

# **YAMAHA MOTOR** 2000-3 **TECHNICAL REVIEW**

ヤマハ発動機 技報

No. 29





## 目 次

## 製品紹介

- ① **YP250S New Majesty**  
YP250S New Majesty  
高橋博幸／板敷俊一／青山淳／関谷直行／小関徹
- ⑤ **4WD ATV YFM400FWN ビッグ ベアー**  
4WD ATV YFM400FWN BIG BEAR  
加藤栄司／今井浩久／都築明宏／Troy Mann
- ⑧ **ガソリン直噴 2ストローク船外機 HPDI Z200**  
Direct Injection 2stroke Outboard Motor HPDI Z200  
寒川雅史
- ⑫ **ミニオフ・プレイバイク TT-R90/TT-R125/TT-R125LW**  
Mini-off Play Bike TT-R90/TT-R125/TT-R125LW  
大下茂／大勢待滋／中 昭紀／神村 薫／水嶋元昭／金野敏彦／今村隆昭／松島 厚／小池直樹

## 技術紹介

- ⑬ **電動スクータの開発**  
Development of Extended Project on Electric Scooter  
武智裕章／寺田潤史／高橋宏行／山本泉／大石明文／石井喜好
- ⑳ **ガスエンジン希薄燃焼技術 Y-NOCS**  
Lean-burn Technology Y-NOCS for Gas Engine  
福留敏典／鈴木 誠／迫田茂穂
- ㉕ **家庭用多機能GHP コージェネレーションシステム OR61**  
Multi-Function GHP Co-generation System for Home-OR61  
水野郁男
- ㉑ **CDI.ユニットの標準化開発 統合化ユニット**  
Development of Standardized CDI.units Integrated CDI.units  
榎吉政彦
- ㉓ **無人ヘリコプタの自律飛行制御の開発**  
Research and Development of Autonomous Flight Control of the Unmanned Helicopter  
佐藤 彰



技術論文

- 41 小型エンジン用新型過給機構の開発  
Advanced Super Charge System for Small Engines  
藤原俊三／乗松信夫／田上 淳
- 48 二輪車の色の好みの評価  
Evaluation of Taste for Colors on Motorcycle  
杉崎昌盛
- 53 コンベアチェーンにおける脈動対策  
The Pulsation Countermeasure of the Chain Conveyor  
岩渕正喜
- 60 多機種少量生産対応ダイカストセキ折り装置の開発  
Devemopment of a Metal-feeder Folding Device for Die-casting Products of a Small Quantity Productin in the Multiple Models  
内藤則之
- 68 2サイクルエンジンにおけるポート形状とエンジン性能との関係  
The Relationship Between Port Shape and Engine Performance for Two-Stroke Engines  
木下久寿／本山 雄



## YP250S New Majesty

## YP250S New Majesty

高橋博幸 Hiroyuki Takahashi

関谷直行 Naoyuki Sekiya

板敷俊一 Shunichi Itajiki

小関 徹 Toru Koseki

青山 淳 Atsushi Aoyama

●CV事業部 CV技術統括部 CV第1開発室/CV第2開発室



図1 YP250S New Majesty

## 1 まえがき

1995年の夏に発売以来、軽二輪スクータ市場を常にリードしてきた「Majesty」が、このほど丸4年ぶりにモデルチェンジをしたので紹介する(図1)。

スポーツセダンとして、あたらしい感覚の乗り物を快適革新をキーワードに作り込んだコンセプト/スタイリング/機能が評価され、通勤やレジャー等の用途に国内をはじめ海外(特に欧州イタリア)で、40歳代の男性を中心にご愛用いただいている。

今回のモデルチェンジは、国内外(特に欧州)の競争激化による商品性向上のニーズや、排ガス浄化、騒音低減といった環境対応のニーズが高まったことなどによる。そこで、今回のモデルチェンジでは、

- (1) 排ガス浄化、騒音低減、性能向上をメインにエンジンのリフレッシュ
- (2) 快適性、利便性、操縦安定性等のさらなる向上と外観一新をメインに車体のリニューアルを行った。以下にその特徴を紹介する。

## 2 エンジンの特徴

## 2.1 排ガス浄化について

従来の4サイクルSOHCエンジンをベースにエア・インダクションシステム、酸化触媒、キャブレタの最適セッティング等を施し(図2)、平成10年国内排ガス規制に適合させた。特徴的なことは、酸化触媒の断面形状をヘアピン状にしたいわゆる「ヘアピンキャタリスト」としたことである。これのメリットは、ハニカムより軽量化ができ、かつ排気抵抗を減少できエンジン性能低下を防げることである。

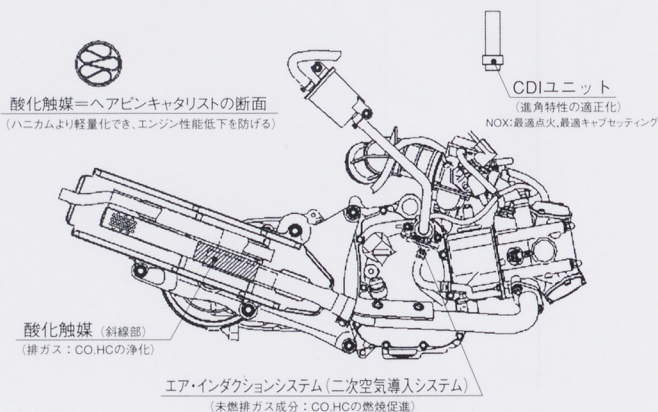


図2 New Majesty 排ガス低減システム



排ガス値のレベルは、モード規制値に対して、COで約50%、HCで80%、NOxで30%低減させた。

## 2.2 騒音低減について

発進加速性能を向上させながら、加速レギュレーション騒音を次のメニューで達成できた。

- (1) クランクケースカバーのフローティング化
  - (2) 点火制御の最適化
  - (3) クランクジャーナル仕様変更
  - (4) 吸気ダクトサイズ変更
  - (5) 駆動系ギヤのハスバ化
- など。

## 2.3 走行性能について

吸排気のパルプ仕様変更、クラッチ容量アップ、駆動系セッティング等で、原動機性能と走行性能を向上させ、現行Majestyに対して発進加速の向上（0-50mの発進加速タイムで0.25秒=2.5車身差）と最高速度アップ（+5km/hでVmax=120km/h）ができた（図3）。

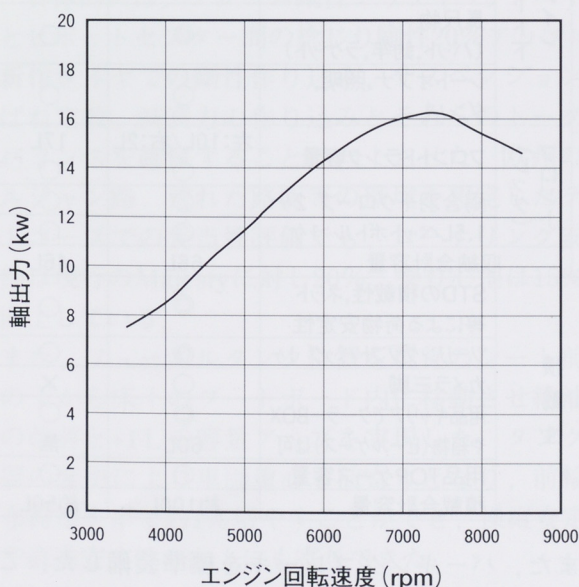


図3 エンジン性能曲線

## 2.4 メカノイズ低減について

クランクジャーナルの仕様変更を中心に、聴感的にも静粛化を施し商品性向上を図った。

## 3 車体の特徴

### 3.1 快適性について

New Majestyでは、そのライディングポジションは、長時間乗っても疲れない現行のコンセプトをキープした。いわゆるホースバックライディングフォームであるが、居住空間を広くすべくシート位置を後方に20mm大きく取った。加えて足載せスペースについても、フットボードの先端部に平坦を拡張する造形を施して、スペースを拡大した。

シートについては、バックレストを一体化し、シート全体（但し、前席のみ）が前後スライドするようにして、スライドした後の違和感（座圧分布の乱れ等）をなくす工夫をした。

また、ヘルメット騒音（風切り音）の低減についても、走行風の導入による負圧の減少とスクリーン形状の作り込みによるプロテクション領域の向上、ライダーとスクリーン上端との距離の適正化等で達成している。身長165cm～185cmの方で、時速100km/hのとき現行車より2～4 dB (A) の低減が図れた。（図4）これにより、直接視界（スクリーン上端から見える前方視界）を犠牲にせずに風切り音の低減ができた。

走行風の導入は、スクリーン下部の風圧の高い部分にエアインテークを設けて、走行風がライダーのヘルメット近くまで届くようにしている。エアインテーク部に設けたルーバは開閉式となっており、大雨時や虫が多い時などは、閉じられるようになっている。

このエアインテークは、ヘルメット騒音の低減以外にも効果を発揮している。走行時のスクリーン内側の負圧を減少させ、高速走行時のタービュランス減少や、ウェアの膨らみの減少、足元からの風の巻き込みによる不快感を減少させていることなどである。さらに、アイドリング時の振動低減や、メーター類、灯火器類を大型化して視認性向上を図るなどした。

### 3.2 利便性について

かすかすの便利性機能を増強した。まず、収納性の向上では、シート下のメイントランクの容量を約2倍の54Lとした。これにより、フルフェイスヘルメット2ケ、もしくはフルフェイス1ケとB4サイズアタッシュケース（標準サイズ：長さ420×幅310×



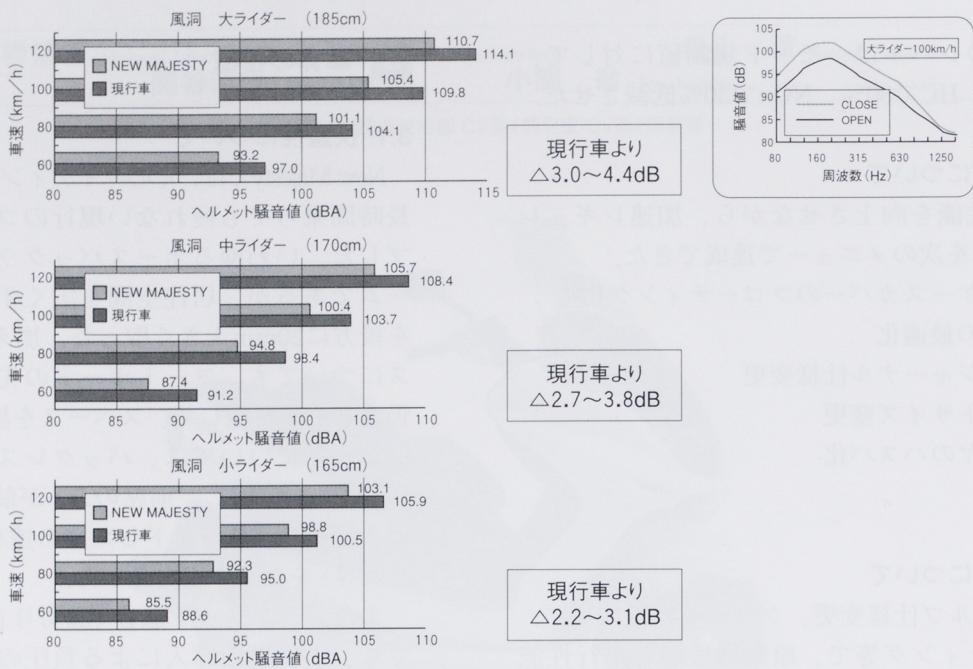


図 4 実車風洞ヘルメット騒音値

高さ90) が同時収納できる。この他には、テニスラケットが2ヶ+αや、釣竿、バットなどの長尺物が収納できる (例えばφ25×L970、φ70×L920)。

次は積載性の向上。シートをメインシートとタンデムシートとに2分割して、タンデムシートを固定 (現行Majestyはメインとタンデム一体の開閉式) とし、この上のスペースを積載に使えるようにした。

これにより、シートの中に収納した物の出し入れが積載時楽になった。現行のMajestyでは、タンデムシート上に積載物があると、シートを開閉して収納する時、邪魔になっていちいち積載物を下ろさないといけない場合があった。このタンデムシート上のスペースを有効利用するための用品 (ワイズギヤ製キャリヤ) と、別の用品であるシート後方のキャリヤを組み合わせると、約60 L (長さ550×幅400×高さ300) の積載が可能。

フロントトランクについては左右分割式とした。左側はキー付きの比較的大きい収納容量 (約10L)、右側はワンタッチ式とし、有料道路のチケット等の小物入れ用に設定した。特に収納性、積載性については特筆すべきで、「これだけ入って、これだけ積めれば大人の夢が広がる」ものと期待している (表1)。

表 1 収納性と積載性の比較

大項目		小項目	New Majesty	現行車
収納性	メイン (シート下)	シート	54L ◎	29L ○
		フルフェイスヘルメット 2ヶ	◎	○
		長尺物 (バット,釣竿,ラケット)	◎	○
		シートオブナ,照明, ダンパ	○	○
	フロント (レッグ)	フロントトランク容量	左:10L/右:2L ○	17L ○
		雨合羽+グローブ 2ヶ	○	○
		1.5Lペットボトル 1ヶ	○	○
	収納合計容量		66L	46L
積載性	STDの積載性,ネット 等による荷物安定性	◎	○	
	ツーリングソフトバッグ 1ヶ	◎	○	
	カメラ三脚	○	×	
	用品キャリアでクーラー-BOX や箱物(ビールケース)は可	◎ 60L	○ 無	
	用品TOPケース容量	○	○	
	積載合計容量	約100L	約50L	

また、パーキングブレーキを標準装備した。これは、フットブレーキをもたないスクーターでは特有のものである。高速道路の料金所で、ブレーキレバーから手を離してチケット受取りや支払いができ、かつスロープで後ずさりしないようにするもであり、高速道路の多い都市部での必需仕様となっている。また、左側のハンドルスイッチの下にレバーを設置して使い易くした。



ブレーキそのものは、ディスクブレーキ共通式とは異なり、専用の小型ドラムブレーキをリヤディスクの内側に内蔵している。ディスクブレーキ(サービスブレーキ)と兼用する方式では、摩耗する度にパーキングブレーキのレバー調整が頻発し、煩わしくなるからである。

### 3.3 操縦安定性、乗り心地等について

現行のMajestyのお客様の満足度調査結果の中に、でこぼこ道での安定性、コーナーでの安心感について改善要望がみられた。New Majestyでは、満足度の高いいわゆる強みを伸ばし、満足度の低いいわゆる弱みを改良することで、より高い満足度を目指した。競合他社では大きいホイールを採用したり、デバイス付きのリヤサスを搭載したりして、操縦安定性や乗り心地の向上を図ってきている。

ホイール径のアップや、デバイスを付けてサスペンションの減衰力を調整する方法も考えたが、車格の維持、重量の抑制という要求品質上のMust項目も達成する必要がある。現状のホイールサイズで、デバイスを使わないサスペンションでベストセッティングを図ることとした。

具体的には、フレーム剛性アップ(ヘッドパイプとピボットセンター間の捻じり剛性20%アップ)や新作タイヤでの剛性作り込み、サスペンションのばね定数、減衰力の作り込みとそれらのトータルバランスを確保することで向上させた。欧州のベルジャン路、荒れた路面等の環境を想定したテストコースでの妥当性評価でも、コーナリング安定性は現行のMajestyに対し20%、乗り心地は15%と向上している。

また、フューエルタンク位置を現行のシート前方の下から床下のフットボード内に移動させ給油性の改善と+1Lの容量アップを実現した。タンク位置の変更により車両重心も前寄りとなり、前輪分布荷重を率で約1%増やすことができ、操縦安定性や直進安定性の向上にも寄与できた。

### 3.4 3次元外装部品設計によるトライ結果

Majestyのお客様満足度No.1項目である外観、スタイルの良さについては、スケッチ段階からの的を絞って進めた。スケールモデルでの実際のユーザ検証をはじめ、スタイリングの作り込みを慎重に

行ない、絶対に的を外さないようケアして立体化を進めた。

設計段階では、外観意匠部品については、意匠面および構造面全てについて3次元面データ化して、金型設計や金型作製しやすい情報を提供した。これにより金型メーカーとのコンカレントエンジニアリングがタイムリーに実施でき、型物完成までのリードタイムが20%程度短縮できた。

さらに、この3次元面データを使って、1/1の立体モデル(いわば、1台のマスターモデル)を作製し、設計として面構成や形状を検証・修正して、データを保証した形で出図し生産準備をした。この結果、合わせ品質が向上し外観商品性が向上した。

## 4 おわりに

以上のようにNew Majestyでは、環境対策をはじめエンジン性能、走行性能、収納・積載性、快適性の向上を図った。これらの項目を織り込んでも、車格(全長、全高、全幅)が大型化せず、ほぼ現行並みにできたことが実は最大のポイントである。これにより、お客様の期待を超える商品に近づくことができたと感じている。

New Majestyの開発にあたり、取引先をはじめ、試作、造形、購買、製造、品証、製技、生管、サービス等多くの方々のご支援、ご協力をいただきました。書面の上ではありますが謝意を表わします。

### ●著者





4WD ATV YFM400FW ビッグ ベアー

4WD ATV YFM400FW BIG BEAR

加藤 栄司 Eiji Kato  
都築 明宏 Akihiro Tsuzuki

今井 浩久 Hirohisa Imai  
Troy Mann

●YMMC



図1 YFM400FW BIG BEAR

1 はじめに

アメリカの好景気にささえられ、ATVの需要が伸長するなか、昨年4月よりYMMCにおいてATV現地生産の第1モデルであるBEAR TRACKERの生産を開始し、市場でも好評を得ている。

その中で、1998年より市場に売り出され、累計15万台販売されているビッグ ベアーのモデルチェンジを現地生産の第2モデルとして開発し、この7月より市場に導入した(図1)。ここではYMMCで開発した車体、エンジンの補機部品について紹介する。

3 仕様諸元

表1 仕様諸元

項目			新製品	ベースモデル
寸法 及 質量	全 長	mm	2007	1945
	全 幅	mm	1111	1095
	全 高	mm	1172	1165
	シート高	mm	855	835
	軸間距離	mm	1230	1236
	乾燥質量	kg	252	←
	トレッド	前	860	849
		後	820	←
	原動機 種類		空冷,4ストロークSOHC	
	総排気量	cm <sup>3</sup>	386	348
	最高出力	kW	15.8 (6500r/min)	15.1 (6500r/min)
	最大トルク	N・m	26.0 (5000r/min)	24.0 (5500r/min)
	制動装置	前	油圧シングルディスク×2	
		後	機械式ドラム×1	
懸架装置	パーキングブレーキ		メカニカル式	
	懸架方式	前	ダブルウィッシュボーン・独立	
		後	スイングアーム・非独立	
	ホイール トラベル	前	150	←
		後	150	←
	燃料タンク容量	L	15.0	10.0
	バッテリー容量		12V 18AH(10H)	12V 14AH(10H)
	灯火類	ヘッドランプ	クリプトンバルブ	白熱バルブ
			12V,30W/30W×2	12V,25W/25W×2

2 開発の狙い

本開発の狙いはセミオートマチック車としてコストパフォーマンスに優れ、ファン走行からユーティリティーにも使えることを開発ポイントとし、  
(1) 走破性と乗り心地の両立  
(2) 使い勝手の向上  
(3) スケールメリットを生かした設計  
を重点に開発をおこなった。



## 4 エンジン概要

前年モデルのビッグベアーから、より快適性の向上をめざし、ベースエンジンをYFM400に変更し、排気量を348cm<sup>3</sup>から386cm<sup>3</sup>にアップしたほか、質感向上を目的に以下の改良を実施した。

- (1) メカノイズの低減(シリンダヘゴムダンパの追加、スラストワッシャの追加)。
- (2) ステンレスマフラ、エキゾーストパイプの採用。
- (3) オイルクーラーの大型化およびファン容量の拡大。

## 5 車体概要

ミッドセミアウトマチッククラスとしては大柄な車格とし、快適性向上、操作性向上、カバー合わせの向上を重点に開発をおこなった。図2にフィーチャーマップを示す。

### (1) マッドプロテクションの向上

大型成形マシンが使用できるメリットを生かし、フェンダの幅拡大、フロントフラップ一体のタイヤハウスの採用によりマッドプロテクションの向上を図った。

### (2) 使い勝手の向上

シガーライタータイプ外部電源、リモコン式チョーク、フューエルメータの採用、タンク容量のアップ(10L→15L)等を変更し、使い勝手の向上を図った。

### (3) リヤブレーキのニューシールド構造

悪条件下でもブレーキ性能が確保できるようにシールドブレーキを採用しているが、従来の

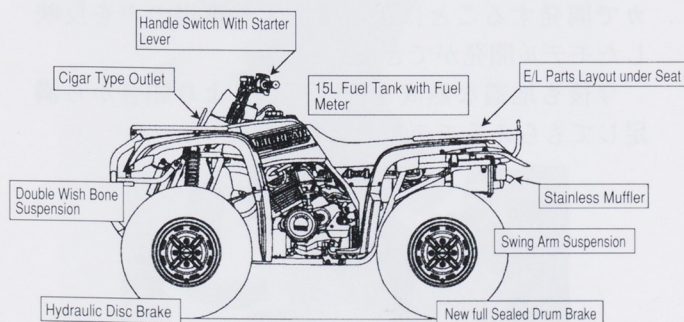


図2 フィーチャーマップ

シール部であるドラム外周部をリヤ軸上に変更し、フリクション低減および、シール性能の更なる信頼性向上を図った。

### (4) オプション部品への配慮

電動ウインチ等のメインオプション部品が簡単に、かつデザインを損なうことなく装着できるように、取付ブラケットの工夫、スペースの確保をした。

### (5) 電装品のシート下への集中配置

ATVの使用条件下でもマッドプロテクションが確実にされるように、シート下のリヤフェンダに形成したボックス内に電装品を集中配置した。

### (6) スケールメリットを生かした設計

リヤギヤケース等の主要部品を現行生産モデルの部品と共用化し、コストダウンを図った。

## 6 新しい取組み

本モデルにおいて、YMCに先駆けて、デザイン作業の期間短縮開発プロセスの現地化(アメリカナイズ)を主目的とし、スタイリング開発において3DデザインCADの作業を取り入れた。

下記に従来と新たに採用した開発プロセスのフローを記す。

	従来の開発フロー	新たな開発フロー
1	スケッチ	スケッチ
2	スケルトン	スケルトン、ラフクレイ スキャン(0.2mmピッチ)
3	クレイ	データ置換え 面の造形、修正
4	プロット(10mmピッチ)	面データ作成
5	線図データ作成	

図3 開発フローの比較

従来のスタイリング開発と大きく異なる点として下記の4点がある。

- (1) 類似生産車をスケルトンのベースとし、短期間(約10日間)に片面のみのラフクレイを作成する(図4(1)(2))。
- (2) 上記ラフクレイの形状を特殊カメラ撮影(図4(3))で、0.2mmピッチのデータに置換え、コンピュータ上に取り込む。
- (3) コンピュータに取り込んだデータをもとに、面の



修正，造形をクレイでなく，コンピュータのスクリーン上にて実施する（図4(4)）。

(4) スタイリングのチェック，承認をスクリーン上で実施する（図4(5)）。

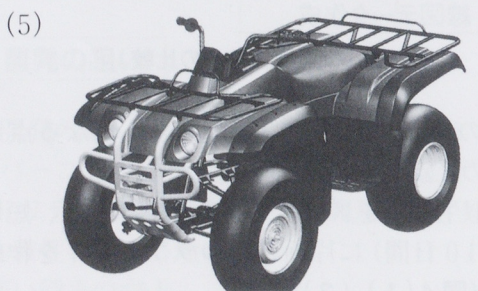
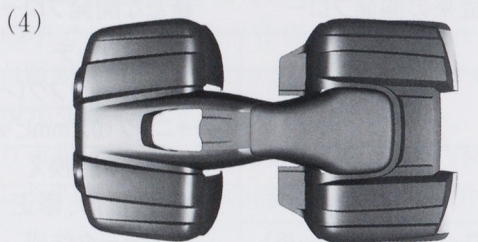
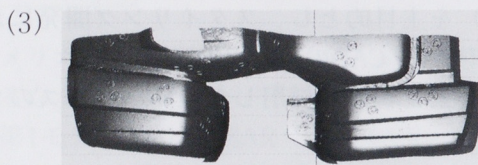
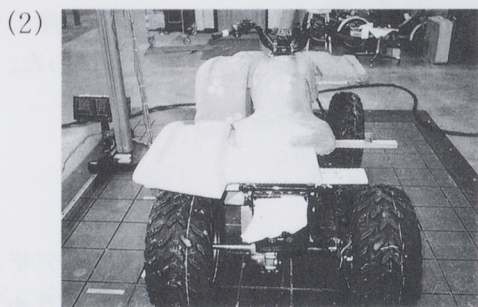
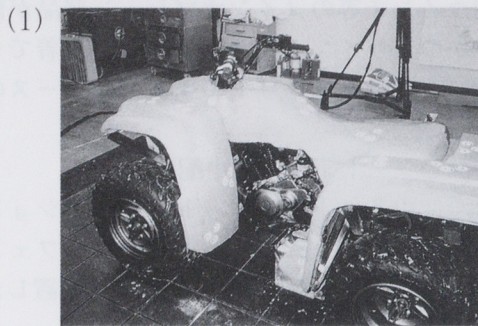


図4 スタイリングCAD

これを実施したことにより，主目的としたデザイン作業の期間短縮は，第1モデルに対し3～4ヶ月の日程短縮ができた。

また，他の長所としては

- (1) あらかじめエンジン，タイヤ等の主要部品のデータを入力しておくことにより，造形面の修正をしながら，クリアランスチェックの事前確認ができた。
- (2) 本データが容易に後工程に使える。
- (3) 小物部品については，スケッチから直接スクリーン上で造形ができ，クレイ作業が廃止できた。

懸案項目としては

- (1) 小さなスクリーン上で線図を修正するため，全体のバランスの取り方が難しい。
- (2) スクリーン上と実際とは見え方が異なる。
- (3) デザイナーがある程度オペレータのそばにいて修正の指示をする必要がある。

上記改善のため，スクリーン上で立体イメージが想像できるよう，設計者及びデザイナー個々のスキルを今後より向上する必要がある。

本モデルにおいて，3Dデザイン作業のスタイリング開発プロセスの取り入れは有用であることがわかった。

今後のモデル開発においても，よりクレイの完成度を高くし更なる期間短縮が可能なのか，一部の外観変更であればクレイの省略が可能なのか等の課題を設定しながら，3DデザインCADを使っていき，YMMCにあったスタイリング開発を構築していきたい。

## 7 おわりに

開発当初より，YMCをはじめ関連部署の多大なるご協力をいただき，狙い通りのモデル開発をおこなうことができた。また，メイン市場のアメリカで開発することによって，より市場の声を反映したモデル開発ができた。

今後も地道な熟成を繰り返し，より顧客から満足してもらえるモデルとしていきたい。





## ガソリン直噴2ストローク船外機 HPDI Z200

Direct Injection 2stroke Outboard Motor HPDI Z200

寒川雅史 Masafumi Sougawa

●三信工業第1技術部

## 1 はじめに

船外機の世界でも1998年から2006年にかけて排ガス規制がUSにて実施され世界の先進国に広まる状況にある。

世界3大船外機メーカーの内、USのMERC社はオービタルシステムの0.7MPa圧のエアアシスト式DIを最初に商品化し、OMC社はドイツFICHTの電磁ポンプインジェクタでの2MPa加圧のDIを続いで商品化してきた。この2社共、大型船外機には軽量・高出力な2ストロークDIで勝負してきたといえる。

当社では、エアアシストの研究から高圧無気DIの研究へすすみ現在自動車ユニットで開発されてきたインジェクタ、高圧ポンプを使いながら前記2社とは全く異なるコンセプトである高圧筒内燃料噴射システム(略してHPDI)を開発し147kWの大型V6船外機で商品化したので概要を紹介する(図1)。



図1 Z200 HPDI

## 2 開発の狙い

商品の性格上、需要の多いUS市場をメインターゲットとしている。当然USの排ガス規制(EPA)の最終値をクリアする性能とし、現在当社が得意とするオフシアボートの船外機として低燃費性能と低騒音の更なる向上を狙いとした。

- |           |                           |
|-----------|---------------------------|
| (1) 排ガス性能 | EPA2006年最終値の<br>45g/kWh以下 |
| (2) 燃費性能  | 他社DIに対して特に高速側<br>で10%すぐれる |
| (3) 騒音    | 他社DIより3db低い               |
| (4) 出力    | 従来の147kWレンジ               |
| (5) 高い信頼性 |                           |

エンジンスペックは、図2に示す。

## HPDIスペック

エンジン形式	76度V6
排気量	2596cc
ボアストローク	90×68mm
使用回転レンジ	4500—5500rpm
最大出力	200hp/5000rpm
圧縮比	6,1—6,4
掃排気	パルスチューン、ループチャージ
発電	30amp/1000rpm, 45amp/6000rpm
燃料系	5Mpa、6スロットルバルブ、6インジェクター
潤滑系	メカニカル6ポートオイルポンプ
排気系	集合排気、プロペラボス排気
冷却系	50度サーモスタットコントロール
重量	216kg (UL), 212kg (L)
ガソリン、オイル	無鉛レギュラー、TCW3船外機オイル

図2 エンジンスペック



### 3 仕様概要

#### 3.1 HPDIの技術特徴

本システムは、2ストロークガソリンエンジンとして世界でも初めて高圧無気燃料噴射で均一混合燃焼を行なわせている。

同時に、酸素センサによる空燃比制御を行なわせ、高圧噴射による燃料微粒子化とあわせて、中速から高速にかけての燃費の良さが特徴である。

#### 3.2 筒内燃料噴射システム

筒内への噴射燃料圧は5MPaであり、現在商品化されてる他社2ストローク筒内噴射システム（0.7から2MPa）と比べて燃料の微粒子化が促進されている。

燃焼は、運転全域で均一混合（図3参照）とし、2ストローク固有の掃気流の流れの中へ、排気ポートが閉じる前に噴射し均一に混合させて、不完全燃焼によるスス（カーボン）の発生を防いでいる。この均一混合燃焼で、プラグファールやインジェクタのカーボン弊害がなく信頼性の高い状態を保つことができている。

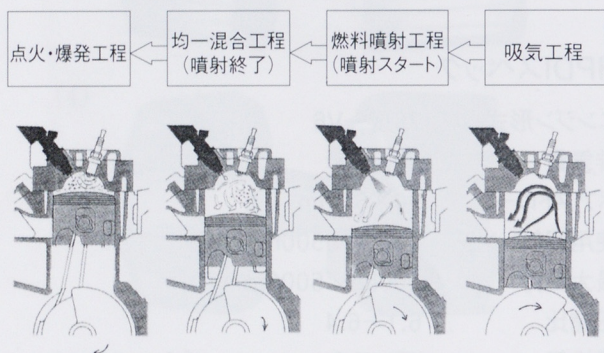


図3 HPDI作動原理

船外機は、自動車と違って中速から全開運転で走ることが多く、極低速での使用は割合少ない。それゆえ、低速での成層燃焼のメリットは燃費面でそれ程大きくなく、逆に高速域では高圧噴射による燃料微粒子化で燃焼が良くなっていることから、排ガス値もUSのEAP2006年規制に余裕をもって適合している。

図4は、その排ガス値をイコミア5モード（自動車の10モードに相当）で示したもので、現行のキャブレタ、吸気管燃料噴射（EFI）と比べている。

（データは当社比）

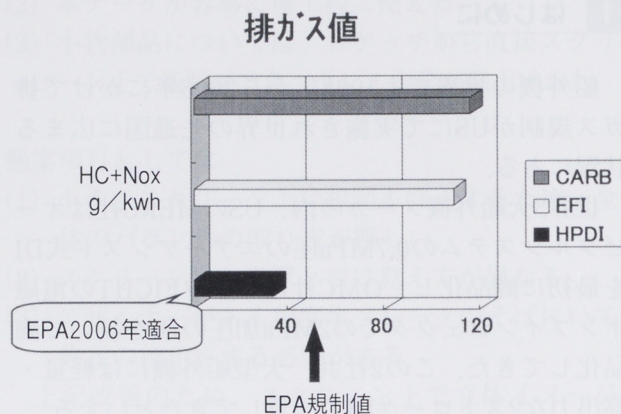


図4 排ガス性能

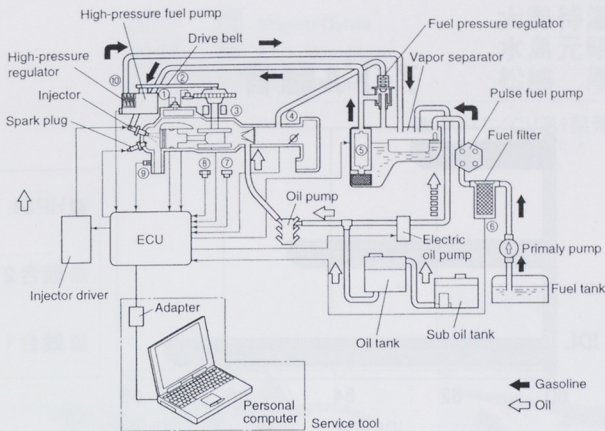
続いて構造を説明する。

図5はシステム全体を示したものであるが、まずボートの燃料タンクから船外機自体のダイヤフラム式汲み上げ燃料ポンプを経由して、燃料噴射船外機固有のベーパーセパレータに燃料が一旦汲み上げられる。これは使わなかった燃料のリターンタンクであり、燃料中で発生したベーパーを分離除去する機能も有し、法規制上必要な部品でもある。

このベーパーセパレータに内蔵してウエスコ式のモータ燃料ポンプがあり、5MPaに昇圧するプランジャ式の機械燃料ポンプに燃料を供給する。この高圧燃料ポンプ（図6）はクランク軸からベルト駆動されている。

高圧燃料ポンプから先は、行き止まり式の燃料レールであり、各シリンダヘッドに配置したインジェクタ（図7）に繋がっている。接続は全てOリングシールである。





- ① Water temperature sensor
- ② Crank position sensor
- ③ Pulser coil
- ④ Throttle position sensor
- ⑤ Electric fuel pump
- ⑥ Water detection sensor
- ⑦ Atmospheric pressure sensor
- ⑧ Intake air temperature sensor
- ⑨ Oxygen density sensor
- ⑩ Fuel pressure sensor

図5 システム

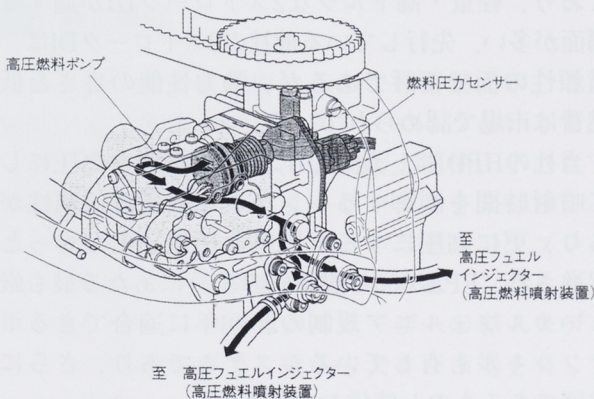


図6 高圧燃料ポンプ

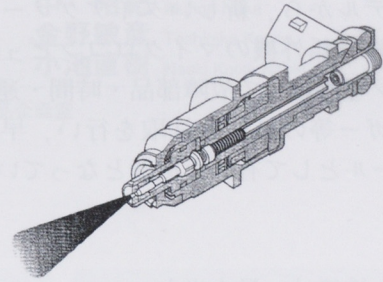
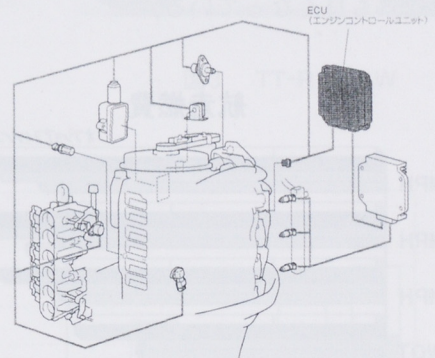


図7 高圧インジェクタ

図8は、制御を行うマイクロコンピュータコントロールシステムを示す。

### ECU(エンジンコントロールユニット)



オペレーション	センサー	ECU機能	利点
・始動	吸気温度	燃料噴射量/点火時期制御	簡単に確実な始動
・暖気	大気圧		エンスト防止
・巡航	スロットル開度		スムーズ巡航
・トラブル	クラック位置	自己診断	壊れた状態を感知
：センサーラブル	燃料圧力	安全確認	修理が簡単
：オン・オフラブル	エンジン温度		エンジンの運転が可能
：過回転	O <sub>2</sub>		エンジン保護
：オーバーヒート		警告・保護	エンジン回転ダウン
：オイル低減			ランプ警告
：水分検出			ブザー警告
：オーバーフロー			

図8 制御システム

基本の燃料噴射制御は、海上で使う船外機ゆえ自動車のエアフローセンサは塩害で使えず、空気量はスロットル開度で計算するスロットルスピード方式で算出しインジェクタ噴射量を決定している。当然、始動・加速・減速、及び大気圧・吸気温度補正を行っている。また、スロットルスピード式ゆえの空気計測精度の誤差は当社独自の2ストローク用の酸素センサー空燃比制御で補っている。点火は、火花放電時間の長いフルトランジスタ式としているが、均一混合燃焼がもたらす燃焼安定性の良さで、使用プラグは従来の標準タイプ(白金ではない)で適合している。



このモデルから、新しいダイアグノーシスを採用しており、船外機のマイクロコンピュータに市販パソコンを接続して故障部品・時間・運転信号・データロガー等のデータ採取を行い、早期修理のためのツールとして有効な機能となっている。

### 3.3 性能

得られた性能は、最大出力

147kW (200hp) /5000rpm,

310Nm (31.6kgm) /4000rpmである。

排ガス性能は、先述の図3で示す様にEPA2006年規制をクリアしている。

燃費性能は、図9で示すが、高圧噴射による燃料の微粒子化で、圧力の低い他社DIと比べて高速側燃費が25%も良くなっている。

#### 航走燃費

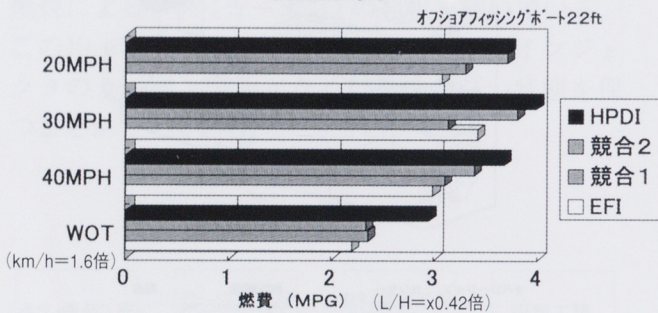


図9 燃費性能

エンジン騒音は、他社DIが行っている成層燃焼では低速側で吸気量を増やすためにエンジン騒音が大きくなるが、本システムでは均一混合燃焼で吸気量は従来と変わらず、かつ2段アイドル膨張室の採用にて、他社より3db低いアイドル騒音を実現している(図10参照)。

#### アイドル騒音

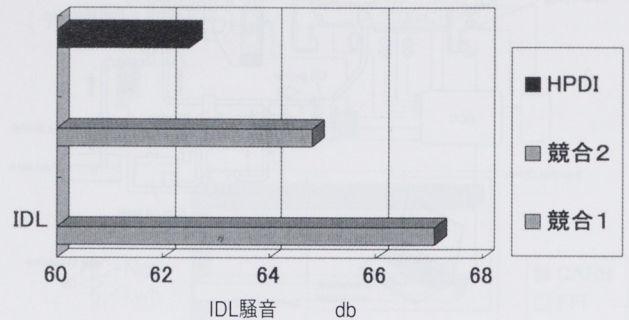


図10 アイドル騒音

## 4 おわりに

船外機は、船尾に装着することから軽量で、かつ水の抵抗が大きいことから高トルクが求められており、軽量・高トルクな2ストロークDIが適する場面が多い。先行している他社の2ストロークDIは、信頼性の面で不評であるが、動力性能の良さと低燃費は市場で認められている。

当社のHPDIは、他社DIに比べて燃料を高圧にして噴射時間を制御するシンプルな機構故信頼性があり、更に高圧にすると燃料の微粒子化がもっと促進され、EPA2006年規制値の半分にあたる最も厳しいカルフォルニア規制の2008年に適合できるポテンシャルも有しているシステムであり、さらに発展できるものと確信している。

今後、上位機種への搭載と更なる性能向上を目指していく所存である。

#### ●著者



寒川雅史



## ミニオフ・プレイバイク TT-R90/TT-R125/TT-R125LW

## Mini-off Play Bike TT-R90 / TT-R125 / TT-R125LW

大下 茂 Shigeru Oshita  
神村 薫 Kaoru Kamimura  
今村隆昭 Takaaki Imamura

大勢待滋 Shigeru Osemachi  
水島元昭 Motoaki Mizushima  
松嶋 厚 Atsushi Matsushima

中 昭紀 Akinori Naka  
金野敏彦 Toshihiko Konno  
小池直樹 Naoki Koike Naoki

●YMRT/ CV第1開発室/ CV第2開発室/ 商品企画室



図1 TT-R90



図2 TT-R125



図3 TT-R125LW

## 1 はじめに

日本では、あまりなじみのない言葉だが、北米地域や太洋州などでは、プレイバイクということばが一般的に使われる。広大な土地柄、小さな子供から大人まで、モーターサイクルを楽しむ、そのためのモーターサイクルという意味で、プレイバイクという言葉が用いられている。これらのモデルは、モーターサイクルユーザーの導入モデルとしての位置づけで、近年も大きな市場を有しているカテゴリーである(図4)。

当社では、PW50/80, RT100/180といった2ストロークのモデルをこれまで市場に提供してきたが、近年、排ガス規制の開始や、4ストローク化の波がこのカテゴリーにも押し寄せている。

過去にも4ストロークプレイバイクとして、TT250, TT225, TT350といったモデルも導入した経緯もあるが、最近の環境の下、1999年モデルにて、TT-R225, TT-R250, そして2000年モデルとしてTT-R90(図1), TT-R125(図2), TT-R125LW(図3)という4ストロークのプレイバイクの開発を行ってきた。

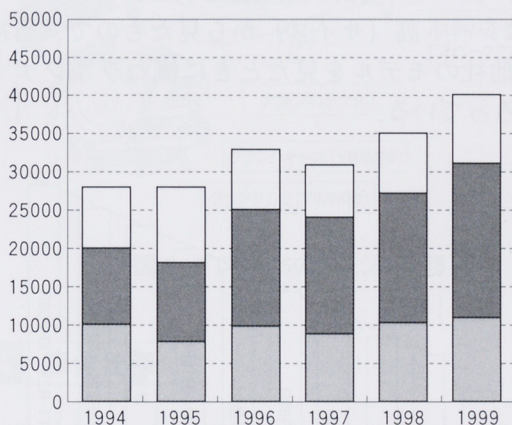


図4 US市場における登録推移

## 2 モデル概要

プレイバイクのカテゴリーにおいては、対象となるユーザーの年齢や体格に応じて、多くのモデルが各社から提供されている。

主要な市場である北米地域では、小さな子供からモーターサイクルに乗り始めるケースもあり、日本で三輪車や補助輪付きの自転車に乗る子供たちが、すでにモーターサイクルに乗り始めている。それぞれの年齢層により、選ばれる排気量や大きさは概ね決まっており、モデルに要求される項目も異なっている。表1に排気量別の一般的な要求事項を示す。



表1 排気量別の要求事項

50cm <sup>3</sup> クラス	80cm <sup>3</sup> クラス	項 目	100cm <sup>3</sup> クラス	200cm <sup>3</sup> クラス	250cm <sup>3</sup> クラス
◎	◎ (○)	車両サイズ (シート高)	◎	○	△
△	○	外観(スタイル)	◎	○	◎
○	○	外観の大きさ	△	△	△
○	○	メンテナンスの 容易さ	○	○	△
△	○	操作のしやすさ	○	○	△
△	○	性 能	○	○	◎
◎	◎ (○)	価 格	○	◎	○

◎:非常に重要 ○:重要 △:参考

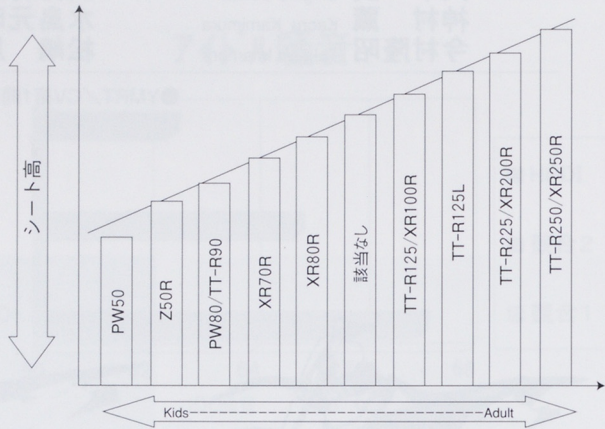


図6 各モデルのシート高(2000年以降)

前記の表のように、50cm<sup>3</sup>から80cm<sup>3</sup>クラスのモデルでは車格と価格、200cm<sup>3</sup>クラス以上では種々の性能、100cm<sup>3</sup>クラスは使用される年齢層が幅広い  
ため、すべての要素が重要視される。

図5はシート高(サイズ)から見たもので、当社と競合他社のモデルを見たときに概ねラインナップがそろっている。

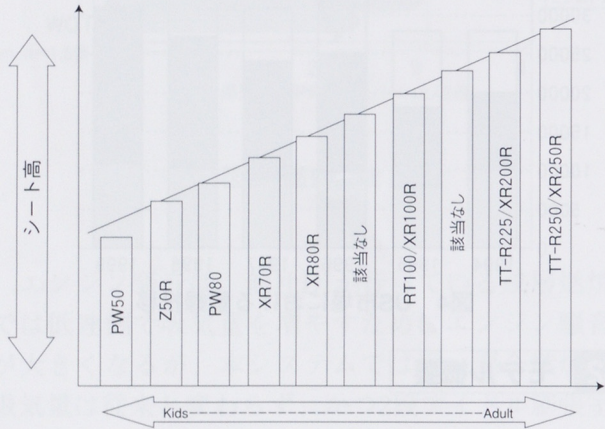


図5 各モデルのシート高(1999年まで)

こうした背景の中、新たに開発したTT-R90、TT-R125の位置づけは、サイズから見ると、TT-R90はPW80同等、TT-R125はRT100と同等、これに加えてTT-R125Lでこれまで空白であった一部を埋めることができた。

また、価格面においてもこの傾向は同様で、新規に開発するモデル(図6)のコストを極力押抑えることが開発での大きなテーマであった。

3 エンジン仕様

開発の効率化とコストを抑えるためにエンジン部分は、極力現行のモデルを活用する形を取りながら使用状況に合わせた作り込みを行った。単に共通のエンジンを使用しただけでは、市場のニーズに応えられる商品を開発することは困難であったためである。

3.1 TT-R90の場合

TT-R90のエンジン(図7)は、国内においてT90D/Nに使用されている信頼性の高い4ストローク90cm<sup>3</sup>エンジンを活用している。

しかしながら、T90とは使用状況がまったく異なるためエンジン内部の個々の仕様まで検討し、これをベースに、プレイバイクとしての機能の充実と軽量化を実施し、高い信頼性を残しながら、使い勝手も向上させている。主な変更点は以下の通りであるが、全世界で、どんな時でも子供たちが簡単にエンジン始動ができるよう、このカテゴリーのモデルでははじめて、キャブヒーターを装着している。

<主な変更点>

- (1) VA / VE仕様の織込み
- (2) 軽量化の実施(クランクマスの軽減)
- (3) シフトパターンの変更とシフト荷重の低減
- (4) 一体型マフラ(軽量化とコスト低減)
- (5) キャブレターセッティング



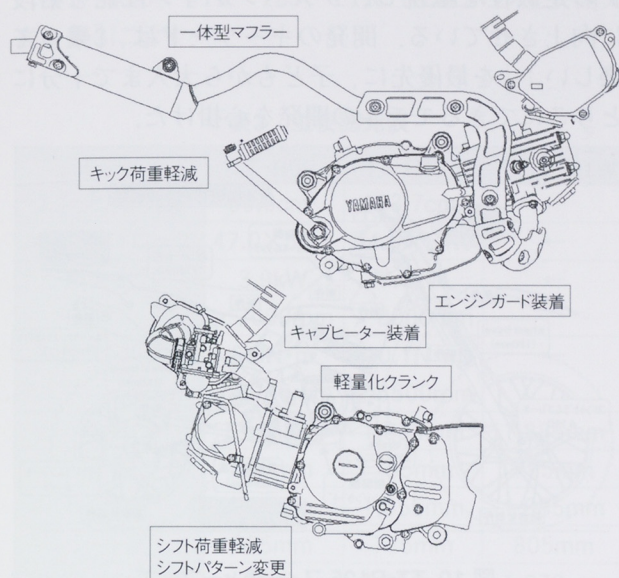


図7 TT-R90のエンジン仕様

### 3.2 TT-R125/TT-R125LWの場合

本社で製造する4ストローク125cm<sup>3</sup>エンジンとしては新エンジンであるが、そのベースとなったエンジンは、EYML（インド）で製造されているYBX125のものを採用している。そして、当社としては初めてエンジンの主要部品を海外工場（YIMM：インドネシア）から調達している（表2）。

表2 主要エンジン部品の海外から調達先

	部品名称	調達先
1	クランクケース1/2	YIMM
2	ボディシリンダ	YIMM
3	ヘッドシリンダ	YIMM
4	クランク1/2	YIMM

エンジン仕様は、TT-R90同様にオフロード走行性能を重視した仕様変更を行っており、エンジン仕様としてはベースとなったYBXとは大きく異なるものとなっている。また、TT-R用としてのエンジンの改良により、この125cm<sup>3</sup>4ストロークエンジンの、使用用途を大きく広げることが可能となった。

#### <主な変更点>

- (1) 最高回転数の変更（+2000rpm）
- (2) 使用回転域の変更に伴う各部の変更
- (3) 軽量化
- (4) キャブレタセッティング
- (5) 排気系の新作（スクリーンタイプのスパークアレスタ採用）

エンジン主要部品の調達先が海外工場であるがゆえの、製造リードタイム確保のために、通常の開発日程よりも早いタイミングでの仕様決定が必要であったことは、開発時苦労した点である。

エンジン仕様（図8）は、TT-R125、TT-R125LW共に全く共通の仕様となっている。

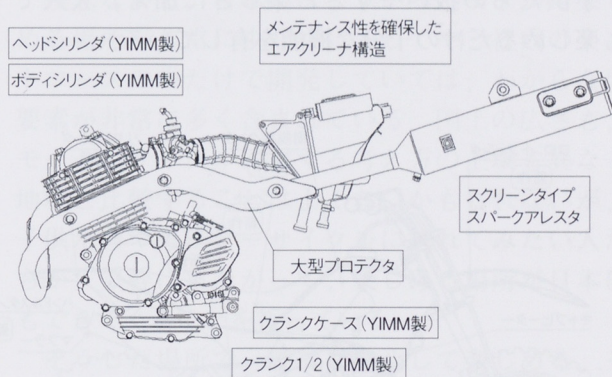


図8 TT-R125のエンジン仕様

## 4 車体仕様

子供たちにとって、「カッコイイ」という項目は非常に大きなファクターであり、YZ400Fが世界のモトクロスレースにおいて、非常に高いポテンシャルを示していることもあり、特に北米では子供たちへの人気も高く、カッコよさの表現には、YZ400Fの外観イメージとすることとした。

TT-R90、TT-R125、TT-R125LW共に外観部品をほとんど新作することで、そのイメージを達成している。加えて、単なるおもちゃで終わることなく、オフロード走行を楽しめるために、各部の仕様の作り込みを行った。開発においては、プレイバイクとしての目標を、どこに設定すべきか、という判断が、あらゆる場面において必要となった。コストと機能のバランスがとりわけ要求されたモデルであると感じている。



#### 4.1 TT-R90の場合

PW80というロングセラーモデルを有しながら、新たに4ストロークモデルを市場導入するに際して、明確な位置付けを考えることが必要であった。そのため、単にエンジンが異なるだけでなく、外観イメージも一新すること、加えて、オフロード走行性能の向上のため、サスペンション性能や各部の仕様の見直しも行った(図9)。

しかしながら、カバーを外してみると、意外にもPW80と共通部品が多く使われていることに驚かれるユーザーも多いと思う。

また、モデル開発の際の競合車が、15年以上も継続して販売されている当社のPW80であったほど、PW80の人気は、現在でも全く衰えを見せていない。

子供たちの扱いやすさと楽しさに加え、大人でも楽しめるだけの十分な機能を有している。

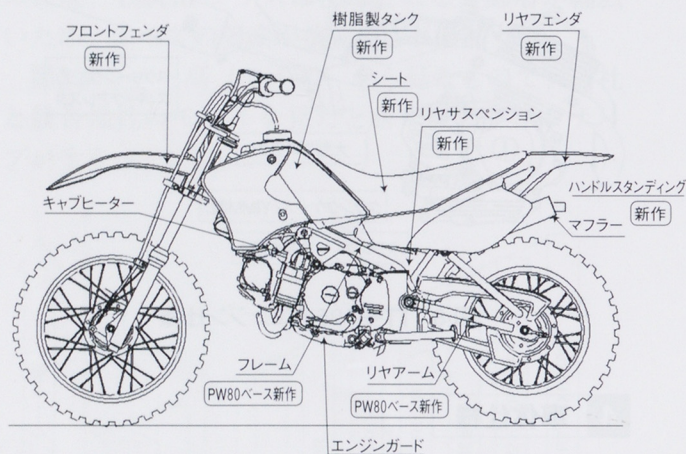


図9 TT-R90 フィーチャーマップ

#### 4.2 TT-R125/TT-R125LWの場合

TT-R125(図10)は、子供を中心としたスモールホイール仕様と、体格的にはもう少し大きな子供や、大人の入門用としてのラージホイール仕様の2仕様を併行して開発した。ラージホイール仕様は、ホイールサイズの違いだけでなく、サスペンションセッティングやフロントブレーキの仕様も異なっている。

TT-R90と同様に外装部品はほとんど新作しているが、一部にYZ80等のパーツの流用もしており、コスト低減のためにデザイン段階から、デザイナーの協力も得ながらの検討を進めた。

これまでのモデルとの大きな違いは、オフロードの走破性を重視し、サスペンション性能を格段に向上させている。開発のキーワードは、「乗って楽しい!」を最優先に、子どもから大人まで十分にとりこにできるモデルの開発を心掛けた。

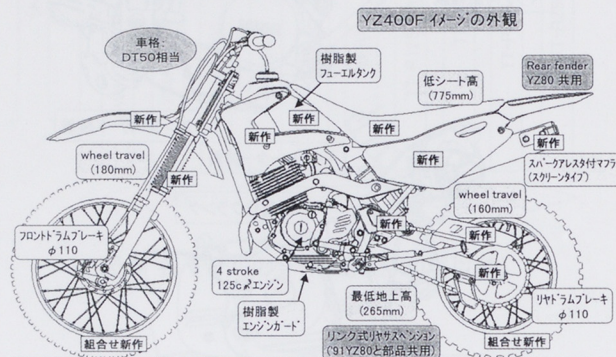


図10 TT-R125 フィーチャーマップ

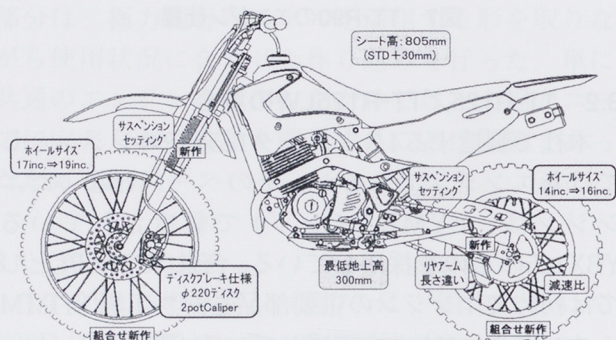


図11 TT-R125LW フィーチャーマップ  
(TT-R125 との違い)

共通部品をベースとして、制約の中でより高い機能の作り込み作業に時間を費やした。

TT-R125/ TT-R125LW(図10, 11)の場合、数値だけではイメージが湧きにくい部分もあるが、実際の大きさはDT50よりも小さな4ストローク125cm<sup>3</sup>のモデルとなっており、コンパクトな中にも遊び心を十分に満たせる仕様が織込まれている。



## 4.3 主要諸元表

TT-R90, TT-R125, TT-R125LWの主要諸元表を表3に示す。

表3 主要諸元表

モデル	TT-R90	TT-R125	TT-R125LW
エンジン排気量	89.9cm <sup>3</sup>	123.7cm <sup>3</sup>	←
ボア×ストローク	47.0×51.8	54.0×54.0	←
最大出力	3.9kW /7000rpm	7.8kW /8000rpm	←
最大トルク	6.0N・m /6000rpm	10.1N・m /6500rpm	←
全長	1,525mm	1,830mm	1,885mm
全幅	605mm	785mm	795mm
全高	865mm	1,055mm	1,085mm
シート高	625mm	775mm	805mm
ホイールベース	1,040mm	1,250mm	1,270mm
最低地上高	160mm	265mm	300mm
乾燥質量	60kg	77kg	79kg
装備質量	64kg	83kg	85kg
キャスト	24.8°	28.7°	28.5°
トレール	56mm	93mm	107mm
タイヤサイズ (Fr)	2.50-14	70/100-17	70/100-19
タイヤサイズ (Rr)	3.00-12	90/100-14	90/100-16
ホイールトラベル (Fr)	110mm	180mm	←
ホイールトラベル (Rr)	93mm	160mm	168mm
Frブレーキサイズ	φ95	φ110mm	φ220disk
Rrブレーキサイズ	φ110	φ110mm	←
燃料タンク容量	4.2L	6.6L	←
変速機	3speed	5speed	←

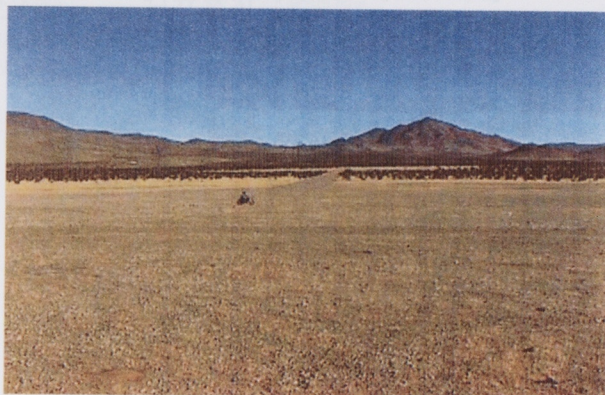


図12 アメリカ/カリフォルニア

残念ながら、日本にはこういったモデルで楽しめる場所が非常に少なく、ましてや、社内のテストコースの中だけで開発しては、わからない要素が非常に多く含まれている。国土の広さも、モーターサイクルに対する考え方の土壌も異なる地域と比較することはよくないかもしれないが、子供たちやモーターサイクルに触れてみたい人たちが、気軽にまたがって、楽しめる場所が日本にもできてくることを祈っている。

そうした場所で、誰でも安心して楽しめる、そういったモデルが当社にも有ることを知っていたきたいと考え、紹介させていただいた。

TT-R90, TT-R125, TT-R125LWの開発、製造に関しては、社内の各部署の皆様方をはじめ、取引先の皆様に多大なるご協力をいただきました。

この場をお借りして御礼申し上げます。

## 5 おわりに

TT-R90, TT-R125, TT-R125LWともに、これからのモーターサイクルを支えていく子供たちや、新しいユーザーのエントリーモデルとして長く愛されていくモデルになると確信している。

双方のモデルともに、開発の初期段階から、メインの市場であるアメリカでの現地テストを踏まえ、コンセプト造りから仕様の確認を十分に行ってきたことが、高い評価を得られた要因だと考えている。

オフロードを走行した経験がある方にはわかっていると思うが、「両足が地面に着く安心感」は、初めての人にとっては、なにものにも代え難いほど大切なことなのである。

## ●著者





＜参考＞当社のプレイバイクたち

【TT-R250】 4ストローク 250cm<sup>3</sup>



北米地域向け

【TT-R225】(YMDB製) 4ストローク 225cm<sup>3</sup>



北米地域向け

【RT100】 2ストローク 100cm<sup>3</sup>



北米地域, 太洋州向け

【PW80】 2ストローク 80cm<sup>3</sup>



全仕向け地

【PW50】 2ストローク 50cm<sup>3</sup>



全仕向け地



更に詳しい情報が知りたい方は, <http://www.yamaha-motor.com> にアクセスしてみてください。



電動スクータの開発

Development of Extended Project on Electric Scooter

武智裕章 Hiroaki Takechi 寺田潤史 Jyunji Terada 高橋宏行 Hiroyuki Takahashi  
山本 泉 Izumi Yamamoto 大石明文 Akifumi Ooishi 石井喜好 Kiyoshi Ishii

●研究開発センター制御技術室／MC技術統括部MC第1コンボ開発室／  
CV技術統括部CV第2開発室／CV技術統括部CV第1開発室

1 はじめに

近年、環境問題から電気自動車やハイブリッド車の開発が活発になっているが、当社もガソリンエンジンの2輪車だけでなく、PAS、電動車イスや電動ゴルフカー等の電動車両を開発、生産している。本文では、1993年に発表した電動スクータ“MEST”や“PAS”の開発を通して得られた技術に加え、新規開発技術を織り込んだ電動スクータを研究開発したので紹介する。

2 開発の狙いと車両の特徴

本電動スクータは実際の使われ方を想定し、市街地で交通の流れに乗ることができる走行性能や通勤、買い物等の近距離移動用として十分な航続距離、そしてユーザーの負担を軽減するためにバッテリーの長寿命化を図り、以下のコンセプトで開発を進めた。

- (1) ガソリンエンジンスクータに匹敵する走行性能
- (2) 都市での使用に支障のない航続距離
- (3) メンテナンスフリー長寿命バッテリー

これらのコンセプトから具体的な目標値を設定し、次のような技術的特徴を持った車両を試作した。

2.1 バッテリー

大容量ニッケル・カドニウム電池（Ni-Cd）およびニッケル・水素電池（Ni-MH）を開発した。両者とも同一サイズで取り付けの互換性を持たせてある。また寿命を延ばすためバッテリーは4個のブロックに分け、ブロック毎に電圧・温度を監視して強制空冷ファンによる温度コントロールと充放電制御を行っている。

2.2 モーター

電動スクータは低電圧で駆動されるにもかかわらず広い速度範囲が要求される。またリラクタンストルクを利用し高効率化を図ることから、永久磁石型同期電動機を開発した。

2.3 駆動ユニット

通常スクータではVベルト変速方式だが、伝達効率向上のため電子制御自動変速機を開発した。

2.4 充電器、DC/DCコンバータ

小型化を図るため充電器と補機用電源のDC/DCコンバータを一体化し、充電器の入力電圧はAC85～264Vの広範囲入力対応の車載充電器とした。また同一充電器でNi-Cd、Ni-MHの両方の充電を可能とした。

2.5 総合制御

バッテリー管理、モーター制御、自動変速機制御、充放電制御などは互いに関連するので、車両の各種情報を1つのECU（Electronic Control Unit）で処理し、協調制御を行っている。

主要諸元を表1、レイアウト図を図1に示す。

表1 主要諸元

全長(mm)	1615	
全幅(mm)	630	
全高(mm)	1000	
ホイールベース(mm)	1135	
車両重量(kg)	95	
タイヤサイズ	80／90－10	
モータ種類	永久磁石型同期電動機	
モータ最大出力(kW)	3.4	
駆動方式	電子制御自動変速	
電池定格電圧(V)	48	
電池種類	Ni-Cd	Ni-MH
電池容量(Ah)	24	30
充電時間(Hr)	3.5	4.3
充電制御方式	定電流	



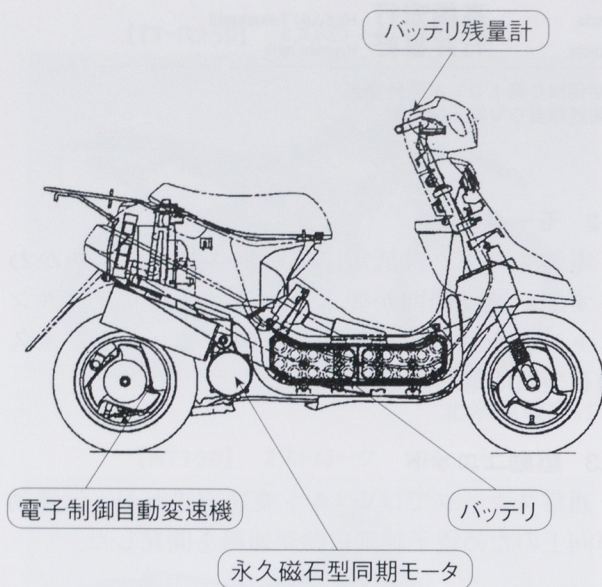


図1 車両レイアウト

### 3 各コンポーネントの特徴

#### 3.1 総合制御

従来モータ制御、充電器制御等個別に動作をしていたが、本電動スクータではそれらの制御に加えバッテリーマネジメント、電子制御自動変速、DC/DC制御など多岐に渡る制御を行っている。そのためシステム全体を協調制御させるTCS(Total Control System)と名付けたシステムを開発し、車両全体の制御を行っている。

このコントローラにて以下の制御や情報処理を行っている。

- (1) バッテリーマネジメント
- (2) 充電制御
- (3) 放電制御
- (4) 電子制御自動変速制御
- (5) DC/DCコンバータ制御
- (6) モータ制御
- (7) 各種車両情報入力
- (8) 各種異常検出と発生時の最適処理

#### 3.2 バッテリー

電動スクータの開発において、電池の選定および性能開発は非常に重要な項目である。電動スクータ用の電池にはその商品の特性上、高い充放電効率と軽量・コンパクトであることと、高い耐久性および信頼性が求められる。

本電動スクータの開発において、搭載する電池については、エネルギー密度・寿命・環境性・安全性・コストなどについて種々の二次電池の比較を行い、用途的に最も適していると考えられるNi-Cd、Ni-MHの2種類の電池を選定した。2種類の電池を同一形状の組電池にすることにより、2種類の動力源が同一の車両に搭載することが出来る。よって、ユーザーの要望・使用目的によって電池種類を選択することが可能である。

##### (1) 組電池

単電池はNi-Cd、Ni-MHとも円筒密閉型電池で、直径43mm、高さ146mmの5/3Mサイズである。本電動スクータはこの単位電池を20個直列に接続して組電池を構成している。この組電池の特長は防水性と冷却性を両立させた点にある。単位電池の外筒部はチューブに被覆されて防水されており、接点部についてはバックを形成する部材にシール用のラバーを介して取り付けられることにより防水構造となっている。また、20個直列に接続される単位電池はそれぞれのモジュールの間に冷却風が通過出来るようなクリアランスを設けて取り付けられる構造になっており、充電・放電時に発生する熱を素早く放熱することが可能になっている。

##### (2) 電池特性

電池セルは本電動スクータ専用開発されたものであり、単電池の仕様を表2に示す。この単電池は大型の円筒型密閉電池としては比較的高いエネルギー密度の電池で、寿命性能・低温放電性能・充電効率・出力がバランスされている。

表2 単電池仕様

電池	容積エネルギー密度 (Wh/L)	質量エネルギー密度 (Wh/kg)	容量 (Ah)	電圧 (V)
Ni-Cd	140	44	24	1.2
Ni-MH	170	46	30	1.2

この組電池のサイクル寿命性能を図2に示す。電動スクータにおいては、電池は満充電状態と完全放電状態が繰り返されることが予想されるため、この繰り返しによるサイクル寿命評価を実施した。なお、放電は電動スクータの実走行による電池の



放電状態を放電シミュレータで模擬させることにより実施している。結果として良好な寿命性能が得られた。

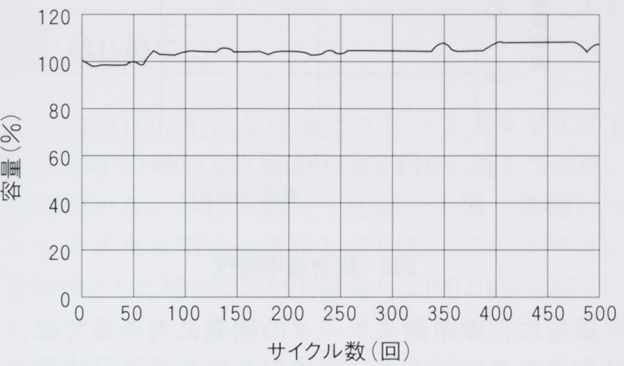


図2 サイクル寿命特性

### 3.3 モータ

電動スクータ用モータは低電圧で駆動されるにもかかわらず広い速度範囲が要求されることから、埋込磁石構造モータを採用した。本モータの主要諸元を表3に示す。

表3 モータ主要諸元

定格電圧 (V)	48
最大出力 (kW)	3.4
最大トルク (Nm)	7.3
最高回転数 (min <sup>-1</sup> )	8000
重量 (kg)	7.2

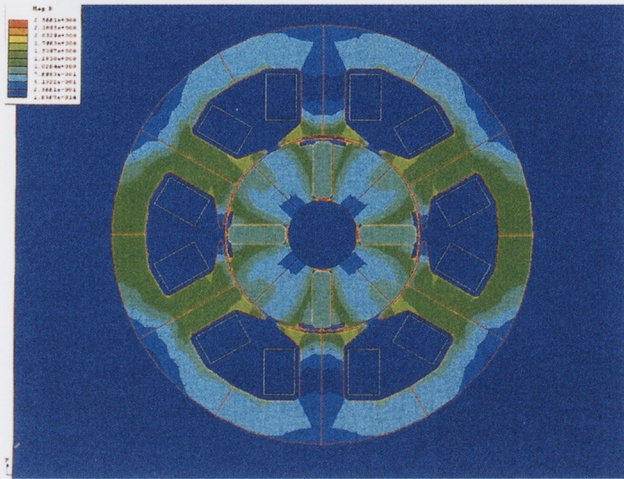


図3 磁界解析結果

本モータの開発に際しては以下の点に留意し、磁界解析を行って設計した。

- (1) 電機子反作用の影響を低減するためのローレンツ力とリラクタンストルク配分
- (2) 空隙高調波磁束を低減するための磁石挿入スリット形状
- (3) コストパフォーマンスを考慮した磁石材料・形状
- (4) 使用状態を考慮した効率特性

磁界解析結果及び効率特性を図3、4にそれぞれ示す。図3では磁石両端部分の磁束密度が飽和し永久磁石の漏れ磁束が少ないことが分かる。また、図4より、効率90%以上の領域が広がっていることが分かる。

### 3.4 モータコントローラ

今回開発した永久磁石型同期モータの性能（最高回転数、応答性、効率等）を十分に引き出し、小型、低コスト化を図ったモータコントローラには次の特徴がある。

- (1) ベクトル制御とオールソフトウェア制御  
電流制御の演算は、図5に示すようにモータ電流をdq変換し、dq座標での電流フィードバック制御をPWM周期毎に行っている。
- (2) 3モード電流制御  
モータ制御には以下の3つのモードがある。
  - ① 通常走行モード
  - ② リフレッシュモード
  - ③ 変速モード

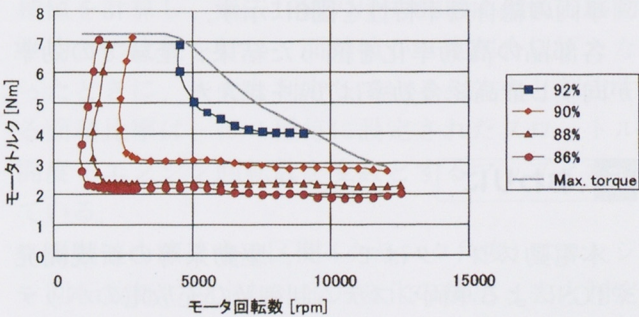


図4 モータ効率特性



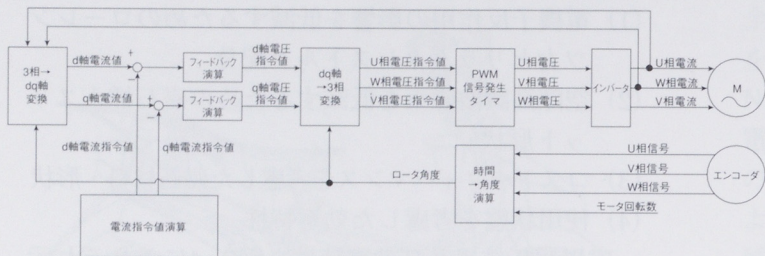


図5 電流制御ブロック図

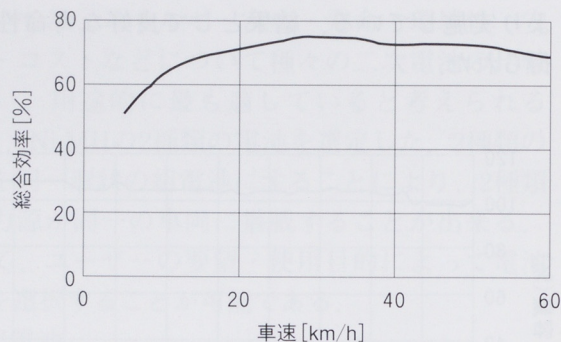


図6 総合効率特性

### 3.5 駆動系

通常のガソリンエンジンスクータではVベルト無段変速機を用いているが、本電動スクータでは高効率な電子制御自動変速としロス低減を実現した。

最後に、本電動スクータの開発に当たっては、社内外の多くの方々にご協力をいただき、感謝の意を表します。

## 4 走行性能テスト結果

今回開発した車両のテスト結果を表4に示す。  
各部の小型・軽量、高効率化を図った結果、ガソリンエンジンスクータに匹敵する動力性能と、実用レベルの一充電走行距離を確保した。

表4 走行性能テスト結果 (Ni-Cdでのデータ)

最高速 (km/h)	60
最大登坂角 (tanθ)	0.25
航続距離 (km) (30km/h定地)	60
航続距離 (km) (市街地走行モード)	40

車両の総合効率特性を図6に示す。  
各部品の高効率化を図った結果、全域での効率が向上し最高総合効率は70%を越えた。

## 5 おわりに

本電動スクータはモータ、駆動系等の新規開発やTCSによる車両システム制御及び充放電のバッテリーマネジメントにより、当初定めたコンセプトを実現する事ができた。

また、さらに進化した“ECCY”(図7)の開発も行い東京モータショーに出展を行った。今後も更に性能や効率向上を目指し、開発を進めて行く予定である。



図7 ECCY

### ●著者



武智裕章



寺田潤史



高橋宏行



山本 泉



大石明文



石井喜好



## ガスエンジン希薄燃焼技術 Y-NOCS

## Lean-burn Technology Y-NOCS for Gas Engine

福留敏典 Toshinori Fukudome

鈴木 誠 Makoto Suzuki

迫田茂穂 Shigeho Sakota

●GHP事業部 開発室

## 1 はじめに

国内の1998年におけるガスヒートポンプ（以下GHPと略す）の普及容量は、1,467千HPに達しており、家庭用から、学校・病院・店舗・工場・各種ビルとさまざまな用途へ普及している。このエアコンをEHPとした場合の定格消費電力は100万kWを超え、石油代替エネルギーとしてガスの用途拡大、夏場の電力負荷平準化といった、わが国のエネルギー政策に貢献してきた。

GHP事業部では、環境負荷低減のために、NO<sub>x</sub>低減、ドレン水中和装置、排気脱臭触媒、代替冷媒等の開発に取り組んできた。NO<sub>x</sub>に関しては、横浜市等、一部の地域で排出規制が実施されているものの、業界自主規制の一環として取り組み、マップ制御による希薄燃焼方式により、NO<sub>x</sub>排出量200ppm（12モード値）以下に対応してきた。今回、家庭用3HP GHP リビングメイト（図1）においてNO<sub>x</sub>排出量を100ppm（12モード値）以下とするため、空燃比フィードバックによる希薄燃焼方式 Y-NOCS（Yamaha NO<sub>x</sub> Control System）を開発し商品化したのでここに紹介する。

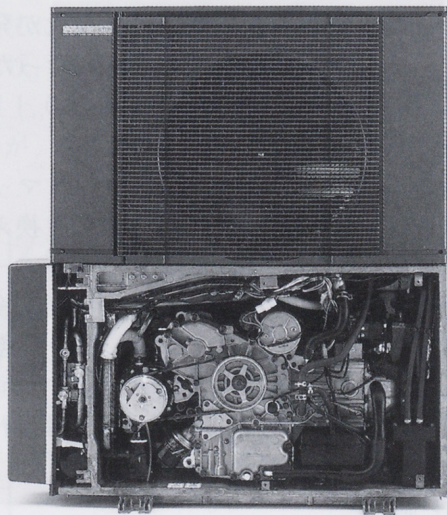


図1 リビングメイト外観

## 2 Y-NOCSの原理

従来、ガス種毎に設定されたスロットル開度・エンジン回転数を変数とするマップにより、ミキサの燃料制御弁開度を調整し、適正な空燃比にて希薄燃焼させることで、NO<sub>x</sub>低減に対応してきた。しかし、燃料系・吸気系等の部品精度のばらつきにより、同一スロットル開度・同一エンジン回転数においても、製品間では、一定の空燃比のばらつきが存在している。現在まで、空燃比に影響する、エアクリーナ、ゼロガバナ、ミキサ等の部品の流量管理幅低減にも取り組んできたが、さらにNO<sub>x</sub>を低減させるためには、部品精度によらず、各製品において、最適な希薄燃焼状態となるよう、空燃比のフィードバック制御を行うことが必要となってきた。これにより、長期間使用した場合の経時変化、気象条件の変化が発生した場合でも、安定した運転が可能となる効果も期待できる。

Y-NOCSでは、排気圧力の変化に着目して、失火が発生したか判定を行っている。運転中に適正な空燃比範囲を超えて、リーン化させていくと、混合気が部分的に失火しはじめ、燃焼が不安定になってくる。そのときの排気圧力波形は、図2のようになり、安定した状態の圧力波形と比較すると、最大値付近が低下してくる。このような圧力波形の変化を検出するため、排気圧力の一定区間の面積値を計算し、過去16回の圧力波形面積値の移動平均との比較を行い、面積値が一定割合以下となったときに、失火と判定している。失火と判定する面積比率は、ガス種毎に設定されたスロットル開度・エンジン回転数を変数とするマップとなっている。

面積値を演算する区間（クランク角度）はエンジン回転数毎に設定し、圧力変化の検出・失火判定が適切に行われるようにしている。



## ガスエンジン希薄燃焼技術 Y-NOCS

## Lean-burn Technology Y-NOCS for Gas Engine

福留敏典 Toshinori Fukudome

鈴木 誠 Makoto Suzuki

迫田茂穂 Shigeho Sakota

●GHP事業部 開発室

## 1 はじめに

国内の1998年におけるガスヒートポンプ（以下GHPと略す）の普及容量は、1,467千HPに達しており、家庭用から、学校・病院・店舗・工場・各種ビルとさまざまな用途へ普及している。このエアコンをEHPとした場合の定格消費電力は100万kWを超え、石油代替エネルギーとしてガスの用途拡大、夏場の電力負荷平準化といった、わが国のエネルギー政策に貢献してきた。

GHP事業部では、環境負荷低減のために、NO<sub>x</sub>低減、ドレン水中和装置、排気脱臭触媒、代替冷媒等の開発に取り組んできた。NO<sub>x</sub>に関しては、横浜市等、一部の地域で排出規制が実施されているものの、業界自主規制の一環として取り組み、マップ制御による希薄燃焼方式により、NO<sub>x</sub>排出量200ppm（12モード値）以下に対応してきた。今回、家庭用3HP GHP リビングメイト（図1）においてNO<sub>x</sub>排出量を100ppm（12モード値）以下とするため、空燃比フィードバックによる希薄燃焼方式 Y-NOCS（Yamaha NO<sub>x</sub> Control System）を開発し商品化したのでここに紹介する。

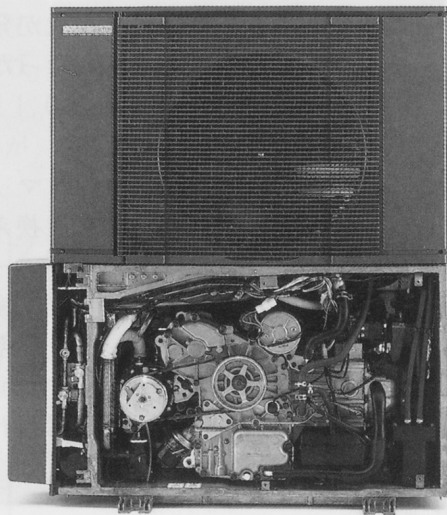


図1 リビングメイト外観

## 2 Y-NOCSの原理

従来、ガス種毎に設定されたスロットル開度・エンジン回転数を変数とするマップにより、ミキサの燃料制御弁開度を調整し、適正な空燃比にて希薄燃焼させることで、NO<sub>x</sub>低減に対応してきた。しかし、燃料系・吸気系等の部品精度のばらつきにより、同一スロットル開度・同一エンジン回転数においても、製品間では、一定の空燃比のばらつきが存在している。現在まで、空燃比に影響する、エアクリーナ、ゼロガバナ、ミキサ等の部品の流量管理幅低減にも取り組んできたが、さらにNO<sub>x</sub>を低減させるためには、部品精度によらず、各製品において、最適な希薄燃焼状態となるよう、空燃比のフィードバック制御を行うことが必要となってきた。これにより、長期間使用した場合の経時変化、気象条件の変化が発生した場合でも、安定した運転が可能となる効果も期待できる。

Y-NOCSでは、排気圧力の変化に着目して、失火が発生したか判定を行っている。運転中に適正な空燃比範囲を超えて、リーン化させていくと、混合気が部分的に失火しはじめ、燃焼が不安定になってくる。そのときの排気圧力波形は、図2のようになり、安定した状態の圧力波形と比較すると、最大値付近が低下してくる。このような圧力波形の変化を検出するため、排気圧力の一定区間の面積値を計算し、過去16回の圧力波形面積値の移動平均との比較を行い、面積値が一定割合以下となったときに、失火と判定している。失火と判定する面積比率は、ガス種毎に設定されたスロットル開度・エンジン回転数を変数とするマップとなっている。

面積値を演算する区間（クランク角度）はエンジン回転数毎に設定し、圧力変化の検出・失火判定が適切に行われるようにしている。



失火判定条件： $S0 \leq \alpha \times Sm$

$S0$ ：判定を行う波形の面積値

$Sm$ ：直前16回の波形面積の移動平均値

$\alpha$ ：失火判定比率

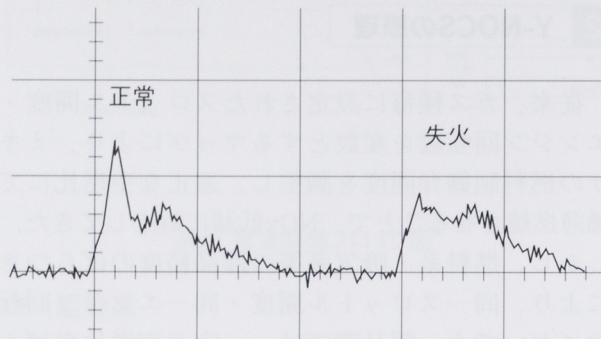


図2 排気圧力波形変化

### 3 システム概要

#### 3.1 機器の構成

図3にY-NOCSシステム構成図を示す。エンジン回転数、スロットル開度、排気圧力、を入力信号とし、それらに基づいて、燃料制御弁開度の調整を行う。従来のマップ制御に対して追加した構成品は、排気圧力センサ（図4）で、長野計器製の蒸着形半導体圧力センサを使用しており、アルミ製排気熱交の排気出口付近に取付けている。Y-NOCSは、排気圧力の変化に着目しているため、排気圧力センサ出力値の固体差、温度ドリフトの影響を受ない反面、耐震性、酸性度の高いドレン水に対する耐食性、ドレン水による圧力通路の閉塞・凍結の影響、等々の課題もあった。

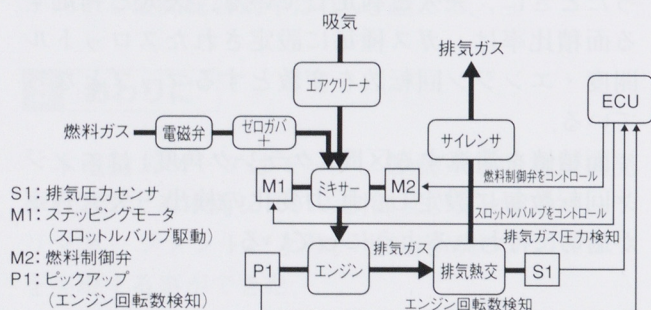


図3 Y-NOCSシステム構成図

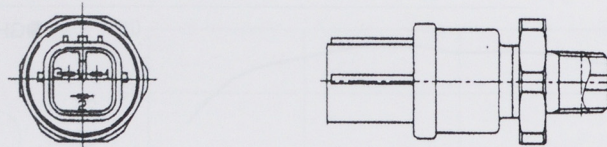


図4 排気圧力センサ外観

#### 3.2 制御概要

図5がY-NOCS制御概念図である。それぞれの制御内容を下記に示す。

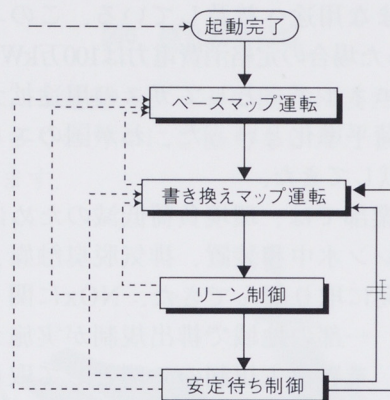


図5 Y-NOCS制御概念図

##### (1) ベースマップ運転

$NO_x$ の排出を若干犠牲にして、エンジンの運転性を優先させた運転。ガス種毎に設定されたエンジン回転数・スロットル開度を変数とするマップによりミキサの燃料制御弁開度を調整するもので、従来のマップ運転に相当する。エンジン起動後は、このマップから運転開始する。運転中何らかの原因で、失火が発生したり、エンジン回転数が不安定になった場合には、このベースマップで運転を行う。

##### (2) 書き換えマップ運転

稀薄燃焼運転を行うために、ベースマップから書き換えられたマップ（以下、書き換えマップと記す）による運転。初期状態は、ベースマップと同じマップとなっており、運転後に随時書き換えられていく。一旦、書き換えられたポイントには書き換え完了を示す“恒久フラグ”を立て、それ以降の書き換えは行わず、リーン制御にも移行しない。

##### (3) リーン制御

燃料制御弁の開度を変化させて、空燃比をリーン側に持っていく制御。書き換えマップ運転時、



エンジン回転数が目標回転数範囲内にて安定すると、リーン制御に移行する。リーン制御では、燃料制御弁開度を段階的に閉じていき、失火が起きないか、また、エンジン回転数が安定しているかを判定する。失火が発生するか、エンジン回転数が不安定となると、リーン化を終了する。また、燃料制御弁開度を閉じる総量は、あらかじめマップ（下限マップ）で制限しており、失火の発生がなくても、その開度になった時点でリーン化を終了する。リーン化が終了すると、そこから燃料制御弁開度をマップにて設定された量だけリッチ側へ戻すエンリッチ処理を行い、燃料制御弁開度のオフセット値（ベースマップの値とリーン制御後の値の差）を決定する。但し、下限マップに到達してリーン化を終了した場合は、その開度からオフセット値を決定する。

#### (4) 安定待ち制御

リーン制御にて選定した燃料制御弁開度でしばらく運転し、運転性に問題がないかを、失火の有無、エンジン回転数の安定性により判定を行う。失火発生等で安定して運転できないと判定された場合、燃料制御弁開度を一定量リッチ側へ戻し、オフセット値を修正し、再度安定待ち制御に入る。安定して運転が可能と判定されたらマップの書き換えを行う。燃料制御弁開度のマップ値に急激な変化があると、エンジン回転数ハンチング等の不具合が発生するため、マップの書き換え対象領域全てについて、(3)で決定したオフセット値により、書き換えをおこなう。

以上、一連の動作をタイムチャートにしたものが、図6である。

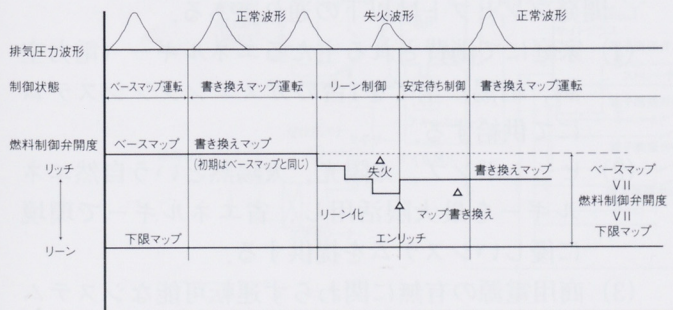


図6 Y-NOCS作動タイムチャート

### 3.3 効果

図7に、Y-NOCSによるNO<sub>x</sub>低減の効果を示す。ベースマップ運転時には、ミキサ、エアクリーナ、ゼロガバナ等の部品の流量管理幅による空燃比ばらつきのため、NO<sub>x</sub>値は、

上限側（リッチ側） 387 ppm

下限側（リーン側） 73 ppm

の範囲にあるが、一連の制御を行った後の書き換えマップ運転においては、

上限側 100 ppm

下限側 54 ppm

となり、全数目標の100ppm以下となっている。

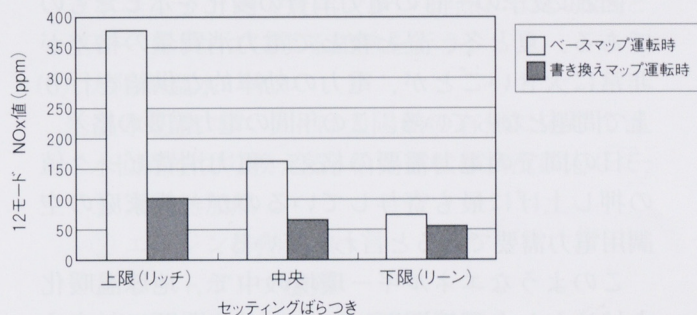


図7 Y-NOCS NO<sub>x</sub>低減効果

## 4 おわりに

地球規模の環境が問題とされる中、GHPにおいて取り組むべき技術課題は、代替冷媒、熱効率向上、排気浄化、リサイクル等数多くある。今後とも、環境負荷の極小化を追求し、豊かで快適な生活空間を提供する商品の開発に努力していきたい。

なお、本システムはGHP開発室 要素技術グループにおいて先行開発された制御方式であり、商品化にあたって、排気圧力センサメーカーの長野計器(株)様はじめ、多大な御協力を頂いた社内外関係各位に、紙面をお借りして深く感謝の意を表する。

### ● 著者



福留敏典



鈴木 誠



迫田茂穂



# 家庭用多機能GHPコージェネレーションシステム OR61

## Multi-Function GHP Co-generation System for Home -OR61

水野郁男 Ikuro Mizuno

●GHP事業部 開発室

### 1 はじめに

日本のエネルギー消費量は1986年から1996年の10年間に約40%増加した(図1)。中でも電力消費量は1985年から1997年の間に50%以上増加し、その増加分のほとんどは民生用のものである。生活レベルの向上等に伴い、電力消費量は今後も着実に増え続けると予測されている。

図2は夏季の一日の電力消費の変化を示したものである。夏と冬、昼と夜とで電力消費量の格差が非常に大きいことが、電力の効率的な供給を行う上で問題となっている。この年間の電力需要の格差、一日の間での電力需要の格差、電力消費ピーク値の押し上げに最も寄与しているのが一般家庭の空調用電力需要であると言われている。

このようなエネルギー環境の中で、地球温暖化を始めとした環境問題、エネルギー問題に対応するため、電力消費の削減と平準化、クリーンエネルギーへのシフトの必要性が増々重要な課題となっている。

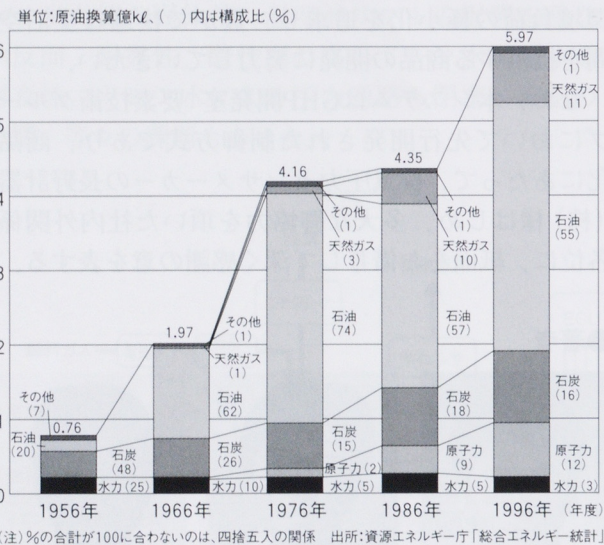


図1 日本の1次エネルギー需要の推移

それらの問題に対する一つの解決策として、GHPのクリーンなガスエネルギーと自然エネルギーの融合を図ったコンセプトモデル ヒーポンコージェネシステムOR61を開発したのでここに紹介する。

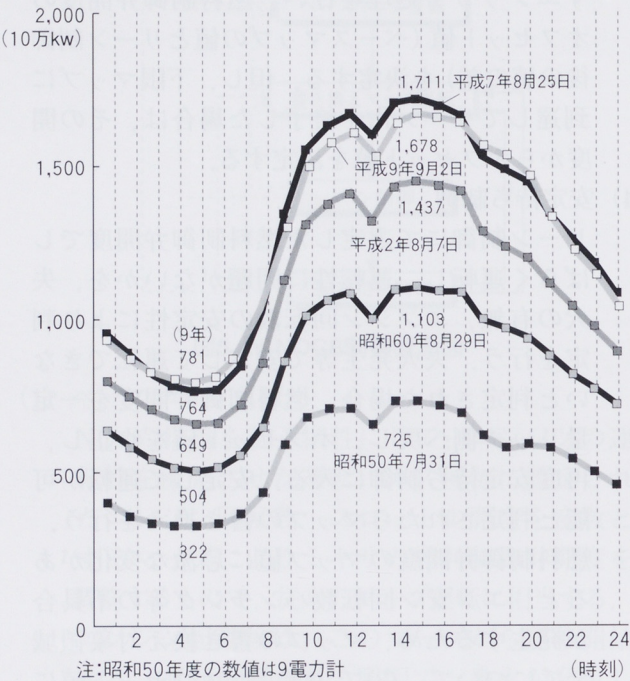


図2 夏期の1日の電力消費パターン

### 2 開発コンセプト

- 開発コンセプトは以下の通りである。
- (1) 家庭にて消費される主たるエネルギー(電力空調、給湯)全てを1台のガスエンジンシステムにて供給する。
  - (2) ヒートポンプ、太陽光、太陽熱という自然エネルギーを最大限活用し、省エネルギーで環境に優しいシステムを提供する。
  - (3) 商用電源の有無に関わらず運転可能なシステムとする。



### 3 システム概要

システム構成の模式図を図3に、全体系統図を図4に示す。本システムは、当社の家庭用GHPリビンググメイトをベースとして以下の機能を追加している。

#### (1) エンジン駆動発電機

室外ユニット下側のパワーユニット内には、クランクシャフトが前後方向に配置されるようエンジンがマウントされている。クランクシャフトの前端にはコンプレッサ駆動用プーリが、後端には発電機駆動用プーリが取り付けられている。

空調性能はベースモデルと同等であり、室内ユニットは6台まで接続可能である。

発電機は1900rpmから8500rpmの範囲で一定出力が得られ、コンプレッサのインバータ制御と発電の両立が可能である。

#### (2) ソーラー発電パネル

#### (3) 蓄電ユニット

発電機で作った電力、およびソーラー発電機で作った電力は蓄電ユニットに蓄えられ、家庭内の負荷、および本システムに対し供給される。室外ユニットの起動用電力も蓄電ユニットから供給される。蓄電ユニット内の充電量が低下すると室外ユニットに対し発電要求が出され室外ユニットは発電運転を開始する。

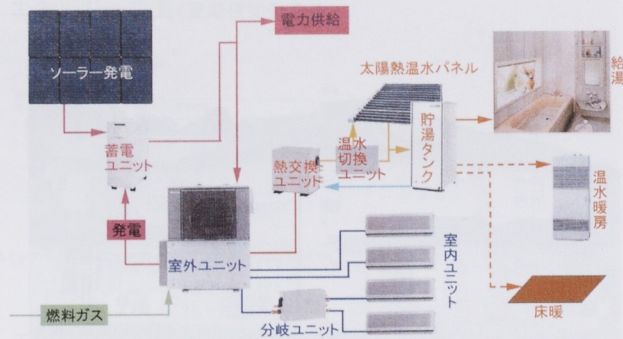


図3 システム構成

#### (4) ヒートポンプ・エンジン排熱利用給湯ユニット

熱交換ユニットでは給湯用循環水の加熱を行う。本ユニット内で、エンジン排熱による加熱とヒートポンプによる加熱を行う。

#### (5) 太陽熱温水パネル

温水切替ユニットは太陽熱の有無に応じて温水回路を切り換える。給湯運転は状況に応じて、

##### ① 太陽熱加熱

##### ② エンジン排熱加熱

##### ③ ヒートポンプ加熱

の単独、組み合わせを選択する。

#### (6) 貯湯ユニット

貯湯タンク内には50℃以上のお湯が作られ、そのままお湯として供給するのはもちろん、温水暖房、床暖房への利用も可能である。

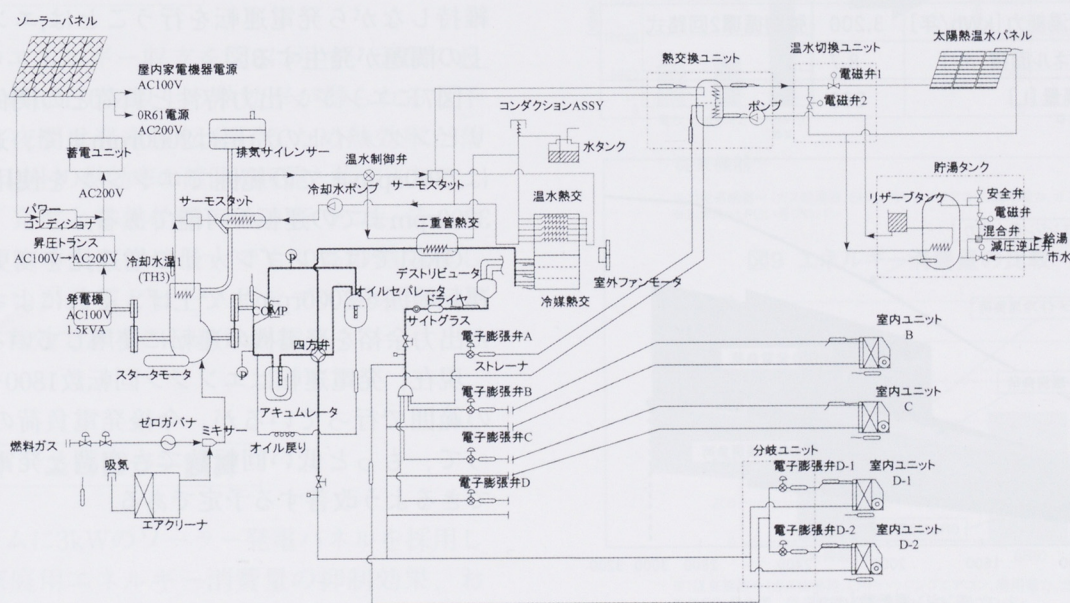


図4 全体系統図





図5 掛川ショールーム リビング21

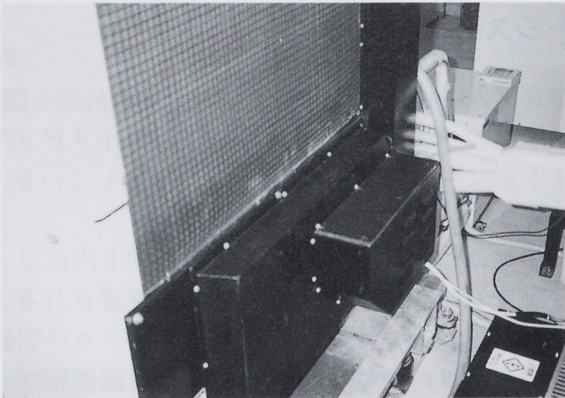


図6 室外ユニット発電機カバー

表1 主要諸元

項 目		値	機器仕様
空調能力 [kW]	冷房	8	GHP
	暖房	10	
室外ユニット給湯能力 [kW]		10	
ガス消費量 [kW]	冷房	8.3	
	暖房	8.8	
	給湯	7.1	
COP (ガス)	冷房	0.96	
	暖房	1.13	
	給湯	1.4	
発電機発電能力 [kVA]		1.5	可変速定周波定電圧型
ソーラー 発電装置	発電能力 [kW]	1	多結晶型モジュール
	パネル面積 [m <sup>2</sup> ]	6	
蓄電ユニット容量 [kVA]		10	常時インバータ給電
ソーラー 給湯装置	給湯能力 [kWh/年]	3,200	強制循環2回路式
	パネル面積 [m <sup>2</sup> ]	8.7	
貯湯量 [L]		330	

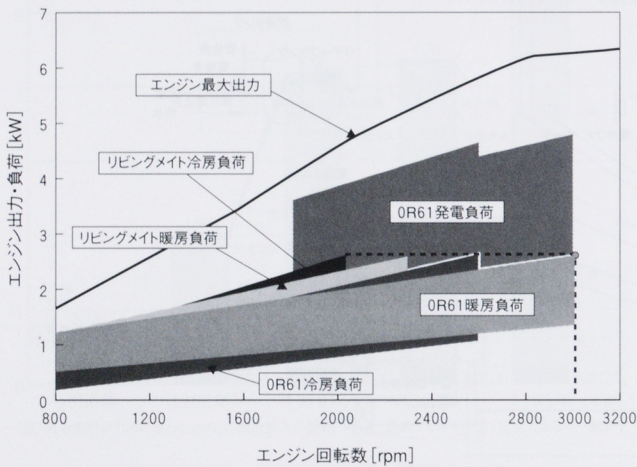


図7 エンジン出力と負荷特性

図5は本システムを設置した掛川ショールームリビング21の全景，図6は室外ユニット背面の発電機部分である．室外ユニット形状を大きく変えることなく発電機を搭載することができた．本システムの主要諸元を表1に示す．

4 空調・発電負荷とエンジン出力の関係

本システムに搭載した1.5kWの発電機を運転するためには2.1kW程度のエンジン出力が必要となる．ベースモデルであるリビングメイトの空調性能を維持しながら発電運転を行うことは、エンジン出力上の問題が発生する．

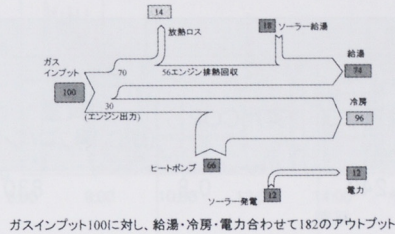
図7にエンジン出力特性と負荷との関係を示す．リビングメイトの冷房は2000rpmまで，通常の暖房は2300rpmまでの範囲でエンジンを使用するが，3200rpmまでの運転が可能である．

OR61ではコンプレッサの増速比を変更し，暖房運転範囲を3000rpmまで上げ，それによって得られた出力余裕を発電機の運転に使用している．

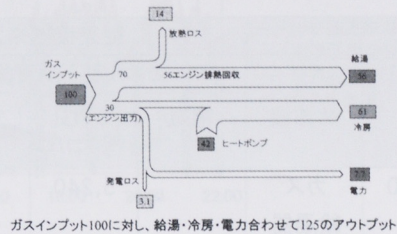
現在，発電運転はエンジン回転数1800～3000rpmの範囲で行っているが，今後発電負荷の調整によって，もっと低い回転数でも空調と発電の両立ができるよう改善する予定である．



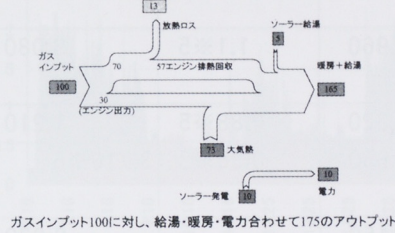
エネルギー収支(夏期昼間)



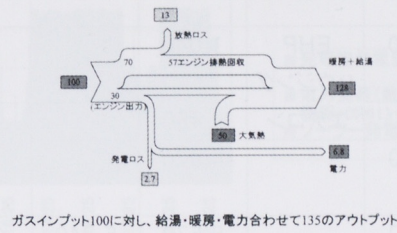
エネルギー収支(夏期夜間発電時)



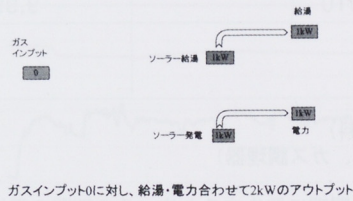
エネルギー収支(冬期昼間)



エネルギー収支(冬期夜間発電時)



エネルギー収支(中間期昼間)



エネルギー収支(中間期夜間発電時)

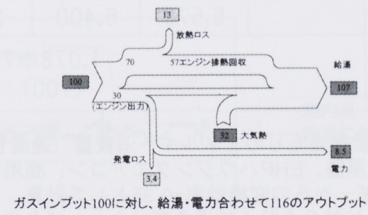


図8 エネルギー収支

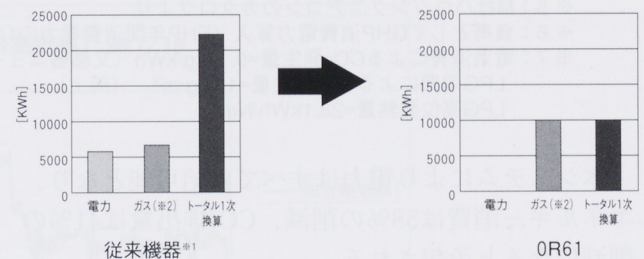
## 5 エネルギー収支試算

季節毎のエネルギー収支を図8に示す。天気の良い昼間であれば170%以上の熱効率が得られると予想される。夜間は発電運転を行うため熱効率が落ちるが110%以上の熱効率の確保が可能と推定される。

通常の、発電と排熱給湯のみを行うコージェネレーションシステムでは最大でも80%の熱効率しか得られないが発電とヒートポンプの組み合わせが省エネに有効であることが分かる。

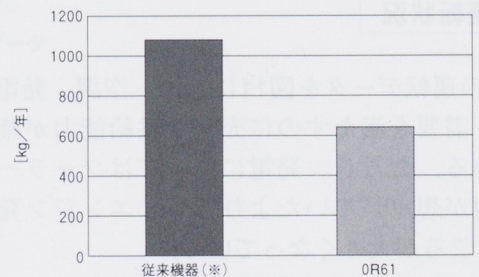
## 6 省エネ・エコロジー試算

本システムに3kWのソーラー発電パネルを採用した場合の家庭用エネルギー消費量の抑制効果、およびCO<sub>2</sub>発生量の抑制効果を、2000年における予測値に対して試算した結果を図9、10、表2に示す。



※1:従来機器=(ガス給湯器、EHPハウジングエアコン、商用電力、ガス調理器)  
※2:ガス=LPGい号プロパン

図9 エネルギー消費量の比較



※:従来機器=(ガス給湯器、EHPハウジングエアコン、商用電力、ガス調理器)  
※※CO<sub>2</sub>発生源 従来機器:商用電源+LPGい号プロパン  
OR61 :LPGい号プロパン

図10 CO<sub>2</sub>排出量の比較



表2 家庭用エネルギー消費量の省エネ試算比較(1次エネルギー換算)

単位:kWh／世帯・年

	負荷※1	従来機器※2					OR61	
		熱源機	エネルギー消費量			実用COP	エネルギー消費量 (LPGい号プロパン)	実用COP※4
			電気	LPG い号プロパン	1次換算※3			
給湯	4,190	ガス給湯器		5,240	5,240	0.8	830	夏期：排熱利用 冬期(給湯専用):1.3 (暖房+給湯):0.6 中間期：1.4 太陽熱加熱分:3200kWh
暖房	3,260	EHPハウジング	1,040		2,960	1.1※5	3,080	暖房単独：1.13 暖房+給湯：1.0
冷房	1,160	エアコン	460		1,320	0.88※5	1,210	0.96
照明・動力	4,070		4,070		11,630	0.35※3	3,710※6	0.21 ソーラー発電算入:3,440kWh
小計	12,680		5,570	5,240	21,150 (100)		8,830 (42)	
厨房	1,160			1,160	1,160		1,160	
合計			5,570	6,400	22,310		9,990	
CO <sub>2</sub> 排出量(kg)				1,078※7 (100)			640※7 (59)	

※ 1：2000年における1世帯当たりのエネルギー消費量（通産省資料）  
※ 2：従来機器=(ガス給湯器、EHPハウジングエアコン、商用電力、ガス調理器)  
※ 3：電力の1次エネルギーからの変換効率=0.35として計算  
※ 4：給湯COP：太陽熱加熱分を除く給湯負荷は主として冬季と中間期に発生するため、その期間の平均COPとしてCOP=1.2を使用  
暖房COP：暖房単独運転と暖房+給湯運転の運転時間の比率を5:5として平均COP=1.06を使用  
※ 5：M社ハウジングエアコンのカタログより  
※ 6：負荷としてGHP消費電力算入（EHP年間消費電力の1/10で計算）  
※ 7：電気消費によるCO<sub>2</sub>発生量=0.12kg/kWh（文部省ニュースより）  
LPG消費によるCO<sub>2</sub>発生量=1.8kg/m<sup>3</sup>、（同上）  
LPG高位発熱量=28.1kWh/Nm<sup>3</sup>

本システムにより電力はすべて自給可能となり、エネルギー消費は58%の削減、CO<sub>2</sub>排出量は41%の削減になると予想される。

7 運転状況

1日の運転データを図11に示す。空調、発電、給湯共、需要を満たすのに十分な供給能力が確保されている。ただし、発電についてはソーラー発電の能力が想定していたより低く、エンジン発電に負うところが大きくなっている。

1日を通しての総合熱効率1.25となり、商用電力の0.35、既存のコージェネレーションの0.8という値に対する優位性が確認できた。

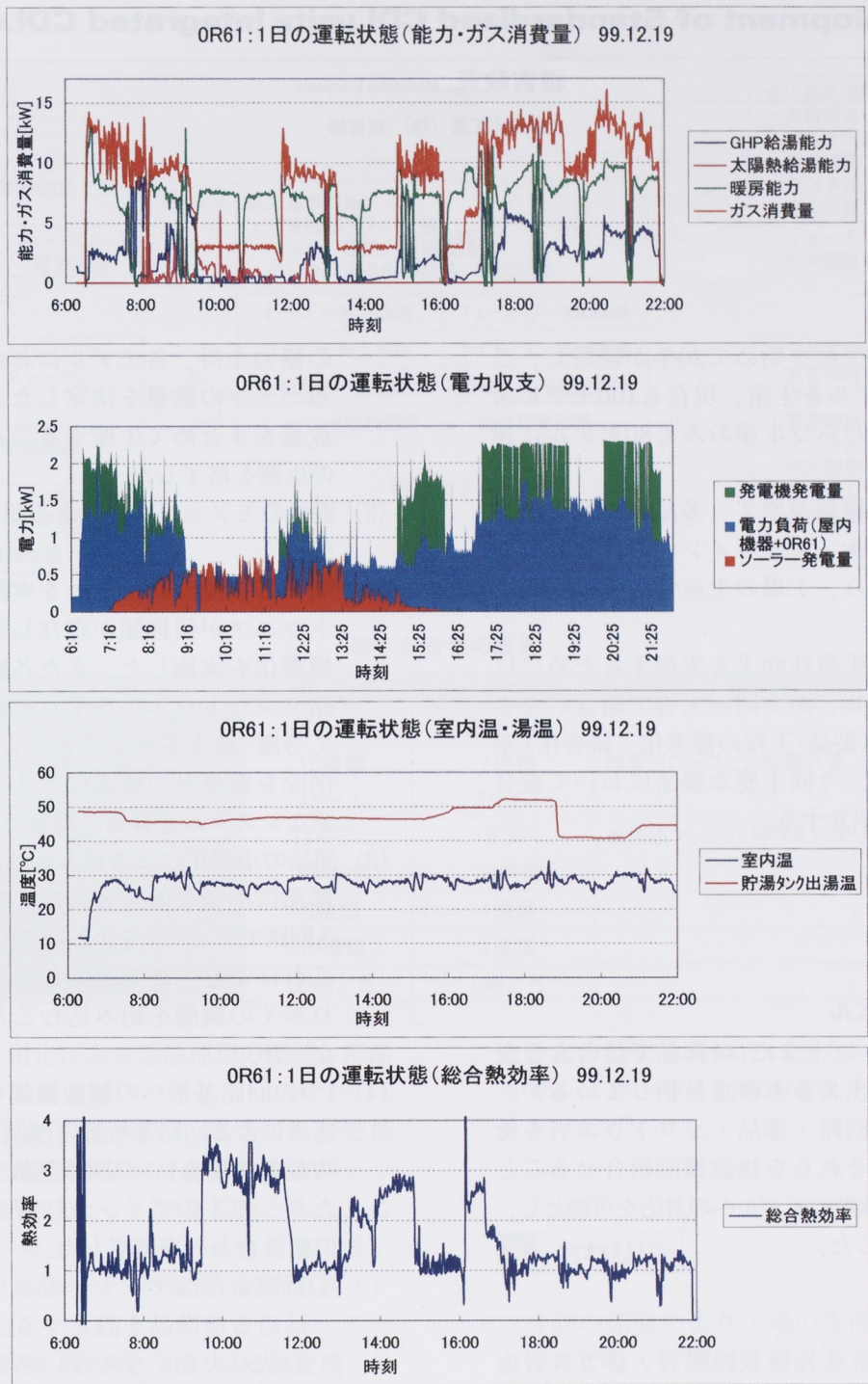
8 おわりに

本システムは現時点（1999年12月）においてリビング21での設置・試運転を終え、これから本格的な運転に入るところである。まだシステムとして未熟な部分が多い。特に発電・充電系統についてはシステムの構成が非常に複雑であり、高コストなものとなっている。発電機自体の変更も含めて改良を行う予定である。

今後、運転データの計測を継続的に行い、年間を通しての省エネ効果を検証する予定である。

最後に、本システムの開発にご尽力頂いたYEC開発部関係各位に誌面を借りて深謝申し上げる。





● 著者

図11 OR61の1日の運転データ



水野郁男



# CDI.ユニットの標準化開発 統合化ユニット

## Development of Standardized CDI.units Integrated CDI.units

榎吉政彦 Masahiko Enoyoshi

●森山工業（株）技術部

### 1 はじめに

点火ユニットの生産を始めて20年が経過し、これまでに約280モデルを生産、現在も100モデル余りを量産しておりパーツ生産のみも80モデルに達している。

このため製品の種類が増え、多品種少量生産による管理工数の増大・生産ラインでの段取り時間の増大が起きており、工場の生産性向上の大きな障害となっている。

従って、工場の生産性向上を実現するためには製品の種類を減らし、かつ同一工程で組立ができるようにすること（製品・工程の標準化・統合化）が急務となっている。今回主要な製品において統合化を実施したので紹介する。

### 2 概要

#### 2.1 統合化実施レベル

将来的には1ユニットまたは1部品でほとんど全てのモデルへ対応出来るものを目指しているが、今回は主要機能の回路・部品・ソフトウェアをそれぞれ標準化し、それらを複数機能組合せることにより1ユニットで複数のモデルへの対応を可能とし、種類の削減を目指した。

#### 2.2 統合化の対象

現在種類が多く、また今後の燃費・排ガス対応で使用モデルの増大が見込まれるデジタル進角式のCDI.ユニットを対象とした。

このタイプのユニットが使用されている50cm<sup>3</sup>から125cm<sup>3</sup>のスクーターやDT50、TZR125、V50、V125、YZ125などが主対象となる。

#### 2.3 実施内容

以下の項目を実施し、統合を実現した（表1）。

- (1) ラストバイによる生産モデル数の削減  
パーツのみのモデルについては部品事業部殿

の協力を得、各モデルにおいて今後必要となるパーツの数量を決定した。これによりその数量をまとめて生産することで、そのモデルの生産を終了した。

- (2) 機能のモジュール化による組み合わせの容易化（図1）

同一の機能に対しそれを実現する回路やソフトウェアが何種類か存在したが、機能ごとに標準化を実施した。また各機能を実現する回路やソフトウェアをそれぞれモジュールとして分離・独立させることにより、機能の追加・削除を簡単かつ確実にできるようにして、必要なシステムを容易に構築できるようにした。

- (3) 部品の小型化による組み込み可能機能数の増加  
部品に小さな面実装部品を使用することで、各回路モジュールを小さな基板面積で実現した。これにより、従来と同じサイズの基板上により多くの機能を組み込むことができるようになった。

- (4) 1つの回路基板への複数機能モジュールの組み込みによる回路基板数の削減  
複数の機能を1つの回路基板上に組み込むに当たり、以下のポイントに留意し、最適な機能の組み合わせを検討した。

①新規またはマイナーチェンジモデルに織り込める標準品を設定する。組み込む機能は形状が大きくなりすぎない必要最低限の機能とする。

②現在生産している製品の互換品を設定する。  
今後使用されない機能を持つモデルもあるため、これらの機能は標準品とは区別した置き換え用にまとめて設定する。これを行なうに当たり、対象モデルの機能・性能・形状を把握・整理した。これから今後のモデルに必要な機能・性能と過去のモデルのみに使用されている機能を抽出、最適な組み合わせを検討した。



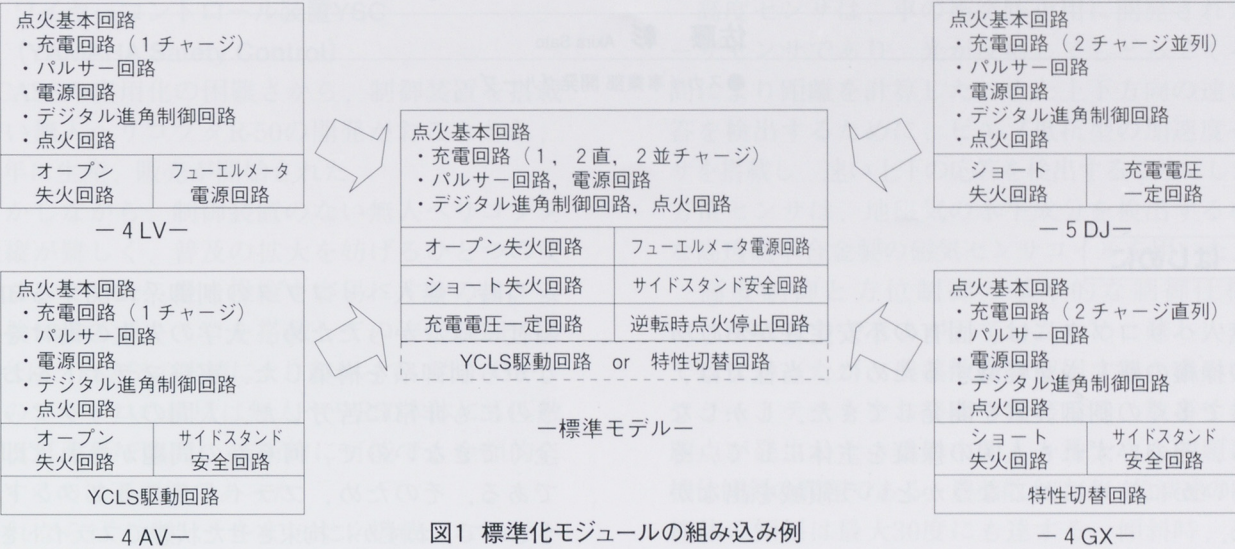


図1 標準化モジュールの組み込み例

表1 統合化の成果

項 目	現 状	統合化実施後	備 考
CDI.ユニットモデル数	46モデル	22モデル	
基板の種類・サイズ	16種類	7種類	検査プローブピン位置共通
	4サイズ	2サイズ	
CPUモデル数	44モデル	1モデル	進角値マップ26特性を1CPUに搭載
進角値マップ	48特性	26特性	
基板検査機	6種類	1種類	
基板検査治具	17種類	1種類	
基板検査治具段取り替え回数	25回／月	0回／月	

- (5) 使用部品の共用化による部品種類の削減・部品セット段取りの極小化
- 使用部品の共通化を行ない、該当モデルで使用する全ての電子部品が自動挿入機のパーツフィーダに一度にセットできる数とした。これにより同一セットで全モデルに対応でき、モデルごとの部品セットの交換（段取り替え）を不要とした。
- (6) 基板検査ランド位置の同一化による検査機・検査治具の共用化および検査段取りの極小化。
- 組み込む機能モジュールが異なることで複数の回路基板が存在するが、検査機の検査プローブ接続位置（検査ランド）を全ての基板で同一の位置に配置した。これにより検査機・検査治具を一種類とすることができ、検査機の段取り替えを検査規格データとスタンプの変更のみとした。
- 今後、アナログ進角式CDI.ユニットもこの統合化ユニット（デジタル進角）への移行を進め、さらに

統合化の効果を高めていきたい。また、新規開発モデルにおいても同様の考え方にに基づき標準化設計を行なっていく。

3 おわりに

今回の開発により工場の生産性向上が実現できただけでなく、開発・設計業務においても多くの業務改善ができた。たとえば、標準品の設定や機能のモジュール化による開発効率・開発スピードの向上であり、各設計担当者の標準化・コスト低減に対する意識の向上などである。

また、今回の開発は設計部門だけでなく営業・購買・生産技術・品質保証・生産の各部門が丸となって取り組んだ結果、このような大きな成果を得ることができたものであり、今後も全社の力を結集し新しい製品の開発に取り組んでいきたい。



# 無人ヘリコプタの自律飛行制御の開発

## Research and Development of Autonomous Flight Control of the Unmanned Helicopter

佐藤 彰 Akira Sato

●スカイ事業部 開発グループ

### 1 はじめに

無人ヘリコプタには、固有の不安定性があり、その操縦の難しさを軽減するために、当社では、今まで多くの制御装置を開発してきた。しかしながら、そのいずれも人間の操縦を主体にして、それをいかに簡単におこなうかという領域を出なかった。

ボタン1つで、自動的に離陸し、決められた飛行コースを決められた速度で飛行して、離陸地点に自動的にもどり着陸する。このような、自律飛行をおこなう無人ヘリコプタを開発することが、開発当初からの開発者の夢であり目標であった。

今回、この自律ヘリコプタの開発に着手し、実用化のための第一段階のレベルが終了した。モンゴルにおいて植物の生育観測調査をおこない、自律ヘリコプタの有用性が確認できたのでここに紹介する。

### 2 無人ヘリコプタ制御開発の経緯

当社における無人ヘリコプタの開発の経緯は参考文献1、2に詳しく述べられているが、制御系についてはあまり詳しく述べられていないので、ここで簡単に説明する。

#### 2.1 二重反転ヘリコプタRCASS

##### (Remote Controlled Aerial Spraying System)

当社が、1983年に無人ヘリコプタの開発をおこなった最初の機体である。特徴は、2つのメインロータが反転して回るため、トルクを打ち消すテールロータが不要であるという点である。しかしながら、ロータが2つあるためロータ位置と重心位置が離れすぎていて、通常のヘリコプタよりも不安定性が非常に強く、人間による操縦は不可能であった。そのため、マイコンとセンサを搭載して自動制御することが必要不可欠となった。

当時、無人ヘリコプタの制御系に関する知識は当社にはなかったため、大学の先生の助けを借りながら制御系を構築した。実験フライトをおこなうのにも非常に苦労した。人間のバックアップが全くできないので、何らかの問題があれば即墜落である。そのため、フライトテストスタンドというもので、わずかに拘束させた状態でフライトさせ、制御系のパラメータの調整をおこなった。何ヶ月も経過したあと、拘束を全くなくしたフライトでの、機体が地面から離れてホバリングをした時の感動は忘れられない。

それらの苦労を背負いながら実験を進め、ついには、ラジコンのヘリコプタが全くフライトできない人間でも、簡単なスティック操作で離陸し、30m程度移動して着陸する、ということができるようになった(図1)。

残念ながら、その飛行の安定性や操縦性は、実際の農業散布に使えるようなレベルではなかった。しかし、当時の世の中の技術レベルを考えたときに、自動制御でヘリコプタをフライトさせること自体が画期的なものであり、技術的には大きな成果があった。

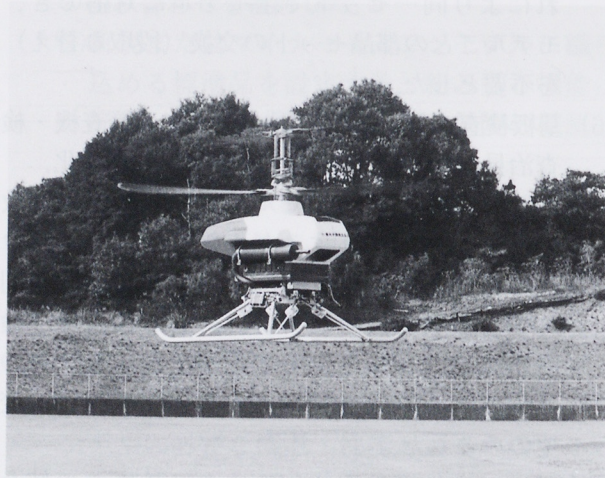


図1 二重反転ヘリコプタ RCASS



## 2.2 ワイヤコントロール装置YSC (YAMAHA Safety Control)

RCASSの実用化の困難さから、制御装置を搭載しない無人ヘリコプタR-50の開発がおこなわれ、1989年に生産、販売が開始された。

しかしながら、制御装置のない無人ヘリコプタは操縦が難しく、普及の拡大を妨げるひとつの要因になっていた。最も操縦を容易にするのは、姿勢を検知するジャイロを搭載しての姿勢制御であることは、RCASSの実績によりわかっていた。だが、当時のジャイロの値段は無人ヘリR50本体にも匹敵するほど高価であり、技術的に可能でも金銭的に搭載するのは不可能であった。

それならば、センサをまったく搭載しないで、操縦が簡単になるものはないだろうか、ということで考えだされたのが、このYSCである(図2)。これは、ヘリのテールにつけたワイヤをつり竿用の電動リールを介して自動車に連結し、車をアンカーにして扇形に飛行させるものである。

これにより、確かに手を離してもヘリは安定して停止し、操縦も画期的に簡単になった。しかしながら、ワイヤからの張力がヘリの耐久性に悪影響を与えてしまった。さらに、ワイヤがあるため、フライト場所も障害物がないところに限定され、移動の手間もかかるという理由で、市場には受け入れられなかった。

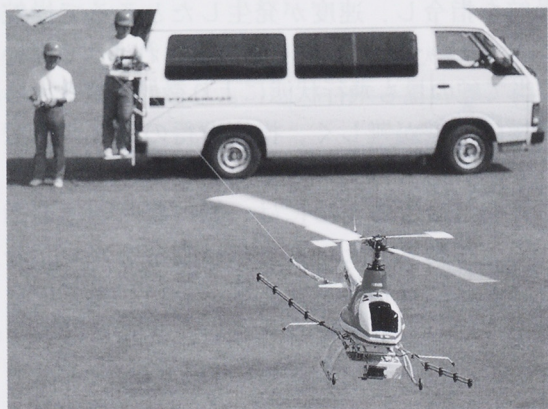


図2 ワイヤコントロール装置 YSC

## 2.3 高度制御装置YOSS (YAMAHA Operator Support System)

高価なジャイロを使わないで、比較的安いセンサで操縦者を楽にできる制御をおこなうことができないかということで、開発されたのが高度制御装置である。

高度センサは、車の衝突防止用に開発されたレーザセンサであり、光が反射してもどってくる時間により距離を計算した。また上下方向の速い応答を検出するために、圧電抵抗型の加速度センサを搭載し、速い上下の応答を検出することにした。方位センサは、地磁気の水平成分を検出する小さな高透磁率合金製の磁気センサコイルを用いた。

高度制御と方位制御の基本的な制御仕様はRCASSによりできあがっていたため、難しいものではなかったが、農薬散布で使用するための実用フライトテストをおこなったところ、数多くの問題点が発生した。その中でも一番大きな問題は、機体傾斜の問題である。農薬散布時は、急減速の時、機体の傾斜は最大30度にも達する。傾斜時、高度センサと加速度センサが上昇と誤認識するため、制御により高度下げの指令が発せられ、高度の低下がおこる。フライト中の高度の低下は致命的であり、操縦者には耐えがたいものであった。

姿勢センサが搭載されていればすぐに補正は可能であるが、それができない。いろいろと検討した結果、人間の操舵の舵と姿勢角との相関性をみつけ、操舵量をもとに、ファジー推論により姿勢角度を推定することにした。1992年YOSS(図3)の販売が開始され、当初は大きな反響を呼んだ。しかし、対地高度センサの宿命である地面の凹凸に弱いこと、さらに装置自体の重さがバッテリーも含めて4kg以上あり、農薬を搭載できる量が減ってしまうということもあって、最終的には、市場から撤退せざるをえなかった。



図3 高度制御装置YOSSを搭載したR50



## 2.4 姿勢制御装置YACS

### (YAMAHA Attitude Control System)

YOSSの失敗をばねにつくりあげたのが、YACSである(図4)。

3軸の姿勢角を出力するジャイロアセンブリは、あいかわらず非常に高価であったが、1軸の角速度を検出するジャイロ単体は、自動車のナビゲーション装置への搭載のため、価格が画期的に下がり無人ヘリへの搭載が可能になった。そのため、当社でジャイロアセンブリを作り出すことにした。

加速度センサ3つと光ファイバージャイロ3つを搭載して、ストラップダウン方式の3軸ジャイロを形成し、ヘリコプタの姿勢角と姿勢角速度および加速度が検知できるようにした。これに、操縦者の操舵指令がすなおいに応答するモデルフォロ잉制御をおこない、安定性と操縦性を両立した姿勢制御装置が完成した。また、上下方向の加速度を姿勢角補正することにより、姿勢角によらない上下加速度が検知できるようになったため、上下の速度制御もできるようになった。これは、YOSSとは違い対地距離センサを用いていないため、圃場による限定もなく、安定した高度の保持ができるためである。

電源を本体と共通化することにより、装置重量はわずか2kgにおさえることができた。1995年4月にYACSが発売され、フライトの教習時間も今までの1/3にまで減らすことができ、現在でも市場で良い評価をいただいている(参考文献3~6)。

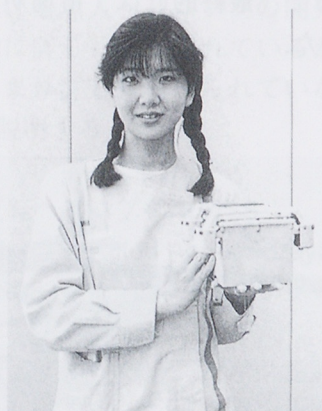


図4 姿勢制御装置YACS

## 2.5 無人ヘリコプタRMAXの制御装置

今までの制御装置は、無人ヘリコプタR50への、後づけのオプション装置であった。しかし、このRMAX(図5)は、当初から制御装置を組みこんだ

仕様として開発した。基本的にはR50用のYACSと同様の機能をもったものであるが、信頼性を向上させるために、制御計算部、操縦信号の伝達系の二重化をおこなっている(参考文献7)。1997年10月RMAXは発売され、二重反転ヘリRCASSで目標としていたことが約14年後にやっと実現した。



図5 無人ヘリコプタRMAX

## 2.6 自律飛行制御の開発

姿勢制御装置は、操縦者が送信機から手をはなしたときに、姿勢をもとにもどす安定性はあるが、その位置を保持することはできない。操縦指令も基本的には加速度指令のため、移動させるときには操舵を指令し、速度が発生したところで操舵を逆にうつという、当て舵をうたなければならない。この当て舵の量も飛行状態により微妙に変化する。この操舵感覚が難しく、操縦習得のひとつの壁になっていた。

これを打破するためには、操縦指令を速度指令にして、移動させたいときには指令をだし、停止したいときには指令をなくす、という当て舵をなくすようにしなければならない。さらには、その指令をコンピュータが自動的に生成することにより、決められた飛行コースを開始指令1つで自律フライトをおこなうことができるはずである。

このような開発当初からの夢である制御が、近年のGPSの出現により可能性がでてきた。

RMAX開発の後期である1997年4月、その夢の実現のための開発がはじまった。



### 3 自律制御システム

今回開発した自律制御システムの内容を説明する。

#### 3.1 システム構成

自律制御システムの構成を図8に示す。

機体側(図6)には、姿勢センサ、GPSセンサ、通信モデムを搭載した。姿勢センサは、地磁気方位センサと3つのレートジャイロ、3つの加速度計により構成され、機体の姿勢角と方位角を検出する。GPSセンサにより、位置と速度を検出し、必要な精度を確保するために、キネマティック方式のデュアルGPSを採用した。



図6 機体側

また、通信モデムは地上側からGPSの補正データや操縦指令を受けとり、地上側へ機体の位置や姿勢角などの情報を送信している。

地上側(図7)には、機体側のGPSに補正データを送るための基地局用GPSおよびパソコン、通信モデムを設置している。パソコンには機体側から送られた機体の情報を表示し、また機体側へ操縦指令を送信するために用いられる。また、システムの安全性を確保するために、通常の送信機を用いて、操縦者がバックアップできるようにした。

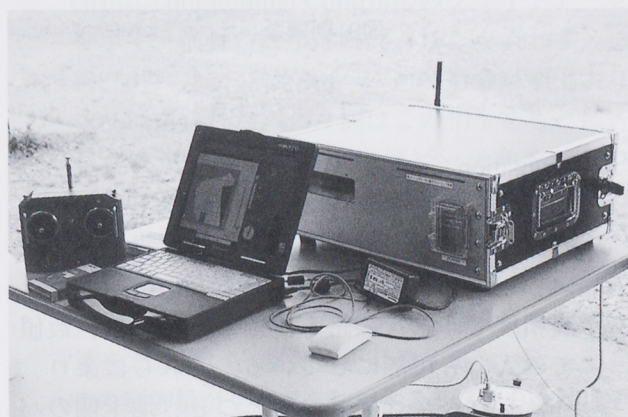


図7 地上側

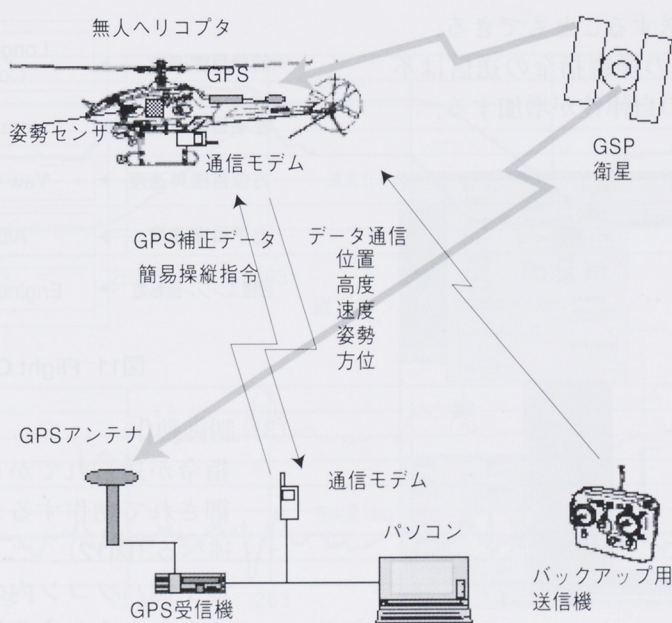


図8 自律制御システム構成



### 3.2 制御系

制御系は図9に示すように、あるミッションをあたえられ、それをもとに目標速度を計算するNavigation Control部が上位におかれている。下位にはその目標値にしたがって、ヘリコプタに与えるサーボ指令を計算するFlight Control部がある。



図9 制御系

#### (1) Navigation Control

地上側に設置されているパソコン上でマウスの操作により、簡単に飛行経路の設定をオペレータがおこなうことができる(図10)。また、高精度での飛行経路を決定するために、数値での入力も可能にしている。これらにより、与えられた飛行経路にもとづき、地上側のパソコンから機体側に目標速度が操縦指令として、リアルタイムに送られる。また、これらのデータはフライト前にヘリコプタ側へ、一括して転送することもできる。これにより、地上からの操縦指令の送信は不要となり、ヘリコプタの自律性が増加する。

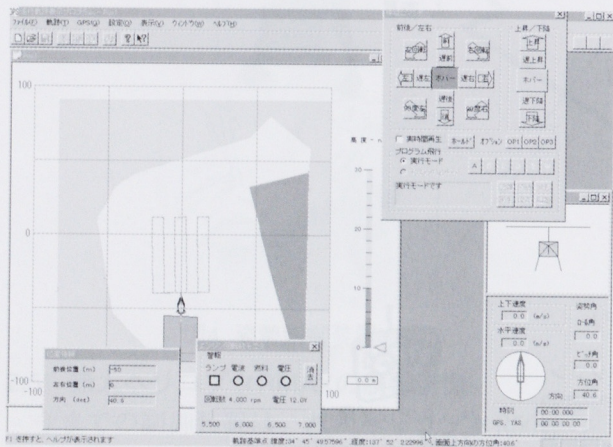


図10 Navigation Controlのパソコン表示

#### (2) Flight Control

Flight Control部は、図11に示すように5つの部分に分けられる。実際には、これらの5つの制御部分は完全には独立ではなく、互いに影響をおよぼしている。

Longitudinal Control部とLateral Control部では、与えられた目標速度をもとに、目標位置と目標姿勢角の演算をおこなう。GPSセンサで検出された機体の位置と速度は地球座標系である。このため、これらを姿勢センサによって計測された姿勢角を用いて座標変換し、機体座標系に変換する。これにより、位置、速度、姿勢角が目標値と一致するように制御できる。

Yaw Control部では、与えられた目標方位角速度から、目標方位角を演算する。これらの方位角と方位角速度が目標値に一致するような制御をおこなっている。

Attitude Control部では、与えられた上下の目標速度をもとに、目標高度と目標上下加速度の演算をおこなう。GPSセンサにより検出された高度と上下方向速度、および姿勢角センサにより検出された上下加速度が、目標値に一致するように制御する。

Engine Control部では、目標エンジン回転数は一定値である。この目標回転数と実回転数の差により制御量を計算している。

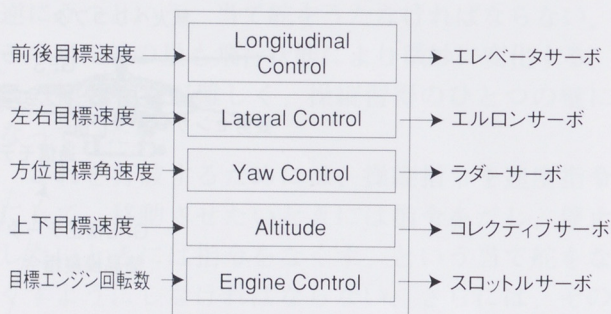


図11 Flight Control部の制御系

#### (3) 制御動作

指令が送られてから、実際にヘリコプタが制御されて動作するまでの信号の流れを詳しく述べる(図12)。

地上側パソコン内のメモリに、これからフライトしようとする位置や高度が時系列に示されたフライト経路プログラムが格納されている。



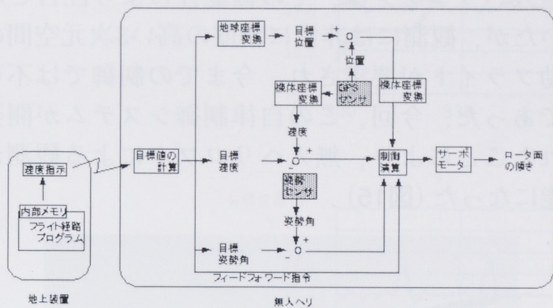


図12 制御信号の流れ

オペレータは、フライトを開始するために、開始ボタンを押す。すると、そのフライト経路にしたがい、速度指示が地上から無人ヘリ側に電波で送られる。

無人ヘリ側では、その速度指示をもとにして、機体の運動特性を考慮した、滑らかな速度の変化をもつ目標速度量を計算する。さらにその目標速度を達成するための目標姿勢角と目標位置を計算する。

目標位置は、地球座標系に変換されて、GPSで計測された実際位置との差をとる。これをまた機体座標系にもどし、制御計算ルーチンに送る。

速度もGPSから計測されるが、地球座標系で出力されるため、機体座標に変換して実際の速度を計算する。

そして、目標速度との差をとって制御計算ルーチンに送られる。

姿勢角は姿勢センサにより検出される。目標姿勢角との差をとって、制御計算ルーチンに送られる。

これら3つの信号は、目標値と計測値との差をとるフィードバック制御となるが、目標値への応答をすばやくおこなうためには、フィードフォワード制御が必要となる。目標値の計算により、フィードフォワード指令も計算される。これら4つの信号から、制御計算ルーチンで制御演算をおこない、サーボモータを駆動するための制御量を計算する。

図13にLongitudinal Control部のフライトデータを示す。横軸の数字は時間（秒）を表わす。約250秒の時、前進4m/sの速度指令が地上よりヘリに送られた。ヘリ側はこの指令をもとに、目標速度、目標位置、目標ピッチ角をヘリコプタの運動特性を考慮して決定する。

それぞれ、滑らかな曲線の指令になっている。これらの目標値と計測値との差の信号と、フィードフォワード指令の4つの信号により制御演算をおこない、制御量を計算する。

この制御量がサーボを動かすことにより、速度、位置、ピッチ角が目標指令に追随して動く。

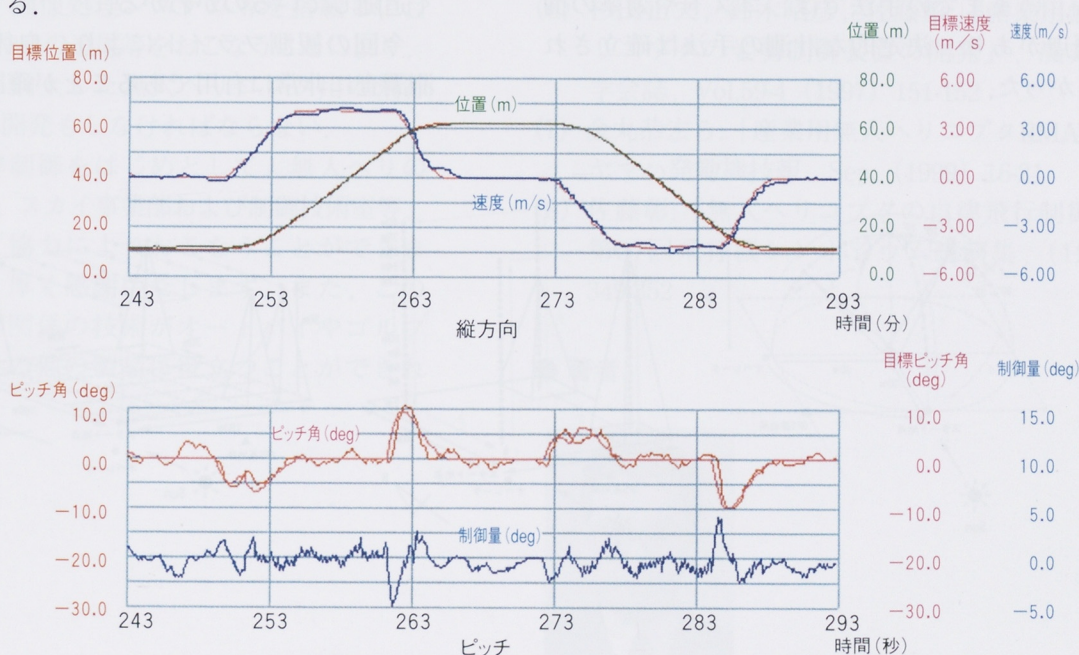


図13 Longitudinal Control部のフライトデータ



#### 4 植物生育観測への自律無人ヘリの利用

1999年8月モンゴルの草原でおこなわれた植物生育観測（注、図14）に、自律無人ヘリを用いてフライトによる観測調査をおこない、その有用性を確認した。

（注）この生育観測は、千葉大学環境リモートセンシング研究センター、宇宙開発事業団 ADEOS-II プロジェクト、科学技術振興事業団 戦略的基礎研究「地球環境のメカニズム」の研究プロジェクトとして実施されました



図14 モンゴルでのキャンプサイト風景  
（無人ヘリからの空撮写真）

##### 4.1 観測内容

今回の観測の目的は、画像および分光放射特性によりその植物の成長および光合成の定量化を研究し、人工衛星からのセンシングの信頼性を高めることにある。このテーマは全世界的な課題であり、多くの研究機関がさまざまな標準化手法を研究している。いままでの手法では、コストや効率の面で問題点があり、決定的な計測の手法は確立されていなかった。

無人ヘリコプタは、その機能性により注目されていたが、観測には非常に精度の高い3次元空間の移動フライトが要求され、今までの制御では不可能であった。今回、この自律制御システムが開発されたことにより、無人ヘリコプタによる観測が可能になった（図15）。



図15 計測装置を搭載した自律無人ヘリ

##### 4.2 観測フライト

観測では、図16に示すように3種類のフライトをおこなった。どのフライトにおいても観測の精度を高めるため、その位置や高度、移動の速度、停止時間が決められている。ヘリは3次元空間上をNCマシンのように動かなければならない。

図17に観測フライトをおこなった時の高度と縦方向のデータを示す。位置と高度は観測のため階段状に変化し、それに対してヘリコプタが精度よく追隨しているのがわかる。

今回の観測フライトにより、自律無人ヘリが観測調査に非常に有用であることが確認できた。

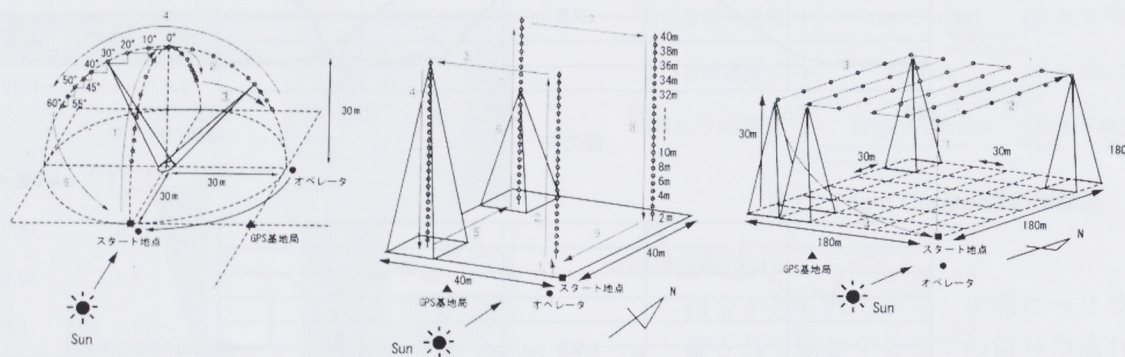


図16 観測フライトパターン



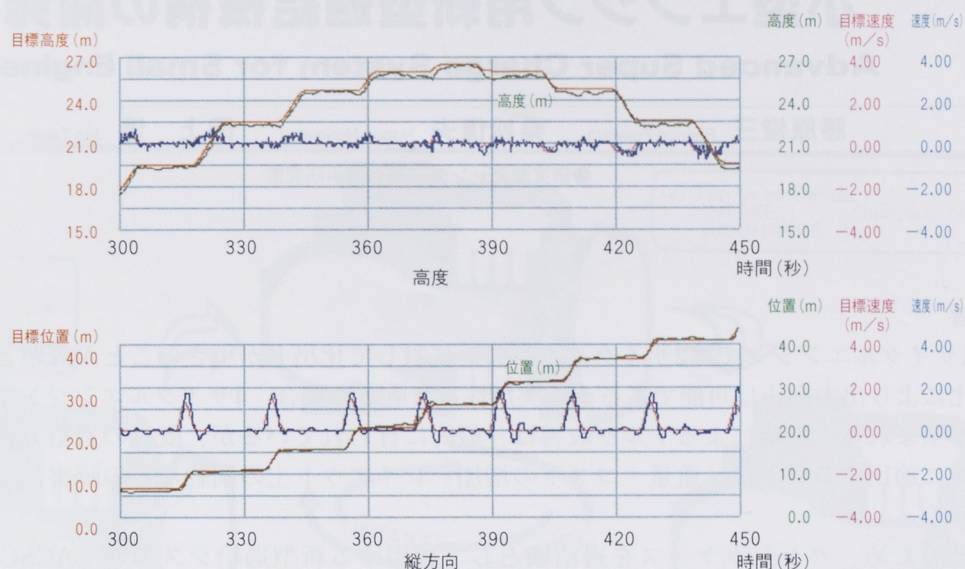


図17 観測フライトデータ

## 5 おわりに

当社における無人ヘリコプタの制御系開発の経緯をふりかえりながら、開発当初からの夢であった自律ヘリコプタの開発について述べた。これは、姿勢センサとGPSセンサを用いて、あらかじめプログラムされた飛行経路にもとづく自律飛行が可能な飛行制御システムである。その有用性がモンゴルの生育観測で確認されたとはいえ、信頼性や安全性の面ではまだまだ取り組むべき課題が残されている。今後は、その課題を解決し、本格的な実用化を早急にめざしたい。

また将来は、画像処理システム等を搭載し、目標物の自動探索やその追尾等をおこなうことにより、さらに自律性が向上した無人ヘリコプタ用の飛行制御システムの開発もしなければならない。

最後に、自律制御をはじめとして、無人ヘリの制御系の開発は、スカイ事業部および制御技術室等、多くの方々のご協力によりおこなうことができました。ここに、厚く感謝いたします。また、この無人ヘリの制御関係の技術がオートバイやゴルフカーなど、当社の他の製品に役立つことができればと思います。

## 参考文献

- (1) 産業用無人ヘリコプタ」, YAMAHA Technical Society, No.4(1998)8-13
- (2) 堀内浩太郎:「あるボートデザイナーの軌跡2」, KAZI, Mar.-May (1999)
- (3) 佐藤彰:「産業用無人ヘリコプタの飛行特性と制御」, ヤマハ技術会技報, Mar. (1995) 1-6
- (4) 大西陽一ら:「産業用無人ヘリコプタ用姿勢制御装置 (YACS)」, ヤマハ技術会技報, Sep. (1995) 48-50
- (5) 佐藤彰:「産業用ヘリコプタの飛行特性と制御」, 第32回飛行機シンポジウム講演集, (1994) 449-456
- (6) 杉田正夫, 鈴木昭彦, 佐藤彰:「産業用無人ヘリコプタの姿勢制御装置の開発」, 農業機械学会誌, Vol.59-4 (1997) 151-152
- (7) 金丸恭宏ら:「産業用無人ヘリコプタRMAX」, ヤマハ発動機技報, Sep. (1999) 16-21
- (8) 佐藤彰:「無人ヘリコプタの自律飛行制御」, 第37回飛行機シンポジウム講演集, (1999) 349-352

## ● 著者



佐藤 彰



# 小型エンジン用新型過給機構の開発

## Advanced Super Charge System for Small Engines

藤原俊三 Shunzo Fujiwara

乗松信夫 Nobuo Norimatsu

田上 淳 Jun Taue

●研究開発センター 基盤技術研究室

### 要旨

4サイクルエンジンでは2サイクルエンジンに対して比出力が小さいことが課題となる。高回転化により出力向上は可能であるが、実用性を考慮した場合、4サイクルエンジンでのトルク改善が望まれる。過給によるトルク改善は一般的に行われているが、既存の過給方式を小型エンジンに適用することは、重量・コストの増加、レイアウト上の制約などの障害により困難と思われる。

そのため、クランクケースを過給機として利用する新型過給システム：ACSC (Advanced Crankcase Super Charge) を考案し、50cm<sup>3</sup>の単気筒試作エンジンによる過給機能開発および車両での実走行テストを行った。

この結果、自然吸気エンジンに対して約100%のトルク増加と、2サイクル車両同等の実走行性能が得られた。また、走行時の排出ガス値は自然吸気車両とほぼ同等、燃料消費率は2サイクル車両に対して改善できることが確認できた。

### 1 はじめに

従来、小型エンジンの分野では2サイクルが主流であったが、環境対応施策のひとつとして4サイクルへの転換が行われつつある。しかし、4サイクルでは2サイクルに対しトルクが不足するため、高回転化、排気量拡大などを行う必要がある。しかし、この場合、サイズ、重量、騒音の増加などが問題となることから、実用的かつ環境に優しい小型エンジン実現のために、4サイクルのトルクを改善する手法が求められる。

4サイクルエンジンのトルクを向上するには、過給などにより吸入空気量を増やすことが有効である。しかし、小型エンジンに対しては、軽量・コンパクトかつ安価なシステムであることが要求されるため、既存の過給方法を適用することは困難であると思われる。

そこで、コンロッドを過給器のロータとして利用するクランクケース過給機構：ACSC (Advanced Crankcase Super Charge) を新規に考案し、開発を行った。

本開発では、自然吸気エンジン同等の環境性と2サイクルエンジンに匹敵する出力性能を両立することを目標として、試作エンジンでの過給機能開発およびテスト車両による走行性能試験を実施した。

### 2 構造および過給のしくみ

ACSCでは、コンロッドがクランクケース内部を吸入側と吐出側の2室に分割しながら揺動することで過給が行われる。図1中、(b)のクランク位置で、コンロッドによってクランクケース内部が吸入側と吐出側に分割され、吸入側への新気導入が開始される。下死点(c)を経て(d)の位置でケース内は吸入側のみとなり、その後上死点(a)まで吸気は継続される。

上死点後、ケース内部では圧縮が開始され吐出側となり、(b)および下死点(c)を経て(d)の時点でケース内のガス全量の吐出が終了する。この際、吸入側への新気導入も同時に行われる。

以上のように、ACSCでは、コンロッドが過給器のロータの機能を行い、クランク1回転ごとにクランクケース内に新気を吸入するとともに、前サイクルで吸入した気体を圧縮・吐出する。



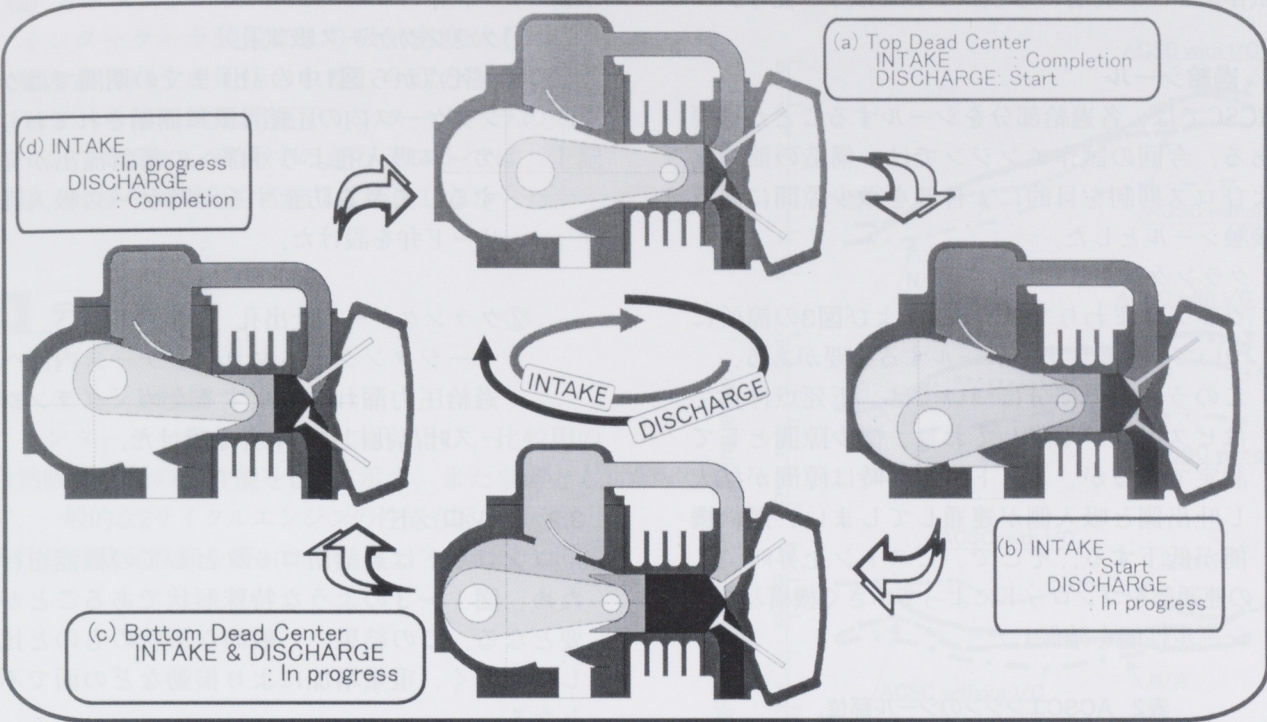


図1 ACSCの原理

クランクケース内の1次圧縮を利用した過給方法はこれまでもいくつか考案されているが、従来の手法では、1回転あたりの吐出量はエンジン排気量と同量が上限であった。一方、今回の方法では、ケース内容積分の気体を全量吐出することが可能であり、漏れなどにより吐出量が減少しても、従来のケース過給方式と比較して、より高過給が見込め、大幅なトルク向上が期待できる。

3 テストエンジン諸元

本過給機構を50cm<sup>3</sup>単気筒エンジンに適用し、エンジン単体での過給機能開発および、テスト車両での走行試験を行った。試作エンジン(図2)の基本諸元を表1に示す。

表1 試作エンジンの基本諸元

Engine type	SOHC Single Cylinder
Displacement	49.89 cm <sup>3</sup>
Bore×Stroke	40.0×39.7mm
Compression ratio (varied as parameter)	6.5~8.0
Theoretical scavenging volume (=internal capacity of crankcase)	110cm <sup>3</sup> /rev

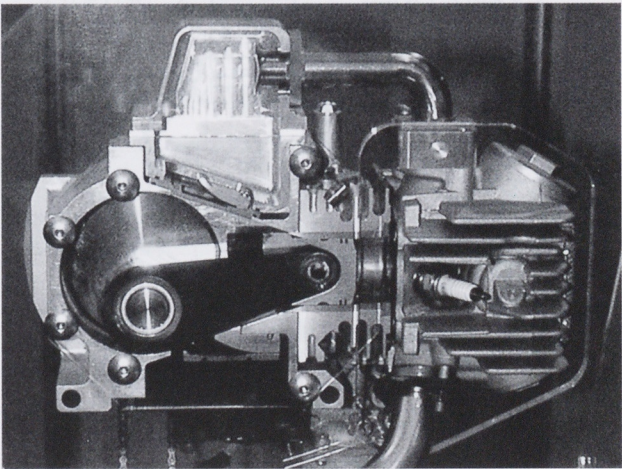


図2 試作エンジン



本試作エンジン特有の事項について以下に記す。

### 3.1 過給シール

ACSCでは、各過給部分をシールすることが必要である。今回の試作エンジンでは、構造の簡素化およびロス抑制を目的に、各部を微小隙間による非接触シールとした。

#### (1) クランクまわり

クランクまわりでは、表2および図3の箇所について、過給圧力をシールする必要がある。このうち⑤の部分については、下死点付近ではピストンが下降しており、微小隙間として設定できるが、ピストン上昇時は隙間が拡大し吐出側と吸入側が連通してしまい、過給機能が低下する。そこで、ピストン上昇時、この連通部をコンロッドによってふさぐ機構とし、シール性能を確保した。

表2 ACSCエンジンのシール部位

	PART	PORTION		PART	PORTION
1	Crankweb	peripheral surface	vs	Crankcase	
2		prphl.face of Big-end	vs	Crankcase	
3	Conn-rod	prphl.face of Small-end	vs	Piston	inner surface
4		side face	vs	Crankweb Crankcase Piston	
5	Piston	bottom face	vs	Crankcase	bot.face of Cyl bore

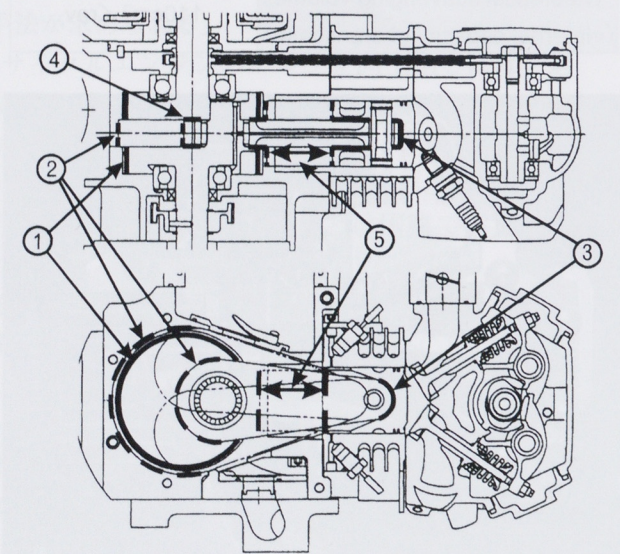


図3 ACSCエンジンのシール部位

#### (2) リード弁

##### ① クランクケース吸気孔

上死点から図1中の (b) までの期間ではクランクケース内の圧縮は既に開始されており、ケース吸入孔より外部への新気流出が発生する。これを防止するためケース吸入孔にリード弁を設けた。

##### ② クランクケース吐出孔

サージタンクからクランクケース内部への過給圧力漏れを防止するため、クランクケース吐出孔にリード弁を設けた。

### 3.2 コンロッド

コンロッドは過給用ロータとしての機能を行うため、図1～3のような特殊形状であることが必要となる。この結果、一般的な形状のものと比較して大きく、重量増加により振動などの面で不利となる。

今回の試作エンジンでは通常形状のクロムモリブデン鋼製コンロッドを芯材として使用し、外周および側面に樹脂材をモールドした。これにより重量を低減するとともに、クランクケース内周、クランクウェブ内面などとの接触によるトラブルの危険性も低減した。

### 3.3 潤滑

#### (1) クランクケース内

ACSCでは、クランクケース内部は吸気通路となるため、2サイクルエンジン用オイルを分離給油方式にて供給した。

#### (2) 動弁系 (ヘッド内部およびカムチェーン室)

4サイクルオイルによるオイルバス方式とした。

### 3.4 冷却

#### (1) エンジン冷却

ACSCではクランクケース内で過給を行うため、クランクケースは高温となる。温度上昇により各過給シール部のクリアランスが拡大し、漏れ増加により過給効率が低下する。対策としてクランクケースを含めエンジン全体を冷却することが望ましいが、今回はエンジン仕様簡素化のため、シリンダヘッド、シリンダのみの空冷とした。



(2) インタークーラ

インタークーラ装備により吸気密度が上昇し、大幅な出力向上が期待される。今回の開発では、エンジン単体の機能開発でインタークーラの効果について確認し、車両での走行テストでは、上記同様、仕様の簡素化を考慮して装備しなかった。

4 テスト結果

4.1 エンジン性能

インタークーラ有/無の両仕様および、比較用の自然吸気仕様の諸性能を図4に示す。また参考として、一般的な2サイクルエンジンの性能も図中に示す。各仕様の諸元詳細を表3に示す。

表3 試作エンジンの仕様諸元

	with I/C	without I/C	N/A
Comp. Ratio	8.0	6.5	7.5
Fuel	Premium	Regular	
Fuel Supply	Injection	Carburetor	
Cooling	Air Cooled	Air Cooled with Self Forced	
Notes	I/C with Liquid Cooled	with I/C	without Sealing f or ACSC

(1) 出力

インタークーラ非装着でも自然吸気仕様に対し全域で、2サイクルに対しても中速域でトルクが向上した。インタークーラ装着により高回転域を中心にさらに向上し、自然吸気仕様に対して約100%トルクが増加し、2サイクル同等レベルの出力が得られた。

(2) 燃料消費率

インタークーラ装着仕様では、低回転域で2サイクル並、高回転域では自然吸気同等であった。インタークーラ非装着の場合、全回転域で自然吸気と2サイクルの中間レベルの結果であった。

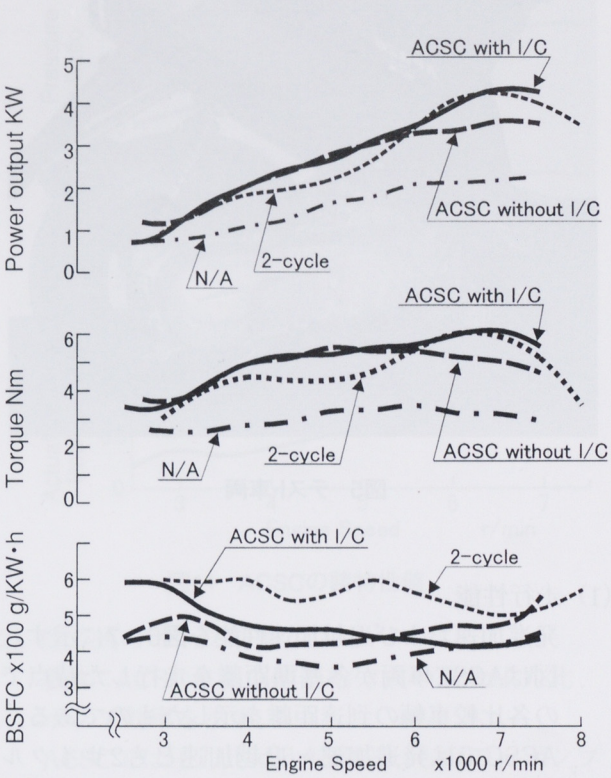


図4 エンジン性能

4.2 車両性能

今回のテスト車両(図5)では、低負荷域での過給ロス低減のためスロットル運動のバイパス弁を使用し、低開度時には過給圧を吸気管に戻した。比較用を含めた各車両のエンジン出力を表4に示す。なお、今回使用した2サイクル車両は環境対策前の旧型市販車両である。

表4 テスト車両のエンジン出力

ACSC	3.6kW／7,000rpm
2 cycle for market	4.0kW／7,000rpm
Natural Aspirated	3.0kW／8,500rpm



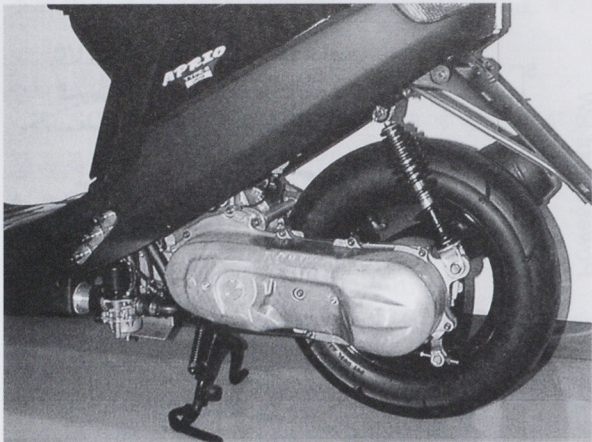


図5 テスト車両

(1) 走行性能

発進加速および追越加速性能を図6、7に示す。図はACSC車両が各基準距離を走行した時点での各比較車両の到達距離を示したものである。ACSCでは発進加速・追越加速とも2サイクル車両と同等であった。

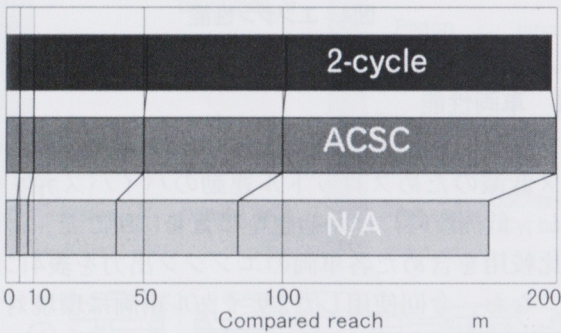


図6 発進加速性能

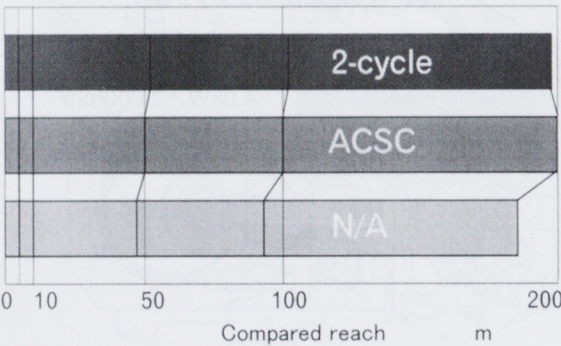


図7 追越加速性能

(2) 排出ガス

ECE R40モードでの排出ガス値を表5に示す。

①THC

自然吸気比で約30%低減できた。

②CO

自然吸気に対しCO値は増加した。改善の方策として、適切な空燃比セッティングや、過給圧制御などが考えられる。

③NOx

自然吸気同等レベルの結果であった。

表5 ECE R40モードでの排出ガス値

	Measured Value g/km (Compared with Value of EU-1)		
	THC	CO	NOx
ACSC	0.50 (-83%)	6.76 (-48%)	0.44 (+47%)
N/A	0.72 (-76%)	3.90 (-70%)	0.48 (+60%)
2-cycle	6.28 (+57%)	16.77 (+110%)	0.02 (-80%)

(3) 燃費

定地走行およびモード走行における燃料消費を図8、9に示す。

定地での低速域では2サイクル同等の結果にとどまったが、モード走行では約20%改善できた。

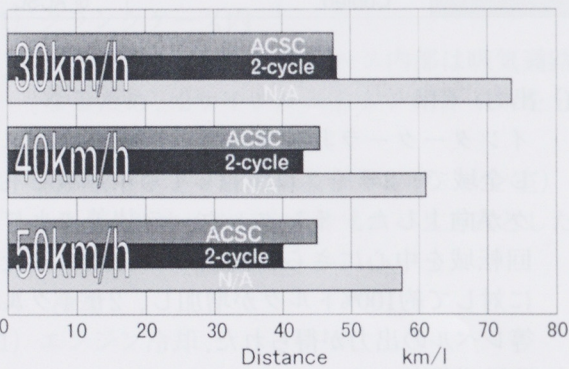


図8 定地走行での燃料消費



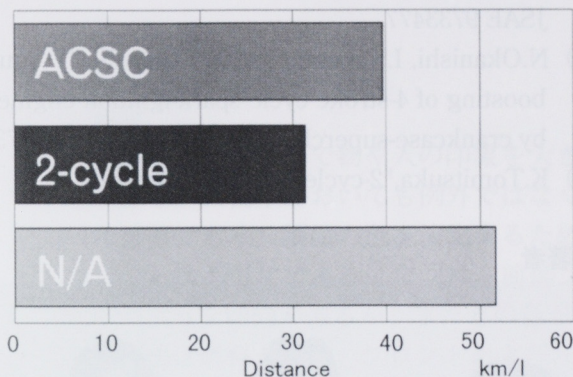


図9 モード走行での燃料消費

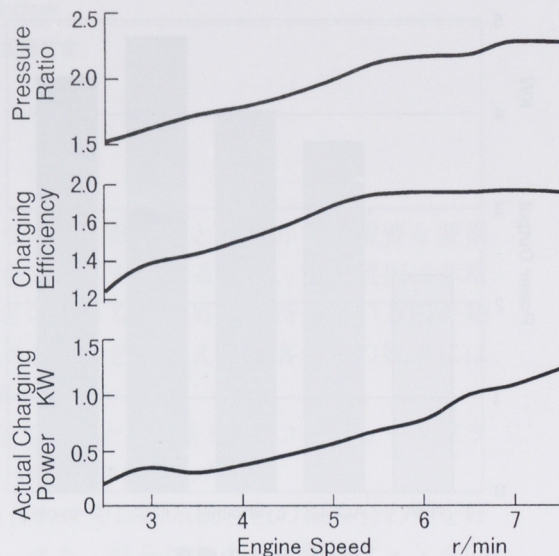


図11 ACSCの諸特性値

## 5 他過給方式との比較

ポンプ効率および実機に適用した場合のエンジン性能を既存の他過給方式と比較する。

### 5.1 ポンプ効率 (全断熱効率)

#### (1) ポンプ効率算出

他過給方式との比較のため、ACSCのポンプ効率を算出した。結果を図10に示す。この際、図11の諸特性値を用いた。

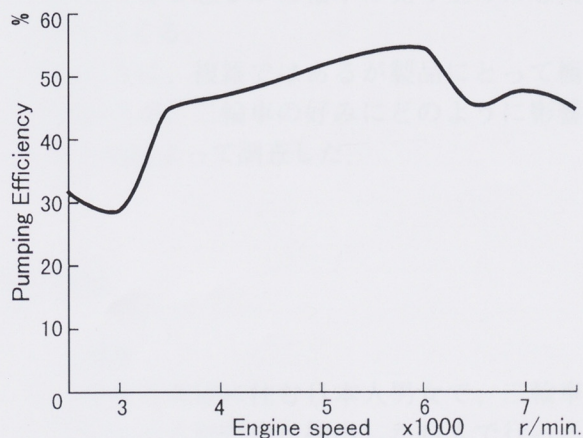


Fig.11 Pumping Efficiency of ACSC

図10 ACSCのポンプ効率

#### (2) 他方式のポンプ効率

表6にACSCおよび他過給方式の最大圧力比、ポンプ効率を示す。

ACSCでは圧力比は比較的高いものの、ポンプ効率は低いレベルにとどまっている。

表6 過給方式の性能

	Max. Pressur Ratio	Total Adiabatic Efficiency
ACSC	2.3	40 to 50%
Roots Blower	1.5 to 1.8	50 to 60%
Scroll	1.5 to 2.0	60 to 70%
Lysholm	2.6	70%
Turbo-charger	2.0 to 3.5	50%

※参考文献(1)より抜粋

### 5.2 最大出力概算

各過給方式について、それぞれ同じ充填効率まで過給した場合の最大出力を概算した。計算結果を図12に示す。

ACSCに対しリシヨルムで約10%、ターボでは約30%の出力向上が見込まれる。

### 5.3 各過給方式まとめ

概算の結果、リシヨルム、ターボとも最大出力ではACSCに対して有利と思われる。しかし、実際に車両などに適用する場合、リシヨルムでは過給器・駆動系のイナーシャ、また、ターボの場合は過給遅れによるレスポンス悪化などの課題発生が懸念される。



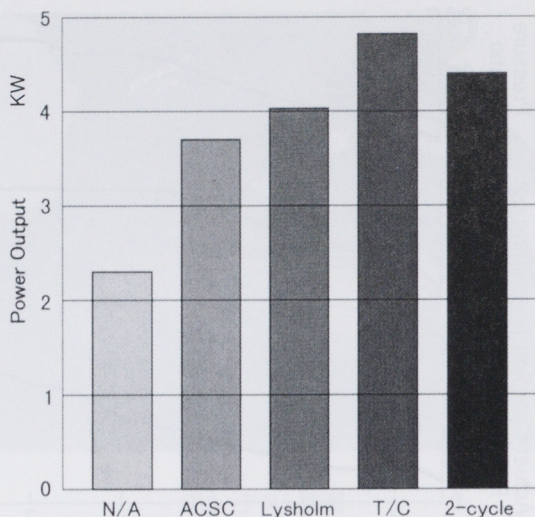


図12 出力の概算

また、過給器本体、駆動系、オイルクーラなどによる、コストおよび重量の増加、搭載レイアウト上の制約などの課題も大きいと思われる。

#### 4 おわりに

今回の開発では、4サイクルエンジンの環境性を維持しつつ出力を向上することを目的として新型過給方式を考案し、過給機能開発および車両での実走テストを行った。

開発により得られた結果を以下にまとめる。

- (1) ACSCにより、4サイクルエンジンで2サイクル車両同等の走行が可能である。
- (2) 排出ガス値は、モード走行で自然吸気エンジンと同等のレベルであった。
- (3) 燃費についてはさらに改善の必要がある。改善策としては、ロス馬力の低減、空燃比および過給圧の適正な制御などが挙げられる。
- (4) インタークーラ装備など、冷却改善によっても出力・燃費の改善が可能である。

#### 参考文献

- (1) S.Takabe,"Supercharger and Drive System", JSAE 9733477
- (2) N.Okanishi, I.Fukutani and E.Watanabe,"Torque boosting of 4-stroke cycle spark-ignition engines by crankcase-supercharging",SAE Paper 900173
- (3) K.Tomitsuka,"2-cycle engine",Yoken-do

#### 著者





## 二輪車の色の好みの評価

## Evaluation of Taste for Colors on Motorcycle

杉崎昌盛 Masamori Sugizaki

●研究開発センター 基盤技術研究室

## 要旨

色は使い方次第で物や人の印象を大きく変えてしまうので、商品にとって非常に重要な要素である。二輪車においても例外ではなく、製品の評価を大きく左右するので、色の選択は非常に重要である。製品の色を決定するためには、顧客がどのような色の好みを持っているのか知ること不可欠である。今回は、前後フェンダと燃料タンクの色を変え、顧客の色の好みにはどのような傾向があるか、またどの色が好まれるかを調べた。

方法は燃料タンク、フロントおよびリヤフェンダの色を変えたものを8種類コンピュータグラフィックスで作成し、これらを使って一対比較により、好みの評価をした。

その結果、今回の評価対象車（Lanza）では色の組み合わせでは同系統の色の組み合わせを好む人が異なる系統の組み合わせを好む人より多かった。また、好みに与える影響はフェンダの方が燃料タンクよりも大きい。色の好みでは、シルバーが全員に好まれていた。それ以外の色は、同系統の色を好むグループ、異なる色の組み合わせを好むグループで好みの色の違いは大きかった。一方、赤は評価者によって評価が大きく異なるので注意を要する色であることがわかった。

## 1 はじめに

二輪車のデザインのなかで色の占める比重は非常に大きい。特に、二輪車のように趣味的要素の大きい製品ではその傾向が顕著であり、二輪車のイメージも色によって大きく変わり、色の選択および配色の善し悪しが二輪車の売り上げにも大きく影響してくる。

このように、複雑ではあるが製品にとって極めて重要な色が、二輪車の好みにどのように影響するかを実験によって調査した。

この車の燃料タンクと前後フェンダの色を変えたものを8種類、コンピュータ・グラフィックスで作成した。評価車は表1に示すような色の組み合わせとした。



図1 評価対象車

## 2 方法

## 2.1 評価者

評価は東京近辺に住む日本人男女で、二輪車の所有者の中から無作為に抽出した41人で行った。年齢は22歳～55歳にわたっている。

## 2.2 評価対象

本実験で使用した二輪車は、不整地走行も可能なオン・オフロードデュアルパーパス車（図1）で、

表1 評価車の仕様

評価車	燃料タンク	フロントフェンダ	リヤフェンダ
A	シルバー	シルバー	シルバー
B	赤	白	白
C	濃紺	白	白
D	シルバー	白	白
E	赤	赤	赤
F	濃紺	濃紺	濃紺
G	黒	白	白
H	黒	黒	黒



2.3 評価方法

作成した8種類のグラフィックスから2種類ずつ取り出し、どちらが好きかを一対比較により評価した。

2.4 解析

- 一対比較評価の結果を用いて次の解析をした。
- (1) クラスタ分析で、ユーザーを色の好みによってグループ分けする。
- (2) 一対比較法を用いて、グループごとに評価車の好みのランク付けをする。
- (3) グループごとに評価者の好みに与える色の影響を求め、それをもとに燃料タンクの色と前後フェンダーの色から、好みの度合いを推測する式を求めた。

法を用いて評価車の好みのランク付けをした(図3, 図4)。

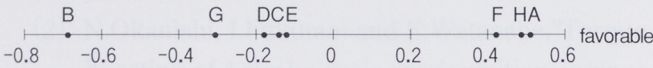


図3 主効果の尺度図(グループ1)

グループ1では燃料タンク、フェンダが同系統の色の組み合わせが好まれている。

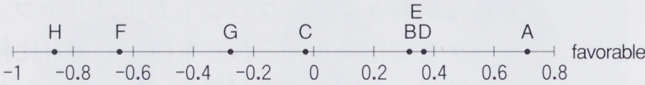


図4 主効果の尺度図(グループ2)

グループ2では燃料タンクとフェンダが異なる系統の色の組み合わせが好まれている。

3 結果

3.1 ユーザーのグループ分け

評価者の一対比較の評価結果を用いてクラスタ分析した結果、24人(グループ1)と17人(グループ2)の2つのグループに分かれた(図2)。

3.2 二輪車の好みのランク付け

前項で分けた2つのグループについて、一対比較

3.3 各色の影響度と好みの度合い

各評価車の主効果を外的基準とし、アイテムは燃料タンクと前後フェンダ、カテゴリーは燃料タンクと前後フェンダの色として、数量化1類を用いて、各色の外的基準に与える影響の大きさを計算した(図5, 図6)。

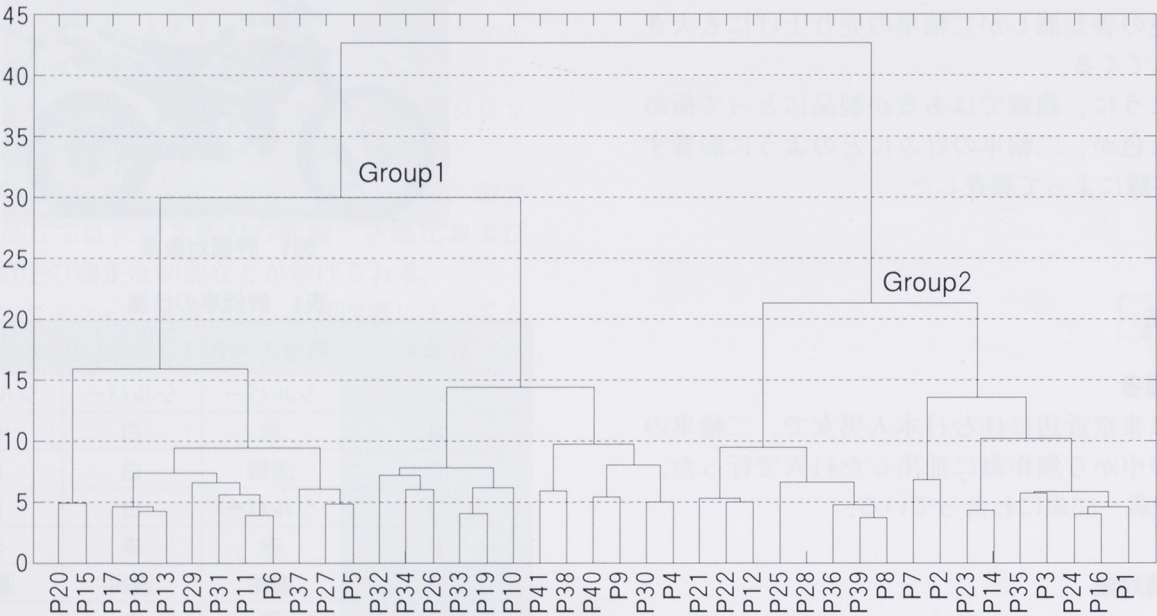
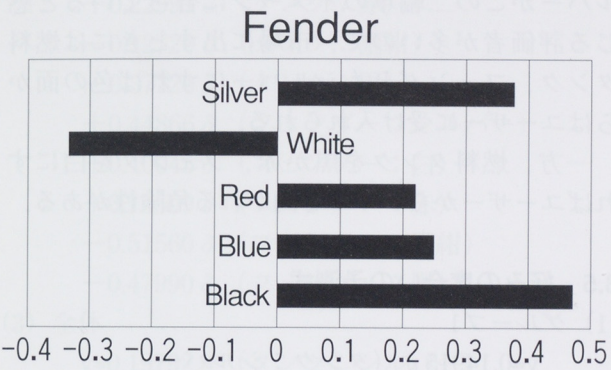
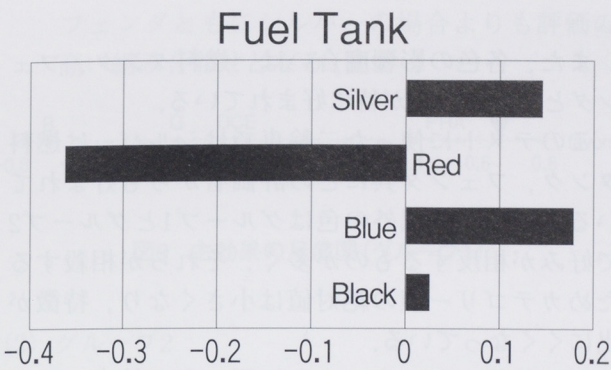


図2 評価者の分類





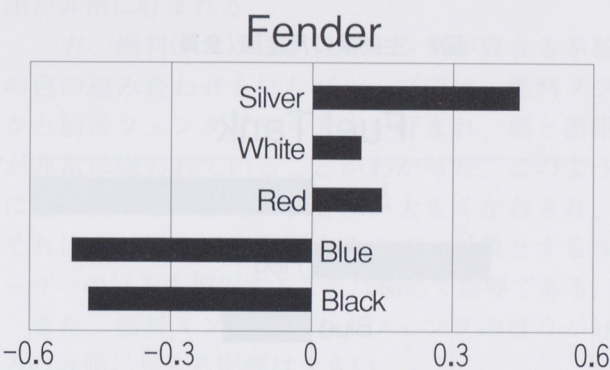
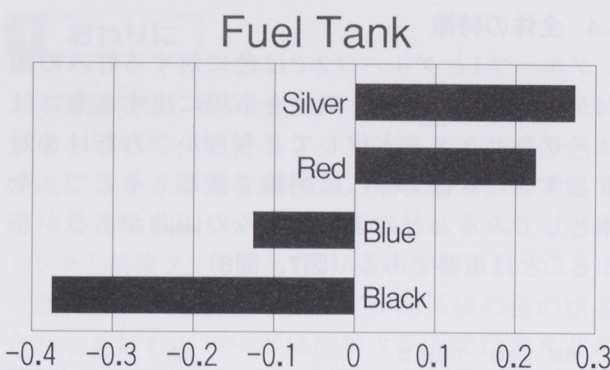
アイテム	カテゴリー	係数とレンジ	
		係数	レンジ
タンク	シルバー	0.14915	0.53977
	赤	-0.35650	
	濃紺	0.18324	
	黒	0.02451	
フェンダ	シルバー	0.37926	0.80682
	白	-0.33100	
	赤	0.22017	
	濃紺	0.24858	
	黒	0.47585	

図5 色の影響度合い(グループ1)

グループ1では、燃料タンクは濃紺とシルバーが好まれ、赤は好まれない。フェンダは白以外の色が好まれている。特に黒が最も好まれ、次はシルバーである。白は嫌われている。

このグループはフェンダのレンジがタンクのレンジよりも大きいので、好みの評価に与える影響はタンクよりもフェンダの方が大きい。

グループ2では、燃料タンクはシルバー、赤が好まれ、黒と濃紺は嫌われている。特に黒の影響は



アイテム	カテゴリー	係数とレンジ	
		係数	レンジ
タンク	シルバー	0.27455	0.65179
	赤	0.22991	
	濃紺	-0.12720	
	黒	-0.37720	
フェンダ	シルバー	0.44866	0.96427
	白	0.10045	
	赤	0.14509	
	濃紺	-0.51560	
	黒	-0.47990	

図6 色の影響度合い(グループ2)

極めて大きい。フェンダはシルバーが好まれ、濃紺、黒は嫌われている。それゆえ、タンクに黒、フェンダに濃紺か黒を使うとユーザーからそっぽをむかれる危険性がある。

グループ2はグループ1と同じようにタンクよりもフェンダのレンジの方が大きく好みの評価に対して、タンクよりもフェンダの影響を受けやすい。



3.4 全体の特徴

グループ1とグループ2では色に対する好みの傾向が異なる。しかし、商品を市場に出すときにはユーザをセグメント化してどちらか一方だけを対象とすることは実際には困難である。そこで、全体としてみるとどのような好みの傾向があるかを知ることは重要である（図7，図8）。

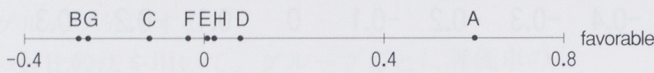
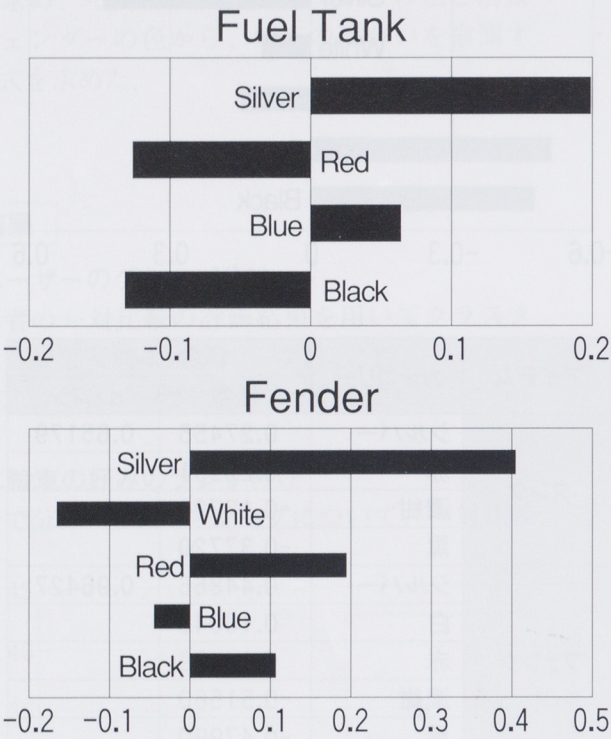


図7 主効果の尺度図(全員)



アイテム	カテゴリー	係数とレンジ	
		係数	レンジ
タンク	シルバー	0.19792	0.32986
	赤	-0.12850	
	濃紺	0.06250	
	黒	-0.13190	
フェンダ	シルバー	0.40625	0.56944
	白	-0.16320	
	赤	0.19097	
	濃紺	-0.04860	
	黒	0.10417	

図8 色の影響度合い(全体)

また、各色の影響度合いは、燃料タンク、フェンダともシルバーが特に好まれている。

このテストに使った二輪車ではシルバーは燃料タンク、フェンダ共にどの評価者からも好まれている。シルバー以外の色はグループ1とグループ2で好みが相反するものが多く、それらが相殺するためカテゴリー値の絶対値は小さくなり、特徴が出にくくなっている。

この結果から、本テストに用いた二輪車ではシルバーがこの二輪車のイメージに合っていると感じる評価者が多いので、市場に出すときには燃料タンク、フェンダともシルバーにすれば色の面からはユーザーに受け入れられる。

一方、燃料タンクを黒か赤、フェンダを白にすればユーザーからソッポを向かれる危険性がある。

3.5 好みの度合いの予測式

(1) グループ1

- y=0.14915 δ (タンク：シルバー)
- −0.35650 δ (タンク：赤)
- +0.18324 δ (タンク：濃紺)
- +0.02451 δ (タンク：黒)
- +0.37926 δ (フェンダー：シルバー)
- −0.33100 δ (フェンダー：白)
- +0.22017 δ (フェンダー：赤)
- +0.24858 δ (フェンダー：濃紺)
- +0.47585 δ (フェンダー：黒)

ここで、

- y：主効果
- δ (A:B)：Aの部位がBのとき δ (A:B)=1
- B以外の色のとき δ (A:B)=0

燃料タンク、前後フェンダが共にシルバーの場合は、

y=0.14915+0.37926=0.52841

となり、これが図3のAである。

一方、今回のグラフィックスにはなかったが燃料タンクを濃紺、フェンダを黒にすると、

y=0.18324+0.47585=0.65909

となり、今回評価が最も高かった燃料タンク、



フェンダとともにシルバーの場合よりも評価の高い組み合わせとなる(図9)。

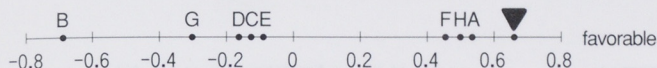


図9 主効果の尺度図(グループ1)

#### (2) グループ2

- $y=0.27455 \delta$  (タンク：シルバー)
- $+0.22991 \delta$  (タンク：赤)
- $-0.12720 \delta$  (タンク：濃紺)
- $-0.37720 \delta$  (タンク：黒)
- $+0.44866 \delta$  (フェンダー：シルバー)
- $+0.10045 \delta$  (フェンダー：白)
- $+0.14509 \delta$  (フェンダー：赤)
- $-0.51560 \delta$  (フェンダー：濃紺)
- $-0.47990 \delta$  (フェンダー：黒)

#### (3) 全体

- $y=0.19792 \delta$  (タンク：シルバー)
- $-0.12850 \delta$  (タンク：赤)
- $+0.06250 \delta$  (タンク：濃紺)
- $-0.13190 \delta$  (タンク：黒)
- $+0.40625 \delta$  (フェンダー：シルバー)
- $-0.16320 \delta$  (フェンダー：白)
- $+0.19097 \delta$  (フェンダー：赤)
- $-0.04860 \delta$  (フェンダー：濃紺)
- $+0.10417 \delta$  (フェンダー：黒)

### 3.6 色の評価の特徴

今回の実験ではシルバーが大部分の評価者から好まれている。シルバーは白とあまり違いはなさそうであるが、好き嫌いの尺度で測ると大きな差がある。これは白は単調な感じを与えるのに対し、シルバーは深み、渋味があり評価対象の二輪車にある種の品格を与え、ユーザに満足感を与えることも原因の一つと思われる。一方、赤は評価者によって評価が大きく分かれるので使い方に注意を要する色である。

## 4 おわりに

本実験では、オン-オフ ロード デュアル パーパス車を用いて、燃料タンクと前後フェンダの色が好みに与える影響を調べた。その結果、本実験で用いた二輪車については、どのグループでも燃料タンクと前後フェンダともシルバーが好まれている。

燃料タンクと前後フェンダが同系統の色の組み合わせを好むグループは燃料タンクでは赤を非常に嫌い、濃紺を好む。フェンダでは白が嫌われ、黒が非常に好まれる。

一方、燃料タンクと前後フェンダが異なる系統の色の組み合わせを好むグループでは、燃料タンクと前後フェンダどちらも赤が好まれ、黒と濃紺が非常に嫌われていることがわかった。このように色の使い方によって、好みが大きく左右され、それは売れ行きにも影響するので、対象とするユーザーの好みを把握することは極めて重要である。

また、燃料タンクよりも、フェンダのほうが好みの評価に与える影響は大きい。

### 参考文献

日科技連官能検査委員会編：官能検査ハンドブック，日科技連出版社(1995)

### 著者



杉崎昌盛



## コンベアチェーンにおける脈動対策

## The Pulsation Countermeasure of the Chain Conveyor

岩渕正喜 Masayosi Iwabuti

●第5工場保全課

## 要旨

当社の組立設備の代表格であるコンベアチェーンでは、チェーンスピードが一定でないために、搬送物が大きく揺れる現象（脈動）が作業者のリズムを乱し、品質、作業性、設備劣化に悪影響を与え課題となっている。また、チェーンの脈動に対しコンベアメーカーでは原因の究明がなされていない。

そこで、今回、コンベアチェーンの脈動原因と増幅要因を解明した結果、脈動を防止することができた。脈動の原因は、コンベアモータを駆動するインバータ自身の出力電流であり、増幅要因は給油の不足、搬送荷重の大きさ等の6項目であることがわかった。要因への対策の結果、リズムカルな作業が実現し、ボルト斜め締付け、ボルト頭つぶれが減少する等の品質向上や、生産性向上の成果が出たので報告する。

## 1 はじめに

当工場は、オートバイエンジンの組立工場であり、年間約100万台の生産を行っている。その組立設備の代表格であるコンベアチェーンでは、チェーンスピードが一定でないために、搬送物が大きく揺れる現象（以下脈動と呼ぶ）が設備を劣化させるとともに、作業者のリズムを乱し品質、作業性に悪影響を与え課題となっている。

組立産業のもの作りにおいて、人と設備の調和は、リズムカルな作業の実現には必要不可欠である。これを作業者の努力だけに押付けてはならず、「作業者に負担をかけない設備」を作り込む必要がある。

以上の観点から、今回の取組を行った。

チェーンの脈動原因は、コンベアメーカーでは解明されておらず、給油等の個別の対策が取られている。これらの対策は、個々の条件下での脈動があるレベルまで下げることに對しては効果が上がっているが、ゼロにするまでには至っていない。さらに、コンベアスピード等の使用条件が変わると、対策効果が失われる場合がある。

このほど、PM分析手法を用い脈動の発生原因と増幅要因を解明することで、脈動を防止することができたので報告する。

## 2 脈動が作業に与える影響

## 2.1 脈動とは

当工場のコンベアチェーンの機構概要を示す（図1）。インバーターによりコントロールされた減速機付モータによって、搬送チェーンを引っ張り、エンジンを乗せたパレットを搬送する機構となっている。

脈動とは、チェーンが脈を打つことにより搬送されるパレット・エンジンが大きく揺れてしまう現象をいう。

さらにパレットが現在乗っているチェーンから次のチェーンへ乗り移る時に、チェーンの脈打ちによりパレット底面とチェーンのローラ部の間で滑りが発生する。このためパレットが次のチェーンにうまく乗り移れない現象が発生する（図2）。

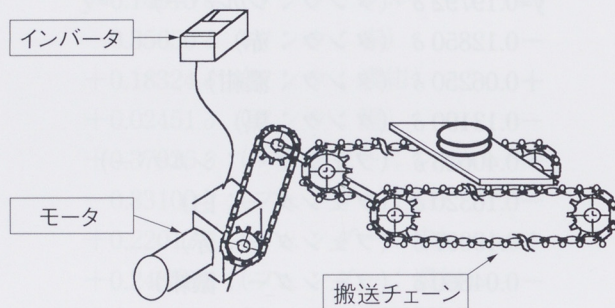


図1 コンベアチェーンの機構概要

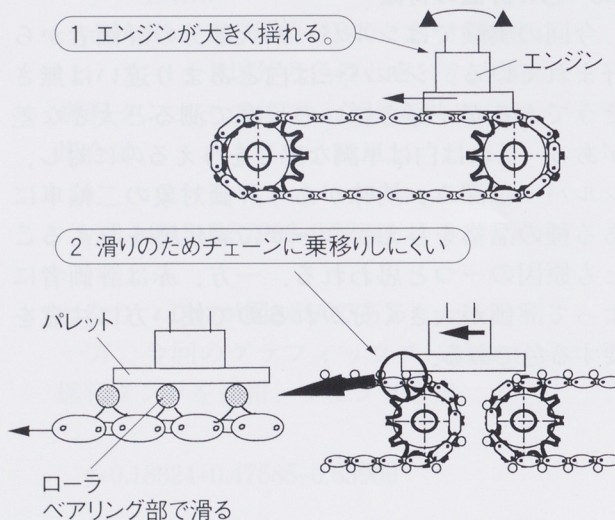


図2 脈動とその影響



2.2 作業に与える影響

脈動が作業に与える影響を、脈動の大きなラインを対象にして調査した。

2.2.1 生産性への悪影響

脈動によりエンジンが大きく揺れることによりボルト頭部が1 cm程度振れ、ボルト締付け作業において、工具の位置決めに時間がかかる(図3)。

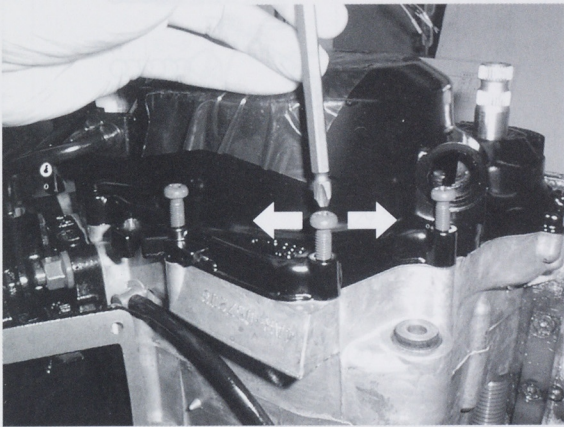


図3 ボルト頭部の振れ

また、パレットが次のチェーンに乗り移る時にローラ部の滑りによって、パレットの間隔がばらつき作業者のリズムが乱されている(図4)。

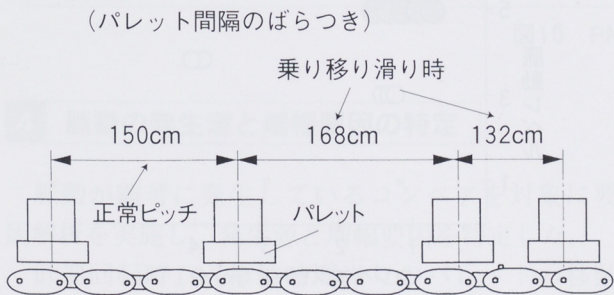


図4 パレット間隔のバラツキ

2.2.2 品質への悪影響

検討したラインで発生している品質不良の項目のうち、エンジンの揺れ、リズムの乱れの影響を受けていると考えられる項目は、

- 1) ボルト斜め締付け
  - 2) ボルト頭つぶれ
  - 3) 外観へのキズ付け
- の3項目である(図5)。

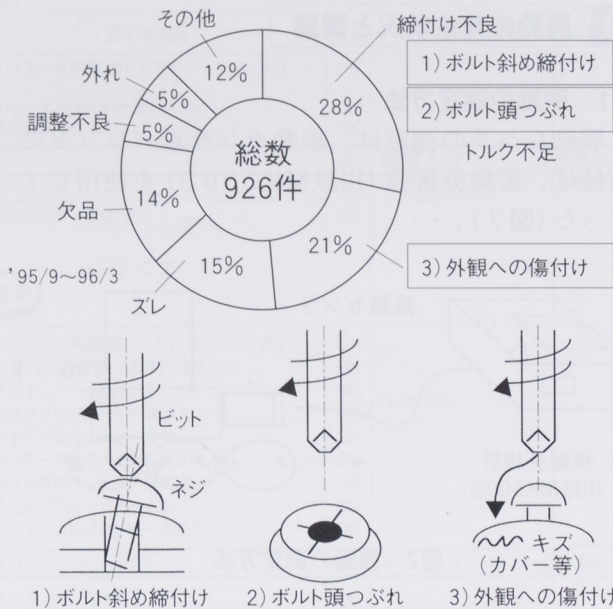


図5 脈動による品質不良項目

2.3 コンベアメーカーの脈動対策

脈動に対して、コンベアメーカーではどのような脈動対策を取っているのか調査した(図6)。

調査項目	回答		
	A社	B社	C社
1 技術的にはわからない	○	○	○
2 給油すると出にくい	○	○	
3 搬送速度が遅いと出やすい	○		
4 摩擦抵抗が大きいと出やすい	○		
5 チェーンが延びると出やすい	○		
6 チェーンサイズを上げると出にくい	○	○	
7 チェーンにかける荷重>チェーン剛性?		○	
8 駆動部等の剛性低いのでは		○	
9 共振によりでるのではないかな		○	

図6 コンベアメーカーの脈動対策

この結果、コンベアメーカーでも脈動を技術的に解明できておらず、対策が個別対応的なものになっていることがわかった。



### 3 脈動の発生状況と課題

#### 3.1 脈動の測定方法

脈動レベルの測定は、振動センサをパレットに取付け、振動分析計（川鉄MK500B）を使用して行った（図7）。

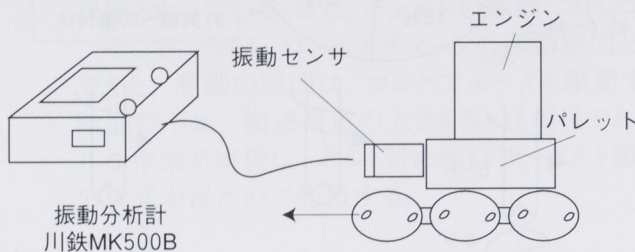


図7 振動の測定方法

また、振動の大きさを表わす変位、速度、加速度の特性値の中で、今回の脈動周波数が100 Hz以下と低いため、振動変位を測定項目とした〔1〕。そして、測定した変位を作業への影響により、次の3つのレベルに分類した（図8）。

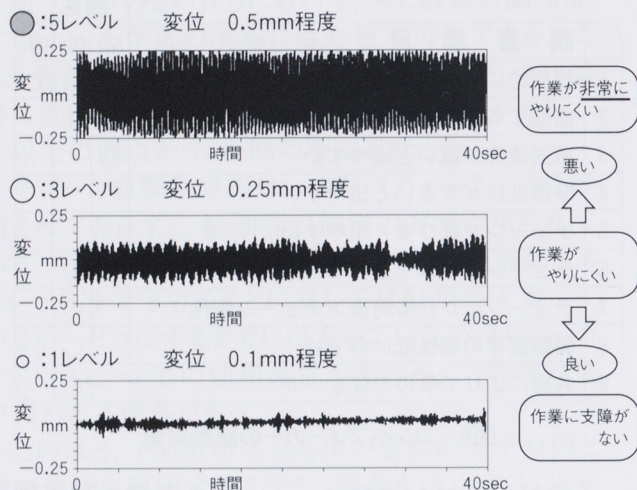


図8 脈動のレベル分け

- ① 5レベル 作業が非常にやりにくい  
変位は、0.5 mm程度
- ② 3レベル 作業がやりにくい  
変位は、0.25 mm程度
- ③ 1レベル 作業に支障がない  
変位は、0.1 mm程度

#### 3.2 発生状況の分析

脈動の発生状況を、当工場のコンベアで測定した所、コンベアが長いほど、また、搬送荷重が大きいほど、脈動のレベルが大きいことがわかった。

また、コンベアスピードが2 m/分以下で使用すると、脈動レベルが高いこともわかった（図9）。

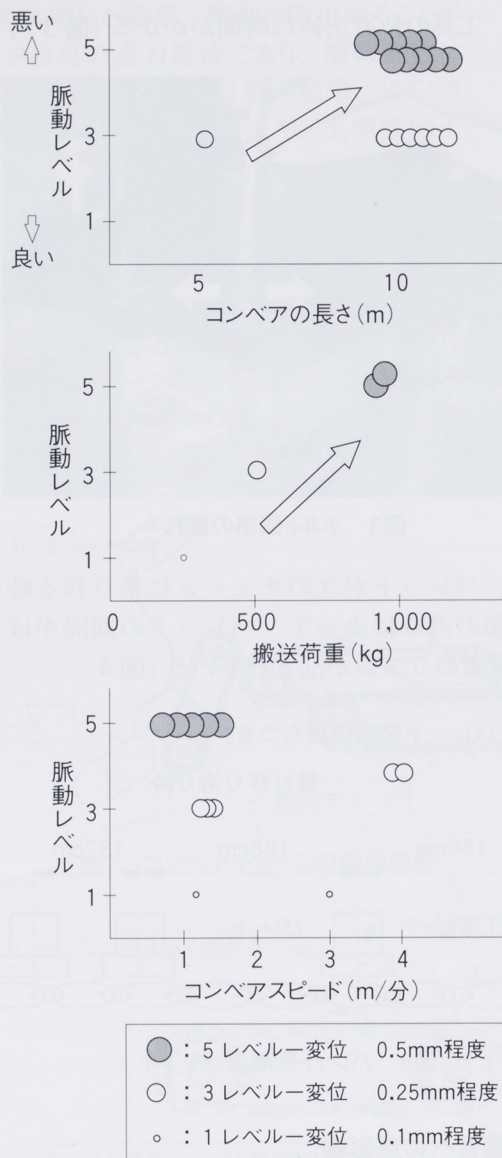


図9 発生状況の分析

以上の分析から、脈動は発生源と複数の増幅要因が絡み合っていることが考えられた。

そこで、次の項目を課題として技術開発を行った。

- (1) 脈動発生源と増幅要因の特定
- (2) 脈動を増幅する各要因の影響度の解明
- (3) 脈動が生産性、品質に与える影響確認



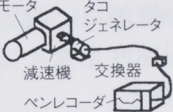
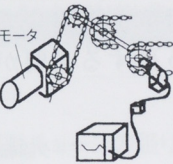
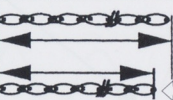
Fラインにてトライ		設備・治工具・材料・方法との関連性							
成立する条件		調査方法	判定	第1次項目	判定	第2次項目	判定	対策(復元・改善)	結果
1	モータ回転がばらつく			1-1モータ内部ギアバックラッシ		1-1-1モータ内部軸とスプロケットキーガタ	OK		
				1-2モータトルク不足		1-1-2ハイボイドギア摩耗・ガタ 1-2-1負荷≫トルク	OK OK		
簡易計測機製作				⑥ 1-3モータ速度低い		NG	速度上げ	関連あり	
2	インバータ出力がばらつく	コンデンサ容量測定  出力電流測定		1-3インバータ出力ばらつき	NG		NG	最新型に交換	多少有
				2-1インバータ不良		2-1-1コンデンサ劣化	OK		
				2-2インバータ出力電流ばらつき		NG	発生源		
3	駆動軸回転がばらつく			3-1モータ回転ばらつく		3-1-1モータ内部軸とスプロケットキーガタ 3-1-2ハイボイドギア摩耗・ガタ 3-1-3インバータ出力バラツキ	OK OK NG	1-3に同じ	
				3-2モータスプロケットガタ		3-2-1スプロケットキー溝ガタ 3-2-2スプロケットキーガタ 3-2-3モータ出力軸キー溝ガタ	OK OK OK		
				3-3駆動軸スプロケットガタ		3-3-1スプロケットキー溝ガタ 3-3-2スプロケットキーガタ 3-3-3モータ出力軸キー溝ガタ	OK OK OK		
				② 3-4駆動チェーンたるみ		3-4-1チェーン伸び	NG	テンションはり	関連あり
						3-4-2チェーン摩耗 3-4-3スプロケット摩耗	OK OK		
4	チェーン長さが変化する			4-1チェーンガタ		4-1-1リンク・ピン・ローラ摩耗 4-1-2スプロケットとの遊び	NG NG	新品に交換 新品に交換	なし
				④ 4-2チェーン伸び		4-2-1チェーン剛性<荷重	NG	番定を上げる	関連あり
				⑤ 4-3チェーン長さが長い			NG	長さを短く	関連あり
				4-5テンションゆるい		4-5-1テンションはり不足	NG	テンションはり	なし
				① 4-6給油不足		4-6-1リンク・ピン・ローラ給油	NG	給油	関連あり
5	チェーンの移動抵抗がばらつく			5-1搬送レールとの抵抗ムラ		5-1-1搬送レールキズ摩耗なし 5-1-2トップローラ回転固着 5-1-3チェーン接触部摩耗キズ 5-1-4給油不足	NG NG OK NG	搬送レール交換 固着取り・給油 給油	なし なし 4-6-1と同じ
6	搬送荷重がばらつく			③ 6-1パレット枚数が変化する		NG	パレット枚数減		関連あり
7	従動軸回転がばらつく			7-1従動軸スプロケットガタ	OK				

図10 PM分析による要因解析

4 脈動の発生源と増幅要因の特定

脈動が顕著に発生しているコンベアを対象に要因解析を実施し、発生源と増幅要因を特定した。

低速回転時、『単位時間当りのパレットの移動量が変化する』という物理的見方で、PM分析を行った(図10)。

分析を通しての実験の結果、発生源はモータを駆動するインバータ自身の出力電流の変動であり、増幅要因は以下の6項目であることがわかった(図11)。

- ①給油の不足
- ②駆動チェーンたるみ
- ③搬送荷重が大きい
- ④搬送チェーンの剛性が低い
- ⑤搬送チェーンの長さ
- ⑥搬送スピードが遅い

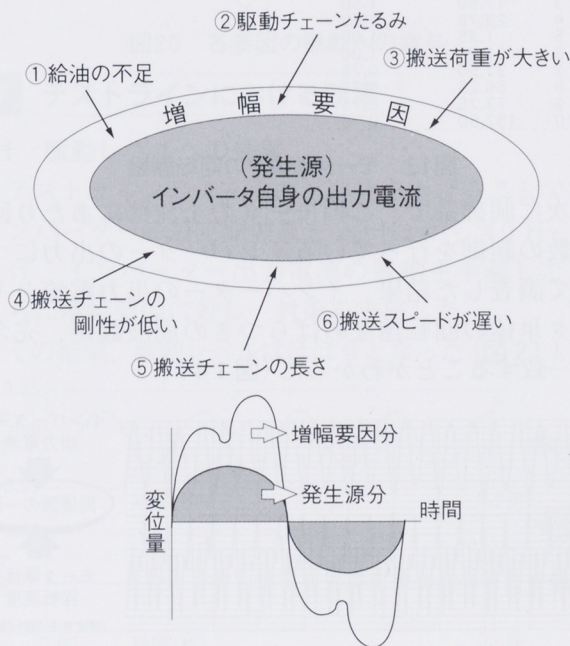
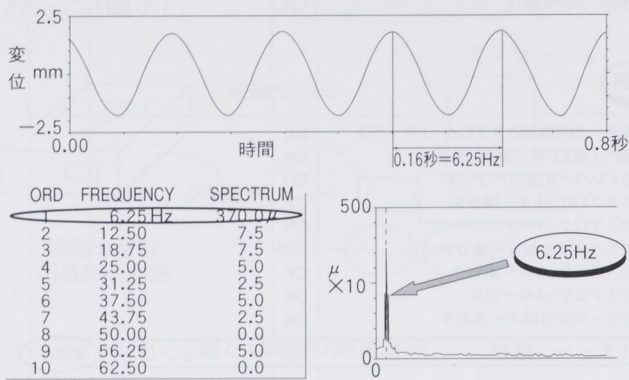


図11 発生源と増幅要因



## 5 脈動の発生源

パレット脈動の周波数を測定し、FFT解析した結果、脈動の周波数は、6.25 Hzであることがわかった(図12)。



FFT解析(高速フーリエ変換による、信号の周波数成分解析)

図12 パレット脈動の周波数

さらに、PM分析で脈動の各成立条件について調査した結果、モータ単体での出力軸の回転脈動の周波数が6.25 Hzであることがわかった。これは、パレットの脈動周波数と一致する(図13)。

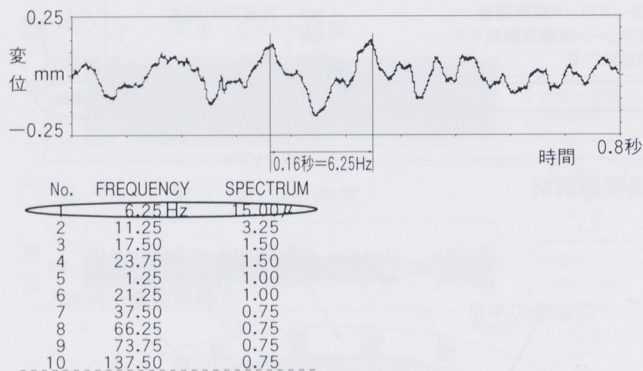


図13 モータ単体での回転脈動

次に制御系で、このモータの上流部にあたり回転数の制御を行っているインバータの出力について調査した結果、インバータの出力電流とモータ単体の回転速度のばらつきの周波数が、完全に一致することがわかった(図14)。

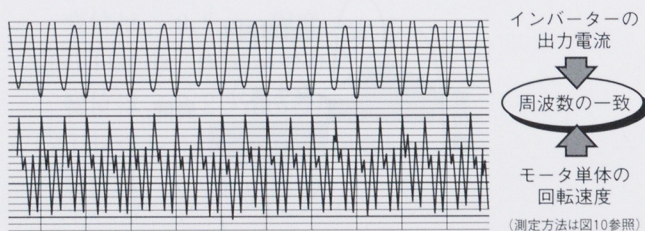


図14 インバータとモータのバラツキ

以上により、脈動の発生源はインバータ自身の出力電流の変動であることがわかった。

このインバータの機能は、設定周波数を変えることでモータの回転速度を変えて、ラインスピードを調節することである。

設定周波数に対するモータ回転速度ムラは設定周波数が低いほど大きく、周波数が60Hzになると速度ムラが0になることがわかった。また、作業者に負担をかけない脈動レベルにするためには、減速比を上げる等の対策を実施して設定周波数が40Hz以上となるようにする必要があることを確認した(図15)。

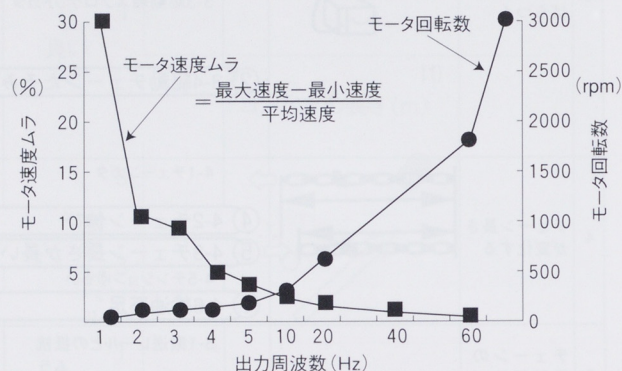


図15 設定周波数とモータ回転速度ムラ

## 6 脈動を増幅する各要因の影響度

### 6.1 脈動の増幅要因

脈動の発生源は判明したが、同時に脈動の大きさをゼロにするためには、増幅要因に対し対策をとることが重要である。先述のPM分析における設備各部位の関連性の調査が、増幅要因を知るためには非常に有効な手段となった。

調査の結果、判明した先述の6項目について説明する。

#### ①給油の不足

適切な給油により、給油が不十分な状態に対して、パレットの脈動レベルは50%減衰する(図16)。

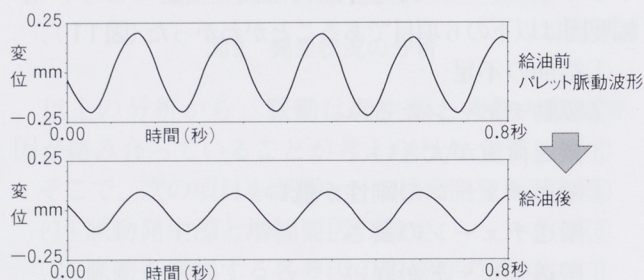


図16 適切な給油による脈動の減衰



## ②駆動チェーンのたるみ

駆動チェーンの大きなたるみをなくし、適切な張りを実施することで、脈動レベルは37%減衰する(図17)。

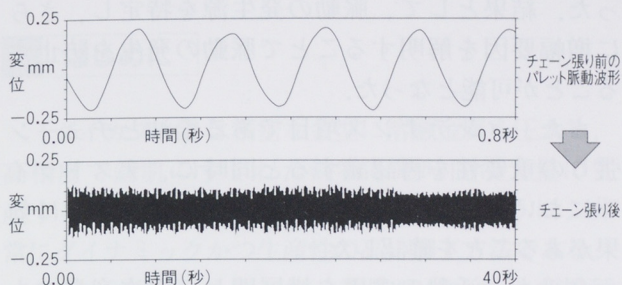


図17 駆動チェーンの張りによる脈動の減衰

## ③搬送荷重が大きい

搬送荷重を減らすと、その荷重に応じて脈動レベルを1/10以下にすることも可能である(図18)。

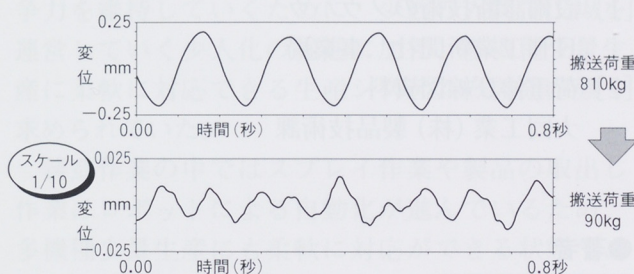


図18 搬送荷重と脈動レベル

## ④搬送チェーンの剛性が低い

使用しているチェーンのサイズは60番であり、また実際の運搬荷重は約1トンである。この場合のチェーンの伸びを調査した所、10mの長さのチェーンの伸び量は約25mmとなる(図19)〔2〕。

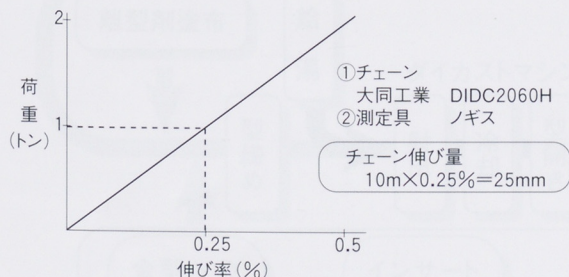


図19 搬送チェーンの荷重による伸び

充分な許容運搬荷重を持ったチェーンでも荷重に応じて伸びは発生し、インバータの出力電流による脈動をさらに増幅させる。

また、給油不足等によるチェーンと路面の摩擦抵抗により実運搬荷重が変化し、伸び量も変化することが考えられる。

## ⑤搬送チェーンの長さ

コンベアチェーンの長さが5mを超すと脈動が大きくなる(前出図9)。

## ⑥コンベア搬送スピードが遅い

コンベア搬送スピードが2m/分以下で使用すると、脈動が大きくなる(前出図9)。

その他、一般的に考えられるモータの動力不足については、必要動力の3倍以上を確保し問題がないことを計算で確認した。

## 6.2 各要因の影響度

以上の6項目のうち、③搬送荷重が大きい ④搬送チェーンの剛性が低い ⑤搬送チェーンの長さの3項目については、既設のコンベアでは条件を変えることは難しい。

したがって、既設のコンベアにおいては、適切な給油と駆動チェーンの張り、そして減速機の減速比を上げモータの回転数を上げることが必要である。

また、実験で求められた各要因の脈動への寄与率は以下ようになった(図20)。

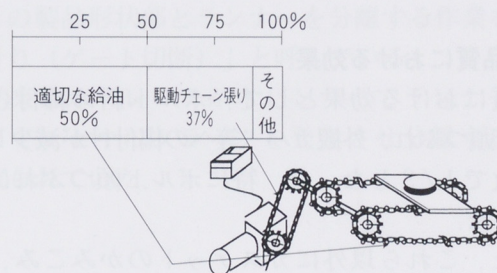


図20 各要因の脈動への寄与

## 7 テストラインにおける効果

### 7.1 脈動レベルへの効果

テストラインのモータの減速比を上げることで、インバータの設定周波数を20Hzから40Hzに上げ、インバータ出力電流の脈動を半減した。さらに増幅要因に対し、対策を実施した。

その結果、脈動レベルはほぼ0となった(図21)。

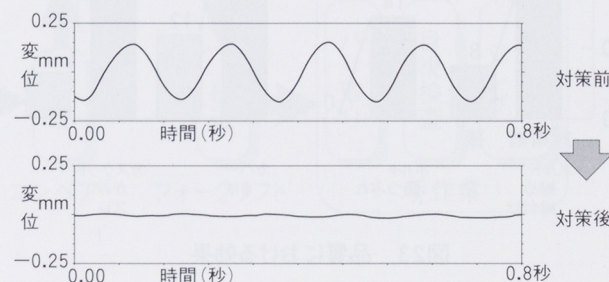


図21 テストラインでの脈動減少



## 7.2 生産性における効果

テストラインにおいて脈動がほぼ0になったことで、エンジンの振れによってボルト頭部の振れが1 cm程度あったものが1 mm以下となり、作業がスムーズに行えるようになった。

また、パレットの間隔が一定となり、作業リズムが乱れなくなった。その結果、作業者の作業遅れによるラインストップ時間は、対策前に対し1/3となった。データは、対策直前、直後のそれぞれ2週間で比較したものである(図22)。

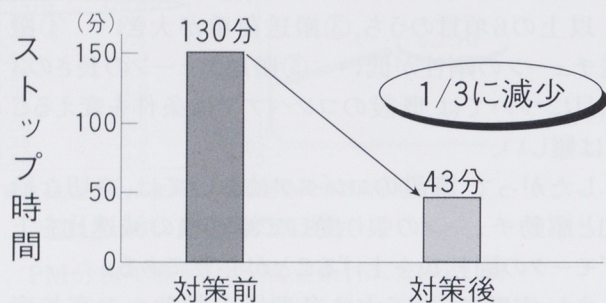


図22 作業遅れによるラインストップ時間

## 7.3 品質における効果

品質における効果として、ボルト斜め締付け、ボルト頭つぶれ、外観カバー等への傷付けが減少し、総件数で1/3となった。特にボルト頭つぶれは0となった。

また、これら以外にガスケットのかみこみ、ズレの発生が1/4となったが、これは位置決め作業がやりやすくなった結果と考えられる。データは、対策直前、直後のそれぞれ2週間で比較したものである(図23)。

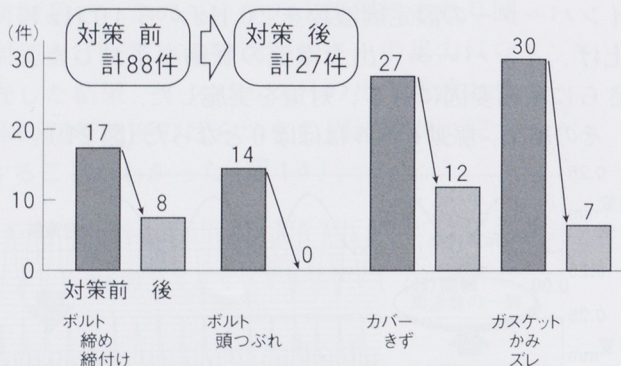


図23 品質における効果

## 8 まとめ

従来、原因が解明されておらず個別的な対策が取られていたコンベアの脈動についてPM分析を行った。結果として、脈動の発生源を特定し、さらに増幅要因を解明することで脈動の発生を防止することが可能となった。

また、メンテナンス項目である給油とチェーン張りの重要性を再認識すると同時に、テストラインにおいて脈動防止が生産性向上、品質向上に効果があることを確認した。

今後も、活動の成果を横展開し、組立産業のものの作りにおける人と設備の調和を目指し人にやさしい作業環境を作っていきたい。

### 参考文献

- [1] 設備診断技術のノウハウ  
日刊工業新聞社 事業局
- [2] 荷重伸び線図資料  
大同工業(株) 製品技術課

### 著者



岩淵正喜



## 多機種少量生産対応ダイカストセキ折り装置の開発

## Development of a Metal-feeder Folding Device for Die-casting Products of a Small Quantity Production in the Multiple Models

内藤 則之 Noriyuki Naito

● 鑄造事業部 鑄造技術室

## 1 はじめに

「ダイカストとは精密な金型に溶融金属を圧入し、高精度で鑄肌のすぐれた鑄物を短時間に大量に生産する鑄造方式」<sup>[1]</sup>と定義されているように、非常にダイナミックかつ生産性の高い加工方法である。

しかし、近年ダイカスト業界においても多機種少量生産が進み、その結果金型交換などの段取り替え時間が増加することで高い生産性が圧迫され、コスト競争力を低下させているのが現状であった。そこで当社においては、この従来からのコスト競争力を維持していくために、少数の人間で工場を運営していく少人化の推進に加え、多機種少量生産に柔軟に対応できる生産システムの開発が強く求められていた。

鑄造作業の中ではスプレイ作業や製品の取出し作業はロボットによる自動化が進んでいるため、多機種少量生産にも柔軟に対応ができる状態であったが、セキ折り作業はまだ手付かずの状態であり、少人化を行った上で多機種少量生産に対応できるセキ折り装置の開発はこれからの重要課題であった(図1)。

## 2 「セキ折り」とは？

ダイカストは次のような工程で鑄造が行われる(図2)。

金型から取出された直後の製品には、その製品形状部の周囲に、いろいろな付属物が付いている。まず、溶湯の通路である「ランナー」があり、その大元には溶湯を押し込んだ跡である「ビスケット」と呼ばれる円筒の部分がある。また、「真空ゲート」や「オーバーフロー」と呼ばれるものも付いている。

以後、この取出直後の製品を「ワーク」と呼ぶことにする。また、ランナーは製品形状との境目で溶湯の流入を制御するために狭められており、この部分を「セキ」(「ゲート」とも言う)と呼んでいる。一般的に厚さは2.0～4.0 mmである(図3)。

この製品形状部とランナーを分離する作業を「セキ折り(ゲート切断)」と呼んでいる。

従来はオペレータが木ハンマーでランナーを打撃して、セキにクラックを発生させ分離する方法が取られていた。

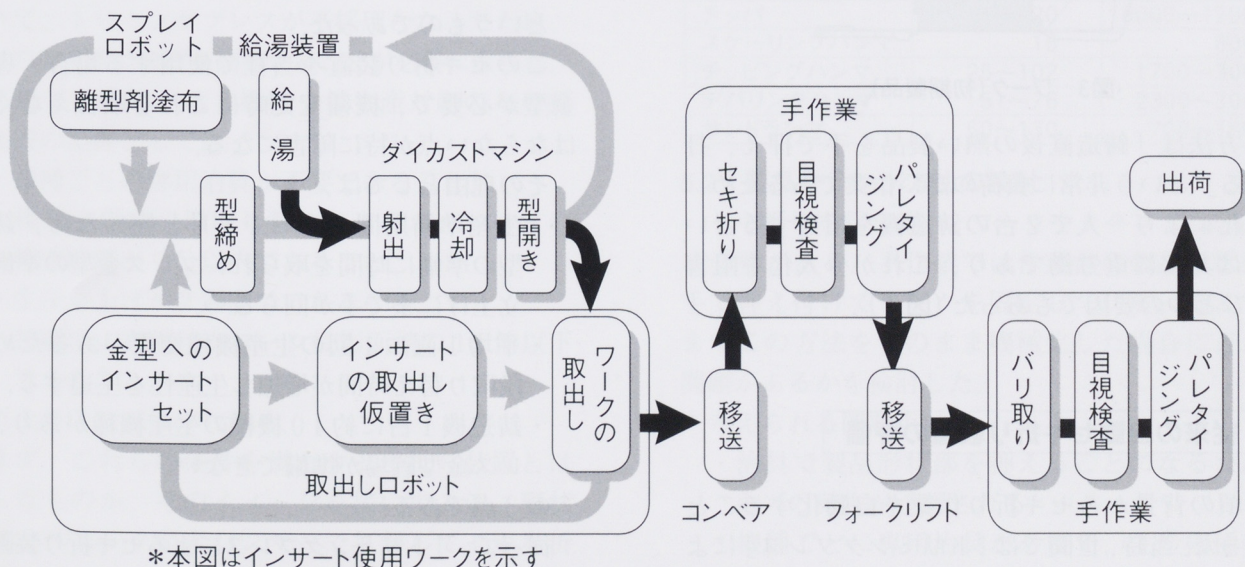


図1 ダイカスト鑄造の作業フロー



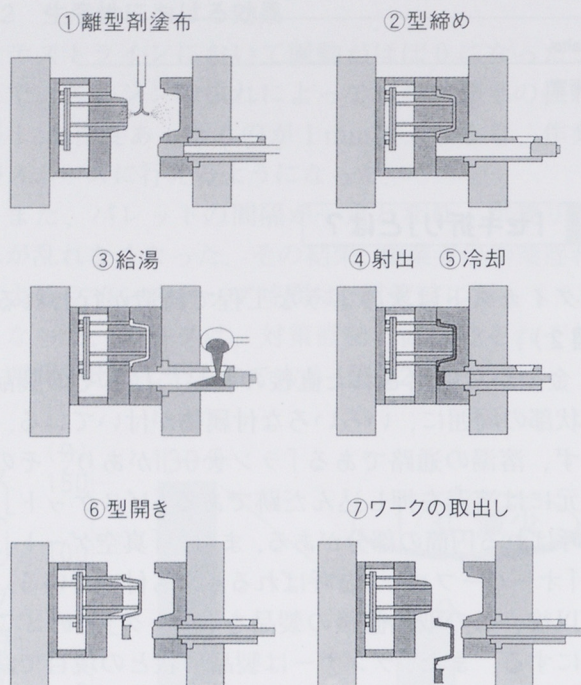


図2 鋳造工程

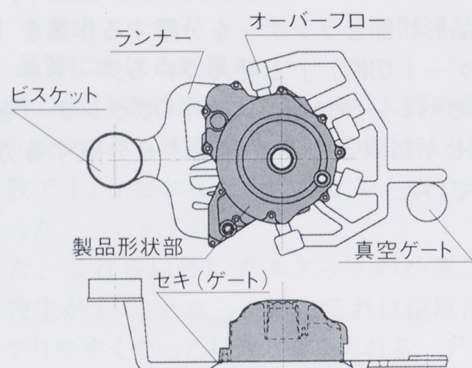


図3 ワーク(初期製品)

この方法は「鋳造直後の熱い製品を手で押え、打撃する」という非常に負荷の高い作業であるため、少人化により一人で2台の鋳造機を担当するというのは非常に重労働であり、これが少人化を阻害するひとつの要因でもあった(図4)。

### 3 従来の自動セキ折り装置の評価

前項の背景からセキ折り作業を自動化することになった。当時、世間では「トリミングプレス」によるセキ折り装置が一般的であった。技術史によれば、'56年頃から足踏み式のプレス、クランクプレス等



図4 手作業セキ折り

が使用され始め、'73年頃に油圧プレスが使用され始めたとある。[2]

さて、この装置の利点としては、

- ・セキ折り作業が鋳造機の鋳造工程よりも非常に短時間で済むため、鋳造機の生産サイクルタイムに影響を与えない。
- ・一回の往復で製品形状部とその他の部分が完全に分離できる。

の2点である。

一方、欠点としては、

- ・大掛りな設備が必要であり、占有面積はワーク投影面積の20倍以上である。
- ・機種ごとに専用の金型が必要で、約1型3,500千円程度である。
- ・生産機種変更時にプレス金型を交換するため、1回の段取り替え時間は鋳造型交換に加え、20分程度余計にかかる。

というものであった。

このセキ折り装置を当社で使用する場合、専用金型が必要で、機種変更時にこれを取替えなくてはならない点が特に障害になる。

その理由としては、

- ・生産準備期間が3～4ヶ月と短いため、鋳造型の準備に時間を取られ、プレス金型の準備・立上げにまで手が回らない。
- ・平均1直に1回の生産機種変更があるため、段取り替え時間が増加し生産性を圧迫する。
- ・鋳造機1台に約10機種の生産機種があり、プレス金型置場が準備できない。

の3点である。

従って、「トリミングプレスによるセキ折り装置」は当社において多機種少量生産に適さずという結論になった(図5)。



主要諸元

鑄造機トン数	650t
装置全長	2745mm
装置全高	3058mm
装置全幅	1135mm
加圧力	10t
プレスストローク	600mm
作動油	水グリコール

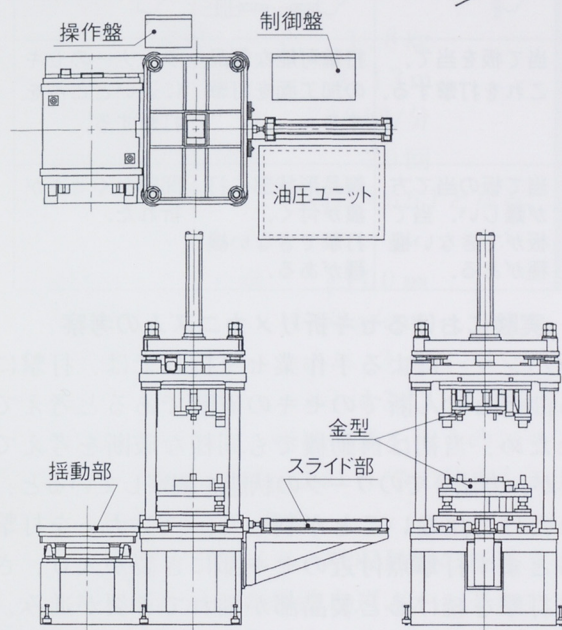
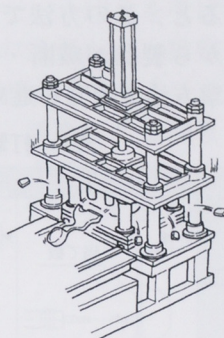


図5 トリミングプレスセキ折り装置

4 多機種少量生産対応セキ折り装置の条件

さて、トリミングプレスが不採用となったため、独自のセキ折り装置を開発することが必要になった。当工場で採用できる多機種少量生産対応のセキ折り装置の条件としては、

- ・機種ごとの専用治具が不要であること。
- ・機種変更時の段取り替えによるオペレータの拘束時間が5分以内であること。
- ・生産立上げが2週間でできること。
- ・装置の占有面積がワーク投影面積の15倍以下であること。

以上のことが挙げられる。

まず、これらの条件を満たすセキ折り装置とはどんなものか、そのイメージを描いてみる。現状ではオペレータが木ハンマーで打撃してセキを折っている。その作業負荷や少人化を考えなければ、これは多機種少量生産にも対応可能である。ならば、

その行為を機械化すれば目的の「少人化を行った上での多機種少量生産対応のセキ折り装置」が出来上がるのではないかと。まず、この発想をもとに開発をスタートすることにした。

5 開発の手順

5.1 ツールの選択

はじめに、木ハンマーによる手作業を装置による機械作業に置換えるために打撃ツールの選択を行った。

条件としては、

- ・構造が単純で使い勝手が良いもの。
  - ・打撃の衝撃に対して耐久性の高いもの。
- の2点であった。

この条件から打撃用として市販されている自動工具の中から、圧縮エアを使用するため構造が単純な「エアハンマー」を選択することにした。エアハンマーには、いろいろなタイプがあるが、その多くがショートストロークで高打撃数のものであり、動作としてはいわゆる「振動」であった。従って、これらは人手による木ハンマー打撃の代用とはならないと判断し、除外した。しかし、「サンドランマ」は「打撃」と呼ぶことのできるストロークと打撃数で、木ハンマーの打撃動作に最も近いと思われたため、これを選択することにした(表1)。

表1 エアハンマーのストロークと打撃数

名 称	ストローク(mm)	打撃数(bpm)
チップ	16~20	8000~12000
スケーリングハンマ	16	8000
チップングハンマ	25~102	1700~3000
デバリングハンマ	51~76	2300~3000
サンドランマ	50~130	700~1800

5.2 製品クランプ方法の検討

セキ折りを行う場合、ワークをクランプ(固定)する必要がある。手作業では作業台に製品形状部を手で押え付けてワークを固定している。そこで、まずこの方法をそのまま機械化した場合にどんな問題があるかを検討した。

考えられる問題点は、

- ・治具で製品形状部を押えることになるため、キズの発生が予想される。
  - ・機種ごとに専用治具が必要で、生産機種変更時に段取り時間がかかる。
- の2点である。



従って、多機種少量生産対応という目的では、専用治具が必要で段取り時間がかかるこの方法は採用できないということになった。

- ここから得られるクランプの条件は、
- ・ どの製品にも存在する共通形状でキズの発生に関係のない部分をクランプする。
- というものである。

このような共通形状を新たに設けるには、全機種を対象にした検討が必要であり、鑄造条件に与える影響と金型の修正費を考えると共通形状の新規設置は現実的ではない。ただ、ダイカストはその鑄造の過程でビスケットという共通形状が無条件で成形される。(図3参照)これは射出装置で溶湯を押し込んだ跡であるため、どの機種にも存在し、形状も共通で一定である。ここをクランプすれば機種ごとの押え治具が不要であり、製品形状部に力がかからないのでキズの問題も起こりにくいと考えられる。よって、この点においては上記のクランプ条件をクリアしている。

ただし、問題は「この方法でセキ折りをを行った実績がない。」という点であった。しかし、現時点で最も現実的なクランプ方法であり、発生する問題点は打撃方法で解決するという方針で開発を進めることにした。

### 5.3 打撃方法の検討

次にこのクランプ方法で、どの部分をどのようにに打撃するかを検討した。手作業では製品形状部を固定してランナーを打撃し、それらの中間のセキ部を折る方法を取っている。しかし、今回の方法では手作業とは逆にランナー側をクランプするから、打撃も逆に製品形状部にするのかというと打痕など品質の問題から単純にそのようにはできない。

そこで、テスト装置を製作しいろいろな方法で打撃を行い、方法を模索した。

主なテスト方法と結果を次表に示す(表2)。

物を叩いて折る場合、固定する側と叩く側は折りたい位置を挟んで反対に取るのが普通である。そのため、この場合でもセキを挟んでクランプする側の反対側を打撃する方法を主にテストしてきたが、好結果は得られなかった。そこで全く逆の発想で、方法3のようにクランプする部分と同じ側のランナー部を打撃する方法を行ってみた。

すると、この方法で意外なほど簡単にセキのところから製品が破断・分離した。そこで今後、この打撃方法で開発を進めることにした。

表2 打撃方法のテストと結果

	方法1	方法2	方法3
図			
方法	当て板を当て、これを打撃する。	打撃可能な製品の加工面を打撃する。	ランナーのセキに近いところを打撃する。
結果	当て板の当て方が難しい。当て板ができない機種がある。	製品形状部に打痕が付く。打撃できない機種がある。	問題なくセキが折れた。

### 5.4 実験におけるセキ折りメカニズムの考察

木ハンマーによる手作業セキ折りでは、打撃による曲げとせん断でのセキの破断であると考えていたため、当初は自動機でも同様な破断を考えていたが、方法3でのワークの状態を観察していると、それだけではないことが判った。ランナーを打撃するとまず打撃点付近のセキ部にき裂が入り、さらに打撃を続けると製品部が揺れてき裂が進み、最後に破断に至っている。

この考察に当たって、セキ部は断面が絞られ、切欠き形状になっているのに着目した。部材に切欠きがある場合は、切欠き底付近に局部的応力集中が生じるなどの影響により、平滑な部材に比べ疲れ強さが著しく低下すると言われている。<sup>[3]</sup>これは、材料の切欠きじん性を切欠き試験片で評価するシャルピー試験と同じ理屈である。また、その後も打撃を継続することで製品部が揺れ、応力集中に基づくき裂は応力集中のために成長・進展し、断面の面積は非常に小さくなって、残りの部分は荷重下で突然破断に至ると考えられる。<sup>[4]</sup>このことは、継続して応力を負荷し続けると、繰返しせん断応力から初期疲労過程であるすべりが起こり、き裂の進展過程として、き裂の発生 → き裂の成長・連結 → き裂の進展 → 疲労破壊と進んでいく<sup>[5]</sup>と説明されている。つまりこの装置では、打撃力でセキを破断させているのではなく、初期のき裂発生あとは揺れによってき裂を進展させ、セキを破断していると推測される。



また、「意外と簡単に折れる」という印象を受けたことに関しては、疲労とはその言葉からも推察されたとおり静的破壊強度以下の応力の大きさでも、繰り返し作用することにより、破断に至る現象をいう<sup>[6]</sup>との説明で解釈できる。そこで、サンドランマとトリミングプレスのワークに与える仕事(ジュール)を比較してみる。

結果は次のようになった。

＜サンドランマ＞

- ・ピストン重量 1.8 kg
- ・打撃ストローク 0.13 m
- ・往復数 700 回/分
- ・破断までの打撃数 20 回

とすると、仕事(ジュール)は 45.6 J となる。

＜トリミングプレス＞

- ・油圧シリンダー径  $\phi 100$  mm
- ・使用圧力 140 kg/cm<sup>2</sup>
- ・セキ厚 3 mm

とすると、仕事(ジュール)は 323.6 J となる。

この単純比較では、同じ作業を行うのにサンドランマはトリミングプレスの 1/7 の仕事しか必要としないということになる。

また、き裂はエネルギー吸収最低の経路またはエネルギー供給最大の経路を選ぶか、それとも破壊時間最小の経路を選ぶことができる<sup>[7]</sup>とあり、トリミングプレスによる瞬間的な破断に比べ、き裂が時間を掛けて成長するため、き裂はセキに沿って進展しやすいと考えられる。したがって、き裂が製品形状部分にまで入り製品形状部が欠肉してしまう「カケ」や「ミクイ」などの不良発生が少ないという利点もあると推測される。

以上、本方法のメカニズムは、およそこのように説明できる(図6)。

また、各方法の比較を簡単にまとめると次のようになる(図7)。

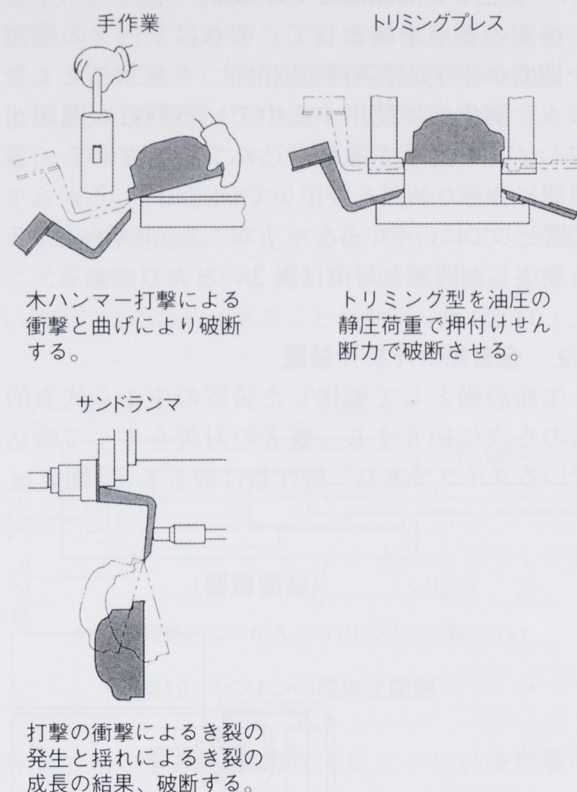


図7 各セキ折り方法の比較

以上の結果から新開発するセキ折り装置の基本は決定した。

この基本の要点は、

- ・サンドランマで打撃する。
- ・ビスケットをクランプする。
- ・ランナーのセキ部付近を打撃する。

以上の3点である。

(特許出願番号 平03-155091)

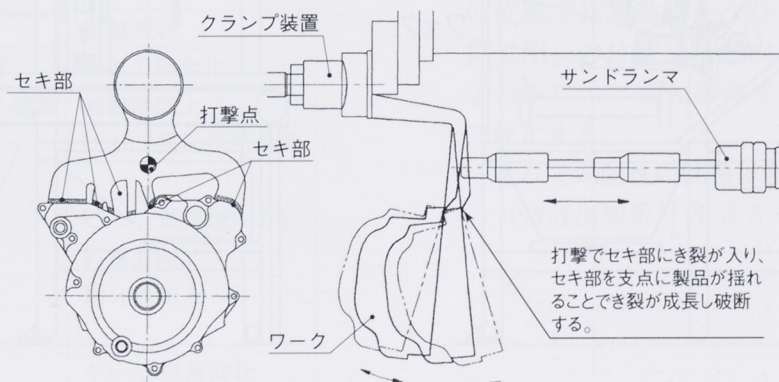


図6 セキ折りのメカニズム



6 セキ折り装置の実際

6.1 発生した問題点とその対策

前記の要点を核として、それにワークの受渡しや排出などの必要機構を取付け、生産装置とした。また、実生産で使用する中でいろいろな問題が発生し、その対策を随時織込んでいながら、各鋳造機に合った装置を製作していった。したがって、装置としてはいろいろなバリエーションが存在する。発生した問題と対策は表3のとおりである。

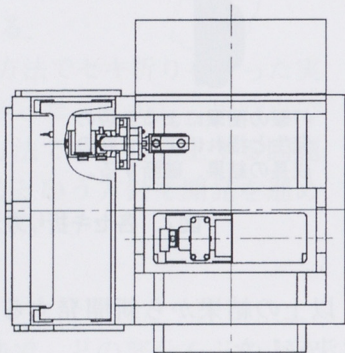
6.2 全自動セキ折り装置

生産設備として製作した装置の中から代表的なものを次に紹介する。表3の対策をすべて織込んでいるタイプであり、製作数は最も多い(図8)。

表3 生産設備での問題点とその対策

問題点	対策
打撃を停止した後、再始動させても動作しない時がある。	停止すると必ずピストンを引戻すエア回路を追加した。
打撃点が固定されているため、効率よくセキ折りできない。	ロボットを使用して機種ごとに任意・複数の打撃点を選択できるようにした。
機種ごとに打撃点を変える場合、段取り時間がかかる。	
オーバーフローや真空ゲートの除去ができない。	
取出口ロボットで把持したまま打撃するとロボットに負荷がかかり、サイクルタイムも伸びる。	専用の単軸ロボットを使用して、取出口ロボットはワークを受け渡すだけにした。
製品をコンベアに落す時、傷がつく場合がある。	サンドランマを縦に取付け、製品は水平にコンベア上に落ちるようにした。

〈装置概要〉



主要諸元

鋳造機トン数	650t	装置全長	1200mm
装置全高	2600mm	装置全幅	1740mm
サンドランマ数	1台	取付姿勢	縦
打撃数	700bpm	打撃ストローク	130mm
エア圧	0.5Mpa	エア消費量	3.5リットル/回
駆動モータ	DCサーボ	電源	AC200V
動作軸数	3軸(打撃1軸、クランプ2軸)		
打撃可能範囲	X330×Y700×Z180+100		
ロボットコントローラ	QRC-43(ヤマハ発動機)		
駆動方式	X,Y軸:ボールネジ Z軸:ジャッキ+エアシリンダ		
位置入力方式	教示盤による位置教示		

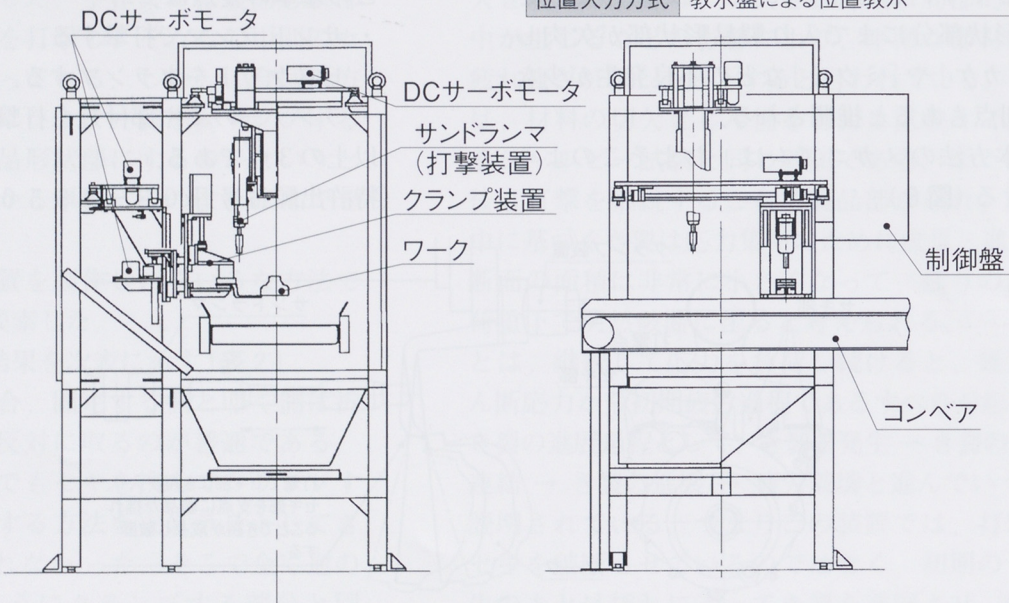


図8 全自動セキ折り装置



### ＜本装置の特徴＞

クランプ部、サンドランマは単軸ロボットで3軸に移動できるため、最適位置での打撃ができる。また複数の打撃位置も選択できるため、オーバーフローなどの除去も可能である。また、取出口ロボットはワークの受渡しのみを行うため打撃負荷が掛らず、鋳造サイクルタイムが伸びることもない。また、分離したワークはコンベアでオペレータの手元に搬送される。

なお、サンドランマ本体の改造は次のようになっている(図9、表4)。

(特許出願番号 平03-278721)

(特許出願番号 平03-292377)

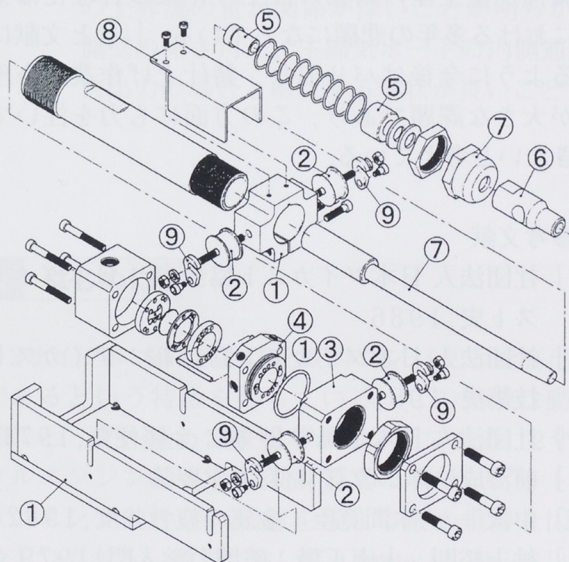


図9 サンドランマ改造詳細

表4 改造の要点

No.	内容	目的
①	ブラケット、サブプレート、サブホルダー追加	装置への装着可
②	防振ゴム取付け	振動吸収
③	サブホルダー追加	排気の集合化
④	エア切替えプレート追加	始動性向上
⑤	バックインからブッシュ、カラーへの変更	ピストン撓動抵抗低減
⑥	タガネ追加	ピストン重量増による打撃力向上
⑦	ピストン、キャップ材質変更	耐久性向上
⑧	回り止め追加	キャップ脱落防止
⑨	カギ座金取付け	装置の脱落防止

### 6.3 サンドランマ始動性対策

表3の問題点の対策の例として、サンドランマ始動性対策を紹介する。

圧縮エアの入気を切り、打撃動作を停止させるとピストンは徐々に往復運動を弱め任意の位置で停止する。この位置が前進端と後退端の間であった場合、次の駆動時にエアを入れても動作しないことがあった。この原因はサンドランマの構造上、ピストンが中間位置に停止すると押出しエアと引戻しエアが同時に入り、ピストンが前進も後退もできない状態になるためであることが判明した(図10)。

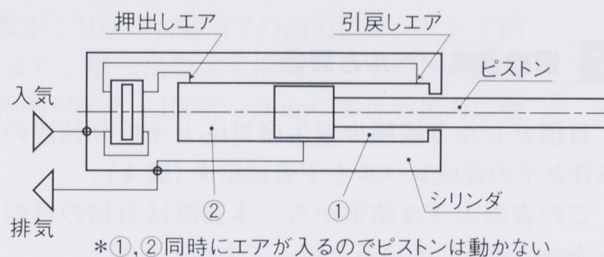


図10 ピストン中間停止図解

今までの経験から始動時にピストンが後退端の位置にあれば、始動性に問題がないのは判っていたので、停止時に自動的にピストンを引き戻す方法を開発することにした。

以下が開発した方法である。

サンドランマのシリンダとメカバルブの間にブロックを追加して、排気と押出エアを外部に導き出し、これを繋いだ3ポート電磁弁を操作してピストンを引き戻す回路を考えた。

入気を入切する2ポート電磁弁を開き、常時シリンダにエアが入っている状態にしておく。この状態で3ポート電磁弁が「押出しエア閉、排気開」の位置で打撃動作となり、また「押出しエア開、排気閉」の位置では②内のエアが大気開放され、①のみにエアが入るのでピストンは引き戻し状態で停止する。

これで始動性の問題は解決した(図11)。

(特許出願番号 平05-089448)



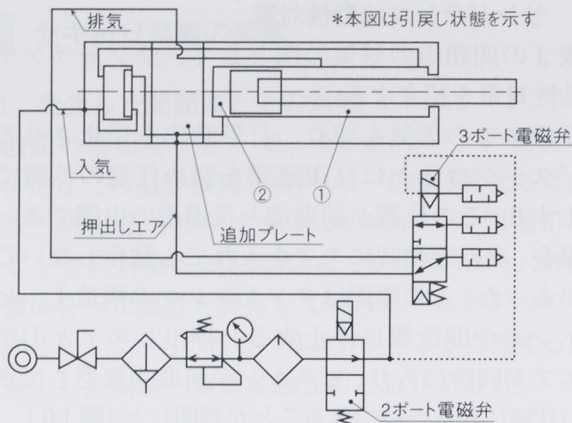


図11 ピストン引戻しエア回路

7 目標達成レベルと評価

目標とした多機種少量生産対応セキ折り装置の条件とその達成レベルを下表に示す(表4)。

この表のような結果から、本装置は当初の目的を十分に達成していると言ってよい。

本装置を使用することで、本来の目的である少人化を推進した上でのダイカストの多機種少量生産システムが実現でき、従来からの高いコスト競争力の維持が可能となった。

また、業界に先駆けた実績をもとに、このセキ折り装置の外販でも大きな成果を上げており、この外販実績は本装置に対する世間一般の評価と見ることができる。

表4 目標と達成レベル

	目 標	達成レベル	評価
1	機種ごとの専用治具が不要であること。	専用治具は不要。	◎
2	機種変更時の段取り替えによるオペレータの拘束時間が5分以内であること。	機種変更はロボットプログラムの選択のみ。拘束時間は1分。	◎
3	生産立上げが2週間できること。	新機種の生産準備はロボットプログラム作成のみ。1日で終了。	◎
4	装置の占有面積がワークの投影面積の15倍以下であること。	占有面積は2~3m <sup>2</sup> で、ワークの投影面積の15倍以下である。	○

8 終わりに

本装置は多機種少量生産を目的として、長期に渡り多数の担当者が、その時の要求に合わせて開発を継続し、熟成されてきた技術であり、それが外販されるに及んで一応の完成に至った。しかし、騒音などの環境面への配慮など改善すべき点も多く残されており、今後はこれらいろいろのニーズに合わせた設備へと進化させて行く必要があるだろう。

また、「セキ折り作業を含む鋳仕上げ作業は他の工程に比べ人員比率が大きく、鋳造原価に占める比率を高くし、大きなネックになっている。特に、多機種少量生産の鋳物の仕上げ作業の合理化は業界における多年の悲願になっている。」<sup>[8]</sup>と文献にあるように今後はバリ取り、鋳仕上げ作業の合理化が大きな課題であり、この方面にも力を注いでいきたいと考えている。

参考文献

[1] 社団法人 日本ダイカスト協会 編：日本ダイカスト史,1986  
[2] 社団法人 日本ダイカスト協会 編：ダイカスト技術史,1995  
[3] 社団法人 日本金属学会 編：金属便覧,1971  
[4] 前澤成一郎：改訂 材料力学要論  
[5] 中沢 一，本間寛臣：金属の疲労強度,1982  
[6] 村上裕則，大南正瑛：破壊力学入門,1979  
[7] 横堀武夫ら：金属の疲労破壊,1970  
[8] バリ取りと仕上げ技術研究会 編：バリの抑制・除去技術,1981

●著者



内藤則之



# 2サイクルエンジンにおけるポート形状とエンジン性能との関係

## The Relationship Between Port Shape and Engine Performance for Two-Stroke Engines

木下久寿 Hisatoshi Kinoshita

本山 雄 Yuh Motoyama

●研究開発センター 基盤技術研究室

### 要旨

2サイクルエンジンのシリンダー内のガス流速を3次元で測定できるanemometric-testerを用い、シリンダのポート形状を変更した場合のポート形状とガス流れ、およびエンジン性能との関係を調査した。ポート形状は、その形状を決定づける因子の中から、エンジン性能に関係すると思われる因子を選択した。

本研究では、最大出力を発生するエンジン回転数11750 r/minにおける出力と、エンジン出力に少し谷が発生するエンジン回転数10000 r/minにおける出力の2つの運転条件について関係を調べた。その結果、最大出力にはシリンダの流量係数が、10000 r/minでの出力にはシリンダ内の上昇流の量が関係が深いことが明らかとなった。また、最大出力は主掃気ポートの対向掃気側壁の傾き角と、主掃気ポートの内側通路半径との相関が高く、10000 r/minにおける出力は最大出力の場合と相反する形状が良いこともわかった。

### 1 はじめに

2サイクルエンジンは比較的コンパクトで高出力であるという特徴を持っている。この特徴は動力源にとって、極めて重要なポイントである。2サイクルエンジンの多くの設計要素の中で、ポート形状はエンジン性能に影響を与える最も重要な因子の1つである。過去において、Jante<sup>(1)</sup>、Blair<sup>(2)(3)(4)</sup>、など多くの研究者<sup>(5)(6)</sup>が掃気の研究をしてきたが、ポート形状とエンジン性能の関係は明らかではなく、ポート形状の設計は経験によるところが大きかった。

本研究では、シリンダ内のガス流れを3次元計測できるanemometric-testerを用い、出力と流れ場の物理量、およびポート形状との関係を、実験計画法を適用して調査した。

### 2 試験装置とテスト仕様

#### 2.1 試験装置

本実験で用いたanemometric-testerはJante法を基本としてJaros<sup>(7)(8)</sup>によって開発された定常流試験器である。図1に装置概略を示す。

3次元のピトー管の圧力プローブはシリンダヘッドに設けられた溝を通してシリンダ内に挿入され、シリンダ内の動圧と静圧を測定する。

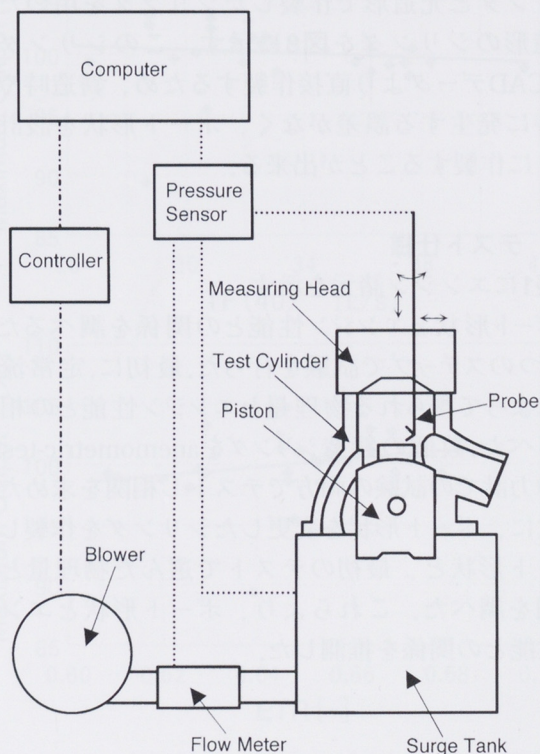


図1 anemometric-tester装置概略



シリンダヘッド上方の測定ヘッドにはモータが取り付けられており、プローブの垂直、水平、回転移動を可能にしている。従って、シリンダのほとんどのエリアで、3次元での流れベクトルの測定が可能である。ピストンは任意のポジションに設定することができる。本計測では、下死点相当の位置に設置し、試験を行った。

掃気プロセスはシリンダの下に位置するサージタンクに圧力をかけることにより行われ、全体の流量はベンチュリ型の流量計により測定される。図2はanemometric-testerの測定ヘッド部の写真である。

定常流試験により測定面上の速度分布（掃気図図4）と以下の物理量<sup>(8)</sup>が得られる。

- (1) 流量係数 (RFC)
- (2) トラップ効率 (ETR)
- (3) 充填効率 (PC)
- (4) 測定面上昇流の量 (TF)
- (5) 流速ベクトル

RFCは実際に流れた流量をシリンダ断面積と圧力差から計算される理論流量で除算した値であり、無次元化されている。以上の物理量の詳細を付録に記す。

定常流試験では実際にエンジンテストを行ったシリンダと光造形で作製したシリンダを用いた。光造形のシリンダを図3に示す。このシリンダは3D-CADデータより直接作製するため、鋳造時や加工時に発生する誤差がなく、ポート形状を設計値通りに作製することが出来る。

2.2 テスト仕様

表1にエンジン諸元を示す。

ポート形状とエンジン性能との関係を調べるために2つのステップで試験を行った。最初に、定常流試験によって得られる物理量とエンジン性能との相関を調べた。数個の鋳造シリンダをanemometric-testerと動力計での試験の両方でテストし相関を求めた。

次に、ポート形状を変更したシリンダを作製し、ポート形状と、最初のテストで選んだ物理量との相関を調べた。これらより、ポート形状とエンジン性能との関係を推測した。

表1 エンジン諸元

Type	Two-Stroke, Single Cylinder, Water Cooled	
Scavenge	Loop-Scavenge	
Bore	54.0	(mm)
Stroke	54.5	(mm)
Displacement	124.8	(cm <sup>3</sup> )
Exhaust Port Opening	83	(°A,BTDC)
Transfer Port Opening	115	(°A,BTDC)
Number of Transfer Port	5	

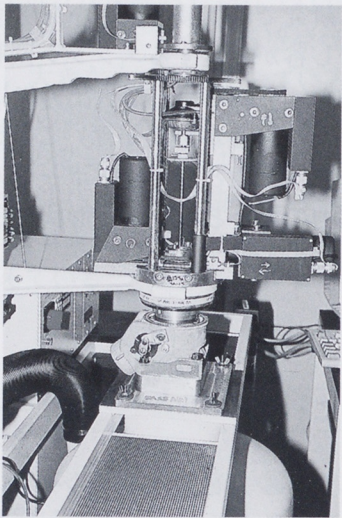


図2 anemometric-tester測定ヘッド

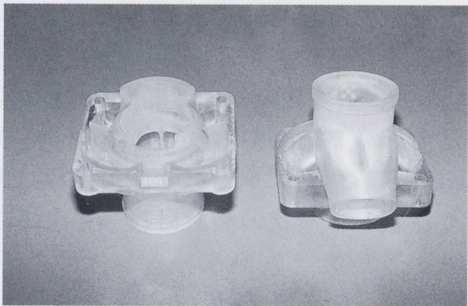


図3 光造形テストシリンダ

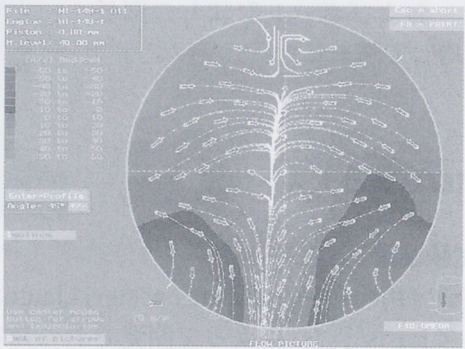


図4 掃気図



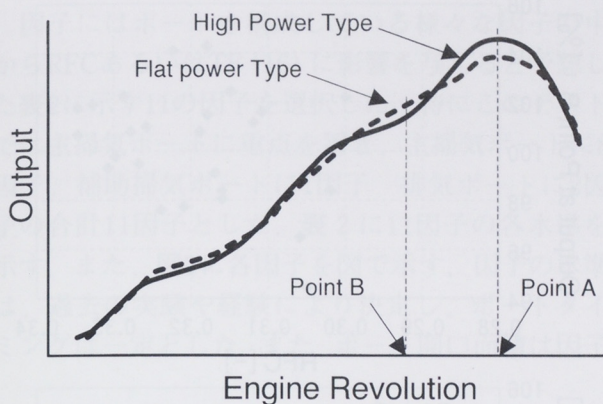


図5 2サイクルエンジンの出力特性

### 3 試験結果

#### 3.1 関連テスト

初めに、anemometric-testerの物理量とエンジン性能との関係を調査した。

2サイクルエンジンにおいて最大出力を得ようとした場合、図5に示すように最大出力発生回転数より少し低い回転域において出力の谷が発生する場合がある。この現象は車両の場合、ドライバビリティに影響を与えることになる。そこで、最大出力を発生するエンジン回転数11750 r/min (ポイントA)、出力の谷が発生するエンジン回転数10000 r/min (ポイントB)、の2つのエンジン回転数での出力と、anemometric-testerの物理量との関係を調べた。

##### 3.1.1 ポイントAにおける相関

anemometric-testerにおける物理量とポイントAにおける出力(最大出力)との相関を図6に示す。この図は、各測定シリンダにおける最大出力の平均値を100%とし、各シリンダでの出力と平均値との比と、各物理量との関係をプロットしたものである。実線は最小2乗法近似曲線である。

図から解るように、最大出力に対して、RFC、PCは相関が見られたが、TF (40)、ETRには相関が見られなかった。RFCとPCを比較すると、後者は分散が大きく、出力に対する傾きも小さい。従って、最大出力と最も相関のあるものとしてRFCを選んだ。なお、TF (40) はシリンダヘッド合い面から40mm下の水平面を通過し、ヘッドに向かうガス量である。この位置は掃気ポートタイミングから1.5mm上方にあり、TF (40) は全体の掃気量から直接排気ポートに吹き抜ける量を引いた上昇流の量を意味している。

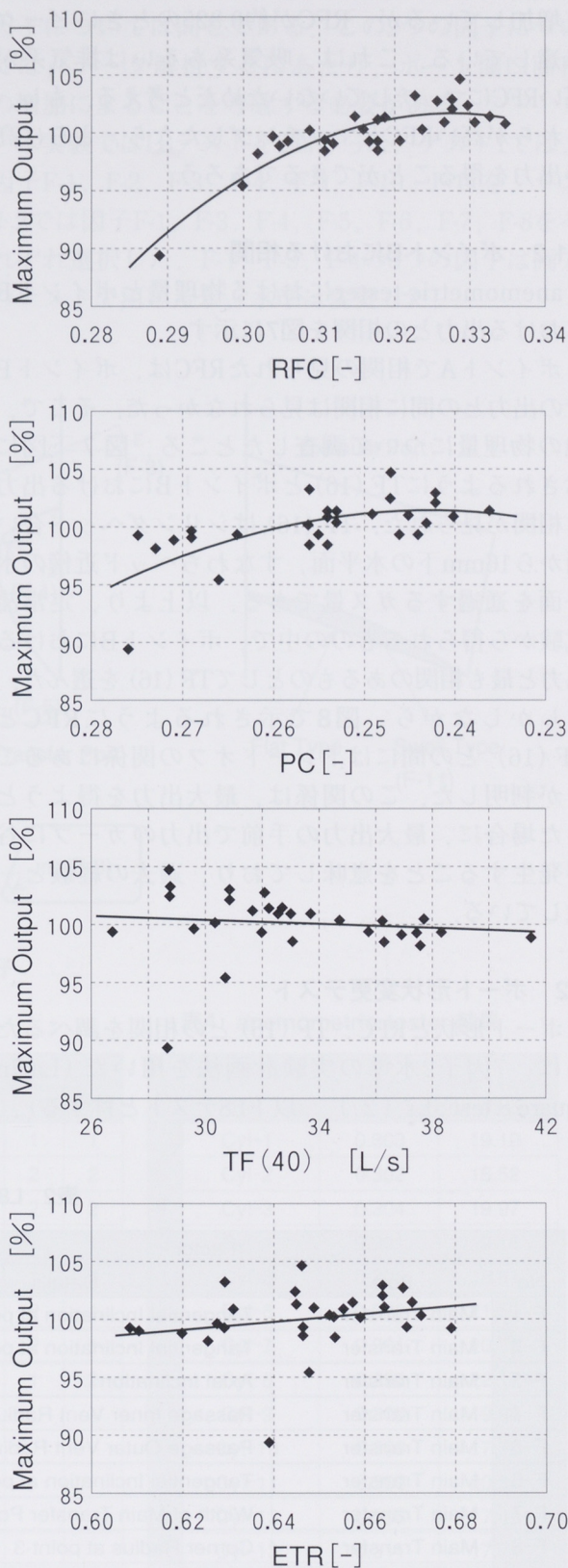


図6 ポイントAにおける相関



図6において、最大出力はRFCの増加にともなうて増加しているが、RFCが約0.325のときにピークに達している。これは、吸気系あるいは排気系が高いRFCにマッチしていないためだと考える。もし、これらが高いRFCとマッチングしたなら、さらに高い出力を得ることができるであろう。

3.1.2 ポイントBにおける相関

anemometric-testerにおける物理量とポイントBにおける出力との相関を図7に示す。

ポイントAで相関の見られたRFCは、ポイントBでの出力との間に相関は見られなかった。そこで、他の物理量について調査したところ、図7下図に示されるようにTF (16) とポイントBにおける出力に相関が見られた。TF (16) はシリンダヘッド合い面から16mm下の水平面、すなわちヘッド近傍の水平面を通過するガス量である。以上より、定常流試験から得られるものの中で、ポイントBにおける出力と最も相関のあるものとしてTF (16) を選んだ。

しかしながら、図8で示されるようにRFCとTF (16) との間にはトレードオフの関係にあることが判明した。この関係は、最大出力を得ようとした場合に、最大出力の手前で出力のカーブに谷が発生することを意味しており、過去の経験と一致している。

3.2 ポート形状変更テスト

ポート形状とRFC、TF (16) との相関を調べるために、7因子2水準の実験計画法を用いた (Latin square 8 test :  $L_8 (2^7)$  ) 以下L8テストと称する)。

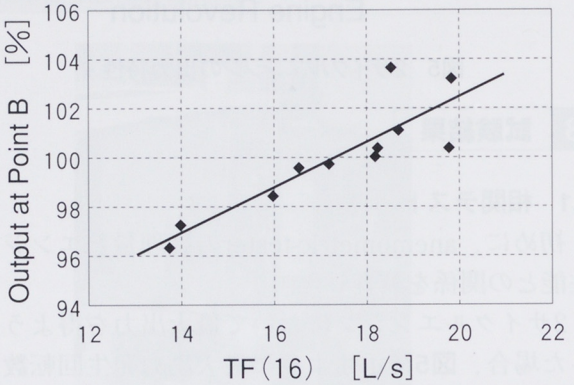
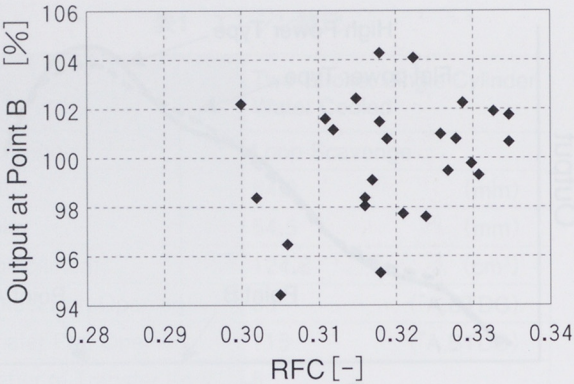


図7 ポイントBにおける相関

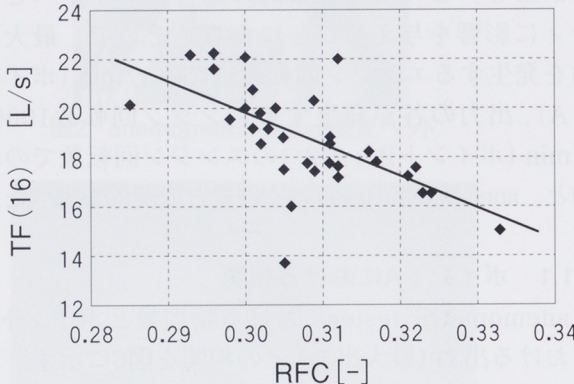


図8 RFCとTF (16) との関係

表2 L8テストの因子と水準

Factor			Test 1		Test 2	
No.	Port	Details	Level 1	Level 2	Level 1	Level 2
F-1	Main Transfer	Tangential Inclination at point-1 ( $\zeta_1$ )	66 deg.	61 deg.	63 deg.	69 deg.
F-2	Main Transfer	Tangential Inclination at point-2 ( $\zeta_2$ )	39.5 deg.	35 deg.		
F-3	Main Transfer	Axial Inclination ( $\epsilon$ )	25 deg.	29 deg.	23 deg.	27 deg.
F-4	Main Transfer	Passage Inner Vent Radius ( $r_1$ )	13.5 R	6 R	11 R	15 R
F-5	Main Transfer	Passage Outer Vent Radius ( $r_2$ )			53.1 R	55 R
F-6	Main Transfer	Tangential Inclination at point-3 ( $\zeta_3$ )			21.8 deg.	26.8 deg.
F-7	Main Transfer	Width of Main Transfer Port ( $\Delta W$ )			STD	+0.8 mm
F-8	Main Transfer	Corner Radius at point-3 ( $r_c$ )			4R	3R
F-9	Auxiliary	Auxiliary Transfer Type	Type 1	Type 2		
F-10	Exhaust	Maximum Width of Exhaust Duct ( $W_E$ )	56.5 mm	59.5 mm		
F-11	Exhaust	Shape of Lower Part	STD	Swell Type		



因子にはポートを構成している様々な因子の中からRFCあるいはTF (16) に影響を与えると予想した表2に示す11の因子を選択した。特にこのテストでは主掃気ポートに重点を置き、主掃気ポートに8因子、補助掃気ポートに1因子、排気ポートに2因子の合計11因子とした。表2に11因子の各水準を示す。また、図9に各因子を図で示す。因子の水準は、過去の実験や経験により決定し、ポートタイミングは一定とした。また、ポート開口面積は因子

F-7で1.3%、F-8で2.1%増加しているが、それ以外の因子については同じである。この2つの因子については、データ解析するにあたり、ポート開口面積の増加によることを考慮する必要がある。

本実験ではL8テストを2回行った。テスト1では、因子F-1、F-2、F-3、F-4、F-9、F-10、F-11を、テスト2では因子F-1、F-3、F-4、F-5、F-6、F-7、F-8をそれぞれ選択した。F-1、F-3、F-4の3つの因子は両方のテストで用いたが、水準は変更した。

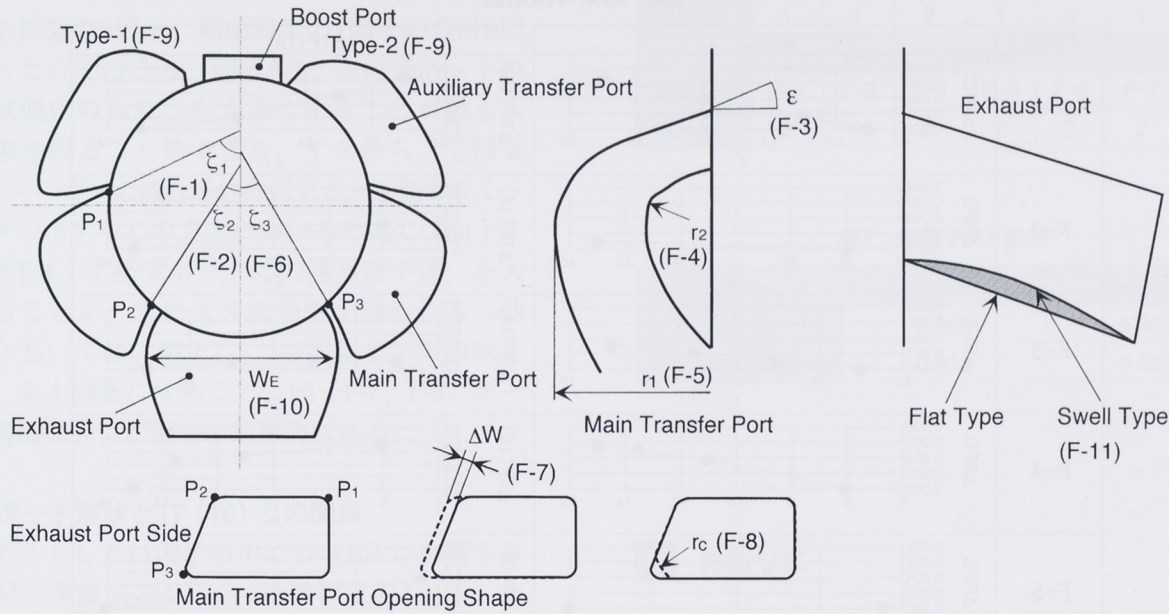


図9 テスト因子

表3 直行表

	Cylinder No.	Factor										
		F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	F-11
TEST 1	Cyl-1	1	1	1	1					1	1	1
	Cyl-2	1	1	1	2					2	2	2
	Cyl-3	1	2	2	1					1	2	2
	Cyl-4	1	2	2	2					2	1	1
	Cyl-5	2	1	2	1					2	1	2
	Cyl-6	2	1	2	2					1	2	1
	Cyl-7	2	2	1	1					2	2	1
	Cyl-8	2	2	1	2					1	1	2
TEST 2	Cyl-9	1		1	1	1	1	1	1			
	Cyl-10	1		1	1	2	2	2	2			
	Cyl-11	1		2	2	1	1	2	2			
	Cyl-12	1		2	2	2	2	1	1			
	Cyl-13	2		1	2	1	2	1	2			
	Cyl-14	2		1	2	2	1	2	1			
	Cyl-15	2		2	1	1	2	2	1			
	Cyl-16	2		2	1	2	1	1	2			

表4 anemometric-tester 結果

	Cylinder No.	RFC	TF (16)
TEST 1	Cyl-1	0.303	19.12
	Cyl-2	0.302	18.52
	Cyl-3	0.304	19.97
	Cyl-4	0.301	19.16
	Cyl-5	0.305	18.81
	Cyl-6	0.296	21.59
	Cyl-7	0.301	20.75
	Cyl-8	0.293	22.17
TEST 2	Cyl-9	0.300	19.98
	Cyl-10	0.308	17.70
	Cyl-11	0.309	20.30
	Cyl-12	0.305	17.49
	Cyl-13	0.311	17.71
	Cyl-14	0.312	17.14
	Cyl-15	0.309	17.40
	Cyl-16	0.312	17.60

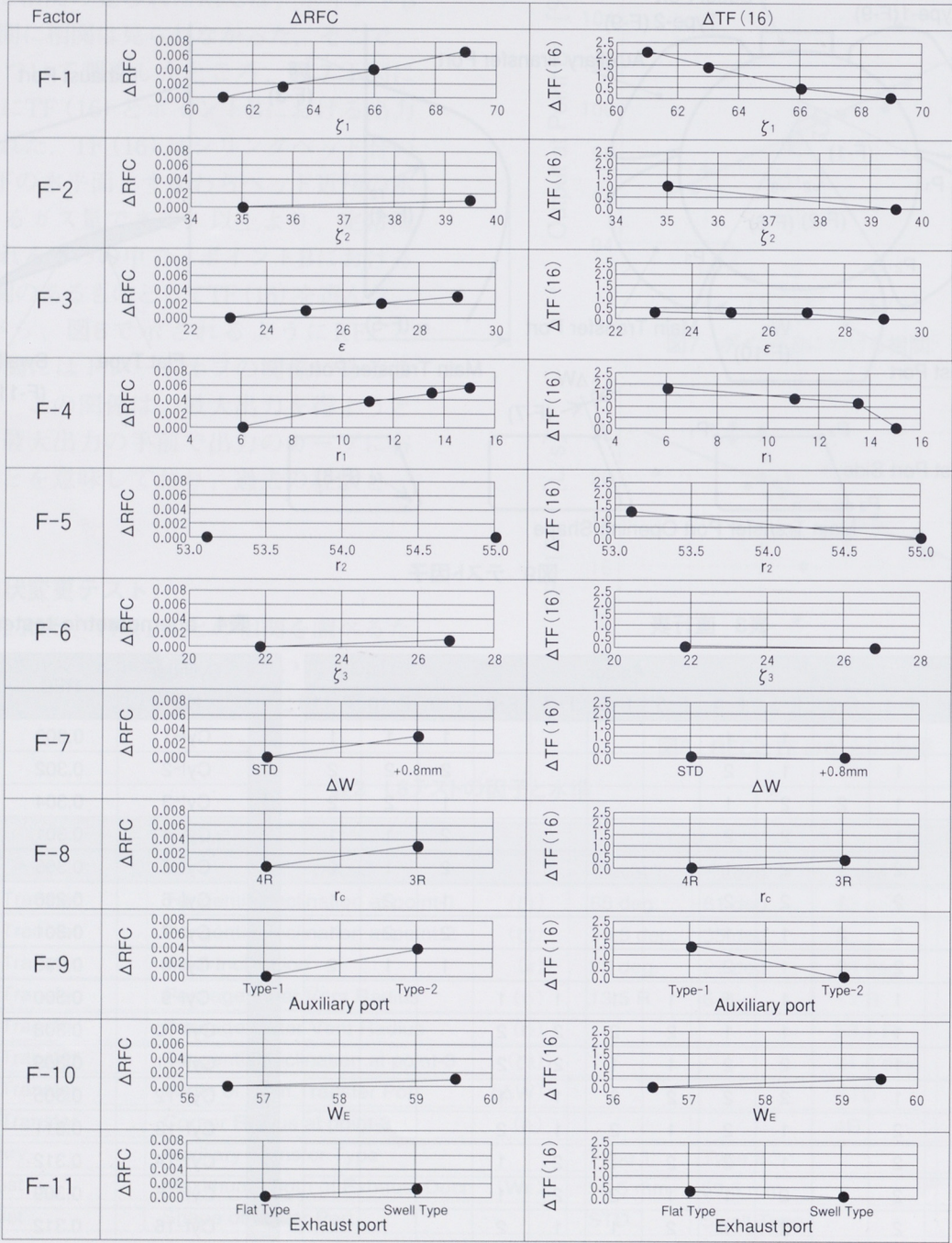


表3の直行表により因子と水準を決定し、各テストごとに8つのシリンダを設計し、光造形にて作製した。

16個のシリンダのanemometric-tester測定結果、RFCとTF (16) を表4に示す。16個のシリンダの中で、RFCの最大値はCyl-14とCyl-16での0.312であった。しかしながら、Cyl-14はTF (16) では最小値であった。各因子の効果の推定値は表4の結果より計算にて求まる。

表5は2つのテストで得られた結果を、効果の推定値でまとめたもので、ポート形状の性能に対する影響を推測することができる。例えば因子F-1において、主掃気ポートの補助掃気側壁の角度 $\zeta_1$ を61度から69度まで変更した場合、RFCは0.0065増加することが推定されるが、反対にTF (16) については2.1減少することが推定される。

表5 効果の推定値





この表からも明らかなようにRFCとTF (16) にはトレードオフの関係が強く、両方とも、あるいはどちらか一方だけ影響を与えるのはF-5、F-7、F-8、F-10の4つである。そのうちF-7、F-8はポート開口面積が増加していることによると考えられる。また、因子F-5、F-10の2つの因子については影響は小さい。

3.2.1 ポート形状とRFCとの関係

今回テストした11因子の中でRFCに影響を与えたのが、主掃気の5因子、補助掃気の1因子の合計6因子であった。そのうち、因子F-1：主掃気ポートの補助掃気側壁の角度、を大きくすることが最も大きな効果を得ることができる。すなわち、主掃気ポートからのガスの流れを対向掃気ポート側でなく、シリンダのボア中心の方向に向けるとRFCは向上する。因子F-4：主掃気ポートの内側通路半径、を大きくすることが、次に大きな効果を得られる。他の因子においては、因子F-3：主掃気ポートの吹き上げ角、を上向きにすること、因子F-7、F-8：ポート開口面積拡大、がRFCに効果的である。

3.2.2 ポート形状とTF (16) との関係

今回テストした11因子の中でTF (16) に影響を与えたのが、主掃気の4因子、補助掃気の1因子、合計5因子であった。そのうち、因子F-1：主掃気ポートの補助掃気側壁の角度、を小さくすることが最も大きな効果を得ることができる。また、因子F-4：主掃気ポートの内側通路半径、を小さくすることが次に大きな効果を得られる。また、因子F-2、F-5もTF (16) に効果的である。

ここで、3つの因子、F-1、F-4、F-9、がRFCとTF (16) の両方に大きな影響を与えることがわかったが、これらは互いに相反する形状を要求しており、注意する必要がある。

4 検証テスト

今回の実験計画法において各因子の独立性を調べるために、RFCが最も高くなる水準を各テストごとに選んでシリンダを作製しanemometric-testerにて測定した。表6に示すように、Cyl-Aはテスト1、Cyl-Bはテスト2でRFCが最大となると予測された

水準を選択した。

RFCの測定結果を表7に示す。Cyl-A、Cyl-Bとも実験計画法から予測できる値に近い測定値が得られた。このことは、今回選択した因子が独立であることを示している。

表6 検証テスト選択水準

Cyl-A (Test-1)							
Factor	F-1	F-2	F-3	F-4	F-9	F-10	F-11
Level	1	1	2	1	2	1	2
Cyl-B (Test-2)							
Factor	F-1	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8
Level	2	2	2	2	2	2	2

表7 検証テスト結果

Cylinder	Estimation	Measured
Cyl-A	0.309	0.309
Cyl-B	0.313	0.312

5 おわりに

3次元の anemometric-testerを用い、2サイクルエンジンのポート形状とシリンダ内のガス流れ、エンジン性能の関係を調べ、次の結論が得られた。

- (1) 定常流試験器でのシリンダの流量係数が高いシリンダは最大出力が高い。
- (2) 定常流での流量係数を上げるには、主掃気ポートの流れがシリンダのボア中心付近に向けること、主掃気ポートの内側通路半径を大きくすることが有効である。
- (3) 最大出力よりやや低い回転数において出力の谷が生じる場合、シリンダ内のヘッドに向かう上昇流を増やすことは出力の谷の改善に有効である。しかし、この上昇流の量とシリンダの流量係数との間にはトレードオフの関係がある。
- (4) 掃気ポートを形成する寸法因子は、流量係数に対して互いに独立しており、実験計画法で得られた効果の推定値を加算して総合的な効果を予測することができる。



■参考文献

- (1) A. Jante, "Scavenging Flow Ducts of 3-Cyl 2-Stroke Cycle Engines". SAE paper 680468
- (2) G. P. Blair, "Studying Scavenge Flow in a Two-Stroke Engine". SAE paper 750752
- (3) G. P. Blair and R. G. Kenny, "Further Developments in Scavenging Analysis for Two-Stroke Engines". SAE paper 800038
- (4) G. P. Blair and R. G. Kenny, "Further Developments in Scavenging Analysis for Two-Stroke Engines". SAE paper 800038
- (5) M. Nuti and L. Martorano, "Short-Circuit Ratio Evaluation in the Scavenging of Two-Stroke S.I. Engines". SAE paper 850177
- (6) D. Plohberger, L.A. Mikulic and K. Landfahrer, "Development of a Fuel Injected Two-Stroke Gasoline Engine". SAE paper 880170
- (7) K. Jaros, "Eine neue Methode zur Bemessung und Bewertung der Spulvorgänge bei Zweitaktmotoren". Kraftfahrzeugtechnik, Berlin 36 (1986) 6
- (8) K. Jaros, "Anemometric Tester Operation instruction".

■付録 anemometric-tester物理量詳細

(1) RFC 流量係数 (—)

このテストで用いる流量係数は、式 (1) に示されるように、実際にシリンダを流れた流量を、シリンダ内径と差圧より求められる計算流量で除算したものである。

$$RFC = Q_{mer} / Q_{leo} \quad (1)$$

$$Q_{leo} = \frac{\pi D^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (2)$$

ここで、 $Q_{mer}$  - 実測流量 (m<sup>3</sup>/s)  
 $Q_{leo}$  - 計算流量 (m<sup>3</sup>/s)  
 $\rho$  - シリンダ内空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\Delta p$  - シリンダ差圧 (Pa)  
 $D$  - シリンダ内径 (m)

(2) ETR 計算上のトラップ効率 (%)

トラップ効率は、水平面で測定した軸方向の速度ベクトルを使って計算する。計算式を式 (3) に示す。

$$ETR = \left( \frac{\sum \Delta S v_a \omega}{\sum \Delta S v_a} \right) \times 100 \quad (3)$$

ここで、 $\omega$  - 変換係数値 (—)  
 $V_a$  - 軸方向速度 (m/s)  
 $\Delta S$  - 計算における微少面積 (m<sup>2</sup>)

変換係数  $\omega$  は、図10で示されるように与えられる。シリンダ壁に近いほど、 $\omega$  係数が大きくなる。また、排気ポート側ほど  $\omega$  係数が小さい。

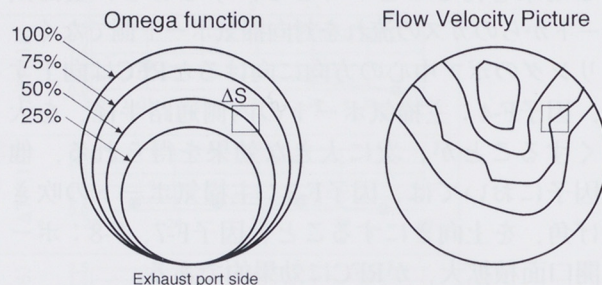


図10 トラップ効率計算概念

(3) PC 充填効率 (—)

充填効率は、式 (4) で示すように流量係数 (RFC) とトラップ効率 (ETR) の積で求められる。

$$PC = ETR \times RFC \quad (4)$$

(4) TF (x) 測定面上昇流の量 (L/s)

シリンダヘッド合面から x mm 下がった水平面で測定したときの測定面を通過する上昇流の量である。

● 著者



木下久寿



本山 雄



## ● 編 集 後 記 ●

職場レベルで技術の内容・報告書等を見ていたときもすばらしいと感じていましたが、ヤマハ発動機技報に掲載された姿で見るとさらに一層輝きを増して見えました。これは装丁というより、大変忙しい中で時間を割きながらエキスを抽出して執筆して頂いた賜です。そして技報を開いた方々がトピックスに目を留め容易に理解し大きなヒントにさせてれています。編集委員としてこの橋渡しのお手をさせていただいてうれしく感じています。こういう材料があるよと編集委員に声をかけて下さい。お待ちしております。(松下)

技報編集を担当して2度目になる。校正作業にもいくらか慣れてきたが、どうしても見落しやミスは残る。人は他人の間違いを指摘することに実に鋭いが、自分の欠点は中々気がつかない。また「あの人はあんなに良いものをもっているのに」と思うことでも、当人は認めたがらない。さいとう・たかをの劇画ゴルゴ13シリーズで、主人公のスナイパーのことを「あれは自分を第三者の眼で観ることができる男だ」と評するセリフが出てきて、これが気に入っている。常々自分もこうありたいと思う。

印刷屋さんへ渡す前に原稿の完成度を上げておくことが、日程短縮につながる。後から修正しようではダメである。単位系、長音表記、全角/半角などの使用基準のほか、ポイントはレイアウトになる。上下左右の余白、ページ当たりの行数、1段の文字数を完成品と同じにした上で、最終ページの余白がなるべく少なくなるよう、図や表を埋め込んで行く。こうしたことが多少分かってきた。

プロと言うには程遠いが、執筆者からも印刷屋さんからも信頼されるよう取り組んでいきたい。(藤田)

### ◆ヤマハ発動機技報編集委員 (2000年3月現在)

編集委員長	前田 哲司	研究開発センター基盤技術研究室
編集副委員長	金井 厚雄	P Eセンター P E技術室
編集委員	米谷 俊一	研究開発センター基盤技術研究室
	中道 正和	モーターサイクル事業本部 技術統括部
	中村 和郎	特機事業部海外営業室
	島田 和男	A M事業部 A M第3技術室
	河野 俊平	舟艇事業部 技術室
	鈴木 幸次郎	I M事業部 技術室
	鈴木 晴久	モーターサイクル事業本部製造統括部 生産管理課
	永井 浩	P A S事業部 開発室
	橋本 正喜	生産 S G生産戦略チーム
	板垣 孝文	スカイ事業部
	佐藤 敏光	GHP事業部 開発室
	松下 行男	三信工業(株)第1技術部
	村松 康幸	(株)アイアイシー 商品開発室
	鈴木 隆	(株)ワイ・イー・シー 第3技術部
	森下 紀夫	森山工業(株)技術部
	山本 隆司	創輝(株)生技開発室
編集事務局	田村 力	総務センター 法務・知的財産室
	藤田 嘉久	研究開発センター 企画室
	梶原 さゆ美	研究開発センター 企画室

お問い合わせ:ヤマハ発動機株式会社 研究開発センター 企画室 電話0538-32-1171  
ホームページアドレス <http://www.yamaha-motor.co.jp>  
技術紹介アドレス <http://www.yamaha-motor.co.jp/profile/kenk-j.html>

### ヤマハ発動機 技報 第29号

YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW

印刷	2000年2月25日
発行	2000年3月1日
発行所	ヤマハ発動機株式会社 〒438-8501 静岡県磐田市新貝2500
発行人	永易 均
編集	ヤマハ発動機技術会技報編集委員会
表紙デザイン	株式会社エムロード
印刷所	桐屋印刷株式会社 〒432-8056 静岡県浜松市米津町1181

無断転載を禁じます





**YAMAHA**

ヤマハ発動機株式会社