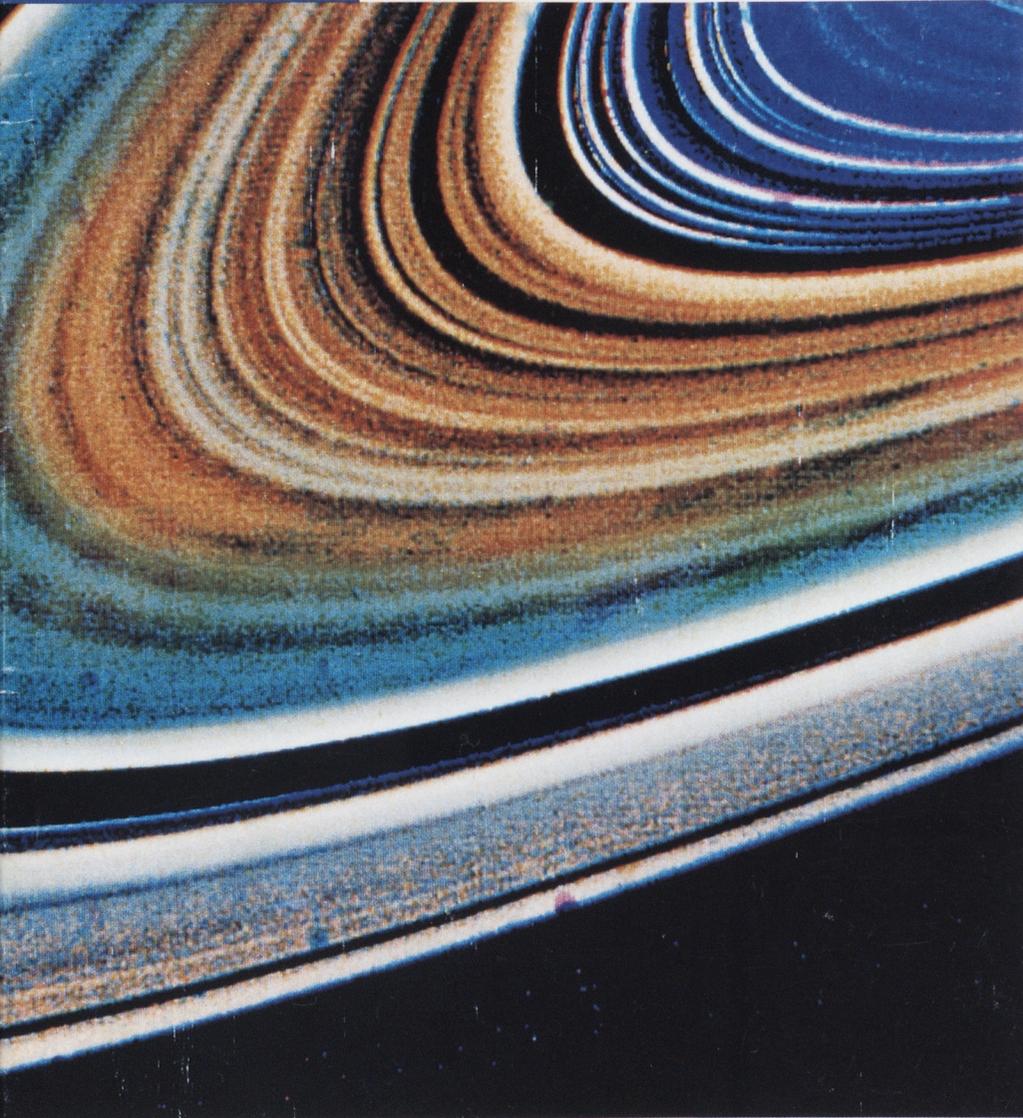


YAMAHA MOTOR ヤマハ技術会 技報

TECHNICAL REPORTS

No.20



1995-9

目次

技術論文

- ◇二論車の快適シート…………… 1 谷垣 聡／金子 和佳
- ◇エンジントルクの簡易計測法…………… 6 佐野 武俊
- ◇小型エンジン開発における熱応力解析の適用…………… 10 鈴木 大介／吉村 昇一
安藤 剛廣
- ◇心電図R R間隔による運転疲労評価法の研究…………… 14 水野 康文
- ◇残留応力分布を持つ表面硬化材料の疲労強度推定手法…………… 18 伊藤 寿浩／安達 修平
- ◇低圧鋳造の湯まわり不良低減…………… 24 藤原 彰人

技術紹介

- ◇スクーターエンジン自動組立ライン…………… 30 大橋 幸生／佐野 優視
- ◇FRP廃材の再利用…………… 35 矢口 和雄
- ◇舟艇用型製作におけるCAD/CAMの適用事例…………… 36 小杉 隆司／三輪 吉郎
山田 将也
- ◇海洋観測用自動帆走ヨットの開発…………… 38 永海 義博／原 以起
- ◇マリギヤクラッチの焼損性評価…………… 40 津野 建一郎
- ◇ACEP(エースプラント)産業廃棄物焼却熱回収施設…………… 42 高橋 邦武／内藤 隆明
宮沢二三治／笹田 尚利
戸崎 勝博／河田 文男
- ◇産業用無人ヘリコプタ フライトシミュレータの開発…………… 46 鈴木 弘人／中川 伝一

製品紹介

- ◇産業用無人ヘリコプタ用姿勢制御装置(YACS)…………… 48 大西 陽一／杉田 正夫
鈴木 昭彦／佐藤 彰
森下 達也／平見 育彦
- ◇YP250 MAJESTY …………… 51 小林 正典／高橋 博幸
富田 稔／寒河江 寿
森田 敏正／中村 成也
- ◇スーパーミディアムマウンタYV112 …………… 54 岩塚 佳久／鈴木 克彦
民輪 剛志
- ◇19mアルミ製小型実習船「リサーチ」…………… 58 永富 忠良／木村 嘉浩
- ◇ニュー発電機EF2300 …………… 60 戸塚 攻
- ◇2サイクル船外機「9.9F／15F」…………… 62 小笠原滝男／野末 季宏
- ◇二重反転プロペラスターンドライブ…………… 64 鈴木 孝叔／雪嶋 賢司
佐野 吉胤

INDEX

TECHNICAL PAPERS

- Seat Comfort of Motorcycle S. Tanigaki/K. Kaneko ... 1
- Substitution Method for Measuring Engine Output Torque
T. Sano 6
- Application of Thermal Stress Analysis
to Small Engine Development
D. Suzuki/S. Yoshimura
T. Ando 10
- Study of Driver's Fatigue Estimation Method
by RR Interval of Electrocardiogram
Y. Mizuno 14
- Fatigue Strength Estimation Technique
for Case-hardening Steels Involving Residual
Stress Distribution
T. Itoh/S. Adachi 18
- Improvement of Low Pressure Die Casting
A. Fujiwara 24

NEW TECHNOLOGIES

- Scooter Engine Automatic Assembly Line
Recycle of FRP Waste
Y. Ohash/M. Sano 30
- Application of CAD/CAM System to Die Construction
of FRP Boat
K. Yaguchi 35
- Development of Ocean Observation Buoy
Estimation of burning at friction plate of
MARINE GEAR
T. Knsugi/Y. Miwa
M. Yamada 36
- ACE-Plant: Waste Incineration and Energy
Recovery Facility
Y. Nagami/I. Hara 38
- Development of Flight Simulator for Unmanned
Small Helicopter
K. Tsuno 40
- K. Takahashi/T. Naitou/
F. Miyazawa/N. Sasada
K. Tozaki/F. Kawada 42
- H. Suzuki/D. Nakagawa ... 46

NEW PRODUCTS

- Yamaha Attitude Control System
Y. Ohishi/M. Sugita
A. Suzuki/A. Sato
T. Morishita/I. Hirami 48
- YP250 MAJESTY
M. Kobayashi/H. Takahashi
M. Tomita/H. Sagae
T. Morita/S. Nakamura 51
- Super Medium Moulder YV112
Y. Iwatsuka/K. Suzuki
T. Tamiwa 54
- 19m Aluminium Training Boat [Research]
T. Nagatomi/Y. Kimura ... 58
- New Engine Generator "EF2300"
O. Totsuka 60
- Two-Stroke Cycle Outboard Motor 9.9F/15F
T. Ogasawara/T. Nozue ... 62
- Twin Rotation Propeller Stern Drive
T. Suzuki/K. Yukishima
Yo. Sumino 64

二輪車の快適シート

Seat Comfort of Motorcycle

谷垣 聡* 金子 和佳*

Satoshi Tanigaki Kazuyoshi Kaneko

要旨

二輪車ライダーの長時間走行時の疲労を低減するために、新開発の衝撃吸収材を用いたシートを試作した。走行評価の結果、試作シートは疲れにくく快適であることがわかった。また、その理由を振動伝達率や座圧分布などを用いて人間工学的に考察した。

1 はじめに

二輪車用シートはライダーが乗車中、常に接触している部品である、そのためシートの乗り心地の良し悪しはライダーの快適性や疲労に大きな影響を与える。一般的に、二輪車に一日乗り続けると臀部にしびれや痛みが発生する。この原因の一つとして路面からの振動や衝撃による臀部の神経や血管の圧迫が考えられる。そこで、快適で疲れにくいシートを開発するために、路面からの振動や衝撃を緩和する衝撃吸収材に着目し、新たに開発した材料を用いてシートを試作した。そして、実際に走行してシートの乗り心地を官能評価した。また、振動伝達率や座圧分布から考察を加えた。

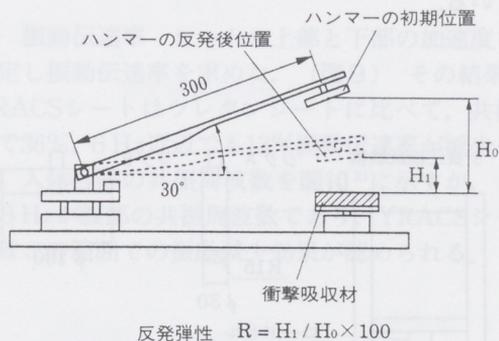


図1 衝撃吸収試験

2 シート材について

2.1 衝撃吸収材

市販の衝撃吸収材を用いてシートの試作、評価をしたが、衝撃吸収材の固さにより底着き感が生ずるため、良い評価が得られなかった。また、重くコストも高かった。そこで、新しくオートバイ用の衝撃吸収材（商品名：YRACS）を開発した。

2.2 衝撃吸収材の特徴

(1) 低反発 衝撃試験を行い、反発弾性を測定した。(図1) その結果、開発したYRACSは市販の衝撃吸収材（サンプルA）と同様、ウレタンと比較して反発弾性が大変小さくなっていることがわかった。(図2)

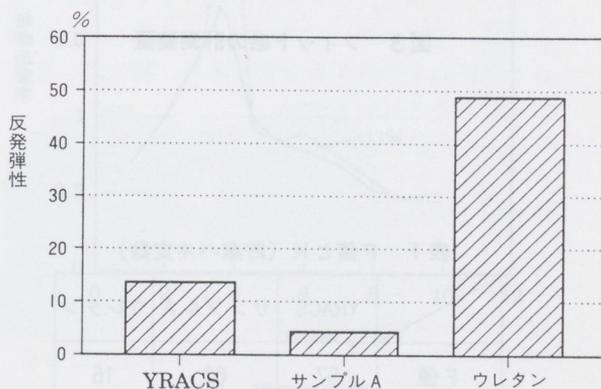


図2 反発弾性

* 技術本部 基盤技術研究室

(2) フィット感と硬さ ウレタンは手のひらで押すと柔らかく、指で押すと固く感じられる。一方、YRACSは手のひらで押すと固く、指で押すと柔らかくフィット感が良い。YRACSを用いたシートでは、突出した座骨には柔らかく当たり、臀部全体に対しては固めで落ち込まず、面で支えることができる。この感覚は図3に示す押しジグAと押しジグBとの荷重の比（F値とする）によって定量的に表わされる。また、材料の動的な硬さは貯蔵バネ定数（K値：JIS K6394に基づき測定）で表すことができる。F値が大きいとフィット感が良く、K値が小さいと柔らかく底着きを感じない。表1にF値とK値を示す。YRACSは市販衝撃吸収材の良さ（F値が大き）とウレタンの柔らかさ（K値が小さい）の両方の良さを持っている。

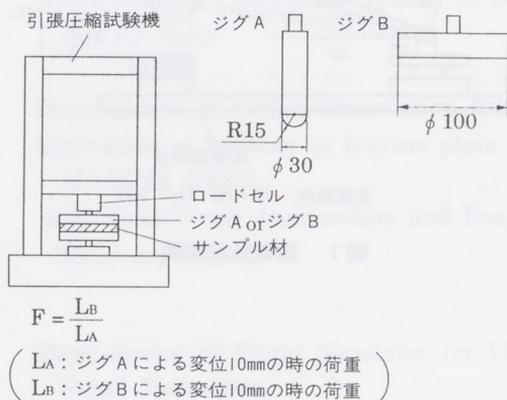


図3 フィット感の計測装置

表1 F値とK（貯蔵バネ定数）

	YRACS	サンプルA	ウレタン
F 値	57	67	16
K(kgf/mm)	21	54	5

3 シートの構造

シートの機能構成を弾性の3層構造で説明すると、人体に接する柔らかなA層、体を支持するB層、振動衝撃を吸収するC層の3つの要素に分かれる¹⁾（図4）この考え方に基づき試作された二輪車のシートの構造、機能を（図5）に示す。4輪車では座面底部に設けられたバネ材がC層としての役割を果たしているが、2輪車ではバネ材の配置はレイアウト上困難である。YRACSはこのC層の役割を強化すると共に、臀部全体の落ち込みを少なくして保持し、B層の役割も強化している。

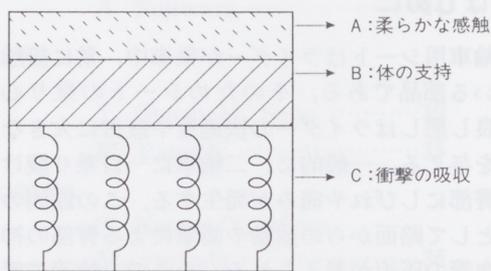


図4 シートの基本機能と構造

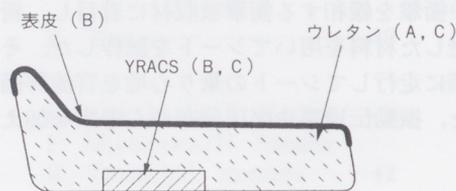


図5 試作シートの機能と構造

4 評価テスト

4.1 走行官能評価

二輪車(1200cc)を2台使用し一日走行して評価した。東名高速道路と一般道で、合わせて350kmを走行した。評価結果を示す。(図6)どの時点でもYRACSシートの方がウレタンシートより評価が良くなっている。YRACSとウレタンの両方のシートとも、休憩により臀部の負担はいったん回復している。しかし、ウレタンシートは午後になると、回復しても走行するとすぐ評価が悪くなり、最後には痛みが発生している。YRACSシートは一日走行すると重くだるく感じられるようになるが痛みは発生しなかった。また、この官能評価により、シート快適性へのフィット感の寄与率が高いことも確認された。

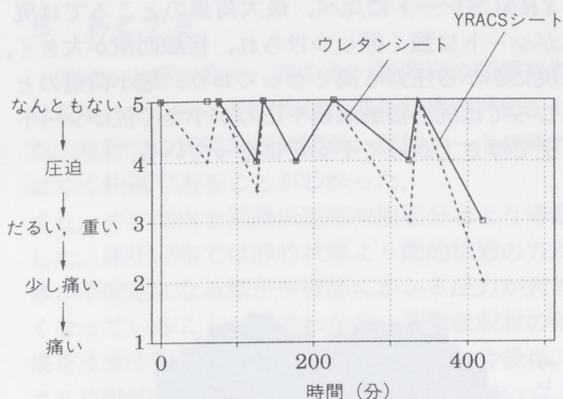


図6 実走行での官能評価結果

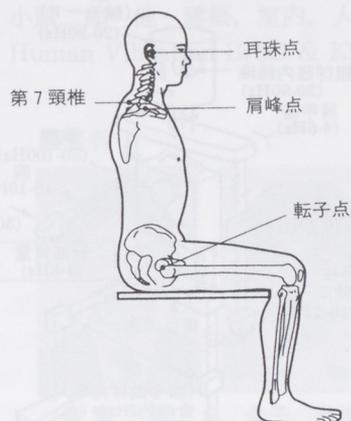


図8 人体の計測点

4.2 加振テスト

(1) 実験条件/方法 サーボパルサにフレームを介してシートを取付け、その上に被験者が実際と同じ乗車姿勢でまたがり加振をした。(図7) 加振条件は、振幅±3mmの正弦波、周波数は路面振動を想定して1~10Hzとした。加振方向は上下である。被験者は35歳男性(身長170cm、体重66kg)である。乗車姿勢は転子点、肩峰点、耳珠点と第7頸椎の4点をレーザポインタで照射し、規定した。(図8) これによって加振中及びシート仕様の交換で乗り換えた時、乗車姿勢が変化することを防ぐことができ、安定したデータが得られた。

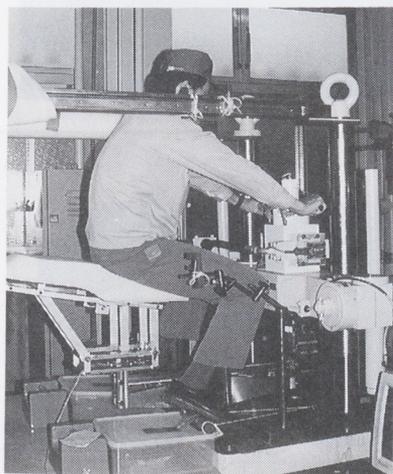


図7 加振テスト

(2) 振動伝達率 シートの上部と下部の加速度を測定し振動伝達率を求めた。(図9) その結果、YRACSシートはウレタンシートに比べて、共振点で36%、6Hz近辺でも13%振動伝達率が減少した。人体各部の共振周波数を図10²⁾に示すが、4~8Hzが腹部の共振周波数であり、YRACSシートはこの範囲での振動減少効果が認められる。

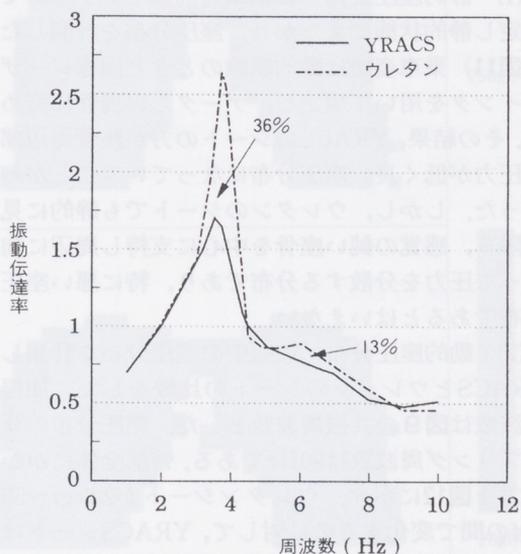


図9 振動伝達率

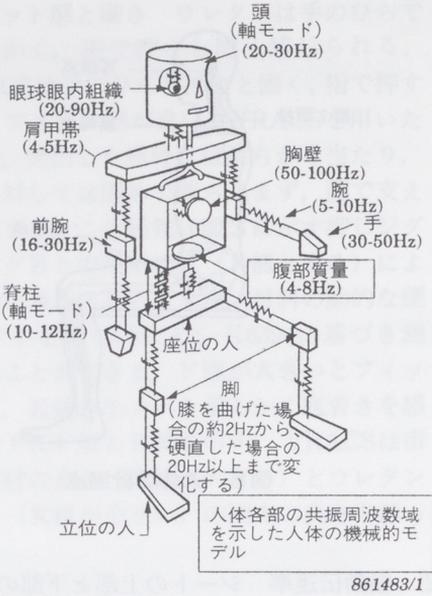


図10 人体の共振周波数

4.3 座圧分布

(1) 静的座圧分布 二輪車の前輪をクランプで固定し静的状態でまたがり、座圧分布を計測した。(図11) 乗車姿勢は動的試験のときと同様レーザーポインタを用いて規定し、データの再現性に努めた。その結果、YRACSのシートの方が座骨周辺部の圧力が低く良い座圧分布になっていることがわかった。しかし、ウレタンのシートでも静的に見る限り、感覚の鈍い座骨を中心に支持し周辺に向かって圧力を分散する分布であり、特に悪い座圧分布であるとはいえない。

(2) 動的座圧分布 加振中の座圧分布を計測し、YRACSとウレタンのシートの比較をした。加振周波数は図9の共振周波数とした。座圧分布のサンプリング周波数は50Hzである。臀部全体にかかる力を図12に示す。ウレタンシートが22kgf~59kgfの間で変化するのに対して、YRACSシートは26kgf~49kgfと変化する幅が小さくなっている。このことはYRACSシートの方がウレタンシートよりもシート上で尻が跳ねずにシートに追従していることを表している。また、この時の最大と最小の座圧分布を示す。(図13) ウレタンシートは

YRACSシートに比べ、最大荷重のところでは尻がシートに強く押しつけられ、接触面積が大きく、尻にかかる圧力も高くなっており、最小荷重のところでは尻の接触面積や圧力が小さく尻がシート上で浮き上がって不安定になっている。

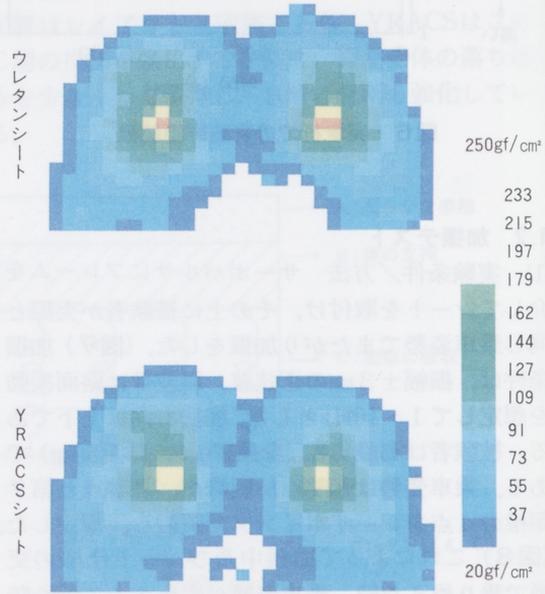


図11 静的座圧分布

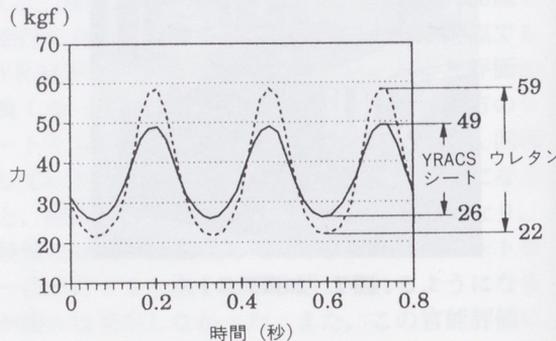


図12 加振中に臀部にかかる力

5 あとがき

フィット感が良く、柔らかい新開発の衝撃吸収材を用いたシートを試作し、乗り心地の評価をした。走行での官能評価の結果、試作シートは疲れにくく快適であることがわかった。

また、その理由を振動伝達率や座圧分布より考察した。座圧分布では静的状態より動的状態の方が、体が不安定になる様子や臀部にかかる圧力が大きくなっていることがよくわかり、衝撃吸収材の効果をうまく説明できることがわかった。今後は、さらに動的な座圧分布の評価法を検討していく。なお、今回開発した衝撃吸収材YRACSは95年モデルのXJR1200のシートに採用されている。

■参考文献

- 1) 小原二郎 他 建築, 室内, 人間工学
- 2) Human Vibration Brüel & Kjær

■著者



谷垣 聡



金子 和佳

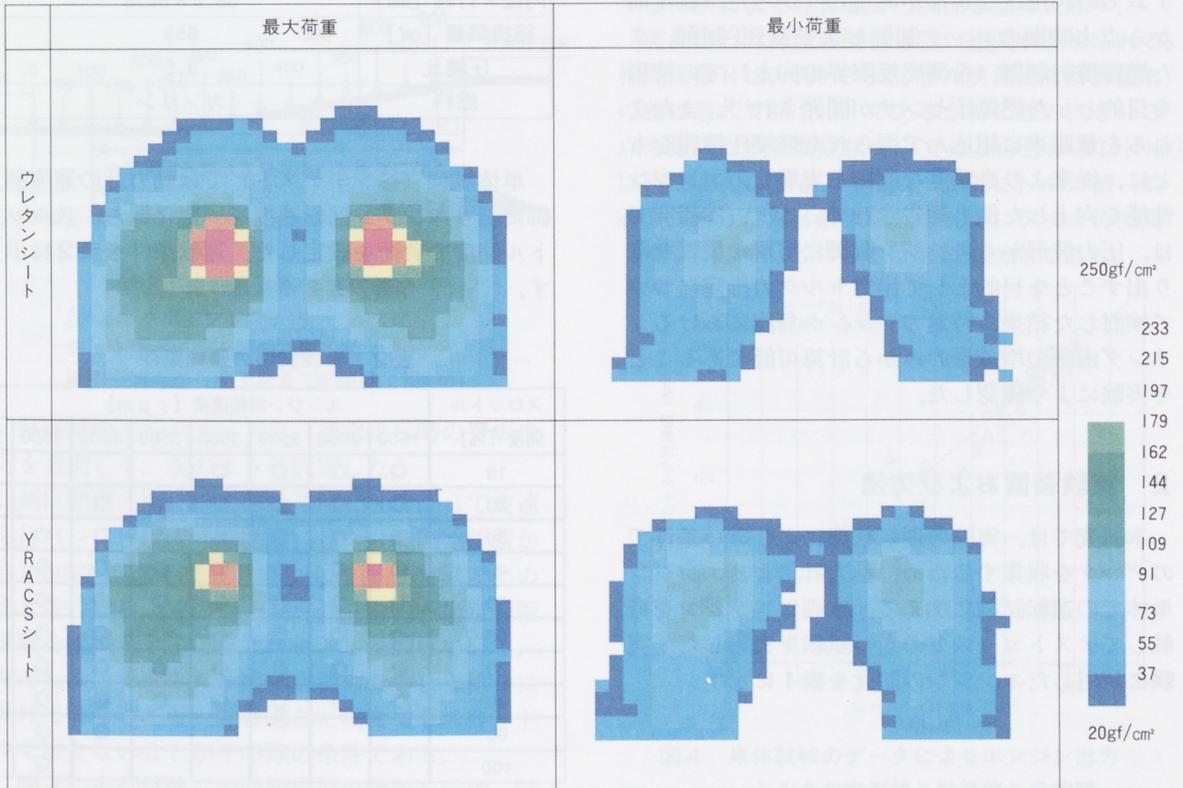


図13 動的座圧分布

エンジントルクの簡易計測法

A Substitution Method for Measuring Engine Output Torque

佐野 武俊*

Taketoshi Sano

要旨

エンジンの出力トルクを簡易的に計測する手法について研究を行った。テストコースでの走行試験、および動力計による単体試験を行った結果、特定のクランク角度における燃焼圧の増加量から出力トルクの大きさを算出可能であることが判明した。燃焼圧の増加量を計測するクランク角度はエンジン回転速度の変化に応じ、またエンジンの形式、種類により異なる。今回使用したエンジンでは1500rpmで上死点後約9~21度、5000rpmでは約5~16度の間における燃焼圧の増加量と出力トルクとの相関が高い。今後は理論的検証を行っていくとともに、エンジンの制御システムなどへの利用について検討していく予定である。

1 はじめに

シリンダ内圧力波形はエンジンの燃焼状態を表す最も直接的な情報であるが、センサのコストおよび耐久性などの問題のため、量産車の制御システムでの利用はなかなか実現しなかった。数年前から点火時期のノック制御およびMBT制御、また燃料噴射制御（希薄燃焼限界の向上）での使用を目的とした燃焼圧センサが開発され¹⁾²⁾、またこれらを量産車に組込んで得られた燃焼圧情報をもとに、従来より高精度な制御を実現し、エンジン性能を向上した例も報告されている³⁾⁴⁾。本研究では、圧力波形からエンジン制御に有用な情報を取り出すことを目的として出力トルクの推定について検討した結果、特定のクランク角度におけるシリンダ内圧の増加量のみから計算可能であることを実験により確認した。

2 実験装置および方法

本研究では、実際の運転状態により近い条件でのデータを収集するため、動力計によるエンジン単体での運転試験に加えて、車両にエンジンを搭載してテストコースでの走行試験を実施した。実験に使用したエンジンの諸元を表1に示す。

表1 供試エンジン諸元

型式	水冷4サイクル火花点火方式
気筒配列	直列3気筒
内径×行程 [mm]	68.0×60.5
総排気量 [cm ³]	659
圧縮比	9.5
燃料	ガソリン

単体試験（ベンチテスト）では動力計の速度制御によりエンジン回転速度を一定に保ち、スロットル開度で負荷を設定した。運転条件を表2に示す。

表2 単体試験の運転条件

スロットル開度 [%]	エンジン回転速度 [rpm]							
	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
10	○	○	○	○				
20	○	○	○	○	○	○		
30	○	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○	○	○
70	○	○	○	○	○	○	○	○
80	○	○	○	○	○	○	○	○
90						○	○	○
100							○	○

実験が行なわれた運転条件を記号「○」で示す。

*技術本部 基盤技術研究室

また図1に単体試験での計測項目の概要を示す。計測した項目は、各気筒の燃焼圧（燃焼室内に穴を開け、キスラー社6001型圧力センサを組み込んで計測）、エンジン回転速度（爆発上死点タイミングパルス）、スロットル開度、ドライブシャフト駆動トルク（動力計）などである。

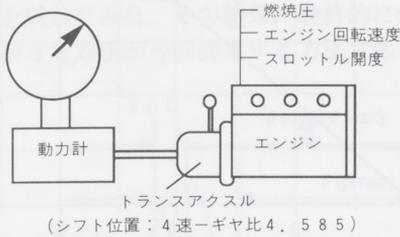


図1 単体試験計測項目概略

これに対し、走行試験では過渡時の反応を見るために、車速一定の条件で直線登坂路を走行し、各部のデータを収集した。図2に走行試験で設定した計測区間の概略を示す。

図中の数値は計測開始点からの距離 [m] を示す

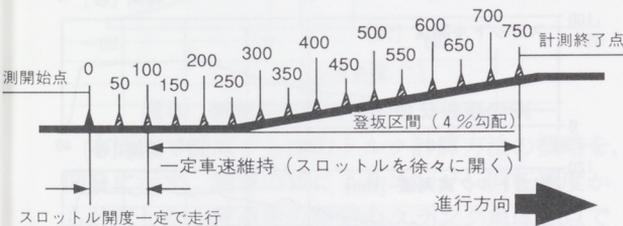


図2 走行試験計測区間概略

(チェックポイント数：16,
チェックポイント間の距離：50 m,
計測開始点から終了点までの距離：750 m)

試験時の走行パターンは、通常走行時の登坂走行を意図して、次のように設定した。

計測区間進入前に指定回転速度 (3000rpm) で定速走行 (シフト位置 4速固定) し、計測開始位置から100mの地点まではスロットル開度一定でそのまま走行する。その後、坂を登りながら指定回転速度を維持できるようにスロットルを開けていく。ただし、スロットルを戻す必要のないよう徐々に開けていくことと、開け過ぎた場合でもスロットルを戻さないことがその際の条件である。

図3に走行試験での計測項目の概要を示す。計測項目は単体試験での計測項目（動力計を除く）の他、右側駆動軸トルク（歪ゲージ）、左右輪の回転速度、計測地点通過時の地上信号などである。

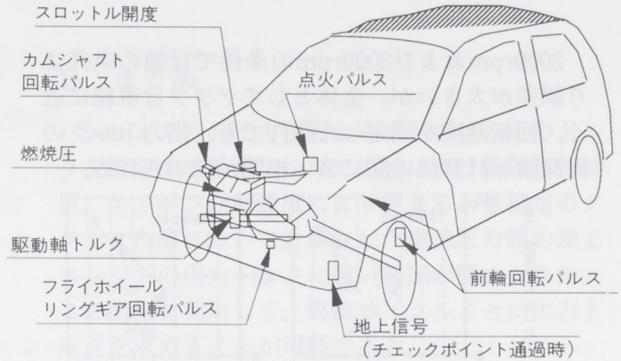


図3 走行試験計測項目概略

なお、単体試験/走行試験とも計測時にはセンサからの出力をすべてデータレコーダに記録し、分析時にはデータ処理用EWSを使用して、再生信号のA/D変換と信号処理を行った。

3 実験結果

3.1 単体試験

単体試験の結果をもとに得られた、動力計によるエンジン出力トルクの実測値と、本研究で提案する方法による計算値との関係を図4に示す。

実測値と計算値の間には強い相関が認められる。相関係数Rは0.959である。また実測値と計算値との差は最大で38 [Nm] であるが特に差の大きい3点を除いた残り60点についてはこの差が±15 [Nm] 以内であり、供試エンジンの最大トルク値 (約 200 [Nm]) に対し最大誤差で20%、データの95% (60/63×100) については±8%以内である。

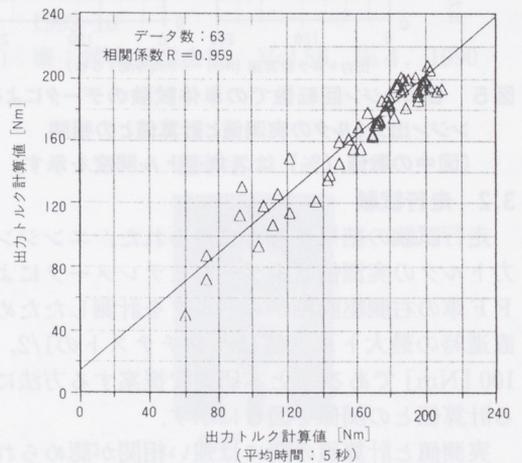


図4 単体試験のデータによるエンジン出力トルクの実測値と計算値との相関

図5にエンジン回転速度別に分けた出力トルクの実測値と計算値との関係を示す。%で示した数値は計測時のスロットル開度である。

2000rpmおよび3000rpmの条件では他の条件より誤差が大きい、全体としてグラフは直線に近く、回転速度を固定した条件でも、出力トルクの実測値と計算値の間に強い相関が認められる。

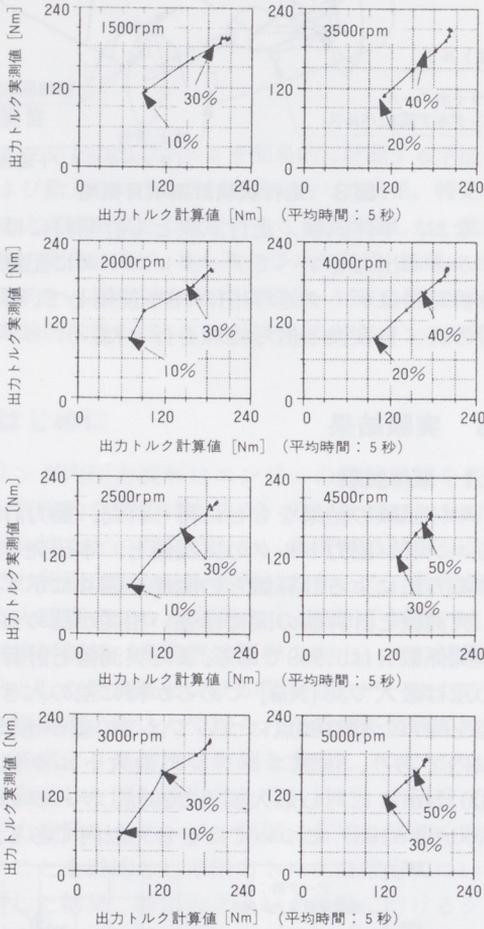


図5 各エンジン回転数での単体試験のデータによるエンジン出力トルクの実測値と計算値との相関 (図中の数値 (%) はスロットル開度を示す)

3.2 走行試験

走行試験の結果をもとに得られた、エンジン出力トルクの実測値 (歪ゲージとテレメータによりFF車の右側駆動軸からトルクを計測したため、直進時の最大トルク値はベンチテストの1/2, 約100 [Nm] である。) と本研究で提案する方法による計算値との関係を図6に示す。

実測値と計算値の間には強い相関が認められる。相関係数Rは0.978である。また実測値と計算値との差は最大で20 [Nm] であり、供試エンジンの最大トルク値 (約100 [Nm]) に対し20%以内である。

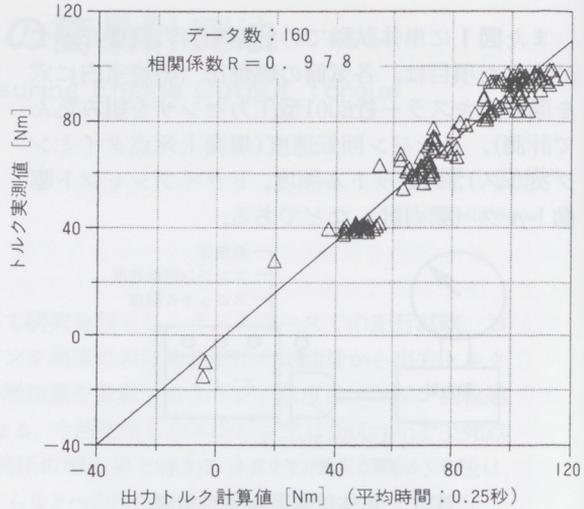


図6 走行試験のデータによるエンジン出力トルクの実測値と計算値との相関

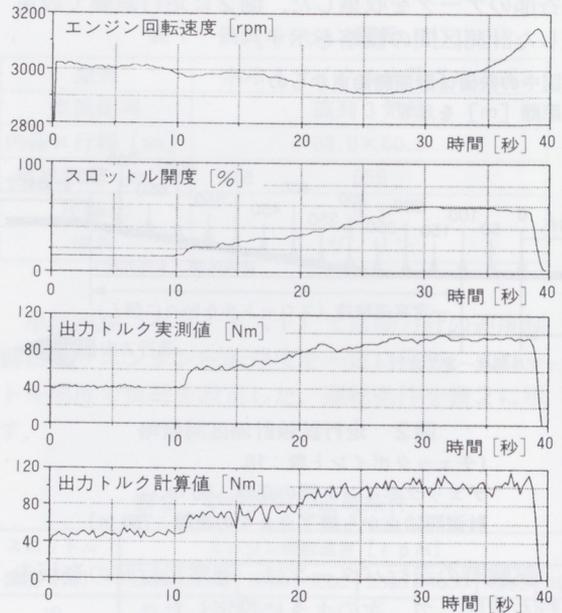


図7 走行試験データの時間変化 (平均時間: 0.25秒)

図7に走行試験時の各データの時間に対する変化を示す。図は上から順にエンジン回転速度[rpm]、スロットル開度[%]、エンジン出力トルクの実測値および計算値[Nm]である。トルクの実測値と計算値の変化はほぼ同様な傾向を示している。

4 計算方法について

図8に燃焼圧波形およびそのクランク角度による微分波形の1例を示す。θ_{pmx}は燃焼圧最大と

なるクランク角度であり、 θ ($dp/d\theta_{max}$) は燃焼圧のクランク角度による微分が最大となるクランク角度である。

最初は、 θ ($dp/d\theta_{max}$) から θ (p_{max}) までの間の燃焼圧力の増加量と出力トルクとに相関がありそうだと、ということからスタートして、各種の方法を試してみた。その結果、最終的に最も相関の高かった方法が今回提案する方法である。

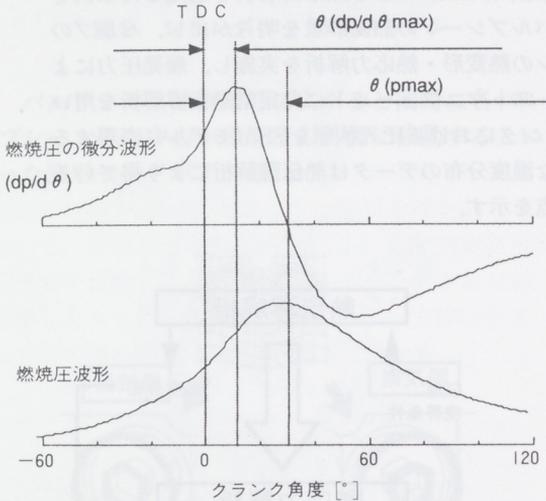
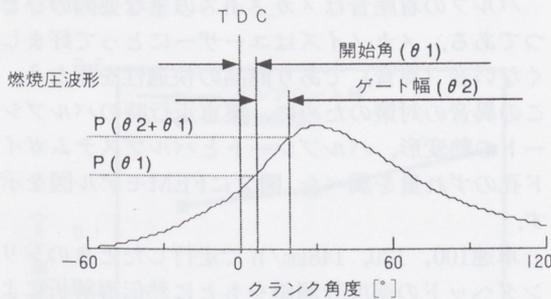


図8 燃焼圧波形とその微分波形の例

本研究で提案する出力トルク計算方法の概略を、図9に示す。図9の式によりエンジン回転速度から計算した上死点後の特定のクランク角度2点で燃焼圧力を計測し、その差(圧力増加量)に一定の係数を乗じることにより出力トルクが推定できる。



$$\text{トルク計算値 } T^* = CT \times \{P(\theta_2 + \theta_1) - P(\theta_1)\}$$

$$\theta_1 = C_1 + CR / (\sqrt{R} + CS)$$

$$\theta_2 = C_2$$

CT, C1, CR, CS, C2: 定数

R: エンジン回転速度 [rpm]

図9 出力トルク計算方法概略

5 まとめ

シリンダ内の圧力波形からエンジンの出力トルクを推定する手法について実験により検討した結果、エンジン回転速度により定まるある特定のクランク角度において計測された燃焼圧力値の差とエンジンの出力トルクに強い相関が認められた。この関係を利用して、燃焼サイクルごとに出力トルクを求めることが可能である。

6 おわりに

本研究に必要な計測器の借用を快諾くださった社内関係部署の方々にこの場を借りてお礼申し上げます。また、実験でのデータ収集に中心となって活躍してくれたプロジェクトメンバー、研究を進めるにあたって適切な指導を頂いた上司、およびさまざまな形で協力くださった方々に謝意を表したい。

本研究の成果を商品に結び付け、有効に活用していくためには、関係各部署との共同開発が欠かせない。今後とも御支援、御協力を願う次第である。

参考文献

- 1) 上田他4名：自動車技術会講演前刷集 924, 1992-10
- 2) 竹内：自動車技術会講演前刷集 892, 1989
- 3) 原田他4名：自動車技術会講演前刷集 924, 1992-10
- 4) 秦：精密工学会誌, Vol.56, No.4, 1990

著者



佐野 武俊

小型エンジン開発における熱応力解析の適用

Application of Thermal Stress Analysis to Small Engine Development

鈴木大介*

Daisuke Suzuki

吉村 昇一**

Shoichi Yoshimura

安藤 剛廣***

Takehiro Ando

要旨

ヤマハ発動機において小型エンジンの開発に有限要素法 (FEM) による熱応力解析を適用した事例を示す。それは、シリンダヘッドの熱変形解析によりバルブシートの熱変形量を明らかにし、バルブの着座衝撃による異音の発生要因を検討した例。ピストンの熱変形・熱応力解析を実施し、爆発圧力による変形・応力と比較した例。自動車エンジンのエキゾーストマニフォールドに非定常熱伝導解析を用いて熱応力分布の時間変化を求めた例。そして、組立クランクにおける圧入状態をFEMモデルに表現するために熱膨張を利用した例である。熱応力解析に必要な温度分布のデータは熱伝導解析により得ている。最後に、熱応力解析を商品開発に適用する上での問題点を示す。

1 はじめに

ヤマハ発動機の商品である、オートバイ・スノーモービル・自動車エンジン等には、高温（又は低温）かつ温度変化の激しい条件で使用される部品が数多くある。このため、熱的な問題は商品開発において、避けられない重要な課題である。ヤマハ発動機では、この問題を解決するための方策のひとつとして、有限要素法 (FEM) を用いた熱伝導・熱応力解析を実施している。そして、製品の信頼性、快適性、性能の向上に役立てている。

本論文では、熱応力解析を商品開発に適用した事例を幾つか紹介し、その有効性を示す。また、圧入問題に対して圧入締め代を仮想的に熱膨張で表現することにより解いた例も紹介する。

なおFEMの計算には汎用構造解析コードMSC/NASTRANを使用している。

2 FEMによる熱応力の計算方法

一般にはFEMを用いて熱変形・熱応力の計算をする場合、FEMモデルのすべての節点に温度を与える必要がある。これらすべての数値を実測値または理論値から求めるのは無理なので、同一の形状モデルを用いた熱伝導計算を先に行い、各節点での温度を求め、それを熱応力計算の入力値とするのが実用的な手順である。図1に計算処理の流れを示す。

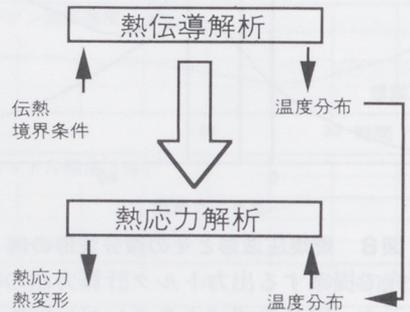


図1 熱応力解析の流れ

3 適用事例

3.1 4サイクルエンジン運転時の

シリンダヘッドの熱変形解析

バルブの着座音はメカノイズの主な要因のひとつである。メカノイズはユーザーにとって好ましくない音（異音）であり商品の快適性を損なう。この異音の対策のために、実車走行時のバルブシートの熱変形、バルブシートとバルブステムガイド孔のずれ量を調べた。図2にFEMモデル図を示す。

車速100, 120, 148km/hで走行したときのシリンダヘッドの温度計測値をもとに熱伝導解析により温度分布を決定し、各車速での温度分布に対応した熱変形解析を実施した。

*技術本部 基盤技術研究室

**モーターサイクル事業本部 第4開発部

***(株)YEC システム部

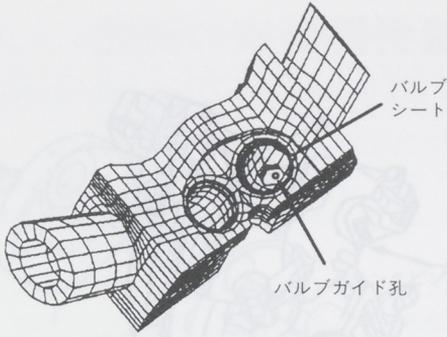


図2 シリンダヘッドFEMモデル

バルブシートは楕円形に広がると同時に各バルブシート孔の中心が燃焼室の外側に移動するといった変形モードを示す。(図3)

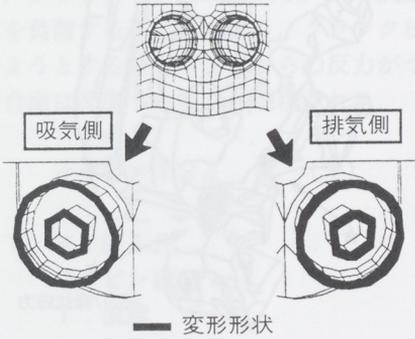


図3 バルブシート変形モード

各車速でのバルブシートの変形量とバルブシートとバルブステムガイド孔のずれ量を図4に示す。これらの変形によりバルブがバルブシートに着座するときのあたりが悪くなり、ノイズの原因となっていると考えられる。

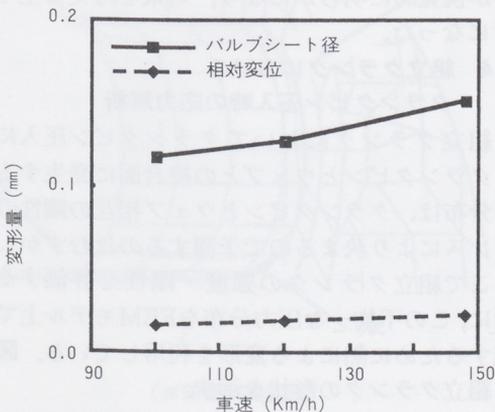


図4 各車速でのバルブシートの変形

3.2 2サイクルエンジン運転時の ピストンの熱変形・熱応力解析

モーターサイクルのエンジンにおいて、ピストンは直接燃焼ガスにさらされるため、特に熱負荷の高い部品のひとつである。2サイクルエンジンの場合は4サイクルエンジンと比べさらに熱負荷が高くなる。このため、エンジン開発時に焼き付きや溶損などのトラブルが起こりやすい。そこで熱による変形・応力を調べ、爆発圧力による変形・応力と比較した。

テストベンチでの温度計測値をもとに最大出力を発生する運転状態での熱伝導解析を実施し温度分布を求め、熱変形・熱応力解析を試みた。熱応力解析においてはヤング率の温度依存性を考慮している。

熱変形はピストンヘッド側で大きくスカート下側で小さい。逆に、爆発圧力による変形はピストンヘッド側で小さくスカート下側で大きい。ただし全体的に爆発圧力による変形の方が小さく、図5に示すようにスカート下側での変形量が熱変形と同じ位のレベルであり、これより、焼き付きなどを議論する場合は熱変形が重要になるということがわかった。

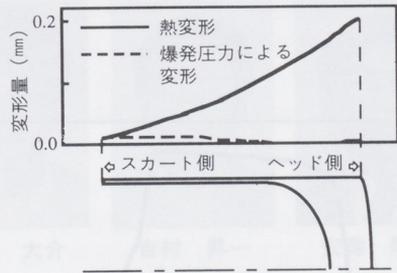


図5 排気側スカートの変形

また、こわれやすい部位であるクラウン裏側とピンボス部では熱応力は爆発圧力による引張応力と逆方向に作用し、引張応力が緩和されていることがわかった。(図6)

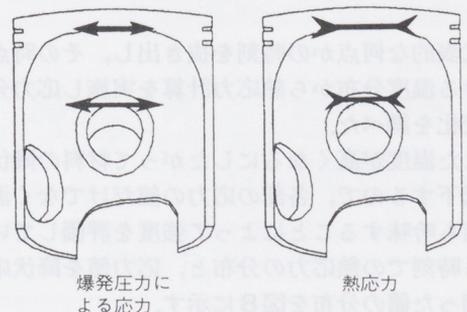


図6 応力比較

3.3 自動車エンジンの

エキゾーストマニフォールドの熱応力解析

エキゾーストマニフォールド（以下エキマニ）は排気ガス的高温にさらされ、また鋳物で厚肉部品であるため熱変形や熱応力が問題となりやすい部品である。さらに耐久試験に多くの時間を必要とするため、クラック発生などの問題が発生すると対策仕様の確認試験にさらに多くの時間が必要となる。このため、数値解析により対策検討の試行錯誤の回数を減らすことができれば開発の効率向上に非常に有効である。

エキマニの耐久試験では実車走行を模擬した運転サイクルを与え、これを何サイクルか繰り返して耐久性の評価をする。この運転サイクルをシミュレートするため、時間依存の熱伝導解析を行った。図7に示されるような耐久試験の1サイクル中の排気ガスの温度変化を計測により入手し、エキマニ内壁の境界条件として与えることにより時間依存の熱伝導計算を行った。

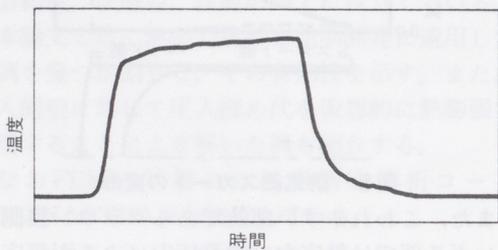


図7 排気ガス温度

代表的な何点かの時刻を抜き出し、その時点における温度分布から熱応力計算を実施し応力分布の変化を調べた。

また温度が高くなるにしたがって材料の降伏点が低下するので、各部の応力の値だけでなく温度の値も吟味することによって強度を評価している。ある時刻での熱応力の分布と、応力値を降伏応力で割った値の分布を図8に示す。

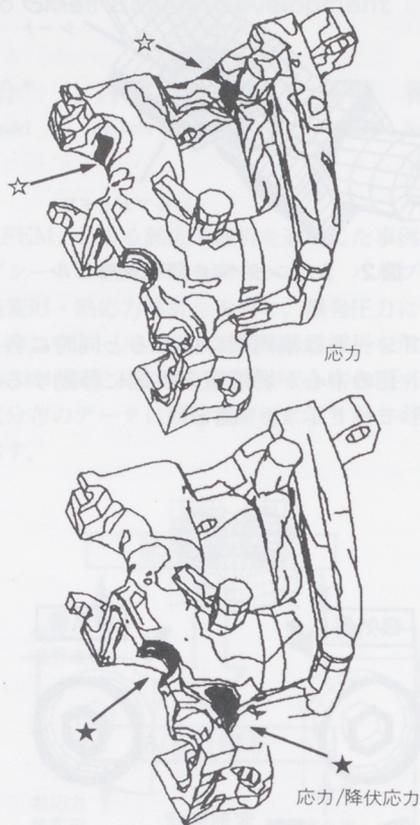


図8 応力及び応力/降伏応力の分布

解析の結果、クラックの発生した部位と計算上での危険箇所はよく一致している。また耐久試験ではクラックが発生していなくても危険な部位があることがわかった。さらに、熱変形と熱応力を合わせて見ることによりクラック発生メカニズムが視覚的に明らかになり、対策を考える上で参考になった。

3.4 組立クランクにおける

クランクピン圧入時の応力解析

組立クランクにおいてクランクピン圧入によりクランクピンとウェブとの接合面に発生する圧力分布は、クランクピンとウェブ相互の剛性のバランスにより決まるので予測するのはむずかしい。そこで組立クランクの強度・剛性を評価する場合に、この不均一な圧力分布をFEMモデル上で表現するために熱による変形を利用している。図9に組立クランクの形状を示す。

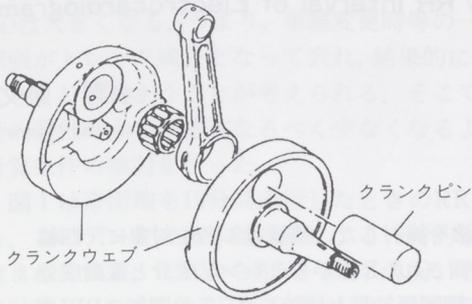


図9 組立クランク

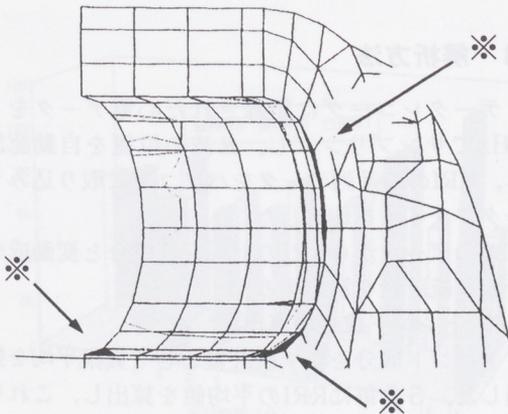
まず、ピン孔と同じ直径でクランクピンをモデル化し、クランクピンとウェブの接合部では半径方向にのみ力が作用するような境界条件を与える。そして、クランクピンにのみ(1)式で決定される温度を負荷する。これにより、クランクピンの膨張しようとする力とウェブからの反力がつりあって接合面に発生する圧力が表現される。

$$\delta = D \times T \times \alpha \quad (1)$$

- ここで δ : 圧入代
 D : ピン直径
 T : 温度
 α : 線膨張係数

である。 δ , D , α が決まれば、 T の値を決定することができる。

結果、接合面での圧力分布は図10のようになった。



(※印部が高面圧)

図10 接合面での圧力分布

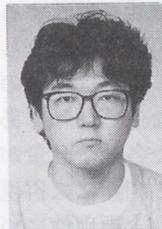
4 おわりに

以上述べたように、種々の問題に対して熱応力解析を適用し、商品開発過程で発生した問題の解決に役立っている。

最後に、現状での熱応力解析を商品開発に適用する上での問題点を示す。まず温度分布のデータを入手するための熱伝導解析において、適切な伝熱境界条件の設定がむずかしいことである。現状では何点かの計算結果の温度が実測値と合致するように、伝熱境界条件を調整しながら繰り返し計算を行い、境界条件の数値を決定している。次に、熱変形・熱応力の実験検証データの入手がむずかしいことである。特に、ピストンのようにエンジン内で運動している部品については困難である。さらに、熱応力の値から部品の寿命を予測するための評価手法が確立されていないことなどがあげられる。

今後は、さらに適用事例を積み重ねていき、これらの問題点を克服していきたいと考える。

■著者



鈴木 大介



吉村 昇一



安藤 剛廣

心電図RR間隔による運転疲労評価法の研究

Study of Driver's Fatigue Estimation Method by RR Interval of Electrocardiogram

水野 康文*

Yasufumi Mizuno

要旨

心電図R波の時間感覚(RRI)から運転疲労を評価判定する方法を検討した。被験者1名を対象に、四輪車で高速道路を主体に400kmの走行実験を3回繰り返した。計測されたRRIからトレンド成分と変動成分を表す統計指標を算出し、オフィスワーク時のRRI, および主観評価結果と比較した。5分間毎のRRIの平均値(RRM)をトレンド成分を表す指標とした。変動成分を表す指標として標準偏差(SD)を採用した。SDは一時的緊張等のトレンド成分の影響を受けるため、SDからトレンドに対してロバストな指標RRV15を定義した。RRM, RRV15から以下のことがわかった。①運転疲労によりRRMは減少する。②休憩時と運転時のRRV15の差から定義した新しい指標RER(回復率)は運転疲労が蓄積すると激減する。また、RRM, RERの経時変化の統計的有意性も確認できた。

1 はじめに

より快適、より安全な乗り物づくりを目指して、生体情報を電気信号として検出し、生理状態を定量的に捉えようとする様々な試みがなされている。

生体情報の中でも心電データから測定されるRR間隔(RRI)は自律神経の調節機能を反映するもので、運転疲労評価への適用の可能性を調査した研究事例が多く報告されている。RRIは呼吸の深さによっても変動するほど敏感な生理情報である。したがって、RRIから算出された各種統計量が不偏的な運転疲労評価指標か否かの判断には再現性の検討が必要になる。しかしながら、再現性について検討を加えた研究事例は少なく、多くの研究報告の結論は必ずしも一致しておらず、不偏性のある疲労評価法が確立していないのが現状である。

そこで、本報では実走行による長距離走行を3回繰り返す、結果を統計処理することにより再現性について検討を加え、RRIから運転疲労の程度を定量的に捉える方法を提案した。

2 実験方法

2.1 実験概要

走行実験は3回(ケース1~ケース3)繰り返した。また、比較のためにオフィスワーク時(コントロール)のデータを1日分収集した。

被験者 : 男性1名, 運転経験15年

ルート : 静岡県磐田市から東名, 中央高速道路經由岐阜県馬籠までの往復400km.

走行方法 : 全行程を6つの走行区間(A~F)に分けた。各区間の走行時間は約1時間。区間C走行後に90分の昼食休憩を、その他は15分程度の休憩をとった。

実験車両 : 1200cc国産乗用車

2.2 計測項目

心電データを専用アンプを通してデータレコーダに記録した。同時に、メモ(時刻, 走行場所, 走行距離, 混雑の程度, 疲労の程度)を5分毎に音声で記録した。

3 解析方法

データレコーダに記録された心電データを1kHzでサンプリングし、R波の位置を自動認識し、RRIの時系列データをパソコンに取り込みデータファイルを作成した。

このデータからRRIのトレンド成分と変動成分を表す統計量を算出する。

3.1 トренд成分の算出

トレンド成分を表す統計量として算術平均を採用した。5分毎にRRIの平均値を算出し、これをRRMとした。

3.2 変動成分の算出

変動成分を表す統計量として標準偏差(SD)を

*技術本部 基盤技術研究室

採用した。SDはRRIの平均値からの偏差の絶対値に比例する。従って、RRIにトレンドが存在するとSDは大きくなる。つまり、車線変更時等の一時的緊張がトレンド成分となって表れ、結果的にSDを大きくしてしまうことが考えられる。そこで、一時的緊張による影響がなるべく少なくなるような計算条件の検討を行った。

図1は市街地を15分間走行したときのRRIである。このデータには本線合流による一時的緊張が含まれている。これからSDを1分、3分、5分毎に計算し、これらをRRV1、RRV3、RRV5とする。この結果を図2に示す。これから15分間の変化率は128%(RRV1)、74%(RRV3)、79%(RRV5)大きく、いずれの場合も本線合流時の緊張による影響が大きく表れていることが分かる。図3はRRV1を5分毎に平均したもの(RRV15)である。この場合の変化率は8%と小さく、本線合流時の緊張による影響が除かれていることが分かる。以上の検討結果よりRRV15をRRIの変動成分を表す統計量とした。

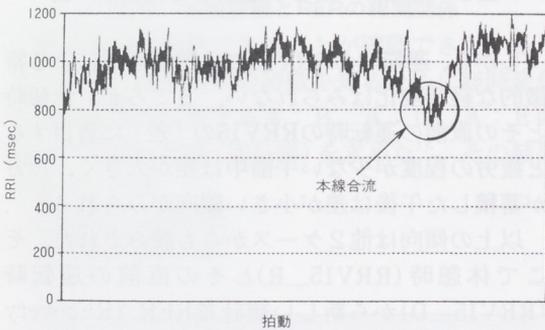


図1 運転時RRIデータ

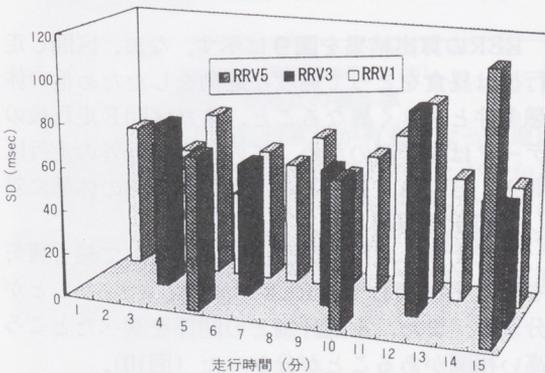


図2 SDの安定性検討結果

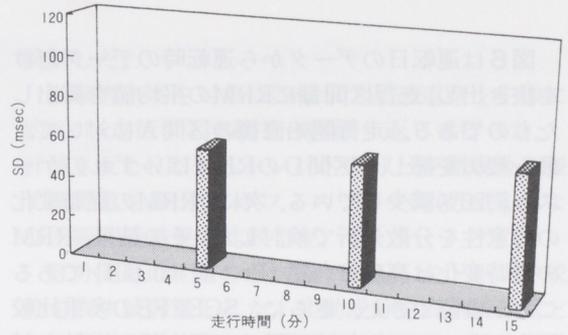


図3 RRV15の安定性検討結果

4 結果及び考察

4.1 主観評価

結果を図4に示す。評価は各走行区間毎に「非常に元気」を5点、「非常に辛い、眠い」を1点とするSD法で行った。走行時間は各区間とも約1時間。A～Cが午前中、昼食をはさんでD～Fが午後の走行である。3回の実験ともほぼ同様の結果となった。

最も辛く眠いのはD区間。昼食後かつ西日に向かったの走行ということもあり「睡魔との戦い」が続く。その後(E, F)は「あともう少し」という精神面の影響もあり「辛さ」が徐々に回復したかのように感じる。

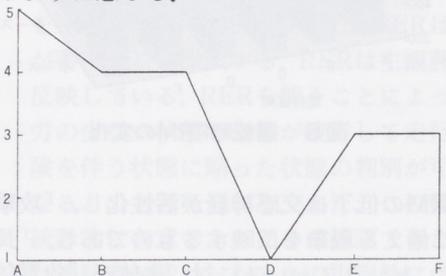


図4 主観評価結果

4.2 RRMの経時変化

結果を図5に示す。平常日(コントロール)は1000msec付近を中心にとらついており、トレンドは見られないが、運転日(ケース)では走行時間の経過に伴い、RRMが減少する傾向が見られる。

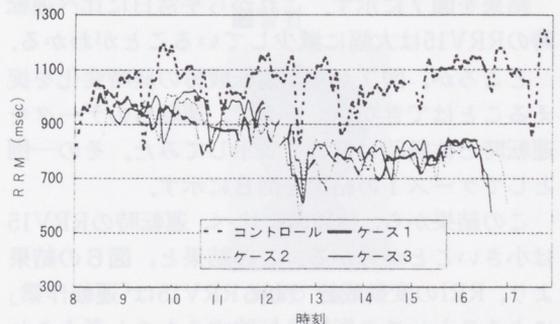


図5 RRMの経時変化

図6は運転日のデータから運転時のデータだけを抜き出し、走行区間毎にRRMの平均値を算出したものである。走行開始直後の区間Aに対して、最も疲労を感じる区間DのRRMはいずれのケースも約20%減少している。次に、RRMの経時変化の有意性を分散分析で検討した。その結果、RRMの経時変化は高度に有意 ($Pr > F = 0.001$) であることが確認できた。さらに、SCEFFEの多重比較法¹⁾を使って、各走行区間で平均値の比較を試みたところ危険率5%でA, B, C (午前中)とD, E, F (午後)の2グループに分かれる結果となった。以上の結果より、実験の繰返しによる日間変動を考慮しても運転日の運転時RRMは午前中に対し午後は低下することが明らかになった。

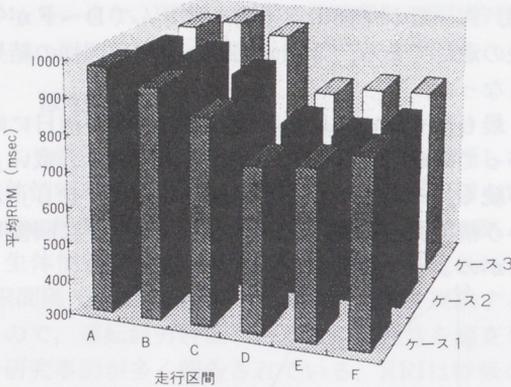


図6 運転時RRMの変化

RRMの低下は交感神経が活性化し、「攻撃や逃避」に備える現象を反映するものである。「長距離走行」というストレスに対し生体が「攻撃体制」をつくるために、交感神経の活動が活発になり、RRMが低下したものと考えられる。

従って、RRMは運転疲労を反映する指標の1つと考えることができる。

4.3 RRV15の経時変化

結果を図7に示す。これから平常日に比べ運転時のRRV15は大幅に減少していることがわかる。

ところが、図7からは運転疲労の経時変化を捉えることはできない。そこで、運転日のデータを運転時と休憩時に分けて表示してみた。その一例としてケース1の結果を図8に示す。

この結果から、休憩時に比べ、運転時のRRV15は小さいことが分かる。この結果と、図6の結果より、RRIの変動成分であるRRV15は「運転作業」によるストレスの影響を反映するものと考えられる。

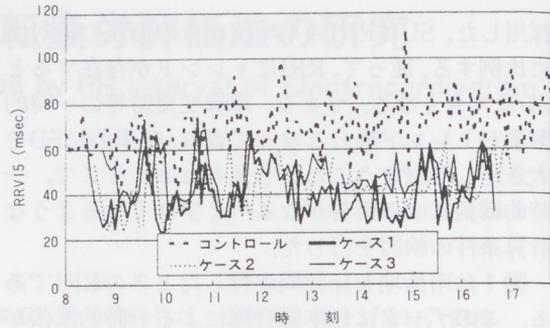


図7 RRV15の経時変化

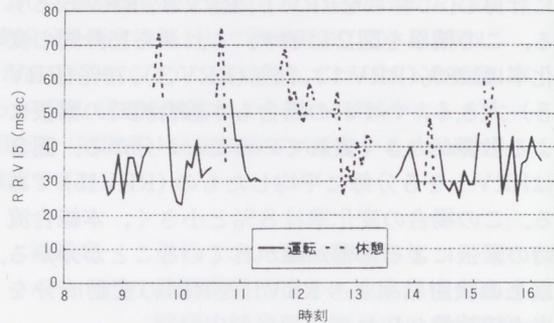


図8 運転日RRV15の運転/休憩別表示一例

しかし、運転時のRRV15には運転疲労による特徴的な経時変化はみられない。ところが、休憩時とその直前の運転時のRRV15の「差」に着目すると疲労の程度が少ない午前中は差が大きく、疲労が蓄積した午後は差が小さい傾向がみられる。

以上の傾向は他2ケースからも読みとれた。そこで休憩時 (RRV15_R) とその直前の運転時 (RRV15_D) から新しい統計量RER (REcovery Ratio: 回復率) を次のように定義した。

$$RER = \frac{(RRV15_R) - (RRV15_D)}{RRV15_D} \times 100(\%)$$

RERの算出結果を図9に示す。なお、区間C走行後は昼食をとって適度な運動をしたため他の休憩条件と大きく異なること、また区間F走行後のデータは未計測のため、この2区間以外の走行区間A, B, D, Eとその直後の10分間の休憩に対してRERを算出した。

これより、走行直後の区間Aに対して最も疲労を感じる区間DではRERが激減していることが分かる。また、主観評価との関係を調べたところ高い相関があることが分かった (図10)。

次に、このデータに対し、RERの経時変化の有意性を分散分析で検討した結果、 $Pr > F = 0.04$ となり繰返しによる日間変動を考慮してもRER

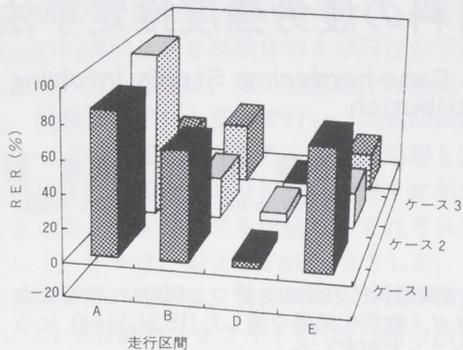


図9 RERの変化

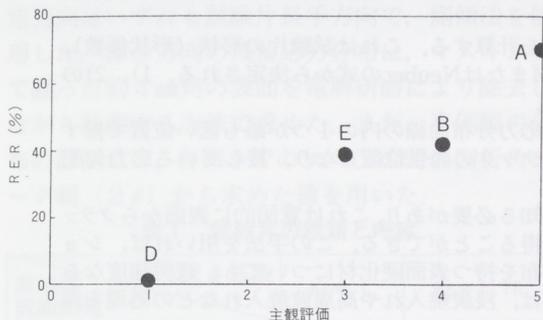


図10 主観評価とRERの相関関係

の経時変化は有意であることが確認できた。さらに、RERの経時変化の特徴を知るために経時変化の全変動成分に対するA:B, A:D, A:Eの対比平方和の比率(寄与率)を求めた¹⁾。その結果を図11に示す。

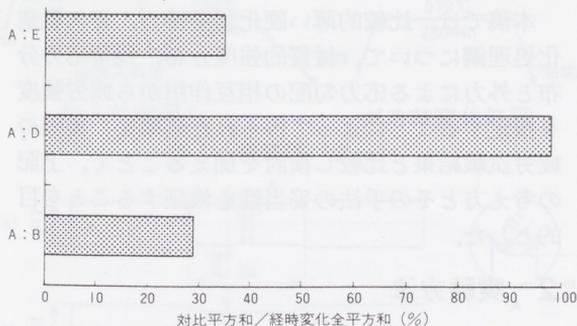


図11 各対比の寄与率

これより、RERの経時変化が有意となった原因の大部分はAからDへの変化であることが分かる。以上の結果から、RERを使うことによって疲労の少ない状態(本報の場合は区間A)と生体が疲労して走行上危険を伴う状態に陥った状態(同区間D)の判別が可能になるものと考えられる。

5 まとめ

心電図RRIから運転疲労を評価判定する方法を

検討した。

被験者1名を対象に四輪車で高速道路を主体に約400km走行する実験を3回繰り返して行った。計測されたRRIからトレンド成分と変動成分を表す統計量を算出し、オフィスワーク時のRRI, および主観評価結果と比較した。

5分間毎のRRIの平均値(RRM)をトレンド成分を表す統計量とした。変動成分を表す統計量として標準偏差(SD)を採用した。SDは一時的緊張である。トレンド成分に対して不安定な統計量であるロバストな変動統計量RRV15を定義した。RRM, RRV15から以下のことが分かった。

- 1) 運転時RRMは午前中に比べ 午後は約20%減少する。この傾向は統計的に有意であることが確認できた。
- 2) 「運転作業」というストレスを与えることによりRRV15は減少する。
- 3) 運転日の運転時のRRV15からは疲労による経時変化はみられない。
- 4) 運転負荷を与えるとRRV15が小さく、休憩時には大きくなり、その差が運転疲労とともに小さくなることに着目し、運転時と休憩時の差の運転時に対するRRV15の比率をRER(回復率)と定義した。RERは疲労が蓄積すると激減する。RERは主観評価を反映している。RERを使うことによって疲労の少ない状態と生体が疲労して走行上危険を伴う状態に陥った状態の判別が可能となるものと考えられる。また、この傾向は統計的に有意であることが確認できた。

今後は被験者が変わったときの再現性について調査する。

参考文献

- 1) 竹内ほか “SASによる実験データの解析”, 東京大学出版会

■ 著者



水野 康文

残留応力分布を持つ表面硬化材料の疲労強度推定手法

Fatigue Strength Estimation Technique for Case-hardening Steels Involving Residual Stress Distribution

伊藤 寿浩* 安達 修平*

Toshihiro Ito

Shuhei Adachi

要旨

表面硬化処理を施した鉄鋼材料は、表面から内部に向かって変形抵抗の分布を持つと同時に、残留応力の分布をも持つ傾斜機能材料とすることができる。本稿ではガス軟窒化処理を施したJIS SCM440 について、その疲労強度を推定する方法として、次の手順を踏むことを提案した：

- 1) 硬さ(Hv)分布曲線と残留応力(σ_R)分布曲線を基に、疲労強度(σ_w)分布曲線を計算する。関係式には $\sigma_w=1.6 \times Hv-0.5 \times \sigma_R$ を用いる。
- 2) 各応力レベルにおける深さ方向への応力振幅分布を計算する。これは試験片の形状(形状係数)、荷重モード(曲げ、引張、ねじりなど)によりFEMまたはNeuberの式から決定される。1)、2)の計算に際しては同じ応力比に換算した値を用いる。
- 3) 計算より求めた疲労強度分布曲線と外力による応力分布曲線の内の1つが最も低い位置で接する点を見つける。この接点の深さ位置が、疲労クラックの発生位置となり、接している応力勾配で代表される応力レベルが疲労強度となる。

より正確な推定を行うには正確な表面下の疲労強度を知る必要があり、これは意図的に表面からクラックが発生するようにした試験片を用いた疲労試験により得ることができる。この手法を用いれば、ショットピーニング処理などで得られる急勾配の残留応力分布を持つ表面硬化材についても、疲労強度ならびにクラック発生位置の予想が可能となる。この考え方は、浸炭焼入れや高周波焼入れなどの処理を施した表面硬化材料の全般的な疲労現象への適応が可能である。

1 はじめに

内燃機関などに用いられる部品の多くには、耐摩耗性と強度を確保するための表面硬化処理が施されている。中でも、鉄鋼材料に対する表面硬化処理の占める比率は大きく、その代表的なものとして、浸炭、窒化および高周波焼き入れ処理があげられる。これらの処理を施された部材は、いずれも表面から内部に向かって材料の変形抵抗が変化する、いわゆる材質的な傾斜構造を持っているが、同時に、多くの場合、残留応力も表面から内部にかけて連続的に変化するような分布を示すことから、弾性歪み場の傾斜構造をも持っていると言える。

このような部材の疲労強度を推定しようとする場合、上述した二つの種類の傾斜構造を考慮した強度分布を設定した上で、外力による応力分布との相互作用を考えなければならない。こうした表面硬化材料の疲労強度の考え方に関しては、すでに浸炭処理を施した歯車の歯元曲げ疲労強度への考察¹⁾²⁾や、浸炭後ショットピーニング処理を施した場合の疲労寿命向上機構に関する説明³⁾に紹介

されている。しかし、こうした考え方を厳密に適用して部材の疲労強度を高い精度で予測する手法については、必ずしも明確にされているとは言えない。

本稿では、比較的薄い硬化層を持つ、ガス軟窒化処理鋼について、材質の強度分布、残留応力分布と外力による応力勾配の相互作用から疲労強度を推定することによって得られた結果を、実際の疲労試験結果と比較し検討を加えることで、上記の考え方とその手法の妥当性を検証することを目的とした。

2 実験方法

実験に供した材料は、JIS SCM440で、その代表的化学成分の構成は、C 0.39 Si 0.19 Mn 0.73 P 0.019 S 0.008 Ni 0.046 Cr 1.01 Mo 0.16(各wt.%)である。本材料を試験片形状に加工後、**図1**に示す条件にて、焼き入れ焼き戻しおよびガス軟窒化処理を施した。目的に応じて一部の試験片には、ショットピーニング処理を実施した。ショットピーニング処理は、SiCの研掃材#220(100 μ m)を用いた空圧式ピーニングマシンにより、表層約60 μ mを除去する条件で行った。

疲労試験には、小野式回転曲げ疲労試験機を用

* 技術本部 基礎技術研究室

い、試験片には静的形状係数 $K_t=1.78$ 、最小断面径8mmの円周切り欠き試験片および同径の平滑試験片を用いた。図2に、用いた試験片の諸元を示した。試験はいずれも室温で行い、試験回転数は3,000~3,600回転/分とした。各表面処理と試験片の形状係数の組み合わせについて表1に示すように3とおりのシリーズを作成し、それぞれ記号をT-1、T-2、およびTSP-2とした。

残留応力の計測には、X線残留応力測定装置を用い、Cr-K α 線のフェライト相(211)面の回折ピーク位置からsin二乗 ψ 法により求めた。応力の測定方向はいずれも試験片長手方向で、側傾法を使用した。深さ方向の残留応力分布は、マスキングで囲った約4mm角の表面を電解研磨により除去しながら計測する方法で求めた。また、半価幅の分布の計測には、各深さでの $\psi=0^\circ$ の時の回折角ピーク幅(2 θ)から求めた値を用いた。

表1 試験片の種類と呼称

熱処理 表面処理	切り欠き係数 Kt=1	Kt=1.78
窒化処理まま	T-1	T-2
窒化処理後 ショットピーニング		TSP-2

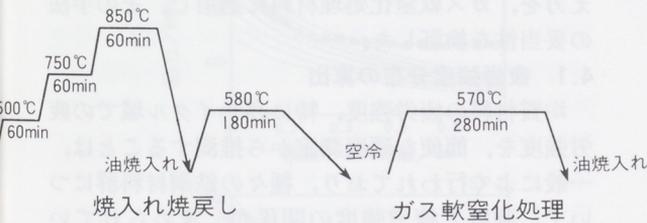
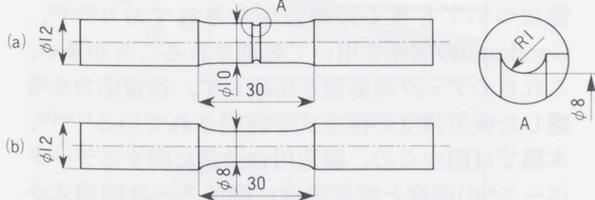


図1 熱処理パターン



(a) 円周切り欠き付試験片 Kt=1.78
(b) 平滑試験片 Kt=1

図2 回転曲げ疲労試験片形状

3 結果

図3に試験片各シリーズの回転曲げ疲労試験結果を示す。縦軸は、応力振幅であるが、円周切り欠き試験片であるT-2およびTSP-2シリーズについては、いずれも、切り欠き底での応力値

として公称応力に静的形状係数を乗じた値を用いた。図3から、繰り返し数10回での疲労強度は、TSP-2、T-2、T-1の順で、それぞれ、1040、820、560MPaであった。この結果、同じ形状係数をもつ円周切り欠き試験片では、ガス軟窒化後に研掃材を投射して表面層を除去したものが、窒化ままのものに比べ約30%高い疲労強度を示し、また同じ窒化ままであれば、形状係数 K_t を1から1.78にすることで、約45%の疲労強度上昇が得られることになる。なお、平滑試験片のシリーズT-1では、高サイクル域で破断した試験片の中に、表面下にき裂発生点をもつ、いわゆるFish-eye型の破面が観察された。

図4に、T-2およびTSP-2シリーズの疲労試験実施前の試験片について計測した、深さ方向への硬さ分布を、図5に、表面近傍の断面微細組織写真を示す。組織写真から、窒化ままのT-2では、表層厚さ約10 μ mの白色の窒化化合物層が見られるのに対し、TSP-2では、ショットピーニング処理により窒化化合物層が完全に除去されていることがわかる。TSP-2の硬さ分布は、T-2の表面が約60 μ m除去された場合と仮定した場合にほぼ一致しているとみなすことができ、表面

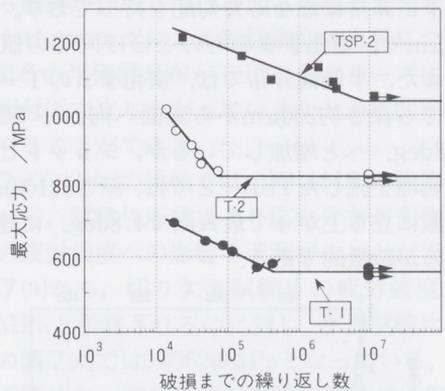


図3 疲労試験結果

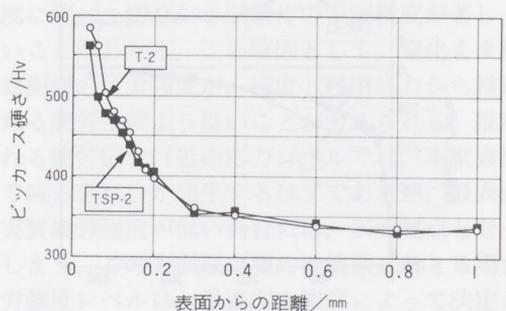
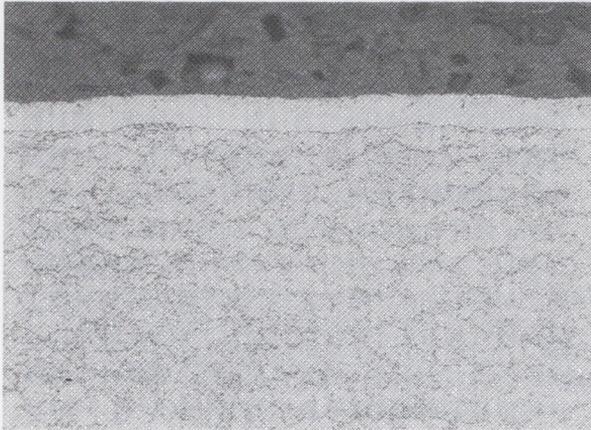


図4 T-2およびTSP-2の断面硬さ分布



(a) T-2



(b) TSP-2

図5 試験片表面近傍の断面顕微鏡組織

層除去後の実際の径の計測結果とも一致している。図6に、上述したシリーズの試験片について求めた、残留応力および半価幅の深さ方向の分布を示す。ガス軟窒化ままの場合、表面で約300MPaの圧縮応力があり、表面から内部にかけてなだらかに減少し、深さ約400 μ mでほぼゼロとなる。これに対し、ショットピーニングを施したものは、表面で約900MPaという極めて高い圧縮応力を示すが、表面下に非常に急な応力勾配を持っており、深さ約20 μ mで、窒化ままのものと同様の値となる。また、半価幅分布では、窒化ままのT-2においても深さ約200 μ mから表面へ向かって2.5から3.8deg.へと増加しているが、ショットピーニング処理を施したTSP-2では、深さ約100 μ mから急激に立ち上がって最表面で4.8deg.に達しているのが特徴的である。

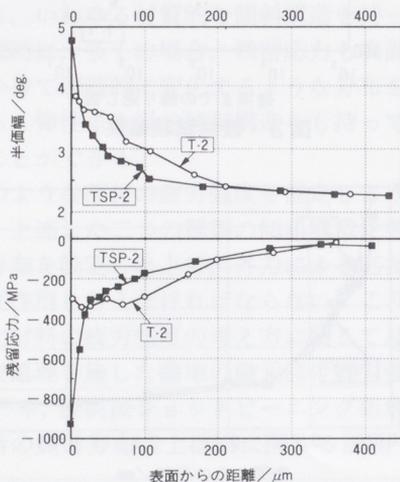


図6 T-2およびTSP-2における半価幅と残留応力分布

4 考察

表面硬化熱処理を施された材料の疲労強度は、破損起点となる疲労き裂の発生場所が表面であるか、内部であるかによって大きく異なることが予想される^{4),5)}。疲労き裂の発生場所は、材料の強度分布と、外力による表面下の応力分布との相対関係によって決定されると考えられる。この考え方を、ガス軟窒化処理材料に適用し、その手法の妥当性を検証した。

4.1 疲労強度分布の算出

均質材料の疲労強度、特に高サイクル域での疲労強度を、簡便な硬度測定から推測することは、一般によく行われており、種々の鉄鋼材料群について、硬度と疲労強度の関係が、求められている^{6),7)}。また、鉄鋼材料の疲労強度の平均応力依存性についても多くの報告がなされており^{8)~10)}、Goodmanの関係を用いて処理されることが多い。これらのデータの蓄積を応用して、残留応力を考慮した疲労強度の推定式が提唱されている^{11)~13)}。本稿では田中らの、構造用合金鋼に関するデータベース⁶⁾の硬度と疲労強度に関する一次回帰式から得られた、疲労強度/硬度比として1.6を、また、同合金系の疲労限度線図におけるGoodmanの関係式から、疲労強度/平均応力比として-0.5を採用し、次式により疲労強度の推定を行った。

$$\sigma W = 1.6 H_v - 0.5 \sigma R \quad (1)$$

(1)式を用いて、窒化まま材と窒化後ショットピーニング処理を施した材料の二通りについて、測定した硬度分布と残留応力分布から、各深さ位置における疲労強度 σW を求め、表面からの距離の

関数として疲労強度分布を得た。それぞれのシリーズの材料について得られた疲労強度分布を、図7に、プロットしたシンボルとそれらを連結した実線で示した。

4.2 表面下の応力分布

円周切り欠きをもつ丸棒に曲げが働く場合の、切り欠き底における引張り主応力 σ_y の深さ方向の分布は、次式(2)、(3)を用いて計算した結果から求めた。

$$\sigma_y = Kt \cdot \rho \cdot \sigma_N / (\rho + 2x) \quad (2)$$

$$\sigma_N = (-2\sigma_0/d) \cdot x + \sigma_0 \quad (3)$$

ここで、Kt：静的形状係数

ρ ：切り欠きの曲率

x：切り欠き底表面からの距離

σ_0 ：切り欠き底での公称応力

d：切り欠き底での試験片直径

形状係数Kt=1.78, 最小試験片直径d=8の切り欠き底の応力分布を、公称曲げ応力100MPaごとに600から1200MPaまで計算したものを、図7(a)(b)に実細線で示した。

また、平滑試験片については、式(3)を用いて求めたものを、同様に図7(c)に示した。

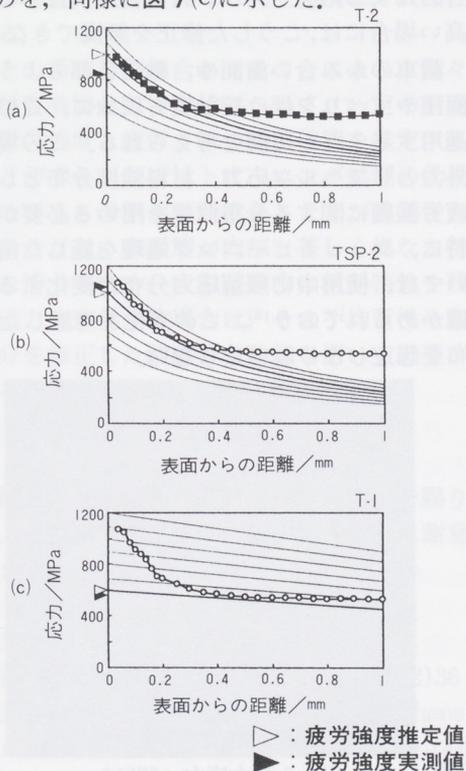


図7 各試験片における疲労強度分布と外力による応力分布の関係

4.3 疲労強度の推定と実測値との比較

図7では、硬度と残留応力分布から求めた材料の疲労強度分布と、外力による応力分布の相対関係が明確になっている。この図より、外力による応力分布曲線が低レベルから高レベルへと移行していき、最初に材料の強度分布線と接するレベルに到達した時が、材料の疲労限度であることがわかる。すなわち、応力分布曲線と強度曲線が一点で接する状態になったときの強度曲線から得られる表面の応力レベルがその材料の疲労強度として測定されることになる。また、材料中に欠陥や介在物などの不連続な部分の存在が無視できる場合には、その接点の深さ方向の位置が、疲労きれつの発生位置と一致していることになる。

図7(b)について、強度分布線に接する応力分布曲線が表面を表す縦軸と交わる点から疲労強度を予測すると、約1000MPaとなり、図3のTSP-2の疲労試験結果である1040MPaとほぼよい一致を示す。推定値と実測値との間にずれを生じる他の原因としては、ショットピーニングによって増殖した転移間の相互作用により可動転移密度が減少し、表面近傍の変形抵抗が上昇した結果、疲労きれつの発生が抑制されるなどの、材質の変化に起因する機構が作用していることも考えられる。ショットピーニングによる転移密度の上昇については、図6の半幅分布がTSP-2シリーズにおいて表面付近で立ち上がっていることから間接的に確認することができる。

図7の(a)と(c)の比較では、同じ材料の強度分布について、試験片形状により応力分布が変化した場合の疲労強度への影響を予測することができる。

図7(a)から、切り欠き試験片の疲労強度が約1010MPaと予測されるのに対し、平滑試験片についての図7(c)では、約620MPaとなっている。これらの予測値を、図3の疲労試験の実測値820MPaおよび560MPaと比較すると、平滑試験片の予測精度に比べ、切り欠き試験片の予測精度が著しく悪いことがわかる。この原因として、窒化まま材の表面層の疲労強度が、硬度と残留応力から推定される疲労強度より低いことが考えられる。推定される疲労限度付近の応力レベルでは、本来表面下で疲労きれつが発生するはずであるが、最表面の実質疲労強度が低い場合には、表面起点になってしまう。この表面起点型の破壊様式をとる場合、疲労強度レベルは、最表面の強度によって決定され、そのレベルを越えることはありえない。そこ

で、T-2シリーズの中から、疲労限度付近で破断した切り欠き試験片について破面観察を行ったところ、図8(a)に示すように、表面を破壊起点とした破面を呈していることが確認された。この結果は、この材料の強度が表面層の疲労強度に支配されているという上記の推論を裏付けるものである。また、T-2のS-N曲線(図3)から、本試験で用いたガス軟窒化処理を施したままの材料においては、表面の窒化化合物層の疲労強度が、約820MPaであることが推測される。したがって、本材料の疲労強度分布線は、表面部のみ820MPaの不連続な値をとることになる。なお、平滑試験片の場合は、応力勾配が比較的ゆるやかであるため、図7(c)に示されるように強度分布曲線と接する応力分布線が、表面で820MPa以下となり本来の疲労強度を示すことになる。この場合、破壊起点は図から深さ0.4~0.6mmの内部破壊様式となるはずである。図8(b)は、T-1シリーズの疲労限度付近で破断したテストピースの破面を示すが、表面下約0.5mmに起点をもつFish-eye型破面であり、上記の推測を裏付けるものと考えられる。

以上の結果から、ガス軟窒化処理鋼の疲労強度推定手法として、次の手順を踏むことが推奨される。

- 1) 硬度分布と残留応力分布を(1)式により合成した、強度分布曲線を描く。
- 2) その強度分布曲線と最も低い応力レベルで接する外力による応力分布曲線を求める。
- 3) 項目2)で得られた応力分布曲線が、試験片(または部材)の表面位置に達した応力レベルが疲労強度を表す。ただし、この応力レベルは、表面層の疲労強度を越えることはできない。

項目3)にある、表面層の強度については、硬度や、残留応力のみから推定することが困難な場合が多い。浸炭鋼の場合は、表面の粒界酸化層の存在が、また、窒化鋼の場合は、化合物層の性状が表面強度を決定することが多いと考えられる。さらに、村上らの指摘するように、非金属介在物の存在や^{8),13)}、試験環境から受ける腐食、酸化などの時間依存性の因子¹⁴⁾についても、無視できない場合がある。このような場合には、確実に表面で疲労きれつが発生していることを確認できる試験片と試験条件を用いて、表面層の真の疲労強度を実測する必要がある。

疲労きれつの発生場所については、項目2)の両分布曲線の接点の位置から推測することができる。この場合も、表面の真の疲労強度が実験的に求められていることが前提となる。

以上の手法は、材料因子が疲労中にほとんど変化しないことが前提となっているので、疲労限度付近の破損を扱う場合に有効である。試験中に硬度分布や残留応力分布が変化する場合には、その変化を予測して修正する作業が必要となる。特に、外力による応力レベルが疲労強度に比べて著しく高い場合には、こうした修正を無視できなくなる。

歯車のかみ合い歯面や、軸受け部のように高い面圧やすべりを伴う接触疲労現象に、この手法を適用することも可能と考えられる。この場合は、外力としてヘルツ応力、材料強度分布として剪断疲労強度に関する分布曲線を用いる必要がある。特に、ショットピーニング処理を施した歯車については、使用中に残留応力分布が変化することが確かめられており¹⁵⁾、この変化を考慮した強度分布を想定しなければならない。

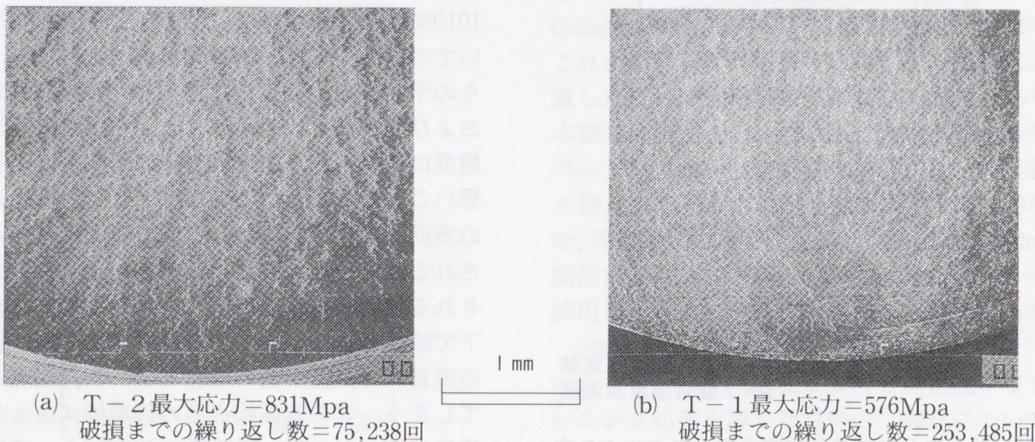


図8 試験片破面のSEM写真

5 まとめ

ガス軟窒化処理を施したJIS SCM440材について、表面下の硬度分布、残留応力分布と外力による応力分布との相対関係から疲労強度を推測する手法の妥当性を検証した。その結果、以下のような結論が得られた。

1. 表面に窒化化合物層がない場合、材料の疲労強度は、表面下の硬度分布と残留応力分布から推定される疲労強度分布曲線と接する、もっとも低いレベルの応力分布線により、数%の精度で推定することができる。また、接点の位置から、疲労き裂の発生箇所を推定することができる。
2. 表面に窒化化合物層がある場合の疲労強度分布は表面のみ特異値を設定する必要がある。本稿で試験した範囲では、ガス軟窒化処理したJIS SCM440材の化合物層の疲労強度は、820MPaであり、上記の方法で得られた応力分布線の表面でのレベルがこの値を越える場合は、この値が疲労強度の上限となる。また、この場合、疲労き裂の発生箇所は、表面となる。
3. 以上の手法を組み合わせることにより、種々の材質や切り欠き形状について、一定の精度で疲労強度と疲労き裂発生位置を推定することができ、ショットピーニング処理の効果についても予測が可能であることが確認された。ただし、表面層が内部と著しく異なる性状を持つ場合や、疲労試験中に材料特性や残留応力が変化する場合は、その不均質性や変化分を修正した強度分布曲線を用いる必要がある。

- 3) 香川裕之, 石黒守幸, ショットピーニング技術協会シンポジウム, 94.9.13 予稿集(1994)1
- 4) T.Naito, H. Ueda, M. Kikuchi, Metallurgical Transactions A, Vol.15A, July (1984)14-311436
- 5) 浅見克敏, 熱処理, Vol. 25, No 3 (1985)123-128
- 6) 田中道七編, 金属材料疲労強度数値データベースの解析と耐疲労信頼性設計資料集の編集, 昭和61年度科学研究費補助金研究成果報告書, 研究課題番号60302040, (1987)
- 7) M.F.Garwood, et. al. Correlation of Laboratory Tests and Service Performance. Interpretation of Tests and Correlation with Service, ASM(1951)1-77
- 8) 村上敬宣, 上村裕次郎, 夏目喜孝, 宮川進, 日本機械学会論文集, A編, 56, 525(1990)1074-1081
- 9) 日本材料学会, 金属材料の疲労強度データ集, Vol. 1-3, (1982)
- 10) 日本機械学会, 金属材料疲労強度の設計資料, 1一般, 寸法効果, 切り欠き効果, (1982)
- 11) 村上敬宣, 鉄と鋼, Vol. 75, No 8 (1989)126
- 12) 松本和明, 三瓶哲也, 豊田武司, 金沢孝, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No. 900-86(1990)275-277
- 13) 村上敬宣, 宇宿尚史, 日本機械学会論文集, A編, 55-510(1989)213
- 14) 江村秀樹, 浅見克敏, 日本機械学会論文集, A編, 55-509(1989)45-50
- 15) 安達修平, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, No.900-86(1990)278-280

謝辞

試験結果の考察にあたり有用なコメントを賜りました、名古屋大学工学部の田中啓介教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 米谷 茂, 機械設計, Vol. 26, No 13(1982)36
- 2) H.J.Spies, Verhalten von Oberflächenschichten und oberflächbehandelten Bauteilen bei komplexen Beanspruchungen, VEB Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, Leipzig 262 (1987)7-26

低圧鋳造の湯まわり不良低減

Improvement of Fluidity of Low Pressure Die Casting

藤原 彰人*

Akihito Fujiwara

要旨

低圧鋳造にて生産しているモーターサイクルのシリンダヘッドにおいて、フィン先端に発生する湯まわり不良を低減するため、Al溶湯の流動性とそれに影響する要因との相関を調査した。Al溶湯の流動性は、同一条件で鋳造した場合、鋳造ショット数が経過するとともに低下する。また、現生産で管理している条件の中では溶湯温度・加圧流速の影響が大きい。さらに、不活性ガス雰囲気での効果も確認できた。その結果から、影響の大きい溶湯温度と加圧流速の設定値を鋳造ショット経過に対して補正することで常に一定した流動性を得ることができ、製品の湯まわり不良を低減できた。

1 はじめに

第3工場では、低圧鋳造（※1）にて主にモーターサイクルのシリンダヘッドを製造しており、現在は、水冷より空冷シリンダヘッドの生産数量が多い。空冷シリンダヘッドは、「フィン形状」が多く、その薄肉形状のためフィン先端の湯まわり不良が多発する。湯まわり不良が発生した場合、その欠落した部分を溶接にて肉盛して修正している。この湯まわり不良を低減し、工程上溶接修正なしで出荷できる比率（直行率）を上げることが、製品のコストダウンを考える上で技術課題となっている。

※1 低圧鋳造

図1のように、金型の下にある密閉された溶湯保持室に圧搾空気を送り込むことにより溶湯表面に圧力をかけ、導管（ストーク）を通して金型内に溶湯を供給する鋳造法、その圧力の上昇速度が鋳込み流速となり、圧力保持時間が、押湯時間（加圧時間）となる。

2 湯まわり不良対策の現状と課題

湯まわり不良の原因として

- 1) 形状の肉厚が薄いために末端に到達する前に凝固する。
- 2) 型内のエア・ガスの排除が悪く、溶湯とうまく置換できない。

等が考えられ、その対策として

- 1) 形状の変更
- 2) ガス抜き強化
- 3) 塗型剤（※2）の変更

を行ってきた。しかし、形状の変更については、その外観品質・冷却性能から設計的に制限がある。またガス抜き強化についても、そのガス抜き形状が、「アルミニウムが入らない程度に大きく」という観点からすると、現鋳造法では、大幅な改善を実現するのはむずかしい。つまり、1) 2)の対策は既に手詰まり状態にある。また、過去に効果があった対策として「塗型剤の変更」があり、その効果の程度を目安として、塗型後数ショットにおける重力鋳造による流動長の比較データがあるが、効果の持続性については不明であった。

以上から現状の課題を整理すると以下のとおりである。

- 1) 現状の手詰まり状態を打開するために新たな切口を見いだすこと
- 2) 過去の事例も含めて、その効果を定量化すること
- 3) 実際の生産状態に近く、効果の持続性が評価できること

※2 塗型剤

保温性・湯流れ性・離型性・ガス抜き性・金型表面保護を目的として、金型表面に塗布する材料（アルミナ・シリカなど）、低圧鋳造・金型鋳造に用いる。

3 要因（因子）の選定

現状の形状・ガス抜き方法を肯定した場合、湯

*鋳造事業部 鋳造技術室

$$L_f = V\theta_f = \frac{A\rho V (\kappa H_f + C\Delta T)}{Sh (T - T_r)} \left(1 + \frac{h}{2} \sqrt{\frac{\pi \Delta X}{\kappa' c' \rho' V}} \right) \quad (a)$$

L_f : 流動度 V : 溶湯の流速 θ_f : 流動時間 A : 鑄型表面積
 ρ : 金属の密度 κ : 平均固相率 H_f : 金属の融解熱 C : 金属の比熱
 ΔT : 鑄込過熱度 S : 堰の円周 h : 熱伝達係数 T : 溶融金属の温度
 T_r : 室温 ΔX : 任意の距離 κ' : 鑄型熱伝導度 c' : 鑄型の比熱
 ρ' : 鑄型の密度

まわりを改善するには、溶湯の流動性を上げることに絞られる。

溶融金属の流動長を規制するのは、流動中の金属の凝固であり、粘性である。したがって、これらに影響する因子としては、溶融金属と鑄型の熱的性質・合金組成・溶融金属の運動量・鑄型の湯口方案等が挙げられる。

また、これらを表す式として(a)式が報告されている¹⁾

今回のテストでは、これらと実際の鑄造状態をふまえて、表1の因子を選定し、流動性に影響するレベルを調査した。

表1 選定因子

- | | |
|----------------|-------------|
| ① 溶湯成分 | ⑥ 溶湯の酸化・酸化物 |
| ② 溶湯過熱度 (溶湯温度) | ⑦ 中子 |
| ③ 加圧パターン (流速) | ⑧ 溶湯ガス量 |
| ④ 塗型 | ⑨ 湯口方案 |
| ⑤ 型温 | |

4 テストおよび評価方法

流動性の評価方法として、最も一般的な「渦巻試験鑄型」を低圧鑄造仕様にて使用した。それにより、同条件で連続鑄造することが可能であり、実生産に近い状態でテストができる。図2に渦巻試験鑄型で鑄造した試験片を示す。中央の湯口より溶湯が型内に入し、渦巻状の流路にそって流れ込む。流動性の評価は、湯口から溶湯の流れ込んだ距離 (流動長) にて定量的に行った。

基本条件を表2に示し、図1にテスト鑄造機概念を示す。

この流路中には、100mmおきに温度センサを取り付てあり、流れ込む溶湯の温度を測定できる。また、材料は生産品と同様のAC4Bとした。その組成を表3に示す。

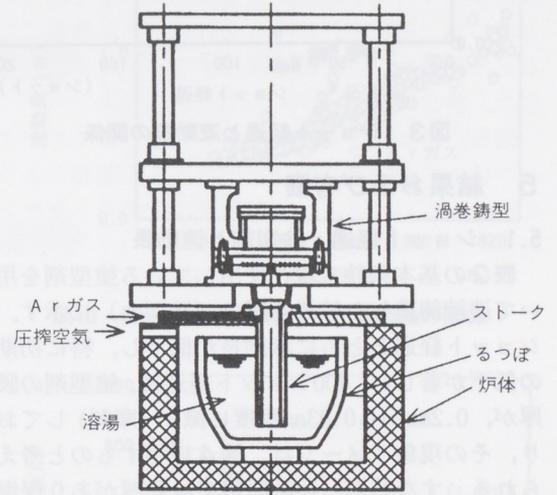


図1 テスト機概念図

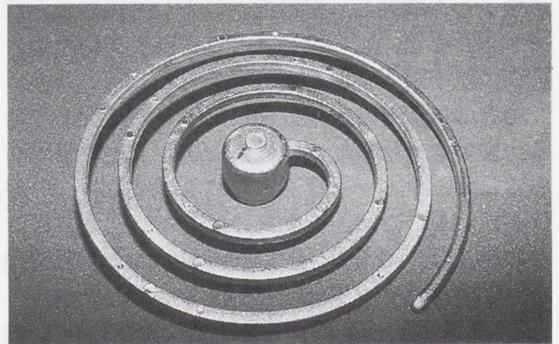


図2 渦巻試験片

表2 基本条件

加 圧 圧 力	14.7kPa
流 速	0.5kPa/s
加 圧 時 間	60s
溶湯温度設定	973K
金型温度設定	563K

表3 テスト材組成 (mass%)

	Cu	Si	Mg	Fe	Zn	Al
AC4B	2.25	8.68	0.33	0.68	0.46	Bal.

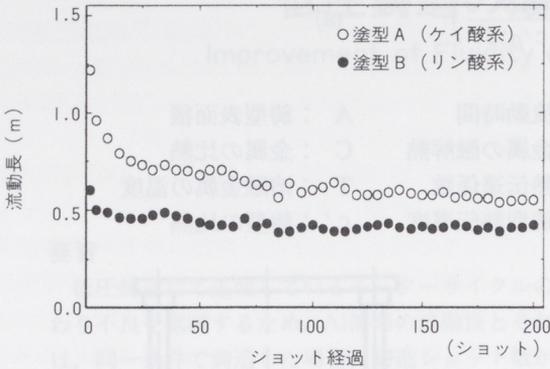


図3 ショット経過と流動長の関係

5 結果および考察

5.1 ショット経過・塗型剤と流動長

表2の基本条件で現在使用している塗型剤を用いて連続鑄造した結果を図3(塗型A)に示す。ショット経過とともに流動長が低下し、特に初期の低下が著しい。400ショット経過後、塗型剤の膜厚が、0.2mmから0.03mm程度に減少(摩耗)しており、その現象イメージは、図4に示すものと考えられる。すなわち、初期段階では膜厚があり保温性もあるが、ショットの経過にともない表面の粗い粒子から摩耗し、保温性が低下して流動長が低下する。また、粗い粒子ほどはがれやすいため、初期の低下が大きくなると考えられる。

図3の塗型Bは、以前使用していた塗型剤である。塗型Aと比較して、粒子が細かく塗膜強度があるため、ショット経過に対する摩耗は少ないが、保温性が悪いため、流動長のレベルは低い。また、この結果は、過去の「塗型剤変更による直行率向上」を裏付けている。

5.2 溶湯温度・流速・下型温度と流動長

図5・6・7に溶湯温度・流速・下型温度と流動長の関係を示す。(a)式で示されたと同様に、溶湯温度・流速・下型温度とも、流動長と一次の関係にあり、温度・速度が上がると、流動長が伸びる。

流速1 kPa/sは、過熱度54Kに相当し、下型温度1 Kは、過熱度0.13Kに相当する。

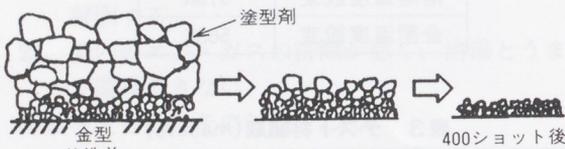


図4 塗型膜厚摩耗現象のイメージ

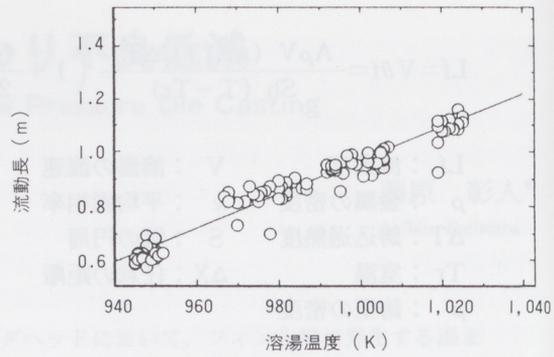


図5 溶湯温度と流動長の関係

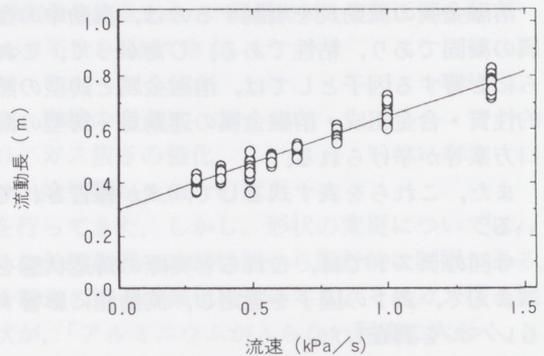


図6 流速と流動長の関係

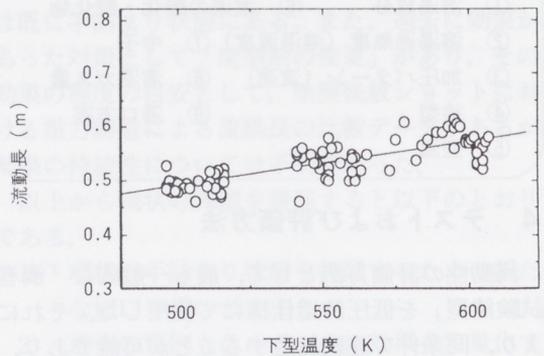


図7 下型温度と流動長の関係

5.3 Arガス置換と流動長

鑄型内を不活性ガスに置換すると流動長が伸びることについては、大西、平塚らにより報告されており²⁾³⁾⁴⁾、その原因は、アルミニウムの酸化膜の表面張力の影響、あるいは、Arガスの断熱効果であるとしている。そこで、今回の試験鑄型においても、その効果の確認テストを行った。その動作工程を図8に示す。Arガスの吹込みは、ストークに特殊なパルブ機構を設け、ストーク内・鑄型内に吹込んだ。また、吹き込み量は置換すべき容量の約2倍とした。

Arガス置換したものと、同条件でArガス置換しなかったもの(エア加圧のみ)の流動長を図9に示す。初期段階よりその効果は見られ、ショット経過とともにその効果は大きくなり、100ショット経過時点で約40%の伸びを示した。その値は、過熱度の50K上げたことに相当する。

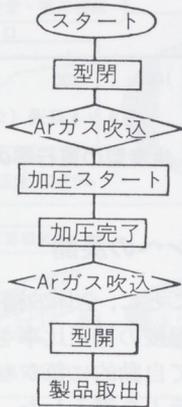


図8 Arガス置換の動作工程

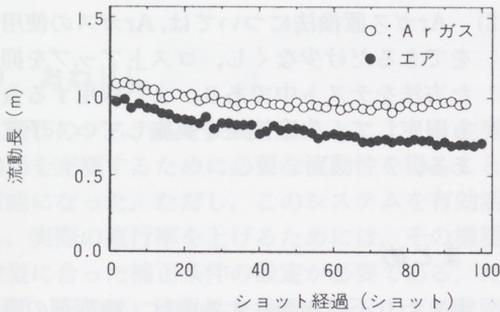


図9 ショット経過と流動長の関係(Arガス置換)

5.4 到達湯温と流動長

試験鑄型の流路中に、50mmから100mmおきに温度センサが取り付けられており、流れ込む溶湯の温度が測定できる。ただし、その指示値については、センサの応答性やデータの記録方法から、絶対温度としてでなく、相対比較のための温度、すなわち指標として考える。

図10に5.1~5.3の50mm地点の温度と、その時の流動長の関係を示す。Arガス置換での結果を除き、全てのデータがある幅の同一ライン上にある。このことは到達湯温で流動長を決めることを示しており、塗型剤の摩耗や、溶湯温度・流速・下型温度を変化させることは全て、到達湯温(過熱度)を操作していることになる。

図11に到達距離と各測定点の到達湯温を示す。Arガス置換の場合、図10から到達湯温が低いにも

かわらず、流動長が長いことが特長のように思える。しかし、図11よりArガス置換の場合はその他の場合と比べて、到達距離に対して到達湯温の下がりが遅いため流動長が伸びたと思われる。このことは、平塚らが述べている「Arガスによる断熱効果」を示しているものと考えられる³⁾。

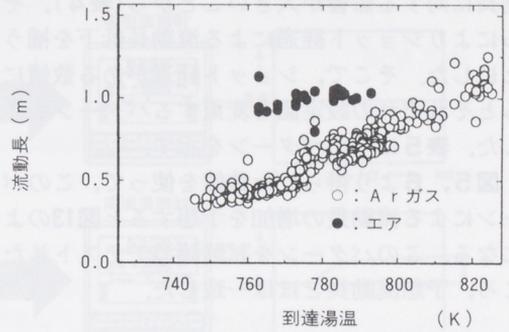


図10 50mm地点の溶湯温度と流動長の関係

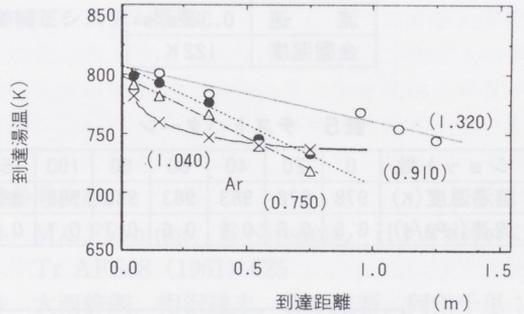


図11 到達距離と到達湯温の関係

6 実機への対応の検討

6.1 ショット経過と直行率

生産型のショット経過に対する直行率の変化を図12示す。図3の流動長の変化と同様に、ショット経過にともない直行率が低下する。塗型剤の摩耗に従い流動長が低下し、湯まわり不良が増加したと考えられる。

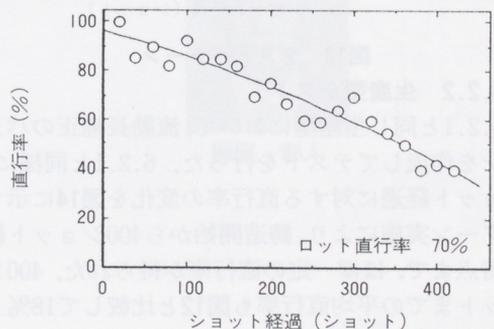


図12 生産型の直行率の変化

6.2 溶湯温度と流速による流動長低下の補正

6.2.1 パターンの作成

今回のテスト結果より、実機への対応を検討する上ですぐに効果を得るには、影響の大きい因子の中で、生産で制御できる因子から展開していくことである。テスト結果より溶湯温度と流速の流動長に対する影響が大きいことから(表4)、それらによりショット経過による流動長低下を補うことにした。そこで、ショット経過がある数値になるとそれぞれの設定値を変更するパターンを作成した。表5にそのパターンを示す。

図5、6より得られた数値を使って、このパターンによる流動長の増加を予想すると図13のようになる。このパターンを試験鑄型でテストしたところ、予想流動長とほぼ一致した。

表4 流動長を100mm補正するための必要量

溶湯温度	15.9 K
流速	0.3kPa/s
金型温度	122 K

表5 テストパターン

ショット数	0	20	40	60	80	100	150
溶湯温度(K)	978	978	983	983	983	988	988
流速(kPa/s)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8

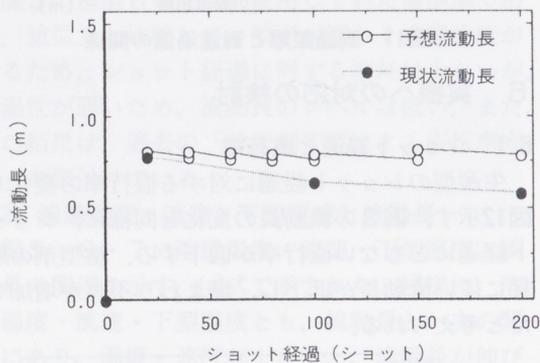


図13 テストパターン

6.2.2 生産型テスト

6.2.1と同じ生産型において、流動長補正のパターンを作成してテストを行った。6.2.1と同様に、ショット経過に対する直行率の変化を図14に示す。パターン実施により、鑄造開始から400ショット経過時点まで、ほぼ一定の直行率が得られた。400ショットまでの平均直行率も図12と比較して18%上昇した。

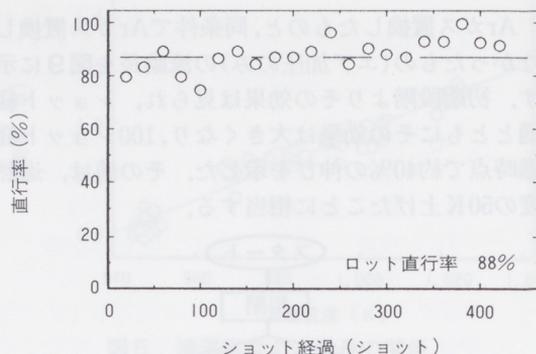


図14 生産型の直行率の変化

7 生産ラインへの展開

- 1) 生産金型ごとに、全体の補正量、溶湯温度・流速・下型温度の補正比率を入力し、そのデータに従って自動的に毎ショット設定値を変更するシステムを導入した。そのシステムの概要を図15に示す。その結果、補正を採用した金型において直行率が、15%以上向上した。
- 2) Arガス置換法については、Arガスの使用量をできるだけ少なくし、コストアップを抑えた方法をテスト中であり、また採用する金型も限定して、生産使用を実施していく予定である。

8 まとめ

- 1) 湯まわり不良が発生するのは、塗型剤の摩耗(劣化)によるところが大きい。
- 2) 溶湯の流動性には、溶湯温度・流速の影響度が大きく、それらを補正することにより、湯まわり不良を低減できる。
- 3) またArガス置換の効果も大きく、100ショット経過後で過熱度を50K上げたことと同じ効果がある。
- 4) 生産ラインへの速効性を考慮し、塗型剤の劣化を補正することから着手した。しかし、劣化しない塗型剤・流動性のある塗型剤を開発する必要性は明確であり、塗型作業方法の見直しを含めて、開発・改善を進めていく必要がある。

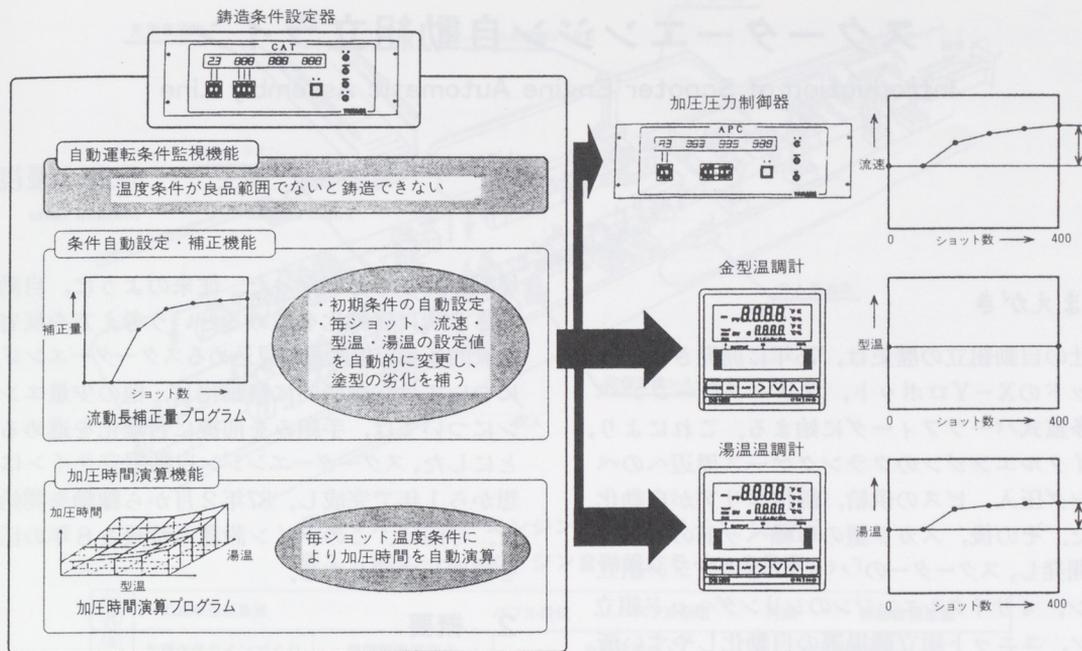


図15 鑄造条件自動設定・自動補正システム概要

9 おわりに

図15のシステムを使用することにより、金型に溶湯を充填するために必要な流動性を得ることが可能になった。ただし、このシステムを有効活用し、実際の直行率を上げるためには、その機種・金型に合った補正条件の設定が必要である。たとえば、不必要に流動性を持たせると、ガス欠陥や「逆バリ」(※3)といった欠陥が発生し、逆に直行率低下を招く。今後も引き続きテストを進め、「直行率95%」を達成できるよう努力していきたい。

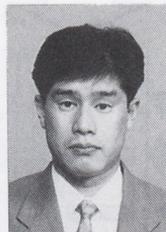
※3 逆バリ

金型の分割面に侵入した薄い金属片が、金型の形状部に飛び出した状態で残り、そのまま次の鑄造を行った場合、その鑄造品に飛び出した金属片分のへこみ形状ができること。

参考文献

- 1) M.C.Flemings, E.Niiyama, H.F.Taylor : Tr AFS68 (1961) 625
- 2) 大西修嗣, 相沢達志, 森本庄吾, 岡田千里 : 鑄物57 (1985) 30
- 3) 平塚貞人, 新山英輔, 堀江, 安斎浩一, 舟窪辰也 : 鑄物66 (1994) 418
大西修嗣, 飯塚康夫 : 鑄物66 (1994) 945

著者



藤原 彰人

スクーターエンジン自動組立ライン

Introduction of Scooter Engine Automatic Assembly Line

大橋 幸生* 佐野 優視**
Yukio Ohashi Masami Sano

1 まえがき

当社の自動組立の歴史は、'75年に開発された多軸ヘッドのX-Yロボット、フリーフローコンベア、多重式パーツフィーダに始まる。これにより、2サイクルエンジンのクランクケース周辺へのベアリング圧入、ビスの供給、締付エリアが自動化された。その後、スカラ型の単軸ヘッドのロボットを開発し、スクーターの「パッソル」エンジン組立ライン、4サイクルエンジンのシリンダヘッド組立ライン、ユニット組立職場等の自動化しやすい所に導入をされてきた。しかし、二輪車業界の生産量は、'82年に急激に落ち込み、大量生産向けのレイアウトの工場では、人と設備の稼働率は大きく低下した。当時の工場レイアウトは、商品別工場であり、部品加工ライン、エンジン組立ライン、完成車組立ラインが、1対1で結ばれていた。これに対応するため、'85年、4工場を機能別工場に再配置することを決め、新たにエンジン組立工場が

建設されることになった。従来のように、自動化できる所に自動化を進めるという考え方を反省し、比較的多量な生産量が見込めるスクーターエンジンについては、徹底的に自動化し、他の少量エンジンについては、手組みを前提に合理化を進めることにした。スクーターエンジン自動組立ラインは構想から1年で完成し、'87年2月から稼働を開始した。今回は、このライン設置の背景と8年の活動を整理して紹介する。

2 概要

2.1 スクーターエンジン自動組立ラインの概要

当自動組立ラインの概要を、基本仕様、および年表で示す。

(1) 基本仕様

生産品種：ジョグシリーズエンジン、7モデル
(50cc、2サイクルエンジン)

能力：1直 1000台

ロボット台数：83台（うち専用機23台）

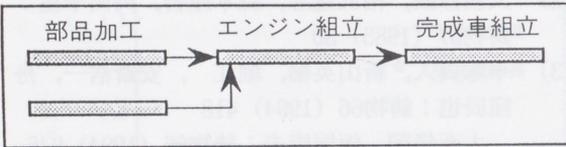
組立作業員数：13人

マシンキーパー：3人

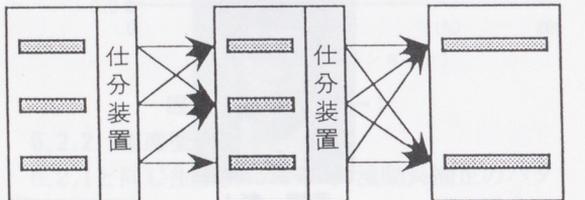
自動化率：63%

ライン総延長：150m

チェーン部総延長：1200m



商品別工場



部品加工工場 エンジン組立工場 完成車組立工場

機能別工場

図1 機能別工場群構想

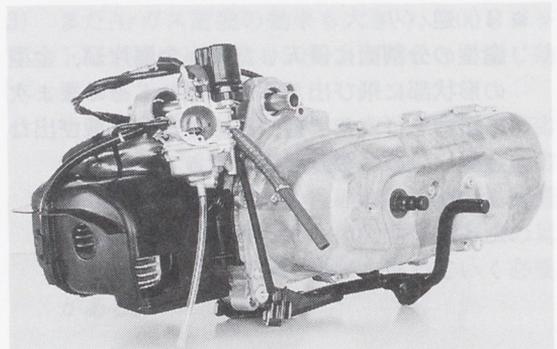


図2 エンジン（ジョグ・アプリオ）

* 製造事業部 磐田第5工場

** 生産企画本部 生技開発室

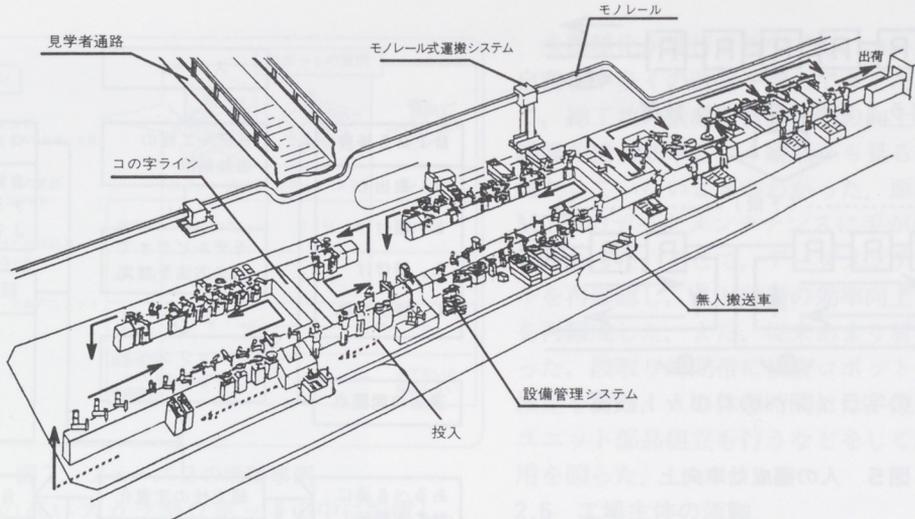


図3 スクーターエンジン自動組立ライン（'95年）

表1 スクーターエンジン自動組立ラインの年表

時代	二輪車生産急減		バブル景気		バブル崩壊		円高		変種変量生産	
活動	多種少量ラインづくり		時間稼働率向上		自動化率向上		総合効率向上			
	フェーズ 1		フェーズ 1'		フェーズ 2		フェーズ 3			
年	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
	▲2月立上り		☆PM賞 新機種準備						☆特別賞	
1,000台/日	JOG-A MINT	JOG-B BWS	ニューJOG ジョスポート	アクシス	JOG-C	JOG-Z アクシス	JOG-Z アクシス	アプリオ アレス		

(2) スクーターエンジン自動組立ラインの年表
当自動組立ラインの歴史を、表1にまとめた。
フェーズ毎の活動の要は次のようになる。
フェーズ1…多種少量ラインづくり（'87～'88/中）
フェーズ1'…新機種の増加とライン時間稼働率
向上（'88/中～'90/中）
フェーズ2…バブル期の人手不足に対応するため、
自動化率を上げ採算性向上（'90/中
～'93/初）
フェーズ3…円高に対応し、人と設備の総合効率
向上（'93/初～'95/中）

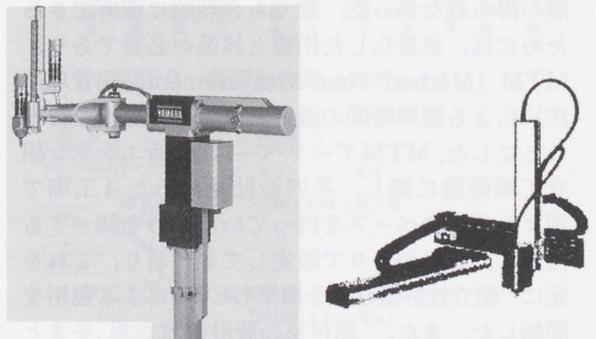
2.2 多種少量ラインづくり（フェーズ1）

フェーズ1では、ラインのコンセプトを次のよ
うに定めた。

- 1) 人とロボットの調和
- 2) ロボットの適材適所化
- 3) 品質保証のできる自動化
- 4) 信頼性向上
- 5) 自社製ロボットのショールーム化

ラインの立上げ時点の基本機種は2機種とし、製
造側として、商品設計変更があると思われる工程
は、可能な限り汎用性を持たせたロボットを設置
した。また生産量は、最大期の半分の1直1000台

に合わせてライン長を設定したが、生産量が增大
した場合の対応策として2直稼動、および手組み
ラインも準備した。人とロボットの調和を持たせ
るため、直線ラインへのロボット設置を廃止し、
コの字型ラインにより人とロボットの作業域を分
離、少量生産時でも人の効率を上げられるように
計画した。以上により、立ち上がり時点の2機種
については、計画どおり40%の自動化を実現でき
た。この時期の考え方は、生産量についても商品
設計仕様が大幅に変更されても対応できるように
考えていたといえる。



ロボット(YKシリーズ) ロボット(XYシリーズ)

図4 自社製ロボット

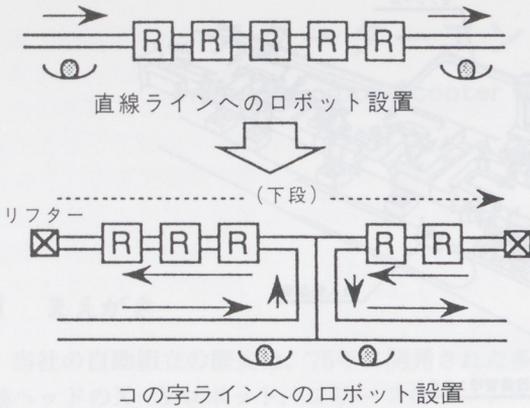


図5 人の編成効率向上

2.3 時間稼働率向上への取り組み(フェーズ1')

(1) 生産ライン側での取り組み

フェーズ1の結果、商品設計者も当ラインでは多機種対応が可能と判断し、3年間に5機種が立上がった。しかし、ロボットのヘッド部分と治具の汎用性が不十分であり、オートツールチェンジ機構や自動段取装置の開発を進めたが、投資がかさんだ結果、新機種の採算性が悪化した。商品設計者側も問題意識を持ったため、初めて自動化に向けた商品設計のあり方を会話する環境が生まれた。

(2) 商品設計者側の取り組み

従来、商品設計の立場からは鋳造や加工のコストを重視する傾向にあったこと、また、人は器用に組立てしまうために、組立し易い自動化のための商品設計は、後手に回されてきた。さらに「組立時間が長くなる」とか「組立にくい」という表現での会話であったため、長らく商品設計者の理解が得られなかった。誰でも合理的に理解できるためには、定量化した指標と体系が必要であり、MTM (Method Time Measurement時間管理手法) による標準時間の設定とコストの算出を行うことにした。MTMデータベースは、新エンジン組立工場建設に際し、系列会社を含めた4工場で別々のデータベースを持っていたものを統一するために、2年がかりで設定してきており、これを元に「組立性評価法」を構築しEWSによる運用を開始した。また、「組付易い設計留意点集」をまとめて商品設計者に提供し、商品構想段階より利用して、部品数の削減や共通化に成果が出始めた。

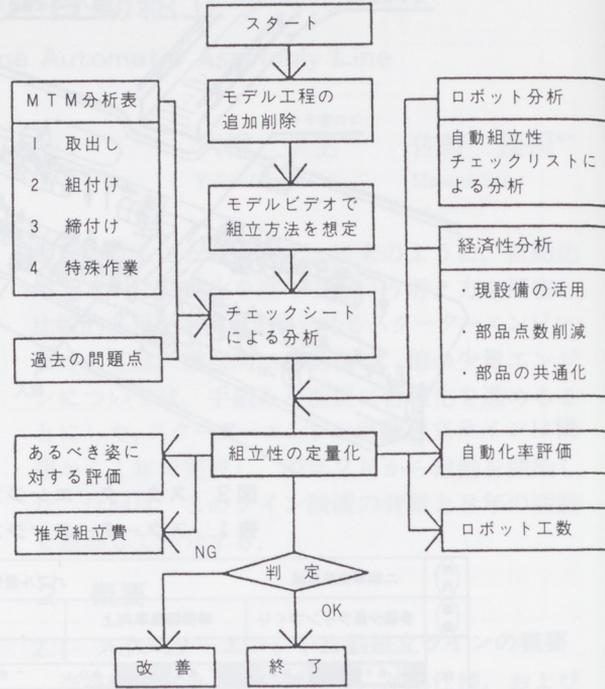


図6 組立性評価の仕組み

2.4 自動化率向上への取り組み(フェーズ2)

立ち上がり後5年目のバブル景気の時期には、当社でも工場要員の不足が深刻になり、一層の自動化要求が高まった。当社では、従来より実行可否判断を「経済性分析手法」により行っているが、新たな自動化計画を評価したところ、経済性を満足させることはむずかしく、従来の発想で自動化を進めることには限界のあることがわかった。このため、自動化率向上について、商品設計者と共に、次のような取り組みを行った。

- ① 経済性を満足するまでの一定期間、商品設計変更をしない要件を明確にする。
- ② 設計変更をしない要件については、ロボットより安価なピックアンドプレースを使用する。
- ③ ピックアンドプレースに置き換えられたロボットは、他工程に流用する。

以上の考え方にに基づき、再度、立案を行ったところ、「経済性評価」を満足した自動化案が成立し、自動化率を40%から55%へ上げることができた。その時の要点を図7に示す。

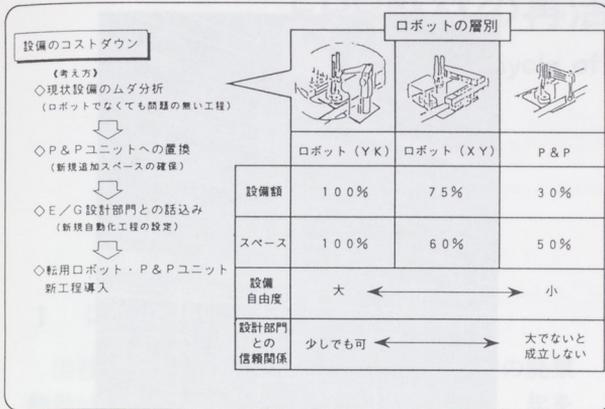


図7 フェーズ2の活動事例

自由度の高いスカラ型ロボットの中に設置した、安価ではあるが汎用性の低いピックアンドプレースの設備は、製造と設計の技術者の間に芽生えた「信頼の証し」と考えている。

2.5 総合効率向上への取り組み (フェーズ3)

フェーズ2の活動が終わると世の中はバブル景気が終了し、生産量が減少すると共に、より一層の円高時代に入っていた。当社としては、設備総合効率の向上活動を開始したが、当ラインでもその活動の中でロス構造を解析した。(図8)

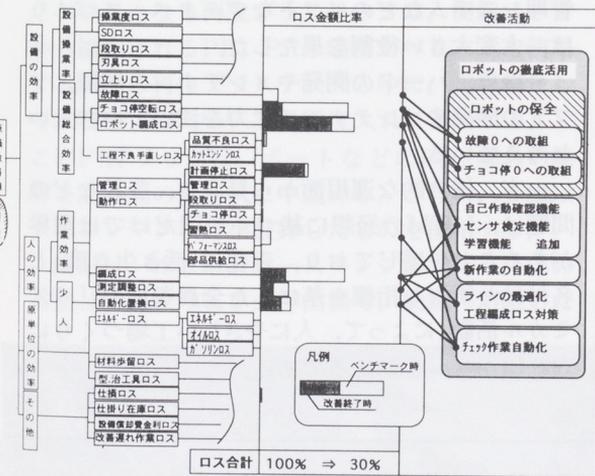


図8 ロス構造と改善活動

多機種化が進行する中でも、ハードについては自動化や多くの改善を進めてきたため、結果として、総工数の低減や自動化率の向上ができたが、設備の総合効率という観点から見ると要求水準を満たしていないことがわかった。原因の1つに、MTMのデータメンテナンスに手が回りかねたことがあった。そこで、データメンテナンスのルールを再確認し、人と設備の効率向上を目標に作業を再編成した。また、従来あまり着目してこなかった、段取り時間帯に検査ロボットセンサの自動検定を行い、人の休憩時には、他ラインの類似ユニット部品組立も行うなどをして設備の有効活用を図った。

2.6 工場主体の活動

(1) 故障ゼロへの取り組み

「故障」を、設備が5分以上にわたり規定の機能を失った状態として定義し、活動は保全課主導ではあるが、生産課も一体となって自主保全のステップ展開を進めている。保全課としては、従来より分析に力を入れており「なぜなぜ分析」、「PM分析(物理的解析手法)」の使い分けを行ってきた。最近、振動や電流の傾向値を捉え、予防保全を行っている。過去の1次原因別件数(ロボット)を図9に示す。そして最も多かった故障の対策事例を図10に示す。

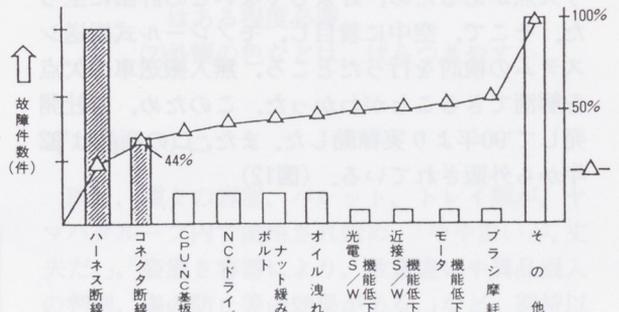


図9 原因別件数(ロボット)

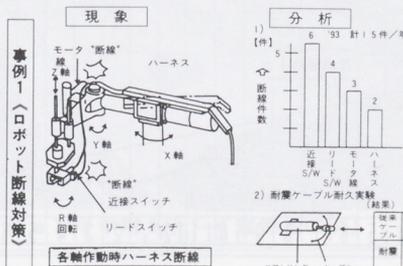


図10 多かった故障の対策事例

(2) チョコ停ゼロへの取り組み

「チョコ停」を、5分未満の一時的なトラブルのために設備が停止したり空転する状態と定義し、生産課中心に活動している。生産課に属するマシンキーパーは、チョコ停復帰管理だけでなく設備改善も重要な業務としている。最近の当ラインのチョコ停回数の推移を図11に示す。チョコ停を洗い直すと、設備の設計信頼度の不足、ティーチング位置合わせなどの使用信頼度の不足、および切粉や油污れなどの5Sの不備が大別された。そこで、設備設計部署にもプロジェクトに入ってもらいPM分析を行いながら、設備設計にMP(保全予防)情報としてフィードバックしている。また、チョコ停による生産性低下を防ぐため、コンピューターシミュレーションにより必要最少限のバッファステーション数を探索して設置した。

(3) 設備管理システム

83台のロボットの稼動状況をモニターする設備管理システムは、予知保全上、また改良保全上なくてはならない手段である。このため、当ラインでは、ロボット毎に原因別チョコ停数、サイクルタイム、稼動率の変化を捉えている。

(4) 部品供給の自動化

部品供給の自動化については、ライン稼動当初に、無人搬送車3台で部品の自動供給を始めた。しかし、無人搬送車は通路の障害になる、遅いという欠点があるため、好ましくないとの評価に至った。そこで、空中に着目し、モノレール式搬送システムの検討を行ったところ、無人搬送車の欠点を解消できることがわかった。このため、自社開発して'90年より実稼動した。また、この商品は'92年から外販されている。(図12)

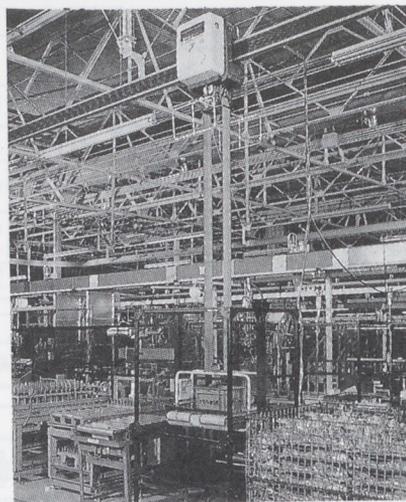


図12 モノレール式搬送システム

3 おわりに

この8年間、操業を継続しながら多くの機種を立上げ、自動化を進めてきたが、効率の良い工程を編成するためにも、異なる文化を持つ工場の出身者同士や開発部門の人達とのコミュニケーションを促進するためにも、MTM、組立性評価、設備管理システムなどのソフトなデータベースづくりは、大変大きい役割を果たした。

今後は、ハードの開発やメンテナンス同様、ソフトの開発やメンテナンスに力を注いでいきたいと考えている。

一方、総合的な運用面から見ると、3Kなどの問題は、MTMの発想に基づく対策だけでは限界があることを感じており、現在は「生き生き度」と名付けた新たな指標を基にした全員参加の「リズムミカル活動」によって、人にやさしい工場づくりに取り組んでいるところである。

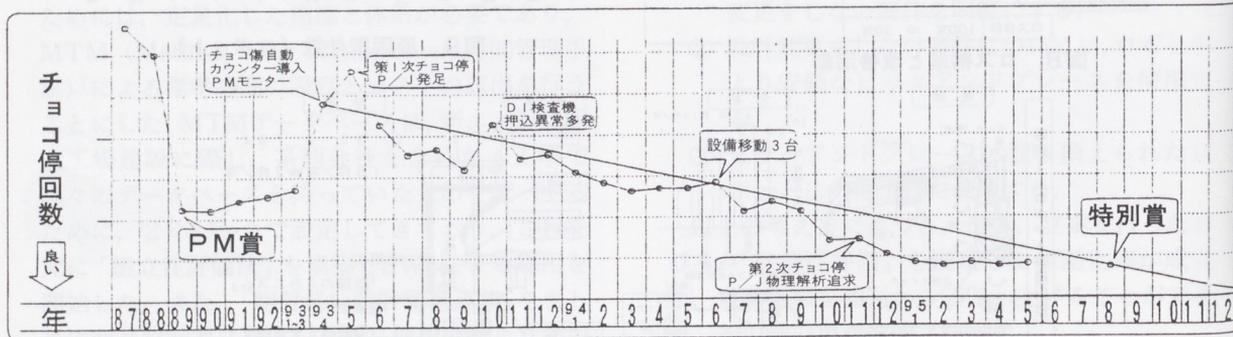


図11 チョコ停回数の推移

FRP廃材の再活用について紹介

Recycle of FRP Waste

矢口 和雄*

Yaguchi Kazuo

1 はじめに

当社のボート工場から排出される、FRPの廃棄物量は、月間トラックに約80台分にもなり、年を追うごとに埋立処理場の枯渇、費用の高騰などの問題に悩まされている。

この解決の一助として、FRP廃棄物の減容および、種々の再活用の方法を研究してきた。

その内、今回はFRPチップを充填材として利用することにより、再生プラスチックを強化して、物流改善用の容器、パレット、トレイなどに利用する方法の開発を紹介する。

2 概要

ベースとなる再生プラスチックは、樹脂メーカーから排出されるPE、PPの端材かペレットを使用する。この再生プラスチックの中に、充填材としてFRPチップを5~30%程度入れて混合する。このFRPチップは、ボートなどのFRP部品の端材を25mm幅の短冊状に中破碎し、さらに、5mm以下のフレーク状に小破碎したものを使用する。

成形は、ホットフロースタンプ法で行う。この方法は、スクリュウ式押出機で、加熱・溶融した

材料を適量取りだし、型の中へ投入、加圧後冷却する。型はZn合金製の型を使用する。

3 開発の状況

3.1 課題とその対応

- (1)再生プラスチックの配合比率(PEとPP)
- (2)FRPチップのサイズと混合率
- (3)成形条件

それぞれについて、テスト・検討を繰り返し、方向性を固めて、実物でのトライに入った。

3.2 実用化トライの結果

テストピースや、実物成形の結果よりわかった長所と短所は次の通りである。

- 長所 (1)収縮が少なく、反りや変形が少ない
- (2)剛性が高い
- (3)型はZn合金製のため、安価にできる
- 短所 (1)FRPチップ入りのため、成形品の肉厚はある程度必要
- (2)外観の色などは、ばらつきやすい

4 おわりに

既に、種々の容器、パレット、トレイ類が、ヤマハグループ内で使用され始め、「やや重い、丈夫だ。」「姿置き容器により、数量違いや異品混入の判別、傷の防止等の効果がある。」など、期待以上の評価を得ている。さらに多くの物流改善に合った容器類を供給し、FRP廃棄物の、再活用の拡大の一方法にしていきたい。

なお、今回の開発には、FRPチップの供給でヤマハ志度製造(株)殿の絶大なる協力を頂き、進めることができた。ここに厚く御礼申し上げたい。

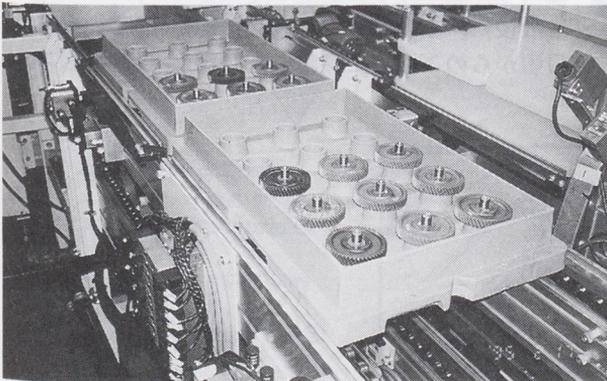


写真1 ミッションギヤ用（トレイ成形品の例）

舟艇用型製作におけるCAD/CAMの適用事例

Application of CAD/CAM System to Die Construction of FRP Boat

小杉 隆司*

Takashi Kosugi

三輪 吉郎**

Yoshiro Miwa

山田 将也**

Masaya Yamada

1 まえがき

小型船舶の開発から製造において3次元CAD/CAMシステムを利用した業務効率や設計・製作精度の向上を図った事例と今後のマリン技術電算システムの展開の一端を紹介する。

2 経緯

CAD/CAMによる型の製作は、製作精度の向上と型製作期間の短縮が極限まで求められたアメリカズカップ艇の建造をきっかけに始まった。従来の原図工程をCAD化し、型のフレームをCAMを用いて加工することにより、これらのねらいを実現できた。さらに材料の変更、歩留まりの改善、また、精度向上にともなう面修正パテの削減による軽量化などの効果も得られた。

これを機に、一般の量産艇への適用の気運が高まり、さまざまな艇種やハル（船殻）以外の型製作に対するCAD/CAMの利用が試みられ始めた。

3 型製作

FRP船のハル製作は、通常、凸型から凹型を起こして行われ、その全長は10mから30m程度、全幅で2mから5m程度のものが多い。ハルはこの凹型にFRPを積層して作られる。（なお、アメリカズカップ艇は凸型から一気にCFRPやハニカム材を積層して製作された。）

従来の舟艇製作においては、そのサイズゆえに、型を作る際、パテンを用いて十分なフェアリングを施しつつ、原図（1/1）を作成していた。縮尺図面ではわからないようなうねりや歪みが、製品では大きな物となるためであった。これが、CAD/CAM化する際の障害の1つとなっていた。小さなCAD画面上で確認できるレベルには限界があるうえ、フェアリング作業にも時間がかかり

すぎている。しかし、この問題は最近の機能向上したCADと、従来のフレームに縦通材を張り付けていく型の作り方を組み合わせることで解決できた。その処理フローを図1に示す。ここでは、まず、3次元CADを用いて画面上で曲率分布を調整しながらカーブから面を生成する。次に、この3次元モデルをもとにCAD上で船舶計算や構造解析を行う。さらに、型構造を設計し、歩留まりを考慮した上で2次元NC加工機で型部材を切り出す。これらの断面形状のフレームと縦通材や補強材から骨格構造をつくる。この際、フレームに渡す縦通材が型表面の平滑性をさらに補う。最後に、パネル板の貼り付け、パテ修正による面出し、サーフェイサーの吹き付けによる表面仕上げを経て型が完成される。

また、スケール模型や、断面形状からは作りにくいものや小型のものに対しては、3次元CAD上でモデルを生成し、3次元NC加工機にて直接、型を削り出すことも行い始めている。

4 むすび

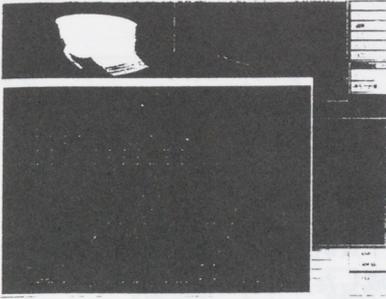
今後とも、デザインから製造にわたるトータルな開発・生産プロセスの技術革新を図る1つのキーテクノロジーとして、システムの充実化・管理運用・体制づくりに邁進していきたい。

最後に、本システムの構築に当たり関係各位の日頃からのご協力に深謝いたします。

* 舟艇事業部 技術室

** 舟艇事業部 生産企画室

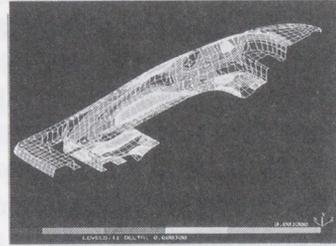
ハルの設計



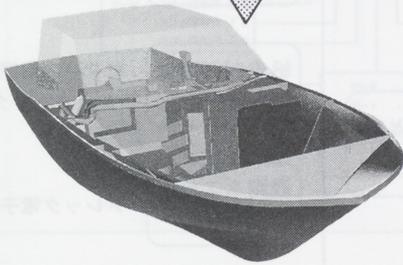
船舶計算
運動シミュレーション



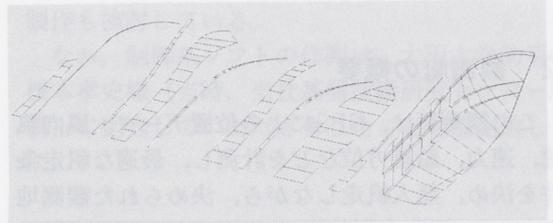
構造強度計算



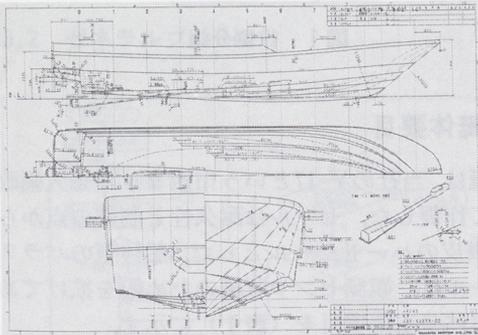
詳細設計



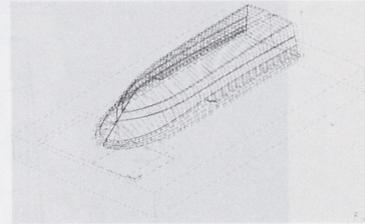
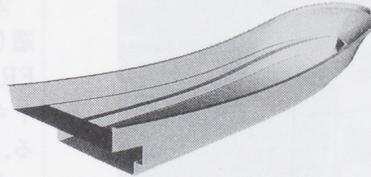
ガラス布裁断型図の作成



設計製図



模型の製作



木型の製作

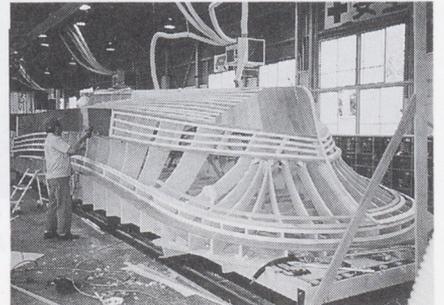
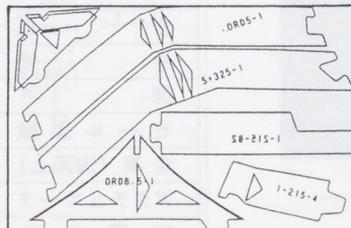
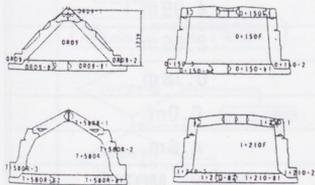


図1 処理フロー
(船型設計～製造への展開フロー)

海洋観測用自動帆走ヨットの開発

Development of Ocean Observation Buoy

永海 義博*

Yoshihiro Nagami

原 以起*

Ioki Hara

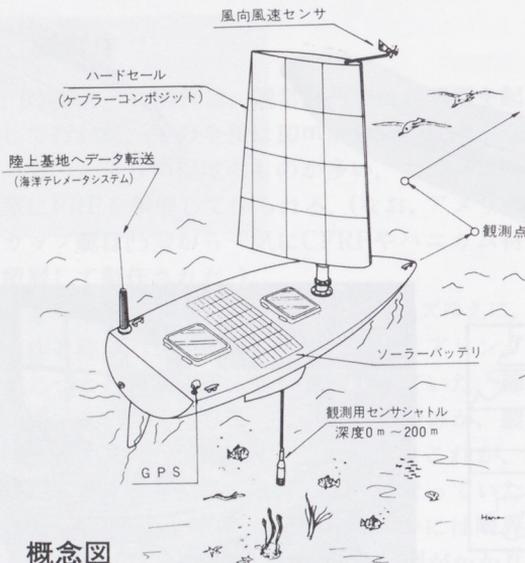
1 まえがき

地球環境の変動が国際的な問題になっており、これへの対応策のひとつとして世界海洋観測システムの構築が提唱されている。科学技術庁は、これを推進するため、平成5年度より予算をつけて、画期的な観測ブイシステムの開発実施計画をたてた。開発の内容は、自動観測ブイ本体の開発、センサの開発、観測データ処理方法などからなる。

東海大学の千賀研究室は風力推進による、自己移動型ブイを提唱し、依頼を受けた当社ほか3社と、共同開発を行った。

2 観測艇の概要

この観測艇は、GPSによる位置データ、風向風速、速力、船首方位などを計測し、最適な帆走条件を決め、無人帆走しながら、決められた観測地へ向かう。観測点到着後センサシャトルを水深200mまで降下させ、海洋水質の鉛直分布調査を行う。観測結果は、陸上基地へ無線で転送される。



概念図

3 開発体制

東海大学千賀研究室がまとめ役で、民間4社でチームを編成した。(図1)

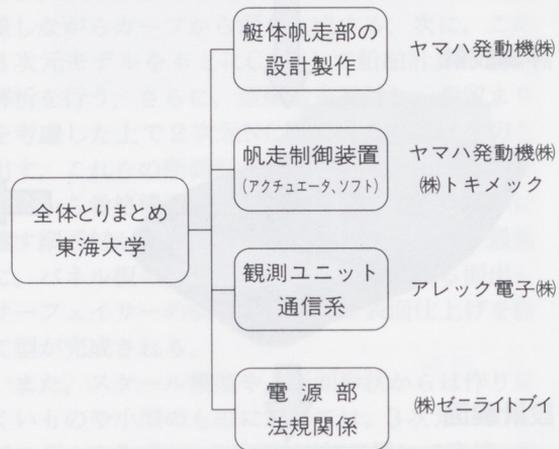


図1 役割分担

4 艇体要目

本艇は、当社のY-17という市販ヨットを大幅改造して作製した。セールは耐久性と制御の点から、FRP表皮のハードセルとした。船体下のバラストキールは、観測センサ収納のため幅を拡げてある。艇体の主要項目を(表1)に示す。

なお、本艇は、法規上は、漂流型ブイであり、帆船ではない。

表1 主要項目

全長	4.99m
全幅	2.05m
深さ	0.78m
セール面積	6.0㎡
全高(海面上)	4.6m
アクチュエータ	DC12V MOTOR
充電方法	ソーラー、風力併用(予定)
船体	FRP
マスト	カーボンファイバ

5 帆走制御システム

5.1 システム構成

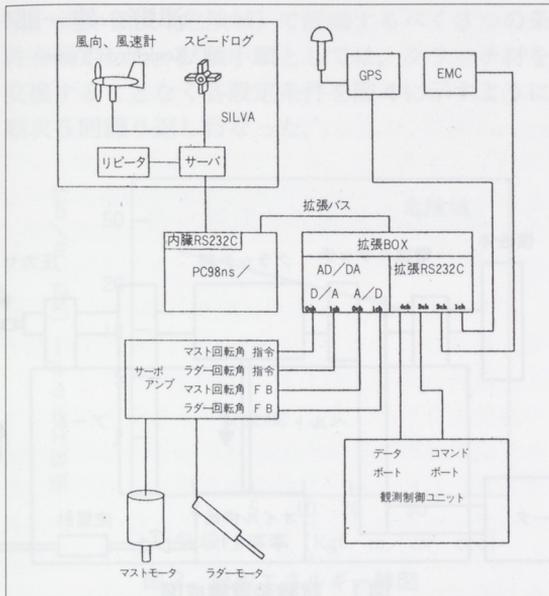


図2 システム構成図

5.2 ゼネラルフロー

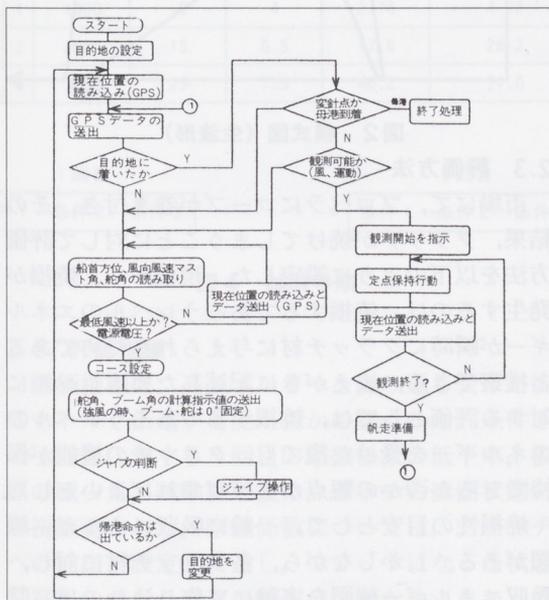


図3 制御フローチャート

図3の補足説明

無人帆走は、GPS、電子コンパス、風向風速計、対水速度計のデータより、目的地へ針路をとるような、セール、ラダーの角度を計算し、サーボモータへ指令を出す。目的点が風上で、直接いけない場合は、ジャイブを繰り返しながら帆走を行う。

ヨットが、目標観測点の半径50m以内に到達した場合は、帆走を中断して観測を開始。観測終了後、次の目標点に向け帆走を開始する。荒天、無風時は、帆走制御を行わない。

6 むすび

平成5年からスタートした本プロジェクトは、浜名湖での帆走実験、三保湾内での帆走、観測実験を終了し、今夏、駿河湾での長距離観測実験を予定している。

平成8年度からは、太平洋横断型観測ヨットの製作も検討している。

なお、制御系ソフトの作製は、大阪大学助手の榎本孝史様(当時、当社基盤技術研究センター所属)に担当していただきましたことを感謝致します。

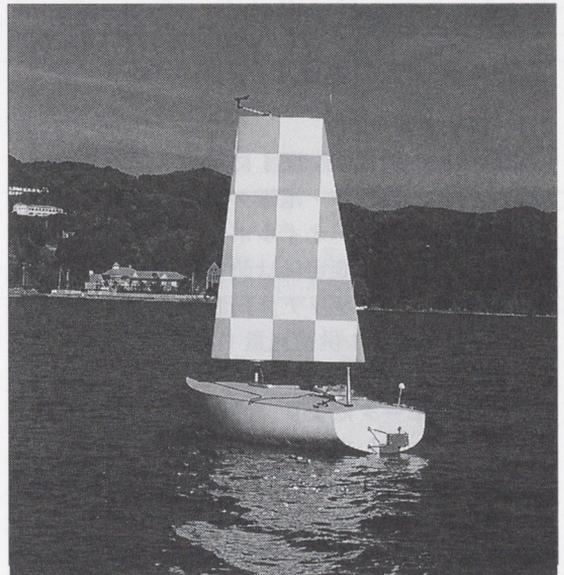


写真1 浜名湖での無人帆走実験風景

マリンギヤクラッチの焼損性評価

Estimation of burning at friction plate of MARINE GEAR

津野 建一郎*

Kenichirou Tsuno

1 まえがき

マリンギヤのクラッチに対する要求特性の中に摩擦特性（絶対値・吸収トルク特性）はもちろんのこと、耐焼損性がある。小型船用マリンギヤの耐焼損性の要求レベルは、プロペラにロープが巻き付いた（焼け発生）後でも動力が伝達できることである。クラッチメーカーは国内に数社あり、当然ながら独自の評価試験を経て作り上げられている。そのため、どのクラッチ材が焼損に対して優位であるかを、提示データの単純な比較で述べることはできない。また、各クラッチ材全てを実機航走にて評価して優位性を求めることは、時間・効率などの面から、最も良い方法とはいえない。

この問題を解消するために、各クラッチ材の摩擦特性を同一条件で横比較評価し、確認できる試験機を製作し、さらに台上試験にて耐焼損性を評価できるような評価法を考案した。

2 クラッチの評価

2.1 試験装置

試験装置の構成図を図1に示す。試験装置は、駆動モータ・慣性体・電磁クラッチ・荷重（トルク）検出用アーム・オイルポンプ（タンク）等で構成されている。測定量は荷重（トルク）、設定量は初期回転数・クラッチ作動油圧・油温（オイルタンク内）・オイル供給流量である。

2.2 操作方法とデータ

まず駆動モータにより、慣性体を設定回転数で回しておく。そして、モータの動力を電磁クラッチで切り離すと同時にクラッチへ設定圧力をかけて慣性体を停止させ、慣性体のエネルギーをクラッチに全吸収させるべく操作する。得られる生波形の模式図を図2に示す。そして、発生荷重（トルク）・クラッチ油圧およびクラッチ材の形状値から摩擦係数を算出する。

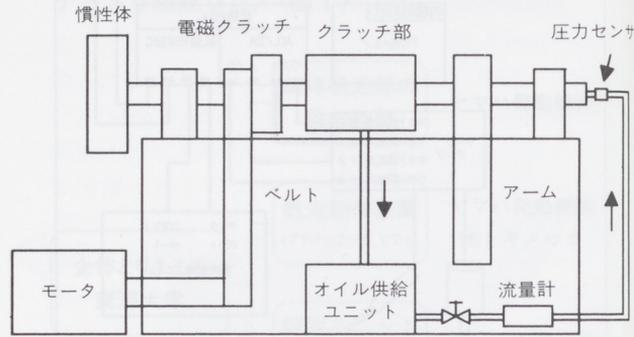


図1 試験装置構成図

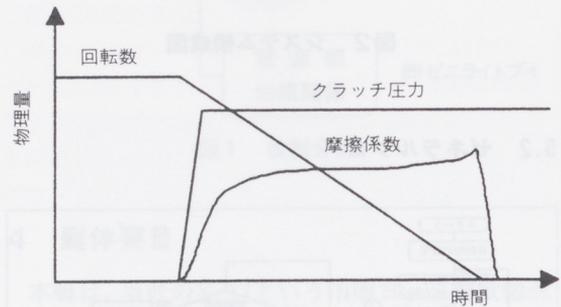


図2 模式図（生波形）

2.3 評価方法

市場にて、プロペラにロープが巻き付き、その結果、クラッチが焼けてしまうことに対して評価方法を以下のように設定した。現象から、焼損が発生するのは、焼損するであろうレベルのエネルギーが瞬時にクラッチ材に与えられるためであると推察できる。まえがきに記述した要求レベルに対する評価としては、焼損するであろうレベルのエネルギーを受けた後でも、クラッチの機能が保持できるか否かの観点から設定すればよいとした。

焼損性の目安として、一般に吸収エネルギー線図がある。しかしながら、各クラッチ材に対し、吸収エネルギー線図を実験にて作り込むのは、時間・効率の面から得策ではない。そのため、図3に示すような吸収エネルギー線図をもとに試験条

*三信工業(株) 第2技術部

件を作り込んだ。図上のラインは焼損の目安ラインである。

具体的な試験方法として、表1に示すような吸収エネルギーが低い領域（安全域）・境界域（限界域）・高い領域（危険域）で評価するべく3つの条件を設定した。試験手順としては、クラッチ材を交換することなく各設定条件を図4に示すように順次5回繰り返し行なった。

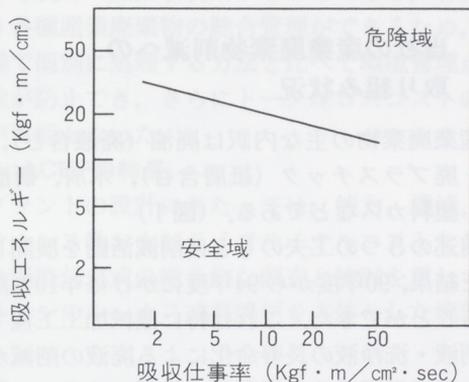


図3 吸収エネルギー線図

表1 設計条件

条件	初期回転数	クラッチ圧力	慣性モーメント	吸収エネルギー	吸収仕事率
	rpm	Kgf/cm ²	Kgf·m ²	Kgf·m/cm ²	Kgf·m/(cm ² ·sec)
1	1000	5	4	2.74	4.72
2	2000	15	6.5	17.8	28.7
3	3000	25	7.5	46.2	71.0



図4 試験手順

2.4 評価指標

評価指標は、高エネルギーを繰り返し受けた後でもトルク伝達が可能か否かの観点から、条件1の1回目に対する5回目の摩擦係数の低下率、板厚の減少量、試験終了後のクラッチの表面状態の目視確認とした。摩擦係数については、クラッチへの油圧が設定値に達し、フラットになった状態で算出しなければ真の値とはいえない。また、低回転域にて摩擦係数が確保されているかの視点から算出ポイントを500, 200, 100rpmとした。

2.5 評価結果

表2に各条件における摩擦係数の低下率を、表3にクラッチの板厚の減少量を示す。表2より、摩擦係数のばらつきを、10%程度とすると、条件1ではD社のペーパーA材・B材が低下率が小さく（A材は低下していない）、条件2ではN社のペーパー材・D社のペーパーA材が低下率が小さい。そして、条件3ではD社のペーパーB材・アラミド繊維材が低下率が小さいと確認できた。よって、D社のA・B材に絞られるが、条件3でのA材の低下率は、約40%と大きいので、B材が総合的に低下率が小さいと判断できる。また、表3より板厚減少量は、N社とD社のクラッチ材が他の供試材と比べて少ない。

以上より、供試材の中では、D社ペーパーB材が最も耐焼損性がよいと推察することができた。

表2 摩擦係数低下率

条件	測定ポイント 回転数 (rpm)	ペーパー				アラミド繊維	カーボン系
		TK社	N社	D社		D社	TT社
1	100	35	6	6 up	0.6	11	13
	200	36	13	4 up	1	21	17
	500	36	20	2 up	5	29	29
2	100	32	21	9	20	30	4
	200	31	9	6	22	26	18
	500	30	8	4	15	25	20
3	100	43	58	36	14	9	37
	200	46	32	37	11	12	40
	500	47	30	37	14	10	44

%表示

表3 板厚減少量

ペーパー				アラミド繊維	カーボン系
TK社	N社	D社		D社	TT社
0.7~0.75	0.3~0.35	0.15~0.3	0.3~0.35	0.2~0.3	0.45

単位: mm

3 むすび

製作した試験機および評価法により、短時間で効率よく、各供試クラッチ材の耐焼損性に対する横比較優位差を確認することができた。しかしながら、市場での焼損発生時の吸収エネルギーレベルがどのくらいであるかは確認できていない。そのため、厳密には市場をベースにした絶対値評価が必要であり、市場とのレベリングが今後の課題として残る。

エースプラント (ACEP) 産業廃棄物焼却熱回収施設

ACE-Plant: Waste Incineration and Energy Recovery Facility

高橋 邦武*	内藤 隆明*	宮沢 二三治*
Kunitake Takahashi	Takaaki Naito	Fumiharu Miyazawa
笹田 尚利*	戸崎 勝博*	河田 文男*
Naotoshi Sasada	Katsuhiro Tozaki	Fumio Kawada

1 まえがき

ヤマハ発動機(株)では、経営理念の中に「地球環境重視の経営」を掲げ幅広く環境問題に取り組んでいる。中でも産業廃棄物の削減は最重要課題の一つである。¹⁾

そこで、「3つの工夫」のもとで全社活動を実施している。

- (1) 廃棄物を出さない
- (2) 廃棄物を再利用する
- (3) 廃棄物からエネルギーを取り出す

このたび、本社工場内に新設した産業廃棄物の焼却熱回収施設「エースプラント」(ACEP; Amenity Clean Energy Plant) (写真1)は、「エネルギーを取り出す工夫」の中で誕生したクリーンな焼却処理プラントである。1995年4月より稼働しており、ここにその概要を紹介する。²⁾

2 当社の産業廃棄物削減への取り組み状況

産業廃棄物の主な内訳は廃油(廃液含む)、汚泥、廃プラスチック(紙屑含む)、木屑、研磨カス、塗料カスなどである。(図1)

前述の3つの工夫のもとに削減活動を展開してきた結果、'90年度から'94年度にかけ毎年10%削減することができた。これは特に機械加工工程では切削液・洗浄液の長寿命化による廃液の削減が進み、鋳造工程では含浸廃液の処理システムの開発などができたことによるものである。更にACEPの稼働に伴い、'95年度以降は'90年度比約20%に削減できる見通しである。(図2)

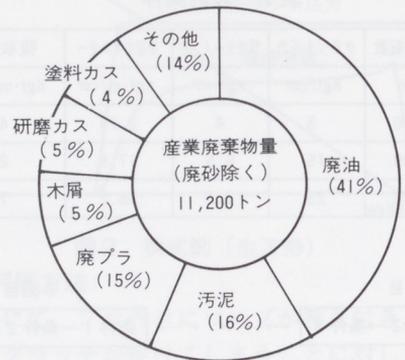


図1 当社の廃棄物の状況(1992年度)

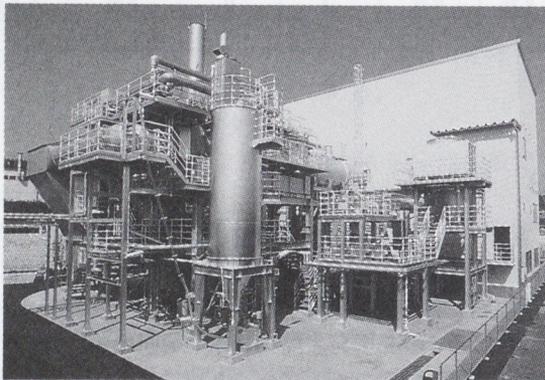


写真1 ACEP全景

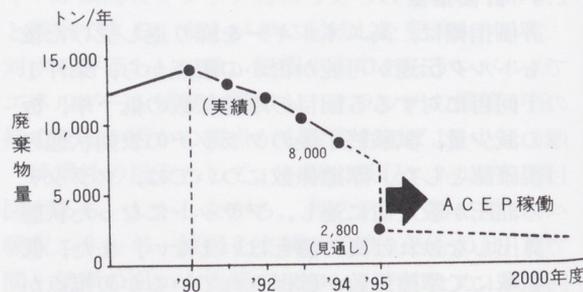


図2 当社の廃棄物の削減推移

* 環境施設室

3 ACEPの概要

3.1 ACEPの目的と狙い

ACEPはヤマハ発動機グループの産業廃棄物を効率的に焼却処理することにより、事業者として産業廃棄物を自ら適正に処理することを目的として建設した。そのねらいは、各工場から排出される産業廃棄物を一箇所(本社工場)に収集し、一括して焼却・熱回収利用することである。これにより各種産業廃棄物の総合管理ができるため、各工場で個別に処理する方法と比べて環境管理点の分散が防止でき、さらにトータルロスコストの削減が可能となった。

3.2 ACEPの特長

プラントの設計にあたっては、能力、機能、メンテナンス性およびライフサイクルコストなどから各種焼却方式の総合的な調査と検討を重ねて、(株)リケンのルーカス式混焼炉を主体とした焼却熱

回収システムを採用した。

その処理フローを図3に、仕様諸元を表1に示す。

3.2.1 ACEPによる廃棄物の焼却処理

産業廃棄物は、種類によりばらつきはあるが、平均2,000~3,000Kcal/kgの自然可能な熱エネルギー量を保有している。(図4)

各工場・職場より収集した産業廃棄物はトラックスケールで計量後、固形物・泥状物と液状物をピットあるいはタンクに貯留する。焼却温度を制御するために、産業廃棄物は熱エネルギーバランスをとりながら焼却炉へ投入する。粗大な固形物は事前に破砕機にかけて細かくしておく。

産業廃棄物は800°C、酸素濃度10%の炉内にて炉床燃焼する。燃焼ガスは3~4秒間回転させ完全燃焼する。これによりダイオキシンの発生を抑え、厚生省のガイドラインを十分クリアすることができた。³⁾⁴⁾

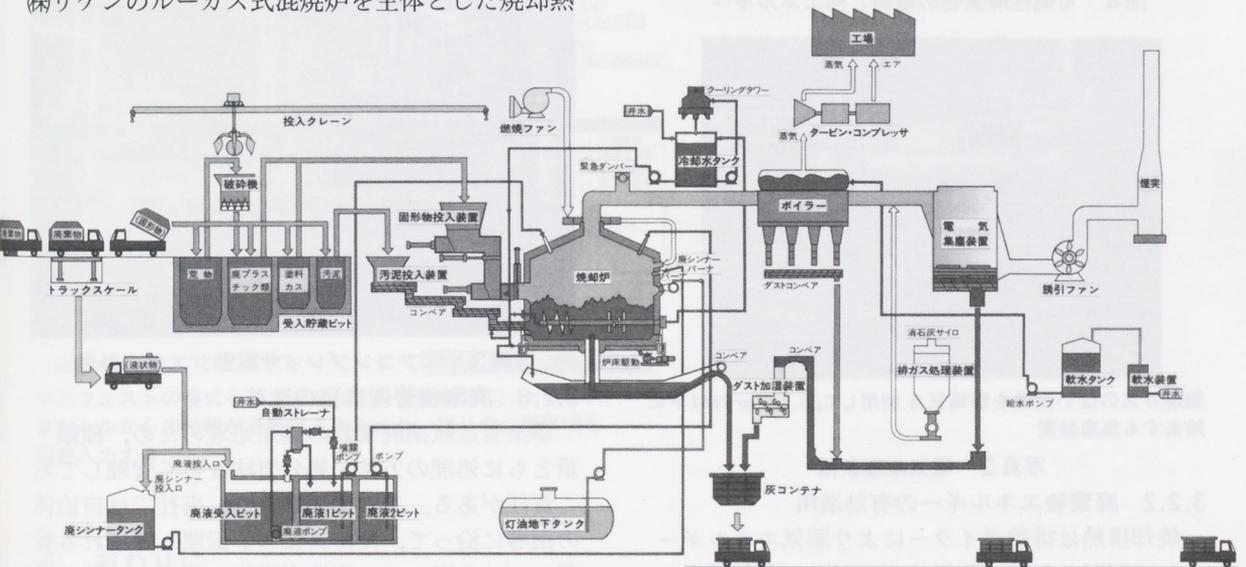


図3 ACEPの処理フロー

表1 ACEPの仕様諸元

1. 受け入れ	トラックスケール 30,000kg, ピット (粗大物, 廃プラ, 雑芥, 汚泥) タンク (廃液) 各3日分貯留可
2. 前処理	破砕機(2,000kg/H, 2軸回転刃式)
3. 焼却処理	リケンルーカス式混焼炉(3,200kg/H)
4. 排熱ボイラー	水管式 (蒸発量8,000kg/H, 蒸気圧力13kg/cm ²)
5. 排熱利用	圧縮エア, 蒸気 (冬期暖房用)
6. 排ガス処理	消石灰煙道直噴式 (HCl, SO _x 除去)
7. ダスト処理	電気集塵装置
8. 排気	誘引排風機 (ターボファン電動機直結式)
9. その他	産業廃棄物管理システム

塩素化合物あるいは硫化化合物を含む産業廃棄物を焼却する場合には、有害ガスの発生があるので消石灰を噴霧して中和処理している。さらに、ダストは電気集塵装置で捕集し、外部への飛散を防止している。(写真2)

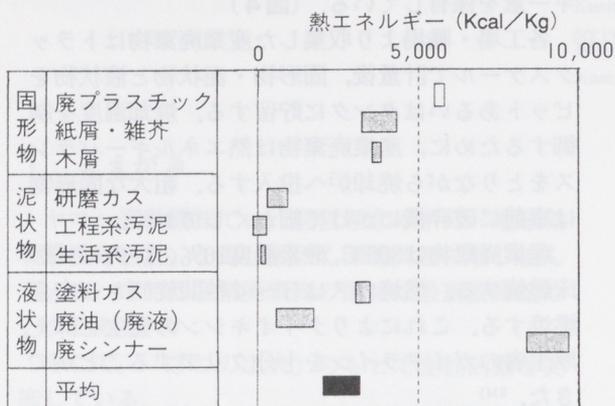
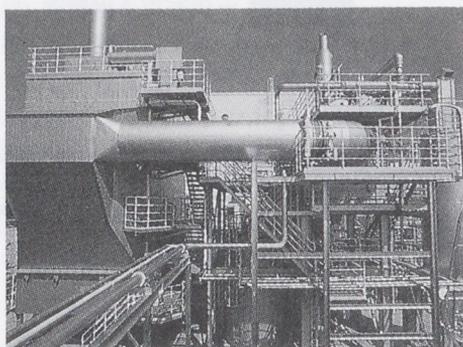


図4 可燃性廃棄物の種類と熱エネルギー



燃焼ガスのばい塵量を静電気を利用して、 $0.1g/m^3$ 以下に除去する集塵装置

写真2 電気集塵装置

3.2.2 廃棄物エネルギーの有効活用

焼却排熱は排熱ボイラーにより蒸気エネルギーとして回収される。蒸気エネルギーの有効利用として電気、圧縮エアあるいは焼却炉の補機の駆動などを検討した。その結果、蒸気タービンによりエアコンプレッサを駆動して圧縮エアを供給するシステムが、当社の規模としては最も適切であると判断した。システム構成は下記の条件を考慮して決めた。

- 1)発生蒸気をすべて使い切ること
- 2)既設エアコンプレッサのバックアップができる

なお、ACEPにより生み出される圧縮エアは、電動機で駆動されている既設のエアコンプレッサ出力の約20%に相当する。(図5, 写真3)

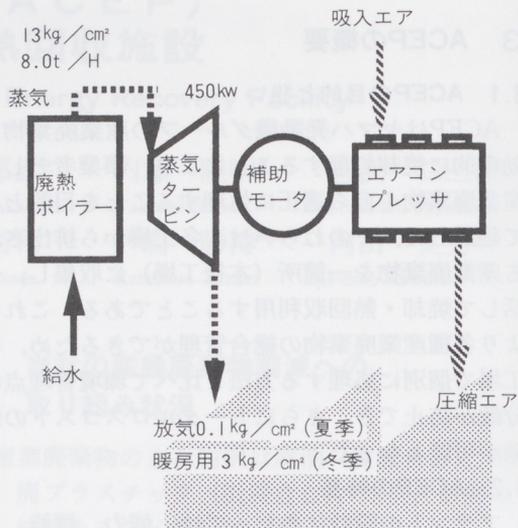


図5 エアコンプレッサ駆動システム

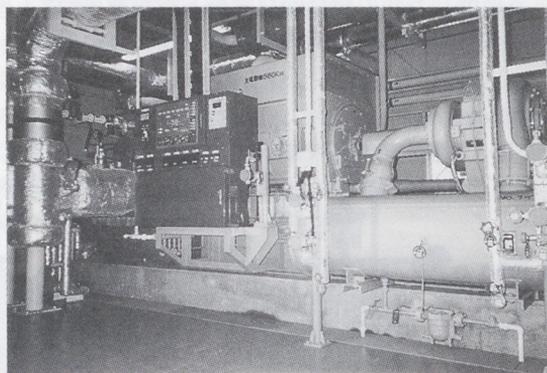


写真3 エアコンプレッサ駆動システム外観

3.2.3 廃棄物管理業務の改善

事業者は産業廃棄物の適正処理のため、種類・量ともに処理の方法・処分方法なども管理しておく責任がある。そこで従来より、当社では自治体の指導に沿って、マニフェスト伝票と呼ばれる管理ツールを用いて、産業廃棄物の適正な処理を進めている。今回、トラックスケールと管理システムの導入により、産業廃棄物の計量精度の向上と管理業務の改善をした。

その管理システムの主な機能は、

- (1)マニフェスト伝票管理：
産業廃棄物の種類・量の、排出先から処理・処分業者までの全工程の記録
- (2)産業廃棄物の計画・実績管理：
排出工場・職場の産業廃棄物の計画・実績の自動記録
- (3)ACEP処理実績管理：
ACEPにて処理した産業廃棄物の種類・量の自動記録である。

管理システムフローおよび入力データの一例を
図6および図7に示す。

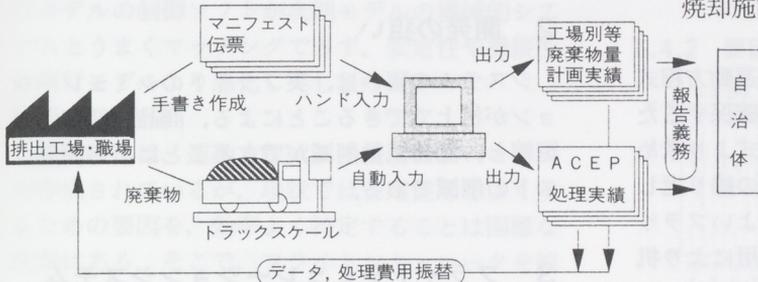


図6 産業廃棄物管理システム基本フロー

(所在地) 愛知県新豊2500		(社名) 株式会社	(日付) 95/05/09
(名称) ヤマハ発動機株式会社		(担当) 総務	(担当者) 雄芥窓口
(〒) 438 (TEL) 0538-37-4007		(部署) 総務	(電話) 09-95-9991-9509160932
作成者 雄芥窓口		印字	

0 燃えがら	1 ゴムくず	2 固形状	3 液体	4 その他	0 本質又はその化合物	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 汚泥	1 金属くず	2 泥状	3 液体	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 廃油	1 汚染陶磁	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 廃酸	1 紙くず	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 廃アルカリ	1 建設廃材	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 廃プラスチック	1 家庭ふん尿	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 紙くず	1 畜産の死体	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 木くず	1 ばいじん	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
0 繊維くず	1 13号廃棄物	2 雑芥(紙系)	3 泥状	4 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒
1 動植物性残	2 13号廃棄物	3 雑芥(紙系)	4 泥状	5 その他	0 有害物質	1 可燃性	2 揮発性	3 毒性	4 感染性	5 反応性	6 無害・無毒

収集運搬 (業者名) (株)山田工務店

伝票番号移

新規 印刷 削除 終了

マニフェストの書式をイメージした入力画面に、トラックスケールからの情報が自動書き込みされ、残りの必要事項を選択入力する。

図7 入力の一例

4 おわりに

当社の廃棄物削減への取り組み概況を、産業廃棄物焼却回収施設(ACEP)を中心に紹介した。廃棄物の削減とリサイクルの推進は、地球環境対策の重要テーマの一つである。今後はACEPを中核として、生産活動に伴うすべての産業廃棄物が資源リサイクルされるハード・ソフトの整備が重要である。そのためには、物づくりの計画段階から、廃棄物のリサイクル・再利用を配慮した全社員の工夫と努力が必要となる。

最後に今回のACEPの導入に当たりいろいろとご協力頂いた社内外の皆様方に紙面を借りて感謝申し上げます。

■ 参考資料

- 1) 地球環境対策室：環境対策行動計画，1993.4
- 2) 広報室：ニュースリリース「エースプラント(ACEP)」，1995.4
- 3) 株式会社リケン：産業・一般廃棄物焼却装置，1991
- 4) 財団法人日本環境衛生センター：産業廃棄物焼却施設，H5 4

産業用無人ヘリコプタ フライトシミュレータの開発

Development of Flight Simulator for Unmanned Small Helicopter

鈴木 弘人*

Hiroto Suzuki

中川 伝一**

Denichi Nakagawa

1 はじめに

産業用無人ヘリコプタの飛行特性は運動方程式により表される。従来、飛行安定性を確保するための設計パラメータの最適値は、理論式より求めることが困難であることから、実機での繰り返し評価で検討をしていた。今回、精度のよいフライトシミュレータの開発と品質技術の活用により机上での評価で概略設計仕様の検討が可能となった。実機テストはほぼ確認レベルでよいという見通しが立ったのでその概要を紹介する。

2 開発の狙い

システムの狙いは、実フライトのシミュレーションが机上でできることによる、商品開発期間の短縮と、開発工数削減ができることによる開発コストの削減である。

3 フライトシミュレーションシステム

このシステムは、運動方程式を計算させる高速計算型のパソコンとヘリコプタをグラフィック表現するカラーディスプレイのパソコン、及び従来機種用コントローラと、その操縦指令をパソコンに取り込むためのシグナルコンバータからなる。パイロットは画面内のヘリコプタを見ながら実際に近い形で操縦体験できる。(図1)

4 開発におけるシミュレータの位置付け

メインロータやメインロータヘッドの設計においてテストパーツを製作して実際にテストしていたが、この部分を机上のシミュレーションに置き換えたものである。(図2)

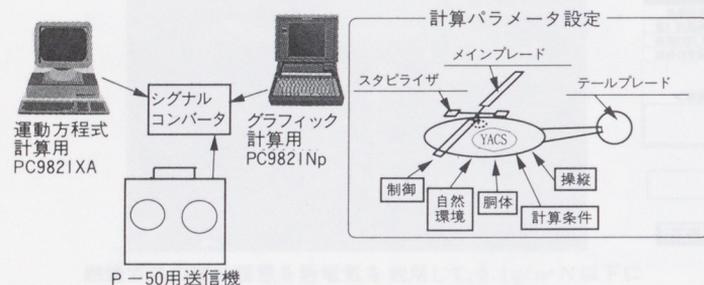


図1 フライトシミュレーションシステム

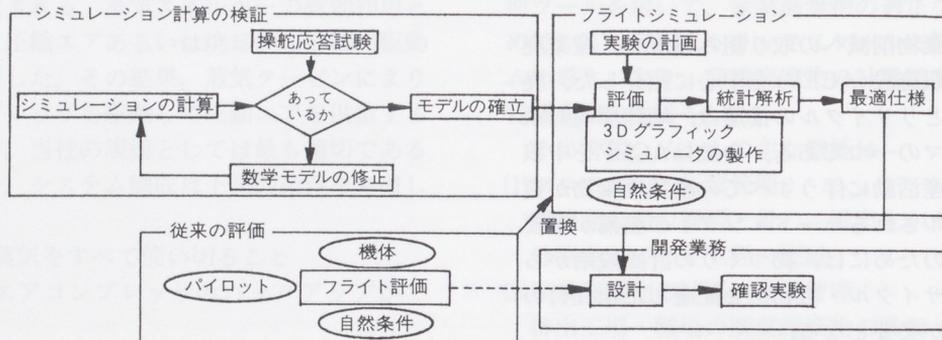


図2 位置付け

* 技術本部 スカイ事業部 技術開発室

**技術本部 製品保証推進室

5 応用例

5.1 応用課題

現行の無人ヘリコプタは、機械的制御システムに電気的な制御システムをいれ、だれでも、より操縦しやすいように開発された。しかし、次期モデルの制御システム開発の初期段階において、現行モデルの制御ソフトが次期モデルの機械的システムとうまくマッチングできず、安定性や操縦性が現行モデルより悪化してしまった。

5.2 解決方法

飛行特性は、運動方程式より精度のよいモデルが作成されているが、現状では安定性等をよくするための要因を、効率よく特定することは困難な状況にある。そこで、フライトシミュレータを使って安定性等の評価をした。制御系をつかさどるパラメータのうち、どれかが安定性を阻害している要因と推定し、直交配列表とフライトシミュレータを用いて評価した。評価結果は統計手法を用いて解析し、最適の設計パラメータを設定した。

5.3 テスト方法

5.3.1 テスト計画

テスト機仕様は、メインブレード、スタビライザなど16個の設計要因を取り上げ、L36直交配列表で36通り作成した。また、実機での飛行安定性評価は自然条件（主に風）の影響を受けるため、フライトシミュレータにおいても風（強風と無風の状態）を誤差因子として取り上げた。それによりノイズに強い安定した最適設計パラメータを探ることができた。

L36直交配列表

no	1	14
1		
2		222222222222	
3		333333333333	
4
34	2213131	23231	2231
35	221321	23131	2331
36	221332	31213	1123

5.3.2 評価項目

マニュアル操作、制御操作の各々の操縦性、安定性、総合評価について、5段階の官能評価をシミュレータ上で行った。

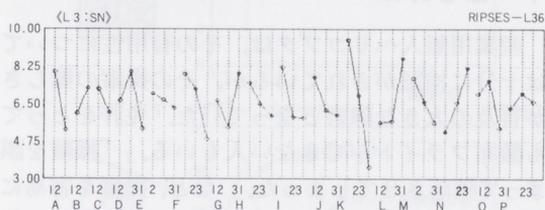
5.4 解析結果

以下に安定性評価データの解析結果の例を一部示す。解析は望大特性のSN比で行った。

5.4.1 分散分析

Source	f	S	V
A	1	66.2452	66.2452
B	1	11.6597	11.6597
C	1	10.9482	10.9482
D	2	42.5494	21.2747
E	2	2.6868	1.3434
F	2	61.0126	30.5063
G	2	37.8322	18.9161
H	2	13.9247	6.9624
I	2	44.1638	22.0819
J	2	21.8628	10.9314
K	2	212.9303	106.4652
L	2	68.4188	34.2094
M	2	25.8678	12.9339
N	2	53.9220	26.9612
		31.2196	15.
		0.964	

5.4.2 要因効果グラフ



5.4.3 最適条件の設定及び推定

制御評価結果と、マニュアル性能を極力崩さない設計仕様を考慮し、最適条件を決定した。最適条件での評点の推定にあたっては、メインブレード等要因効果の大きな四つの要因で行った。

また、今回の官能評価データのように上限、下限がある場合は、両極の近傍では要因効果の加法性が成り立たないことが多い。したがって、推定はロジット変換〈注記〉して行った。

推定結果（最適条件）…4.2点

（初期条件）…2.5点

〈注記〉ロジット変換

$$z = \log\{p/(1-p)\}, \quad (0 < p < 1)$$

5.5 実フライトでの検証結果

シミュレータで推定したパラメータについてテストパーツを製作して、実際にフライトテストしたところ、ほぼ満足な結果が得られた。

6 むすび

本実験を実機評価で行うと1ヶ月以上かかったと思われるが、フライトシミュレータの活用により実験及び解析を約8時間で行うことができた。今後ともシミュレータを有効活用していけば、開発リードタイム短縮、開発生産性向上に寄与できると思う。

産業用無人ヘリコプタ用姿勢制御装置 (YACS)

Yamaha Attitude Control System

大西 陽一*	杉田 正夫**	鈴木 昭彦*
Yoichi Onishi	Akihiko Suzuki	Masao Sugita
佐藤 彰*	森下 達也*	平見 育彦*
Akira Sato	Tatuya Morishita	Ikuhiko Hirami

1 はじめに

産業用無人ヘリコプタは、その有用性については十分に検証がされているが、その操縦の難しさが普及の大きな障害となっていた。「免許をとっても散布フライトができない人もいる。」「操縦を誤まって墜落させてしまった。」など、操縦を容易にする制御の必要性は年々高まっていた。今年4月に発売されたYACS(Yamaha Attitude Control System)はこのような市場の声に応えるために開発された。

2 開発の狙い

「免許をとったら全員が散布フライトができる。」を基本コンセプトに開発した。散布フライトはヘリコプタの操縦の中でも相当高度な技量を要求される難しいフライトなので、単に安定化のための制御だけでは機能不足である。オペレータが意のままに操れ、かつ本当に楽になったと実感できる制御を狙って開発を行った。また、側面からもオペレータがフライトに集中できるように、散布中に気を使うバッテリー、ペイロードについても、ワーニングなどの装備の充実を図った。

なお、ヘリコプタの基本性能であるペイロードを減らさないため、ハードウェアは必要最少限にとどめ軽量化に努めた。

3 特徴

3.1 全舵(5軸)制御

ヘリコプタの全ての運動軸に対し、常時制御を行っている。(図1)

3.2 モデル追従型制御

安定性と操縦性の両立、言い換えると外乱に対しては強い安定性を示し、人間の操舵に対しては素直に反応する制御となっている。

3.3 モード選択

全てのオペレータに喜ばれる制御とするため、技量に応じて3つのモードを内蔵し、送信機にて簡単に選択できる仕様となっている。

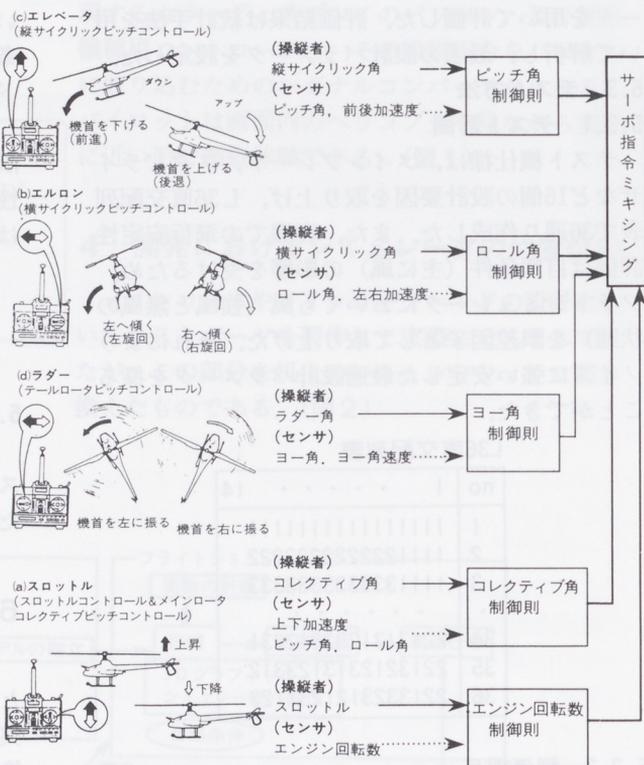


図1 全体の制御則

3.4 姿勢角ユニットの内製化

角速度センサ、加速度センサ以外は全て内製化を行い、市販品に対し、軽量、コンパクト、低コストを実現した。

* スカイ事業部 開発室
** 技術本部 制御技術室

	市販品	YACS
重量	4.5 kg	1.8 kg
体積	300×100×100 mm	100×100×100 mm
価格	400万円	1/3 以下

3.5 ワーニングシステム

バッテリー交換時期、ペイロードの積み過ぎ警報機能を内蔵した。さらに自己診断システムにより、始業点検の容易化、フライトレコーダ機能により事故解析の容易化を図っている。

4 ソフトウェア

制御ソフトの最大の特徴はモデル追従型制御である。従来の単純なフィードバック制御では外乱だけでなく、人間操舵による動きに対してもフィードバックが働き、安定はしているが操縦性の悪い制御となっていた。

モデル追従型制御とは、人間操舵指令から人間の望んでいるヘリコプタの挙動を推定し、それを制御の目標値とする制御である。言い換えると人間操舵により生ずるであろうヘリコプタの挙動には制御をかけないことである。これにより、外乱に対する安定性を高めたままで操舵に対する応答性を上げることができる。また理想モデルを変更することで安定性を変えずにヘリコプタの操舵応答だけを好みに合わせて簡単に変更できる。(図2)

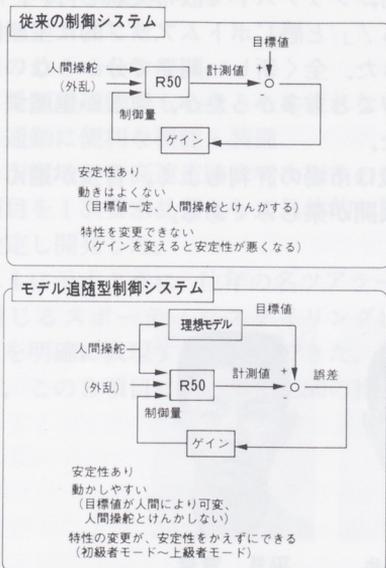


図2 モデル追従型制御

YACSでは、この理想モデルを3つ内蔵しオペレータが自由に選べるようになっている。

図3は各モード毎に操舵に対するヘリコプタの応答を示したものである。上級者はマニュアル操縦に近い味付けとなっている。

上級者モード：旋回フライトのできる経験豊富な操縦者
中級者モード：旋回フライトのできない経験のあまりない操縦者
初心者モード：免許のない人の練習モード

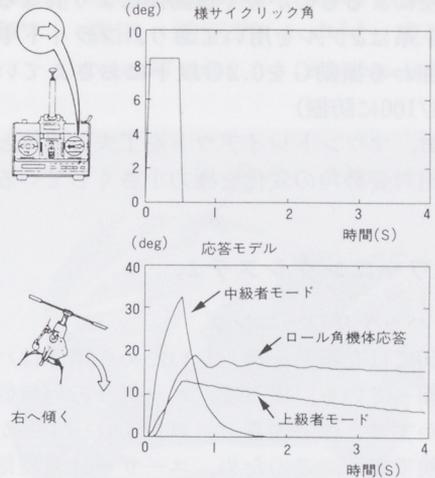


図3 応答モデル

なお、このモデルが本当に散布フライトに合致しているかを確認するため、昨年夏モニターテストを全国で行い、ユーザーの声を聞いた。特に上下動に対する応答性を上げることでより実用性の高いモデルを作ることができた。

5 ハードウェア

光ファイバージャイロ3個(角速度センサ)と加速度計3個に姿勢角演算用マイコンボード及び制御量計算用マイコンボードを1つの箱に収め構成されている。(図4)

姿勢角を求めるしくみは、基本的な短周期変動をジャイロ積分で求め、ドリフト成分をGセンサにより取除く方式をとっており、出力はオイラー変換を行い、地球座標系に対する変位角として出力している。

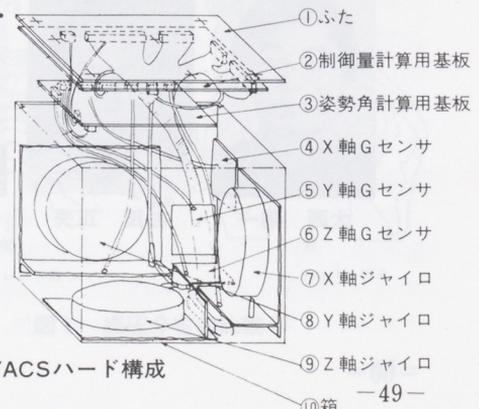


図4 YACSハード構成

姿勢角センサとしての出力は、X、Y、Z軸まわりの回転角度、角速度及び3軸方向の加速度が得られる。

精度は前述の市販センサと同等レベルでヘリコプタでは標準で±2°程度であるが、この精度は運動誤差によるものが多く運動体により異なる。マウント系はαゲルを用いており、フライト中センサに加わる振動Gを0.2G以下におさえている。

(約1/100に防振)

なお、マウントレイアウトを工夫し機体とセンサの相対姿勢角の変化を極力小さくしている。

6 ワーニングシステム

6.1 バッテリワーニング

R50では充電系を持たないため、電源はバッテリーに頼っている。従って、バッテリーの容量低下に気づかずフライトすると、コントロール系が暴走し危険である。このため、ユーザーは着陸毎にテスターで電圧を測定し、バッテリーを監視しなければならなかった。

本モデルでは常時、電圧をモニターし、交換時期をオペレータに知らせるバッテリーワーニングシステムを搭載した。

フライト中の電圧は、サーボの瞬間電流が20Aを超えるため大きく変動する。また、バッテリーは劣化度合により放電特性も大きくばらつく。(図5)

このため、約1年間膨大なデータを積み重ねて仕様決めを行い、いろいろなダメージを受けたバッテリーでも必ず安全範囲内にワーニングを発し、かつ全容量の2/3以上を使えるレベルに仕上げることができた。

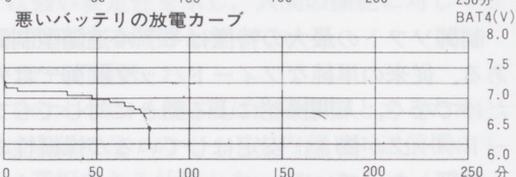
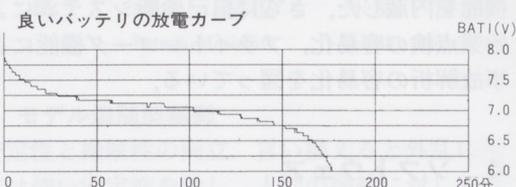
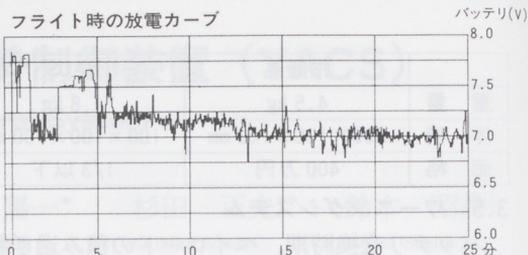


図5 放電カーブ

6.2 ペイロードワーニング

過積載によるハードランディングに対してもシステム内部のセンサ情報を巧みに使い、約2kgの精度で過積載に対するワーニングを発するシステムを作りこんだ。

7 おわりに

2年前、プリテストで散布実験を行い、「これはいける!」と感じボトムアップ的に生産開発を行ってきた。全く新しい開発で分からないことやとまどうことも多かったが、何とか生産することができた。

発売後は市場の評判もよく、普及が進んでいる。今後の展開が楽しみである。

■ 著者



大西 陽一



杉田 正夫



佐藤 彰



森下 達也



平見 育彦

YP250 MAJESTY

小林 正典*

Masanori Kobayashi

寒河江 寿**

Hisashi Sagae

高橋 博幸*

Hiroyuki Takahashi

森田 敏正***

Toshimasa Morita

富田 稔**

Minoru Tomita

中村 成也****

Seiya Nakamura

1 まえがき

都市部の慢性的な交通渋滞を背景に、片道15~20kmといった遠距離通勤を目的とした二輪車需要が増加傾向にある。こうした用途では、毎日の長距離走行ゆえに商品に対する主な要望は“長く乗っても疲れない”という点に集中している。

このようなお客様の要望に応え、拡大傾向にある遠距離二輪車通勤需要への参入を図るとともに、このクラスの需要を拡大する商品としてYP250 MAJESTYを開発した。

2 コンセプト

“快適革新プレステージコミューター”をキーワードに、都市部での遠距離通勤の足として、また休日のショートツーリングまで幅広く快適な走りを提供するスポーティなスクーターとすることをコンセプトとした。

技術のねらいとしては、

- (1) 長距離通勤でも心身ともに疲れない快適性
- (2) 通勤に便利な機能・装備
- (3) 市街地から高速道路までゆりの走行性能の3項目を1次要求品質として具体的な開発目標値を設定し開発した。

写真1に示すように、往年の名ツアラー-FJ1200にも通じるスポーティなスタイリングにもコンセプトを明確に表現することができた。

以下、この3項目に沿ってYP250の特徴を紹介する。



写真1 YP250外観

3 快適性のために

3.1 バックレスト付きシート

バックレストを持つ快適なシートこそYP250の最大のフィーチャーでありセールスポイントである。快適性の秘密は“ペルビス（骨盤）サポート”という明確な機能を持たせたバックレストにある。着座時の骨盤の後傾を防ぎ、敏感な尾骨部分の圧迫を防止するもので、長時間乗車しても尻や腰が痛くなりやすく、疲労感を大幅に軽減する。また、シート座面も比較的鈍感な座骨部分を中心に支持するように幅と断面形状・硬度を調整した。図1はバックレストの有無による座圧分布の差を示したもので、バックレスト付きシートでは尾骨部分の圧力のピークが消え、座骨を中心に支持した座圧分布になっていることがわかる。

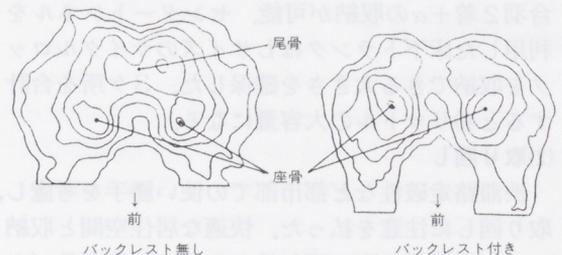


図1 座圧分布の比較

* モーターサイクル事業本部 第2開発部
** モーターサイクル事業本部 第3開発部
*** モーターサイクル事業本部 第4開発部
****モーターサイクル事業本部 商品企画室

なお、だれもがバックレストの効果を得るためには体格に応じてポジション調整をする必要があるため、バックレストを10mm間隔で5段階前後に調整できる構造とした。

3.2 その他の快適装備

(1)カウリングとウインドシールド

プロテクションと機動性、さらにはスタイリングとのバランスから寸法・形状を決定した。特にウインドシールドは背中への風の巻き込みによる不快感、雨天時の前方視界等も考慮した高さとした。

(2)防振リンク

ユニットスイング式のエンジンは、コンプレッションロッド付きの防振リンクによりフレームにマウントされている。これにより、全域にわたる防振と同時に加減速時の車両姿勢の変化を抑えた。

(3)サスペンション

フロントはインナーチューブ径33mm・ストローク100mmのテレスコピックフォーク、リヤにはホイールトラベル90mm・イニシャル5段階調整付きの複動式ショックアブソーバを装備し、スポーティーで快適な走行を可能とした。

4 通勤に便利な機能のために

(1)収納スペース

通勤用途にはヘルメット収納スペースだけでは不十分と考え、鞆・ジャケット・合羽その他を収納できるよう、図2に示す3ヶ所に大容量のトランクを設けた。

シート下のヘルメットボックスはフルフェイスヘルメット1個または鞆(430×320×100mm程度のB4型アタッシュケースまで)の収納を可能とした。専用のセミジェット型ヘルメットなら2個収納可能である。

レッグシールド部に設けたフロントトランクも合羽2着+ α の収納が可能。センタートンネルを利用した床下トランクはLサイズのサイクルロックを収納できる大きさを確保した。3ヶ所を合計すると49リットルの大容量になる。

(2)取り回し

渋滞路走破性など都市部での使い勝手を考慮し、取り回しに注意を払った。快適な居住空間と収納スペース確保と取り回し性のための制約条件(ホイールベース、車幅、ハンドル切れ角、シート高)

についてテストを重ね、最適値を設定した。可動式のフロントフェンダや前後を絞ったボディ形状と相まって、大きさを感じさせない取り回しの良さを実現した。

(3)その他

シート下に11リットルの燃料タンクを装備した。1回の給油で250km程度の走行が可能である。また、給油口をシート前端の独立したリッド内に設けたため給油時にシートを開ける必要がなく、パッセンジャーシートに荷物を積んでいる時など便利である。(図2)

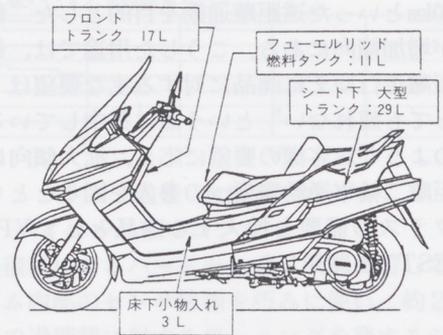


図2 収納トランクと燃料タンクレイアウト

5 ゆとりの走行性能のために

5.1 エンジン

図3に示す前傾シリンダを持つ水冷単気筒SOHC250ccエンジンは21ps/6500rpm、2.4kgm/5500rpmの中低速重視の性能とした。(図4)

性能特性を決定する燃焼室・吸排気系の設計に当たっては、田口メソッドを応用し寄与率の大きな因子の特定とテストの重点化を図り、効率よく最適設計を行うことができた。エンジン回転数の上昇と車速の上昇がリニアに感じられるような特性としたVベルト式自動変速機、加速ポンプ付きSU型キャブレターとの組み合わせにより、市街地から高速道路まで全域にわたってアクセル操作にリニアに反応する余裕の走行性能とすることができた。

6 むすび

以上、開発コンセプトに沿って主なフィーチャーについて簡単に述べた。スポーティな外観にふさわしい走行性能を確保しつつ、通勤用としての機能も過不足なく折り込むことができた。

当社はパッソル以来、原付スクーターの領域では常に市場をリードしてきた。YP250MAJESTYは、こうしたヤマハファンのステップアップモデルとして十二分にご満足頂けると同時に、軽二輪スクーター市場をリードする商品になり得ると確信している。

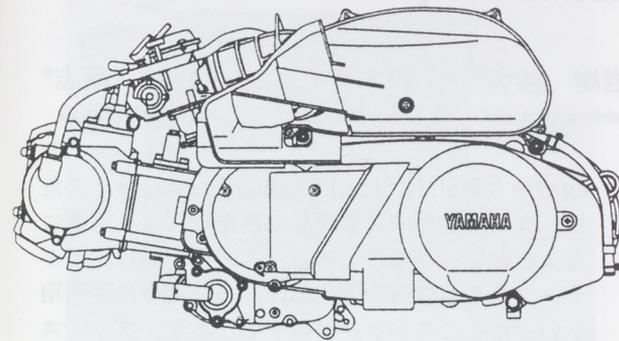


図3 YP250エンジン外観図(左側面)

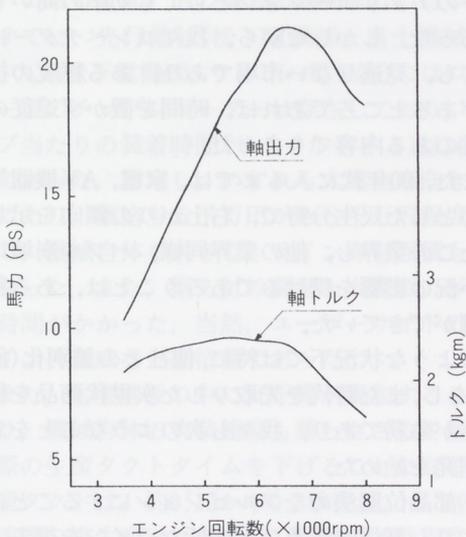


図4 YP250エンジン性能曲線

5.2 車体

ヘッドパイプからピボット部まで外径38.1mmを2本、31.8mmを2本、計4本の大径薄肉パイプを配した高剛性フレームに前述のサスペンション、前輪110/90-12・後輪130/70-12の大径タイヤの組み合わせにより、操縦性と安定性を高次元で両立した。空力特性に優れ横風にも強いボディ形状との組み合わせにより低速のタイトコーナーから高速コーナーまで全域でリニアなハンドリング特性を得ることができた。なお、ペルビスサポート機能を持つバックレストがモーターサイクルのニーグリップと同様の車と体を一体化する役割を果たしており、操安性・ハンドリングに大きく寄与している。

スーパーミディウムマウンター YV112

Super Medium Mounter YV112

岩塚 佳久* 鈴木 克彦* 民輪 剛志*
Yoshihisa Iwatsuka Katsuhiko Suzuki Takeshi Tamiwa

1 はじめに

IM事業部発足後、X-Yロボットのアプリケーションとして生まれたヤマハサーフェイスマウンターも、順調に定着し、最初に開発されたYMシリーズから数えて10年経過した。

現在では、IM事業部内の総売上7割を超えるまでの主力商品に成長し、バリエーションも増え、メカニカルな部品センタリング機能を有するYMシリーズ(図1)に加え、ビジョン認識による部品センタリング機能の特徴としたYVシリーズの開発に拍車がかかっている。

今回は、その中でも、フルビジョンマシンとして最初に開発されたYV112(図2)について製品紹介を行う。



図1 YM84SII

2 構想の背景

IM事業部内で、この構想がでたのは、かれこれ5年前にさかのぼる。当時のサーフェイスマウンターの商品群としては、メカニカルな位置決め(4方向爪による部品センタリング)によるものが主であり、一部QFP(Quad Flat Pack-

age)や大型SOP(Small Outline Package)、または、コネクタ等の異形部品のみをビジョン認識にたよるといったものである。ユーザー層は、ビギナークラスから研究開発部門、多品種少量生産用といったところがターゲットとなるが、プライスもかなり抑えられた当時の中型機種としては、かなり着眼点のいい、競争力の高い、しかもX-Yロボットのアプリケーションとしても効率の高いものであった。しかしながら、我々コンペチターにとっても、見逃せない市場であり、ある程度の技術力があるところであれば、時間を置かず追従の可能性のある内容でもあった。

また、90年代に入るまでは、家電、AV機器等を中心とした民生分野で、右上がりの傾向を示していたこの業界も、他の業界同様、バブル崩壊以後の不況の影響を受けるであろうことは、ある程度、予測ができていた。

このような状況下では特に、他社との差別化(優位差)をし、また時代を先取りした次世代商品を得ることが急務であり、我々も次のようなことを念頭に開発を始めた。

- (1)部品位置決めをフルビジョンにすることにより、高信頼性及び高機能なラインを得る。
- (2)多軸制御可能なサーボシステム、ソフトにより各作業エリアでの自動化をより可能にする。
- (3)大幅にアップする機能を、有効かつユーザーフレンドリーに支援可能なアプリケーションソフトを得る。
- (4)機械の役割分担を明確にしライン全体が効率良く稼働し、かつコスト高にならない。

3 位置付け

YV112は、この構想の中でもチップ部品からある程度の大きさのQFPまでを対象とした、汎用高速機としての位置付けである。(当然、大型のSOP、QFP、または異形部品等に対応可能な汎用高機能機の構想も同時に行われていた。この高機能機、YVL80(汎用高機能機のベストセラー、図

* IM事業部 技術室

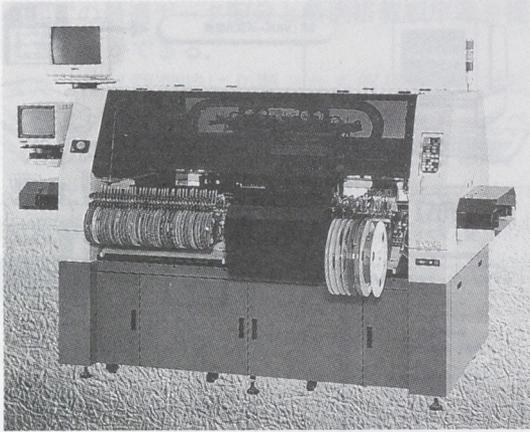


図2 YV112

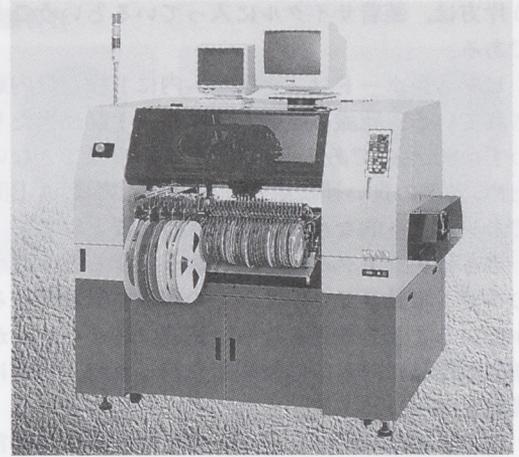


図3 YVL80

2) に対しては、別の機会に説明を行いたい。

すでに、先行他社(松下電機株, 富士機械製造株, 九州松下電機株, サンヨー電気株)にはロータリー型のチップシューターは存在しており、1チップ当たりの装着時間(サイクルタイム)は、0.1秒台であった。ただし、いずれも大量生産向けの機械であり、価格も5千万円から6千万円程度が相場で、機械自体も大きく、ライン専有面積も大きくなった。また、据え付け調整も大変で、かなりの時間がかかった。当然、ユーザーサイドのみのライン再編成など期待薄であった。

また、生産基板の中にSOP等が混在することにより、機械自体の実装速度も落とさざるを得ず、実際の生産タクトタイムを下げることになる。(実生産タクトは、約0.15から0.3秒程度、ちなみに、中速機の実生産タクトは、0.8から1.0秒程度)

YV112の狙いは、上記問題点の解決にあると考えた。“X-Y座評型ロボットの延長上の技術(汎用機の技術)でありながら、実際のユーザー基板でのタクトタイムが0.3秒台の前半で、しかも2千万円以内で提供する。”言いかえれば、汎用機の使い勝手の良さ、親しみやすさ、部品に対する守備範囲の広さ、コストパフォーマンスの良さを維持しながら、高速機に近いスピードを得ることにより、今まで当社になかった高速機の領域にくい込むマウンターである。

さらに、不況がトリガーとなって設備投資が控えられ、逆に、生産ライン=高速機、という常識よりも、生産形態に即したラインを考えるユーザーが増え、このクラスの需要が伸びるといったことが期待できる。

4 仕様と内容

YV112の仕様を表1に示す。

この機械の特徴としては、図4に示すようにあたかも2台の機械が1台に組み合わせられて構成されているところにあり、それぞれに16連マルチヘッドと装着エリアが配置されている。

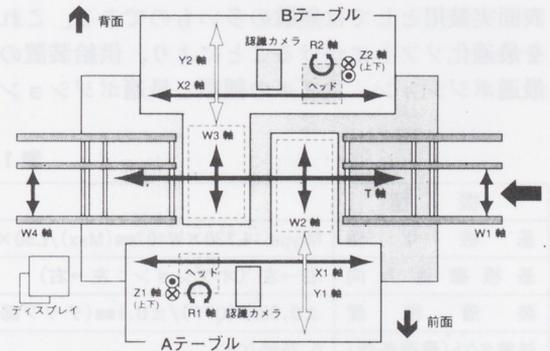


図4 機械構成

各ヘッドは、順次、吸着、認識、装着動作を繰り返すが、それらが一直線上の配置となっているため、各作業間の移動時間は非常に効率的なものとなる。特に、部品認識は吸着位置から装着位置への移動中にノンストップで行われる。各ノズルの横には、ルーラーと呼ばれているマークが配置されており、光源のフラッシングと同時にマークと部品の画像が取り込まれ、部品位置はマークに対する相対位置を読み取ることにより、補正量が算出される。

また、基本的な動きとしては、片側のヘッドに吸着されている部品が認識サイクルにある時、も

う片方は、装着サイクルに入っているということである。

ビジョンボードは、システム内に1枚だけ内蔵されている。認識に要する時間は、1部品当たりわずか80msecであるが、同時取り込みはできないため、効率の良い連続認識を得るためには、A-B間でのシーソー的なヘッドの動きが必要となる。

さらにタクトタイムを詰めようとする、最小のヘッドの動きでいかに多くの部品を吸着できるかということも重要となる。(16連マルチヘッドが16個の部品に対して同時吸着を行った時、効率は最高となる。)

この最適化をオペレーター自身が行うには非常に無理があり、たとえ手慣れたオペレーターで相当な時間を費やしてしまう。

データ作成を含めた段取り時間の短縮も、ニーズとしてかなり高いものである。そこで有効となるのが、新開発のアプリケーションソフト“VIOS”(Visual Integrated Operating System)、及びオフラインPCソフト“YVOSII”(図5)である。

通常、搭載データはCADデータの変換等で得られる。変換直後は、設計するには最適であるが、表面実装用としては無駄の多いものである。これを最適化ソフトにかけることにより、供給装置の最適ポジション、ノズルの種類と最適ポジション、

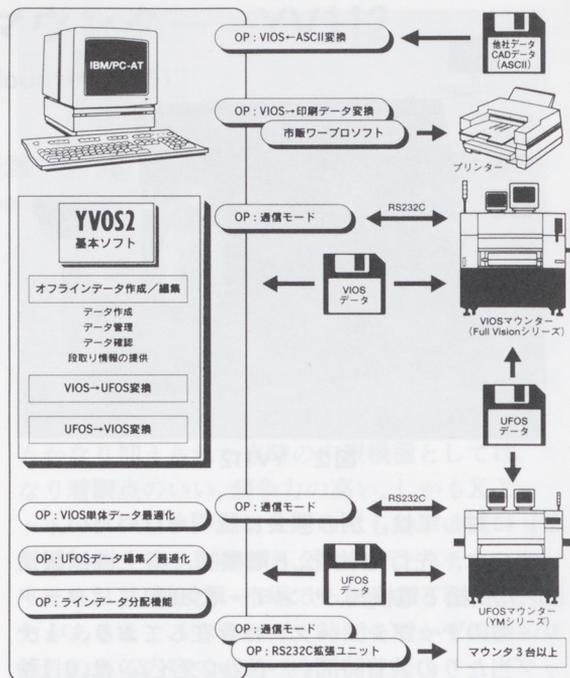


図5 オフラインPCソフトYVOS II

表1 仕様

機種	YV112仕様
基板寸法	Mtype : L330×W407mm (Max)/L50×W50 (Min) Ltype : L457×W407mm (Max)/L50×W50 (Min)
基板搬送方向	右→左 (オプション: 左→右)
装着精度	±0.08mm (QFP)/±0.1mm (チップ部品)
装着タクト(最適条件)	0.25秒/Chip
設定装着角度	±180°, 0.01° 単位
認識可能部品	1005～QFP□32mm (最小リードピッチ0.5mm)
装着可能部品高さ	Max : 6.5mm
部品品数	Mtype : テープ品112種 (8mmテープフィーダ換算) Ltype : テープ品96種 (8mmテープフィーダ換算)
部品供給形態	8～44mm テープ部品, スティック品
画像認識可能品数	225品種/基板
ポイントデータ数	2280ポイント/基板
電源	単相AC200V/220V/230V/240V ±10%, 50/60Hz, 4KVA
エア源	5 kg/cm ² (ドライエア使用), 600NI/min
外形寸法	L2,412×W1,759×H1,867
重量	約1,350kg
オプション	基板搬送方向 左→右, コンペア奥側固定, 外形基準, YTF100, クランプ式基板位置決めユニット, フィーダ浮き検出機構

19mアルミ製小型実習船「リサーチ」

19m aluminium training boat 「Research」

永富 忠良* 木村 嘉浩*

Tadayoshi Nagatomi Yoshihiro Kimura

1 はじめに

近年、アルミ船の特需市場での需要が大きく伸びている。当社でも、アルミ船市場に参入することを目的として、建造に関する情報収集、技術ノウハウの蓄積を行ってきた。

幸いにも、入札を経て静岡県焼津水産高校向け実習船の建造資格を得ることができ、当社アルミ船第一号として建造、引き渡すことができた。

今後の本格的なアルミ船市場参入にむけての記念すべき船として意味深いものになると考える。

(写真1)

2 本船の概要

本船は沿海区域を航行する小型実習船として建造された。建造目的は、一級小型船舶操縦士の養成、ならびに下記の実習等である。

- (1)操船実習、航海実習
- (2)マリンスポーツ実習
- (3)潜水実習
- (4)海洋観測実習
- (5)漁業実習
- (6)機関実習
- (7)栽培漁業実習

本設計、監督は社団法人漁船協会に委託され、建造仕様書に基づきヤマハ発動機(株)が下記日程により建造した。

起工	平成6年	9月23日
進水	平成7年	2月16日
竣工	平成7年	2月27日

計画にあたっては、次の点を特に考慮した。

- (1)船体は、重量が軽く、耐久性に優れた耐食アルミニウム合金製で、甲板室を有する一層甲板船とする。
- (2)良好な復元性、凌波性、操縦性を有するとともに、風波の衝撃に十分に耐える船型とする。

- (3)有害な振動及び騒音の防止、換気や防熱に対しての十分な対策を施す。

3 主要項目

全長		18.96m
登録長		14.95m
幅(型)		4.50m
深さ(型)		1.70m
満載喫水		0.90m
総トン数		19トン
最大搭載人員	合計	25名
	内訳	(船員 3名)
		(生徒 22名)
容積	燃料油タンク	3.30m ³
	清水タンク	1.08m ³
	潤滑油タンク	0.10m ³
主機関	三菱S6A3-MTK2L	1基
	連続最大出力	730ps×1900rpm
減速逆転機	新潟コンバータ	MGN80EX
	減速比	2.59
	プロペラ	3翼スキュー固定ピッチ
		1.1m×1.08m
試運転最大速度(4/4)		21.1 ノット
航海速度(3/4)		約 18.9 ノット
航続距離(航海速度にて)		約 590 マイル



写真1 船体外観

4 一般配置

本船の船型については、使用速度域に合ったV型ハードチャインの半滑走船型を採用し、かつ一層甲板船とした。

機関室上部は隆起甲板を設け、機関室内部の作業性の向上を図り、操舵席上部にも適度の空間を設け、広い前方視界の確保と併せて操船者の操船性の向上を図った。居住区の天井高さにも十分に留意して計画を行った。

甲板下を大きく分けて4つの水密区画に分割し、船首倉庫、居住区、機関室、舵機室とした。

操舵室上部には、フライングブリッジを設け、副操舵装置、他を併設した。

船尾上甲板は、多様な実習内容に対応すべく、作業性を考慮して装置、機器類の配置を行ない、脱着可能なオーニングを設けた。

船尾トランサムより後部に船尾プラットフォームを設け潜水実習の作業場所とした。

燃料油タンクは、船体付きタンクとして舵機室内に配置し、清水タンクも船体付きタンクとして、居住区床下に配置した。

また、若い人達にも魅力を感じてもらえるように、斬新なスタイリング、調和のとれた色彩、広い居住空間等に配慮した。

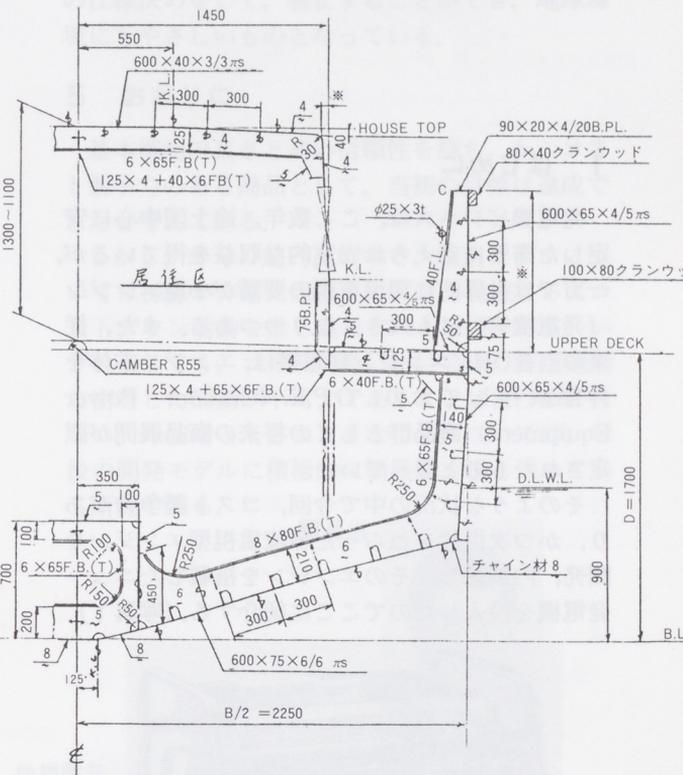


図1 中央断面図

5 船殻構造

船体の主要構造材料は全て耐食アルミニウム合金とし、船体重量の軽量化に配慮した。溶接欠陥の防止、溶接熱歪の防止を図るため、船底外板、船側外板、上甲板、チェーン材にはA5083系、上部構造にはA6N01系の大型押出型材を可能な範囲使用した。

構造基準は「軽構造船暫定基準」を適用し、航行区域の海象条件や使用目的を考慮し、軽量かつ堅牢な縦肋骨方式を採用した。また、航行時の波浪衝撃力に十分耐えられるように、局部強度、横強度、縦強度とも十分な検討を行った。

防振対策としては、プロペラ直上外板の増厚と骨材による補強、主機関回りの補強等の対策を設計初期段階より行った。

船体の防食対策についても、アルミ合金犠牲陽極を船の性能を損なわない様に配置した。図1に中央断面図を示す。

6 おわりに

以上のように、性能、強度ともに実習船として要求されるものはほぼ満たしたアルミ実習船を建造できたと思っている。第1回目の定期点検を5月中旬に実施したが、特別な問題も起こらず、船主サイドの評価も高いものを頂けたと自負している。

最後に、紙面をお借りして本船の建造に当たって共に仕事をして戴いたヤマハ蒲郡製造(株)の皆様深く感謝したいと思います。

■ 著者



永富 忠良



木村 嘉浩

ニュー発電機EF2300の紹介

New Engine Generator "EF2300"

戸塚 攻*

Osamu Totsuka

1 はじめに

発電機ビジネスは、ここ数年、途上国中心に安定した需要に支えられ安定的な収益を得ているが、一方では世界的に環境重視の要請が小型エンジン（発電機等）にも大きくなりつつある。また、従来の当社OHVエンジン発電機は、エンジン本体を外部依存しており、O.P.E. (Outdoor Power Equipment) 商品群としての将来の商品展開が限定されたものとなっていた。

そのような状況の中で今回、コスト競争力があり、かつ次世代をねらった環境重視型エンジンを開発、内製化し、そのエンジンを搭載したニュー発電機を投入したのでここに紹介する。(写真1)

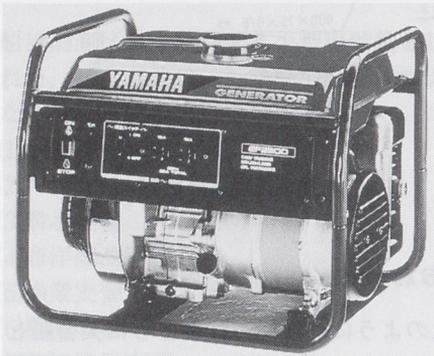


写真1 EF2300

2 開発の狙い

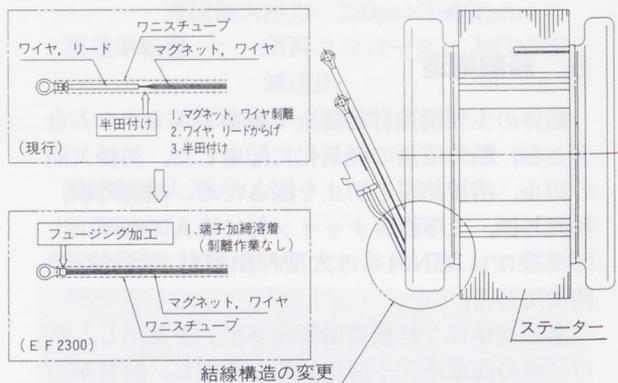
次世代の発電機として、10年以上の商品寿命を持つ息の長い商品とするため、下記の3点を狙いとした。

- ①基本機能の良さと高い信頼性を持ち、かつコスト競争力のある発電機
- ②ユーザーに優しいエンジンの搭載
低騒音/低燃費/クリーンな排気ガス
- ③すぐれたデザイン
高品質イメージ/軽量コンパクト/使い易さ

3 コスト開発

発電機の開発においては最大課題である、コスト競争力のあるものとするために折り込んだ主な項目は、下記のとおりである。

- ①加工設備と部品の共用化 (EF1400とのペア開発と他機種とのエンジン加工諸元の共通化)
- ②工程削減
プレス部品のメッキ鋼板化
発電体のステーター引き出し線を半田付けからフュージング化 (図1)
- ③小型化
界磁巻線アップにより発電体コアの積厚15mm低減 (図2)
傾斜エンジンによる全高の低減
- ④構造の簡略化
マフラー内部構造を簡略化し、代わりにテールスクリーン追加 (図3)



結線構造の変更

図1 フュージング化

積厚低減のためのコア形状変更

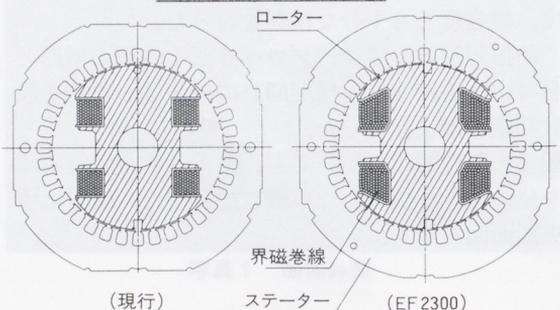


図2 積厚低減

*特機事業部 開発室

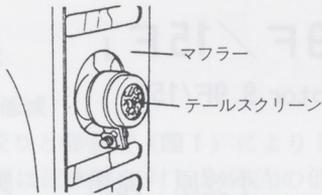


図3 テールスクリーン

なお、以上の項目については、いずれも製造部門である創輝(株)と一体になった、さまざまな活動の成果であることを付記しておく。

4 低騒音、低燃費、環境対策

4.1 低騒音

大型マフラーとマフラーテールスクリーン、大型エアクリナー、冷却風(エンジン冷却と発電機冷却)の集中排気システムを採用し、従来モデルに対して4方向平均にて4~5dB(A)/7m低減を実現した。(表1)

4.2 低燃費、環境対策

燃焼室にスワールポートを採用し、燃焼スピードを、向上させ希薄燃焼を実現した。それにより、CARB '95('95カリフォルニア州排ガス)規制に適合させることができた。また、燃費としては従来モデルに対して、約15%の向上を実現した。

一方、従来梱包の際、本体の揺れ止めとして、両サイドより挟み込んでいた発泡スチロールを、発電機本体の落下テストを繰り返し行い、本体側の仕様決めをして、廃止することができ、地球環境にもやさしいものとなっている。

5 おわりに

基本機能の良さと高い信頼性を持ち、かつコスト競争力のある商品として、当初の目標は達成できたと考えている。

しかし、昨今の超円高の中で、輸出モデルについては採算が非常に悪化しており、現在さらにコストダウン活動を推し進めている最中である。いずれにしても、コスト開発においては、製造部門と密着した活動が不可欠であることは言うまでもない。今回培ったさまざまな手法については、今後の開発モデルに積極的に横展開を推し進めていく所存である。

■ 著者



戸塚 攻

表1 仕様諸元

呼称	EF2300		EF2600	EF2600		EF2300	EF2600
主な仕向地	国内		USA, カナダ 台湾	中国, ナイジェリア, ベル フィリピン, 南アフリカ		欧州	オーストラリア
寸法(L×W×H) (mm)	510×415×425		←	←		←	←
乾燥重量 (kg)	41		←	←		←	←
燃料タンク容量 (L)	満タン	12.0	←	←		←	←
	赤レベル	10.0	←	←		←	←
定格連続運転時間 (hr)	満タン	10.6/50Hz	9.0/60Hz	9.0/60Hz	10.6/50Hz	9.0/60Hz	10.6/50Hz
	赤レベル	8.8	7.5	←	←	←	←
定格運転時騒音値 dB(A)	65.0/50Hz	67.0/60Hz	67.0/60Hz	65.0/50Hz	67.0/60Hz	65.0/50Hz	65.0/50Hz
エンジン	名称	MZ175		←	←	←	←
	形式	空冷4サイクルOHV		←	←	←	←
	排気量 (mL)	171		←	←	←	←
	定格出力 (kw/rpm)	2.7/3000	3.3/3600	←	←	←	←
	使用燃料	無鉛ガソリン		←	←	←	←
	潤滑油容量 (L)	0.6		←	←	←	←
	潤滑方式	強制飛沫式		←	←	←	←
	点火方式	T C I 点火		←	←	←	←
	始動方式	リコイル式		←	←	←	←
	形式	2極回転磁形単相交流発電機		←	←	←	←
発電機	周波数 (Hz)	50	60	60	50	60	50
	定格出力 (kVA)	2.0	2.3	2.3	2.0	2.3	2.0
	定格電圧 (V)	100	100	120	220	220	220
	定格電流 (A)	20.0	23.0	19.2	9.1	10.5	9.1
	励磁方式	自己励磁		←	←	←	←
力率	1		←	←	←	←	
相数	単相		←	←	←	←	
極数	二極		←	←	←	←	
駆動方式	直結		←	←	←	←	
電圧調整方式	コンデンサ補償式		←	←	←	←	
過電流保護装置	N F B		←	←	←	←	

2サイクル船外機「9.9F / 15F」

Two-Stroke Cycle Outboard Motor 9.9F/15F

小笠原 滝男*

Takio Ogasawara

野末 季宏*

Toshihiro Nozue

1 はじめに

9.9/15HP船外機はプレジャー、業務の用途を問わず、世界各国で用いられているモデルである。ヤマハ船外機は1968年にP-200/250として12/15HP市場に参入して以来、その卓越した信頼性と動力性能において常にこのクラスをリードしてきた。

しかし、近年競合他社より相次いで発表された新商品に対しては、見劣り部分も目立ってきたことから、この度16年振りの全面的な見直しを行い商品力の強化を図ることとした。

2 開発の狙い

『どの市場においても他社に勝る商品』。これが



写真1 9.9/15FMHS

開発目標であった。先述のとおり国を問わず幅広い用途に対応するためには、速くて静かで扱い易く燃費も良くもちろん信頼性も高いというオールマイティー的な商品性が要求される。

そこで明らかに他社の追従を許さない信頼性の維持と動力性能に磨きをかけ、我々の優位性を強固なものにした上で、特に先進国から切望されていた騒音・振動の低減に代表される快適性の向上に取り組んだ。

3 基本諸元

基本諸元を表1に示す。

表1 基本諸元

モデル	9.9F	15F
エンジン	2サイクル2気筒 シュニーレ	
排気量	246cc	
プロペラ軸出力	9.9ps	15ps
圧縮比	6.8	
ボア×ストローク	56.0×50.0	
WOT推奨使用レンジ	4500~5500rpm	
アイドル回転速度	750±50rpm	
トルーリング回転速度	650±50rpm	
エンジン潤滑	混合	
オイル混合比	50 : 1 (国内, 輸出一般) 100 : 1 (北米, ヨーロッパ, 大洋州, 南ア)	
キャブレタ	シングル BCP 24-19	
点火方式	CDI交互着火	
点火プラグ	B7HS-10 またはBR7HS-10	
排気方式	プロペラボス排気	
変速機構	前進-中立-後進	
ギア比	13 : 27	
乾燥重量	36kg	

4 快適性

4.1 騒音の低減

4段階の絞りと膨張室(図1)によりトロリング船内騒音は従来機に対し5dB(A)の低減を図り、全開航走時においても高剛性アッパーケースとトップカウリングにより1.5dB(A)の効果が得られ、クラストップの性能を達成できた。図2に従来最も静かと言われたM社製品(点線)との比較データを示す。

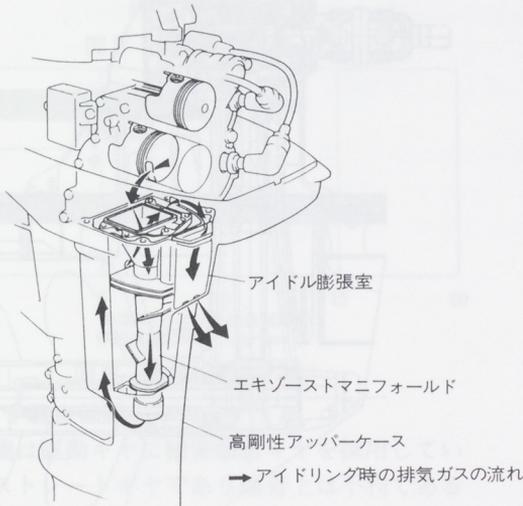


図1 アイドル排気膨張室

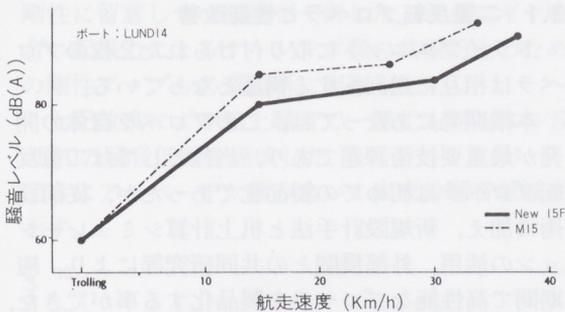


図2 航走速度と騒音

4.2 ハンドル振動の低減

操船者は常にハンドルに触れているため、ハンドル振動の低減はユーザーへのアピール効果が大である。今回特に低回転で不快感を与える20Hz以下の低周波に着目し、これを取り除くためにアッパーマウントの構造変更(図3)とマウントスパンをおよそ30mm延長させ対応した。その結果、全域にわたり改善効果が認められた。(図4)

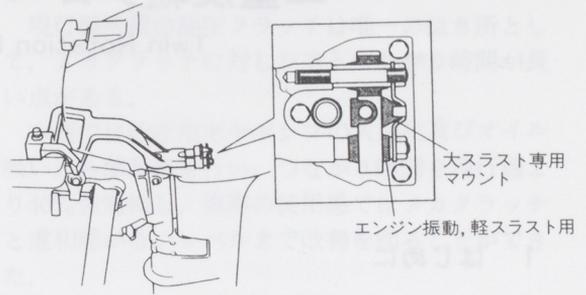


図3 マウントシステム

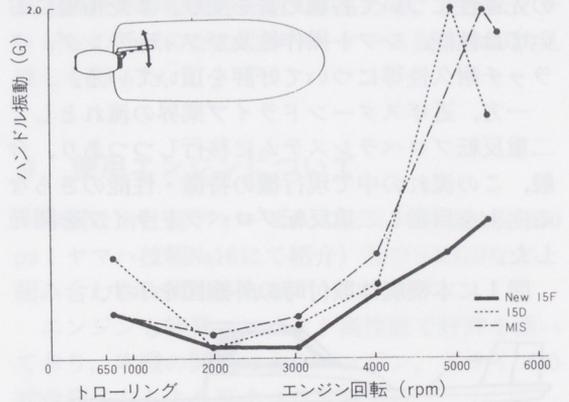


図4 回転数とハンドル振動

5 その他の特徴

- 1) クラス最速・最良の燃費性能
- 2) 新設計のコントロールリンク機構による始動操作の簡略化
- 3) 90°のハンドル切れ角
- 4) 大型キャリングハンドルの採用
- 5) 高強度ボルトの採用による分解性の向上

6 おわりに

本機の開発、生産、販売準備にあたり関係各位より多大なご支援を頂いた結果、性能開発のみならずコスト・投資の低減を含め、ほぼすべてにわたり当初の計画どおりの成果をあげることができた。誌面を借りて三信工業(株)、ヤマハ発動機(株)の関係方々に厚くお礼申し上げる次第である。

二重反転プロペラスターンドライブ

Twin Rotation Propeller Stern Drive

鈴木 孝叔* 雪嶋 賢司* 住野 吉胤**
Takayoshi Suzuki Kenji Yukishima Yoshitsugu Sumino

1 はじめに

独自の油圧クラッチを搭載したディーゼルエンジン用スターンドライブを1992年より発売し、その先進性について各種の賞を受け、また市場においては性能、シフト操作性及びフィーリング、クラッチ耐久性等について好評を頂いている。

一方、近年スターンドライブ業界の流れとして二重反転プロペラシステムに移行しつつあり、今般、この流れの中で現行機の特徴・性能のさらなる向上を目指し二重反転プロペラドライブを開発した。

図1に本機艇体取付時の外観図を示す。

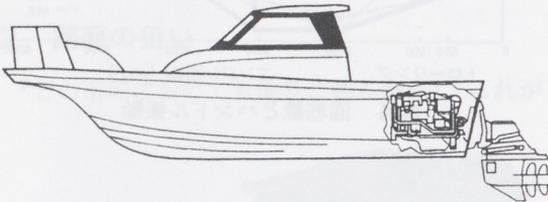


図1 スターンドライブ船外観

3 各部構造と特徴

図2に本ドライブユニット構造図を示す。

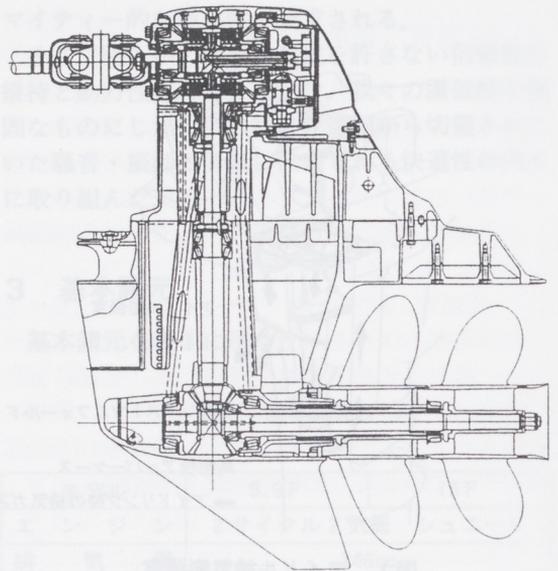


図2 ドライブユニット構造

2 開発の狙いと方策

開発にあたり現行モデルの市場満足度調査、及び次世代モデルとして求められる性能の調査を行い、その結果より開発目標を設定した。

続いていかにこの目標を達成すべきかとの観点から具体化の検討をはじめた。

表1に設定した主要開発目標と開発目標達成のための構造的方策を示す。

表1 開発目標と方策

	開発目標	主要な構造的方策
1	最高速度向上	二重反転プロペラ化
2	耐キャビ性向上	↑
3	後進制動性向上	↑
4	プロペラ振動低減	↑
5	ギヤ振動低減	スパイラルギヤ化
6	シフト応答性向上	油圧系改良
7	スプラッシュ低減 =艇体適合範囲拡大	ロワーケース改良

3.1 二重反転プロペラと性能改善

ドライブユニットに取り付けられた2枚のプロペラは相互に逆回転する構造となっている。

本機開発にあたっては、このプロペラ自体の開発が最重要技術課題であり、当社としては二重反転プロペラは初めての製品化であったが、従前技術に加え、新規設計手法と机上計算シミュレーションの活用、外部機関との共同研究等により、短期間で高性能なプロペラを製品化する事ができた。

二重反転プロペラ化により現行シングルプロペラに対し、以下の通りの改善が図れた。

- (1) プロペラ推進効率の向上により
〈最高速度の向上〉
- (2) プロペラ翼面積の拡大により
〈耐キャビテーションの改善〉
〈後進制動性の改善〉
- (3) プロペラ翼枚数の増加により
〈翼振動の低減〉

* 三信工業(株) 第2技術部

**三信工業(株) 第1技術部

図3, 4に性能改善例を示す。

この最高速度の向上は、20ps(10%)程度エンジンの出力を向上させたとの同じ効果があり、本機の最大のセールスポイントでもある。

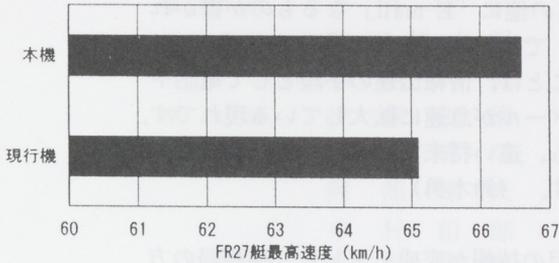


図3 最高速度比較

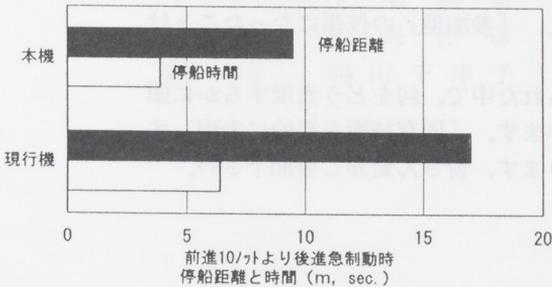


図4 後進制動性比較

3.2 ギヤ騒音低減

現行機は駆動ギヤに精密鍛造ギヤを採用しているが、ストレートギヤであり騒音上は不利であるため、本機ではスパイラルギヤを採用した。

また、ギヤ変更に伴い噛合い反力上、ギヤ支持系も見直す必要を生じ、騒音に影響がある支持系剛性に留意しつつ機構を一新した。さらにギヤ噛合い起振力によるケーシング類の共振防止のための剛性アップも必要箇所を実施した。

上記改良により船上騒音で一聴でも判る3~5dB(A)の騒音低減を達成した。

図5にアッパーギヤ噛み合い1次成分騒音低減を示す。

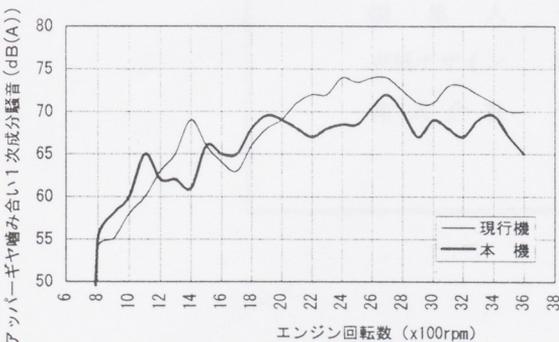


図5 ギヤ成分騒音比較

3.3 油圧系の改良

現行機搭載の油圧クラッチは唯一の泣き所として、メカクラッチに対しシフトつながり時間が長い点がある。

本機では油圧用ギヤポンプの大型化及びオイル吸い込み部改良を行い、つながり時間を現行機より40%強短縮し、実際の使用感ではメカクラッチと違和感がないレベルまで改善を図ることができた。

3.4 ローケースの改良

艇体とのマッチング=ドライブユニットの取付高さ位置許容幅範囲を拡大するため、及びスプラッシュの低減のためにローケース自体の形状見直しを行った。

4 使用エンジンについて

本機は当社製ディーゼルエンジンSX420系(250ps; ヤマハ技報No.16にて紹介)及びSX370などと組み合わせ使用される。

エンジンも軽量コンパクト高性能で好評を頂いており、本機の開発によりエンジン、ドライブの総合商品力もより高まったと言える。

5 おわりに

開発目標達成するため多数の新規構造を織り込んだ本機は、外観上のプロペラ二重反転化をはじめ、構造的にも現行機と別物と言って良い物である。

このような本機が短時間で開発完了できたのは実験評価部署をはじめ、社内外各関連部署の多大な御尽力のおかげと考え本誌面をお借りして厚く御礼申し上げる。

本機は社内試乗会等でも相応の評価を頂いており、同様に市場でも高い評価が下されその結果として拡販に結びつくことを願っている。

編集後記

内容が片寄らないよう編集委員会で選択し、前号の21編に次ぐ20編となりました。執筆の皆様をはじめ大変ありがとうございました。

さて、先日交換した名刺にTEL、FAXの他に「E-mail」なるものが書かれていました。インターネット〈Internet〉でサービスされる電子メールのアドレスです。名刺に書かれるようになったことは、情報伝達の手段として電話やファックスが普及してきたように、電子メールが急速に拡大している現れです。

本技報が電子メールで電送されることも、遠い将来ではないかもしれませんが、情報の質が第一であることは普遍です。（鈴木勇）

私が編集委員を引き受けてから、3冊目の技報が完成しました。事務局の方々のご苦労が多少わかってきたこのごろです。数年前より「技術紹介」のページが新設されて、執筆者の数もぐんと増え、「参加型」の技報になったことは喜ばしい限りです。

また、執筆者も2ページという大変限られた中で、何をどう表現するかに頭を悩ませて、原稿作製をさせていただいています。「固有技術を端的に表現」という、いいトレーニングの場ともなります。皆さん是非ご参加下さい。

（久保田）

課題項目	主要な推進的方策
1. 編集委員向上	企業技術プロベラ化
2. 読者ニーズ向上	
3. 流通体制向上	
4. プロベラ育成促進	
5. オペラ体制構築	スパイラルシステム化
6. ソフトウェア性の向上	本社系改良
7. 一貫した品質向上	ソフトウェア改良

技報編集委員会

委員長	寺井康晴	生産企画本部 生技開発室
幅委員長	芝田耕太郎	技術本部 事業開発室
〃	鈴木勇	生産企画本部 生産企画室
委員	伊藤和徳	IM事業部 技術室
	鈴木晴久	モーターサイクル製造事業部 生産管理室
	阿部輝夫	モーターサイクル事業本部 第1開発部
	中村和郎	特機事業部 海外営業室
	久保田彰	舟艇事業部 プロジェクト室
	土本寛治	三信工業(株) 技術管理部
	松長伸彦	AM事業部 第3技術室
事務局委員	明田千津子	技術本部 開発支援室

ヤマハ技術会 技報 第20号

平成7年9月24日 印刷

平成7年9月30日 発行

(禁無断転載) ©

発行所 〒438 静岡県磐田市新貝2500

ヤマハ発動機株式会社

ヤマハ技術会

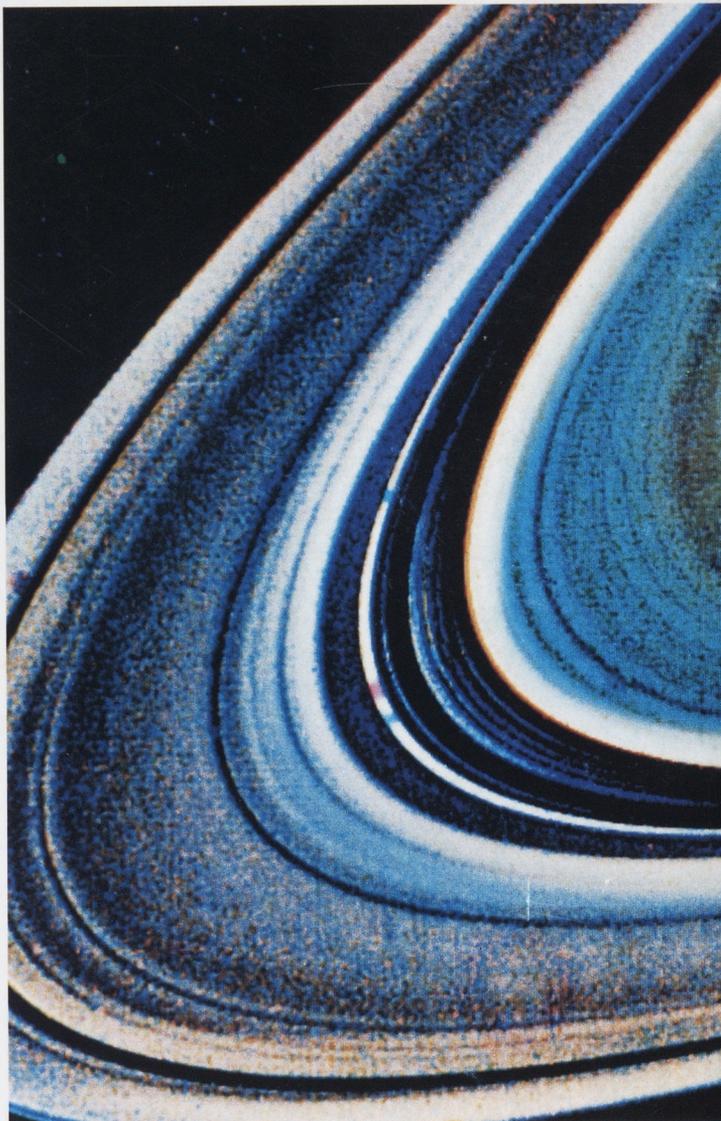
発行人 永易均

編集人 ヤマハ技術会技報編集委員会

表紙デザイン 株式会社 亜興

株式会社 〒432 浜松市米津町1181

桐屋印刷株式会社



YAMAHA
ヤマハ発動機株式会社