

# ヤマハ技術会 技報

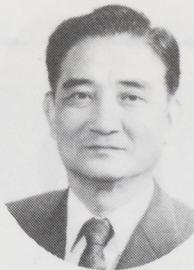
No.9

1990





# 卷頭言



## 21世紀へ向けての生産技術

ヤマハ技術会顧問  
福田 雅彦

90年代への積み残しを避けるかのように、内外にわたる政治の激動が走り抜け、地軸を大きく揺り動かした。新たなバランスを模索する過程では、経済力とこれを支える技術力が、グローバルな力関係を支配して行くであろう。壁が崩れたあと、突出した日本の経済力は、更にくっきりと浮かびあがることになろうが、国際的な共存、支援のスタンスを誤ると、目障りな突起として削り捨ての集中攻撃を浴びるのは必至である。

新しい世紀に向けて、日本人の意識が、経済大国から生活大国への助走を始めたことは紛れもない流れである。自由な思考や行動が人間らしい快適さを求めて、生活をますます多様化し、個性化的のテンポを速めるであろうし、精神的豊かさをも追うことになるであろう。消費の動向は、造る側や売り手の仕組んだメニューよりの選択から、楽しさや意外性を求めた個性的需要へのシフトが更に進むであろうし、高度情報化社会の中では、その消費感覚は、ますます鋭くならざるを得ない。

このような潮流の中にあって、お客様の感性に刺激を与えながら、個性化し高度化する要求を満足する商品、サービスの提供にこぎつけるのは容易な事ではない。ここには限界を見きわめることの出来ない投資が発生する。

その流れの中で製造部門はどのように併走するのであろうか。仕事中心から人間中心へ、働く人を大切にする姿勢は更に強まり、快適な作業環境づくりへの関心をますます高めながらも、ブルーカラー離れは間断なく進んで行くであろう。これは合理化とは異次元の、人から機械への交代を問答なしに促すものである。また最近の加速度的な部品技術の高度化は、既に電子部品の一部に見られるように、人手による組立作業を絶対的レベルで不可能にしつつある。これらに併う設備投資は、新しい評価視点に支えられながらも、経営的にはコストの体系を大きく揺さぶるものである。

次世紀に向けての消費動向の変化を考えると、多種小量生産への対応に向けて原点移動を続いている間に、いつの間にか限りなく個別受注生産に近づいているであろう。“安く、早く”は当り前の要素として埋没しつつあるが、この生産形態での無人化、即納化が住宅産業では今現実のものとなりつつあるように、形を変えて再び我々の眼前に立ちはだかるに違いない。

この時点では、お客様のわがままいっぱいの要求仕様を受けて、設計、生産、コスト、納期が一元的に結合出来るシステムが構築されていてお客様に即答出来る体制が必要となっている。生産管理に人手が介在する余地も殆んどなくなっているであろう。

新しい世紀に向けて、これらの問題をとりあげていく生産技術を考えると、何やら復素平面のイメージと重なり合う。困難ながらも何とか実軸上で議論してきた投資基準が、虚軸にしか投影出来ないような新しい投資対象によって侵食され始めているのである。この10年の助走期間、如何に新しい波動を実数化し、それを含んだ価値の体系を築きあげるかが、20世紀のアンカーを務める我々に課せられたテーマであろう。

## 目 次

## 卷 頭 言

21世紀へ向けての生産技術 ..... ヤマハ技術会顧問 福田 雅彦

1. S/M用ヘルメットの開発 ..... マリン本部第2技術部 島田 芳博 ..... 1

3. W/VウェーブランナーIII  
/MJ-650TLの開発と紹介 ..... マリン本部第2技術部 岡 克則 ..... 11  
三信工業株技術部 中瀬 良一3. 加工ラインの効率向上 ..... 製造事業部第4工場 鈴木 淳一 ..... 21  
" 中島 信行4. モーターサイクル設計における  
CAEの実用化 ..... モーターサイクル本部第1設計部 吉村 昇 ..... 295. FZR400RRのエンジンの開発 ..... モーターサイクル本部第1設計部  
一ノ瀬克仁 ..... 396. わが社における設備投資の経済性検討 ..... 生産本部生産技術部  
中村 晃 ..... 49  
" 製造事業部第5工場 内山 孝

# S/M用ヘルメット の開発



部品(事)商品営業部 島田芳博

## 1.はじめに

レーサーレプリカに対するヘルメットの、新しいトレンドは、テイスティである。

このゾーンに向けて展開するヤマハヘルメット・テクノロジーのキーワードが、EASEである。EASE〔イーズ〕、(気楽、安楽、余裕、苦痛をやわらげる、の意味)、そんな『快適性』を基準に、ヘルメットの新しいステージを拓こうとするもので、その成果のひとつが、OE、FE-Xであり、本格的な内装着脱式を、開発導入し、洗えるヘルメットとして、大きな波紋を投げかけた。

またEASE第二樂章ともいるべきシステムヘルメットSAは、フルフェイス、ジェット、両タイプの機能メリットを有すコンセプトが、高感度なユーザーを中心に受け入れられ、今も市場での指名買いがたえない。

今回紹介する『SA-AF』(S/M用ヘルメット)は、モーターサイクルスポーツで蓄積した、ヘルメット・テクノロジーと、スノモライフをいちばんよく知っているヤマハを母体として、ロードと、雪原の異種交配によって誕生した。

その成果は、曇りを極力押えることに成功し、『快適性』を高めたことである。



写真1 OE・FE-X



写真2 SA

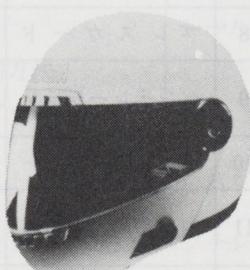


写真3 SA-AF

## 2. 仕様概要

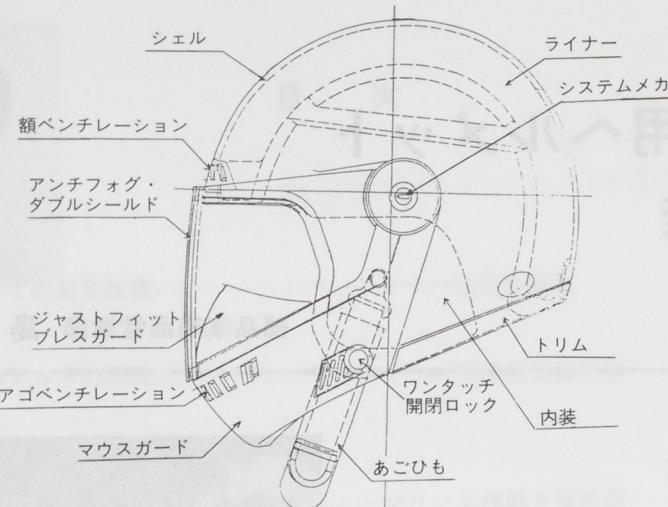
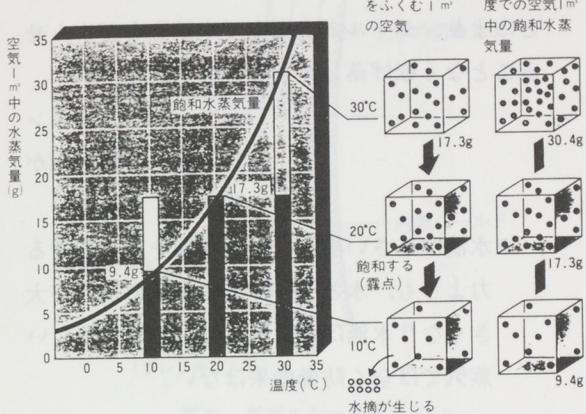


図1 Assy図

表1 仕様一覧表

項目		仕 様
1	機種	システム ※製品安全協会登録上は ジェットタイプ
2	規格	JIS C種 ※MFJは無し
3	帽体構造	Y·A·C-036 (YAMAHA ADVANCED COMPOSITE SYSTEM)
4	サイズ	Mサイズ(57~58cm) Lサイズ(59~60cm)
5	帽体カラー	メルティングブラック
6	システム機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ シールドとマウスガードが独自に可動 (ダブルラチェット構造)</li> <li>◦ ワンタッチ開閉ロック機構</li> <li>◦ マウスガード→P.Cインジェクション成型品</li> <li>◦ 帽体と一体塗装、トリム付</li> <li>◦ マウスガードはジェット型ヘルメットの付属部品 (スネルチンバー試験合格レベルの強度あり)</li> </ul>
7	アンチフォグ・ダブルシールド	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ P.C、三次曲面           <ul style="list-style-type: none"> <li>{表面板厚 t1.2 硬化処理、印刷付</li> <li>{裏面板厚 t2.0 化学的防曇処理</li> </ul> </li> <li>◦ ダブル構造</li> <li>◦ 5段階クイックオープン</li> </ul>
8	プレスガード	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ジャストフィットタイプ (立体ウレタンフォーム×芯材入り構造)</li> </ul>
9	ベンチレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ツインダイレクトベンチレーションシステム           <ul style="list-style-type: none"> <li>額 (シェルフラッシュタイプ) 3ポート</li> <li>アゴ (マウスガード一体) 7ポート</li> </ul> </li> </ul>
10	ライナー	発泡スチロフォーム (30倍、板厚27mm)
11	内装	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 固定内装</li> <li>◦ ネックリング構造</li> <li>◦ フィット感、通気性を考慮したウレタンフォーム採用</li> <li>◦ 肌ざわりの良いナイロンフレンチバネル生地採用</li> </ul>
12	あごひも	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 取外しの楽なナックル型Dリング採用</li> <li>◦ ナイロン幅 25mm、厚み 1.8mm</li> <li>◦ たれ防止リング付</li> </ul>
13	トリム	インジェクション一体成型品 材質:ウレタンゴム

### 3. 曇り防止システム



\* この場合、温度による空気の体積の変化は無視するものとする。

図2 溫度と飽和水蒸気量の関係

図-2は水蒸気をふくんだ空気が冷えると、ある温度で飽和に達し、それ以下に温度が下ると水滴が生じ始めることを表した図である。

具体的には気温30°Cのとき、17.3 g の水蒸気をふくむ空気  $1\text{m}^3$  を冷やして、10°Cまで下げた場合、30°C、20°C、10°C、それぞれの温度での空気  $1\text{m}^3$  中の飽和水蒸気量は、30.4 g、17.3 g、9.4 gなので、20°Cで飽和し、10°Cでは7.9 g ( $17.3\text{ g} - 9.4\text{ g}$ ) の水滴が生じ、曇りとなる。

例えば、寒冷地ではたえずシールド面は、外気によって冷やされるが、内部は湿気を含んだ体温によって暖められる。

そこにシールド内外の温度差がなければ、飽和水蒸気量を越えるほど汗をかかない限りシールド

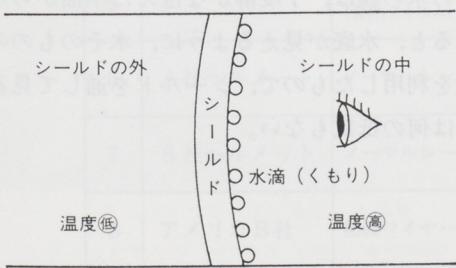


図3 シールドの曇り

は、曇らないし、反対に温度差が激しければ、わずかな汗でも曇りやすくなる。

それでは、曇りを防止するには、どうすればよいのか、単純に考えれば、シールド内外の温度差をなくすればよいわけであるから、ベンチレーション効果（通気効果）を、高めればよい。

しかし、走行中はよいが静止状態または、走行中でも発汗時は曇りが生じ、よほどシールドを開けない限り曇りは取れないし、逆に極寒時には凍結してしまう。シールドを全開にしなければ走行不可能となる。

そこで曇りを防止するために、4つの要素を持つ曇り防止システムを考案した。

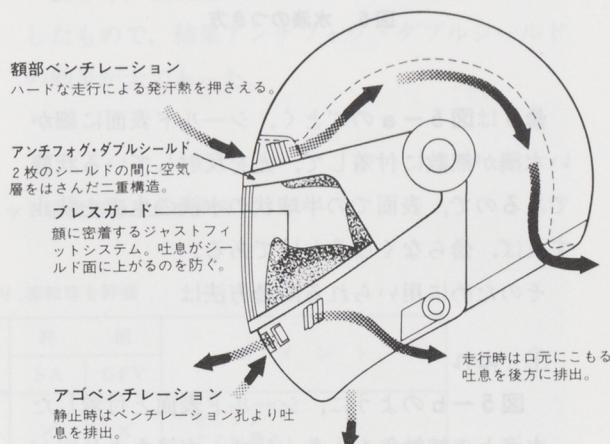


図4 曇り防止システム

#### (1) 化学的方法

曇り止めシールド  
(化学的防曇加工) } アンチフォグダブル  
シールド

#### (2) 物理的方法

ダブルシールド

#### (3) ジャストフィット・プレスガード

ツインダイレクト・ベンチレーション  
額部ベンチレーション  
アゴベンチレーション

### 3-1 アンチフォグ・ダブルシールド

#### 3-1-a 曇り止めシールド（化学的処理）

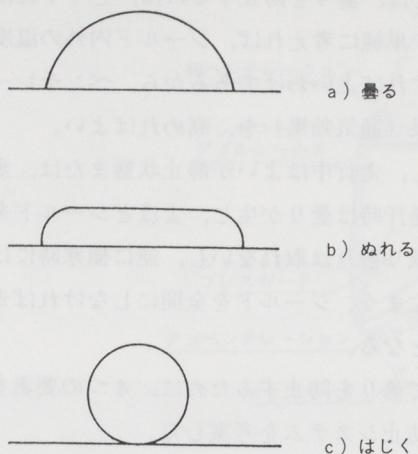


図5 水滴のつき方

曇りは図5-aのごとく、シールド表面に細かい水滴が無数に付着して、光を反射している状態であるので、表面での半球状の水滴の生成を防止すれば、曇らなくなるわけである。

そのために用いられる防曇方法は

##### ①ぬれ

図5-bのように、シールド表面と付着した水滴との接触角を小さくして、水滴をぬれ広がらせることにより水の膜としてしまい、光の乱反射を防ぐ。

——界面活性剤  
(石けん水)

##### ②吸水

シールド表面に、何らかの吸水層を設けることにより、付着した水分を吸収してしまい、表面に水滴を形成させない。

——吸水性高分子  
(5~20 $\mu$ )  
親水性アクリル  
PVA  
セルロース系

##### ③排水

図5-cのように、シールド表面と付着した水滴との接触角を大きくして、水滴をはじくことにより、シールド表面上で水滴をとどまらせることなく転げ落してしまう。

——パラフィンやシリコン系フッ素系の撥水剤が一般的

\*水滴が小さい場合には、水滴を落下させる力よりも、水とシールドの付着力の方が大きくなり水滴は落下しない。呼気や少ない蒸気では全く防曇効果はない。

##### ④水蒸気の凝集防止

シールド表面を、常に露点以上の温度に保つなどして、水蒸気を凝集させない。

——加熱  
電熱線を貼る  
面発熱フィルムを貼る  
\*いずれにしても、電源が必要であり、消費電力より直接スノーモビルより電源を取る為、配線コード等で操縦の動きに制約を受ける。

また、防曇効果の範囲も加熱されている部分のみで、視界も制約を受ける。

以上4つに分類される。

曇り止めシールドは、①、②すなわち露結する水滴を吸収し、シールド内面にぬれ広がらせることにより、水の膜としてしまう働きをもっている。この水の膜は、丁度静かな澄んだ水面から水中を見ると、水底が見えるように、水そのものの透明性を利用したもので、シールドを通して見る視界には何の抵抗もない。

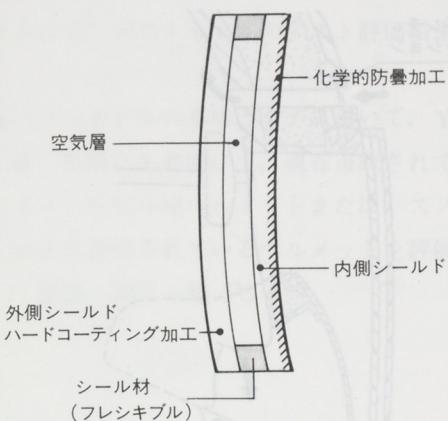


図6 ダブルシールド

2枚のシールドの間に空気層をはさんだ二重構造。

空気層を断熱材のように動かせ、シールド内外

の温度差を少なくすることで、曇りを防ぐ。

※空気層については、製造工程において乾燥、空気を封入している。

① 素材 PC (ポリカーボネート) の吸水性対応  
PCの特性上、ガラス等とは違って、数パーセントの吸水特性がありその対応として、空気層側にも化学的曇加工を実施した。

## ② 気圧対応

完全な密閉構造の場合、標高1000m以上の高山での使用で、気圧差によって、シールドのゆがみや、場合によっては割れる問題がある。

その対応として、シーリング材はシールド全体を、フレシキビリティにしている。

表2は、低温室にてシールドの防曇性テストをしたもので、結果アンチフォグ・ダブルシールドの効果が大であった。

表2 スノーモービルヘルメット低温室曇り止めテスト

- 条件 a) -20℃～-30℃の低温ルーム  
b) ヘルメットを着用し、シールドの曇り、凍結等を評価

No.	メーカー	シールドタイプ	評価		コメント
			SA	GFV	
1	Y A M A H A	ノーマルシールド	×	×	・全くダメ ・すぐに曇る
2		アンチフォグ処理	○	○	・曇らない
3		ダブルレンズ	△	△	時間経過後、一部に曇り・凍結水滴が発生
4	L M E	アンチフォグ +ダブルレンズ	◎	◎	長時間の使用でも曇らない
5	T	ヒーティングフィルム (発熱フィルム)ラミネート	○	○	電池等のバッテリーの耐久性(時間)に問題あり
6	A社ヘルメット	ノーマルシールド	×		・全くダメ ・すぐにくもる
7	S社ヘルメット	ノーマルシールド	×		・全くダメ ・すぐにくもる
8	アメリカB社	熱線ワイヤーシールド	△		熱線ワイヤーの部分だけ曇らない。他はくもる
9	西ドイツ社	ダブルレンズ	△		少時間のみOK 時間経過後、曇り等が発生

### 3-2 ジャストフィット・プレスガード

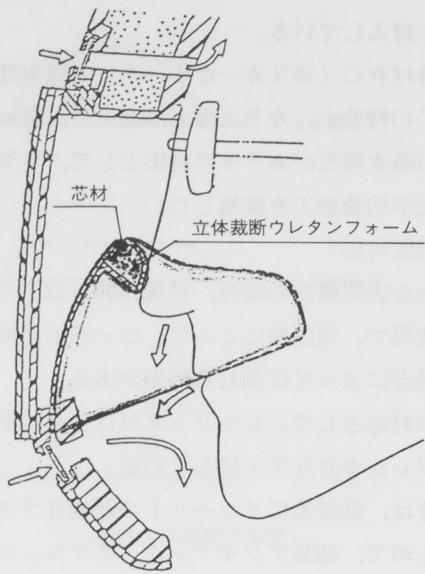


図7 ジャストフィット・プレスガード

吐息がシールドに直接かかると、曇る原因となる。それを防止する為に、2つ工夫をした。

- ① 芯材を入れることで、鼻と頬の形状に合わせれば、どんな人でもピッタリ固定出来る。
- ② 直接顔に当る部分は、立体ウレタンフォーム構造で、ギャップ走行時でもフレキシブルに対応し密着する。



写真4 現状ヘルメット

ガムテープで、口元をふさいでいる。  
この他ユーザーが、一般M/Cヘルメットに、  
独自に工夫をしている。

### 3-3 ツインダイレクト・ベンチレーション

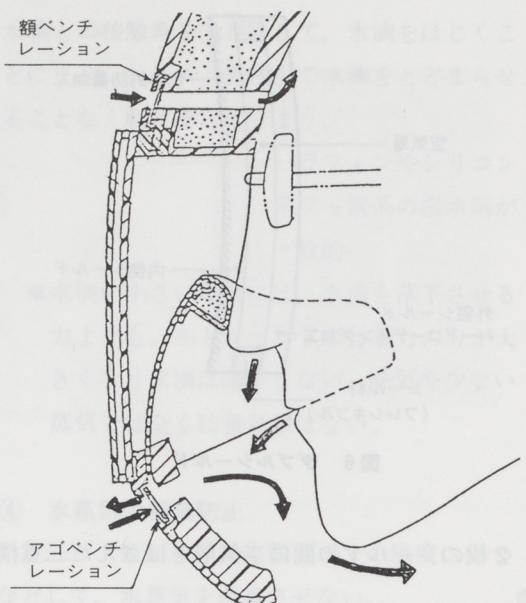


図8 ツインダイレクト・ベンチレーション

額とアゴ（マウスガード）の2ヶ所に、ベンチレーションを設置。

#### 額ベンチレーション

頭部の発汗熱を抑えるクーラーの働き。

#### アゴベンチレーション

静止時、吐息を外へ排出し、走行中は流入風とともに、吐息を帽外に排出する。



写真5 SA-AFプロトヘルメット

'88カナダ (HAY RIVER) でのプロトヘルメットテスト中の写真

### 3-4 海外テスト結果

表2は、カナダ(HAY RIVER)特機技術海外テストにて、プロトモデルのテスト評価結果である。

\*スノーモビルの本場カナダにおいて、YMC & YMCA共同にて、現在市販されているスノーモビル用ヘルメットまたは、スノーモビルに使用されているヘルメットを評価。

気温-20°C~30.5°C

表3 海外テスト結果

No.	メーカー	モデル	仕様	シールド	メガネ	備考
1	イタリア A社	X-1000	・フルフェイス ・プレスガード ・アンチフォグ フィルム	×	×	役ブ 目レ がス 不ガ 十 一 分 ド の
2	イタリア A社	AG-100	・フルフェイス ・ノーマルシールド	×××	×××	
3	イタリア N社	スノーライン (SNOW LINE)	・フルフェイス ・アンチフォグ フィルム	×	×	
4	韓国 N社	FG-4	・フルフェイス ・ダブルレンズ シールド ・韓国製 (スネル85)	××	××	
5	ヤマハ	SA GFV	・ダブルレンズ ・アンチフォグ処理 ・大型プレスガード	○	△ ハードな走行 後、止った時 にメガネくも ることあり。	

〈総合評価〉 10点法

ヤマハ > スノーライン > X-1000 > FG-4 > AG100  
 (10) (5) (4) (3)

いずれにしろスノーモビル専用ヘルメットとしてはNG

写真6、7、8は、プロトモデルのテストライダーによる評価中の写真。



写真6



写真7



写真8

## 4. 快適システムヘルメット

### 4-1 マウスガード開閉システム

フルフェイスの形でありながら、マウスガードが開閉できることで、ヘルメットをはずさず前面が開放され、スタック時のわずらわしさを解消。

- ① メガネをつけたままヘルメットの着脱が可能。
- ② 着用したままたばこを喫ったり、コーヒーが飲める。



写真9 マウスガード開閉システム

### 4-2 マウスガードワンタッチ開閉機構

両サイドのボタンを押すだけで、開くことができ、閉じるときはマウスガードを振りおろすだけでロックができる。

## 5. 安全性

### 5-1 マウスガード強度

マウスガードは、帽体とは別体であり、また、デザイン機能面より、インジェクション成型品を採用した。その為安全性より、その強度を『スネルM85アゴバー試験』に、合格するレベルに設定した。

※完全なフルフェイスヘルメットではない為、  
公的には、ジェット型ヘルメットとして登録さ

れ、マウスガードは、ジェット用ヘルメットの付属部品扱いとなっている。

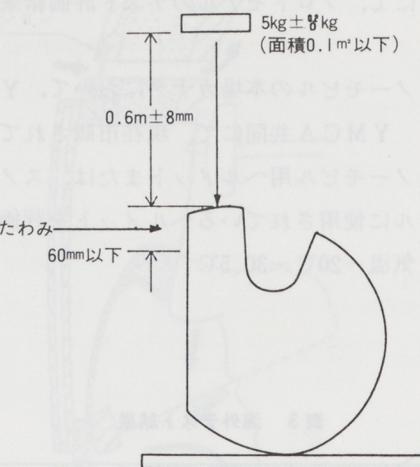


図9 スネルアゴバー試験

### 5-2 極寒時の各部品の凍結

各機能部品が、極寒（-30℃）での使用で、凍結の上破損しないかも大きな課題であった。

実際に、カナダ及び土別テストにて問題のないことが確認された。

※写真10、11はカナダでの凍結テスト時のもの。



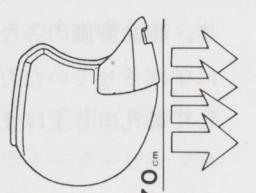
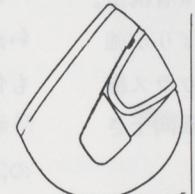
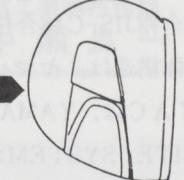
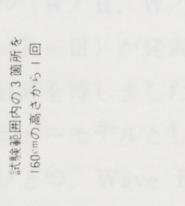
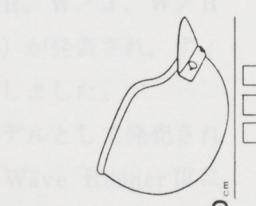
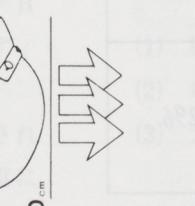
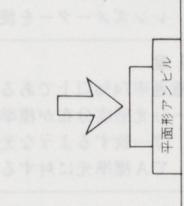
写真10



写真11

表 4 乘車用安全帽 (JIS T 8133) 規格表

乘車用安全帽(JIS T8133)規格表

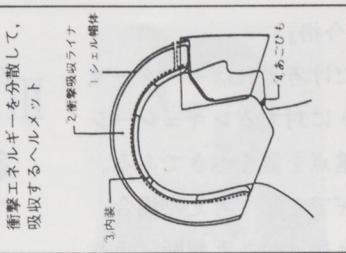
衝撃吸収性試験		耐貫通性試験	
A種	B種	C種	
試験範囲内の3箇所を 160cmの高さから1回	試験範囲内の4箇所を 170cmの高さから2回	試験範囲内の2箇所を 183cmの高さから2回	試験範囲内の2箇所を 183cmの高さから2回
			
160 cm	170 cm	183 cm	183 cm
原付自転車、一般四輪 125cc以下の自動二輪	ハーフ型 セミジエット型	セミジエット ジエット フルフェイス	自動二輪 競争用自動二輪、四輪
			
300G未満	300G未満	300G未満	300G未満

あごひも強さ試験

あごひものにおける荷重(kgf)			
	初期荷重	試験荷重	伸U
A種	5	50	25mm未満
B種	15	90	25mm未満
C種	23	136	25mm未満

その他(構造規格がある)

ヘルメットの構造と役目



- 滑りやすく、衝撃エネルギーを一点に集中させます(衝撃吸収装置)。
  - ヘルメット構体が分断した衝撃エネルギーをヘルメット構体のナーナーが受け流すことで、吸収する力が弱くなります。
  - 3.内装

### 5-3 帽体構造

『乗車用安全帽JIS-C種合格』

スノーモビルでの使用だけ考えればモーターサイクルと違い、ヘルメットに対するレギュレーションはない為、軽量化に重点を置くべきである。

しかし、同じ頭を守るギアとして考えた場合、モーターサイクルと同等と扱うべきと判断、それもスピード、ギャップ走行時の安全性より、乗車用安全帽JIS-C種合格品とした。

帽体構造は、ヤマハ独自の「YAC-036」  
(※YACは、YAMAHA ADVANCED COMPOSITE SYSTEMの略)

「フレックスFRP」プラス軽量かつ強度性能にすぐれた「ヤマハ名036繊維」の複合積層構造。

フレックスFRPは、貫通に対するねばりが強く、衝撃を広く拡散する特性を持つ特殊ガラス繊維で、耐衝撃吸収性と耐貫通性をいっそう向上させている。

表5 光学特性

JIS TG137-1982 乗車用眠保護具	アンチフォグ・ ダブルシールド
<b>平行度</b> 0.167プリズムディオプトリ以下 試験—オートコリメーター又はレンズメーカーを使用	0.000
<b>屈折力</b> (a) どのような経線においても屈折力が、 $0 \pm 0.125$ ディオプトリであること  (b) どのような乙経線においても屈折力の差が $0.125$ ディオプトリ以下であること。 試験—(a)、(b)共にオートコリメーター又はレンズメーカーを使用	$+0.025$ $-0.042$  0.067
<b>透明度</b> 視感透過率74%以上であること 試験—分光感度分布が標準視感度曲線には一一致するような光電受光器を用いてA標準光に対する視感透過率測定	82%

### 5-4 アンチフォグ・ダブルシールド光学特性

ダブルレンズ及び化学的防曇処理より、光学特性が落ち、視界をいちじるしく低下させないよう「JIS T 8137-1982乗車用眠保護具」光学特性合格レベルとした。

※JIS T 8137-1982乗車用眠保護具の規格は、一般用二輪自動車の乗員及び競争用二輪自動車又は競争用自動車の乗員が、粉じん、風圧及び飛来物から主として目を保護するための乗車用眠保護具について規定したもの。

### 6. おわりに

スノーモビルヘルメットとして今回紹介させていただきましたが、このままモーターサイクルでも使えます。

なお、曇りに対する一応の評価は得られたものの、どのような条件下でもくもらないものではなく、またマウスガードの安全性及び機能面でも、完成度を高めるのが、今後の課題です。

ヤマハヘルメット・テクノロジーであるEAS E『快適性』への新たな開拓に向け、今後も努力をして行きたい。

最後に、開発当初より御協力していただきました特機技術2課並びに品証1課S/Mグループの方々には、海外テスト及び士別テストを通して、商品評価のみならず、開発姿勢について大いに学ばさせていただきました。この書面を借りまして御礼申し上げます。

# W/V ウェーブランナー III ／MJ-650TLの開発と 紹介



マリン本部第2技術部  
岡 克則

三信工業株技術部  
中瀬良一

## 1. はじめに

ヤマハ、ウォータービークル“Wave Runner”がU.S.市場に登場したのは、'87年初め、今から4年前の事であります。

最初、半信半疑であった売れ行きは、発売当初から予想を上回る勢いで、私達を驚かせました。U.S.以外の市場に於いても、国内を初め、欧州、カナダ、オセアニア、一般地と拡大し、今や世界80数ヶ国での水面で使用されています。

この様にして、はじめ馴染みの薄かった、ウォータービークルと言う言葉も、今では、社内外の皆様方に広く知られる様になりました。

例年、夏にヤマハマリーナ浜名湖で開催される本技術会の試乗会に於きましても、その機動的で壮快な運動性を体験された会員の方が多勢おられることと思います。

さて、昨年8月、U.S.ジョージア州、キャラウエイガーデンに於いて、全米ウォータービークルディーラーミーティングが開催されました。席上'90年モデル、5モデル(W/V R, W/V J, W/V R-LX, S/V J, W/V R-III)が発表され、ディーラー各位の盛大な好評を博しました。

今回は、この中でニューモデルとして発売された3モデルのうちのひとつ、Wave Runner IIIに就いて、開発経緯、および仕様について御紹介させて戴きたいと思います。



写真1 Wave Runner III/MJ-650TL

註; Wave Runner IIIは、U.S., カナダ、一般地の名称、MJ-650TLは、欧州、国内の名称である。

## 2. 開発概要

### 2-1 開発の背景

W/Vが市場に浸透して行くに連れて、W/Vを更に上回る期待感が明確になって来た。それらは、商品に対して、次の3項目であった。

- (1) 加速感の向上
- (2) 乗員の複数化
- (3) 大型化

加えて、市場背景として、以下の3点が挙げられ、ここからWave Runner IIIが生まれた。

- (1) 今後ともファミリーユース分野の需要拡大が見込まれる。
- (2) ニューモデル投入によるディーラーへのインパクトが必要。
- (3) 競合他社の参入が予想され、新商品の早期投入が必須。

## 2-2 開発の狙い

この様な市場背景をもとに、Wave Runner III の商品基本コンセプトが検討された。

- その位置付けは、  
「W/R系（ファミリーユース）の象徴モデル」となる商品、換言すると、
- (1) 他社商品に先行するモデルとしてラインナップ化する。
  - (2) W/Rシリーズのフラッグシップとして、W/Vの支柱とする。
  - (3) '90モデルとして発売し、販売網の活性化を計る。

と言う事に決定された。

これらを既存モデルとの関係に於いて、チャート化したものが、コンセプトマップ（図1）である。

**YAMAHA  
WATER VEHICLE LINE UP**

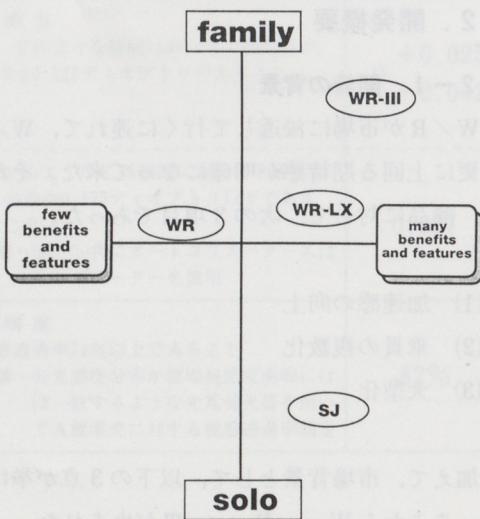


図1 コンセプトマップ

## 2-3 設計企画概要

ここで、重要なことはウォータービークルとしての特性、運動性を損なうこと無く、既存のウェーブランナーと何如に差別化して行くか、と言うことである。

それでは、もう少し具体的に商品イメージを、表現してみたいと思う。

ウェーブランナー系の象徴モデルとしての要素は何れも相互の釣合いが大切であることは言う迄もありません。

- (1) 外観はW/Rイメージを継承し、ラグジュアリーな仕上りとする。
- (2) 性能は、従来のW/Rを超えたものであること。
- (3) 3人（大人2人、小人1人、450lb）でも乗ることができる。
- (4) 後進が可能であること。

### 2-3-1 主要諸元

表1にWave Runner III/MJ-650TLの主要諸元表を、図2に外観図を示す。

主要寸法決定に際してのキーポイントを挙げると以下の様になる。

- (1) 全長を3m未満としたこと；  
大型化とは言っても可能な限り小さい方が輸送、可搬性、コスト、等の面で有利となる。
- (2) W/Rの船形を基本に、幅を片舷50mm、ダブルチャインとして増加したこと；  
3人でも乗ることができる横安定を確保しつつ、且つ運動性能はW/Rを受継ぐ。
- (3) 全幅は、輸出を考慮して、コンテナに2列納まる寸法に押える。
- (4) トランサムは、後進を考慮して、W/Rより、ラウンド形状とする。
- (5) 全体のデザインは、W/Rを引継いだ、流れの美しさを強調する。
- (6) エンジンはパワーアップを計り、50PSの新

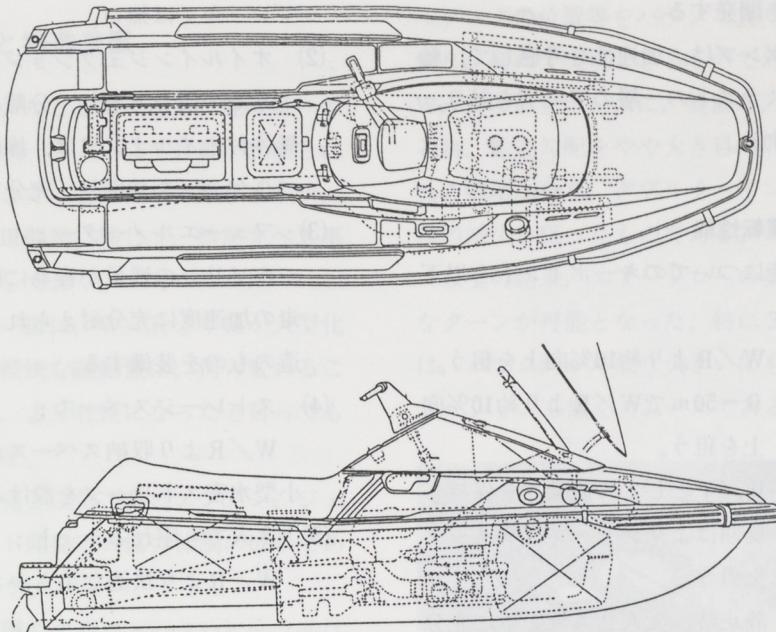


図2 外観図

表1 主要諸元表

Item	Model	Unit	WaveRunner III
MODEL CODE:			
Hull			FJ0
Engine			6R8
DIMENSIONS:			
Length		mm (in)	2,990 (117.7)
Width		mm (in)	1,110 (43.7)
Height		mm (in)	950 (37.4)
Dry weight		kg (lb)	206 (454.1)
PERFORMANCE:			
Maximum speed		km/h (mph)	60.5 (38)
Static thrust		kg (lb)	225 (496)
Minimum turning radius		m (ft)	0
Maximum output		kW (hp)/rpm	37.3 (50)/6,000
Maximum fuel consumption		ℓ/h (US gal/h)	23 (6.1)
Cruising range/at full throttle		hr.	1.7
ENGINE:			
Engine type			2-stroke
Number of cylinders			2
Displacement		cc (cu. in)	633 (38.62)
Bore & stroke		mm (in)	77 × 68 (3.03 × 2.68)
Compression ratio			7.2
Intake system			Reed valve
Carburetor type			Floateless type
Number of carburetor			1
Carburetor starting system			Choke
Scavenging system			Loop charged
Lubrication system			Oil Injection
Cooling system			Water-cooled
Starting system			Electric starter
Ignition system			C.D.I.
Ignition timing			15° BTDC ~ 21° BTDC
Spark plug			BR-8HS
Battery capacity			12V-19AH
DRIVE UNIT:			
Propulsion system			Jet pump
Jet pump type			Axial flow, single stage (with reverse thrust)
Impeller rotation			Counter clockwise (Rear view)
Transmission			Direct drive from engine
Steering (nozzle) angle			23° ± 1°
FUEL AND OIL:			
Fuel			Regular gasoline
Gasoline and oil mixing ratio			50 : 1 (W.O.T.)
Fuel tank capacity		ℓ (US gal)	40 (10.6)
Oil tank capacity		ℓ (US gal)	Including 7 (1.86) reserve 4 (1.06)

エンジンを開発する。

- (7) ジェットポンプは、加速性を考慮して、軸流とし、スラストの一層のアップを計り、新規開発する。

### 2-3-2 運転性能

次に、運動性能についてのキーポイントを以下に挙げる。

- (1) 最高速力：W／Rより約10%向上を狙う。
- (2) 加速：0～50mでW／Rより約10%向上を狙う。
- (3) 旋回性能：W／Vとしての運動性を保持し  
旋回はよりシャープでクイックを狙う。
- (4) 安定性：静止時、大人2人乗船時に充分安定であること。又、大人2人小人1人の時、わずかにバランスを取れば安定していること。
- (5) ドライ性：小波水面、直進航走に於いて、操船者の顔にスプレーが浴びないこと。
- (6) 航続時間：全開航走時、W／Rと同等以上のこと。
- (7) 転覆：転覆頻度がW／R比較で少ないと、又、転覆時ひとりで引起こし可能であること。

### 2-3-3 ニューフィーチャー

ウェーブランナーIIIは、従来のモデルに無い、いくつかの特徴を持っている。図3にそれらを示す。本項では、このうち代表的なもの5項目について紹介する。

これらは、何れも、ヤマハグループの技術開発の総合力としてまとめあげられたものであります。

- (1) リバースコントロール；

前進、後進の切替えが可能、但し後進は、スロープからのランチング、旋回不可能な狭い水路に於ける操船などに使用するもので、

ブレーキでは無い。

- (2) オイルインジェクション；  
給油の便を考慮し、分離給油方式とする。  
艇体付オイルタンクは、操船者から見えるレベルゲージを装備し、充分な容量を確保する。
- (3) フューエルメーター；  
ガソリンの残量が容易に確認でき、且つ航走の加速度に充分耐えられる。水密、防曇構造のものを装備する。
- (4) ストレージスペース；  
W／Rより収納スペースが多いこと、又、小型水密ストレージを設けること。
- (5) 3人でも座れるシート；  
W／Rより快適な柔らかさであること。

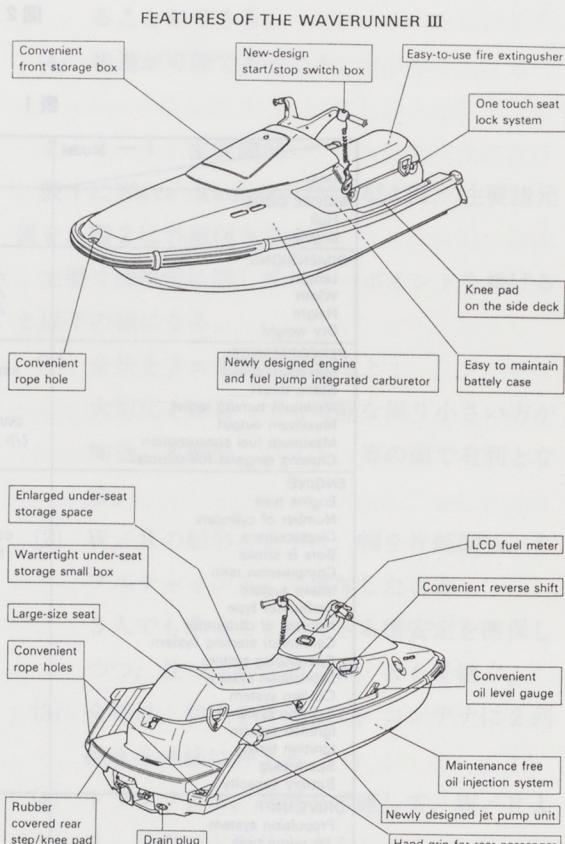


図3 ニューフィーチャー

### 3. 運動性能と推進装置

ウォータービークルとしての運動性能に就いては、本技報No.5 ('88 1月)にて詳細が記載されていますので、ここでは省略させて戴きますが、ウェーブランナーIII開発に関して、特記すべき事項についてのみ記しておく。

ウェーブランナーIIIは、W/Rより艇が大型化しているが、その軽快な運動性は、何ら変わることは無い。むしろ、より壮快になったと言っても過言では無いと思う。

これは、船体開発と三信工業のエンジン、ジェットポンプユニット開発との協力体制の成果であったと言えると思う。

水面と言う境界層を走るウォータービークルは他の乗物がそうである以上に、船体とドライブユニットとのバランスが重要であり、ひとつの要件にとらわれて、その完成度を高めても、全体のまとまりとして観た場合の完成度は低くなってしまう場合が多い。

写真2に航走中の状態を示す。



写真2 Wave Runner III/MJ-650TL

#### 3-1 運動性能の追求

ウェーブランナーIIIは、乗員が1名～3名迄、変化する。たかだか、200kgそこそこの艇体に80～204kgと言う広範囲な負荷が変化してかかる訳である。従って、重心の前後位置、高さ、ドライビングポジション、シートの高さ、長さ、船型、フェュ

ルタンクの位置等をバランス良く配置することに依り、初めて実現できるものである。特に船型は、W/Rの形をベースに、旋回時、傾斜させ易くする為、船底勾配をやや大き目に取り、又、片舷50%の幅增加分を、ダブルチャインで対応し接水面積の減少を狙ったものである。

以上の結果、エアードローの少ない、シャープなターンが可能となった。特に3人乗りの旋回では、バンク角が可成り大きいにも拘らず、キャビテーションも無くスムースである。



写真3 3人乗りの航走

#### 3-2 エンジン及び推進装置

ウェーブランナーIII用エンジンは、並行開発となったスーパージェット用エンジンと基本部分を共通化させた、2サイクル、水冷直列2気筒、633ccエンジンを搭載し、新しく開発された軸流ポンプとの組合せにおいて、著しい加速感の向上を図っている。

以下にこのエンジン及びジェットの特徴的な部分を中心に紹介する。

##### (1) エンジン

主断面を図4に示す。ボディシリンドラはメインテンスの容易な別体式とし、軽量化およびコストダウンを狙ってアルミダイキャストとしている。ポートはシュニーレ形5ポートとし、ピストンリ

ングはトップ、セカンド共キーストンリングである。クランクはセミ一体形とし、フラマグ側ベアリングにダブルボールを採用して高回転耐力を向上させている。

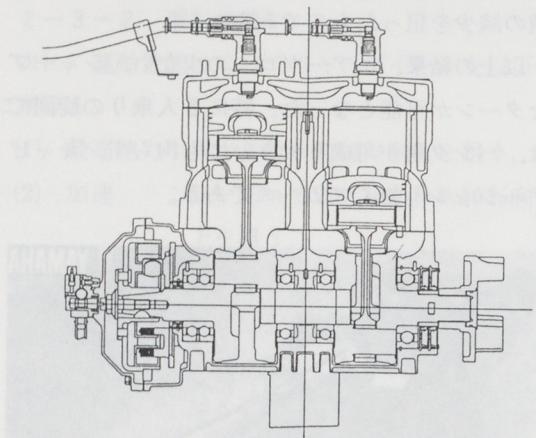


図4 エンジン主断面

## (2) 吸気系

主断面を図5に示す。吸気口は転覆時にも水を吸いこまないよう、船体中央部近傍に開口させている。キャブレターは360°の姿勢変化に対する傾斜性を確保するため、三国製のフロートレスキャブレターを採用し、混合気の流れがスムーズにクランクケースに入るようなインマニ形状としている。また、吸気方式はリードバルブ方式を採用している。

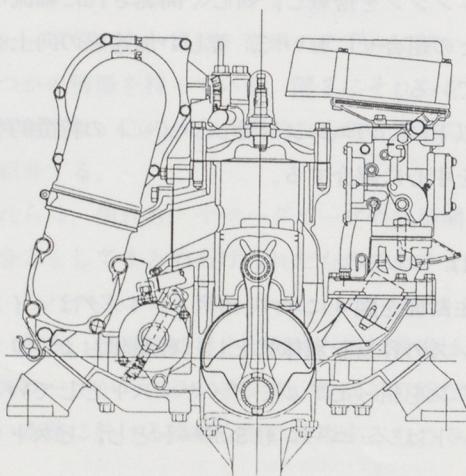


図5 吸気系主断面

## (3) 排気系

ウォータービークルは転覆を前提に設計されているので、エンジンも転倒時の排気系からのクランク室内への水入りを防止することが大きな課題となる。本機ではマフラーの位置を排気系の最も高い位置に配置し、後流側を漸次低下させ、さらにマフラー外周にウォータージャケットを配置しマフラー出口迄排気と冷却水を分離する構造で通常航走時のエンジン内水入りを防止している。又転倒時のエンジン内逆流防止は、デフューザー管位置をマフラーのほぼ中央近傍に配置し、デフューザー上下に逆流する水を溜める方式で対応している。これらの構造は図6に示すアルミダイキヤスト部品を組合せて構成し、ジョイントエギゾーストとマフラー2の結合部は可撓性を有するゴムで接続し、ゴムの外周に冷却水を通して、ゴムの熱劣化を防止している。

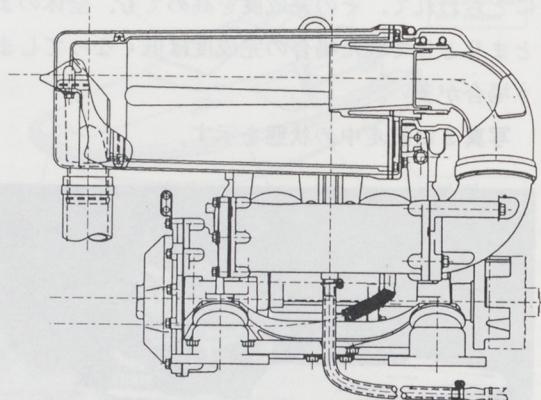


図6 マフラーの構造

## (4) 冷却系

ジェットの動圧を利用して、冷却水をエンジンルームに導き、マフラー1（排気マニホールド）→ボディシリンダー→ヘッドシリンダー→ジョイントエギゾースト→ディフューザー→マフラー2（ここ迄間接冷却）の外壁を冷やしながら、排気ガスとミックスし、ウォーターロックへと流れ、船尾のジェット取付部船体の側壁から水面へ排出される。

## (5) 電装系

前述したとおり、ウォータービークルでは、いかに防水性を確保するかが課題であり、電装関係も、特にこの点を配慮した。CDIユニット、イグニッションコイル、スターターリレー、レクチファイアレギュレータは密閉ボックス内に収納しCDIマグネットはフラマグカバーにて密閉することで、浸水に対する信頼性を確保している。これら電装系ボックスの構造を図7に示す。

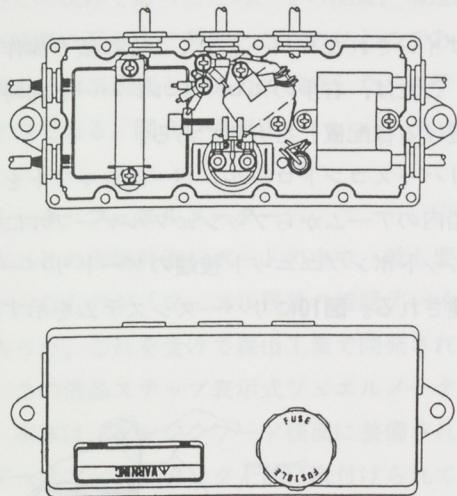


図7 電装ボックス

スターディングモーターは本体を完全密閉型とし、ピニオンはフラマグカバー内に納めることで防水性を確保している。

## (6) オイルインジェクション

コストパフォーマンスの良い、フラマグ直結式2吐出ポンプを採用している。また、市場でのエアーバッキング操作がいらない自動エアーバッキング構造として、メインテナンスの向上を図るとともに、転倒時のポンプへのエアーミキシング防止を狙ったサブタンクをサクション側に配置することにより信頼性を向上させている。(図8)

## (7) 推進装置

商品コンセプトの“1クラス上の加速感”と言

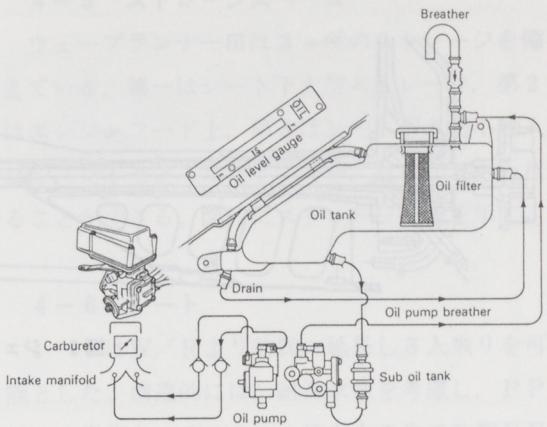


図8 オイルインジェクション

った、味付の部分はエンジンの性格よりもジェットの設計に負う所が大きい。この意味からジェットの仕様決定は商品コンセプト上重要となる。ウェーブランナーIII用ジェットは冒頭でも述べた様に、加速感の向上を狙った設計で、大流量低揚程の軸流ポンプを搭載している。動力はチャンカップリングを介して、直接ポンプを駆動しておりその伝導軸を支えている玉軸受は、ゴムを介して船体に弾性支持され、振動を遮断している。ハウジングインペラ内周にはステンレス鋼のライナーがインサートされて、水とともに吸い込まれる砂などによる摩耗を防止している。インペラ下流には、静翼を設け、旋回流の運動エネルギーを回収するとともに、静翼から取出した高圧水をノズルに導き、ノズルに発生する負圧を利用してエンジンルームに溜ったビルジを排出する構造を採用している。

ポンプ最後尾にはヤマハウォータービークルで初めてのリバース装置を備えて、トレーラーからの下架などを容易にしている。このリバース装置は、カム駆動により操作を行ない、操作ケーブルが外に出ない構造とするとともに、リバース時にゲートリバースに働く上方向荷重をカムでロックするリバースロック機構を備えている。

図9にジェットポンプの縦断面図を示す。

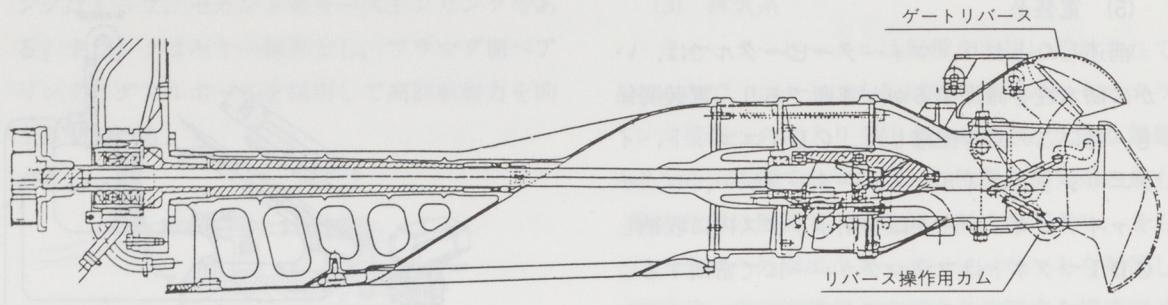


図9 ジェットポンプの断面図

#### 4. レイアウト及構造

ウェーブランナーⅢ全体のレイアウトはW／Rとほぼ同じで、船体中央にエンジン、後部にジェットユニット、エンジンの前側にフューエルタンク、これらを囲む、前後左右に浮体を配置している。

##### 4-1 SMC部品

船体（ハル、デッキ）は何れもSMC-FRPで成形される。全長3mにも及ぶ構造用SMC部品は他に例を見ない。その成形プレスに立会うと壮大な規模に圧倒される。

ほぼ船体中央部に、ドライブシャフトを支えるバルクヘッドがあり、この3部品を構造用接着剤で接着し、船体ができあがる。

他にも、エンジンハッチカバー、ベンチレーター、バッテリーケースなど11点の部品がSMCで成形される。

外観部品である、ハル、デッキ、エンジンハッチは成形後塗装される。

これらの金型は全て(株)メルコの御協力により短期間に開発された。

##### 4-2 リバースコントロール

ウェーブランナーⅢのリバースコントロールはハンドルバー右下のデッキサイドに、フラッシュ

デザインされたレバーを引くことに依り操作される。これは、右手のスロットルレバーと同時操作を避ける様配置したものである。

リバースコントロールレバーはシャフトを界して船内のアームからプッシュプルケーブルに依りジェットポンプユニット後端のゲートリバースに伝達される。図10にリバースシステムを示す。

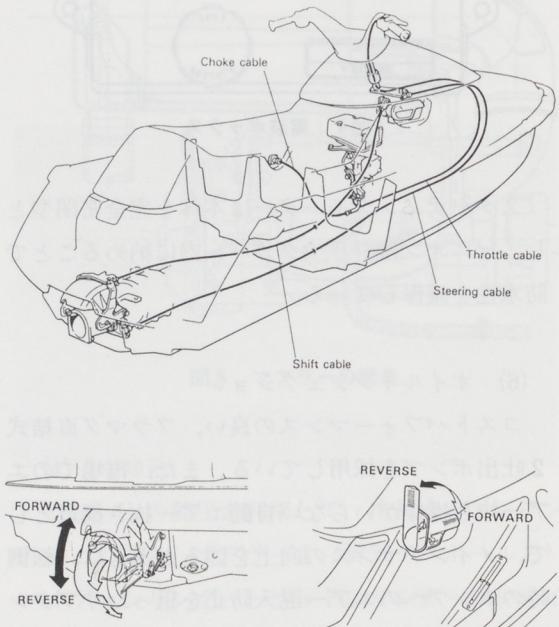


図10 リバースシステム

#### 4-3 分離給油システム

オイルインジェクションに就いては、3-2(6)で説明した。船体側としては4ℓのオイルタンクを、エンジンルーム右舷に装備した。これは、右舷デッキステップの斜面を利用したレベルゲージを備え、液面変化が操船者からすぐ確認できるメリットがある。

ウォータービークルの様に転覆を前提にした乗物に於いて、分離給油システムを採用したのは、初めての試みであったため、その配置、構造、パイプ経路に至る迄、苦労した点のひとつであった。本項も三信工業株との協力で成立したシステムのひとつである。図8を参照下さい。

#### 4-4 フュエルメーター

W/Rの市場評価レポートの中で、最も要望の多かったものが「フュエル残量の確認デバイス」であった。これを受けて森山工業で開発されたのが、この液晶ステップ表示式フュエルメータである。本体は、エンジンフード後面に装備され、センサーはフュエルタンク上部に取付けられている。

表示は4ステップで、満タン時、4セグメント全点灯し、暫次セグメントがひとつづつ消えて行く。最後のセグメントは1秒毎にマークが点滅しリザーブレベルが近い事を知らせる。

本体からは防曇用のブリーザーホースが延長され、転覆時に浸水しにくい位置に一端開放されている。図11にフュエルメーターの外観と表示レベルを示す。

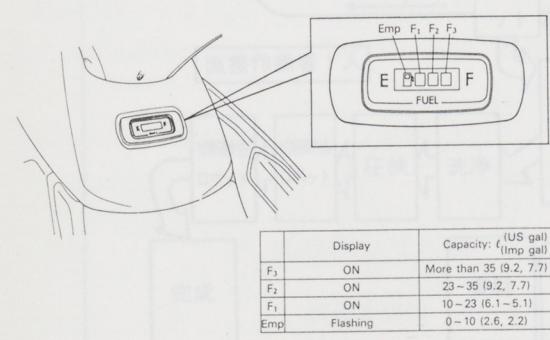


図11 フュエルメーター

#### 4-5 ストレージスペース

ウェーブランナーIIIは3ヶ所のストレージを備えている。第一はシート下大型ストレージ、第2はエンジンフード上、第3はシート下水密小物入れで、ライセンスカード、キー、財布などを入れることができる。図12にストレージ配置を示す。

#### 4-6 シート

シートはW/Rより約20cm延長し3人乗りを可能とした。構造的には、耐海水性を考慮し、PPビース発泡と、クッション性向上の為の軟質PE発泡品との組合せで構成されている。これらを塩ビシートカバーで覆いボトムプレート上に固着している。尚、ボトムプレート裏面には、消火器収納ケースをゴムバンドで固定し、又、シート下ストレージ（デッキ付）のシール用パッキンも固着している。図13にシート回りの配置を示す。

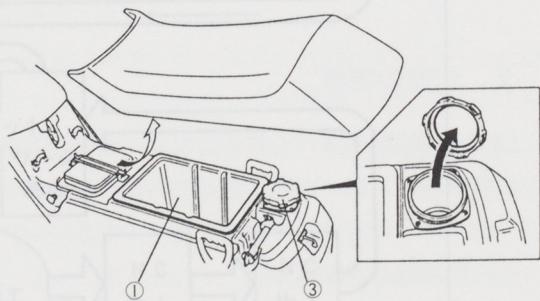
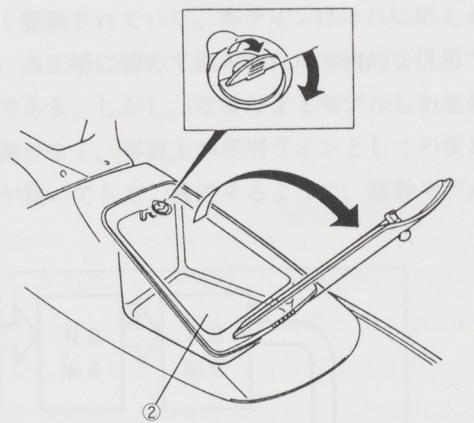


図12 ストレージ配置

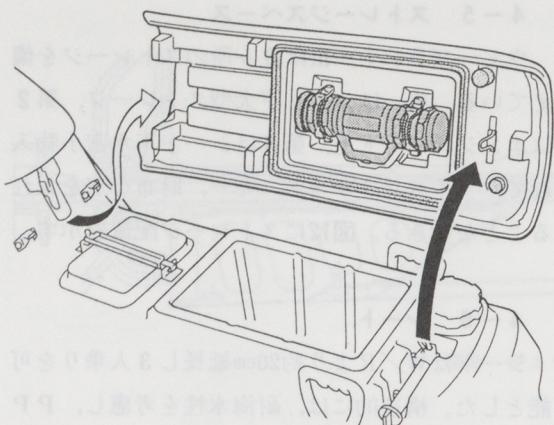
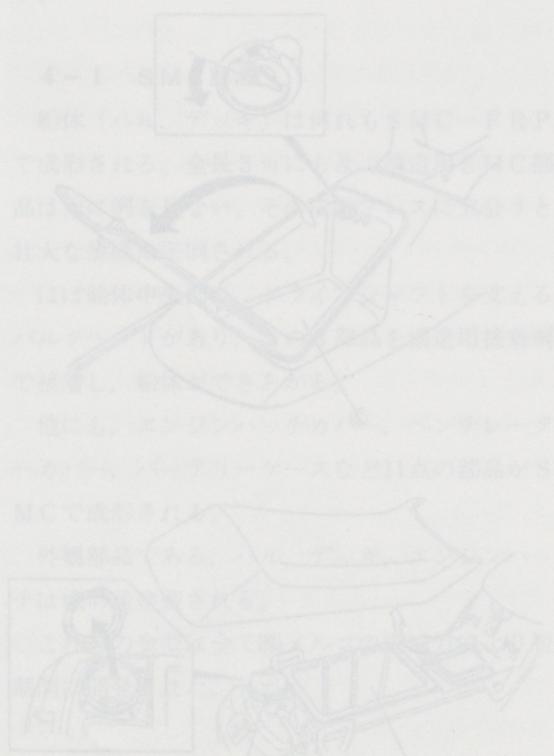


図13 シート回り配置

## 5. おわりに

ウェーブランナーⅢの開発は、ヤマハウオータービークルのパイオニアである、ウェーブランナーをベースに、YMUSをはじめ、ヤマハグループ関連会社、取引先各位の協力体制のもとに、その開発を終え、現在、目標生産台数に向かって、まい進している。又、次期モデルも、新しい仲間の手によって着々と進められていることは、開発に携わる人間の喜びである。そしてヤマハウオータービークルが果たすべき責任の重さを痛感し、マリン事業拡大の中で、尚一層の努力を惜しまずにはいられない。

同様の使命感を抱いて、開発に御尽力戴いた、ドライブユニットの三信工業㈱、 フュエルメーターの森山工業㈱、金型開発の㈱メルコ、船底プレートの津島ダイカスト㈱をはじめ、社内、外の関係各位に誌上をお借りして、改めて、御礼を申し上げます。



部品名	部品番号	部品名	部品番号
シートベルト	100000000000	シートベルト	100000000000
シートベルト	100000000000	シートベルト	100000000000
シートベルト	100000000000	シートベルト	100000000000
シートベルト	100000000000	シートベルト	100000000000

ヤマハ工業㈱　販売部

# 加工ラインの効率向上



製造事業部第4工場 鈴木淳一 中島信行

商品のライフサイクルの短命化、ニーズの多様化で頻繁に行われるモデルチェンジなどに迅速に対応するため、設備部門への要求は厳しいものがある。本稿はそのような加工ラインで、設備総合効率95%、1日当たり60分の無人運転実現を目指した、設備効率向上対策を紹介する。

に進めている。

5年前、全社一斉に TPM活動が導入され、多くの改善が行われてきたが、その中の1つとして本稿は、クランクケース加工ラインの設備効率を、どのように向上させてきたかを紹介する。

モーターサイクルは商品寿命が短く、モデルチェンジが頻繁に行われるため、加工設備の汎用化が強く要請されていた。本ラインはそれに応えるべく、当工場に初めて導入された本格的な汎用ラインである。しかし、たまたま1モデルしか生産の計画がなく、事実上の専用ラインとしての使われ方が続いてきた。後述するように、複数モデル

当社はモーターサイクルをはじめとする小型エンジン応用商品、ポートなどのFRP応用商品を中心に拡大してきたが、最近では産業用機器などの分野にも参入しており、商品の多軸化を積極的

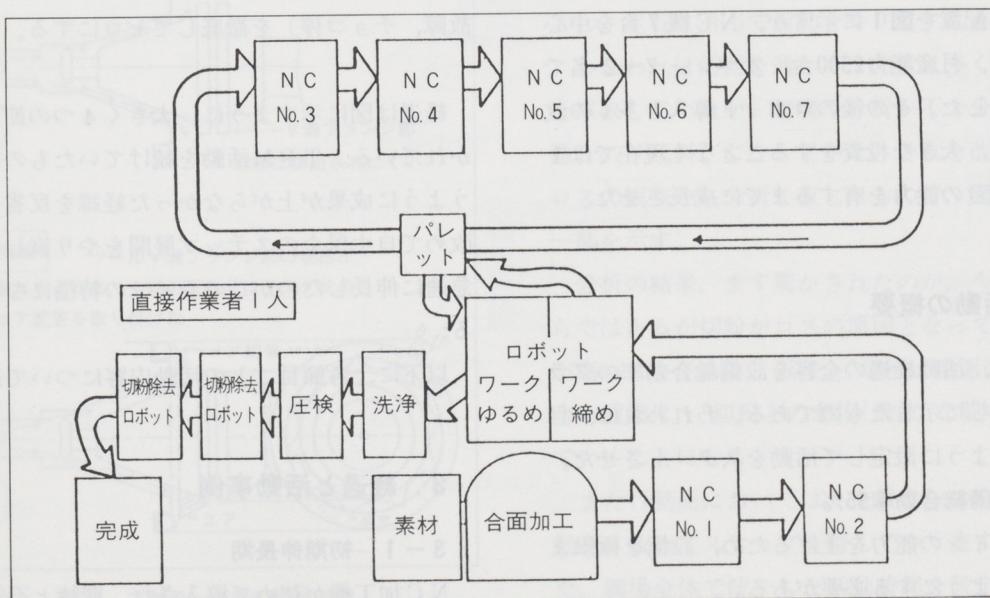


図1 工程概要図

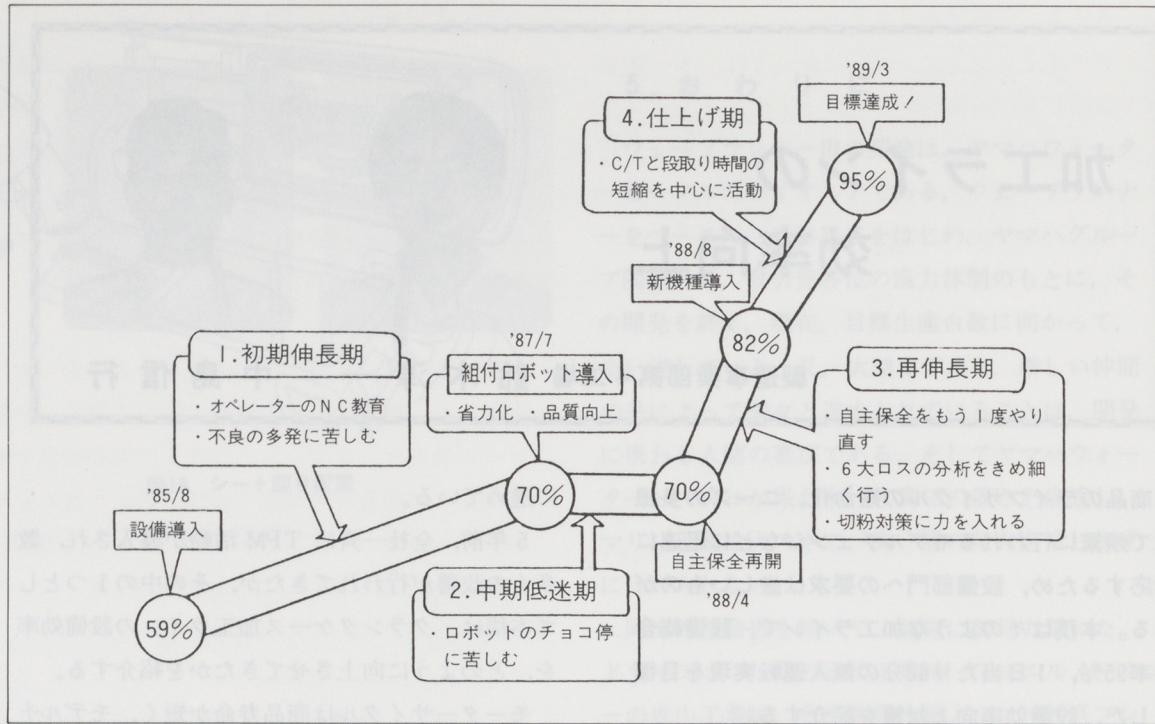


図2 設備総合効率と活動内容

が投入され、本来の使われ方になったのは、導入後3年を経てからという経緯がある。

## 1. 工程の概要

設備の配置を図1に示すが、NC機7台を中心に構成し、月産能力2500台、オペレーター2名でスタートした。その後のロボット導入と多くの改善により、大きな投資をすることなく現在では1名で4000台の能力を有するまでに成長させた。

## 2. 活動の概要

図2は、活動経過の全容を設備総合効率のグラフで代表して示したものである。われわれは、目標を次のように設定して活動をスタートさせた。

### (1) 設備総合効率95%

汎用ラインの能力を上げるために、設備を極限まで使えるようにする必要がある。

### (2) 1日当たり60分の無人運転を実現する

将来のFA化への基盤作りのため、まず前工程と後工程のサイクルタイム差を利用して、ライン内に仕掛けを持ち、それを休憩時間に無人で加工する。そのため、無人運転を阻害するロス(不良、故障、チョコ停)を徹底してゼロにする。

経過は図に示すように、大きく4つの節目に分かれている。TPM活動を続けていたものの、思うように成果が上がらなかった経緯を反省して、改めて自主保全のステップ展開をやり直した後、急速に伸長したのがこのラインの特徴になっている。

以下に、各節目ごとの活動内容について述べる。

## 3. 経過と活動事例

### 3-1 初期伸長期

NC加工機が初めて導入され、期待と不安の中

で生産をスタートさせたのが4年前であった。当時はまだ教育の仕組みも確立されておらず、一部の者が座学中心で勉強をしていた程度であった。

しかし実践になると、経験不足からアラーム（異常）処理ひとつできず、そのたびに取扱い説明書と首っ引きで復帰させる始末で、長時間停止の繰り返しが続いた。このことはその後、工場として実践を重視した教育カリキュラムを作り上げていく契機となった。

そして、ご多分にもれず数多くのトラブルに悩まされていたが、突出していたのが不良で、とくに孔径が大きくなってしまう現象が70%以上を占めていた。工程ごとに人がついているわけではないので、原因がなかなかつかめず、苦しみの期間が長く続いた。

結果的にはATC（オート・ツール・チェンジ）時、テーパ部の切粉除去が不完全で、目に見えにくいほどの微細な切粉が残ってしまい、それがツールホルダーの振れとなってしまうことが判明し

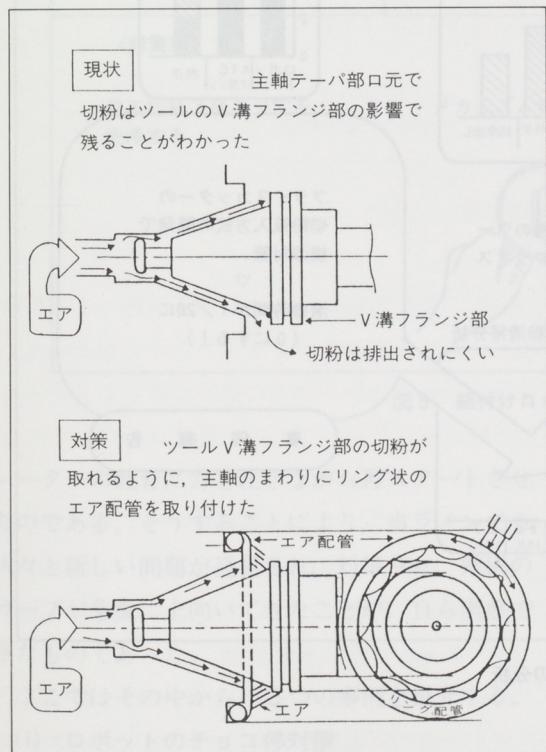


図3 主軸テーパ部の切粉対策

た。そこでこのトラブルには、図3のような簡単な対策をしただけで、孔径が大きくなる不良は一挙に解決した。

今思えば、PM分析をするなどシステムaticなアプローチをしていれば、解決はもっと早くできたに違いない。オペレーターの慣れと、初期トラブルの対策で何とか上向いていったのが第1期である。

### 3-2 中期低迷期

スタート2年目に、パレット組付け用のロボットが導入された。省人化を目的としたものだが、チョコ停の繰り出で、このお守りのためにより人手を要するという。皮肉な結果になってしまった。

ロボットがボルトを拾い損ねるというが主な現象であったが、次から次へと新種のチョコ停が発生するため、ただただ対策に追われる毎日であった。全体効率を何とか維持できたのが、せめてもの慰めになっているが、このままいってはダメだという焦躁感につきまとわれた時期といえる。

### 3-3 再伸長期

その焦りの中から、われわれがようやく到達した結論が、TPMの基本精神をもういち度思い起こし、定石に沿って活動をやり直すことであった。

われわれは活動を通じて、非常に多くのデータを採取していたが、整理や分析が不十分で、文字通りの“死料”になっていた。それを改めて6大ロスの観点から分析し直したもので、図4にその一部を示す。

分析の結果、まず驚かされたのが、今さらながらではあるが切粉がロスの原因となっている比率が高いことである。以降、“切粉は諸悪の根源”を合い言葉に、“切粉との悲惨(飛散)な闘い”に挑んでいくことになる。

また行動面においては、全員参加の自主保全活動を、改めてステップを踏んでやり直すことになった。職場全体で統一した活動時間を設定し、オペ

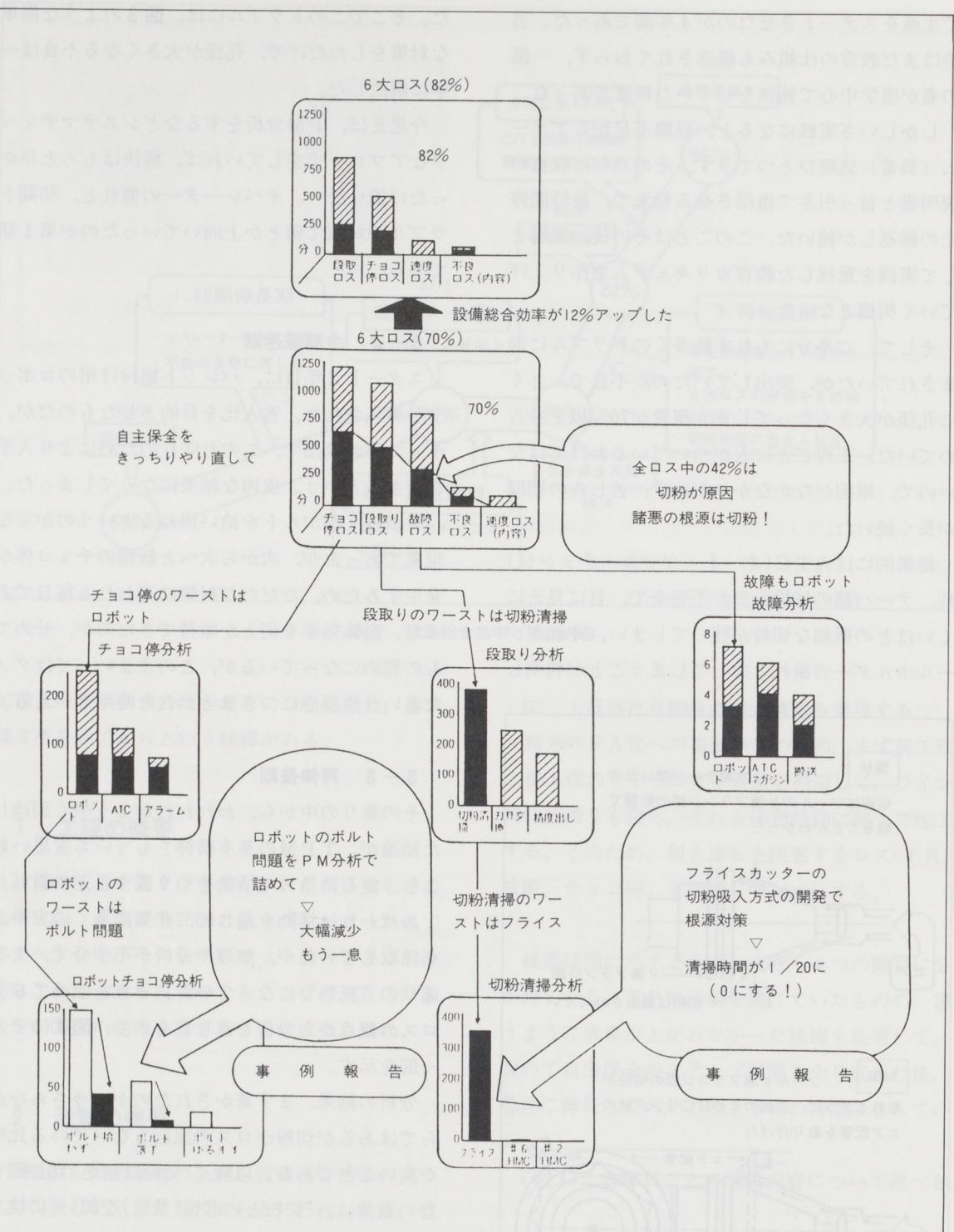


図4 6大ロスの分析

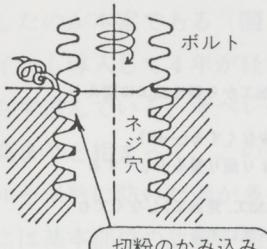
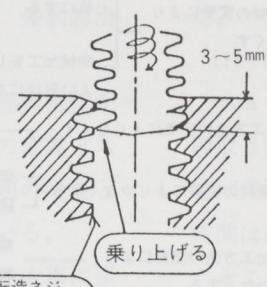
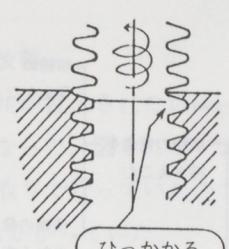
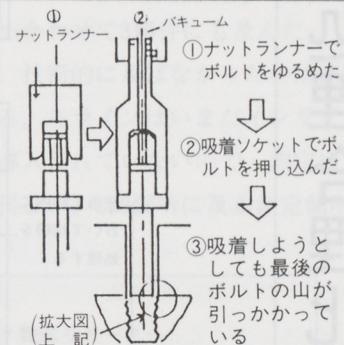
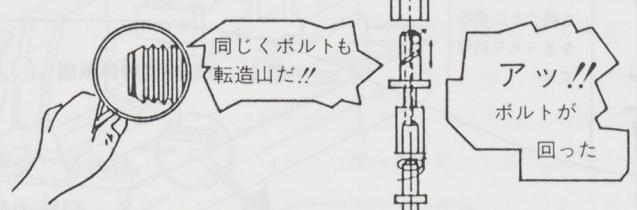
〈現象〉		
(1)ボルト締め時  ボルトとワークの間に切粉がかみ込み、トルク異常となる	(2)ボルト締め時  ワーク転造ネジ山頂の凹部の所に少し傾いたboltの山が乗り上げロックする	(3)ボルトゆるめ時  ボルト吸着ソケットでボルトを上昇しようとするが、ボルト最後の山がワークのタップ山の部分に引っかかり持上げることができない
〈原因調査〉		
※発生頻度 ・ボルト締め工程前にタップ穴をきれいに清掃する工程なし ・転造タップであるがドリルの切粉が残っている	・タップ下孔規格調査 ・ボルトの傾きがどれくらいか ・ボルト形状調査 ・乗り上げ時のメカニズム	 ナットランナー バキューム ①ナットランナーでボルトをゆるめた ②吸着ソケットでボルトを押し込んだ ③吸着しようとしても最後のボルトの山が引っかかっている (拡大図記)
〈対策案〉		
・前工程終了後ネジ穴を洗浄する	メカニズム検討中 	

図5 組付けロボットのチョコ停対策

レーターの教育に力を注ぎながら再スタートさせたのである。そうすることにより、当ラインでも次々と新しい問題が発見され、対策され、効率のカーブが急激に向上してきたことが、自ら実感できたものであった。

ここではその中から、3つの事例を紹介する。

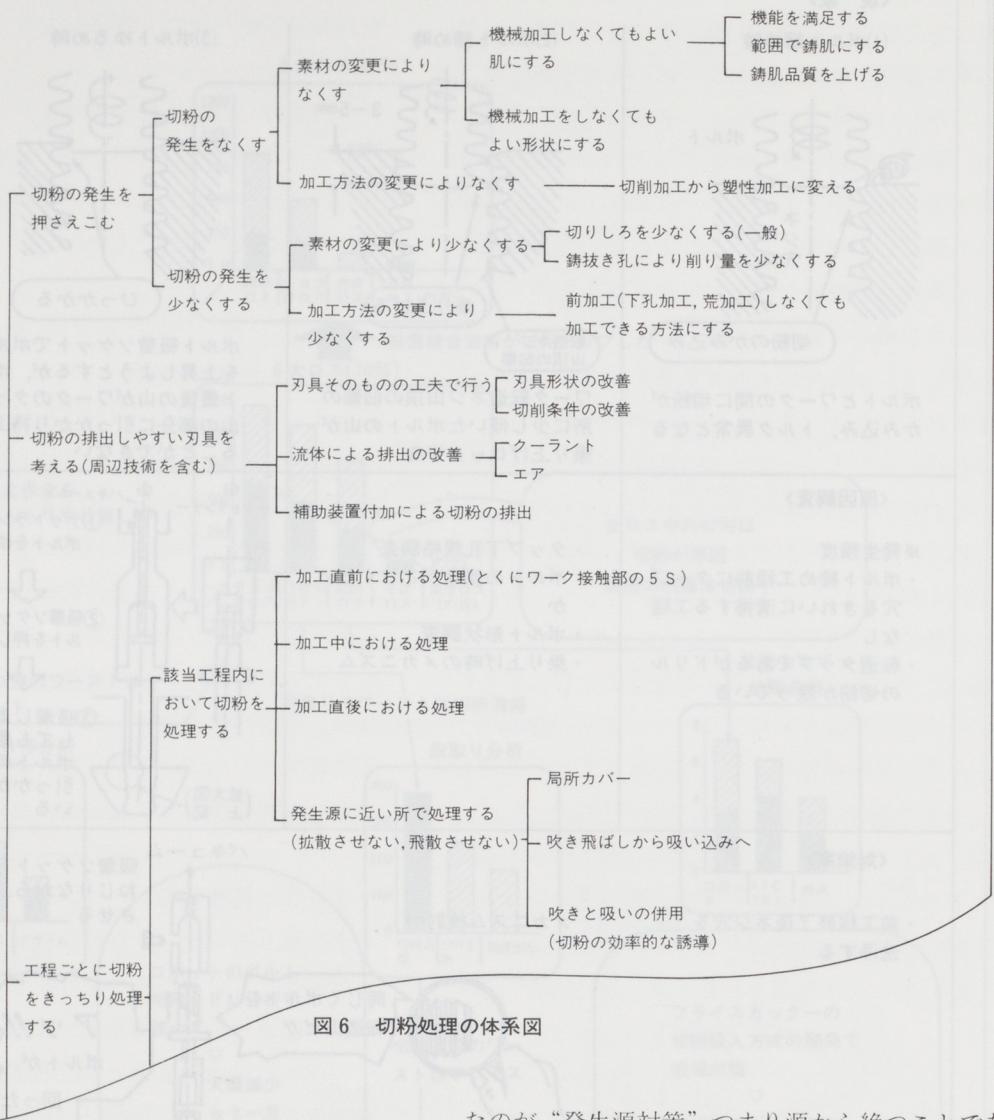
#### (I) ロボットのチョコ停対策

ロボットのボルト拾い損ねは、前述したように

最大の問題であった。考えられるすべての手を打ってもダメなことから、PM分析手法を勉強しながら再度取り組んだ。その結果が図5で、これは分析結果の結論のみを図示したものである。

ボルト拾いは、頭にソケットをかぶり、負圧で吸着させる構造であるが、われわれはそのメカニズムの追求ばかりを結果的にやっていたことになる。しかし真因は、ボルトのネジの切り始めの

# 切粉処理合理化の考え方



1 山が、設備の構造上引っかかる場合があることがわかったのである。

## (2) 体系的に取り組んだ切粉対策

“切粉との闘い”が始まって以来、斬新なアイデアが数多く輩出して、今では切粉博覧会が開けるくらいになってきている。しかしそれは闇雲に手を打ってきたわけではなく、切粉の飛散状況を詳細に観察して、対策の方法を体系的に整理しながら進めてきたからである。

図 6 にその体系図を示すが、とくに強く指向し

たのが“発生源対策”つまり源から絶つことである。切粉の発生を少なくすることから始まって、できないものはひとつずつ裾を広げる形をとった。川の流れと同じで、下るほど対策はむずかしくなる。

クーラントやエアをうまく使ったアイデアも多く出て、対策は加速度的に進んだが、切粉が出る限り“闘い”に終りはないというのが実感である。

## (3) ボールネジの自動給油

N C 機の重要な部品であるボールネジの軸受部から異音がでているのを発見したのも、自主保全の成果の1つである。原因を調べたところ、軸受部

にクーラントや切粉がかかり、封入グリースは流れ出してしまい、潤滑不足による異常摩耗とわかった。クーラントなどの侵入を防止し、強制潤滑方式にしたのが本案である（図7参照）。

本ラインも導入して4年が経ち、各部の劣化が少なからず進んでいる。オペレーターの意識とスキルの高まりと相まって、この手の問題の発見とトラブルを未然に防いだ例が多く出ている。

さらには基本部位の故障が発生すると大事に至るので、当工場でも保全部門が中心となって、設備診断技術の蓄積に力を入れている。

### 3-4 仕上げ期

冒頭述べたように、当ラインは長い間専用ラインとしての使われ方しかしていなかった。このほど、導入3年を経てようやく新たに2モデルが投入され、段取りロスが加わることになった。また、

急激な生産計画の増大により、加工能力の向上を図る目的で、サイクルタイムの短縮にも取り組んだ。

#### (1) 段取り改善

ニューモデルが投入された以降、最大の課題は段取り問題となった。図8に示すように、当初はすべてを内段取りで行っていたので、ライン停止時間は330分もかかっていた。

そこで、まずパレットの交換作業を中心取り組み、ワンタッチ化から置き方に至るまで工夫を重ね、1個当たりの交換時間をサイクルタイム以内までに短縮させることができた。改善箇所は、大小合わせて316件にも及んだ。

しかし、技術的に及ばなかったのは測定時間の短縮である。当ラインはいまだインライン計測システムが導入されていないので、測定は人手に頼らざるを得ない。230箇所に及ぶ測定箇所があり、

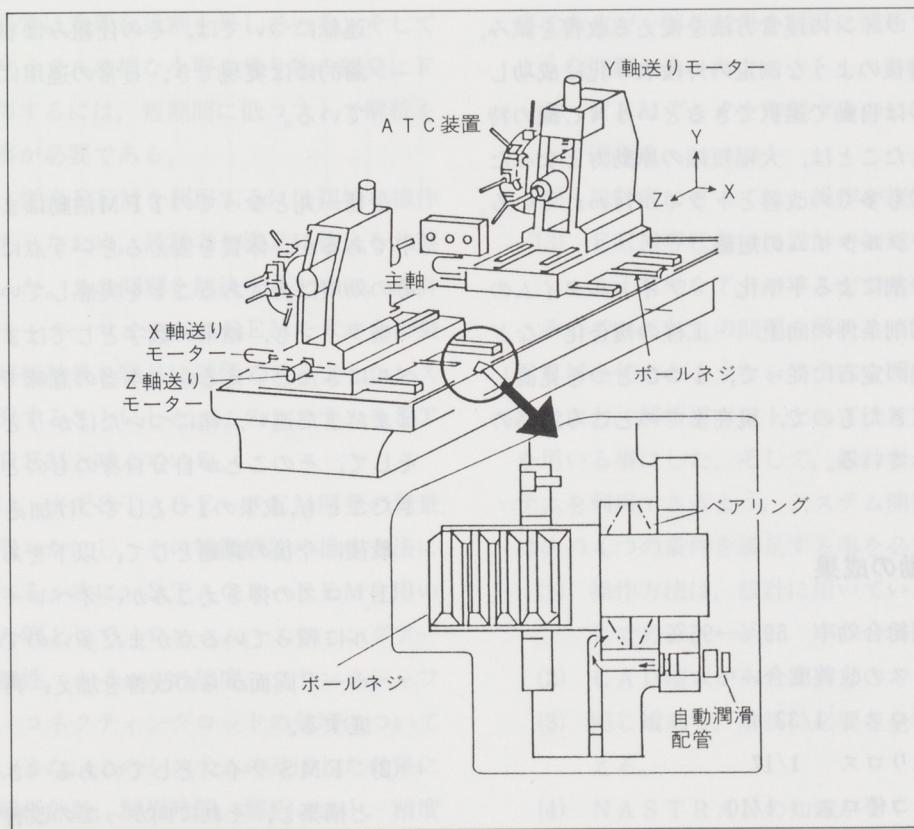


図7 ボールネジへの自動潤滑化

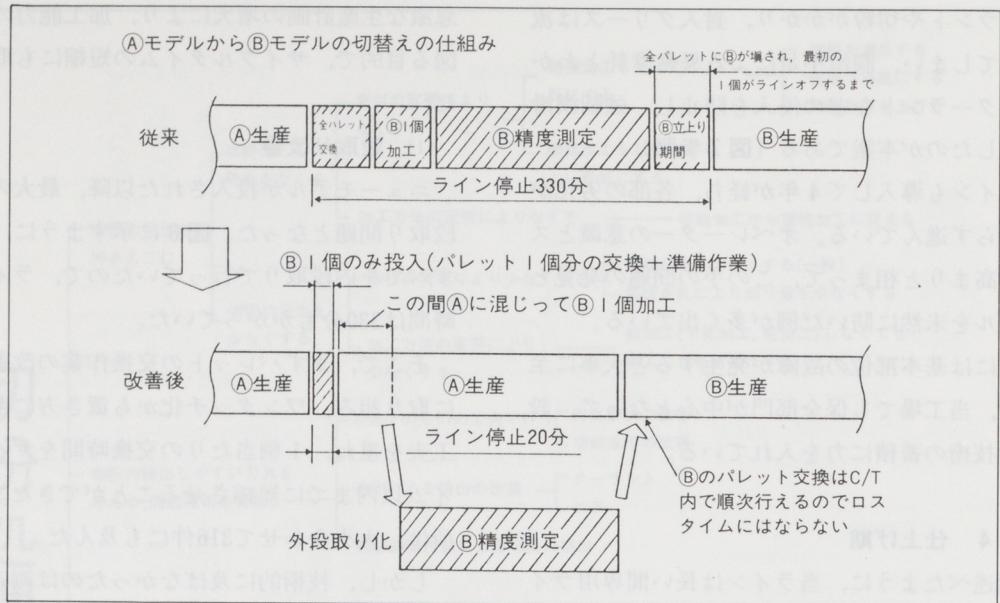


図8 段取り改善事例(ながら段取り)

また座標は集中測定室でないと測定できないので、測定時間だけでも3時間をする状態であった。

そこで、ラインの運営方法を変える改善を試み、図8の改善後のような測定の外段取り化に成功した。ツールは自動で選択できるというNC機の特徴に着目したことは、大幅短縮の原動力となったが、ここでも多くの改善とトライが行われている。

#### (2) サイクルタイムの短縮

- ・工程分割による平準化
- ・アイドルタイムの削除
- ・切削条件の向上
- ・工程の複合化
- など

C/T短縮の定石に従って、1つひとつを見直して改善してきたもので、現在までのところ21%の短縮ができている。

## 4. 活動の成果

- (1) 設備総合効率 59%→95%
- (2) 各ロスの改善度合い
  - ・故障ロス 1/33
  - ・段取りロス 1/17
  - ・チョコ停ロス 1/10
  - ・不良ロス 1/100

(3) サイクルタイム 21%短縮

(4) われわれのもう1つの目標である60分無人運転については、その仕組みは省略するが結論的には実現でき、日常の運用に組み込まれている。

全社一丸となってのTPM活動はまだまだ継続中であるが、体质を変えるという点においても、その効用は大であることを実感している。

当ラインも、結果の数字としてはまずはまずのレベルにきたといえるが、本当の意味での解決の道はまだまだ遠い。緒についたばかりともいえる。そして、そのことが自分自身のものとして理解できたことも、成果の1つとしてつけ加えておきたい。

最後に今後の課題として、以下をあげておく。

- (1) ロスの押さえこみが、オペレーターのスキルに頼っている点がまだ多いので、ソフト・ハード両面からの改善を加え、再発防止を徹底する。
- (2) FMSラインとしてのるべき姿をきちんと構築し、それに向かっての改善をいろいろな機会をとらえて進めていきたい。

# モーターサイクル設計における CAEの実用化



モーターサイクル本部第1設計部 吉村 昇一

## 1. はじめに

モーターサイクルを設計するにあたり、開発初期段階でCAE（コンピュータ・エイディッド・エンジニアリング）を適用する事は商品の信頼性を確保するとともに、開発期間を短縮するためにも重要である。CAEのなかでも、有限要素法(FEM)は非常に重要な役割を果している。そしてモーターサイクルの様な小型の乗り物の開発にFEMを適用するには、短期間に低コストで解析を完了する事が必要である。

しかし、従来FEMを利用するには複雑な操作が必要であったため、設計者が満足に使える状態ではなかった。この問題を解決するために、設計者自らがモーターサイクルのFEMモデルを作製したり、解析結果を容易に評価できるようなシステムを開発することにした。このシステムをSTAGE-FEMと呼んでいる。

ここでは、まずSTAGE-FEM開発の背景と目的を明らかにし、その特徴機能や操作方法について述べる。次に、STAGE-FEMを用いて解析した例として、フレーム、スウィングアームの強度剛性、ホイールの強度、クランクシャフトの強度、コネクティングロッドの強度について紹介する。また、このシステムの及ぼした効果について、解析件数、解析時間、解析コスト、精度の点から述べてみる。更に、システム開発後に生

じた幾つかの問題点や、振動解析の実用化等将来の課題についても説明する。

## 2. STAGE-FEM

### 2-1 システム開発の背景と目的

我社でFEMを使い始めたのは10年以上前の事であるが、解析結果を設計に適用するには次のような問題があった。

- (1) FEMデータを作製するのに時間がかかり過ぎる。
  - (2) 設計者にとっては、操作が複雑過ぎる。
  - (3) FEM専任者には設計の知識や経験が乏しく、有効なアドバイスができない。
- そこで、これらの問題を解決し、設計者自らがFEMを使えるようなシステムを開発する事にした。なお、解析用ソフトとしてはNASTRANを用いる事にした。そして、設計者が容易にシステムを利用できるよう、システム開発にあたっては次の4つの条件を満足する事を必須とした。
- (1) 操作方法は、設計に用いているCADと同じである。
  - (2) CAD端末があれば、どこでも使える。
  - (3) 同じ端末で、解析に必要な全ての操作が行える。
  - (4) NASTRANの知識がなくてもエラーをしないようなチェック機能を有する。

システム開発の目的は、容易にFEM解析を設計に適用でき、それによって後工程での問題発生を最小限に押える事にある。

## 2-2 STAGE-FEMの概要

我社では1984年に3次元CADシステムを導入し、2次元CADでは表現できないようなエンジンのポート形状の設計や、カウリングとフレームの干渉チェック等にこれを用いてきた。この3次元CADシステムをSTAGEと呼んでいる。

STAGEには導入以来新しい機能が追加されたり、改良が加えられたりしてきた。そして、前に述べた目的を達成するため、NASTRAN用のFEMデータ作製機能や解析結果の出力機能をSTAGEに追加した。これをSTAGE-FEMと呼んでいる。

## 2-3 STAGE-FEMの特徴

ここでは、STAGE-FEMの特徴について操作と機能の面から述べてみたい。

### 2-3-1 操作

写真1に我々が現在使用している端末の構成を示す。CRTの前には左からファンクション・キーボード、キーボード、タブレットそしてスタイルスペンが配置されている。

操作は、左手でファンクション・キーを押し、画面に表示される手順にしたがって右手でメニューを選ぶことの連続であるが、この操作は設計者が日頃使っているSTAGEと同じである。

図1に示すように、STAGE-FEMは12の専用ファンクション・キーを持っている。これにより、コマンドを入力するために多くのキーを押す必要がなくなり操作方法を覚えるのが楽になった。



写真1 端末構成

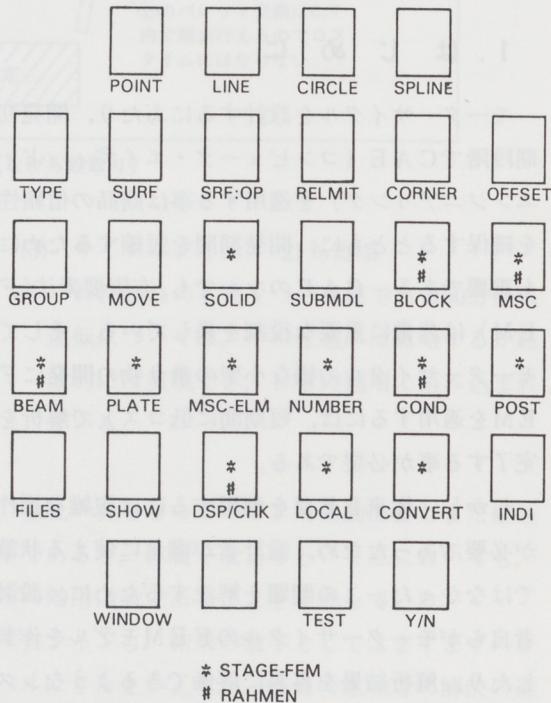


図1 専用ファンクションキー

### 2-3-2 機能

STAGE-FEMの基本機能はNASTRAN用の入力データを作製する事と、解析結果を表示する事である。我々は、FEMデータ作製と解析結果の評価が簡単にできるようにいくつかの工夫をした。次にその中から例を示す。

- (1) すでに2次元CAD、又はSTAGEで作製された図形データを利用できる。

- (2) 形状データは日常の設計時と同じ方法で作製できる。
- (3) 平面上に作製したシェル要素を任意の曲面上に投影できる。これにより 2 次元 CAD データを有効に活用できる。
- (4) ビーム、シェル、ソリッド、剛体、バネ、集中質量の各要素を作製できる。
- (5) ビーム要素の断面形状はリストの中から選べる。(図 2)
- (6) 重心位置、重量、慣性モーメントを算出できる。
- (7) 集中荷重、モーメント、遠心力、面圧、重力負荷等の荷重条件を設定できる。
- (8) 二重拘束の様な基本的な N A S T R A N エラーを自動的にチェックする。
- (9) 要素番号、節点番号は自動的に付加。
- (10) 二重要素、要素の欠落、要素間の不連続など初步的なデータ作製ミスを犯さないようにチェックできる。(図 3)
- (11) データの消去、付加、修正が容易。
- (12) フレームを構成する各部材の安全率を評価しやすいように、各部材の最大最小応力をリスト出力する。

### 2-3-3 簡易解析 (R A H M E N)

モーターサイクルの開発初期段階でフレームやスウィングアームの強度剛性をビームモデルで解析する事は大変有効であり、またしばしば行なわれる。そのため、S T A G E - F E M にビームモデル専用の解析機能を付け加えた。この機能を R A H M E N と呼んでいる。

R A H M E N を使うには、たった 5 つの専用ファンクションを覚えればよい。また、R A H M E N は N A S T R A N を使用せず直接解を求めるので、ほんの数秒で結果を得る事ができる。そのため設計者は短時間にたくさんの仕様を検討する事が可能である。図 4 は R A H M E N による解析例である。

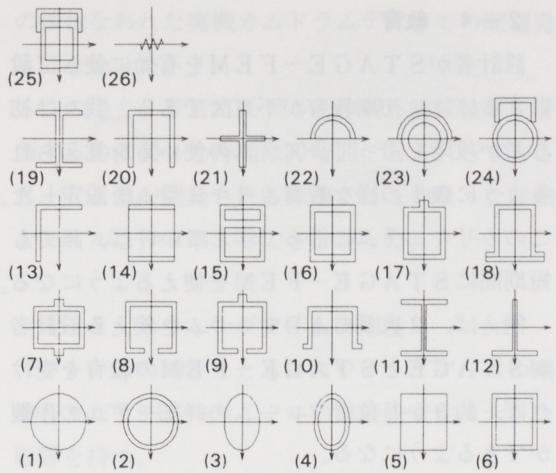


図 2 ビーム要素の断面形状

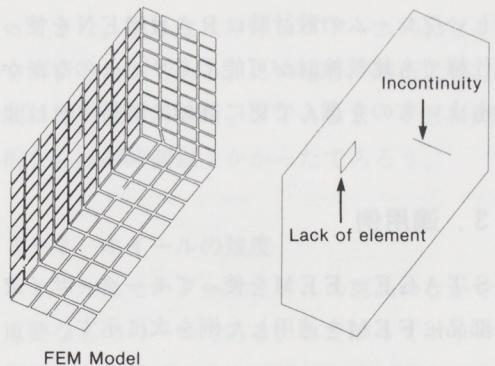
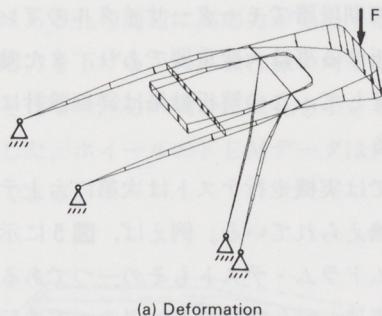
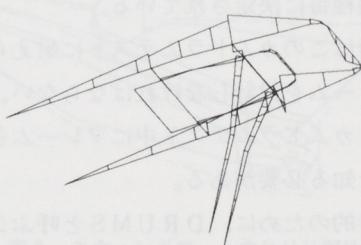


図 3 データのチェック



(a) Deformation



(b) Bending Moment

図 4 R A H M E N によるリア・キャリアーの解析

## 2-4 教育

設計者がSTAGE-FEMを有効に使って設計するには、初期教育が不可欠である。我々は初心者が段階を追ってシステムの使い方を覚えられるように表1の様な教育カリキュラムを設定した。このカリキュラムに沿って学んでいけば、誰でも短期間にSTAGE-FEMを使えるようになる。

例えば、2次元CADシステムを使って設計者がSTAGEとSTAGE-FEMの教育を受けければ、約3か月位でフレームの詳細モデルの作製ができるようになる。

特にRAHMENについては4時間の教育しか必要でなく、また短期間で熟練できる。設計者は新しいフレームの設計時にRAHMENを使って何仕様でも比較検討が可能であり、このなかから最もよいものを選んで更に詳細に解析すればよい。

## 3. 適用例

STAGE-FEMを使ってモーターサイクルの部品にFEMを適用した例を次に示す。

### 3-1 フレーム強度

開発初期段階でモーターサイクルのフレーム強度を解析する事は大変重要であり、また効果的である。そして、この解析結果は詳細設計に反映されている。

最近では実機走行テストは次第に台上テストへと置き換えられている。例えば、図5に示すような、カムドラム・テストもその一つである。カム高さ、車速、耐久時間などは過去の実走行データを基に機種毎に決定されている。

設計者はこのカムドラムテストに耐えられるようフレームを設計しなければならない。このためには、カムドラムテスト中にフレーム各部に働く荷重を知る必要がある。

この目的のために、DRUMSと呼ぶシミュレーションシステムを開発した。これはカムドラム

表1 教育カリキュラム

No.	教育項目	内 容	条 件	時 間
1	CAD	初心者教育	無し	8 hours
2	STAGE	初心者教育	No.1終了	8 hours
3	RAHMEN	設計者向け ビームモデル解析法	No.2終了	4 hours
4	NASTRAN(1)	設計者教育	No.3終了	4 hours
5	NASTRAN(2)	専任者教育	無し	16hours
6	STAGE-FEM(1)	設計者教育	No.4終了	4 hours
7	STAGE-FEM(2)	専任者教育	No.5終了	8 hours

※一般設計者はNo.1,2,3,4,6,の順に受講すれば良い。

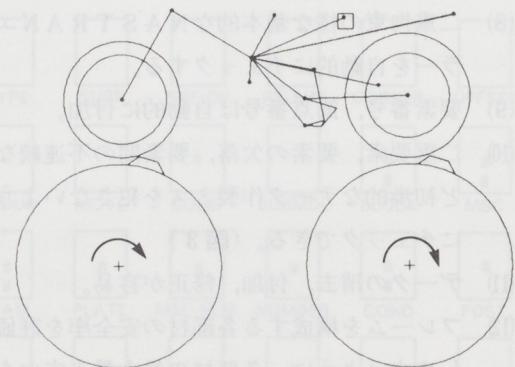
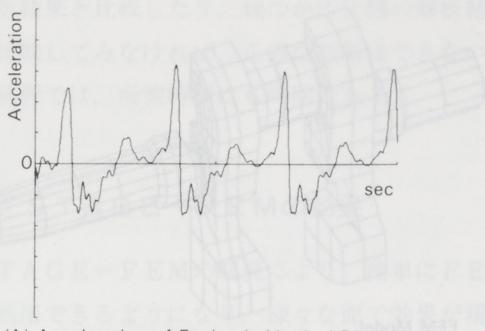


図5 カムドラム・テスト

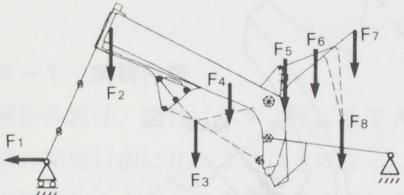
テスト中の車両の運動を解析するシステムである。DRUMSに必要なデータは、車両各部の位置、重量分布、慣性モーメント、サスペンションやタイヤの特性データなどである。

これを使えば、カムドラムテスト中の車両各部の加速度が求められ、これと重量分布から図6のように荷重を求める事ができる。これをSTAGE-FEMで作製したデータに荷重条件として与えてやると、カムドラムテスト時の応力分布が求められる。そして設計者は解析結果からフレームの弱点を知り、対策仕様を検討すればよい。

図7はモーターサイクルの初期開発段階でカムドラムテスト強度を評価したものである。解析結果に基づき、フレームの高応力部は補強され、そ



(A) Acceleration of Engine in Vertical Direction



(B) Distributed Load during a Cam Drum Test

図 6 エンジンの加速度と荷重分布

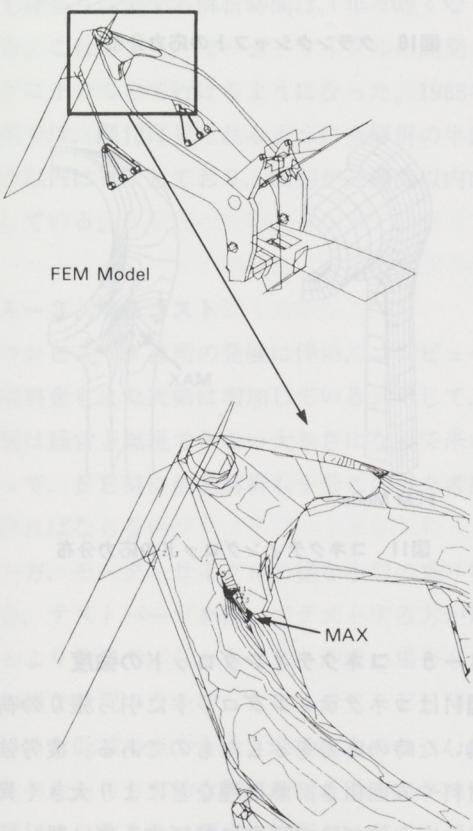


図 7 カムドラムテスト時のフレーム応力

の後行なわれた実機カムドラムテストでの問題発生はなかった。

この場合、FEMモデルを作製し解析結果を評価するのに要した時間は30時間である。STAGE-FEMが開発される以前ではこのような詳細なモデルは作る事すらできなかった。

### 3-2 スwingアームの剛性

フレームの剛性とともにスwingアームの剛性もまたモーターサイクルの操縦安定性に大きな影響を持つ。

最近、フレームの剛性が高くなるにつれスwingアームにもまた高い剛性が要求されるようになってきた。図8はスwingアームのねじり剛性を解析した例である。この場合、解析に要した時間は20時間であった。STAGE-FEM開発以前ならば60時間以上かかったであろう。

### 3-3 ホイールの強度

ホイールはモーターサイクルの部品のなかで最も重要なものの一つである。したがってホイールの設計は十分慎重に行う必要がある。図9はホイールの解析例である。この解析の結果、ホイールのハブにある孔の周辺に高応力が発生する事が判った。応力を下げるため、数仕様の対策案について評価を行ない、この場合には孔を小さくする事に決定した。ホイールのFEMデータは10時間位で作製できる。

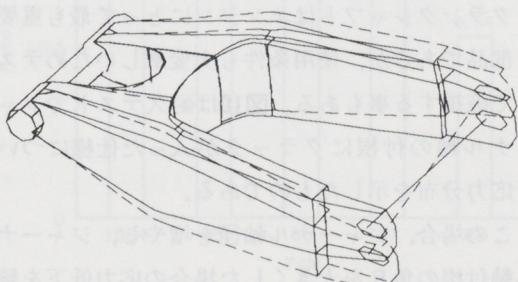


図8 スwingアームのねじり剛性

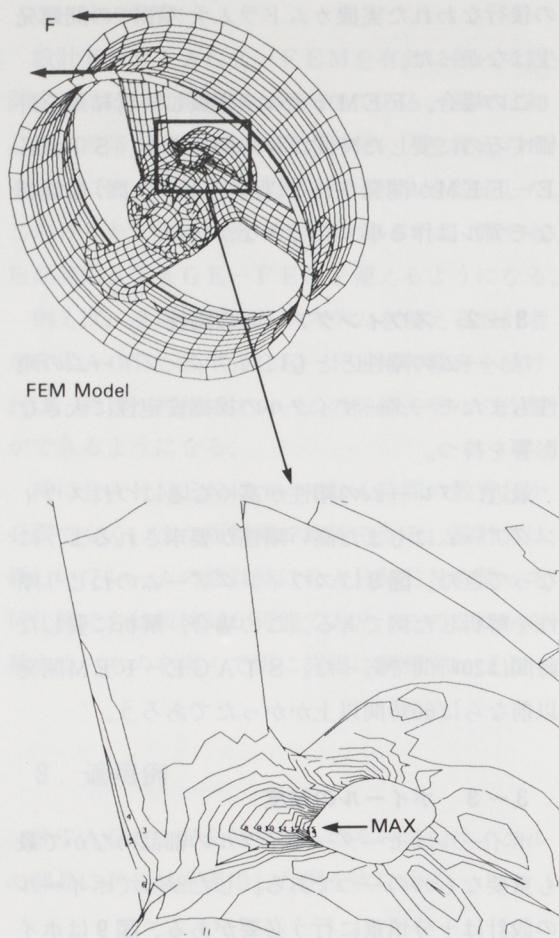


図9 ホイールの強度解析例

### 3-4 クランクシャフトの強度

エンジン部品の解析にはソリッド要素によるモデル化が必要となる事が多い。次にソリッドモデルによる解析例を紹介する。

クランクシャフトはエンジンにとって最も重要な部品であるが、使用条件も大変厳しいためテストで破損する事もある。図10は耐久テストでジャーナル軸の付根にクラックが入った仕様について応力分布を示したものである。

この場合、ジャーナル軸径を増やし、ジャーナル軸付根の角Rを大きくした場合の応力低下を解析で求め、対策仕様を決定した。この例でFEMデータ作製及び解析に要した時間は15時間である。

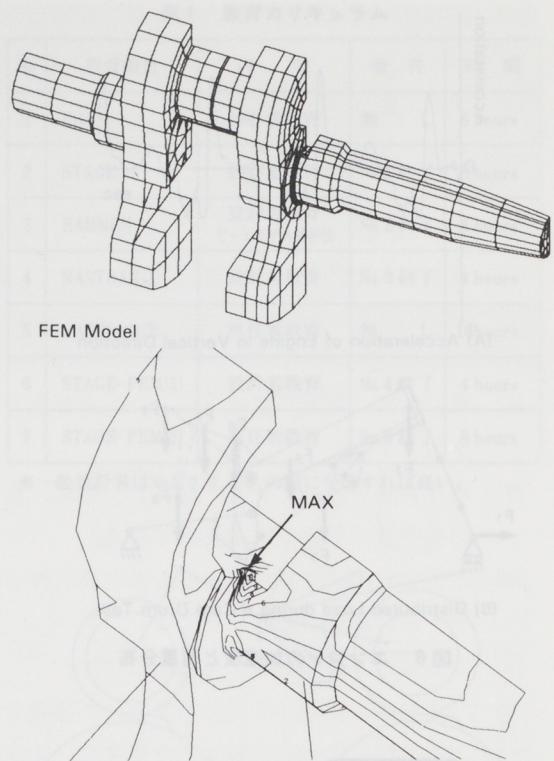


図10 クランクシャフトの応力分布

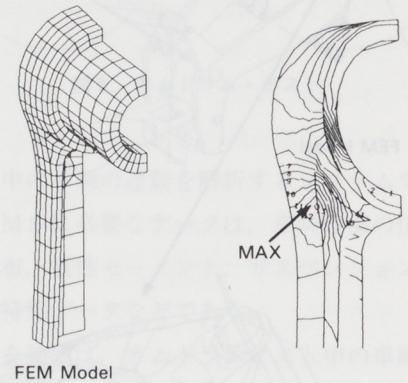


図11 コネクティングロッドの応力分布

### 3-5 コネクティングロッドの強度

図11はコネクティングロッドに引っ張りの荷重が働いた時の応力を示したものである。疲労強度は材料や表面粗さ、熱処理などにより大きく異なる為、応力値だけで正確に評価する事は難しい。したがって、同じ方法で解析した実績のある機種

の解析結果と比較したり、幾つかの仕様の解析結果を比較してみなければ、正確な判断はできない。この解析では、所要時間は6時間である。

#### 4. STAGE-FEMの効果

STAGE-FEMの開発により、簡単にFEMが利用できるようになり、様々な面で効果が現れてきた。

##### 4-1 解析件数

解析件数は、図12に示すようにSTAGE-FEMの開発以前に比べ3倍以上になった。特に、当初計画した全ての基本機能が完成した1988年には、その前年に比べ1.6倍と急増した。

##### 4-2 解析スピード

1件当たりに要する解析時間は、年々短くなっている。これにより、モーターサイクルの開発スピードに十分ついて行けるようになった。1988年の結果では、図13に見られるように全解析の半数が3日以内に完了しており、84%が一週間以内に完了している。

##### 4-3 解析コスト

コンピュータ技術の発展に伴い、コンピュータ使用料金もまた次第に増加している。そして、この額は経営上無視できない大きさになって来た。従って、FEMに依る解析も十分この点を考慮しなければならない。

一方、モーターサイクルの様な小型の乗り物の場合、テストパートを作ってテストする方が解析するより簡単で、しかもコストが安い場合もある。この様な状況のなかで、STAGE-FEMは解析コスト低減の点でも大きな効果をもたらし、コストの上からも有効な解析が増えた。

図14は一件当たりに要する解析コスト（人件費、電算費等全てを含む）が年々低下している事を示

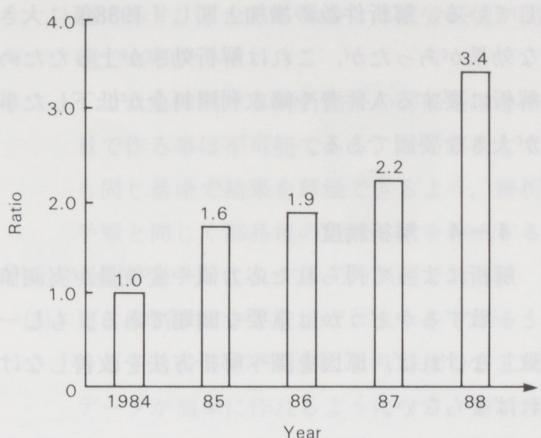


図12 解析件数の推移

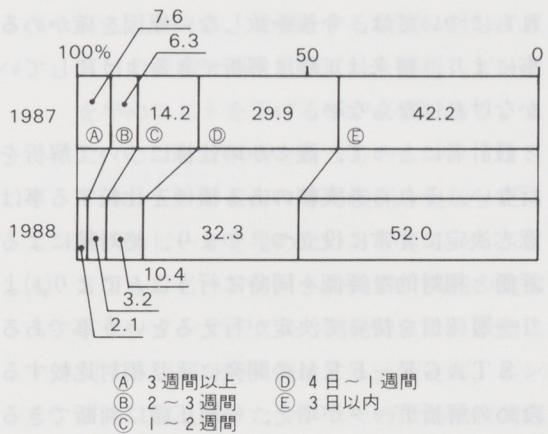


図13 解析1件当たりに要する日数

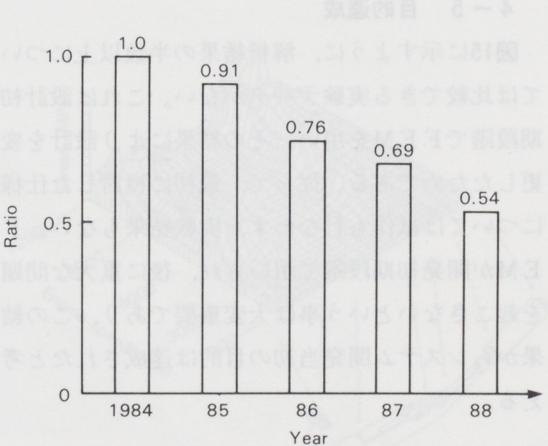


図14 解析1件当たりに要するコストの推移

している。解析件数の増加と同じく1988年に大きな効果があったが、これは解析効率が上ったため、解析に要する人件費や端末利用料金が低下した事が大きな要因である。

#### 4-4 解析精度

解析によって得られた応力値や変位量が実測値と一致するかどうかは重要な問題である。もし一致しなければ、原因を調べ解析方法を改善しなければならない。

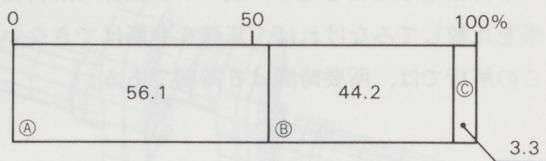
図15は一昨年解析したものについて、実験結果と解析結果を比較したものである。この結果から全体の3%については両者が一致しなかった。これらについては、今後一致しない原因を確かめる事により、将来は正確に解析できるようにしていかなければならない。

設計者にとって、幾つかの仕様について解析を行ない、それらを実績のある機種と比較する事は意志決定に非常に役立つ。つまり、絶対値による評価と相対的な評価を同時にを行うことにより、より一層確信を持って決定が行えるという事である。

S T A G E - F E M の開発により相対比較するための解析データが増え、一層正確に判断できるようになった。

#### 4-5 目的達成

図15に示すように、解析結果の半数以上については比較できる実験データがない。これは設計初期段階でF E Mを用い、その結果により設計を変更したためである。従って、最初に検討した仕様については試作も行なわず、実験結果もない。F E Mが開発初期段階で用いられ、後に重大な問題を起こさないという事は大変重要であり、この結果からシステム開発当初の目的は達成されたと考える。



- (A) 比較できる実験データがない。
- (B) 実験結果と一致する。
- (C) 実験結果と一致しない。

図15 解析結果と実験結果の比較

### 5. 問題点

S T A G E - F E M の普及に伴い大きな効果が得られたが、同時に新たな問題点も発生してきた。

#### (1) コンピュータ能力と解析件数の増加

コンピュータ利用の増加に伴い、コンピュータ能力の方も年々増強されてきた。しかし、負荷の増加の割合が大きく、常に処理能力の限界に近い状態で使用している。このような状況の中で、解析件数の増加はJ O B 実行待ちによる時間のロスやデータ記憶容量の不足などの問題を起こしている。

#### (2) 効果を無視した解析

いかに効率良く解析をしても、解析には大きな費用がかかる。解析コストに比べ、十分効果が期待できる場合は良いが、効果を無視すれば大きな損失となる。何日もかかって詳細なF E Mデータを作製しやつて得た結果が、簡単な材料力学モデルで直ぐに求められる答えと大差がなかったなどの失敗も経験した。

#### (3) ブラックボックス化の危険

S T A G E - F E M はだれにでも簡単に使えるが、時にはトラブルのもととなる。例えば、荷重条件や拘束条件が実際とは異なる場合にいるにもかかわらず、これらの点を無視して、解析で得られた応力や変位のみ

を重視するような例がある。またデータ作製過程でのミスに気が付かずに解析を進め、誤った結論に至ってしまう例もある。

#### (4) 解析結果の個人差

解析に用いた要素や、メッシュの粗さ、荷重拘束条件の差等により、同じ問題について解析しても解析結果はそれぞれ異なる。これらの差が小さければよいが、大きければ判断を誤ってしまう。また他人が行った解析結果との比較や、過去の解析結果との比較もできない。

### 6. 今後の課題

これらの問題を解決するためには、解析手順や解析結果の評価の仕方を統一することが重要である。また、必要とする解析精度に応じてFEMモデルを最適にする事も必要である。更に、振動解析機能や他の専用機能をSTAGE-FEMに加える事も将来の課題である。

#### (1) 部品毎の解析手順の統一

我々はSTAGE-FEMの使い方を教育普及するだけでは不十分であると考えるようになった。これまで述べたような問題が発生してきたからである。

従って、これからはシステムの使い方と同時に効果的な解析方法も伝えていく必要がある。

解析頻度の高い部品については、解析手順（FEMデータの作り方、荷重拘束条件の設定等）を定め、初心者でも正確にしかも早く解析できる様にする事が第一の課題である。これを行う事により、比較可能な解析データを多く蓄積できるであろう。

#### (2) 解析結果の評価方法の統一

解析により応力や変位を求める事は簡単にできるが、これらをどのように評価するかが難しい。ある場合には材料の降伏が問

題であり、またある場合には疲労破壊が問題である。

これらに対する解析結果の評価基準を一日で作る事は不可能である。誰が解析しても同じ基準で結果を評価できるよう、解析手順と同じく部品毎の評価基準を作成する必要があり、これが第二の課題である。

#### (3) 更に解析スピードを上げコストを下げる

STAGE-FEMにより詳細なFEMデータが簡単に作れるようになり、解析精度が向上した。しかし、一方で詳細データは解析時間やコストの増大につながっている。

これからは、必要とする精度に対してFEMの要素分割を最適にし、解析スピードを早めコストを下げる事が必要である。また、しばしば解析を行うものについてはSTAGE-FEMに専用機能を追加し更に解析スピードを早めたいと考えている。

#### (4) STAGE-FEMへの動解析機能の追加

モーターサイクルの開発時には、振動に関する問題が時々発生する。例えば、エンジンに取りつけたマフラーの振動強度問題がある。図16はエンジンによって加振され

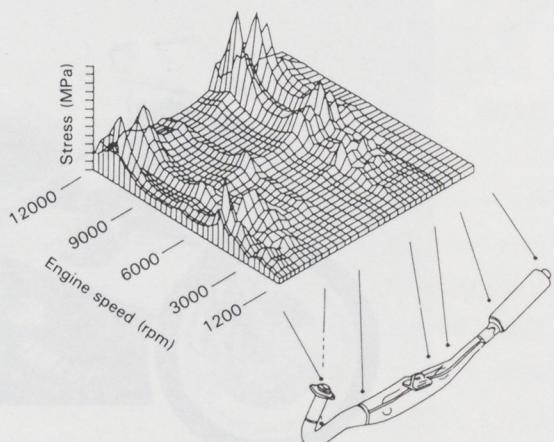


図16 マフラーの振動応力

たマフラーの振動応力の解析結果を示したものである<sup>(1)</sup>。これらの振動問題に対する解析手法の基礎開発はすでに完了している。

今後の課題は、STAGE-FEMに動解析用のデータ入出力機能を付加する事にある。これが完成すれば、現在ごく限られたFEM専任者だけにしか行えない動解析がもっと広く使われるようになるであろう。そうなれば、静解析の場合と同じく多大な効果が期待できる。

## 7. あとがき

本報告に述べた成果は、多くの方々の努力により得られたものです。特に、設計12課CADグループ、解析研究課、技術電算室の方々の力無しでは達成できなかつたものと思います。この紙面を借りて、深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

- (1) 小杉：自技会レビュー Vol. 10, 1989

## 5. 問題点

STAGE-FEMは多くの場合で大きな計算時間と計算コストを必要とする。また、計算精度は他の有限要素法と比べて劣る。これは、初期構造のモデル化が複雑であるためである。しかし、FEMの基礎知識をもつて問題を理解する能力が得られると、計算時間が短くなる。

## 4-4. 構造強度

図15に示すように、構造強度の検討においては比較できる実験結果<sup>(2)</sup>がある。これは設計初期段階で既に構造強度の検討を行ったときに得られたものである。この図は、構造強度を検討するための実験結果と、それを用いた構造強度の検討結果を示すものである。

式典講義の一枚でやまの図

# FZR400RRの エンジンの開発



第1設計部  
モーターサイクル本部 一ノ瀬克仁

## 1. はじめに

国内の400ccクラス スポーツバイク市場は、年間販売台数8~10万台という安定した需要をここ数年見せている。この中でレーシースポーツモデルの人気が根強く、需要の約3分の2を占めている。

ヤマハでは、'86年春に「FZR400」を市場投入して以降、市場を拡大「FZR400」及び後継モデルの「FZR400」は、国内市場での基軸モデルとして広い人気を集めてきた。

こうした市場環境の中で、このたび当社は、最新の400ccレーシースポーツモデルにふさわしいボ

ポテンシャルを持つマシンとして、ヤマハNEW FZR400 RRを平成元年12月より発売した。以下にこのエンジンの設計の狙いとその概要について紹介する。

## 2. 開発の狙い

開発にあたっての主な狙いは、車両の軽量化、コンパクト化を図ることにより操縦性、取扱い性、快適性等の向上を計ることであるが、また同時にこのカテゴリーでは、ベースとなる車両は当然F III各レースに参加するわけであり、エンジンはレース用としてのポテンシャルを要求された。

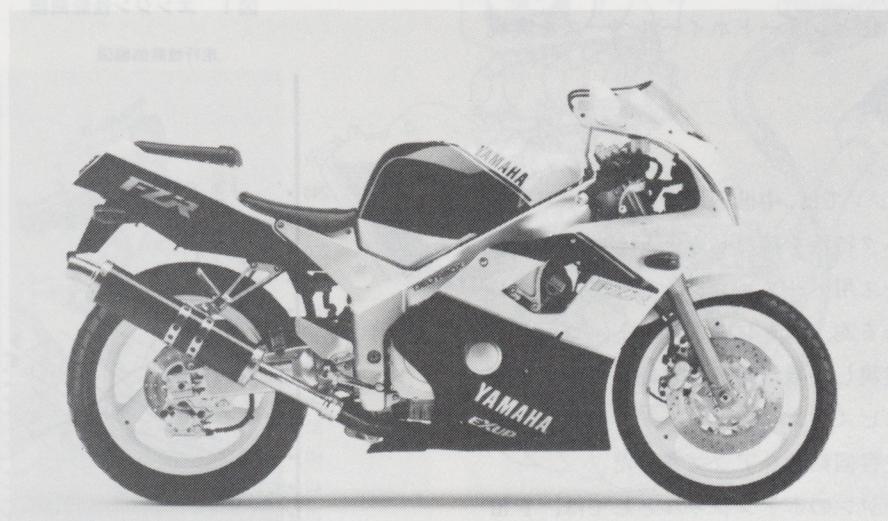


写真1 NEW FZR400RR

エンジンは実績ある1WGをベースエンジンとし、更にポテンシャルを向上させた。またスタンダード仕様と同時に更にスポーツ性を高めたスポーツプロダクション仕様（S P仕様）も同時開発を行なった。以下に主要な開発項目を記す。

#### (1)リニアリティなエンジン特性

『ライダーのアクセル操作に対するリヤトラクションのリニア感覚』という基本コンセプトに基づいてエンジンの吸排気効率、燃焼効率、機械効率を徹底的に追求した。このためヘッドシリング、ボディシリング、クラランク、ピストン、動弁系等全て新設計とし性能、アイドル安定性、ドライバビリティから、最適のクラランクバランス、クラランク慣性モーメントを設定した。またキャブレターについてはダイヤフラム下室を大気開放構造とするなどセッティングの大巾見直しを行ない、EX UPの採用でアイドリングの安定性を確保し、あわせてレスポンスに優れた特性を実現した。

#### (2)軽量、コンパクト

シリンダーのフレーム搭載角度を従来のFZR400の45°から35°へと起こし、エンジン取付位置を前方に移してフロント荷重をややアップさせると同時に、エンジン全高及び前後長を短縮して、車体のコンパクト化とショートホイールベースを実現させた。

#### (3)性能

ニューエンジンでは、中低速域での乗りやすさに直結するトルク特性を持たせるとともに、高回転高出力のレース用ベースエンジンとしてのポテンシャルを高める為、ストレートポート、コンパクト燃焼室を実現し、吸気管長を短縮して吸気効率を高め、更にピストン・コンロッド・動弁系の軽量化により許容回転数をアップさせた。

ベースエンジンのポテンシャルとしては、F IIIキット仕様での開発目標を $11\text{kg m/l}$ 、 $200\text{ps/l}$ 以上として高効率のエンジンを開発した。

#### (4)信頼性

ピストンクーラの採用と更にS P仕様では水冷式オイルクーラ及び大容量ラジエータの採用によって一般の使用状況はもとよりサーキットでのレース走行など過酷な使用条件下でも充分な信頼性を確保した。

### 3. 主要諸元と性能

主要諸元を表1、エンジン性能曲線、走行性能曲線を図1、2に示す。

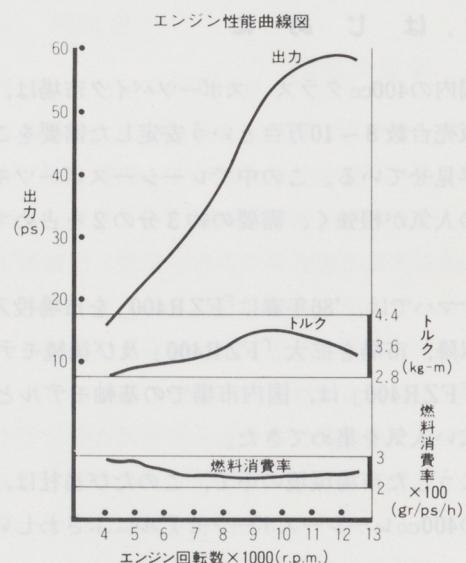


図1 エンジン性能曲線

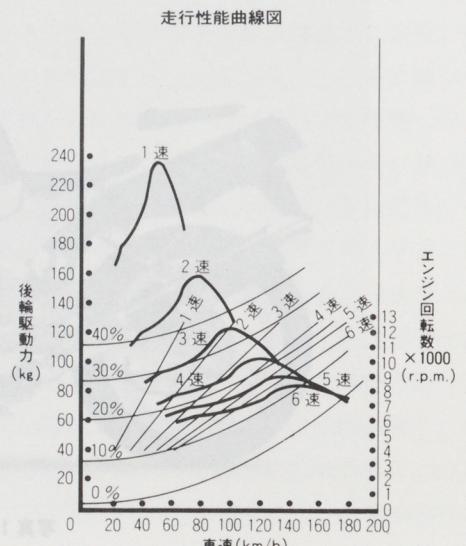


図2 走行性能曲線

原動機の型式		1WG	原動機 冷却装置	冷却方式		水冷電動式
種類		ガソリン、水冷4サイクル		冷却水量 (ℓ)		1.8 【1.9】
シリンダ数及び配置		直列4横置		水ポンプ形式		遠心式、歯車駆動
燃焼室形式		ペントルーフ形		サーモスタット形式		ワックス式
原動機構		DOHC、チェーン駆動 吸気2、排気2		機関から変速機までの減速比		2.170
総排気量 (cm³)	399	形 式		湿式多板、コイルバネ		
内径×行程 (mm)	56.0×40.5	操作方式		機械式		
圧縮比	12.2	寸法 (mm) フェーリング		(外径)(内径)(厚さ) 115 × 95 × 3.0		
最高出力 PS/rpm	59/12000	面積及び枚数 (cm²)		24×8枚【24×9枚】		
最大トルク kgm/rpm	4.0/9500	材質		モールドコルク		
燃料消費率 g/ps·h (全負荷) (rpm)	231(9000)	形 式		常時噛合式		
寸法 (mm)		(長さ)(幅)(高さ) 485 × 480 × 520		操作方式	足動式	
潤滑装置	潤滑方式	強制圧送ウェットサンプ		一速	3.307	【2.461】
	油ろ過器形式	全沈ろ過式、ろ紙式		二速	2.222	【1.941】
	潤滑油容量 (ℓ)	3.4 【3.5】		三速	1.714	【1.631】
	油冷却器形式	【外置き式・水冷】		四速	1.434	【1.500】
	五速	1.272		【1.368】		
	六速	1.173		【1.250】		

【 】内はSP仕様

表1 エンジン主要諸元

#### 4. 構造の概要

エンジンイラスト及び各断面図を図3～5に示す。

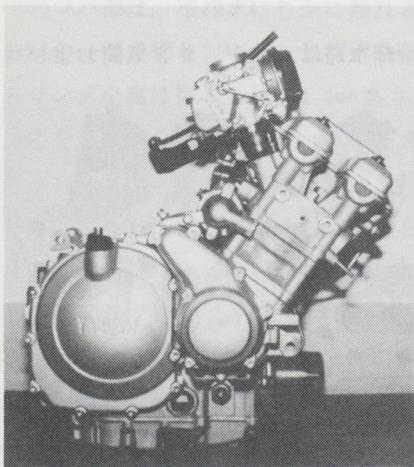


写真2 NEW FZR400RRエンジン外観

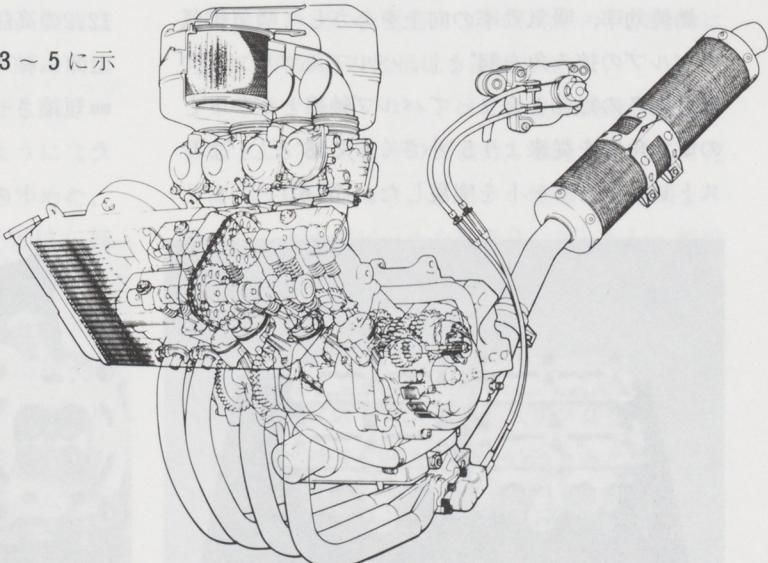


図3 エンジン透視イラスト

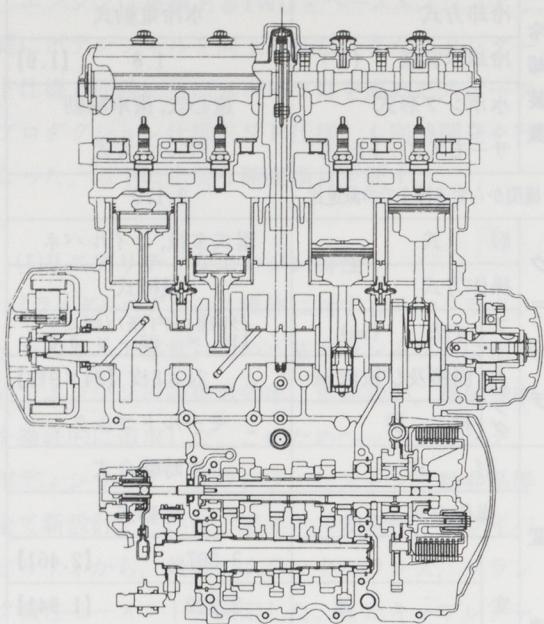


図4 エンジン縦断面図

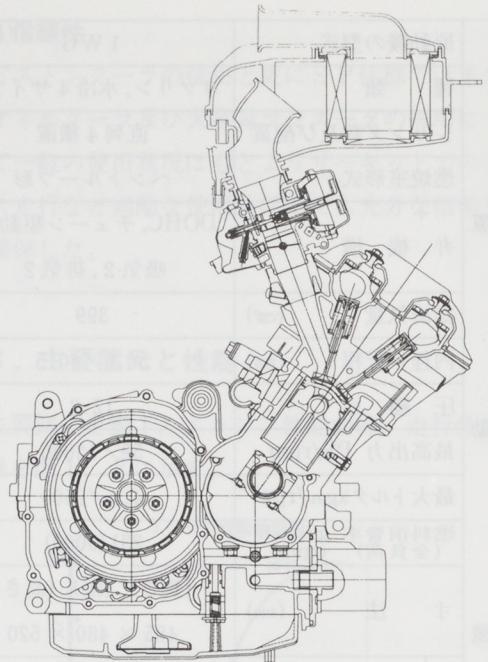


図5 エンジン横断面図

#### 4-1 シリンダヘッド

シリンダヘッドは、アルミ合金（AC4B）の低圧鋳造で、T6処理を行なっている。ウォータージャケット、カムチェーン室、リフター室、プラグ座はシェル金型である。点火プラグはペントルーフ形燃焼室の中央に配置した。

燃焼効率、吸気効率の向上をめざして吸気排気のバルブの挟み角を34°とし、バルブスプリングの取付高さの短縮と合まってバルブ軸線とポートとの成す角度を従来より5°小さくして38°とし、よりストレートなポートを実現した。（図6）

またキャブレターの位置も従来より20mm以上ヘッドに近づけ吸気管長の短縮をはかり、更にバルブガイドの突き出しを極力小さくして吸入抵抗を減らし吸入空気量の増大を図った。またバルブ挿み角の短縮によりコンパクトな燃焼室を実現し、ヘッド側燃焼室容積は従来より0.4cc小さくなり、12.2の高压縮比を得て燃焼効率を向上させた。またカム軸のピッチを短縮して、ヘッド前後長を8mm短縮させ軽量化とコンパクトエンジンを実現した。

ヘッドの冷却水路は、#1、#2気筒および#

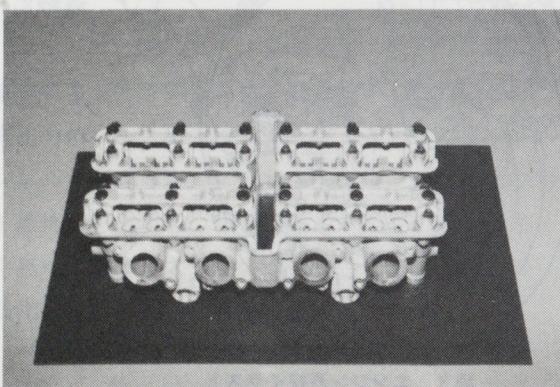
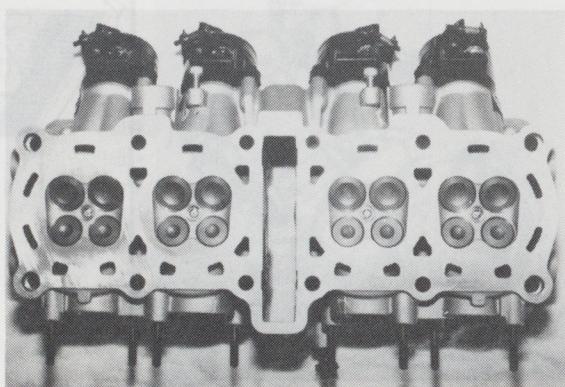


写真3 ヘッドシリンダ



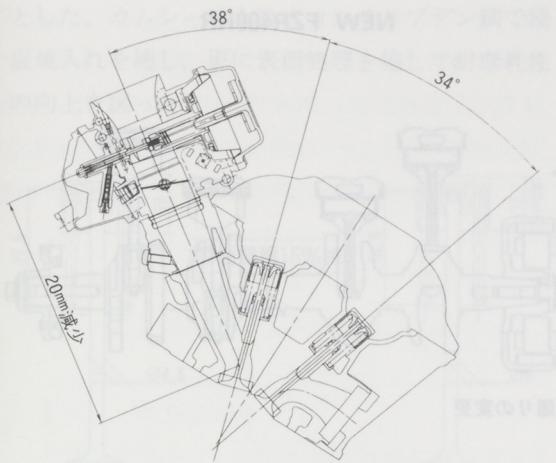


図6 ストレートポート

3, #4気筒の燃焼室、排気ポート廻りを均等に冷却させ信頼性の向上と高圧縮比を可能とした。

また今回新たに、ヘッド懸架でエンジンをマウントすることでフレームの剛性アップに寄与している。

ヘッドカバーも前後長を短縮して軽量化を図り、かつ、ラバーマウントすることで騒音低減を行った。

#### 4-2 シリンダ

シリンダ本体はアルミ合金（ADC12）製真空ダイキャストとし、特殊鋳鉄製スリーブを冷間圧入したドライライナタイプである。ただしスリーブのツバ部は、冷却水にじかに触れるようにフランジの一部を切り欠いてシリンダ全幅をつめた。シリンダ全高は従来に比べ4.4mm高さを短縮し軽量化を行なった。シリンダとシリンダヘッドは、アッパークランクケースに植え込まれた9mmテンションボルトにより共締めされている。冷却水は#2, #3シリンダの後部から入れている。シリンダヘッドガスケットは、厚さ0.2mmのステンレス薄板鋼板のリブ出しとし、両面にフッ素ゴムをコーティングしたメタルガスケットを採用し、シリンダとシリンダヘッドの熱分布を均一化し、耐久性を向上させた。

#### 4-3 クランクケース

クランクケースはアルミ合金（ADC12）製真空ダイキャストで上下分割方式とし、分割面上にクランク軸、駆動メイン軸、ドライブ軸を配置し、アッパークランクケースにセルフスタータ系を、ロアケースにシフタ系および同軸のオイルポンプとウォーターポンプを配置した。ブローバイガスは、アッパークランクケースのミッション室上部に設けたブリーザ室でオイル切りをしてエアクリーナへ導き再燃焼させている。クラッチカバー、チェーンケースカバーは内側へ成形した防振ゴムを鋼板とビスにより押しつけた横造とし、機械音の低減を図った。

#### 4-4 クランクシャフト、コンロッド（図7）

クランクシャフトは、ねじれ剛性の高い高炭素鋼製一体鍛造とし、タフナイト処理を施して疲労強度の向上を図った。主軸受は銅、鉛合金メタルを用いた6点支持方式とし、#1, #3, #4, #6ジャーナルから各クランクピンへそれぞれオイル穴を開けた1ピン1ジャーナル方式とした。動力は#4気筒内側のクランクウェブに直接歯切りしたギアから取り出し、中央部にカムチェーン駆動用のスプロケットを一体で削り出した。重量はウェブ形状の変更等によって従来のFZR400に対して約700grの軽量化を達成した。

コネクティングロッドはクロモリ鋼鍛造品で2分割とし、高回転時の慣性力、爆発力に対して充分な剛性を持たせた。また、小端幅を大端幅より狭くし、大小端ピッチを従来品に対し3.5mm短縮して往復重量の軽減及び軽量化を図った。大端軸受は銅、鉛合金メタルを用いた。

#### 4-5 ピストン、ピストンリング

ピストンはAC8AにT6処理を施し、軽量化と同時に耐久性を有する諸元とし、外形形状は潤滑油消費量を考慮した形状とした。ピストンピンは全長を極力短くして軽量化を図った。ピストンリングのトップはバネ鋼にクロムメッキを施した

FZR400R

NEW FZR400RR

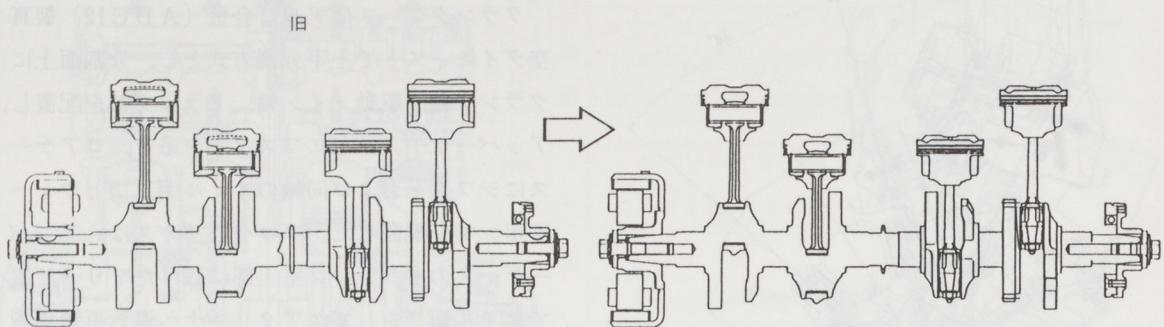


図7 クランク廻りの変更

バレルフェースの0.8mm厚、セカンドは特殊鋳鉄にパーカライジングを施したテーパーフェースの0.8mm厚、オイルリングは3ピースの組合せで1.5mm厚のものを使用し、超薄形化によって軽量化とフリクションの低減を図り、ピストンのコンプレッションハイドの短縮によるエンジン全高の短縮とコンパクト化を可能にした。

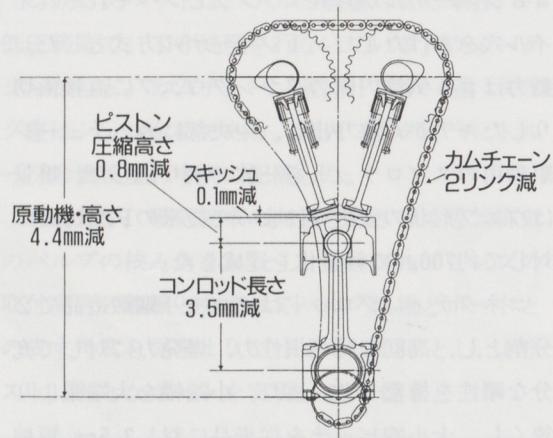


図8 エンジン全高の短縮

#### 4-6 動弁系

駆動方式はインナパッドを用いたダイレクトドライブ、バルブリフタ方式のDOHC、4バルブとし、等価慣性力を低減し、動弁系機構のロス馬力低減を図った。バルブ材質は、吸気バルブは耐熱鋼、排気バルブは耐熱鋼の継ぎタイプとし、フェース面にはステライト盛金を施した。かさ径は

吸気 $\phi 22$ 、排気 $\phi 19$ でステム径はともに $\phi 4$ とし、吸気バルブのみステム径をウエストさせ、吸入空気量の増大を図った。

バルブスプリングはSi-Crオイルテンパー線の2段不等ピッチスプリングを用いたシングルタイ

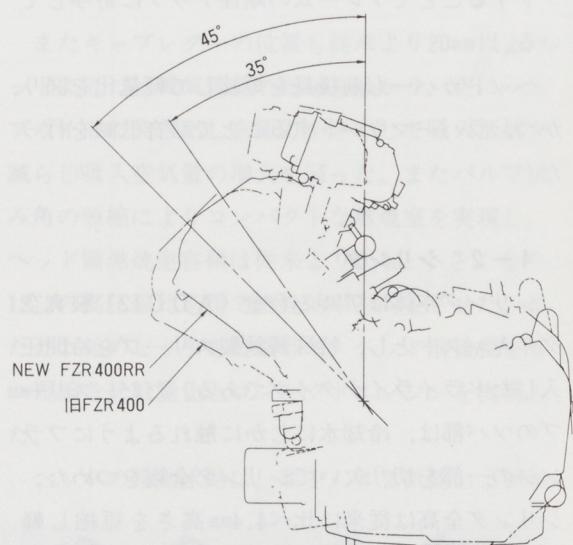


図9 コンパクトエンジン

とし、吸排共通とした。線径は $\phi 3.1$ とし、動弁系等価重量の軽減により取付高さの短縮及びスプリング荷重の低減を行ない、ストレートポート、ロス馬力低減が可能となった。(図10)

パッドはバルブステムエンドに載せるシム式のインナパッド構造とし、バルブリフタは合金工具鋼の削り出しで、軽量かつ高回転に耐え得るもの

とした。カムシャフトはクロムモリブデン鋼で浸炭焼入れを施し、更に表面処理を施して耐摩耗性の向上を図った。

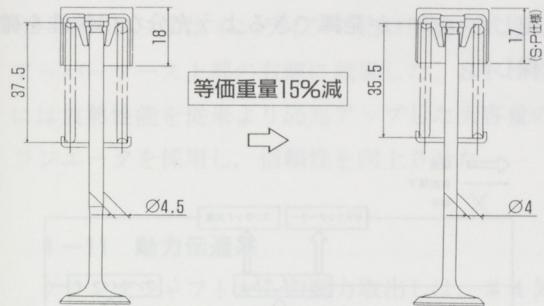


図10 動弁系の軽量化

カムシャフトの駆動は、ピッチ7.0、110リンクのブッシュチェーンと17T-34Tのスプロケットで行ない、カムチェーンテンショナはラチェット式の自動調整式を採用し、冷間から熱間時まで適切なチェーン張力を保たせて低騒音化と耐久性を

向上した。

#### 4-7 吸気系（図12）

エアクリーナーは前傾エンジンの上部に配置し、6.1ℓの容量を確保した。ダウンドラフトキャブレターとの組合せにより、通気抵抗の少ないシンプルな内部構造とし、騒音の低減とともに性能低下を最小限に抑えた。

キャブレターはセミフラットバルブのダウンドラフト、可変ベンチュリ形B D S T 32を4連装した。フリーピストンバルブの断面形状を半円形とし、更にベンチュリ部の形状を真円にしたことでの混合気の流れをスムーズにして吸気効率を高めた。ダイヤフラム下室は、独立したフィルターを装備した大気開放構造とし、レスポンスの向上を図った。

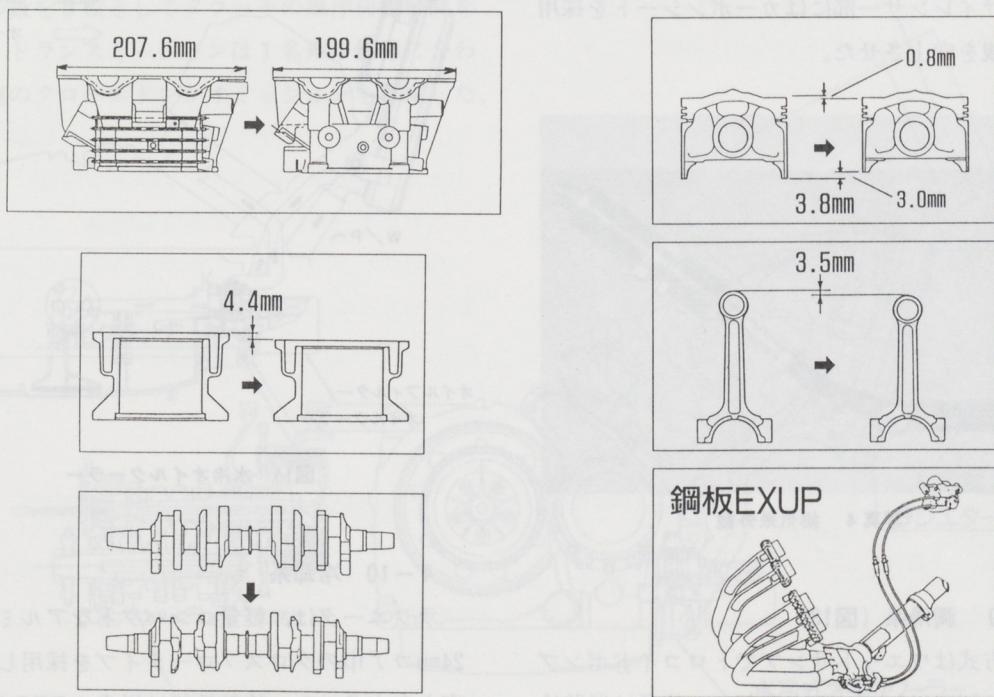


図11 主要部品の軽量化

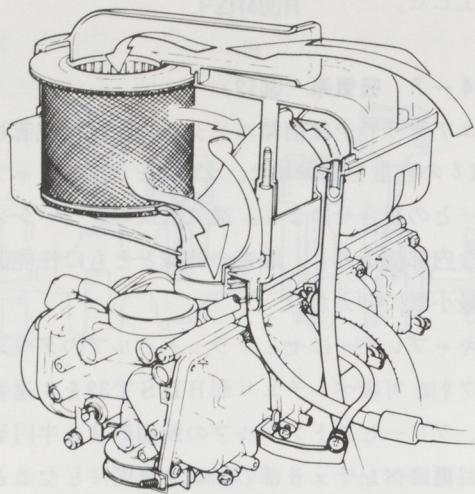


図12 吸気系

#### 4-8 排気系

排気系には、当社独創の排気可変システムのEXUP (Exhaust Ultimate Power Valve) を装備することにより、扱いやすさと高性能の両立を図った。

EXUPのチャンバーは鋼板製として軽量化を図り、サイレンサー部にはカーボンシートを採用して外観を向上させた。

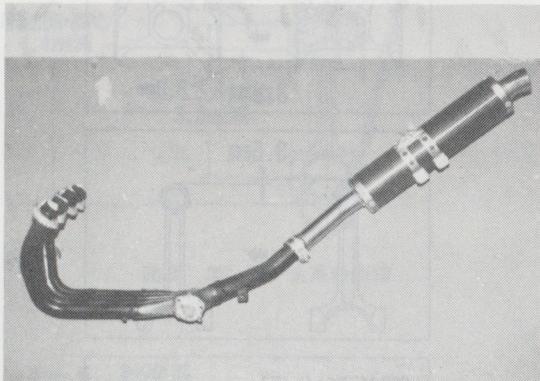


写真4 排気系外観

#### 4-9 潤滑系 (図13)

潤滑方式はウェットサンプでトロコイドポンプにより強制圧送している。各部への流量は通路途中に設けた絞りにより適切に調整した。#2, #

5のクランクジャーナルにはオイルジェット方式によるピストンクーラを設け耐久性を向上させた。またSP仕様には、水冷式のオイルクーラー (図14) を採用し、レース使用時の過酷な条件でも安定したパワーが発揮できるよう充分な信頼性を確保した。

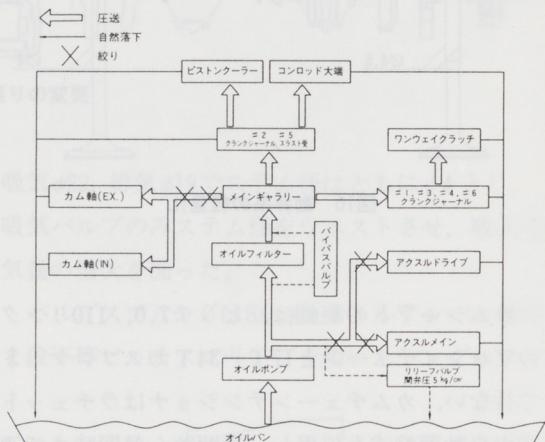


図13 潤滑油経路ブロック図

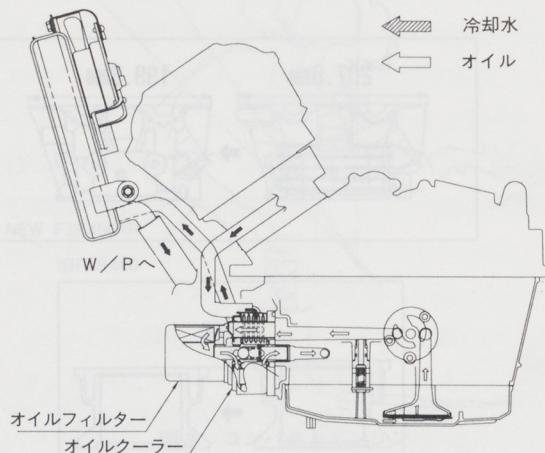


図14 水冷オイルクーラー

#### 4-10 冷却系

ラジエータは、軽量コンパクトなアルミ製単列24mmコア巾のクロスフロータイプを採用し冷却効率を向上させた。放熱性能は従来のFZR400に対して11%アップして充分な冷却性能をもたらせた。

電動ファンは、 $\phi 90.5$ の直流プリントモーターの採用により軽量化とコンパクト化を可能にした。ウォーターポンプはクランクケース左側に設置し、中間軸のギヤからオイルポンプと同軸に駆動した。サーモスタットはインラインの出口制御方式とし、アッパーケース上部の右側に設置した。S P仕様には放熱性能を従来より55%アップした大容量のラジエータを採用し、信頼性を向上させた。

#### 4-11 動力伝達系

クランクシャフトからの動力取出しは、#4気筒内側のクランクウエブに直接歯切りされた平歯車から直接取り出す方式として前後長を抑えた。1次減速歯車は低騒音化を考慮して歯先面取りと歯形修正をしたシェーピング仕上げとした。出力は大容量ダンバを組込んだ減大ギヤを介して湿式多板クラッチを経て、トランスミッションへと伝達される。トランスミッションは6速の常時噛み合い方式とし、チェンジ機構には飛び出し防止装置を付けた。S P仕様では、クラッチのフェーシングの数を9枚としてクラッチの操作荷重軽減を図り、トランスミッションは1名乗車仕様に合わせ6速のクローズドレシオミッションを採用した。

#### 4-12 点火系、電装系

点火はフルトランジスタ式のバッテリ点火方式で、断続器は無接点式である。進角は信頼性の高いマイクロコンピュータ制御のデジタル進角システムとし、EXUP駆動用サーボモータも合せて制御させた。点火順序は#1, #2, #4, #3で#1と#4, #2と#3をそれぞれ同時に点火する同時着火方式である。

発電機はロータ外径 $\phi 129$ の磁石式三相交流発電機で、小型軽量ながら246Wの高い発電性能を有している。

#### 5. S P(スポーツプロダクション)仕様とエンジンキット

図15にスポーツプロダクション仕様を示す。また表2及び図16にNEW FZR400RRエンジンキットアイテムとF IIIキットエンジン性能を示す。

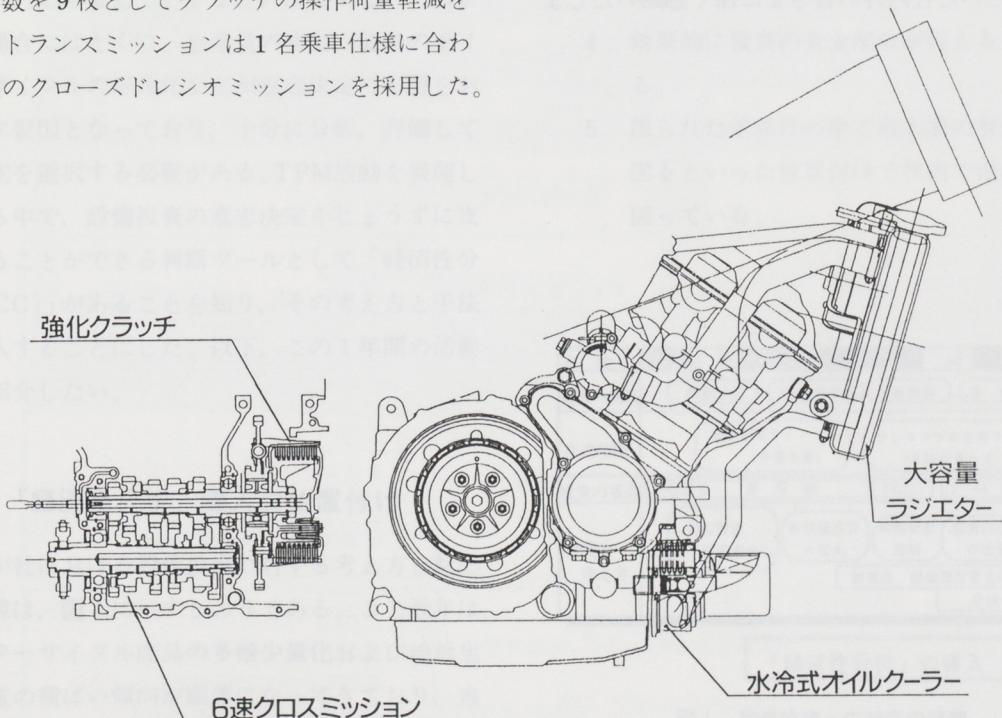


図15 スポーツプロダクション仕様

## ■NEW FZR400RRエンジンキット

### SPキットアイテム

- エキゾーストパイプ/サイレンサー
- キャブレターセッティングパーツ
- ジョイントエアフィルター
- イグナイタユニット

### F3キットアイテム

- エキパイ/EXUPアッセンブリー/サイレンサー
- 吸排気カムシャフト
- キャブレターセッティングパーツ
- ジョイントエアフィルター
- インダクションボックスセット
- ACMセット

表2 エンジンキットアイテム

## 6. おわりに

以上、NEW FZR400RR用エンジンの構造について紹介した。短い開発期間にもかかわらず、ほぼ狙い通りのエンジンに仕上がったと考えている。

最後に本エンジンの開発に際して多大なる協力をいただいた社内外の皆さんに深く感謝いたします。

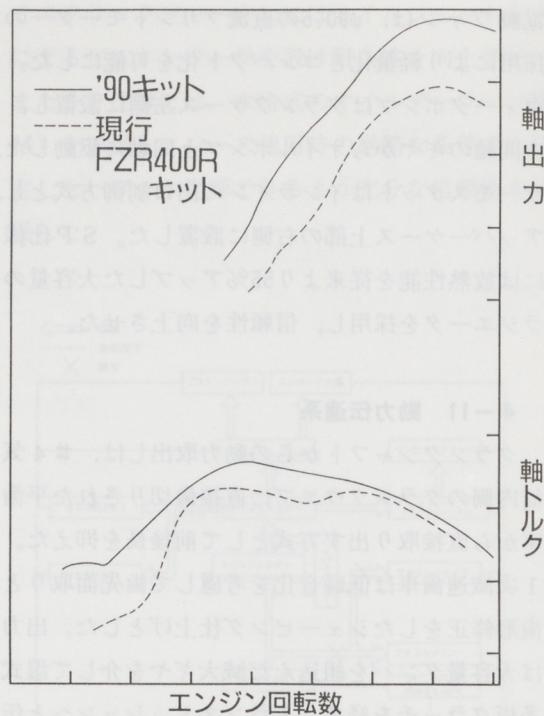
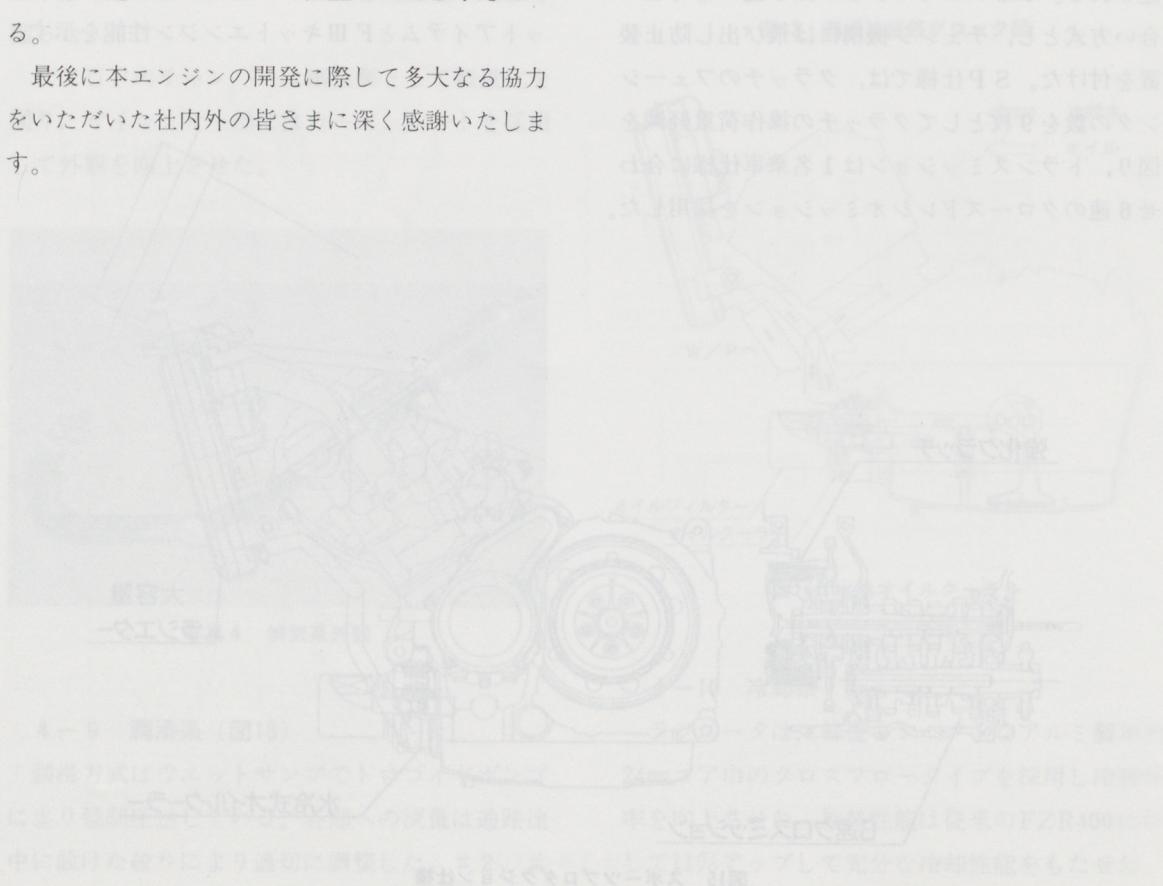


図16 F III キットエンジン性能



# わが社における 設備投資の経済性検討

## — 基本的考え方と実施例 —

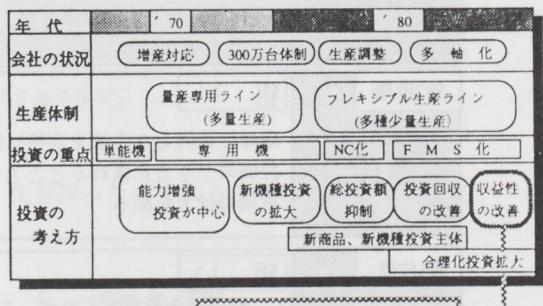
生産技術部企画課 第5工場製造技術課  
ヤマハ発動機株 中村 晃 内山 孝

### はじめに

設備投資は企業の繁栄と永続性を目指して先行するもので、企業行動の中で最も緻密な計算と予知の力を必要とする分野である。それは単に“物”を選定して上手に購入するということに留まらず企業内のさまざまな将来の活動と関連を持っているといえる。われわれが予知し努力している以上に、外部環境が変化する場合には投資活動そのもののへの対応もえていかなければならない。わが社の場合にはとくに、生産量の変動、製品のライフ・サイクルの短命化などが意志決定に影響をおよぼす要因となっており、十分に分析、評価して最適案を選択する必要がある。TPM活動を展開している中で、設備投資の意志決定をじょうずに支援することができる判断ツールとして「経済性分析(LCC)」があることを知り、その考え方と手法を導入することにした。以下、この1年間の活動を御紹介したい。

評価方法の見直しも重要な課題となっている。「経済性分析」の手法を導入するにあたり、

1. 分析時間をできるだけ減らし、良い案を考え出し、作り出すことに時間を使えるようする。
2. 予測値はかなり不確実だから、それに見合った概略値を使い、むしろ多角分析ができるようにする。
3. 迅速、適正に意志決定できる支援ツールとする。
4. 効果的に投資の資金配分が行えるようにする。
5. 限られた予算枠の中で最大限の有効活用を図るといった位置付けで社内で活用展開を図っている。



### 1. 「経済性分析」導入の位置付け

わが社における設備投資に対する考え方と対応の経緯は、図1に示すとおりである。ここ数年は、モーターサイクル商品の多種少量化および絶対生産数量の横ばい傾向が顕著になってきており、当然のことながら設備投資そのものに対する考え方、

図1 設備投資への対応の経緯

## 2. 導入活動の考え方

「経済性分析」の手法を導入する前に、設備投資に関し直接業務に携わっている実務担当者、主任クラスにアンケート調査を実施したところ、次のような現状認識であることがわかった。

1. 検討、評価の場面で決定要因の重み付けが異なり、正しい方法が認識されていない。
2. 時間的制約から単一案だけの立案に片寄りがちで、複数の候補案を比較検討し、独創的で最善な案を選ぶ、という姿勢が十分でない。
3. 投資と収益の関係に対する意識付けが十分ではない。

このような現実を考慮すると、導入そのものをできるかぎり短期間で効率良く、実務的に進める必要があり、他社のやり方を勉強したり、「経済性工学」の講習会に出席したりとさまざまな角度から事前調査を行った。結果としては、あまり奇をてらわない、現実に合ったオーソドックスな取り組み方になったといえる。つまり、慌てず、急がず、しかし集中力が欠けない期間として1年間という期間ターゲットを設定し、導入活動を3段階に分けて活動を開始した。

## 3. 活動の展開

社内の活動支援体制として「経済性分析」導入準備委員会が設置され、メンバーには特に投資活動と直接関係の深い部門の管理職13名の方になっていた。展開の方法としては、タスクとかプロジェクト・チームを編成してやるものも一つの手ではあろうが、実際面での運用を考えると職制の理解と協力なしではとうてい長続きしないだろう、という懸念もあったため、研修会も事例発表大会も、基本的にはすべて課長職以上の管理職の理解と協力を呼びかけたものといえる。具体的には、図2のような年間スケジュールの中で研修会と事例発表大会を活動の重要なイベントとして積極的に計画、推進してきた。

少々乱暴な方ではあるが、可能な限り多くの人を巻き込んで、あたかも全体の認知活動であるがごとき雰囲気を作り出すのも、社内活動を推進するうえできわめて重要な演出かと思う。

## 4. 検討ステップの標準化

社内のイベントの設定は最終目的地に到着するまでのマイルストーンであり、いってみればた

表1 経済性分析導入の3段階

第1段階 意識変革	狙い	方法
	1. 時間的制約があっても比較案を作成し最適案を選択する 2. 投資に対して「経済評価」をするという意識を持つ	1. 研修会を導入の足掛かりとする 2. 主任、管理職を主体に研修を行う
第2段階 事例作り	狙い	方法
	研修で修得した手法を実際に使用し、評価のやり方に慣れるとともに、その認識の拡大を図る	1. 稟議書に反映する 2. 研修者2名で1件の事例を提出する 3. 合理化投資の案件を主体とする
第3段階 定着化	狙い	方法
	1. 経済性分析をするのが、あたり前になる 2. 分析結果をベースに、さらに優れた案を考えることができる	1. 稟議申請の必須事項とする 2. 各職制の中で評価ができるように手法を使える人数を増やす

年月	88/6	7	8	9	10	11	12	89/1	2	3	4	5	6	7	8	9	
活動展開	意識変革										事例作り				定着化		
展開内容	導入研修				事例研究会				研究会				業務導入				
実施事項	管理職研修会	実務担当者研修会		実務担当者研修会	管理職研修会	第1回事例発表大会							第2回事例発表大会				
参加人員	90名	46名		80名		88名							127名				

図2 導入活動の展開

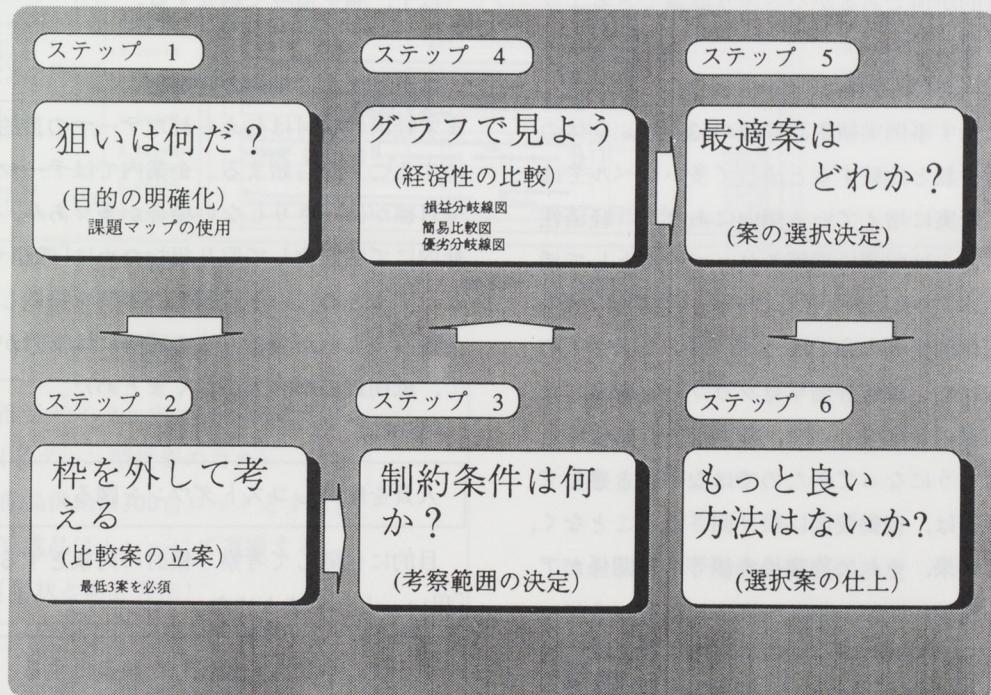


図3 経済分析の「6ステップ」

んなる通過点に過ぎない。第2段階で設定した「事例作り」を効果的に行うためには、あまり抵抗感のない、やりやすい方法を見つけ出す必要があり、当社の場合には生産技術、製造技術部門で従来から使用してきた「課題マップ」をこの経済性分析にも活用し、図3のように検討ステップの標準

化を図ったのも大きな特徴の一つといえる。

## 5. 活動の成果

導入活動の成果把握の仕方については、いろいろな方法があるけれども、一つの尺度としては実際

にどの程度事例が作られたかを見ることによって成果の状況を知ることができる。つまり、日常の投資活動の中でどのくらい比較案が検討され、実際にそれが実務に反映されたかを件数で見ると以下のような状況となっている。

成果としては、

1. 予算立案時に投資の優位付けができるようになった。
2. 投資効果の定量化により意志決定の重要なツールとなった。
3. 不確実な数量変動に対する検討、評価ができるようになった。
4. 他部門からの信頼感が増した。
5. 目的が何であるかハッキリ認識できるようになった。

等がおもにあげられる。

図4に示す事例実績累計件数の53件は、全体の稟議申請件数と比較すると決して多いレベルではないが、着実に増えている傾向にあり、「経済性分析」の導入は順調に理解され、ツールとして活用され始めているものと思う。昨年6月初旬に開いた第2回事例発表大会では、分析のやり方そのものに目を向けて“投資評価早見グラフ”を考案した製造技術課の管理職もいて、活気があり結構楽しくできるようになってきたのではないかと感じている。今後は、変動要因に振り回されることなく、生産量、効果、それに許容投資額等との関係がア

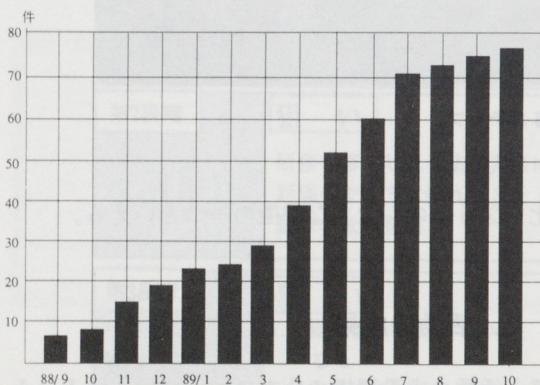


図4 「経済性分析」事例の実績件数（累計）

ナログ的に早く、しかもじょうずにわかるようなツールに仕上げていきたいと考えている。

それでは工場での活動事例を以下ご紹介したい。

## 6. 経済性検討の実施例

磐田第5工場は昭和62年に、エンジンの組立専門工場として建設し、工場機能としての投資は一段落している。現在はコスト低減・省人化・新商品の生産準備の投資が中心となってきた。本事例は、スクーターエンジンのベルト変速ミッション「プライマリーシーブ」のサブ組立を省力化しようと検討したものである。

以下、順を追って紹介する。

### ステップ1 目的の明確化

まず経済性検討は与えられたテーマの目的を明確にすることから始まる。企業内ではテーマの目的や目標がはっきりしない場合が多くあり、これを社内にて明確化して取り組むために「課題マップ」としてまとめている。図5に事例を掲載した。多少読みづらいが分析方法の理解には支障がないので、紙面数の都合上小さくまとめた。

「目的は」は

人員を削減しコストダウンを図る。

目的に付随して考察・検討の対象とする項目を、「狙い」としてまとめた。

1. 使いやすさを重視した設備にする。
2. 品質保証能力を高める。
3. 汎用性の高い設備づくりをする。
4. トレーを使ったサブ組立自動機のモデルとしての位置付けとする。

このように、実施しようとしたことをまとめておくと業務が進めやすくなる。また、検討を開始する前に、すでに与えられている「条件」についても同様にまとめた。

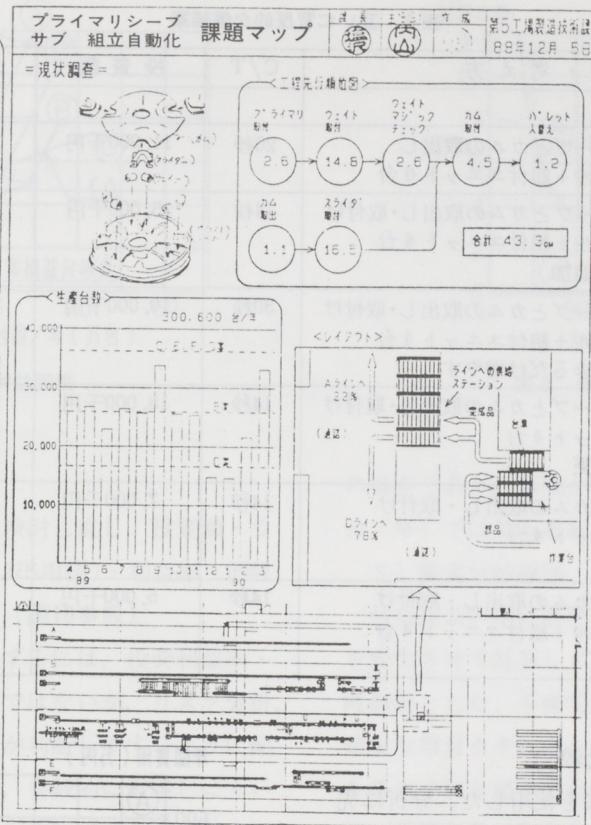


図5 課題マップの例

1. 商品サイクル内で資本回収できる。  
(リターン型投資のため)
  2. 部品供給は100台ロットとする。
  3. 完成品はトレーにて運搬する。  
(現状と同じ方法)

## ステップ2 比較案の立案

システムを設計し導入する技術者にとり、優れた計画案を考えることは、最も大切な作業であるとともに、柔軟な思考も要求されるところもある。従来、技術者は一度これでよいと思うシステムの検討を終了すると、それ以上考えようとする面があり、検討項目のファクターが抜けたりすることも多い。多くの案の抽出はなかなか難しいが、最低三案は出すように義務付け、行き詰まつ

たときなどはブレーン・ストーミング等も実施している。

結果を表 2 に示す。

### ステップ3 考察の範囲の決定

場合によると考察の範囲（時間的範囲と空間的範囲）を決めてから案出しをしたほうが良いことがあるが、われわれは比較案の立案を先に行うようとしている。立案する際に制約条件を与えると発想の芽を摘み取ってしまう可能性があるからである。ここでは次のようにした。

- 〈時間〉 10年間を考慮
  - 〈職場〉 サブ組立だけに絞る
  - 〈製品〉 50ccスクーターの国内向け

表2 互いに背反的な候補案

	内容・考え方	C/T	投資額	ランニングコスト/年
A	手作業			6,100千円
B	ロボット1台にてシーブとカムの取り出し インデックステーブル+組付ユニット6台	20秒	11,000千円	1,300千円 (手組費用 1,000千円)
C	ロボット2台にてシーブとカムの取り出し・取付け インデックステーブル+組付ユニット4台 B案に対しロボット追加	14秒	15,000千円	1,200千円
D	ロボット1台にてシーブとカムの取り出し・取付け インデックステーブル+組付ユニット4台 ロボットの作業ができるだけ増やす	30秒	10,000千円	3,000千円 (手組費用 2,200千円)
E	ロボット2台にてシーブとカムの取り出し・取付け コンベヤ+組付ユニット4台 C案をライン型に変更	14秒	18,000千円	1,200千円
F	作業者にてシーブとカムの取り出し・取付け コンベヤ+組付ユニット4台 半自動機	14秒	7,000千円	3,500千円
G	作業者にてシーブとカムの取り出し・取付け インデックステーブル+組付ユニット4台 半自動機	14秒	5,000千円	3,500千円

#### ステップ4 経済性の比較

比較の方法として年価法を使用した。分析に先立ち、計算上の条件を次のようにした。

- 1. 計算利率………10%（実質利率5%）
- 2. 修繕費………3%（初期投資に対し）

##### 1) 簡易比較図

多数案をすべて詳細検討をするのは時間と費用のむだなので、各案の投資額とランニングコストを計算するだけで、容易に比較ができる簡易比較図（文献1)第7章参照）を用いている。

まず、考察の範囲よりはずれた案をふるいにかけ、次に一番可能性の大きいサイクルタイムを基準としてランニングコストを計算する。その結果を、資本回収係数を勾配に持った傾斜線を起点として投資額の垂直線上にプロットする。耐用年数の異なる案でも同一グラフ上で比較ができる（詳細は、たとえば文献1)の第7章参照）。

図6においてA, B, …が各案を選んだときのトータルコストを表すので、その高さの低いほうが有利である。よって、一般的にはB, C, E案

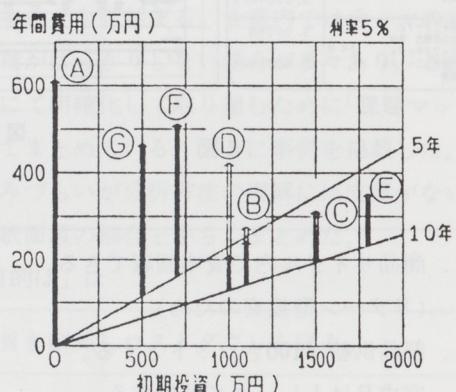


図6 簡易比較図

を選択するのが普通であるが、今回の場合B, C, D案を選択し、詳細検討することにした。

図6を描くためには月間生産量等を設定しなければならず、B, C案のように設備能力が他の案に比べ低い場合は、生産台数が低下するとランニングコストが著しく変化するため、D案はこの段階では残すようにした。E案はランニングコストが小さいのでその心配がないが、投資も大きく、C案に対して有利な点が見あたらないと判断して落選とした。

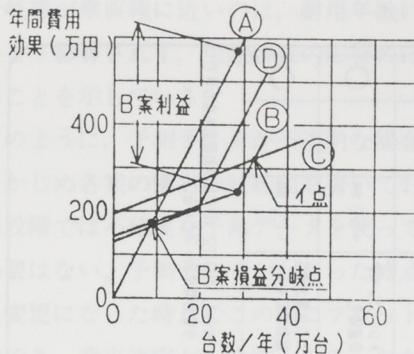


図7 利益図表

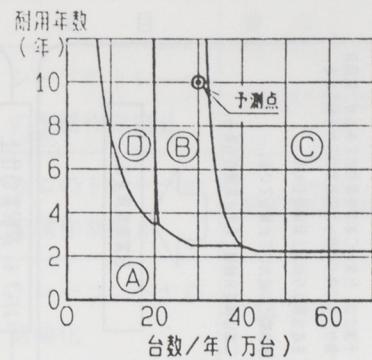


図9 優劣分岐線図

## 2) 利益図表

B, C, D案を詳細に検討し直し、投資額・ランニングコスト・報収（JIS用語）・利益率・回収期間をそれぞれ計算した（図10参照）。

背反案の経済性を比較するには、投資利益率・回収期間は必ずしも適当ではないが、リスク分析、資金調達等の際に経営層が判断しやすいように配慮したものである。また、金銭的に表現しにくい項目（非金銭的項目）を記入しておくことも大切であり、意志決定の際の判断材料となる。

この表をもとに生産台数とコストとの関係を利益図表としてグラフにした（図7）。Aが現状（手作業）のコストを表しており、各案との差が利益を示す。各案は生産能力に限界があるため、それを越えると手作業で補う必要があるので、グラフの途中からAと同じ勾配となる。

C案の利益がB案を上まわるのは〈イ点〉以上

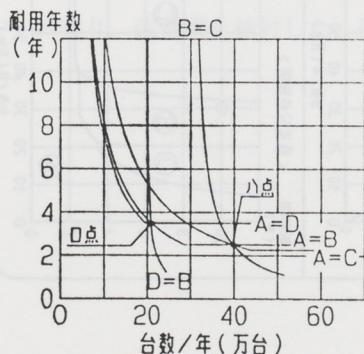


図8 優劣分岐線図

の場合であり、B案が現生産量前後の台数（30万台／年）では最も有利であることがわかる。

## 3) 優劣分岐線図

利益図表の中の名案の損益分岐点を、耐用年数を変化させて計算しグラフ化したものを、優劣分岐線図とした。不確実性の時代にあって、その不確実な項目をそれぞれ縦軸、横軸に変化させれば、今後の予測を踏まえた判断がしやすい。今回は縦軸に耐用年数（製品寿命）、横軸に生産台数（需要）をとった。これは激化する商品競争の中で、生産台数と製品寿命の不確実性が、最も大きな факторであると考えたからである。

まず、各案の損益分岐点を耐用年数を変えて計算しプロットする。その点をつなぐと双曲線に似たカーブとなるが、途中から水平な直線に変化する。これは設備の能力に限界があるからである。

次に、D案とB案の優劣分岐線を、また、B案、C案との優劣分岐線を同様に計算し、同図の上にプロットすると図8になる。〈口点〉、〈ハ点〉は必ず一点で交わり、交差しない場合は計算をし直す必要がある。

最後に各領域を最も有利な案でくくり、余分な線を消すと、図9になる。生産台数が少なく、あるいは耐用年数が短い領域はA案が有利であり、現状のまま生産したほうが良い範囲である。その上に左から、D案・B案・C案の有利な領域がおのの設定される。

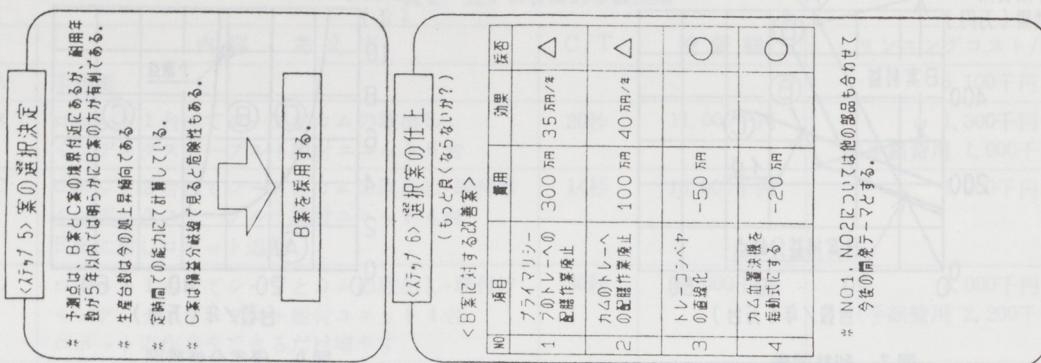
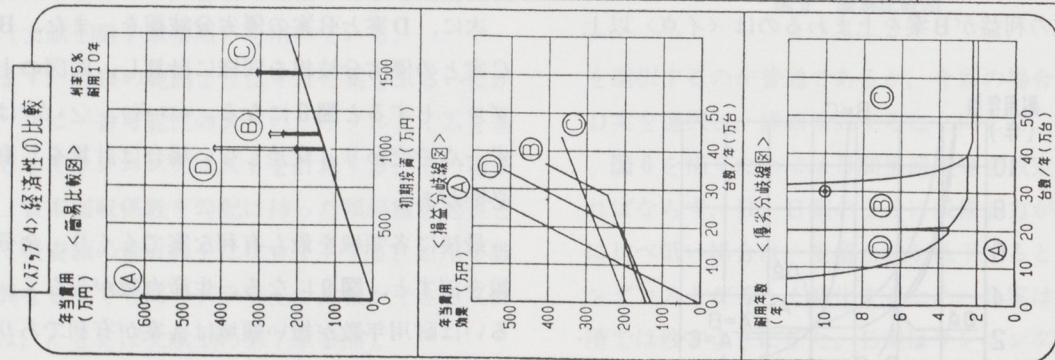


図10 経済性分析のまとめ

分岐線が垂直線に近いのは、耐用年数に対してはあまり影響されず、生産台数の影響のほうが大きいことを示している。

このように、予測データが不透明な場合には、あらかじめ各案の優劣分岐線図を書いておけば、この段階では不確実な予測データを使って分析する必要はない。予測データがわかった時点、あるいは変更になった時点でこの図にプロットすることができます、意志決定がしやすくなる。ただし図9の欠点は、優劣はわかるが、コストの大きさがわからないので、図7と併用するとよい。図7は図9の耐用年数が10年のところで利益曲面を切断したときの断面を示している。

## ステップ5 案の選択決定

以上の検討した結果を1枚にまとめると図10になる。これを見ながら総合的に判断をする。生産台数が変化したら、予算は、品質は、安全は、などいろいろな面から比較することが大切である。

今回は、生産台数は上昇傾向にあるものの、C案とB案との利益はそんなに変わりではなく、台数が減少した際の危険性も考慮し、B案をいちおう採用した。

## ステップ6 選択案の仕上

最後のステップでは、今まで分析した資料をもとに、選択案に対しよりいっそうの改善ができるかを詳細検討をした。

視点を「ランニングコストの減少」、「設備費用の減少」に絞り、改善案を検討した。結果を以下に示す。

No.	項目	費用	効果
1	シープのトレーへの配膳作業廃止	300万円	35万円/年
2	カムのトレーへの配膳作業廃止	100万円	40万円/年
3	トレーコンベヤの直線化	-50万円	
4	カム位置決機を運動式にする	-20万円	

このうち、No.3、No.4を採用し、No.1、No.2については他部門との関係もあり、一朝一夕には実現しそうもないため、今後のテーマとして取り組むことにした。

## むすび

上述のように、設備投資の案件は図5、図10の2枚（ともにA3サイズ）にまとめて提出する。必要があれば細部の計算内容を別に添える。しかし普通はこの2枚で不確定要因の影響も十分に表現することができる。

簡易比較図や利益図表ではまったく不利に見えるD案でも、優劣分岐線図では意外に有利な領域が広くなっている。このように今まで数字だけではわからない面が、経済性分析を適用することにより、見えるようになってきた。不確実性の時代にあり、設備の経済性を検討するうえで、経済性分析は有効かつ不可欠なものである。

われわれの経済性分析への取り組みはようやく始まったばかりであり、まだまだ不十分なところが多く、さらにケーススタディを積み重ね、レベルアップを図っていきたい。また、パーソナルコンピュータ等を活用し、誰でもが使いやすいものにするとともに、検討のサイクルを早く多く回すことにより、さらに有益な設備づくりをしていきたい。

## 【参考文献】

- (1)千住鎮雄, 伏見多美雄, 藤田精一, 山口俊和: 経済性分析。日本規格協会, 1979
- (2)千住鎮雄, 伏見多美雄: 経済性工学の基礎。日本能率協会, 1982
- (3)千住鎮雄, 伏見多美雄: 経済性工学の応用。日本能率協会, 1983
- (4)千住鎮雄: 設備管理士養成コース「経済性工学」, 日本プラントメンテナンス協会, 1988

**ヤマハ技術会 技報 第9号**

平成2年3月27日 印刷

平成2年3月31日 発行

(禁無断転載) ©

発 行 所 ヤマハ技術会

発 行 人 長谷川武彦

編 集 人 鈴木忠雄

表紙デザイン エルム・デザイン

印 刷 所 浜松市米津町1181

桐屋印刷株式会社

