

ヤマハ技術会 技報

No.8

1989・7



巻 頭 言

「今、物作りについて思う」



ヤマハ技術会顧問

安 川 力

ヤマハ船外機は、オートバイのエンジンを基にして作られた空冷2サイクルエンジンから始まり、水冷エンジンへと発展し、生産数量も増えるに従ってダイキャスト化され今日の様な軽量、コンパクトな商品になった訳ですが、ラインナップもだんだん高馬力の方に拡大され、船外機の本場であるアメリカ向けの大型船外機が開発されるに到って、従来の中、小型船外機とは違った技術の領域に入ってきたのではないかと思います。ヤマハ船外機の中で一番大型のV型6気筒、2.6リッター、225馬力と云う機種がありますが、このエンジン部分の重量は94kgと軽く、馬力当り重量は0.42kgです。勿論アルミ製で、従来の中・小型船外機や、オートバイのエンジンの馬力当り重量約1kg。自動車の2～3リッターのD.O.H.Cエンジンで1.2kg位ですので、非常に軽量、コンパクトである事が判ります。又船用エンジンの性格上、エンジン回転は5,600回転と、高速エンジンに比して低く、而も出力はリッター当り87馬力ですのでトルクも非常に高く、リッター当り1.2kg・mです。海のエンジンは陸と違って殆んど全開で使われる事が多く、海水に依る耐食性にも注意を払わなければなりません。此のクラスのエンジンはレースエンジンを除いたら、量産エンジンでは世の中で、最も軽く、コンパクトで、而も使われ方のシビヤなエンジンと云う事になります。この大型船外機の開発をやって従来と異った色々な事が判って来ました。従来の方法で設計、計算をやって行くとともに大きく、もっと重いものになってしまいます。船外機はコンパクトで軽い事が商品の一番重要な要素であり、従来考えられなかった200馬力以上のものが船外機として商品になり得たのも、此の点の解決にあったからで、極端な言い方をすれば耐久性、信頼性はなくても良い。軽さ、コンパクトさが身上として生れたものなのです。ですから最初の試作品はあちこちがこわれ、商品になる迄には大変なトライ・アンド・エラーのくり返しでした。処が色々やって行く間に船外機全体が剛体と思っていた考え方から、実は非剛体なんだ。エンジンが回転している時は色々な変形をしている。足の部分も荷重を受ける事に依って振れて変形する。こう云う見方に変った時に問題点がだんだん判り始めて来ました。部品の難しい加工の必要性も、精度を上げる方向も、従来と違った形で解決しなければならぬ事が判って来ました。又余裕度の少ない事が最適セッティングの中を狭め、加工のバラツキ中もシビヤに抑える必要性が求められて来た訳です。この様なノーハウの積み重ねをやって行く事に依って他社（アメリカ製）のものより同じコンセプトの商品でも、信頼性の高い商品になって行く事が判って来ました。現在世界市場でヤマハの大型船外機が他社より高い評価を受けつつあります。未だ完全な商品になったとは必しも思っておりませんが、こう云うものに対してのノーハウ作りの方向が少しずつ見えて来たと思います。

従来の技術常識を越えた（一廻り小さなサイズで同じ強度、信頼性を持たせる）ものへの挑戦であった訳です。これは私共が経験した一例ですが、どんな商品でも条件を一桁上げる事が出来る技術（スキル）を持てば、必ず他社商品より優位性を持つ事が出来るものです。今、国内景気は非常に良い訳ですが、ヤマハ船外機は輸出比率90%、円高貿易摩擦のきびしい環境の中で生き続ける努力をして居ります。輸出を主とした企業は海外生産に走り、生きるためにはそれやむを得ないと云うのが現状です。こう云う事になると、輸出商品を日本で作る企業がどんどん少なくなって行く。極端な場合は物作りの本業をあきらめ、財務手段で利益をかせぐ企業も出て来る。こんな事で良いだろうか。景気、不景気は常にやって来ます。企業基盤の中で、もう一度物作りの本質を見直す必要があるのではないのでしょうか。日本の中にも世界のシェア60～70%を占める企業が、けっこうあると聞いています。こう云う企業は大企業のやらないものをやり、都会でなく、地方に所在し、商品もいわゆるハイテクでなく部品単位のもので、小企業であるが、それに関する技術の柱だけはしっかり持った企業だそうです。一般に云われているハイテク分野への進出も必要でしょうが、ハイテクとは云っても、直ぐに真似の出来るもの、何処のメーカーでも出来るものでは本当のハイテクではない筈です。現在自分の処で生産している商品分野でも、その中に自分の処でなければ出来ない高度な技術熟練技量をしっかり作り出す事が出来れば、これこそハイテクであると思います。そう云う意味で日本でなければ、又自分達でなければ出来ない、他と差別化出来るハイテクを作る事がこれからの我々技術者に課せられた義務ではないのでしょうか。



目 次

卷 頭 言

「今、物作りについて思う」……………ヤマハ技術会顧問 安川 力

1. サーフェスマウンター…………… I M事業部 戸上 常司…… 1

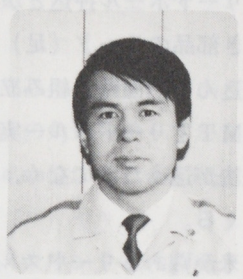
2. 産業用無人ヘリコプター R-50……………スカイ事業部技術部 久富 暢……11
佐藤 彰
松田 篤志
技術本部要素研究部 神谷 剛志

3. 二輪車用エンジンの性能と回転数
の向上について……………モーターサイクル本部第一設計部
寺下 伸志……21
上田 英明

4. LAWN & GARDEN分野と乗用芝刈機
YT 6800の紹介……………特機事業部特機技術部 青井 和男……27
山本 幹雄
大川 毅
鈴木 孝典
長津 剛

5. 樹脂の流動解析……………生産本部生産技術部 金井 厚雄……41
高鳴千代久

6. 画像処理……………技術本部要素研究部 鈴木 俊夫……47



サーフェスマウンター

IM事業部 戸上 常 司

サーフェスマウンター「YM4820S」,「YM6020S」という商品は、ヤマハ発動機の商品の中では随分特異な、馴染めないものだと感じられる方が多いと思う。そこで、今回はこの商品そのものの具体的で詳細な説明よりも、この商品の背景にある技術の流れや、開発のきっかけなどを紹介してみたいと思う。

身の回りの電気製品を見ると、中には必ずと言っていい程、プリント基板が組み込まれている。この基板を組み立てる一つの自動機械が、サーフェスマウンターである。

1. SMTの紹介

ヤマハ発動機の中では、普通S/Mというところを指すが、IM事業ではS/Mは、サーフェスマウンターを指している。サーフェスマウンター(SURFACE MOUNTER)は、その名の通り、表面着機とか、表面実装機とも呼ばれているもので、表面とは、プリント基板の表面を意味している。このプリント基板の表面上に電子部品を接着させて、回路を形成する技術を表面実装技術と言い、世界的な呼称としては、SMT(SURFACE MOUNT TECHNOLOGY)とか、SMD(SURFACE MOUNT DEVICE)と呼ばれている。10年程前から普及し始めた、比較的新しい技術である。これに対し、今なお主流を占め

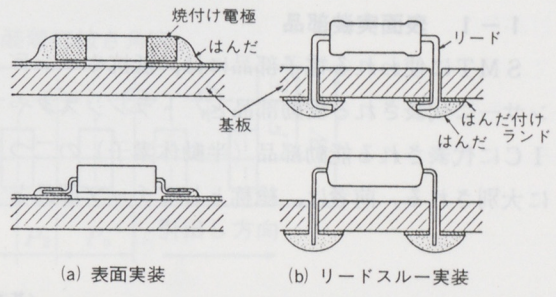


図1 表面実装とリードスルー実装の対比 (1)

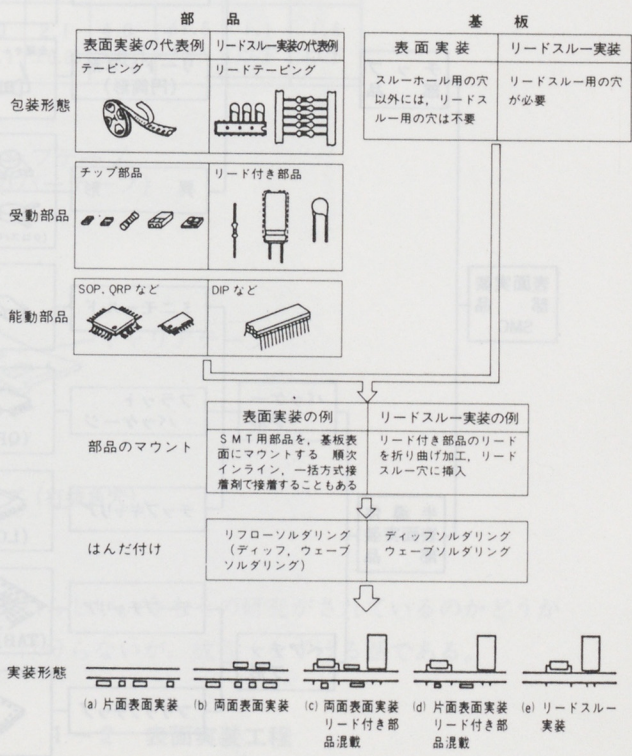


図2 表面実装とリードスルー実装の対比 (2)

る方法は、図1にあるようなリードスルー実装と
 か、リードホール押込とか呼ばれるもので、リー
 ド付き部品のリード（足）をプリント基板の穴に
 差し込んで、回路を組み立てる方法である。

SMTとリードスルー実装は、図2の如く装着
 の工法が違うだけでなく、前後の工程の工法も異
 ってくる。

従来からあるリードスルー実装に対し、SMT
 は、図3のような利点がある為、ここ数年間の間
 に急激に拡大して来た。

1-1 表面実装部品

SMTに使われる電子部品には、抵抗やコンデ
 ンサーに代表される受動部品と、トランジスタや
 ICに代表される能動部品（半動体素子）の二つ
 に大別される。前者は、総称としてチップ部品と

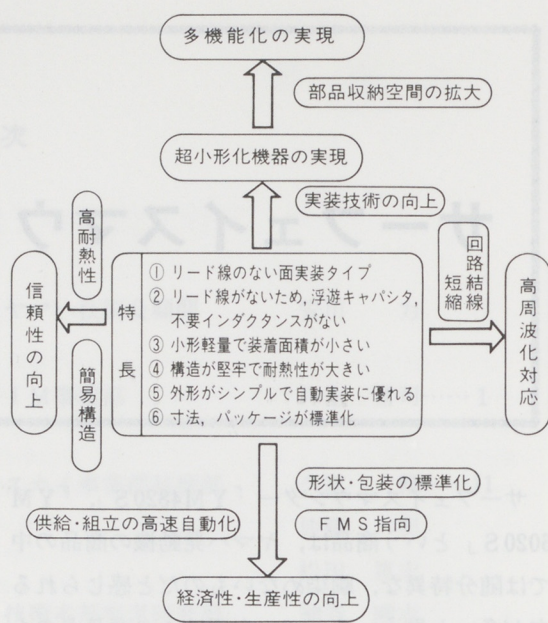


図3 表面実装部品の特長とメリット

		〈基本形状〉	〈類似形状〉	〈断面〉	〈特 徴〉	
チップ部品	角 形				外観が角形またはそれに準じた形状ではんだ付け面ハターンが左右1箇所 リードは高さ寸法より短い	抵抗器、セラミック、タンタル、フィルムコンデンクタ
	リードレス形（円筒形）				円筒形ディスクリット部品からリードを取り除いた形状 金属電極と厚膜電極	カーボン、金皮、感温各抵抗、セラミック
	異 形				形状、寸法の自由度が大 各種部品をチップ化しやすい	半固定、ポリウム、インダクタ、アルミ電解ダイオード
表面実装部 SMC	パッケージ形	ミニモールド			外観が角形またはそれに準じたモールドタイプで端子が外側に3-4本出ている	トランジスタ、ダイオード、ホール素子
	パッケージ形	フラットパッケージ	 (QFP)	 (SOP)	外観が角形平板で端子が8本以上の多端子形 端子が外側へ向かっている	IC、LSI、ネットワーク抵抗
		チップキャリア	 (LCC)	 リード付CC	外観が角形平板で端子が8本以上の多端子形 端子が内側へ曲がっている 厚膜電極でリードレス	IC、LSI
	ベアチップ形	テープキャリア	 (TAB)	 ビームリード	フィルム板を利用して実装するもの 微細多端子のリード線が可能	IC、LSI
		フリップチップ			ベアチップを直接に基板へ実装	パワートランジスタ、ICなど

図4 表面実装部品の形状的分類

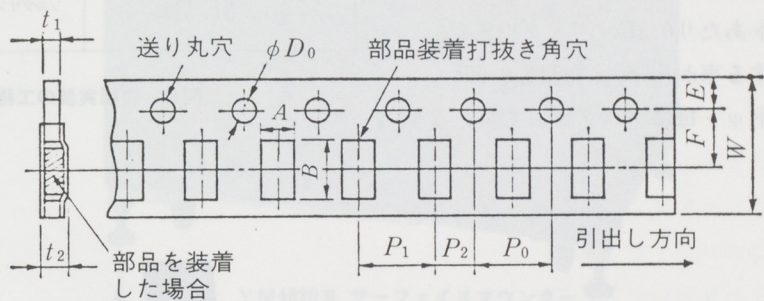
呼ばれ、使用される数量は圧倒的に後者よりも多く、自動装着機（マウンター）は、このチップ部品を装着するのを目的として開発された為、今でもチップマウンターという呼称の方が一般的である。（図 4 参照）

ところが、近年は新しい表面実装部品が次々に開発され、半導体素子が増える一方、これまで無かったコネクターやリレー等の特殊で大型の部品も出始めている。我々 I M 事業部の商品は、当然後発であったので、これら多品種の部品を扱える

マウンターという意識を強調して、従来の通称チップマウンターを、敢えてサーフェイマウンターと呼ぶことにした。

ところで、これらの部品の大きさは、小さい物で1.6mm×0.8mm×0.5mmの角形のチップから、大きい物で32mm×32mm×4mm位の I C が、現在使われている範囲である。

小形のチップ部品は、マウンターの開発と同時に包装形態を、図 5 にあるようなテーピング包装に規格化された為、これが自動装着の信頼性向上



単位 mm											
A	B	W	F	E	P ₁	P ₂	P ₃	D ₀	t ₁	t ₂	
3.4 以下	4.3 以下	8.0 ±0.3	3.5 ±0.05	1.75 ±0.1	4.0 ±0.1	2.1 ±0.05	4.0 ±0.1	φ1.5 +0.1 -0	1.1 以下	1.4 以下	

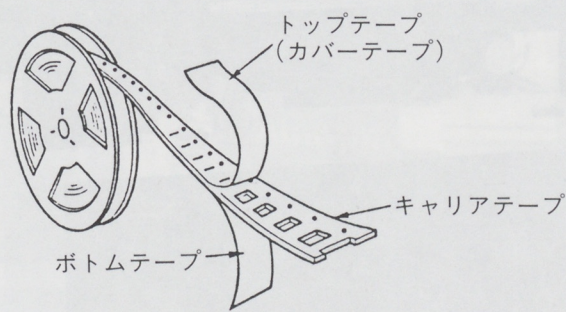


図 5 8mm紙テープ（打抜き角穴）

と高速化に大きく貢献している。数年前の話であるが、テープの中から部品を次から次へ、高速で取り出して装着するマウンターを見た、ある大手の自動車メーカーの技術者が、自動車部品をテーピングして汎用的な自動組立が出来ないかと考え

たらしい。今もその研究がされているのかどうかは分らないが、成程うなずける話である。

1－2 表面実装工程

表面実装の工程は、プリント基板の片面だけ行

うか、両面行うか、或いはリードスルー実装と混載にするのか、といったいくつかの形態に依って変わってくるが、ここでは基本工程を示す片面実装の二つの方法を紹介して、その工程毎に I M 事業部の商品と関連付けて説明してみたい。

先ず、図 6 の工程図を見ていただきたい。図 6 のウェーブソルダーリング方式の第一工程は接着剤塗布工程で、プリント基板上に接着剤のドットを付着させる工程で、接着剤は紫外線硬化型のものと、熱硬化型の 2 種類ある。この工程で、図 7 のディスペンサー「YM1120D」が使われる。YM1120Dは、1 ドットあたり 0.3 秒のサイクルタイムで、接着剤を塗布する事が出来、塗布量も 0.05mmg から 2.5mmg まで 1 ドット毎にプログラムで変える事ができる。

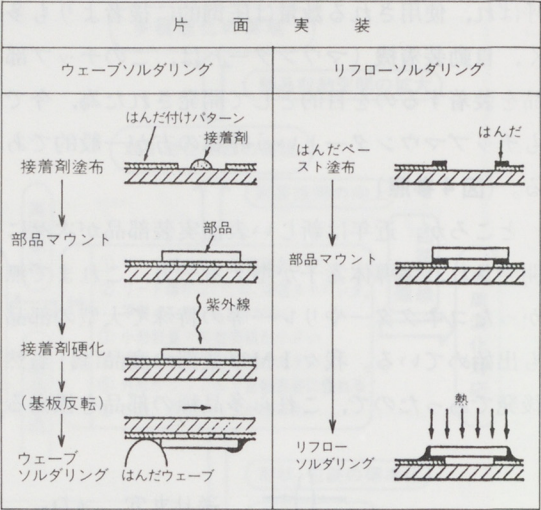


図 6 表面実装の工程図

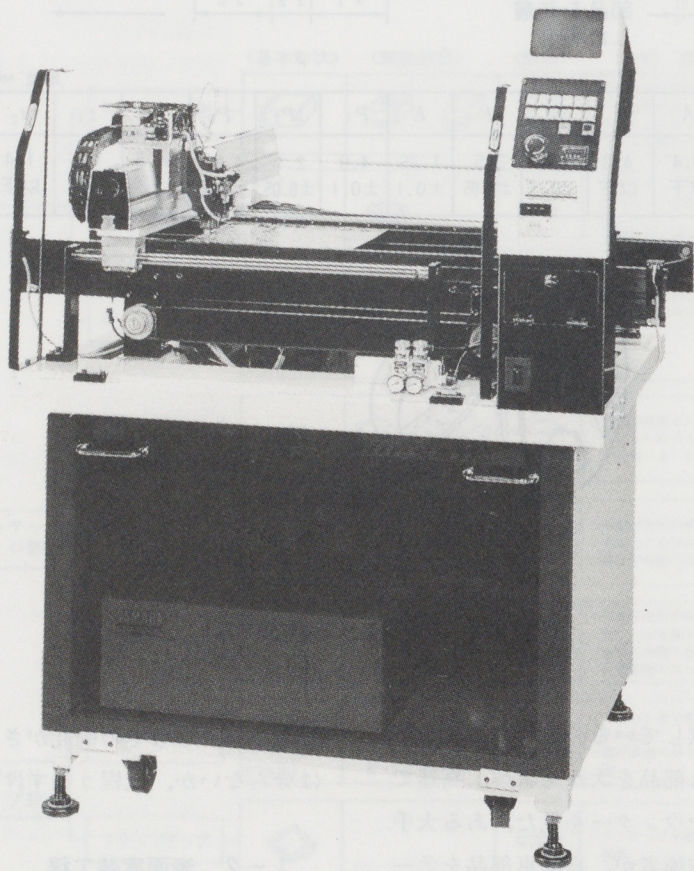


図 7 YM1120D ディスペンサー

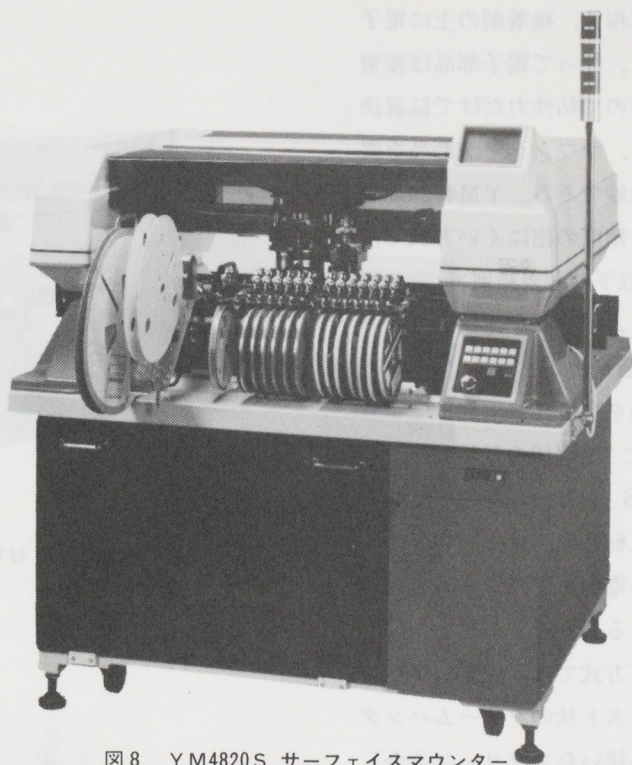


図8 YM4820S サーフェスマウンター

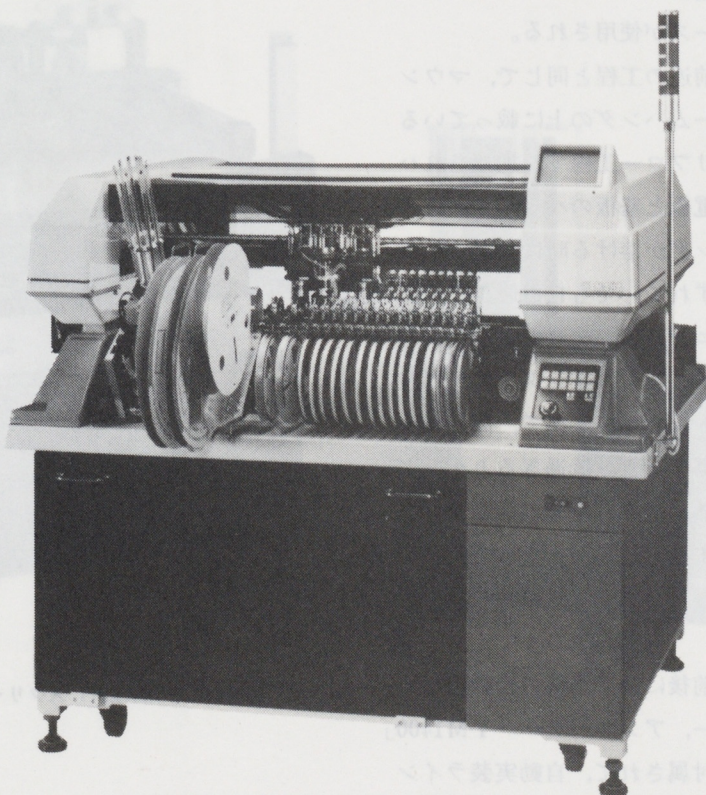


図9 YM6020S サーフェスマウンター

次の工程がマウント工程で、接着剤の上に電子部品を次々に載せて行く。従って電子部品は接着剤が未だ硬化していないので粘性力だけで位置決めされている状態であり、マウンターが部品を置いて離すタイミングが微妙である。Y M4820 SとY M6020 Sは、この最も精度の出にくい方式で、角度誤差も含めて ± 0.2 以下の装着精度で、尚且つ1秒を切るサイクルタイムで部品を連続して載せる事が出来る。(図8、図9)

次の工程で紫外線や熱を当てて接着剤を硬化させ、部品を固定する。ここで、図10のUV付赤外線リフロー炉「Y M2000 R S」シリーズが使用される。

この後工程で基板が反転され、ウェーブ式のハンダ槽に通されて部品の電極とプリント基板のパッド間がハンダ付けされる。

リフローソルダーリング方式では、まず、プリント基板上のパッドにペースト状のクリームハンダを、パッドの形状を打ち抜いたスクリーンを介して印刷する。ここで図11のスクリーンプリンター「Y M K2011」シリーズが使用される。

部品のマウントは前述の工程と同じで、マウントされた部品はクリームハンダの上に載っている状態であるが、次のリフロー工程で、加熱されハンダが溶けて部品の電極と基板のパッドがハンダ付けされる。このハンダが溶ける時に部品が引張られて、多少位置がずれていても自己修正される傾向(セルフアライニング)があり、装着精度的には接着剤より易しい。但し、ハンダを溶かす時に加熱する温度コントロールが厳格で、高過ぎるとIC等の部品の損傷を招き、低過ぎるとハンダ不良を起すので、予熱、加熱、冷却の温度プロファイルを正確に維持する事が必要となってくる。ここにエアーソルダーリフロー「Y M A-330」シリーズが使われる。

これら実装工程の前後には、基板の自動出し入れを行う為のローダー、アンローダー「Y M1400」シリーズ(図13)が付属されて、自動実装ラインが形成される。ライン化されたマシンの全景を図14に示す。

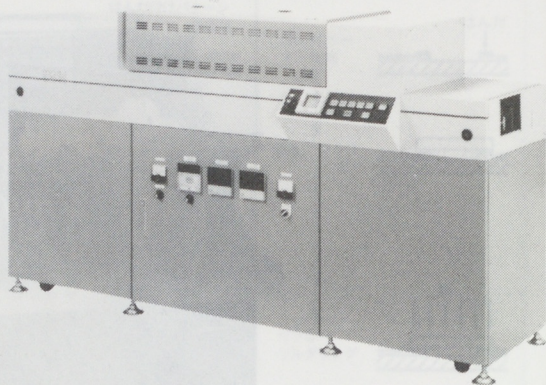


図10 Y M2000 R S UV付赤外線リフロー炉

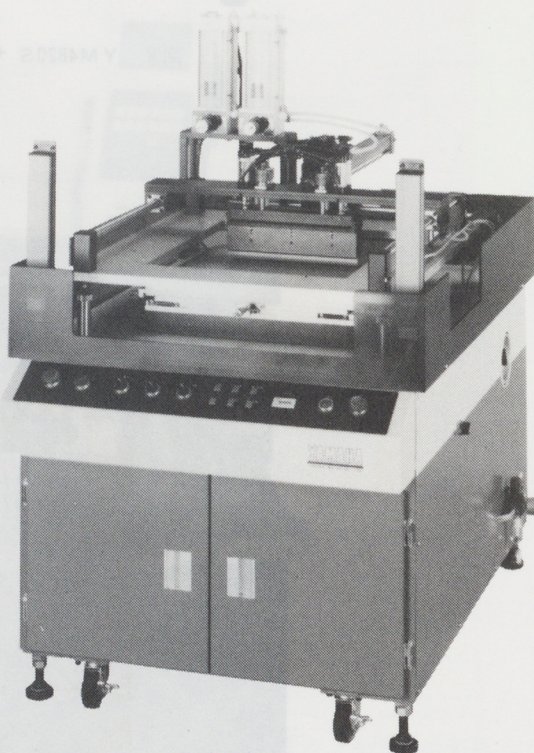


図11 Y M K2011 スクリーンプリンター

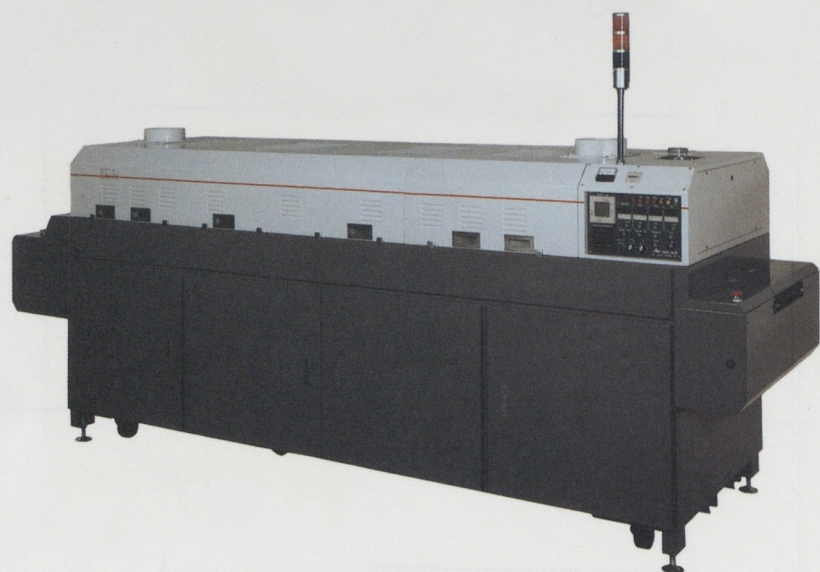


図12 YMA-330WN エアースOLDERリフロー



図13 YM1400UL ロダー&アンローダー



図14 自動実装ライン

2. サーフェイスマウンターの機能

サーフェイスマウンターは、英語では CHIP PLACERとか、PICK & PLACE MACHINEと呼ばれる事もあり、この方が機能をズバリ表わしている。つまり、部品を拾い上げて、プリント基板上に置くことである。

サーフェイスマウンターの機能は以下の3つから成り立っている。

1. プリント基板を搬送し、位置決めする機能
2. 電子部品を送り出す部品供給機能
3. 電子部品を拾い上げ、姿勢を直して、プリント基板上に位置決めし、装着する機能

この構成は、外観上や実際の動きが全く異って見えるエンジンの自動組立ラインと基本的に同じである。

1. クランクケースを搬送し、位置決めする機能
2. クランクやミッション等の部品を供給する機能
3. 部品を拾って、クランクケースに位置決めし組み付ける機能

こうやって見ると、サーフェイスマウンターは、正に自動組立ロボットそのものと言える。

3. マウンター開発の経過

1980年頃より、チップマウンターの呼称で松下電器産業(株)を中心に、本格的な販売が開始された。それ以前は、カメラ、電卓、時計等のチップ部品でなければ実現しない小形の商品への限られた使われ方だったのが、ビデオカメラ、ヘッドホンラジオ、カセットデッキ等への展開が行われ、急激に伸び始めた。我々が、OEMとして最初に開発依頼を受けてスタートした1984年頃には、図15のような各メーカーのマウンターが開発され、販売されていた。

当時のIM事業部は発足して1年足らずで、商

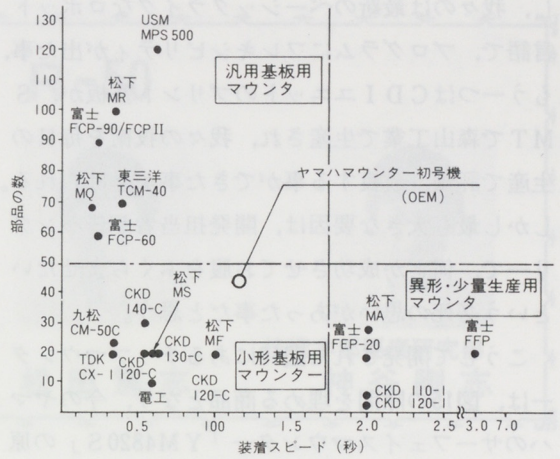


図15 各社実装機の種類

品はCAMEロボット（水平多関節型）と、X-Yロボット（直交型）の二つしか無く、全員で売り歩いても毎月数台売れる程度であった。こんな時、ある小さな、しかし優良な企業から「毎月5台買うからヤマハのロボットを少し変えてくれないか」という問い合わせがあった。これがヤマハに於けるチップマウンターの開発のきっかけであり、ともかく毎月5台のロボットの注文欲しさに無我夢中で他社の商品調査も何も無しで、自分達だけのアイデアで約半年で、でっち上げて納入した。何にも参考にしなかったのが、かえってオリジナリティが出て良かったのか、今にして思うと未完成であったにも拘らず、予想以上に売れた。これまで付き合った会社で、毎月何台とか何十台とか買うという前提の美味しい商談は、何度となくあったが、それが実行された数少ない成功例の一つがこれである。その他は殆んど、骨折り損のくたびれ儲けである。かといって、これらもやってみない事には、結果は分らないのである。

後になって考えてみて、何故このマウンターがうまくいったかという、一つは、一見無縁と思える前述のエンジンの自動組立技術の基本が役に立っている事であり、さらに他の競合メーカーが従来のNC言語のコントローラーであったのに対

し、我々のは最新のベーシックライクなロボット言語で、プログラムにフレキシビリティが出た事、もう一つはC D Iユニットのプリント基板が、S M Tで森山工業で生産され、我々の技術を毎日の生産で評価、改良する事ができた事が挙げられる。しかし最も大きな要因は、開発担当者が皆ハングリーで、何とか成功させてお腹をふくらませたいという必死の思いがあった事だと思う。

こうして開発された図16にあるチップマウンターは、図15の隙間を埋める商品となり、今のヤマハのサーフェイスマウンター「Y M 4820 S」の原型となった。この形は、日本のみならず世界の中型機の一つの原型となっており、類型のマウンターを作っているメーカーは、今や10数社にも及ぶ。

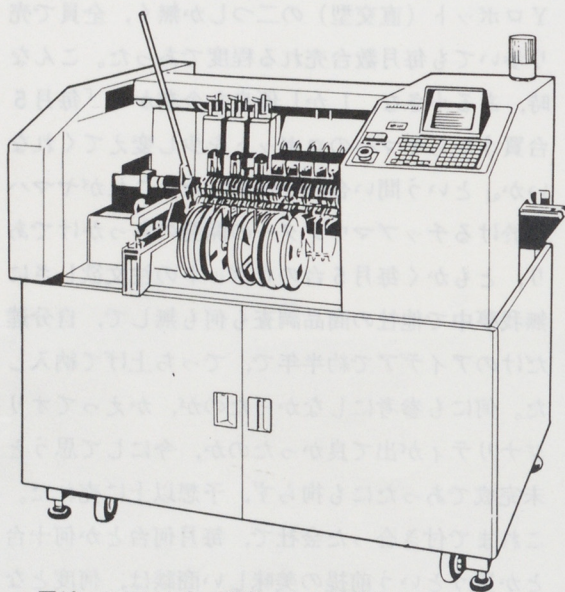


図16 OEMとして開発された初号機

4. 「Y M 4820 S」「Y M 6020 S」の特徴

一言で言うと、コストパフォーマンスが良いのである。コンパクトでありながら、扱える部品の点数は多く、手頃な価格で装着速度が適度に速く、装着精度が良いので、特に最近伸びている産業機器用の多種中少量の生産のプリント基板では使い易いようだ。細かい技術的な特徴や苦勞している点は、別の機会に紹介するとして、何しろ技術革新が早い業界なので、我々も毎日技術競争やコスト競争にしのぎを削っている次第である。

5. 今後の展開

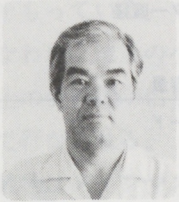
ロボット工業会の発表では、昨年度のロボットの売上は約3000億円で、トップは断然プリント基板の実装機であった事からも、当面はこの分野で認められるある地位を獲得すべく、さらに開発販売を進めたいと思う。具体的にはビジョンシステムの応用を拡大し、さらに精度の良い、信頼性の高いロボットを目指したいと思っている。

【参考文献】

増山勇、本田辰夫 編著

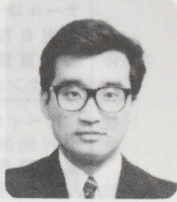
「SURFACE MOUNT TECHNOLOGY」

産業用無人ヘリコプタ R-50



スカイ事業部技術部

久富



暢 佐藤

彰



松田篤志



技術本部要素研究部

神谷剛志

はじめに

日本で空中散布と云えば有人ヘリコプタによる散布が殆んどであり、88年度では水田のみで約174万haに空中散布が行なわれている。

これは全国の水田のわずか29%程でしかない。近年ではドリフト(飛散)等による公害問題により年々空中散布の出来る面積は減少している。

こうした情勢のなかで、農林水産省の下部組織である農林水産航空協会が、昭和55年に無人の空中散布装置(Remote control aerial spiy system)の開発に取り組み、ヤマハ発動機も昭和58年よりこの開発に参加し64年度の最終年まで開発を担当して来た。

当初のRCASSは、2重反転型の無人ヘリコプタで、飛行姿勢制御によりコントロールする様に考えていた。昭和62年~63年にかけてフライトテストに成功したが、複雑な構造、及び制御系機器等によるcostの上昇、重量のup、信頼性の作り込み困難等の障害が大きく研究開発の域より抜け出られないままとなっている。

このような状況の中で、より商品化へ早く到達出来る形としてシングルロータのR50の開発に着手し今日販売が出来るまでになっている。

R-50は少量散布(8倍液)で1haの面積を1回(8ℓ/ha)のフライトで散布出来る様な能力をもち、そのフライト時間は約6分で1haを散



写真1 2重反転式無人ヘリコプタ RCASS



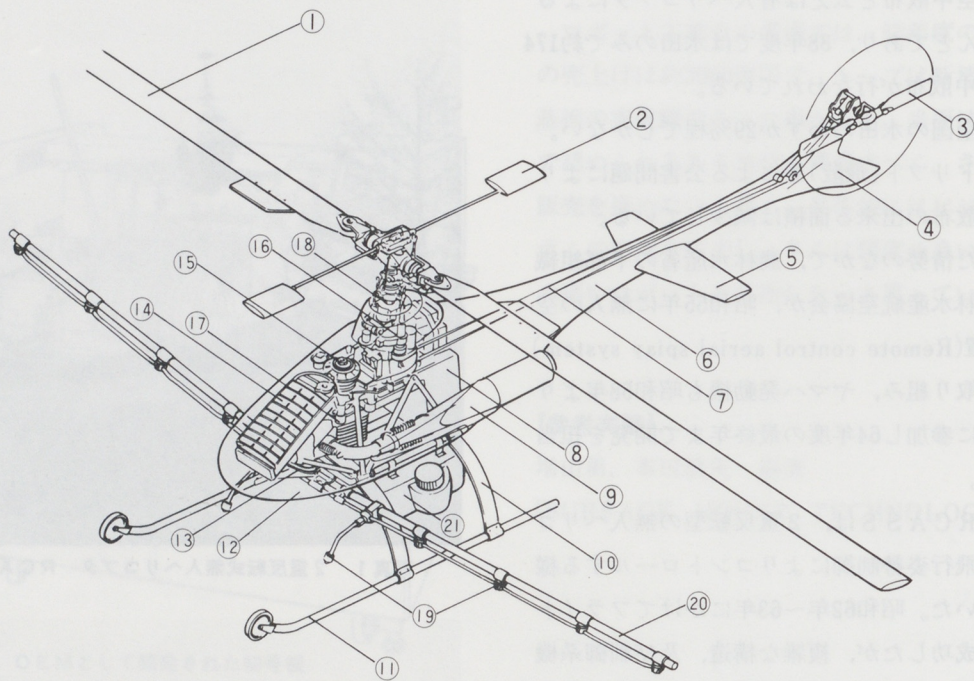
写真2 無人ヘリコプタ R-50

布出来る。この能力は地上での人力による散布に比べると脅威的に短い時間での散布を可能にしている。さらにドリフト(飛散)は実機ヘリコプタの散布に比べるとはるかに少く、音も静かであり公害問題は当然少くなり、現在空中散布の出来ない地方の殆んどに無人ヘリなら空中散布が可能になると思われる。

表－１ 農業用無人ヘリコプター R-50 の主要諸元

機 体	全長(メイン、テールローター含む)	3,565mm
	胴 体 長	2,555mm
	全 幅	640mm
	全 高	1,000mm
	メインローター直径	3,000mm
	テールローター直径	550mm
	運用自重	44kg
性	離陸重量	67kg
	燃料タンク容量	4ℓ
能	実用ペイロード	20kg
	飛行時間	30分
	高度限界	100 m
	制御範囲	200 m (目視範囲)
エ ン ジ ン	種 類	水冷・2 サイクル
	総 排 気 量	98cc
	最高出力	12ps
	使用燃料	ガソリン・オイル混合

1. 産業用産人ヘリコプタ R-50の構造



- ①メインロータブレード
②スタビライザーブレード
③テールロータブレード
④垂直尾翼
⑤水平尾翼
⑥テールボディー
⑦テールロータドライブベルト
- ⑧燃料タンク
⑨マフラ
⑩リーフ
⑪ランナー
⑫カウリング(左右)
⑬ウォータポンプドライブベルト
⑭ラジエタ
- ⑮スタータナット
⑯スライドサーボ
⑰エンジン
⑱メインマスト
⑲ノズルアセンブリ
⑳ブーム
㉑薬剤タンク

図 1

エンジンは水平に置かれ、クランクシャフトの軸心は上下方向に配置されている。エンジン回転

は遠心クラッチを経てギヤ減速によりメインロータ、及びテールローターへ伝えられる。

基本骨格は、ミッションケースをフレームの一部としたパイプフレームとモノコック(FRP)のテールボディより出来ている。リーフはFRP製でスプリング効果をもっている。

操縦は無線で行なわれ、地上のパイロットが送信機を操作し、機上の受信機が信号を受けて5ヶのサーボを動かして行なわれる。

散布装置等の搭載物はメインマストの直下に配置出来る様になっており、重心の変化により飛行特性の変ることを防いでいる。

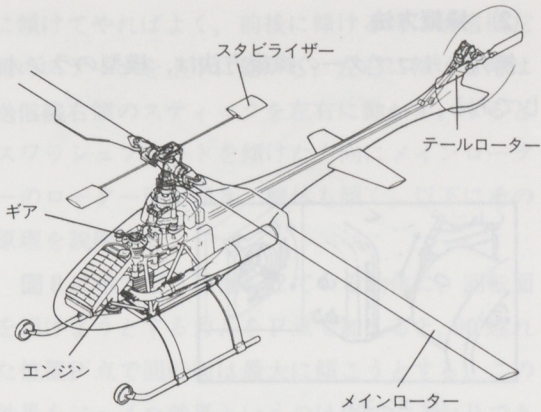


図2 無人ヘリ操縦の基本要素

2. 産業用無人ヘリコプターの飛行について

(1) 飛行原理

無人ヘリコプターの飛行原理は通常の有人ヘリコプターと同じである。

エンジンにより発生した動力をギヤにより減速させて、メインローターを回転させる。これによって揚力を発生させて飛行させる。(図2参照)

ところが、空中でメインローターをエンジンの力で回転させると、その反動トルクによりヘリコプターがメインローターの回転方向と逆の方向に回ってしまうため、テールローターによりそれを打ち消す。

またスタビライザーは、ヘリコプター固有の不安定性を緩和させるためにつけられているものである。

ローターから発生する揚力は、ローター面にはほぼ垂直に発生するため、ローター面を傾けてやればその方向に進む力が発生する。(図3参照)

またヘリコプターを回転させるには、前述のテールローターの推力を加減してやることにより、その発生トルクと反動トルクの差が生じ回転させることができる。

以上によりヘリコプターは前後、左右、上下に自由に飛行することができる。

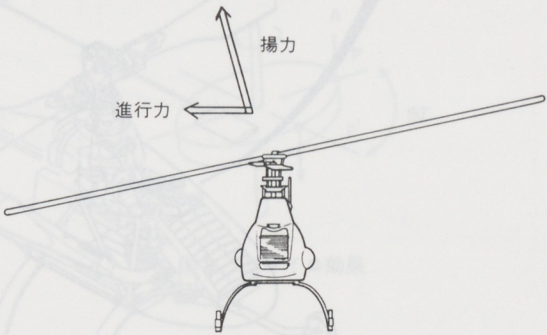


図3 進行力の発生

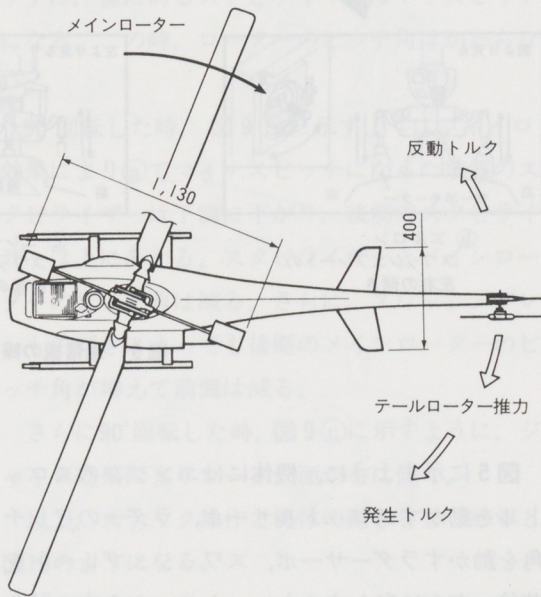


図4 回転トルクの発生

(2) 操縦方法

無人ヘリコプターの操縦方法は、模型のラジオコントロール(通称ラジコン)ヘリコプターと基本的に同じである。

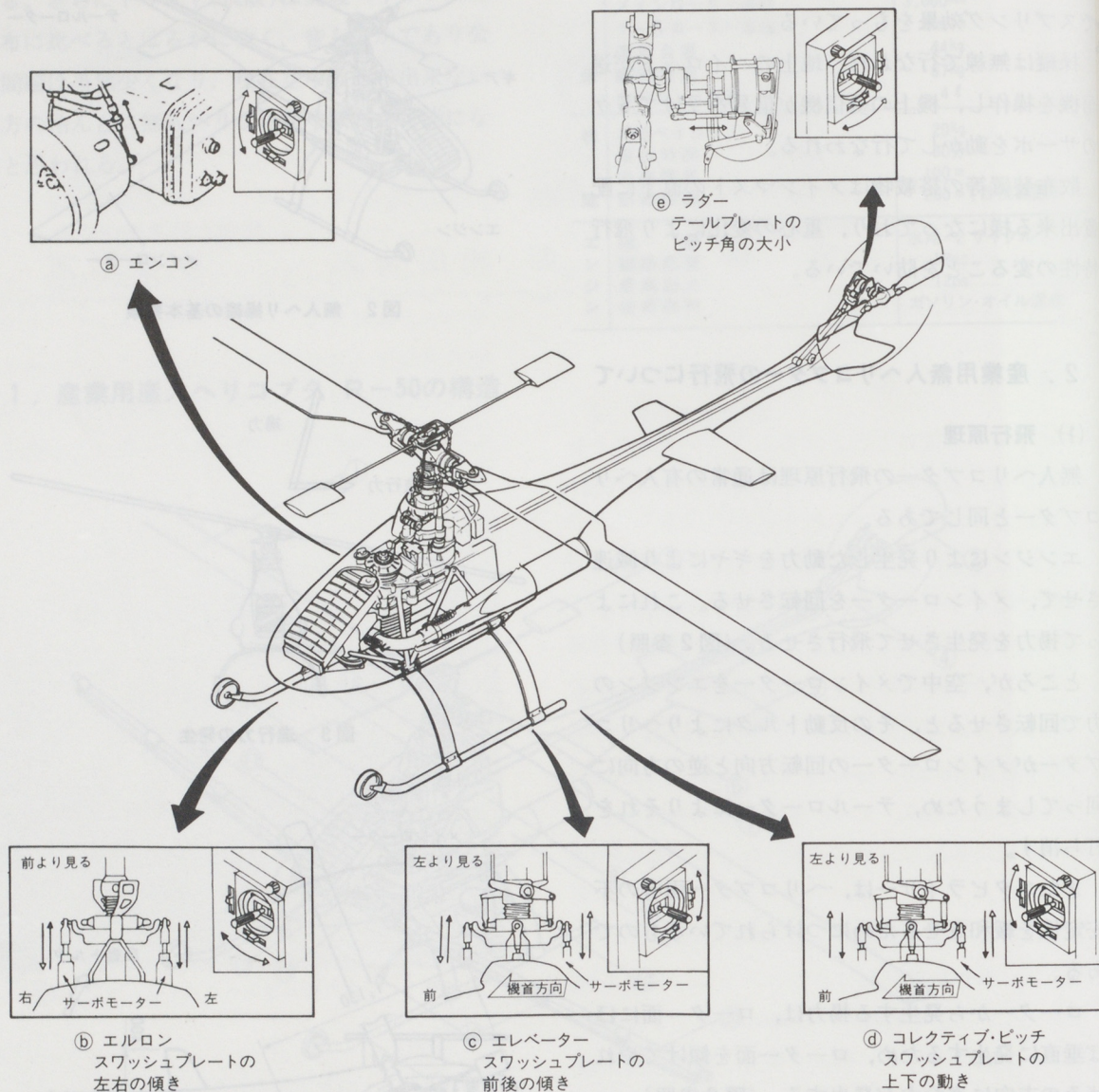


図5 送信機の操作とサーボモーターの動き

図5に示すように、機体にはエンジンのスロットルを動かすスロットルサーボ、ラダーのピッチ角を動かすラダーサーボ、スワッシュプレートを前後・左右に動かすストレートサーボ3本の計5個のサーボモーターが使用されており、これらは

送信機のステックを動かすことにより操作することが出来る。

以下にスティック操作と機体の運動を示す。

(図は動作がわかりやすいように簡素化して示してある。)

①上昇，下降

機体を上昇させたい時は、図5(a)(d)に示すように送信機右側のスティックを上動かす。するとスワッシュプレートが上昇し、図6に示すようにメインブレードのコレクティブピッチ角が大きくなり、揚力が増大するので機体上昇する。

またこの時、プレートに加わるトルクも増えるので、エンジンスロットルを連動して開ける。下降させたい時はスティックを下動かす。

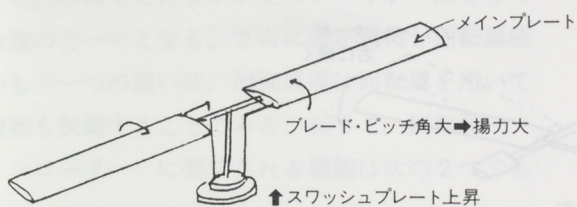


図6 上昇

②回転

機体を時計まわりに回転させる時は図5(e)に示すように、送信機左側のスティックを右に倒す。するとテールブレードのピッチ角が大きくなり、テールローターの推力が増えるので機体は時計まわりに回転する。(図7参照)

反時計まわりにまわしたい時は、スティックを左に倒す。

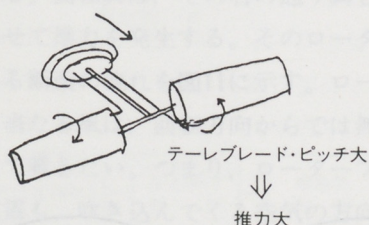


図7

③傾き

機体を傾け、その方向に進めるためには、図5(b)(c)に示すようにスワッシュプレートをその方向

に傾けてやればよく、前後に傾ける時は送信機左側のスティックを上下に動かし、左右に傾ける時は送信機右側のスティックを左右に動かす。するとスワッシュプレートを傾けた方向にメインローターのローター面が傾き、機体も傾く。以下にその原理を説明する。

図8に示すように回転している物体に、回転面を傾けようとする力AをP点で加えると、90°遅れた位置P'点で回転面は最大に傾こうとする。この効果をジャイロ効果というのは周知のとおりである。

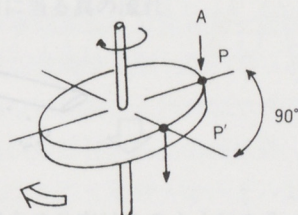


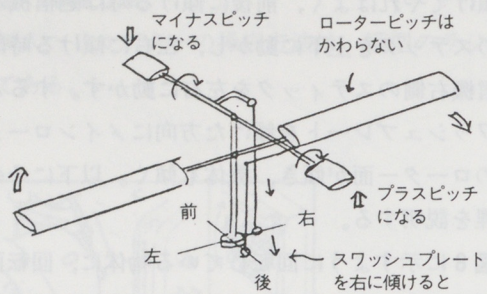
図8 ジャイロ効果

図9(a)に示すように、スワッシュプレートを右に傾けると前にあるスタビライザーはマイナスピッチに、後にあるスタビライザーはプラスピッチになる。この時、ローターのピッチ角はかわらない。

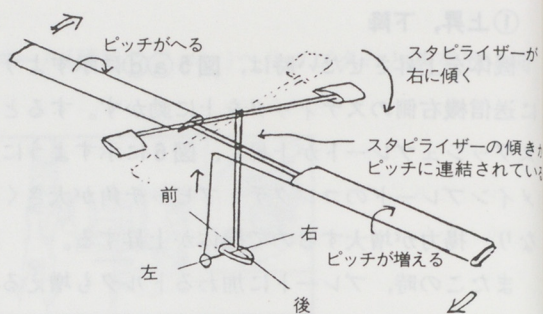
90°回転した時、図9(b)に示すようにジャイロ効果により(a)でマイナスピッチになった前側のスタビライザーは下側に下がり、後側のスタビライザーは上にあがる。スタビライザーとメインローターのピッチ角は減る。さらに、スワッシュプレートの傾きによっても後側のメインローターのピッチ角が増えて前側は減る。

さらに90°回転した時、図9(c)に示すように、ジャイロ効果によりローター面が右に傾く。

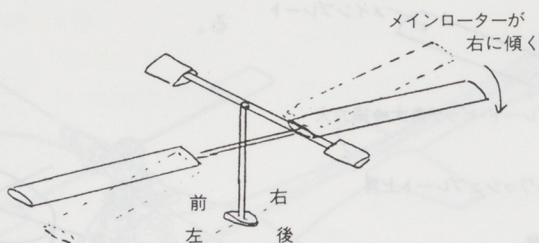
以上、スティック操作と機体の動きをまとめると図10のようになる。



① スワッシュプレートを右に傾ける
→スタビライザーのピッチが変化

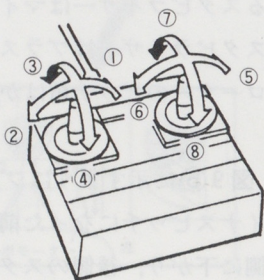


② スタビライザーが右にかたむく



③ ローター面が右に傾く

図 9



- | | |
|--------|-----|
| ①ラダー | 右 |
| ②ラダー | 左 |
| ③エレベータ | ダウン |
| ④エレベータ | アップ |
| ⑤エルロン | 右 |
| ⑥エルロン | 左 |
| ⑦エンコン | ハイ |
| ⑧エンコン | ロー |

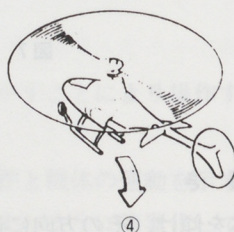
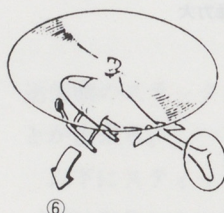
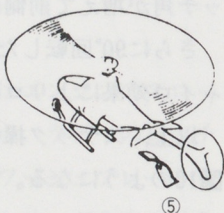
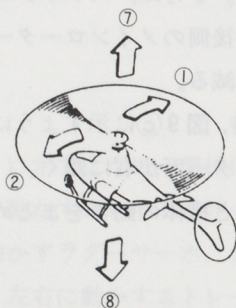
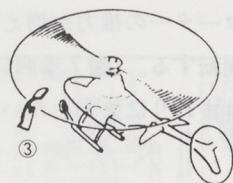


図10 スティック操作と機体の動き

3. メインローターの役割

(1) メインローターの機能

航空機には2つのタイプがあり、固定翼機と回転翼機とに分類される。固定翼機は主翼を備え、これが機体と一緒に空気中を進むことによって揚力と抗力を発生する。一方回転翼機は、翼を単独で空気中を進ませて揚力と抗力を発生する。この発生する揚力と抗力の比を揚抗比と呼び、揚抗比を如何に高くとれるかが空力デザイナーにとって永遠のテーマとなる。さらに固定翼機と回転翼機のもう一つの違いは、回転翼機は回転翼を用いて運動も制御することにある。従って、回転翼（メインローター）に要求される機能は次の2つである。

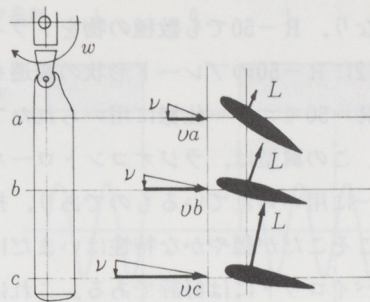
①推力（機体を浮上させる揚力）の発生。

②機体の運動の制御。

この2つについて以下に紹介する。

(2) 推力を発生するメカニズム

流体の運動の変化は、その変化の起こるポイントだけで完結せず、その回り相当広い範囲に影響を与える。従って、ある一部分の形状を決定するためには全体との関係から考えることが不可欠となる。例えば翼端の形状を変えただけで翼根の流れが変わってしまう場合がある。ここに翼設計の難しさがある。回転翼は、その名の通り翼を強制的に回転させて推力を発生する。そのローターブレードのある断面の流れを図11に示す。ローターブレードに当たる風は、回転方向からでは無いことに注意して載きたい。つまり、ローターブレードのどの位置も、吹き込んでくる空気の方および速度が異なる。この状況の中で、ローターブレード各断面にわたって揚抗比を最大限にする設計となる。これに前進速度が加わると、ローターブレード回りの流れは複雑際まりなく、ここまで細部にわたった最適設計は残念ながらまだ当社では確立できていない。現R-50に於いては、実際の



w : ローター断面の回転による空気との相対速度

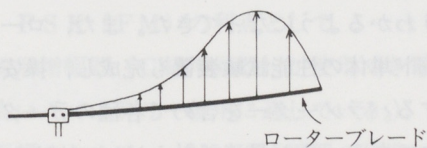
ν : ローターが推力を発生することにより誘導されさ吹き下し速度

V : 翼断面に当る真の流れ

L : 揚力



この結果揚力の分布はこのようになる



(参) 固定翼

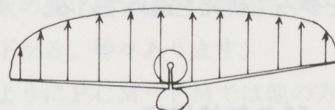


図11 推力発生メカニズム

使用状況に合うと思われる条件を限定して設計を行なっている。

(3) R-50について

揚抗比を司るのは、大まかに言って翼型形状と平面形状である。翼型形状は翼上面と下面の基本的な圧力差を作り、平面形状はその圧力差の分布を決める。この2つの諸元を如何に組み合わせて

揚抗比をあげるか、というのがブレード空力設計の目標となり、R-50でも数種の物をトライしている。図12にR-50のブレード形状の変遷を示す。

a) は、R-50モニター仕様用に用いられたブレードである。この翼型は、ラジオコントロールのヘリコプターに用いられているものであり、推力性能こそそこそこだが穏やかな特性はいまだに飛ばし易いとパイロットには好評である。これに対して推力アップを狙った物がb)で、a)に比べ約7%の向上を見、現在のR-50生産モデルに採用された物である。翼後縁部が少し反り上がった翼型と、テーパー形状の平面形が特徴であるが、開発当時はまだデータも少なく定量的最適設計が難しい状況にあったので、簡単な性能計算と定性的な経験にて決めた形状がこの特徴的な翼型と平面形状である。推力的にはほぼ目標値に達したが、操安性的にはいま一歩と言うところである。

現在は、推力性能は電算シミュレーションでかなりわかるようになってきた。また、ローターブレード単体の性能試験装置も完成し、操安性に影響するパラメーターを含めて各種のデータを蓄積しつつある。まだ最適設計とはいいがたいが、いずれ実機並のローター効率を持つ小型無人ヘリが出来る日を夢みて研究を進めている。

4. R-50の無線操縦

(1) 無線操縦器の構成

R-50の無線操縦器はPCM(Pulse Code Modulation)-FM方式を用いており、その構成は図13(a), (b)のようになります。

送信機は、ジョイスティックの操作された位置をポテンションにより電気的に読みとり、A/Dコンバータでデジタルのデータに変換します。デジタルのデータはマイクロコンピュータによりPCM変換されます。PCM変換では、A/D変換により量子化されたジョイスティックの位置データの他にデータの識別コードや誤り検出のための

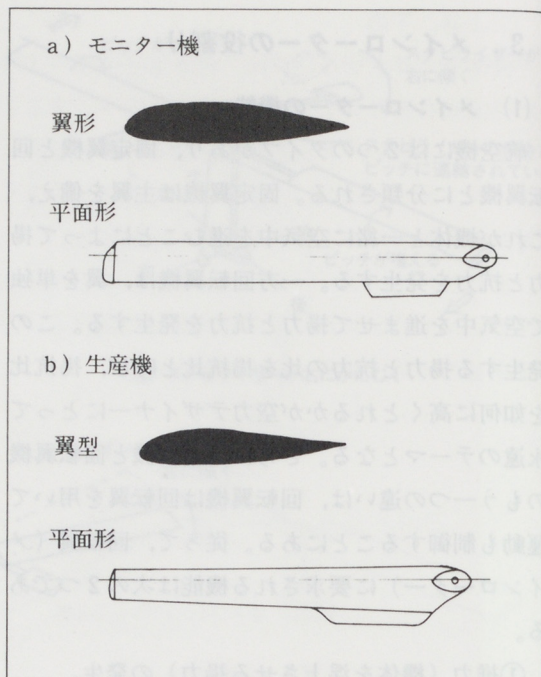
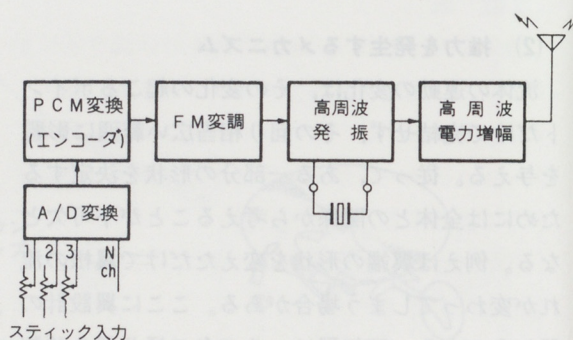
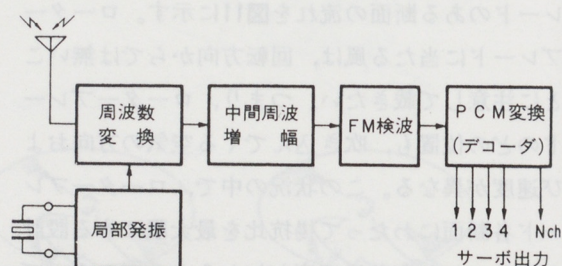


図12 R-50ブレード形状の変遷



(a) 送信機



(b) 受信機

図13

データ、受信側でデコードを行なうために必要な同期信号等を加え“0”と“1”のパルス列にしてFM変調器に送ります。FM変調、高周波発振では、入力したパルスの状態(“1”or“0”)に応じて発振周波数を変化させます。この出力を高周波増幅器により増幅しアンテナに送り空間へ電波として放出します。

機体に搭載された受信機では、アンテナにより電波を拾い局部発振器からの信号と混合し電波の周波数と局部発振の周波数の差の周波数を中間周波増幅へ送ります。中間周波増幅では、送信機から送られた特定の周波数帯のみを増幅し、FM検波器でもとのパルスの状態“0”、“1”を検出します。この“0”と“1”のパルス列を再びマイクロコンピュータによりPCM変換し、各チャンネルのサーボモータに指令値を出力します。

以上のようにして常時ジョイスティックの操作量が機体上のサーボモータへ伝えられます。

(2) PCM-FM方式の利点

現在のラジコンシステムでは通常PCM-FM方式が利用されていますが、その理由として以下のような利点があります。

《PCMの利点》

- 1) デジタルのデータ列となっているので信号の時間密度は均一であり、一定の周波数成分内に収めることができる。このため一定の周波数帯域を連続的に使用できる現在の周波数分割によって構成される無線システムではその利用効率が良い。
- 2) 符号化により誤り制御ができる。

《FMの利点》

デジタルデータの変調方式は図14のように大きく分けて3種類あります。ASKはAMと同じで振幅でデータの判別をします。FSKがFMと同じで周波数を変化させデータの判別を行ないます。PSKはデータの状態により搬送波(電波と

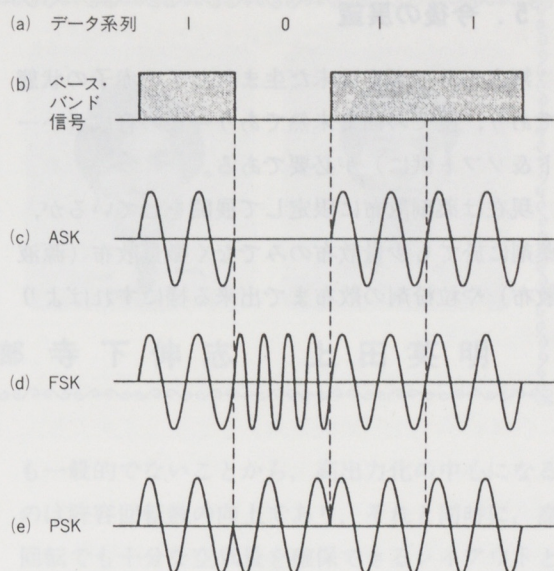


図14

して放出する特定の周波数の波)の位相を変化させます。FSK(FM)の利点として

- 1) 非線形増幅器(C級増幅器)が使用でき電源効率が良い(バッテリー使用に適している。)
- 2) 定振幅のためフェージング(周囲の状況によって生じる電波の強弱)に強い。
- 3) 周波数の変化量を大きくするとデータ誤りの発生率が下がる。等々あります。

以上のようにPCM-FMでは他の方式に比べデータの誤りが発生し難い、小型軽量にできる等の特徴があります。

5. 今後の展望

無人ヘリコプタは未だ生まれたての赤子の状態であり、全ての面で未熟であり今後の育成（ハード&ソフト共に）が必要である。

現在は薬剤散布に限定して展開をしているが、薬剤に於ても少量散布のみでなく微量散布（源液散布）や粒粉剤の散布まで出来る様にすればより

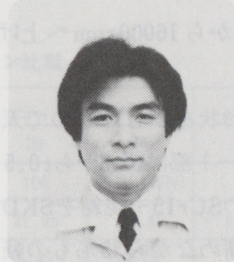
広がりが期待出来る。

又、空中撮影等他についても、その機器の開発と安全基準の整備により用途の広がりが考えられる。

この様に用途の広がりと同時に、底辺の広がりを期待する為に、姿勢制御、自動操縦等の相当高度な技術についても今後開発を進めて、操縦の容易化を計って行きたいと考えている。



二輪車用エンジンの 性能と回転数の向上 について



モーターサイクル本部第一設計部 寺下 伸 志 上 田 英 明

1. ま え が き

二輪車用エンジンでは、その特性上軽量・コンパクト・高出力が特に重要であり且つドライバビリティ向上の為、低中速での十分なトルクとレスポンスも必要不可欠なものになっている。

この目標を達成する為に各社とも努力を続けており、現在ではスポーツモデルに使用される4サイクルエンジンにおいて、250ccクラスで180PS/ℓ、750ccクラスでも160PS/ℓの高出力を、低中速トルクも確保しながら実現したものが開発されている。

本稿ではこのような性能向上技術について、そのポイントとなる高回転化を中心に述べる。

2. エンジンの高出力化の要因

一般に性能向上には3つの要素、すなわち

- 1) 図示平均有効圧の向上——体積効率、熱効率
- 2) 許容回転数の向上——ストローク・ボア比、動弁系及び往復部重量
- 3) 機械損失の低減——フリクションロス、補機駆動ロス

がある。

二輪車用エンジンの場合、排気量がクラス別に制限され、またターボチャージャー等の過給装置

も一般的でないことから、高出力化の中心になるのは許容回転数の向上であり、それと同時に、高回転でも十分な空気量を確保できるレイアウトとフリクションロス低減が必要である。

しかし、回転数の増加は他の2項目と相反する点もあり、性能向上には総合的な対応が必要である。

3. 性能向上技術

本年、当社で市販を開始したスポーツモデル用新エンジンを例にして、向上手法を各部分毎に詳しく述べることにする。

3-1 動弁系

二輪車エンジンは自動車用に比べ、すでに最高出力回転数及び比出力がかなり高いレベルにあり、動弁系も250cc以上の並列4気筒エンジンでは全て4バルブ化が終了している。この為、さらに高出力化を狙う場合、吸入空気量を確保する為十分なバルブ面積をかせぎながら、どれだけ等価慣性重量を軽減できるのがポイントとなる。

表1、表2は250cc(DOHC 4バルブ)、750cc(DOHC 5バルブ)エンジンの動弁系諸元を新旧で比較したものである。これらの動弁系はいずれも直押し方式のインナーパッドタイプである。

250ccではバルブステム径を吸排ともφ4からφ

3.5へ変更し、さらにバルブリフターの肉厚を削減することにより等価慣性重量を20%以上低減し、最高出力回転数を14500rpmから16000rpmへ上げることができた。

図1はバルブリフターの形状を示したもので天井部をt2.5からt1.6へ、スカート部はt0.8からt0.5へとしており、材質も従来のSCr15+焼結をSKD11の鍛造へ変更し、強度を高めながら35%もの軽量化ができた。

750ccはIN3本、EX2本の5バルブであり、これは吸気バルブ面積を大きくとることができ、且つ、1本当りの重量を軽くできるという高出力化に適したレイアウトであるが、新型では出力向上の為、さらにバルブカサ径をINφ21→φ23、EXφ23→φ24.5へと拡大しながら、バルブ系全高の短縮、バルブステム部の径変更及び前述のリフター肉厚削減により等価慣性重量はIN△12.5%、EX+4%（但しリフター径φ20→φ22.5）で最高出力回転数を10500rpmから12000rpmとする事ができた。この750ccはレース出場を前提とした限定モデルである為、最高出力回転は13000rpm以上まで考慮している。

尚、EX側のリフター径はバルブリフトを大きくとる為に径を大きくしている。

以上のバルブ廻りの軽量化により、高回転化に伴うバルブスプリング荷重の増加を最小限にとどめ、動弁系のロス馬力を押えることができた。

また、許容回転数向上にはバルブスプリングも重要であり、軽量・コンパクトにする為にスプリングの許容応力を上げる必要がある。前述の機種には、線材の清浄度を向上させ熱処理・ショットピーニングを改善したものに低温浸炭窒化を施したものを採用し、許容応力を6.5%向上させている。

3-2 往復部(ピストン・コンロッド)

高出力化の為に、燃焼室形状に配慮しながらピストンスピードを押さえ、且つ大径バルブを配

表1 動弁系仕様新旧比較(250cc)

	旧		新	
	IN	EX	IN	EX
カサ径 (mm)	φ18×2	φ15.5×2	←	←
ステム径 (mm)	φ4		φ3.5	
バルブ重量 (g)	11.8	10.9	9.6	9.1
リフター重量 (g)	11.6		7.6	
等価重量 (g)	35.5	34.6	27.8	27.3
〃 変化 (%)	—	—	△22	△21
スプリング荷重 (kg)	33		34.1	
最高出力回転数 (rpm)	14500		16000	

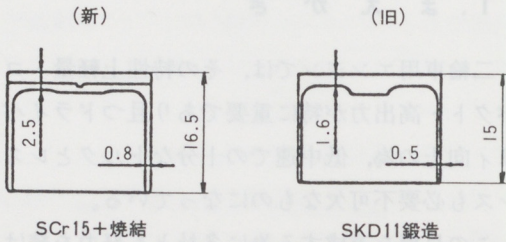


図1 リフターバルブ新旧比較

表2 動弁系仕様新旧比較(750cc)

	旧		新	
	IN	EX	IN	EX
カサ径 (mm)	φ21×3	φ23×2	φ23×3	φ24.5×2
ステム径 (mm)	φ5		φ4.5	
()内はウエスト部	(φ4.5)	(φ5.3)	(φ4.0)	(φ4.3)
バルブ重量 (g)	21	25	18	22.9
リフター重量 (g)	10.9 (φ20)	10.9 (←)	7.8 (←)	11.0 (φ22.5)
等価重量 (g)	44	49	38.5	51
〃 変化 (%)	—	—	△12.5	△4
スプリング荷重 (kg)	25	35.5	36	50.5
最高出力回転数 (rpm)	10500		12000	

置できるように最適なストローク・ボア比を設定するが、ボア径はどうしても大きくなる傾向である。よって各部の耐久性及びロス馬力の関係上、ピストン・コンロッドの軽量化は重要である。

3-2-1 ピストン

表 3 は 250, 400, 750cc の新旧比較である。

表 3 ピストン比較

	250		400		750	
	旧	新	旧	新	旧	新
重 量 (g)	73.5	65.5(△11%)	106	95.7(△10%)	179	164(△8%)
コンプレッションハイト(mm)	19.95	17.75	21.95	20.45	24.9	21.3
トップランド厚(mm)	5.0	3.75	5.45	4.75	6.0	5.8
リング B 寸 (top)	0.8	←	0.8	←	1.0	←
(2nd)	0.8	←	0.8	←	1.2	
(oil)	2.0	1.5	2.0	←	2.0	←

いずれもコンプレッションハイト、トップランド厚及びリングの見直しによって10%前後の軽量化を行なっている。特に750ccではボア径をφ68からφ72としたにもかかわらず図 2 に示すようにスカート形状も変更し、さらにコンプレッションリングを1本とした2本リングの採用により重量低減とロス馬力を低減した。

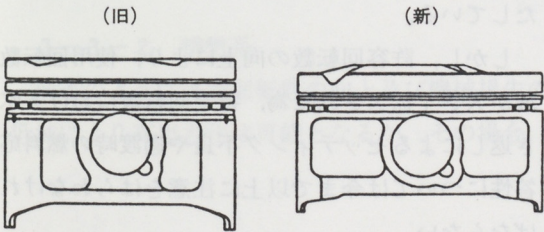


図 2

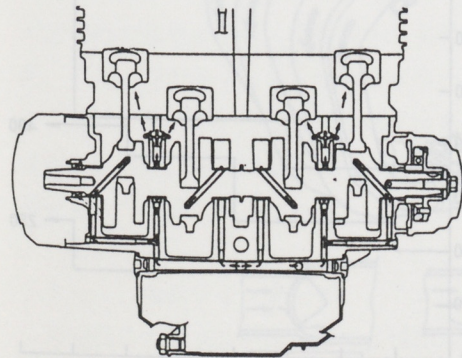


図 3 ピストンクーラー図

高出力エンジンにおけるピストンの軽量化の場合、薄肉にすることによる耐久性の問題が生じてくるが、当社では図 3 に示すピストンクーラーを採用することにより高温による強度低下を防いでいる。図 4 はピストン各部の温度を示したものでピストンクーラにより温度を約20~30℃下げることができる為、耐久性を確保しながら前述の軽量化が達成されている。

3-2-2 コンロッド

コンロッドは材質・形状の見直しによる軽量化を行なうが、ここでは750ccに今回採用したチタン合金コンロッドについて述べる。

このチタン合金はTi-6Al-4Vで各性質は表 4 のとおりである。表 5 に旧型及び新型のFeとTiコンロッドの諸元を示す。

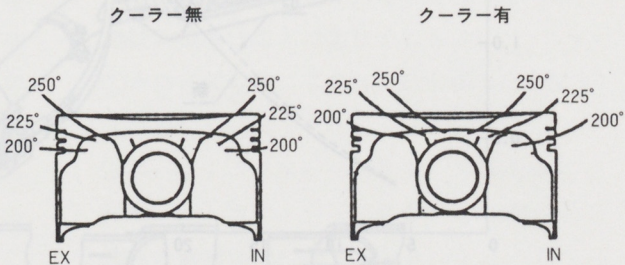


図 4

表 4

密 度	(g/cm ³)	4.42
縦弾性係数	(kgf/mm ²)	11550
横弾性係数	(kgf/mm ²)	4500
引張強さ	(kgf/mm ²)	100以上
0.2%耐力	(kgf/mm ²)	95以上
伸 び	(%)	10以上
絞 り	(%)	20以上

形状を見直し、チタン合金を採用することによってボルト・大端ベアリングを含んだASSY重量でも、旧型に対し**27%**の低減、また新型のFe仕様に対しては**18%**の軽量化となり、最高出力回転数におけるコンロッドのロス馬力はFe→Tiで約**2PS**低減できた。

チタンはその性質上、摺動部での焼付きが発生しやすい為、小端部にはブッシュを圧入しスラスト面に対しては、イオンプレーティングによるTiNコーティングを約1μ実施している。イオンプレーティングによるTiN被覆は低温で密着性が良く、処理時に歪が少なく、耐摩耗性が向上するという特徴を持っている。

以上のようなピストン及びコンロッドの軽量化手法により、750ccを例にとると図5に示すように、ボア径の拡大、最高出力回転数の上昇にもかかわらず、ピストン・コンロッド系ロス馬力を低減することができた。

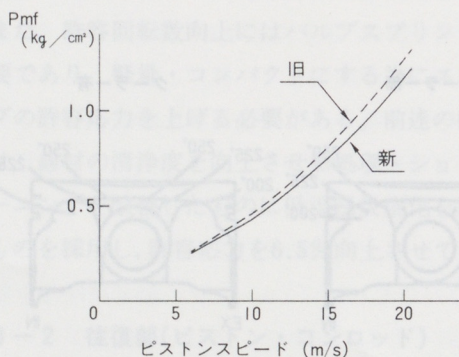


図 5 ロス平均有効圧力比較

表 5 コンロッド比較

	旧型(Fe)	新型(Fe)	←(Ti)
コンロッド長	121.5	101	←
小 端 径	φ 18	←	←
大 端 径	φ 36	φ 34	←
コンロッドボルト	M 8	←	M 9
コンロッド単品重量	302	255	181
A S S Y 重 量	370	329	270

3-3 吸排気系

吸排気系の効率を上げることは体積効率の向上及びポンピングロスの低減につながる為、二輪車用エンジンではかなり気をつかう部分である。

3-3-1 吸気系

吸気系では、前述した動弁系でのバルブ面積拡大に合わせて、キャブレターのベンチュリー径も年々大きくなってきている。図6は各クラスでのベンチュリ面積の変化であり、高出力化に合わせ新型ではいずれも大きくなり吸気抵抗の低減をはたしている。

しかし、許容回転数の向上により、使用回転数域が大きく拡大された為、特定回転数における吹き返しによるセッティング不良や過渡時の燃料応答性については今まで以上に注意をはらわなければならない。

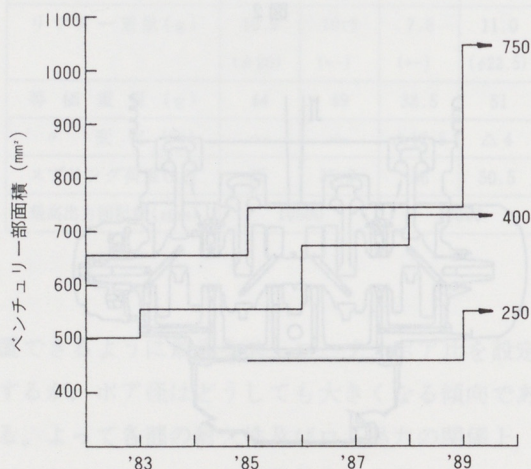
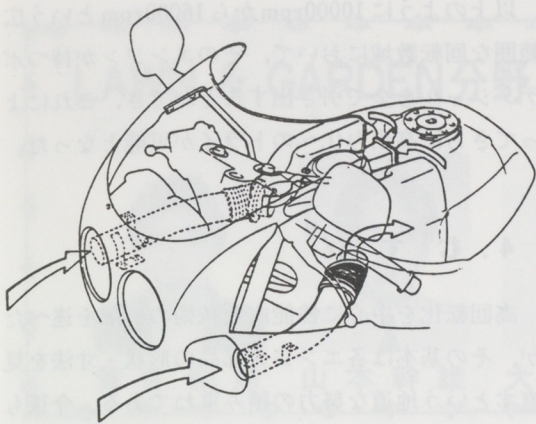


図 6 キャブ口径の変化



F. A. I (FRESH AIR INTAKE)

またエンジン本体では無いが、最近の二輪車は空気抵抗を低減する目的で車体全体を覆うフェアリングを装着する為、吸気口付近の温度がエンジンの熱によって上昇し、吸入空気密度の減少による出力低下も発生する。この為当社ではF. A. I (FRESH AIR INTAKE) と呼ぶ装置 (図7) により外気を吸入口付近に導入し、吸気温度を下げる努力をしている。

3-3-2 排気系

前述のように許容回転数の向上及び機械損失の低減により高出力化は可能となるが、その場合、

体積効率向上を目的として、吸排の動的効果を積極的に利用する為にバルブオーバーラップ期間をどうしても大きくとる傾向となる。しかし、この手法は逆に吹き返しによるアイドリングの不安定や低中速域での出力低下といった問題をひきおこし、高出力ではあるが非常に扱いにくいエンジン特性になってしまう。一般的にはこの対策として高速域を多少なりとも犠牲にして対応するが、当社ではEXUP (EXHAUST ULTIMATE POWER VALVE) と呼ぶ排気制御バルブを採用する事により対応している。(図8)

これは排気管端に設けたバルブにより管端の開口面積を変化させ前述の問題の原因となる排気管内の圧力波を各回転数域で最も適した状態に制御するデバイスである。

図9はEXUP有無による軸トルク比較であるが、バルブ開度を調節することにより俗にいう「トルク谷」を高速域を犠牲にすることなく対策でき、さらに図10に示すようにアイドリング時において回転変動の原因となる P_{mi} 変動を約1/2に低減することができるこの効果は、キャブレターのセッティングを容易にし、排気ガス中のHC低減あるいは回転変動減少によるメカニカルノズの低減等の利点をももたらした。

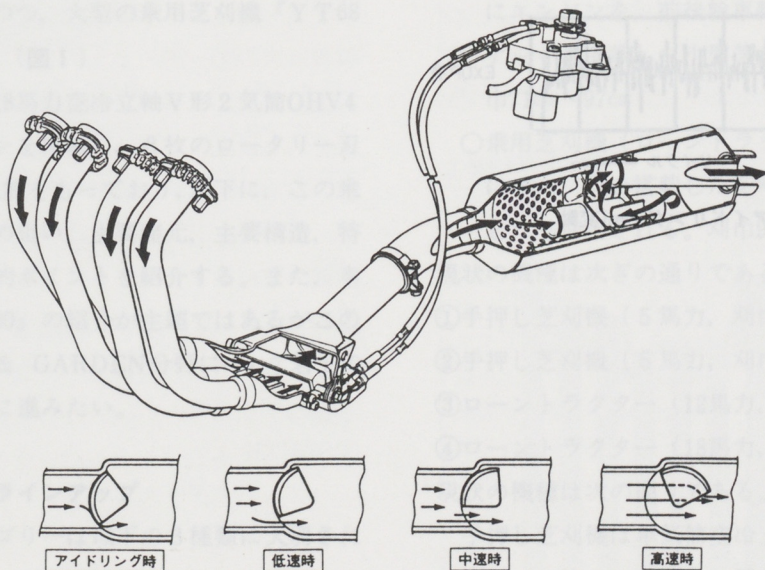


図8 EXUP図

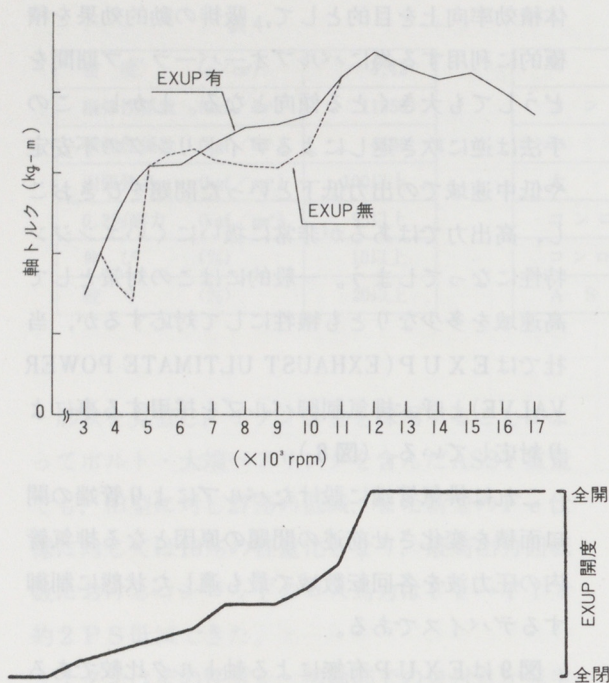


図9 EXUPによるトルク谷対策効果

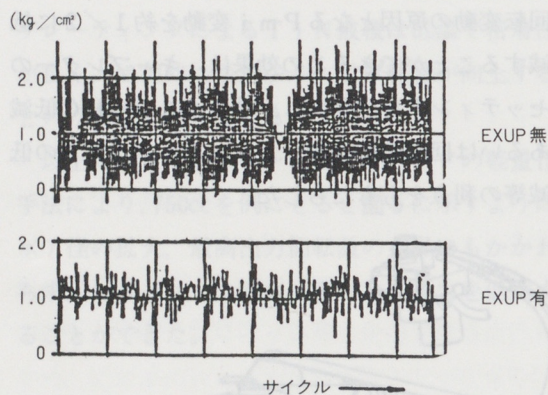


図10 アイドリング Pmi変動

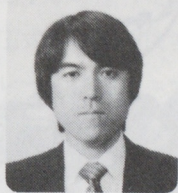
以上のように 10000rpmから16000rpmという広範囲な回転数域において、そのエンジンが持つポテンシャルを全て引き出すことができ、これによってさらに高出力化へのトライが可能となった。

4. む す び

高回転化を中心に性能向上技術の一部を述べたが、その基本は各エンジン部品の形状・寸法を見直すという地道な努力の積み重ねである。今後もエンジンの理想である軽量・コンパクト・高出力・低燃費という目標に向けて引き続き努力しなければならない。

LAWN & GARDEN分野と乗用芝刈機YT6800の紹介

特機事業部特機技術部



青井 和男 山本 幹雄 大川 毅 鈴木 孝典 長津 剛

1. はじめに

ヤマハにおける新規事業開拓の一つとして、当事業部は、LAWN & GARDEN分野への参入を計画し、1988年から北米向けには12馬力乗用芝刈機（刈巾97cm）の、欧州向けには5馬力手押し式芝刈機（刈巾46cm、53cm）の生産を行っている。

乗用芝刈機は0.5～2エーカー（600坪～2400坪）の庭を持つユーザーに提供される商品であるが芝刈作業機械としては“使いやすいこと、より静かに快適に、かつ、よりはやく作業ができること”が要求され始めてきた。そこで、この様な市場ニーズにこたえるため、従来の乗用芝刈機の高性能、高品質を維持しつつ、大型の乗用芝刈機『YT6800』を開発した。（図1）

『YT6800』は18馬力空冷立軸V形2気筒OHV4サイクルエンジンを搭載し、3枚のロータリー刃で刈巾122cmの性能をもっており、以下に、この乗用芝刈機の開発の狙い、主要諸元、主要構造、特徴、などの技術的ポイントを紹介する。また、本稿では『YT6800』の紹介が主題ではあるがこの機会にLAWN & GARDEN分野について若干の紹介をして本論に進みたい。

1-1 商品ラインアップ

芝刈機のカテゴリーは以下の3種類に大別される。



図1

- 歩行式手押し芝刈機—刈巾30cm～55cm
- 乗用芝刈機（ライディングモア）—車両後部にエンジンを、前後輪車軸の間にカッターデッキを搭載した小型芝刈り専用モデル—刈巾71cm～97cm
- 乗用芝刈機（ローントラクター）—車両前部にエンジンを搭載した芝刈機、冬季は除雪機として使用される。刈巾91cm～127cm

現状の機種は下記の通りである。

- ①手押し芝刈機（5馬力、刈巾46cm）（図2）
- ②手押し芝刈機（5馬力、刈巾53cm）
- ③ローントラクター（12馬力、刈巾97cm）
- ④ローントラクター（18馬力、刈巾122cm）

現状の機種は次の通りである。

手押し芝刈機は単気筒空冷立軸4サイクルエンジン、1枚のロータリー刃タイプであり、手押



図 2

し式、自走式、セル付き、BBC付きなどの種類がある。

1-2 芝刈機の市場

★北米——1986年までの出荷台数を見ると手押し芝刈機は500万台、乗用芝刈機は100万台でありいずれも増加傾向を示している。(図3)この図から大型のガーデントラクターを除いてグラフ化してみるとそれぞれの割合が分かる。(図4) 一方価格面では安価な商品から高価格の商品まで含まれており、台数の多い安価な商品を除くとヤマハの高品質、高価格の対象市場台数は(図5)のように約1/4に減少する。地域にみるとローントラクターは北部、ライディングモワーは南部に比重が大きく、芝の種類も地域により異なっている。

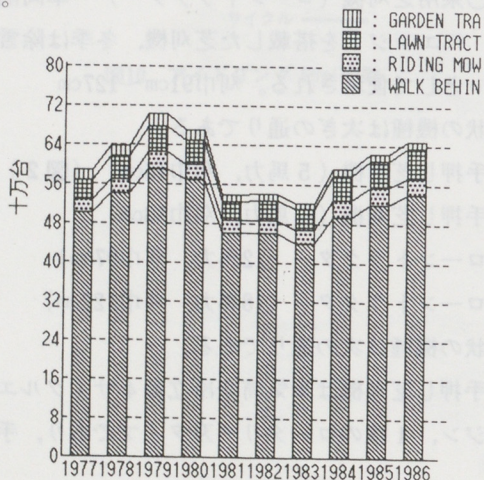
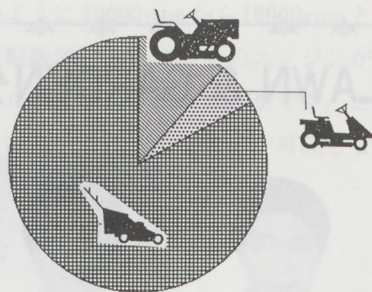


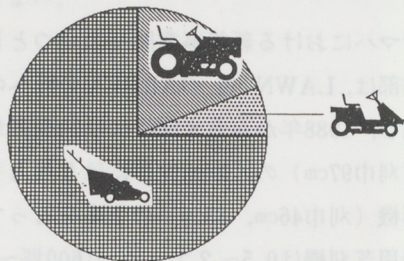
図 3 北米芝刈機出荷台数推移



ローントラクタ	775,000(11.5%)
ライディングモア	375,000(5.6%)
手押し芝刈機	5,600,000(83.0%)

6,750,000(100.0%)

図 4 北米芝刈機市場規模 (台数)



ローントラクタ	287,000(19.1%)
ライディングモア	94,000(6.3%)
手押し芝刈機	1,120,000(74.6%)

1,501,000(100.0%)

図 5 北米芝刈機ヤマハ対象市場 (台数)

北米を図6のように大きく4つに分けると芝の種類は次の①～④のようになり、夏、冬の気温、湿度、標高、土壌、により千差万別である。芝刈りテストはミネソタ、フロリダ、ロスアンジェルス、などの代表的な場所で行なったが、柔らかい芝、固い芝など、どんな芝でもクリーンに刈れる仕様決定が最も苦慮する所であった。

①NORTH CENTRAL, NORTH EAST

ベントグラス、ブルーグラス、フェスキュグラス、ライグラス

②SOUTH

バミューダグラス、ケンタッキーブルーグラス、トールフェスキュグラス、ゾイジアグラス、パヒヤグラス、セントオーガスチングラス

③SOUTH WEST

バミューダグラス、ゾイジアグラス

④NORTH WEST

ペントグラス、ブルーグラス、フェスキュグラス

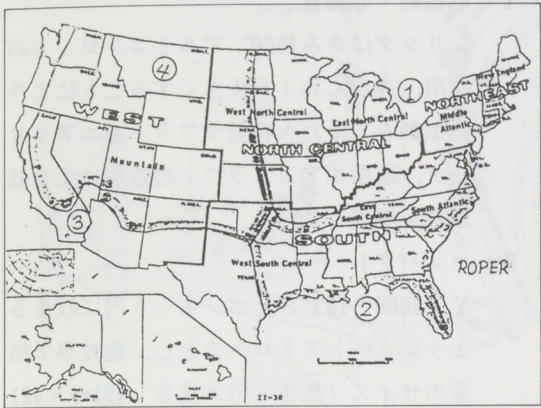
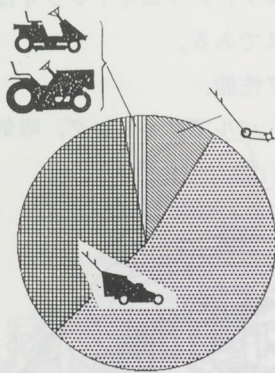


図 6



■：手押し芝刈機 355,000(9.1%)
■：手押し式(電気) 2,104,000(53.8%)
■：手押し式(エンジン) 1,354,000(34.6%)
■：乗用芝刈機 100,000(2.6%)

3,913,000(100.0%)

図 7 欧州芝刈機市場規模 (台数)

★欧州——全体では390万台の市場であるが庭が狭いことにより半分以上が電気式であり、エンジン付き手押し芝刈機は135万台となる。乗用芝刈機はさらに減って10万台となり北米とは大きな差となっている。(図7)

2. 開発の狙いと構造

(1)操作性の改善

人間工学考慮 (足回り空間, 操作部位置)
油圧式無段階速度変速機 (HST)
ブレーキ連動ニュートラル装置
刈残し径最小化
電磁式ブレードブレーキクラッチ

(2)作業環境の改善 (低騒音, 低振動)

90° V-Twin, 大容量マフラー, 大容量エアークリーナー

(3)作業能力の改善

高トルク形18馬力出力
刈巾48", 3枚のロータリー刃のデッキ

3. エンジン, 車両の主要諸元

寸法・重量

		Y T6800N
型 式		JE81
全 長	(mm)	1795
全 幅	(mm)	1610
全 高	(mm)	1045
乾 燥 重 量	(kg)	245
ホイールベース	(mm)	1170
トレッド FR.	(mm)	740
RR.	(mm)	730
最小回転半径	(mm)	1700

エンジン

タイプ	強制空冷 4ストローク OHV ガソリンE/G
シリンダー配置	V-ツイン 直立型
排 気 量 (cc)	573
ボア×ストローク (mm)	78×60
最大出力 (PS/rpm)	18/3600
最大トルク (kgm/rpm)	4.2/2200
エンジンオイル	SAE10W-30API SEorSF
オイル容量 (L)	1.8
キャブレター	B28-19
ガソリン	無鉛
始動方式	セルフスタート

シャーシー

トランスミッション：		
車 速		
前進	(km/h)	0～9
後進	(km/h)	0～4.5
1次減速方式	ハイドロスタティック	
オイル	SAE10W-30API SEorSF	
オイル容量	(L)	0.5
2次減速方式	ディファレンシャルギア	
オイル	SAE10W-30API SEorSF	
オイル容量	(L)	0.8
ドライブベルト	LA86	
芝刈り機：		
タイプ	ロータリー式	
刈り幅	(mm)	1225
刈り高範囲	(mm)	38.1～114.3
ブレード枚数	3	
ブレード長さ	(mm)	430
PTOベルト	L B67	
ブレーキベルト	L B103	
リアブレーキ：		
タイプ	ドラム式 φ 50	
操 作	右足操作	
タイヤ：		
	FR.	15×6.00-6 ターフ
	RR.	20×10.00-8 ターフ
燃料タンク容量：		
トータル	(L)	9.5

電 装

点火方式	T C I
スパークプラグタイプ	BPR 5 HS
ギャップ (mm)	0.6～0.7
バッテリー容量	12V 26AH
ヘッドライト バルブ数	25W×2
インジケータランプ	
バルブ数	
オイル	3.4W×1
フューエル	3.4W×1
チャージ	3.4W×1

4. エンジンの構造と特徴

エンジンのカットモデルイラストを図8に、外観図および断面図を図9～10に示す。

○特徴

1) 低振動・低騒音

シリンダはさみ角90°、アルミコンロッドの採用、連かん比入を大きくすることにより低振動を、また大容量マフラー&エアクリーナ、樹脂エアシュラウドの採用により低騒音を実現している。

2) コンパクト

YT3600 (12PS) ボンネット内に収まるようショートストロークとし、他社単気筒並のサイズ(長さ×巾×高さ 491mm×421mm×350mm)となった。重量(乾燥39kg)もパワー(トルク)／ウエイトレシオは業界トップクラスである。

3) 低速高トルク性能

燃焼室形状、バルブタイミング、吸気系の

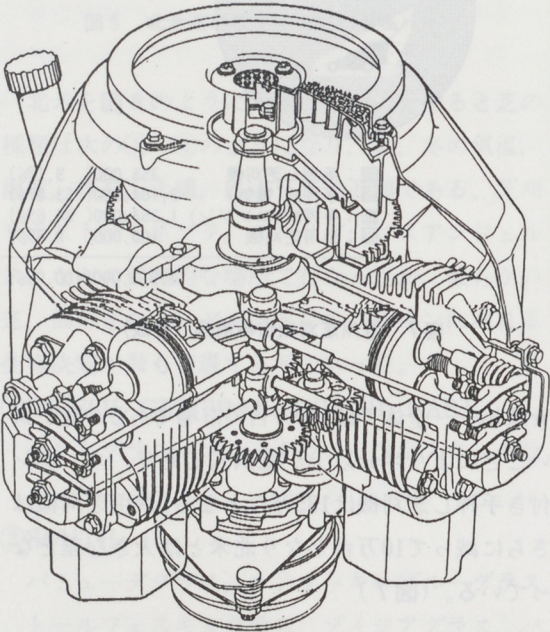


図8 エンジンカットモデルイラスト

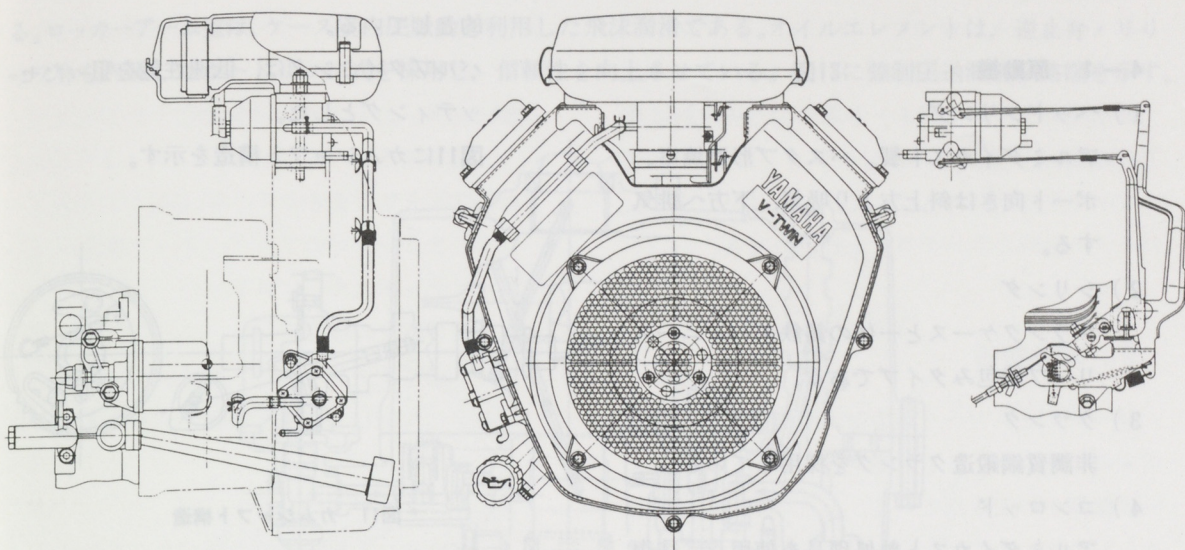


図9 エンジン外観図

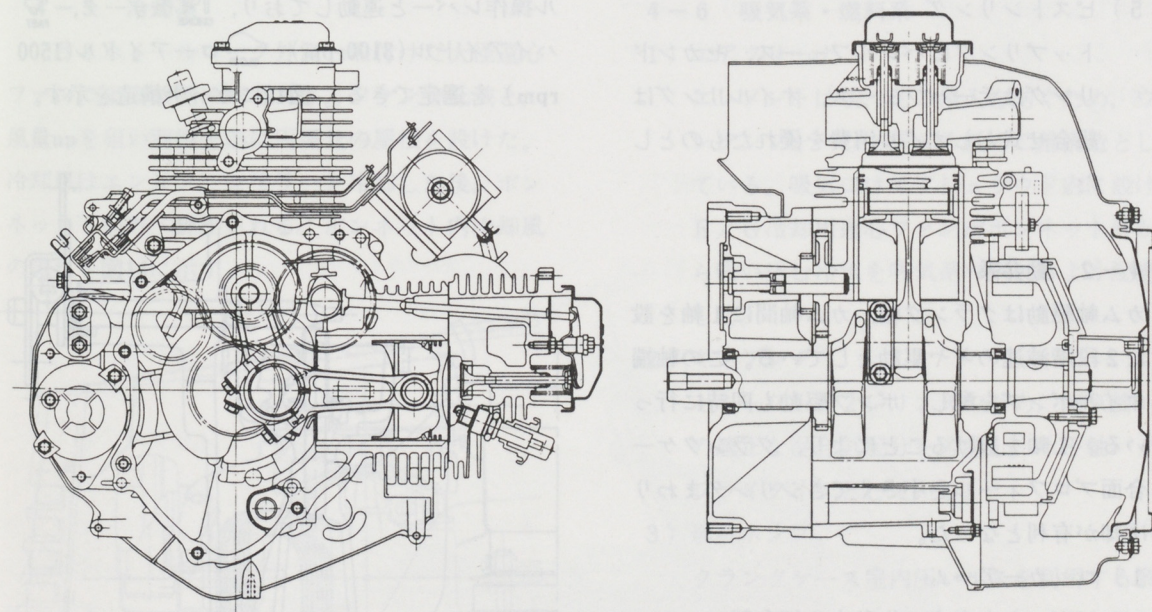


図10 エンジン断面図

セッティングにより低速高トルク性能を得ている。

4-1 原動機

1) ヘッドシリンダ

アルミダイカスト製。バスタブ形燃焼室。
ポート向きは斜上方より吸気、下方へ排気する。

2) シリンダ

クランクケースと一体の鋳鉄スパイニースリーブ鋳包みタイプである。

3) クランク

非調質鋼鍛造クランクを採用している。

4) コンロッド

アルミダイカスト熱処理品を使用し、往復重量低減と低コストを図った。キャップ割面は水平でなく、斜め割（水平から40°傾斜）とすることでE/Gのコンパクト化に貢献している。

5) ピストンリング

トップリングはバレルフェース、セカンドリングはテーパフェース、オイルリングは組合せ式としオイル消費を優れたものとした。

4-2 動弁系

カム軸駆動はクランク軸、カム軸間に1軸を設けた2段階減速のギヤ駆動としている。この軸端にオイルポンプを配し、ポンプ駆動も同時に行っている。1軸を設けることにより、クランクケース合面プロフィールを小さくできシリンダまわりの冷却が有利となった。

1) ロッカーアーム

ピボットを支点に作動する板金製ロッカーアーム。レバー比は1.33。

2) カムシャフト

被削性の良い鋳造品で、カムギヤ一体とし、メカニカルデコンプ機構を備えている。

デコンプは、除雪機として使用される時の低温始動性と、熱間時のランオン防止を目的としている。

バルブタイミングは、低速性能を狙ったセッティングとした。

図11にカムシャフト構造を示す。

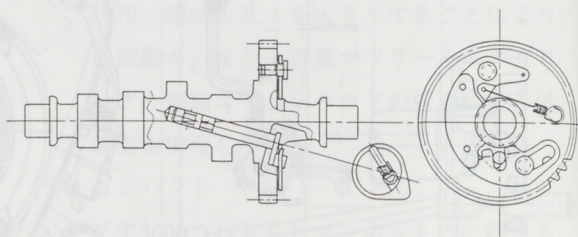





図11 カムシャフト構造

4-3 ガバナ

樹脂製フライウェイトギヤ中に設けられたメカニカル周速ゼロガバナ機構が、運転席のスロットル操作レバーと連動しており、 チョーク、 ハイアイドル(3100rpm)  ローアイドル(1500rpm) を選定できる。図12にガバナ構造を示す。

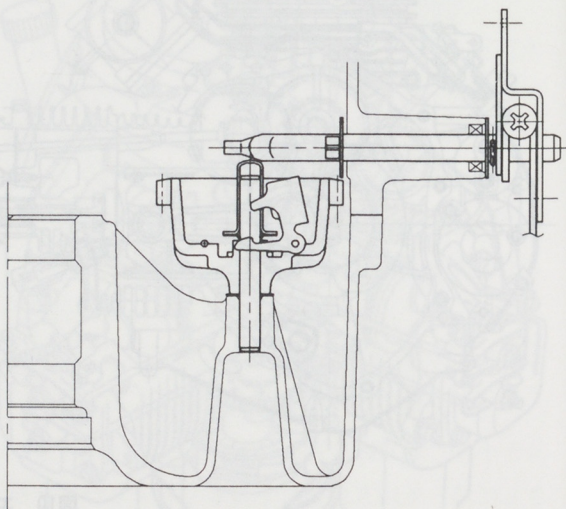


図12 ガバナ構造

4-4 潤滑系

オイルパンに直付としたトロコイドポンプにより、クランクジャーナル、コンロッド大端を強制潤滑する。ロッカーアーム室は、ケース室内圧脈動を利用した飛沫潤滑である。オイルエレメントは、逆止弁・リリーフ弁を内蔵したカートリッジ式を採用し、信頼性を向上させている。図13に強制圧送潤滑系路図を示す。

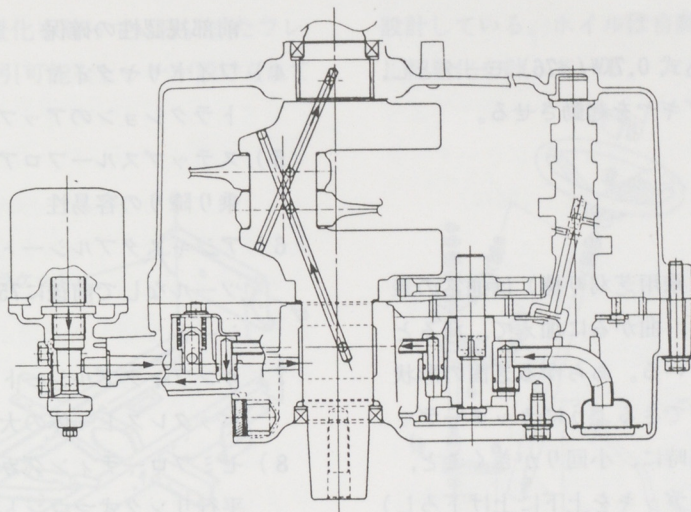


図13 強制圧送潤滑系路図

4-5 冷却系

フライホイールロータ外側へ取付けた大径遠心ファンによる強制冷却である。ファン音低減と、風量upを狙い羽根上部に円環状の屋根を設けた。冷却風はエンジン、マフラーを冷却した後、ボンネット下前方へ排出される。ボンネット内冷却風の流れを図14に示す。

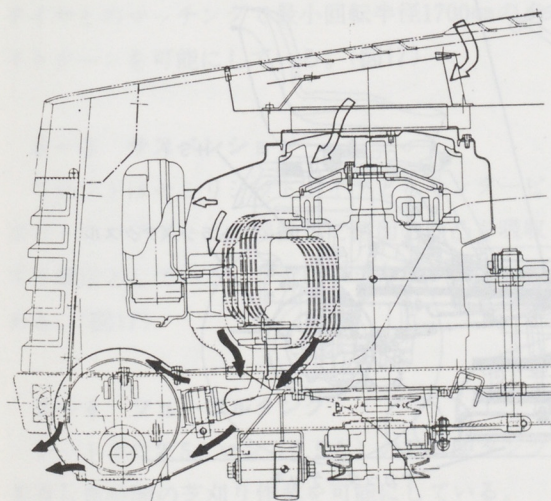


図14 冷却風流れ

4-6 吸気系・燃料系

1) エアクリーナ

エレメントは埃、芝の侵入を防ぐため、ウレタンフォームと湿式ろ紙の二重構造としている。吸気口はエアシュラウド内に設け、E/G冷却用遠心ファンがボンネット外から吸い込む冷気を吸気系へ入れるよう配慮した。

2) キャブレタ

1キャブレタ2シリンダのため、両気筒への適正な混合気配分を考慮し、水平軸バタフライタイプとしている。

3) 燃料ポンプ

クランクケース室内圧パルスを利用する負圧脈動式ダイヤフラムポンプにより、燃料供給を行っている。

4-7 排気系

エキパイとマフラーは別体。マフラーは3室構

造の大容量のものとし、消音と性能を確保している。

4-8 点火系・始動系

固定進角TCIマグネットを用い、点火時期はBTDC23°である。

スタータは電磁押込式0.7KW($\phi 76$)モータとし、ローター外周のリングギヤを起動させる。

5. 車体関係

ローントラクター（乗用芝刈り機）は通常の乗用車両の走る、止まる、曲がるに加えて、刈るという機能が付加されている。あらゆる芝面の形状をトレースすることができるようにカッターデッキをマウントすると同時に、小回りがきくこと、刈り高調整（カッターデッキを上下に上げ下ろし）ができること、刈った芝を集草し溜めるキャッチャーを装備できること等があげられる。刈ることに対する細かい内容はカッターデッキのところでは述べることにしレイアウト上の特徴を下記に示す。

(図15)

1) エルゴノミクスデザイン

操作レバー類の集中化……インパネ回り、

シート回りに集める。

2) ショートターニングラディアス

最小回転半径 1700mm

最小刈り残し半径 485mm

3) スラントノーズボンネット

前部視認性の確保

4) ワイドリヤタイヤ

トラクションのアップ、ターフケアー

5) ステップスルーフロア

乗り降りの容易性

6) アジャスタブルシートポジション

ツールなしで前後に75mmアジャスト可能なシート

7) カンフォタブルシート

バックレスト一体の大型バケットシート

8) セミフローティングカッターデッキ

平行リンク式マウントとアンチスカルピングゲージホイルの組み合わせであらゆる起伏をトレースするデッキマウント。

9) ロングライフペインティング

5年～8年のライフを考慮し塗装は下回りはすべてカチオン電着塗装、外観部品はカチオン電着塗装+静電塗装を施している。

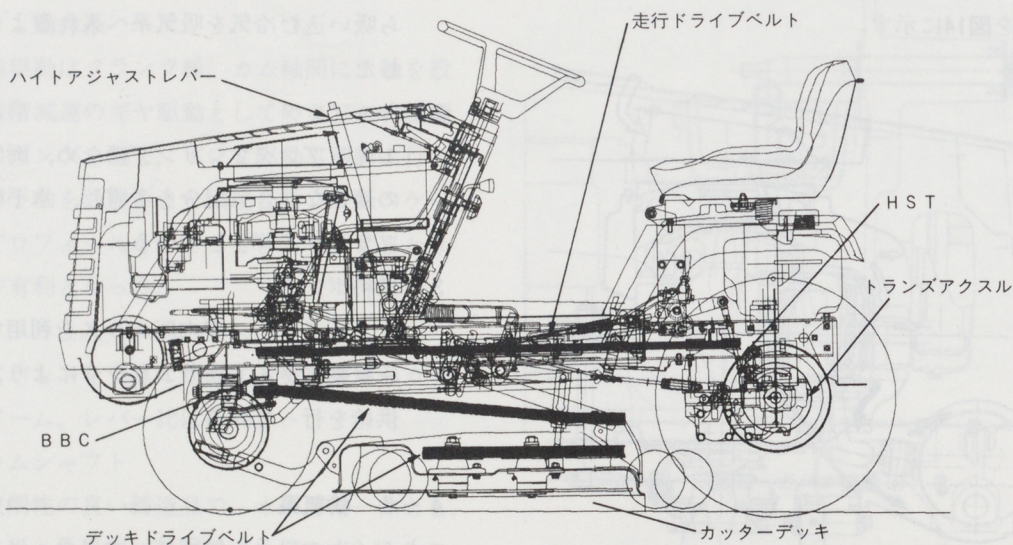


図15 レイアウト図

○各部詳細

5-1 フレーム

フレーム構造はハシゴ型シャーシでコの字型断面の厚さ3.2mmのSPHC材サイドメンバーをメインにクロスバーで連結する構造とし、十分な剛性を確保すると共に軽量化を計っている。またフレーム後端には150kg牽引可能なヒッチが設けられている。(図16)

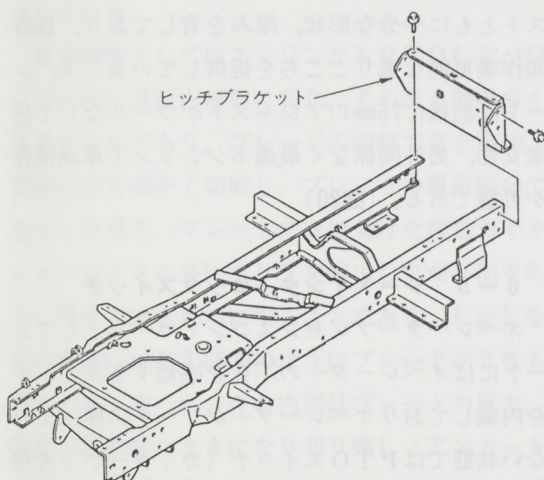


図16

5-2 ステアリング

新設計のステアリングホイールとピニオンギア&セクターギアの組み合わせにより、ロックからロックまで260度のギアレシオとラウンドショルダータイヤとのマッチングで最小回転半径1700mmのタイトターンを可能にしている。(図17)

5-5 ホイル&タイヤ

フロントに15×6.00-6、リヤに20×8.00-8のNEWデザインのターフケアパターン、ラウンドショルダータイヤを装備し、芝面への確実なトラクションと芝のダメージを最少限にするように設計している。ホイールは自動車構造用鋼板を使用し軽量化を計っている。

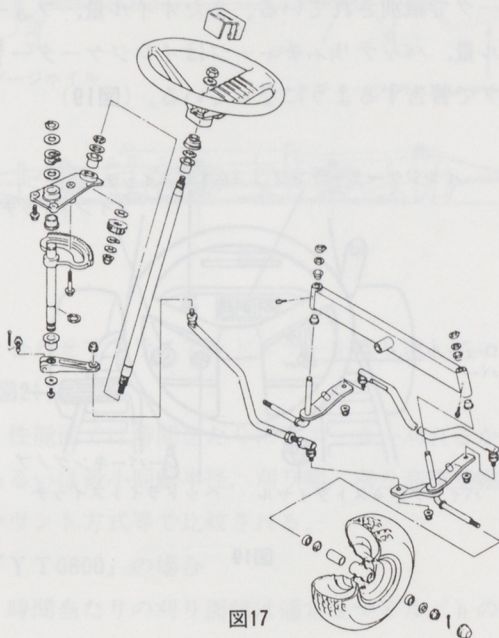


図17

5-3 サスペンション

フロントはセミリジットタイプとしセンターピボットのロアアームが揺動して路面の凹凸を吸収する構造としている。リヤはリジットアクスルである。(図17)

5-4 フューエルタンク

シート下に2.5ガロン(9.5ℓ)のPE製タンクを有し長時間の芝刈り作業を可能にしている。

5-6 パーキングブレーキ

パーキングブレーキはロック式でブレーキペダルを踏み込みパーキングノブをロックすることによりON、さらにブレーキペダルを踏み込むことにより解除する使い易い構造としている。(図18)

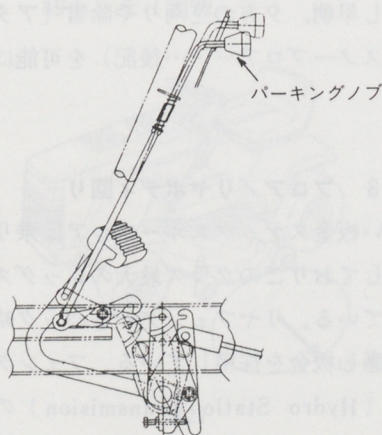


図18

6. 機 装

6-1 インパネ回り

メインスイッチ、スロットルレバー、PTOスイッチ、ヘッドライトスイッチのコントロールレバー類が集中して装備され通常の操作ポジションで手が届く位置であり、カラーリングとシンボルマークで識別されている。またオイル量、フューエル量、バッテリーチャージはインジケータランプで警告するようになっている。(図19)

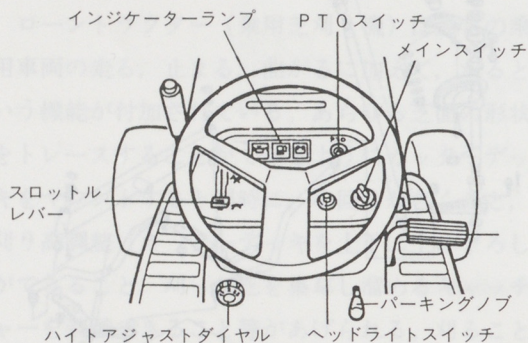


図19

6-2 ボンネット回り

ボンネットはエンジンルームの熱、およびコスト上の理由から、SMCを採用している。インパネ下のフロントパネルはPP材、グリル、バンパーは熱および衝突強度上、板金を採用している。また、ボンネットには25W/25Wのヘッドライトを装着し早朝、夕方の芝刈りや除雪（アタッチメントのスノーブローア……後記）を可能にしている。

6-3 フロア／リヤボディ回り

幅広い板金ステップスルーフロアは乗り降りを容易にしておりこのクラス最大のレッグスペースを有している。リヤフェンダーもバック時の衝突等を考慮し板金を採用している。フェンダー右側HST（Hydro Static Transmision）のシフト

レバーを装着しシート乗車状態で常時スピードコントロール操作できるようにしている。フェンダー後面には2個のリフレクターを装着し夕暮れ時の芝刈りを考慮をしている。またシート下にはスパナ等のツールを入れるボックスを設けている。

6-4 シート回り

USA95パーセントの体形に合わせバックレスト一体のバケットシートはボトム、バックレストともに十分な形状、厚みを有しており、長時間作業可能な乗りごこちを提供している。又、シートは前後に75mmのアジャストがツールなしで出来女性、男性関係なく最適ポジションで車両操作が可能である。(図20)

6-5 シートインターロックスイッチ

オペレータープレゼンスコントロールとしてシートにはオペレーターの不在を感知するスイッチを内蔵しておりオペレーターがシートに座っていない状態ではPTOスイッチ（カッターデッキ起動）がONにならない、また、PTO操作状態でシートから離れるとエンジンが自動的に止まるようになっており、レギュレーション要件を満たしている。(図20)

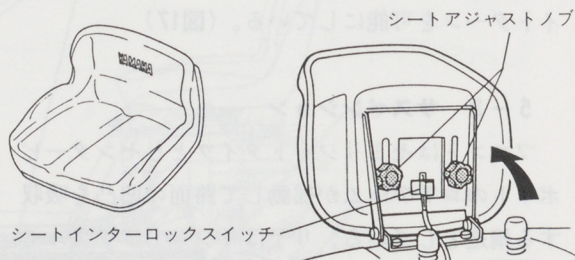


図20

7. 芝刈り装置

7-1 カッターデッキ

カッターデッキはヤマハ独自の設計で下記のレギュレーション、機能を満足するため数多くの実験結果より仕様決定している。

要求されるレギュレーションはUSAではANSI、欧州ではDIN規格が代表的なスタンダードで車両全体としてレギュレーション要件が規定されている。

要求機能としてはエンジンからPTOしたパワーでいかに芝面を綺麗に刈り、その芝を効率良く排草するかであり、ブレードの回転で芝を直接、間接に芝を細かく切断し、ブレードの翼角部分で発生した風力、ブレードで直接受けた移動力でカッターデッキの外に刈り芝を排出して刈り面を均一に刈りあげきれいにすることである。しかしながら実際にはYT6800のようにブレードが3枚もあるとカッターデッキの内部はブレードの風力、圧力で芝が寝たままになり刈り残し（アンカットグラス）や刈り落とし（ドリブル、クランピング）が発生したり、芝のコンディション（芝の種類、芝の高さ、湿り具合等）で綺麗に刈れなかったりしているのが現状でUSAの各種の芝でトライアンドエラーを繰り返している。その中で分かっていることはブレードのチップスピードが70m/sを下回ると切れ味が悪くなり刈り面の状態が悪化すること、ブレードとハウジングの位置関係が刈り面の状態に関係することなどがあげられ、今後の技術蓄積を要する所である。

それからもうひとつ忘れてならない要求機能としてあげられるのがノイズの問題である。通常ブレードは3000～3300回転設定されるが排草の為にブレードに翼角を設けているのでこれが芝刈り中のノイズとして発生してくるわけである。回転数を低く、またはブレードのリフトを低く押さえれば良い訳であるが、芝の切れ味が悪くなったり排草が悪くなったりしてしまいこれも刈り面の状態

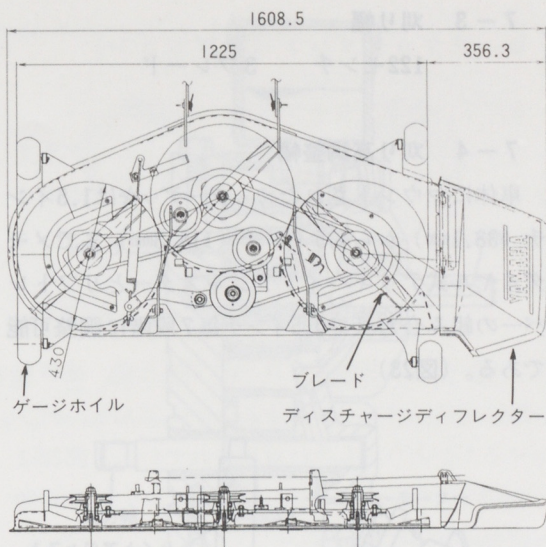


図21

と合わせてトライアンドエラーを繰り返している。

(図21)

性能面では時間당りに何エーカー刈れるか、あるいは最小回転半径、刈り幅、刈り高調整幅、マウント方式等で比較される。

『YT6800』の場合

時間當りの刈り面積は通常3マイル/hのスピードで刈った場合1.5エーカー/hになるが、実際の芝刈りでは芝のコンディションにより芝刈りスピードは変わるものでありあくまでも目安である。

7-2 最小回転半径

49センチ (図22)

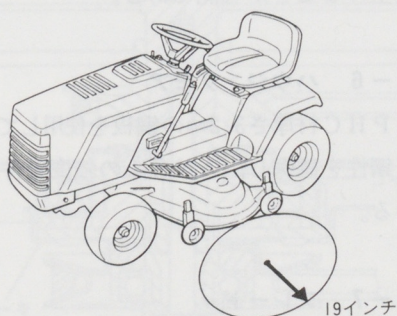


図22

7-3 刈り幅

122センチ 3 ブレード

7-4 刈り高調整幅

車体にマウントされたカッターデッキは1.5インチ(38.1mm)から4.5インチ(114.3mm)までメモダイヤル式デッキハイトアジャスターとリフトレバーの組み合わせで0.5インチ毎7段階に調整可能である。(図23)

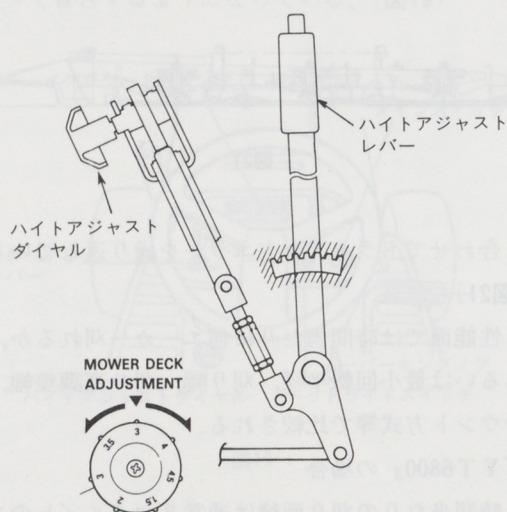


図23

7-5 マウント方式

平行リング式セミフローティング方式でデッキに設けられたアジャスト可能なアンチスカルピングゲージホイールとの組み合わせであらゆる芝刈り面のアンジュレーションに追従して刈り面を綺麗に仕上げる事が可能である。

7-6 ハウジングモア

S P H C材厚さ3.2mmの鋼板を使用して十分な強度と鋼性を確保し、ANSIの強度要件を満足している。

7-7 ブレード

回転方向両端を研磨した刃先部、リフト部で構

成されたブレードはS U P材厚さ5mmの鋼板を焼き入れ焼戻し処理を施し、固い芝から柔らかい芝まで鋭い切れ味と十分な強度、耐摩耗性を有している。(図24)

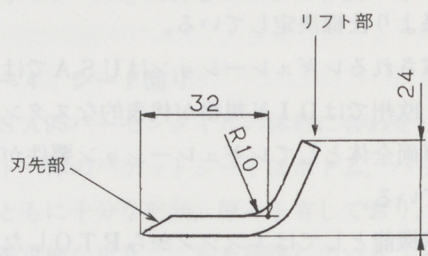


図24

7-8 ディスチャージディフレクター

P P材を使用し排草させた芝をコントロールし適当な幅に分散させるプレートである。樹脂材料を使用することにより軽量化、衝突時の損傷を少なくしている。

8. ドライブ関係

8-1 Vベルト

走行用とカッティング用の駆動に図15の様にVベルトを使用している。ベルトに関する技術はヤマハのソウハウを生かし高い信頼性とコスト低減を実現した。

8-2 トランスアクスル

デフ、リヤアクスルと直径50ミリのドラムブレーキも内蔵したミッションである。ブレーキはこのクラスでは画期的なフルカバーした物となっており、水、埃などが入らないようにして信頼性を高めている。

8-3 ブレーキ連動機構

急に車両を停止させたいときなどに、ブレーキペダルを踏むと、同時に変速レバーが、ニュート

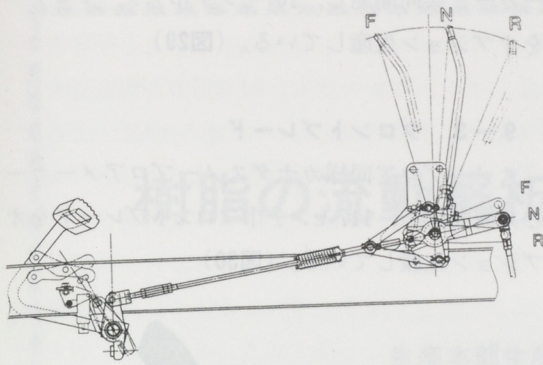


図25 ブレーキ連動機構

ラルに戻り車両を停止させることができる。この機構によりブレーキペダルをはなしても、平地では車両が停止するようになっている。(図25)

さらに簡易的なクラッチも連動させている。エンジン始動時、HSTにはクラッチが無いために、HSTの負荷を受けながらセルモーターがまわる。HSTは油圧変速機であるので、冷間時はこの負荷が大きくなり、エンジンが始動できなくなる。エンジン始動はブレーキを踏まないといけない機構になっているので、走行用ベルト伝達部にクラッチを付け、ブレーキと連動するようにした。この機構により除雪などの低温時の始動も可能にしている。

8-4 HST (Hydro Static transmission)

通常のギヤ変速機にはクラッチが必要であるが、本芝刈機では操作性を向上させるために、HSTを使い、一本の変速レバーのみで前後進の速度変化及びニュートラルを実現させている。しかも変化させた変速比に対する応答性が良いために、変速レバーを適当に操作することによって、ブレーキの作用もさせることができる。(図26)

8-5 BBC (Brade Brake Clutch)

ブレードへの動力伝達の一部であり、クラッチとブレーキの両方の作用をする。電気的なスイッチを、ON、OFFするだけでクラッチONし動

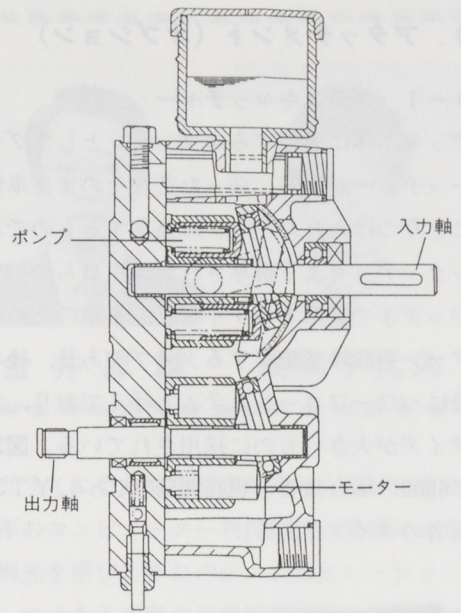


図26

力伝達、及びクラッチOFFし動力遮断、しかもブレーキが同時に働き、瞬時にブレードを停止させることができる。クラッチは電磁式、ブレーキは機械式となっている。(図27)

以上のように本来の芝刈に集中できるような工夫が随所に施されている。

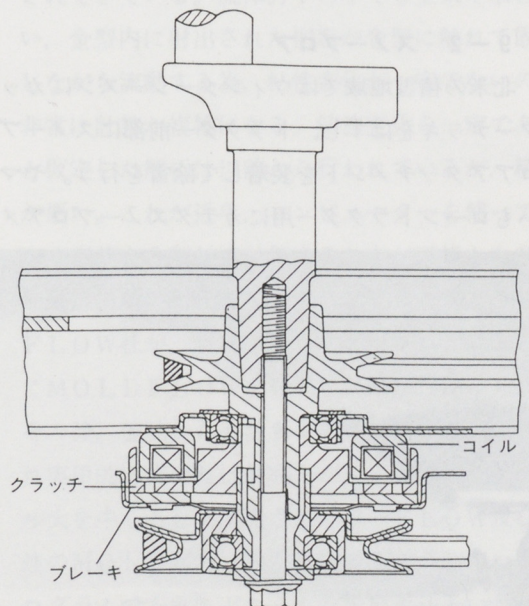


図27 BBC概略図

9. アタッチメント (オプション)

9-1 グラスキャッチャー

デッキ本体に装着するオプションとしてグラスキャッチャーがある。刈った芝をそのまま車体後部にとりつけられたバッグに集草するものである。カッターデッキより排草された芝を自らのパワーでバッグまで集草するタイプと、集草のための別体ファンを設けて集草するタイプがあり、後者を一般にパワーフローシステムと呼んでおり、デッキサイズが大きいものに採用されている。図28はY T 6800の場合後者を現在開発中である。Y T 3600の前者のタイプである。

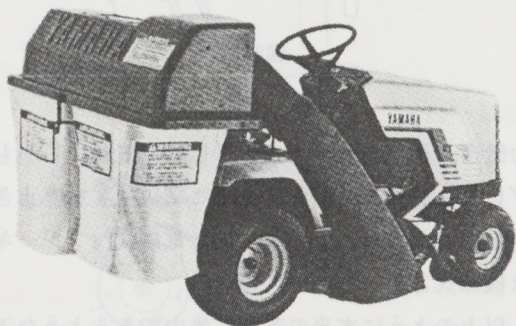


図28

9-2 スノーブローア

北米の積雪地域ではウィンターシーズンにカッターデッキをはずし、トラクター前部にスノーブローアアタッチメントを装着して除雪を行う。ヤマハもローントラクター用にカナダスノーブローアメ



図29

ーカーと共同開発し、107センチ巾スノーブローアをオプション生産している。(図29)

9-3 フロントブレード

スノーブローア同様カナダスノーブローアメーカーと共同開発し、117センチ巾フロントブレードをオプション生産している。(図30)

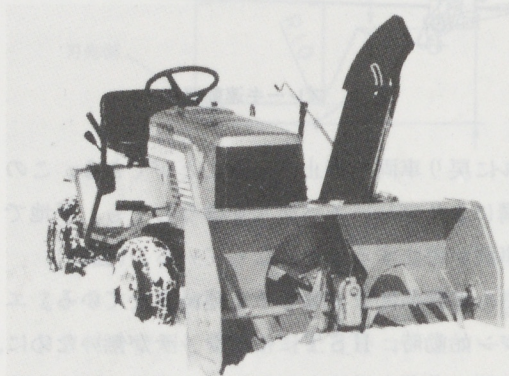


図29

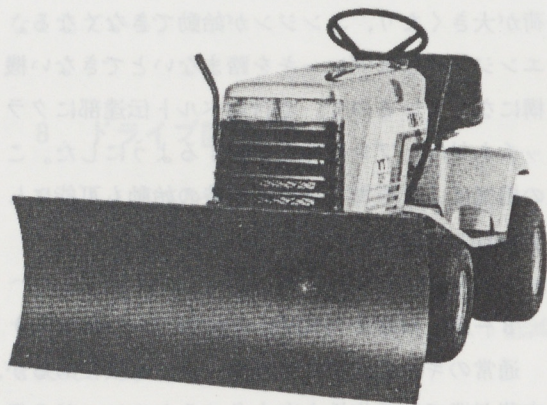
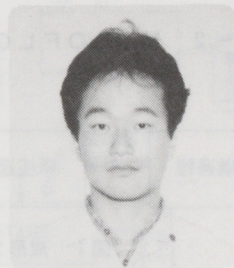


図30

10. あ と が き

この空冷立軸V型エンジンを搭載した『Y T 6800』乗用芝刈機は将来指向形の新しいインパクトを業界に吹き込むことの出来る商品に仕上がった。今後は、市場からのフィードバックを受けて幅広いユーザーの満足が得られる商品としていきたい。最後に、この車両開発にあたり、社内外関係各位に紙面をお借りして深く感謝の意を表します。

樹脂の流動解析



生産本部生産技術部 金井厚雄

高嶋千代久

1. はじめに

スクーターの外装部品、M/Cのフェアリング、サイドカバーなど、弊社における樹脂部品の需要は、昭和50年代後半から急激に増加してきている。これら樹脂部品の製作工法は、その必要な機能、生産個数、等の考慮から、インジェクション成形法、SMC成形法、FRP成形法、等に分けられる。中でもサイクルタイムの最も短いインジェクション成形法が、世の中の主流であると言える。

この樹脂部品について、特に問題となるのは、外観表面における欠陥である。欠陥の種類としては、ウェルドライン（溶融状態の樹脂が合流した部分に発生するすじ）、シルバーストリーク（表面に、材料の流れる方向に沿って走る銀状のすじ）、フローマーク（リング状や波状に発生する流れ模様）等があり、その現象も、成形条件、材料種類により、様々である。これらの欠陥は、表面を塗装しても隠れないことが多い。元々、樹脂部品は、上記の様な外観意匠部品に使われることが多い為、このような欠陥は致命的とも言える。そして特にウェルドラインについては、成形条件だけで無くすることは不可能である為、なるべく目立たない箇所に出させる様に工夫することが必要となる。又、ウェルドラインは、強度的にも弱いので、さらに選択の巾は狭くなる。

従来、このような問題に対しては、金型完成後

のトライによる試行錯誤が常とう手段であったが近年のコンピューター利用技術の発達により、特に脚光を浴びてきたのが、シミュレーション技術の一つである樹脂の流動解析である。我々は、この流動解析が現在、実用化レベルにあることをテスト解析により確認した上で、'88年5月、MOLDFLOW導入に至った。

2. 流動解析とは

2-1 流動解析の歴史

樹脂の流動解析の試みは、20年以上前から研究されてきている。流体力学の中でも空気や水と違い、金型内に射出された樹脂が金型に触れて固化しながら流動する為、粘性変化が一定でないのが非常に計算が複雑になる。粘性変化を一定であると仮定した解析は以前から行われているが、精度が悪い。これが近年、コンピューターを使って細かく形状を分割して計算することが可能となり、流動解析が実用化の段階に入ってきた。MOLDFLOW社が、世界で初めて商用プログラムとしてMOLDFLOWを発表したのが1978年である。その後、他社からも数多くのプログラムが開発され実用的に使われはじめたが、アメリカ・コーネル大を中心として開発されたC-FLOW及び上述のMOLDFLOWが現在最も普及しているプログラムである。どちらも有限要素法という解析

手法を使用している。

2-2 MOLD FLOW 試行結果

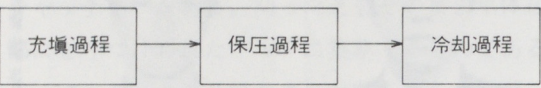


図1 成形プロセス

インジェクション成形のプロセスは図1の通りである。現在商用化されているプログラムはいずれも充填過程が解析できるだけであり、その後の保圧過程の予測可能なものは、開発途上の段階である。しかし、製品、金型設計を行なう場合において、充填過程に起因する不良現象対策を行うことはできるので、その意義は大きい。特に上述したウエルドラインの予測、及び充填可否の予測は製品設計、金型設計上、重要な要素である。

図2に示したのは、TDR250のフェアリングの半分の形状について流動解析を行った結果である。

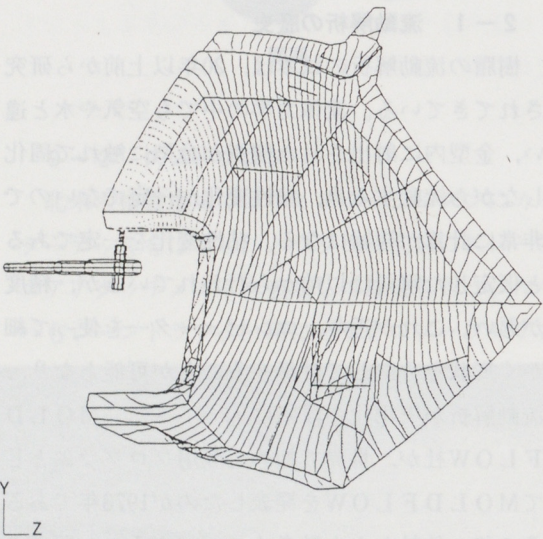


図2 TDR250フェアリング解析結果

これは、樹脂の充填状態の経時変化を曲線で表わしたものである。樹脂のゲートをヘッドライト

上部一点にしたことにより、下部を除いて外観形状にはウエルドラインが発生しないことが予想される。また、解析の結果、射出圧力が機械能力を超えた為、製品肉厚を0.3mm増加させるという対策も打った。この他、樹脂の発熱状態の分布等も出力として得られ、冷却管設計の参考データとしても使えるということが確認できた。

以上のような機能を確認した上で、MOLD FLOWを導入したわけである。次にMOLD FLOWの内容を紹介する。

3. MOLD FLOWについて

3-1 概要

流動解析は、基本的に次の様なチャート(図3)で解析を行なうものである。

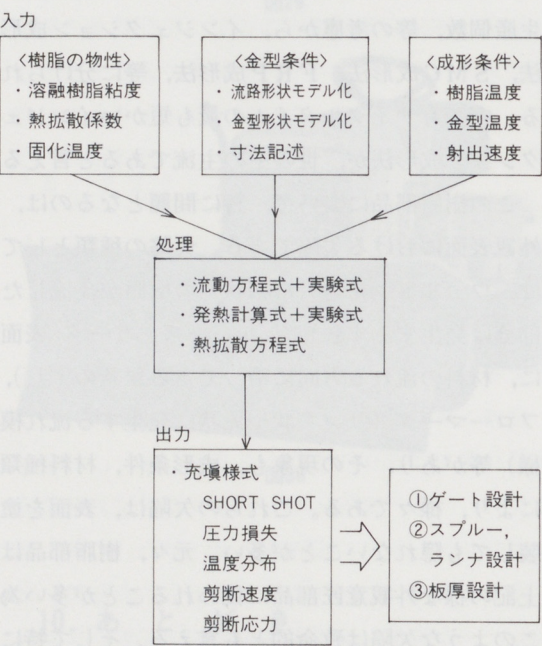


図3 流動解析チャート

「樹脂の物性」「金型条件」「成形条件」の3項目を入力すると、システム内部では、3つの支配方程式を駆使して解析処理を行ない、結果として充填様式を出力する。この結果を使って、金型設

計に必要な要素であるゲート・スプルー・ランナー・板厚を決定することができる。今回導入したMOLDFLOWというシステムには、2次元解析と3次元解析のシステムがあり、2次元解析によって短時間に概略解析を行ない、成形条件の最適値を自動決定する。次に3次元解析で、その結果を使って詳細解析を行なう。

図4にMOLDFLOWのシステム体系を示す。

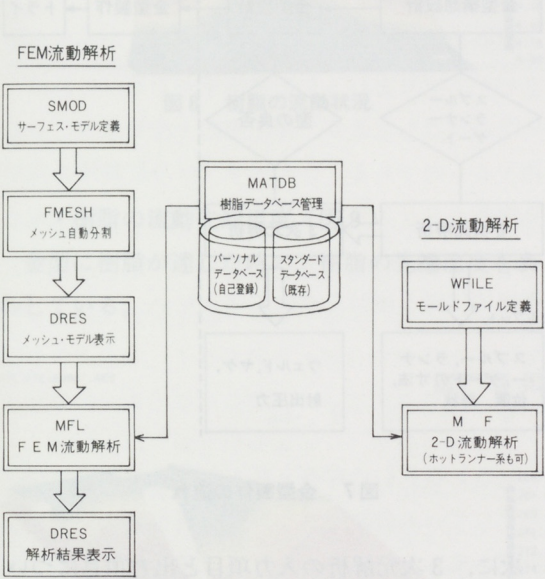


図4 MOLDFLOWシステム体系

こういった解析作業の中で多くの時間を費すのが「金型条件」で示される金型形状のモデル化である。これを効率良く行なうために、当社の3次元CADシステムであるSTAGEとCAEDSを利用している。(図5)

デザイン管理課で作成された線図を元に、製品図で形状をチェックしながら、STAGE及びCAEDSでモデリングを行なう。次に、このモデルを使ってMOLDFLOWで解析を行ない、その結果をもう一度CAEDSに戻し、結果を表示する。

また、この一連の作業をデータの流れとして評価すると、CADとCAEが効率良く結びついた良い例ではないかと思われる。

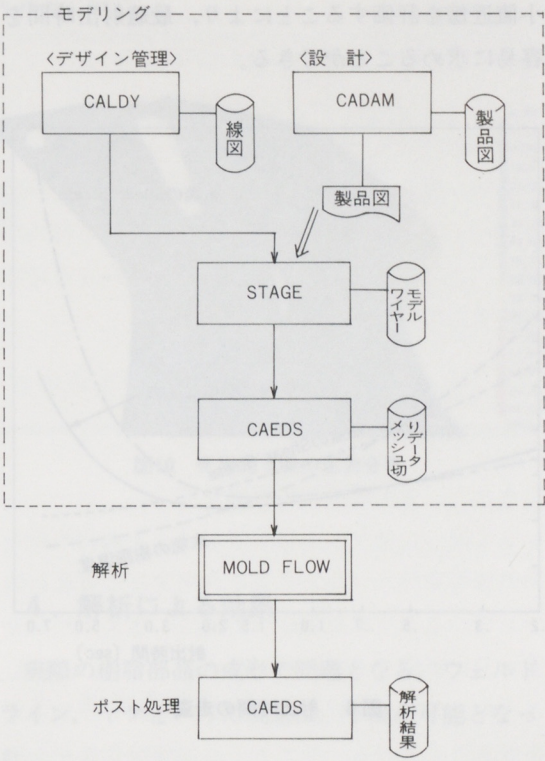


図5 流動解析データの流れ

3-2 プログラムについて

ここでは、MOLDFLOWの中心プログラムである2次元解析と3次元解析について説明する。

3-2-1 2次元解析

2次元解析の名がついている通り、本来3次元形状であるものを、2次元形状としてモデルを平面展開する必要がある。この展開形状に対して、樹脂の流れを定義して数値化することにより、2次元解析としての「金型条件」が決定する。

次に、2次元解析の機能を説明する。

(1) 樹脂射出時間の最適化

樹脂を選択し、射出時の樹脂温度と金型表面温度を入力すると、射出時間（樹脂が金型に充填完了するまでの時間）を変化させた時の充填に必要な圧力等が出力される。(図6) これらの値の最

小値近傍を評価することにより、最適射出時間を容易に求めることができる。

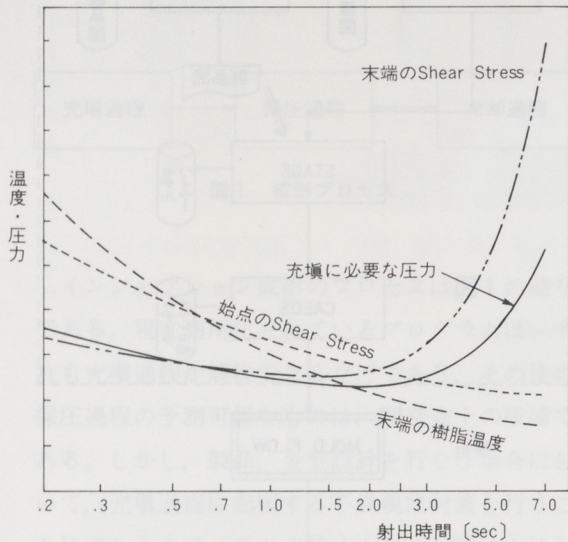


図6 射出時間の走査

(2) ランナー径／製品肉厚の最適化

ヒケやソリの少ない均質な成形を行なうために複数の樹脂流動が同時に充填しなければならない。この2次元解析では、同時充填するために、ランナー（製品部分までの樹脂の導入路）の径や、製品部肉厚等の寸法を自動的に最適化する機能もっている。

以上の機能を利用して解析することにより、短時間で有効な答えが求められる。次に説明する3次元解析は、解析精度に主眼が置かれているが、この2次元解析には、金型構想設計をいかに進めていくべきかといったコンセプトが盛り込まれている。

3-2-2 3次元解析

一般的に樹脂流動解析というと、この3次元解析を指す場合が多い。2次元解析では、解析結果が数値でのみ出力されるのに対し、図8～10のように、視覚的に解析結果を見ることができる。図7

に金型製作の流れを示す。まず、2次元解析を利用して金型構想設計を行なう。ここで、スプルー・ランナー・ゲート等の型方案が決まり金型設計に移行するわけであるが、金型設計が完了するまでの間に、その金型方案の良否の確認を行なう。否であれば、その結果から対策案を金型設計に織り込み、金型製作をスタートさせることができる。

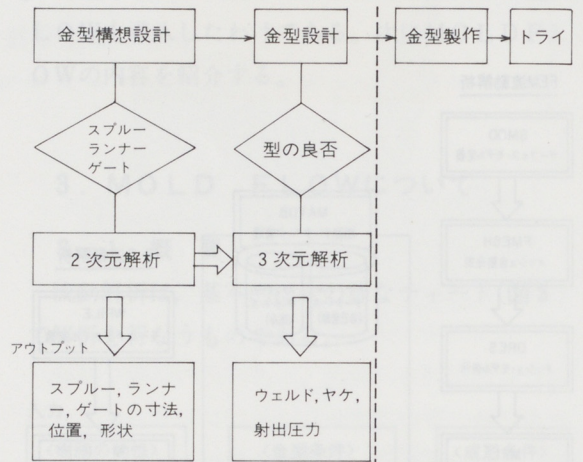


図7 金型製作の流れ

次に、3次元解析の入力項目と出力項目について説明する。

(1) 入力項目

- ・樹脂データ
- ・モデリングデータ
- ・成形条件（2次元解析により抽出）
 - 金型温度
 - 樹脂温度
 - 射出速度

以上の3項目を入力すると、約30分で3次元解析は終了し、次の項目を出力する。

(2) 出力項目

- ・樹脂の流動状況（図8）

時間毎の樹脂の先端位置を表わしている。間隔が広いほど樹脂の速度が速く、狭いほど遅い。



図8 樹脂の流動状況



図10 充填完了時の圧力分布

・樹脂の流動先端温度（図9）

金型に樹脂が達した時の、樹脂の先端温度を表わしている。

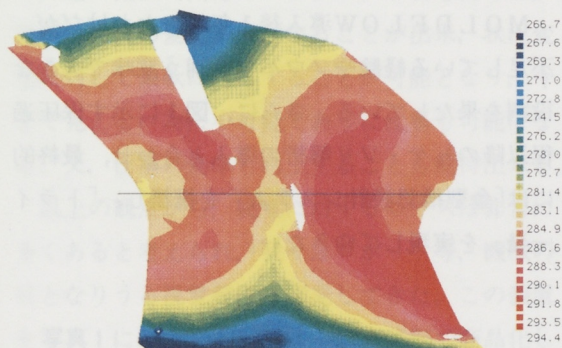


図9 樹脂の流動先端温度

・充填完了時の圧力分布（図10）

最終充填位置の圧力を0メガパスカルとした時の圧力勾配を表わしている。

図8～10の様な出力結果を判断して、不良現象を予測することができる。

4. 解析による効果

実際の樹脂部品の成形で問題となる、ウェルドライン、ヤケといった現象は、予測が可能となった。

(1) ウェルドライン

2つの樹脂の流れが、低い温度でぶつかり合ったり、ぶつかった時、空気の逃げる場所がない場合に起こるもので、樹脂が合流した部分がすじとなり、製品の外観上と強度上大きな問題となる。

3次元解析を利用すれば、図8の様に充填パターンが予測され、ウェルドラインの位置がわかる。したがって対策として、ランナー径もしくは板厚を調整したり、ゲート位置を変更することにより外観上かつ強度上問題のない位置へウェルドラインを移動させることができる。

(2) ヤケ

樹脂の発熱により温度が高くなった所で起きやすい現象である。高温のために樹脂が酸素と反応して、製品がヤケた色になる。図9では、赤色の部分でヤケが起きやすくなっている。対策としては、ヤケの起きやすい部分の手前で樹脂の速度をコントロールすることで、温度上昇を押さえるこ

とができる。我々の使用する射出成形機では、多段で速度を制御できるものを使用している。

(3) 射出圧力

図10の最終充填圧力分布によって、保有成形機で成形できるかどうか判断できる。成形不可の場合は、板厚をふやして圧力を下げるといった対策を講ずる場合がある。

5. 今後の課題

5-1 2次元解析の自動化

3で述べた通り、2次元解析は、3次元解析の為の成形条件及び金型方案を決定することを目的としている。これを実行する為に、3次元形状を2次元に展開する作業が必ず必要となる。しかし、この作業は人手に頼っている為、時間もかかるし正確さにも欠ける。そこで、この展開作業を合理化する為に、3次元CADシステムであるSTAGE上に、自動展開機能を開発することにした。これが完成すれば、2次元解析は誰でも簡単に実行できるようになり、例えば製品設計段階での製品分割に対する型要件の検討などにも利用することが可能となる。

5-2 メッシュ切りの効率化

3次元解析においては、製品図設計完了後、有限要素モデルを作成し（メッシュ切り）、解析用データとするわけであるが、このメッシュ切りを精度良く、しかも効率良く行う必要がある。この点については、今後、試行を重ねることによって標準化を図りたい。

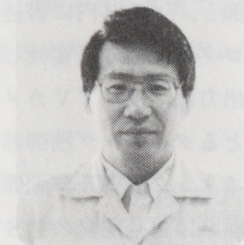
5-3 ヒケ・ソリ解析

実際の成形では、ウェルドライン、ヤケ以外にもヒケ・ソリといった不良現象がある。これは、充填過程はもとより、保圧過程・冷却過程にも起因するものである。このヒケ・ソリに関する問題を解析するシステムは、世の中ではまだ開発途上の段階であるが、実用化のレベルになった段階で積極的に導入検討を進めてゆきたい。

6. おわりに

MOLDFLOW導入後1年経ったわけだが、不足している経験やノウハウを補う意味で大きな役割を果たしている。さらに、図1に示す保圧過程以降のヒケ・ソリ解析の導入と合わせ、最終的には「金型構想設計システム」を構築し、「トライ一発」を実現してゆきたい。

画 像 処 理



技術本部要素研究部 鈴木 俊 夫

1. は じ め に

もし、自分の目が見えなくなったら、どうなるのであろうか？ 仕事はおろか食事さえもできなくなる程、社会生活を営むうえでの重大な障害となるであろう。これは我々は自分が動くのに必要な情報の大半は目から得ていることを意味している。逆に機械（例えばロボット）が目を持てば、周囲の状況の変化を検知することが出来、状況変化に対して柔軟に対応することが可能となり、今まで見えない為に不可能であった仕事も可能になる。又、仕事の効率も向上することも期待出来る。

以上の観点から、視覚に対するニーズは非常に多くあると考えられ、我々はロボット等、機械の目となりうる視覚装置を開発してきた。この装置を写真1に示す。本装置はIM事業部で商品化したサーフェスマウンタYM3000Vに組込まれ、プリント板と、プリント板に実装するICの位置

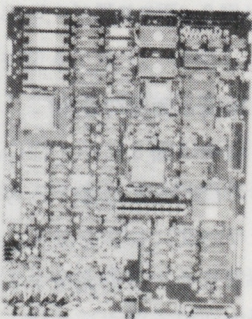


写真1 視覚装置外観

決めに使われている。以下に今回開発した視覚装置と、主要技術である画像処理技術の概要を以下に述べる。

2. 視覚装置概要

(1) システム構成

本装置のシステム構成を図1に示す。システムは大別して3ブロックから成り、ホストCPU部はシステム全体の制御及び画像認識、ロボット及び端末装置を通して人間との通信を行う。

イメージプロセッサ部はホストCPU部の制御の下で、画像データの加工及び特徴抽出を行っており、画像処理プロセッサには非ノイマン型並列処理プロセッサを使用し、毎秒2000万回の演算速度を持っている。

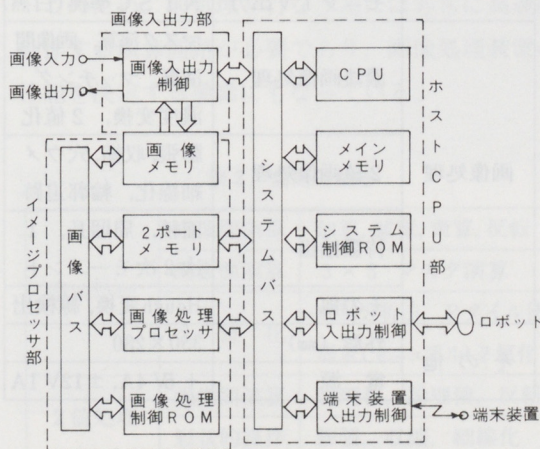


図1 システム構成図

画像入出力部は、TVカメラからの画像信号を256段階のデジタル値に変換し、メモリに記憶する入力部と、メモリ内に書込まれた画像データをアナログ画像信号に変換し、モニターTVに出力する出力部、及びTVカメラ、モニターTVの同期をとるタイミング制御部で構成している。

タイミング制御及び画像の入出力のタイミング制御回路は自社開発のLSIを使用し、小型、高性能化を計っている。

又、画像信号のデジタル値への変換及び逆変換は毎秒600万回で行なっており、1画面の入出力は16.7mSで実行している。

(2) 仕様

本装置の仕様を表1に示す。

表1 仕様

分類	項目	仕様
システム	メインCPU	68000
	画像処理プロセッサ	非ノイマン型データフロープロセッサ
	処理対象画素数	256(H)×240(V)
	画像メモリ	多値4面+2値4面
	システムソフト	VICS
	開発用端末装置	PC9801
ビデオインターフェイス	TVカメラ	外部同期式ITV
	濃淡値分解能	256レベル
	接続カメラ数	4台(切替式)
	モニターTV出力	NTSC準拠(白黒)
画像処理	濃淡画像処理	マスク演算、画像間演算、マッチング、濃度変換、2値化
	2値画像処理	膨張、収縮、穴ウメ細線化、輪郭追跡
	特徴抽出	面積、周囲長、1次2次モーメント
	その他	Hough変換、線検出
その他	外形(mm)	350×280
	電源	+5V 4A, ±12V 1A

(3) 特徴

以下に本装置の特徴を記す。

- (一)高速処理 : 0.1秒程度で基本処理を実行。
- (二)濃淡画像処理: 周囲の明るさの変動に強い。
- (三)独自の画像処理: 高速なHough変換、パターンマッチング手法の内蔵、マッチング手法の実現と、用途に合せた新しい画像処理手法の追加が可能

3. 画像処理のプロセスと本装置の機能

図2に画像処理のプロセスを示す。

以下に各プロセスに対応する本装置の機能について説明する。

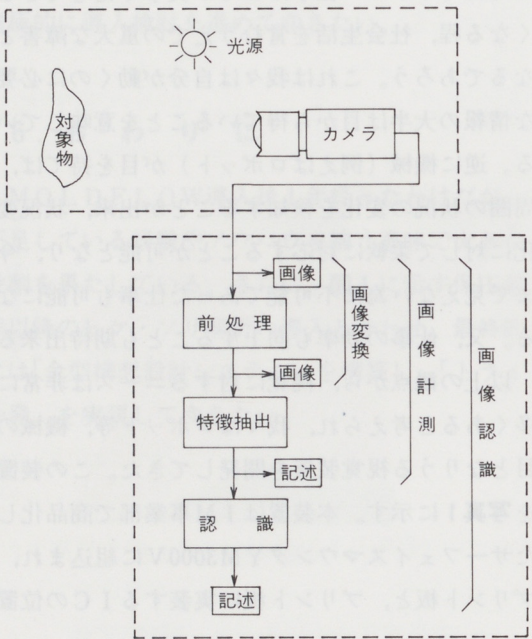


図2 画像処理プロセス

(1)画像入力環境と画像の座標

画像の入力環境は図3に示す様に、対象物に光を照射し、その反射光を撮像する方法(a)と、発光源とTVカメラの間に物体を置き、物体で光を遮ぎり、影絵をTVカメラで撮像する方法(b)がある。画像の入力環境は用途に応じて使い分ける必要が

あり、画像の入力環境をどの様に設定するかで、画像処理が安定に行なえるかどうかが決まる程、重要な部分である。

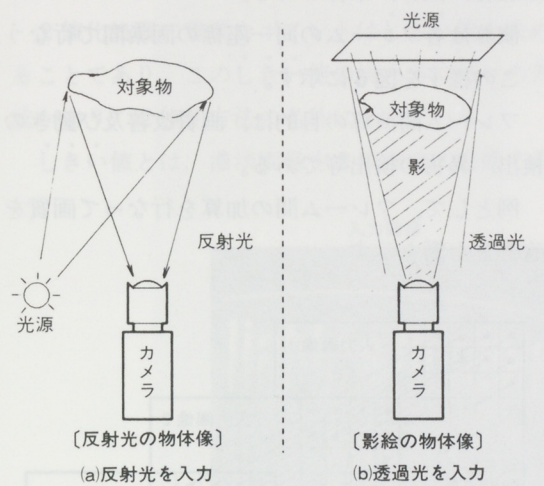


図3 画像入力環境

物体像はレンズでTVカメラの撮像素子の受光面に結像され、その受光面の明暗が電気信号に変換され、撮像素子から出力される。

撮像素子の受光面は一般のTVカメラでは2次元の平面であり、そこに結像された像も2次元である。

ここで画像の座標として、受光面に2次元の直交座標系（x，y座標系）を設定すると、物体の大きさ、位置等を数値で表すことができる。

受光面の座標は連続であるが、デジタル画像処理を行なう場合、座標をデジタル値(離散的な値)で表わす必要があり、横方向（x軸）をm分割、縦方向（y軸）をn分割して、各々に0から始まる整数値を与え、これを画像の座標値としている。

この様子を図4に示す。分割した最小単位を画素（PIXEL）と呼び、画素が持っている情報は明るさである。

本装置では、横256、縦240画素を処理対象としている。

又、画素はその座標の明るさを表わしているが、本装置では、明るさの最小(黒)～最大(白)までを

256段階に分割（アナログ→デジタル変換）しており、濃淡画像処理を可能にしている。

なお、濃淡画像とは、明るさを多値で表わし、これに対し、明るさを白と黒の2値で表わしたものを2値画像と呼ぶ。

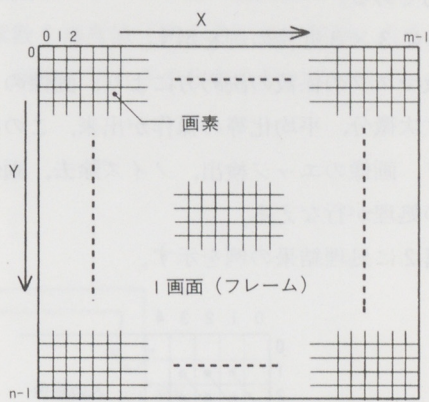


図4 画像の座標

(2) 前処理

入力された画像に対し、演算処理を行ない、処理結果も画像である処理を一般に前処理と呼んでおり、画質改善や画像強調、2値化等の処理を行なう。本装置の前処理機能を表2に示す。

前処理の特徴は、演算を画素毎に行なう為、演算回数が非常に多く、処理に時間がかかる。

例えば、本装置の処理対象画素数は、1画面で256×240＝61440画素となり、少なくとも61440回の数値演算が必要となる。

このため、前処理を行なう為には非常に高速に動作する演算回路が必要であり、画像処理装置の性能を決定する要素にもなっている。

表2 前処理機能

濃淡処理	画像間演算	加算, 減算, 乗算, 反転
	画素間演算	3×3 マスク演算
	2 値 化	判別分析法, Pタイル法 固定(マニュアル)2値化
2 値処理	画像間演算	論理和, 論理積, 反転
	形状的操作	膨張, 収縮, 細線化

前処理の代表的な機能を以下に示す。

(一) マスク演算

この演算は、ある座標を中心とした、近傍の画素に係数を乗算し、その総和をとる操作である。

近傍の大きさとしては 3×3 又は 5×5 程度が一般的である。

図5に 3×3 近傍の例を示す。

係数マスクの係数の決め方により、画像の1次、及び2次微分、平均化等の操作が出来、この操作により、画像のエッジ検出、ノイズ除去、画像強調等の処理が行なえる。

写真2に処理結果の例を示す。

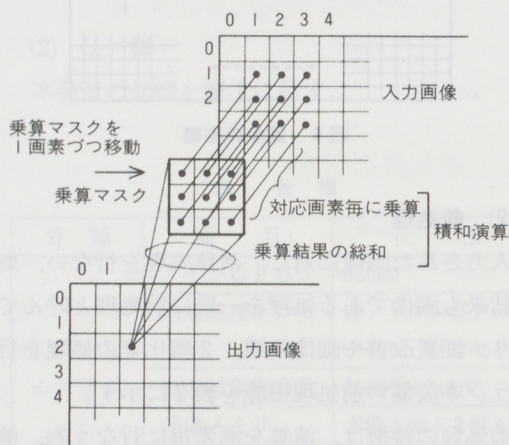


図5 マスク演算

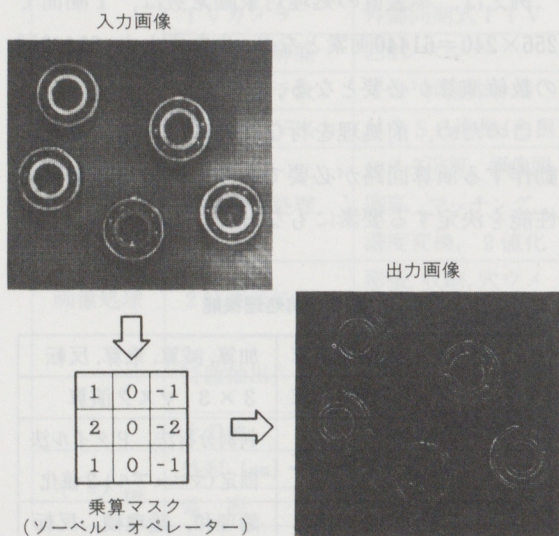


写真2 マスク演算結果

(二) 画像間演算 (フレーム演算)

1枚の画像をフレームと呼び、複数のフレームを使つての演算を行なう操作であり、演算としては加算、減算、乗算がある。

演算は各フレームの同一座標の画素間で行なう。この様子を図6に示す。

フレーム間演算の目的は、画質改善及び動きの検出、異物の検出等である。

例として、フレーム間の加算を行なって画質を改善した例を示す。

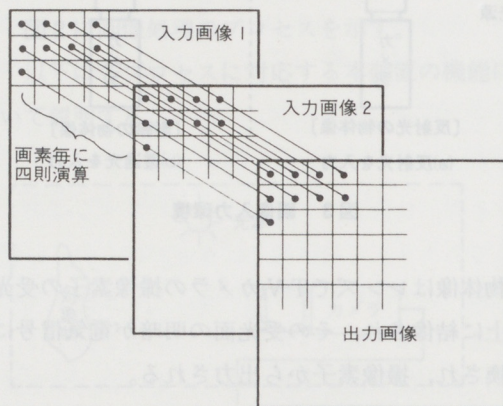


図6 フレーム演算

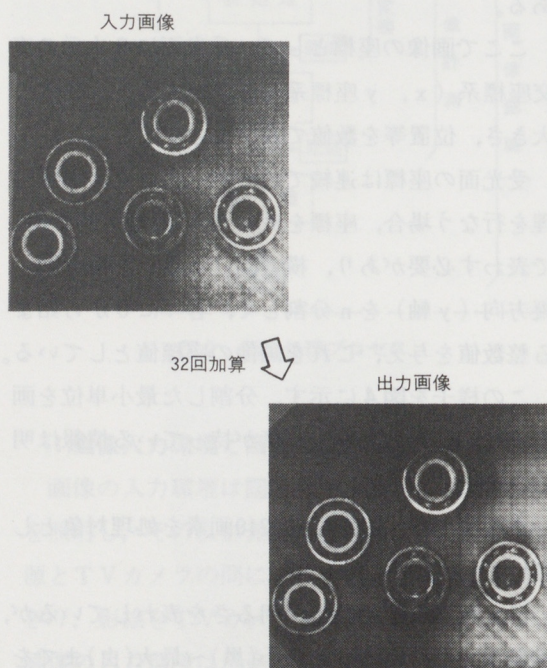


写真3 フレーム加算結果

(三) 2 値化

2 値化は濃淡画像を 2 値画像に変換する操作であり、注目している物体を抽出するための重要な処理である。

2 値化処理の重要なポイントはしきい値を決めることであり、このしきい値の決め方に種々の方法があり、2 値化方法の名称になっている。

しきい値とは、濃淡画像を 2 値画像に変換する

とき、濃淡画像において、ある明るさ以上を白、それ以下を黒と分類する境界の明るさを表わす値である。この様子を図 7 に示す。

2 値化処理において、しきい値を濃度ヒストグラムを用いて決定する方法がよく用いられている。

濃度ヒストグラムは、濃淡画像 1 フレーム内の画素数を濃度値（明るさ）毎に集計したものであり、画像の明るさの分布を示している。

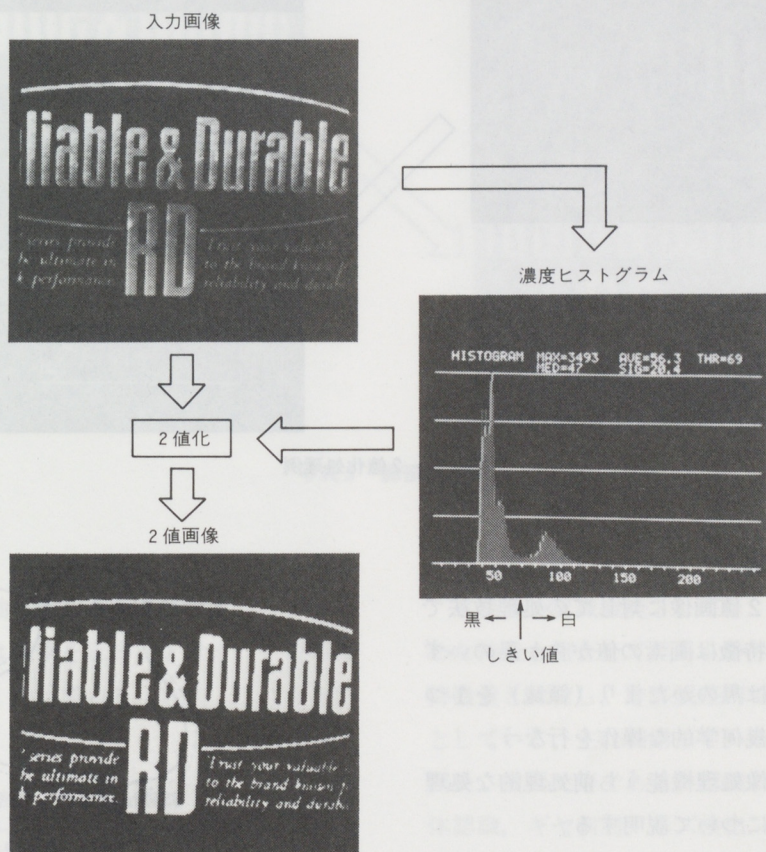


図 7 2 値化処理概念図

本装置では、単純な 2 値化以外に、P タイル法、判別分析法という 2 値化テクニックを用いた自動 2 値化機能を持っており、2 値化が難しい画像でも安定に 2 値化することが可能であり、照明変動にも自動的に追従することが出来る。

上記の自動 2 値化機能はいつでも濃度ヒストグラムから自動的にしきい値を決定しており、P タイル法は抽出する図形、物体等の面積が既知であ

れば、濃度ヒストグラムのある濃度値以上の画素数の総和が面積と等しくなる様にしきい値を決定する。又、判別分析法は統計的な処理によってしきい値を決定する手法であり、クラス間分散とクラス内分散の比が最大となる様にしきい値を決めている。クラスとは白又は黒の集合を言う。

写真 4 に処理結果の例を示す。

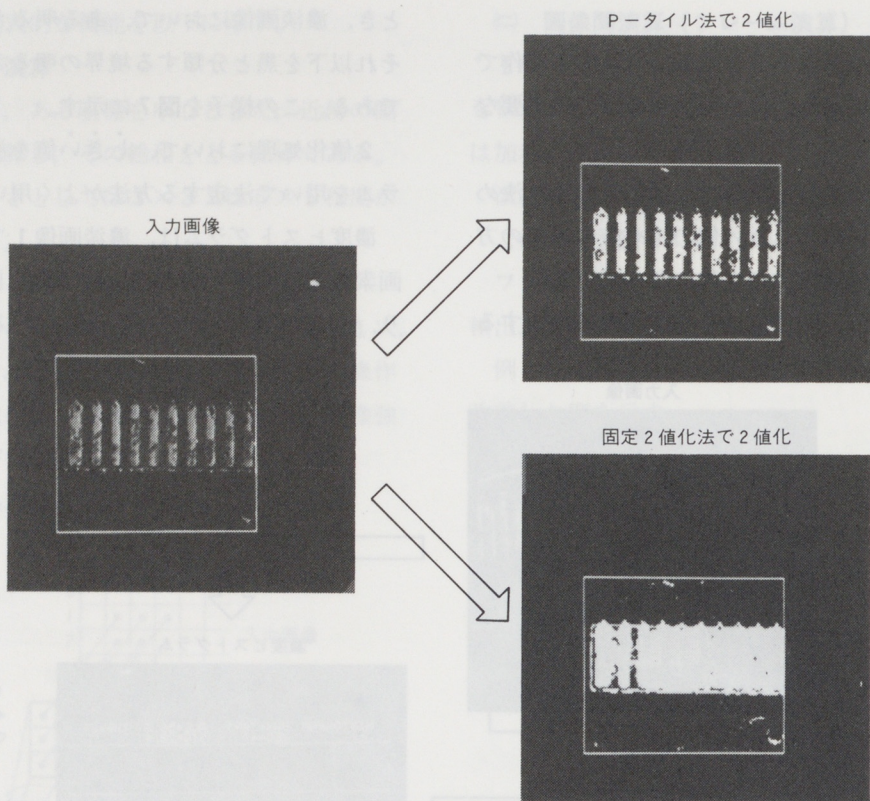


写真4 2値化処理例

(四) 2値画像処理

2値画像処理は2値画像に対しての処理技法である。2値画像の特徴は画素の値が白か黒のいずれかであり、白又は黒のかたまり（領域）を1つの図形とみなして幾何学的な操作を行なう。

本装置の2値画像処理機能うち前処理的な処理である膨張と収縮について説明する。

膨張は図形の周辺の画素を1画素分太める操作であり、図形中の不要な穴、カケ等をうめることができる。収縮は図形の周辺の画素を1画素分痩せさせる操作であり、図形から出ている不要なヒゲ、孤立した小さな点を除去することができる。

膨張と収縮は組合せて使用されることもあり、画像中の不要な部分を除去し、図形を整形する効果がある。膨張と収縮の例を図8と写真5に示す。

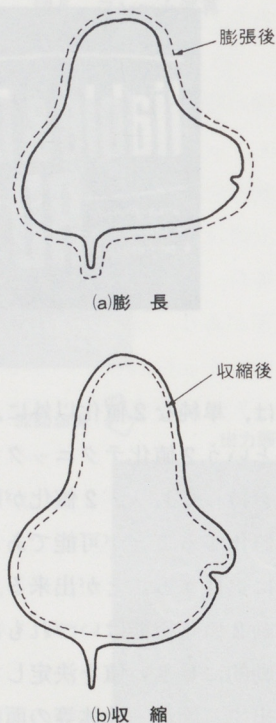


図8 膨張と収縮

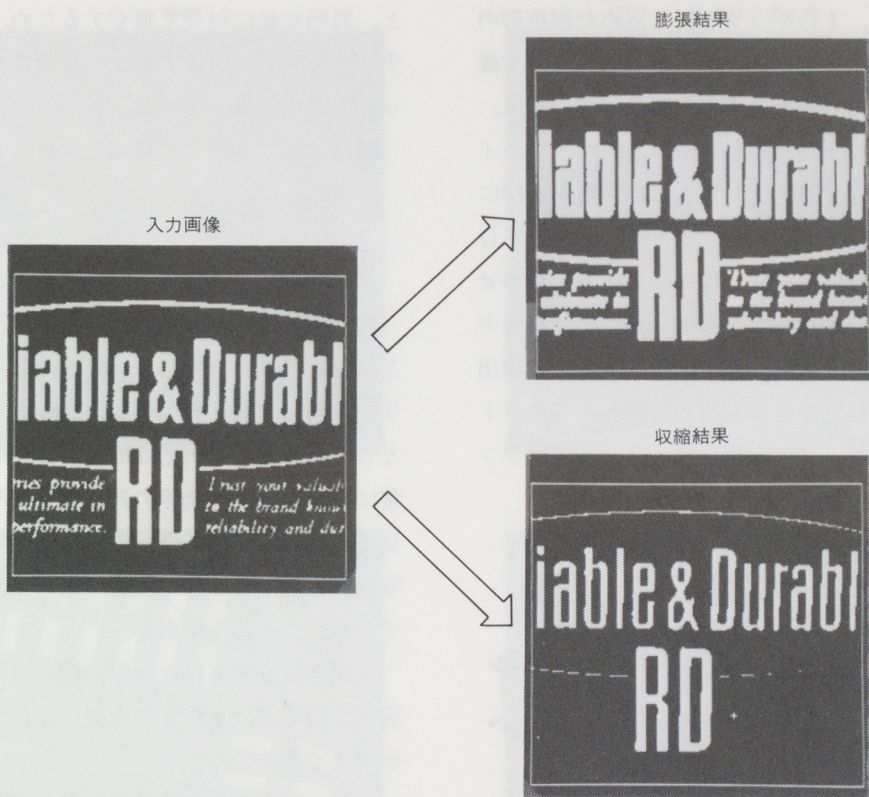


写真 5 膨張と収縮

(3) 特徴抽出

本装置の特徴抽出機能を表 3 に示す。

長さ及び面積は画素を正方形と考え、1 辺の長さを 1、面積も 1 としている。

表 3 特徴抽出機能

モーメント 特 徴	0 次モーメント (面積)
	1 次モーメント (x, y)
	2 次モーメント (x^2, y^2)
	重 心 (1 次モーメント ÷ 面積)
	主軸方向 (0 次 ~ 2 次モーメントから計算)
他の特徴	周囲長
	周囲長と面積の比
	円らしさ (面積) / (周囲長) ²
	射 影 (x 軸, y 軸へ, 主軸方向)

(4) 認 識

本装置の認識機能としては、(3)の特徴抽出で求めた特徴を組合せて、あらかじめ設定した物体の特徴量と比較し、許容誤差内であれば、その物体としている。主に利用している特徴は、面積、周囲長、横縦比等である。認識の応用としては、物体認識、ギヤ判別、キズ検出、溶接線の計測等が考えられる。

4. 応用例

本装置の応用例として、QFP (フラットパッケージ IC) の位置決め、及びベアリングの認識について述べる。

(1) QFP の位置決め

QFP とは Quad Flat Package の略で、図 9

に示すように、ICチップを封じ込めた四角形のプラスチックケースの各辺から接続用のリード線の足が多数出ているものである。足のピッチは、0.8mm、0.65mm、0.5mmのものがあり、サーフェスマウンタでQFPをプリント板に装着する時にプリント板のQFPの足を受けるパターンと、QFPの足の相対位置を50 μ m程度の正確さで合わせる必要がある。相対的な位置ズレとして、縦横方向の平行移動分と回転があり、本装置は足の検出と、直交する特定の足の交点の座標と、プリント板の基準位置マークの座標をサーフェスマウンタに出力している。

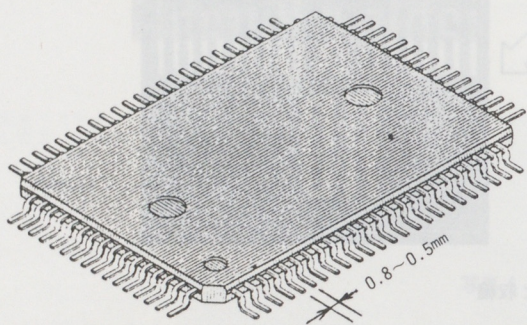


図9 QFP外形図

本装置では、足の検出にHough変換という直線検出手法を用い、画像中の全ての足の情報を利用して足の傾きと、位置の検出精度を上げている。

図10に動作のフローチャートと各ステップでの処理の写真を示す。

(2) ベアリングの認識

ベアリングの認識方法として、本装置では、パターンマッチング手法を用いている。パターンマッチングの欠点として、対象物が正規の状態から回転していると、マッチングしなくなるということがある。しかし、ベアリングは円であるため、回転があっても影響しないという特徴があり、パターンマッチングを適用できる。

また、パターンマッチングを高速で行なうこと

と、照明変動に対して強くするため、入力画像とテンプレート画像はアダマール変換をした後にマッチングを行なっている。

図11にベアリングの認識のフローを示す。

5. おわりに

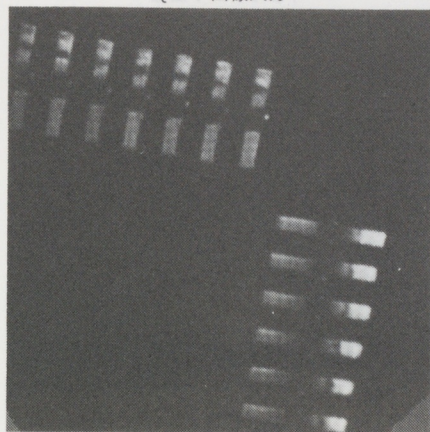
現時点における画像処理の応用状況をながめると、特定用途の限られた部分への応用が大半であり、人間の目の代りというよりも、人間が不得意としている分野（例えば面積、長さ等の計測、非常に細かな図形、物等の計測等）、あるいは人間が見てよく解る様な画像への変換（人工衛星からの写真の処理、CT等の医療用機器等）が応用されている主なところである。

人間と競合する様な分野、例えば物の認識、判別等での能力はまだ人間には遠く及ばないのが現状である。

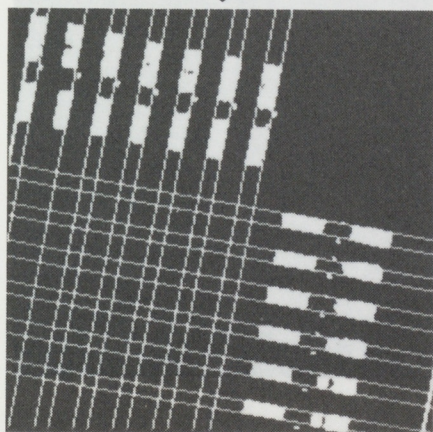
また、画像の入力手段として、現状ではテレビカメラ等の2次元空間を取扱うものの他に、距離を加えた3次元空間を取扱える3次元センサーも要望されており、3次元空間での処理が可能になれば更に応用分野の拡大が期待出来る。

我々も新しい画像処理及び認識手法の研究・開発を推進し、より高性能な視覚装置を開発し、機械の応用分野の拡大及び高効率化、新商品の高付加価値化に貢献できる様に努力していきたい。

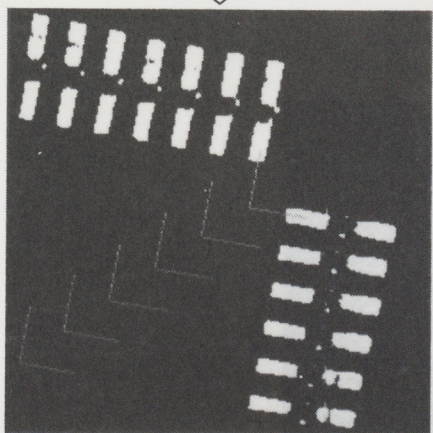
Q F P 画像入力



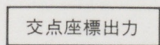
Hough 変換直線検出



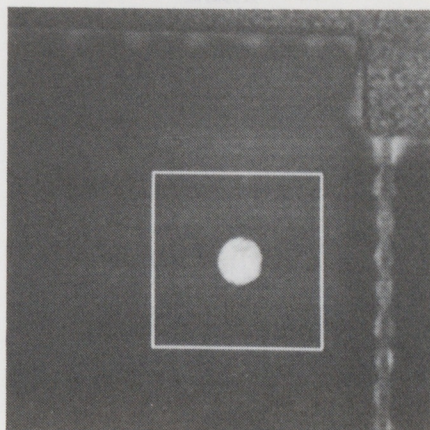
交点検出



交点座標出力



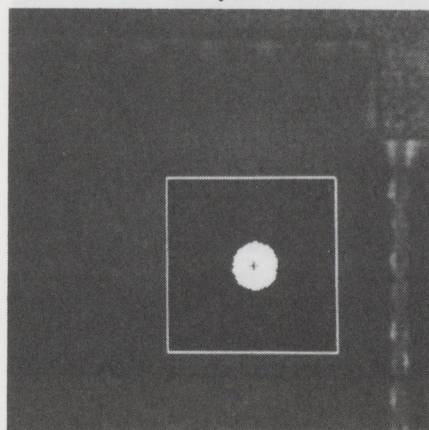
プリント板合マーク入力



2 値化
(P-タイル法)



重心検出



合マーク
座標出力

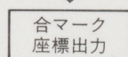


図10 QFP位置決めフロー

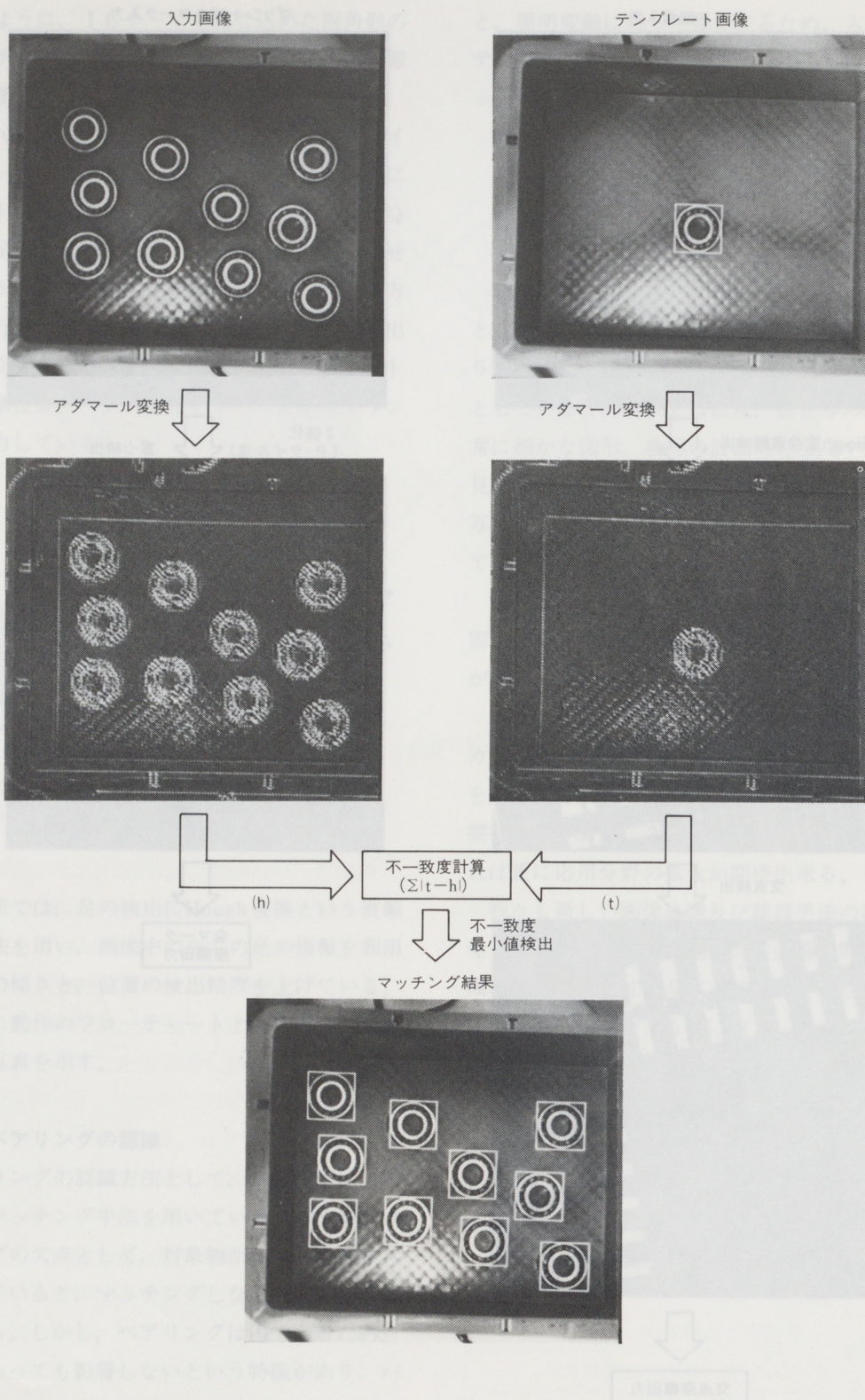


図11 ベアリング認識フロー

ヤマハ技術会 技報 第8号

平成元年9月27日 印刷

平成元年9月29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

7月発行予定が9月になってしまいましたが、表紙は1989-7
とさせて頂きました。

