有限公司(Yamaha Motor Taizhou O.P.E Co., Ltd.:YMTO)(図1)に順次、生産を移管している。泰州市は、上海市の北西約400kmの所にある風光明媚な中都市で、近くには日本でもお馴染みの世界文化遺産、水の都蘇州市や、無錫市などがある。ここで製造されたエンジンの一部は、福建省福州市にある佳新創輝



図1 泰州雅馬哈動力有限公司  
(オープニングセレモニーの様子)

発電機有限公司に送られ、発電機に搭載される。そして、この発電機と汎用エンジンの中国国内への販売を、雅馬哈発動機(上海)貿易有限公司(Yamaha Motor (Shanghai) Trading Co., Ltd.:YMST)が行い、海外への輸出を雅馬哈発動機採購(上海)有限公司(Yamaha Motor Procurement (Shanghai) Co., Ltd.:YMPS)が行っていた。2006年1月からは、YMPSが社名変更し、雅馬哈発動機商貿(上海)

有限公司(Yamaha Motor Commercial Trading (Shanghai) Co., Ltd.:YMCT)(図2)として、中国国内への販売と海外への輸出両方を行っている。

本稿では、「中国汎用エンジン事情」と題し、YMCTで製造された汎用エンジンの概要、市場状況を報告する。



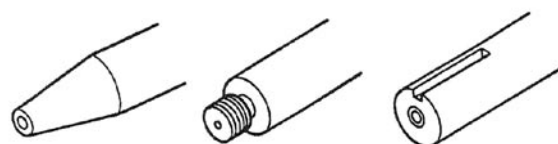
図2 雅馬哈發動機商貿(上海)有限公司(事務所風景)

## 2 汎用エンジンとは

汎用エンジン(Multipurpose engine)という言葉から、何にでも使えるエンジンのように解釈されやすいが、実際は、ベースエンジンは同じでも、作業機械によって技術要件や使用環境が異なるため、多くの仕様が必要となっている。

例えば、発電機に搭載する場合には、燃料タンク、マフラー、セルモーター、オートチョークの有無等々。また、建設機械や農業機械に搭載する場合には、ほこり対策用の各種エアークリーナー、振動対策部品、リコイルスターターのロープ長さ、ライティングコイルの有無、エンジン回転数設定、直結タイプか減速機付きかなど。また、PTO SHAFT<sup>注)</sup>の形状違い等々、数え上げたらきりが無い程である。作業機械製造会社(以下、OEMメーカーと呼ぶ)の数と同じくらいのバリエーション仕様の要求があるといっても過言ではない。従って、汎用エンジンは、作業機械に搭載されて初めて製品となるもので、汎用エンジンそのものは、製品の中の一部品と位置付けられることが分かる。

※注) PTO (Power Take Off) SHAFT: 作業機械に動力伝達するシャフト形状のこと。主なシャフトには、発電機や溶接機等に搭載するテーパシャフト(図3a)、ウォーターポンプ等に搭載するネジシャフト(図3b)、建設機械や農業機械に搭載するストレート、キー付きシャフト(図3c)などがある。



a)テーパシャフト b)ネジシャフト c)ストレート、キー付きシャフト  
図3 PTO SHAFTの基本形状

## 3 ヤマハ汎用エンジン

ヤマハMZエンジンシリーズには、MZ125(2.9kW)、MZ175(4.0kW)、MZ250(6.3kW)、MZ300(7.4kW)、MZ360(8.8kW)(図4)の基本5機種がある。上述したように、数々のバリエーション仕様によってOEMメーカーの要望に答えている。表1に基本5機種の主要諸元を示す。



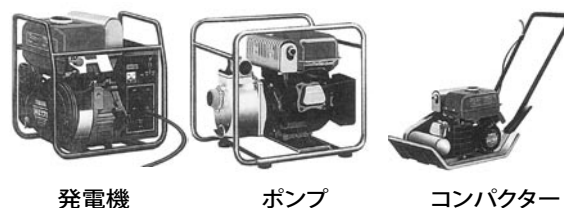
図4 MZ360

表1 汎用エンジンの主要諸元

	MZ125	MZ175	MZ250	MZ300	MZ360
Engine type	4-stroke,OHV,air-cooled,gasoline engine				
Displacement(cm <sup>3</sup> )	123	171	251	301	357
Max.horsepower(kW/rpm)	2.9/4,000	4.0/4,000	6.3/4,000	7.4/4,000	8.8/4,000
Rated horsepower(kW/rpm)	2.2/3,600	3.3/3,600	5.0/3,600	5.8/3,600	7.1/3,600
Noise level(dBA/7m)	71.7	73.2	74.6	74.9	78.2
Net weight(kg)	15.5	16	26	32	32

## 4 MZシリーズエンジンの特長

MZシリーズは、新開発の4ストローク・単気筒・OHVエンジンで、USA、EU等の排ガス規制に合致したクリーンなエンジンである。また、大型マフラーや樹脂製エアースクラウドの採用により静粛性を実現し、大容量燃料タンクと優れた経済性により長時間の連続運転を可能とした。他にも、振動が少ない設計、潤滑オイルの警告装置や、すばやく簡単に始動するためのデコンプシステム(減圧機構)、電波ノイズを低減するサプレッサーを備えたスパークプラグの採用等々、作業する人々が安心して安全に使用できるよう、細心の設計をして「高品質」、「高性能」、「高信頼」エンジンをめざしたものである。



発電機

ポンプ

コンパクター

## 5 作業機械

2.9kW(4ps)～8.8kW(12ps)クラスの汎用エンジンを搭載する主な作業機械は、以下の通りである(図5)。

- (1) 発電機、溶接機
- (2) ウォーターポンプ
- (3) 建設機械(プレートコンパクター、コンクリートカッター、コンクリートバイブレーター、ダンピングランマー、コンプレッサー等)
- (4) 農業機械(耕運機、運搬車、田植え機等)
- (5) その他(高圧プレッシャーポンプ、ロングテール、ゴーカート等)

このように、多岐に渡っており、それだけにOEMメーカーの数の非常に多い業界でもある。



ミル

コンクリートカッター

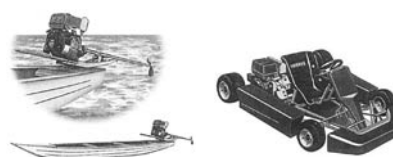
トラクター



バイブレーター

コンクリートミキサー

コンプレッサー



船外機

カート

図5 代表的作業機械例



## 6 中国の汎用エンジンメーカー

1990年代中頃まで、中国の小型エンジンは、ディーゼルエンジンが主流で、ホッパータイプ(懐かしい!)のエンジンがダッダッダと回っていた。重い、やかましい、壊れやすい、だけど安いのが最大特徴で、それなりに活躍していた。しかし、日本や欧米メーカーから小型ガソリンエンジン(軽い、静か、壊れない、だけど値段は高い)の輸入が始まると、徐々にガソリンエンジンが市場に浸透していった。

1997～1998年頃より、日本のあるメーカーのガソリン汎用エンジンに類似したものが中国で生産され始めた。ディーゼルエンジンに比べ、軽い、静か、壊れやすいが輸入品より安い、と評判になり、各社競ってこのようなエンジンの生産に乗り出した。ヤマハ汎用エンジンの類似品も生産されるようになったが、このようなエンジンを生産するメーカーは、200～300社といわれている。特に、重慶市近郊、浙江省、上海市近郊等のメーカーが有力で、その生産量は、2000年が150万台、2003年が240万台、2005年には500万台ともいわれ、飛躍的に伸びている。また、2005年の見通しでは、生産500万台のうち、390万台が輸出と推測されており、その輸出先は東南アジア、中近東、アフリカ、北中南米、欧州と、全世界に渡っているとのことである(注:正式な統計数字ではなく、主要メーカーへのヒヤリング、中国輸出通関統計を参照したもの)。

最近では、大手メーカーのエンジンは壊れにくくなったとの声も聞かれるようになり、性能、機能、価格に対して脅威を感じている。

## 7 ヤマハ汎用エンジンの市場開拓の悲喜こもこも

前述の通り、中国におけるヤマハ汎用エンジンの販売は、YMCTが中心となって精力的に行っている。すでに、発電機、ウォーターポンプ、農業機械等の大手OEMメーカーと成約して実績を挙げつつあり、並行して大手エンジンの代理店も設定して、点から面への拡販に力を注いでいる。

OEMメーカーは、中国全土に大中小5,000社以上ともいわれ、人海戦術ではとてもカバーできる数ではない。当社は、OEMメーカーがヤマハ汎用エンジンを搭載した作業機械を交易会や展示会に出展する際、販売に必要な資料を提供したり、技術相談等のサポートをして、信頼関係を築いており、こういった活動を通じて、この業界の情報収集をしている。また、業界誌に当社の会社紹介や汎用エンジンの製品広告を掲載して、OEMメーカーへのPR活動も行っている。他にも、インターネットを駆使して売り込み先を厳選し、そのOEMメーカーを直接訪問して、ヤマハ汎用エンジンを搭載した場合の優位性を徹底的にPRすることもある。以下に、事例を紹介する。

(その1) 上海から空路約1時間半、湖南省の省都に近い、建設機械のメーカーで、ダンピングランマー等を主に製造している会社の前をタクシーで通りかかった時、製品写真が載った看板を見つけ、飛び入りで訪問。この会社は中国製エンジンと日本製エンジンを使った製品を製造販売していた。ヤマハ発動機はオートバイメーカーで、汎用エンジンを製造していることは知らなかった様子。話をしていくうちに、社長と意気投合。早速、ダンピングランマー用仕様エンジンのサンプル機を購入してもらい、500時間の耐久テストを実施、耐久性、性能、機能に満足していただいた。彼らは、展示会等で積極的に自社製品の



宣伝をしており、今後、販売量の増大が期待できる。

(その2)中国は海岸線が長く、また、河川も縦横に広がっている。必然的に当社で製造しているような船外機の需要も多いだろうと想像していたが、実際には汎用ディーゼルエンジンを使ったシンプルな構造の「挂机」(図6)と呼ばれる代物が幅をきかせていた(中国では当社の船外機のような製品は製造していないし、輸入品は高く買えない漁民が多い)。挂机は安いので零細漁民でも買えるため、小さな港には至る所で活躍している。数年前に、中国政府による環境問題(排ガス、騒音、水質等)の規制のため、ディーゼルエンジンの挂机は2006年から製造禁止になるだろうとの噂が流れていた。同じ出力ならディーゼルエンジンよりガソリンエンジンの方が、軽く、静かで排ガス規制もクリアしているので、爆発的需要があるだろうと期待に胸を膨らませ、とあるディーゼル挂机メーカーにヤマハ汎用エンジンを提供し、試作機を作り、近隣の漁民の協力を得て実機モニターテストを実施、予想をはるかに超える良い評価を彼らからもらった。次は、大々的宣伝と大量生産!と意気込んでいたが、中国政府からのディーゼルエンジン製造禁止のお達しが出ず、幻の製品企画となってしまった。



図6 挂机

## 8 おわりに

汎用エンジンは、作業機械に搭載されて、初めてひとつの製品としてお客様に価値を見出していただけるものである。汎用エンジンを搭載した各種作業機械は、一般には、なかなか人目に触れる機会が少ないけれども、黙々と縁の下の力持的に作業をして、人々の生活を豊かにしている。我々は、その発展の一端を担っていると認識し、今後も、より高品質、高性能、高信頼なエンジンを開発し、OEMメーカーに提供していく所存である。

## ■ 著者



山口 隆義

Takayoshi Yamaguchi

RVカンパニー

パワープロダクツ事業室



特集：アジア

## 3Dによる事前検証型業務プロセスの構築と グローバルエンジニアリングへの展開

**Creating a 3D pre-operation verification type work process and  
implementing it in global engineering**

京極 敏弘

### Abstract

Y.E.C. Co., Ltd. was founded in 1980 as a technical design assistance company for Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC). Initially, the company's main activities involved technical assistance in motorcycle and manufacturing facility development and information services (video filming, editing). The company name at the time of its founding was Yamaha Engineering Co., Ltd. but, as its corporate activities expanded, the name was changed to Y.E.C. in 1986. In July 2005 the company celebrated the 25th anniversary of its founding. Since the company was established, it has worked closely with many divisions and companies in the Yamaha Motor group, performing a variety of jobs in fields almost too varied to mention. One of these is our manufacturing technologies division, which got its start in 1986 in what was at the time a corner of YMC's 2<sup>nd</sup> Office Building (present Jubilo Iwata offices). In 1991, the division moved to its own Technical Laboratory in the Tenryu district of Iwata, which it has continued to use as the base for its activities for 15 years. Then, in April of 2005, the division moved to YMC's Manufacturing Technology Center to carry on the mission of our Process Development division (former Factory Automation Technology division) of contributing to the competitiveness of the YMC group as a whole by creating and implementing new processes that incorporate everything from product development to manufacturing. The name of the Factory Automation Technology division from the Technical Laboratory days has now been changed to the Production Engineering Department (PE Department). Its business activities include primarily the design, building and putting into production of automated machinery for the assembly of engines, devices for the transport of parts to the assembly lines, processing devices (pressurized valve-inserting equipment, pressure reading devices), automated machinery for assembling electrical parts and casting equipment for the YMC group. Looking to the future, we aim to further strengthen our working relationship with YMC's Manufacturing Technology Center as we work toward increasing the competitive advantage of the Yamaha Motor group in the area of manufacturing facility and equipment technology development. In this report, we give a summary of our activities in the creation of a 3D pre-operation verification type work process for the introduction of casting operations at Yamaha manufacturing bases in Brazil, Indonesia, Thailand and Vietnam. A pre-operation verification type work process is one that predicts the results of a work operation beforehand so that unnecessary loss can be prevented by identifying potential problems from a logical standpoint before entering production.

## 1

### はじめに

(株)ワイ・イー・シー(以下、当社)は、1980年にヤマハ発動機(株)(以下、YMC)の技術系設計支援会社として発足した。当初は二輪車の開発設計支援、生産設備開発支援、情報サービス(VTR撮影編集)が主な業務であった。設立時は社名をヤマハエンジニアリング(株)としていたが、事業拡大に伴い、1986年に略称のYECを正式社名とした。そして2005年の7月には、会社創立25周年を迎えた。当社は、創立以来YMCグループにおける様々な分野、部門との関係を密にして、一言では言い表せないほど多岐に渡った業務展開をしている。その中でも生産技術部門は、1986年に当時のYMC第2事務所(現ジュビロ磐田)の一角を借りてスタートした。その後、1991年に自社屋を磐田市天竜にテクニカルラボとして設け、15年間ここを拠点に事業展開してきた。そして2005年4月より、「開発から生産に至る、新たなプロセスの構築と運用で、YMCグループ全体の競争力アップに貢献」という当社プロセス開発部(旧FA技術部)のミッションのもと、YMC生産技術センターへ事務所移転を図った。テクニカルラボ時代はFA技術部として、現在はプロダクションエンジニアリング室(以下、PE室)と名称を変え、業務展開している。業務内容は、YMCグループ向けのエンジン関連の組立て自動機、各種部品の搬送装置、加工周辺装置(バルブ圧入機、圧検装置)、電装部品組立て自動機、鋳造周辺設備等の設計・製作・生産立上げまでが主になっている。今後YMC生産技術室と連携を強化し、YMCグループにおける設備技術力の競争優位性の確立を目指す。今回はインドネシア、ベトナム、タイ、ブラジル、台湾向けの鋳造設備導入に関する業務で、3Dによる事前検証型業務プロセスの構築を図ってきた活動の概要を説明する。事前検証型業務プロセスとは、前もって仕事の結果を予想し、論理的な観点から問題点をつぶして本番でのロスを無くす仕組みである。

## 2

### 背景

YMCの中期経営計画「NEXT50-Phase I」の課題の中に、設備投資の投資効率アップがあげられている。投資効率をアップする手段は、第1に、投資をしないことである。例えば、グローバルな視野に立って部品の生産能力を補完できないか検討する、既存設備の稼働時間・効率を向上させる、などである。第2の手段は、投資を最小限に抑えることである。例えば、設備の購入先を海外メーカーも含めて検討する、海外で安くできる可能性のあるものは海外で調達し、その際、必ず2社以上で競合させることなどである。当社は、これを前向きに捉え、エンジニアリング会社として、今何をすべきかを決断した。結論は、当社の仕事の品質を今以上に向上させ、かつコストを下げ、それを継続的に実行できるようにすることである。コストを下げるためには、仕事のプロセスの一部を海外で達成することも考えなくてはならない。だが"言うは易く、行うは難し"であった。でも、できなければ継続的な受注や事業の拡大は、ありえないのである。



ある時、YMCの鑄造部門におけるグローバルレイアウト構想の一環として、キャストホイールの鑄造をインドネシアへ移管することとなった。現地への鑄造設備の導入を、当社が担うことになったが、このプロジェクトは、コストを抑えるために現地で設備を製造することが前提となった。従来は、日本で設備を製作して、試運転調整を含め、あらゆる妥当性の確認を実施した後、現地に持ち込むのが常であった。今回は、日本で設計の検証のみを行い、その後の工程をすべて現地で行うことになる。この事前検証を確実に実施しなければ、現地で大きなロスが発生させてしまう危険性を持っていた。"安物買いの銭失い"にならぬよう、事前検証型業務プロセスの構築が必須となった。そのために当社が行ったのは、3Dデータによる技術の「見える化」である。

まず課題になったのは、鑄造システムのレイアウトである。既存の鑄造システムは、15年くらい前に立上げたもので、当時の最先端のロボット技術を用いた自動化ラインだった。これをそのまま現地で再現するには、システムが複雑すぎる。既存設備の持っている問題点を解決しつつ、かつシンプルなシステムにすること、オペレーターに優しいシステムであること、しかも、現状の鑄造条件をそのまま再現できるレイアウトであることが必要であった。そこで、1台のロボットが全ての仕事をしている現状に対して、仕事を分業させて2台のロボットが協同して作業ができるレイアウトを提案した。しかし、全く新しいシステムであるので、信頼を得るのが難しい。そこで、3Dイメージによる設備レイアウト設計(図1)を行い、ロボット同士の干渉、周辺設備との関係を事前に確認した。しかも、このデータを元にプレゼンテーションを行うことで、関係者が同時に同じ目線でシステムの可否を判断することができた。その結果、新しいシステムを設計するのに、従来よりも早く、レイアウト設計を完成することができた(図2)。

この他にも、一番要の設備である重力鑄造機(700℃～750℃のアルミニウムの溶湯に圧力をかけず、重力のみを利用して金型内に流し込み、溶湯の重力で製品を押し固める機械)を現地でロス無く、しかも日本と同等の品質で製作しなければならないという課題があった。まず、メーカーをどこにするのか。当然、当社はインドネシアに製作パートナーを持っているはずもなかった。そこで、今までのように、当社が設備設計から製作、立上げまで請け負うという機械づくり中心の受託スタイルではなく、設計とエンジニアリングのみを当社が行い、設備を製作するメーカーの選定と発注をYMCの現地拠点が行うというスタイルにした。これにより、現地での2社以上の合い見積もりが実現できる。我々は、そのメーカーに技術指

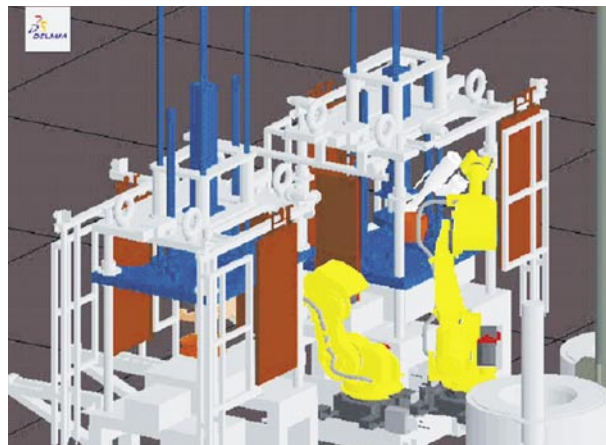


図1 3Dによるレイアウト設計とシミュレーション



図2 キャストホイール重力鑄造ライン(インドネシア)

導を行い、品質の確保を図る予定だった。しかし、日本と同じ品質の物はできなかった。何回かの修正を行い、予定よりも1ヶ月遅れでようやく物になった(図3)。

#### 4 韓国から世界へ(韓流ブームを先取り)

YMCでは、将来の生産量増加を見込み、新しい鑄造拠点を設ける必要があった。YMCのコア技術の蓄積と競争優位性の確保のためには、主要部品(シリンダーヘッド、シリンダーボディ、クランクケース)の内製化は絶対条件である。中でもシリンダーヘッドは、その鑄造能力で生産計画が決まるほど難しい部品である。YMCでは、シリンダーヘッドを「低圧(Low Pressure:以下、LP)鑄造法」と呼ばれる方法で鑄造する。LP鑄造法とは、密閉された炉の中に、アルミニウムの溶湯を保持したルツボを置き、溶湯表面に低圧(0.01~0.05Mpa)の圧搾空気を加えて、溶湯内と金型を連結したストーク(導管)を通して、金型内に溶湯を充填させる方法である。このシリンダーヘッドの品質を日本国内と同じレベルで確保するには、マザー工場の最新技術をグローバルスタンダードとして展開できるよう標準化された、YMCオリジナルのLP鑄造機(図4)の製作が必須となった。その増設台数は、2003年~2005年の間で34台になる。内訳は、日本国内で6台、アセアンで28台(インドネシアで11台、ベトナムで7台、タイで5台、台湾で2台、中国で1台、ブラジルで2台)である。これらを全て2005年までに製作して、順次供給しなければならなかった。しかし、1台製作するのに4ヶ月の納期を有する。単純計算すると、34台×4ヶ月=136ヶ月かかることになる。これを約36ヶ月で仕上げなければならない。毎月1台製作しても追いつかないレベルである。品質と納期を確保しながらコストを下げるために、海外で設備製作することとした。そのためには、前述のインドネシアでの鑄造移管プロジェクトの教訓を生かし、設備製作における技術の「見える化」、「手の内化」を徹底して行う。これにより、世界のどの国でも同じ品質の設備が製作可能となる。



図3 キャストホイール用重力鑄造機  
(インドネシア現地メーカーにて製作)



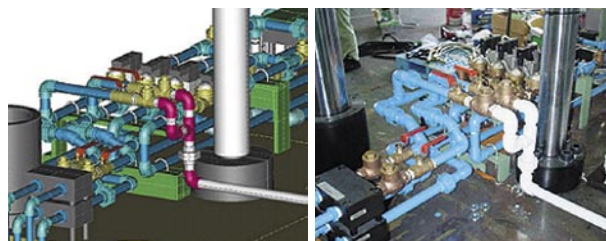
図4 LP鑄造機



LP铸造機の一番のネックは、金型の冷却を制御する複雑に入組んだ配管である。日本では熟練の職人が、回路図を見ながら現物合せで配管している。いわゆる「ゲンゴウ合せ」である。本体の組立てよりも配管に時間がかかるのが現状であった。そこで、配管の3Dデータ化(図5)を行った。この3Dデータがあることで、事前の部品加工やユニット組立てが可能となり、工程を並列化して時間短縮を図ることができた。なおかつ、配管の構造をあらゆる角度から確認できるため、初めての人でも容易に配管できるようになった。

次に、組立て作業を効率よく確実に行うために、作業の標準化を図る必要があった。これも視覚的に指示できる写真入りの標準書(図6)を作成した。最終的には100枚以上になった。他にも、チェックシートを組立て時、試運転時、出荷時の3段階に分けて作成した。

後は、設備を製作してくれるパートナーを見つけることだった。当社は2002年の末から2003年の初めにかけて、インドネシア、タイ、中国のメーカーを訪問し、調査を行っている。インドネシアで設備を製作しようとした場合、現地メーカーの加工品の品質は良いが、センサーなどはインドネシア以外から輸入することになってしまい、設備全体のコストとしては、日本で製作するよりも高くなってしまう。タイは、積極的に新しい仕事を、請けようとする前向きなメーカーが少なく、どの訪問先からも見積りは出てこなかった。中国は、バブルの絶頂期のためか、コストの安い仕事には、まったく興味を示さなかった。残るは台湾と韓国である。そんな折に、中国で50万～100万本もの自動車用ホイールを生産しているメーカーへ、LP铸造機を12台納めた実績を持つ韓国のメーカーを知った。偶然にも、2002年の12月にインドネシアへ出張した際に、この韓国メーカーの社長(図7)と出会っていた。彼はインドネシア、ベトナム、中国を中心に、铸造設備を供給する事業を展開していた。インドネシアに営業と視察に訪れていたところをYMCの出張者から紹介され、名刺交換をしていた。そのときの印象が非常に良かったため、即、見積りを依頼することにした。前述の事前検証結果を元に説明を行うことで見積り精度を向上させることができた。その結果、満足のいく回答が得られたため、



3Dレイアウト設計

3Dデータを元に配管(現物)

図5 配管の3Dデータ化

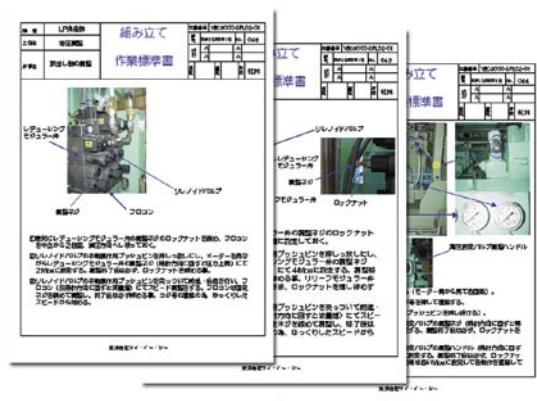


図6 組立て作業標準書



図7 韓国メーカー(エンビタ社)工場にて  
(左から3番目が社長の柳さん)

製造委託契約を結んだ。製作過程においても大きなトラブルは無く、日本国内と同レベルの進捗ができた。そして、2003年12月に韓国製LP鋳造機第1号が完成し、インドネシアに向けて出航していった。その後、2004年に6台、2005年に16台を、韓国から世界に供給している。しかもコストダウン30% (図8)を達成することができた。ただし、これ以外の鋳造機は、納期の問題で日本での製作を余儀なくされた。もう少し決断が早ければ、全てを韓国で製作できたはずである。

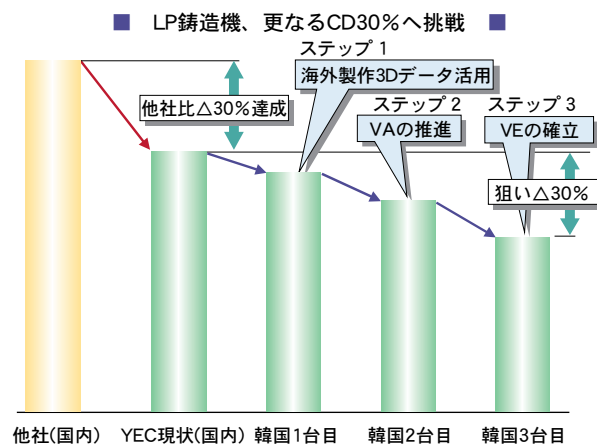


図8 LP鋳造機コスト推移(3段階でコストを下げる)

## 5 おわりに

韓国でのLP鋳造機の開発業務を通して行った3Dによる事前検証型業務プロセスの構築とグローバルエンジニアリングへの展開は、その後活発に行われている。インドネシアでは、ダイキャストホイールの鋳造自動化設備を、2004年に1式、2005年に1式立上げた。3Dによる事前検証(図9)を行い、事前に問題をつぶして、現地立上げ時のロスを削減している。また、日本国内でも新しいシステム導入に際し、インドネシアでの実績を逆輸入する形で水平展開を図った(図10)。他にも、エンジン組立てラインでの事前安全チェック(図11)、新型エンジンの組立てパレット検討(図12)等に、3Dによる事前検証型プロセスを応用している。



図9 ダイキャスト3Dレイアウト設計

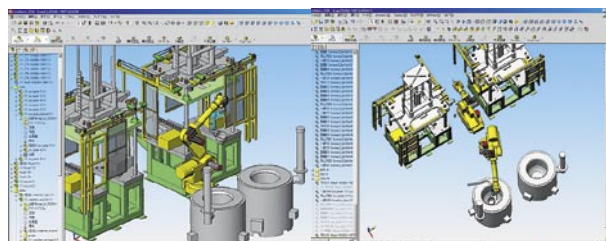


図10 YMC磐田工場重力鋳造新ライン  
(インドネシアの水平展開)

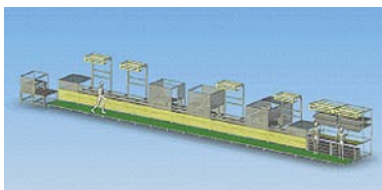


図11 シリンダーヘッド組立てライン安全チェック

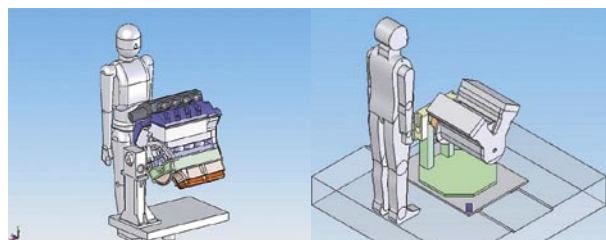


図12 3Dによるエンジン組立てパレット検討



当社はアセアンを中心とした業務展開を、今後も積極的に行っていく。そのためには、グローバルに対応できる人材の育成と、事前検証の確実な実施を行い、仕事の「見える化」を進める。今後は、当社の役割を明確にして、当社でなければできない技術を維持発展させ、YMCグループへの貢献度が明確になるように、生産技術分野で事前検証型の業務を展開し、YMCグループ全体のコストハーフ活動に貢献していく。

## ■著者



京極敏弘

Toshihiro Kyogoku

株式会社ワイ・イー・シー  
プロセス開発部



特集：アジア

## 2006年ASEAN向けスポーティーモペット「T135」

2006 ASEAN Market Sporty Moped "T135"

 黒元 敏則 増田 辰哉 宮部 敏昌 神村 薫 谷垣内 慶朗 森杉 茂雄 西村 慎一郎 鈴木 守  
 田村 孝典 天野 勝弘



図1 T135

### Abstract

After the period of economic depression following the ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) region's 1997 economic crisis, the ASEAN motorcycle market demand grew rapidly after its initial losses along with the region's quick overall economic recovery and growth. This growth in motorcycle demand for the four countries of Indonesia, Malaysia, Thailand and Vietnam reached a level of 7.2 million units total in 2004. This represents a 30% growth compared to 2002, and as income levels continue to increase in the region, it is expected that this growth in demand will continue.

Within these market conditions, Yamaha suffered initially due to a late start in the shift toward 4-stroke models. However, with the 2002 release of the strategic high added-value 4-stroke models Nouvo, T110 and Mio, as well as strategic AT (automatic transmission) models released one after another, Yamaha succeeded in increasing its sales at a rate exceeding the market growth rate.

In today's ASEAN market, the commuter bikes known as mopeds in the 100cm<sup>3</sup> to 125cm<sup>3</sup> displacement range account for over 90% of the total market demand, while serving a variety of user needs from daily transportation and commuting to commercial/utility uses. On the other hand, the young people (24 and under) who make up the majority in the ASEAN region markets have been asking for bikes with "a sportier ride," "new, more fashionable styling" and



"higher performance engines." In light of this market background and needs, Yamaha used its latest technologies in the development of the all new 2006 model "T135" under the concept of a "Performal Moped" (a concept combining the roots of performance and formal) to appeal to the mature moped user and the "hobby-oriented" user typified by younger users. The resulting model offers a fusion of qualities including "the convenience of a moped," "sportiness" and "hobby-oriented user appeal" along with "sporty, innovative new styling."

In this report we look at the development of this new ASEAN market model.

## 1 はじめに

1997年のASEAN(Association of Southeast Asian Nations)経済危機以降、一旦落ち込んだASEANの二輪車需要は、その後の急速な経済回復・成長と共に急伸張しており、インドネシア、タイ、マレーシア、ベトナム4ヶ国を合せた販売台数は、2004年の実績で約720万台となっている。これは2002年の30%増に相当し、今後も所得水準の向上に伴い、さらなる伸張が予測されている。その中で、ヤマハ発動機(以下、当社)は商品の4ストローク化の遅れにより、苦戦を続けていたが、2002年からNouvo、T110、Mioを中心にした高付加価値戦略、AT(オートマチック)戦略モデルを随時導入することにより市場で高い評価を得て、市場拡大に勝る高い販売伸張率を達成している。現在のASEAN市場はモペットと呼ばれる100cm<sup>3</sup>~125cm<sup>3</sup>コミューターが全需要の90%以上を占めており、日常の足、通勤・業務用として広く活用されている。一方で、ASEAN市場の過半数を占める若年層(24歳以下)からは「よりスポーティーな走り」「より斬新でファッション性の高いスタイリング」「より高性能なエンジン」といった次世代モペットへの期待が高まっていた。このような市場背景・市場要求の中、当社の最新技術を結集して、「モペットの持つ実用性」と「スポーツ性」、「趣味性」を融合させ、かつ「スポーティーで斬新なスタイリング」を具現化して、成熟したモペットの顧客層や若年層に代表される趣味層への新たな商品提案として「Performal Moped」(PerformanceとFormalを掛けた造語)を企画コンセプトに、2006年モデル「T135」(図1)の開発を行った。

## 2 開発のねらい

T135の開発では、前述の市場背景・市場要求を受け、これまでにない"次世代モペット"を作ることを目指した。そのためには、既存モペットが持つ実用性をさらに高め、かつ、見て楽しめる、触って楽しめる、走って楽しめるように、「日常の足としての道具」と「自己表現のツール」と「趣味の商材」を融合させることが必要である。そこで、「Riding Dynamics」、「Blade Design<sup>注)</sup>」、「Neo Technology」という3つのキーワードを設定し、以下の5項目を具体的な開発のねらいとした。

注) Blade Design : 刃物の切れ味が伝えるような達成感と機能美、刃物のような動きをイメージさせるシャープな造形のこと。

① Riding Dynamics (Fun & Exciting 走行機能・性能)

- ・街中で扱いやすく、かつ中高速で軽快感のあるエンジン特性
- ・軽快、かつ安心感のある操縦安定性の両立

② Blade Design (スタイリング)

- ・斬新、かつスポーティーなスタイリングと所有感のある各部仕様、質感のある仕上げ

③ Neo Technology ("実用性"と"スポーツ性" "趣味性"の融合を具現化する技術)

- ・一クラス上の快適性(低振動、静粛性、乗り心地等)、信頼性
- ・優れた経済性(燃費、油費、車両価格)、一步先を行く環境性能

上記のねらいを達成するために、個々に開発目標値を設定し、目標値達成のための手段としてエンジン、ボディ細部に渡って基本諸元、仕様等を部品一点一点まで吟味、検討した上で開発を進めた。仕様諸元を表1に、フィーチャーを図2に示す。

表1 仕様諸元表

項目	諸元値
全長×全幅×全高	1,945mm × 705mm × 1,065mm
シート高	770mm
軸間距離	1,245mm
最低地上高	140mm
乾燥重量 / 装備重量	103/109kg
原動機種類	水冷・4ストローク・SOHC・4バルブ
気筒数配列	単気筒
総排気量	134.4 cm <sup>3</sup>
内径×行程	54mm × 58.7mm
圧縮比	10.9:1
最高出力	8.45kW/8,500rpm
最大トルク	11.65N・m /5,500rpm
始動方式	セル・キック併用式
潤滑方式	ウェットサンプ
エンジンオイル容量	1.2L
燃料タンク容量	4L
キャブレター型式	VM21 × 1
点火方式	DC-CDI 式
1次減速比 / 2次減速比	2.875/2.600
クラッチ形式	発進クラッチ＝湿式遠心 変速＝湿式多板
変速機形式	ロータリー式4速
変速比	1速：2.832 2速：1.875 3速：1.354 4速：1.045
フレーム形式	ダイヤモンド型
キャスト／トレール	25° 30' /75mm
タイヤサイズ	前 70/90-17 後 80/90-17
ブレーキ形式	前 油圧式シングルディスク 後 ドラム
懸架方式	前 テレスコピック 後 モノクロス
ヘッドライト	12V32W/32W × 1



図2 フィーチャーマップ



開発目標である「街中で扱いやすく、かつ中高速で軽快感のあるエンジン特性」と共に、「快適性」「信頼性」「経済性・環境対応」を達成するため、新技術・新機構を結集して新世代エンジンの開発に取り組んだ。

### 3.1 水冷135cm<sup>3</sup>4バルブ

街中で扱いやすくするためには、低中速で余裕のあるトルクが必要となる。また、中高速での軽快感を得るには、絶対スピードよりも加速の伸び感、ストレスのない伸びやかさが重要と考えた。そのため、排気量を135cm<sup>3</sup>として余裕のトルクを実現し、4バルブとの相乗効果によって中高速での軽快感を達成した。冷却方式には水冷式(図3)を採用することにより10.9:1の高い圧縮比を実現し、素早い燃焼速度を実現する半球形燃焼室(図4)と相まって、全域においてパンチ力のある、優れた出力特性を引き出すことができた(図5)。また、水冷式の採用によりエンジンの静粛性においても高いレベルを達成することができた。さらに、ASEANの高温多湿の過酷な走行環境においても信頼性の高いエンジンを完成することができた。

クラッチ・変速機構には、街中での扱いやすさを考えて、4速ロータリー式遠心クラッチを採用した。また、エンジン本体の余裕のトルクとハイギヤード化された変速比により、低中速域での扱いやすさ、中高速域での伸び感のある走行フィーリングを達成した(図6)。

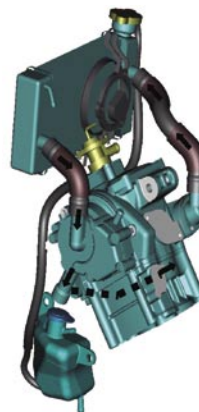


図3 水冷系レイアウト図



図4 エンジン燃焼室

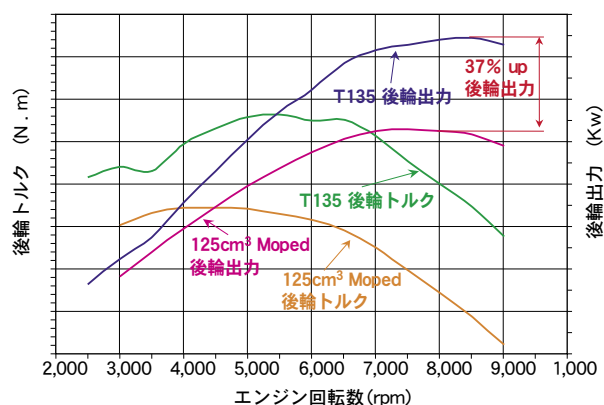


図5 エンジン特性



図6 エンジンカットモデル

### 3.2 ダイアジルシリンダー

シリンダーにはダイアジル (DiASil: Die-casting Aluminium-Silicon) シリンダー (図7) を採用した。シリコン20%含有のオールアルミシリンダーは、高硬度で耐磨耗性にも優れるため、従来の鉄スリーブシリンダーに対して信頼性を大幅に向上させることができる。また、シリンダー表面に独自のホーニング処理を行うことでシリンダー表面からのオイル揮発を抑え、優れたオイル消費特性も達成している。さらに、オールアルミシリンダーは冷却性にも優れ、かつ



図7 ダイアジルシリンダー、鍛造ピストン、キャブレター

軽量のため、水冷方式と相まってASEANでの過酷な使用環境下でもエンジンの劣化を抑え、燃費効率の向上、およびエンジンの軽量化にも一役買っている。

### 3.3 鍛造ピストン

軽量高強度でピストンの往復重量の低減が可能な鍛造ピストン (図7) を採用することにより、エンジンの振動低減を達成することができた。また、その結果エンジン懸架のリジット化が可能となり、135cm<sup>3</sup>というモペットクラス最大排気量でありながら、快適 (低振動)、かつ良好な操縦安定性、エンジンレスポンスを達成することができた。

### 3.4 ローラーロッカーアーム

カムシャフトとの摺動抵抗低減のために、ロッカーアームのカム接触面にニードルベアリングを配したローラーロッカーアームは、エンジンのロス馬力低減に大きな効果がある。T135では燃費特性の大幅向上と、スムーズなバルブ駆動特性による低中速での滑らかで、かつ軽快な走行フィーリングを実現する上で、欠くことのできない機構となった。

### 3.5 吸気系

キャブレターには、加速ポンプ付きVMタイプ (図7) を採用することにより、アイドル域からの急なアクセル操作にも適合して優れた発進加速性能を実現すると共に、中速域からの追い越し加速時にも優れたレスポンスを達成することができた。またキャブレターにTPS (スロットルポジションセンサー) を設置することにより、エンジン回転数とスロットル開度情報を元にした3次元マップ制御が可能となり、最適点火タイミングによる優れた燃費特性、上質な走行フィーリングを達成することができた。

エアークリーナーのフィルターには、防塵性に優れる乾式濾紙タイプを採用して、ASEANでの過酷な使用環境に適合させると共に、エアークリーナー本体は車体中央部に設置して、防塵性、メンテナンス性の優れたレイアウトを採用した。

### 3.6 環境性能

TPS採用による最適な点火タイミング設定、半球形燃焼室採用による優れた燃焼効率、ロス馬力低減・燃費向上のための種々の機構・セッティング等により、排出ガスのクリーン化を行った。さらに排出ガスの未燃焼成分をエアインダクションシステム(2次空気導入システム)で再燃焼・浄化させ、これをさらにマフラー内のマルチチューブタイプ触媒(図8)で浄化して、排ガスのクリーン化を実現した。

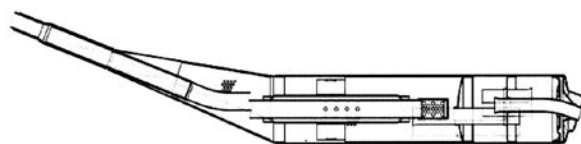


図8 マフラー構造図

## 4

### 車体関係概要

開発のねらいである「軽快、かつ安心感のある操縦安定性の両立」および「快適性」「信頼性」「斬新、かつスポーティーなスタイリング」を達成するため、車体関係は剛性バランス、前後重量配分、アライメント、各部軽量化等に取り組んで開発を行った。

#### 4.1 全体計画・シャーシ関係

T135の車体開発にあたっては、軽快なハンドリングと操縦安定性を両立して、かつ街中での軽快な操作性を達成するため、コンパクト・軽量な車両を作り込むことに重点化して取り組んだ。具体的には、エンジンの前傾角を44度として可能な限りエンジン搭載位置を前寄りにレイアウトして、吸気系及びモノクロスサスペンションを車体中央部に配置(図9)した。これにより、スポーツバイクに近い前輪重量配分45%を達成した。フレームには剛性バランスに優れた鉄パイプ構成のダイヤモンド型(図10)を新設計した。また、低振動なエンジンにより、懸架方式は4点リジット式を採用して、エンジンを車体の強度・剛性メンバーとして寄与させることで優れた剛性バランスを確保すると共に、車体の軽量化も達成することができた。

上記の剛性バランス、前輪重量配分、車両の軽量化、およびキャスター・トレール等の最適アライメントにより、軽快でニュートラルなハンドリング、安心感のある操縦安定性を達成して、街中での軽快な取り扱いも可能となった。

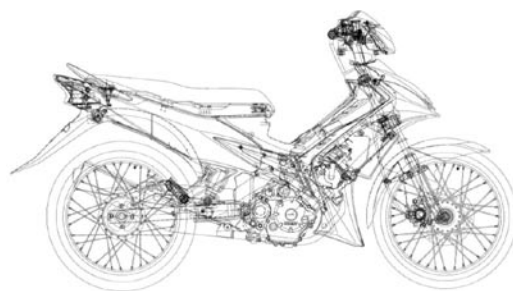


図9 レイアウト図

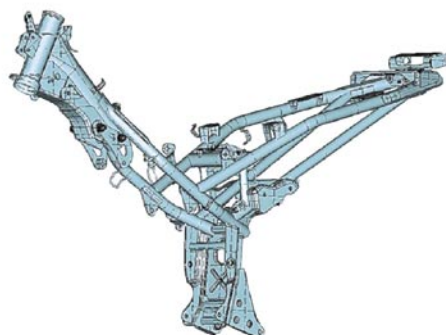


図10 フレーム図



## 4.2 モノクロスサスペンション

T135のサスペンションには、フロント：テレスコピック式、リア：モノクロス式(図11)を採用することにより、重量マスの集中化を図り、ホイールトラベル量も既存モペットに対して向上させることによって、優れた乗り心地を達成することができた。合せてフレーム・リアアームとの剛性バランス、および最適セッティングも含めて中高速でのコーナリングにて走行ラインを確実にトレースできるハンドリング、コーナリングでの滑らかでしなやかな特性を達成した。モノクロスサスペンションは、外観上もスポーティーな造形が可能となり、T135の外観商品性向上に一役買っている。



図11 モノクロスサスペンション

## 4.3 エアロカウル

T135のエアロカウル(図12)は、既存モペット同様にライダーの足回りを泥水、および雨水等から防ぐ機能の他に、エンジンの冷却性を高め、かつライダーにラジエーターの熱風が直接当たるのを避けて快適性を向上させる機能も合せ持っている。カウル下部前方のダクトから走行風を導入して、ラジエーターを通過した走行風(熱風)とダクトから導入した走行風をカウル内で混ぜ合せ、温度を下げた状態でカウルの排風孔から排出している。また、渋滞路等では、エンジン、およびラジエーターにより熱せられた高温の空気をカウル前方のダクトから排出することにより、エンジンの冷却性向上、およびライダーへ熱風が直接当たらないようにしている。また、T135のエアロカウルは空力特性も優れ、高速での操縦安定性、および既存モペットをはるかにしのぐ最高速等にも大きく寄与している。さらにスタイリング上の特徴にもなっており(図13)、スポーティーかつ上質な仕上げが可能となった。



図12 エアロカウル

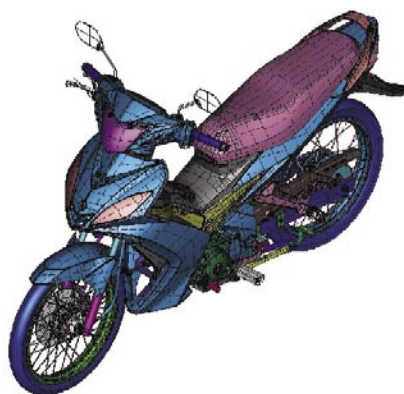


図13 外観図



#### 4.4 5灯フロントマスク、ハンドル回り

ヘッドライトは、ハンドルマウントの12V-32W/32W 1灯式として、十分な配光性能を確保すると共に、夜間のハンドル操作時にも良好な照射が得られる形態とした。カウル前面にはポジションランプ、フラッシャーランプを2眼タイプで配置することにより、個性的でかつスポーティーなフロントマスクを構成している(図14)。また、ライダーが乗車時に常に目にするハンドル回りは、カウルを含めて塗装部品を多用して、かつメーター等の仕上げを含めて上質感を演出している(図15)。

### 5 開発上の取り組み

スペック・性能上の数値目標達成もさることながら、ASEAN各国での異なる市場環境、使用実態、品質・機能要求に適合させ、かつ「乗る楽しさ」を追求するために、開発初期から各国での現地テスト、耐久テストを重ねた。また、経験・知識豊富な当社実験部門の商品・機能に対するこだわりを設計仕様に迅速に反映していくことで、「実用性」と「スポーツ性」「趣味性」の融合・具現化を図った。スタイリングにおいても「Blade design」を達成すると共に、車両としての目標性能・機能を満足させ、それを形として表現することをスタイリングの基本として、開発部門一丸で取り組んできた。また、マーケティング部門、部品部門を中心に、ASEANでは初となる高品質なアクセサリ部品の検討を進め、車両開発と並行して広範囲なアクセサリ部品開発に取り組んできた。これらにより、T135はASEAN各国に向けて、高次元・高品質なライフスタイル提案型商品開発・提言が可能になったと考える。



図14 5灯フロントマスク



図15 ハンドル回り

## 6

## おわりに

T135の開発を終えた今、改めて開発当時を振り返ると、高い目標に向かって苦勞した日々、実用性と相反する機能の融合に苦心した日々を思い出すが、「Riding Dynamics(Fun & Exciting)」をキーワードに開発陣一丸となって作り込みを行い、結果として満足のいく商品を開発することができたと確信している。

2005年9月中旬に開催したインドネシアのディーラーミーティングでの商品発表を皮切りに、現在各国でT135の販売を開始しているが、モデルコンセプト、性能、機能、スタイリング、各種最新技術等に対して、プレス、市場含めて高い評価、反響を頂いており、販売も好調に推移している。T135がこれから市場にて「新世代スポーツモペット」として新たなカテゴリーを構築できるかは、発売直後の現時点では回答は出せないが、当社の新たな提案「Performal Moped T135」は、モペットに乗ることの楽しさ、便利さをASEANの多くのお客様に体感・享受して頂けると確信している。

## ■著者



別枠左から、

神村 薫 Kaoru Kamimura  
MC事業本部 CV事業部 開発室

鈴木 守 Mamoru Suzuki  
MC事業本部 CV事業部 開発室

後列左から、

田村 孝典 Takanori Tamura  
MC事業本部 CV事業部 開発室

森杉 茂雄 Shigeo Morisugi  
MC事業本部 技術統括部 コンポ開発室

増田 辰哉 Tatsuya Masuda  
MC事業本部 CV事業部 開発室

谷垣内慶朗 Yoshirou Tanigaito  
MC事業本部 CV事業部 開発室

黒元 敏則 Toshinori Kuromoto  
MC事業本部 CV事業部 開発室

前列左から、

天野 勝弘 Katsuhiro Amano  
MC事業本部 CV事業部 開発室

宮部 敏昌 Toshimasa Miyabe  
MC事業本部 CV事業部 開発室

西村 慎一郎 Shinichirou Nishimura  
MC事業本部 マーケティング統括部 商品企画室



## 技術紹介

# 船外機艇で流し釣りをするための「補機流し釣りシステム」

An "Auxiliary Drift-fishing System" for drift-fishing with an outboard motor

井原 博英 箕浦 実

### Abstract

Most pleasure-use boats in the domestic Japanese market are used for fishing. When Yamaha's development team traveled around the market, we were surprised to see that a large majority of the inboard motor type boats in the 27-ft. (8.2 m) class are equipped with spanker masts and sails that are used to stabilize the boat in "drift fishing," a style of fishing where the boat is not anchored but allowed to drift with the currents. It is said that boats mounting outboard motors are not as well suited for drift fishing as inboard types, and that belief led us to want to develop a drift-fishing system that would make outboard boats as good for drift fishing as inboard models. That was the impetus that led to the start of the "Auxiliary Drift-fishing System" development project. Yamaha Motor Co., Ltd. completed development of this system in the autumn of 2005 and applied it to our leading fishing boat model F.A.S.T. 26. This is the system we introduce in this report. This system involves modifications to the hull shape in combination with a spanker manufactured by Y's Gear and an auxiliary engine control unit. This system gives an outboard powered boat outstanding wind-facing performance and slow-speed performance that is in no way inferior to an inboard boat. This "wind-facing performance" means the capability to keep the boat headed into the wind at all times, like a weather-vane.

## 1 はじめに

国内でのプレジャーボートの大半は、釣りユースである。市場を回った際、27フィート(8.2m)以上の船内機艇のほとんどにスパンカー(ボートをアンカーで固定せずに潮に流して釣るための代表的な艀装品)(図1)が装着されていることに驚いた。船外機艇は、船内機艇に比べて流し釣りには向かないといわれているが、船内機艇に負けない流し釣りシステムを作りたい、それが「補機流し釣りシステム」開発のスタートである。ヤマハ発動機(以下、当社)で



図1 スパンカー

は、2005年秋、補機流し釣りシステムを開発し、当社の主力釣りボートF.A.S.T.26に折り込んだので、そのシステムを紹介する。本システムは、船型の改良と、ワイズギア製スパンカー、補機船外機操船装置を組み合わせたものである。このシステムにより、船外機艇でありながら船内機艇に負けない「抜群の風立ち性能」と「微速性能」が実現できた。「風立ち性能」とは、常に風上を向こうとする、いわば「風見鶏」である。



## 2 流し釣りに必要な要素と船の要件

流し釣りには、以下の2種類がある。

- A. 潮に同調させた流し釣り：船首を風上方向に向け、船を前進させて風流れをキャンセルし、潮と一緒に船を流し、釣るポイントの上を通過させて魚の当たりを待つ(図2a)。
- B. ポイント固定：ポイントの風上で船を潮や風に逆らって走らせて対地速度を0にし、釣り糸の先がポイントの真上にとどまるようにする。一言でいうと、アンカリングしない"かかり釣り"のことである(図2b)。

流し釣りをするためには、船が風で押し流されるのを、ステアリング操作とボートの推力調節で相殺する必要がある。風に対して船が横を向いては風の影響を相殺することはできないので、常に船首を風上に向けることが必要となるが、釣りに集中するためには、頻繁なステアリング操作をしなくてもすむように、「風立ち性能を良くする」ことが重要である。また、流れる速度を微妙に調整するために、微速航走できることも重要である。

### 2.1 風立ち性能を決める要素

風立ち性能を決める一番の要素は、船型である。図3は、船内機艇と船外機艇の側面図である。船内機艇の方が、水中面積が大きく、風の影響を受け難い。特に船首の水中面積は、船内機艇の方が大きく、船内機艇は船首が風に振られにくい船型となっている。また、船外機艇でもW.T.B.(ウェーブ・スラスター・ブレード)船型を採用した艇は、船首の水中面積が大きく、船内機艇に近い風立ち性能を実現している。

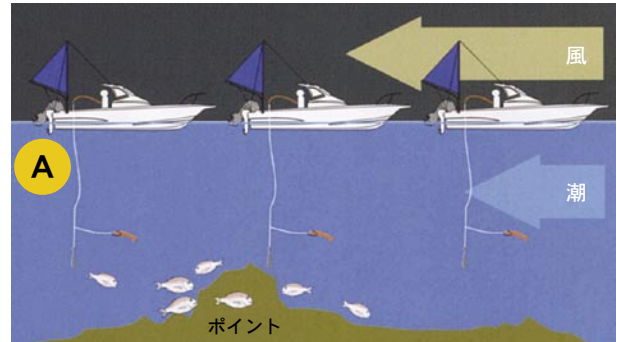
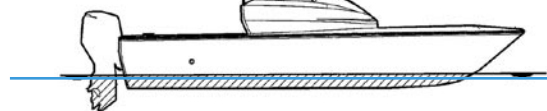


図2a 潮に同調させた流し釣り

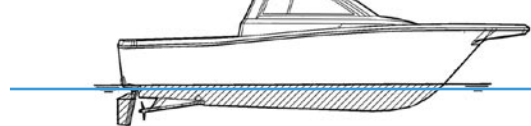


図2b ポイント固定

船外機艇(従来船型)



船内機艇



船外機艇(WTB船型)

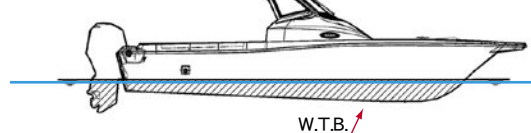


図3 船内機艇と船外機艇の側面図



## 2.2 風立ち性能を向上させるための艀装品

艇の風立ち性能を向上させる最も一般的な艀装品は、スパンカーである。スパンカーとは、船尾に張った2枚の帆である。船首の向きが変わると片側の帆だけに風が当たり、その揚力により、船首を風上に向けようとする力が働く(図4a)。しかし、船首角度が大きく振れると、船首に受ける風が強くて戻しきれなくなる(図4b)。

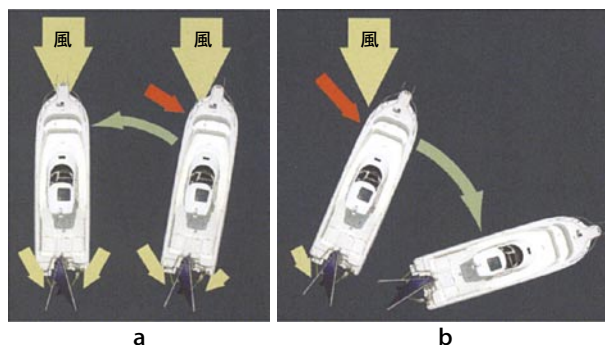


図4 スパンカーの機能

## 2.3 船内機艇と船外機艇の自由風流れ性能比較

風立ち性能を実艇で確認するために、風流れの状態を比較したのが図5である。スパンカーを装備した船内機艇に対し、スパンカーを装備したF.A.S.T.26はW.T.B.の効果で、ほぼ同様の流れ方になっている(図5左下の船の位置)。F.A.S.T.26にスパンカーと補機流しシステムを装備した場合には、図5中央下の船の位置となる。船首は風上を向いており、風立ち性能が良いのが分かる。

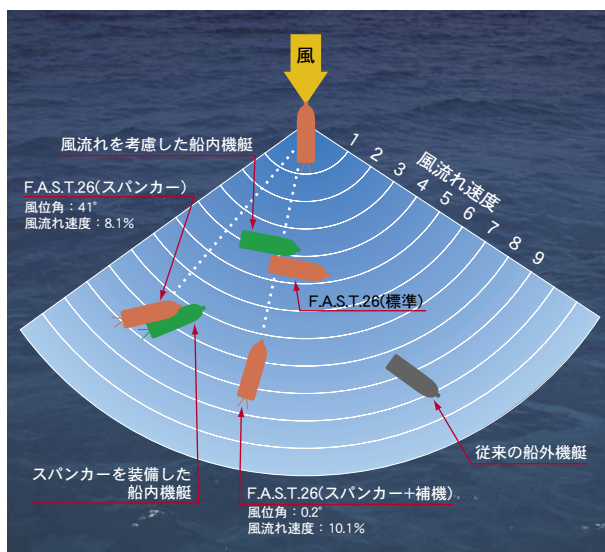


図5 自由風流れ性能比較

# 3

## 船外機艇補機操船システムの開発

### 3.1 船内機艇以上の風立ち性能の実現

艇の風立ち性能を上げるには、「船首の水中面積増加」や「艇の重心位置の船首方向移動」が必要であるが、これらの変更は航走性能に直結する要素であるため、簡単には変更できない。そこで、船型は変更せずに船尾の水中面積を小さくすることに着目した。

船外機艇の場合、主機のロアー部が大きく水中に突き刺さっている。そこで、主機をチルトアップし、ロアー部面積の小さな補機で代用することにより、船尾の引っ掛かりが非常に小さくなり、抜群の風立ち性能を実現できた。水面上の艇体側面の風圧中心(図6のA点)と水面下の抵抗中心(図6のB点)の関係を示す。実際にスパンカーを上げて、風に横向きで流されている状態から主機をチルトアップすると、水中の引っ掛かりがなくなり、船尾がスーっと風下に流れてきれいに船が風上を向き、ハンドル操作等しなくても風上を向いて安定する。

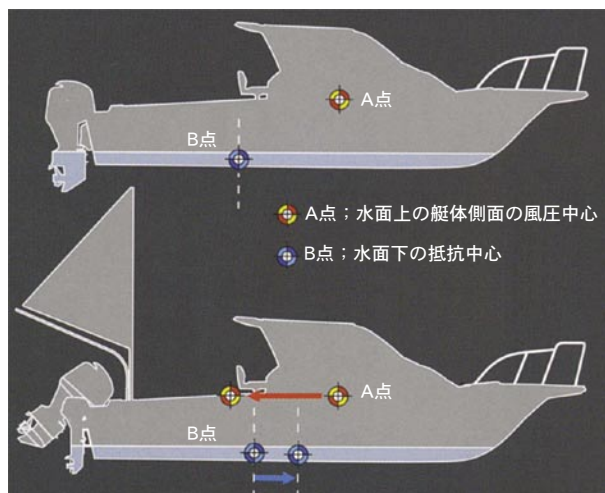


図6 艇体側面の風圧中心と抵抗中心

### 3.2 風立ち性能の評価

風立ち性能のメカニズムを解析するために、風によって船体とスパンカーに発生する力と、船体水中下の流れ抵抗特性を風洞実験により求め、船が風上に向こうとする力をグラフ化した(図7)。横軸を風向に対する角度とし、中央(0度)は風上を向いている状態で、左右は100度まで表示した。縦軸は、船が風上に向こうとするモーメントとし、上半分のプラスにある場合は、船は風上に向こうと回転し、下半分のマイナスにある場合は、風下に向こうと回転する。以下に、船のタイプ別の風立ち性能の特性を示す。

#### <標準船体の特性>

風向きに対する船の角度が-95度から+95度までの間は、風上に向こうとする力はマイナスになり、船首が風下に振られる。95度で0になり、船の向きはほぼ横向きで安定する。

#### <スパンカー付きの船体特性>

標準船体の特性にスパンカーの効果を加えたもので、風向きに対する船の角度が±10度の範囲では、風上に向こうとする力がプラスになり、船首は風上を向く。釣りをする時は、この範囲から外れないように操船し保持する必要がある。そこから外れると船首が風下に振られ、70度まで回って安定する。

#### <スパンカー+主機チルトアップした船体の特性>

主機をチルトアップすると風立ち性能が良くなり、風上に向こうとする力は全域でプラスとなる。船首は、どの角度からでも風上に向き、風見鶏状態となる。今回の補機流し釣りシステムは、この仕様である。漁師言葉で風に立った状態での粘りのことを「ねれっぱり」といい、それが船の風立ち性能を表している。図7のA地点のプラスの部分と、その角度範囲が広いと、風向に対して角度がずれても復元しやすく、ねれっぱりが良いと判断できる。補機流し釣りシステムは全域で復元できるようにできた。

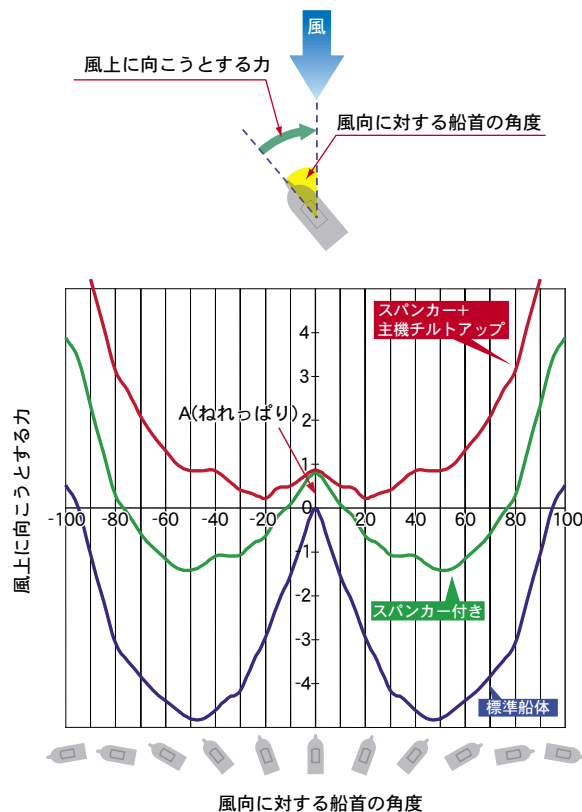


図7 風立ち性能の評価

### 3.3 微速の実現とその他の効果

流し釣りの場合、風流れをキャンセルするために推力を調整するが、主機では推力が大きく、シフトを入ればなしにすると速すぎるので、頻繁にシフトを入れたり切ったりして調整することになる。補機の場合は推力が弱く、調整しやすいため、微風下においても緩慢なシフト操作で対応できるようになった。

また、補機操船の小回りと微速によってストレス無くぎりぎりまでポイントを攻める(釣り人にとっては、たまらない刺激:私だけ?)ことが容易になったのも、嬉しい効果である。

## 4 補機操船の苦労談

ここまで読まれて、「後は、主機と補機のステアリングをリンクでつなぐだけ」と思われるだろうが、本システム開発で一番苦労したのは、リンクの接続仕様の検討である。船外機をつなぐ仕様はいろいろあるが、補機の場合はクリアランスが狭くて当たりやすい。今回は主機側の取り付け位置を油圧ステアリングに直接つなぐことで解決できた。また、チルトアップして航走するといった従来とは異なる使用方法のため、FMEA(Failure Mode and Effect Analysis:故障モード影響解析)で、様々な故障モードを想定し、安全性確認を実施した。

## 5 おわりに

本システムは、当社ボートの釣り艀装向上の第一弾である。お客様の使い方や要望をウォッチし、本システムの進化と、これ以外のシステムを開発していく所存である。

また、本システム発売にあたり、船外機艇での流し釣り普及のための販促物として、販売と技術が一体となり、「船外機艇流し釣りガイドブック<sup>注)</sup>」を作成した。もっと流し釣りやシステムの使い方を知りたい方は、ご一読願いたい。

注)「船外機艇流し釣りガイドブック」は、全国の当社マリン製品販売店、または、当社営業所にて入手可能です。

### ■著者



井原 博英  
Hirohide Ihara  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



箕浦 実  
Minoru Minoura  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発室



## 技術論文

# レーザー干渉法によるSIエンジンシリンダー内の未燃焼ガス温度計測

Unburned Gas Temperature Measurement  
in an SI Engine Using Fiber-Optic Laser Interferometry

河原 伸幸 富田 栄二 大西 健二 後藤 一廣

### Abstract

A heterodyne interferometry system with a fiber-optic sensor was developed to measure the temperature history of unburned gas in a spark-ignition(SI) engine. A polarization-preserving fiber and metal mirror were used as the fiber-optic sensor to deliver the test beam to and from the measurement region. This fiber-optic sensor can be assembled in an engine cylinder head without a lot of improvements of an actual engine. Adjustment system in the sensor was revised to face the distributed index lens with metal mirror. Before the flame arrived at the developed fiber-optic sensor, measured temperature was almost same with the temperature history after the spark, assuming that the process that changes the unburned gas is adiabatic. In situ unburned gas temperature measurements before knocking in a commercially produced SI engine can be carried out using developed fiber-optic heterodyne interferometry system. Although the heterodyne interferometry with the developed fiber-optic sensor provides the mean temperature along the line of sight, the feasibility of our system was sufficient to be applied to temperature history measurement of an unburned gas compressed by flame propagation in an engine cylinder. The developed heterodyne interferometry with fiber-optic sensor has a good feasibility to measure the unburned gas temperature history in the commercially produced SI engine.

### 要旨

光ファイバーを組み合わせたヘテロダイン干渉光学系により、SIエンジン(実用火花点火機関)でのシリンダー内エンドガス温度の時系列計測を行った。偏波面保存型光ファイバーと金属ミラーを用いることで計測センサー部を作成した。この光ファイバー計測センサー部は計測部径を $\phi 5\text{mm}$ としており、圧力センサーのようにシリンダーヘッドなどに組み込むことができる。まず、圧縮・膨張機関におけるエンドガス温度測定を行い、火炎が計測センサー部に到達するまでのエンドガス温度履歴を、火炎可視化結果と比較して、示した。これは、シリンダー圧力履歴から求めたシリンダー内平均温度と良い一致がみられた。さらに、実用火花点火機関に、本計測システムを適用した。燃料として気体ガス、液体ガソリン、n-ヘプタンなどを用いて、エンドガス温度履歴計測を行った。ガソリンを用いた場合、3,000rpm程度の機関回転速度でのエンドガス温度計測が可能になった。また、n-ヘプタンを用い、ノッキング時におけるエンドガス温度計測を行い、本計測システムのSIエンジンへの適用性を示した。



## 1 はじめに

火花点火機関においては、熱効率向上、排出ガスのクリーン化が重要な課題である。熱効率を向上するためには圧縮比の増加が近道であるが、高い圧縮比はエンドガスの高温・高圧化を引き起こし、エンドガスの自着火、つまりノッキングの主要因となる<sup>1~2)</sup>。このエンドガスの自着火は、低温酸化反応に起因していると考えられている<sup>3)</sup>。この問題を解決するためには、エンドガス温度の時系列計測が有効であるが、実用火花点火機関においては簡単なことではない。

エンジンシリンダー内でのエンドガス温度計測には、高精度で高応答な新しい計測手法が必要である。一般的な温度計測に用いられる熱電対は時間分解能が不足しているため、レーザー等を用いた光学計測の必要がある<sup>4~5)</sup>。

例えば、LIF (Laser Induced Fluorescence : レーザー誘起蛍光) 計測手法では、Orthらが、OHラジカルのLIFとレーリー散乱光を2次元同時計測し、2次元での温度計測結果を示している<sup>6)</sup>。また彼らは、燃料混合気組成と温度との関連性も計測している。Schulzらは、KrFエキシマレーザーをLIFに用いて定量的なNO濃度分布を得ており、同時にレーリー散乱法により温度分布を得ている<sup>7)</sup>。KaminskiらはTLAF (2波長原子蛍光法) を内燃機関に適用しており<sup>8)</sup>、高温・高圧条件下で温度計測精度14%であることを説明している。このように、LIF計測手法は定量的な2次元計測が可能になっている。しかし、LIFを用いた場合、レーザーの繰り返し周波数の問題で、時系列計測することは困難である。

LIF以外の光学計測では、Sandersらが、波長可変の赤外吸収法を用いてHCCI (Homogeneous compression-ignition : 予混合圧縮着火) 機関のガス温度計測を行っている<sup>9)</sup>。他にも、多くのエンジン研究者がCARS法 (coherent anti-Stokes Raman spectroscopy) を用いている。CARS法は、信号強度が強いためにエンジンなどにも適用でき、局所での温度計測が可能になるためである<sup>10~14)</sup>。例えば、Bradleyらは、高温・高圧容器およびテストエンジンを用いてCARS法での計測精度を評価している<sup>11)</sup>。彼らの報告によると、エンジンシリンダー内でのCARS計測手法の計測精度は $\pm 25$  Kとなっている。

しかしながら、LIF計測手法、赤外吸収法、CARS法などを実機エンジンに適用するには、観測窓が必要になるため非常に困難である。実機エンジンでの温度履歴計測となると、さらに厳しい条件となる。

一方、レーザー干渉法はライン計測ではあるが、比較的安価に、数Kの分解能で時系列にて温度履歴を測定できる<sup>15)</sup>。数名の研究者らがレーザー干渉法をガス温度計測に適用している<sup>16~17)</sup>。しかし、今まではレーザー干渉法は機械的振動に弱いことや、その光学系レイアウトから、実用機器への適用は困難といわれてきた。Hamamotoら<sup>17)</sup>やTomitaら<sup>18)</sup>は、光ファイバーとケスタプリズムを用いることでマッハツェンダー干渉系をエンジンのスパーサーに組み込み、ノッキングまでの未燃焼ガス温度計測に成功している。しかし、このシステムは装置が複雑なため、一般的な温度センサーとして利用することは困難であった。そこで、我々は光ファイバーを組み込んだヘテロダイン干渉光学系を構築した<sup>20~21)</sup>。光ファイバーと金属ミラーを用いることで計測センサー部を構築し、テストエンジンにより適用性、計測精度を評価した。この手法を用いることで、計測精度 $\pm 10$  K程度により、テストエンジンでの未燃焼ガス温度計測が可能になってきた。

本研究では、開発した温度計測システムを実機エンジンに適用するため、光ファイバーと金属ミラーを用いた計測センサー部を改良した。まず、テストエンジンにより適用性を評価し、実機エンジンに適用した。ここでは、我々が開発した温度計測システムの実機エンジンへの適用性について報告する。

## 2 ガス温度計測原理

### 2.1 光ファイバー光学系を用いたヘテロダイン干渉光学系

本研究にて開発した温度計測システムの概略を図1に示す。安定化He-Neレーザー(出力1mW、波長632.8nm)からの光は、ヘテロダイン用音響光学素子(ブラッグセル式)により、周波数を80.0MHzと79.9875MHzや、80.0MHzと79.975MHzなど異なる周波数に周波数シフトされ、2本のビームとなる。そのビームは、それぞれP偏光(入射面に平行な偏光)とS偏光(入射面に垂直な偏光)に分離される。

本研究では、P偏光の光を80.125MHz、S偏光の光を80.1MHzに設定した。2本の光は偏光ビームスプリッター(PBS)により1本のビームとなる。ハーフミラーにより反射されたビームは偏光板により干渉し、フォトランジスター(PT)により参照信号として25kHzのビート周波数が検出される。一方、ハーフミラーを透過したビームはPBSにより、再び2本のビーム(それぞれP偏光とS偏光の偏光面を持つ)に分けられ、マイケルソン型干渉計を構成する。試験光の1本(P偏光の偏光面を持つビーム)は、 $\lambda/4$ 板を通過し円偏光となる。円偏光となったビームはミラーにより反射され、再び $\lambda/4$ 板を通過後、S偏光となりPBSに戻る。試験光の他方(S偏光を持つビーム)は $\lambda/2$ 板を通過後、レンズによって絞られ偏波面保存型光ファイバーへと入射される。ファイバーから出た光はセルフフォックマイクロレンズ(SML)によってコリメート化される。測定部を通過した後、ミラーにより反射され再び測定部を通過する。反射されたビームは再び $\lambda/2$ 板を通過しPBSに戻ってくる。試験側の両者の光は再び1本となり偏光板を通過後干渉し、フォトランジスターで試験信号として検出される。500kHzのサンプリング周波数でこの干渉信号をデジタルメモリーに記録する。参照信号と試験信号のビート周波数の違いから、位相差を算出することができる。

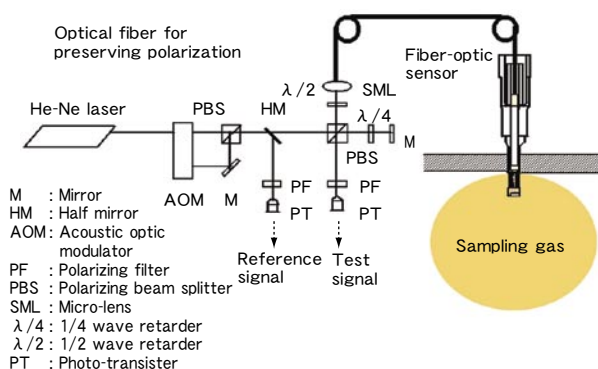


図1 Heterodyne interferometry with fiber-optic sensor

### 2.2 温度計測原理

周波数のわずかに異なる2つの光を重ね合わせると、差の周波数のうなりを生じる。情報をもったある周波数の信号光に、それとは周波数がわずかに異なる参照光を重ね合わせて差の周波数のうなり信号(ビート周波数)を光電検出器で検出することを光ヘテロダイン検出と呼び、ヘテロダイン検出した信号から信号が持っているさまざまな情報を取り出す手法をヘテロダイン干渉法という。このようにヘテロダイン干渉法では、ほぼ一定のビート周波数を検出することになるので、周波数の異なる外乱光の影響を受けにくいという特徴を持つ。

レーザー干渉法はガスの密度変化を対象にした計測手法の一つであり、光による気体の屈折率変化を知ることができる。気体の密度変化と屈折率の関係は近似的にGladstone-Daleの式<sup>23)</sup>で表され、ヘテロダイン干渉法では試験信号と参照信号の周波数から位相変化量を求め、位相変化量と屈折率の関係式とGladstone-Daleの式から密度変化を算出している。算出した密度変化と、エンジンシリンダー内に取り付けられた圧力変換素子により計測した圧力を理想気体の状態式に代入することにより、ガスの温度変化を算出することができる。位相変化量と圧力から温度を算出する式は以下で示される<sup>22)</sup>。

$$T_t = \frac{2\pi P_t R_{Gt} L_t}{2\pi P_{t0} R_{Gt} L_t + \Delta\psi T_{t0} R_0 \lambda} \quad (1)$$

ここで、 $R_{Gt}$ は測定気体のGladstone-Dale定数であり、使用するレーザーの波長と気体の種類により決まる。すなわち、初期状態の圧力 $P_{t0}$ と温度 $T_{t0}$ が既知であり、混合気組成が不変であれば、圧力 $P_t$ および干渉光の位相変化量 $\Delta\psi$ を測定することにより測定部の気体温度 $T_t$ を求めることができる。

## 2.3 開発した計測センサー部

本研究で試作した小型温度計測センサーの写真、および、概略を図2に示す。センサーは光ファイバー、ウィンドウ部、ミラー部によって構成されている。温度測定部にはガス取り入れ口が設けてあり、この中のガス温度を測定できる。ウィンドウと金属ミラーの間の距離は6.5mmで、測定部長さはダブルパスで13.0mmとなる。センサーが高温に耐えられるようにウィンドウ部にサファイア、ミラー部には金属ミラーを使用した。また、SMLと光ファイバーは熱に弱く、光ファイバーに熱が加わると位相変化が生じる。それゆえ光ファイバーに熱が伝わりにくいように、測定部と光ファイバーを切り離した構造にした。エンジンへの取り付け方法は、はめ込み式で、2本のボルトで固定する。測定部の直径は5.0mmであり、取り付けもはめ込み式としていることで、エンジンに穴開け加工程度の簡単な改造でセンサーを取り付けることができる。

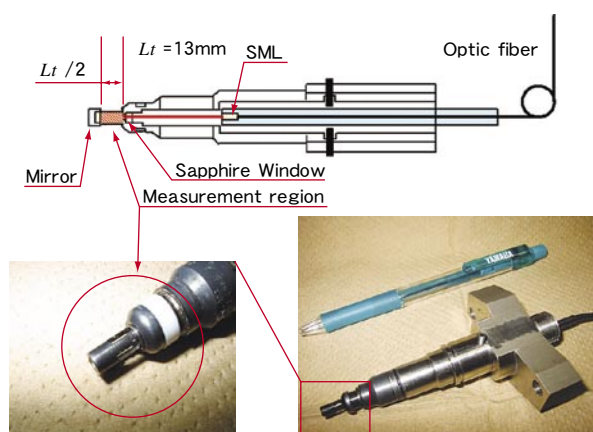


図2 Photographs of developed fiber-optic sensor

## 3 テストエンジンにおけるエンドガス温度計測

まず、テストエンジン(圧縮・膨張機関)<sup>21~22)</sup>により、開発した計測センサー部の評価を行った。この機関は燃焼が行われるシリンダー部と混合気が充填される混合気タンクで構成されている。燃焼室内はパンケーキ型である。また、石英製のピストンヘッドを使用することで、ボトムビュー方式で可視化ができる。ボア×ストロークは78mm×85mmであり、圧縮比は8.9である。エンジン回転数は600rpmであり、点火時期はTDC(上死点)前20度である。センサーは点火電極より64mm離れたところに設置している。シリンダーおよび混合気タンクは、あらかじめ予混合し、メタン～空気混合気(当量比1.0)を初期圧力 $P_0 = 100$  kPaにて充填している。この圧縮・膨張機関は、延長ピストンと石英窓によりボトムビュー方式による可視



化が可能である。シリンダー内の火炎の様子をイメージインテンシファイア付き高速度ビデオカメラ(毎秒4,500コマ)により、温度計測と同時に計測を行った。

開発した計測センサー部を使用した温度計測システムにより、シリンダー内でのエンドガス温度をシリンダー内圧力とともに計測した。クランク角度210度から火炎がセンサーに到達するまでのエンドガス温度履歴を図3に実線にて示す。計測結果の妥当性評価のために、クランク角度210度から火花点火時までをポリトロプ変化を仮定し、火花点火時から火炎がセンサーに到達するまでを断熱圧縮を仮定して圧力履歴から求めたシリンダー内平均温度を破線にて示す。開発した計測センサー部により計測したシリンダー内エンドガス温度履歴は、圧力履歴から求めたシリンダー内平均温度とほぼ一致することが分かる。図4に高速度ビデオカメラにより撮影した火炎伝ばの様子を示す。写真中に赤丸で表している点が計測センサーの設置部分である。火花点火電極は写真右側に設置している。図中アルファベットで記しているクランク角度を図3に示している。火炎が計測センサー部に到達すると、レーザービームが曲げられ干渉信号が得られなくなり、火炎到達時期を判断することができる。これより、火花点火時から火炎が計測センサー部に到達するまでの間は、開発した計測センサーにより測定した温度は断熱圧縮を仮定して求めたエンドガス温度とよく一致していることが分かる。

以上のように、テストエンジン(圧縮・膨張機関)により、開発した計測センサー部を用いて従来と同様の結果を得られることが分かった。

## 4 実機火花点火機関での計測

### 4.1 供試機関

本研究で使用したエンジンシステムの概略を図5に示す。使用したエンジンは、ボア×ストロークが70×58mm、排気量223cm<sup>3</sup>、圧縮比9.5の空冷4サイクルSOHC単気筒2バルブの自動二輪車用のものである。燃料に気体を用いる場合、スタティックミキサーにより吸入空気と予混合された後にシリンダー内に供給する。ガス流量、吸入空気流量ともに層流流量計により計測している。燃料にガソリンを使用

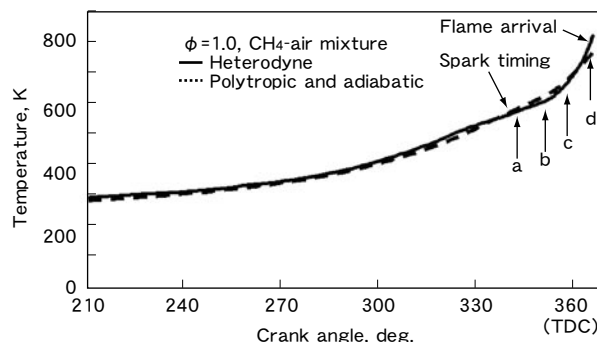


図3 Temperature change of unburned gas in a compression-expansion engine

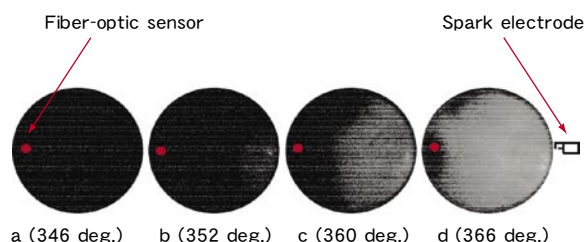


図4 Flame propagation in a compression-expansion engine

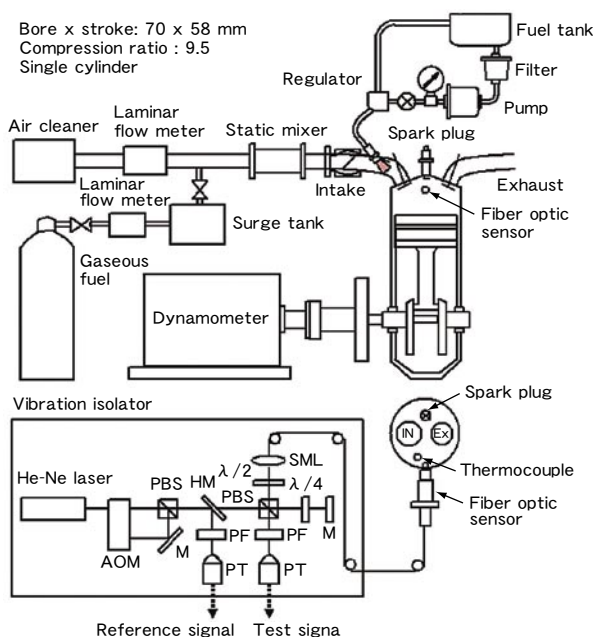


図5 Experimental set-up



する場合、吸気管のスロットルバルブ直後に噴射弁を取り付け、ポート噴射にしている。また、クランクシャフトに取り付けられたロータリーエンコーダーによりクランク角を検出している。これらの信号はパソコンに接続したECU(Engine Control Unit)に送られ、点火時期や噴射時期を制御できるようになっている。また、図6の写真に示すように、センサーは点火栓のちょうど対極に位置する形でエンジンシリンダー内に挿入されるため、エンドガス部の未燃焼ガス温度を測定できる。

## 4.2 n-ブタンを使用したときの測定結果

図7に、燃料にn-ブタンを使用したときの結果を示す。吸入混合気温度を電気ヒーターを用いて上昇させ、駆動運転状態(機関回転速度1,560rpm)で一度だけ燃焼させて、そのときの温度測定を行った。実験条件は当量比 $\phi=0.7$ 、点火時期30deg.BTDC、吸気温度を室温、100℃、130℃とした。圧力の測定結果より、点火後、圧力履歴は吸気温度が高いほど急激に上昇し、その最大値も高いことが確認できる。測定結果は圧力差が大きくなる点火(330deg.)後から火炎の伝ばにより信号が途絶える直前までを示している。温度履歴は吸気温度が高いほど、その傾きが急になっているのが確認できる。

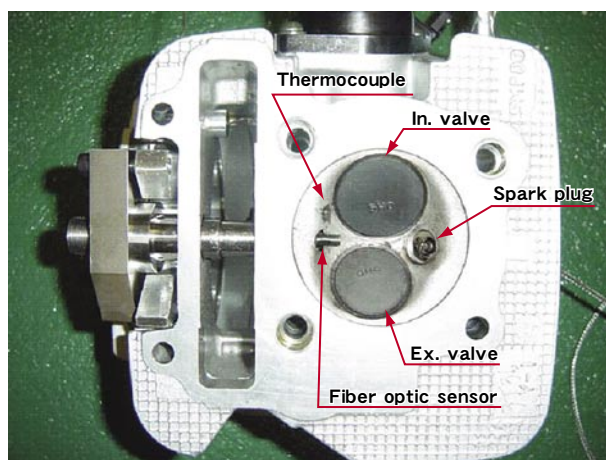
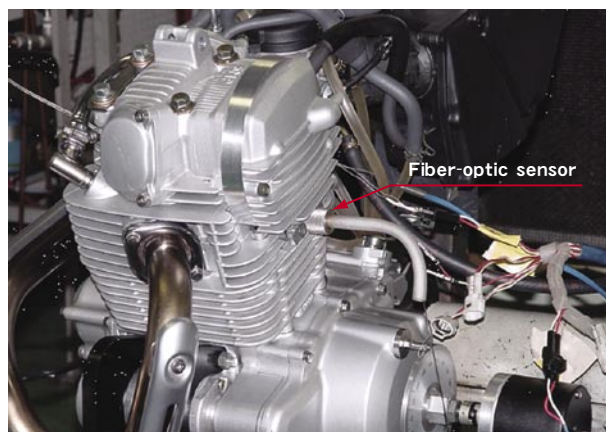


図6 Photographs of spark-ignition engine with fiber-optic sensor

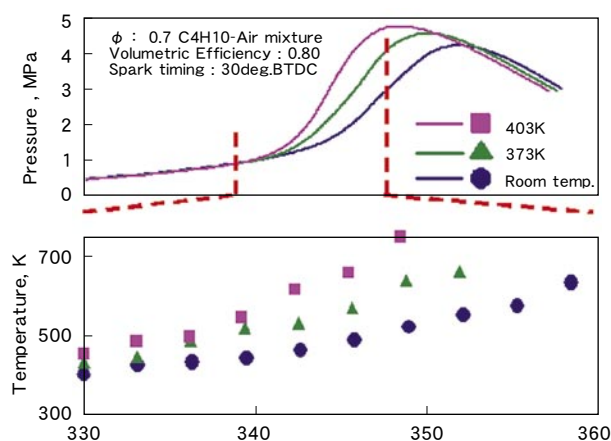


図7 Unburned temperature history (n-butane)

### 4.3 ガソリン使用時のGladstone-Dale定数

ガソリンのような多成分の燃料を使う場合、n-ブタンと違い、そのGladstone-Dale定数の情報が文献にはない。表1に各ガスのGladstone-Dale定数<sup>23)</sup>を示す。

このため、解析する際に燃料のGladstone-Dale定数を既知であるプロパン、n-ブタン、n-オクタンの値を用い、それぞれ実験時における当量比条件での混合気であるとしてGladstone-Dale定数を算出し、その結果から温度の算出を行った。実験条件は機関回転速度 $n=2,000\text{rpm}$ で空燃比12.0、自走状態である。その結果を図8に示す。破線は燃焼室内を点火まではポリトロープ変化、点火後は可逆断熱変化であるとして算出したシリンダー内未燃焼ガス温度である。プロパン、n-ブタンの結果はプロット点付きの破線で、プロット点(▲)付きの実線はn-オクタンとしたときの結果である。プロット点はそれぞれ1msごとの測定結果を示している。n-オクタンとして算出した結果はシリンダー内未燃焼ガス温度に近い値を示していることから、ガソリンのGladstone-Dale定数もこれに近い値であると考えられる。このため、以下の解析ではGladstone-Dale定数をn-オクタンの値として解析を行っている。

次に、連続燃焼時において機関回転速度を変化させたときの測定を行った。実験条件は点火時期を30deg.BTDCとし、自走状態、 $n=2,000\text{rpm}$ 、 $3,000\text{rpm}$ の連続燃焼において測定を行った。図9の測定結果は機関回転速度の差による温度履歴変化を見るために、IMEP(図示平均有効圧力)=0.19MPa付近の測定結果について整理を行ったものである。ここに示す温度履歴は3サイクルの平均値となっている。また、プロット点は1msごとの測定結果である。破線は上記同様に求めたシリンダー内未燃焼ガス温度である。測定結果を比べると、温度変化の傾きが $2,000\text{rpm}$ に比べ $3,000\text{rpm}$ の方が急になっていることが確認できる。これは、機関回転速度が高いほど圧力が高くなり、初期温度も高くなるためである。

表1 Gladstone-Dale constant

Species	Ar	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Air
R <sub>G</sub> , cm <sup>3</sup> /mol	6.298	6.689	2.583	6.053	9.968	6.552
Species	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	n-C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	
R <sub>G</sub> , cm <sup>3</sup> /mol	9.864	24.069	30.942	44.773	58.611	

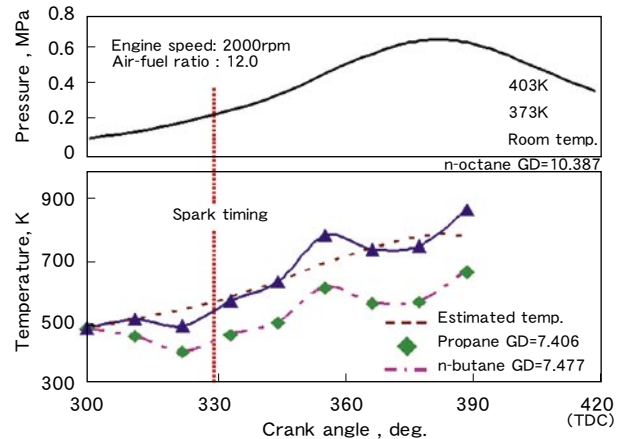


図8 Effect of Gladstone-Dale constant on temperature of gasoline-air mixture

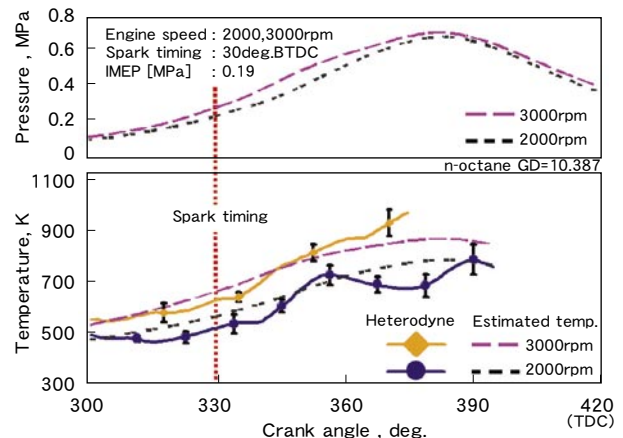


図9 Effect of engine speed on temperature of gasoline-air mixture

#### 4.4 ノッキング時の温度測定結果

液体燃料にn-ヘプタンを用いることで、エンジンシリンダー内にノッキング状態を形成することができる。火花点火機関においては、自着火に起因するノッキング直前までのエンドガス温度を計測することは、非常に重要である。そのため、ノッキング状態でのエンドガス温度の時系列計測を行った。

図10にシリンダー内圧力履歴、および、開発した計測センサーにより測定したエンドガス温度履歴を示す。エンジン回転数は1,560rpm、空燃比21.0、点火時期はTDC前60度により行った。圧力履歴より、TDC付近に弱いノッキングを示す波形を見ることが

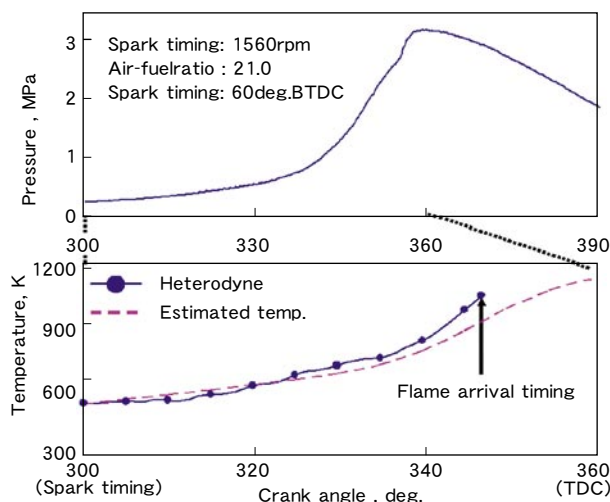


図10 Unburned temperature history under knocking condition

できる。計測したエンドガス温度は丸印および実線により示している。圧力履歴から求めたシリンダー内平均温度は破線により示している。計測した温度履歴は、シリンダー内平均温度より若干高い値を示している。これは、開発した計測センサー部により測定した温度は局所温度であるが、圧力履歴から求めた温度はシリンダー内平均温度であること、エンドガスが火炎により圧縮されることで化学反応を起こしていることなどが原因であると考えられる。また、ノッキング直前までのエンドガス温度は、シリンダー内でノッキング箇所を特定することが困難であること、計測センサー部がある程度の大きさを持つことなどにより計測することは困難であった。しかしながら、本研究で開発した計測センサー部およびヘテロダイン干渉光学系を用いることで、実機エンジンにおいてノッキング現象が見られる条件下での計測が可能になっている。

以上のように開発した温度計測システムは、実機エンジンにおいてエンドガス温度履歴を計測できる適用性を示している。

## 5 おわりに

今回、開発した温度センサーを実用エンジンに適用した。燃料にn-ブタンを使用し、吸気温度を変化させて実験を行い、吸気温度の差により温度履歴に違いが出ることが確認できた。ガソリンのGladstone-Dale定数はn-オクタンとして見積ると妥当であると分かった。機関回転速度を3,000rpmまで上げて計測を行うことができた。さらに、燃料にn-ヘプタンを用いることでエンジンシリンダー内にノッキング現象を生じさせ、このような条件下においても、エンドガス温度履歴が計測可能であることを示した。以上の結果より、本研究で使用したセンサーは、ガソリンを使用するような実用エンジンにおいて適用可能であると考えており、より精度良い計測ができるように計測システムの開発を続けている。



## ■参考文献

- 1) Heywood, J.B., Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, Inc., (1988).
- 2) Pilling, M.J., Low-Temperature Combustion and Autoignition, Elsevier Science., (1997).
- 3) Bäuerle, B., Hoffmann, F., Behrendt, F., and Warnatz, J., Detection of Hot Spots in the End Gas of an Internal Combustion Engine Using Two-dimensional LIF of Formaldehyde, Proc. Combust. Inst., 25 (1994) 135-141.
- 4) Zhao, H, and Ladommatos, N., Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics, Society of Automotive Engineers, Inc., (2001).
- 5) Eckbreth, A.C., Laser Diagnostics for Combustion Temperature and Species, 2nd Ed., Gordon and Breach Publishers, (1996).
- 6) Orth, A., Sick, V., Wolfrum, J., Maly, R.R., Zahn, M., Simultaneous 2D Single-Shot Imaging of OH Concentrations and Temperature Fields in an SI Engine Simulator, Proc. Combust. Inst., 25 (1994) 143-150.
- 7) Schulz, C., Sick, V., Wolfrum, J., Drewes, V., Zahn, M., and Maly, R., Quantitative 2D Single-Shot Imaging of NO Concentrations and Temperatures in a Transparent SI Engine, Proc. Comb. Inst. 26:2597 (1996).
- 8) Kaminski, C. F., Engstroem, J. and Alden, M., Spark ignition of Turbulent Methane/Air Mixtures Revealed by Time-Resolved Planar Laser-Induced Fluorescence and Direct Numerical Simulations, Proc. Comb. Inst. 27:85 (1998).
- 9) Sanders, S.T., Kim, T., and Ghandhi, J.B., Gas Temperature Measurements During Ignition in an HCCI Engine, SAE Paper No. 2003-01-0744, (2003).
- 10) Lucht, R.P., Teets, R.E., Green, R.M., Palmer, R.E., and Ferguson, C.R., Unburned Gas Temperature in an Internal Combustion Engine. I: CARS Temperature Measurements, Combust. Sci. and Technol., 55, 41, (1987)
- 11) Bradley, D., Kalghatgi, G.T., Morley, C., Snowdon, P., and Yeo, J., CARS Temperature Measurements and the Cyclic Dispersion of Knock in Spark Ignition Engines, Proc. Combust. Inst. 25 (1994) 125-133.
- 12) Brackmann, C., Bood, J., Afzelius, M., and Bengtsson, P-E., Thermometry in Internal Combustion Engines via Dual-broadband Rotational Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy, Meas. Sci. Technol. 15 (2004), pp.R13-R25.
- 13) Nakada, T, Ito, T., and Takagi, Y., Unburnt Gas Temperature Measurements Using Single Shot CARS in a Spark Ignition Engine, Proc. of Int. Symp. on COMODIA 90, pp. 393-399, (1990)
- 14) Akihama, K., Asai, T., Improvement in Temperature Measurement Accuracy of Q-Branch CARS Thermometry (Effects of Spectral Resolution of Detection System), JSME International Journal, B 36-2: 364 (1993).
- 15) Garforth, A.M., Unburnt Gas Density Measurements in a Spherical Combustion Bomb by Infinite-fringe Laser Interferometry, Combust. and Flame, 26, pp. 343-352, (1976).



- 16) Achasov, O., Fomin, N., Penyazkov, O., Oznobishin, A., and Fisson, F., Interferometric study of combustion in a spark ignition engine, Proc. of the Int. Symp. on Internal Comb. Engines, KONES' 93, pp. 553-562, (1993).
- 17) Hamamoto, Y., Tomita, E., and Jiang, D., Temperature Measurement of End Gas under Knocking Condition in a Spark-Ignition Engine by Laser Interferometry, JSAE Review, 15-2, pp. 117-122, (1994).
- 18) Tomita, E., Hamamoto, Y., and Jiang, D., Temperature and Pressure Histories of End Gas under Knocking Condition in a S.I. Engine, Proc. of Int. Symp. on COMODIA 94, pp. 183-188, (1994).
- 19) Tomita, E., Hamamoto, Y., and Jiang, D., Measurement of Temperature History of Unburned Gas Before Knocking in a Spark-Ignition Engine Using Laser Interferometry, Meas. Sci. Technol., 11-6, pp. 587-593, (2000).
- 20) Kawahara, N., Tomita, E., Kamakura, H., Transient Temperature Measurement of Gas Using Fiber Optic Heterodyne Interferometry, SAE Transactions - Journal of Fuel & Lubricants, SAE Paper No.2001-01-1922, (2002).
- 21) Kawahara, N., Tomita, E., and Kamakura, H., Unburned Gas Temperature Measurement in a Spark-ignition Engine Using Fiber-Optic Heterodyne Interferometry, Meas. Sci. Technol., 13-1, (2002), pp.125-131.
- 22) Kawahara, N., Tomita, E., Ichimiya, M., Takasu, K., Tsuchida, N., Goto, K, Transient Temperature Measurement of Unburned Gas in an Engine Cylinder Using Laser Interferometry with a Fiber-Optic Sensor, SAE Transactions - Journal of Fuel & Lubricants, SAE Paper No.2003-01-1799, pp. 1044-1051, (2004).
- 23) Gardiner, W.C.Jr, Hidaka, Y., and Tanzawa, T., Refractivity of Combustion Gases, Combust. and Flame, 40, pp. 213-219, (1980).

## ■著者

河原 伸幸 Nobuyuki Kawahara  
岡山大学

富田 栄二 Eiji Tomita  
岡山大学

大西 健二 Kenji Ohnishi  
岡山大学

後藤 一廣 Kazuhiro Goto  
コーポレートR&D本部 コア技術研究チーム

## ●編集後記

先日、中国へ行く機会があり、北京、杭州、天津、上海と4都市を訪問した。中国は行く度に大きく変貌していて、その変化を見るのも楽しみであるが、訪問地の1つの北京は6年ぶりの訪問であった。前回と今回の大きな違いは、町並みの変化でも人の変化でもなく、空気の汚染であった。空は一日中曇ったようにどんよりとして、ビル群は霧の中のようにかすんで見える。街中を歩いていると目がチカチカと痛くなり、タクシーの窓を開けて渋滞中の街中を走ると、息をするのにハンカチで鼻と口を覆う必要があるほどであった。後で知ったことだが、当日は「無風」「低い気圧」「高い湿度」「霧」等の気象条件が重なり、大気汚染レベルが最悪の「5級：重度の汚染」レベルだったそうで、正にそれを体験してしまった。今回の特集で取り上げている中国電動自転車は、都市により扱われ方が異なっているが、環境と走行という側面から見ると、非常にクリーンで便利な乗り物であり、他の乗り物と共存共栄を望みたい。(武智 裕章)

環境問題が叫ばれ続け、ニュース等で話題に上らない日が無いほどの昨今である。そんな中、身近で感じることを、ふたつほど述べる。

ひとつ目は、通勤途中に感じていることである。朝、天竜川にかかる浜北大橋を渡っていると、以前は、特に秋から冬の晴れた日には、山のすき間から遠く富士山が見えていたものである。ところが、いつの頃からか、最近は気をつけていても見えなくなった。これが環境問題と関連があるかどうかは分からないが・・・。

ふたつ目は、どこへ行っても目につく、捨てられた空き缶、ゴミ類である。ひとたび捨てられた空き缶は、誰かが処理しない限り、永久にその場に留まりつづけるしかないのである。“捨てる手から拾う手に”という標語があったが、“拾う手”が必要でなくなるような社会になりたいものである。(仲井 政雄)

ヤマハ発動機  
技報 第41号

印刷  
発行  
発行所  
発行人  
編集委員長  
編集委員

デザイン  
事務局

印刷所  
お問い合わせ  
ホームページ

2006年2月28日

2006年3月1日

ヤマハ発動機株式会社 〒438-8501 静岡県磐田市新貝 2500

宮尾 博保

平野 雅久 コーポレート R&amp;D 本部 企画チーム

鈴木 篤 AM 事業部 AM 第1技術室

鈴木 晴久 MC 事業本部 Sy S 統括部生産管理室

福島 英雄 MC 事業本部 Sy S 統括部生産管理室

榎 吉政彦 (株)モリック 技術部

本山 雄 コーポレート R&amp;D 本部 コア技術研究チーム

小柳 智義 海外市場開拓事業部 サービスグループ

小野 惣一 ヤマハモーターパワープロダクツ(株)HS 事業部

武智 裕章 MC 事業本部 MC 事業部 EV 開発室

岡本 琴路 (株)スタジオコバ

小栗 眞 法務・知財ユニット 知財戦略グループ

三宅 英典 広報・秘書ユニット 宣伝・CRM グループ

三浦 正明 コーポレート R&amp;D 本部 企画チーム

(株)スタジオコバ 〒437-1196 静岡県袋井市松原 2455-2

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

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

吉本 幸広 IM カンパニー 技術チーム

宮崎 光男 MC 事業本部 技術統括部 技術管理室

佐藤 彰 スカイ事業部 開発グループ

高山 晃 (株)ワイ・イー・シー 電装制御部

松下行男 ヤマハマリン(株) 第15 技術部

村松 康幸 コーポレート R&amp;D 本部 新事業推進チーム

仲井 政雄 RVカンパニー パワープロダクツ事業室

今井 哲夫 法務・知財ユニット 法務戦略グループ

金子 和佳 コーポレート R&amp;D 本部 企画チーム

荒川 裕子 コーポレート R&amp;D 本部 企画チーム

※無断転載を禁じます。

※落丁本・乱丁本は、本社技報編集  
事務局宛てにお送りください。  
お取替いたします。

## ヤマハ発動機 技報

## CD-ROM

## ご使用方法

## 【収録技報】

- 2006-3 No.41  
特集：アジア
- 2005-9 No.40  
創立 50 周年記念特集：〇〇の今昔
- 2005-3 No.39  
特集：ユビキタス領域周辺の技術
- 2004-9 No.38  
特集：コンポーネント技術
- 2004-3 No.37  
特集：魅力的な製品を生み出す技術
- 2003-9 No.36  
特集：空気・水・土をきれいにする技術
- 2003-3 No.35  
特集：海外開発 / 海外生産
- 2002-9 No.34  
特集：CAE
- 2002-3 No.33  
特集：品質

この CD-ROM には、下記のような機能が備わっています。

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

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

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



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





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