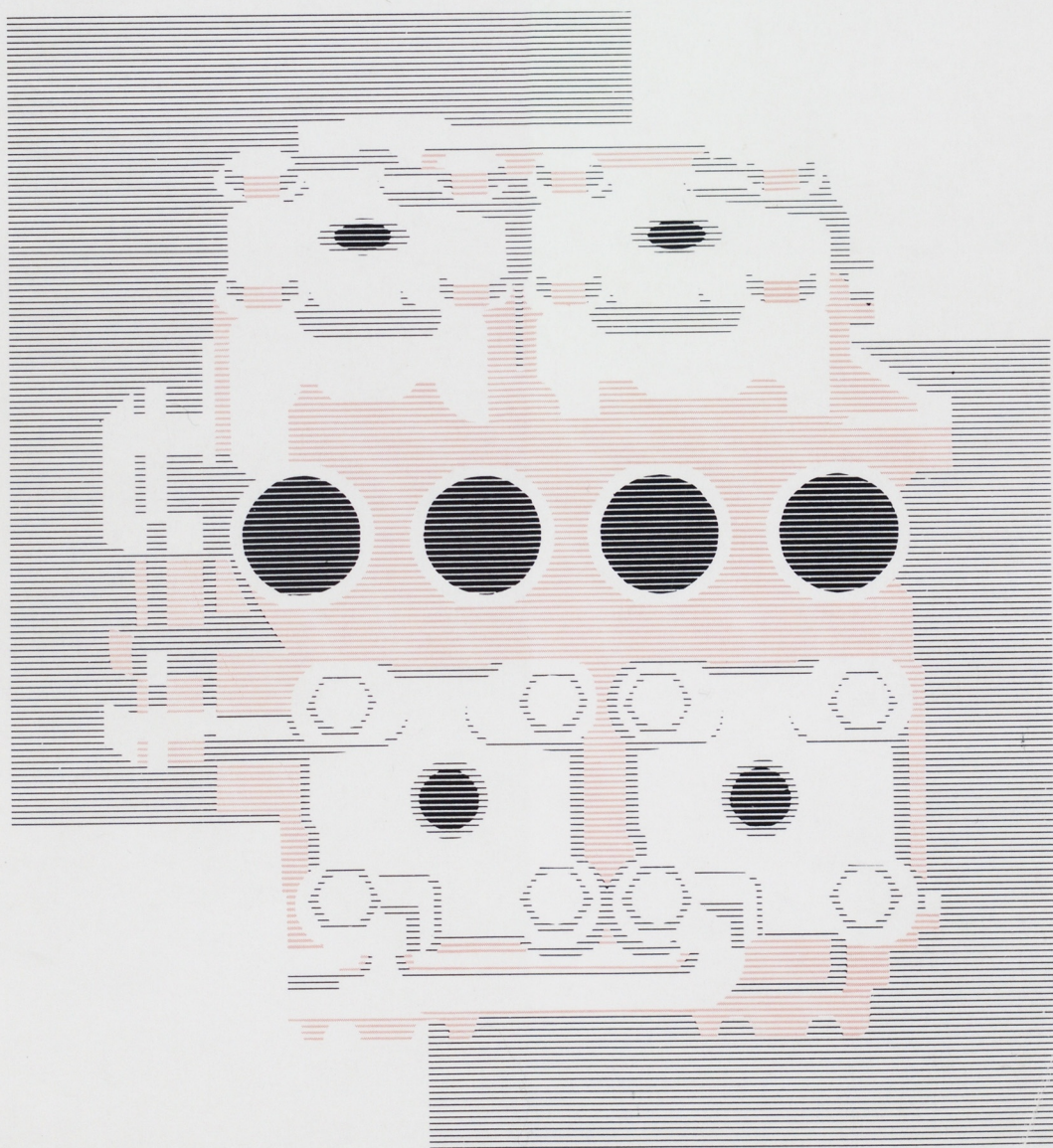


ヤマハ技術会 技報

No.1

1985・12

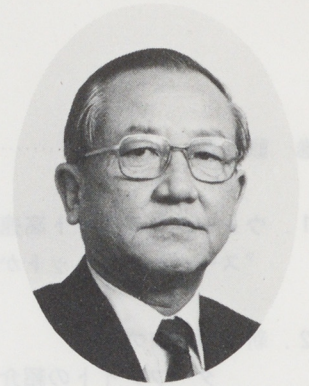


ヤマハ技術会専用

目 次

巻 頭 言	ヤマハ技術会会長	執印智司
1. ウォータージェット高速旅客船 “スーパー・ジェットかすみ”について	ヤマハ蒲郡製造(株)	菅沢 実……………1
2. 新型ゴルフカー ターフメイトの紹介	特機技術部	山科謙一……………17
3. LDVによる二サイクルエンジン内 流通測定 —84年日本機械学会賞受賞—	研究部	松尾典孝……………31
4. 人力飛行機	研究部 堀内研究室	鈴木弘人……………41 鈴木正人
5. 材料技術における最近の話題(I)	研究部	山県 裕……………47
6. 会社紹介(1) 三信工業(株)製造部	三信工業(株)	大石俊次……………53

巻 頭 言



ヤマハ技術会 会長

執 印 智 司

現代は技術革新の時代であり、ヤマハグループに働く我々も、その潮流の中に否応なく身を委ねている訳です。このような時代、先輩諸氏が築きあげられてきた技術を土台に、エレクトロニクス、新材料等の新技術を積み上げることにより、高品質で人間の感性の機微に触れる独創的な商品を出し続けてゆくことが、我々、ヤマハグループの使命だと思います。

人間の感性というものは時代と共に変化していくもので、この感性を高度に満足させるということは非常に難しいことです。それには巾広い知識に支えられた広い視野と人間に対する深い関心が必要です。また、これらがなければ我々自身の感性を磨くこともできないと思います。

幸い、ヤマハグループは、モーターサイクルを中心に、マリン・自動車エンジン・特機等巾広い商品を持ち、そのマーケットも広く、技術も多岐にわたっております。色々な知識と経験を持った人々が沢山いるわけで、その人々の経験や知識は、我々のすばらしいKnow-Howであり、財産でもあります。

技術に関心のある人々の集まりである「ヤマハ技術会」が、その中で知識の向上と親睦を図り、会員相互の研鑽や他社との交流を通じて、時代の変化を先取りしたヤマハらしい技術の発展の礎となるよう機能すれば、すばらしいものであり、また、そうしたいと思っております。

会員の皆様の御協力と御支援をよろしくお願い致します。

ウォータージェット高速旅客船 "スーパー・ジェットかすみ" について



ヤマハ蒲郡製造株式会社設計課
菅 沢 実

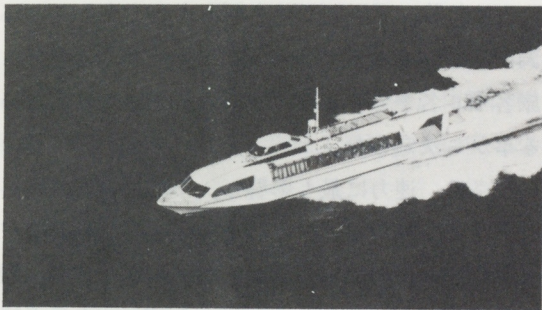


写真1

1. ま え が き

本船は、筑波EXPO'85の開催期間中、茨城県土浦市と潮来町を結ぶ、霞ヶ浦の定期旅客船として、昨年8月霞ヶ浦ジェットライン(株)より発注され、当社に於いて設計建造し、本年2月20日引渡しを終えた。

その後、現地でのトレーニングを積み、科学博の開催日3月17日より営業運航を開始し、多くの人々の好評を得ている。

霞ヶ浦ジェットライン(株)は、土浦市と潮来町を母体とする第三セクターの会社であり、この科学博を機会に霞ヶ浦を主体とした広域観光の振興と、万博協賛事業として輸送手段の拡充の目的で設立された。

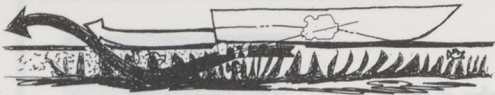
霞ヶ浦は、国内で2番目に大きな淡水湖であり、昔は“わかさぎ”を採る帆曳船だとか、予科連の航空隊跡だとか、南へ行くと“あやめ”で有名な水郷潮来があり、10年程以前には定期航路の観光

船が就航していた。それが近年、周辺に筑波研究学園都市、成田の東京国際空港および鹿島臨海工業地帯が出現し、都市化が進み観光地としての魅力が無くなってきた。そこで科学博を機会に、多くの人達に霞ヶ浦を見直してもらおうとした。また、科学博には2000万人の人々の入場が、予測されており常盤線で万博中央駅、そして万博へというメインのコースに加え、帰りは土浦へ出て本船に乗り、湖上遊覧を楽しみながら潮来へ行き、鹿島線、また、その逆のコースを用意することで、交通量偏重の緩和を計ると共に、東京国際空港からは、東関東自動車道によって、潮来へ出るコースが最も速く、約15万人の人々の交通機関として利用されるべく、本船による定期航路を再開した。

霞ヶ浦は、水深が浅く、湖底にはヘドロが、堆積している。さらに、水面下約70センチメートル迄、水藻が生えている。その為に、スクリュー・プロペラの船では、吃水を最小限にしたところで、約1.2メートルになり走れない。また、走れたとしても、図-1のようにエンジンを据付ける関係から、プロペラ軸が傾斜しており、その後流が湖底に当たり、ヘドロを巻き上げてしまい、また、船尾から出る引波みも大きくなり、環境や漁業資源に非常に悪い影響を与える。

また、背景には、筑波EXPO'85は、科学博ということから未来感覚の溢れる、相応しい乗り物でなければならないとして、当初、ホバー・クラ

(プロペラ船のプロペラ後流及び造波の形)



(ウォータージェット船のジェット噴流及び造波の形)

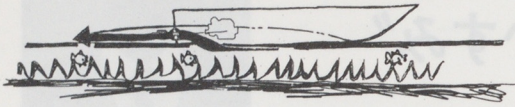


図1

フトが検討されていた。

それは、約3年前の事であり、丁度その時期に、沖縄県の石垣島と西表島を結ぶ、150人乗りのウォータージェット定期高速旅客船（とろびかる・くい〜ん）を、国内で始めて開発し、専門誌に発表した。その記事を、土浦市のプロジェクトチームの方が御覧になり、引き合いが始まり、そして次の理由から急転直下ウォーター・ジェット推進による、当社のプランが採用された。

まず、イニシャル・コスト、およびランニング・コストが、約 $\frac{1}{3}$ で済む。旅客の輸送能力が、3倍であること。ホーバーの様に専用の、上陸用スロープや格納庫が不要であること等の経済的な事柄、および、ウォーター・ジェットの機構は、単純でエンジンは、ディーゼルだから整備性に勝る。騒音が低い、またFRPであるから、形状の自由度が大で、暫新で美しいスタイルを実現出来る。ホーバーは、水しぶきの為に航走中は、ほとんど景色が見られなく観光には不向きである等、性能上の理由の双方からであった。

そして、科学博という晴れの舞台に参加出来る技術者冥利に尽きる。国内最大・最高の性能を持つ、FRPウォーター・ジェット高速旅客船の開発を、当社が引受けることになった。そして、その完成を見たもので、ここに紹介する。

2. 開発概要

開発の主眼は、以下の通りである。

(イ) 吃水が、70センチメートル以下であること。

(ロ) 常備状態において、27ノット以上の速力を出すこと。

(ハ) 保針性を良くすること。

(ホ) お客を沢山乗せられること。

(ヘ) 科学技術博覧会に相応しい、暫新で未来的なデザインであること。

主要寸法は、霞ヶ浦へ本船を納入するためには蒲郡から太平洋を銚子迄で航海し、さらに利根川を逆登り、霞ヶ浦に出るのであるが、途中で水門がある。その通過する限度および、建造予算の関係。その他、半滑走艇として抵抗性能上有利なることは勿論、風圧側面積を極力小さくすること、表面積を抑え重量上有利になる様配慮すると共に、旅客150名をできるだけ多くの椅子席に収容させる事から決定した。

長さは、速力に最も影響し、また重量との関係も大きく、航洋性、乗り心地等にもかなり影響が大きいから、出来る限り長く26メートルとし、船尾のオーバーハングを2.0メートル取り、全長を28メートルとした。

オーバーハングは、ウォーター・ジェットを、外部損傷から保護し、且つデッキ上への、噴流および排気の巻き込み、排気音等を防ぐ目的で設けた。

幅は、長さ重量の関係から抵抗上最適となる様に、また2人席が3列取れる最小寸法として、水線幅を4.6メートル、型幅を5.0メートルとした。

深さは、外洋航行も可能なる様、船首フリーボードを確保することと、エンジンが完全に甲板下に納まること、および客室の床と窓高さの関連から、最適の寸法となる様計画した。

次に、速力の設定であるが、人が狭まり乗り物の中で、それほど退屈しないですごせる時間は、60分未満である。それ以上になると、お客の為の設備が、種々必要となって来る。そして更に船が大きくなり、大きなエンジンが必要となって、船価が高くなってしまふ。客船にとって、この設定が最も難しい点である。採算効率が良く、さらにお客様を満足させなければならぬ。数々の試算

を繰返し、本船の航路37キロ・メートルを、乗員100名、燃料および清水が2/3の常備状態に於いて50分で走れるよう、27ノットに決定し優良船型の開発と、徹底的に重量軽減を行い、さらに推進効率の高いウォーター・ジェットを搭載することによって達成する事とした。

ウォーター・ジェットの普及を防げている大きな問題点の一つとして、保針性の悪さがある。それを解決する為に、船尾船底に水中側面積の約7パーセントのスケグを設け、またジェットのデфлекター・ノズルを、各々独立でコントロール出来るようにした。

乗り心地は、乗り物に取って第1番に優先されるべき点であって、これは視覚、聴覚、体感、精神等で感じ、酔わない、快適、爽快および安心などと表現される。

船酔いしない為には、ローリングを少なくする様、重心を下げ、且つV角度の浅いオメガ船型とすると共に、客室を開放的で明るい居住空間とした。

また、快適にするため、騒音振動を低く抑え、且つ適度の柔らかさを持つ、ゆったりとした椅子、そして安らぎを与える色彩を持つ、インテリア、および高速艇特有の波に当たる衝撃の緩和を狙った。

爽快感は、スピードが大きな要素であり、実質スピードの確保は勿論であるが、他に、なるべく乗客の目線の位置を水面上の高さに近づける様、床の高さを考慮した。

安心感には、特に旋回時のオーバーヒールを抑え、且つ、適度の横スベリを生ぜしめ、遠心力と重力が釣り合う定常旋回となる様考慮すると共に、床下を4個の水密区画に分け、レベルフローテーションの確保を行なった。また、転覆しても起き上がる、360度の復原力を持たせた。

船の真上から見た型は、普通砲弾型をしているが、本船は、船首を絞らず、床面積を広く取り沢山のお客を乗せられる様考慮し、且つ岸壁にピツ

タリ横付けが出来、乗客の乗降をスムーズに行なえる様にした。

次に、外観のデザインは、浅吃水船の宿命である、リーウェイを小さくする為に極力低いプロポーションにすること、および重量を軽くすることから玉子型断面とし、且つ空力抵抗の少ない機能重視の型を追求した。また、事前に霞ヶ浦に出掛け、湖上および陸上から航路を調査した所、周辺の景色は、山が無く単調であり、湖水の水は、緑色に染まり、お世辞にも周辺環境が良いとは言えない状況であった。八重山の海を走る“とろびかる・くい〜ん”の場合は、世界有数の珊瑚礁があり、自然環境が商品で、船は、人々を自然の中へ運ぶ道具であれば良かったのだが、今回は、船自体を、商品にしなければ集客出来無い。したがって、多少のデコレーションを盛り込んだり、カラーリングを派手にしたりした。

以上の様な開発の主眼に留意して、船型を決定した。

吃水を70センチメートル以下にするためチェーンを下げ、デッドライズアングルの小さい、オメガセクションのモノヘドロンV型とし、トランソムで5度の割合いと、フラットな船型とした。その結果、船底衝撃上は不利となるので、波高1.0メートルの時に波に当たる船首から、全長の $\frac{1}{3}$ 迄の範囲を、ハイチェーンとして、細く鋭いV型セクションとした。

船首Vを細くすると、バトックラインが、流線に対して立ってきて、波さばき上不利になり、また、予備浮力が小さくなる。

ウォーター・ジェット推進の場合には、スラストラインが高くなり、どうしても船首突込みとなりブローチングを引き起し易くなるので、その解決策として、また、前述した(ホ)の理由から、船首でチェーン幅を絞らずに、そのままシャーラインまで立上げて、キールからチェーンまでの高さ、および、センターラインからの幅を充分に取り、大きなコーンケープセクションとし、さらにステ

ムラインを充分寝かせた。



写真 2

船底をフラットにして、且つモノヘドロンとすることは、滑走性能の向上とセクションのネジレが無いから、ウォーター・ジェットのインテークロスの少ない船型として有利になるが、保針性上は不利になる。そこで、抵抗的にはマイナスであるが、(ハ)のスケグを設けた。

線図を、この様な考えを基に作成し、その後、本船の所用馬力、重量および重心の影響、スプレーの状況を見る為に、 $\frac{1}{20}$ の模型を作成し、新居工場にある水槽に於いて、曳航テストを行なった。

排水量は、5状態、重心位置は、船首から水線長の55、60、65%の3状態について行なった。速力の推定は、この水槽試験の抵抗結果を“とろびかる・くい～ん”の実績で修正したものに、ウォーター・ジェットのダイナミックスラストカーブを載せて行なった。各船型要素は、試運転解析のデータを使用した。

最適重心の前後位置は、65%であった。ドライネスおよび、トリムの状況は、狙いどおり良好であった。(写真2)参照

また、ハンプから滑走までのトリム変化も極くわずかであり、非常にスムーズであった。

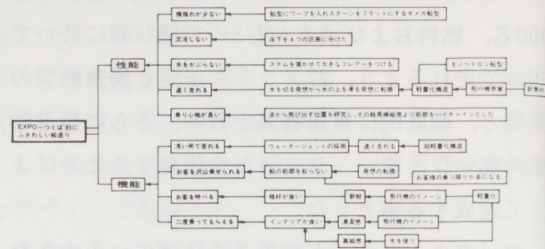


表 1 スーパージェット“かすみ”の開発上の狙い

3. ウォーター・ジェットの特徵

本船のウォーター・ジェットは、スウェーデンのKAMEWA製である。その要目を表2に示す。

型 式	KAMEWA WATER JET 40S62/6
ポンプ型式	斜流ポンプ
インペラー直径	φ 550
ノズル直径	φ 250
ブレード数	1段エンペラ, 6枚
連続最大出力	700PS
ポンプ回転数	1382RPM
推力減少係数	約3%
総重量	430kg

表 2 ウォータージェット要目

ウォーター・ジェットは、船底に設けた穴から水を吸い上げて船内の水路に導き、ポンプによってトランソムに設けられた噴射口より水を噴射してその反力で前へ進む方式であり、その概略を図2に示す。そしてこの方式は、1839年にパテント化され、実用一番船は約120年前の1866年に進水したロイヤルネイビーの“HMS・WATER WITCH”である。それが今日迄、それほど普及していないのは、推進効率の低さと、保針性能の問題からだと思う。その長所、および短所を表3に示す。

当社に於いては、約12年程以前からウォーター・ジェットの搭載を始め、一時は、ジェットの製造も行ない、ヤマハ・マリンジェットとして、量産

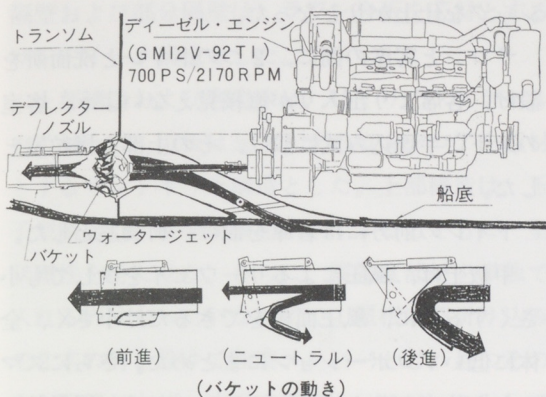


図2 ウォーター・ジェットシステム

〔長所〕

- (イ) 船底突起物が船底になく、付加物抵抗が少ない。
- (ロ) 浅瀬や網など障害物のある水面でも安全に航行することが出来る。
- (ハ) 船の速度と無関係にジェットの全力運転を行い、施回、緊急停止などが出来るので、操船性が良い。
- (ニ) 振動が少い。
- (ホ) スラストラインが高くなるので、船型的に配慮すれば、船底衝撃の少ない船が出来る。
- (ヘ) 排水量の増加および波浪による負荷変動が、直接主機の負担とならないので、主機の耐久性上有利。
- (ト) 主機を後方に設置出来るので、船内有効スペースが大きく取れる。

〔短所〕

- (イ) 推進効率が低い。
- (ロ) 保針性能が悪い。
- (ハ) コストが高い。
- (ニ) ゴミ等海面浮遊物に弱い。

表3 ウォーター・ジェット推進の長所及び短所

していたが、前記の短所が充分解決されなかったから、市場が伸びず、現在は中止されている。現在生産されているのは、ヤマハ蒲郡に於いて、海上保安庁向けの高速警備救難艇のみで、ハミルトンのウォーター・ジェットを搭載している。保針性の問題は、フィンを装着して解決しているが、推進効率は48%と低い。それでもウォーター・ジェットを採用しているのは、浅海域迄走れること、および落水者を救助する場合、スクリュープロペラでは、人体を傷つける恐れがある為である。したがって、ウォーター・ジェットでなければならない

場合で、現在の市場規模は非常に狭ま。理論的には、スクリュープロペラの場合高速になればなるほど、プロペラや舵等水中に突き出ている附加物の抵抗が、2次的に増加するが逆にウォーター・ジェットの場合は、インテークダクトによる、滑走面の減少だけの問題で有利になる、その逆転する速力は、約35ノットと言われている。したがって、船の高速化に対する市場の要求が大幅に高まっている現状を見ると、流木等海上浮遊物に対する安全の面からも、近い将来には必ず脚光をあびて来ると考える。

3. 主要要目

本船の主要要目は、次の通りである。

全長	28.0m
水線長	23.7m
型幅	5.0m
吃水(完成常備状態)	0.642m
排水量()	39.204 t
総トン数	52トン
速力(試運転最大)	32.5Kn
(巡航)	27Kn
定員	船員 4名
	旅客 150名
	合計 154名
主機関	GM12V92TI高速ディーゼル機関 700PS/2170RPM 2基
推進装置	KAMEWAウォーター・ジェット 4DS62/6型 2基
FOT容量	3000 l
資格	JG平水旅客船
船型	モノヘドロンV型
船質	FRP

4. 船体部

4-1 一般配置図

本船の一般配置は、図-3の通りである。

上甲板下を4枚の水密隔壁、および部分隔壁により、船首倉庫、前部甲板下倉庫、中央甲板下倉庫、および機関室の4区画とした。各タンク類、冷房機等は全て甲板下に設けた。

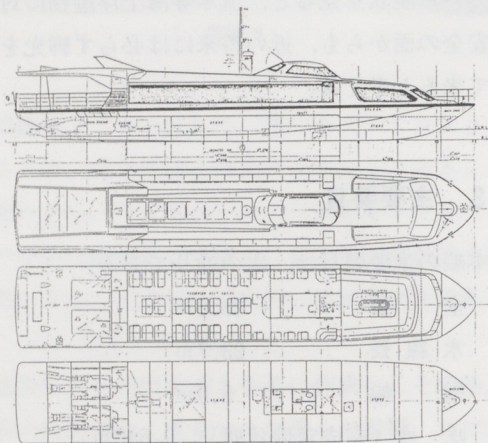


図3

上甲板上および床上には、船首から定員35名のサロン、定員60名の客室、後部甲板上に12名分の椅子と43名分の立席スペースを設けた。

客席の床は、操縦席の視界の関係からサロンで1段落し、仕切り壁を設け、その他はワンフロアとした。高い天井と窓を広く取り、そして背当を低く抑えた椅子の相乗効果で開放的で明るく、且つ実際の容積よりも広く感じる居住空間を与えた。

次に配置上注意をしたのは、窓の高さであった。座って直下に水面が見られる様に、また筑波山や霞ヶ浦の周辺の景色が充分見て堪能できるよう、床面から窓下面までの高さを椅子の肘掛けまでとし、そこから上方1.0メートルまでを窓開口とした。窓の面積が大きくなり、且つ一部天井まで掛るので、直射日光および、冷房の能力が余計に必要となるが、窓をスカイ・ブルーの熱線吸収にして解決した。この事は、外観のイメージに与える影響も大きく、スカイブルーの窓が並び、非常に

シックな仕上がりとなった。

サロンと客席の間に、2つのトイレと洗面所を設け、客席より出入りが直接見えないよう、客室の床下に半埋込み式に設け、その上部を操舵室とした。

トイレの前方には倉庫を設け、荷物室とした。

甲板上は、風圧によるリーウェイを少しでも小さくする為に、風圧面積をできるだけ小さく、全体に低いプロポーションにまとめた。さらにスマートな仕上がりとするために、ハッチ、通風筒、空気抜管等の甲板上突起物は、全てビルトインした。

機関室の吸気口は、ラム効果を最大限利用するようにオーニングと、上構の間に左右舷各々設け、まるでジェット機の吸入口を思わせるような型状とした。また、排気口は、煙突効果を持たせると同時に、高速船特有のトランソムでの空気巻き込みによる逆流を防ぐために、オーニングの一部分にトランクを設け、オーニング・ピラー内をダクトに使いオーニング上に排出するようにした。

4-2 船殻構造

船殻構造については、計画の高速力を実現するために、可能な限り重量軽減に務めることに主眼を置き「FRP船の特殊基準」に準拠し、設計を行なった。

全体を縦肋骨方式とし、セミモノコック構造を採った。また、多くの部分を、カンタコア、PVCもしくは合板を芯材とするサンドイッチ構造とすることによって軽量化に務めた。

船底外板は、FRP単板で約10ミリとして、片舷3条のウレタンを芯材とする、約4ミリのハット型縦通材を設けた。

船側部は、 $\frac{1}{2}$ インチのカンタコアを芯材とし、FRPのサンドイッチ構造とし、片舷1条のFRP製ハット型の船側縦通材を設けた。

部分隔壁および隔壁を、約2メートル間隔で設けた。重量上のロス無くす為に、部材配置を最も効率良く配置し、その上で船内配置を決定した。

隔壁および部分隔壁は、ラワン合板を芯材とするサンドイッチ構造とした。

上部構造および客室床は、15ミリのクレゲセルを芯材とし、甲板は1/2インチのカンタコアを芯材とするサンドイッチ構造とした。上部構造は、玉子型断とし、展開面積を小さくするとともに、型状剛性を持たせた。さらに、縦強度部材を単独で入れるのはもったいないので、屋根に型折り込みで2本の角を設けて強度メンバーとし、且つその中を配線および、冷房のダクト・スペースとして利用した。横フレームは、スパン80センチメートル毎にウレタン芯材のハット型を設け、曲げ座屈に対処した。ネジレおよび、劈断に対しては、操縦席前後の仕切り壁と、客席に2本のメイン・フレームを設けた。メイン・フレームは、型で積層したFRP単板のハット型とし、その中を冷房ダクトに利用し床下のユニットから、天井まで導いた。

サンドイッチ芯材の接着については、少ない樹脂量で密着させる為に、バキューム法によった。

この様な構造方式として、排水量・長さ比 (TON/FT³)で48という超軽量構造を実現した。

表-4の比較表参照。

(種類) DISP-LENGTHRATIO
($\Delta / (0; OIL) ^2$)

モーターボート	170
和 船	35
他 社 客 船	102
AL 製 客 船	78
か す み	48

表4

構造で苦労したのは、衝撃水圧の推定であった。各国の基準を全て調査し、それと国内の基準を比較して決定した。また、FRP構造は、他の材料と違い素材から製作し、且つガラス繊維を積み重ねて樹脂を含浸させるという工法なので、厚みも、

強度もバラツク、したがって仲々限界設計は出来ない、今回のプロジェクトについては、建造前に実際作業にあたられる方々と、とことん話し合いを行ない本船の狙いを良く理解して頂き、設計も工場の実力を良く把握して臨んだ。そして各工程の節目に於いての重量の計測と使用材料の量の報告を頂き徹底的に管理を行なった。

第5表完成重量等参照

単位：t

項目	状態	完 成 常備状態	完 成 満載状態	完 成 軽荷状態
船	殻	13.727	13.727	13.727
機	装	3.235	3.235	3.235
固 定 齎 備		0.130	0.130	0.130
航	海	0.076	0.076	0.076
電	気	1.906	1.906	1.906
無	線	0.045	0.045	0.045
機	関	9.022	9.022	9.022
機関内の水及び油		0.510	0.510	0
一 般 齎 備	備 品	0.495	0.495	0.495
	乗員及び所持品	7.320	10.820	0
	清 水	0.133	0.200	0
燃 料 等	燃 料	1.107	1.660	0
	潤 滑 油			
不 明 重 量		1.498	1.498	1.498
合 計		39.204	43.324	30.134

※乗組員：0.080 t, 旅客：0.070 t

表5 完成重量表

4-3 船体機装 (第7表完成要目表参照)

諸室の内装機装は、重量増加にならなく、且つ外観の未来的なイメージを損なわないハイセンスなものとなることに留意してまとめた。狙いとしては航空機感覚の軽快さの中に、チーク材を適度に配して高級感を出すことにした。他には特に、通風、冷房、採光、防音、振動および防熱に注意を払った。

サロンは、ラウンジ型のソファを設け、下部を救命胴衣格納場所とした。前面のダッシュボードには、コンパクトディスク用のスピーカーを設け、後壁にはコンパクトディスク本体、冷房の吹き出し、吸入口および、テレビ等を埋め込んだ。テレ

ビは操舵室から操作することによって、一般放送および、VTRが見られるようにした。

内装の仕上げは、天井はグレーのファブリック張りとし、縦方向にユーラシアン・チークを埋め込んだ押縁を40センチ間隔に入れた。周壁およびダッシュボードは、チャコールグレーのダイノック張りで床には絨緞を敷いた。ソファは、周囲がブルーで、センターをページュにした。センターのソファの中央には、2本のチーク製ピラーを設け、シックで豪華な感じに仕上げた。

中央および後部客室は、2人用で一脚15kg、1人用で一脚7kgの特製の椅子を設けた。サロンとの仕切り壁にロッカーを設け、消火器を格納し、且つ船内放送および操舵室との通信用インターホンを設け、営業運航中には、これによりマリナーが船内の案内を出来るようにした。中央の洗面所の後壁にテレビを設けた。内装仕上げは、床材は霞ヶ浦の帆曳き船と土浦市のしだれ桜、および水郷潮来町のあやめをデザインし、シルク印刷したメイフロアーを貼った。窓枠および腰板は、カイダックの真空成型品を組付け、手掛けの部分はチーク材を使用した。腰板には各々パンフレットを入れるためのポケットを設けた。天井は、サロンと同材のブルーのファブリックで仕上げ、ユーラシアン・チークの押縁を入れた。天井と窓の境には、FRP製のダクトを兼ねた縦肋骨と、カイダックの照明カバーを設け、各椅子毎に冷房の吹出し口、および間接照明を組込んだ。操舵室および洗面所の客室側周壁は、FRPで製作し、上下方向にチークの目地を入れた。

色彩は、天井をブルー、周壁、窓枠および腰板をライト・アイボリー、床は金地で紺の模様、椅子は中央がグレー、両側をブルーに仕上げ清潔感に木の温かみを取入れた、シックで若々しい仕上げとした。

洗面所には、壁面全部の鏡と陶器製の手洗いを設け、横壁には、飾り棚を設けた。周壁はアイボリーのダイノック貼りとし、床はPタイル貼りとし

た。トイレも同様の仕上げとし、重量上汚水タンクを極力小さくする為に、省エネ型の泡式便器を設けた。

操舵室は、周壁をブロンズのダイノック貼りとし、床は黒のPタイル、天井はFRPに紫のゲルコート仕上げとした。操縦テーブルも、周壁と同じダイノックで仕上げ、右舷側に操縦盤、左舷側に主機監視盤を設け、上面にはコンパス、スイッチ盤、後方および客室内のモニター・テレビ、VTR、レーダー、船内外放送装置、自動車電話を設け船長一人で全てを操作出来る様に配置した。特に操縦は、1つのダイヤルで転舵、前後進の噴射方向の制御および、主機回転数の増減を行なえる様にし、その結果飛行機のコックピットを感じさせる雰囲気になった。また、冷房の吹き出し口を、フロント・グラス直下に設けデフロスターとしての機能も備えた。後部には、マストの起倒を行なうハンドル、3名分のソファおよび、ロッカーを設けた。マストの起倒は、航路上に橋がある関係から設け、油圧式として操縦室から行なえる様工夫した。

4-3-2 冷房装置

冷房装置は、重量が最も軽くなる方式として3台のコンプレッサーを直接発電機用補機からベルトを介して駆動する方式とした。クーリング・ユニットは前部・中部・後部の3組とし床下に設け、ダクトによって各々の吹出し口に導いた。装置の要目は第2表に記す。

4-3-3 通風装置

客室、洗面所、トイレおよび機関室には、窓が全て開閉出来ないから充分な容量の機動通風および、自然通風を設けた。通風筒は、一切外観から判らないようにビルトインした。

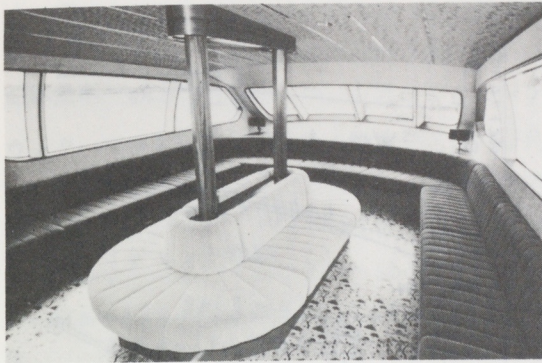


写真3 サロン



写真4 客室

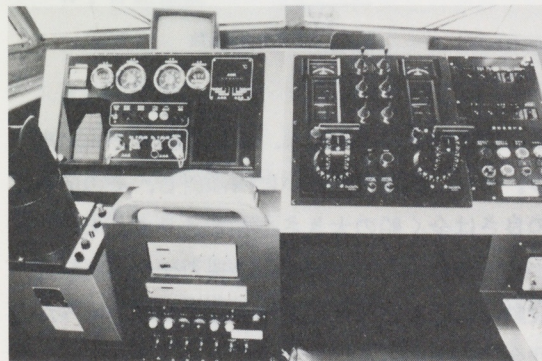


写真5 操縦室

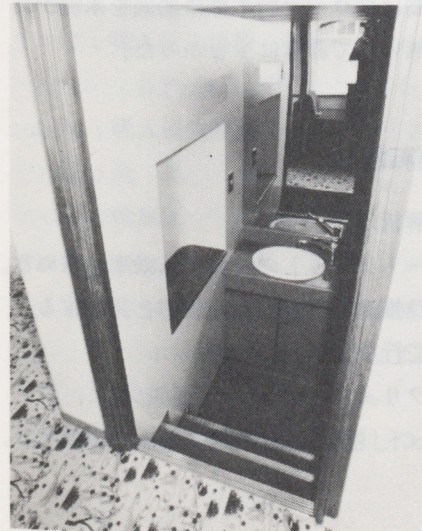


写真6 洗面所

5. 機 関 部

5-1 機関室配置

ウォーター・ジェットであることから主機が後方になり、重心も後方寄りになる。したがって、それを修正し最適な位置になる様に発電機用補機、冷房ユニット、バッテリー、配電盤等を機関室前端壁寄りに配置した。ウォーター・ジェットの軸は吃水線に平行で主機とは、ギヤー・カップリングを介してダイレクトに結合した。主配電盤は、軽合金製のデッドフロント型で、AC-DCを一体に組み込み右舷側に配置した。排気消音器は、主機および補機とも消音効果の高いFRP製のバーネットン・マフラーとした。取付けの方法は、主機からトランソムまでの距離が短いので、トランソムに直接FRP接着を行なった。前端隔壁、船側、天井を全てサンドイッチ構造として、防振、防音、防熱に効果を上げた。

6. 電 気 部

6-1 電路系統

本船の電源は、10KVA交流発電機1台およびDC24V蓄電池2群により賄うものとした。本船は、夜間航海を行なわないので、電力は小規模である。電路系統は、第6表の通りである。

	電 源	負 荷
220V	本船装備の発電機 3相交流60Hz	船内動力(機動通風)
100V	本船装備の変圧器 単相交流60Hz	船内小動力、照明、拡声装置、テレビ、CD
24V	本船装備の蓄電池 DC24V	船内照明、探照灯、動力主機開始動、冷房
	主機附属充電発電機 AC-DC 24V	蓄電池充電

表6 電路系統

6-3 照明装置

照明装置は、AC100V単相60HzおよびDC24Vの2系統とし、DC24Vは非常用とした。サロンは、チーク材の造り付け天井灯とし、その他の客室は、間接照明とした。

7. 試運転成績

海上公試運転は、本年1月24日予備公試、25日公式試運転、2月1日および3日オーナー・トライアルの、4日間に渡って実施した。試運転は、三河湾および伊勢湾に於いて行なった。公式試運転では、10時間の連続運転も実施した。また3日のオーナー・トライアルでは、100人の乗客を実際に搭載して実施した。試運転成績は、第8表に示す。また、速力～回転数は図4に示す。速力の結果は、全力で32.5knで、燃費および排気温度から見て負荷の状態も良く、計画通りで満足すべきものであった。ギャランティー条件の100人乗船では、29.3knを記録し、全く計画と一致した。この時の排水量の差は、5.6トンであり、水槽実験の解析で排水量の影響は0.6kn/tonであったから、その解析法に大きな自信を持った。また、双方の状態に於ける主機の回転数、排気温度および燃料消費料は、ほとんど変化せず理論通りウォーター・ジェットの場合負荷の変動が無いことを確認した。

波さばき、保針性およびブローチングの問題については、連続10時間航走およびその後の回航で、波高5m、波長約50mの斜め追い波の春一番の吹き荒れる野島崎沖でも実証されたが、全く良好であり、特に追い波での耐衝撃性には優れており、操舵室の上を通りすぎるほどの青波みを受けたが、衝撃は全く感じずバウの浮き上がりも非常に早く、安全性の高いことを確認した。

加速性能、停止惰力および旋回性能も優れており、加速性能では、約430m、39秒で30knに達する。トリム変化を図4で見て判る通り、ほとんどハンクは無く非常にスムーズにプレーニングに入

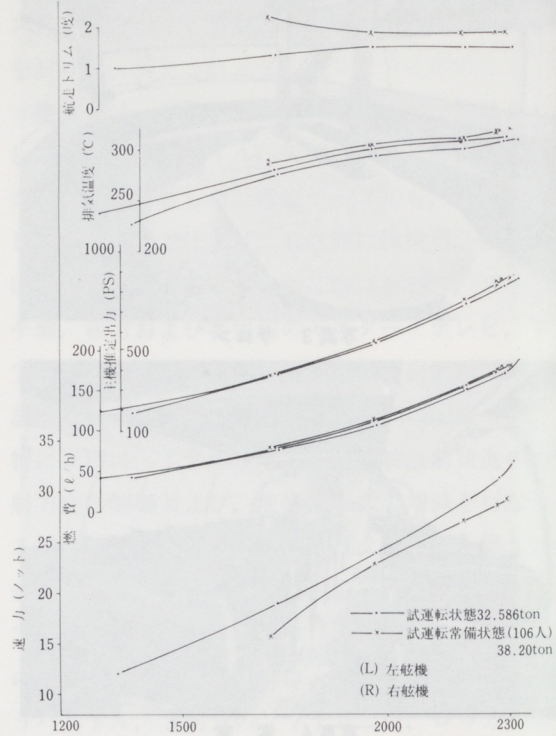


図4 速力～回転数

る。停止惰力は、約90m、31秒で船体停止が出来る。また、旋回はきれいに内傾斜し、その応答性の良さは全く船の大きさを感じさせず、モーターボートの様である。旋回中の速力変化、回転数の変動はほとんど無い。適度の横スベリを持った釣り合い旋回である。

他に、振動はプロペラ船の様に船底を水流がたたくことが無いので非常に少なかった。

8. 試運転解析

試運転の解析は、

- ウォーター・ジェットのシステム効率を求める。
- プロペラ推進の場合の推進効率と比較することについて行なった。

まず、スクリュー・プロペラと同じ様に、ウォーター・ジェット(図5)の推進効率を定義する。

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} = \eta_H \times \eta_S \times \eta_r$$

$$\text{船体効率 } \eta_H = \frac{1-t}{1-W}$$

ウォーター・ジェット・システム効率

$$\eta_S = \eta_{jet} \times \eta_{pump}$$

ウォーター・ジェット効率

$$\eta_{jet} = \frac{2\mu(1-\mu)}{1+\psi-(1-\zeta)\mu + \frac{28hj}{V_j^2}}$$

ポンプ効率

$$\eta_{pump} = \frac{Q \times H}{P_D}$$

P_E ; 有効馬力 (水槽テストから)

P_D ; 軸馬力

$$t ; \text{スラスト減少係数 } \frac{T-R}{T}$$

T ; スラスト

R ; 船体抵抗

$$W ; \text{伴流係数 } \frac{V_s - V_i}{V_s}$$

μ ; 噴流比

$$V_i / V_j$$

V_i ; 流入速度 (m/s)

V_j ; 噴射速度 (m/s)

V_s ; 船速 (m/s)

ψ ; 噴射損失係数

$$\Delta P_0 / 0.5\rho V_j^2$$

ΔP_0 ; 噴射口損失水頭

ζ ; 吸入損失係数

$$\Delta P_i / 0.5\rho V_i^2$$

ΔP_i ; 吸入損失水頭

Q ; 流量 m^3/s

H ; 吐出圧 N/m^2

プロペラ効率比

η_r …… 流入海水が定常流では無いためのポンプの修正係数として計算中に入れる。
通常は 1.0としてさしつかえない。

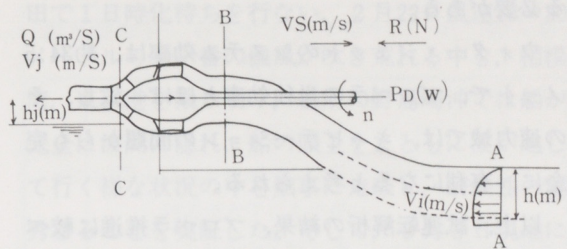


図5 Water jet propulsion definition sketch

試運転の解析結果を図-6に示す。推進効率は全力に於いて、59.1パーセントで、ジェットのシステム効率は、62パーセント、ポンプ効率は86.9パーセント、ジェット効率は71.3パーセントであった。その時のインテーク・ロスが3.1パーセントで、ほぼ理想的な値が得られた。

次に、スクリー・プロペラとの比較であるが、プロペラ推進の場合の計算については第9表の様に定義して行なった。

減速比 2 : 1

主機出力/回転数 864 PS / 2300 RPM

プロペラ母型 GAWN 3-80

プロペラ推進効率 $\eta_{PC} = \eta_0 \times \eta_h \times \eta_r$

η_0 ; プロペラ単独効率

$\eta_h \cdot \eta_r$; ウォーター・ジェットの場合同じ

表9

プロペラの推進効率は全力に於いて、69%とウォーター・ジェットに較べ約10%高かった。但し、必要馬力については、ほぼ同一であり、附加物抵抗によるものである。したがって、速力メリットからのウォーター・ジェットの採用は、約32.5ノットから考えるべきである。また、それ以下での採用にあたっては、インテーク・ロスの急激な増加によって、ジェット効率が低下し、推進効率が低下するから、船底面から、ポンプ迄の高さを出来るだけ低くするとか、ダクト内面、およびインテーク・スクリーンの形状、仕上げについて考慮す

る必要がある。

ウォーター・ジェットシステムのシステム効率は、約34.5ノットで、プロペラの単独効率とほぼ一致し、その速力域では、キャビテーションの問題からも完全に、有利になると考えられる。

以上、試運転解析の結果、プロペラ推進に較べわずかではあるが、上回る性能が得られた事は初めてであり、その他数々の有意義なデータが得られ、今後のウォーター・ジェット艇開発の大きな推進力となる事と思う。

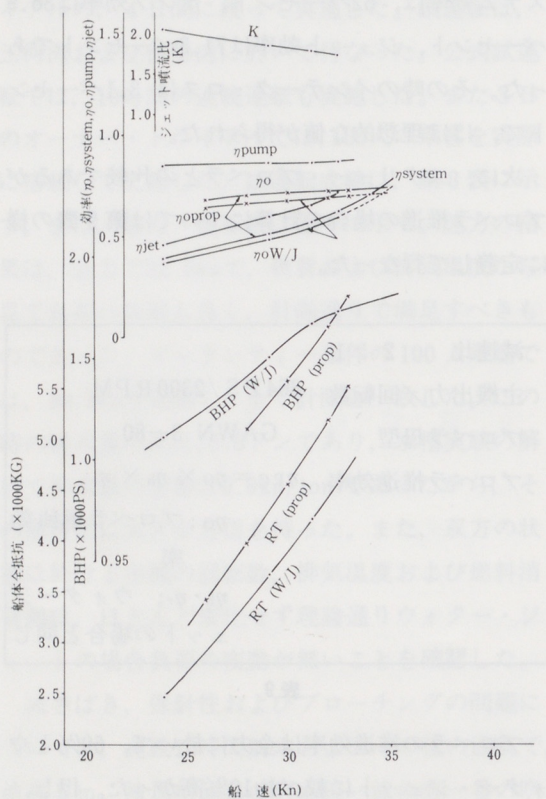


図6 試運転解析結果

9. 終わりに

以上、本船の概要を紹介した。オーナー・トライアルで、100人の乗船員を募集した所、予想をはるかに上回る480名の人々の応募を頂き、関係者一同大いに感激した。急遽、会場造り、乗船整理券造り、子供用のパンフレット造り、アンケート

用紙造りと、夜を徹して準備を行なった。慣れない仕事であるが、その時の各々の顔は、光り輝いていたように思う。延べ1500人の潮気溢れる熱い男達の汗の結晶を、自分達の家族を始め、本社、新居工場そして協力会の人々に披露出来る喜びからである。当日は、素晴らしい天気であった。テストを含め5便の運航を行なった。その際に、アンケートを御願ひして、年齢別、性別、職業別に分類整理した。その結果は、子供およびマリン関係者には、外観およびコックピットに対する評価が高く、女性には、インテリア特に椅子と床材に人気が高かった。そして、マリン関係以外の男性には、スピードに人気が高かった。その他、改善の提案もあり、早速サロン内のピラーおよび照明カバーをチーク材に変更したり、客室後部の騒音対策を実施した。

我々は、“とろびかる・くい〜ん”に続き全く新しいコンセプトを持った客船を市場に送り出し、速力も同じ主機を搭載した船よりも約3ノット上昇させることが出来た。

一般的に、小型の高速旅客船の場合、船価、ランニング・コストおよびメンテナンス・コスト共、相当高価であり、運航会社の採算性は年々下降している。それにも関わらず、速力を第一に船主さんが希望するのは、高度経済成長時代、時は金なりで、一分でも速い方に御客が集まったという名残りで、現在では時代の流れと逆行しているように思える。最近の週休2日体制等、減速経済状況の中では旅客の移動については点から点ではなく、線とらえて居住性能を向上させ、移動の時間を有意義なものとすることによって、大出力の機関に頼る速力は適当に抑え、もしくは技術革新によって採算性の良い、且つユーザーの満足出来る船を供給すべきではないだろうか。この様な考えから生まれたこの船は、滑走型の旅客船としてほぼ完成の域に達したと思う。更にペイロードを大きくしたり、乗り心地特に船底衝撃を軽減する為に、今後カタマラン等特殊な船型の開発を行

なう予定である。また、推進方式については、さらにウォーター・ジェットの推進効率を高めていくことも必要であるが、コストおよびウォーター・ジェットのダクト内の水の重量の問題から他の方式の開発が必要であろう。諸外国では、すでに附加物抵抗を無くすために、サーフェイス・プロペラを使った、ステップ・ドライブやアーネッソンドライブ等が開発されている。

我々は、現在4名のチームでこの船を始め、官公庁船、および大型レジャー・ボートを設計している。小は、4.9メートルから、大は28メートル、また用途も業務用からレジャー用途非常に幅広い仕事を行なっている。特に大型レジャーボートについては、ヤマハ蒲郡オリジナル商品として工場を挙げて取組んで、現在3隻目のテストが終わり最終仕上げを行なっている。サイズ的にも船舶安全法および船舶職員法から、レジャーボートとしては、最大のものでインテリアも日本楽器の家具事業部とタイアップし、最高級のボートを目指している。ニーズウォンツが多様化する中で、御客様の夢を現実の型にしていくのがこの商品である。

船の設計は、やさしくまた難かしい、大変矛盾した事を言っているが、それは相手が海であり、波の運動が全く不規則な為である。したがって基本となるのは、センスであると思う。センスは、海を通じて磨かれ多分に経験工学である。造って見て走らせて、後から理論付けるという方法である。したがって、海に良く精通したデザイナーにとっては、やさしく、始めから理論的に詰めようとするデザイナーにとっては非常に難かしい。我々のグループは、船の設計をライフ・ワークとしてとらえている者ばかりで、機会ある毎に海に出て良い船造りの匠の集団を目指して頑張っている。

以上、ウィスキー片手に開発中の楽しみや苦しみを種々思い浮かべながら書いた為に散文となり、大変読みずらくなった点を御詫びする。

本船は、2月19日蒲郡港を出航し、下田、勝浦に寄港して、2月23日無事土浦港へ入港した。下

田で1日時化待ちを行ない、2月22日風速15~20メートルの春一番の強風が吹き荒れる中を、相模湾、東京港を乗り切り、難所の野島崎沖では船が完全に波間に隠れ、船の頭上をまともに波が越して行く様な状況の中を無事に走破し、耐候性の優秀なることを実証した。そして、3月3日現地にてレセプションを行ない、17日より営業運航を始めた。新聞・テレビでもたびたび取り上げられ、御客様の評価もかなり良いと聴き、設計者としては、嬉しい限りである。

EXPO'85に相応しい、暫新なスタイルとインテリアを持つこの船は、ウォーター・ジェットを始めとし、その他種々な新しい試みを盛り込み、短時間の開発期間の内完成することが出来、大きさ、性能共に国内随一のウォーター・ジェット旅客船を生み出したのは、本船建造に関係した全ての人々の強力な御支援があったからで、ここに本誌面を通じて厚くお礼申し上げる。

おわりに、今後本船が増々多くの人々に利用され、末永く安全な航海を続けられる事を祈る。

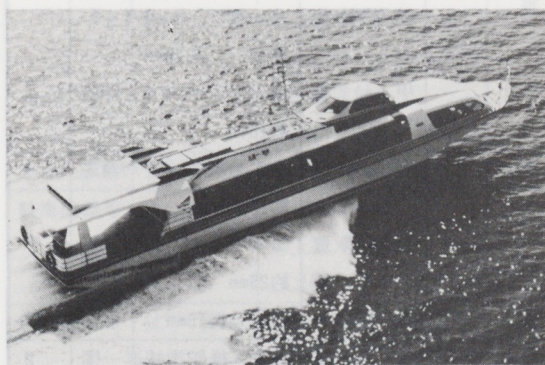


写真7

第7表 スーパージェットかすみ “完成要目表”

船種等	船型 船質 推進方法 資格	モノヘドロンV型 FRP 2軸ウォータージェット推進 JG平水旅客船	
主要寸法等	全長 吃水線長 型幅 型深 排水量 総トン数 機関の種類 及び数 速力 航続距離 定員	28.0m 23.7m 5.0m 2.1m (満載) 43.324 tt 52 t GM12V 92T1 高速過給機耐空気冷却器付ディーゼル (試運転状態、最大出力) 32.5kt (常備状態、常用出力) 27.0kt 27.0ktにて285海里 船員3名、その他1名 旅客150名	2基
構造等	構造方式 主水密隔壁数	縦肋骨方式 3枚	
船体部機質等	船底外板 船側外板 甲板 隔壁 上部構造 機関台	単板約10mm カンタコア・サンドイッチ構造 約18mm カンタコア・サンドイッチ構造 約18mm ラクン合板サンドイッチ構造 約15mm クレゲセルサンドイッチ構造 約25mm 単板 約15mm	2式
操舵装置	操縦操舵レバー バックアップ油圧ポンプ	操縦・操舵増減連一体型ダイヤル式 KAMEWA製 ジョイスティックレバー式 ペーン式英国ピッカー ス社製 最大圧力 130kg/m ²	2 各3 各1

揚錨係船装置	船首尾ビット ボラード フェアリーデー クリート	SUS製 300φ SUS製 120φ Aℓ製 300mm A2製 250mm	3本 2個 5個 6個
扉・ハッチ	扉 ハッチ	客室・機関室：Aℓ製 客室：ガルウィング式 Aℓ製 ML・操舵室・倉庫：木製 船首倉庫・サロン床・客室床 ：FRP600×600 操舵室：FRPスカイライト	3 2 4 3 1
通風装置	機動通風装置 自然通風装置	機関室：電動軸流(給気) 1.5KWAC220V, 120m ³ /mm 客室：電動換気扇(排気) 0.025KW AC100V 1.5m ³ /mm 洗面所; 同上 便所; 同上 機関室; 煙突型150φ	2台 2台 1台 1台 2台
冷房装置	冷房装置	海水冷却セパレート型、 コンプレッサー補機ベ ルト駆動、ディーゼル 機器製冷房能力合計 40,000km/h 全消費馬力：15ps 全消費電力; 2.4KW DC24V	3台
衛生設備	便所 洗面所	ネボン泡式 ダイノック張り洗面化粧台 陶器製手洗い付き 鏡：アルルック製	2 1
主機関	型式及び台数 気筒数 燃焼型式 サイクル及び シリンダ配列 行程容積 JG承認馬力 ×回転数 重量 製造所	GM12V92T1 12 直接噴射式 2サイクルV型 18.09ℓ 700ps×2170RPM 2.44 t 米国ゼネラルモーター社	2基
減速逆転機	型式及び台数 クラッチ型式	NICO MC-N80型 湿式多板式	2基

	減速比 重量 製造所	1.57:1 0.43 t 新潟コンバータ	
軸系装置	中間軸	直径 180φ 長さ 110mm	2本
推進装置	ウォーター・ジェット	KAMEWA40 S62/6 (スウェーデン) 1段インペラー式 ハイドロ・ジェット	2台
補機	発電機用 原動機	UM4BD1E 4サイクル複式水冷直接 噴射式ディーゼル機関 いすゞ製 馬力×回転数 行程容積 重量	1
ポンプ タンク	操舵・前後 進用油圧ポンプ	ピッカースPVB5-S-20 CVM-SV8型 可変容量, ベーン式 最大圧力; 130kg/cm ² 吐出量; 18ℓ/min (2100)	2台
	主機駆動 ビルジ	ゴムローター式 吐出量; 11m ³ /h 吐出圧力; 1 kg/cm ²	1台
	独立ビルジ	ゴムローター式 吐出量; 4.5m ³ /h DC24V 0.3KW	1台
	清水ポンプ	ホームポンプ 吐出量; 1.3m ³ /h AC100V 0.35KW	1台
	冷房用海水 燃料油タンク	ロータリー式 船体付 3000ℓ FRP製	1台 1個
	清水タンク	別置き 200ℓ FRP製	1個
	操舵用油圧 油タンク	鋼製ポンプ付 20ℓ	1個
	汚水タンク	別置き 300ℓ FRP製	
諸管装置	消音器 (主機用)	FRP製バーネットン	2個

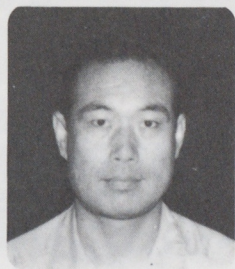
	消音機 (補機用) 排気管	ウォーター・インジェクト式 同上 SUS製	1個
一次電源装置	交流発電機	AC220V × 10KVA × 3相 × 60Hz	1台
	No.1蓄電池	DC24V 200AH	2群
	No.2蓄電池 主機付 充電発電機	DC24V 150AH 防滴交直流型 DC24V 65A	1群 2
二次電源装置	変圧器	乾式自励型 AC220V/AC105V 3KVA	1台
	整流器	シリコン型 AC220V/DC24V 30A	1台 3台
	陸電受電箱	防水壁掛型 AC220V 20A	1台
	主配電盤	デッドフロント壁掛型	1台
照明装置	制御灯	モーター・ドライブ・リモートコ ントロール型 DC24V110w	1台
	投光器	旋回型 AC100V100w	2台
	室内灯	AC100V 蛍光灯 予備灯 DC24V	1式
電動機	ワイパー	ダブルリンク式 DC24V	2台
	汽笛	第3種汽笛 タイムコントローラー 拡声装置付き DC24V × 200w	1台
無線通信	自動車用電話	DC12V800MHz	1台
航海機器等	コンパス	T-130VFA 卓上型カード径 125mm	
	レーダー	DC24V7インチブラウン管	1台
船内指令装置	拡声装置	DC24V30w AM受信 装置カセットプレーヤー付き	1台
船内放送装置	インターホーン	AC100V 50mA	3台
	モニター・テレビ	9インチ 16インチ 20インチ	1各
	テレビカメラ	屋内用; リモコン回転式 屋外用; 防水・固定式	1台 1台
	ビデオ・デッキ CDプレーヤー	テレビチューナー付AC100 日本楽器製造KK	1台 1台

第8表 “スーパージェットかすみ”試運転成績

状 態			
試運転種類	公式試運転	オーナー・トライヤル(常価)	
施工年月日	昭和60年1月25日	昭和60年2月3日	
施工場所	三河湾	三河湾	
標柱同距離	1,852m	1,852m	
天 候			
海 説			
風 速			
前部吃水(m)	0.288m		
後部吃水(m)	0.844m		
ト リ ム(m)	0.556m		
排水量(t)	32.586 t		
速 力 試 験			
負 荷	主機回転数	速 度	実際馬力
1 / 4	1,370	12.0kt	375
1 / 4	1,720	19.0kt	752
3 / 4	1,970	23.9kt	1,112
2 / 4	2,170	29.1kt	1,503
11 / 10	2,230	31.2kt	1,670
T O P	2,300	32.5kt	1,721
舵種類及び数			
		水流方向変換式2台	
速 力 km		29.1	
項 目	右 旋 回	左 旋 回	
舵 角	30°	30°	
最大縦距(DA)	42m	42m	
最大横距(DT)	42m	42m	
DA/LWL	1.75	1.75	
DT/LWL	1.75	1.75	
回頭所用時間	31.41秒	32.55秒	
最大傾斜角	13.12度	13.35度	

最大傾斜角を生じた回頭角		135度	140度
G	M	3.063m	
G	G _O	0.083m	
K	G	2.057m	
D	G	1.452m	
速 力 kt		29.1	
項 目	前進中後進発令より後進速力整定まで	後進中前進発令より前進速力整定まで	
発令より船体停止までの時間	秒	20.28	11.6
同一航走距離	m	112.5	25.0
発令より後進(前進)速力整定迄	秒	37.81	47.50
試 験 種 類	前進中停止発令より船速2kt迄	停止より前進常用速力整定迄	
速 力 kt	29.1	—	
発令より船速が2kt迄低下に要した時間	秒	30.8	—
同上距離	n	約90	—
船体停止より常用回転数整定までに要した時間	秒	—	42.0
同上距離	n		約460

新型ゴルフカー ターフメイトの紹介



車両技術二課 山科 謙一

1. ま え が き

ヤマハが、ゴルフカーの発売を開始したのは、昭和50年6月のYG-292が初めてであった(図1)。これは、その前年オープンした“つま恋”のために開発したランドカーをベースにしたもので、国内市場を対象に、年間数百台程度の規模でしかなかった。その後、ゴルフカーの主市場である米国をはじめ、世界市場を対象とした本格的ゴルフカーの開発に着手し、昭和53年7月にG1型ゴルフカーとして発売を開始、今日に至っている(図2)。この間、G1型ゴルフカーは、その品質と経済性で、市場における評価を確立し、乗用ゴルフカー分野における高率の市場占拠を獲得してきた。

しかし、発売以来年数の経過したこと、競合他社も改良に努力し、新モデルの投入等もあることから、ゴルフカーとして、より一層の完成度向上を目標としてG2型を開発し、昨年末より市場導入を計ってきた。殊に、エンジンカーの方は、G1型の215cc 2サイクルから、285cc 4サイクルエンジンへと転換し、騒音、排ガス、燃費等の大巾改良を達成した点は特筆される。しかしながら、従来タイプの四輪乗用ゴルフカーの分野だけでは、既に成熟期に達した市場の中で、ビジネス拡大に限度があることも考えられ、新しい需要創造を狙いとして、新しいタイプのゴルフカーの開発を進めてきており、その一つが、今春発売を開始したタ

ーフメイト(G4型ゴルフカー)である。本稿では、そのターフメイトを紹介することが主題ではあるが、この機会に、ゴルフカー市場の動向等もみながら本論へ進めたいと思う。



図1 ヤマハゴルフカー YG292



図2 ヤマハゴルフカー G1-A



図3 ヤマハゴルフカー G2-A

2. ゴルフカー市場と普及の現状

米国において、1940年代に初めてゴルフカーが登場したときは、身体の不自由なゴルファーを運ぶための限定的な車両であった。1950年代に入り、商業ベースのゴルフカーが登場して以来、楽に、早くゴルフプレーそのものを楽しめるというゴルファーにとっての利点と、ゴルフ場経営にとっても、大きな収益源になるという双方の利益が合致し、今日の普及をみるに至っている。現在、全般には、既に成熟期に入った商品分野との感が強いが、個別には、市場拡大の可能性は有り、ヤマハにとって、今後共有望な分野であることに変わりはない。殊に、近年のゴルフブーム再燃のもとに、ゴルフ人口の増加、ゴルフ場の建設が、日本はもとより、米国、カナダで伸びている事実や、欧州、太平洋州その他一般地のような、従来普及率の低かった国々において、徐々にではあるが、浸透がみられるなど、今後に期待のもてる明るい材料となっている。以下に、米国、カナダ、欧州、及び国内の現状につき概説する。

2-1 米国

ゴルフ場数は、1万3千コースを超え、ゴルフカー保有台数は、約65万台と、他の諸国に比べ、1桁違う規模を擁している。普及率も95%を超え、年間需要は、7~8万台であり、約6社が市場をわけあっている。保有台数の70%は電気カーであり30%がエンジンカーという比率になっているが、

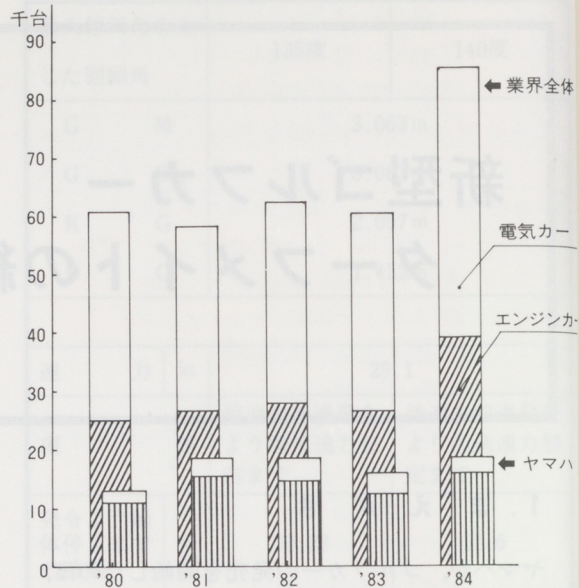


図4 米国におけるゴルフカー販売台数推移 (National Golf Foundation 資料より)

近年の実販ベースでは、エンジンカーが、約45%となっている。エンジンカーの比率増には、ヤマハ車の寄与が大きいことが、図4から読みとれる。この図によると、84年で、業界全体としての実販が急増しているが、83年までと、84年では統計方法の違いがあるようである。この84年の数字が市場の実態に近いとみると、ヤマハのシェアは、昨年で約21%となっている。

業界大手としては、E-Z-GO, CLUB CARがあり、各々年間販売では約35,000台、約20,000台程度を扱っているようである(図5, 図6)。



図5 E-Z-GO



図6 CLUB CAR

2-2 カナダ

ゴルフ場数は約2,000コースで、年間約3,500台が現在の市場規模である。ヤマハは、年間約2,000台を販売し55%強の市場占拠率となっている。米国に比べると、ゴルフ場数の割に、年間販売数が少ないが、これは、冬期間使用されないため、ゴルフカーの耐用年数が米国の2~2.5倍あること及び普及率が60%程でしかないことによる。しかし、カナダも年々ゴルフ人口増加、ゴルフ場の増加がみられ、ゴルフカー普及率も増加の傾向がみられることから、今後に期待のもてる市場である。

2-3 欧州

イギリスは、ゴルフ発祥の地でもあり、ゴルフ場数は、2,000強とカナダ並であるが、ゴルフカー保有台数は500台程度のものでしかなく、ゴルフというものに対する意識の違いを示している。欧州大陸のゴルフ場数は、全て合わせても800コースに満たず、ゴルフカーの保有台数も微々たるものでしかない。

2-4 国内

第3次ブームと呼ばれる程、近年ゴルフ人口が増加し、ゴルフ場の新設も相次いでいるが国内におけるゴルフ場搬送機の市場は、米国とはかなり様相が異なる。ゴルファー自からが、ゴルフカーを運転しながらプレーを楽しむ、所謂セルフ方式は、国内では、極めて少ないゴルフ場しか採用しておらず、大部分が、キャディーがバッグを搬送

し、サービスする形態をとっている。その為、搬送機も、手押電動カート、モノレール、電磁誘導とバラエティーに富んでおり、ゴルフカーの占める割合は、保有台数でみると10%程度のものでしかない(図7、図8、図9)。

使用コース	保有台数(推定)	年間需要(推定)	市場規模(推定)
1470コース	86,200台	12,780台	6,720百万
手押電動カート 68%	手押電動カート 70%	手押電動カート 66%	手押電動カート 40%
手押カート 5%	手押カート 5%	手押カート 7%	手押カート1%
ゴルフカー 10%	ゴルフカー 10%	ゴルフカー 13%	ゴルフカー 18%
モノレール 14%	モノレール 12%	モノレール3%	モノレール 9%
電磁誘導3%	電磁誘導3%	電磁誘導11%	電磁誘導 32%

図7 ゴルフ場搬送機市場(各種調査に基づく推定)

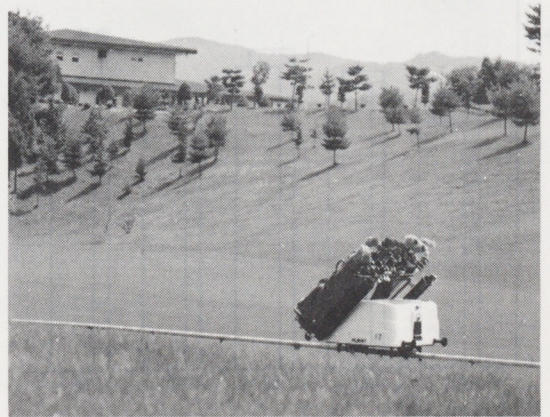


図8 モノレール式カート



図9 電磁誘導式カート

ゴルファーの年間需要は、約1,800~2,000台程であるが、ヤマハはその95%以上を占め、国内においては独占に近い(図10)。

今後、キャディーの雇用難や、ゴルフ場経営の積極的改善のため、ゴルファーの導入が徐々に増えると予想されるが、既設ゴルフ場における地形上の問題や、ゴルファーのゴルフそのものに対する意識の違いから、大巾な増加は期待出来ない。今後、手押電動カートのシェアにどの程度喰い込めるかが、国内市場における課題である(図11, 図12)。

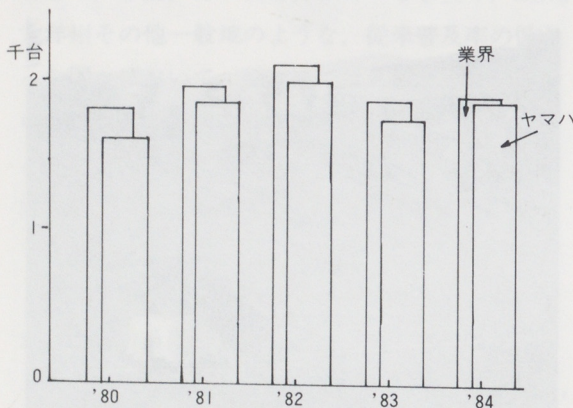


図10 日本における乗用ゴルフカー販売台数推移

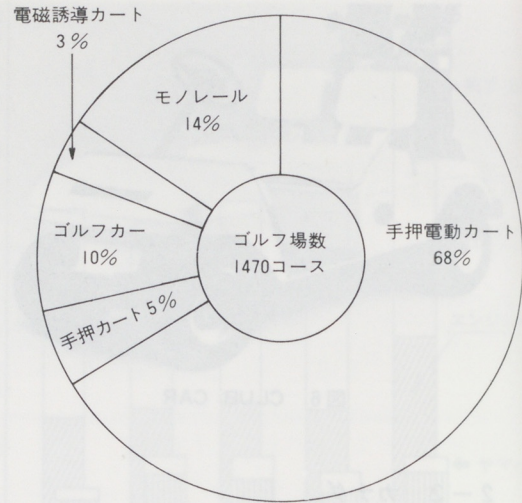


図11 ゴルフ場バッグ搬送具コース別使用分類 (S. 59年10月末推定)



図12 手押し式電動カート

3. ターフメイト開発のねらい

前述のごときゴルフカー市場の現状を踏まえ、ヤマハとして、将来のゴルフカービジネスの拡大を考えたとき、ゴルフカー分野の中で、新しい領域の開拓は不可欠の状況であった。殊に、国内市場や、海外でもゴルフカー普及率の低い地域への浸透を考えたとき、新しいコンセプトのゴルフカーの必要に迫られていたと言える。そのような

中から、企画、開発されたのがターフメイトで、国内においては、ずばり手押電動カート市場への喰い込みを、海外においては、既存ゴルフカーの導入されてないコースへの浸透や、個人需要への対応をねらいとした。

商品コンセプトとしては

- (1) キャディの労働条件向上用ツール
- (2) セルフプレーへの移行用ツール
- (3) 芝生の損傷が少ない乗入れカート提供
- (4) 安価

を訴求ポイントとして、立ち姿勢乗車の一人乗り、電動三輪カートとした(図13)。

4. 主要諸元

ターフメイトと、四輪電気カーとの諸元比較を、表1に示す。立姿勢乗車の一人乗り三輪車であり、小型、軽量であること以外に機構、構造的にも、従来のゴルフカーにない特徴を有しているが、次項で述べることにする。しかし、形状、構造が、どんなに新規なものであれ、ゴルフカーとしての使用条件、環境は変わらず、ゴルフカーとしての特性を要求されることも従来型と何等変わりはない。ユーザーであるゴルフ場が、ゴルフカーに要求する特性を、以前、米国で調査した結果でみると、以下の順で重要視しているようである。

- ① Reliability
- ② Maintenance Cost & Time
- ③ Safety
- ④ Range on Single Charge
- ⑤ Ease of Handling
- ⑥ Purchase Price
- ⑦ Comfort
- ⑧ Trade in Value
- ⑨ Appearance

ターフメイトの開発に当っては、従来の四輪ゴルフカーと同様に開発評価項目、基準を適用し、殊に、信頼性や、メンテナンスフリーには、十分な注力をしたつもりである。



図13 ターフメイト

	車 種	G 4 - E TURF MATE	G 1 - E	G 2 - E	
寸 法 ・ 重 量	全 長(mm)	1381	2403	←	
	全 幅(mm)	956	1140	←	
	全 高(mm)	1060	1180	←	
	フロアボード高(mm)	82	295	285	
	最低地上高(mm)	75	110	←	
	ホイールベース(mm)	964	1550	←	
	トレッド(mm)	前	—	900	←
		後	682	900	←
	車両重量(kg)	137	433		
	乗車定員(名)	1	2	←	
	塔載バッグ数(個)	4	2	←	
	車両総重量	247	643		
性 能	最高速度(km/h)	9	19	←	
	登坂能力(度)	20	30	←	
	最少回転半径(m)	1.5	3.0	2.9	
	制動停止距離(m)	2以下	4.5以下	←	
	走行可能ホール数	27以上	36以上	←	
原 動 機	モーター型式	日立MT-X250A	日立MT320-06	←	
	モーター定格出力	DC24V1.0KW	DC36V2.0KW	←	
	コントローラー	トランジスタチョッパー式	6速抵抗式	←	
	バッテリー容量	65AH(12V, 65AH×2)	6V, 185AH×6個	←	
動 力 伝 達 ・ 操 作 ・ 懸 架 装 置 他	フレーム型式・材質	パイプ, スチール	ハシゴ型スチールパイプ	←	
	ボデー型式・材質	FRP及びPP	U-RIM及びFRP	PP	
	減速機構	ギャ及びチェーン	ギア	←	
	減速比	28 : 1	13.55 : 1	←	
	ブレーキ方式	手動ディスク機械式	足動内拵二輪制動機械式	←	
	ステアリング方式	M/C式バーハンドル	ウォームピン式	←	
	タイヤサイズ	前	13×5.00-8	18×8.50-8	←
		後	16×6.50-8	18×8.50-8	←
	タイヤ空気圧 (kg/cm ²)	前	1.0	1.0	0.9
		後	0.9	1.0	0.9
	懸架方式	前	リジッド	スイングアーム式独立懸架	←
後		リジッド	車軸式トレーリングアームユニットスイング	←	
緩衝装置		なし	油圧複動筒型	←	

※ G1-E及びG2-EはUSA向仕様を示す。

表1 ターフメイトとヤマハ電気ゴルフカー仕様諸元

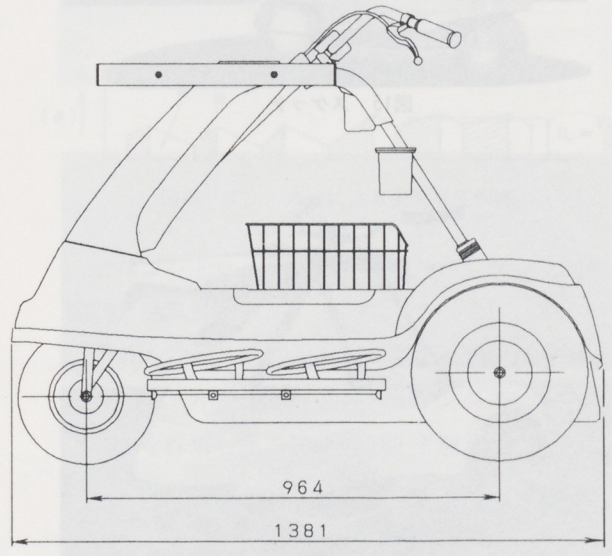
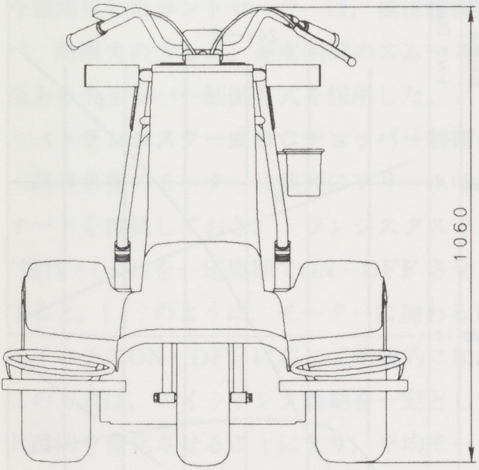
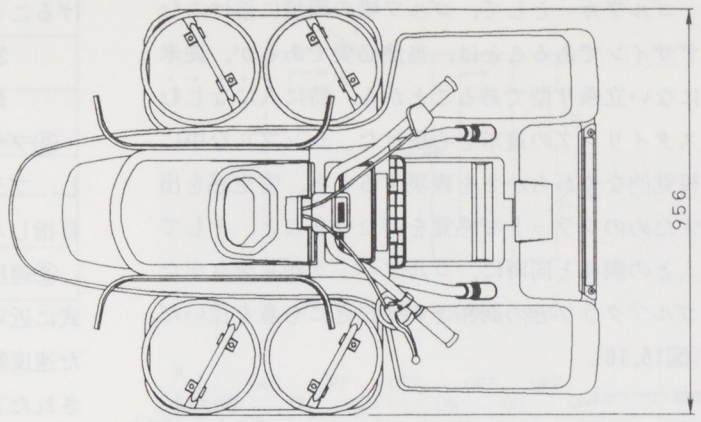
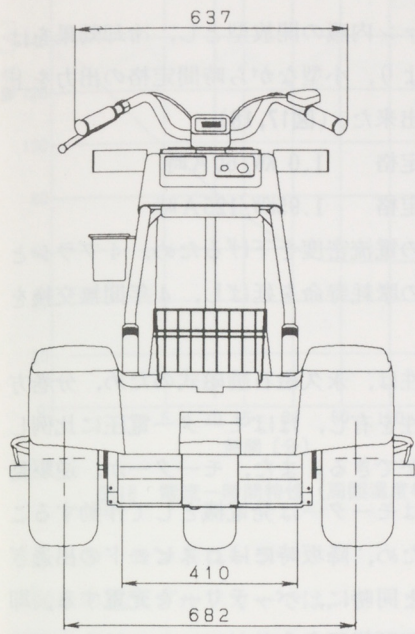


図14 ターフメイト (J44) 外観4面図

5. 車両各部の概要

5-1 スタイリング

ゴルフカーとして、ゴルフ場の環境に溶けこむデザインであることは、当然必要であるが、従来にはない立乗り型であることから、特に人になじむスタイリングの追求を心掛けた。シンプルな中に、視覚的なやわらかさを表現すること、安定感を出すためのフラットな感覚を持たせること、そして人との調和と同時に、ゴルフバックから突き出たゴルフクラブとの調和ということにも意を注いだ。(図15, 16)。

06Y

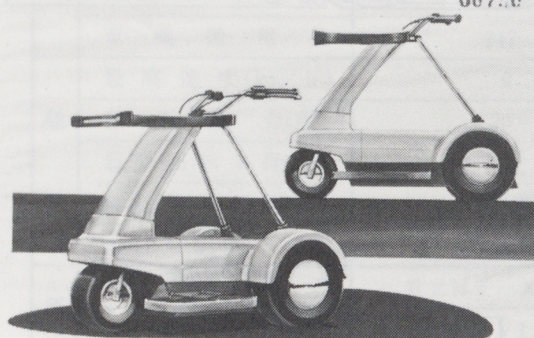


図15 スケッチ



図16 モックアップ

5-2 モーター

従来のゴルフカーは、直流直巻式方式のモーターを使用してきたが、今回は、低電流時の高効率化を計るため、永久磁石式の直流モーターを採用

した。

①冷却ファン内蔵の開放型とし、冷却効果をはかることにより、小型ながら時間定格の出力を上げることが出来た。(図17, 18)

30分定格 1.0 KW/60 A時

最大定格 1.95KW/125 A時

②ブラシの電流密度を下げるため、4ブラシとし、ブラシの摩耗寿命を延ばし、4年間無交換を目指した。

③速度特性は、永久磁石励磁式のため、分巻方式に近い特性を有し、ほぼモーター電圧に比例した速度制御ができる。また、モーターが、逆駆動されたときはモーターは発電機として作動することが出来るため、降坂時には、スピードの出過ぎを抑制すると同時に、バッテリーを充電する、即ち回生制動が可能である。

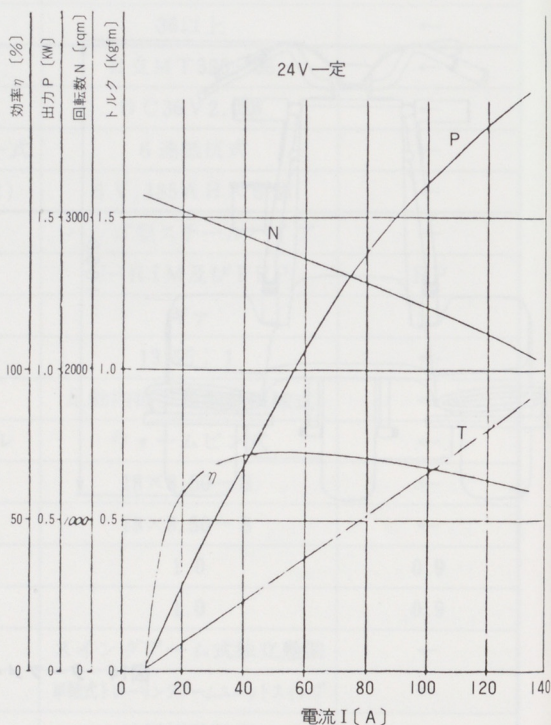


図17 モーター標準出力特性

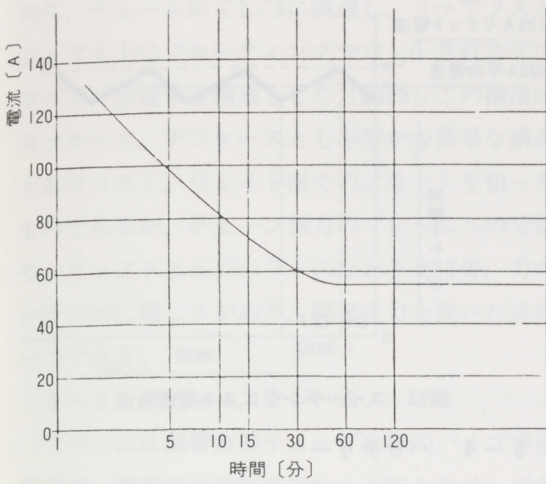


図18 電流—時間特性 (周囲温度40°C)

5-3 コントローラー

従来の電気ゴルフカーでは、モーターに直列に抵抗を介し、この抵抗値を段階的に調整して、モーターに加わる電圧を変え速度制御を行っていた。この抵抗器は、当然ながら熱損失を生ずる。今回開発したコントローラーは、抵抗制御式に比べ、熱損失の少なさ、速度制御のスムーズさで特徴あるチョッパー制御方式を採用した。

〈トランジスタ式DCチョッパー制御とは〉

誘導負荷のモーターに並列にフリーホイールダイオードを接続しておき、トランジスタスイッチK (図19-(a))を一定周期でON-OFFさせる(b)。すると、(c)のように、モーターに加わる電圧は、スイッチのON-OFFに応じて断続的に加わる。この方式は、スイッチング周期を一定として、ON時間を変化させることにより、平均モーター電圧を変えるPWM (Pulse Width Moduration)制御と称する。従って、PWM方式では、モーター電圧をバッテリー電圧の0~100%まで連続的に変化させることが出来る。また、負荷電流は、モーターのインダクタンスにより、(d)のように、ONの間は電流は増加し、OFFの間は、インダクタンスに蓄えられた電磁エネルギーが、フリーホイールダイオードを介して放電され、その結果電流は連続的に流れる。従って、極低速から最高

速まで、スムーズな速度制御が行なえるわけである。

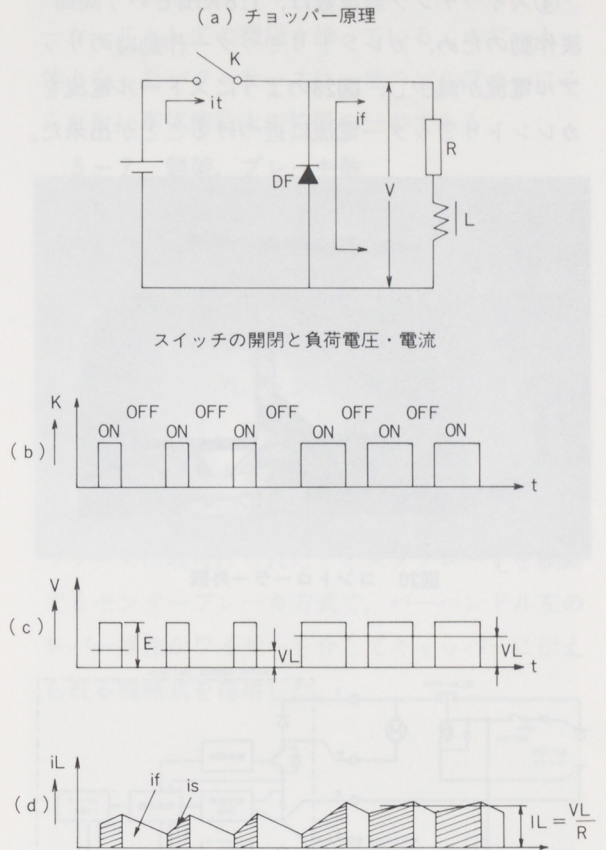


図19 オン・オフによる直流電圧制御

このコントローラーの外観、及び制御回路図を図20、図21に示す。

①最終段のスイッチング部には、最大定格150Aのモジュール型ジャイアントトランジスタ(G-Tr)を採用し厚さ10mmのアルミ製放熱板上に配置し、そのユニットをフレームに取付けることにより車体を通して外部への放熱をはかった。

②G-Trの過負荷破壊を防ぐため、カレントリミッターと、サーマルプロテクター回路を組み込み、万一のモーターストール時にも破壊を防止出来る構造とした。

③スロットルレバーを急全開しても、図22のようにトランジスタの電流立上りに時間遅れをもたせるスロースタート回路を採用し、発進時の飛

出しスタートの防止を行ない、操作性の向上を計った。

④スイッチング周波数は、1.8KHzという高周波作動のため、カレントリミッター作動時のリップル電流が減少し、図23のようにストール電流をカレントリミッター電流に近づけることが出来た。

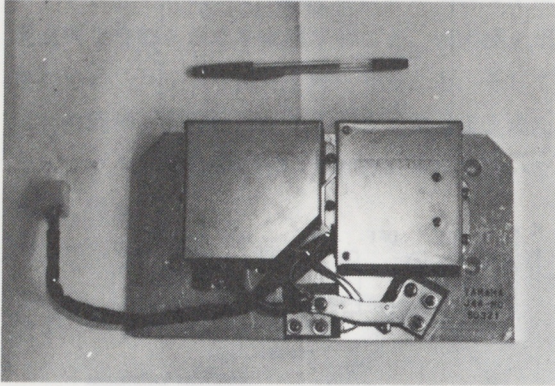


図20 コントローラー外観

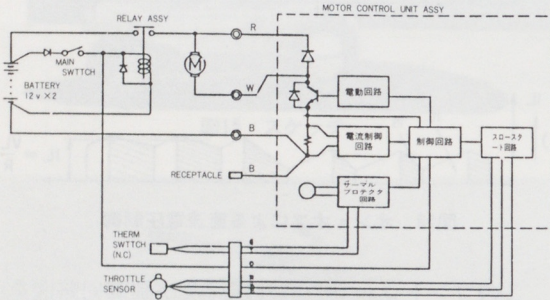


図21 電気系制御回路図

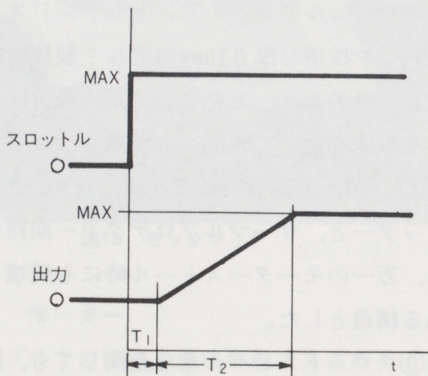


図22 スロースタート

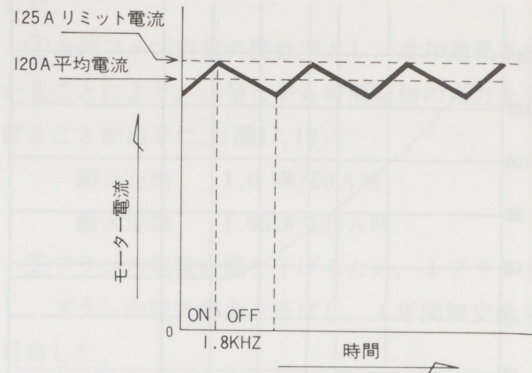


図23 スwitchingによる電流特性

5-4 バッテリー

サイクルサービス用として、日本市場で標準型の鉛蓄電池E B65を2個直列接続し24Vで使用している。このE B型電池は、電動車両や電動機器など、深い充放電サイクルを繰返す用途に適した設計となっており、性能は5時間率容量にて、65AHである。同一容量の自動車用電池と比べ、厚い極板を有するため、自動車の始動電流のような大電流を流したときの性能は劣るが、ゴルフカー的な使われ方の時は、約3倍の長寿命を有している(図24)。また寿命は、充放電サイクルにおける放電深さに大きく影響されるが、このE B65で標準的なゴルフコースで使用した場合約2年の寿命を有している。

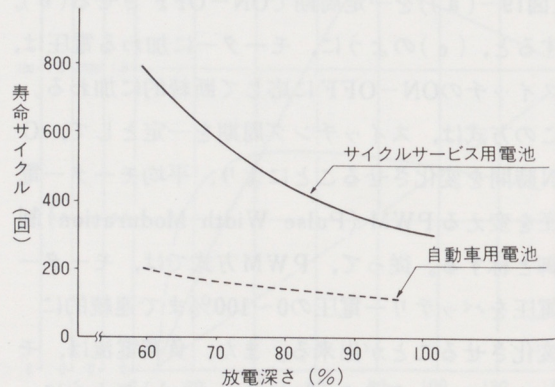


図24 放電深さと寿命の関係

5-5 駆動系

モーターに取付けられたギアケース内にて一次減速(ヘリカルギア2段にて1/9.3に減速)した

のち、チェーンにて1/3に減速し、リアアクスルシャフト上にフローティングマウントされたデフケースに伝達する構造とした(図25)。この構造は、ギアケース、デフケースとも小型かつ簡単な構造となりコスト、ウェイト面でのメリットを狙ったものであるが、チェーン張力のフレームへの分散や、リアアクスルシャフトのたわみ支持等、力のバランスに難しさがあり、開発上力を注いだ点の一つである。

5-6 ボディー、フレーム

フレームは鋼管角型チューブ主体のパイプ溶接構造で、強度面はすべてフレームにもたせ、ボデーはカバーリング主体の機能とした(図26)。

フレームの低面及び側面は鋼板で覆い、かつボデーパネルとの間をシールすることで、電装品及び駆動系を埃や水から隔離して信頼性の向上をはかった。またボデーパネル上部には、大小二つのリッドを設け、充電リセプタクル用及び、バッテリーメンテナンス用として整備性を考慮すると同

時に、バッテリー充電時の水素ガスの室外への拡散が自然に行なえるよう配慮した。また、前上部のボデー2部品で作られる内部スペースは、バッテリーケースとしての機能を持っている。ボデーと一体となったバッテリーケースは、他のゴルフカーにみられない車体構造上の特徴の一つである。

5-7 懸架、ブレーキ他

懸架は、前後共リジットである。ゴルフ場の使用においては、専用カートバス(舗装路)か、芝生上の走行であること。乗降が頻繁で、1回の走行は長くて200m程度であること、また立乗りであること等のため、リジットサスによる実用上の障害は殆どなく、むしろ、安定性や、構造簡素化へのメリットが大きい(図27)。

ブレーキは、図25にも示されているように、デフケースに取付けられたディスクプレートを制動するセンターブレーキ方式で、バーハンドル左のレバー操作がワイヤーを介してキャッパーに伝えられる機械式を採用した。

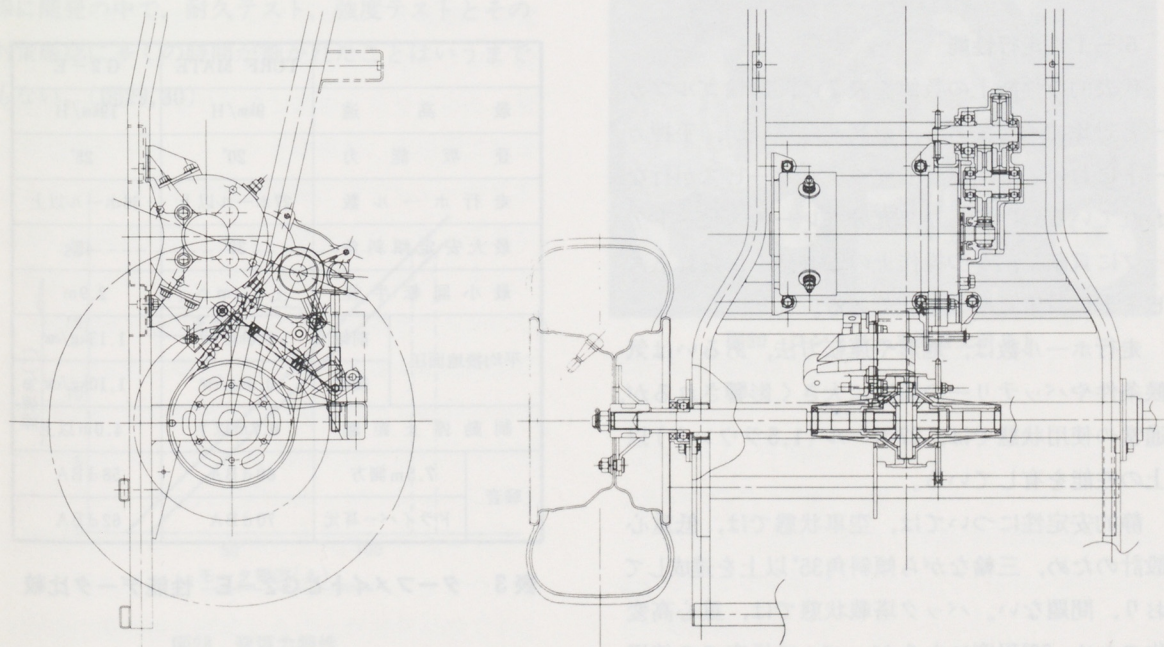


図25 駆動系構造図

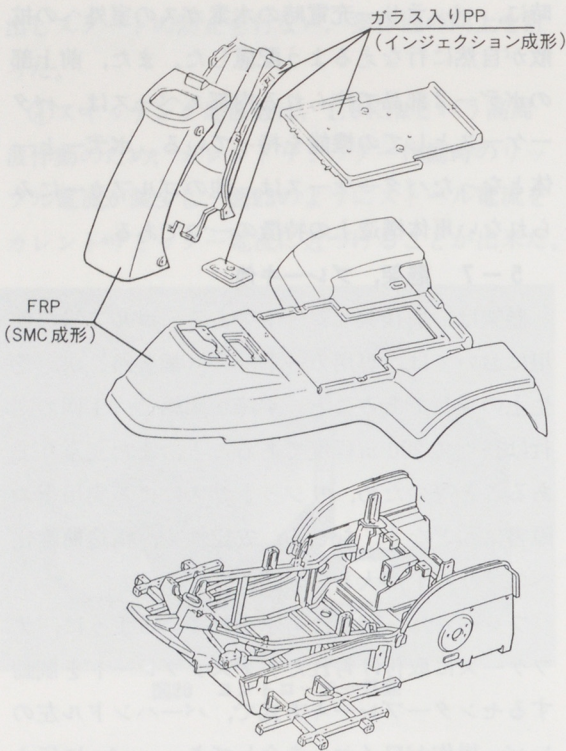


図26 ボデー及びフレーム構成図

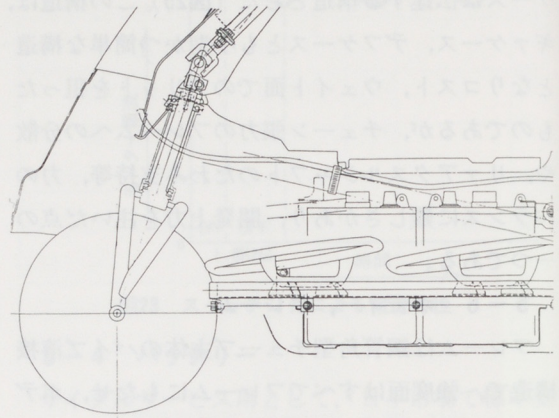


図27 前輪懸架とステアリング機構

6. 車両性能

6-1 走行性能

代表的な性能上の数値を表2に、四輪ゴルフカートと対比で示してある。最高速は遅いが、手押カートにおいては、徒歩でキャティサービスが行なわれているわけであり、充分プレーのスピードアップに貢献し、かつ操作上の安心感を保られるスピードに設定したつもりである。

走行ホール数は、地形や運転方法、あるいは気候条件やバッテリーの新旧に大きく影響されるが、通常の使用状態では、27ホール(1.5ラウンド)以上の性能を有している。

静的安定性については、空車状態では、低重心設計のため、三輪ながら傾斜角35°以上を達成しており、問題ない。バック搭載状態では、重心高変化のため、22°程度になるが、ゴルフ場内での使用においては、実用上問題のない領域であることは

		TURF MATE	G 2-E
最高速		9km/H	19km/H
登坂能力		20°	25°
走行ホール数		27ホール以上	36ホール以上
最大安定傾斜角		38°	45°
最小回転半径		1.4m	2.9m
平均接地面圧	前輪	1.0kg/cm ²	1.13kg/cm ²
	後輪	0.9kg/cm ²	1.10kg/cm ²
制動停止距離		0.7m以下	4.0m以上
騒音	7.5m側方	60 dBA	58 dBA
	ドライバー耳元	70 dBA	62 dBA

表3 ターフメイトとG2-E 性能データ比較

確認されている。

登坂角については、いくつかのゴルフ場を調査した結果、実用上クリアすべき傾斜角は 16° 程度と思われMax 20° 程度を目標に開発を進めた。トランジスターの容量に限界があり、最大125 Aをリミット電流として設定している関係上、あとは車重とギアレシオの関数として決まってくる。モーター定格の許す範囲の駆動トルクが得られる抵抗式との大きな違いがここにある。

図28に電流値と登坂角の関係を芝生、舗装路各々について示す。

6-2 耐久, 強度

従来とまったく異なる形態の車両とはいえ、ゴルフカーと同様な考え方で開発を進めてきた。基本的には、不特定多数の人に使用されるレンタルカーであること、従って衝突、衝撃等日常的に起りうる使用形態の中でも走行を保証しうる強度をもたせること、また年間平均200ラウンドの使用で4年間を第一期ライフと想定し、その間基本部分に重大欠陥なく使用に耐える信頼性を確保すること等を、開発基準の考え方としてきた。また実際に開発の中で、耐久テスト、強度テストとその対策確認に多くの時間が割かれたことはいまでもない。(図29, 30)

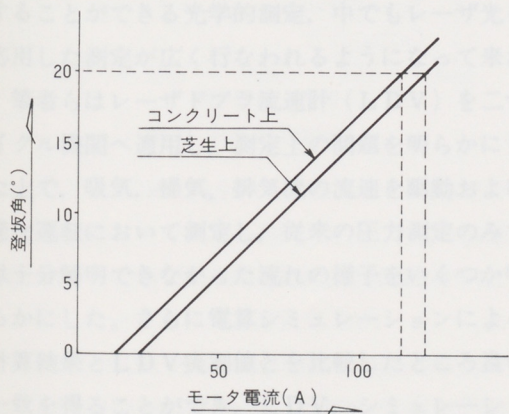


図28 登坂力特性



図29 悪路走行耐久テスト

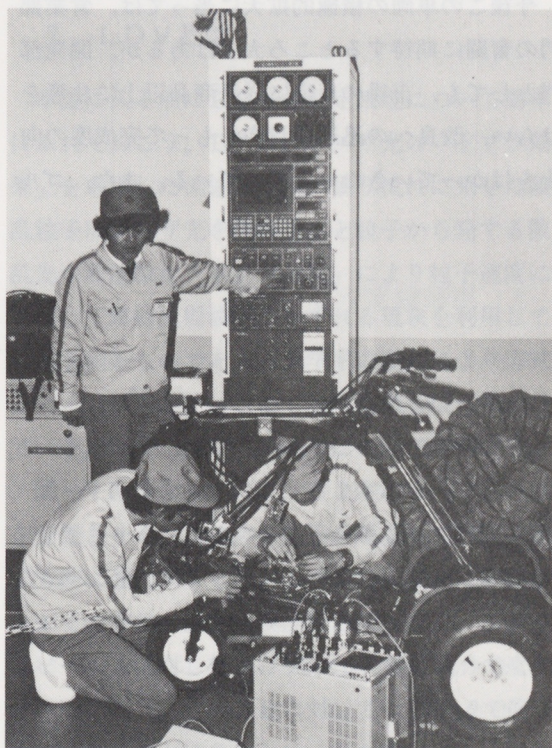


図30 コントロール系台上テスト

7. あとがき

ターフメイトは、今後のゴルフカー市場の中で、まったく新しい地位を確保していく商品であり、同時にゴルフそのものの形態をも変えうるツールとしたい、という期待を担って開発された商品である。しかしながら、ゴルフカーというものは、乗って楽しむことが主眼の車両ではなく、あくまでゴルフプレーが主でゴルフカーは付随的な道具でしかないわけであり、その意味では、市場のマインドはかなり保守的である。

今後この車両の積極的拡大に当っては、営業部門の奮闘に期待するところ大ではあるが、開発部門としても、市場の反応に従来商品以上に注意を払い、改良への迅速な対応をもって完成度の向上をはかっていきたいと考えている。また、ゴル

フカー以外の用途へも応用可能性の高い車両であり、検討を進めていくつもりである。

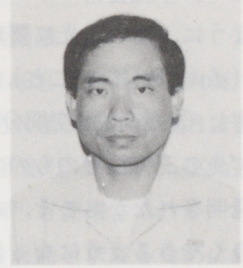
最後に、このターフメイトの開発は、昨年5月から実質的にスタートし、今年3月の先行生産まで、正味10ヶ月強という新商品としては異例の短期間で開発されたものである。これは、直接開発に携わった車両技術二課及び電子技術課の担当グループ諸君の大変な頑張りに負うところ大であるが、同時に、社内関連部署の担当者や、メーカー、関連会社の絶大なバックアップのもとに成し遂げられたものであることを付記しておく。

今後共ゴルフ場、販売会社各位はもとより、広く皆様方のご意見、ご教示を頂き、愛される商品として一日も早くパーフェクトな車両に近付けていく所存である。



図1 ターフメイトと従来のゴルフカーの性能データ比較
資料提供 本田

LDVによる二サイクルエンジン内流速測定



研究部 研究一課 松尾典孝

1. ま え が き

昨今、二輪を含む自動車用エンジンは排ガス問題を克服し、低燃費、高出力へと再び飛躍を始めている。

このような時代には新しい、革新的エンジン技術の出現が期待されるが、これを生み出すために、エンジン内での様々な現象、プロセスを解明し理解することの必要性がますます高まって来ていることは言うまでもない。

一方、最近の光、エレクトロニクス技術の目覚ましい発達に伴い、それらを応用したエンジン計測技術もここへ来て急速な進歩を見せている。特に実機運転中のエンジンを非接触、実時間で測定することができる光学的測定、中でもレーザ光を応用した測定が広く行なわれるようになって来た。

筆者らはレーザドプラ流速計(LDV)を二サイクル機関へ適用し、測定上の問題を明らかにした上で、吸気、掃気、排気流の流速を駆動および発火運転において測定し、従来の圧力測定のみでは十分解明できなかった流れの様子をいくつか明らかにした。さらに電算シミュレーションによる計算結果とLDV実測値とを比較したところ良い一致を得ることができ、LDV、シミュレーション両者の実用性を確認することができたのでここに報告する。

2. LDVとは

本論に入る前にLDVの測定原理について簡単にふれておこう。LDVはレーザ光の「ドブラ効果」を応用した流速計で、つまり流れに乗せた散乱粒子にレーザ光を照射すると粒子から発する散乱光の周波数が「ドブラ効果」により粒子速度に比例して照射光周波数からずれる現象を利用して流速を測るものである。光学系の配列により方式はいくつかあるが、ここでは現在最も広く使われている、Dual Beam Mode について説明する。

図-1に示すようにA、B 2本のレーザビームを交差させる。交差点を粒子が速度Vで同図に示す方向に通過すると、レーザ光は広範囲に散乱するがその中の一部を光検出器で検出する。このときビームAに対し粒子は $V\sin\theta$ の速度成分で遠ざかりつつあり、ビームBに対しては $V\sin\theta$ で近づきつつあることになるため、各々のビームによる散乱光の周波数 f_{SA} 、 f_{SB} は発信周波数を f_0 、光速をCとすると「ドブラ効果」により

$$f_{SA} = (1 - V\sin\theta / C) \cdot f_0 \dots\dots\dots(1)$$

$$f_{SB} = (1 + V\sin\theta / C) \cdot f_0 \dots\dots\dots(2)$$

したがって光検出器上では両方の散乱光の重ね合わせによる光強度のビート(うなり)が得られ、その周波数 f_B は

$$f_B = f_{SB} - f_{SA} = 2V\sin\theta / C \cdot f_0 \dots\dots\dots(3)$$

f_B を信号処理器で求めれば(3)式からVを求める

ことができるというわけである。

またレーザ光を用いるのは、測定原理から明らかのように、用いる光に要求される特性が、①単色性 (f_0 に幅がないこと)、②同位相性 (ビートを出す)、③指向性 (空間分解能) の三つであり、レーザ光の三特性そのものであるからで、レーザ光が発明されたからこそ、この原理に基く測定が精度良くできるようになったと言える。

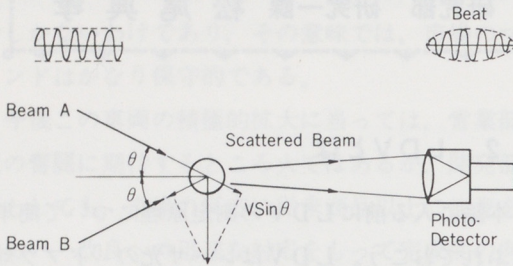


図1 測定原理

3. 実験装置および実験方法

3-1 供試機関

使用した機関はヤマハR X125(3M5) エンジンであり主要諸元を表-1に、断面を図-2に示す。

気化器下流に吸気流速 (U_i) 測定用窓、および排気口直後に排気流速 (U_e) 測定用窓がレーザ入射および散乱光検出のため、各一組対面して設けられているが、管径、管長など原形機関とほぼ同様に作られている。排気系は実機のままであるが、吸気系はクリーナを取外し、サージタンクに結ばれ、さらに層流型流量計が取り付けられている。

図-2に示した吸気流速 U_i 、排気流速 U_e の測定は図-3のAに示す原形シリンダを使用した。掃気流速 (U_s) の測定は測定用窓のレイアウト上の問題から同図Bに示す改造シリンダで行なった。Bシリンダ使用時の吸・排気流速はAシリンダ使用時と有意な差は認められなかった。掃気流以外はAシリンダでの測定値である。

流速値との比較のため各測定部に近接した所での圧力、すなわち吸気管 (P_i)、掃気通路 (P_s)、

排気管 (P_e) およびシリンダ内 (P_c) 圧力を動歪み形指圧計で、またリード弁前後差圧 (P_r) も差圧計で測定した。

表1 機関諸元

Type of engine	Two-Cycle, Crankcase Compression.
Valve	single cylinder
Stroke Volume	Piston and Reed
Bore/Stroke	123 ml
Compression Ratio	56/50 mm
Exhaust Timing	6.7
Scavenge Timing	90° (B/A) TDC
Spark Timing	120° (B/A) TDC
Crankcase Volume	20° BTDC
Scavenging Type	470 ml
Fuel	Schnürle
Carburetor	Oil Mixed Gasoline
Max. Power/Revo.	VM24
	9.9 kW / 8500 rpm

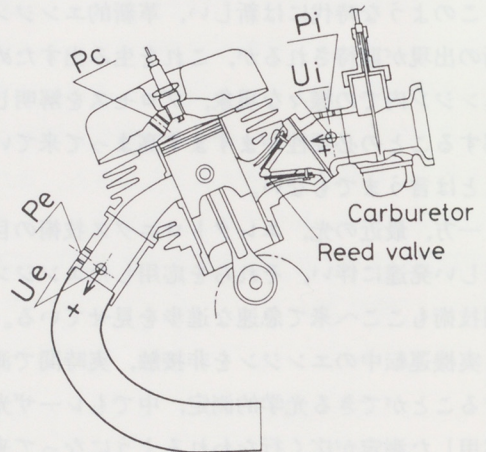


図2 供試機関

供試機関の気化器絞り弁全開の駆動および発火運転時の給気比 (K) を図-4に示す。吸気管は全長 $L_i = 0.5$ m および 1.35 m の二仕様について比較した。

駆動運転時の吸気管長 $L_i = 0.5$ および 1.35 m の二例間で K の回転数による傾向はほぼ似ているが、 $L_i = 0.5$ m の発火と駆動では大きく相違し流れが大きく異なることが予想される。

なお、駆動運転は可変速電動機で、発火運転の

動力吸収は水動力計で行なったが出力測定は省略した。

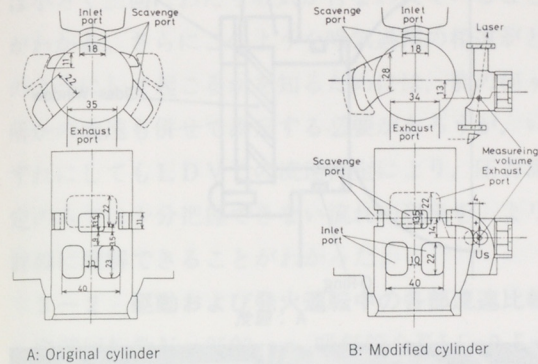


図3 掃気通路形状と掃気流測定位置

A: 原形シリンダ
B: 改造シリンダ

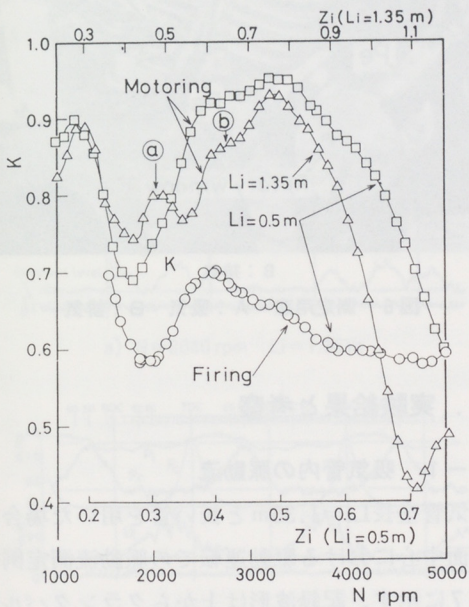


図4 給気比測定結果

3-2 レーザ流速計と測定上の問題点

(1) レーザドプラ流速計(LDV)

使用したLDV装置の仕様諸元を表-2に示す。

光学系は Dual Beam Mode 前方散乱方式の, DISA Mark II で, 光源は15mW He-Neレーザである。なお掃気流測定時は図-3Bに示すように, 空間的な制約から入射光路をプリズムにより曲げて

使用した。信号処理はトラッカ (DISA55L37) を用い, 出力はデータレコーダに記録した。

(2) 散乱粒子と供給法

吸気管流速測定には超音波加湿器の水滴¹⁾を, 掃気および排気流の発火運転時には JIS 試験用粉体11種²⁾, および六方晶窒化ほう素³⁾, 駆動運転時にはシリコンオイル滴⁴⁾も使用した。いずれの粒子も管内流の平均的な流動を求めるためには十分な応答性をもっている。図-5は粉体粒子供給用のタンクで, 浮遊した粒子をサージタンクに供給し, 平均化とともに大径粒子の除去に心掛けた。

(3) 測定用窓

LDVによる機関内流れの測定上の問題は前項の粒子の供給と測定用窓の汚れである。特に二サイクル機関では, ガソリン, 潤滑油, 燃焼生成物, および供給粒子のため汚れは極めて激しい。そこで測定用窓にはいろいろな汚れ防止対策を行なった。

まず吸気系では図-6Aに示すように窓は汚れたら即交代できるよう交換プラグに組込み式とし, プラグは吸気管本体にOリングで止めて, ワンタッチ交換可とした。さらに窓ガラス背面にはセラミックヒータを重ね, 運転前に200℃程度になるよう予熱を行なった。これにより散乱粒子として水滴を用いた場合には数分間, 測定可能状態を保つことができた。

表2 LDV装置仕様諸元

L.D.V. Model	DISA 55 L Mark II
Laser Wave Length/Power	632.8 nm / 15 mW
Beam Diameter at Focusing Lens	1 mm
Focal Length of a Focusing Lens	120, 300, 600 mm
Total Angle of Intersection	1.9° - 19°
Number of Fringes	32 - 127
Intersection Volume Length (e ⁻²)	0.7 - 36 mm
Intersection Volume Diameter	0.12 - 0.6 mm
Collecting Lens Aperture	3 - 26 mm
Focal Length of a Collecting Lens	105 + (120, 300, 600) mm
Distance from Intersection Volume to Collecting Lens	120 - 600 mm
Photomultiplier Pinhole Aperture	100 μm
Magnifying Power in a Receiving Optics	0.9 - 0.2
Frequency Shifter	Bragg Cell (40 MHz)
Signal Processor	Tracker (DISA 55L37)
Total Signal Processing Range	2.25 kHz - 15 MHz (7 steps)
Frequency Response of Processor	120 kHz (Max.)

次に排気系は吸気、掃気に比べ排気中のオイルやカーボンにより窓の汚れが著しいことがわかった。特に機関始動時に発生するカーボンにより窓が真黒くなり全く測定ができないというような状態であった。このため吸気系と同じような交換プラグ式では窓交換が余りにも頻繁になること、また窓交換の度に機関を停止、再始動を行なう必要があることなどから、排気系への適用は無理と考えた。

そこで排気系では運転中に窓を交換できるよう、図-6 Bに示すロータリ式の交換窓を採用した。これはロータリディスク上に二個の窓を設け、ディスクに設けたハンドルを回すことにより二個の窓が交互に入れ替り測定に供せられるようになっている。またその時汚れた方の窓は清掃することができる。

この方式により窓のクリーンな状態を10秒程度保つことができ、何度か窓を交代させながら受光系や信号処理系の調整、そしてデータ取込みが可能となった。

掃気についてはレイアウト上の問題から交換プラグ、ロータリ交換窓の方式ともに適用ができなかったが汚れが少しでも少なくなるよう、工業用ドライヤを用いて窓の予熱を行なうなどの工夫を行なった。

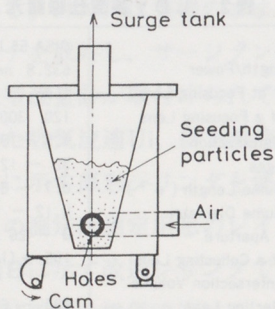


図5 粉体粒子供給装置

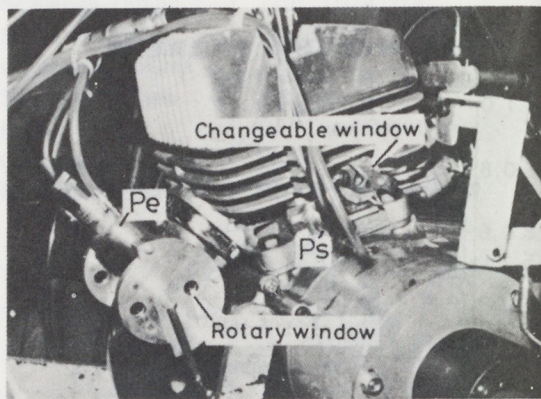
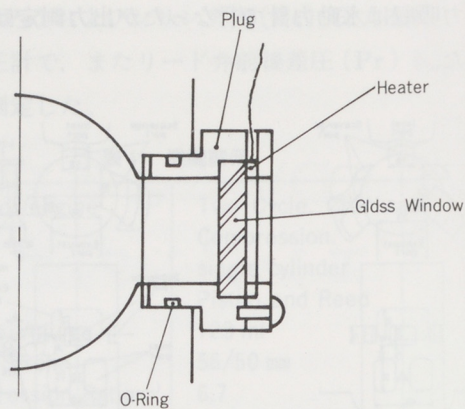


図6 測定用窓 A: 吸気 B: 排気

4. 実験結果と考察

3-1 吸気管内の脈動流

吸気管全長 $L_i=1.35\text{m}$ と長い管を用いた場合の管断面中心における駆動運転での脈動流測定例を図-7に示す。記録波形は上からクランクパルス(3° 毎)、吸気管圧力(P_i)、リード弁差圧(P_r)、シリンダ内圧力(P_c)、吸気流速(U_i)およびドプラ信号の状態を示すドロップアウト信号である。

まず P_i や P_r に注目するとa)とb)で圧力脈動の様子が大きく異なることがわかる。しかしこれらのデータから流れの様子、例えば流れの向き、流速変化などをイメージすることは困難である。

これに対しLDVでの流速測定結果 U_i を見ると、a)ではBDCからTDC数十度の間に流速の山が三回見られるのに対しb)では多少の凸凹はあるが

大きな山が一回見られるだけである。つまりb)では大きく一回の吸気が行なわれるのに対し、a)では小さく三回にわたり吸気が行なわれていることがわかる。さらにこのような吸気過程の相違がどのようにして起こるかを知るためには、別の何ヶ所かの流速も併せて測定する必要があるが、いずれにしてもLDVでの流速測定により、圧力測定のみでは十分把握できない流れの現象を、より詳細に理解できることがわかった。

3-2 駆動および発火運転中の各部流速比較

機関回転数 $N=2500\text{rpm}$ 、吸気管全長 $L_i=0.5\text{m}$ の場合の駆動および発火運転時における各部の流速：吸気(U_i)、掃気(U_s)、排気(U_e)、圧力：シリンダ(P_c)、吸気管(P_i)、リード弁差圧(P_r)、掃気通路(P_s)および排気管(P_e)の測定値を図-8に示す。

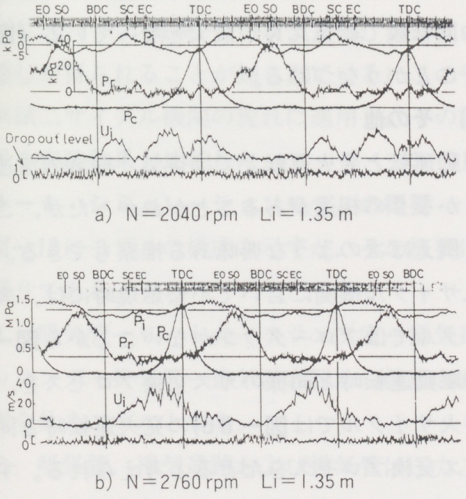


図7 吸気流速測定例 (駆動運転、 $L_i=1.35\text{m}$)

各流速は吸気から排気へ通常の流れ方向を正とし、この上流軸方向の流れ成分を測定したものである。

なお横軸のクランク角に記入された文字はTDC(上死点)、EO(排気口開)、SO(掃気口開)、BDC(下死点)、SC(掃気口閉)、EC(排気口閉)であり、TDCをT、BDCをBと略して示しているところもある。

また駆動運転の場合について、各部の流れに対する回転数の影響を図-9に示す。

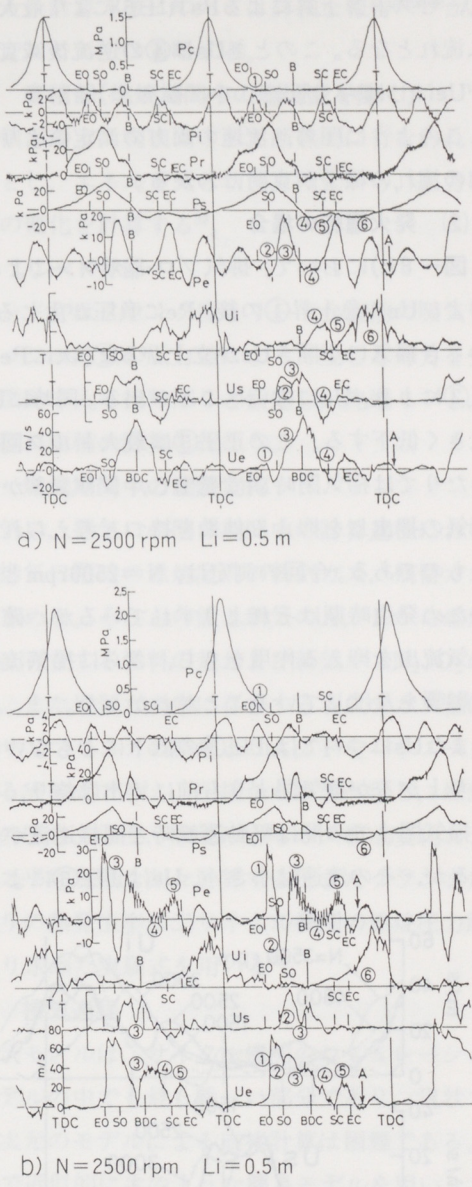


図8 駆動および発火運転における各部流速と圧力の比較 a) 駆動 b) 発火

(1) 駆動運転の場合

図-8 a)において排気が開くと P_c 負圧により P_e も負圧となり、 U_e には逆流が生じる①。掃気口開により U_s が発生し②、 U_e も排出流となる。 P_e の急上昇により U_s と U_e にへこみが見られる③。続いてピストン上昇による P_s 負圧④により U_s と U_e は逆

流となり、リード弁も開いて U_i が発生する。しかしこの U_i は P_s , P_e の再上昇によりいったん低下し⑤、ピストン上昇による P_s 負圧⑥により最大の吸入流れとなる。このとき U_s は④の逆流後減衰するが U_e はしばらく脈動している。

このように圧力、流速の両方の測定値より機関内の流れの様子が克明にわかる。

(2) 発火運転の場合

図-8b)において、排気ブローダウンによる P_e および U_e の急上昇①の後、 P_e に負圧が生じる。このとき掃気口が開き U_s が立上がる②。次に P_e の正圧③により、 U_e に強いへこみが出る。同時に U_s も大きく低下する。この正圧③は最大トルク回転数あたりでは掃気閉時期に発生し、シリンダからの新気の押し出しを抑える効果を持つと考えられているものである。今回の測定は、 $N=2500\text{rpm}$ と低速のため発生時期はそれよりずれているが、確かに排気流出を抑える作用をもち、さらに掃気流にまで影響を及ぼしていることがわかった。

また U_s については正圧③の低下にともない再び立ち上がるが掃気閉よりも前に流出は終り、その後掃気閉までの間は駆動運転時と同様逆流が発生するが、その流速は小さい。 U_e は正圧③によるへ

こみの後、再び立上がる④。これは掃気流の二回目の立上がりによるものと考えられる。また掃気閉後、 U_e には三回目の立上がりが見られ、排気閉時まで続くがこれがいわゆるピストン上昇によるシリンダ内ガスの押し出しを示しているもので、やはり新気を含んだかなりの量のガスがこの期間に排気へ流出していることがわかる。

U_i については駆動運転の場合と異なり、大きく一山だけが見られる。これはクランク室圧力を代表すると考えられる P_s の変動が駆動の④におけるほど大きくないためであろう。

(3) 回転数の影響

図-9より N が 3000rpm 以下では U_e と U_s の流れはほぼ同様に立上りはそろっているが、しだいに位相遅れが大きく、逆流は少なくなっている。

U_i は低速では二つの山が見られるが、 3500rpm では一山となり、しかも大きく立上がっており、この回転数で給気比 K が最大となっている(図-4)ことがうなづける。

(4) その他

駆動運転と発火運転とでは排気、掃気の流速変化にかなりの相違があることがわかったが、これより例えば次のような興味ある推察もできる。

二サイクル機関において不整燃焼時には、失火サイクルではブローダウンがないことから図-8a)の駆動運転時と同様のガス交換プロセスを、また着火サイクルでは図-8b)の発火運転時と同様のガス交換プロセスをたどると考えられる。すると失火サイクルでは排気閉直後には排気管からシリンダへの、新気を含むガスの吸戻しがあると同時にシリンダ内に掃気に先立つ流れを作り出し掃気流挙動にも影響することは十分に考えられる。また排気閉直前も着火サイクルではシリンダ内ガスの流出があるのに対し、失火サイクルでは逆に排気側からのガスの吸戻しがある。このように不整燃焼時には、ガス交換過程で通常連続着火運転時には見られない面白い現象が起きていることが推察される。別途、さらに詳しく調べてみたい

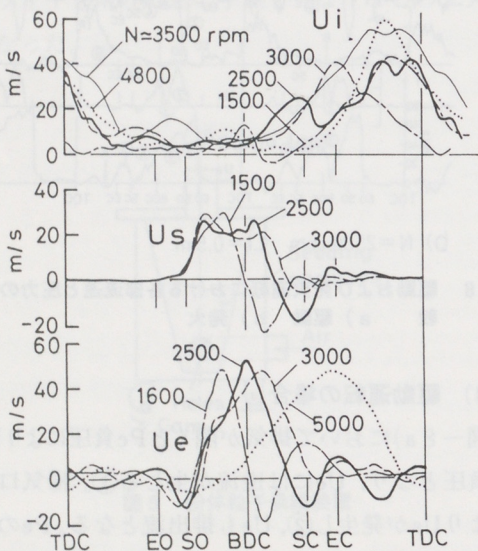


図9 各部流速に対する回転数の影響 (駆動運転)

ものである。

5. シミュレーション計算値との比較検討

前章までの実験と検討により、二サイクル実用機関における管内流の実時間測定に一応の見通しを得ることができた。しかし機関のあらゆる運転条件、あるいは構成要素の変更に応じて、すべての流れ特性をLDVで求めることは困難であり、実際的でもない。よって機関管内流れのシミュレーションモデルを作り、広範囲の予測計算、机上実験を可能とした上で、それを検証するために要所々々でLDVでの流速値を利用するというのが本来望まれる姿であり、今後のエンジン研究、開発にそのような形で両者が利用される可能性は大いにあると考えられる。

またすでに管内の圧縮性非定常流れの定量的解析に用いられている特性曲線法（四サイクル機関^{5),(6)}や二サイクル機関^{7),(8),(9)}によると、かなりよい見通しが得られることが知られている。この手法を供試二サイクル機関の流れに適用し、その計算結果を実験結果と比較した。

4-1 シミュレーションモデルの概要

図-10にモデルの構成を示すが、その概要は次の通りである。

1. 吸気管—リード弁—クランク室—掃気通路—シリンダ—排気管—排気消音器から構成される機関全体をモデルとする。

2. 吸気管、掃気通路および排気管は圧力、流速などに分布をもつ、いわゆる管部として扱う。このため各管ごとに内部をメッシュで分割し、各メッシュ節点ごとに圧力P、流速V、温度T、エントロピSなどの量を持たせる。

3. クランク室(V_{cc})、燃焼室(V_c)、排気消音器(V_{S1}~V_{S3})は容積部として扱い、内部のガス流動は考えない。

4-2 計算方法

(1) 管部の流れ

管内流れは一次元流れとし、特性曲線法により、

各メッシュ節点のリーマン変数 λ 、 β を求め、これより圧力P、温度T、流速Vなどの時間変化を計算する。計算方法については詳細な報告^{7),(8),(9)}があるので、ここでは省略する。

(2) 容積部(燃焼期間中の燃焼室を除く)

容積部のガス交換はすべて断熱的に行なわれるものとし、エネルギー式と状態方程式から、圧力と温度の変化を計算する¹⁰⁾。

(3) リード弁部

リード弁はクランク室とリード弁直前の吸気管内メッシュ節点の圧力差によって生じる外力を受けて振動する片持ちばりと仮定し、先端リフト、有効開口面積の計算を行なう。

(4) 燃焼期間中の燃焼室内

排気口、掃気口の開口期間中の計算過程において、排気口閉時の燃焼室内の新気ガス、残留ガス量を求める。それらの値と新気のA/Fから燃焼室内に存在する燃料の量および新気ガスN₂、O₂の量を、また残留ガス中に存在する各成分ガス量はガスサンプリングの結果よりA/Fをパラメータとする実験式で与え、圧縮から燃焼へ至る、燃焼室内の圧力、温度、燃焼によるガス組成変化およびガス平均比熱を刻々計算する¹¹⁾。またクランク角あたりの熱発生率は二サイクル機関の燃焼圧力解析より求めた実験式を用いる¹²⁾。

(5) 掃気過程

掃気モデルは二サイクル機関のシミュレーションモデルの中でも最も難しい部分であり、現状では三次元のモデルによる直接計算は困難である。そこで近似的に次のような簡易モデルを用いた。まず掃気開口後は完全層状（新気と残留ガスが全く混合しない）にて掃気が行なわれ、あるクランク角にて完全混合（新気と残留ガスが均一に混合する）に切り換わるものとする。実験的に掃気流を可視化して調べたところ、この仮定はある程度妥当なようであるが、完全層状から完全混合へ切り換わるタイミングを機関回転数、さらに個々の機関で変える必要があり、それを予測することが

難しいという問題が残されている。

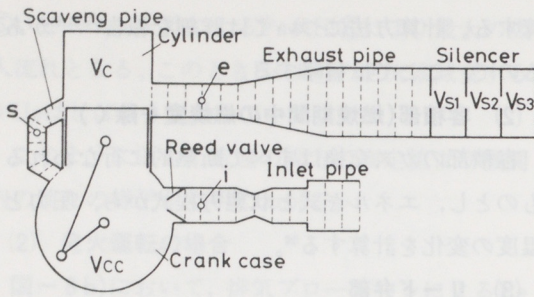


図10 シミュレーションモデルの構成

4-3 実験結果との比較検討

気化器絞り弁全開，機関回転数 $N=2500\text{rpm}$ における各管部の流速シミュレーション計算値（点線）とLDV実測値（実線）との比較を図-11に示す。計算値は一次元モデルであることから注目する点を含む断面の平均流速を求めていることになる。一方実測値は管中心付近の流速であり平均流速ではない。このような誤差要因を考慮の上，比較してみる。

(1) 駆動運転の流れ

吸気管の流れ U_i は実測の方が少し高めであるが流速変化の全体的傾向は合っている。また掃気流 U_s と排気流 U_e は細部の特徴まで非常に良く合っている。

給気比も実測値の0.9に対し，計算値は0.86と良い一致を示している。

(2) 発火運転の流れ

駆動運転と同一条件の発火運転での比較を図-11b)に示す。駆動運転の場合より少しずれがある。計算では発火運転時の排ガス温度変化が大きく流速変化に影響するが，排気管からの放熱量的見積りにまだ若干誤差があり，排気管内ガス温度の予測が十分でないことが原因しているのではないかと考えられる。

しかし全体的にみた山や谷の傾向はよく合っており給気比も実測値で0.7，計算値で0.66である。

(3) LDVおよびシミュレーション計算の実用性について

LDVは現在，機関管内流の全てを発火運転の条件で測定できる唯一の計測法であり，他の計測法によって検証することはできない。またシミュレーション計算はあくまでも予測手法である。したがって各々単独でその結果を評価するのは難しい。そのような意味で，今回の実験および計算の比較結果はLDVとシミュレーションの相互検証と言えるものである。こうして比較結果全体を通してみると，細部に至るとずれている所も見られるが，かなりのレベルで良い一致が見られ，一応両方の結果の信頼性が立証されたものと考えられる。

こうしてLDV，シミュレーション計算ともにエンジン内の諸現象の解明のための「ツール」として考えた場合，十分実用性を有していると言える。もちろん両方ともさらに実用性を高めるためいくつかの課題が残されている。LDVで測定するのは空間の一点での流速であるが，エンジン筒内などの流れでは流速分布が大きな意味をもつ場合が多い。今回，測定に用いたLDV装置では測定点，つまりレーザービーム交差点の位置を変えるのに，レーザー投光器を，それを保持する台ごと移動する必要があり，操作性が悪い。またエンジンの被測定部にはヒーターで加熱できるようにした窓を入光側，散乱光検出側に一組ずつ設ける必要があるエンジン側の準備にも手間がかかる。このような測定上の効率を良くすることがLDV計測の最大の課題である。これについては「光ファイバLDV流速ピックアップ」の開発等が試みられている⁹⁰。これは図-12に示すように，測定用窓，受光部を組み込んだもので，これをエンジン測定部に取付け，レーザー光を光ファイバーで導くもので，測定効率の大きな向上が期待できる。

一方，シミュレーション計算では，さらに燃焼，放熱などに関わる係数の実験式化や，掃気流の実験的研究を通しての掃気モデル改良などが大きな

課題である。また四サイクル筒内流などの解析に際しては二次元、さらには三次元のシミュレーションも必要となろう。

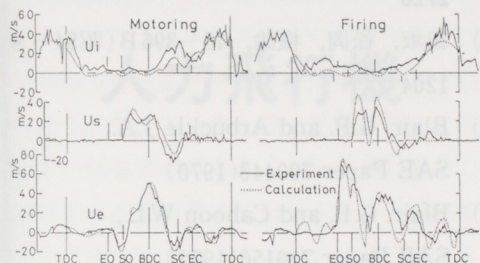
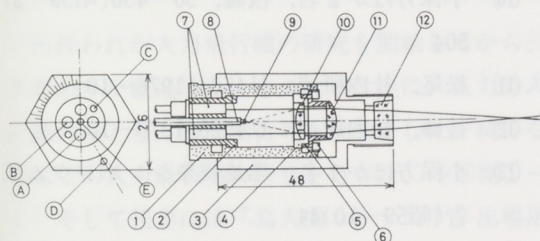


図11 吸気、掃気、排気流の実測値と計算値の比較 (N=2,500rpm)



- A; Transmitter fiber holes
- B; Water pipe holes
- C; Air outlet holes
- D; Dry air inlet hole
- E; Receiver fiber hole
- 1; Guide
- 2; Guide boss
- 3; Main frame
- 4; Receiver lens holder
- 5; Transmitter lens holder
- 6; Lens holder stopper
- 7; Transmitter fiber outlet
- 8; Receiver fiber guide pipe
- 9; SELFOC lens
- 10; Receiver lens
- 11; Transmitter lens
- 12; Quartz glass

図12 LDV用流速ピックアップ

6. まとめ

二サイクル機関における吸気、掃気、排気流速をレーザドプラ流速計(LDV)により実測した。また特性曲線法を用いたシミュレーション計算を行ない、実測と計算の比較を行なった。結果をまとめると次のとおりである。

LDVの実機への適用について

1) 駆動運転時の吸気、掃気流速測定用粒子に

は超音波加湿器の水滴、シリコンオイル噴霧の連続供給で十分である。

2) 駆動から発火運転の全流速において、従来から使用している関東ローム層粉や六方晶窒化ほう素を散乱粒子としてサージタンク内に供給することにより、測定可能である。

3) ガソリン、オイル、供給粒子、燃焼生成物などによる窓の汚れを防ぐには、窓ガラスの加熱も効果はあるが根本的な解決ではなく、プラグ式交換窓(吸気で数分使用可)あるいは回転窓(排気で十秒程で汚れるが運転中でも窓の交代可)により汚れたら取替える方式を採用した。

吸、掃、排気流の測定結果について

4) 流速の直接測定により、従来の圧力測定のみでは知り得なかった流れの現象を克明に理解することができる。

5) 各部の流れは駆動と発火運転でかなり様子が異なっている。排気流は発火運転においては圧力脈動に応じた流速変動がはっきりと認められ、また掃気閉から排気閉に至る期間のピストンによる「新気押し出し」の流れも認められる。これに対し駆動運転では、発火運転にはない、排気開直後および排気閉直前の排気管からシリンダへの逆流が認められ、不整燃焼時の排気系の影響等を考える上で興味深い。

掃気流は特に駆動運転時にはBDC以後、シリンダからクランク室へかなりの逆流が認められるが回転数が高くなるにつれその量は減少する。また排気管内の圧力脈動は掃気流速の変動まで影響している。

特性曲線法によるシミュレーション結果について

6) 吸気管—リード弁—クランク室—掃気通路—シリンダ—排気管—消音器と、エンジン全体を管と容積系でモデル化し、管内脈動流を計算したところ、駆動および発火運転時とも、実験値との良い一致を得、LDV、シミュレーションの相互検証ができ、各々の実用性を確認できた。

7. おわりに

本報告は、日本機械学会論文集、50—450(昭59—2)に掲載された「小形二サイクル火花点火機関における管内流のLDVによる測定」[小保方富夫(群馬大学);松尾典孝,平野嘉男(ヤマハ発動機)]よりその内容の多くを引用したことをおことわりしておく。また実験に用いたLDV装置は全て群馬大学所有のものである。

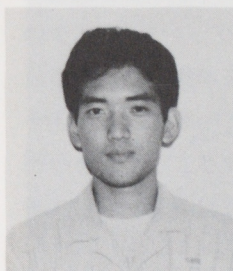
研究に際し多大の御世話と御指導をいただいた小保方先生および同研究室の方々、また研究の端緒、実験装置の準備に協力をいただいた当社研究一課の方々に心から感謝致します。

参考文献

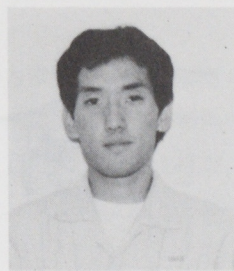
- (1) 小保方ほか2名, 内燃機関合同シンポジウム講演前刷集, 第2回(昭56—1)73
- (2) 小保方, 機習教, 468(昭53—6)111
- (3) 梶山ほか4名, 小松技報, 25—2(昭54)

- (4) Melling A. and Whitelaw J.H., DISA Information 15(1973—10)5
- (5) 鴨本ほか2名, 機論, 43—371(昭52—7)2726
- (6) 田坂, 松岡, 機論, 45—396B(昭54—8)1204
- (7) Blair. G.P. and Arbuckle J.A., SAE Paper 700443(1970)
- (8) Blair. G.P. and Cahoon W.L., SAE Paper 720156(1972)
- (9) 梶, 八田, 東大宇宙研報告, 8—4(昭47—10)1003
- (10) 小保方ほか2名, 機論, 50—450(昭59—2)504
- (11) 松尾, 社内研速, U4564(1978—10)
- (12) 後藤, 社内研速, U4520(1978—10)
- (13) 小保方ほか1名, 燃焼現象シンポジウム報告(昭59—10)44

人力飛行機



研究1課
鈴木 弘人



堀内研究室
鈴木 正人

1. はじめに

われわれが人力飛行機の研究を開始してから、7年余りが経過した。その前半は主に、人力のみを動力源とし、旋回飛行等を目的とした、純粋な意味での人力飛行機の研究を行った。(写真1-1)そして後半には「鳥人間コンテスト」出場用の機体で(写真1-2)、滑空機に、補助として動力を用いることによって直線滑空距離を延ばすことを目的とした、いわば人力滑空機の研究を行って現在に至っている。

この2種の機体の使用目的は異なるが、基本的な設計プロセスは共通するものなので、これら2種の機体を通じて、人力飛行機の話を進めて行きたい。

2. 人力飛行機の設計と技術的問題点

2-1 人間の出せるパワーについて

「人力飛行機の動力源は人間である」ということが最大の特徴なのであるが人力飛行機の設計を難しくさせる最大の問題点でもある。グラフ2-1を見ていただきたい。このグラフは競輪全米チャンプと普通の人、パワーと持続時間をグラフにしたものである。見て分かる通り、人間は訓練されたものでも瞬間的に1.5馬力、長い時間持続させようと思えば0.5馬力を切ってしまう程度のパワ

ーしか持ち合わせていない。われわれは、競輪選手を使うわけではないから、人力飛行機を設計する場合、0.3~0.5馬力で飛行可能なものにしなければならない。

また、グラフ2-2に示されているように、人間の出せるパワーは、ほぼ体重に比例して増加すると言える。このことは、機体設計上、パイロットの体重はあまり関係無いということになるが、なるべく軽い人間を使いたいというのが人情というものである。尚、グラフ上には、われわれの人力飛行機のパイロットを担当している鈴木正人のデータ(1982年23才当時、競輪学校パワー測定器にて計測)を黒丸で示してある。このパイロットは0.37馬力を10分間持続することが可能であり、体重も62kgであるから、パワーソースとしては合格品と言える。



写真1-1 人力飛行機ミラン'82

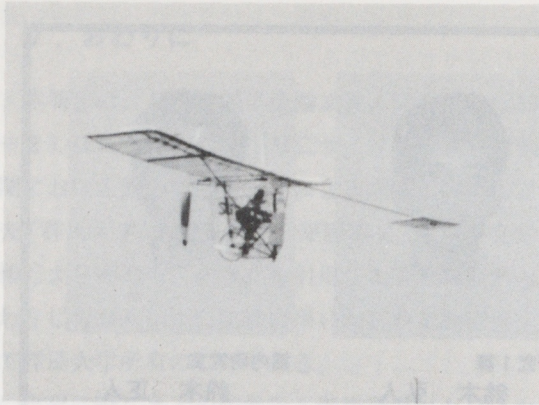
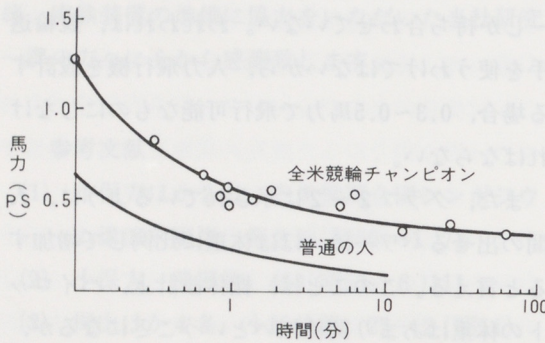
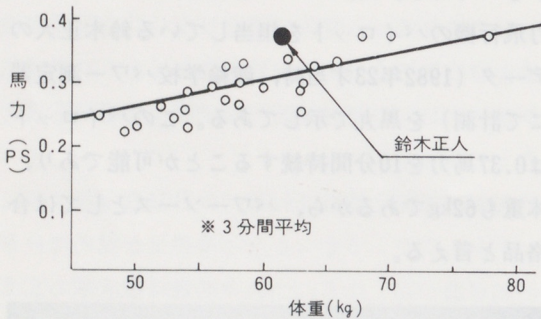


写真1-2 人力滑空機シーガルII



グラフ2-1 人間の出せる馬力と持続時間の関係



グラフ2-2 人間の出せる馬力と体重の関係

2-2 設計

(1) 人力飛行機

たとえ人力飛行機が極小のパワーで飛ぶものとはいえ、飛行の理論をもって飛んでいることに変わりはない。

飛行機の水平飛行に必要なパワーP (PS) は、

$$P = \frac{4}{75 \eta} \cdot \frac{C_D}{C_L^{1.5}} \cdot \left(\frac{W}{S}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで η : プロペラ効率, C_L : 揚力係数, C_D : 抗力係数, W : 機体総重量 (kg), S : 主翼面積 (m^2), を表わす。

この式で、左の項は、プロペラの性能に関する性能向上を表わす。すなわち η を良くすることが必要パワーを低減させることを表わす。中の項は機体自体の空力性能を表しており $C_L^{1.5}/C_D$ を大きくとる (失速迎角で飛ぶことを意味するが、飛行状態の余裕が無くなるため、失速迎角より多少低い迎角を水平飛行にセットすることが多い) ことがパワーの低減を意味する。 C_L の値は、機体を計画する際、主翼の翼断面形を選んだ時点で (翼断面形は NACA 等のデータの揃ったものを使うことが多い) 決まっているといたっても良いので、後は、いかに空気抵抗の少ないフォルムを削り上げるかにかかっていると云える。

右側の項は、構造設計による要因が大きいと云える。 W を小さく、 S を大きくとれば良いわけであるが S を大きくとれば、それなりに構造重量も増し、パワーの低減を実現出来ない可能性が大である。ところが、複合材料 (カーボンファイバー、ケブラー等) の出現が、 W/S の値をかなり小さくせしめ、最近、「大きな機体を軽く作る」ことに重点を置いた機体が人力機の理想とまで言われた。この W/S (翼面荷重と呼ぶ) の極端な低減は、多少の C_D 増加をもカバーすることが出来るようになる。

ちなみに、前述のミラン (写真1-1) では、 $W=91\text{kg}$ (機体重量29kg), $S=43\text{m}^2$, $W/S=2.1\text{kg}/\text{m}^2$, である。この機体は、ピアノ線による張線構造で、主翼の大きさは、ジェット旅客機グラス DC-9にも相当するものであるが、重量は1%にも満たない。これを $5.4\text{m}/\text{sec}$ のピードで水平飛行することが可能だ。

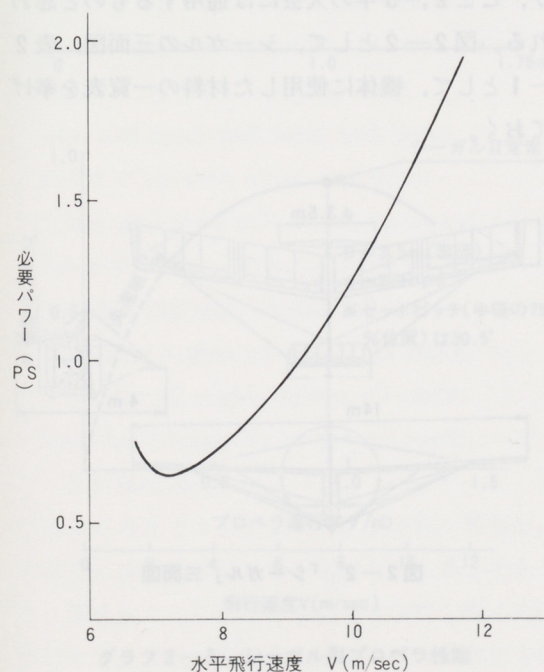
実際、機体設計に入ると、その製作場所のスペース、飛行場まで運ぶトランスポーターの寸法などからの制約が多く、上記の寸法でおさまっている。というわけで、開発環境も機体の性能に多少

なりとも影響を及ぼす。

もうひとつ付け加えておきたいことは、地面効果 (Ground Effect) である。機体の空力性能は、飛行高度により大きく変化する。機体が地面に近づくとき主翼廻りの空気が地面の影響を受け、空気抵抗が減少する。このことは、必要パワーの低減に役立つ。従って、多くの人力飛行機は、高度 2 ~ 3 m の所を飛んでおり、パイロットはその高度を維持する様に機を操縦することが、自らを楽にすることにつながる。

(2) 人力滑空機

われわれは、機体の持つ性質から、「鳥人間コンテスト」出場機を、人力滑空機と呼ぶことにした (機名「シーガル」)。なぜならば、この機体は、最初から、長距離飛行を目的とせず、第 7 回大会の飛距離 162 m から、ターゲットを 200 m に置いているからである。パイロットがたとえ、一生懸命にこいだとしても、機体は徐々に沈下して行く設計となった。グラフ 2-3 は、シーガルの性能曲線であるが、これを見ての通り、この機体を水平定常飛行に入れるには最低でも 0.6 馬力は必要である。



グラフ 2-3 シーガルの必要パワーと速度

つまり、人力飛行機には成り得ないのである。(1) の①式で言うところの W/S が大きく、 C_D も大きいのである。

次に、この機体を動力滑空に入れたときのことを考える。図 2-1 は、動力滑空中の機体の釣り合いを示す。ここで、 L : 揚力、 D : 抗力、 T : 推力、 W : 機体総重量、 θ : 滑空角を示す。単

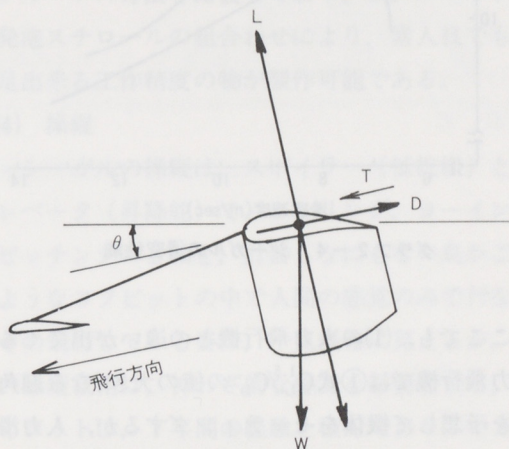


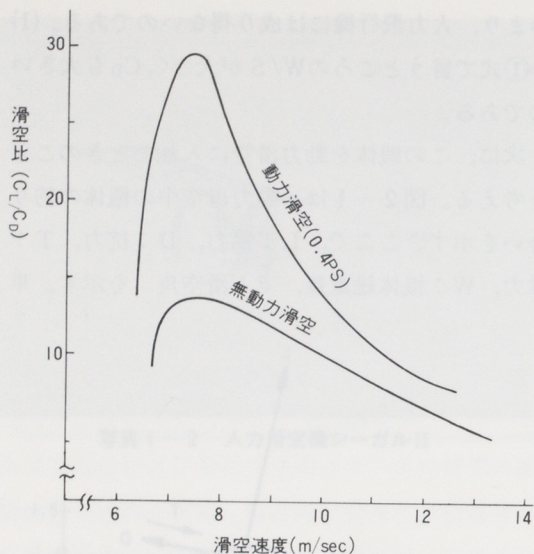
図 2-1 動力滑空中の力の釣り合い

位はいずれも kg である。このとき、滑空比 $G.R$ (Glide Ratio) は、

$$G.R = \frac{1}{\tan \theta} = \frac{L}{D - T}$$

で表わされる。無動力の滑空機では、 $G.R$ は L/D で表わされるから、動力滑空機で D から推力 T 分を差し引いた分が滑空機で言う D に等しいため、滑空性能は、無動力滑空機のそれよりは有利になることが予想される。

グラフ 2-4 を見ていただきたい。これは、シーガルの滑空性能を表わしたものである。これからわかるように、滑空機としての性能は、他の参加機 (L/D 16~18 が常識) に比べてはるかに劣っている。しかし、プロペラによって推力を与えることによって $L/(D-T)$ は 30、飛距離にして 300 m は飛ぶ計算になる。



グラフ 2-4 シーガルの滑空性能

ここでも、(1)の人力飛行機との違いが出てくる。人力飛行機では①式 $C_L^{1.5}/C_D$ の値の大きくなる迎角を予想して機体をセッティングするが、人力滑空機では、一般の滑空機と同じ C_L/C_D の最大値 ($C_L^{1.5}/C_D$ 最大値の迎角より小さい迎角の位置) で滑空させるのが理想である。

また、シーガルの定常速度は7.6m/secである。この値は参加機の中でも遅い部類に入る。本機は、大会の規約上、10mの助走路を自力で走って離陸しなければならないが、計算によると10mの助走で約6.5m/secまで加速可能と言うことがわかってきた。この値は、定常の滑空速度に近い値であり、離台時の安全性を意味している。1 m/sec程度の向い風があれば、離台即定常飛行に移行可能だ。さらに、多少の強風が吹いても前進出来る速度であるとも判断された。

ここで、空力設計と関係は無いが、シーガルの寸法を決定するに当たって三つの要求を満足せねばならなかった。どうしてもテスト飛行では、毎回、飛行場までの運搬を余儀無くされる。シーガルは約10分割に出来るのであるが、かなりの労力を要することが予想された。この労力をすこしでも軽減させるには、機体をコンパクトにするしか

ない。最大でも4 tトラックで運搬可能にするため、翼長14mに決められた。われわれは、この翼を4分割し、1枚3.5mを4列にならべて2 tトラックに収まる設計とした。

また、大会当日は、スタート台まで機体を持ち上げなくてはならない。この時の台までのスロープの付いた通路がくせもので、このスロープの角度だけ迎角を大きくとった、パイロットの乗っていない機体は向い風によって強烈な揚力を生じる。それを押さえるのには大変苦勞する。一步間違えば機体は飛ばずして命を閉じる。これは大きな機体ほど影響は大きい。

さらに、この機体の製作時間である。設計、開発メンバーは、退社後の時間と、休日のみに作業を行う。このために、製作に費す時間は非常に制約され、複雑で凝った機体を作ることはできない。それには構造が簡単でコンパクトな機体でなければならない。

シーガルは、「鳥人間コンテスト」出場機として十分なORを行って決定した機体寸法とは言い難く、もっと理想の機体像が有るのかもしれないが、ここ2、3年の大会には通用するものと思われる。図2-2として、シーガルの三面図、表2-1として、機体に使用した材料の一覧表を挙げておく。

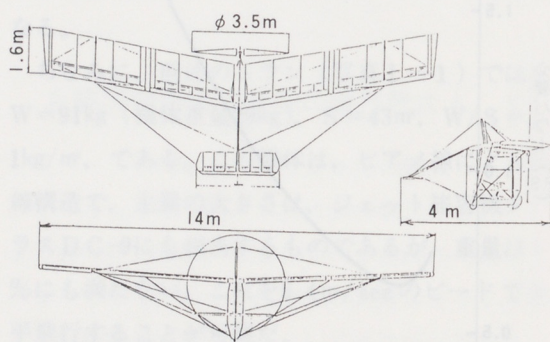


図 2-2 「シーガル」三面図

名称	使用材料	備考
主翼桁	C.Fパイプ	曲げE=10,000kg/mm ²
胴体フレーム	クロモリパイプ, CFパイプ	自転車部分はクロモリ使用
主尾翼リブ	発泡スチロール	
張線線	SUSピアノ線	φ 0.6mm
桁間ジョイント	アルミパイプ	A 6061 T 6
外被	PPフィルム	t = 0.01 mm
サドル	C.F, ケブラ	
プロペラ	C,Fパイプ,発泡スチロール	外被はPPフィルム
駆動チェーン	市販品 RS25	

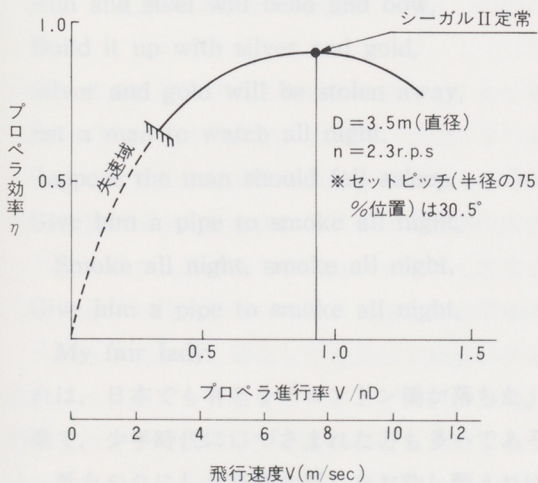
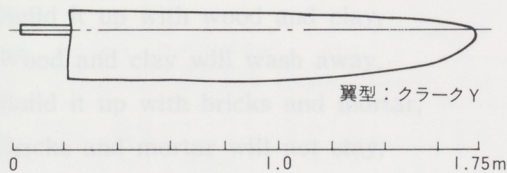
表 2-1 「シーガル」主要材料一覧

(3) 人力飛行機（滑空機）用プロペラ

極小の馬力で飛ぶ人力飛行機にとって、プロペラの設計も大変重要である。

我々の使用しているプロペラは、東京大学境界領域研究施設東研究室のプロペラ設計プログラムを使用させていただいての設計となっている。

グラフ 2-5 は、シーガル用に設計されたプロペラの平面形と、効率のグラフである。



グラフ 2-5 シーガル用プロペラ性能

このプロペラの効率、最良動力滑空時で、90%に達する。プロペラの最適ピッチは、テスト飛行時のパイロットの脚にかかる負荷トルクと、機体の飛行状態の観察から、0.5°単位でセッティングを採らねばならない。テスト飛行はそのためにあると言っても過言では無い。

プロペラの工作法は日本大学の人力飛行機開発グループの方法を踏襲しており、C,Fのパイプと発泡スチロールの組み合わせにより、素人技でも満足出来る工作精度の物が製作可能である。

(4) 操縦

シーガルの操縦は、スポイラー（抵抗板）とエレベータ（昇降舵）で、ローリング、ヨーイング、ピッチングの3軸を、計器もなにもない鳥かごのようなコックピットの中で人間の感覚のみで行なう。その飛行している姿は、一見優雅に見えるが、その操縦技術は、神わざ的な感覚を必要とする。パイロットは、7年間の経験を積んでおり、いちおうの信頼は持てる。

特に「鳥人間コンテスト」においては、当日の気象条件は人力滑空機にとっては過酷なものであり、その場に応じた判断力と操縦技術が要求されることになる。そのためにも大会前2ヶ月間の飛行練習は必須である。

4. 「鳥人間コンテスト」メンバーについて

我々のメンバーは14名。56~58年度入社 of 技術系社員が主力となっている。

そして、今年の夏もまた「鳥人間コンテスト」に出場する。メンバーの設計、製作はウィークディの午後8時~11時に当てている。時には12時を過ぎることすらある。このペースで進めれば5月下旬にはロールアウト可能な勢いだ。

この大会は、テレビ番組の性格上、どうしてもパイロットのみが脚光を浴びてしまうが、こうしたメンバーの影の力によって支えられていることを忘れてはならない。

5. おわりに

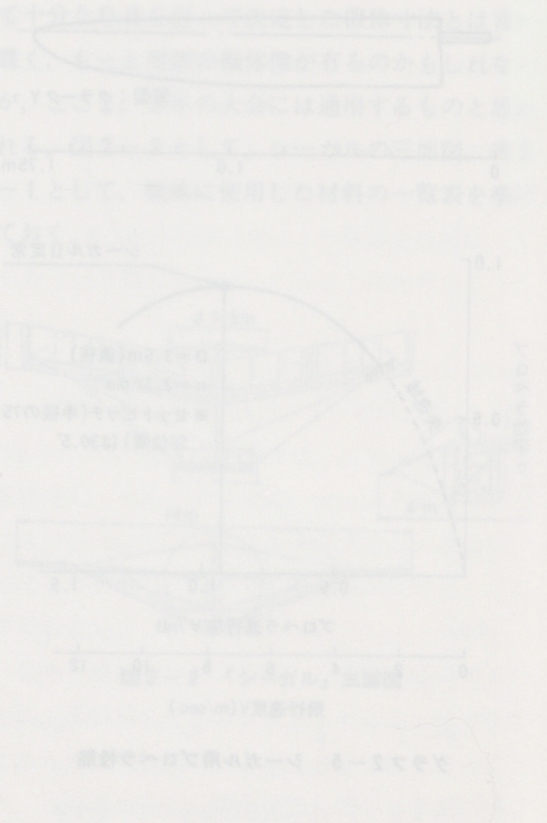
以上人力飛行機について述べてきたが、ここで、過去7年間に渡って協力していただいた人々、ならびに多方面においてバックアップしていただいた関連事業部の方々に誌上を借りて御礼申し上げ、本項目を終了したい。

参考文献

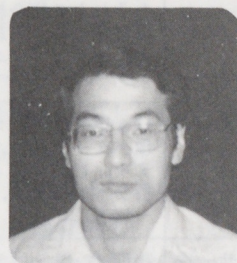
- 内藤子生：「飛行力学の実際」
- 木村秀政：「人力飛行機」航空宇宙学会誌32巻
- 内藤 晃
- 木村秀政：「リネットからストークまで」航空ジャーナル
- 山名正夫：「飛行機設計論」
- 中口 博

項目	内容	備考
1	機体設計	機体設計部
2	機体製作	機体製作部
3	エンジン	エンジン部
4	操縦装置	操縦装置部
5	燃料系統	燃料系統部
6	電気系統	電気系統部
7	整備	整備部
8	試験	試験部
9	広報	広報部
10	総務	総務部

その結果、機体製作部、エンジン部、操縦装置部、燃料系統部、電気系統部、整備部、試験部、広報部、総務部の各部門が協力して、このプロジェクトを成功させた。特に機体製作部とエンジン部の協力が、このプロジェクトの成功に大きく貢献した。また、機体製作部は、機体製作の経験豊富な技術者が多く、機体製作の品質を高く保つことができた。エンジン部は、エンジンの設計と製作に精通しており、エンジンの性能を高く保つことができた。操縦装置部は、操縦装置の設計と製作に精通しており、操縦装置の操作性を高く保つことができた。燃料系統部は、燃料系統の設計と製作に精通しており、燃料系統の信頼性を高く保つことができた。電気系統部は、電気系統の設計と製作に精通しており、電気系統の信頼性を高く保つことができた。整備部は、機体の整備に精通しており、機体の信頼性を高く保つことができた。試験部は、機体の試験に精通しており、機体の信頼性を高く保つことができた。広報部は、機体の広報に精通しており、機体の知名度を高く保つことができた。総務部は、機体の総務に精通しており、機体の運営を円滑に行うことができた。



材料技術における 最近の話題 (I)



研究部材料グループ 工学博士 山 縣 裕

1. はじめに

英国の童謡、マザーグースの歌集の中に次の様な一節がある。

London Bridge is broken down,
Broken down, broken down,
London Bridge is broken down,
My fair lady.
Build it up with wood and clay,
Wood and clay will wash away,
Build it up with bricks and mortar,
Bricks and mortar will not stay,
Build it up with iron and steel,
Iron and steel will bend and bow,
Build it up with silver and gold,
Silver and gold will be stolen away,
Set a man to watch all night,
Suppose the man should fall asleep,
Give him a pipe to smoke all night,
Smoke all night, smoke all night,
Give him a pipe to smoke all night,
My fair lady.

これは、日本でも有名な「ロンドン橋が落ちた」の歌で、少年時代に口づまされた方も多いであろう。歌をねたにした無粋な話しをお許し願えれば、歌の中で、落ちた橋に対し、橋の素材の選択方法とその結果として起こり得る問題の予知対策、今

風に言えば、橋の故障解析とFMEAを歌っている。ある構造物ないしは機構を組み合せ、当初の目的を達成するため、いかなる素材を選べば良いか、という問題は人類が地上に現れて以来の命題であろう。

ところで、最近では材料技術が技術開発のキーテクノロジーとして意識されている。本特集では、材料技術の最近の話題を何回か連載する予定であるが、材料技術とはいったいどういうものなのか、具体的イメージを持っておられない方も多いためと考えられるのでこのあたりの解説から始めた。

2. 材料技術における2つの側面

材料技術とは、一言で言ってしまえば、材料にかかわる技術全てであるが、今、我々が特に着目すべき側面として、次の2つが重要ではないだろうか。

その一つは、技術革新の核としての機能材料、新素材の目ざましい進歩であり、もう一つは、付加価値をいかに素材に与えるかという製造会社としての材料の運用利用技術である。

表1は現在、先端技術と言われているものの一覧表である。表中の内容については、日常、新聞雑誌で話題になっているものでもあり、2・3目にされた方も多であろう。この内、材料工学以

大分類	具体的 実 例
材料工学	新金属, ニューセラミックス, 有機材料及それらの複合材料, (アモルファス合金, 形状記憶合金, 超電導材料, 新半導体合金, セラミックエンジン, 機能性高分子)
エレクトロニクス	OA用FA用新コンピューター, 画像処理パターン認識, 光通信, 光コンピューター, ビデオディスク, 薄型テレビ, 新型ファクシミリ, レーザー計測, レーザー加工
センサー技術	物理センサー(光センサーとしてのアモルファスSi, Se やホトダイオード, 圧力センサー, 磁気センサー)化学センサー(ガスセンサーとしての酸素センサー, 湿度センサー, イオンセンサー, バイオセンサー)
エネルギー	各新型原子炉, ウラン濃縮, 再処理, 核融合, MHD発電, 地熱発電, 太陽光発電, 燃料電池, 水素エネルギー, 石炭処理, 海洋エネルギー, バイオマス
ライフサイエンス	遺伝子工学, 細胞融合, バイオリアクター, インターフェロン, レーザー医療, 人工臓器, 人工血液, ソフト農業, 新加工食品
産業用ロボットとFA	Factory Automation とロボット(自動溶接, ロボットによる電子部品組付, テレビ回路基板組立, ロボット搬送システム, 部品のマシニングと自動車組立, 汎用板金加工)
その他	宇宙産業(スペースシャトル, スペースコロニー, 次世代ロケット)と新海洋産業(海中通信, マンガン団塊, 海水ウラン回収, 海洋微生物など)

表1 先端技術一覧表

大分類	具体的 実 例
エレクトロニクス材料	合金半導体, 化合物半導体, ジョセフソン素子, 超電導材料, コンデンサー用セラミックス, 圧電素子, 有機金属材料, IC基板材料, 3次元回路素子
磁性材料	新磁性合金, アモルファス磁性材料, ソフトフェライト, 磁気ヘッド材料, 磁性流体, 珪素鋼板, ボンド磁石, 磁気記録材料, 磁気バブルメモリ材料
光エレクトロニクス材料	発光ダイオード, レーザダイオード, エレクトロクロミック材料, 液晶, 光ファイバー材料, レーザ発振材料, 光変調素子, 光導電材料, 蛍光体材料, 受光素子
センサー材料	薄膜磁気センサー材料, アモルファス合金, ホール素子, PTC, サーモフェライト, 圧電素子用半導体, ホトランジスター, ガスセンサー用半導体と固体電解質, イオンセンサー材料, バイオセンサー材料
エネルギー関連材料	太陽電池用アモルファス金属, 燃料電池材料, 水素貯蔵合金, 原子炉, 核融合炉用材料, ウラン分離材料, ガスタービン用超耐熱合金, 超電導エネルギー貯蔵材, 耐火合金
機械関連材料	形状記憶合金, 超塑性材料, 新弾性材料, 新耐食材料, 極低温材料, 超耐熱性ファイバー, 超硬工具材料, 軸受合金
プラスチック材料	プラスチック光ファイバー, 吸水分離膜, ポリカーボネート樹脂, 光・熱硬化性樹脂, フォトレジスト, ウラン回収樹脂, スーパー繊維, 合成紙, 有機超電材料
セラミック材料	エンジン部品用セラミックス, タービンブレード用セラミックス, 透明圧電セラミックス, アルミナ・ジルコニア・マグネシヤ等のニューセラミックス, ガスセンサー用セラミックス, 切削加工ガラス
新金属材料	アモルファス合金, 形状記憶合金, 超強力材, 一方凝固合金, 表面合金, 繊維強化合金, 磁性流体としての超微粉, 超強合金, 超微粒子, 半導体合金
生体材料(ライフサイエンス)	人工血管, コラーゲン薄膜, 可食性フィロム, 人工赤血球, 人体用合金材料, 歯用材料, 人工臓器, その接合材, X線やγ線の検出材料, 磁気誘導抗癌剤

表2 機能材料・新素材の一覧表

外の分野は全て第1の材料工学の発達に依存していることは、良く知られている。

表2は、材料の機能的側面から見た新素材の一覧表である。先端技術で要求される材料は、小型で特殊な機能性を有するものが多い。これら一般の新素材は我々、輸送機メーカーにも大きなインパクトを与えることは明確で、素材メーカーの売り込みを待つだけでなく、自動車メーカー自らも大きなウエイトを置いて研究開発に取り組んでいる。これは、これら新素材が、既存商品ばかりではなく、次の商品の中核技術と成り得るからである。

この様な、材料が技術革新の中核となった例として、恐らく20世紀後半の最大の発見は半導体技

術であろう。地上で2番目に多い、電気伝導性の悪いSiと言う元素に、適度に合金化して構成した素子が、同等な性能を有する真空管、すなわち数個の電極がガラス中に真空封入された電球の様なもの、に取って換わり、その後、この分野の技術革新が爆発的に生じ、コンピューター技術を飛躍的に発展させたことは公知である。この様に半導体技術ほどではないにしても、人類がかつて手にしなかった様な機械機能を具現化するためのキーテクノロジーとして材料技術が今、着目されている。

第2に材料技術において着目すべきもう一つの

側面は既存材料、もしくは、その若干改良された材料に対する高度に組織化された利用、運用方法にかかわるものである。例えばヤマハ本社は、鉄鋼材料、軽合金、樹脂材料等の大部分を材料メーカーから購入している。そして、大部分の製造会社と同様、材料の付加価値を高め商品として売っているのであるが、高度に組織化された運用方法とは、機械を安く購入するとか品質の優れた商品を出すため信頼出来るメーカーの材料を使うといったレベルではない。

3. 材料技術における第2の側面

図1に商品として市場に出るまでの原材料の流れを模式的に示した。ここで太線で示した材料の

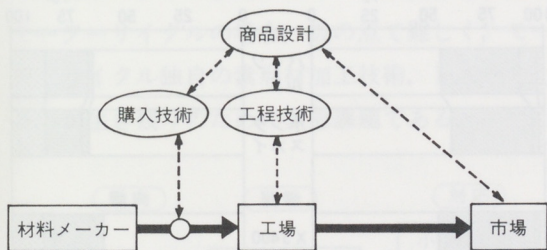


図1 素材が商品になるまでの材料の流れとそれをコントロールする技術

流れをコントロールする材料技術上の3つの制御技術が丸で囲んで示してある。ここで、1つは商品設計技術に附随する材料技術である。これは市場ニーズを満たす設計をする上で、性能、コスト上、最適の材料を選定する役割りを行う。2番目は、工程技術である。これは要求機能を満たしつつ製造方法として最適な材料および工程を選定する。3番目に購入技術である。これは、素材および素形材を最も安く購入し原価低減を図ることにある。

これらの技術の内、2においては償却の済んだ現有設備による最も加工し易い材料および形状を選定すること。3においては、できるだけ同じ材料をコストの安いメーカーから大量に買うことが、

単純に考え最もメリットがある。しかし、これらの立場を追求して行くと、相互間で矛盾が生じて来る。たとえば次の様な問題は、常に生じている。

問題

- ① A社のA新素材を性能上の要求で使いたい（商品設計者）。
- ② メーカーレイアウト上、B社からぜひ購入したいが（購買部）。
- ③ 加工能力が、現有の設備では無いので、加工性の良いC社のC素材を使いたい（生産工場）。



この様な問題に対し、材料技術者は次の様な提案を行なう。但し、全てを網羅しているわけではない。

解答 1

- ②の立場を重視すると、
- ①に対し、B社のB素材でもA社の素材と同等以上の性能が出せることをアドバイスする。または要求機能を要求物性値にかみくだいて、B社でもA社と同等の素材を開発してもらおう。
- ③に対し、現有設備でも若干の改造でAおよびB素材に対し加工できるよう、主に加工方法、熱処理方法等のソフト面の支援を行なう。または、長期的展望に立った、A素材のニーズ予測より思い切った新設備の投資を答申する。

または、

解答 2

- ①の立場を重視すると、
- ②に対し、技術開発力では、A社の方が優れているのでメーカーをA社に変更するように提案する。
- ③に対し、解答1と同じ。

または、

解答 3

- ③の立場を重視すると、
- ①に対し、A社へ当社の工場の現有設備

でも可能な材料に A 新素材をマイナーチェンジするよう提案する。または、C 素材を使用するための C/D 開発を提案する。

②に対し、C 社の素材の方が、当社の製造上のニーズに合うので、メーカーの変更を提案する。

この様に、解答 1～3 は、いずれもどの視点に立って行動するかで、全く結論が異なることになる。従って、これらの立場は、相互に十分な情報交換を行ない経営的判断に基づいて方策を選択することが重要である。ここで各セクションの局所的な頑張りすぎのため全社的なメリットを時として失なうことがあるわけで、そこに材料技術という全体の視野の重要性がある。

以上、材料技術において着目すべき 2 つの側面について述べた。我々、材料技術者は、自ら考え出した新素材および新工法を提案するとともに、各セクションの正確な判断に必要な材料技術上の情報収集に努める所存である。

4. 材料技術の最近の課題

次回以降の各論に入る前に、我が社の主力商品であるモーターサイクルをめぐる材料技術について概観したい。

モーターサイクルの現在の顕著な 2 つの特徴として①高出力化および軽量化に対する要求が高いこと、また、②多種少量生産が大きな流れとして存在していること、が挙げられるのではないかと。図 2 は、2 サイクルおよび 4 サイクルエンジンの回転速度とリッター当りの馬力の関係を示したものである。標準的なエンジンは図中の太線中に入るとされているが、最近の我が社のモデル 4 種はどれもリッター馬力が 100 以上あり、太線のワク外にある。これは裏がえせば、高強度の材料が多用されていることにもなるわけで、2 輪車独自の材料の使い方が要求されていることを示している。

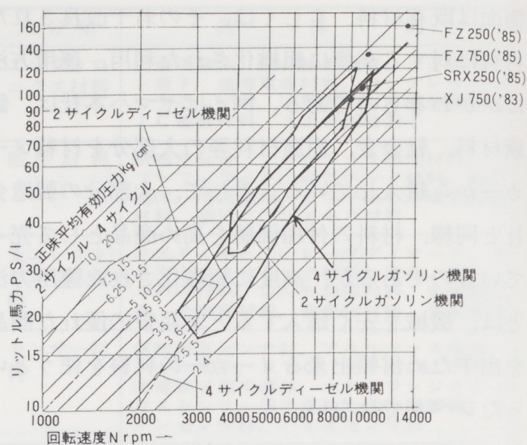


図 2 回転速度とリッター馬力の関係

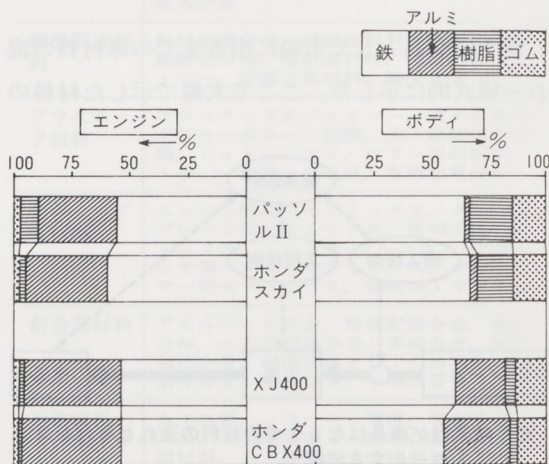


図 3 素材使用割合比較

図 3 は、パッソル II、X J 400 および H 社のスカイ、C B X 400 に使われる素材の重量比を 4 つに大別して示したものである。エンジン、ボディとも鉄鋼材料の使用量は多いが、アルミの使用量も多く、4 輪車においては、アルミ使用量が全体の 4 % 程度であるのに比べ、非常に多く、4 輪車が普通鋼、鋳鉄等の低コスト材を主に使っていると対照的である。また、アルミ合金においても、以前は航空機等にしか使われていなかった超タングステンを用いた車体が各社から出されるなど、軽量化競争は過熱気味である。

図 4 は 4 輪車におけるユーザーのニーズの多様化を表わしたものである。2 輪においても同様な

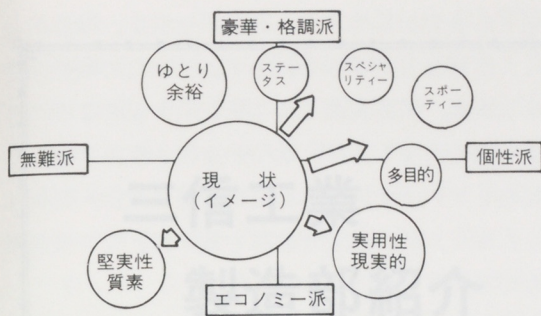


図4 ユーザーニーズの多様化

傾向が、あるものと考えられるが、これら各々に対しニーズに答えて行こうとすると必然的に多種少量生産となる。モーターサイクルの場合は、1モデル毎の生産台数が少なく、型、専用機等の償却を通常の4輪車の様に行なおうとするのは難しいと考えられる。例えば、粉末冶金や冷間鍛造等の4輪車において多用されている大量生産技術は、モーターサイクルの場合、数の点で難しく、モーターサイクル独自の素形材加工技術、FAを考えるのが生き残りのための緊急課題である。

以上の様な点を鑑み、我々は次の様なアドバンスに取り組んでいる。(図5)次回以降は、順次この様な動きを取り混ぜ報告したい。

5. おわりに

編集部の方より、最近話題の新材料の分かり易い解説を書いてくれないかとの御依頼があった。しかし、各種先端技術および新材料の入門書は、一般の書店にも多く見受けられる。そこで、この様な点についてはそちらの方を参照して戴くことにし、ここでは、新素材、および材料利用技術に取り組む際のバックグラウンドの様なものを書いてみようとした。突っ込みの浅い拙文ではあるが、材料技術と言うものを考える際の参考になれば幸いである。また、我々材料グループとしても、社内外のニーズに答えようと努力しているつもりであるが、至らぬ点も多く、皆様の卒直な御批判および御援助を期待したい。

本文を作製するにあたり、日本金属学会報、内燃機関ハンドブック等を参考にした。これらの著者の方にお礼申し上げる。

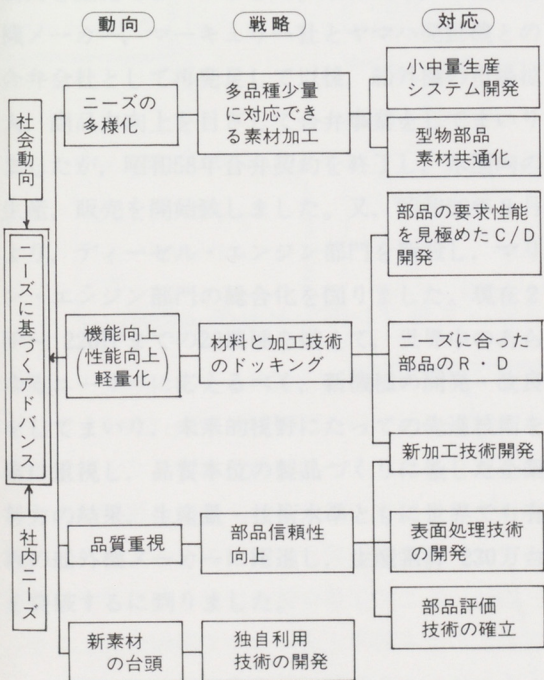


図5 材料技術のアドバンスの方向性

三信工業 製造部紹介



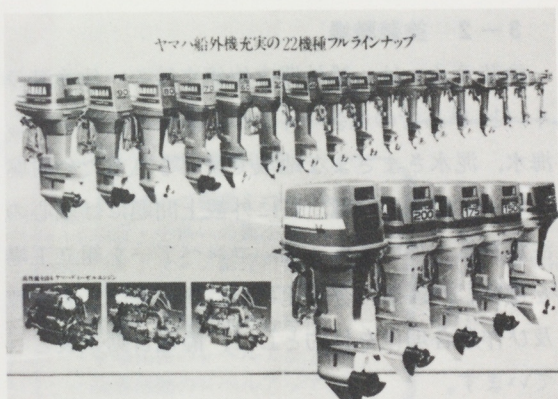
三信工業製造部製造技術係 大石 俊次

1. はじめに

三信工業は、ヤマハ・グループの一員として、船外機の開発・設計から製造に至るまでの一貫した船外機メーカーです。

昭和44年ヤマハ・グループに加入以来「P-7型」（空冷7HP、現在全て水冷）でスタートしたヤマハ船外機の名声を世界に冠たるものにすべく、改良を重ねてまいりました。昭和48年、米国船外機メーカー、マーキュリー社とヤマハ発動機との合弁会社として再発足して以後、船外機の市場拡大、商品力向上を旨として合弁事業をしてまいりましたが、昭和58年合弁契約を終了し、米国向の生産、販売を開始致しました。又、昭和59年8月より、ディーゼル・エンジン部門を新設し、マリン・エンジン部門の総合化を図りました。現在2HP～220HPまでの22機種を揃えて、世界中のあらゆるユーザーに応えるべく、新機種の開発・改良をしてまいり、未来的視野にたったの先進技術を常に重視し、品質本位の製品づくりに徹した企業努力の結果、生産量・技術水準ともに世界でも有数の船外機メーカーに躍進し、生産累計230万台を突破するに到りました。

2. ヤマハ船外機ラインナップ



3. 製造部の紹介

三信工業で生産している船外機は、ヤマハ・マリン事業部の手を経て、世界100カ国以上で活躍しております。北欧の凍てつく湖に、酷熱のアマゾンの泥水に、マリンレジャーのさかんな北米、オーストラリア等に、さまざまな気候、環境、使用条件等々に適合させるため、少量多品種生産となり、更に、商品特性から生産量の季節変動が大きくなります。従って工場能力をフレキシブルに対応しなくてはなりません。

ここで、製造部目標の「柔軟な工場運営を旨として質と技術の地盤づくり」の「工場能力フレキシビリティ活動」を御紹介致します。

〔製造職場の概要〕

3-1 組立職場

組立ラインは、A、B、Cの3ラインより構成されています。

- ・Aライン……小型機種
- ・Bライン……中型機種
- ・Cライン……大型機種

各ライン平均8機種の混合生産をしています。

特にA・Bラインのエンジン組立は、自動化技術が駆使され、フリーフローコンベアーと自社開発の組立ロボットにより、省力化、品質の安定向上を図っています。

3-2 塗装職場

塗装ラインは、船外機本体組立後の一体塗装ラインと、単品での塗装ラインから構成されています。海水、泥水さまざまな地域で使用されるため耐腐食性、耐候性の問題、更に外観上問題には細心の注意を払っています。又、コンベアーを組立工場と連結し、運搬の合理化をし、塗装機は、省資源及び作業合理化を目的として、静電自動塗装としています。

3-3 機械加工職場

機械加工は、重要部品全てを社内にて加工しております。大きく分けて鉄物加工、アルミ物加工とがあります。基本的に機械加工ラインは「一ヶ流し」を原則としてライン構成されています。特徴的な機械加工方法を御紹介致しますと、一体クランク用ロッドコネクティングは、自然割を採用しています。一体クランクのロッドコネクティングは、クランク側大端部を2割にする必要があります、この分割方法には2種類があり、1つは、分割面を切り分ける方法と、圧力をかけることにより自然割する方法です。どの方法を採用するにしても目的は、再組精度（真円度・円筒度）が確保でき、又、再組作業性が良好ということです。ドライブシャフトは摩擦溶接方法を実施しています。ドライブシャフトはエンジンの力をプロペラに伝

達する重要部品ですが、商品の性質上、剛性の他に、耐腐食性が要求されます。このため剛性面では浸炭鋼、耐腐食性ではステンレス鋼の2つの性質を持つ必要があり、2つの素材を摩擦溶接にて結合しています。この結果溶接面強度は、母材よりも強く、又、熱影響範囲も最少減となり浸炭鋼の硬度低下を防いでおります。

3-4 熱処理職場

社内の重要部品全てがこの熱処理職場で実施されております。稼働時間は24時間連続運転されて3直稼働となっています。

〈ガス浸炭焼入れ〉

- ・クランクシャフト（一体式）
- ・ギヤー・ピニオン
- ・コンロッド
- ・ドライブシャフト
- ・プロペラシャフト
- ・ドッグクラッチ

〈高周波焼入れ〉

- ・組立式クランクシャフト

〈析出硬化処理〉

- ・ドライブシャフト及びプロペラシャフトのSUS部分。

4. 工場フレキシビリティ活動

年々、少量多機種化傾向となり、加えて米国向生産増加に伴ない、大型機種（75～220HP）化になってまいりました。我々製造部としても設備導入等による合理化だけでなく、日々の改善活動による研究・工夫が必要と考えております。

特に、ここで工場全体の活動として『I E改善活動』の基本的考え方について御紹介致します。

4-1 I E改善活動の進め方

53年に組長を中心にI E研修会としてスタートしたI E専門活動は、既に7年を経過しました。

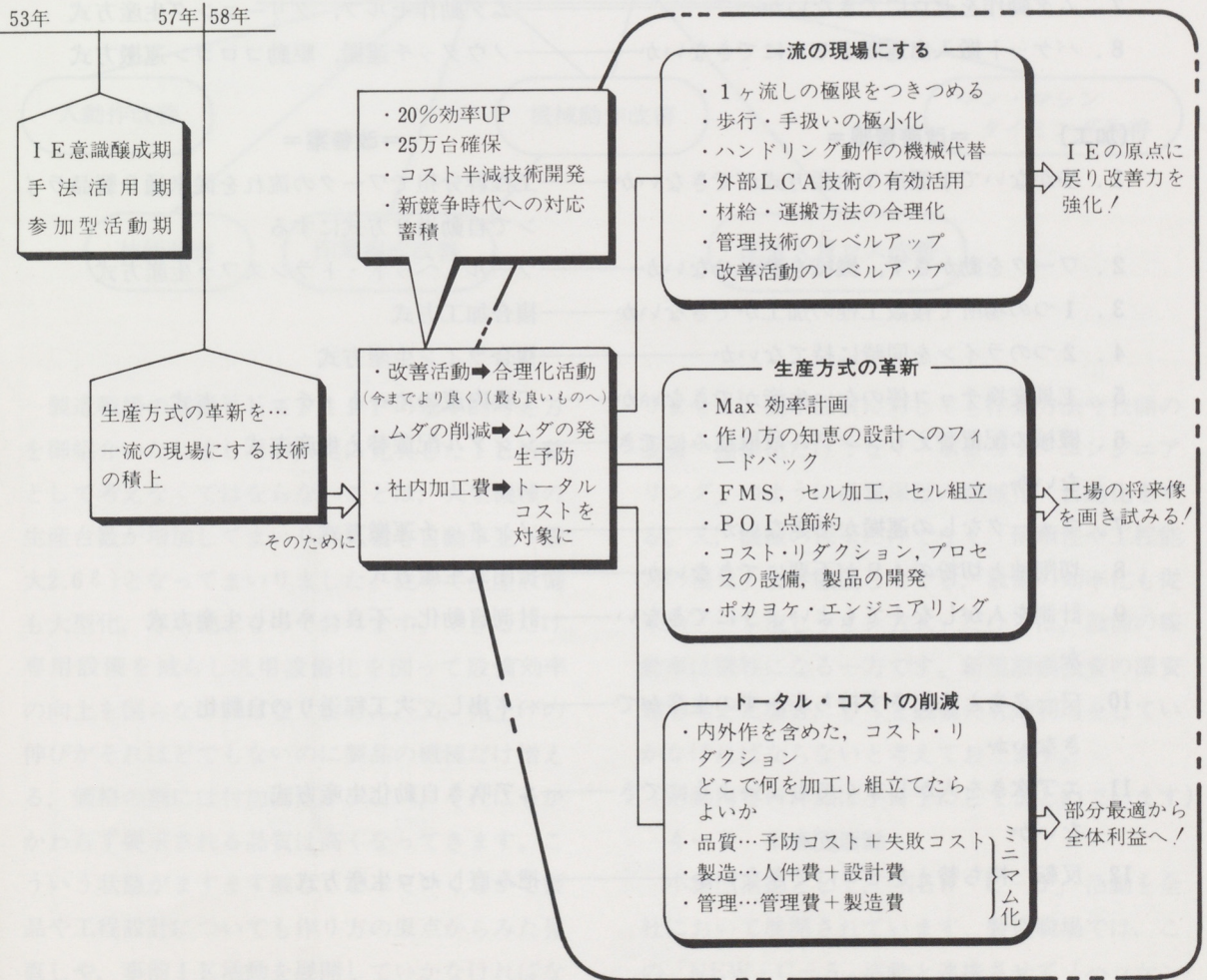
この間、サーブリック、MTM等のIE技法の研修結果をいかして、実際の職場で・動作改善・段取改善・品質改善・物流運搬改善・刃具工具切削条件改善・技備編成改善等々のノウハウを改善事例集やVTR等にまとめ、組長→ラインリーダー→サブリーダーへと改善活動の輪を広げてまいりました。こうした努力により、IE改善活動開始時に比べ、生産効率（組立38%、加工66%のアップ）が向上しました。

改善活動は無限であり、これで良いと安心した時ストップします。又、従来の手法、発想法にのみ頼ってはいは、いつしか壁にぶつかります。常

に、より高い目標に立ち向う中で、これまでのノウハウをもとに新技術を、たゆみなく追求していくことが大切です。従いまして58年度より『ムダの改善』より『作り方の革新』……PIPP活動へと展開をして“一流の現場に”を合い言葉に更にIE改善活動の質の一層の向上を行い、自信に裏付けられた迫力ある行動を展開し、最終的に部門目標である「20%の生産効率向上」を図り、社内加工費からトータル・コストへと改善対象を広げ内外作を含めたコスト・リダクションへと活動を展開しております。

4-2 ムダの改善…そして作り方の革新へ

PIPP(Process Innovation Planning Program)



PIPP活動は、直訳すれば、生産過程の革新計画プログラム。革新とは、今までとは違う逆の発想をすることですが、現状を否定するだけでなく、「現状にこだわらぬ」ことから生まれるものです。「段取を少なくする」こともさることながら「段取のいらぬ製造方法」を考える。「コンベアによる製品中心の組立方法」から「類似ユニットのサブ組み中心の組立方法」を考える……など。「PIPP」を合言葉に「他社にない」「他社から感心される」独特の職場作りに取り組んでいます。

4-3 製造過程のイノベーション ……改善着眼のポイント（例）

（組立）

＝改善着眼＝

＝改善案＝

1. 材料の整理、横持ちを不要にできないか———定位置、定量、前日5分間配膳方式
2. 作業編成ロスゼロにできないか———モジュール、サブ組立方式
3. 開梱作業ゼロにできないか———裸供給方式
4. 技倆差を早くゼロにできないか———技倆差短縮生産方式
5. 配置人員ロスゼロにできないか———Max効率計画 F/T計画
6. 材料とりおきをゼロにできないか———パーツ、フィーダー自動化方式
7. ムダ動作をゼロにできないか———ムダ動作セルフ、クリーニング生産方式
8. バケット搬入出運搬をゼロにできないか———ノウタッチ運搬、駆動コロコン運搬方式

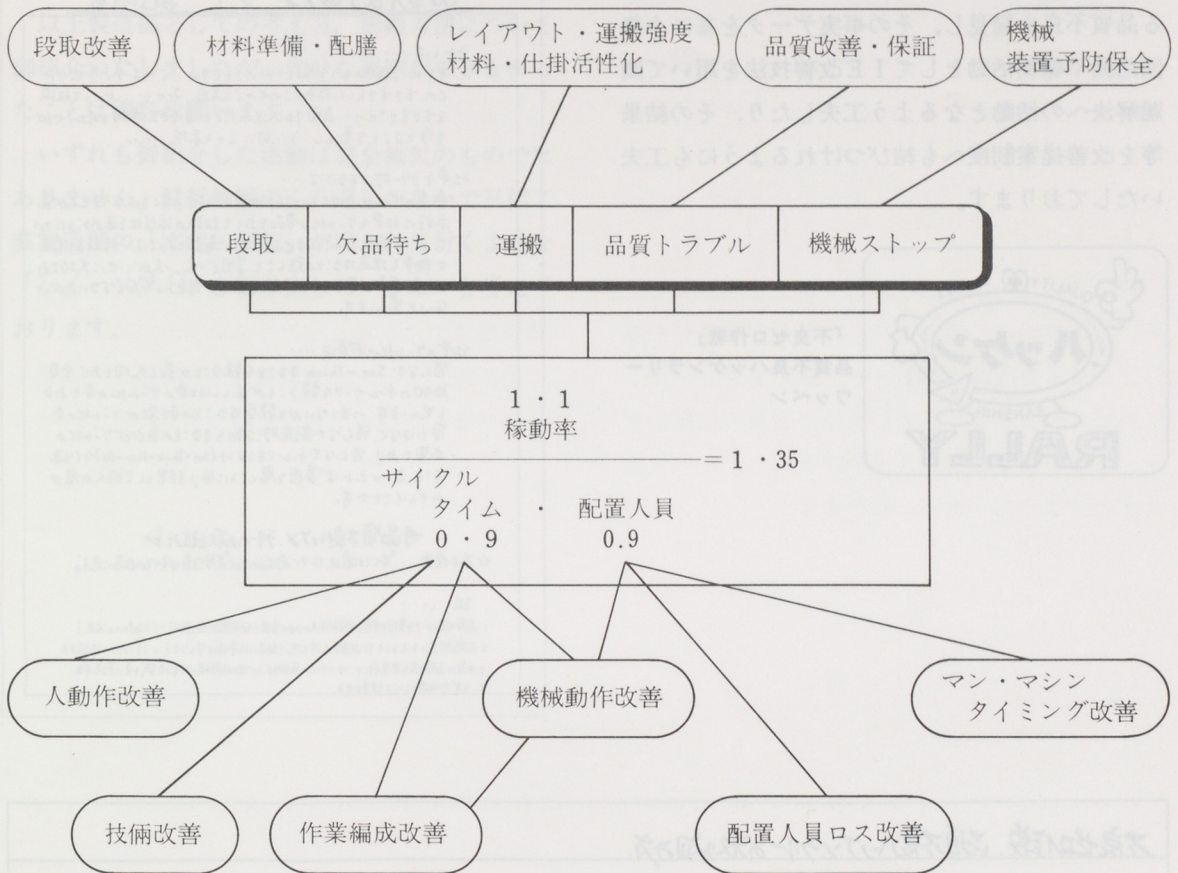
（加工）

＝改善着眼＝

＝改善案＝

1. 歩かないで1個送り生産方式ができないか———工程群分担でワークの流れを従来通り製品ラインで自動送り方式にする
2. ワークを動かさず、機械を動かせないか———ツール・ヘッド・トランスファ生産方式
3. 1つの場所で複数工程の加工ができないか———複合加工方式
4. 2つのラインを同時に持てないか———複合ライン生産方式
5. 工具交換チョコ停のない生産ができないか———工具内蔵のオート・チェンジ方式
6. 機械の配置替えもシングル段取並みにできないか———シングル配置替え生産方式
7. フォークなしの運搬ができないか———ノタッチ運搬方式
8. 切削油と切粉の4Sが不要にできないか———密閉式生産方式
9. 計測を人がしなくてもよいようにできないか———計測自動化、不良ハネ出し生産方式
10. ワークをとり出さず持ち歩かずの生産ができないか———ハネ出し、次工程送りの自動化
11. エア吹きを人がしなくてもよいようにできないか———エア吹き自動化生産方式
12. 反転、持ち替えをゼロにできないか———把み直しゼロ生産方式

4-4 生産効率化のポイント



製造職場の活動としてPIPPの基本的考え方を御紹介いたしました。更に充実したIE活動として考えなくてはならないことは、大型機種の生産台数が増加してまいり排気量も自動車並(最大2.6ℓ)となってまいりました。従って生産設備も大型化、専用化となっております。できるだけ専用設備を減らし汎用設備化を図って設備効率の向上を図らなければなりません。又、売上げの伸びがそれほどでもないのに製品の機種だけ増える、価格の割には付加価値が少ない、それにもかかわらず要求される品質は高くなってきます。こういう状態がますます厳しくなっていくなかで製品や工程設計についても作り方の原点からみた見直しや、事前IE活動を展開していかなければなら

りません。要求品質に対しても作業方法や技倆の改善・標準化だけでなく「ポカヨケ・エンジニアリング」のように品質保証の機械化・自動化をする。又、機械の保全だけでなく「信頼性や工程能力の復元」まで徹底してやる、設備の効率化も従来の「一ヶ流しライン方式」だけでは、設備の稼働率は犠牲になる一方です。新規設備投資の源資難も考えた場合、もっと設備の有効利用をしていかなければならないと考えております。

(活動内容の詳細は小冊子にまとめています)

4-5 小集団活動

小集団活動として、「NEW・C-5」活動を全社において展開されています。製造職場では、この「NEW・C-5」活動と連携させて「ハッケン

5. あ と が き

以上製造部としての考え方、活動方法について御紹介いたしました。十分な説明ができなかったことは御容赦願います。

いずれも御紹介した活動は完全無欠のものではありません。試行錯誤のくり返しのなかで三信工業製造部の「文化・伝統」が培われて行くような「ハイ・ソフト」を創り出していきたいと考えております。

5. 経営業績

（以下は非常に薄い文字で印刷された内容がほとんど読み取れないため、意図的に省略されています。）

製造部 全製造部ハマサ	
売上高	1,234,567,890円
経常利益	123,456,789円
営業利益	123,456,789円
純利益	123,456,789円
株主総数	123,456名
平均株価	123.45円
ROA	12.3%
ROE	12.3%
負債比率	12.3%
流動比率	12.3%
固定比率	12.3%
自己資本比率	12.3%
総資産	123,456,789円
総負債	123,456,789円
総純資産	123,456,789円

編集後記

私達の回りが、日一日と冬の装いを深めている今日このごろです。ヤマハ技術会が発足して約1年、会員の皆様にヤマハ技術会技報第1号をお届けできますことを、委員一同心よりうれしく思います。

設立当初より、技報を発行することは夢でしたが、何分初めての事であり、不慣れな為発行が遅れてしまった事を皆様におわび致します。

技報の内容等につきましては、会員の皆様の意見・要望を取り入れ、今後順次充実してゆく予定ですのでよろしくお願い致します。

ヤマハ技術会の他の活動につきましても、随時会員の皆様方に御案内をさしあげ、多数の方々にお申し込みいただき、希望者全員に参加いただけない申し訳なく思っております。現在、委員を中心に企画・運営を行っておりますが、皆様の希望されるイベントがありましたら、ブロック委員、事務局まで、お申しつけ下さい。

尚、遅れましたが、技報の発行にあたり御協力を賜りました多くの方々に厚くお礼申し上げます。

(企画委員一同)

ヤマハ技術会 技報

昭和60年12月1日 印刷 第1号
昭和60年12月10日 発行
(禁無断転載) ©

発行所 ヤマハ技術会
発行人 執印智司
編集人 中村孜郎
印刷所 浜松市米津町1181
桐屋印刷株式会社

