

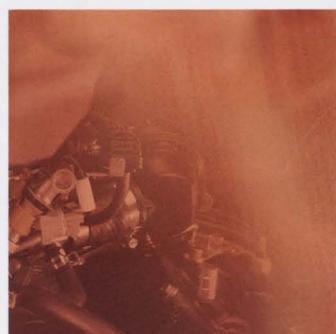
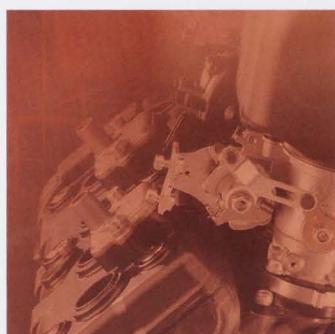


**YAMAHA**

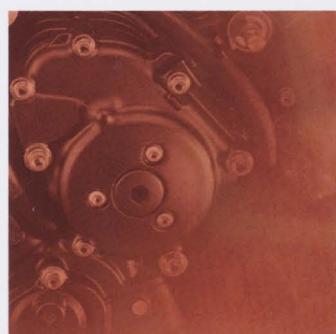
# **YAMAHA MOTOR**

## **TECHNICAL REVIEW**

**ヤマハ発動機 技報**



**2007-12  
No.43**



# CONTENTS

ヤマハ発動機 技報

2007-12  
No.43

▶ 卷頭言

1

## 技術の品格

The Dignity of Engineering

木村 隆昭

▶ 製品紹介

4

## 4ストローク船外機 F20B/F15C

The 4-stroke Outboard Motor Models F20B/F15C

北島 和幸

10

## 2007年北米向けクルーザー「V Star1300」

The 2007 North American Market Model "V Star 1300"

鈴木 正人

16

## 厨房用・油脂分離回収装置「Pattol 15F」

The "Pattol 15F" oil separation and recovery system for commercial kitchens

福重 俊二 立花 美実 篠原 史敏 三井 昇 杉浦 弘明 服部 寛 吉田 俊洋

26

## マジェスティ YP250

Majesty YP250

平良 朝雄 西村 光雄 海野 敏夫 青山 淳 山本 佳明 竹内 昭光 吉澤 彰浩 南雲 修一  
勝野 幸太郎

34

## ハイブリッド(X線+光学)検査装置

A Hybrid (X-ray + optical) Inspection System

角田 佳久

39

## ATVスポーツモデル YFM250R (RAPTOR250)

The Sports Model ATV, "YFM250R" (RAPTOR250)

加藤 栄司 松浦 達也 伊藤 英一 山下 輝佳 松島 英一 中山 賢一 山上 信介 濑川 克紀

45

## スノーモビル FX Nytro R-TX

The Snowmobile Model FX Nytro R-TX

西嶋 進一 今村 高志 宮崎 政直 衛藤 豊周 澤淵 敦志 泉 徹 佐藤 隆行 高橋 優輔 高柳 智一

52

## サロンクルーザー SC-30

The "Salon Cruiser" SC-30

福山 美洋 薄 雅弘 箕浦 実 高木 敏幸 曾我 和宏

60

## ヤマハビルトイン型浄水器 OH-B10J

Yamaha's built-in type water purifying system OH-B10J

大橋 喜四郎 上川 秀哉 山下 良造

## ▶ 技術紹介

- 65 進化する電磁誘導ゴルフカー「エレキ車」の制御技術  
Control technologies in the evolving electric golf cars with electromagneticguidance systems  
山本 聰 三木 将行
- 69 アスタキサンチン含有ヘマトコッカス藻色素製剤の開発  
Development of a haematococcus alga color containing astaxanthin  
村神 渚 飯尾 久美子 石倉 正治

## ▶ 技術論文

- 76 吸排気バルブ表面を含むイオンプローブによる筒内噴射ガソリンエンジンにおける火炎伝播計測とノッキング挙動解析  
S.I. Engine Combustion Flame Propagation Measurement and Knocking Analysis by Ion Current Probes Including Moving Intake and Exhaust Valve Faces  
西垣 昌登 田中 大二郎 沖 秀樹 塚原 映
- 90 エンジン制御パラメータの実験ベース進化的多目的最適化  
Experiment-Based Evolutionary Multi-objective Optimization of Engine Control Parameters  
梶 洋隆 喜多 一
- 100 バイク走行環境下での音声認識／音声対話システムの性能向上に関する検討  
Investigation into Improved Capabilities of Voice recognition/Voice response Systems in a Motorcycle Operating Environment  
赤坂 貴志
- 108 負のオーバーラップによるガソリンHCCIの吸気バルブタイミングと燃焼の性質  
Basic Characteristics of Gasoline Fueled HCCI Using Negative Valve Overlap about intake valve timing and combustion  
猪原建彦 飯田実 デイビッドE.フォスター
- 119 モーター サイクルエンジン開発における過渡シミュレーションベンチの活用  
A Motorcycle Engine Development System Utilizing a Test Bed with Simulation Technology  
鳥越 昌樹 荒木 裕次 加藤 隆輔



巻頭言

## 技術の品格

The Dignity of Engineering

木村 隆昭

As we see in the titles of recent bestsellers in Japan such as the *Kokka no Hinkaku* (the dignity of the nation) and *Josei no Hinkaku* (the dignity of a woman), the word *hinkaku* (dignity, quality of character) is heard often today. In these cases, I believe that *hinkaku* is being used in the sense of dignity as the quality of character we should have or would like to have. Although it may all sound somewhat abstract or even sentimental, I would like to explore for a moment the idea of the quality of character that engineering should have, and by connection the quality of character an engineer should strive for.

With the frequent cases of product recalls and compliance issues in the corporate world, it is being said that these are difficult times of trial for the technical fields. Recalls and compliance issues are problems that can have a serious detrimental effect on corporations and inhibit efforts to take on new challenges in the advancement of technology. This crisis has even led to the birth of expressions like "deadlocked management" to describe a stance where corporations withdraw completely from the area of new product creation. In light of these conditions, a manufacturer like Yamaha Motor must strive to provide a corporate atmosphere in which engineers are able to pursue their inherent role of developing new technologies that will enable us to create better and better products while at the same time ensuring that we are fully responsible to society when we propose new products and also fully responsible for the products we offer from the standpoint of their quality as manufactured goods. Although the challenge to create new technologies and product quality in the broader definition are not diametrically opposed pursuits and should never be considered mutually opposed, there is an emerging dilemma for today's engineers when we are forced to consider economic factors (cost) and the risk relating to the suitability of products from the standpoint of society.

It is natural to demand a high level of quality in all of these aspects of a product, but in fact, engineers have to make decisions concerning what level of quality is acceptable in each aspect and what methodology is used to develop that quality. It is when making these decisions that the engineer's sense of ethics and what they feel an engineer should be comes into question. In other words, this is when "The Dignity of the Engineer" becomes a vital issue and a potential asset.

On the issue of quality, much debate was heard in the company lately concerning issues like ① "full commitment to local product relevance" from the standpoint of the customers and ② full commitment to a high level of quality assurance. On the other hand, there seemed to be little talk

in the area of taking on challenges to "create value that differentiates us from the competition through new technologies." I believe that, inherently, the systems for ensuring product quality should be included in the systems designed to ensure value that differentiates us from the competition.

When we think about how to pursue the challenges to create new technologies, I believe that one answer can be found in the challenge of the race activities that Yamaha Motor has pursued without rest ever since the company was founded. In the racing arena we have to use the limited resources available (primarily personnel and funds) to produce bikes that can beat the competition (product with value that differentiates us). Since all the contestants have the same amount of time to prepare their race products, the amount of resources available becomes one of the biggest determinants in a team's competitiveness. In reality, however, there are many cases where the amount of resources available does not lead directly to better or worse results.

This fact is proof of the importance of factors like the technological expertise or organizational and management skills-and by extension corporate culture-of the people or organization involved. And this shows engineers who may be struggling with a lack of resources the importance of bringing innovative measures to their challenge of developing new technologies. We are now in an age where the quality of the new technologies that bring differentiating value to products must be proven and guaranteed.

For Yamaha Motor, as a company committed to the pursuit of value that differentiates us from the competition, the racing arena—which can be viewed as an arena of product creation in its ultimate and most intense form—shows us the importance of the principles and philosophy an engineer brings to the product creation process and what an important role a respect for human perceptions and sensibilities and human emotions can play in creating value that differentiates us from the competition.

I want to ask that we all work together to realize the kind of product creation where the Dignity of the Engineer is directly reflected in the Dignity of the Product and that we work in the spirit of attaining high levels of excellence simultaneously in the two directions of "product differentiation = challenges to develop new technology" and "attaining absolute quality."

最近、『国家の品格』や『女性の品格』といったベストセラーに見られるように"品格"という言葉を耳にします。これらの場合、"品格"は"あるべき姿"といった意味で使われていると思います。少し抽象的で、また、情緒的な響きもありますが、技術のあるべき姿、ひいては技術者のあるべき姿について今一度考えてみたいと思います。

最近は、多発するリコール問題やコンプライアンスの問題などで技術受難の時代ともいわれています。これらの問題が企業の経営にも大きな影響を与え、新技術への挑戦を止め、ついには物作りから撤退し

てしまうような"すくみの経営"という言葉も生まれています。ここでは、常により良い物へと新技術を開発していく技術者本来の姿勢と、新しい物を世に問う際に問われる社会的責任、我々のように製品を世の中に問う場合は製造物責任の両立が問われています。新技術への挑戦と広義の意味での品質は相反するものではなく、また、二者択一的なものではありませんが、ここに経済性(コスト)と社会適合性へのリスクを考慮した際に技術者としてのジレンマが始まります。

当然のことながら、製品としてはすべての面で高いレベルを要求されるわけですが、現実的には、どのレベルにするか、どのような方法論をとっていくのかは、技術者の判断を求められるわけです。この判断の際に、技術者としての倫理観、るべき姿=技術の品格が求められます。

昨今、弊社においても品質の確保といった側面では、①お客様第一主義に立脚した『現地現物主義の徹底』、②高いレベルの品質保証システムの徹底、といった議論が盛んに行われている反面、『新技術=差別化価値』への挑戦といった側面での議論が少ないように思います。本来、品質保証のシステムは、差別化価値を保障するシステムとしてあるべきです。

新技術への挑戦をいかにして行っていくのかを考える際に、弊社が創業以来間もなく挑戦し続けてきたレース活動に、その一つの答えがあるように思います。レースでは限られた時間とリソース(主として人と金)を使いながら、競争相手より競争力のあるバイク(差別化された製品)を提供していく必要があります。時間はすべての人に平等に与えられているわけですから、リソースの多寡が競争力を決める大きな要素となります。現実にはリソースの多寡がそのまま成績につながらない場合が多く見られます。

この差は、技術や組織のマネージメント、ひいては企業の文化といった人的な要素が大きく働いているということを示しています。このことは、リソースの欠如といった問題に直面して苦悩する技術者に、創意工夫といった手段により新技術に挑戦することの大切さを示しています。今は新技術によって差別化価値の品質を保証することが求められているのです。

それは、物作りに対する理念や哲学、また、人間の感性や感情の尊重が差別化には大きな役割を果たしており、それをレース活動といった極限の物作りの中で常に意識して企業の文化としていくことが、差別化価値の追求を企業理念とする弊社にとっては大変重要なことです。

技術者としての品格が製品の品格に反映される物作りを目指して、『製品の差別化=新技術への挑戦』と『絶対品質の確保』の物作りの両輪を高いレベルで回し続けるために、挑戦していきましょう。

## ■著者



木村 隆昭

Takaaki Kimura

取締役

# 製品紹介

## 4ストローク船外機 F20B/F15C

The 4-stroke Outboard Motor Models F20B/F15C

北島 和幸



図1 4ストローク船外機 F20B/F15C

### Abstract

As with the mid- and large-size outboard classes, the shift from 2-stroke models to 4-stroke models in the smaller sized class is almost complete, and from this point on, the focus will be on improving the product value of each of the 4-stroke models differentiating them from the competitor models with unique product qualities. The 15 to 25 horsepower(ps) outboard class has long been characterized by the many different types of boats and uses the motors are used for. Now, we have developed two new 4-stroke models, the F20B (20 ps) and the F15C (15 ps), with optimum performance, size and weight to satisfy an even wider range of user needs. In the report we discuss the development of these new models.

### 1 はじめに

船外機の小型クラスでは、中大型クラス同様、2ストロークモデルから4ストロークモデルへの移行がほぼ完了した。今後は4ストローク各モデルの商品性アップや差別化(特徴づけ)が課題となっている。従来から15~25馬力クラスの船外機は多種多様のボートに装着され、さまざまな用途に用いられている。今回、従来にも増してより幅広いユーザー層に満足いただくことを目指し、最適なパフォーマンス&サイズと重量を実現した4ストローク船外機F20B(20馬力)とF15C(15馬力)(図1)の開発を行った。

## 2 開発のねらい

開発のねらいとして、以下を掲げた。

- (1) 地球環境保全
- (2) 軽量、コンパクトの追求
- (3) 使いやすさ、信頼性の向上

### 2.1 地球環境保全

2006年EPA(米国環境保護庁)、2008年CARB(カリフォルニア大気資源局)、および、欧州EU1の排ガス規制をクリアし、地球環境保全への貢献を目指す。

### 2.2 軽量、コンパクトの追求

陸上での運搬性はもちろん、航走性能にも大きく影響する重量、カウリングサイズを低減させることで、従来にも増して多種多様なボート、用途への適合を図る。またコンパクトさをアピールする新世代カウリングデザインを新たに採用する。

### 2.3 使いやすさ、信頼性の向上

2ストローク、4ストロークを問わず、従来モデルを超える使いやすさ、信頼性確保を目指す。

## 3 技術的特徴

### 3.1 パワー・ヘッド

エンジン形式は、市場で実績があるSOHC・2気筒形式を踏襲した。排気量は、重量とサイズの最良のバランスをとり、362cm<sup>3</sup>を選定した。また、パワー・ヘッドの重量とサイズについては、各部の詳細な見直しと検討を重ね、従来の15馬力モデルと同等に仕上げている。**表1**に主要諸元、**図2**にエンジン構造を示す。

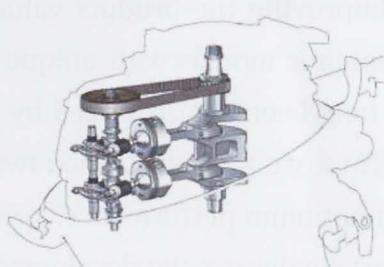


図2 エンジン構造

表1 主要諸元

	F20BWHL	F15CWHL	F15CMHL	F15CMHS
エンジン形式	4ストローク・2気筒・SOHC・4バルブ			
排 気 量	362cm <sup>3</sup>			
ボア×ストローク	63.0mm × 58.1mm			
プロペラ軸出力	14.7kW (20ps)		11.0kW (15ps)	
減速比		2.08		
全高		1,205mm		1,078mm
全长		1,048mm		
全幅		420mm		
乾燥質量	57.2kg	57.2kg	53.7kg	51.7kg

### 3.2 オフセットクランクシャフト

クランクシャフトを、エンジンシリンダー中心に対し排気側に6mmオフセットして、吸気通路抵抗の低減とカウリング全幅の縮小を実現し、カウリングサイズを15馬力モデルと同等とすることができた。

図3にオフセットクランクシャフトの構造を示す。

### 3.3 アルミ焼結鍛造コンロッド

コンロッドの軽量化は、エンジン部品の中でも軽量化への寄与度が大きい。またティラーハンドルやボートを介してユーザーが感じるエンジン振動の元となるエンジン加振力低減にも寄与する。このことから、新たに高強度を有するアルミ焼結鍛造材を採用し軽量化を図った。図4にアルミ焼結鍛造コンロッド外観を示す。

### 3.4 薄肉アルミダイカスト製ボトムカウリング

鋳造解析、強度解析を徹底的に行い、ボトムカウリング肉厚を従来の2.5から2.0mmとすることで約30%の軽量化を達成した。軽量化に伴い、横置きで保管する時などの強度不足が懸念されたが、断面形状の最適化を図ることで強度と軽量化の両立を実現できた。図5に鋳造解析例を示す。

### 3.5 前後大型キャリングハンドル

船外機を陸上で運搬する時や、桟橋でボートへ装着する時の使い勝手を向上させるため、従来の小型馬力の領域では最大となるグリップを本体前後に配置し、形状的最適を追求した。図6に前後グリップを示す。

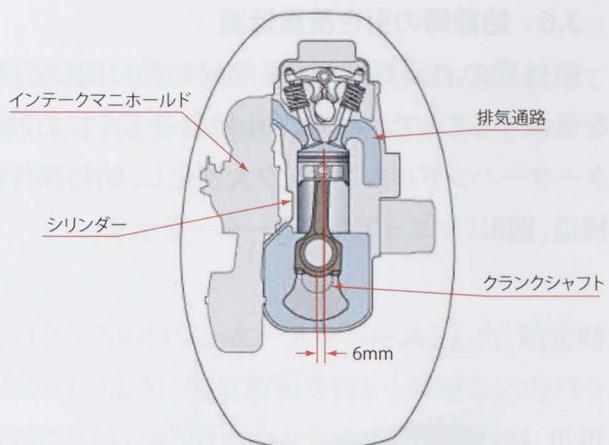


図3 オフセットクランクシャフト



図4 アルミ焼結鍛造コンロッド



図5 ボトムカウリング鋳造解析例

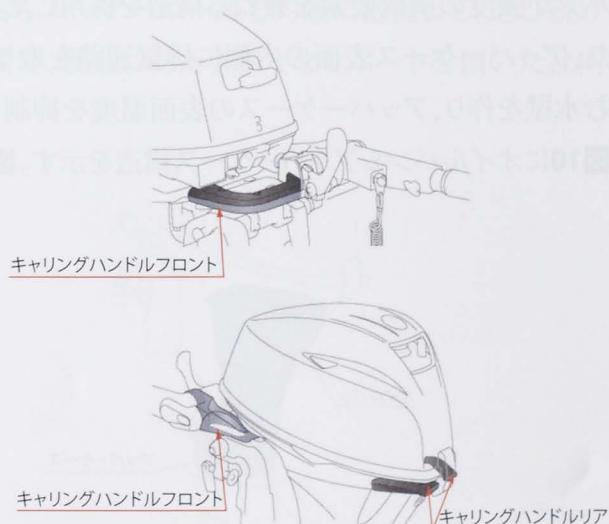


図6 前後大型キャリングハンドル

### 3.6 始動時の引き荷重低減

船外機の必須要件である簡易始動に関しては、従来からのデコンプ機構を搭載し、始動時圧縮圧力を低減することで、マニュアル始動モデルにおけるロープの引き荷重低減を実現した。またマニュアルスタートーハンドルも1ランク大型化し、始動操作時の確実なハンドル保持を可能にした。**図7**にデコンプ構造、**図8**にマニュアルスターを示す。

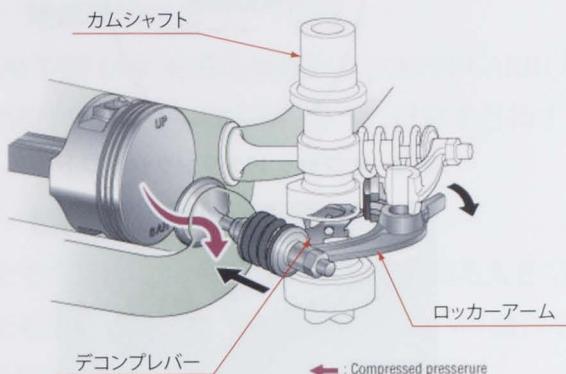


図7 デコンプ構造

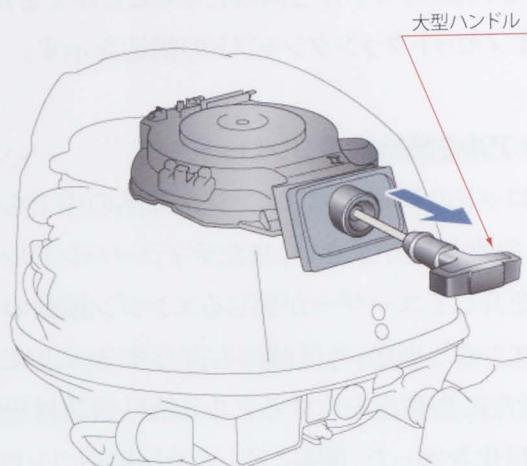


図8 大型ハンドル採用マニュアルスター

### 3.7 オートスター化

従来モデルより簡単に始動できるように、マニュアル始動タイプの始動操作を1アクション化することを目指し、従来のチョーク方式を変えて、キャブレターにオートスター（プライムスタート）方式を採用した。**図9**にオートスター構造を示す。

### 3.8 アッパー系構造

軽量化を目的に、他モデルでも実績のある、オイルパンが強度の構成要素を兼ねる構造を採用した。また、アッパーケース表面の内側に排気通路を取り囲む水壁を作り、アッパーケースの表面温度を抑制し、排気通路の腐食抑制による信頼性確保を実現した。**図10**にオイルパン＆アッパーケース構造を示す。**図11**にアッパーケース内排気通路周りの水壁構造を示す。

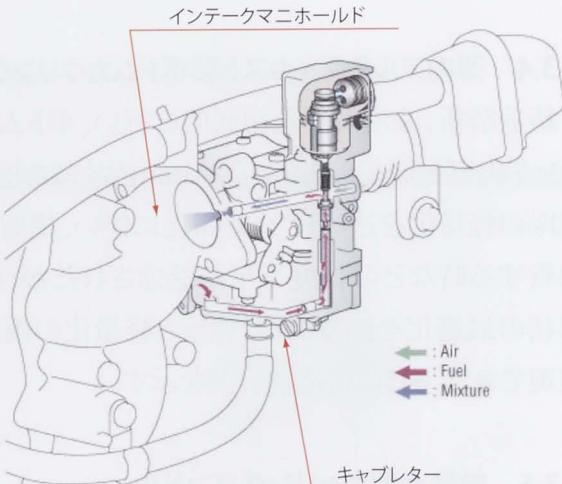


図9 キャブレターオートスター構造

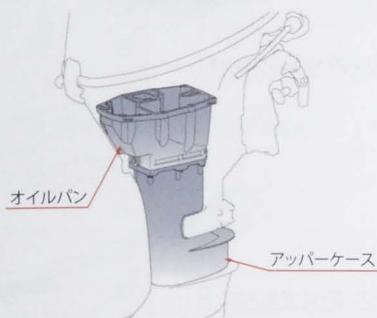


図10 オイルパン、アッパーケース構造



図11 アッパーケース水壁構造



### 3.9 ブラケット系軽量化

ボートへの取付け部となるブラケットは、相応の強度が必要となる。今回、強度解析を繰り返し重ねて行うことで肉厚低減と荷重付加時の応力バランスを最適化して、従来の9.9馬力モデルと同等のブラケット重量を実現できた。図12にブラケット強度解析例を示す。

### 3.10 ロワーケース軽量化

軽量化、および、航走時の流体抵抗抑制のため、15馬力クラスのロワーケースをベースとした。航走時に海底の岩等へ衝突した時にも致命的な破損に至ることがないように強度解析を行い、最適な応力バランスを実現した。その結果、重量増加を最小限に抑制することができ、同馬力クラスで一番の軽量、低抵抗を両立することができた。図13にロワーケース強度解析例を示す。

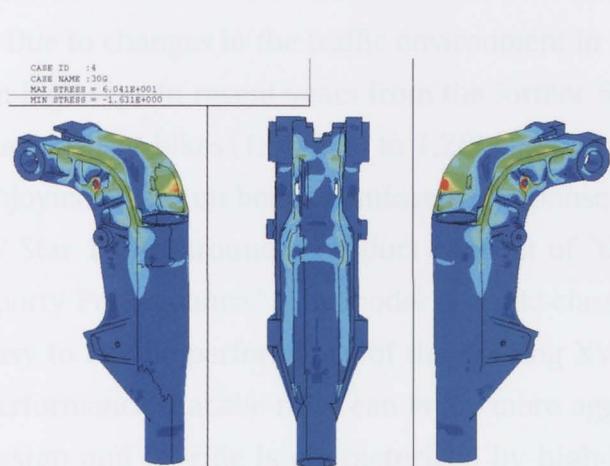


図 12 ブラケット強度解析例

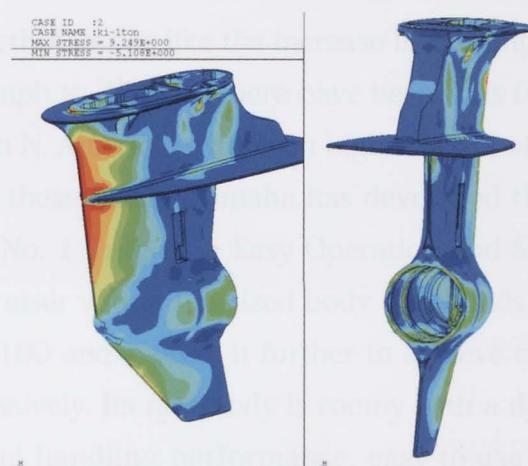


図 13 ロワーケース強度解析例

## 4 おわりに

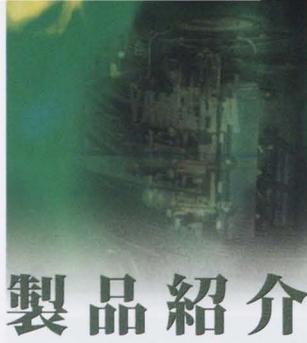
4ストローク船外機F20BとF15Cは、ねらい通りの軽量コンパクト、使いやすさ向上を達成し、ユーザーの期待に応える製品を提供できたと自負している。今後もユーザーニーズを的確に把握して、選び続けられる製品を提供していく所存である。最後に今回の開発、製造にあたり多大なサポートを頂いた社内外の関係者各位に深く感謝致します。

■著者



北島 和幸  
Kazuyuki Kitajima

ヤマハマリン(株)  
OM開発統括部



# 2007年北米向けクルーザー「V Star1300」

The 2007 North American Market Model "V Star 1300"

## 製品紹介

鈴木 正人



図1 V Star1300

### Abstract

Due to changes in the traffic environment in North America like the increase in cruising speed on highways in recent years from the former 55 mph to 75 mph, there have been calls for mid-class cruiser bikes (1,000cm<sup>3</sup> to 1,200cm<sup>3</sup> range in N. America) with even higher levels of riding enjoyment and on-board comfort. In response to these needs, Yamaha has developed the new "V Star 1300" around a product concept of "the No. 1 Cruiser in Easy Operation and Sensual, Sporty Performance." This model is a mid-class cruiser with a full-sized body that builds on the easy to handle performance of the existing XVS1100 and evolves it further to achieve cruising performance that the rider can enjoy more aggressively. Its new body is roomy with a dynamic design and its ride is characterized by high-level handling performance, easy-to-use power development and excellent cruising performance in the high-speed range, acceleration and sense of pulse. Here we report on the development of this new model.

### 1 はじめに

近年、北米ではハイウェイでの巡航速度が従来の55mphから75mphへと高まるなど道路環境変化が見られ、ミドルクラスクルーザー（北米では1,000cm<sup>3</sup>～1,200cm<sup>3</sup>くらい）の一層の快適性や居住性を求める声が聞かれている。こうしたニーズに呼応し、"イージー・オペレーション&官能スポーティー性能No.1クルーザー"をコンセプトに開発したのが今回発表の「V Star1300」（図1）である。既存モデルである「XVS1100」（図2）の手軽で扱いやすい走行性を継承進化させつつ、より積極的な走りを楽しめるクルーズ性能を、フルサイズボディーで具現化したミドルクラスクルーザーである。躍動感あふれるルーミー（広々とした）な新ボディーに、高次元のハンドリング性、扱いやすさ、高速度域でのクルージングパフォーマンスと加速力、パルス感ある乗り味などを凝縮させた。そのモデルの紹介をする。



図2 XVS1100

## 2 モデルコンセプトと企画

開発プロジェクトチームは、既にロングセラーを続けているXVS1100を超える次期ミドルクラスクルーザーのあるべき姿を探しに、アメリカでのクルージングを行った。どこまでも続く青い空とまっすぐな道(図3)、一回給油すると次の給油地点まで一度もハンドルを切らないことも多々ある。ハイウェイでの速度制限は10年前と比べ20mph(約32km/h)上がり、75mphとなっている。アメリカの印象といえば、ふんわりとした足回りの、いわゆる"アメ車"がゆったりと走っている光景が思い浮かぶが、今はそれが大きく変化していることにも気づく。そんな環境の中でエンジンパフォーマンスと操縦安定性、飽きないフィーリングと、さらに大柄な外観のイメージを覆す街中の乗りやすさも要求されていることを掴み取った。以下、本モデルの詳細説明を行う。



図3 どこまでも続く青い空とまっすぐな道  
(アメリカ ウイオミング州ララミー付近にて)

## 3 エンジン

### 3.1 基本諸元

75mph以上の速度域でミドルクラスとして最高のパフォーマンスを引き出すため、水冷・4ストローク・60度V型2気筒・SOHC・4バルブ・フェューエルインジェクションエンジンを新開発した。エンジン仕様諸元を表1に示す。今まで、このクラスは空冷方式にこだわってきたが、車体とエンジンとの最適バランスを試行錯誤した結果、水冷方式を選択した。また、エンジンをより低く見せるための手段として、ショートストロークとSOHCを選択した。デザインはプッシュロッドを持たないSOHCの特徴を生かしてシリンダーフィン中央部にはくぼみを持たせ、またバフ掛け処理し、視覚的にV アンダルを狭く見せ、凝縮感のあるエンジン外観とした(図4)。

表1 エンジン仕様諸元表



図4 エンジン外観

	V Star1300	XVS1100
総排気量 (cm <sup>3</sup> )	1303.8	1063.2
ボア (mm)	100	95
ストローク (mm)	83	75
圧縮比	9.5	8.3
気筒数および配列	60度V型2気筒	75度V型2気筒
SOHC/DOHC	SOHC	SOHC
バルブ数 / 気筒	4	2
冷却方式	水冷	空冷
潤滑方式	ウェットサンプ	ウェットサンプ
オイルクーラーの有無	なし	なし
キャブレター方式	FI	BSR37*2
1次減速形式	ギヤ	ギヤ
2次減速形式	ベルト	シャフト



### 3.2 水冷方式の採用

水冷化するためのウォーターポンプはクランクケースの内部に配置し、水を循環させるパイプは極力外部に露出しないように配置し、空冷エンジンに近い外観デザインを演出した。導風フィンを設けたラジエーターはダウンチューブの間に配置して存在感を抑えた。

水冷方式の採用はメカノイズの低減にも貢献しており、排気音をより強調できるようになった。

### 3.3 60度Vアングル

クルーザーとしての基本を守りつつ、心地よいパルス感とマスの集中化を図るために、V型エンジンの挟み角はXVS1100の75度より狭角の60度とした。また、視覚的により狭く見せるため、フィン形状を工夫している。

### 3.4 左右分割1次バランサー

高速ロングクルージング時の不快な振動を取り去り、心地よいパルス感を引き出すために1次バランサーを採用した(図5)。当初はバランサーを装備すると振動の味がなくなるという先入観があったが、バランサー付きの中で味を演出することに成功した。バランサーをクランクケース左右に分割して配置し、エンジン幅を最大限に狭くすることに徹した。バランス量は原動機の往復質量の50%をねらうのが通常であるが、バランス量をマイナス側に設定し、あえて振動バランスを崩してパルス感を引き出している。それが味の秘訣となっている。

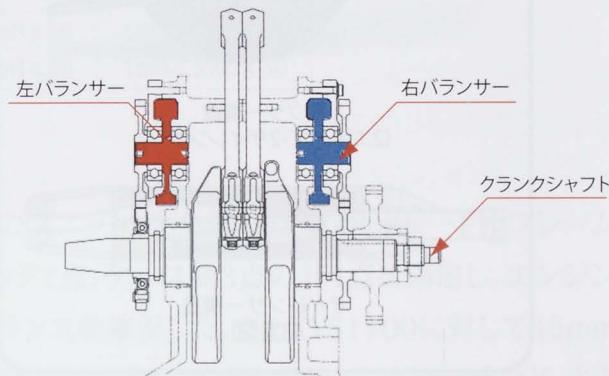


図5 バランサー回り縦断面図

### 3.5 サイドエアクリーナーとフューエルインジェクション

車体全体を低くデザインするために、エアクリーナーは右サイドに集中させ、V型エンジンの狭い挟み角の間にスロットルボディーを配置した。環境対応とパフォーマンスを両立させるためにフューエルインジェクションを採用した。インジェクターは12ホール2方向噴射型ISC(アイドル・スピード・コントロール)を採用し、安定した燃焼に貢献している。

### 3.6 新構造マフラー

XVS1100の2エキパイ-2サイレンサー配置から、2エキパイ-1サイレンサー配置とした。大容量のサドルバッグを装着するため1本サイレンサーを採用した(図6)。サイレンサーの内部構造を今までの3室型から2室型にすることにより高周波を抑制し、低周波部分が強調される特性とし、パルス感の演出に貢献した。低周波の排気音は高速度域においても耳に聞こえ続け、長時間の高速走行でも飽きない味の演出をすることができた。

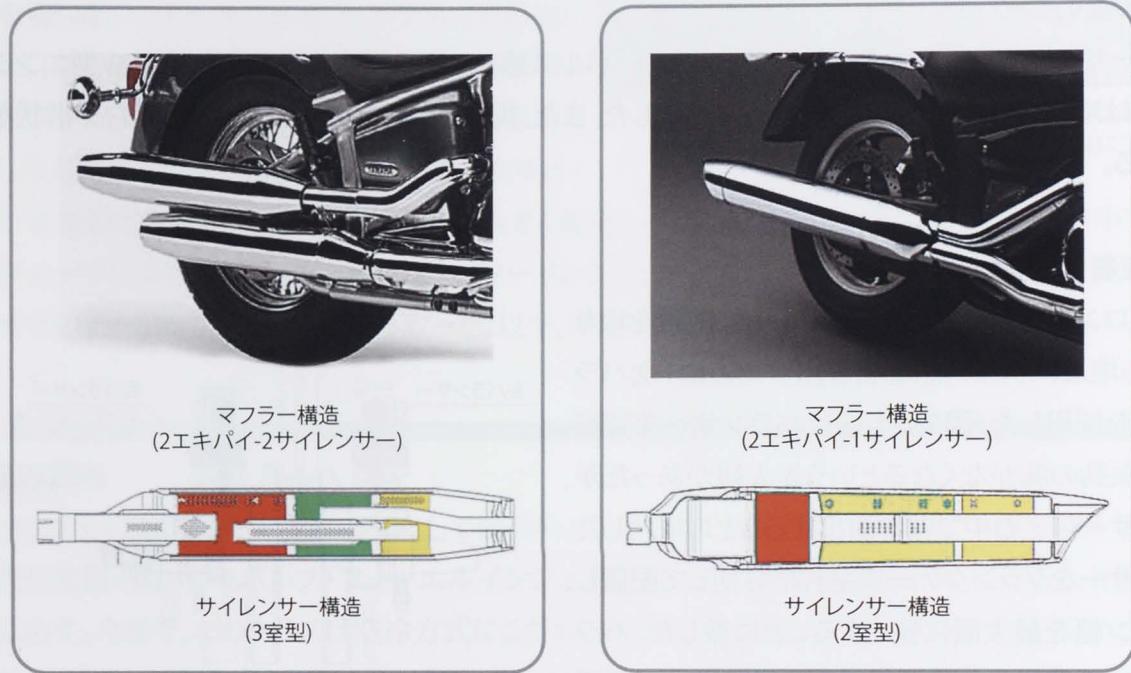


図6 マフラーの構造

## 4 車体

### 4.1 基本諸元

昨今、ウインドシールド、バックレスト、サドルバッグなどを装着したCT(Casual Touring)仕様のバイクがマーケットの総量の50%を占めるようになっている。本モデルにも、CT仕様(図7)を設定しているが、ウインドシールドなどのアクセサリーを装着しても重量増になんて、高い走行安定性とハンドリングを保てるよう、工夫している。本モデルでは、クルーザーとしての基本骨格は守りつつ、ホイールベースはXVS1100に対しリヤアームを45mm延長し、前輪分布荷重を確保し、フロントフォークオフセット量の最適化などを行い、外観デザインと走行性能を両立させた。やや大柄なフォルムにもかかわらず、乗りやすさはXVS1100と同等である。



図7 V Star1300 Casual Touring 仕様

車体仕様諸元を表2に示す。

表2 車体仕様諸元表

	V Star1300	XVS1100
全長 (mm)	2,490	2,465
全幅 (mm)	980	945
全高 (mm)	1,115	1,095
シート高 (mm)	715	710
軸間距離 (mm)	1,690	1,645
最低地上高 (mm)	140	140
乾燥質量 (kg)	283	269
装備質量 (kg)	295	285
最小回転半径 (mm)	3.2	3.2
燃料タンク容量 (ℓ)	18.5	17
タイヤサイズ	前 130/90-16M/C 67H 後 170/70B16M/C 75H	130/90-16M/C 67S 170/80-15M/C 77S
ホイールサイズ	前 16M/CXMT3.00 後 16M/CXMT4.50	16M/CXMT3.00 16M/CXMT4.50

## 4.2 フレーム

スチール部材約30個のパーツを相互溶接し、ひとつのユニットとした新設計ダブルクレードルフレーム(図8)を採用した。エンジン懸架は、リジッド方式でヘッド1点、ケース側3点の計4点を固定し、エンジンを積極的にフレームの一部として活用し、高い剛性バランスを確保した。またXVS1100に対して45mm延長したリヤアーム(図9)の相乗効果により、荷物積載時、タンデム、高速走行時、高速旋回時など、さまざまな条件下で高い性能を引き出している。また、前輪分布荷重を48%に設定することで、軽快かつスポーティーなハンドリングを達成した。

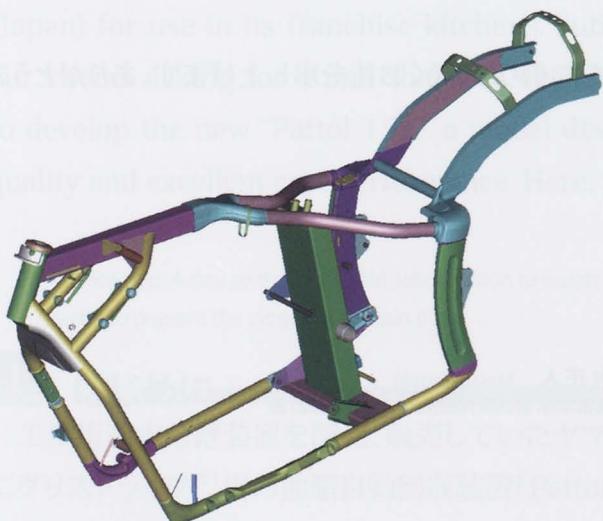


図8 メインフレーム



図9 リヤアーム

### 4.3 ベルトドライブ

クルーザーの世界では定番になっているベルトドライブ方式を採用した。カーボンの芯材を使用し、信頼性の確保と幅狭化を図った(図10)。



図10 美しくデザインされたベルトドライブブーリー

### 4.4 シート形状とライディングポジション

ルーミー感のあるシート形状を作り込み、ヒップポイントに自由度がもてるようとした。ハンドルポジションはやや広めで低めの位置で作り込み、長時間走行しても疲れないものとした。

### 4.5 サブタンク式燃料タンク

スリムな燃料タンクデザインと低重心化を成立させるために、シート下に燃料ポンプを取り付けたサブタンクを配置した(図11)。

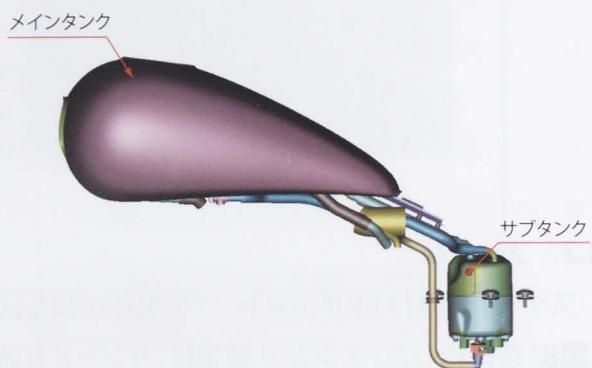


図11 タンク

## 5 おわりに

今回の開発では、開発メンバーの高いモチベーションによって、本モデルを、市場要求をフィードバックさせた新世代のミドルクルーザーとして仕上げることができた。アメリカのノースカロライナ州アッシュビルで行われたプレス発表の場では高い評価を受けた。

関係各位、開発に協力していただいた方々にこの場をお借りし、深くお礼を申し上げます。ありがとうございました。

### ■著者



鈴木 正人 Masato Suzuki  
MC事業本部 商品開発統括部 エンジン設計部



## 製品紹介

# 厨房用・油脂分離回収装置「Pattol 15F」

The "Pattol 15F" oil separation and recovery system for commercial kitchens

福重俊二 立花美実 篠原史敏 三井昇 杉浦弘明 服部寛 吉田俊洋



図1 Pattol 15F

### Abstract

As a developer and marketer of commercial-use oil-water separation systems, Yamaha Motor Co., Ltd. received a request from McDonald's Company (Japan) that resulted in the development of an automatic recovery system for grease traps (※1) in 2004, which we named the "Pattol 1200F." This Pattol 1200F is designed as a completely automatic system capable of recovering oil from the wastewater of commercial kitchens. It is fitted with a Programmable logic controller that makes it possible to change the program to highly precise settings to accommodate different operating and use conditions. The exterior of the system was also carefully designed to blend into the kitchen environment with measures such as giving generous curves to the corners. As a result, the Pattol 1200F won high approval and was officially certified by McDonald's Company (Japan) for use in its franchise kitchens. Subsequently, however, requests were received from our clients asking for a unit that was even easier to use and even less expensive. This led us to develop the new "Pattol 15F," a model designed and engineered for high performance, high quality and excellent cost performance. Here, we report on the development of this new model.

※1 Grease trap: A device that uses cold solidification to isolate and remove the oil and grease component in kitchen wastewater in order to prevent the clogging of drain pipes.

### 1 はじめに

工業用油水分離装置を開発、販売していたヤマハ発動機は、日本マクドナルドからの要望で、2004年にグリストラップ<sup>※1</sup>用の油脂自動回収装置「Pattol 1200F」(図2)を開発した。Pattol 1200Fは、厨房排水中の油脂を全自動で回収することができる。プログラマブルロジックコントローラー(PLC)を搭載しており、プログラムを変更することで、使用条件に合ったきめ細かい設定が可能である。また、本体角部に大きなRを付ける等、デザインにも気を配り、厨房内にしっかりと溶け込む外観とした。これらが認められ、Pattol 1200Fは、マクドナルドの承認機となった。しかし、もっと扱いやすく、もっと安価なものが欲しいと

の顧客要望を受け、高性能と高品質と低コストの実現にチャレンジした新モデル「Pattol 15F」(図1)を開発したので、紹介する。

※1 グリストラップ:厨房設備排水中の油脂を冷却凝固させ分離し、配管の閉塞を防止するためのもの。グリース阻集器とも呼ばれる。



図2 Pattol 1200F

## 2 開発のねらい

### 2.1 新モデル開発までの経緯

ファーストフードチェーンなど、外食産業の厨房排水には、多くの油脂が含まれている。厨房には、配管の詰りを防止するためのグリストラップが設置されているが、管理不足により油脂が流出すると、下水道のトラブルにつながる。行政では、その対策に苦慮しており、パンフレットを配り、油脂をすくい取ることやバキューム清掃を指導しているが、浸透度は低く、問題視されている。

一方、日本マクドナルドでは、グリストラップにたまつた油脂の回収を、店の従業員が、時間をかけて手作業で行っている。それ以前には、曝気装置<sup>※2</sup>を使用した乳化剤やバクテリアを試したこともあるが、良い結果を得られなかった。また、最近では、都市部を中心に曝気装置をグリストラップに入れることを禁止している自治体が増えている。

そこで、当社は、油脂を物理的に分離回収するという原点に返って、Pattol 1200Fを開発した。この装置は、手を汚すことなく、全自動で油脂を回収することができる。1,000人分の昼食をまかなう当社の従業員食堂でも問題なく作動し続けた。しかし、全自動を目指したことが、逆にその扱いを難しくした。

一般的に厨房排水の状況は日々変化するため、センサーやプログラムをいくら変更追加しても追いつかず、装置のコストも上がる。また、全自動を維持するためには、専門業者によるメンテナンスを必要とした。そこで、ユーザー(実際に装置を扱うマクドナルドの従業員)と取り扱い方法について話し合い、自主保全を提案した。1日に1回、装置とグリストラップ内の状態を見てもらい、少しでも油脂が固形化した部分があれば、棒で砕いてもらうようにした。自主保全という人間の手をほんの少し加えるだけで、グリストラップの状況は飛躍的に改善され、異臭も無くなった。

これらの経緯を踏まえ、より扱いやすく、もっと安価なものを、という顧客要望に応えるため、自主保全を前提とした新モデルの開発に着手した。

※2 曝気装置:空気の吹き込みや攪拌などをして、液中に酸素を供給すること。有機汚濁物質を分解する微生物の働きを促す。



## 2.2 開発目標

Pattol 15Fの開発では、Pattol 1200Fでの顧客要望と我々自身の現場での経験から、下記6項目を開発目標とした。

- ① 性能・機能は維持したまま
  - ・分離性能、本体分離槽容量はPattol 1200F同等以上とする。
  - ・回収油脂中の水分を低減する。
- ② より小さく
  - ・本体の高さ、幅、奥行寸法をPattol 1200Fに対しそれぞれ70%以下とする。
  - ・本体重量を40%低減、ポンプユニット重量も40%低減する。
- ③ より扱いやすく
  - ・現地での設定を簡便にする。特にポンプ流量は調整容易にする。
  - ・メンテナンスは専門知識を必要とせず、誰でもできること。
- ④ より強く
  - ・設置環境(特に水・水蒸気)に対する耐性の向上。
  - ・異物に対し、詰りにくいポンプを開発する。
- ⑤ より便利に
  - ・メンテナンスとして、大量の油脂を短時間で回収する運転モードを設定する。
  - ・配管内をきれいにする運転モードを設定する。
- ⑥ より安く
  - ・Pattol 1200Fに対し、コストを6割低減する。

そして上記を達成するために、次の5項目について重点的に開発を進めた。

- (1)全体レイアウトの最適化
- (2)油水分離槽の形状最適化
- (3)スクレーパー・アクチュエーターの新規開発
- (4)ポンプの新規開発
- (5)制御系のマイコン化

開発目標と結果は表1の通りである。

表1 Pattol 15Fの開発目標と結果

開発目標		Pattol 15F	Pattol 1200F	結果
①性能・機能は維持	・分離槽容量は同等以上	14.5 ℥	12 ℥	○ +20%
	・回収油脂中の水分低減	2次処理で対応 (水切りフィルターで水分除去)	2次処理で対応 (高分子吸収体による水分ゲル化)	○
②より小さく	・本体寸法（高さ×幅×奥行）を、それぞれ70%以下	495x469x211mm	585x510x219mm	△ 高さ 85% 幅 92% 奥行 96%
	・本体重量 40% 低減	17.5 kg	28.6 kg	○ 39% 低減
	・ポンプユニット 重量 40% 低減	7.1 kg	12.5 kg	○ 43% 低減
③より扱いやすく	・ポンプ流量調整を容易に	アナログ的に 連続可変可能	シーケンサープログラム係数 入力	○
	・メンテナンスが誰でもできる	誰でも可能	シーケンサー知識、 パソコン必要	○
④より強く	・耐水性の向上	水のかからない場所への 設置が前提 IP 等級 5相当（防水） [社内評価]	水のかからない場所への 設置が前提	○
	・詰りにくいポンプ	異物径 19mm 以下	異物径 10mm 以下	○
⑤より便利に	・大量油脂回収の運転 モード設定	メンテナンス モード設定	手動運転モードで可能	○
	・配管内をきれいにする モード設定	メンテナンス モード設定	なし	○
⑥より安く	・コスト 6割低減	60%	100%	△ 4割低減

### 2.3 全体レイアウト

Pattol 15FとPattol 1200Fの比較を表2、図3に示す。開発目標のうち、性能・機能を維持したまま、より小さく、より安くを達成するために、本体分離槽の形状と配置、作り方を見直した。その形状は、Pattol 1200Fの横長に対しPattol 15Fは縦長とし、本体の大きさを小さくしたにもかかわらず槽容量を20%アップすることができた。

作り方については、Pattol 1200Fが2槽構造であるのに対し、1槽構造を採用した。Pattol 1200Fでは、ステンレス鋼材の溶接焼け除去・ヘアライン加工工程を廃止するため、分離槽の外側に化粧板としてステンレス鋼ヘアライン材でボディを形成した2槽構造であり、コストに限界があった。Pattol 15Fでは、溶接焼け等の外観に影響が出にくい形状とすることで、1槽構造とすることができた。

次に、開発目標のうち、より強く（特に水・水蒸気に対する耐性の向上）を達成するために、水・水蒸気に弱い電気部品は、これらが浸入しない隔壁内に集約した。社内の評価ではIP等級5（防水）相当の耐水性を確保した。



表2 仕様諸元表

	Pattol 15F	Pattol 1200F
構造	比重差分離 / スクレーパ付強制排油方式 排油脂回収容器内蔵	←
本体寸法 高さ x 幅 x 奥行	495 x 469 x 211 mm	585 x 510 x 219 mm
ポンプユニット寸法 高さ x 幅 x 奥行	241 x 209 x 140 mm	350 x 152 x 152 mm
回収ノズル寸法 径 x 高さ	φ 120 x 110 ~ 260 (約 150mm の液面変動に追従)	φ 120 x 130 ~ 280 mm (約 150mm の液面変動に追従)
分離槽容量	14.5 L	12 L
乾燥重量		
本体	17.5 kg	28.6 kg
ポンプユニット	7.1 kg	12.5 kg
ポンプ	DC24V 水中ポンプ (max.133W) ロック検出機能付き	AC100V 水中ポンプ (max.301W)
処理流量	最大 20L/分 (アナログ式ダイヤル)	最大 20L/分 (11段階流量セレクトスイッチ)
電源電圧・消費電力	AC100V (50/60Hz) 150W	AC100V (50/60Hz) 325W
運転タイマー	(オプション)	24時間タイマー付き
設置場所	屋内	←

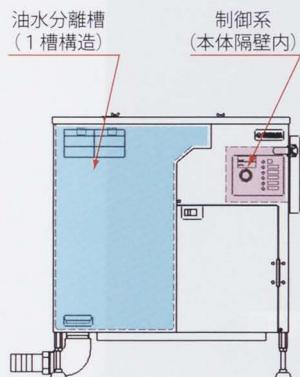


図 3a Pattol 15F 概観

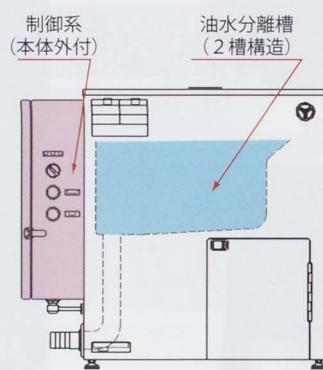
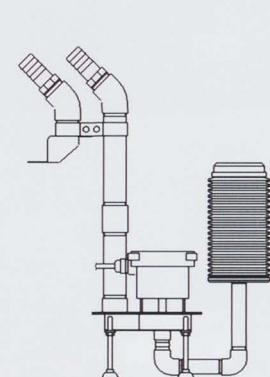
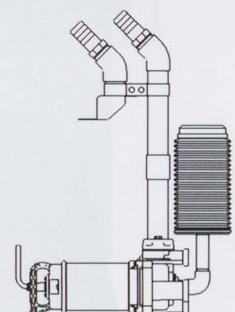


図 3b Pattol 1200F 概観



## 2.4 油水分離槽

Pattol 15FとPattol 1200Fの分離槽を図4に示す。

一般的に、比重差により油水分離を行う場合、その分離槽は表面積が大きいほうが高効率となる。そのためPattol 1200Fでは、図3bの様に、本体の上面を全て覆う様な横長な形状として水面の表面積を稼いでいた。一方Pattol 15Fでは、図3aの様に、小型化を達成するレイアウトのため縦長の形状としたので、槽容量は稼げても水面の表面積は約3分の2を確保するのが精一杯となった。そこで、油水分離性能を維持させるため、槽内部のレイアウトを試行錯誤することとなった。

具体的には、下記項目を満たすよう留意しながら検討を進めた。(図4c参照)

- ・分離槽内に汲み上げた油脂が、連通路(排出口)へ流れて行かない位置関係。

⇒導入口から連通路まで物理的距離は近いが、水流と横仕切によって直接は流れず、流路的な距離は長くなる。

- ・分離槽内に汲み上げた油脂が、分離、浮上する時間、空間を多く稼げる流路・流速。

⇒導入口からの水流が上・横仕切により減速・整流され、ゆっくりと分離槽を浮上する。

・分離槽内に浮上した油脂が、連通路(排出口)へ流出することのない分離槽内対流。  
 ⇒水面に浮上した油脂を巻き込まない速度で、水分のみゆっくりと分離槽下部へ対流する。  
 これらを、流体解析や、試作分離槽にプラスチックやゴムで作った擬似油脂を混ぜた水を流し込む実験を行い、槽内部レイアウトを検討した結果、水面の表面積が少なくともPattol 1200Fと同等の分離性能を発揮できるようになった。  
 また、分離性能を維持しつつも、なるべく仕切の構造が単純なものを選択したので、清掃などのメンテナンス性も確保した。



a) Pattol 15F



b) Pattol 1200F

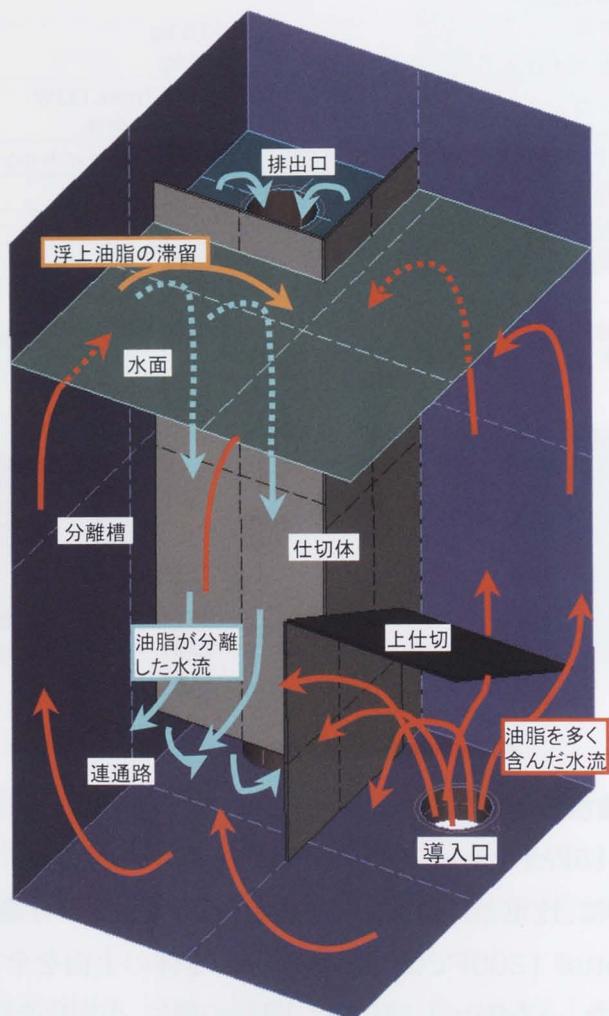


図 4c Pattol 15F の水流模式図

図 4 分離槽

## 2.5 スクレーパー・アクチュエーター

スクレーパー・アクチュエーターはこの装置の要となる部分である。手で油をすくい上げるようにスクレーパーが動いて油を掻き出すことが、Pattol 1200Fでは最大の売りであったため、この部分を踏襲つつ、性能向上を図った。Pattol 15FとPattol 1200Fのアクチュエーターを図5に示す。

Pattol 1200Fでは、モーター正逆転による往復動作、そのためのセンサー類が必要であった。また、油脂排出部位ではスクレーパーの動作スピードを減速するため、プログラム的に寸動(少し動いて停止を



繰り返す)制御していた。

Pattol 15Fでは、往復動作を発動機メーカーらしくクランク構造とすることで、モーターの正逆転制御をなくし、センサー類を不要とした。また、クランク構造においてその下死点での往復スピードが遅くなる原理を活かし、この下死点と油脂を排出する部位を一致させることで、さらに効果的に油脂を排出することができるようになった。これらにより、より扱いやすく、より安く寄与することができた。

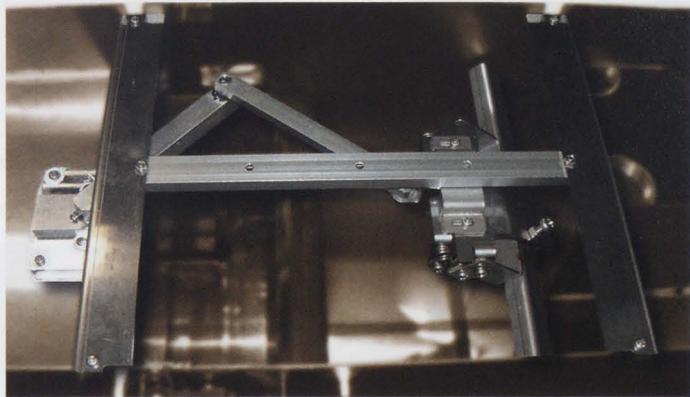


図 5a) Pattol 15F アクチュエーター

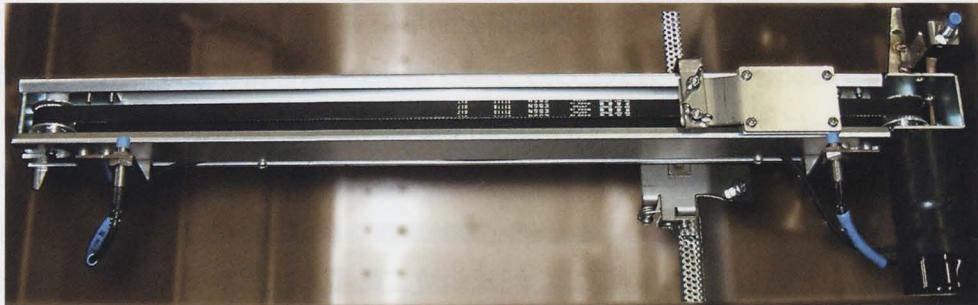


図 5b) Pattol 1200F アクチュエーター

## 2.6 ポンプ

### 2.6.1 ポンプのDC(直流)化

Pattol 1200FのAC(交流)ポンプでの水量調整は、回転数制御が組み込めないため、回転ON/OFFのパルス動作にて設定していたが、調整が難しい上に調整範囲が限られ、専門知識を必要とした。今回開発したPattol 15Fのポンプは、この回転数制御に重点を置いて、開発に取り組み、ボリューム調整だけで水量をコントロールできるDCポンプが完成した。

### 2.6.2 異物等でのポンプの目詰りがない工夫

商品として重要な点は、ポンプの目詰りがなく、小型で力量があること、である。目詰りはポンプのケーシング内のインペラ部におこり、詰らせる物としては、床面清掃時のモップの切れ端や、梱包で使われる紐状の異物が多くあった。

開発目標とするインペラは、異物が回転するインペラには絡まず、逆に、遠心力の効率を損なわず流量を得ることにある。**図6b**のPattol 1200Fのインペラは羽幅が16mmあり、この羽に異物が絡まりつくことが目詰りの原因であった。**図6a**のインペラは今回開発し織り込んだもので、羽幅は5mmまで薄くし、この場合、色々な紐状のもので確認したが絡まるようなことは見られなかった。さらに、ケーシング形状にも目詰りの要因は多々あり、ここにも目詰りしにくい構造を織り込んだ。従来のケーシングとインペラの隙間

(水の経路)を10mm程度から、効率を落とさないで、約2倍の19mmまで隙間を設けることができた。

結果として、ポンプ効率をモーターの消費電力で換算すると、1 ℥ 汲み上げる消費電力は従来比で25%向上し、詰りにくく、効率が良いポンプができた。



a) Pattol 15F



b) Pattol 1200F

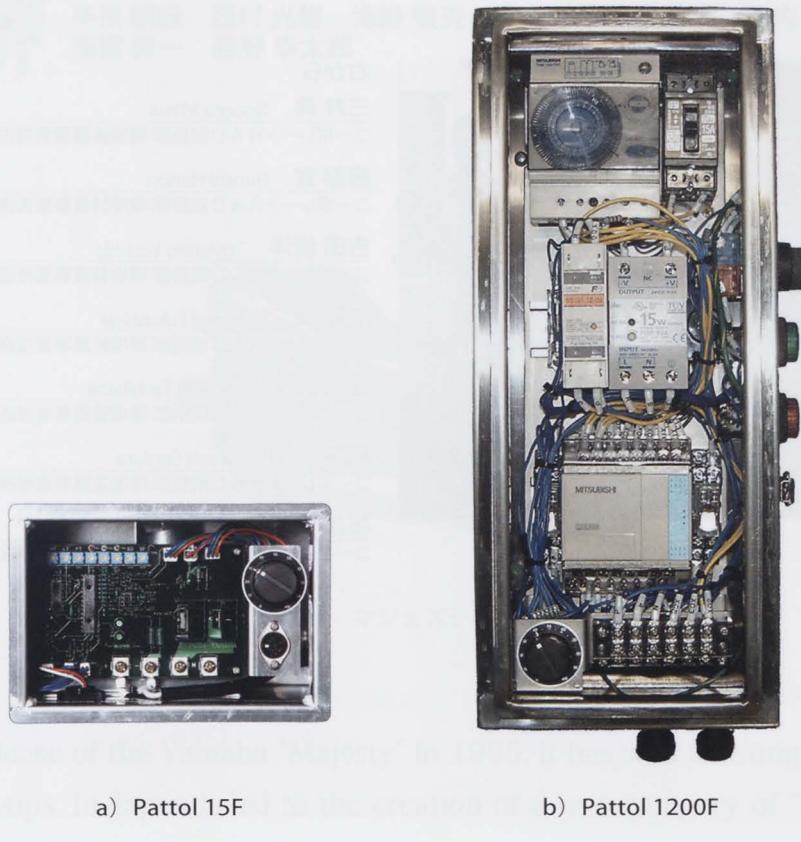
図6 インペラ

## 2.7 制御系

上記DCポンプを制御するために、今回は専用のコントローラーを開発した。Pattol 1200Fでは、市販のPLCのプログラムを用いて水量調整を行っていたが、この場合、現地にパソコンを持ち込んでのプログラムの書き換え作業が必要である。そこで、水量調整を簡単にするために、ポンプモーターの電圧制御をPWM(パルスワイドモジュレーション)方式とし、アナログボリュームを回すだけで水量調整を可能とした。さらに、このコントローラーには8ビットPICマイコンを使用し、ボリューム電圧をポーリング制御して、アクチュエーター制御、各検出機能、および動作設定の変数設定を、ドライバー1本で現地で簡単にできるようにしている。

また、PLCを用いたPattol 1200Fの生産には、配線組立てに多大な工数がかかっていたが、制御システムを1枚のコントロール基板に集約することで、組立て工数の大幅な削減が可能になった。Pattol 15FとPattol 1200Fの制御系の概要を図7に示す。

結果として、このコントローラーの開発により、より小さく、より扱いやすい制御システムを低コストで実現することができた。また、従来のPLCのシーケンス制御に比べ、他の機能へも付加価値が得られた。ポンプの過負荷を検知して警報を出す方法は、スクレーパー・アクチュエーターの駆動モーターにも応用することができ、これにより、モーター保護用のサーチケットプロテクターと、スクレーパー・アクチュエーターの異常を検知するセンサーが不要になった。また、これらセンサー、および電器部品が不要になったため、大きなコストダウンにつながった。



a) Pattol 15F

b) Pattol 1200F

図7 制御系

### 3 おわりに

顧客要望に応えるべく、高性能と高品質と低コストの実現にチャレンジした新製品Pattol 15Fは、Pattol 1200F同様、マクドナルドの承認機とされ、その他のファーストフードチェーンやホテルの食堂、工場の食堂にも導入が進んでいる。今回の開発を通じ、新商品を開発する上で、ユーザーの声を取り入れるだけでは必ずしも顧客の真のニーズをつかんだ商品にはならないことが分かった。性能、機能、価格、そして時間(開発スピード)のバランスと提供価値の本質を考え、ユーザーに提案し、主張し、対話していくことが、環境装置を開発していく上では、もっとも近道のように思う。

## ■著者



右から

**三井 昇** Noboru Mitsui

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**服部 寛** Hiroshi Hattori

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**吉田 俊洋** Toshihiro Yoshida

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**福重 俊二** Shunji Fukushige

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**立花 美実** Yoshimi Tachibana

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**杉浦 弘明** Hiroaki Sugiura

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ

**篠原 史敏** Fumitoshi Shinohara

コーポレートR &amp; D統括部 環境装置事業推進グループ



# 製品紹介

## マジェスティ YP250

Majesty YP250

平良 朝雄 西村 光雄 海野 敏夫 青山 淳 山本 佳明 竹内 昭光 吉澤 彰浩  
南雲 修一 勝野 幸太郎



図1 マジェスティ YP250

### Abstract

Ever since the release of the Yamaha "Majesty" in 1995, it has won a strong following among users of all age groups. In Japan it led to the creation of a new category of "big scooters" and influenced people's values and lifestyles.

Since then the other makers have introduced models that have further stimulated the growth of this big scooter category and changed the makeup of the lightweight ( $126\text{cm}^3$  to  $250\text{cm}^3$ ) motorcycle market over the past ten years to the point where 60% of the new motorcycles sold in Japan today are big scooter models.

Also, the addition of an automatic transmission motorcycle license category, the lifting of the ban on tandem riding on expressways and the spread of ETC (Electronic Toll Collection) systems for expressway toll payment have also contributed to the growth of this category and stabilization of the market.

Yamaha has sought to answer the changing user needs in this market by expanding its lineup with the release of the Grand Majesty(YP250G) model designed for improved high-speed cruising performance and longer-distance riding, and the MAXAM(CP250) with its distinctive styling and added comfort in tandem riding.

Now, in an effort to achieve a further evolution of the big scooter category, we have developed the New Majesty, a next-generation machine that creates new value by throwing out the preconceptions of what a big scooter is and introducing exciting new features and performance. Here we report on development of this new model.

## 1 はじめに

「マジェスティ」は、1995年に初代モデルが誕生して以来、幅広いユーザーからの支持を受けている。国内市場に「ビッグスクーター」という新しいカテゴリーを構築し、ユーザーの価値観や生活様式に影響を与えてきた。その後、各社からもビッグスクーターモデルが発売され、ビッグスクーターは、この10年間で軽二輪車市場全体の約6割を占めるカテゴリーに成長し、軽二輪車市場は大きく変化した。この他にも、オートマチック限定免許の新設や、高速道路2人乗りの解禁、ETC(電子式料金自動収受システム)の導入等が、市場の拡大、安定化を促す要因となっている。

こうした中、ヤマハ発動機では、高速走行や長距離走行に照準を合せたグランドマジェスティ(YP250G)、個性的なスタイルとタンデム時の居住性のよさを全面に出したMAXAM(CP250)というラインナップを揃え、市場要望に応えてきた。

今回、マジェスティが築いたビッグスクーターのさらなる進化を目指し、既成概念を超える新しい価値観で次世代を担うNewマジェスティ(YP250)を開発したので紹介する。

## 2 開発のねらい

ビッグスクーターの持つ基本コンセプト(デザイン、快適性、利便性)の継承、進化を基本とし、「Stylish and Emotional MAJESTY」をキーワードに、次の3項目を目標に掲げ、開発を行った。

### ① レイアウト革新

- Low Shape Styling
- センターコンソールコンセプト

### ② クラス最高の操縦安定性と走行性能

- YCC-AT (Yamaha Chip Controlled Automatic Transmission:ヤマハ電子制御オートマチック・トランスミッション) の採用
- プログレッシブピボットマウントの採用

### ③ 利便性の向上

- スマートキーシステムの採用
- 収納性向上(デュアルオープンシート)

表1に本モデルの主要諸元を、図2にフィーチャーを示す。

表1 主要諸元

型式 / エンジン型式	JBK-SG20J/G359E	燃料タンク容量	12.0L
全長×全幅×全高	2,175mm × 780mm × 1,185mm	燃料供給	燃料噴射式
シート高	700mm	点火方式	T.C.I. 式
軸間距離	1,550mm	バッテリー容量 / 種類	12V-8.6Ah(10h)/YTZ10S
最低地上高	110mm	1次減速比 / 2次減速比	2.555/2.866
乾燥重量 / 装備重量	175kg/188kg	クラッチ形式	自動遠心式
舗装平坦路燃費	38km/L(60km/h)	変速機形式	Vベルト式無段変速
原動機種類	水冷・4ストローク・SOHC・4バルブ	変速比	2.400 ~ 0.780
気筒数配列	単気筒	フレーム形式	バックボーン
総排気量	249cm <sup>3</sup>	キャスター / トレール	27° 00' / 106mm
内径×行程	68.0mm × 68.6mm	タイヤサイズ	前 110/90-13M/C 55P
圧縮比	10.8 : 1		後 140/70-12 65L
最高出力	14kW(19PS)/6,500r/min	ブレーキ形式	前 油圧式シングルディスク
最大トルク	22N·m(2.2kgf·m)/5,000r/min		後 油圧式シングルディスク
始動方式	セル式	懸架方式	前 テレスコピック式
潤滑方式	強制圧送ウェットサンプ		後 ユニットスイング式
エンジンオイル容量	1.7ℓ	ヘッドライト	ハロゲンバルブ (12V、55W × 2 / 55W × 2)



図2 フィーチャー

### 3 エンジン関係概要

既成の軽二輪スクーターのイメージを払拭する走り、特に市街地での心地よい走行性能を達成するため、新設計の水冷・4ストローク・SOHC・250cm<sup>3</sup>・単気筒・4バルブ・FI（フルエアインジェクション）を採用。このエンジンは、I-S（インテリジェント・シフト）システムを備える変速制御機構、YCC-ATが特徴である（図3）。

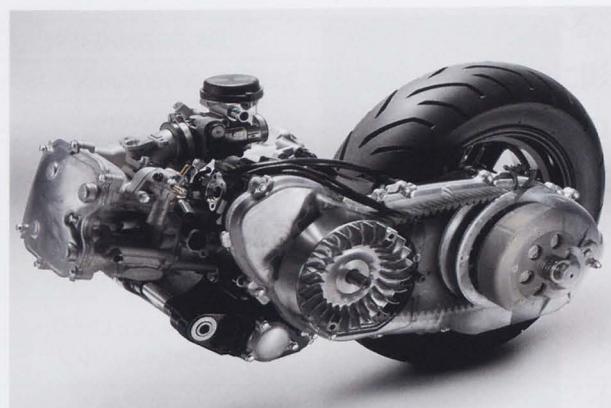


図3 エンジン外観

#### 3.1 性能

FIとの最適化を図ったペントルーフ型燃焼室、68.0×68.6mmのボア・ストローク、10.8:1の圧縮比から最高出力 14kW/6,500rpm、22N·m/5,000rpmを発揮する。エンジン出力特性は中低速を重視したことで、市街地で扱いやすく、また後述のYCC-ATとの組合せにより、さまざま走行条件において快適な走行性能を引き出すことができる。

このエンジンには、耐熱強度に優れたアルミ鍛造ピストン、放熱性に優れたメッキシリンダーを採用し、オイル消費や信頼性を確保した。またスロットルボディに、①吸気温センサー、②吸気圧センサー、③TPS（スロットルポジションセンサー）、④ISC（アイドルスピードコントロール）をひとつのモジュールにまとめて搭載し、スペースを有効利用、部品レイアウトのシンプル化を図った。

#### 3.2 環境対応 / 排ガスデバイス

排ガス浄化システムとしては、O<sub>2</sub>フィードバックシステム（図4）を採用した。FIの最適化と合せて、平成18年国内排ガス規制をクリアしている。

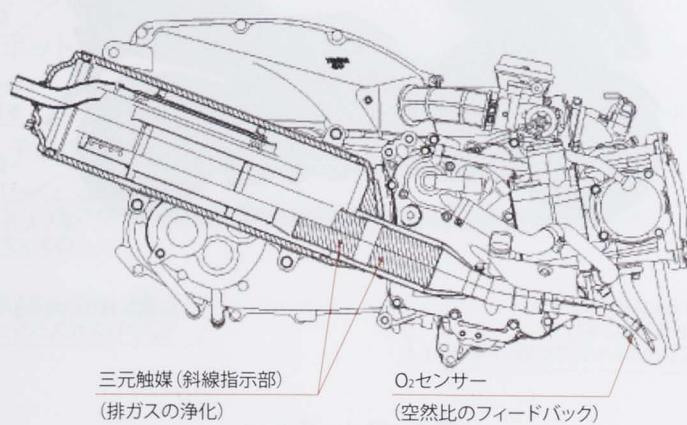


図4 排ガスデバイス

#### 3.3 バランサー

また、ヤマハ独自の新防振理論に基づき設計したクランク、および、1軸1次バランサーを搭載することで、後述のプログレッシブピボットマウントとの相乗効果により、低振動を実現している。

## 4 YCC-AT

YCC-AT（図5）とI-Sシステムは、簡単な操作でライダーの意図を的確に再現することに特化した自動变速システムである。

YCC-ATはプライマリーシーブの位置をモーターで制御することで、ベルトCVT（Continuously Variable Transmission：無段变速機）の变速比を自在に制御する機構である。变速モードとして、滑らかな走行を実現するドライブモードと、力強い加速を楽しむアシストⅠ、よりスポーティな加速を実現するアシストⅡの3モードを搭載し、街中から高速道路、ワインディングまで、走行状況に合せた快適な走行を楽しむことができる。

YCC-ATに搭載された、I-Sシステムは、どのモードにおいても、簡単なボタン操作とスロットル操作でレスポンスの良いキックダウン、あるいは、確実なエンジンブレーキを実現する。例えば、ここで鋭い加速をしたい、コーナー手前でエンジンブレーキをかけたい時など、加速、減速したいその瞬間に、I-Sスイッチを押して的確なシフトダウンを実施。シフトダウン量は、I-Sスイッチを続けて押すことで、最大5段階まで実現できる。シフトダウン後は、通常モードよりも变速比を一定量Lowに“シフトダウン”した状態で連続的な变速制御を続ける。そして、スロットルを閉じることでシフトダウン状態を解除し、通常走行に復帰する。このようにI-Sシステムは、シフトダウン開始タイミングを指示して、後はスロットル操作に集中するだけで加速、減速をアシストする。

YCC-ATとI-Sシステムにより、状況に応じた快適な加速、減速による、多彩なドライバビリティーを楽しむことが可能となるとともに、低中速域の広いトルクレンジを自在に使いこなすことが可能となり、エンジン本来の性能を余すところなく引き出している。

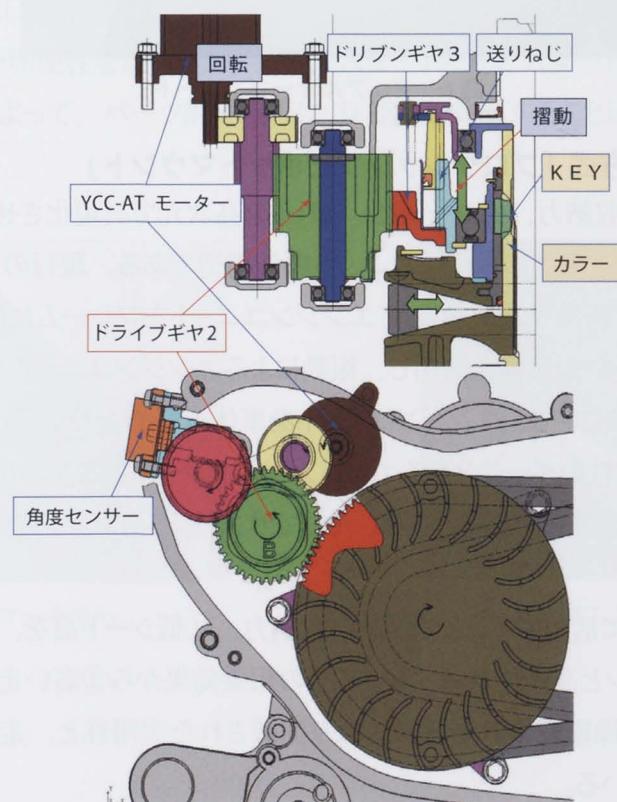


図5 YCC-AT 概要図

## 5 車体関係概要

### 5.1 レイアウト

Low Shape なデザインを実現させ、強度・剛性バランスを最適化した新フレームを採用。また「プログレッシブピボットマウント」という独自のエンジン懸架構造を採用した。これにより優れた収納性、低シート高、操縦安定性を得ることができた。

シート下の収納スペースは約 60ℓ の容量を確保し、出し入れに便利なデュアルオープンシート（図 6）を取り入れた。荷室全体を見渡せ、荷物の確認、収納が非常に楽に行える。ボタン操作のみでシートロックの解除ができる、荷物やヘルメットを抱えたままでの操作も容易となっている。また、シート高を 700mm に抑え、側面形状の最適化により、優れた足着き性を実現した。その他、モノクロスサスペンション、および、Φ 33mm インナーチューブ径のテレスコピック型フロントフォークを採用し、フロントタイヤは 110/90-13 ヘインチアップ、リヤタイヤは 140/70-12 という 12 インチとして、最もワイドなタイプとした。

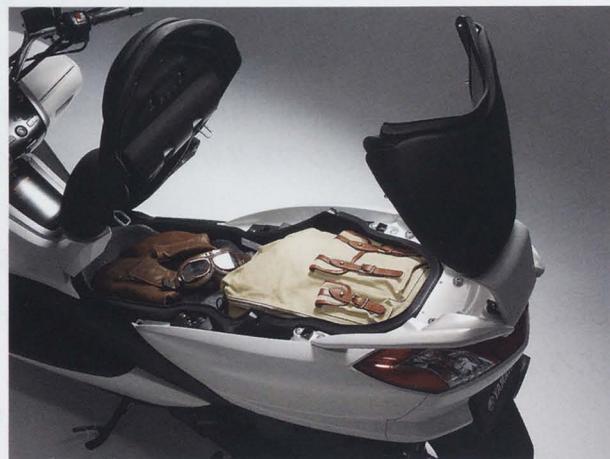


図 6 デュアルオープンシート

### 5.2 新エンジンマウント方式「プログレッシブピボットマウント」

優れた操縦安定性、高い収納力、低シート高。これらを高次元で具現化させた新フィーチャーが「プログレッシブピボットマウント」と呼ぶエンジンユニット懸架構造である。現行の 250cm<sup>3</sup> スクーター（マジェスティ C など）の場合は、防振リンクを介してエンジンユニットをフレームに懸架しているが、New マジェスティではヤマハ独自の新防振理論を適用し、振動によるエンジンユニットの動きの中心（瞬間的な不動点）を懸架位置に設定することで、エンジンユニットを車体へダイレクトに懸架することを可能にした。

これにより優れた操縦安定性のベースとなるエンジンと車体の一体感を生み出すと共に、車体リヤ周りの設計自由度が拡大。優れた収納性、低シート高、そしてサスペンションレイアウトの自由化など、様々なメリットを生み出した。

これらのメリットを最大限に活用することで①高い収納力、②低シート高を、そしてヤマハ独創レイアウトのモノクロスサスペンションと高剛性な新フレームとの相乗効果から③高い走破性とレーンチェンジやタンデム走行時などの優れた操縦安定性を達成。より洗練された実用性と、走ることの楽しさを実感できる乗り味の両立を達成している。

### 5.3 操縦性と安定性

Newマジェスティは、日々混雑する道路事情に対応すべく、スクーター様式ながら二輪車本来のコントロール性を実現している。

既存モデルより1インチサイズアップされたNewマジェスティのフロントホイールは、そのままでは単純に直進性が増し、操舵入力に対する反応が鈍くなる。しかし、シティユースでの機動性、操縦性を重視したモデルであるため、操舵入力の軽さが求められる。そこで、フロントホイール周りのアライメントの設定、スチールパイプフレームの剛性バランス、プログレッシブピボットマウントによるエンジンと車体の一体感、これら全ての最適化によって、既存モデルの軽快感を損なわず、ライダーは発進直後から思い通りの走行ラインを描くことが容易となる。さらに、プログレッシブピボットマウントと併用したモノクロスサスペンションの効果により、後輪からギャップなどの外乱入力が車体にできる限り影響しないよう、ショック吸収の方向性とエネルギー吸収特性が配慮されている。

以上の総合効果により、ライダーはより快適に人機一体の走行を行うことができる。

## 6 電装関係概要

### 6.1 新開発のスマートキーシステム

高い利便性と耐盗難性能を両立するスマートキーシステムを新開発した。従来のメカニカルキーに代わり、ライダーが携帯するスマートキー（図7-1）と車体側スマートユニットとの間で双方向電波通信を行い、IDが認証された場合にのみ電源オン、ハンドルロック解除、トランク類のロック解除、エンジン始動が可能となるシステムである。例えば、スマートキーをポケットに入れたまま、スイッチ（図7-2）をワンプッシュするだけでライダーを認識し電源オン、また、トランク類ロック解除もワンプッシュで実施でき、ライダーによる操作を簡略化し、高い利便性を達成した。また、スマートキーとスマートユニット、および、ハンドルロック、FI-ECUとも通信によって、パーツ間で相互にID認証を実施することにより、高い耐盗難性能を実現した。



図7-1 スマートキー



図7-2 スイッチ

## 6.2 新作メーターの採用

スピードメーター、タコメーターと液晶表示部を搭載した3連メーター（図8）を新設計した。それぞれの表示面積を広く設定し、高い視認性を達成した。液晶のトリップ表示部ではスイッチ操作により、先回のオイル交換、Vベルト交換時からの走行距離を表示することができ、柔軟なメンテナンスが可能となった。



図8 3連メーター

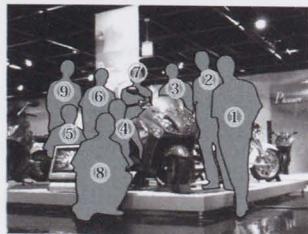
## 7 おわりに

2007年春の大坂／東京モーターサイクルショーへの出展、伊豆修善寺でのプレス向け発表＆試乗会では、実車・実走評価で高い評価を受け、雑誌記事の内容にも高い関心を伺うことができた。また販売店向け説明・試乗会も功を成し、先行予約台数も予想以上との報告である。

新機構の採用、市場環境変化への対応もあり、開発の環境はさらに厳しく、難易度も高くなってきているが、目標達成に向かうベクトルがプロジェクトメンバー間で一致していたことや、関係各部署からの甚大な協力により、このたび市場導入を迎えることができたことに感謝している。

初代マジェスティから10年余り。今回我々が目指した“進化”を多くのお客様に体感、享受して頂けることと確信している。

## ■著者



①平良 朝雄 Tomoo Taira

MC事業本部商品開発統括部エンジン設計部

②西村 光雄 Mitsuo Nishimura

MC事業本部マーケティング統括部商品企画部

③海野 敏夫 Toshio Unno

MC事業本部商品開発統括部コンポーネント開発部

④青山 淳 Atsushi Aoyama

MC事業本部商品開発統括部エンジン設計部

⑤山本 佳明 Yoshiaki Yamamoto

MC事業本部商品開発統括部第2ボディ設計部

⑥竹内 昭光 Akimitsu Takeuchi

MC事業本部技術統括部統合実験部

⑦吉澤 彰浩 Akihiro Yoshizawa

MC事業本部商品開発統括部コンポーネント開発部

⑧南雲 修一 Shuichi Nagumo

MC事業本部商品開発統括部商品実験部

⑨勝野 幸太郎 Koutaro Katsuno

MC事業本部商品開発統括部商品実験部



# 製品紹介

## ハイブリッド(X線+光学)検査装置

A Hybrid (X-ray + optical) Inspection System

角田 佳久

### Abstract

In today's printed circuit board surface mounting industry, extensive use is made of AOI (Automatic Optical Inspection) systems. However, although these systems are excellent for detecting the presence or absence of a given part and discrepancies in part positioning, their performance is inadequate in the area of detecting faulty soldering. The new hybrid (X-ray + optical) inspection system developed and manufactured by i-PULSE Co., Ltd. is a next-generation system that maintains the existing optical inspection function while adding an X-ray component in order to dramatically improve performance in detecting soldering defects. Here we report on this new hybrid system.

### 1 はじめに

光学式基板外観検査装置（以下、AOI：Automatic Optical Inspection System）は現在、基板実装生産で多く使用されている。しかし、部品の有り無し、位置ずれなどの検出には優れているが、ハンダ接合不良の検出では十分な性能は得られない。アイパルス株式会社（以下、当社）製ハイブリッド（X線+光学）検査装置は、光学検査性能はそのままに、X線を併載することでハンダ接合検査精度を大幅に向上させた次世代検査装置である。

### 2 開発背景

AOIは手頃な価格、性能から多くの基板実装生産で使用されてきた。確かに、部品有り無し、位置ずれ、極性チェック、ブリッジチェックなど目視でできる検査項目には非常に優れている一方、実装基板に求められるハンダ接合検査は、2次元という性質上かなり難しい。特に多ピンのQFP(Quad Flat Package)やSOP(Small Outline Package)のリード接合検査などがそうである。各メーカーともに光学照明の角度を変えて複数配置したり、角度を付けた複数のカメラを使用したりと工夫を凝らしているが、現時点で決定打には至っていない。

当社は、X線検査がハンダ接合検査に優れていることに注目し、研究を重ねてきた。これは、高密度実装基板に対して斜めからの光学検査やレーザーなどによる3D検査では、QFPやSOPで本当に重要なバックフィレット部の検査ができないこと、BGA(Ball Grid Array)などに代表される下面電極部品などに対応できることなどを考慮しての判断である。

先にも述べたが、基板外観検査装置にとって最も難しいのは多ピンQFPの接合検査で、光学式検査装置の場合、リード部の先端にフィレットが形成されているかどうかで良否判断する以外に方法がない。その方法は、角度を付けた複数の照明画像から擬似的に3D画像を作り出し、判断する手法が一般的である。しかし現在の高密度実装では、密集度の影響で横からの照明は部品の影になり入り難い。また、リード先端はカットされて使用されることが多く、リード先端部にはフィレットが形成されないケースも多々あ

る。それでも何とか良品との違いを抽出して合否判定をしようとするのであるが、そもそも先端のフィレットは接合に対してさほど重要でなく、重要なのはバックフィレットである。これは以前から知られていたのだが、X線を使用しない限り見ることができないのが実情であった(図1、2参照)。しかし、X線画像だけでは基板外観検査は完結しない。そう、X線は大体の部品を透過してしまうため、部品の有り無し、位置ずれなどの検査ができないのである。そこで、当社は光学検査装置と同等の使い勝手を備えた光学+X線のハイブリッド検査装置の開発に着手した。

X線での測定

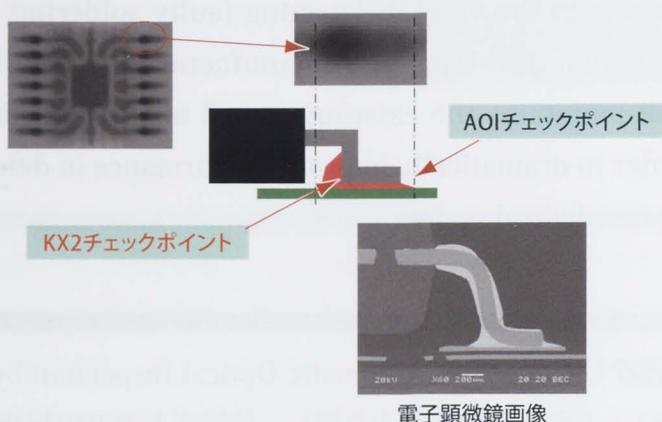


図1 X線での測定

スレッシュホールド設定

**NG**      **OK**

図2 不良判別が簡単

### 3 開発動向

X線検査装置は光学検査では見えないBGA、CSP(Chip Sized Package)が導入されて注目されてきている。その用途は、解析装置としてプロセス改善に使用する、または生産品質確認のための抜き取り検査をするというのが主目的である。

しかし、当社でのX線の考え方は少し違う。当社としては、あくまで基板外観検査装置の精度を上げるための手段としてX線を併載した。したがって、解析装置ではなく全数検査ができるインライン型を基本としている。解析用では超精細な画像を対象とするので、マイクロフォーカス管+イメージインテンシファイヤーをいろんな角度から撮像できるというのが主流となる。しかし、インラインでの使用を考慮すると、いろんな角度からの撮像はタクトタイム的に無理がある。また、線源の寿命も短いものは好まれない。それと、解析用ではよく行われている同期加算平均画像表示(X線画像のランダムノイズ除去と輝度変化のばらつきを抑えるために行われる)であるが、これもインライン機ではタクトタイムの関係で何枚も画像を撮像できない。インライン機と解析機では根本的に違う部分が多くある。

### 4 要素技術

インラインでのX線検査を行うためには以下の要素が必要である。

- ① X線源は長寿命で交換が簡単にできること。
- ② 光学検査装置並みの検査タクトタイムを実現できること。
- ③ 輝度レベル変動に対して追従できること。
- ④ 両面基板の場合に両面分が撮像されるが、片面分を検査できること。

### 5 特徴

#### 5.1 X線と光学の同軸配置

光軸上に全反射ミラーを配置し、X線はミラーを透過、可視光は反射する特性を利用し、X線・光学とも、同解像度、同視野で、同時に撮像することを可能としている(図3参照)。この構造により、光学にX線を追加したが検査タクトタイムは極端に増えない。

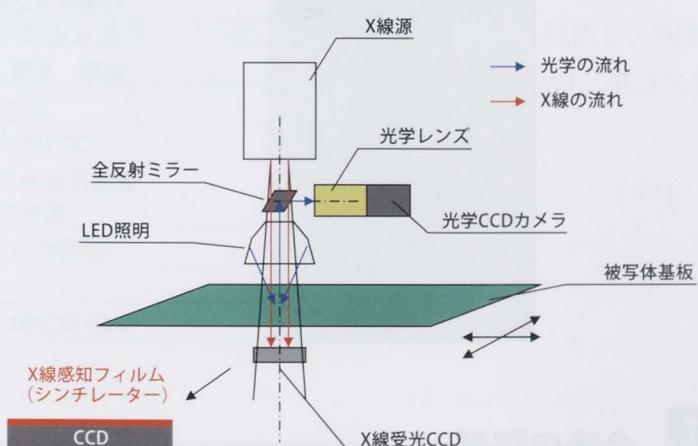


図3 装置構造

#### 5.2 短時間のX線照射

パルスドライブX線源で露光時間のみX線を照射。ごく短時間のみX線を照射するので長寿命とワークの低被爆を実現した。

### 5.3 X線画像と光学画像の組合せ検査

X線透過率の悪い部品は部品とフィレットの区別ができない。そこで、X線と光学の各画像を演算することで、フィレット部分のみを抽出する機能を開発した（図4参照）。

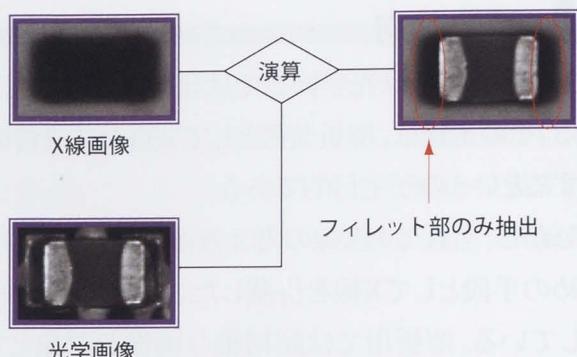


図4 X線+光学の効果

### 5.4 両面基板の裏面除去機能

X線画像は透過であるため、両面実装基板の後行面では先行面分も撮像されてしまう。この両面分画像から、あらかじめ撮像しておいた先行面分画像を引くことで、後行面分のみの画像を作り出し、検査画像とする（図5参照）。

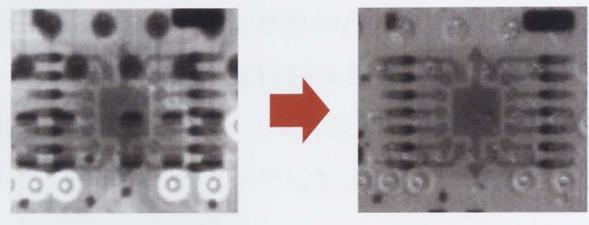


図5 裏面除去機能

## 6 特性(仕様)

仕様諸元を表1に示す。

表1 仕様諸元表

基板サイズ	50mm × 50mm ~ 460mm × 410mm
基板厚さ	0.4mm ~ 3.0mm
部品高さ	上面 28mm 以下、下面 25mm 以下（標準）
基板位置決め	両端挟み込みクランプ方式、手前基準
検査方式	CCD カラーカメラ + LED 照明 + X線 面積、距離、寸法、形状チェックなど
カメラ視野	25mm × 17mm（標準）
分解能	20 ミロン（光学、X線とも共通）
X線発生装置	管電圧最大 90kV、管電流最大 800 μ A、 焦点サイズ 20 – 130 μ m
本体寸法 (L × D × H)	1,350mm × 1,580mm × 1,470mm
本体重量	1,920kg
電源	単相 AC200/208/220/230/240V、0.6kW

## 7 今後の課題

### 7.1 厳密な接合チェック

現在のシステムは接合状態の合否をハンダ高さで見ている。つまり、ハンダが濡れ上がればハンダ高さが高くなり、X線が透過し難くなる。従ってその部分は輝度レベルが低くなり、暗い部分ができるという見方である。しかし、接合後に発生するクラックや、異物付着による接合不良では、ハンダ高さは良品とほとんど差がないために検査できない。



## 7.2 検査タクトタイムの超高速化

X線センサーのサンプルレートは光学カメラに比べるとかなり遅い。イメージインテンシファイナーを使用すると光学カメラが使用できるので、フレームレートは速くなる反面、画角が発生するため多ピンQFPなどは検査できない。

## 8 応用(裏面除去機能の使用拡大とVADMICの導入)

裏面除去機能を使用すると、基板の裏面ばかりでなく、たとえばプリント基板の内層などのパターンも消去可能になる。同様に対象物以外のものを消去可能なので、これをVADMICと組み合せることで異物検出などへ応用可能である。VADMICは当社製卓上型検査装置K5用に開発した学習型の新検査アルゴリズムである。これは、あらかじめ良品画像を保存しておき、それとの差分を検出する方法である。

## 9 おわりに

X線を使用することで、今までにない品質確保が可能になることは実証されているが、両面実装基板では、裏面除去機能を使用しても検査できない部分は存在する。そこで、既に主要なお得意様には提案しているが、基板設計ルールを少し見直すことを検討していただければと思う。つまり、

- ①両面基板のハンダ部は、表裏で重ならないようにする。
- ②透過率の悪い部品は、逆面のハンダ部に重ならないようにする。

この2点に配慮するだけで、X線検査装置の持つ実力を100%発揮することができる。

さらに、今後の展開としては、以下を考えている。X線+光学のハイブリッド検査装置は、間違いない品質に寄与できる検査装置であるが、コストと検査速度は光学式に遠く及ばない。今後は、その穴を埋めるべく、装置内を見直し、大幅にコストダウンする。さらに、X線撮像システムも見直し、現状のX線専用センサーからACSパネル（シンチレータプレートの一種）+光学カメラで構成し、低コスト、高速化とセンサーの低被爆化を図っていきたい。

### ■著者

角田 佳久 Yoshihisa Kakuda

アイバルス株式会社 第3技術グループ

# ATVスポーツモデル YFM250R (RAPTOR250)

The Sports Model ATV, "YFM250R" (RAPTOR250)

加藤 栄司 松浦 達也 伊藤 英一 山下 輝佳 松島 英一 中山 賢一 山上 信介  
瀬川 克紀



図1 YFM250R (RAPTOR250)

## Abstract

Since early in 1990, the ATV market had shown strong growth, backed by strong economies in the leading ATV markets. Entering the 21<sup>st</sup> century, however, that growth has slowed and the ATV market is now becoming a mature, slow-growth market. In the sports ATV category that makes up about 20% of the total ATV demand, Yamaha Motor Co., Ltd. won a commanding share early on, and despite increased competition from other makers, Yamaha continues to be the top brand, holding about a 40% share of the category. As the reason for Yamaha's popularity among customers in this category, we can cite a succession of epoch-making Yamaha models, beginning with the Raptor 660 and followed by the Raptor 700 and YFZ450. With these models, Yamaha has succeeded in creating the image of a maker of ATVs with the kind of exciting performance that is the very trademark of the Yamaha brand.

In the lower priced entry-level sector of the sports ATV category, however, the competitors have in recent years introduced 4-stroke models with semi-automatic transmissions for easier shifting to compete for share against Yamaha's sole entry in this sector—the 2-stroke "Blaster" that pioneered and laid the foundation for the sports model category with its release in 1988. Although the Blaster has won many fans over the years as the exciting model of the entry class, the changing market trends have made it difficult for this model to hold its position in the marketplace as the customers eyes look increasingly to 4-stroke models.

As the successor to this Blaster, with its 20-year history of customer support, Yamaha released on the market in July 2007 the new "YFM250R" (Raptor 250), a model featuring a manual transmission like the Blaster and the premium models of Yamaha's sports category lineup. Here we report on this new model, which was developed around a model concept of a "pure sports-minded entry model."

## 1 はじめに

1990年初頭より、好景気にも支えられ拡大し続けたATV市場は、2000年代に入ってから伸びが鈍化し、成熟市場となりつつある。その中で、ATVのスポーツカテゴリーは全体の約2割のボリュームを占め、ヤマハ発動機(以下、当社)は初期より圧倒的なシェアを獲得し、競合が増えた現在においても約4割を占めるトップブランドとして定着している。お客様から支持を得ている大きな要因としては、Raptor660、それに続くRaptor700、YFZ450といったエポックメイキングな商品を擁している点が挙げられ、当社は、当社が掲げる旗印であるエキサイティングパフォーマンスイメージを市場において形成しているといえる。

しかしながらスポーツカテゴリーのエントリークラス(低価格帯)において、近年、他社がこぞって4ストロークエンジンでシフト操作が簡便なセミオートモデルを投入してくる中、1988年の発売以降、スポーツカテゴリーの基盤を創り上げてきた当社製2ストロークモデル「Blaster」が、孤軍奮闘する形となっていた。長年、エントリークラスのエキサイティングモデルとして多くのお客様から支持されていたBlasterも、市場トレンドの変化の中でポジションを維持し続けることは難しく、お客様の視点は確実に4ストロークモデルに向けられるようになっていった。

そこで、約20年という長い間支持されてきたBlasterの後継車として、Blasterや上位モデルと同様にマニュアルミッションを持ち、「ピュアスポーツマインドエントリー」をコンセプトとした4ストロークエンジンのスポーツエントリーモデル「YFM250R (Raptor250)」(図1)を開発し、2007年07月より市場に投入したので紹介する。

## 2 開発のねらい

ATVスポーツカテゴリーのエントリーモデルとして、「小気味良く走るライトウェイトATV」を開発のキーコンセプトに、

- (1) ピュアスポーツイメージ(2ストロークモデルBlasterと同等以下の重量)
- (2) きびきび走る軽快なハンドリング、低中速重視のエンジン、上級モデルと同様のサスペンションアライメント
- (3) リーズナブルな価格

を重点として開発を行った。仕様諸元を表1に示す。

表1 仕様諸元表

	名称 および 型式	YFM250R	Blaster
寸法 および 質量	全長	1,625mm	1,735mm
	全幅	1,070mm	1,035mm
	全高	1,040mm	1,040mm
	シート高	730mm	740mm
	軸間距離	1,110mm	1,100mm
	最低地上高	100mm	120mm
	エンジン搭載部地上高	195mm	200mm
	装備重量	150kg	155kg
エンジン	トレッド(前)	826mm	820mm
	トレッド(後)	824mm	780mm
	最小回転半径	2.9m	3.0m
	燃料タンク容量	9 ℥	9 ℥
	原動機種類	空冷、4ストローク、SOHC 単気筒	空冷、2ストローク、単気筒
	総排気量	249cm <sup>3</sup>	195cm <sup>3</sup>
	始動方式	セル式	キック
	潤滑方式	強制圧送ウエットサンプ	分離給油
車体	キャブレター型式	BSR29 × 1	VM26SS × 1
	点火方式	DC-C.D.I.	C.D.I.
	変速操作方法	リターン式前進5段	リターン式前進5段
	駆動方式	チェーン	チェーン
	バッテリー容量	12V, 6Ah(10)	---
	タイヤサイズ(前)	AT20 × 7-10	AT21 × 7-10
	タイヤサイズ(後)	AT19 × 10-9	AT21 × 10-8
	制動装置形式(前)	油圧ディスク × 2	油圧ディスク × 2
電装	制動装置形式(後)	油圧ディスク × 1	油圧ディスク × 1
	ディスク有効径(前)	131.2mm	130mm
	ディスク有効径(後)	166mm	186mm
	パーキングブレーキ形式	機械式	機械式
	懸架方式(前)	ダブルウィッシュボーン / 独立	ダブルウィッシュボーン / 独立
	懸架方式(後)	スイングアーム(モノクロス)	スイングアーム(モノクロス)
	ホイールトラベル(前)	190mm	180mm
	ホイールトラベル(後)	200mm	180mm
	ヘッドランプバルブ種類	クリプトン	ハロゲン
	ヘッドランプ	12V, 30W/30W × 2	12V, 35W/36.5W × 1
	ストップ / テールランプ	12V, 21/5W × 1	12V, 21/5W × 1

### 3 エンジン概要

エンジンは、前モデルのBlasterに対し、低中速域でより扱いやすく、最新の環境規制に対応すべく、当社製二輪車のXG250の4ストロークエンジンをベースとした。ATVの使用環境に適合させるため、

- (1) 変速比の変更
- (2) 吸気、排気系の変更によるエンジン特性の適合
- (3) オイルクーラーの装着による走行時の冷却性向上

の最低限の変更にとどめ、他部品はベースエンジンと共に用化し、投資の削減とコストを抑えた。

## 4 車体概要

車体は、ATVスポーツカテゴリーのエントリーモデルとして扱いやすいパワーと操縦性を実現し、かつ、4ストロークモデルでありながら2ストロークモデル並みのスポーツ性を維持することをコンセプトとして開発した。軽量コンパクトなボディとし、サスペンション、ブレーキなどに本格派スポーツモデルの仕様を織り込んだ。

さらに、エントリーモデルといえどもスタイリングは重要な要素であり、市場で売り上げトップの上級モデルのスタイリングを踏襲した外観変更と環境対応を織込み、一見してスポーティで、しかも乗りやすいATVとした。

### (1) 軽量化

- ・フレームの小型化と高強度材使用によるパイプのサイズダウン。
- ・前後キャリーバーの小型化、簡素化。外装樹脂部品の小型化、薄肉化。
- ・ガード類、カバー類の樹脂化(エンジンガード、リヤアームカバー、左右フラップ、ホイールリング)。
- ・前後タイヤの小径化。

### (2) 軽快なハンドリング

- ・YFZ450に近いアライメント設定と、クイックで的確なハンドリングとする。
- ・前後タイヤの小径化による低重心化。
- ・Blaster並みの車格の維持と前後トレッドの拡大。

### (3) 求めやすい価格

- ・既存スポーツモデルに採用された単価の下がった部品の活用。
- ・軽量化によるコストダウン。

図2にフィーチャーマップを示す。

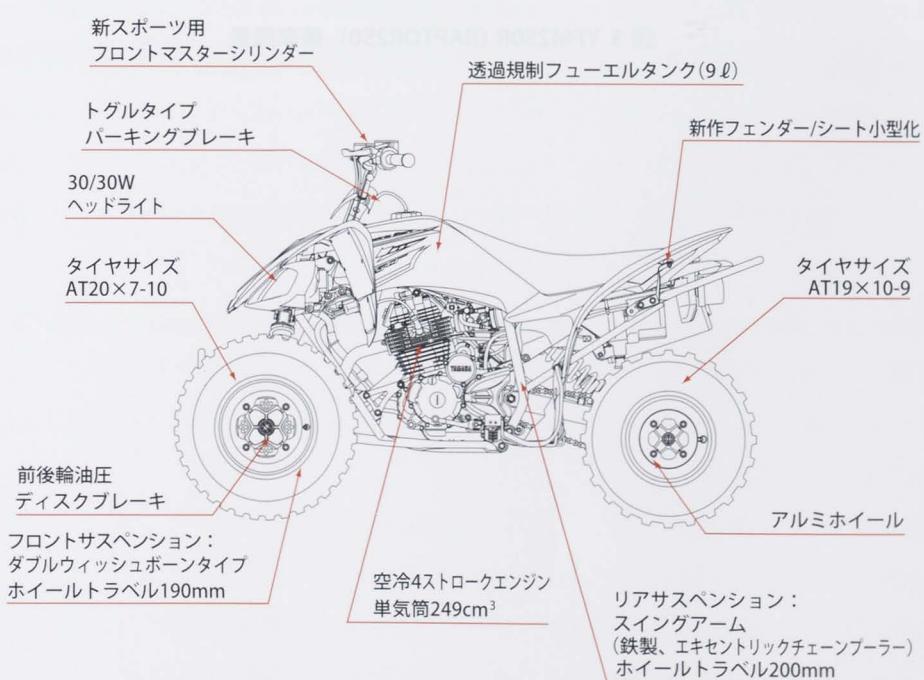


図2 フィーチャーマップ

## 5 おわりに

開発各担当者をはじめとし、関係者の多大な努力により、4ストロークモデルでありながら、前モデルの2ストロークモデル Balster より軽い車体重量を達成し、コンセプト通りのモデルに仕上げることができた。初心者はもちろん、ベテランが乗っても面白く、扱いやすく、遊べるモデルとなっている(図3)。

振り返ってみると、Balster 開発以降、緒先輩方々が何度も企画をされ、コストが折り合わず、なかなか開発まで至らなかった商品コンセプトであったが、今回、環境適合に合せ、海外部品の採用等によるコストダウンをした新開発の二輪車用エンジンを活用できたことが、本モデルの生産までこぎつけられた一要因であった。

現在、市場全体の規模が微減傾向であるが、市場からのオーダー状況も好調であり、本モデルがスポーツカテゴリーのエントリーモデルとして、起爆剤となることを確信する。開発に際しては、関連部署、取引先の絶大なるご支援をいただいたことに、この誌面をお借りして御礼申し上げます。



図3 YFM250R (RAPTOR250) 乗車風景

## ■著者

加藤 栄司  
Eiji KatouRVカンパニー  
RV開発部松浦 達也  
Tatsuya Matsuura

RVカンパニー

伊藤 英一  
Eiichi ItoRVカンパニー  
RV開発部山下 輝佳  
Teruyoshi YamashitaRVカンパニー  
RV開発部松島 英一  
Eiichi MatsushimaRVカンパニー  
RV開発部中山 賢一  
Kenichi NakayamaMC事業本部 商品開発統括部  
コンポーネント開発部山上 信介  
Shinsuke YamagamiMC事業本部 商品開発統括部  
コンポーネント開発部瀬川 克紀  
Katsunori SegawaRVカンパニー  
RVマーケティング部

# 製品紹介

## スノーモビル FX Nytro R-TX

The Snowmobile Model FX Nytro R-TX

西嶋 進一 今村 高志 宮崎 政直 衛藤 豊周 澤淵 敦志 泉 徹 佐藤 隆行  
高橋 優輔 高柳 智一



図1 FX Nytro R-TX

### Abstract

In 2003, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) developed and released the "RX-1" snowmobile as the first full-fledged 4-stroke production model, conceived and designed with the aim of addressing the environmental concerns of the times while also providing true excitement for our customers at the same time. Since then, YMC has continued to expand its lineup of 4-stroke snowmobile models.

Snowmobile sports can be divided into three categories, including "Groomed Trail" touring, "Rough Trail" riding in the snocross race image and "Mountain" riding on fresh snow with uphill and downhill sections. The Yamaha 4-stroke models have now won recognition for their product qualities in the Groomed Trail category, and the other makers have responded by strengthening the presence of their 2-stroke models in Rough Trail category and focused their efforts of high-profile snocross racing with 2-stroke models. Now, YMC has developed a 4-stroke model named the "FX Nytro R-TX" for that growing Rough Trail market, which is presently dominated almost exclusively by 2-stroke models. Here we report on the development of this new model.

### 1 はじめに

ヤマハ発動機（以下、当社）は2003年、環境への配慮とお客様のエキサイティングを両立した、初の本格スポーツ4ストロークスノーモビルRX-1を発売したことを皮切りに、4ストロークスノーモビルのラインナップを展開している。

スノーモビルのスポーツは、ツーリング的な“Groomed Trail”、スノークロスレースをイメージさせる“Rough Trail”、新深雪、登坂の“Mountain”的3つのカテゴリーに分類される。ヤマハ4ストロークスノーモビルは、“Groomed Trail”カテゴリーにおいてその商品性が認められており、それに対し他社は、2ストロークのモデルによるスノークロスレースの露出と合わせて“Rough Trail”カテゴリーでの存在感を拡大している。近年その市場が拡大しており、2ストロークがほとんどの“Rough

Trail” カテゴリーへ、4ストロークで本格的に参入するモデルが今回紹介する FX Nytro( ナイトロ ) R-TX ( 図 1 )である。

## 2 開発のねらい

“Rough Trail” カテゴリーでの性能を訴求するにはスノークロスレースは切り離せないものであり、特に USAにおいて、その影響力は非常に大きい。そのため、本モデルはレース用マシンと同時に開発を行い、レース用マシンのエッセンスを最大限取り込むようにした。コンセプトは、スノークロスレースで他社2ストロークと同等の競争力を持った「Extreme 4stroke Sno-X Racer Replica」とした。本モデルは、最大のイベントである USA の WPSA (World Power Sports Association) snocross に参戦することを目標に、次のような開発のねらいを設定した。

- (1) 2ストロークと同等以上の出力、レスポンスとともに圧倒的な低中速トルクを持つハイパフォーマンス4ストロークエンジン
- (2) レースでの操縦性を追及した最適エルゴノミクスとさらなる軽量、低重心を達成するシャーシレイアウト
- (3) ラフ路での走破性を高めた新ジオメトリーフロントサスペンションと、耐底付き性とトラクションの高いアグレッシブな新レイアウトのリヤサスペンション
- (4) ひと目で他社との違いが分かる先進的かつ戦闘的なスタイリング

これらを踏まえた FX Nytro R-TX の仕様諸元 ( 表 1 ) とフィーチャーマップ ( 図 2 ) は次のようなものである。

表 1 仕様諸元表

項目	諸元値	項目	諸元値
全長	2,815 mm	車体	キャスター角 23.0°
全幅	1,205 mm		最小回転半径 3.8m
全高	1,160 mm		シート有効長 650 mm
原動機	種類 4ストローク DOHC		フューエルタンク容量 28.0 ℥
	気筒数、配列 3気筒、並列		オイルタンク容量 2.7 ℥
	冷却方式 水冷		1次減速機構 Vベルト自動变速
	ボア×ストローク 82 mm × 66.2 mm		クラッチイン回転数 3,750 rpm
	排気量 1,049 cm <sup>3</sup>		シフト回転数 8,750 rpm
	圧縮比 11.0 : 1		1次減速比 3.8 ~ 1 : 1
	バルブ数 4		2次減速比 1.86
	点火方式 TCI		ブレーキ形式 油圧ディスク
	冷却水容量 3.4 ℥		フロントサスペンション ダブルウィッシュボーン
	潤滑方式 ドライサンプ		リヤサスペンション スライドレール式コイル／トーションスプリング
車体	THB 仕様 41mm Mikuni × 2	トラック幅×接地長	381 mm × 810 mm
	フレーム形式 モノコック	ヘッドライト	ハロゲン 12V60/55W × 2
	スキースタンス 1,050 mm	テールライト	LED
	ハンドル幅 755 mm	バッテリー容量	12V 18AH



図2 フィーチャーマップ

### 3 エンジン概要

開発コンセプトに基づき、実績のあるRSVectorの3気筒エンジンをベースとし、他社2ストロークを凌駕するエンジン性能とともに、次世代の環境対応も両立するため、以下の仕様を採用することで進化を図った(図3)。

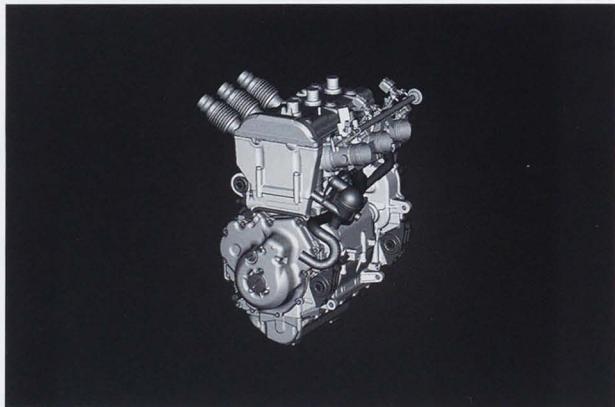


図3 エンジン

#### 3.1 RSVectorベースの新フューエルインジェクション3気筒エンジン

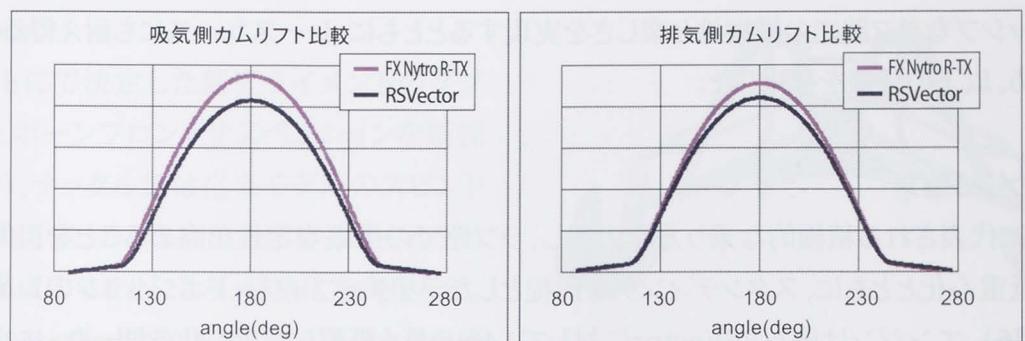
環境負荷低減を図るとともに、低速から高速までのパフォーマンスを得るために、フューエルインジェクション(F.I.)を採用した。また、レースレギュレーションに合せ最大限のパフォーマンスとするため、ボアを従来の79mmから82mmとし、排気量を973cm<sup>3</sup>から1,049cm<sup>3</sup>に拡大した。これらにより、全域のトルクを向上させると同時に11%の最大出力の向上を達成。また、排気量を拡大しながらも、各部の見直しを行うことで、エンジン全体で5kgの軽量化が実現できた。

#### 3.2 吸排気ポート、カムプロフィールの変更

F.I.化に伴うヘッド周り変更により、吸排気ポート形状の変更を実施した。合せて、ベースエンジンに対してカムプロフィールを変更することで、コンセプトにマッチしたアグレッシブなエンジン性能を実現した(図4)。同時にカム駆動を見直すことにより、3%の軽量化を実施した。



## カムプロフィール



## ポート形状

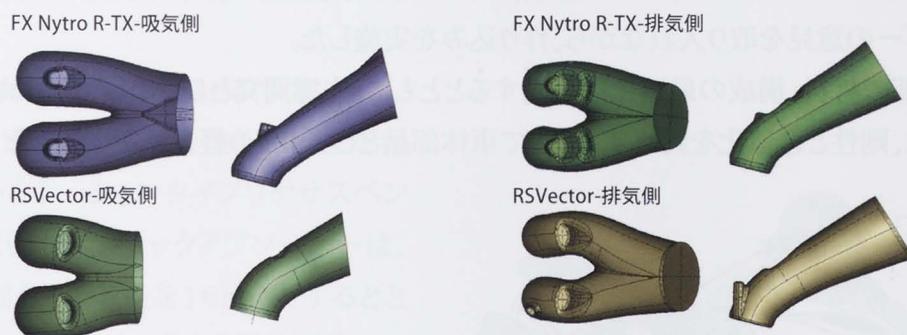


図4 カムプロフィールとポート形状

## 3.3 油圧カムチェーンテンショナーの採用

クランクシャフト軽量化(クランク軸慣性マス低下)、カムプロフィール変更に伴うカム軸駆動トルクアップに対しカムチェーン幅を変更した。これに伴い、カムチェーン挙動の安定化を図るために油圧カムチェーンテンショナーを採用した。

## 3.4 クランクシャフトの軽量化

バンプ路走行時の軽快な走りを実現するために、エンジンのレスポンスアップをねらい、ウェブの形状変更によるクランクシャフトの軽量化を実施した。これにより、F.I.の採用と合せて、従来モデルを超えるレスポンスの良さを実現した(図5)。

## 3.5 アイドルスピードコントロール

F.I.化とともにアイドルスピードコントロールを採用した。定常、始動時のアイドル回転を安定させるとともに、この機能によりエンジンブレーキの低減を行う制御を織り込んだ。路面抵抗の大きいスノーモビルにおいては、2ストロークと比較し強大な4ストロークのエンジンブレーキが時として違和感となり、若干の慣れを必要とする場面があるが、この制御によりエンジンブレーキを緩和することで、減速時のフィーリングをより自然なものとすることができた。



図5 クランクシャフト

## 4 車体概要

アグレッシブなラフ路での操縦性と楽しさを実現するとともに、レースユースにも耐え得るベース車両とするため、以下の仕様を採用した。

### 4.1 ディメンジョン

レースに代表される積極的な乗り方を実現し、ラフ路での操縦安定性を高めることを目的に、マスの集中化、低重心化とともに、スタンディングを前提としたライダーフォワードポジションのレイアウトを採用した(図6)。エンジンは既存RSVectorに対して14mm低く搭載し低重心化を図った。エルゴノミクスについては、ポジションをはじめシート形状、ステップ角度等細部の形状を決定する際に、開発初期からレースライダーの意見を取り入れながら、作り込みを実施した。

同時に各部の材料、構成の最適化を実施するとともに、先導開発としてのレース車からのフィードバックを取り入れ、剛性と軽量化を両立することで車体部品として9kgの軽量化を実現した(図7)。

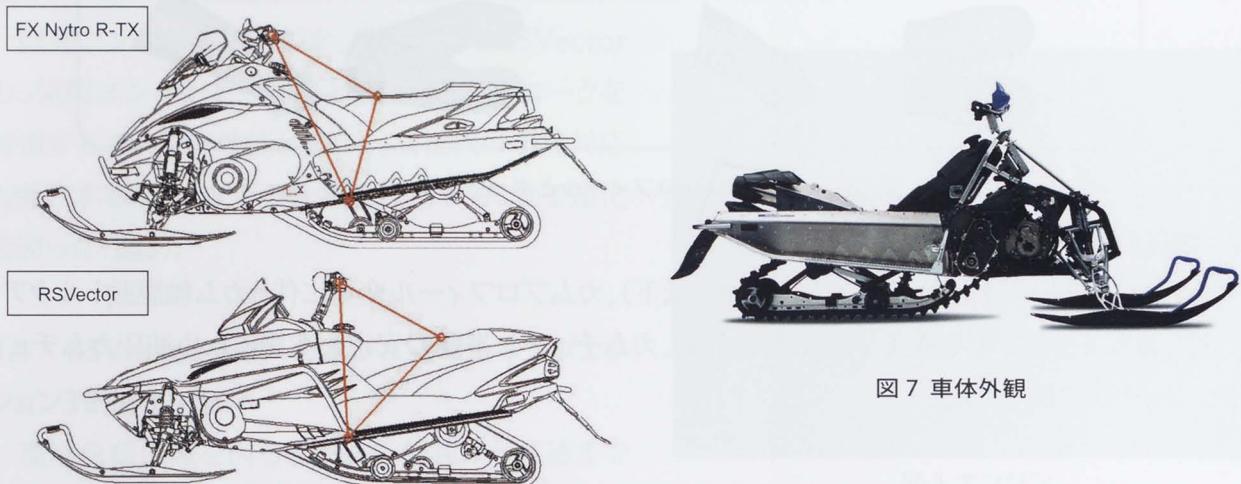


図 6 ポジション比較

### 4.2 軽量高剛性ハイブリッドフレーム

Rough Trailモデルの強度、剛性の要求を踏まえ、フロントから鋼管スペースフレーム、アルミダイカスト、アルミのプレスと、それぞれ最適材料で構成するハイブリッドフレームを採用した(図8)。

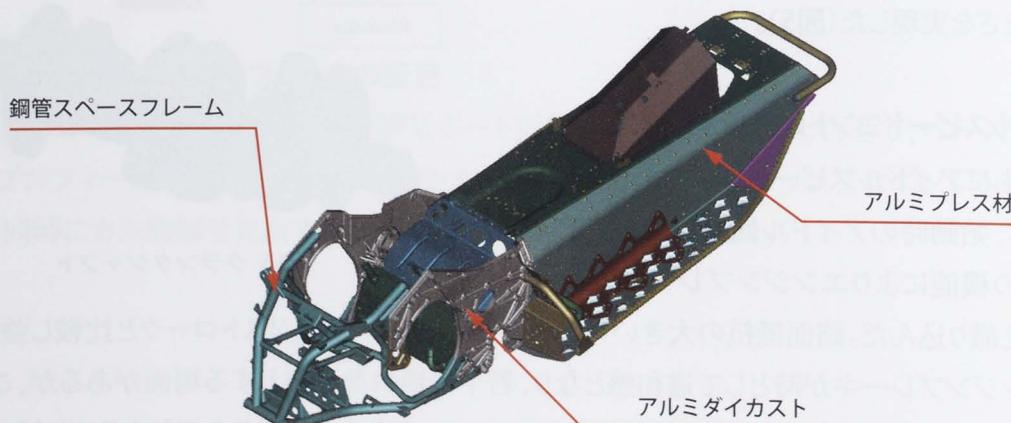


図 8 フレーム

#### 4.3 新ジオメトリーダブルウィッシュボーンフロン トサスペンション

プリテストにて決定した新アライメントのダブルウィッシュボーンフロントサスペンションを新採用した(図9)。ナックル部は従来モデルのスピンドルタイプに対して、アルミ押し出し形材とボールジョイントにて構成することにより、軽量化を実現した。ショックアブソーバーはFOX社のエアショックを採用し、軽量かつアグレッシブなイメージを創出した。



図9 フロントサスペンション

#### 4.4 新“Dual Shock Pro”リヤサスペンション

ギャップでの安定性と耐底付き性能の向上をねらい、新レイアウトのトーションタイプリヤサスペンションを開発した(図10)。ショックアブソーバーは、レース使用も見据えロッド径を16mmとともに、サブタンク付きの伸び・圧減衰調整可能なフルアジャスタブルタイプを採用することで、多様なユーザーの使用条件に対応できるようにした。

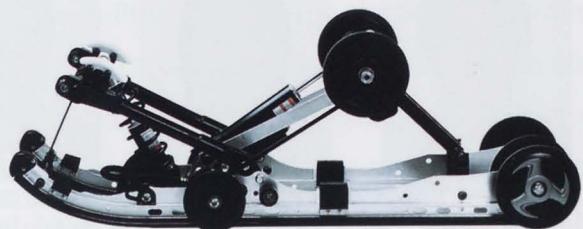


図10 リヤサスペンション

#### 4.5 外装部品

一目でスノークロスレースをイメージさせるアグレッシブなデザインとともに、小型2灯ヘッドライト、樹脂製ヘッドラントステー、LEDテールランプ等の採用をはじめ、徹底的な軽量化を行った。また、ライダーに触れる部分の形状については、エルゴノミクスの最適化のために、機能面からの要求をデザインと融合させることで完成させた(図11、12)。



図11 樹脂製ライトステー



図12 シュラウド

## 5 おわりに

2ストローク有利とされている Rough Trail カテゴリーにおいて、当社が4ストロークで挑戦する本モデルは将来のスノーモビルの試金石となる。その高い目標を達成するため、開発当初より社内外の関係各位の多大なご協力、ご支援をいただいたおかげで、初年度のWPSAにおいて4ストローク初の優勝という快挙も達成できた。皆様にはこの誌面を借り、心より御礼申し上げます。

今後も、お客様のスノーモビルの楽しみ、感動と、環境等の社会的要請を高い次元で両立するモデルとして、技術の向上とともに熟成を図って行きたいと考えている。

### ■著者



西嶋 進一  
Shinichi Nishijima  
RVカンパニー  
RV開発部



今村 高志  
Takashi Imamura  
RVカンパニー  
RV開発部



宮崎 政直  
Masanao Miyazaki  
RVカンパニー  
RV開発部



衛藤 豊周  
Toyochika Etou  
RVカンパニー  
RV開発部



澤淵 敦志  
Atsushi Sawabuchi  
RVカンパニー  
RV開発部



泉 徹  
Tooru Izumi  
RVカンパニー  
RV開発部



佐藤 隆行  
Takayuki Satou  
RVカンパニー  
RV開発部



高橋 優輔  
Yuusuke Takahashi  
MC事業本部商品開発統括部  
コンポーネント開発部



高柳 智一  
Tomokazu Takayanagi  
MC事業本部商品開発統括部  
コンポーネント開発部



# 製品紹介

## サロンクルーザー SC-30

The "Salon Cruiser" SC-30

福山 美洋 薄 雅弘 箕浦 実 高木 敏幸 曽我 和宏



図1 SC-30

### Abstract

At present (2007), large-class pleasure-use boats are selling well on the domestic Japanese market primarily to affluent customers. Within this market, Yamaha Motor Co., Ltd.(YMC) is also devoting concerted efforts to the development of mid- and large-sized pleasure-use models as well as import sales of foreign models of these classes. Also, as opposed to the sport fishing type cruiser models exemplified by Yamaha's Y-32C that have long dominated a large share of the demand, we are now seeing a revival in the popularity of "salon cruisers" with finely-appointed luxury interiors that are not used primarily for fishing. As the first step in re-establishing its lineup of salon cruiser models, which had formerly been completely eliminated, YMC has developed the new model "SC-30" in anticipation of a continued growth in demand for models that cater to marine life centered around cruisers that offer luxurious cruising and on-board stays.

### 1 はじめに

2007年現在、国内では、主に高額所得者対象の大型プレジャーボートが好調な売れ行きを示し、ヤマハ発動機(以下、当社)としても中大型クラスのプレジャーボートの開発、および、輸入販売に注力している。また、一時はY-32C(図2)に代表されるスポーツフィッシング(以下、SF)タイプのクルーザーが必要の多くを占めていたが、関東を中心に行きを主目的にせず、豪華で上質な室内空間を持つサロンクルーザー(以下、SC)タイプの人気が再燃してきた。過去全てのSCラインナップを廃艇としていた当社だが、今後さらに拡大するであろう滞在型クルーザーライフへ向けてのSCラインナップ構築のさきがけとして、本艇SC-30(図1)の開発に至った。



図2 Y-32C

## 2 商品コンセプト

過去当社で開発したフライングブリッジ(以下、FB)<sup>\*</sup>付きSCタイプは、全長10mのSC-32が最小であった。そもそもSCタイプは広いメインサロンとトイレルームや寝室、キッチンなどの設備を一通り持つ豪華な居住空間が特徴であり、その上エンジンルームやエアコンなどの大型電装機器スペースなども確保しないといけないので、おのずと船体が大型化する。本艇は船体実力長として9mの長さしかない。このサイズで「SC」の称号を冠するにはどうあるべきか、まずはコンセプト創出技法を用いて、本艇の機軸として決して譲れない「10の最重要要求品質」を抽出した(表1)。

また、本艇以前の最小FB付きSCモデル「SC-32」と比較した主要諸元を表2に示す。

<sup>\*</sup>FB:キャビンのルーフ部に設けられた操船席

表1 最重要要求品質と開発艇への具現化項目

最重要要求品質	具体的に実現できた項目
優越感に浸れる自他共に認める外観デザイン。	流麗な曲線で表現したヨーロピアンデザインとプライバシーガラス採用。
気軽に上がり下がりできる FB 階段だ。	ラダー(はしご)を廃し、FRP一体型階段の採用。
FB に居たまま冷たい飲み物が取り出せる。	FB クーラーボックス標準。冷蔵ユニット追加可能。
楽にアクセスできるスタンデッキだ。	大型昇降ステップ、トランサムゲート(後門)、スイミングラダー標準。
室内の気温が常に調整でき快適。	エアコン標準。新開発 AC100V 電源システム搭載。
乗員全員がわいわいできる FB である。	FB 定員 5 名。背もたれ可動式ナビシート採用。FB テーブル標準。
女性に喜ばれる清潔感豊かなトイレルーム。	天井高 170cm。ミラー付き大型ロッカー、人工大理石カウンター採用。
容易に着岸できるシステムがある。	バウ(船首)スラスター標準。スターン(船尾)スラスター追加可能。
人を招いて自慢できる雰囲気の良いキャビンがある。	人工大理石カウンター、テーブル採用。ゼブラノウッドの家具。パッド多用による FRP 面の隠し。間接照明のメニュー化など。
船内泊の気分にさせる室内レイアウトである。	仕切りを設けることによる、オーナーズルーム個室化。

表2 主要諸元(SC-32との比較)

	SC-30	SC-32
全長	9.78m	11.07m
全幅	3.20m	3.31m
艇体重量	4,232kg	3,400kg
総トン数	6.4ton	8.1ton
搭載エンジン	VOLVO-D3-190A	VOLVO-AD41B
最高出力	140kW (190ps) × 2	147kW (200ps) × 2
燃料タンク容量	510L	600L
清水タンク容量	86L	100L
定員	12名	12名
最高速力 (参考値)	31.8kt (58.9km/h)	32.5kt (60.2km/h)

### 3 快適なレイアウトと装備

SCタイプには、ただ海上を走り回るだけでなく、停泊して船上の内外でくつろいで楽しめるレイアウトや装備が求められる。「快適性」をキーワードに実現できた仕様の一部を図3に示した。表2の幾つかの項目に対応しているので見比べて頂きたい。

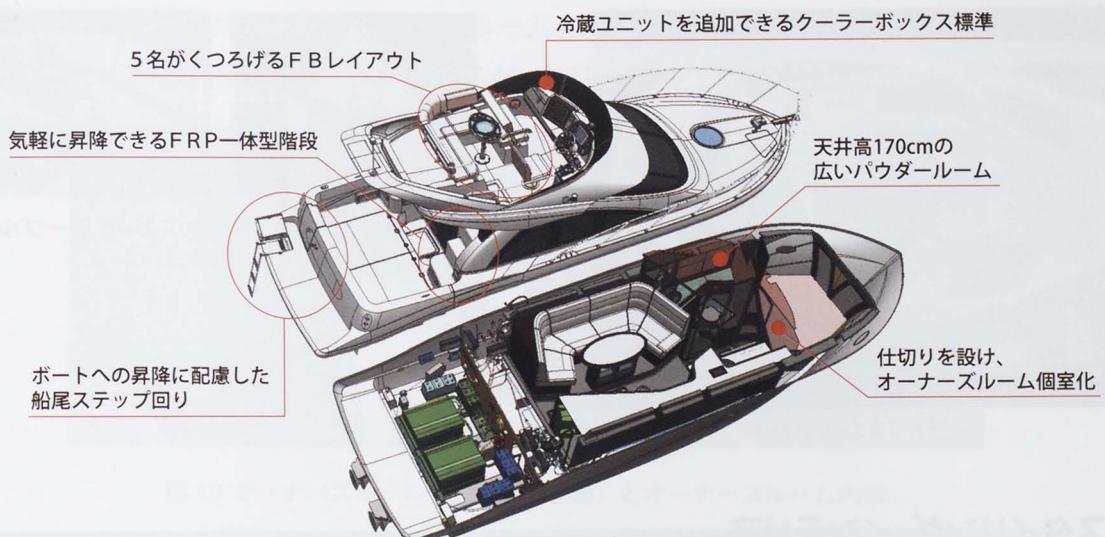


図3 仕様解説

ここで重要なのは女性や子供など、性別年齢問わず便利であり、快適であるということと、乗船者が孤立せず、皆が一緒に楽しめるレイアウトであることである。いつもは最小限スペースとして虐げられるトイレルームも、本艇では170cmの天井高を持ち、ミラー扉付きロッカーや人工大理石のカウンタートップをふんだんに用い、ドライヤーも使用できる、女性のパウダールームとして重宝されるスペースとした(図4)。桟橋からの乗り降りに便利な大型トランサムステップとゲートの標準装備、そしてFBへの昇降は従来のラダーステップ(はしご)式から、気軽に昇降できる階段式とした(図5)。また、FBの座席数が少ないと航走中は運転者のみが孤立し、残りの乗員は全て室内に留まってしまう傾向がある。



図4 パウダールーム



図5 従来のラダーステップと FRP 一体型ステップ

## 製品紹介

本艇では、クラス最大の5人分の座席を用意し、航走中は全員前向きに、停泊中には全員向い合って座れるようナビシートを可動式にした、ゆったりしたFBレイアウトを採用した(図6)。冷蔵機能を付加できるクーラーボックスやFBテーブルを標準にするなど、このクラスの国産艇では例がない新しい試みも織り込まれている(図7)。



図6 FB レイアウト



図7 クーラーボックスと FB テーブル

#### 4 スタイリング、インテリア

デザイナーが描き上げた、ヨーロピアンテイストあふれる流麗なスタイリング(図8)は、今までの当社モデルにないものであったが、設計陣としてもその美しい外観に呼応し、新しい部品の採用や仕上げ処理の工夫を行った(図9)。

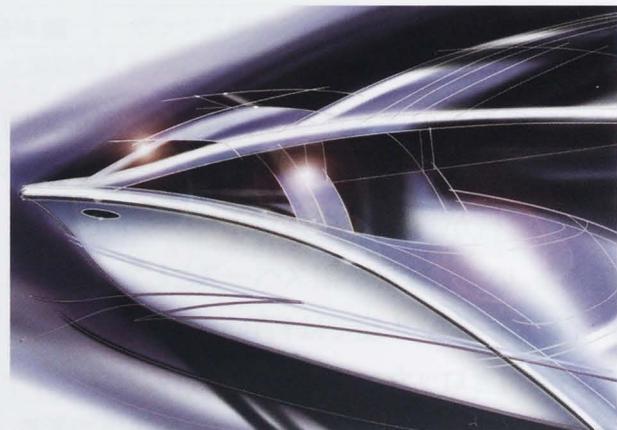


図8 イメージスケッチ



図9 外観部品のポイント

上下に鮮やかなコントラストを持つインテリアは、メラミン素材のゼブラノウッドを横目に使った家具類により、前後に奥行きのある伸びやかな室内空間を表現した。サイドカウンターやテーブルは人工大理石とし、天井などはパッド類で覆うことにより、FRP面がほとんど見えない上質な仕上がりとなった。また、メインサロンとバウバース(船首寝室)の間に扉付きの仕切り壁を設けた。このクラスのボートではあまり仕切りは設けないが、バウバースがオーナーズルームとして独立していることは購入対象者の夢であり、レイアウトを工夫して最小限のスペースではあるが、実現することができた(図10)。



図 10 オーナーズルームへのドア（正面）とオーナーズルーム内部

## 5 テクノロジー

### 5.1 ダブルスラスター

SFタイプに対し、SCタイプを求める顧客は新規の割合が高く、かつ操船練度の低い人が比較的多い。操船で最も経験を必要とするのが着岸であり、実際に着岸に苦労する光景をマリーナで何度も目の当たりにして「離着岸システム」を最重要要求品質に加えた。

スラスターは電気モーターでプロペラを駆動し、左右の推進力を発生させる装置であり、通常、船首喫水下に装備する。大型艇ともなると船尾にも装備されるが、9mクラスで、しかも船尾にエンジンとドライブを有する船内外機ボートでの前後スラスター採用は世界でも例が無いと思われる。



図 11 ダブルスラスターによる着岸イメージ



図 12 船尾スラスター（正面と側面）

最も苦労したのが船尾スラスターのセッティングであり、具体的にはプロペラ軸を船体のセンターラインに据えられない(2基のメインエンジンの間にスラスターを設置したがスペース的に自由度がない)ことによる左右の推力差と、ドライブの抵抗などによる船首スラスターとの前後推力差をいかにバランスさせるかにあった。いくつかの試行錯誤の結果、トンネルの出口形状を非対称にして左右の推力バランスを調整したのと、トンネル出口のエッジをラッパ上に開くことによって効率を上げ、船首スラスターの推力に近づけることで着地した。

## 5.2 AC100V電源システム

ボートで交流電源を確保するというのは非常にコストが掛かり、当社でも最近になってやっと小売3千万円クラスのボートに、軽油で駆動する交流発電機を標準装備できるようになった。それ以下の発電機スペースを有さないボートは、桟橋に設置された交流電源供給ポスト(以下、陸電)からコードを伸ばして接続することで交流電源を得ているが、当然停泊しているときにしか使用できない。エアコンについては自動車と同様エンジン駆動式エアコンを搭載する方法はあるものの、陸電では駆動できないので空調したいときは常にエンジンを回さねばならない。我々は本艇に採用したエンジン、ボルボD3のオルタネーターが低回転域から高い発電力を持つことに注目した。このオルタネーターと、直流電源(バッテリー)から交流電源に変換するインバーターとの組合せでシステムを構築することにより、発電機スペースを省略でき、最小SCタイプでありながら恵まれた居住性を獲得しつつ、交流電源を確保することに成功した。**図13**に本艇に採用したAC100V電源システムの概念図を示す。

本システムのメリットを整理すると、

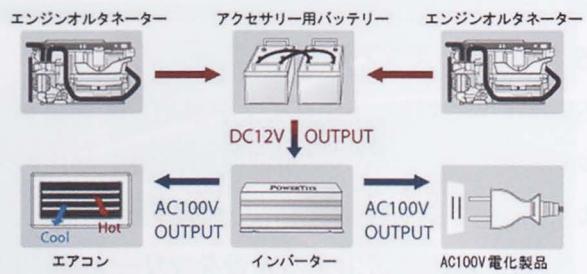


図13 AC100V電源システム概念図

- ① エンジンサイズと合せて省スペースであること
  - ② 使用制限はあるものの、航走中はアイドリング回転でも交流家電製品やエアコンが使えること
  - ③ 陸電のあるマリーナではエンジンを切った状態でもエアコンや家電製品が使えること
- となる。また発電機よりもコストが安く、かつ標準設定することにより、価格メリットも高いことを付け加えておく。



## 6 航走性能と船型

SCタイプは走り回る性能よりも停船時の安定性などに重点を置くものだが、本艇では当社従来艇の中からクラス最大幅を持つSC船型をベースにチューニングを行い、静止安定性と航走性能の両立を図った。図14に船型チューニングの概要を示す。

安定性と航走性能は相反するものだが、停船時水面に接する面積はきっちり確保し、横安定性を維持。航走時正面から波を受ける船首付近は鋭角のV船型として、着水時の衝撃を緩和することで両性能を達成した。また、コーススタビライズドキール(つまみ出し)を付加し、走行中の直進性や離着岸性などの使い勝手の向上にも配慮した。



図 14 船底形状と特徴

## 7 専門誌取材と発表後の初期評価

発表と同時にボート専門誌の取材を受けた。プレス関係者3名のうち、2名に5点満点を頂き(1名は4.5点)、過去取材艇の最高点を得た。また、発表後の一般客試乗会でも常に好感触を得ており、今後の販売への手ごたえを充分に感じさせる上々の評価となっている。SCとしての優雅な内外装、満載した新機軸機能やアイテムの数々、滞在型強調のみならず、航走性能も及第点であること全てが認められている結果だと思われる(図15)。



図 15 航走状態とメインサロン

## 8 おわりに

発表試乗会に立ち会ったときのひとコマであるが、ダブルスラスターを用い着岸を実演したとき、ボートをよく知っているお客様からは常に感嘆の声が挙がっていたが、一部新規のお客様には、「え?今までのボートには付いてないの?」という雰囲気のコメントを頂いた。ボートの開発に長く携わると、「世の中の当たり前」と「ボートの当たり前」との間にギャップがあることを忘れがちである。今回の評価に満足せず、常に世間の常識やトレンドを敏感に感じ取りながらニーズを具現化し、顧客満足度を向上させてていきたい。

### ■著者



福山 美洋  
Yoshihiro Fukuyama  
国内マリン事業部  
第2事業推進部



薄 雅弘  
Masahiro Usuki  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発部



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



高木 敏幸  
Toshiyuki Takagi  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発部



曾我 和宏  
Kazuhiro Soga  
国内マリン事業部  
舟艇製品開発部



# 製品紹介

## ヤマハビルトイン型浄水器 OH-B10J

Yamaha's built-in type water purifying system OH-B10J

大橋 喜四郎 上川 秀哉 山下 良造



図1 ヤマハビルトイン型浄水器 OH-B10J (キッチン施工イメージ)

### Abstract

Amidst the growing interest in healthy lifestyles and diets, there is an increased concern about the safety of drinking water and its role in a healthy lifestyle. This is helping to make water purifiers a common household item. Also, amidst social trends like the increasingly lower child-birth rate and the aging of society, there is demand not only for healthy drinking water but also for water purifying systems that are easier to use and easier to maintain.

To answer these needs, Yamaha Motor Co., Ltd. has developed and released on the market a completely new type of built-in water purifier that not only provides safe, delicious water but is easy to use and features a filter cartridge that is easy to replace. Here we introduce an outline of this new built-in type water purifier.

### 1 はじめに

近年の健康ブームにより、飲料水に対する安全指向や健康指向が一層の高まりを見せ、浄水器は一般家庭にも定着しつつある。これに加えて最近では、少子化や高齢化にともない、飲料水に対する安全指向のみならず、浄水器の使い勝手の良さやメンテナンスが容易であることが、一層求められている。

こうした状況を踏まえて、安全でおいしい水を提供するとともに、使い勝手が良く、浄水カートリッジの交換が容易な、従来とは全く異なるビルトイン型浄水器(図1)を開発し、市場導入した。今回は、このビルトイン型浄水器について、概要を紹介する。

## 2 開発のねらい

従来のビルトイン型浄水器は、キッチン下キャビネット内に浄水器が設置され、「キッチン天板上はすっきり」というのがセールストークであったが、浄水器はキャビネットの一番奥に設置されるため、浄水カートリッジの交換は、キャビネット内の荷物を全部出してから行わなければならず、高齢者のみならず若年の主婦でも大変な作業であった。

こうした背景もあり、「今後求められる浄水器とは」をテーマに新モデルの開発に着手した。次の6項目を重点目標とし、開発を進めた。

- (1) 浄水カートリッジ交換が容易であること(キッチンの下に潜り込まず、キッチン天板上でカートリッジ交換ができるようにする)
- (2) 使い勝手が良いこと
- (3) 浄水性能は、既存の高除去性能タイプと同じとすること
- (4) カートリッジ寿命は1年とすること
- (5) カートリッジ交換時期が分かるようにすること
- (6) 施工が簡単で、設置スペースを取らないこと

## 3 製品概要

本製品の主要構成部品は、水道水中の不純物を取り除く浄水カートリッジ部、浄水カートリッジの収納容器を兼ねた電子水栓部、浄水の吐水／止水を行う電磁弁、および、電磁弁を制御する制御基板を一体化した電磁弁ユニットより構成されている。

浄水の吐水／止水は、電子水栓部の操作パネル(図2)の「出・止」ボタンにより電磁弁を開閉することで行われる。また、浄水カートリッジが寿命に達すると赤ランプが点灯し、交換時期を知らせる。

浄水カートリッジが電子水栓に内蔵されているため、浄水カートリッジの交換は、電子水栓のキャップを外すだけで、天板上で容易に交換ができる(図3)。表1に製品仕様を示す。また、以下に主要構成部品ごとに詳細を説明する。



図2 操作パネル



図3 カートリッジ交換イメージ

表1 仕様諸元表

使用周囲温度	0°C～+40°C(凍結なきこと)	
保存温度範囲	-5°C～+60°C(但し、排水乾燥状態)	
本体使用水温	35°C未満	
使用可能な最小動水圧	0.07MPa	
水栓部	取付方式 下面施工方式(馬蹄パイプ使用)	
	取付孔径 Φ36～38mm	
	吐水口 回転式	
	寸法(座面径×全高さ) Φ56mm × 252mm	
電磁弁	定格 AC100V、4.5/3.5W、50/60Hz	
	待機時消費電力 約0.5W	
ユニット部	本体寸法(幅×奥行×高さ) 電磁弁ユニット 181mm × 71mm × 113mm	
	重量 電磁弁ユニット 約0.7kg	
	連続使用可能時間 約15分	
	電源コード長さ 約1.0m	
浄水カートリッジ部	電源保護装置 ガラス管ヒューズ: 5.0A	
	浄水カートリッジ品番 JC-B10	
	ろ材 不織布、活性炭、中空糸膜、イオン交換樹脂	
	除去対象物質 遊離残留塩素、配管等よりでる赤錆、水中の濁り、総トリハロメタン、CAT(農薬成分)、溶解性鉛	
	ろ過流量 2.0L/分(0.1MPa 20°C時)	
浄水能力	遊離残留塩素(2ppm) 3,800L	JIS S 3201に準拠 (ろ過流量: 2.0L/分時)
	濁り(2度) 3,800L	
	総トリハロメタン 3,800L	
	CAT(農薬成分) 3,800L	
	溶解性鉛 3,800L	
浄水カートリッジ部	浄水カートリッジ寸法 Φ43mm × 300mm	
	毎日放流時間 10秒以上	
	浄水カートリッジにおける交換時期の目安 約12ヶ月(1日10L使用の場合)	
	浄水カートリッジ重量 約150g(未使用時)	
	除去できない成分 水の中に溶け込んでいる溶解性鉛以外の重金属イオン、硬度成分、塩分、0.1ミクロン(1/10,000ミリ)以下の粒子等	

### 3.1 浄水カートリッジ部

浄水カートリッジは、大きなゴミを取り除く不織布、発がん性が疑われるトリハロメタン類、カルキ臭を取り除く活性炭、水道配管から溶出する鉛を取り除くイオン交換樹脂、および、鉄錆などの小さな粒子を取り除く中空糸膜から構成されている。

浄水カートリッジは、キッチンのデッドスペースに収納できる小型で、かつ高性能なものになるよう検討を重ねた。小型化は、活性炭の充填ケースを改良し、実現させた。ケースそのものを不織布で成形し、従来の樹脂に不織布を貼り合せたものより厚みを押さえることができた。ケース自体が不織布になったことにより、全面で水を浄化することができ、小型化による流量の低下も抑えることができた。

高性能化は、活性炭表面構造を改良し、除去対象物質と結びつきやすくすることにより、活性炭の単位容積あたりの除去性能を向上させ、実現させた。

### 3.2 電子水栓部

電子水栓部は、浄水カートリッジを内蔵するための容器と外観品質向上のためのクロムめっき樹脂カバーとの二重構造となっている。

この二重構造の空間を利用して操作表示部の操作基板と電磁弁ユニット内の制御基板とを結ぶ電線を通している。浄水カートリッジを内蔵する容器は、耐圧強度を確保するため金属製とした。さらにキッチン天板上と天板下とで異径の円筒容器とし、キッチン天板下のデッドスペースも浄水カートリッジ用スペースとして利用できる形状とした。

また、水栓本体の右側に設けた操作表示部は、水平に対し30度前傾させ、操作性および視認性を向上させている。浄水は、操作表示部の操作ボタンを押すと緑色ランプが点灯するとともに電磁弁が開いて吐水される。もう一度操作ボタンを押すと緑色ランプが消灯するとともに電磁弁が閉じて止水される。

さらに、浄水カートリッジの「寿命お知らせ機能」を搭載しており、浄水カートリッジが寿命に達すると赤色ランプが点滅・点灯し、交換時期を知らせる。浄水カートリッジは水栓キャップ内側に圧入気味に取り付けられているため、浄水カートリッジの交換はキッチン天板上にて水栓キャップを反時計方向に回して水栓キャップと一緒に取り外すことが可能であり、交換作業が容易になった。

### 3.3 電磁弁ユニット

電磁弁ユニットは、浄水の吐水／止水を行う電磁弁、および、浄水器の動作を制御する制御基板から構成されている。電磁弁と制御基板をひとつの筐体に組み込み、一体とすることで、各部を結ぶ複雑な配線を廃し、施工性を向上させた。また、筐体寸法を抑えることにより、キッチン下キャビネット奥のデッドスペースに設置することが可能になった。

電磁弁部では、小型化を図るためにAC100V駆動ソレノイドを採用した。AC100V駆動ソレノイドは、入力電源をそのまま使うことが可能で、電磁弁駆動電圧を生成する回路が不要になり、回路が簡略化できる。また、ソレノイド部もDC駆動のものに比べ小型化できる利点がある。

制御基板部では、AC100V駆動ソレノイドを安全に制御するため電気的安全性に配慮した。制御基板や電磁弁ソレノイド部が浸水しても、感電などの危険が無いように充電部の絶縁、および、電磁弁電源回路の遮断を織り込んだ。制御基板は、ポッティング処理で絶縁し、構造や性能上の理由でポッティング封入できない箇所は、防水仕様の部品や、専用のケースカバーをかけて絶縁した。また、電磁弁に常にAC100Vがかからないように、電磁弁を閉じたときには電源を遮断する回路とした。さらに、電磁弁部にセンサーを配置し、水漏れを検出した場合には電子水栓操作表示部のランプが点滅し、速やかに知らせるとともに、電磁弁開動作を含む全ての動作を受けない制御を織り込んだ。

## 4 おわりに

今回紹介したビルトイン型浄水器は、約5年ぶりのフルモデルチェンジ商品であり、使い勝手、および、メンテナンスにおいて、従来品に対し格段に進歩させることができた。

今後ともユーザーの要望を取り入れ、改良モデルの開発に取り組みたいと思う。最後に、開発にあたつてご協力頂きました関係者の皆様には本誌面を借りて厚く御礼申しあげます。

### ■著者



大橋 喜四郎  
Kishirou Oohashi



上川 秀哉  
Hideya Kamikawa

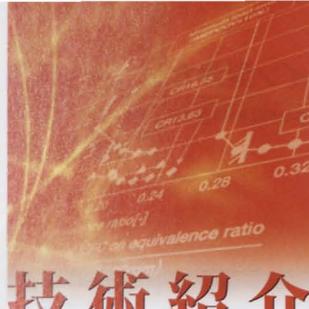


山下 良造  
Ryousou Yamashita

コーポレートR&D統括部  
アクア環境事業推進部

コーポレートR&D統括部  
アクア環境事業推進部

コーポレートR&D統括部  
アクア環境事業推進部



## 技術紹介

# 進化する電磁誘導ゴルフカー「エレキ車」の制御技術

Control technologies in the evolving electric golf cars with electromagnetic-guidance systems

山本聰 三木 将行



図1 ターフライナー G30E

### Abstract

There are approximately 2,400 golf courses in Japan today and about 90% of them use golf cars. Beginning about ten years ago, the courses providing golf car fleets have started introducing golf cars with electromagnetic-guidance systems as a means to attract customers and save on fleet operating costs at the same time. Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) has met the needs of these golf courses initially by supplying gasoline engine golf cars with electromagnetic-guidance systems. Then from 2001, YMC released its first battery-powered electric golf car with an electromagnetic-guidance system. This year, as the time has come for many of these initial golf cars to be traded in to update the course fleets, there is a market for golf cars that offer improved convenience and environmental measures, along even higher levels of functionality, comfort and advanced features.

There has also been a rush of new golf courses opening in South Korea. Almost all of these have a demand for electric golf cars with electromagnetic-guidance systems and YMC released a special Korean market golf car model in 2006.

Amidst these market conditions, YMC has developed the new model "Turf Liner G30E" for release in 2007 as our second-generation electric golf car with electromagnetic-guidance system that meets the needs of today's customers. For this model YMC has also developed a new controller unit, as one of the vital components of the electric golf car. In this report we focus primarily on the main control technologies employed in the Turf Liner G30E.



## 1 はじめに

国内には約2,400カ所のゴルフ場があり、このうち乗用ゴルフカー（以下GC）を導入しているコースは全体の約90%にもなる。導入されているGCの中でも“電磁誘導タイプ”は、ゴルフ場の「集客力の向上」と「経営合理化」の手段として導入されはじめ、早10年が経過した。ヤマハ発動機（以下、当社）は、当初、ガソリンエンジンで駆動する電磁誘導GC（エンジン車）を発売し、さらに2001年にはバッテリーとモーターで駆動する本格的電磁誘導GC（エレキ車）を発売し、ゴルフ場のニーズに合せてきた。昨今、それらのモデルの代替時期になり、GCの利便性の向上や、環境への配慮など、さらに一段上の機能性、快適性、先進性が求められるようになってきている。

また、昨今、ゴルフコースの新設が盛んな韓国では、ニーズのほぼ100%近くが電磁誘導GC（エレキ車）であり、当社は韓国専用モデルを2006年から発売している。

こうした状況の中、お客様のニーズを着実に反映させるため、エレキ車の主要コンポーネントであるコントローラーを新規開発した「ターフライナーG30E（2007年モデル）」（図1：写真は韓国向けモデル）を開発した。本稿では、ターフライナー G30Eの主要制御技術を中心に紹介する。

## 2 開発のねらい

ターフライナーシリーズのエレキ車は、2001年に発売された「G17E」が初代モデルである。その後、2005年にフルモデルチェンジを行い、ロングキャビン、ダブルウィッシュボーンフロントサスペンション、スライド開閉式ウインドシールド、ハイルーフ、ローフロアデザインなどを採用した「G30E」を発売した。そのG30Eの2007年モデルは、お客様のニーズを着実に反映させるため、走行性能やバッテリーマネジメントにこだわって開発している。キーコンポーネントであるEVコントローラーを、ハードウェア、ソフトウェアとも新規開発し、以下の機能・性能の向上をねらった。

- ・微速走行時のアクセル応答性のさらなる向上
- ・より滑らかな坂道発進・停止（マニュアル運転時）
- ・よりスムーズなコーナリング（自動運転時）
- ・充放電制御や残量表示など、バッテリー管理精度向上
- ・韓国向け、国内向けモデルの“2ラウンド”対応
- ・“2ラウンド”に対応するための高精度なバッテリーマネジメント開発
- ・電池状況を見やすくした新ダイアグシステム開発
- ・音声ガイダンス、システムオプションへの対応充実



図2にフィーチャーマップを示す。



図2 フィーチャーマップ

### 3 主な特徴・概要について

#### 3.1 バッテリー(高容量鉛蓄電池)

国内向けモデルの開発では、当初から使用している制御弁式鉛蓄電池(通称:メンテナンスフリー鉛蓄電池)の長寿命化を図ってきた。この電池は液式鉛蓄電池に比べて、補液不要というメリットがあるものの、電池自体の長寿命、高耐久品質が求められるうえに、高精度で緻密なバッテリーマネジメントが要求される。

鉛蓄電池の寿命は、ゴルフ場の起伏、GCの稼動状況により異なる。当社では、日本と韓国で代表的なコースを選択し、電池寿命の調査を行っている。その調査とともに、台上試験機による走行シミュレーションを繰り返し行うことで、メンテナンスフリー鉛蓄電池の特性を最大限に引き出す充放電制御を取り入れ、バッテリーマネジメントのノウハウを取得してきた。

昨今では、調査コース毎のラウンド数や電池寿命年数などのデータが揃ってきた。ある他社モデルとの混走コースでは、電池寿命の実績は3年7ヶ月、1,000ラウンド以上で、他社比ほぼ1.5倍もの実績となるコースもできている。

#### 3.2 新EVコントローラーの仕様

新型EVコントローラー(図3)の筐体は、実績のある基本構成を踏襲し、さらに今後、増加するであろう高容量鉛蓄電池への対応を前提に、充電電流、走行電流アップに耐え得るよう70mm大きくした。ファンも取り付け、放熱性能を上げ、それに伴う湿度、埃対策を施し、高信頼性を図った。

また、ユニットをできるだけまとめてワイヤーハーネスを削減し、部品の見直しによるコストダウンも対応した。

さらに、厳しい代替顧客の要望に対応するため、頭脳であるCPU(コンピュータの中央処理装置)も

16bit処理から32bit処理が可能なものに変更した。この結果、ソフトウェアの処理スピードは現行比の3～4倍になり、当社ならではの繊細な走行、加減速、停止フィーリングの実現が可能となった。

バッテリーマネジメントシステムは、完全に新規開発し、多種の鉛蓄電池を最適に使用できるように充電回路の高機能化、高精度化に対応した。

また、開発要求品質の確実な実現のために、開発者自ら製造ラインに赴き、製造品質への落とし込みを行った。さらに、製造品質を継続して確保するために、生産立ち上がり2ヶ月間の初期流動管理を行った。

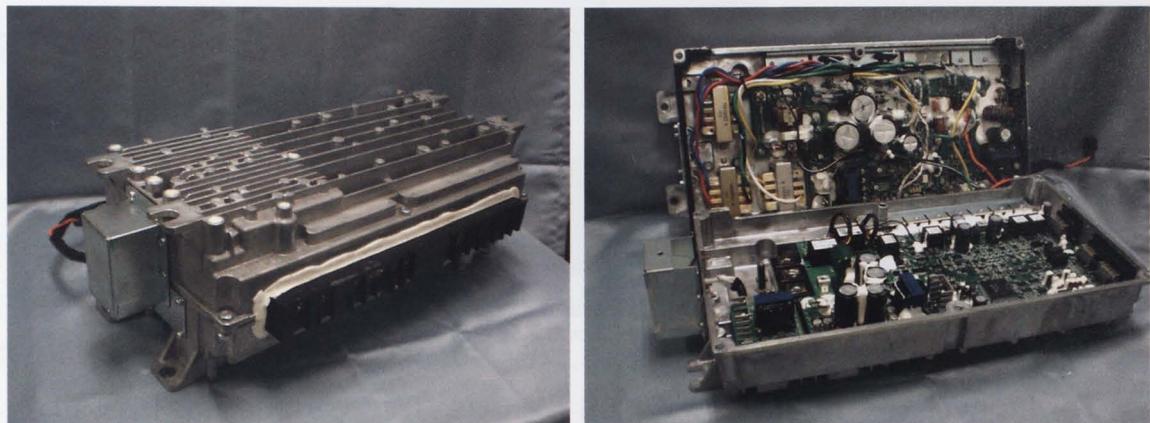


図3 EV コントローラー

## 4 おわりに

エレキ車の需要は、世界レベルでますます伸張していくと予想される。昨年発売したYamaha Motor Manufacturing Corporation(米国子会社)製2人乗りGC「THE DRIVE」も販売好調である。

お膝元である国内、韓国のエレキ車需要も顕著になる中、エレキ車のシェア拡大に向けて、有用な武器となるターフライナーG30Eへの期待も大きい。努力が実り、発売後約半年経過した現時点では、ターフライナーG30Eに対するお客様の評判は、非常に好評である。

今回の開発にあたり御協力頂いた社内外の関係各位に御礼申し上げます。

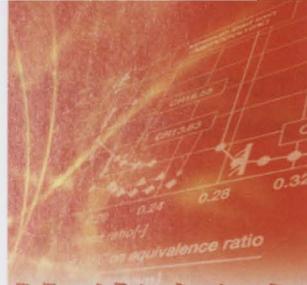
### ■著者



山本 聰  
Satoshi Yamamoto  
RVカンパニー  
ゴルフカー事業推進部



三木 将行  
Masayuki Miki  
RVカンパニー  
ゴルフカー事業推進部



## 技術紹介

# アスタキサンチン含有 ヘマトコッカス藻色素製剤の開発

Development of a haematococcus alga color containing astaxanthin

村神 楠 飯尾 久美子 石倉 正治

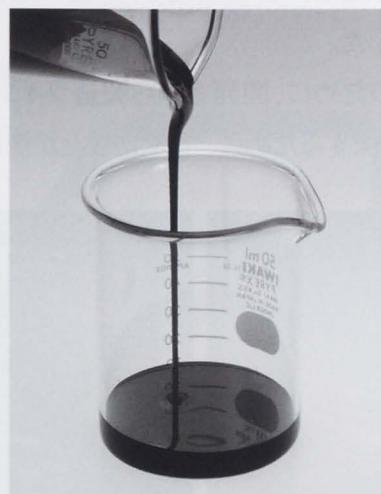


図1 ヘマトコッカス藻色素製剤

### Abstract

Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) has begun sales of a new product that is a *haematococcus alga*<sup>\*1</sup> color extract as of October 2006. This product is an oil made by extracting the active ingredient astaxanthin from *Haematococcus* alga. Astaxanthin is the focus of much attention today as a strong antioxidant.

The antioxidant activity of astaxanthin has been known for some time but until now the limited supply available on the market has prevented it from becoming a viable product. Now, a combination of exclusive YMC technologies has made it possible to develop a method for producing a stable supply of high-quality astaxanthin that can hopefully be used in the future as an ingredient for supplements, specialty beverages and cosmetics in the health food, beauty aid and sports industries.

In this report we introduce the development of this new *haematococcus alga* color. It is a project that succeeded in utilizing technologies originally developed by YMC for mass culturing of algae as a means to deal with the environmental issue of CO<sub>2</sub> fixation. The technology was then applied to the product-development efforts of the company's Life Science division.

### 1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)は、2006年10月よりヘマトコッカス藻<sup>\*1</sup>色素製剤(図1)の販売を開始した。ヘマトコッカス藻色素製剤は、ヘマトコッカス藻(図2)から有効成分であるアスタキサンチン(図3)を抽出したオイルであり、アスタキサンチンは、強い抗酸化力を持つということで最近、注目を集めている素材である。

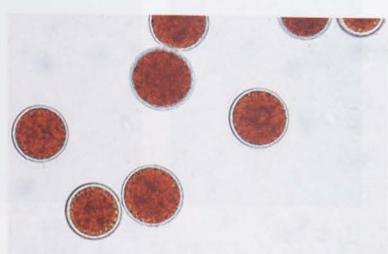


図2 ヘマトコッカス藻の顕微鏡写真



元来、アスタキサンチンが高い機能を有することは知られていたが、市場への供給量が少なかったため、商品化が制限されていた。今回、当社独自の技術を組み合せることにより、高品質なアスタキサンチンの安定した供給が可能となり、今後、健康食品、美容、スポーツ市場等で、サプリメント、ドリンク、化粧品等の原料として幅広い分野での利用が期待される。

本報告では、二酸化炭素低減という環境問題対応への取組みであった光合成藻類の大量培養技術開発を、ライフサイエンス事業に結びつけた成果として、ヘマトコッカス藻色素製剤の開発についてご紹介させて頂きたい。

※1 ヘマトコッカス藻：湖や河川に生息する微細藻類で、クロレラの仲間である。

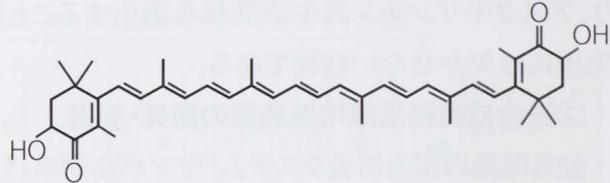


図3 アスタキサンチンの構造式

## 2 アスタキサンチンとは？

アスタキサンチンとは、サケやイクラ、エビ、カニ、海藻などの生物がもっている赤い色素で、ニンジンの $\beta$ -カロテンやトマトのリコピンと同じカロテノイドという天然の成分である。既知の生物では、ヘマトコッカス藻が最も高濃度にアスタキサンチンを蓄積している。この赤い色素はサケの赤味の元であり、サケが産卵時に力強く川を上っていくことができる原因是、激しい運動で発生する活性酸素を除去するアスタキサンチンのパワー（＝抗酸化作用）のおかげであるといわれている。アスタキサンチンは、自然界の中でもこのパワーが非常に高いことで注目を集めており、ビタミンEの1000倍<sup>1)</sup>、コエンザイムQ10の150倍<sup>2)</sup>以上の抗酸化力をを持つといわれている。活性酸素は、ストレス、激しいスポーツ、紫外線、環境汚染、喫煙などにより体内で増加し、生体を構成するタンパク質、脂質、DNA等を傷つけることにより、老化や動脈硬化、ガンなど様々な疾病を引き起す。この有害な活性酸素を除去し、細胞を酸化から守り、身体を若々しい状態に保ってくれるのがアスタキサンチンである。

## 3 製造について

このように素晴らしい能力を持つアスタキサンチンであるが、ヘマトコッカス藻を用いて生産しようとした場合、次のような問題点があった。

ヘマトコッカス藻によるアスタキサンチンの生産には強い光を必要とするため、従来、日照条件のよい低緯度地方で太陽光を使って屋外、場合によっては開放系で培養されるのが主流であった。このため、生産を行っている所は世界でも海外に数箇所しかないのが現状であった。また、この方法は、操作が簡単で設備投資は少なくて済むが、外部からの異物混入や他の微生物の増殖などの可能性が高く、高品質の原料を生産することは困難であった。このような状況を打破するために、当社では様々な検討を行った結果、以下の3つのキーテクノロジーを確立した。

### ①微細藻類高機能株の探索と育種

数ある株の中からより多くのアスタキサンチンを安定して生み出す有望株を探索し育種する技術によ

り、アスタキサンチン高生成能株を選出することに成功した。これは、効率的なアスタキサンチン生産の実現には欠かせない技術である。

### ②光合成微細藻類培養装置の開発・制御

独自開発の屋内培養システム「ヤマハ高効率バイオリアクター」(図4)においては、人工光を無駄なく供給する技術や、培養液を効果的に攪拌する技術により、培養の効率が最大にまで高められている。そして、人工光を用いることで、季節や天候の変化に左右されず、常に安定した藻体生産を行うことができる。また、「ヤマハ高効率バイオリアクター」は密閉式のため外的要因による培養液の汚染等のリスクが少なく、エネルギー効率も考慮して設計がなされている。



図4 ヤマハ高効率バイオリアクター

### ③培養液の制御

藻類が光合成を行うには、光だけではなく水や二酸化炭素、ミネラルといった成分が必要である。培養液に含まれるそれらの成分構成を最適な比率に制御することによって、ヘマトコッカス藻の細胞濃度やアスタキサンチン生産効率を飛躍的に高めることに成功した。

そして、2006年10月には、これらのキー技術を生かした「ヤマハ高効率バイオリアクター」を中心とし、健康食品GMP(適正製造規範)取得を前提としたアスタキサンチン原料工場(図5)が稼動した。リアクターの生産性能を最大限発揮するとともに、水、空気、光にこだわった工場設計を行い、衛生面、省エネルギー、経済性を満足する生産システムを有している。衛生的な環境で製造されることにより、コンタミネーションが少なく、最終的な製品もおいしく味の良い高い品質の原料として供給できている。また、藻の培養からアスタキサンチンの製品化までの全工程を国内で行うことが初めて可能になったことで、品質保証面で競合他社より競争優位に立てる基盤ができあがった。その他、工場の生産体制は24時間稼動であるが、夜は遠隔管理システムによる完全無人運転を行っており、省人化によるコスト削減も達成している。また、工場はモジュール化思想の設計を取り入れ、基準ユニットで増設が可能なため、市場規模の拡大に合わせた迅速な設備増設や工場建設がしやすいことが特徴である。



図5 アスタキサンチン原料工場内観



上記工場で培養されたヘマトコッカス藻からヘマトコッカス藻色素製剤が製品化されるまでには、6つの工程を経る(図6)。全ての工程で、医薬品と同等レベルの厳しい製造管理基準を適用し、培養から製品出荷まで生産出荷履歴を一貫して管理するトレーサビリティーを確立している。

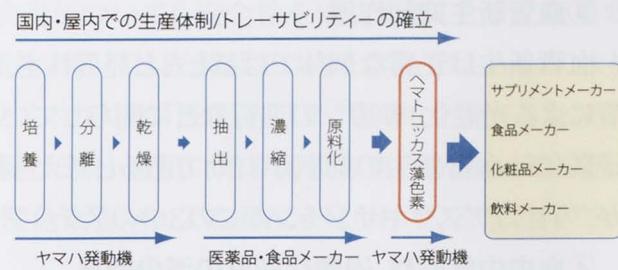


図6 ヘマトコッカス藻色素製剤の製造工程

## 4 アスタキサンチンの持つ様々な活性について

アスタキサンチンは、上で述べたような強い抗酸化力に加え、多様な生物活性(有効性)を持つことが明らかとなってきている。当社も独自にエビデンス(科学的根拠)データを取得しており、アスタキサンチンの持つ可能性を考慮し、新規活性探索を行ってきた。近年では特に生活習慣病の予防や美容効果への関心が高いことから、これらに関連した活性についての当社のオリジナルデータをご紹介させていただきたい。

### ①抗炎症作用

炎症とは、細菌など体にとって有害な物質が体内に侵入した際の生体防御反応として、かゆみ、痛み、腫れなどを生じるものであるが、過剰な炎症反応や慢性炎症は正常な組織や細胞にも障害をもたらし、生活習慣病につながると言われている。炎症の原因物質としては、生体が刺激を受けた際に放出されるプロスタグランジンやインターロイキンなどが知られており、当社はアスタキサンチンがプロスタグランジンを生成する酸化酵素「COX-2」の活性を阻害する作用(図7)や、インターロイキンの放出を抑制する作用を有することを確認した。これらの作用により、アスタキサンチンは炎症を抑える働きがあることが示唆された。

### ②美白作用

肌が黒くなるのはメラニンという黒色色素が生成・蓄積されるためである。メラニンは生体構成成分であるチロシンがチロシナーゼという酵素の働きで酸化されることにより作り出される。アスタキサンチンは、このチロシナーゼの活性を阻害することにより、メラニンの生成を抑え、肌の黒化を抑制する美白作用を持つ可能性が示唆された(図8)。

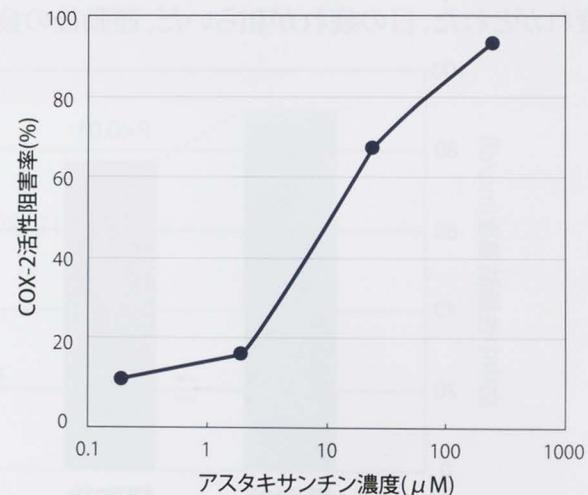


図7 アスタキサンチンによるCOX-2活性阻害

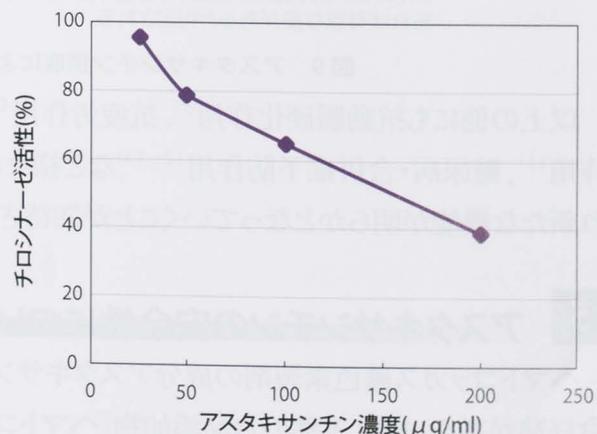


図8 アスタキサンチンによるチロシナーゼ活性阻害

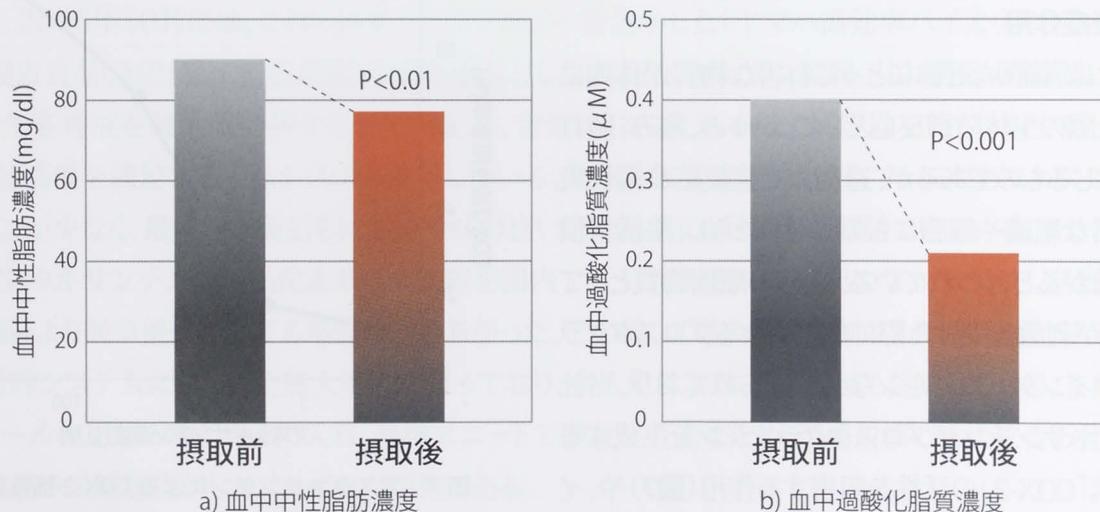
### ③血管新生抑制作用

血管新生は正常な個体ではほとんど見られず、様々な疾病や症状の進行、例えば皮膚の老化(紫外線等による光老化)やガンの進行などに関与していることが報告されている。このことから、老化や疾病的予防には血管新生の抑制が有効であると考えられる。血管新生は大きく分けて3つのステップから成るが、当社はアスタキサンチンがこの3つのステップ全てを抑制する可能性があることを明らかにした。

### ④血中中性脂肪、過酸化脂質の減少効果

過剰な中性脂肪は、善玉コレステロールを減少させ悪玉コレステロールを増加させるなど動脈硬化を引き起こす一因となる。高血圧や糖尿病、脂肪肝の原因となることもあり、メタボリックシンドロームの診断指標のひとつとなっている。また、血中の脂質が活性酸素により酸化を受けると過酸化脂質となって血管壁に障害を与え、他の臓器・組織に損傷を引き起こすことが知られている。これが動脈硬化、心筋梗塞、脳梗塞、糖尿病などの要因のひとつとなっている。

アスタキサンチン(当社製ヘマトコッカス藻色素製剤含有ソフトカプセル:フリーボディアスタキサンチン換算で4mg含有)を1ヵ月間摂取した健康な成人において、血中の中性脂肪及び過酸化脂質量を測定したところ、摂取前と比較して、いずれも減少するという結果が得られた(図9)。その他体感事項としては、疲れがとれた、目の疲れが和らいだ、運動後の疲れが減った、肌がしっとりした、などがあがつた。



※P(値):T検定の結果、偶然に摂取後の平均値と摂取前の平均値が上記の、あるいはそれ以上の差を生じうるとした時に、その偶然が起こりうる確率。P<0.05とは、その確率が5%以下であるということを示し、一般にP<0.05であれば有意な差があると判定される。

図9 アスタキサンチン摂取による血中中性脂肪及び過酸化脂質量の低減

以上その他にも抗動脈硬化作用<sup>3)</sup>、抗疲労作用<sup>4~6)</sup>、免疫賦活作用<sup>7~8)</sup>、抗ガン作用<sup>9~10)</sup>、眼精疲労予防作用<sup>11)</sup>、糖尿病・合併症予防作用<sup>12~13)</sup>など様々な作用が報告されており、今後もさらに研究が進むにつれ新たな機能が明らかしていくことが期待される。

## 5 アスタキサンチンの安全性について

ヘマトコッカス藻色素製剤の成分アスタキサンチンは、サケやカニなどに含まれていることから長年の食経験がある。また、天然の食品添加物「ヘマトコッカス藻色素」として既存添加物名簿にも収載されており、その安全性に関する報告もなされている。しかしながら、近年、食品とりわけ健康食品の安全性に対



する関心がますます高まっていることから、当社製品自身についても安全性を確認することは大変重要であると考えられる。当社で製造したヘマトコッカス藻色素製剤は医薬品ではなく食品ではあるが、より高い信頼性を得るため、医薬品の安全性試験で必須とされている「医薬品GLP<sup>※2</sup>基準」を遵守した試験を実施した。その結果、細菌を用いた復帰突然変異試験、ラットを用いた単回投与毒性試験、13週間反復投与毒性試験全てにおいて、当社製ヘマトコッカス藻色素製剤による毒性は見られず、安全性が高いことが確認された。

※2 GLP:試験の信頼性を保証するための試験実施適正基準

## 6 おわりに

このように、当社独自の技術開発を行うことによりヘマトコッカス藻の効率的な培養に成功、高品質なアスタキサンチンの安定的な供給を可能とした。さらには、生活習慣病の予防の可能性を含め種々の効果効能を明らかとしてきた。今後はさらに多くの技術的データを取得し、アスタキサンチンの有効性をアピールしていく。さらに、様々な形体の食品への応用を可能とする水溶化製剤や、その他の応用製品の開発を行っていく予定である。

### ■参考文献

- 1) Matsuno T and Miki W, *KAGAKU TO SEIBUTSU*, 1990, 28, 219-227
- 2) Ryu:A, *Japanese society for Astaxanthin*, 2005, 11,
- 3) Li W et al., *J. Mol. Cell. Cardiol.*, 2004, 37, 969-978.
- 4) Sawaki K et al., *J. Clin. Therap. Med.*, 2002, 18, 1085-1099.
- 5) Aoi W et al., *Antioxid. Redox Signal.*, 2003, 5, 139-144
- 6) Ikeuchi M et al., *Biol. Pharm. Bull.*, 2006, 29, 2106-2110
- 7) Jyonouchi H et al., *Nutr. Cancer.*, 2000, 36, 59-65.
- 8) Beddedsen M et al., *Immunol. Lett.*, 1999, 70, 185-189
- 9) Tanaka T et al., *Carcinogenesis*, 1995, 16, 2957-2963.
- 10) Chew B P et al., *Anticancer Res.*, 1999, 19, 1849-1853
- 11) Nagaki Y et al., *J. Trad. Med.*, 2002, 19, 170-173
- 12) Uchiyama K et al., *Redox Rep.*, 2002, 7, 290-293.
- 13) Naito Y et al., *Biofactors*, 2004, 20, 49-59.

## ■著者



村神 淳  
Nagisa Murakami



飯尾 久美子  
Kumiko Iio



石倉 正治  
Masaharu Ishikura

コーポレートR & D統括部  
ライフサイエンス事業  
推進部

コーポレートR & D統括部  
ライフサイエンス事業  
推進部

コーポレートR & D統括部  
ライフサイエンス事業  
推進部



# 技術論文

## 吸排気バルブ表面を含むイオンプローブによる筒内噴射ガソリンエンジンにおける火炎伝播計測とノッキング挙動解析

S.I. Engine Combustion Flame Propagation Measurement and Knocking Analysis  
by Ion Current Probes Including Moving Intake and Exhaust Valve Faces

西垣 昌登 田中 大二郎 沖 秀樹 塚原 映

### Abstract

As a form of anti-knocking measure, observation of flame propagation in a combustion chamber was tried. As the technique, an ion-current probe method with our own improved was adopted. Probes were embedded in intake and exhaust valves, which has been considered difficult until now because these are moving parts. Also the total number of probes per one combustion chamber was greatly increased to 92. As a result, it was possible to measure flame propagation with greater precision than conventional measurement techniques. Also, by combining this data with data from two combustion pressure sensors, a method was devised to identify the positions of knock onset, and several knocking behaviors were observed as a result. With these tools, several factors considered to affect knocking were investigated, including supercharging, octane number, air-fuel ratio and engine coolant temperature. In addition the analyses by CFD for the results were also performed.

### 要旨

ノッキング挙動解析の一つとして、燃焼室内の火炎伝播観察を行った。その手法として、独自の改善を施したイオンプローブ法を採用した。これは、従来困難とされた可動部分である吸排気バルブにプローブを埋め込むとともに、総数も1つの燃焼室に92本と大幅に増やしたものである。その結果、従来ない精密な火炎伝播計測を実現できた。さらには2つの燃焼圧センサーの測定結果と組み合せることにより、正確なノッキング発生位置を特定する手法を開発した。これらのツールを活用し、ノッキングに影響を与えると思われる、過給圧、オクタン価、空燃比(A/F)、エンジン冷却水温の感度について調査した。さらにはそれらの結果に対して、CFDによる解析も実施した。

### 1 はじめに

近年、全世界的に燃費向上の社会的要請が高まり、ガソリンエンジンとしては、圧縮比向上、過給ダウンサイ징等の検討が進められている。その際の障害となるのがノッキングであり、ノッキング対策が、燃費向上の鍵を握っているといつても過言ではない。そのためには、ノッキング現象の解明が肝要である。その手法として、我々は、吸排気バルブ表面を含む燃焼室表面に密にイオンプローブを配置し、火炎伝播を精密に計測した。さらには燃焼室内2箇所に燃焼圧センサーを配置し、ノッキング振幅の位相差を利用することで、正確なノッキング発生位置を特定するという手法を開発した。本稿では、これらの手法を用い、燃焼およびノッキングへの影響が大きいと思われる、過給圧、オクタン価、空燃比とエンジン冷却水出口水温について調査した。

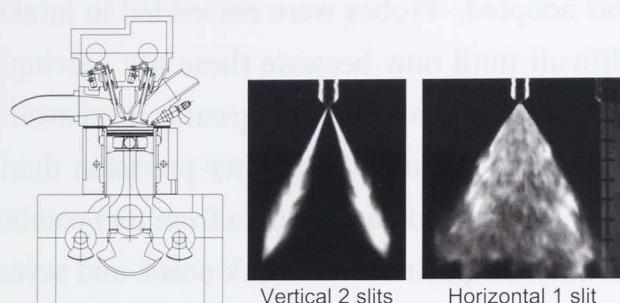
## 2 実験装置および方法

### 2.1 エンジンおよび計測装置構成

実験に使用した単気筒エンジンの諸元を表1に示す。また図1にイオンプローブ計測装置の概要を示す。プローブには-100Vの電圧をかけ、燃焼時の陽イオンを捕捉し、プローブ信号の立ち上がりを火炎到達クランク角としている。また、計測クランク角分解能は0.1°C Aであり、連続した100サイクルを計測している。

表1 Single Cylinder Specifications

Displacement	0.58 L
Compression Ratio	12.5
DI Fuel Injector	Vertical 2 slits or Horizontal 1 slit
Fuel Pressure	12 MPa
Valve Train	DOHC 4 valve
Tumble Ratio	0.65



プローブの配置を図2に示す。プローブは点火プラグを中心同心円状に配置した。特に、従来困難とされた、可動している吸排気バルブ表面にもプローブの埋め込み、燃焼室内の詳細な計測を可能にした。

また、図2右側☆印に示す位置の吸気側スキッシュ表面2箇所に熱電対を埋め込み、先端部を燃焼室側に露出させている。これにより、ノッキング頻度の高い場所での温度を計測すると共に、イオンプローブとしても兼用可能で、我々はこれをハイブリッドイオンプローブと称した。ただし得られる温度は、燃焼ガスのサイクル平均温度とシリンダーヘッドアルミ部の温度との合成となる。

### 2.2 ノッキング発生位置特定方法 (DT法)

2つの燃焼圧センサーA、Bを、図2のように配置することで、ノッキング発生箇所から到達するノッキング振幅立ち上がりタイミングの位相差とイオンプローブによる火炎伝播計測を利用して、正確なノッキング発生位置を特定することができる。これを我々は、DT(Dual Transducer)法と称した。その手法を、図3を使って説明する。

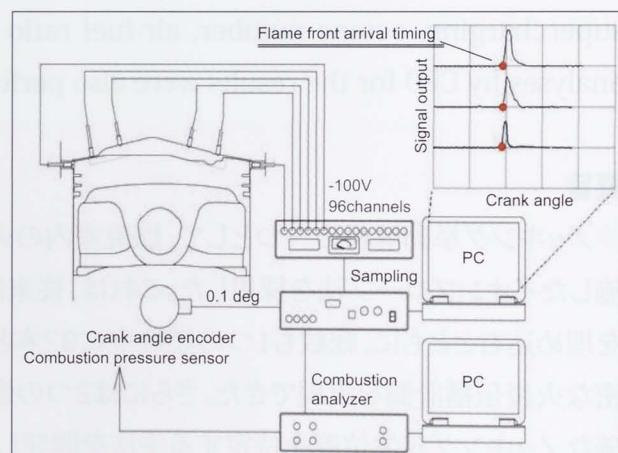


図1 Experimental Instrument

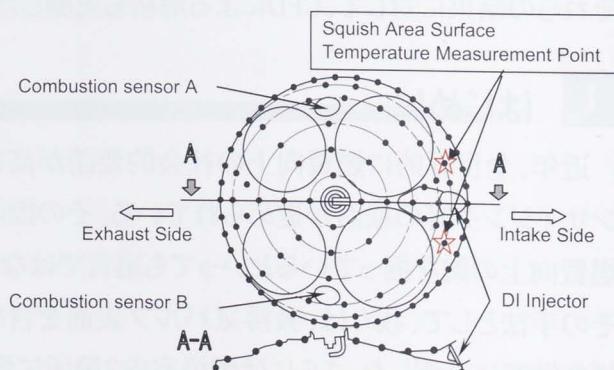


図2 Layout of Combustion Chamber and 92 Ion Probes

- ① ノッキングが発生した場合、それが2つの燃焼圧センサーに対して対称な位置で起きない限り、ノッキングによる急激な圧力変化が起きるタイミングに位相差( $\Delta \theta$ )が生じる(図3左上)。
- ② 燃焼圧からノッキングの発生時期は線  $\theta k1$ (図3の例では、12.7deg BTDC)となるが、実際にはノッキングの起点からセンサーまでの距離による到達ディレーがあるので、それを引いてノッキング発生時期は  $\theta k$ (図3では、12.2 BTDC)と決定される。ただし、このときの音速はCFDの結果から1,000 m/sとした(ノッキングが吸気側のボア付近で起きる場合はほぼ  $\theta d=0.5$ degである)。
- ③ 一方、この位相差は図3右上の式(1)のように計算され、各位相差毎に軌跡にすると図3左下のような曲線になる。
- ④ 次にイオンプローブによる火炎伝播を見ると、この  $\theta k$ の時点で排気側の燃焼は終了しているので、ノッキングは線上の区間  $Lk$  上のどこかで発生していることになる。
- ⑤ 拡大図(図3右下)は火炎伝播等高線を0.1deg刻みで表現したものであるが、 $\theta k$ 以降の火炎伝播を見ると火炎が  $\theta k$ の火炎面からボア端へ向かっていることから、ノッキングの発生位置がCと決定される。

以上から、燃焼圧の位相差とイオンプローブによる火炎伝播計測を利用してノッキング発生位置の特定が可能となった。

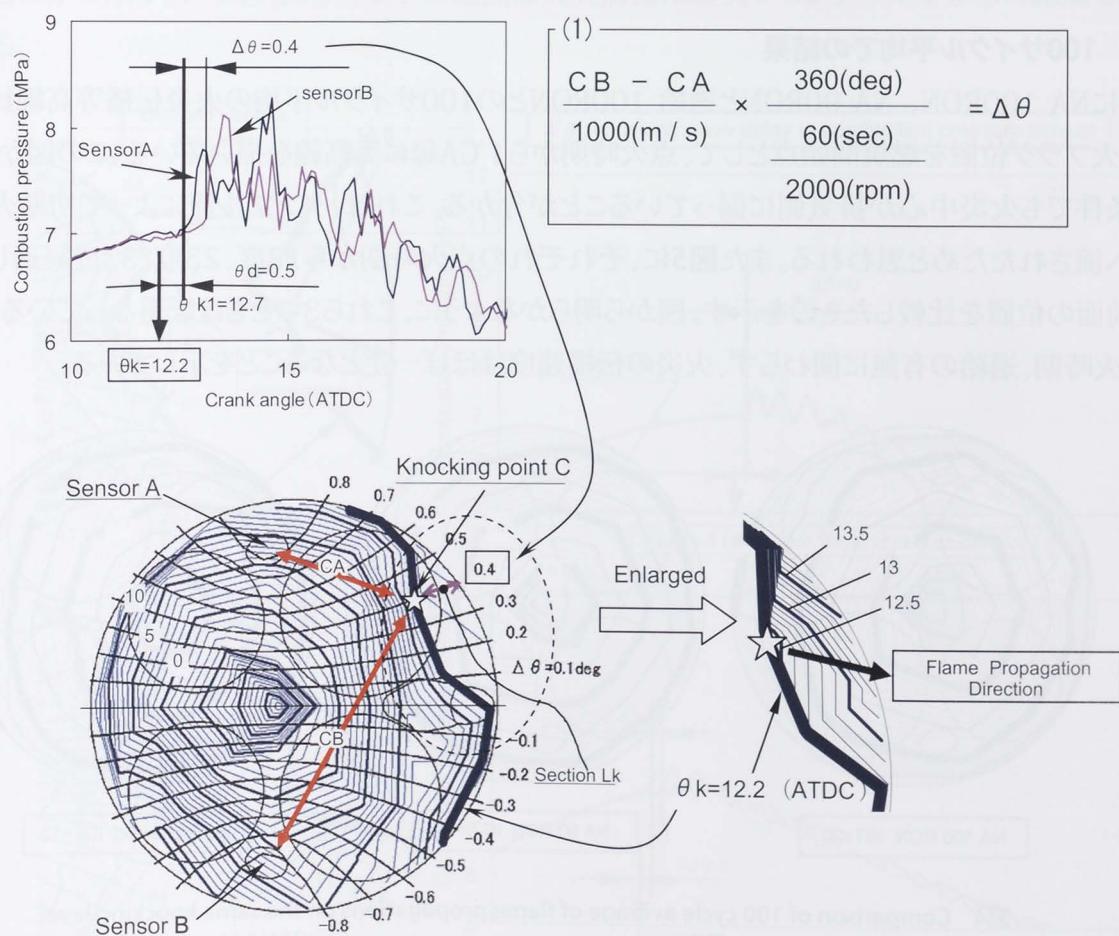


図3 Procedure to Determine the Point of Knock Onset

### 3 実験結果および考察

#### 3.1 オクタン価と過給圧の影響

表2に試験条件を示す。過給機はスーパーチャージャーをモーターで駆動し、過給圧の設定は相対圧で40kPaとした。点火時期は、ノッキング中レベルとなるよう調整した。ノッキング中レベルとは、トレースノッキングより大きめのノッキングであり、レベルの判定は、筒内燃焼圧からのノッキング波形振幅と聴感とを加味して行った。計測サイクルは100サイクルである。

表2 Engine Running Condition 1

Engine Speed		2000 rpm
DI Injector		Vertical 2 slits
Load	NA	WOT
	Supercharged	+40kPa
End of Injection Timing (deg.BTDC)		240
Gasoline Octane Number	NA	90/100 RON
	Supercharged	100 RON
Ignition Timing (IGT) (deg.BTDC)	NA 100 RON	20
	NA 90 RON	13
	Supercharged	12

##### 3.1.1 100サイクル平均での結果

図4にNA 100RON、NA 90RONと過給 100RONとの100サイクル平均の火炎伝播等高線比較を示す。点火プラグ位置を燃焼開始点として、点火時期から1°C A毎に等高線を描いている。この図から、いずれの条件でも火炎中心が排気側に偏っていることが分かる。これは、タンブル流によって初期火炎が排気側へ流されたためと思われる。また図5に、それぞれの点火時期から13度、23度、33度経過した時の火炎前面の位置を比較したものを示す。図から明らかなように、これら3つともほぼ重なっている。すなわち、点火時期、過給の有無に関わらず、火炎の伝播速度はほぼ一定となることを示している。

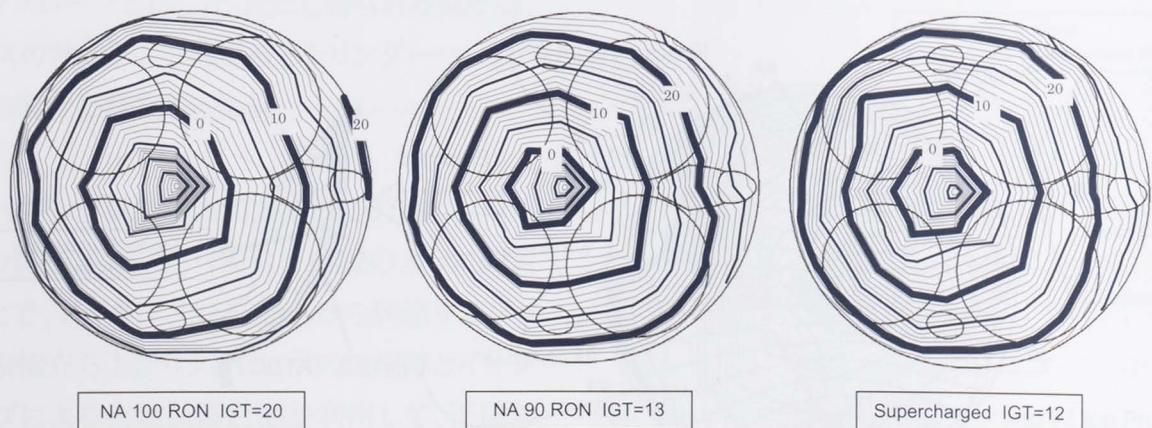


図4 Comparison of 100 cycle average of flame propagations on the same knocking level

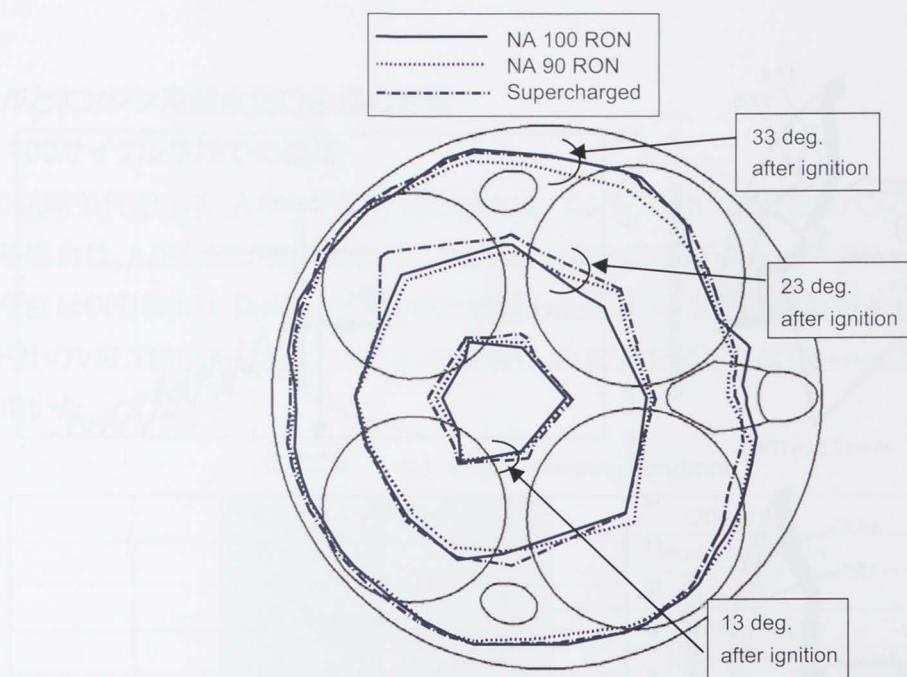


図5 Comparison of flame propagations after the same intervals from ignitions

### 3.1.2 ノッキングサイクルでの結果

図6、7、8に、それぞれNA100RON、NA90RON、過給100RONにおける代表的なノッキングサイクルの例を2つずつ示す。いずれもノッキングの起点は火炎前面にあり、シリンダーボアからの距離もほぼ同じである。

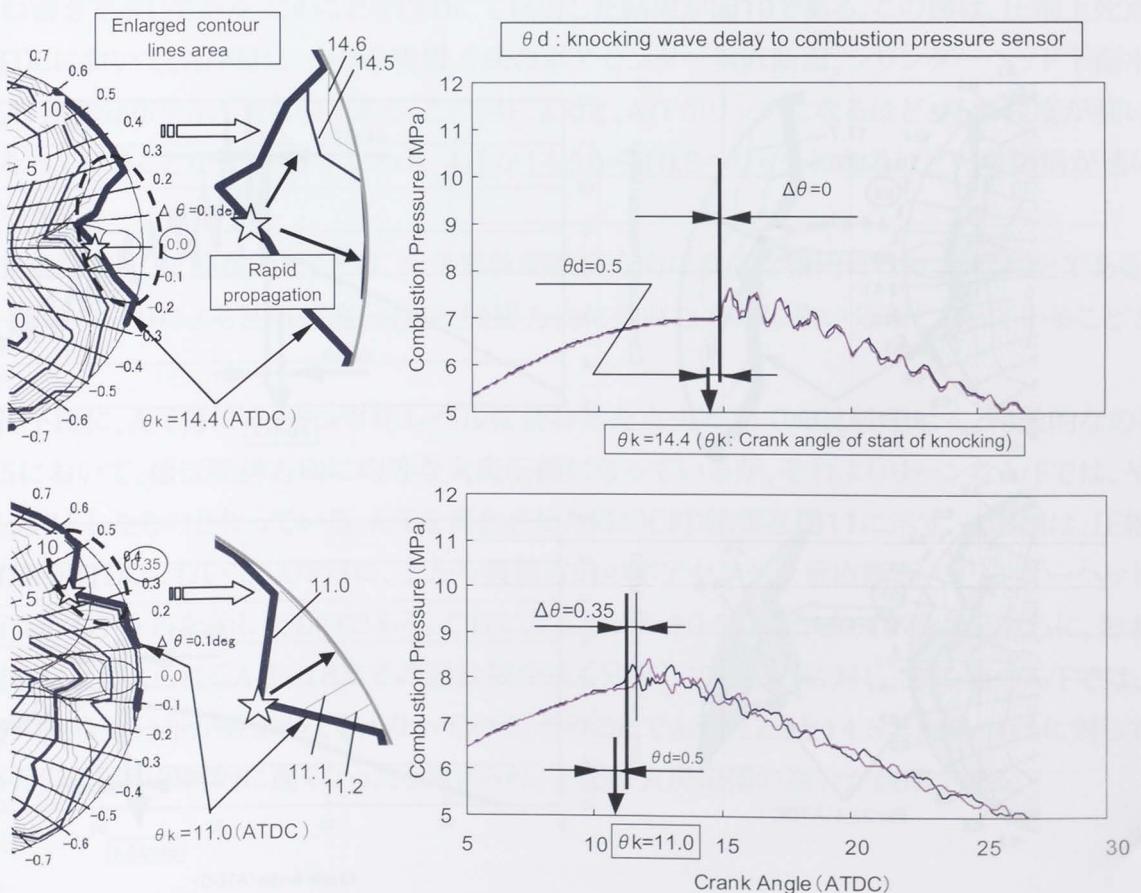


図6 Two examples of knocking cycles by NA 100 RON (IGT=21 deg. BTDC)

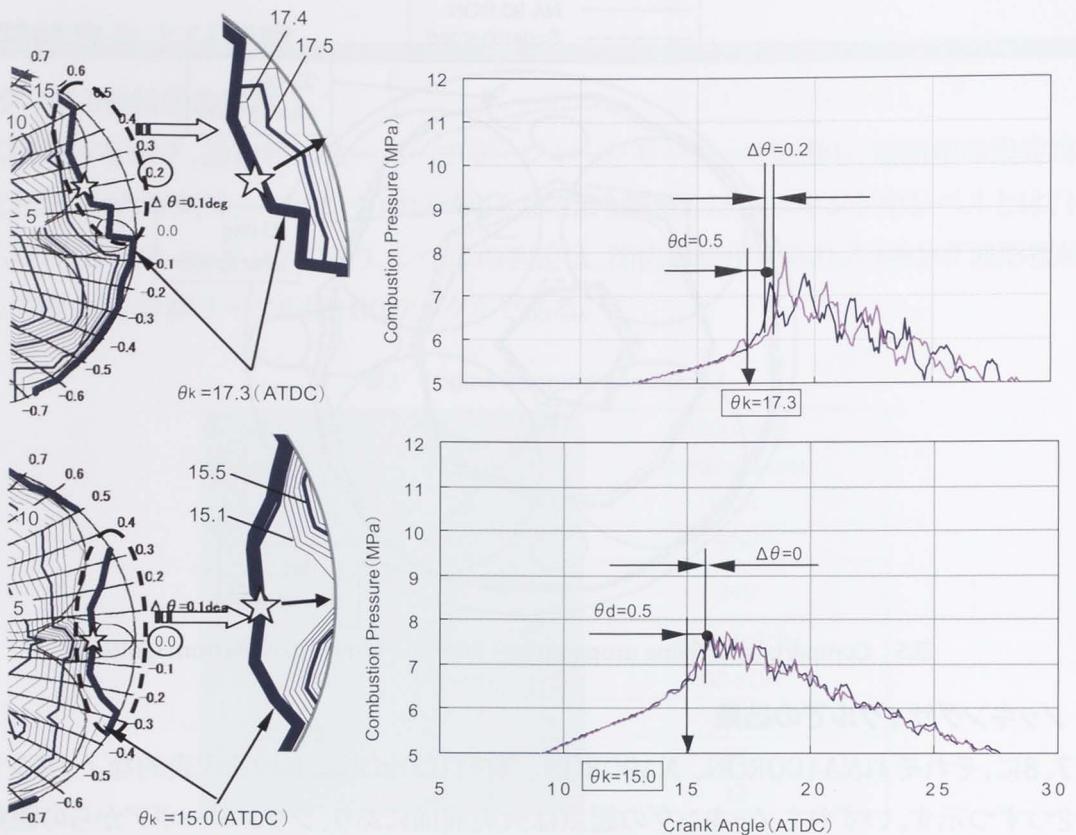


図7 Two examples of knocking cycles NA 90 RON (IGT=13 deg. BTDC)

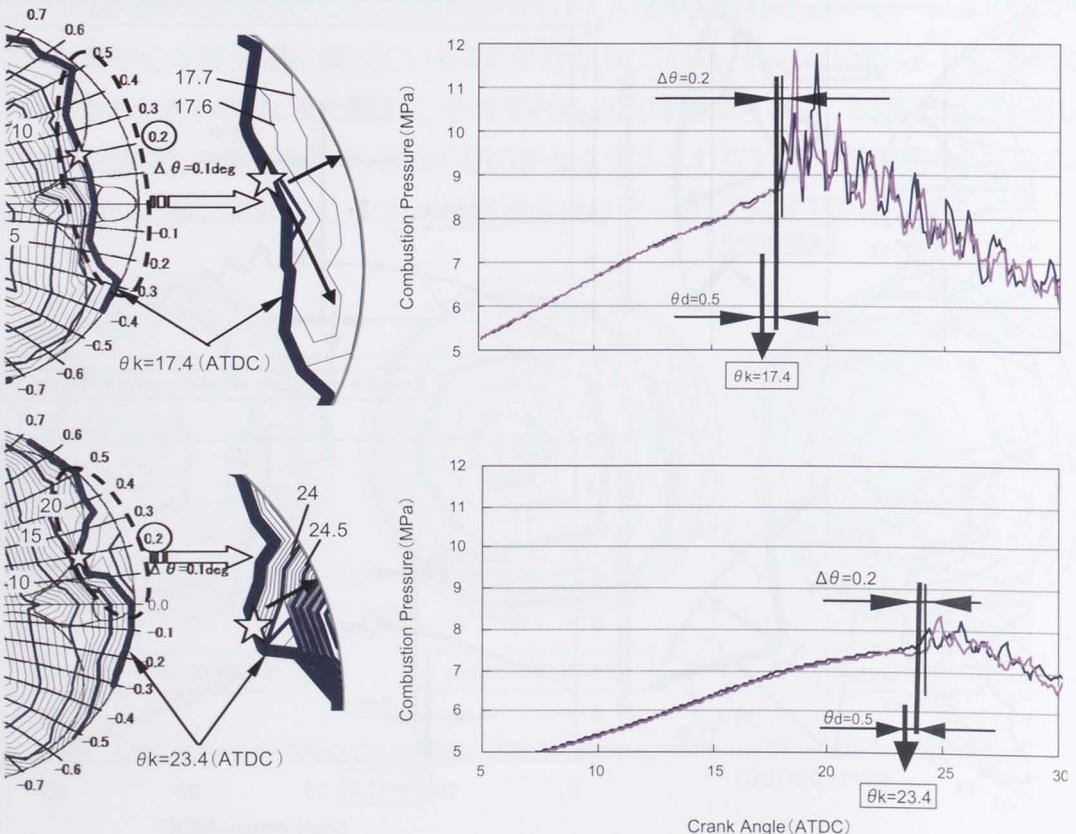


図8 Two examples of knocking cycles by supercharged (IGT=12 deg. BTDC)

### 3.2 A/Fとエンジン冷却水出口水温の影響

#### 3.2.1 100サイクル平均での結果

表3に試験条件を示す。A/Fの影響を見る場合は、エンジン出口水温を90°Cに固定した。また水温の影響を見る場合は、A/Fを12.5に固定し、充填効率が一定となるようスーパーチャージャーで調整した。

また今回はCFDにより、筒内混合気形成と燃焼およびノッキング挙動解析を行った。ソフトウェアにはリカルド社のVECTIS(バージョン3.10.2)を使用し、自着火モデルにはLivengood-Wu 積分着火遅れモデルを用いた。

表3 Engine Running Condition 2

Engine Speed	2000 rpm
DI Injector	Horizontal 1 slit
Load	WOT
End of Injection Timing	180 deg BTDC
Air Fuel Ratio	10.5 12.5 14.5
Engine Coolant Temperature	80°C 90°C 100°C
Ignition Timing	Advance to Medium Knocking Level

図9上段に点火時期を同一(17degBTDC)とした場合の、A/F毎の100サイクル平均火炎伝播比較を示す。例えばTDCの火炎位置(白色のライン)に注目すると、A/Fが14.5から10.5とリッチになるほど火炎伝播が速いことが分かる。分かりやすく表現するために、図9上段右端にクランク角10deg毎に抜粋したものをお重ね書きで示してある。このことをCFDにて検討した結果が図10である。この図は、圧縮上死点前20degBTDCにおいて、A/F毎に、上から吸排方向のボアセンター垂直断面、シリンダーヘッド下面水平断面の乱れ強度分布を示したものである。この図によると、A/Fがリッチになるほど、乱れ強度が強い領域が広くなっていることが分かる。すなわち、A/Fが14.5から10.5へリッチになるほど火炎伝播が速いことが説明できる。

さらに実験結果として特徴的なことは、火炎形状が吸排方向に垂直な橢円になっていることである。このことも、図10のCFDによる乱れ強度分布が、吸排方向に垂直な方向に強い分布となっていることで説明できる。

次に図9下段に、A/F毎にノッキング中レベルに合わせた点火時期での比較を示す。特徴的なのは、A/F=10.5において、ほぼ吸排方向に均等な火炎伝播になっているが、それよりリーンなA/Fでは、やや排気側にシフトしたものとなっている。A/Fを変化させた時のCFD結果を図11に示す。この図は、圧縮上死点前20degBTDCにおいて、A/F毎に、上から吸排方向のボアセンター垂直断面、シリンダーヘッド下面水平断面のA/F分布を示したものである。これによるとA/F=10.5のみが点火プラグを中心に、おおよそ可燃混合気と考えられるA/F=18までの混合気が広く分布しているのに対し、その他のA/Fでは、A/F=18までの混合気分布が吸気側で狭くなっている。このことでA/F=12.5と14.5はA/F=10.5に対して吸気側への火炎伝播が相対的に遅くなつたと考えられ、上記の火炎伝播の違いが説明できる。

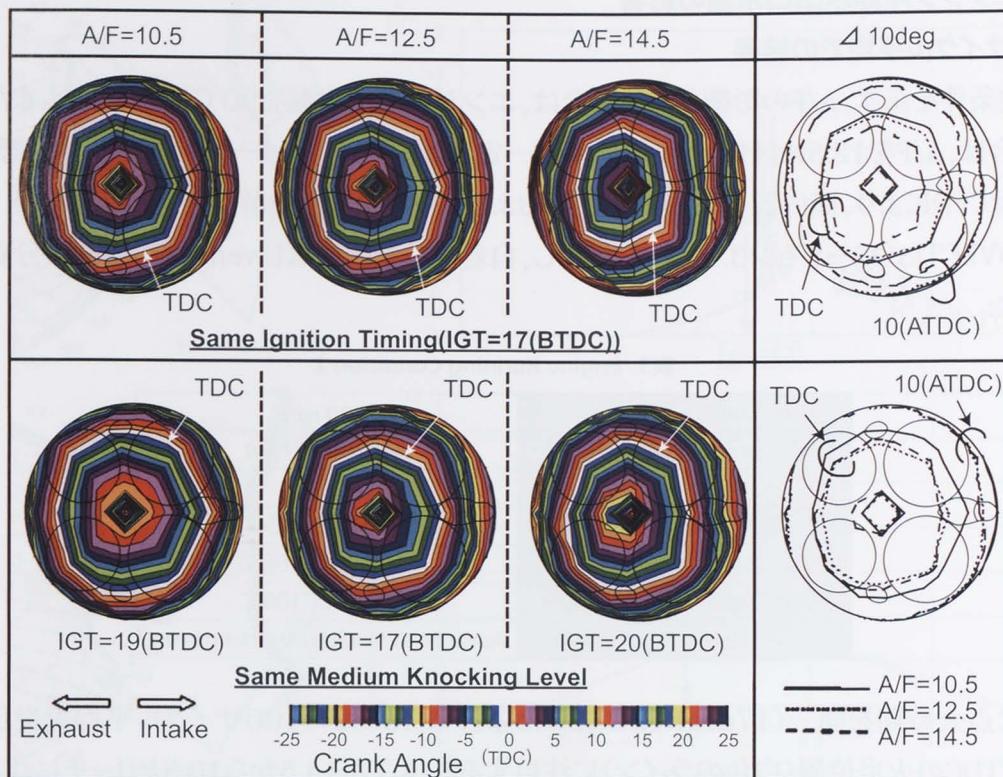


図9 Comparison of 100 Cycles Average of Flame Propagation by Air Fuel Ratio

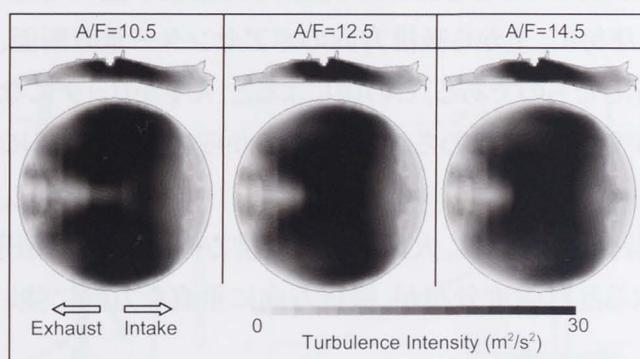


図10 Turbulence Intensity by CFD

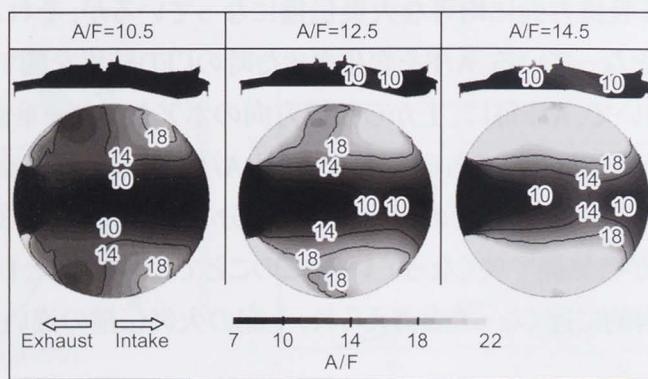


図11 Air Fuel Ratio Distribution by CFD



図12に、A/F毎の、ノッキング中レベルとなるための要求点火時期、指圧線図解析結果等の比較を示す。Knock Onset Timingとは、100サイクル中のノッキング強度上位10サイクルにおいて、筒内燃焼圧のノッキング波形立ち上がりタイミング平均クランク角度を示したものである。また、Squish Tempとは、前述の図2の位置に埋め込んだハイブリッドプローブの温度である。これは前述の通り、先端が燃焼室内に半分露出しているため、燃焼ガス温度とシリンダーへッドアルミ部の温度の合成となる。したがって、絶対値は目安であり、相対値として使用している。総じてA/Fリッチの方が燃焼は速く、ノッキング発生タイミングも早い。しかしノッキング中レベル点火時期としては、A/F=12.5が最も遅角している。これはA/F=10.5は、A/F=12.5に対し、燃焼は速いものの自着火は起きにくいことを示唆している。また、吸気スキッシュ部の温度が、A/Fが14.5から10.5へとリッチになるにつれ高くなることについては、次のように推察する。上述したCFDの結果から、A/Fがリッチな運転条件になるほど吸気スキッシュ部に可燃A/Fが広く分布している。そこから、A/Fがリッチな運転条件ほど高温な燃焼ガスがスキッシュ部へ入り込み、温度が高くなったと推測する。

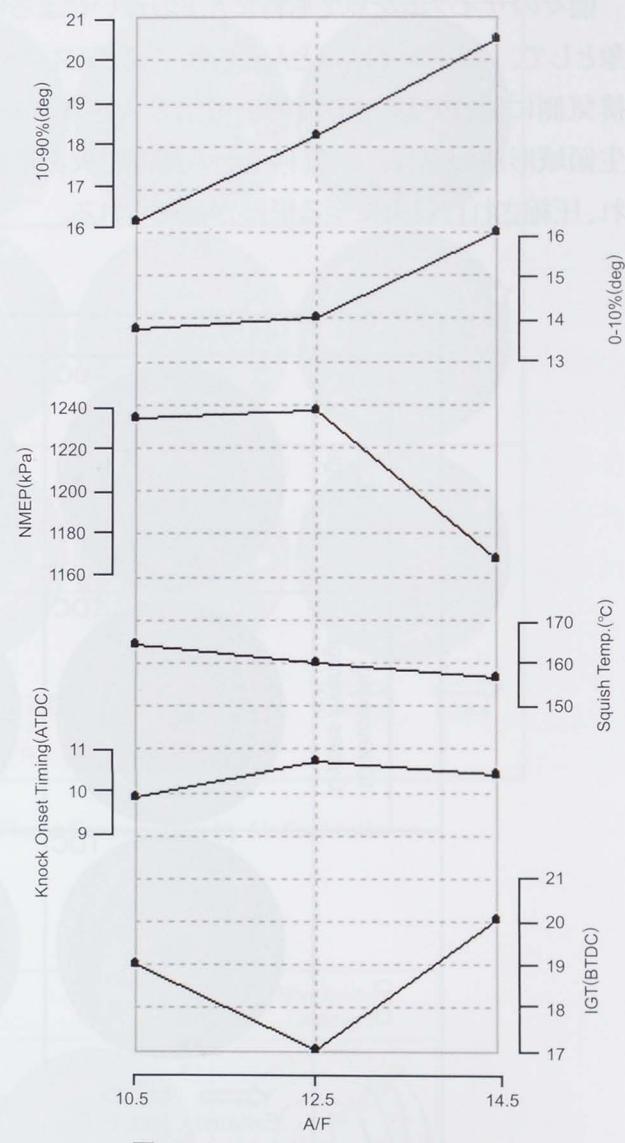


図12 Comparison of Combustion Analysis Results by Air Fuel Ratio

### 3.2.2 ノッキングサイクルでの結果

ここまででは100サイクル平均結果について説明してきたが、実際は同一点火時期でも、サイクル毎の筒内流動変動、燃焼変動等により、強いノッキングからノッキング無までさまざまな燃焼サイクルが存在する。したがって、この項では、100サイクル中ノッキング強度の強いサイクルに注目して解析を進める。

図13上段に各A/Fによる100サイクル平均(図9下と同じ)、中段に100サイクル中ノッキング強度上位10サイクルの平均、下段にはCFDでのノッキングサイクル火炎伝播の比較を示す。CFDでの火炎伝播の様子と、実機でのノッキング強度上位10サイクル平均の火炎伝播を見ると定性的には両方とも火炎形状が吸排方向に垂直な橢円となっている。しかしながら、火炎伝播の等高線の絶対値は一致していない。これは、CFDでは計算できないサイクル変動の影響のためであろう。

次に、A/F毎のノッキング強度上位5サイクル個別の火炎伝播を図14に示す。図中の☆印は、前述のノッキング発生位置特定方法(DT法)にて得られた位置である。



個々のサイクルを見ても特にA/Fの違いによる特徴を見出すことは難しい。逆にすべてに共通する現象として、ノッキングはほとんどの例で、吸気スキッシュ部で発生している。これは図9の通り、火炎がやや排気側に偏っており、最終的に可燃ガスが残るのが吸気側となることが要因と思われる。また自着火発生領域形成の過程として、何らかの原因で火炎進行が遅れた部分が、周りの通常燃焼速度の領域に囲まれ、圧縮され自着火に至る形跡が認められる。

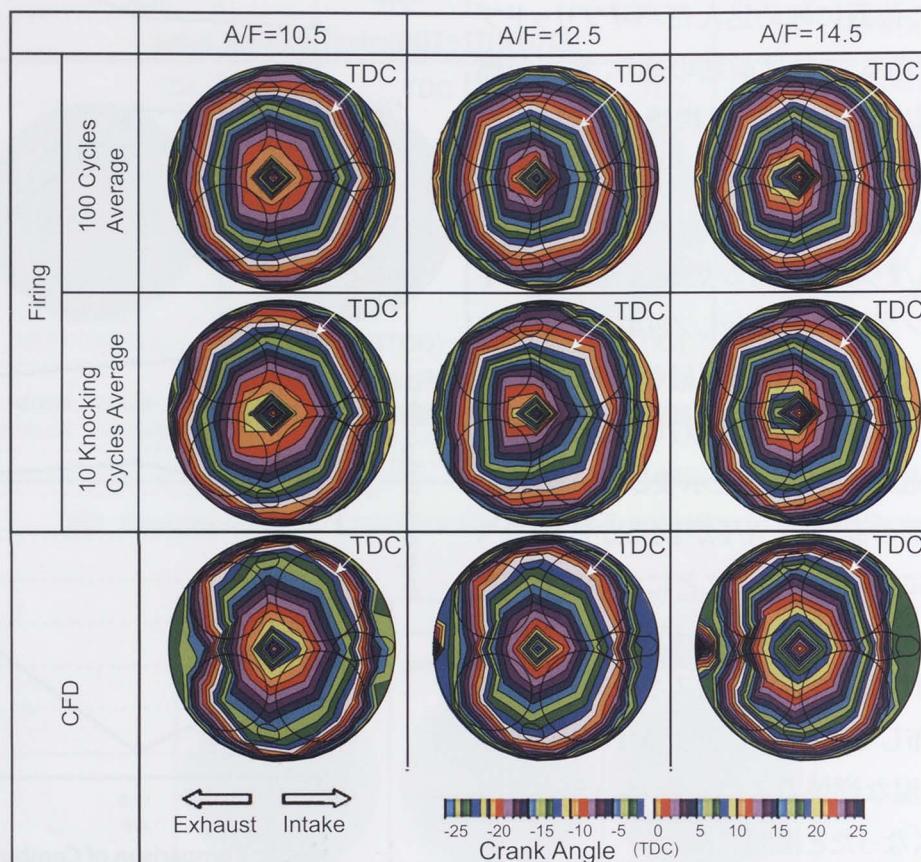


図13 Flame Propagation Comparison of Firing and CFD

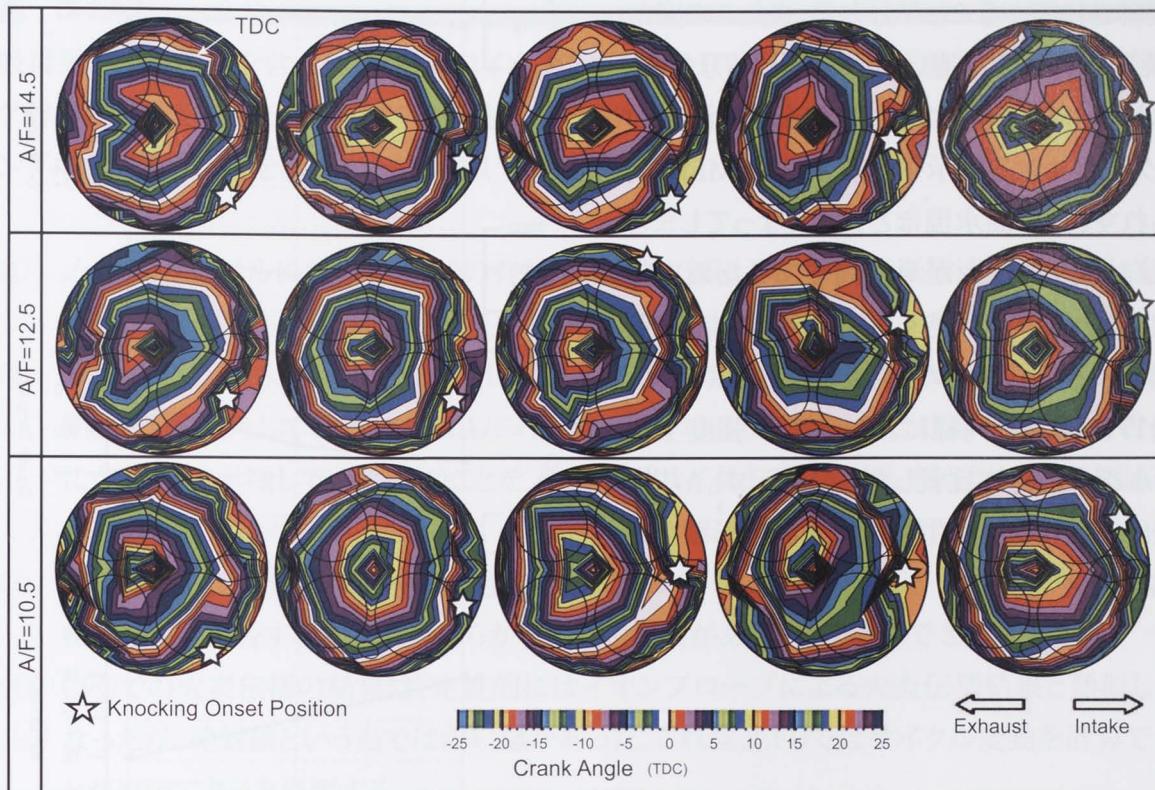


図14 Five Knocking Cycles Comparison of Flame Propagation by Air Fuel ratio

### 3.3 エンジン冷却水出口水温比較

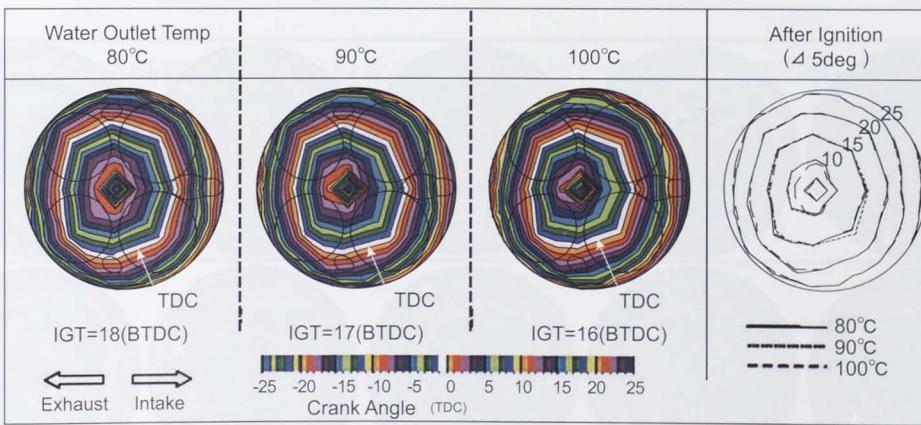


図15 Comparison of 100 Cycles Average of Flame Propagation by Engine Coolant Temperature

図15にノッキング中レベルに合わせた点火時期での、エンジン冷却水出口水温の違いによる100サイクル平均火炎伝播比較を示す。ノックキング中レベル点火時期は、水温が10°C上がるにつれ、1deg遅角している。図15右端は、今までの表現と異なり、点火後の経過クランク角で、5°C A刻みで抜粋したデータを重ね書きしたものである。3つの水温でほぼ完全に重なっており、火炎伝播速度への水温の影響は、この温度範囲ではほとんどないといえる。図16に図12と同様の指圧線図解析結果等を示す。スキッシュ部温度は、水温の違いに応じた変化をしており、エンジン冷却水出口水温によって確実にシリンダーヘッド

温度が制御されていることが分かる。またこの図からも、燃焼速度に大きな違いはないことが分かる。しかしながら、本試験のねらいである低水温化のノッキング減少による図示平均有効圧(NMEP)向上は得られず、逆に高水温ほど大きくなってしまった。これは試験エンジンが単気筒であるため冷却性能が良く冷却損失が大きくなり、結果的に出力点が高水温側へ移動したためと考える。

また図17に図14と同様に、ノッキング強度上位5サイクルを水温毎に比較したものを示す。A/F比較と同様に、ノッキング発生状況に水温の影響を見出すことは難しい。

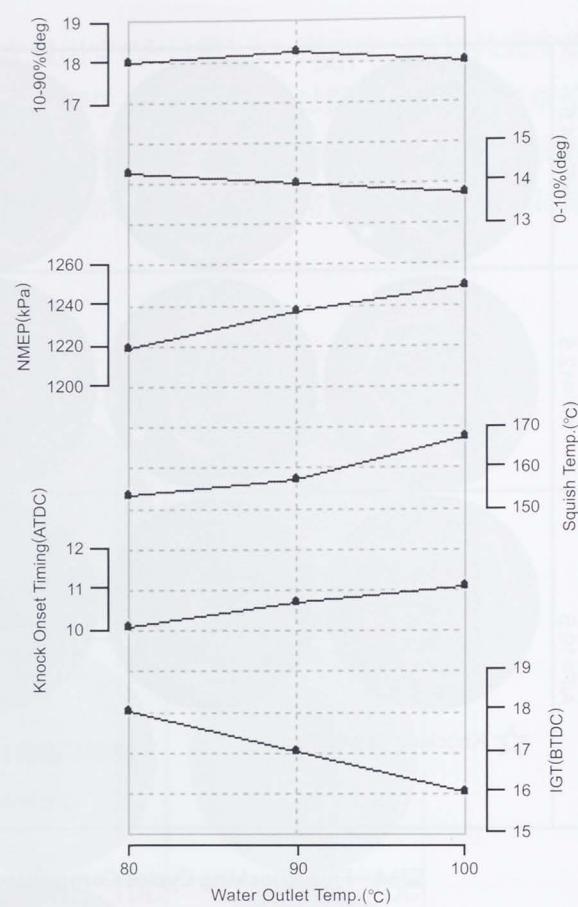


図16 Comparison of Combustion Analysis Results by Engine Coolant Temperature

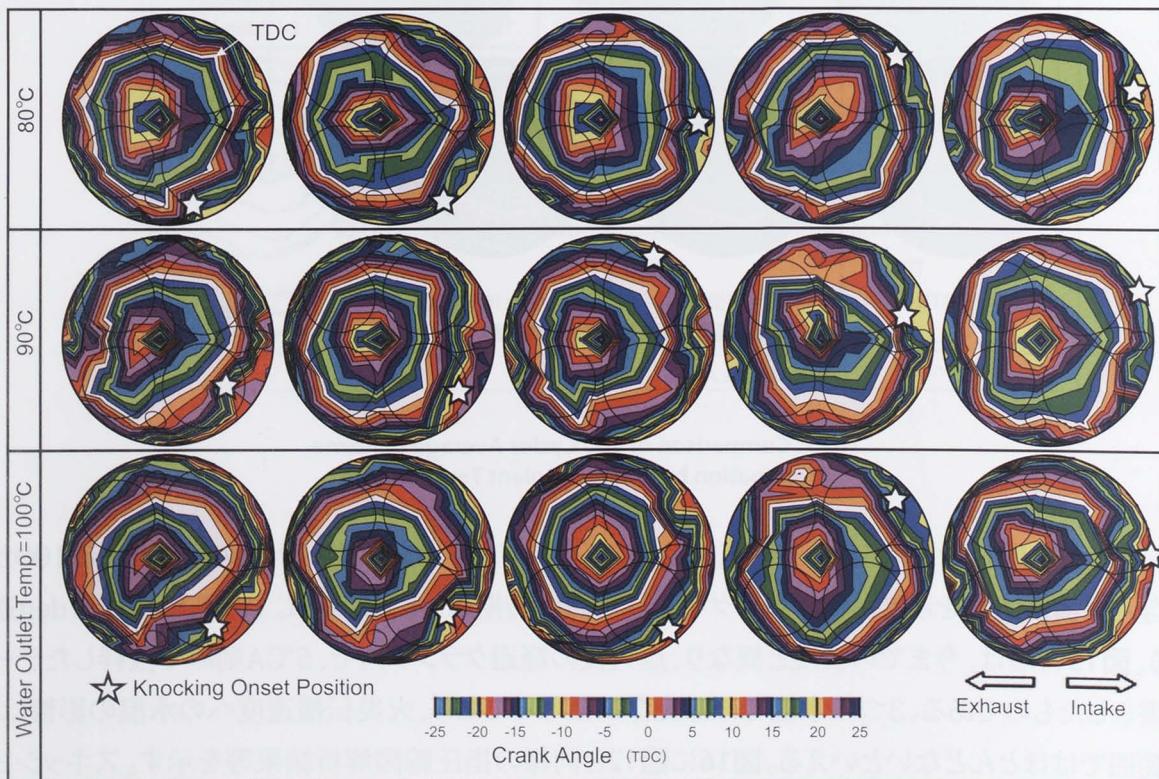


図17 Five Knocking Cycles Comparison of Flame Propagation by Engine Coolant Temperature



## 4 まとめ

吸排気バルブ表面を含む総数92本のイオンプローブとDT法によって、詳細な火炎伝播計測とノッキング解析が可能となった。これらを用い、過給圧、オクタン価、A/F、エンジン冷却水温が、火炎伝播とノッキングにおよぼす影響を調査した結果、以下の知見を得た。

- ① ノッキングレベルにおいて、過給の有無やオクタン価によらず、火炎伝播速度はほぼ一定で、かつ、ノッキングの発生する箇所は、ほぼ同じであることがわかった。
- ② A/F=10.5と12.5とを比べると、A/F=10.5の方が燃焼は速いが、同ノッキングレベル要求点火時期としては進角している。これはA/F=10.5は、A/F=12.5に対し、燃焼は速いものの自着火は起きにくいことを示唆している。このことをノッキングサイクルでの火炎伝播挙動で検証を試みたが明確な違いは見出せなかった。
- ③ 実機では計測困難な、局所A/Fと乱れ強度についてCFDにて調査し、イオンプローブによる火炎伝播結果と比較することで、それらが実燃焼と相関があることを確認できた。
- ④ CFDでの火炎伝播の結果は、定性的にはイオンプローブによる火炎伝播結果と類似したものとなつたが、絶対値という点ではかい離があった。これは、CFDではサイクル変動を計算できないことが原因であると推測する。
- ⑤ エンジン冷却水温での比較において、80~100°Cの範囲では、燃焼速度に違いはなかった。同ノッキングレベルの要求点火時間が、高温ほど遅角していたことから、混合気温度が上昇し、自着火しやすい状態になっていたことが伺われる。

## 謝辞

本研究では、トヨタ自動車(株)、(株)日本自動車部品総合研究所の関係者の方々から多大なるサポートをいただきました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

## ■参考文献

- 1) 塚原映, 田中大二郎, 沖秀樹, 西垣昌登, 鈴木裕一: 吸排気バルブ表面を含むイオンプローブによる筒内噴射ガソリンエンジンにおける火炎伝播計測とノッキング挙動解析, 第19回内燃機関シンポジウム 講演論文集, No.06-251, p.249-253 (2007)
- 2) Suzuki Yuichi, Nishigaki Masato, Tanaka Daijiro, Tsukahara Ei: "S.I. engine combustion flame propagation measurement and knocking analysis by ion current probes including moving intake and exhaust valve faces", SAE2007-01-1420 (2007)
- 3) Suzuki Yuichi, Nishigaki Masato, Tanaka Daijiro, Tsukahara Ei, Sone Satoshi and Sakurai Kenichi : "Investigation of Flame Propagation and Knocking Phenomenon by using Ion Current Flame Measurement For Direct Injection Gasoline Engine", FISITA/F2006P036 (2006)
- 4) 田中大二郎, 沖秀樹, 塚原映, 西垣昌登 : 吸排気バルブ表面を含むイオンプローブによる筒内噴射ガソリンエンジンにおける火炎伝播計測とノッキング挙動解析, 自動車技術会 春季学術講演前刷集, No.83-07, p.1-6 (2007)
- 5) Yuichi Suzuki, Hideki Oki, Shinichi Kurosawa : "Gasoline S.I. Engine Combustion and Knocking Analysis on the Mixture Formation in the Various Direct Injection Fuel Spray Patterns", SAE2006-01-0230 , p.153-167 (2006)
- 6) 中島樹志, 加藤毅彦, 秋山清和, 小森啓介: 超高回転域での燃焼挙動解析技術の開発, 自動車技術会 秋季学術講演前刷集, No.107-05, p.9-13 (2005)

## ■著者

**西垣 昌登** Masato Nishigaki

AM事業部 AM第1技術部

**田中 大二郎** Daijiro Tanaka

AM事業部 AM第1技術部

**沖 秀樹** Hideki Oki

AM事業部 AM第1技術部

**塚原 映** Ei Tsukahara

AM事業部 AM第1技術部



# エンジン制御パラメータの実験ベース 進化的多目的最適化

## 技術論文

Experiment-Based Evolutionary Multi-objective Optimization of Engine Control Parameters

梶 洋隆 喜多 一

### Abstract

In order to accommodate the various evaluation norms involved in testing and adjusting performance of a motor vehicle engine, including toxic gases in the exhaust (CO, HC, NO), fuel efficiency and output/torque, there is a need to optimize the control parameters. However, the relationships between these parameters are usually of the "trade off" type where improving one detracts from the effectiveness of the other. Furthermore, the growing number of electronic control systems on today's engines and the corresponding growth in control parameters makes it increasingly difficult to manually adjust performance. To deal with this problem, we focused our attention on an experiment-based (test-based) approach that uses the actual engine as part of a simulation program, thus allowing the optimizing methods to be applied directly to the engine. Based on this approach, we have been conducting research and experiments in which Multi-objective Evolutionary Algorithms (MOEA) are applied as an effective form of multi-objective optimization directly to an actual test engine. In this report we present the results of experiments on an actual engine to show how MOEA and their accelerated methods were used to greatly reduce the time required for experiment-based optimization.

### 要旨

自動車用エンジンの適合では、排出ガスの有害成分量(CO、HC、NO<sub>x</sub>)・燃費・出力トルクなどの複数の評価規範を満たすように制御パラメータを調整する必要がある。しかしながら、これらは一般にトレードオフの関係にある。さらに、エンジンに付加される電子制御装置とその制御パラメータの数の増加にともない、手動による適合は困難さを増してきている。これに対し我々は、実機をシミュレーションの一部に組み込んで最適化手法を直接適用する実験ベースのアプローチに注目している。そして、最適化アルゴリズムとして多目的最適化の有力な手法である多目的進化アルゴリズム(Multi-objective Evolutionary Algorithms, MOEA)を直接、実機に適用する手法の研究を進めている。本論文では、エンジンの実験ベース最適化にMOEAとその加速手法を適用し、最適化時間を大幅に削減できることを実機実験により示す。



## 1 はじめに

自動車・モーターサイクル用エンジンの制御パラメータは、排出ガスの有害成分量(CO、HC、NO<sub>x</sub>)・燃費・出力トルクなどの複数の評価規範を高い次元でバランスさせるように適合する必要がある。しかしながら、これらは一般にトレードオフの関係にあるものが多く、多目的最適化問題と呼ばれるクラスの問題を解いていることに相当する。さらに、エンジンに付加される電子制御装置とその制御パラメータの数は増加してきており、手動による適合は困難さを増してきている。

このような背景から、エンジンの開発期間に占める適合工程の割合は増加傾向にあり、適合の効率化・自動化が進められている。適合の自動化には大きく分けて3種類のアプローチが考えられる。

### (1)物理シミュレーションベースの適合

熱・流体・機構などのエンジンの詳細な物理モデルを構築し、シミュレーション上で適合を行う方法である。実機エンジンを用いることなく、完全にオフラインで適合を行うことができる。しかしながら、エンジンの挙動は複雑なため詳細な物理モデルの構築は容易ではなく、その計算時間も実機より長くなってしまうこともある。

### (2)応答曲面法ベースの適合

応答曲面法(Response Surface Methodology, RSM)<sup>8)</sup>とは、実験計画法(Design of Experiments, DoE)と統計モデルに基づく最適化手法である。実機エンジンで評価すべき制御パラメータの数を大幅に削減して適合期間を短縮することが可能であり、多くの事例が報告されている<sup>9)</sup>。しかしながら、開発中のエンジンの仕様が変更されるたびに近似モデルを作成しなおす必要があり、調整可能なパラメータが増加するたびにモデル選択と実験計画をやりなおす必要がある。また、非線形性の強いエンジン特性を2次多項式などの単純な関数で近似すると、大きな推定誤差を生む可能性があり、結果への影響が無視できない。

### (3)実験ベースの適合

実機をシミュレーションの一部に組み込んで最適化手法を直接適用する方法である。近年の計測制御技術の発展により、このような実験環境の利用が現実的になってきている。実機を直接最適化するので、詳細な物理モデルや近似的な統計モデルを作成する必要がなくなる。一方で、計測に実時間が必要である、評価値にセンサーの観測ノイズやダイナミクスなどの不確実性が含まれる、などの問題がある。

我々は、(3)の実験ベースのアプローチに注目し、最適化アルゴリズムとして多目的最適化の有力な手法である多目的進化アルゴリズム(Multi-objective Evolutionary Algorithms, MOEA)を直接実機に適用する研究を進めている。本論文では、MOEAを実機に直接適用するアプローチを実験ベース進化的多目的最適化(Experiment-Based Evolutionary Multi-objective Optimization, EBEMO)と呼ぶ。そして、エンジンのEBEMOにMOEAの加速手法を適用し、従来のMOEAよりも最適化時間を大幅に削減できることを示す。



## 2 多目的最適化問題と多目的進化計算手法

実世界における最適化問題の多くは、図1に示すような複数の対立する評価規範(目的関数)を満たすような合理的な集合であるPareto最適解を求める、多目的最適化問題(Multi-objective Optimization Problems, MOP)に帰着できる。

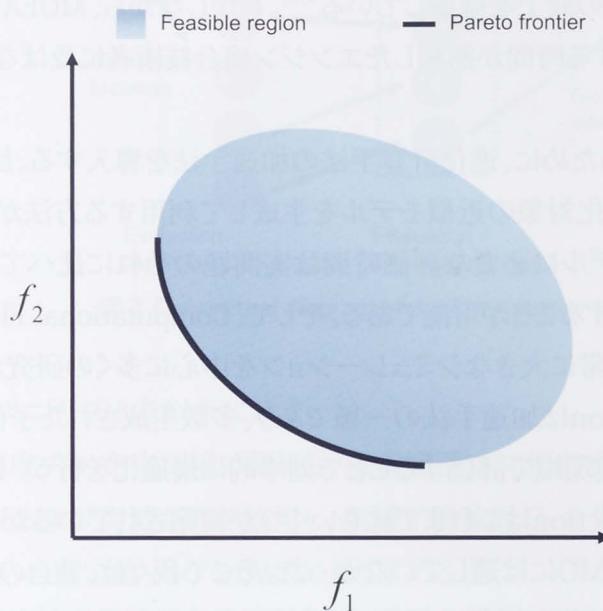


図1 Pareto frontier

$n$ 変数 $m$ 目的最適化問題は

$$\begin{aligned} & \min_{\mathbf{x}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \\ & \text{subject to } \mathbf{x} \in X = \left\{ \mathbf{x} \mid \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n, \mathbf{g}(\mathbf{x}) \leq 0 \right\} \end{aligned}$$

のように定義される。ここで  $\mathbf{x} = [x_1 \cdots x_n]^T$  は  $n$  次元決定変数ベクトル、 $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = [f_1(\mathbf{x}) \cdots f_m(\mathbf{x})]^T$  は  $m$  次元目的関数ベクトル、 $\mathbf{g}(\mathbf{x}) = [g_1(\mathbf{x}) \cdots g_l(\mathbf{x})]^T$  は  $l$  次元制約条件ベクトルである。 $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{f}(\mathbf{x}^*)$  を満たす  $\mathbf{x} \in X$  が存在しないとき、 $\mathbf{x}^* \in X$  を Pareto 最適解と呼ぶ。ただし、 $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{f}(\mathbf{x}^*)$  は  $f_i(\mathbf{x}) \leq f_i(\mathbf{x}^*), \forall i = 1, \dots, m$  と定義される。

MOPの実用的な解法として、生物の進化に着想を得た多目的最適化手法である多目的進化アルゴリズム(MOEA)が注目されている。MOEAは、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithms, GA)<sup>3)</sup>に代表される進化計算手法の多点探索という特徴を活かして、Pareto最適解集合を一括して求めることができる。そして、その適用範囲の広さから様々な分野で応用されており、工学分野ではシミュレーションと組み合せた方法がよく用いられている。

本論文では、代表的なMOEAであるNSGA-II<sup>2)</sup>を採用する。そして、実機エンジンのEBEMOによりトレードオフをなす制御パラメータの集合を一括して求めることを試みる。

なお、進化計算手法では慣例的に決定変数ベクトルを個体、個体の集合を個体群、目的関数を適応度関数、目的関数を適応度などと呼ぶ。本論文でも、特に断りのないかぎりこれらの表記は慣例にしたがう。

### 3 適応度推定による多目的進化計算の加速

シミュレーションとは異なり、実機エンジンの出力にはセンサーの観測ノイズや、制御パラメータの切換による変動などの不確実性が含まれる。従来のMOEAは、このような不確実性により最適化性能が低下することが知られている。これまでに我々は、この課題を解決するための研究を進め、実機エンジンを用いた実験により最適化性能の向上を確認している<sup>4,6)</sup>。しかしながら、MOEAは一般に多くの評価回数を要するために、最適化に要する時間が熟練したエンジン適合技術者に及ばないという課題が残されていた。

そこで、この課題を解決するために、進化計算手法の加速手法を導入する。加速手法として、過去に評価した個体と適応度から最適化対象の近似モデルを生成して利用する方法が主流である。加速手法の概念図を図2に示す。近似モデルに必要な評価時間は実問題のそれに比べて無視できるほど小さいので、実質的な評価回数を低減することが可能である。そして、Computational Fluid Dynamics (CFD) など、1回あたりの評価時間が非常に大きなシミュレーションを中心に多くの研究が報告されている。

本論文で用いるPre-selectionは加速手法の一種であり、多数生成された子個体を近似モデル上で事前評価し、有望なものだけを実環境で評価することで効率的に最適化を行う。Pre-selectionの概念図を図3に示す。MOEAのPre-selectionはこれまでにもいくつか提案されているが、適応度の不確実性を考慮しておらず、エンジンのEBEMOには適していなかった。そこで我々は、独自のPre-selectionアルゴリズムを開発した。そして、ノイズに強い近似モデリング手法である局所重み付き回帰(Locally Weighted Regression, LWR)<sup>1)</sup>を組み合せることにより、不確実性のある環境下でもMOEAによる最適化を加速できることを数値実験により確認した<sup>7)</sup>。

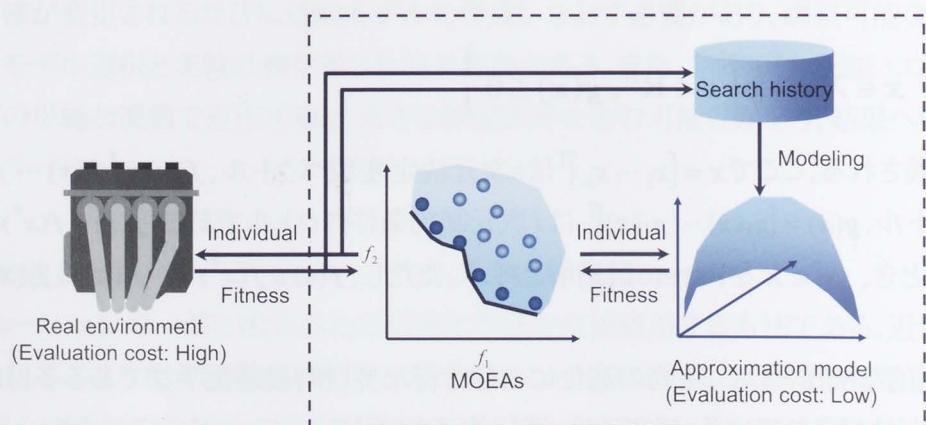


図2 An acceleration method using fitness estimation

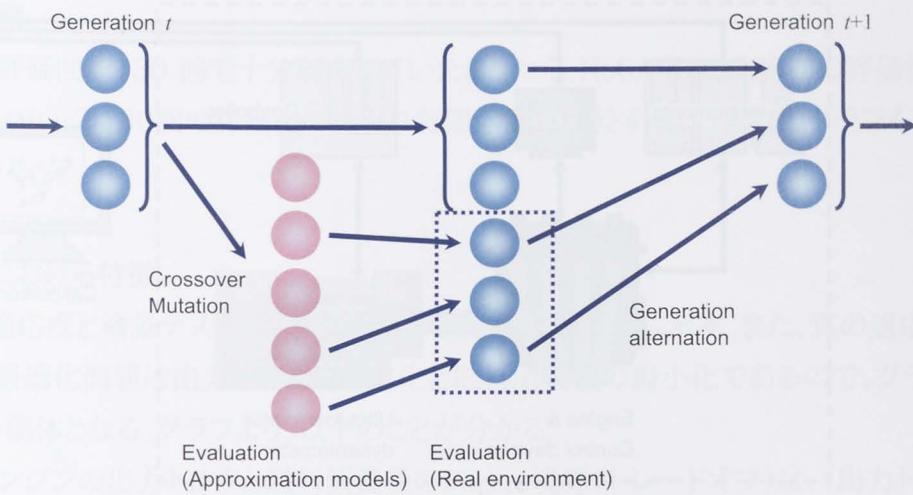


図3 Conceptual diagram of the Pre-selection algorithm

開発したPre-selectionアルゴリズムを以下に示す。

- ① 期個体群  $P(0)$  の適応度  $f(\mathbf{x})$  を実環境で評価し、探索履歴  $H$  に保存する。
- ② 個体群  $P$  に選択、交叉および突然変異を適用し、候補子個体群  $Q_C$  を生成する。
- ③  $H$  を用い、 $R_C = P \cup Q_C$  の推定値  $\hat{f}(\mathbf{x})$  をLWRにより求める。
- ④  $\hat{f}(\mathbf{x})$  に基づいて  $R_C$  のランクを  $\alpha$ -domination 戦略を用いて行う。
- ⑤ 非劣個体となった子個体候補を一つ取り出し、 $P$  に加えたときの混雑度を計算する。子個体候補がなくなるまで、この操作を繰り返す。
- ⑥ 非劣個体となった子個体候補を混雑度の良い順に整列し、上位  $q$  個体を評価子個体群  $Q$  とする。
- ⑦  $Q$  を実環境で評価し、 $f(\mathbf{x})$  を  $H$  に保存する。
- ⑧  $\hat{f}(\mathbf{x})$  に基づいて  $R = P \cup Q$  のランクと混雑度計算を行い、世代交代をして②に戻る。

なお、 $H$  に保存された個体数がLWRの必要数に達するまでは実環境のみで評価を行う。④の  $\alpha$ -domination戦略は、推定誤差により非劣個体として扱われてしまう個体を排除するために用いる<sup>4,7)</sup>。⑧の混雑度としてはDebらの混雑度距離<sup>2)</sup>を用いる。

## 4 実機エンジンによる実験

### 4.1 実験の設定

代表的なMOEAであるNSGA-II<sup>2)</sup>と、提案するPre-selectionを導入したNSGA-II(以下、単にPre-selectionと呼ぶ)を大型モーターサイクル用の4サイクルガソリンエンジンに適用し、提案手法の効果を確認する。実験環境を図4に示す。実験環境は、エンジン・エンジン試験機・計測器などから構成される。NSGA-IIおよびPre-selectionを実装した適合用PCは、エンジンを制御するECU(Engine Control Unit)の制御パラメータを自由に変更可能であり、実験環境をハードウェアを含む一種のシミュレーション(Hardware In the Loop Simulation, HILS)とみなして多目的最適化を実施する。

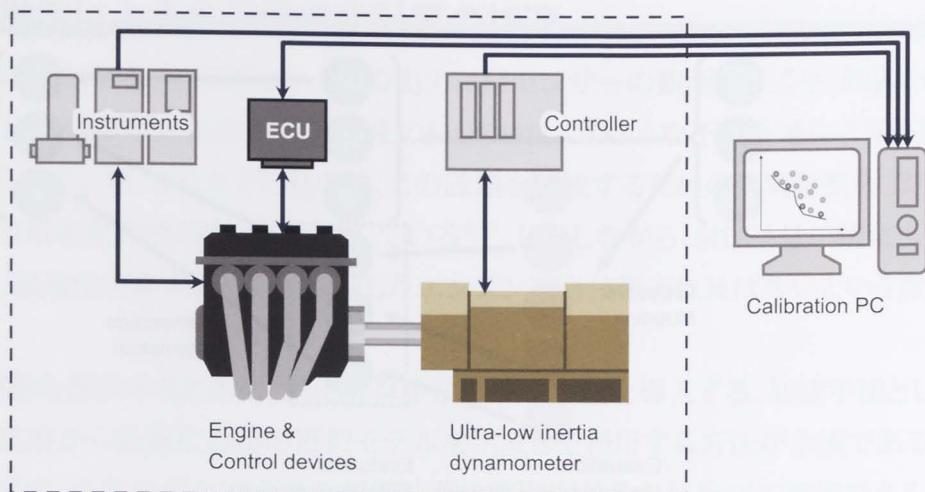


図 4 Block diagram of the HILS environment

実施する2目的4変数の最適化問題の設定は以下のとおりである。

目的関数(適応度関数):出力トルクの最大化、燃料消費量の最小化

制御パラメータ(個体):燃料噴射時期(INJ)、点火時期(IGN)、目標空燃比(AFR)、バルブ制御パラメータ(VCP)

AFRは空燃比フィードバック制御の目標値、VCPはバルブ制御装置の目標値である。目的関数値はエンジン回転速度一定の条件で計測する。個体で表される制御パラメータ(INJ, IGN, AFR, VCP)を適合用PCから送信すると、ECUの制御パラメータが切り替えられる。その後、ECUにより制御されたエンジンの出力トルク・燃料消費量を一定間隔で受信する。適合用PCは、切換に伴う過渡応答の影響を排除するために一定時間の受信データを無視し、そこから所定の時間のデータの平均値を個体の適応度としてMOEAを実行する。

NSGA-IIとPre-selectionの最適化終了後には、得られた個体群の検証実験を行う。検証実験では、個体を切り替えてから出力が安定するまで待ち、十分な時間をかけて測定したデータを真の適応度として比較に用いる。

NSGA-IIの設定は、個体群サイズ $|P| = 30$ 、子個体群サイズ $|Q| = 30$ 、打ち切り評価回数1530回(個体群 $P$ の再評価あり、25世代)とし、交叉演算としてUNDX-P<sup>5)</sup>を用いる。Pre-selectionの設定は、個体群サイズ $|P| = 30$ 、候補子個体群サイズ $|Q_c| = 100$ 、評価子個体群サイズ $|Q| = 4$ 、打ち切り評価回数1530回(個体の再評価なし、375世代)とし、LWRで用いる $k$ -最近傍法の近傍集合サイズ $k$ を探索履歴に保存された個体数の5%とする。また、交叉演算としてUNDX-Pを用いる。



## 4.2 実験結果と考察

Pre-selection は評価回数130 回で十分収束していたことから、NSGA-IIの1530回の評価後に得られた個体群とPre-selectionの130回の評価後に得られた個体群を比較する。いずれのグラフも、軸は正規化した値で表している。

### (1) 目的関数空間における特徴

最適化に用いた適応度と検証テストで得られた真の適応度を図5、6 に示す。また、真の適応度同士の比較を図7に示す。最適化問題は出力トルクの最大化と燃料消費量の最小化であるので、グラフの右下方向に行くほど良い個体となる。グラフより、以下のが分かる。

- ・ 実験で用いたエンジンの出力トルクと燃料消費量のPareto境界(トレードオフ)は、(出力トルク, 燃料消費量)=(0.8, 0.8)から(0.5, 0.55)の間に直線状に存在している。
- ・ Pre-selectionで用いた適応度は、NSGA-IIのそれに比べて真の適応度に非常に近い。
- ・ Pre-selection の真の適応度はNSGA-IIのそれに比べて、0.8 付近の燃料消費量が特に改善されている。これは、ノイズを含むデータに対してLWR が適応度を精度よく推定するので、最適化が停滞しないためであると考えられる。

### (2) 決定変数空間における特徴

決定変数空間上の解分布の様子を図8、9に示す。グラフより、以下のが分かる。

- ・ 燃料噴射時期INJ とバルブ制御パラメータVCPに強い相関関係が見られる。
- ・ 点火時期IGN とVCP に弱い相関関係が見られる。
- ・ 目標空燃比AFR がほぼ1 付近に収束している。AFR に関する探索領域の制約条件を広げることで更なる性能の改善が期待できる。
- ・ VCP は他のパラメータに比べ、0 から0.5 の範囲を大きく動いており、Pareto境界の形状はVCP に強く依存していると考えられる。
- ・ Pre-selectionの個体群はNSGA-IIのそれよりも収束が進んでいる。

NSGA-II では、実際には1000 回弱程度の評価で個体群がほぼ収束しており、したがって今回の実験条件ではPre-selection により最適化時間を1/7 に低減できたといえる。得られたPareto最適解には妥当性があり、低減された最適化時間も十分に実用レベルであることをエンジン適合技術者との議論により確認している。

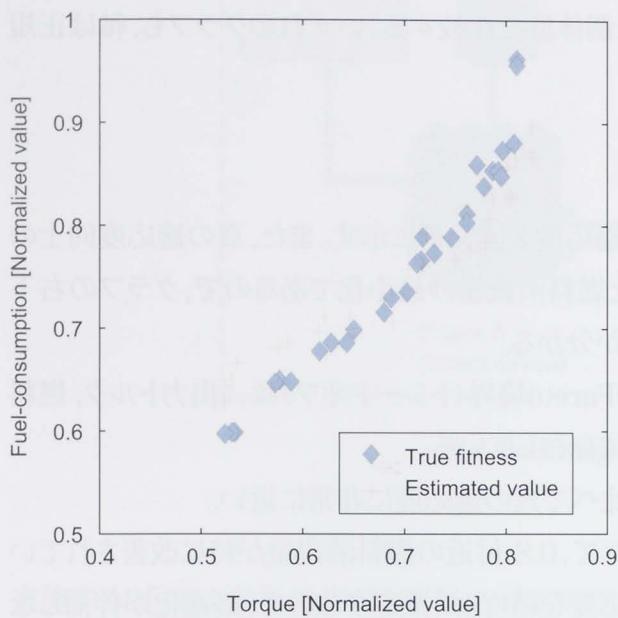


図 5 Population distribution in the objective function space (NSGA-II, 1530 evaluations)

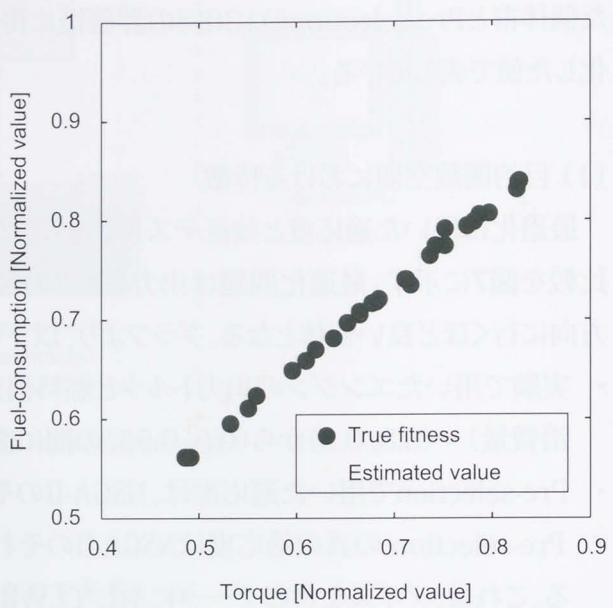


図 6 Population distribution in the objective function space (Pre-selection, 130 evaluations)

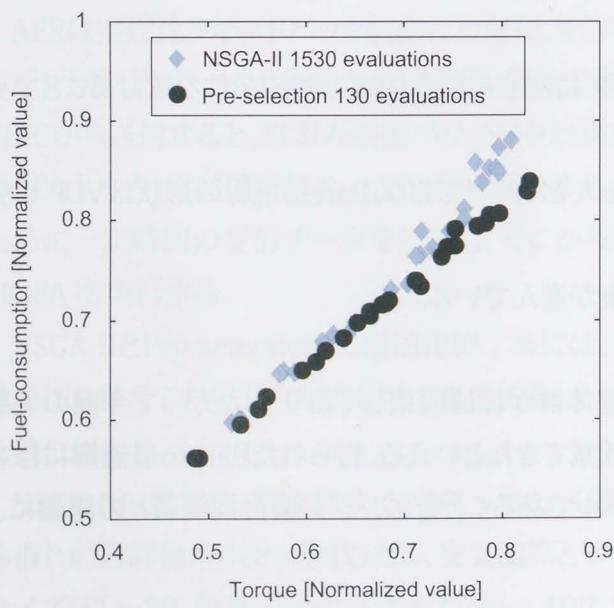


図 7 Comparison of approximation Pareto frontiers

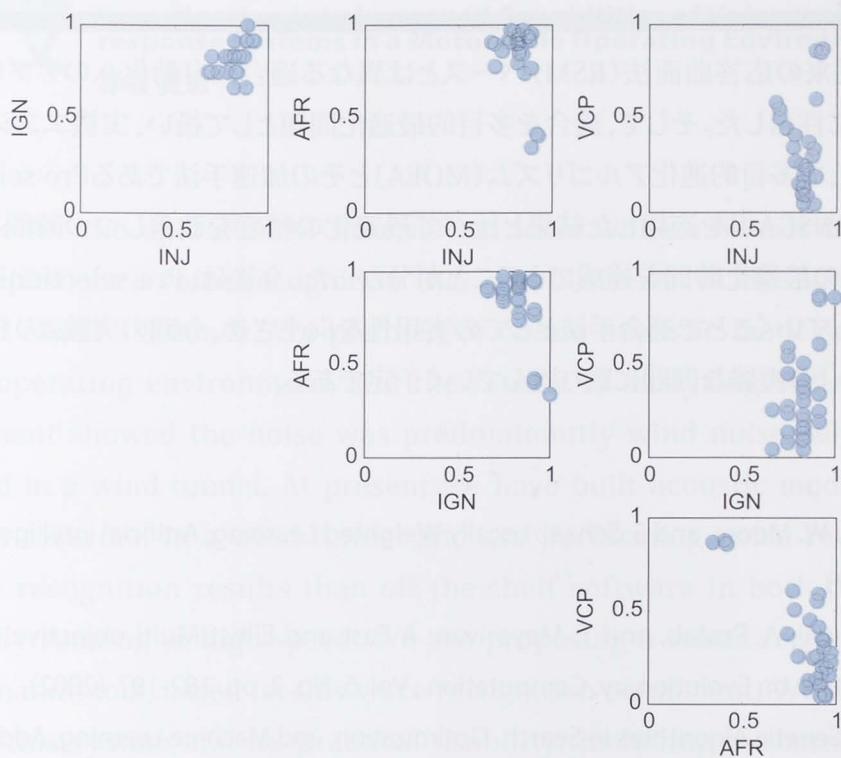


図 8 Population distribution in the decision variable space (NSGA-II, 1530 evaluations)

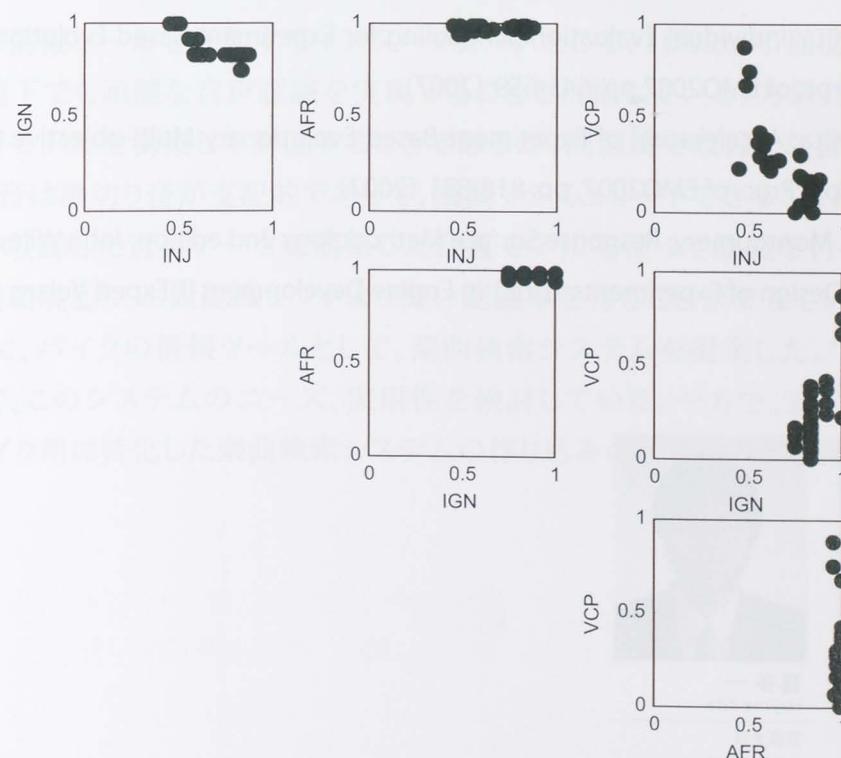


図 9 Population distribution in the decision variable space (Pre-selection, 130 evaluations)



## 5 おわりに

本論文では、従来の応答曲面法(RSM)ベースとは異なる適合の自動化へのアプローチとして、実験ベースの最適化に注目した。そして、適合を多目的最適化問題として扱い、実機エンジンの2目的4変数最適化問題に対して多目的進化アルゴリズム(MOEA)とその加速手法であるPre-selectionを適用した。その結果、通常のNSGA-IIを適用した結果と比べて最適化の精度を改善しつつ時間を1/7程度に低減でき、実用レベルの最適化時間を達成できることが分かった。今後は、Pre-selectionに加えて、適合に特化した改良を行っていくことで適合手法としての実用性を向上させ、今回の実験よりも制御パラメータや目的的関数の多い、より複雑な問題に取り組んでいく予定である。

### ■参考文献

- 1) C. G. Atkeson, A. W. Moore, and S. Schaal: Locally Weighted Learning, Artificial Intelligence Review, Vol. 11, pp. 11-73 (1997)
- 2) K. Deb, S. Agrawal, A. Pratab, and T. Meyarivan: A Fast and Elitist Multi-objective Genetic Algorithm: NSGA-II, IEEE Trans. on Evolutionary Computation., Vol. 6, No. 2, pp. 182-197 (2002)
- 3) D. E. Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley (1989)
- 4) 梶: 不確実な関数を最適化する多目的遺伝的アルゴリズムの提案, システム制御情報学会論文誌, Vol. 18, No. 12, pp. 423-432 (2005)
- 5) 梶, 喜多: 周期関数最適化のための遺伝的アルゴリズムの交叉演算, 計測自動制御学会論文集, Vol. 43, No. 4, pp. 323-330 (2007)
- 6) H. Kaji, and H. Kita: Individual Evaluation Scheduling for Experiment-Based Evolutionary Multi-objective Optimization, Proc. of EMO2007, pp. 645-659 (2007)
- 7) H. Kaji, and H. Kita: Acceleration of Experiment-Based Evolutionary Multi-objective Optimization Using Fitness Estimation, Proc. of EMO2007, pp. 818-831 (2007)
- 8) R. Myers, and D. Montgomery: Response Surface Methodology 2nd edition, John Wiley & Sons (2002)
- 9) R. Röpke (Ed.): Design of Experiments (DoE) in Engine Development II, Expert Velarg (2005)

### ■著者



梶 洋隆  
Hirotaka Kaji



喜多 一  
Hajime Kita

コーポレートR&D統括部  
システム技術研究部

京都大学  
学術情報メディアセンター



# 技術論文

## バイク走行環境下での音声認識／ 音声対話システムの性能向上に関する検討

Investigation into Improved Capabilities of Voice recognition/Voice response Systems in a Motorcycle Operating Environment

赤坂 貴志

### Abstract

As an interface for the operation of information tools while a bike is being ridden we are aiming to implement a voice recognition that is robust even in the noisy environment when running at about 100km/h. We planned to create acoustic models, which matches the high-speed operating environment, and the results of analyzing the sound recorded in this environment showed the noise was predominantly wind noise, which we believe can be simulated in a wind tunnel. At present we have built acoustic models constructed from sound data recorded in a wind tunnel and are performing voice recognition on it, obtaining better recognition results than off-the-shelf software in both the wind tunnel and when actually running at high-speed. We are proposing a music retrieval system as a motorbike information tool, based on this voice recognition equipment. We are investigating the demand for this system and its practical usability, including measuring the ratio of successfully completing tasks. The task still remains to further improve the performance of voice recognition and the need to create a music selection system that is specialized for bike use.

### 要旨

バイク走行中の情報ツールを操作するインターフェースとして、100km/h程度の高速で走行したときの雑音環境下でも頑健な音声認識を実現することを目指している。方針は、高速走行環境にマッチした音響モデルを構築して対応することであるが、同環境で収録した音声を分析した結果、この場合の雑音は風切り音が支配的であって、風洞でシミュレートできることが推察できた。実際に、風洞環境で収録した音声データで構築した音響モデルを使って認識を行ったところ、高速実走行環境、風洞環境とも、市販認識ソフトより高い認識率を得ることができている。また、この音声認識装置を基に、バイクの情報ツールとして、楽曲検索システムを提案した。“タスク達成率”という尺度も含めて、このシステムのニーズ、実用性を検討している。一方で、音声認識のさらなる性能アップと、バイク用に特化した楽曲検索システムの作り込みの必要性なども課題として残った。

## 1 はじめに

現在、カーナビに代表されるように自動車(四輪)の情報化がめざましく進歩しているのに比べ、バイク(二輪)の情報化は遅れている状況である。バイクの情報化の観点で社内アンケートを実施したところ、全く必要がないわけではなく、むしろ、バイク用のナビゲーションシステム、走行中の音楽鑑賞、コミュニケーションツールなどに興味、あるいは、ニーズがある結果が得られている。これら情報ツールを走行中に操作する適当なインターフェースがないこともバイクの情報化が遅れている理由の一つであると思われるが、それには、自動車以上にアイズフリー、ハンズフリーのインターフェースが必要である。その手段として音声認識を考えることは自然であるが、一方、バイクではマイクが外気にさらされることが必然で、したがって、走行時の雑音環境も自動車以上に厳しく、既存の音声認識ソフトでは対応できない。そこで我々は、バイク走行時、特に100km/h程度の高速で走行したときの雑音環境下をターゲットとして、その環境でも頑健な音声認識装置を実現することを目指した。また、実際のアプリケーションとして、前述のアンケートでもニーズがあった、走行中でも音楽鑑賞ができるようなソフト・楽曲検索システムを提案し、作成した音声認識装置を実装して、アプリケーションも含めた実用性を検討した。以下に報告する。

## 2 単語認識

本稿で扱う音声認識は、コマンドベースの単語認識である。単語認識のシステムは、おおよそ図1のようなブロック図で構成される(場合によっては各処理が前後したり、包含されたりすることもある)。

雑音環境下における音声認識率の向上というテーマに対するアプローチとして、図1の中で、雑音抑圧の方法、雑音に頑健な特徴分析(特微量)の

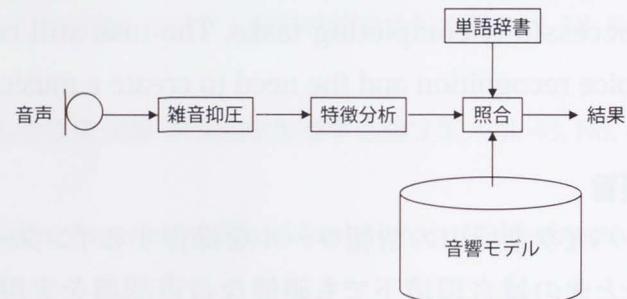


図1 単語認識ブロック図

検討、あるいは、照合時の雑音・話者への適応処理の方法などがよく研究されているが、本稿では雑音環境にマッチした、つまり、100km/hのバイク走行時の雑音環境にマッチした音響モデルを構築することで、全体の音声認識率の向上を目指した。ここで、音響モデルとは、入力された音声(の特微量)がどんな音素(音素=発音記号)であるかをまとめてあるような、いわば、音声の特徴をモデル化したデータベースのことである。大量の発話データを学習データとして構築される。

### 3 風洞による音声収録

音響モデルを構築するには、一般に、想定する環境において、一人当たり数十分程度のある決められた発話が、最低数十人規模で必要となる。すなわち、今回目指すところではバイクで100km/hの走行をしながら、上記の条件の音声データを収録しなければならず、現実的には容易ではない。ところが、ヘルメット内にマイクを装着(図2)し、実際に100km/hで走行したときに発話、収録された音声を分析すると、雑音としては風切り音が支配的で、音声認識にとって、他の雑音はほとんど影響していないように推測された。そこで、本稿では、風洞で30m/s(108km/h)の送風を行い、擬似的に100km/h走行環境を作り出して、この下で音声収録を行った。今回の被験者は男性話者105人、発話内容は、学習用データとしてATR音素バランス文<sup>1)</sup>10セットのうちいずれか1セット(2回ずつ)と、認識テスト用の15種類の単語(3回ずつ)である。



図2 ヘルメット内に装着されたマイク

### 4 認識実験

#### 4.1 音響モデルの構築

被験者105人中70人分の学習用データを用いて、音響モデルを構築する。構築はHTK<sup>2)</sup>のコマンドに準じて学習した。

#### 4.2 風洞データの認識

4.1で音響モデルの構築に使わなかった35人分の単語発話データを、上記音響モデルを使って認識した。単語は、

電話 はい いいえ キャンセル 会社 自宅 メモリーダイヤル こめ  
シャープ 詳細 現在地 到着予定時間 <個人名1> <個人名2> <個人名3>

の15種類、辞書の単語数は1000単語である。同じ単語発話データを、車載用音声認識として最も広く普及しているA社の音声認識ソフトでも認識させたので、図3にあわせて示す。

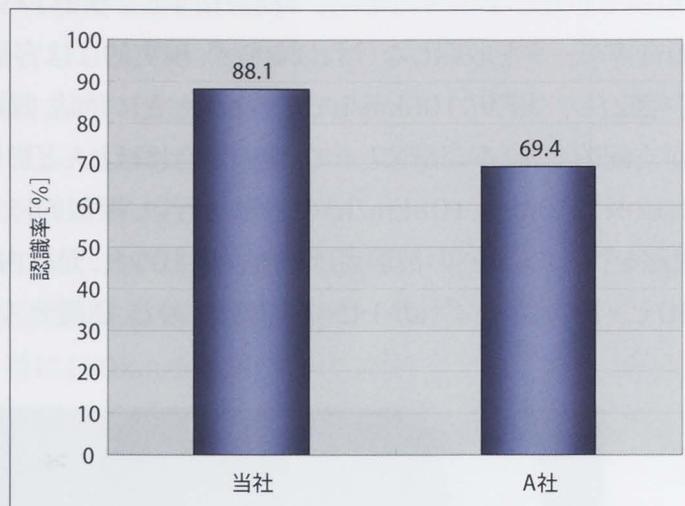


図3 風洞における音声認識率

#### 4.3 実走行データの認識

同一の音響モデルを使って、実際に100km/hで走行したときに発話した音声データを認識させた。話者(被験者)は一人で、単語は4.2の単語のうち、

電話 キャンセル 自宅

の3単語のみであるが、辞書は同じもの(1000単語)を使った。走行時はほぼ無風、極力100km/hになつたのを確認して発話してもらった。図4に認識結果を示す。

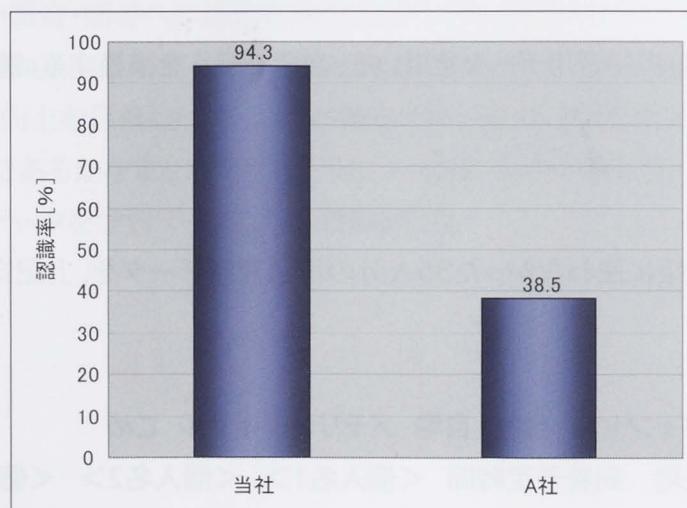


図4 100km/h 実走行における音声認識率

## 4.4 結果

図3は市販の音声認識ソフトより高い認識率を上げていることから、使用環境で収録した音声を使って音響モデルを構築することにより、その認識率を向上できることを示している。また、図4をみると、対象話者・対象単語は少ないものの、実際の走行時の認識でも、市販の音声認識ソフトよりもはるかに高い認識性能を示しており、その認識率も図3に近く、風洞で擬似的な走行状態を作ることが妥当であることが分かる。さらに、これらは、本稿で目指している環境下において、市販されている音声認識ソフトでは、根本的にカバーしきれないことを明示している。

## 5 バイク用音声対話アプリケーション

### 5.1 楽曲検索システム

バイクの情報化に関するアンケートに音楽鑑賞のニーズがあったため、バイク用音声対話の実アプリケーションとして楽曲検索システムを作成した。これは、あらかじめ作っておいた楽曲データベースから聴きたい曲を、曲名、あるいは、アーティスト名を発声、認識することにより選曲・再生できるものである（選曲例：図5）。楽曲検索システムは、音声認識部にJulius<sup>3)</sup>を使った名古屋大学が開発したシステムであるが、発声トリガー用の押しボタンをつけて、発声タイミングを明示することなどで、バイク用にアレンジした。

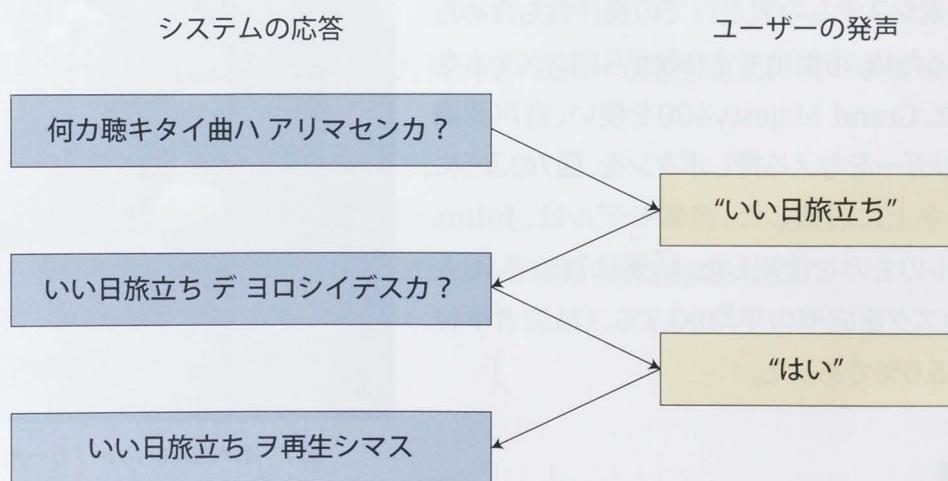


図5 音声対話による選曲の例

### 5.2 風洞におけるテスト

風洞にて、前項の楽曲検索システムのテストを行った。音声認識部(Julius)において、Julius付属のオリジナルの音響モデルを4.1で作成した100km/h走行用音響モデルに置換した。データベースは、曲数・約450曲、アーティスト数・約300人(グループ)で、この中から聴きたい曲を音声で選曲する。被験者が音声コマンドで選曲する行為を“タスク”とし、基本は、“聴きたい曲が聴けた”ことを“タスクの達成”、聞けなかつたときを“タスクの未達成”とするが、1つのタスクの中で、同じ音声コマンド(曲名、アーティスト名含む)を3回以上誤認識した場合は、最終的に聴きたい曲が聴けても“タスクの未達成”とする。〈聴きたい曲が再生された数〉/〈聴きたかった曲(タスク)数〉×100[%]をタスク達成率として評価し、目標を80%以上とした。

図6に結果を示す。

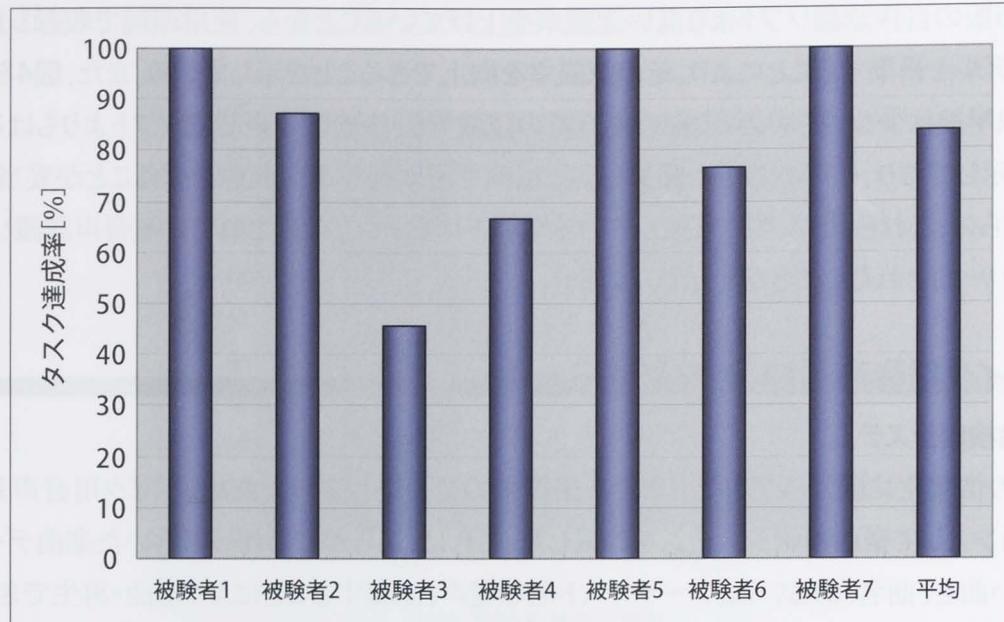


図6 風洞における楽曲検索システム：タスク達成率

### 5.3 実走行テスト

楽曲検索システムの実走行での操作性も含めた検証をするため、市街地を走りながら同システムをテストした。Grand Majesty400を使い、音声認識開始のトリガーを与える押しボタンを、図7のように、左ブレーキ上に設置した。音響モデルは、Juliusオリジナルのものを使用した。結果は被験者10人に対し、タスク達成率の平均90.7%、(被験者単位で)最低75.0%であった。



図7 音声認識開始トリガー用押しボタン<sup>4)</sup>

### 5.4 結果

風洞、実走行環境、どちらのテストでもタスク達成率の低い被験者は存在するが、平均としては目標の80%を達成することができ、ある程度の成果はあったように思われる。今後は、このようなタスク達成率の低い被験者の率の底上げが課題となる。風洞よりも、市街地走行の方が、全体的にタスク達成率が良いが、これは市街地走行では風切り音の影響が少なく、雑音的にクリーン環境に近いためだと思われ、これは、4.1で作成した音響モデルが、100km/h走行環境下では他のどんな音響モデルよりも高い性能を示すものの、「クリーン環境でのJuliusオリジナル音響モデルの性能」までは達していないことを表している。また、利用した名古屋大学製作の楽曲検索システムは、もともと画面を見ながら操作するアプリケーションで、その画面をみることで発話のタイミングが容易に分かるようになっている。今回は画面を見ずに操作できるように改良したつもりであったが、それでも、発話のタイミングがとれずに誤認識したケースも多かった。タスク達成率の向上には、音声対話システムも含め、バイク用にもっと特化した作り込みが必要である。



なお、5.3において被験者に、実験後、アンケート（意見、感想など）を実施したので、主なコメントを末尾に付す。

## 6 おわりに

バイクの情報化という観点から、その情報ツールをコントロールするインターフェースとして音声認識に注目した。むき出しマイクに高速の風が当たる中での音声認識ということもあって、最悪のシチュエーションであったが、音声認識にとって、バイクの高速走行環境の雑音は風切り音が支配的で、それは風洞でシミュレートできることが分かった。さらに、そのシミュレートされた環境で収録した音声データから構築した、いわば環境にマッチした音響モデルを根拠に音声認識装置を組み上げることで、その環境において、市販されている認識ソフトの性能をはるかに上回ることが明らかになった。また、実アプリケーションとして楽曲検索システムを提案し、実際の走行における操作性や、100km/h走行相当の環境でも実用レベルに近いことを示した。今後は、音声認識技術としては、100km/h走行（相当）時の音声認識率のさらなる向上、100km/h以上の風雑音環境での対応、女性話者の検討などと、これらと並行して、バイクに特化した音声対話システムの作り込み、専用機化・小型化の検討を行う必要がある。これらの技術を基に、ナビゲーションやコミュニケーションツールなど、さらなる展開を望むこともできる。

### 謝辞

本内容は、名古屋大学と共同で行ったものであり、同大学・武田一哉教授と武田研の学生に甚大な協力を受けたものである。ここに感謝の意を表する。

### 付録

市街地走行における楽曲検索システムに対するアンケート結果（意見、感想など）

- ・予想以上に聞き取ってくれた
- ・音声認識に感動
- ・市街地程度なら使えそう 慣れれば大丈夫
- ・音楽を聴きながら走るのも楽しいと思った
- ・実験は純粋に楽しかった 早く実現されれば良いと思った
- ・暑い！（音声認識の関係上、シールドを閉めなければならないため）
- ・慣れないと操作は面倒
- ・検索中、信号が変わるとあせる
- ・交差点などうるさい場所では認識率が良くなかったような気がする
- ・機能を絞っても良いのではないか



## ■参考文献・引用文献

- 1) <http://www.jipdec.jp/chosa/public/report/onseidb/>
- 2) <http://htk.eng.cam.ac.uk/>
- 3) <http://julius.sourceforge.jp/>
- 4) 中田諭志, 原直, 赤坂貴志, 武田一哉 “バイク走行環境下での音声対話システムの性能向上に関する検討”, 日本音響学会 2007年春季研究発表会 ポスターセッション

## ■著者



赤坂 貴志  
Takashi Akasaka

コーポレートR&D統括部  
システム技術研究部



# 技術論文

## 負のオーバーラップによるガソリンHCCIの吸気バルブタイミングと燃焼の性質

**Basic Characteristics of Gasoline Fueled HCCI Using Negative Valve Overlap about intake valve timing and combustion**

猪原建彦 飯田実 デイビッドE.フォスター

### Abstract

YAMAHA Motor Co., LTD. had been conducting cooperative research concerning HCCI (Homogenous Charge Compression Ignition) with the Engine Research Center in University of Wisconsin - Madison, in a program that saw a steady development of new point of focus since 1998. In our past work, we discussed the fundamental characteristics of HCCI with various fuel<sup>1)</sup>, and the effects on combustion under heterogeneity<sup>2)</sup> and so on. In this report, we investigate HCCI using regular gasoline fuel considering practical application. The heat of burnt gas generated in the previous cycle is kept in cylinder by means of early closing of the exhaust valve, called "Negative valve Overlap" (NOL), to obtain an ignitable condition. In addition to this, sometimes we use small amount of direct injection during NOL to augment ignitability.<sup>3)</sup> In this way we verified that HCCI operation is possible under similar compression ratio in conventional spark ignition (SI) engines. Besides, there is a certain width of operating range even with a fixed valve timing operation, when using this method. In this paper, we discuss mainly the relation between intake valve timing and available operational range.

### 要旨

ヤマハ発動機では、ウィスコンシン大学エンジンリサーチセンターとの共同研究として、1998年よりテーマを発展させながらHCCIについて研究してきた。過去に多種の燃料によるHCCIの基礎的な特性研究<sup>1)</sup>や不均一性の効果の研究<sup>2)</sup>などを行ったが、今回報告する研究では実用化を視野に入れて、通常のレギュラーガソリンを使用した場合の応用について検討した。着火条件を得るために排気バルブタイミングを早く閉じて「負のオーバーラップ」(NOL)とすることで前サイクルの既燃ガスの熱を保持し、さらに一部燃料をこのNOL期間中に筒内に噴射することで燃焼を補助する<sup>3)</sup>。この方法により、通常のスパークイグニッション(SI)で使用する範囲の圧縮比でもHCCI運転ができ、しかもバルブタイミングを固定したままでも、ある程度の範囲で負荷制御が可能であることを確認した。本報告では主に吸気バルブタイミングと使用できる運転領域の関係を議論した。

## 1 はじめに

酸性雨や光化学スモッグといった自動車排気ガスにまつわる公害問題、あるいは地球温暖化(温室効果ガス)問題や石油資源の枯渇問題が叫ばれはじめてから久しく、多くのエンジン技術者が長い間解決策を模索してきた。その結果、今日にいたってエンジン補機や触媒、制御技術は多くの進展を見ている。しかし、コンポーネントとしては複雑化の一途をたどっており、エンジンとして根本的な解決が望まれている。均一予混合自着火(HCCI)技術は、そのような中で計測や計算技術の発展とともに注目されてきた燃焼技術のひとつである。

HCCI(Homogeneous Charge Compression Ignition)は、燃料をあらかじめ均一な混合気として供給し、しかも火炎伝播によらない自着火による燃焼のため火炎伝播限界に縛られない希薄な領域での燃焼が可能である<sup>4)</sup>。希薄な条件では、NOxが生成する温度に達しない燃焼も可能であり、しかも直噴エンジンの場合問題となる過度な不均一によるスモークの発生も原理的ではない。従って高価なNOx触媒が必要になり、かつパティキュレートフィルターなどによるスモークの処理も必要もない。その上一般にスロットルバルブによる絞りを使用しないためポンプロスが少なく、低温燃焼のため熱損失も少なく、しかも燃焼は極めて早いためサイクル論的にも時間損失の小さい効率の高い運転が可能である。HCCIは排気ガスや燃費の点で有利な特質を備えているのである。

ただし、自着火燃焼に関する技術的な難しさがHCCIの実用化を阻んでいる。具体的には、燃料成分や運転条件により変ってしまう着火時期の制御や比較的低い燃焼効率(HCやCO排出)、燃焼速度の制御などである。

熱発生が急激である点は、特に高めの負荷において騒音や強度などで問題となる。そのため、高負荷領域を他の燃焼方式と切替えるコンセプトがある<sup>5),他)</sup>。HCCIの燃焼制御としても完全な予混合ではなく、ある程度不均一性も残した混合気による燃焼として熱発生を制御する考え方も提案された<sup>2)</sup>。燃焼効率向上にも効果のあるこの考え方、特に最近の直噴ディーゼルエンジンで予混合性をあげたNOx対応の燃焼方式で、PCCIと呼んで各社が研究している。

## 2 NOL-HCCIについて

ガソリン混合気を自着火させるためには1000K程度が必要であり、低い圧縮比では、圧縮前温度で450K以上の高温が必要<sup>6)</sup>である。この温度条件を整えるために前サイクルの高温の既燃ガスを利用するという方法がある。今回報告する研究ではこのコンセプトのひとつである負のオーバーラップ(NOL:Negative Valve Overlap)を利用したシステムについて検討する。NOLとは、通常吸気バルブと排気バルブが同時に開いている期間を指すオーバーラップに対して、いずれのバルブも同時に閉じている期間と同じ尺度で表現したものである。**図1**に示すようにNOLでは早く排気バルブを閉じてしまうため、NOL期間中に2つ目の小さな

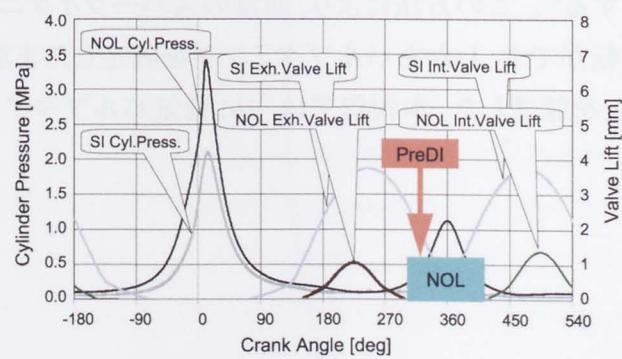


図1 NOL運転

圧力ピークが見られる。NOLは、速い応答性や他の手段と比較した時の排気から利用可能になるエネルギー量などの点からガソリンHCCI燃焼の実用エンジンに適していると思われる。ここでは、NOL運転の特徴と要求されるバルブタイミングや運転領域について議論する。

### 3 実験装置

この研究にはモーターサイクル用エンジンをベースとしたDI(燃料直噴)単気筒水冷250cc研究用エンジンが使われた。主な諸元は表1に示した。PI(吸気管噴射)とDIに使用したインジェクターは、同一仕様の低流量仕様スワールインジェクターとした。DI用インジェクターはシリンダーボアの中央に配置され、燃料はピストン頂部の中央に向かつてヘッドから噴射される。これらインジェクターの燃料噴射圧は5Mpaである。スパークプラグはDIインジェクターの横に2つ取り付けた。

実験装置全体は図2に示す。外部オイルポンプとオイルタンクを使用し、PIDコントローラーによりオイル温度は $75^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、冷却水の温度も $80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に制御された。この研究に使用した燃料はUSレギュラーガソリンである。オクタンインデックス、(RON+MON)/2、は87で、センシティビティ(RON-MON)は5.4である。

表1 エンジン諸元

Bore × Stroke	73.0 × 59.6mm
Connecting-rod length	116.0mm
Displacement Volume	249.4cc
Compression Ratio	14
Numbers of Valves	Intake 2 & Exhaust 2

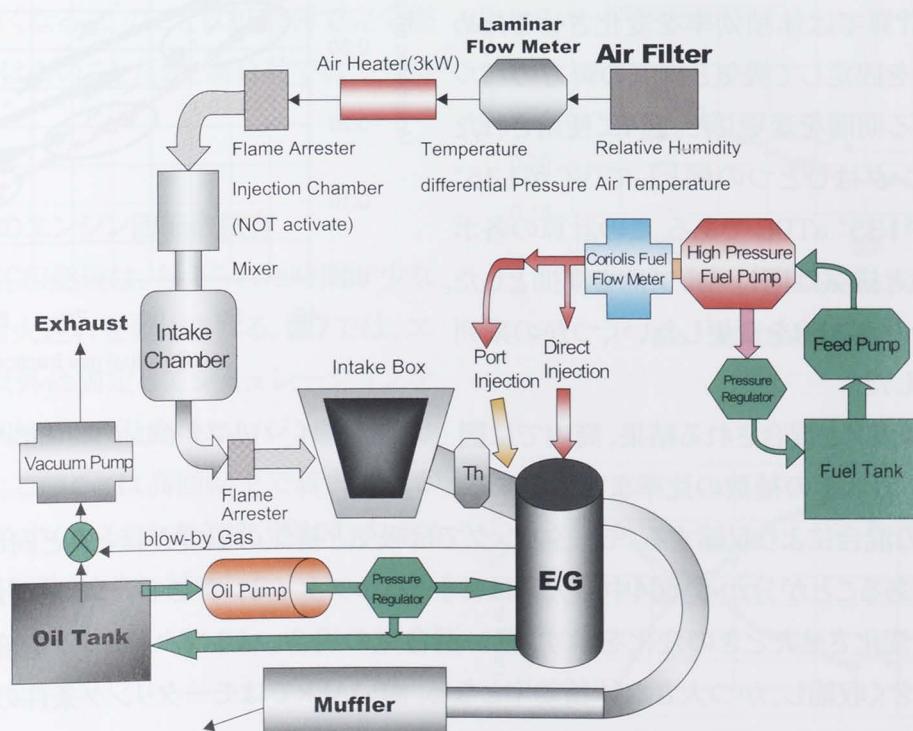


図2 実験装置



## 4 一般的なNOLのエンジンサイクルの特徴

HCCI運転が可能なバルブタイミングの選定には、吸気や筒内温度の一般的な挙動の情報が必要である。この検討には一次元シミュレーションが使われた。一次元シミュレーションは筒内の燃焼までは予測できないが、適当な燃焼を仮定することにより温度や圧力は計算できる。

### 4.1 燃焼による体積効率の変化

NOLではスロットルを使用しないにも関わらず、筒内にトラップされる新気量がエンジンの運転負荷に強く影響される。図3は筒内にトラップされたガスの量を示す。NOL期間中と圧縮行程のガス量の差は入れ替ったガスの量を意味し、着火運転時はモータリング時よりもかなり多い。この計算で体積効率はモータリングの0.18からファイアリングの0.33まで増大している。そのため、モータリング時の体積効率から、あるバルブタイミング設定時に得られる負荷を予想できない。

NOL期間の長さを変化させたときの残留ガス率(筒内状態)と体積効率(外気状態)の関係を図4に示す。この計算では体積効率を変化させるために、IVCとEVOを固定して吸気と排気の両方のバルブが開いている期間を変更した。図4に使用されたバルブタイミングはひとつの例としてIVCが135° bTDCとEVOが135° aTDCである。この計算の各ポイントは、吸気と排気は同じバルブ開き期間とした。また2100rpmにてAFRを変更したいくつかの系列について計算した。

新気は、残留ガスと混合される結果、筒内では図4における残留ガス率の補数の比率まで膨張する。

残留ガスもこの混合により収縮する。モータリングでは吸気と排気の温度がほとんど同じであるため、直線的な関係があることが分かる。図4中の矢印は、同一バルブタイミングでモータリングからファイアリングへ当量比を変化させたときの変化を示す。濃い混合気の場合、バルブタイミングを変化させなくても残留ガスは大きく収縮し、かつ大きな体積効率となる。濃いAFRではモータリング条件の直線からより大きく離れる。

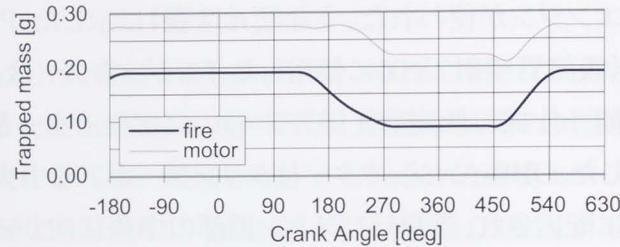


図3 筒内ガス量のサイクル内変化

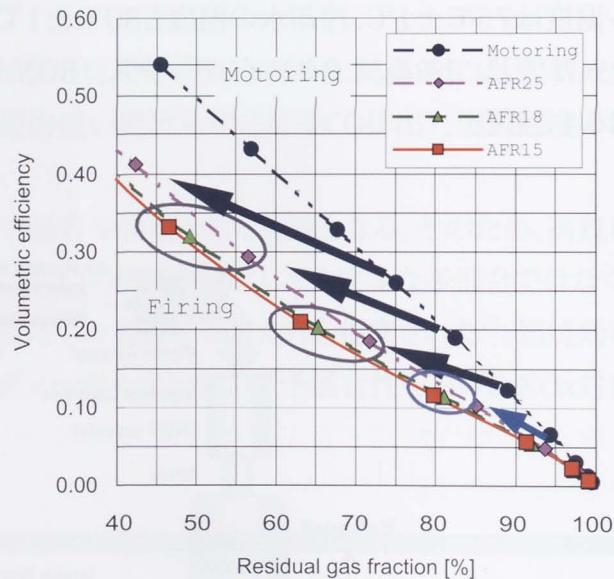


図4 バルブタイミングによる筒内ガス挙動



#### 4.2 筒内ガス温度に影響される残留ガス率の傾向

モータリングを含んだいくつかのAFRにおける、排気TDC、吸気後のBDC、ファイアリングTDC、といったエンジンサイクル中のいろいろな時点での温度を図5に示す。ここではIVCとEVOはTDCを挟んで対称に、TDCのそれぞれ前と後135°とした。

残留ガス率で0.6～0.7のときにファイアリングTDCの温度は最大値をとる。(残留ガス量増大とともにガス温度は増大するわけだが)この点を超えると大量の残留ガスのためにガス温度は低下する。仮にTDCにおけるガス温度が1000K以上で自着火運転ができるならば、運転可能範囲は体積効率でおよそ0.1～0.35の間になる。

図6に、IVC後に筒内にトラップされたガス量を残留ガス率に対してプロットした。着火しやすい条件であるファイアリングTDCにおける高温ガスは同時に低密度である。これは熱容量が小さいので燃焼時には大きな圧力上昇率となる。そして燃焼後のガス温度も高くなる。このことは低負荷で完全燃焼させるためにはよいことだが、高負荷ではNOx排出につながる。

#### 4.3 着火条件のエンジン回転数依存

高回転時のHCCI燃焼は、与えられた時間が少ないために短い着火遅れを要求される。図7では、エンジン回転数以外は固定してシミュレーションを行った。その結果TDCの温度はエンジン回転数とともに上昇した。このことは高回転下で着火遅れが短縮し、着火しやすくなることを示す。逆に筒内ガス量はエンジン回転数とともに減少した。

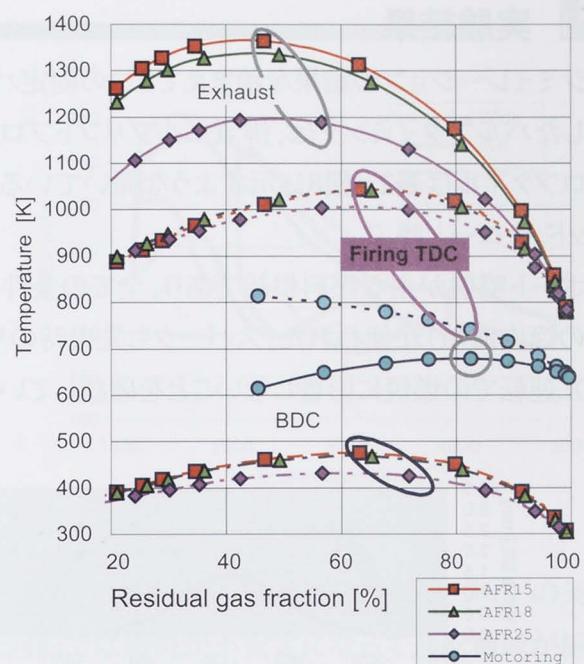


図5 バルブタイミングによる筒内温度挙動

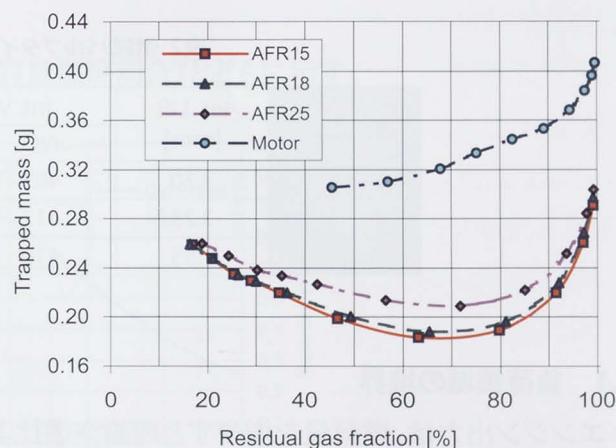


図6 筒内ガス量の傾向

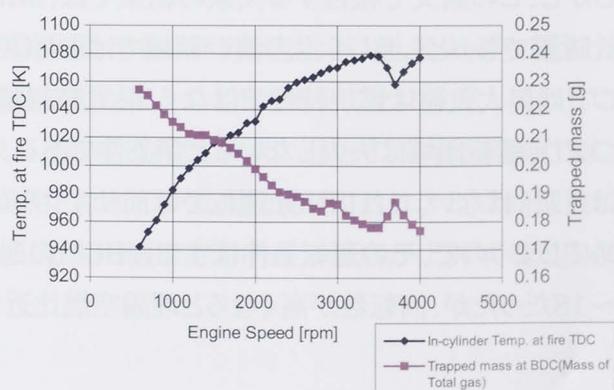


図7 回転数と筒内ガス温度



## 5 実験結果

シミュレーションの結果を踏まえて3つの固定バルブタイミングで運転可能領域を実験で確認した。選択したバルブタイミングは、排気バルブリフトプロファイル(リフト1.4mm)をひとつと、吸気バルブリフトプロファイルは表2と図8に示すような開いている期間と最大リフトの違う3つである。各セットはワイド、ミッド、ナローと呼ぶ。

ポート噴射が主な燃料供給であり、全ての条件で燃焼を助けるためおよそ0.9mgのプリDI(NOL期間中の筒内直噴)が使われた。スパークも失火時の早期回復のために使用した。圧縮比14ではスパークはNOL運転での燃焼に影響しないことを確認している。

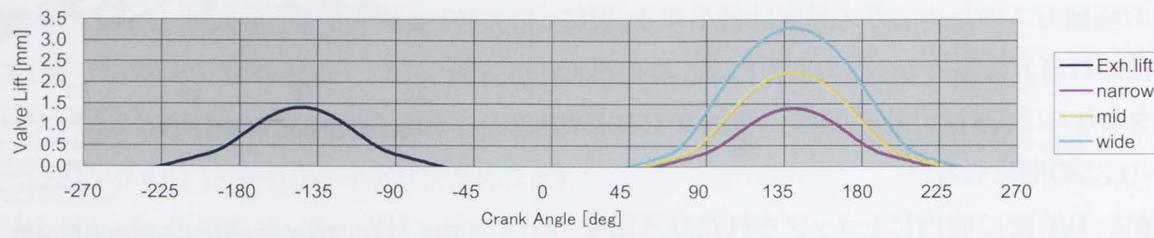


図8 供試バルブタイミング

表2 供試バルブタイミング [after TDC of firing]

	Int. Lift [mm]	Int. ValveTiming		Exh.ValveTiming	
		IVO	IVC	EVO	EVC
wide	3.30	403	-123	137	294
mid	2.25	412	-132	137	294
narrow	1.55	419	-140	137	294

### 5.1 負荷領域の境界

エンジン出力は、燃料量を増やすと理論空燃比より若干濃いめまで増大を続ける。そしてこの点よりも濃くなると低下する。

我々の過去の研究<sup>1~2)</sup>では、運転領域の上限にMRPR1000kPa/deg(最大圧力上昇率)を使用した。しかし、この論文で報告する実験の結果では、MRPRはこの境界まで到達しなかった。燃焼は、理論空燃比近傍でもっとも激しく、より濃い領域ではまたゆっくりとなり、最終的には着火しなくなる。このように、ここでは最大負荷は燃焼特性ではなく、最大吸気量で制限される。最小負荷限界は燃焼安定性で決まる。つまり、運転領域は失火しないことが条件である。しかしながら運転領域下限のNMEPの変動率は、それほど悪くはない。これはNOL運転では前サイクルの影響がとても強いことによる。失火ひとつで燃焼を止めてしまうので、その運転条件はすでにHCCIの運転領域から外れている。AFRの範囲は広いところで11~18だったが、回転数が高くなると理論空燃比近傍に限られるようになる。

## 5.2 運転領域マップ

図9には3つのバルブタイミングセットの運転領域を示した。バルブタイミングによってその形状が異なることが分かる。

高回転における負荷領域の上限は、体積効率の減少に伴い低くなり、かつ領域は狭くなる。低負荷限界はバルブタイミングセットに関わらず2000rpm以上ではおよそ200kPa、そして低い回転数ではこの限界NMEPは高くなる。それぞれのバルブセットの低負荷限界はエンジン回転数に対して変動している。これは吸気と排気の動的効果が関係していると思われる。

ナローのバルブタイミングセットは低回転で安定であったが、高回転側の限界が低かった。ワイドの条件では4800rpmまで運転できたが、2000rpm以下の低回転では燃焼が不安定になって運転領域が縮小した。

## 5.3 燃焼

図10に典型的なNOL-HCCIの筒内圧履歴をMBF(質量燃焼割合)とともに示す。

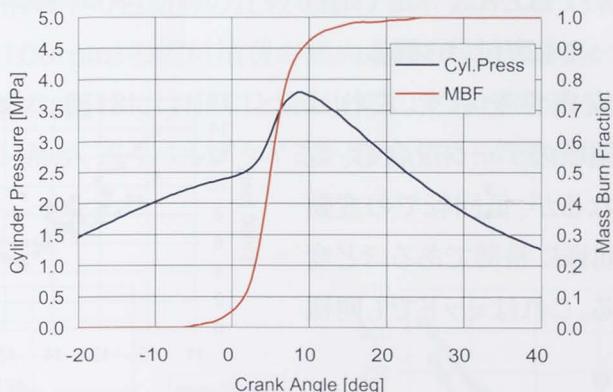


図10 典型的な筒内圧履歴

AFRで整理した、燃焼位相(50%燃焼割合位置)と燃焼変動率(NMEPの変動率)を、それぞれ図11と図12に示す。燃焼安定性は希薄条件で悪化するが、燃焼位相がほとんど変わることに注意してほしい。ストイキ(理論混合比)から濃い方向にAFRを変化させると燃焼位相は単調に遅角する。希薄領域では、低回転を除いて薄くなると若干遅角するが、ほぼ同じ位相となっている。燃焼位相は、エンジン回転数に対しても明白な傾向は見られない。これは、図7で検討した高回転ほど筒内ガス温度が上昇する傾向に関係があると思われる。



図11 燃焼位相(CA50)

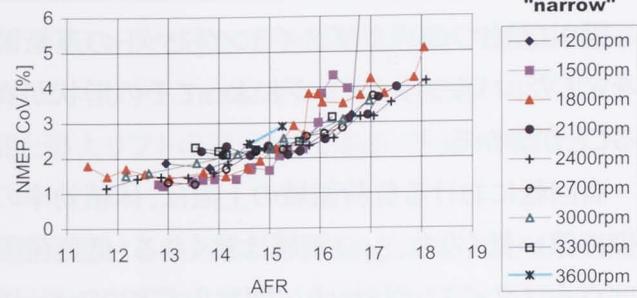


図12 燃焼変動率

我々の過去の研究<sup>1~2)</sup>のように吸気を加熱して行うHCCIでは、同一吸気温度で当量比を小さくしていくと燃焼位相は遅くなり、安定性も悪くなる。図12に示す燃焼変動率の傾向は、この傾向と矛盾しないが、図11の燃焼位相は異なる。希薄領域でも燃焼位相が変化しない事実は燃焼前の温度履歴が変わらないか、あるいはより高温になっていることを示唆する。このことはファイアリングTDCの温度が、そのピークにおいてほとんど一定である図6に示した計算結果によっても裏付けられる。

図13はワイドの燃焼安定性を示す。これは3600rpm以上の高回転領域のデータを含む。変動率は高回転で高い値となるが、低回転での変動率はナローの場合とほぼ同様に希薄であるほど変動率が増大する傾向である。これはミッドでも同様である。

図14はAFRに対する燃焼期間(質量燃焼割合10%から90%までの期間)を示す。燃焼期間は典型的なSI運転よりもかなり短い。燃焼期間の傾向はフィッシュフックカーブのようであり、最も短い燃焼期間は理論混合比のときに見られる。このことは、理論混合比で燃焼が最も活発で、その結果が(燃焼の)最高温度が最も高くなることを意味する。

残留ガス率は、吸気量や混合気温度に密接な関係がある。図15に残留ガス率の包絡線を示す。残留ガス率は筒内圧と吸排ガス温度及び吸気流量から計算した<sup>7)</sup>。この実験結果で、データは高負荷

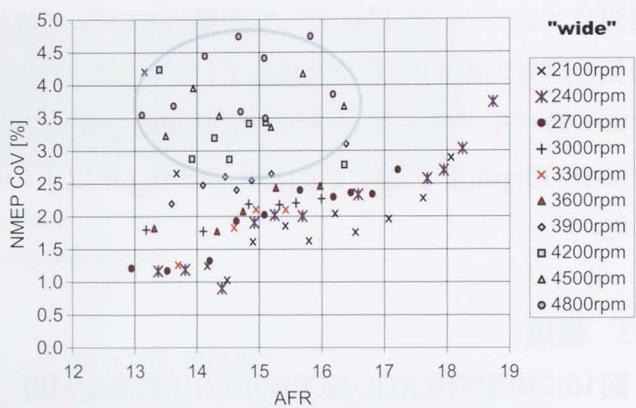


図13 高回転における燃焼変動率

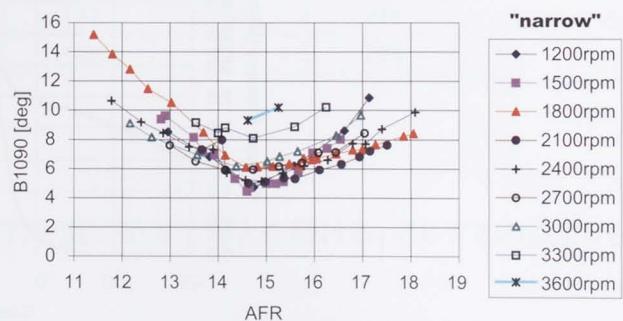


図14 燃焼期間

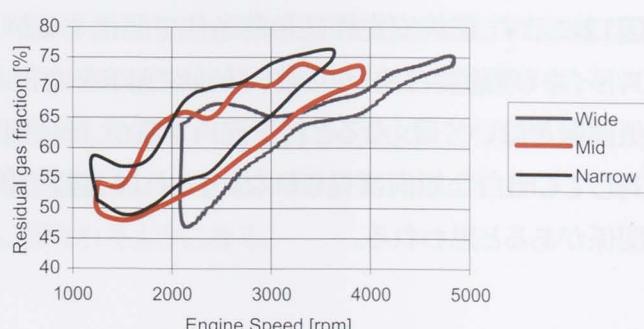


図15 残留ガス率



時に48%、低負荷で76%の範囲に分布している。最大負荷の残留ガス率はナローからワイドに変更すると小さくなる。

低負荷限界が残留ガス率でおよそ70%にあることは図5で示した最大温度は残留ガス率が70%程度で得られるとした計算結果と整合している。この検討では、70%よりもさらに高い残留ガス率ではIVCのタイミングでより低い温度になる。その結果、実験では低負荷限界が残留ガス率75%になったものと思われる。

それぞれの負荷条件に対して、ある最適なバルブの開き期間があると思われる。ナローからワイドに変更していくと、最小残留ガス率は単調に減少している。体積効率は運転領域を決定する最も重要な要素であり、残留ガス率はこれに間接的に関わっていると結論できる。

図16に排気ガス温度を示す。温度の分布は広範囲にわたる。排気バルブタイミングが同一なので、残留ガスの体積は全域で同一である。同一の体積の残留ガスから図9のように広い運転範囲となるのは、主に排気ガス温度の範囲が大きいためである。



図16 排気ガス温度

#### 5.4 効率(燃料消費)

3つのバルブセットの燃料消費率の包絡線の比較を図17に示す。ナローは他の条件よりも燃費が悪い。特定のエンジン回転数(2100rpm)の燃料消費の傾向を図18に示す。高い負荷ほど良い燃費に見える。また、ワイドがベストと読める。図18にはHCCIとSIの比較のため1点のみSIのデータもプロットした。SIの参照データは同一エンジンだが、違うバルブタイミングのAFR15の条件である。HCCIはSIよりよい効率を示している。

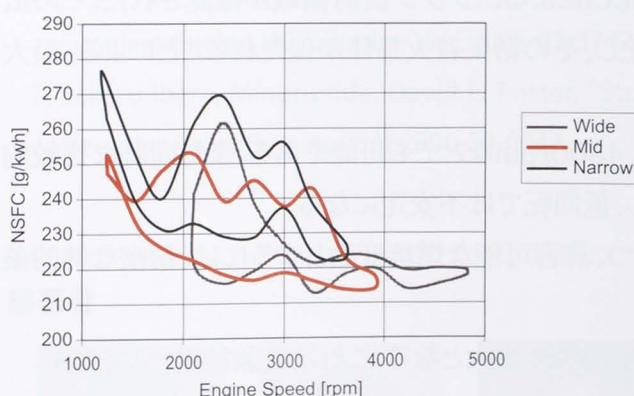


図17 燃費率(全体比較)

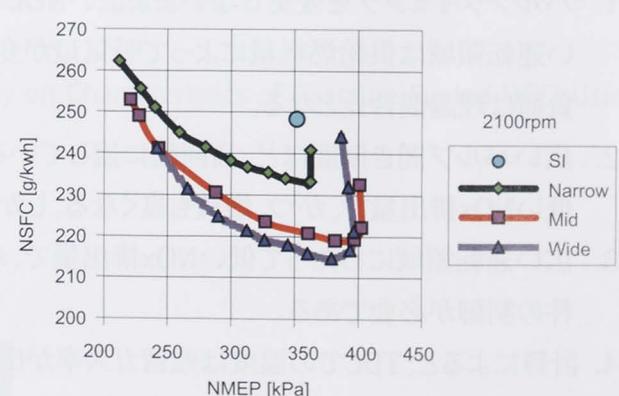


図18 2100rpmの燃費挙動

## 5.5 NOL-HCCIのNO<sub>x</sub>排出特性

2700rpmのNO<sub>x</sub>排出量をNMEPでまとめた結果を図19に示す。ISNO<sub>x</sub>は全てのバルブセットで希薄条件からAFRが濃くなるにつれ負荷とともに増大し、理論混合比で最大値をとると、リッチ側では出力が増加しないので、ただ低下している。ここでは示さないが、この傾向は回転数に関係なく見られる。

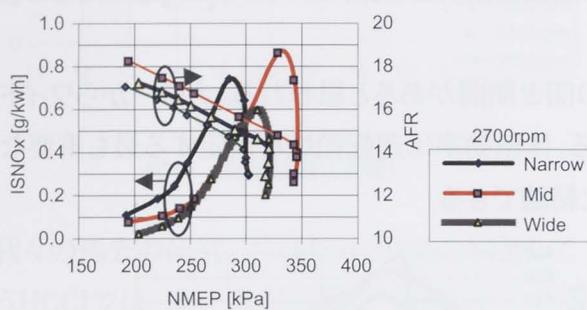


図19 2700rpmのNO<sub>x</sub>排出挙動(NMEPによるまとめ)

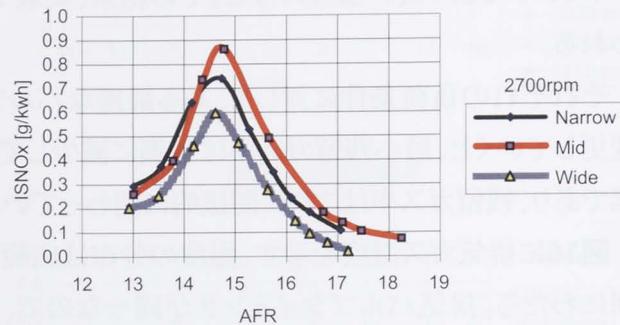


図20 2700rpmのNO<sub>x</sub>排出挙動(AFRによるまとめ)

3つのIVO期間を比較すると、ナローが他のものよりも同じ負荷でより多くのNO<sub>x</sub>を排出していることが分かる。なぜナローがより多くのNO<sub>x</sub>を排出するのかは、図20に示す通り同一負荷におけるAFRに関する。負荷が違っても全てのバルブタイミングセットで、理論混合比が最も多くNO<sub>x</sub>を生成することは明らかである。

## 6 おわりに

実験と計算の両方によってガソリン燃料の負のオーバーラップによるHCCIを検討した。以下の結果が得られた。

1. バルブタイミングを変更しないまま広いNOL-HCCIによるエンジン負荷領域が確認された。この広い運転領域は供給燃料量によって吸気量が変化し、その結果着火条件が保たれることによる。最大負荷は理論混合比となる。
2. 広いバルブ開き期間ほど、高回転に適している。4800rpmなどでも可能である。また同時に比較的低いNO<sub>x</sub>排出量で、かつ、燃費も良くなる。しかし、低回転では不安定になる。
3. 広い運転領域にわたって低いNO<sub>x</sub>排出量で、かつ、許容可能な燃焼変動とするには、精密な熱的条件の制御が必要である。
4. 計算によると、TDCでの温度は残留ガス率が60~70%で最大となる。これは実験結果とよく合う。
5. 燃焼安定性は、高回転で悪くなる。

NOxが少ないというHCCIの特徴を生かすには、低い負荷に限定するか希薄混合気とすることである。しかし、希薄混合気による運転は燃焼変動率が悪化するため、VVTL機構などにより、ある運転条件に対して適切なバルブタイミングを選ぶことが必要である。さらに負荷上限を拡大するためには、過給などにより筒内ガス量、つまり、熱容量を増大させることが有効である。一方 本報告によれば、使用領域が限定されている場合は固定カムでもある程度の負荷範囲があるので、安価な応用も可能であると考えられる。

## 謝辞

この研究はウィスコンシン大学エンジンリサーチセンターとともに行われ、また部分的に米国エネルギー省のサポートも受けた。

## ■参考文献

- 1) Tanet Aroonsrisopon, Davit E. Foster et al. "Comparison of HCCI operating ranges for combinations of intake temperature, engine speed and fuel composition" SAE2002-01-1924
- 2) Tanet Aroonsrisopon, Davit E. Foster et al. "Expanding the HCCI Operation with the Charge Stratification" SAE2004-01-1756.
- 3) T.Urushihara, K.Hiraya, A.Kakuhou, T.Ito, "Expansion of HCCI Operating Region by the Combustion of Direct Fuel Injection, Negative Valve Overlap and Internal Fuel Reformation" SAE2003-01-0749
- 4) Najt, P.M., and Foster, D.E. "Compression-ignited homogeneous charge combustion" SAE Paper 830264, 1983
- 5) Richard Standing, Navin Kalian, Tom Ma and Hua Zhao, Martin Wirth and Andreas Shamel, "Effect of Injection Timing and Valve Timing on CAI Operation in a Multi-Cylinder DI Gasoline Engine" SAE2005-01-0132
- 6) Robert J.Iverson, Randy E. Herold, David E. Foster et.al. "The Effects of Intake Charge Preheating in a Gasoline-Fueled HCCI Engine" SAE2005-01-3742
- 7) Takeru Ibara, Minoru Iida, David E. Foster, "Study on Characteristics of Gasoline Fueled HCCI Using Negative Valve Overlap" SAE2006-32-0047

## ■著者



猪原 建彦  
Takeru Ibara



飯田 実  
Minoru Iida  
コーポレートR&D統括部  
コア技術研究部



デイビッドE.フォスター  
David E. Foster  
コーポレートR&D統括部  
コア技術研究部  
YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW



# 技術論文

## モーターサイクルエンジン開発における過渡シミュレーションベンチの活用

A Motorcycle Engine Development System Utilizing a Test Bed with Simulation Technology

鳥越昌樹 荒木裕次 加藤隆輔

### Abstract

With the aim of achieving efficient and sophisticated motorcycle engine development, an engine test bed that can simulate vehicle running conditions using an ultra-low inertia motor and high response load control system was constructed and applied to the development of engines. By combining an exhaust gas analyzer, an exhaust gas constant volume sampler (CVS), and a data processing system, mass emissions could be measured in various test cycles. We were able to confirm this system's advantages for data repeatability and test efficiency compared with a chassis test using a vehicle were confirmed. An acceleration test was conducted to assess running performance, and good agreement with actual driving values was confirmed. In addition, by measuring and evaluating engine response to throttle manipulation, it was possible to evaluate driveability on the test bed. These test findings indicate that this test bed can simulate vehicle driving tests using only the engine and that it will be a useful tool in engine development.

### 要旨

モーターサイクルエンジン開発の高効率化のため、超低慣性モーター、高応答負荷制御システムを用いて車両走行状態を模擬できる過渡シミュレーションベンチ（以下、過渡ベンチと称す）を構築し、実際のエンジン開発に適用した。過渡ベンチ、排ガス分析計、排ガス定容量試料採取装置（CVS）、データ処理システムと組み合せることにより、様々なテストサイクルのマスエミッション計測が可能となり、データの再現性、テスト効率の点で車両を用いたシャーシテストに対する優位性を確認した。また、走行性能評価のために追い越し加速試験を実施し、実走行値と良好な一致を確認した。さらに、スロットル操作に対するエンジンレスポンスを計測評価することによる、過渡ベンチ上でのドライバビリティー評価への可能性を示した。これらの試験を通じて、エンジン単体で車両の走行試験を模擬できるこの過渡ベンチが効果的なエンジン開発ツールであることを示した。

### 1 はじめに

環境保護への関心の高まりとともに、世界各国ではモーターサイクルの排出ガス規制が強化されてきている。近年、これらの厳しい規制への対応はもちろん、多様化する消費者ニーズへの迅速な対応のため開発効率の向上が求められており、限られた開発期間の中でエミッション、出力特性、ドライバビリティーなどの多くの要求に応えるエンジン性能を達成することが非常に重要な課題となっている。また、モーターサイクルのエンジン制御システムは、例えば燃料噴射装置、電子制御スロットルの導入、可変機構の付加によって複雑化し、開発工数は増加する傾向にあり、開発期間短縮は容易ではない。

その一方で、コンピューター・シミュレーション技術の進歩は著しく、モデル上で実際のマシンの特性を再現させるモデルベース開発(MBD)は開発期間を短くするために効果的な方法と考えられている<sup>1-4)</sup>。



そこで我々は、実エンジンとコンピューター上の車両モデルを融合させることにより、エンジン単体で車両走行試験が可能となる過渡ベンチを構築し、開発効率向上について評価した。過渡ベンチの利点は、

- ①テストデータの良い再現性
- ②テストサイクルの高周期化
- ③車両では実施困難な試験への適用可能性

であり、以下に過渡ベンチの詳細および開発事例を紹介する。

## 2 過渡シミュレーションベンチ概要

過渡ベンチは、図1に示すとおり主に次の装置で構成されている。

### ・超低慣性ダイナモ

エンジンへの負荷を高速に制御するために、超低慣性水冷式永久磁石DCモーターを採用した。このモーターはインバーターにより制御される。

### ・排ガス計測装置

排ガス計測は排ガス分析計を用いて、次の2つの方法で行うことが可能である。ひとつは排気管から直接ガスをサンプリングして計測する方法、もうひとつは、CVSを用いて希釈した後の濃度を計測する方法である。

### ・排ガス試験制御装置

世界各国のレギュレーションに合せた試験が可能となるよう、車速パターン、変速タイミング、CVSバッゲ開閉時期、車速トレランスなどを任意に設定でき、試験中はそれら設定値に基づき、DSP UnitとCVSに指令が送られる。走行開始から排ガス値算出まで全自動で実行可能である。

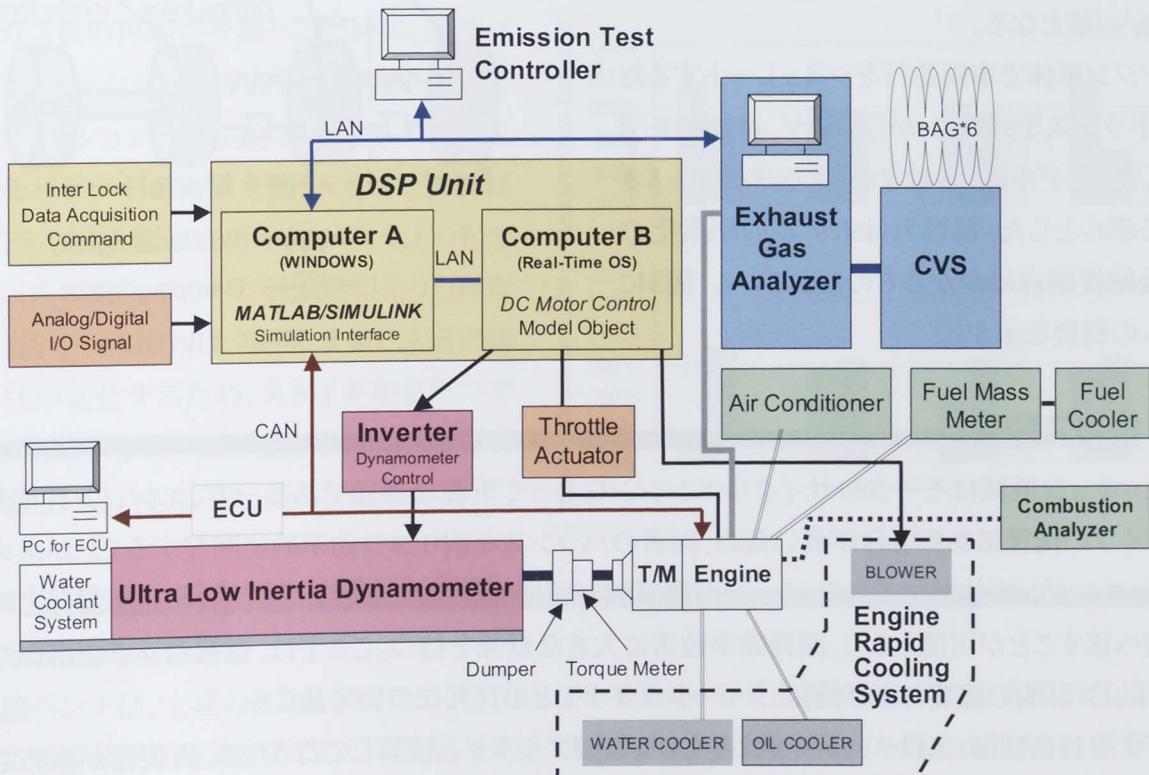


図1 過渡シミュレーションベンチの概要

### 3 車両モデル

過渡ベンチは、車両の走行状態をリアルタイムでシミュレートし、エンジンに加わる負荷の演算結果を用いてダイナモ吸収トルクを制御することで、実走行相当の負荷をエンジンに加えることができる。リアルタイム制御を行うため制御部はリアルタイムOS上のモデルにより動作し、モデル作成やモニタリングなどのインターフェイス部はLANで接続されたWindowsPC上で動作する。負荷設定のために必要な、重量、慣性値、ギヤ比、伝達効率などの車両データは予め入力し、車両モデルに反映される。シフトチェンジは、実際のギヤチェンジを行うのではなく、予め入力されたギヤ比情報をもとに演算し、負荷と回転速度に反映することによりギヤチェンジが模擬される。また、エンジン回転速度、スロットル開度とトルクの関係を予めシステムに学習させておくことで、適切に車速をコントロールすることができる。これにより、図2に示すようなNew European Driving Cycle (NEDC) やWorld-wide Motorcycle Test Cycle(WMTC)など、各国の排ガス規制の走行パターンを正確に走行することが可能となる。

エンジン単体で車両走行をシミュレートするために、トランスミッションからタイヤ、車体をモデル化した。モデルは、各軸まわりの回転系のバネマスモデルとした。慣性力はモデルの簡素化のため後輪接地点にかかるものとしている。図3にモデルの概要を示す。

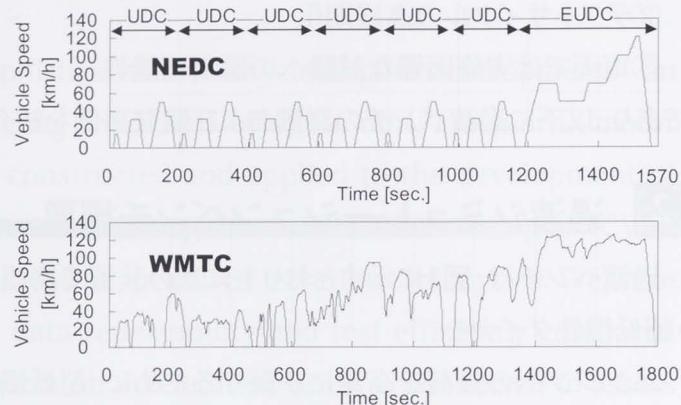


図2 NEDCとWMTC走行パターン

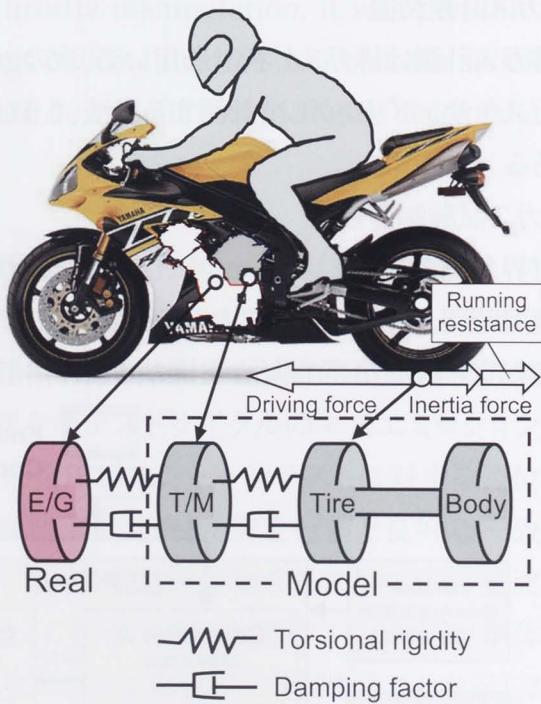


図3 車両モデル

### 4 排ガス開発

エミッション低減はモーターサイクルエンジンにとって重要な課題である一方、エンジン性能とのトレードオフの関係にある場合が多いため、両者のバランスを取りつつ効率的に開発することが求められている。エンジン単体でマスエミッション計測試験が可能であることは、排ガス開発を商品開発工程のより上流へ移すことが可能となり、開発効率改善に大きな意味を持つ。ここでは、過渡ベンチを用いたマスエミッション計測の概要および特長、シャーシダイナモとの比較について論じる。

ダイナモ負荷制御、スロットル制御は全てDSPがリアルタイム演算して行うため、再現性が極めて良いことが過渡ベンチの特長のひとつである。今回、1.3L 水冷4気筒研究用エンジンを用いNEDCによるマ



スエミッション計測を行い、実車両を用いたシャーシダイナモ試験との比較を行った。

図4にNEDC試験時のスロットル開度とそのときの車速を、過渡ベンチとシャーシダイナモでそれぞれ5回計測した結果の一部を示す。過渡ベンチ試験の方が、ベテランのテストライダーによるシャーシダイナモ試験よりもスロットル開度、車速のバラツキが小さいことが分かる。

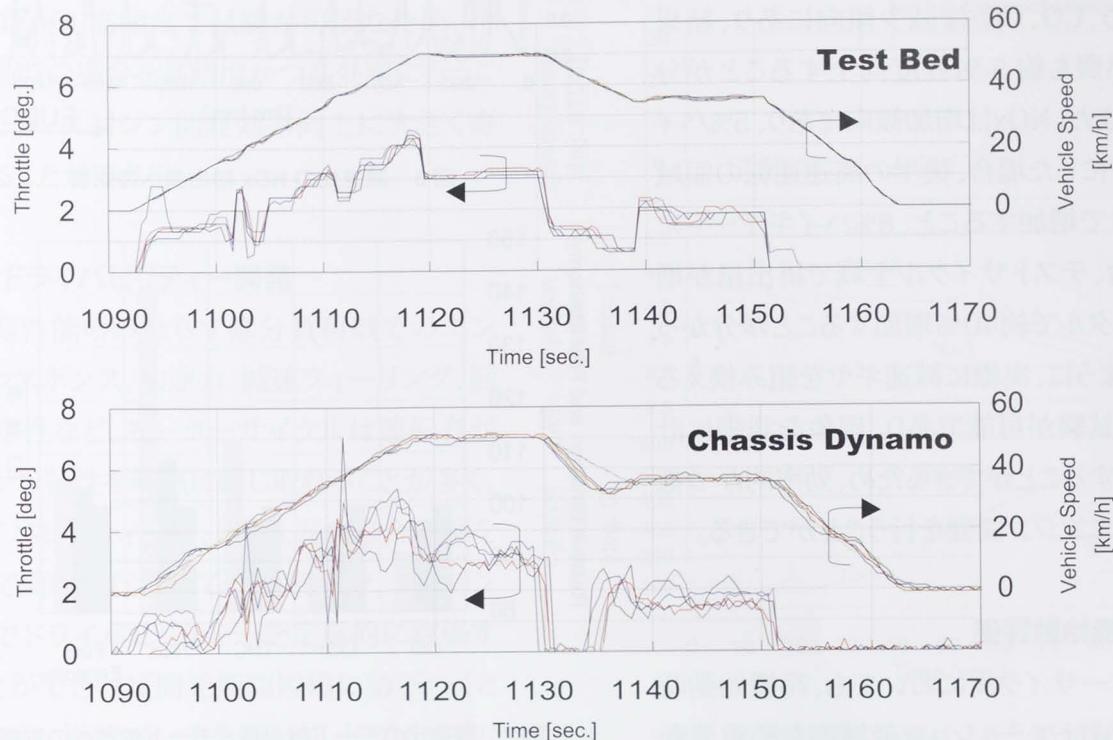


図4 スロットル操作と車速の再現性

排ガス値の再現性を調べるために、過渡ベンチとシャーシダイナモでそれぞれ3回NEDCマスエミッション計測試験を行った。平均値に対するバラツキの結果を図5に示す。THCは土約2%以内と極めて再現性が良く、COも土10%以内にあり、シャーシ試験結果よりも再現性が良い。一方NOxは、A/Fによって急激に排出特性が変化するため、ストイキをまたいでA/Fが変動する場合には良好な再現性を得るのが難しい場合もあった。

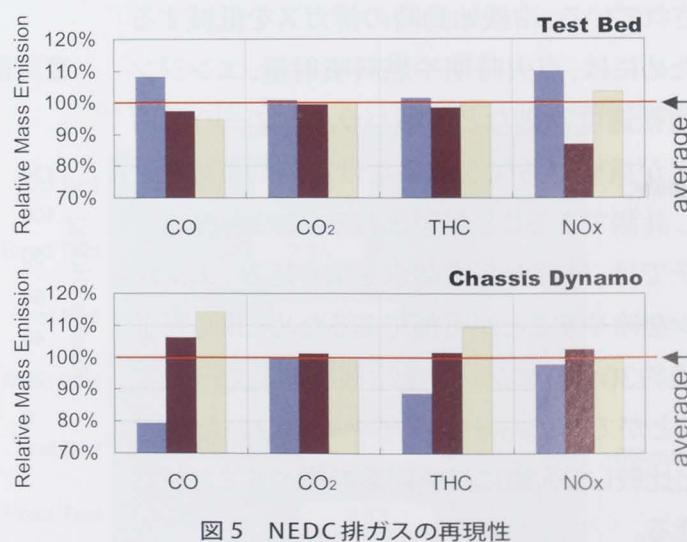


図5 NEDC 排ガスの再現性

## 5 過渡ベンチを用いた開発事例

### 5.1 減速比の影響評価

過渡ベンチは、上述のとおり車両をモデル化しているため、モデル部分については実際の部品を交換せずにその効果を確認することができる。その一例として、ギヤ比を変更した場合の排ガス、燃費への影響を調べた。車両モデルの2次減速比を5%、8%それぞれハイギヤードに変更した場合の、NEDCマス

エミッション計測を実施した。時系列のNOx排出履歴を図6に、標準仕様を100%としたときの、各成分の排出量を図7に示す。ハイギヤード化によりエンジン回転速度が低下するため、CO、CO<sub>2</sub>は減少傾向にあり、結果として燃費も約5%程度向上することが分かった。また、NOxは増加傾向にあり、5%ハイギヤードにした場合、後半の高速運転の領域(EUDC)で増加すること、8%ハイギヤードにした場合、テストサイクル全域で排出量が増加しトータルで約40%増加することが分かった。このように、実際に減速ギヤを組み換えることなく試験が可能であり、現象を詳細に計測・評価することができるため、効率的かつ低コストでエンジン開発を行うことができる。

## 5.2 冷機始動評価

モーターサイクルにおいても、冷機始動時のHC低減はエミッション低減のため重要な課題であり、様々な対応技術が提案されている。冷機始動時の排ガスを低減するためには、点火時期や燃料噴射量、エンジン回転速度制御など各種パラメーターの最適化が重要であり、できるだけ短時間で繰り返し計測できることが望まれる。この過渡ベンチでは、外部から冷却水を取り込み、エンジンを冷やすことが可能であるため、計測完了後約30分でエンジンを冷機状態まで冷やすことができ、シャーシダイナモを用いた試験と比較して大幅に試験回数を増やすことができる。

冷機始動時の制御パラメーターの最適化を行った際の、NEDCの最初の390秒に排出されるHC排出量の開発履歴を図8に示す。制御パラメーターの最適化を行うことにより、最適化前後でHC排出量を約70%低減できた。

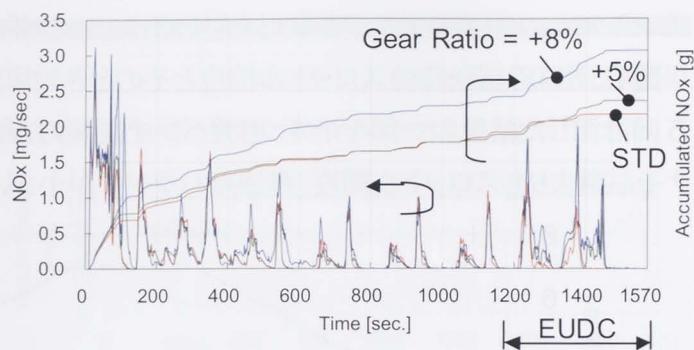


図6 減速比のNOx排出量への影響

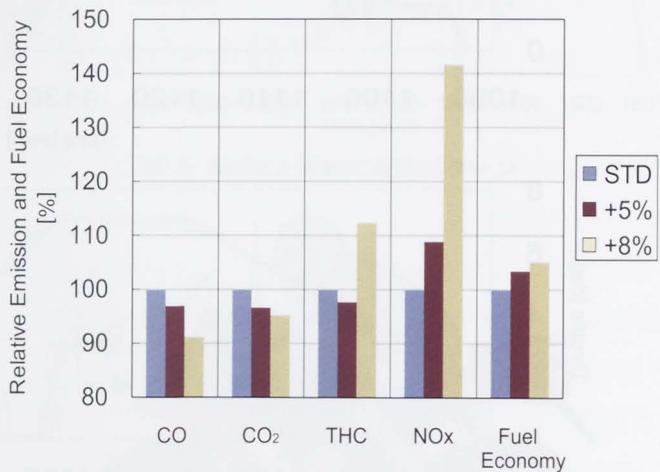


図7 減速比のモード排出量とモード燃費への影響

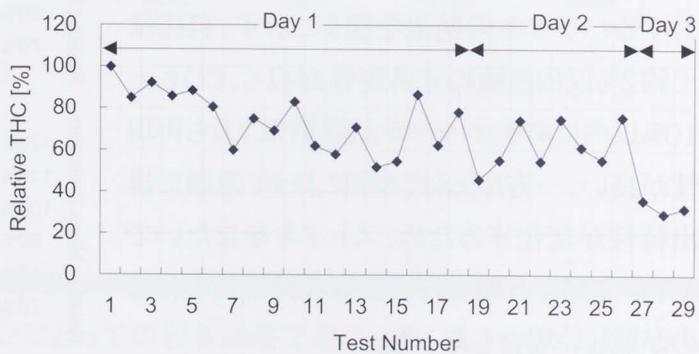


図8 冷機始動時HC削減開発履歴

最適化前の仕様と、最適化後の仕様それぞれの2次空気流量、点火時期、燃料噴射量、触媒内部温度の時系列データを図9に示す。このように、過渡ベンチでは詳細にデータを解析しながら、高頻度で試験が可能なため、冷機始動時の適合を高精度かつ高効率に行うことができ、エンジン開発効率向上に大きく寄与することができる。

### 5.3 ドライバビリティー開発

全開性能のみならず部分負荷域でのエンジレスポンス、加速力、減速フィーリング、回転安定性など、モーターサイクルは運転者がエンジン特性を敏感に感じ取れることが多く、ドライバビリティーは、ほとんどの場合車両を用いて開発が行われている。そこで、エンジンのみでドライバビリティーを定量的に評価することができれば開発期間短縮に結びつくと考えられ、過渡ベンチを用いて、ドライバビリティー評価の可能性を探った。

#### 5.3.1 加速試験による実走行試験結果との相関調査

過渡ベンチ上にて定常走行状態からスロットルを全開にしたときの加速能力を、距離に対する到達時間で評価し、実走行試験結果と比較した結果を図10に示す。初速はそれぞれ60、80、100、120km/hで、スロットル全開にした地点から50、100、200mの距離に到達するまでにかかる時間をそれぞれ計測した。初速60km/hから加速した場合、200mに要する時間は約7.5秒で、実走行と過渡ベンチの差は2.9%であった。

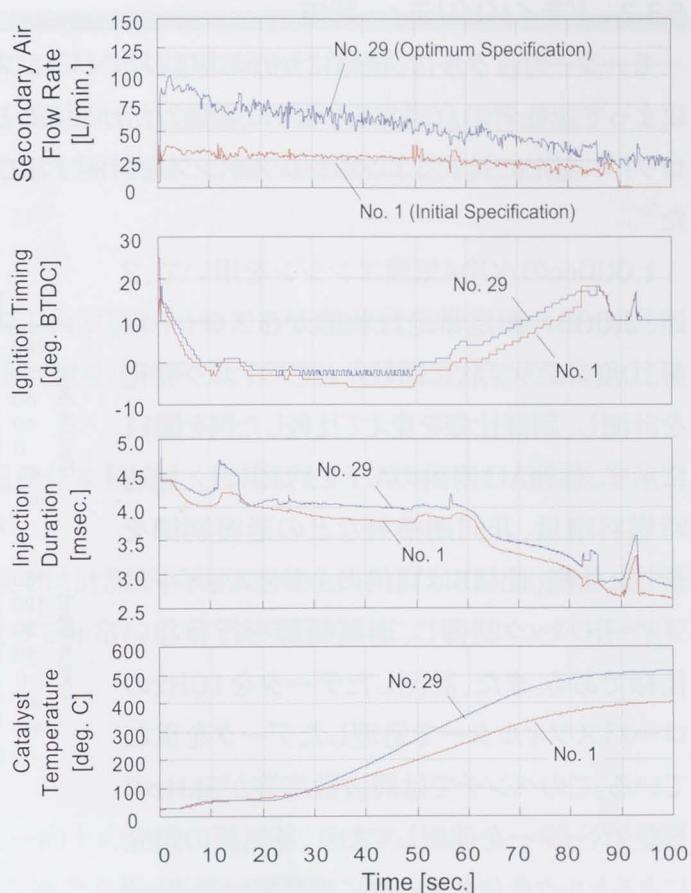


図9 冷機始動時の各種パラメーター例

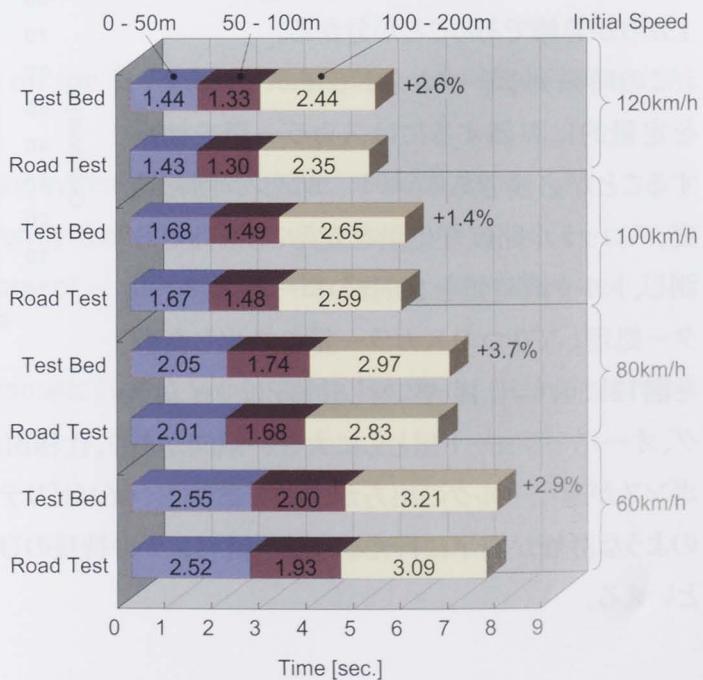


図10 実走行試験との比較



### 5.3.2 ドライバビリティー評価

モーターサイクルは、後輪にかかる駆動力でバランスをとつて走る乗り物であるため、スロットル操作によって運転者の意図するとおりに駆動力がかかることが、極めて重要である。過渡ベンチを用いて、スロットル変化に対するエンジンレスポンスを計測することによるドライバビリティー評価の可能性を探った<sup>5)</sup>。

1,000ccの水冷4気筒エンジンを用いて、2速、2,000rpm定常走行状態からスロットルを開けたときのトルク変化を計測し、制御仕様を変えて比較した例を図11に示す。仕様Aは筒内のA/Fを約13にし、加速時燃料増量、非同期噴射などの過渡制御を行った仕様、仕様Bは筒内のA/Fをストイキにフィードバック制御し、過渡制御を行わない仕様である。また、計測したデータを10Hzのローパスフィルターで処理したデータを重ねている。このベンチでは周波数応答が5kHzのトルクメーターを使用しており、各気筒の爆発によるトルク変化もデータに現れている。時刻0でスロットルを開け、仕様Aでは約50msec.でエンジンが反応しているのに対し、仕様Bでは、約100msec.反応が遅く、また一旦マイナス側へトルクが振れ、その後のトルクの立ち上がりが急峻であることが分かる。

この時系列データからドライバビリティーを定量的に評価するにはスカラー量を抽出することが必要である。ギヤ、エンジン回転速度、スロットル開度変化量を変えて8条件で計測し、トルク瞬時値を10Hzのローパスフィルター処理して2つのスカラー量を抽出した例を図12に示す。仕様Aに対し仕様Bはタイムラグ、オーバーシュート量ともに大きい傾向があり、仕様Bは仕様Aに対してスロットルを開けたときのレスポンスが遅く、トルクの出方が急峻であり、ドライバビリティー上好ましくない特性であることが分かる。このような評価が簡単にできるのが過渡ベンチの特長のひとつであり、効率的な開発のために有効な装置といえる。

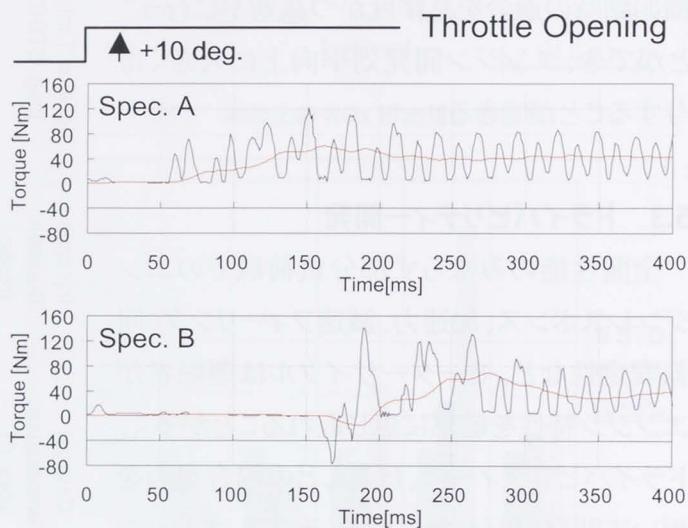


図 11 エンジンレスポンスの評価

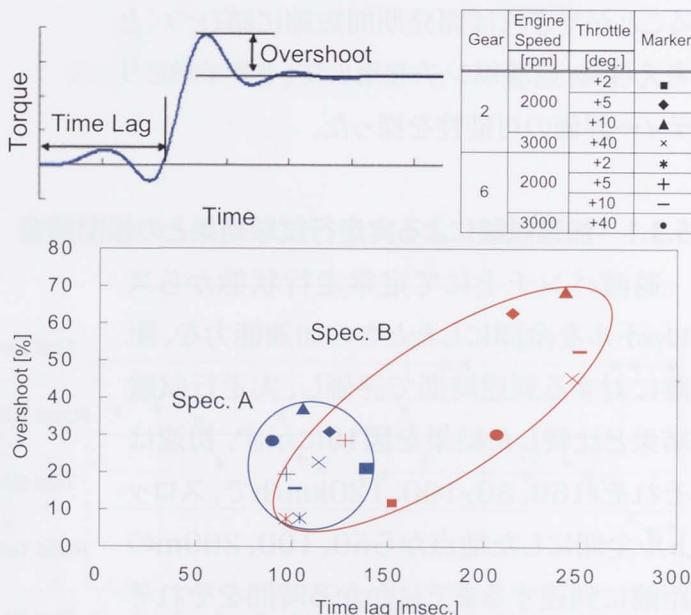


図 12 ドライバビリティー評価例



## 6 おわりに

シミュレーション技術を応用することにより、エンジン単体で車両走行を模擬できる過渡シミュレーションベンチを構築し、排ガス低減開発、エンジン性能開発へ適用した事例を紹介し、モーターサイクルの開発効率向上へ有効であることを示した。過渡ベンチの特長と今後の課題を以下にまとめる。

### 6.1 特長

- ・エンジン単体で世界各国の排ガス規制に対応した試験が可能であり、冷機状態の早期再現、部品の組替えが簡単であるため、時間あたりのテスト回数を増やすことができ、実車両を用いた試験と比較して排ガス開発の効率が非常に高い。
- ・自動運転が可能であるため、エンジンの運転操作を精度よく再現でき、テスト結果の再現性が非常に高い。
- ・過渡時のエンジントルクといった、実走行試験では計測が困難な事象を高精度かつ、再現性よく計測することができるため、モーターサイクルにとって非常に重要である過渡時におけるエンジン特性を、定量的に評価することが可能である。

### 6.2 今後の課題

- ・排ガス低減とエンジン性能・ドライバビリティー向上の両立には、過渡を含めたエンジン適合が重要であり、過渡ベンチの特長を活かした効率的な適合方法の開発が課題である。
- ・ドライバビリティー開発において、ドライバビリティー評価値の算出方法、その評価値とテストライダーによる評価値との相関調査、タイヤモデルやサスペンションモデルなど車両モデルの高度化が今後必要になってくると考えられる。

### ■参考文献

- 1) Dorey, R.E. et al., Transient Calibration on the TestBed for Emissions and Driveability. SAE 2001-01-0215, 2001.
- 2) Koji Shirota et al., "Virtual dynamic load" testing system for engine. JSAE 20005204, 2000
- 3) T. Serizawa, I Tan, H. Tanaka Catalyst Evaluation System using a Virtual Vehicle. JSAE 9840621
- 4) N. Yabe MotoGP Racing Engine Development – approach to the Demanded Character. JSAE SYMPOSIUM No.07-06
- 5) K. Senryo et al., Development of Vehicle Automatic Tuning System using Automatic Learning Method. JSAE 20065071, 2006



## ■著者

鳥越 昌樹 Masaki Torigoshi

コーポレートR&amp;D統括部 コア技術研究部

荒木 裕次 Yuji Araki

コーポレートR&amp;D統括部 コア技術研究部

加藤 隆輔 Ryusuke Kato

コーポレートR&amp;D統括部 コア技術研究部

2007-12

No.43

## ●編集後記

今 大型家電店が流行り…らしい。最近、ちよくちよくTVや雑誌などでその繁盛ぶりが紹介されることが多くなった。そこをテーマパークやアミューズメント施設に例えることもあるよう聞くが、確かにその広さや、お客に飽きさせない魅力的な商品があるという意味では、それ以上かもしれない。

ところで、その家電商品の中身がどうなっているか考えてみたことがあるだろうか？答へは簡単。大抵、数々の電子部品を乗せたプリント基板が数枚は入っている。では、プリント基板に電子部品を乗せるのは、どうしているのか？手作業？まさか…。この作業はマウンターと呼ばれる機械が、目にも止まらぬ早業で行ってくれる。

近頃は社内でもメジャーになった気がするが、そのマウンターをヤマハ発動機も製造している。たぶん、大型家電店でお目にかかる商品の何割かには、我々のマウンターで製造された基板が組み込まれているはずだ。「因果は巡る」というけれど、「大型家電店の流行り」を影で支えているのは、案外我々の製品なのかもしれない。

(吉本 幸広)

最近、食の安全が大きな話題となっている。いわゆる老舗といわれている有名店で賞味期限の改ざんや表示の偽装の問題が、数多く明らかになり、消費者に大きな衝撃となって受け止められている。しかも、多くの事例で、最近だけでなく、相当昔から行われていたことも分かつてきた。老舗の有名ブランドだけに、裏切られたという消費者の気持ちは強く、これらは、信頼を大きく損なう行為として、店の存続にも関わる大きな影響がある。偽装や改ざんといった事件は、これまで様々なものがあり、社会からの信頼を失い淘汰された企業も多くある。そのたびに各社は見直しをする機会はあったはずであるが、売上至上主義なのか、自浄作用が働かなかったことも驚きである。

また、模倣品の問題も大きな話題になっている。海外に行くと、バッグや時計など、有名ブランドの模倣品と知りながら購入している人を多数見かける。そして、日本人と見ると、次々と模倣品を売りにくる者が大量にいる。模倣品の問題も（知らずに購入してしまう場合もあるが）、購入する人がいるから、ビジネスが成り立っているわけで、食の偽装や改ざん含め、日本人のモラルの低下や法に対する意識の変化を危惧しないわけにはいかない。

(小栗 真)

ヤマハ発動機  
技報 第43号

印 刷

発 行

発 行 所

発 行 人

編集委員長

編集委員

デザイ

事 務 局

印 刷 所

お問い合わせ

ホーメージ

2007年11月30日

2007年12月1日

ヤマハ発動機株式会社 〒438-8501 静岡県磐田市新貝 2500

戸 上 常 司

平野 雅久 コーポレートR&amp;D統括部 企画部

山本 雅之 ヤマハモーターエレクトロニクス(株) 技術部

松下 行男 ヤマハマリン(株) OM開発統括部 技術開発部

佐藤 彰 スカイ事業部

吉本 幸広 IMカンパニー マウンター技術部

宮崎 光男 MC事業本部 技術統括部 技術管理部

岡田 弘之 RVカンパニー RV開発部

上川 秀哉 コーポレートR&amp;D統括部 アクア環境事業推進部

伴野さゆり (株)スタジオコバ

小栗 真 法務・知財部

三宅 英典 広報部

三浦 正明 コーポレートR&amp;D統括部 企画部

(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統括部 企画部(技報編集事務局) TEL 0538-32-1171

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

鷲巣 祥司 創輝H・S(株) HS事業部 技術開発部

登澤 幸雄 ヤマハモーターエンジニアリング(株) マネジメントセンター

西垣 昌登 AM事業部 AM第1技術部

鈴木 晴久 MC事業本部 SyS 統括部 生産管理部

武智 裕章 MC事業本部 商品開発統括部 EV開発部

本山 雄 コーポレートR&amp;D統括部 コア技術研究部

小柳 智義 海外市場開拓事業部

安間 正憲 (株)スタジオコバ

今井 哲夫 法務・知財部

金子 和佳 コーポレートR&amp;D統括部 企画部

荒川 裕子 コーポレートR&amp;D統括部 企画部

※無断転載を禁じます。

※落丁本・乱丁本は、小社技報編集事務局宛てにお送りください。

お取替えいたします。



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