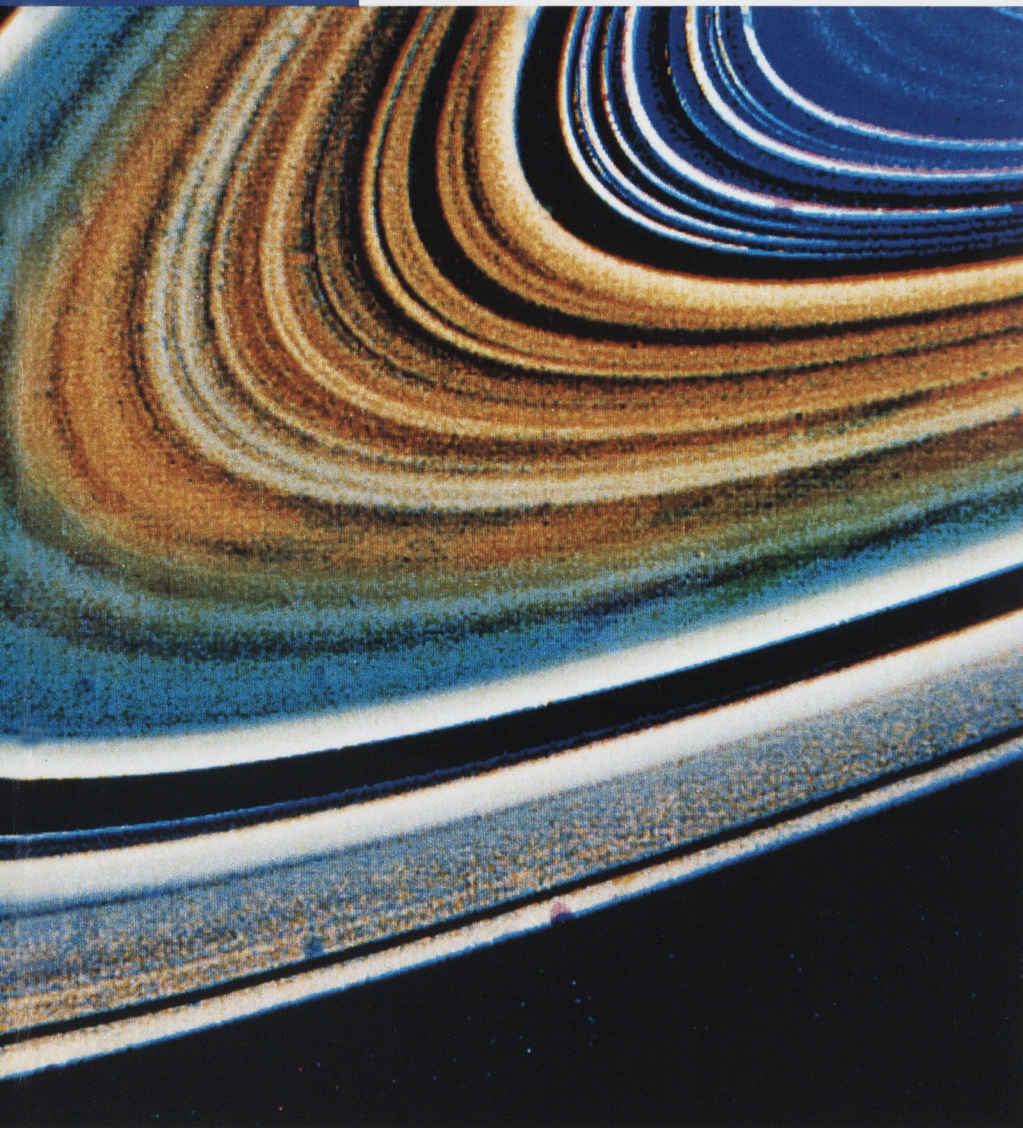


YAMAHA MOTOR ヤマハ技術会 技報

TECHNICAL REPORTS

No.18



1994-9

目次

技術論文

- ◇ 電動ハイブリッド自転車「PAS」の開発 1 勝岡 達三, 小山 裕之,
中道 忍, 生熊 克巳
- ◇ <パラメータ設計応用事例> 「PAS」アシスト性能の開発 ... 8 勝岡 達三, 小山 裕之,
五十嵐 二伯
- ◇ アルミニウム基複合材料のエンジン部品への適用技術開発 - 17 芥川 知孝, 栗田 洋敬
- ◇ 硬度測定によるピストンの温度分布推定法 23 山縣 裕

技術紹介

- ◇ 電動スクーター「MEST」の開発 28 高橋 博幸, 高野 正,
平岩 久佳, 中野 孝俊
- ◇ プレス型におけるコンカレント・エンジニアリング 38 鈴木 章弘
- ◇ プロペラCADシステム「SPIRAL」の開発 39 中浜 良二, 齊木 英夫,
伊代田 和久, 岡部 吉彦
- ◇ ヨット用軽量カーボン・マストの内製化と技術開発 40 北川 欽哉, 本山 孝,
白木 一幸, 鳥居 利通,
清水 大資, 藤澤 隆宏,
松下 正
- ◇ 小型船舶における舵直圧力計測法の紹介 42 宮野 定夫, 末森 勝
- ◇ 購買におけるコスト作り 43 生熊 美知雄

製品紹介

- ◇ 新世代ビジネス・スクーター「ギア」の紹介 44 小林 正典, 奥村 英隆,
富田 稔, 大西 哲郎,
太箸 樹巨雄
- ◇ ビックスportsバイク「XJR1200」の紹介 50 宮地 一郎, 松木 関央,
月花 良市, 一木 富士男,
徳永 良一
- ◇ 新5HP・GHP「MG5」の紹介 54 佐藤 敏光
- ◇ 産業用ロボット「新XYシリーズ」の紹介 58 進藤 弘

社外投稿

- ◇ 社外投稿一覧 63

INDEX

TECHNICAL PAPERS

- Development of Electric Hybrid Bicycle PAS
T.Katsuoka, H.Koyama, S.Nakamichi, K.Ikuma 1
- (Application of Parameter Design) Development of PAS Assist Performance
T.Katsuoka, H.Koyama, T.Igarashi 8
- Development of Technology for Applying Alumimun-base Composite Material to Engine Parts
T.Akutagawa, H.Kurita 17
- Estimation of Temperature Distribution in Piston by Hardmess Measurement
H.Yamagata 23

NEW TECHNOLOGIES

- Development of Electric Scooter "MEST"
H.Takahashi, T.Takano, H.Hiraiwa, T.Nakano 28
- Concurrent Engineering on Press Die
A.Suzuki 38
- Development of Propeller CAD "SPIRAL"
R.Nakahama, H.Saiki, K.Iyota, Y.Okabe 39
- Production of Lightweight Carbon Carbon Yacht Mast in YAMAHA and
Development of Technology
K.Kitagawa, T.Motoyama, K.Shiraki, T.Torii, D.Shimizu, T.Fujisawa, T.Matsushita 40
- Method for Measuring Direct Rudder Pressure on smoll Boat
S.Miyano, M.Suemori 42
- Achievement of Cost Targets by Purchasing Division
M.Ikuma 43

NEW PRODUCTS

- New Generation Business Scooter "GEAR"
M.Kobayashi, H.Okamura, M.Tomita, T.Oonishi, K.Oohashi 44
- Big Sports Bike "XJR1200"
I.Miyaji, E.Matsumoto, R.Tsukihana, F.Ikki, R.Tokunaga 50
- New 5HP GHP "MG5"
T.Sato 54
- Industrial Rodots "New XY Series"
H.Shindo 58
- List of Articles from External Contributors 63

電動ハイブリッド自転車「PAS」の開発

Development of Electric Hybrid Bicycle PAS

勝岡 達三*

Tatsuzo Katsuoka

小山 裕之*

Hiroyuki Koyama

中道 忍*

Shinobu Nakamichi

生熊 克己*

Katsumi Ikuma

要旨

交通機関の開発については、近年、省エネルギー、低公害等の環境保護問題が重要な課題になってきており、各方面で種々の研究が展開されている。

一方、通勤・通学の原点とも言える自転車は、動力源が人間であるから、省エネルギー、低公害ではあるものの、弱点として、坂道、荷物積載、向かい風等での走行が体力的に大きな負担となり、有効利用できる幅が狭い。

我々は種々の検討の結果、自転車の持つ基本的な弱点を効果的に補う手段を検討し、人間のエネルギーと電気動力エネルギーを複合化した力で駆動する新しいタイプの通勤・通学用自転車を開発した。その結果、我々はこの車輛が様々な課題の改善に寄与できると同時に、将来のパーソナル通勤・通学用自転車への一つの道を指し示すことになるであろうと信じている。

本報では、この『電動ハイブリッド自転車』の技術的検討過程と特徴について紹介するものである。

Abstract

Recently, energy conservation, pollution reduction and other environmental issues have become the primary areas of research for the transportation industry.

At present, many research projects are underway.

The advantages of the bicycle are energy conservation and negligible pollution.

However, for the cyclist there are a variety of problems such as slope climbing, carrying a heavy load, and riding against the wind.

After many years of research we have developed a vehicle which overcomes many of the disadvantages of the bicycle.

This new product combines human and electric power.

We are confident that this new vehicle will be environmentally friendly and will pave the way for future developments in the personal commuter industry.

The purpose of this report is to present our research findings and familiarize the reader with the characteristics of the "Electro Hybrid Bicycle."

1 はじめに

近年、モータリゼーションの進展が、経済活動の活性化や輸送・移動手段の拡大・多様化など人々の利便性向上に大変大きな恩恵をもたらしている。しかし、一方で排ガスに起因する地球環境問題をはじめ、交通事故の増大や交通渋滞などの問題、さらに駐車場問題など社会的に影響の大きなさまざまな問題が発生し、自動車のより効果的な

利用方法が求められ、社会的課題のひとつになっている。

一方、通勤・通学圏の拡大、公共交通機関の補完や郊外の丘陵地帯への宅地開発、さらには小口物流の多様化、高齢者層の社会活動の活性化などによりパーソナル通勤・通学用自転車のニーズは、今後ますます拡大していくものと予想される。

このような状況下、約7000万台という普及台数が示す通り、今日の日本におけるパーソナル通勤・通学用自転車の原点とも言える存在になっているのは自転車である。

しかし、自転車は登り坂、荷物積載、向かい風

* モーターサイクル事業本部 PAS 開発部

等での走行が体力的に大きな負担となる基本的な弱点を有しており、前述のニーズの拡大に対し有効利用の大きな阻害要因と考えられている。

そこで、我々は人間感覚を損わず、自転車がつ低公害、省エネルギー、省スペースといった絶対的メリットをそのままに活かしながら、人間がペダルを踏み込む力と、その力に応じた電動モーターからの補助動力とを融合して後輪を駆動する

新技術の「P.A.S.」によって、こうした基本的な弱点を効果的に補ったパーソナルコンピュータを提案し、自動車や二輪車そして自転車の効果的な使い分け利用を促進することによって、さまざまな社会問題の改善に少なからず寄与しようと世界で初めて『電動ハイブリッド自転車』を開発し、市場に導入した。(写真1)



写真 1

2 プリスタディ 1

車輛用動力源として種々の形態のものが、それぞれの特徴を活かして使われている。その中で、電気動力について内燃機関と比べると、普遍的な使用には未だ以下のような難しい課題を含んでいるのが現実である。

- ☐ 体積効率の向上と軽量化
(バッテリーの大きさと重量に起因する)
- ☐ 航続距離の範囲拡大
(充電設備のインフラ不足)
- ☐ 廉価化 等々がある。

最近、異種機関の長所を組み合わせ、幾多のハイブリッド車が開発され、その多くが電気動力とのハイブリッド車が多いのも、前述の課題を補おうとする考え方である。

そこで我々は、電気動力車輛の抱える問題点に取り組むにあたり、以下の点を要件として挙げた。

1. 駆動エネルギーの小さい軽量車輻を選ぶ。
2. 1回あたりの走行距離が比較的少ない車輻を選ぶ。
3. 電気エネルギーを節約するため、駆動エネルギーの半分以上を人間が負担する。
4. マイクロコンピュータによる小刻みな制御

で、電気エネルギーの節約を図る。

- 5. バッテリーが上がっても、立往生しなくてすむ車輛とする。
- 6. 充電インフラの整備がなくても、家庭用電源で安全に充電できるシステムを用意する。
- 7. 販売店でサービスが可能な仕様とする。

以上の要件を検討した結果、我々は自転車的な車輛にまとめることとし、自転車としての特性と人間特性を追求し、最新のメカトロニクスを駆使することによって、自転車の弱点を補う技術的手段を具体化することとした。

これまでも電気自転車と呼ばれる車輛は、特にヨーロッパを中心に数多くみられるが、いずれもスイッチのON-OFFやコントロールレバー等でモーター動力を発生させるタイプであり、ペダルはあるものの主動力はモーターである。

ここで我々は、これら電気自転車と一見似ているがより人間感覚と一体化した、全く異なる車輛を創り出すことを意図して開発に着手し、これを『電動ハイブリッド自転車』と呼ぶこととした。

3 プリスタディ 2

我々は運転者にとって、自転車に極めて近い特性の車輛とするために、自転車と人との関わりを調査することとした。

自転車は人間と関わって初めて活力を得て、機能を発揮する。従って、人間工学的アプローチは人間自身の問題としてはねかえってくるものと考えられ、人の基本の形、本性等をよく理解するところからトライした。人の本性の点からみれば、次のようなことが挙げられる。

- 乗車状態で身体力学的に安定していること。
- 適度な筋肉の使い方であること。
- エネルギー消費が少なく、疲労が少ないこと。
- 運転を覚えたら、容易に忘れないこと。

以上のことを考慮し、人間工学的アプローチとして次の様な点を検討した。

3.1 基本形状

自転車の200年の歴史のなかで熟成されてきた現在の一般的自転車の形状を、デザインのベースに置いた。

3.2 人間の出力

自転車走行では、荷物、勾配、風、路面状態、車速などによって、人間にかかる力の負担が変わる。人間はその外部負荷に見合った力を出さなければ走ることができない。

そこで外部負荷とマッチする様、手、足等が効果的に作用して幅広い負荷状態に対応し、人間本来の要求を満足させ得る機能を創出しようと考えた。

3.3 トルク変動

自転車の車輛を対象として開発する時、人間の踏力発生の特徴を知らねばならない。即ち人間の踏力発生がエンジンの場合と大きく異なるのは、回転数と回転タイミングによるトルク変動の違いである。図1で見る様な、大きなトルク変動が発生することを認識してかからねばならない。

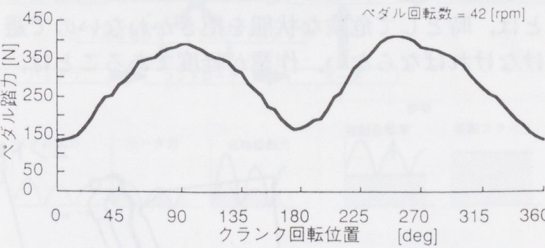


図1 クランク回転位置とペダル踏力

また、踏力エネルギーの効率の良さを求めるときに図2のように、程よい回転数が存在することが分かるがこれも考慮すべき重要な要素である。

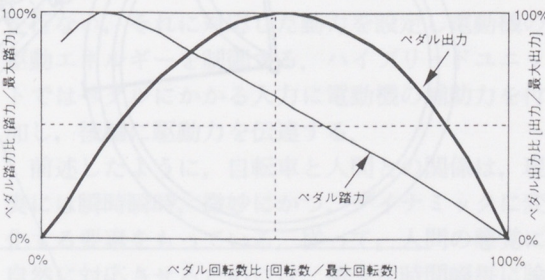


図2 ペダル回転数比に対するペダル踏力特性とペダル出力特性

運転する人にとって、ペダルを踏むときの感覚が従来の自転車と変わらないことは、極めて重要なことである。

3.4 人間と車輛間の情報の流れの問題

自転車から人間へ与えられる情報としては、速度、ペダル踏力の大きさ等があるが、これらは目、耳、手、足等の器官を通して得られ、神経系を経て脳へ送られる。

脳ではその情報の処理が行なわれ、逆に命令が神経系を通して各器官に伝えられて操作におき変えられる。

開発する車輛では、この情報の流れをうまく活かし、制御が秩序よくなされ、3.3で述べた点と併せて自らの感覚で自然にリズムカルに走行できる機能を創り出すことを計画した。

3.5 人間の疲労の問題

人間の動力はエンジンと異なり、わずかな運動であっても序々に疲労を蓄積させる。

疲労は意志力、判断力、記憶力、集中力などを低下させるように、肉体的低下のみに留まらない。一般交通の中で、疲労している状態で運転することは、時として危険な状態を招きかねないので避けなければならない。作業が軽度であることは、

疲労にいたるまでの時間も長く、またその現れ度合いも少ないことから、安定した運転を少しでも長く期待するには、運転の負荷を低く押えることは極めて効果的である。

そこで、3.2で述べた要件とも併せて人間負荷の軽減のさせ方について詳細な検討を行なった。

4 車輛の構想と概要

プリスタディを進めた結果、試作車のあらまが見えてきた。

ペダルの速さや、ペダルに加わる力の状況に合わせ、常時、電気動力を加減しながら人間の力に付加するのにマイクロコンピュータを使用した。

同時に、この『電動ハイブリッド自転車』に乗ることに特別な習熟を必要としないよう、自転車の基本的形は踏襲した。

これらの新しい構想のために組み込む機能の基本構想として、以下の事項を前提とした。

1. 構造及び性能は、電力による駆動補助機能のための装置類を除き、法律で定められた自転車と同じ基準を満たすこと。
2. 駆動補助機能の装置類については、次の各

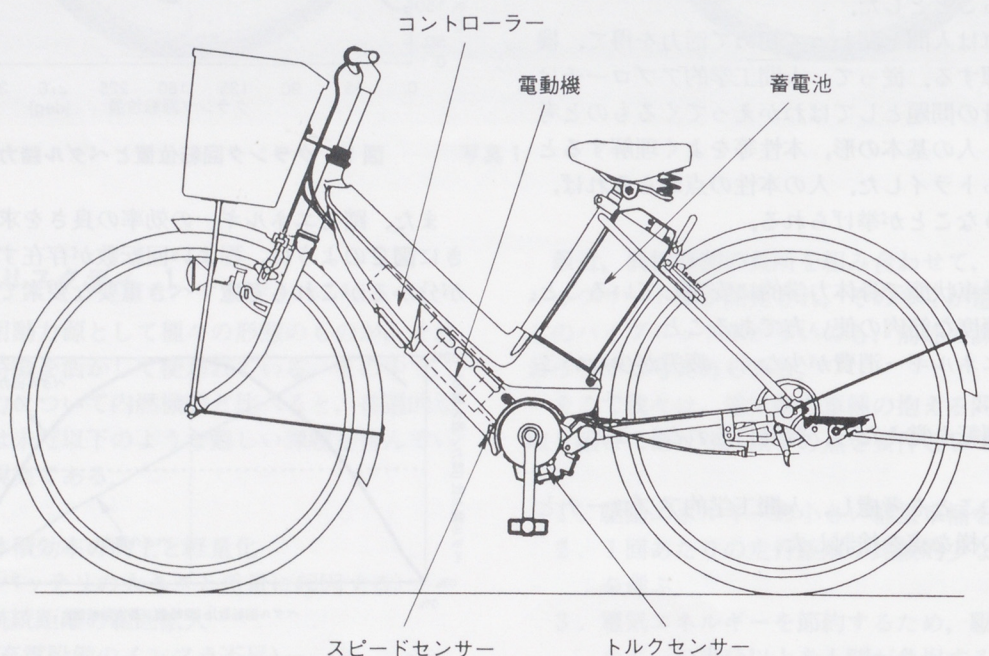


図3 車輛構造図

項目に合致すること。

- 電動機は定格出力が300W以下。
- 人力が有るときにのみ駆動補助機能が働く。
- 人力による駆動エネルギーを正確に検出する装置を設け、瞬時毎に所定の計算による駆動補助エネルギーを発生させる。
- 走行速度を検出する装置を設け、人力による駆動エネルギーに対する駆動補助エネルギーの比率を、ある速度から逡減させはじめ24km/hでゼロとする。
- 上記システムに対しチューンアップなどの改造が容易にできないこと。

これらの考えを基本におき、開発に着手した。
図3に車輛構造図、表1に仕様諸元表を示す。

表1 仕様諸元表

寸法	全長	1840mm
	全幅	580mm
	サドル高	800～925mm
	軸間距離	1110mm
	タイヤサイズ	650×35 A
車両重量	31kg	
性能	補助速度範囲	比例補助 0km/h以上～15km/h未満 逡減補助 15km/h以上～24km/h未満
	一充電航続距離	20km(ヤマハバターン)
	一充電航続距離	20km(ヤマハバターン)
原動機	形式	直流ブラシ式
	定格出力	235W
補助力制御方式	形式	踏力比例制御式
	形式	密閉型鉛蓄電池
蓄電池	容量(5時間率)	24V, 7Ah
充電器	形式	スイッチング・レギュレーター式
	充電時間	10時間(最長)
変速機方式	内装3段式	
駆動方式	チェーン式	
照明装置	ダイナモ式前照灯	

図4に自転車、電動自転車、『電動ハイブリッド自転車』のメカニズムの違いを示す。

これより『電動ハイブリッド自転車』が自転車運転操作と同様のペダリング操作で、人間にとっては無意識のうちに信号入力操作がなされ、しかも人間が発生すべき動力は大巾に小さくてすむことが分かる。

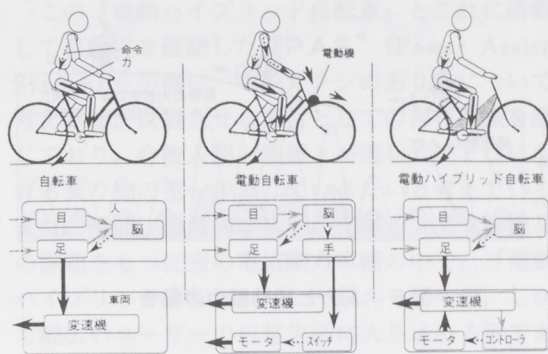


図4 自転車、電動自転車、電動ハイブリッド自転車における入力と出力のメカニズム比較

5 制御システム

補助動力を発生する基本システムは、トルクセンサ、スピードセンサ、コントローラ、電動機、蓄電池、ハイブリッドユニットから構成されている。(図5)

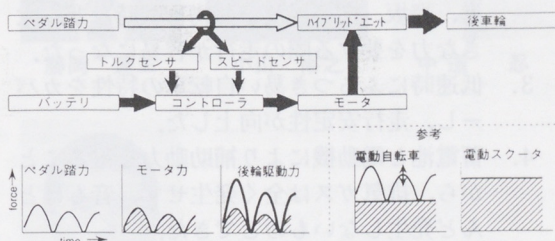


図5 パワーアシストシステム概念図(P.A.S.)

トルクセンサーは入力によるペダル踏力を検知、スピードセンサーは走行速度を検知する役割を持っている。コントローラではトルクセンサー並びに、スピードセンサーからの情報をもとに演算を行ない、それに対応した動力を設定し電動機の駆動エネルギーを制御する。ハイブリッドユニットではペダルにかかる人力に電動機の補助力を付加し、後輪に駆動力を伝達する。

前述したように、自転車と人間との関係は、現実には瞬時瞬時、微妙にかつ、ダイナミックに変化する要素をもっている。従って、人間の感覚に自然に対応させるためには、微少な時間幅毎に論理的裏付けをもった高速な制御を走行状態に対応して行なう必要がある。

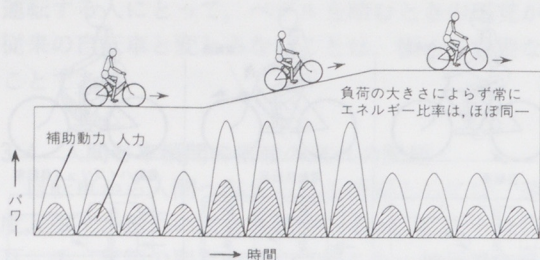


図6 人力と補助動力の融合

この動力補助の基本システムを“P.A.S.”（パワーアシストシステム）と名付けた。図5、図6にペダル踏力と補助力の関係を示す。

6 結果

以上のようにして製作した車輛について、以下のような特徴を確認した。

1. 運転操作は、通常の自転車と全く同様である。
2. 運転者のペダル踏力が大幅に軽減され、発進、登坂、向い風及び荷物積載時など、大きな力を要する際の走行が容易になった。
3. 低速時にふらつき易い自転車の特性をカバーし、走行安定性が向上した。
4. 蓄電池と電動機により補助動力を得ることから、排気ガスは全く発生せず、音もほとんど発生しないものできた。
5. 電動機の駆動だけでの走行はできないものとし、また過大踏力の発生できるような人への補助も限度を設定し、安全を期した。
6. 一定の走行速度に達すると、電動機の作動が停止し通常の自転車と同様、人力のみで走行することとした。
7. 蓄電池が放電し切ったり、メインスイッチを切った状態においても、通常の自転車と同様の走行が可能とした。
8. 一般家庭の電源で手軽に充電できるシステムとした。

ここでは運転特性の特徴を、通常自転車と比較して示す。

大きな踏力を必要とする代表例として、発進時の加速性の比較結果例を、図7に示す。これにより運転負荷の大きな際の効用が分かる。

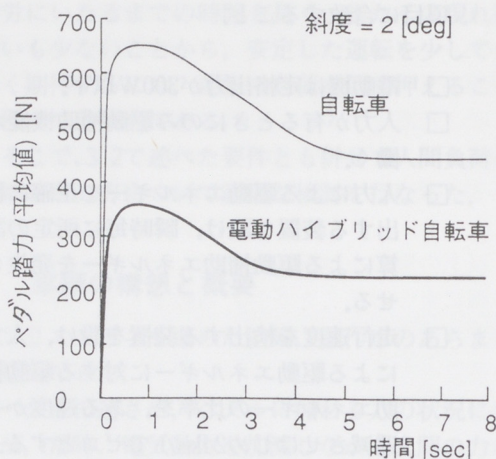


図7 容易な発進

次に発進時のハンドルふらつきの比較結果例を図8に示す。“P.A.S.”機能により、ハンドルふらつきを低減する効用が分かる。

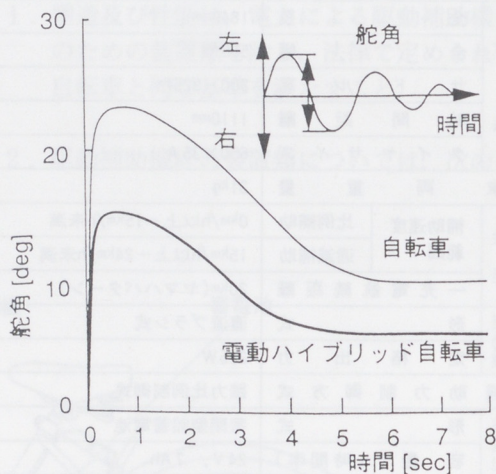
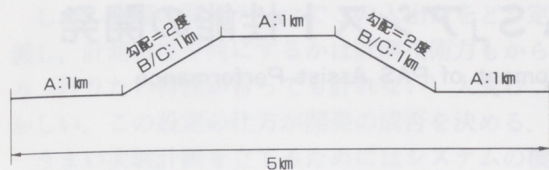


図8 発進時のハンドルふらつき

『電動ハイブリッド自転車』において、一充電での航続距離は極めて重要な要素であり、この車輛は図9に示す走行条件において20kmの航続性能をもっている。（常温、蓄電池新品時）



2. 走行条件

	速 度	変速位置
A: 平坦路	15km/h	3 速
B: 2度登り坂	10km/h	2 速
C: 2度下り坂	20km/h	3 速

図9 航続距離算定用標準走行パターン

7 おわりに

本報では、人力と電気動力とを常時、複合的に使用する自転車的な車輛を製作し検証した。

結果的には、一般に課題が多いとされる電気動力車輛に比べ、重量、コスト、充電インフラ整備の各面で改善することができ、通常の自転車と同等の使用形態での実用性に十分なメリットを生み出し得たと確信する。また、実車による十分な市場検証の結果からも、それが実証できた。

我々としては、商品性としての追求とは別に、目下、技術的に見て、この車輛が人間自らが無意識の中にも人力を自然に補完コントロールできたことの意義が大きいと考えている。パワーアシストシステムがスピードを出すために付加されたものではなく、あくまでも、それぞれが持つ人力の範囲で操作でき、しかも人力に適格に反応することで負荷の軽減だけでなく、心理的な安心感をもたらしてくれる。その点でこの車輛は、“人に優しい”と言えるだろう。

この『電動ハイブリッド自転車』とこれに搭載して有効性を確認した“P.A.S.”(Power Assist System)を契機に、マンマシンのあり方について考えさせ、反省させる素材としての存在意識を感じており、今後人間と機械とが優しくひとつになれる乗り物の第一歩にしていきたいと考えている。また、性能、重量、コスト、充電インフラ等種々の課題をもつ従来の電気動力車輛の中で、『電動ハイブリッド自転車』が、一般ユーザーの、しかも幅広いユーザーの日常生活に入り込める形である点は、電気動力車輛の社会定着への実質的先鞭と言っても過言でなく、今後、大きな波及効果が期待できると考える。

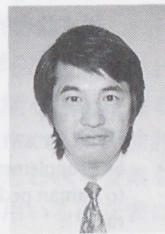
■ 著者



勝岡 達三



小山 裕之



中道 忍



生熊 克己

〈パラメータ設計応用事例〉「PAS」アシスト性能の開発

(Application of Parameter Design) Development of PAS Assist Performance

勝岡 達三*

Tatsuzo Katsuoka

小山 裕之*

Hiroyuki Koyama

五十嵐二伯**

Nihaku Igarashi

要旨

’93年11月発売された『YAMAHA-PAS』は電動モーターを補助動力とするハイブリッド自転車である。人のこぐ力に対応した力をモーターより与えるシステムとなっている。人のこぐ力と補助力との比をアシスト比と云い、アシスト比 $\alpha = A$ であり、且つばらつきの少ないことが、自転車の良さを残し更に使い易い乗り物とするために非常に重要である。そこでアシスト比目標を $A^{\pm 0.1}$ に設定した。

アシスト比をばらつかせる要因は構造上パワーユニット全体にかかわっており沢山の要素から成立っている。これを最適化することは開発初期のばらつき状況からみて大変困難が予想された。そこでパラメータ設計、許容差（公差）設計の方法（品質工学による方法）でとりくんだ。

その結果アシスト比ばらつき（ σ^2 ）が0次試作仕様に対し1/4.6に改善できた。又目標値に入る図面公差も設定でき、これをもとに作り込みを行った。

従来論理的な設計寸法及び公差決定が困難であったがパラメータ設計の方法により比較的簡単に求めることができる。

Abstract

The “YAMAHA-PAS” which was released in November, 1993 is a hybrid bicycle which uses an electric motor as a supplementary power source. It is equipped with a system in which the electric motor provides power in proportion to human pedaling power. The ratio of human pedaling power to supplementary power is referred to as the “assist ratio”.

To achieve a vehicle which retains the advantages of a bicycle and is very easy to ride, it is very important that the assist ratio A has little dispersion. Therefore, the assist ratio target is set at $A^{\pm 0.1}$.

The cause of dispersion in the assist ratio exists in all parts of the power unit and includes many factors.

The system was very difficult to optimize because of the variance in the assist ratio experienced at the early stage of development. Therefore, the approaches such as parameter and tolerance design (approaches of quality engineering) were used for the development. As a result, the variance (σ^2) in assist ratio was reduced to 1/4.6 as compared with the pre-prototype model. The drawing tolerances which make it possible to attain the assist ratio target were established. Based on the tolerances established, efforts were made to achieve the required quality.

Previously, it was difficult to determine design dimensions and tolerances theoretically. However, the use of the parameter design approach has made it significantly easy to determine them.

1 はじめに

品質工学では基本機能を開発することをすすめている。目的機能の品質特性を計測特性としての開発は能率の悪い方法で、より汎用性のある技術開発をすることが生産性向上となるためである。

システム機能を図1の様に定義し入出力関係を $y = f(X_i, M, N_i)$ とし理想関係 $y = \beta M$ との差 e を最小とするパラメータを追求することが基本機能の開発であり、企画された要求機能を達成さ

せる最適システムの選択、及び基本機能の最適化こそが設計業務の最大のコスト開発となる。

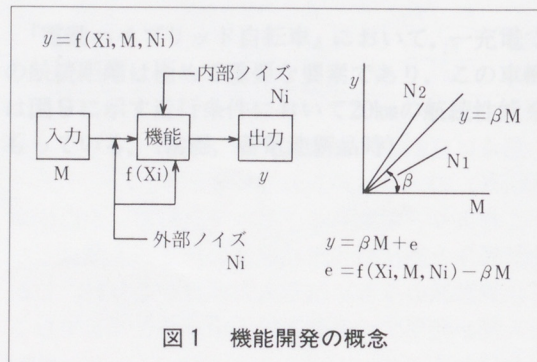


図1 機能開発の概念

* モーターサイクル事業本部 PAS開発部

** CCS推進本部 品質管理室

しかし実際の開発テーマでこの入出力をどう定義し、計測特性を何にするかは計測技術力もからみ（計りたい特性が有っても計れない）大変むづかしい。この設定の仕方が開発の成否を決める。

うまい実験計画を立てるためにはシステムの機能分解が必要であり、この時有効な方法はPQAによる機能分解の方法である。

システム機能は次の様に分解でき4つの象限で表現できる。（図2）

第Ⅰ象限 〈理論的主機能〉 ex) 燃焼系, 動力発生系	第Ⅲ象限 〈主機能を持続させる機能〉 ex) 燃料系, 電気系, 冷却系
第Ⅱ象限 〈主機能を保護する機能〉 ex) 吸気系, 排気系	第Ⅳ象限 〈主機能の持続を邪魔する 排除する機能〉 ex) 防振系, 安全装置系

図2 機能分解の考え方(E/Gの例で説明)

PQAでは機能を次の様に説明している。機能とは『物理、化学の法則を用いて、自然現象を合目的的に規制する能力』。

このように考えると、第1象限に入る理論的主機能は何かの物理、化学の法則が活用されており、その理論式中のパラメータを考慮して入出力特性を決め、 $y = \beta M$ を定義するのがうまい方法である。原理原則にたちかえったとき初めて入出力に比例関係（ $y = \beta M$ ）が成立つと考えられるのである。

システムが大きい場合には適当なサブシステムに分解し同様に機能分解して考えるとよい。

$y = \beta M$ を追求する解析には動特性のSN比により行なう。



写真1

2 アシスト比のパラメータ設計

2.1 パワーユニットの機能

PASパワーユニットの機能は入力人力に対応したモーター力を発生させ、人力との融合力を得るシステムである。

入力信号M=車速V×ペダル踏力P

出力特性y=融合力

$y = \beta \cdot P \cdot V$ と定義できる。

しかし今回は開発が進んだ段階での取りくみでありアシスト比を安定させたいという目標があるので、機能定義式、アシスト比定義式により求めた次式。

$y = K(\alpha + 1)PV$ K=定数

のアシスト比 α を望目特性とするパラメータ設計を行なう。

2.2 パラメータ設計とは

ある1つの機能単位を考える、その機能を表わす特性を選定する（計測特性）。機能を満足させる機構、構造の中で沢山有る要素の中から技術検討を加え、特性値に影響の大きいと思われる要素をピックアップする。実験計画法で用いる直交表にわりつけ実験或は計算により個々の要因と特性の関係（寄与率、要因効果）を明確にしてゆく方法である。この時重要なことはたとえば、PASの場合使う人、使う場所により乗り方は違うがその要件（ノイズ）も実験と一緒にに入れて機能の安定性が良くコスト上も有利な仕様決めのできることである。手順として先にばらつきの少ない最適組合せを探し次に目標値に合わせる。パラメータ設計は次のことを利用していることが特徴である。

- (1)制御因子と誤差因子の交互作用
- (2)制御因子間の交互作用

2.3 PAS制御システムの概略説明

ペダル⑮により人力を加わえるとセンサー⑰が働き、自転車動き出すと速度センサー⑱が働き、この2つの情報がコントローラーに送られコントローラーはバッテリーからの電流量を制御しモータ⑲の出力を調整する。モーター出力は減速装置を介してペダル部のギヤでかけ合い後輪に力を伝える。ペダルを踏み込んだ時だけモーターが作動するので普通の自転車のような自然な感覚でペダルがこげる。（図3）

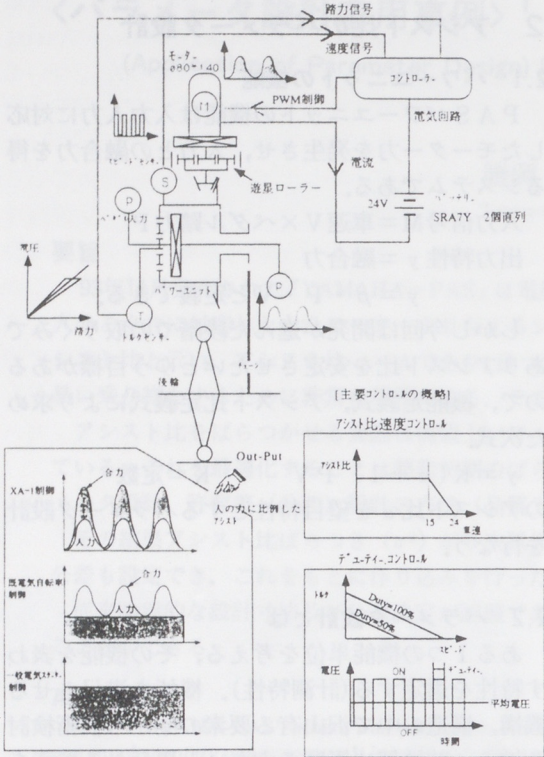


図3 PAS制御システムの概略

2.4 アシスト比の定義

アシスト比 $\alpha = \frac{\text{融合力}}{\text{入力}} - 1$

アシスト比の範囲は车速10～15km/h(変速段数“速”の時)までは一定で15～24km/h間で漸減し24km/hで0になるように設定する。

2.5 制御因子の選定

アシスト比を決める要因の中で今迄の開発経験の中から或は技術的検討により次の6つを制御因子としてピックアップした。(表1)

- A) 伝達効率 : 減速段数, 効率を調べる。
 - B) 回路内部抵抗 : モータ出力を決める。
 - C) Tセンサー特性 : ペダル踏力を決める。
 - D) Tセンサーセット電圧 : ペダル踏力を決める。
 - E) コントローラ特性 : モータ出力を決める。
 - F) モーター出力特性 : T-N特性を決める。
- 以上個々の要素が融合力性能を決める。

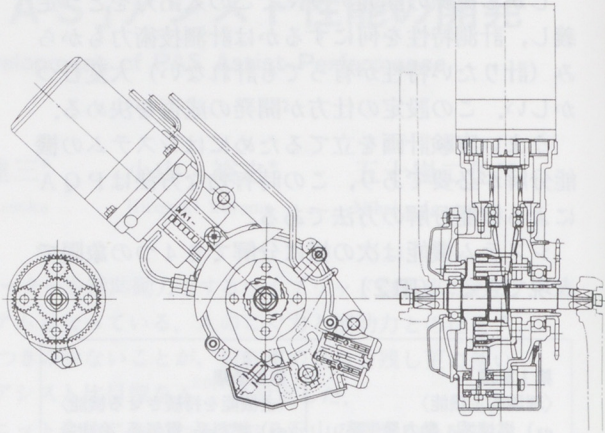


図4 パワーユニットの構造

表1 制御因子とその水準

	因 子	第1水準	第2水準	第3水準
A	伝達効率	-5	0 %	+5
	K1 K2		設計値 設計値	
B	回路内部抵抗	+50 mΩ	設計値	-50 mΩ
	T-N特性換算 a b		設計値 設計値	
C	トルクセンサー出力特性	-10	0 %	+10
	Tセンサー特性換算		設計値	
D	トルクセンサーセット電圧	-21.27 %	設計値	+21.27 %
	Tセンサー特性換算		設計値	
E	コントローラ特性	-5	0 %	+5
	T-N特性換算 a b		設計値 設計値	
F	モーター特性 (a,b)	-10	0 %	+10
	T-N特性換算 a b		設計値 設計値	

以上のようにアシスト比を決める要素全体を大づかみして『ユニット単位』レベルの大ききで寄与率, 基準値, 公差を求める。

パラメータ設計では制御因子をできるだけ沢山選びその水準巾を大きくとることが推奨される。

その理由は広い範囲の中から良い組合せの仕様を探すことと, 水準巾を大きくすることにより, 制御因子間の交互作用が生ずることを利用するためである。

2.6 誤差因子の選定

誤差因子に何をとり上げて実験するかが市場での実使用に於いて信頼性の高い仕様決定するためのキーポイントである。本実験では信号因子は設けず誤差因子を次のように考えた。

- (1) 车速は変化する。
- (2) ペダル踏力は乗り方でわかる。

外側直交表 (誤差因子)

内側直交表 No.1の場合

内側直交表 (制御因子)

No.	e	e	A	B	C	D	E	F	P	4	1	2	3	3	1	2	2	3	1	S/N比 (db)	感度 (db)
	1	2	3	4	5	6	7	8			14 ⁹⁰	34	65	65	14	34	34	65	14		
1	1	1	1	1	1	1	1	1			γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9		
			-5%	136 ^m	-10%	0.74	-5%	$\frac{a_1}{b_1}$			0.281	0.499	0.675	0.401	0.452	0.617	0.292	0.526	0.726	9.906	-6.13

- 1) この様な組合せを18通り作る。
- 2) y_1 のデータを求める組合せ $A_1 B_1 C_1 D_1 E_1 F_1 \quad a_1, b'_1, V_1 P_1$
- 3) y_2 “ $A_1 B_1 C_1 D_1 E_1 F_1 \quad a_1, b'_2, V_2 P_2$
- 4) SN比 η の求め方 $y_1, y_2 \dots\dots\dots y_9$ のデータから $\eta = 10 \log \frac{1/9 (S_m - V_0)}{V_0} \quad (\text{db})$
- 5) 感度 S の求め方 $y_1, y_2 \dots\dots\dots y_9$ のデータから $S = 10 \log 1/9 (S_m - V_0) \quad (\text{db})$

注) 因子 $F(a_i/b_i)$ は a, b' により変化する。

表3 割り付け ($L_{18} \times L_9$ 直積実験)

1) 制御因子が第1水準のとき

因 子		第1水準	第2水準	第3水準
a	T-N特性の傾き	a_1	$a_1 = a_2 - 10^{10}$	a_1
b	T-N特性の切片/100	$b_1 - 10^{10}$	$b_1 = b_2 - 10^{10}$	$b_1 + 10^{10}$
v	車速	5 km/h	10	15
P	踏力	14 kg	34	65

2) 制御因子が第2水準のとき

	因 子	第1水準	第2水準	第3水準
a	T-N特性の傾き	a_2	$a_2 = \text{設計値}$	a_2
b	T-N特性の切片/100	$b_2 - 10^{-5}$	$b_2 = \text{設計値}$	$b_2 + 10^{-5}$
b'	車速	5 km/h	10	15
v	踏力	14 kg	34	65
P				

3) 制御因子が第3水準のとき

	因 子	第1水準	第2水準	第3水準
a	T-N特性の傾き	a_3	$a_3 = a_2 + 10\%$	a_3
b	T-N特性の切片/100	$b_3 - 10\%$	$b_3 = b_2 + 10\%$	$b_3 + 10\%$
v	車速	5 km/h	10	15
P	踏力	14 kg	34	65

表2 誤差因子とその水準

- (3)モータ性能がばらつく。

以上のことから誤差因子は次の様に設定した。

(表 2)

2.7 直交表への割り付けと実験

制御因子は6個なので直交表L18(内側)を使い
1列2列をあけ3列目から順次わりつける、L18

直交表の特徴は任意の 2 列の交互作用が特定の列に表われない、仮に交互作用が有ってもいろいろな列に交絡するから各列の効果はそこにわりつけられた因子の主効果のほかいろいろな交互作用が何割か上載される。

従って誤差因子を外側へわりつけ（直積実験）積極的に制御因子と誤差因子の交互作用を利用し安定性の良い制御因子を探すパラメータ設計の方法ではL18のような混合系の直交表が推奨される。

誤差因子はL9の直交表を使い4個の因子を外側へわりつけた。計測特性はアシスト比である。

わりつけの方法は表3に内側直交表No.1の場合を示すが内側直交表の夫々の因子と水準及びそれと対応する誤差因子との組合せで $18 \times 9 = 162$ のアシスト比データを理論式による計算実験で求めた。そして内側直交表のNaごとにSN比 η 及び感度Sを求めた。

2.7.1 SN比 η ，感度 S の計算

内側直交表のNaに対応した外側直交表の9個のデータから望目特性のSN比及び感度を次式で求める。内側直交表No.1の場合の計算例を示す。

$$\eta = 10 \log \frac{1/r(S_m - V_e)}{V_e} \quad (\text{db})$$

$$S = 10 \log 1/r(S_m - V_e) \quad (\text{db})$$

$$\begin{aligned} \text{ST} &= 0.281^2 + 0.449^2 + 0.675^2 + 0.401^2 + 0.452^2 + 0.617^2 \\ &\quad + 0.292^2 + 0.526^2 + 0.726^2 \\ &= 2.418397 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_m &= 4.469^2/9 \\ &= 2.2191068 \\ S_e &= ST - S_m \\ &= 0.1992902 \\ V_e &= 0.1992902/8 \\ &= 0.02419112 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 10 \log \frac{1/9(2.2191068 - 0.02419112)}{0.02419112} \\ &= 9.9063681 \\ S &= 10 \log 1/9(2.2191068 - 0.02419112) \\ &= -6.1296719 \end{aligned}$$

このようにして η と S を各実験Noごとに18個求めた結果は表4に示す。

表4 実験結果

列	3 A	4 B	5 C	6 D	7 E	8 F	SN比 η (db)	感度 S (db)
1	1	1	1	1	1	1	9.906	-6.130
2	2	2	2	2	2	2	10.854	-0.662
3	3	3	3	3	3	3	10.510	3.865
4	1	1	2	2	3	3	9.728	-1.885
5	2	2	3	3	1	1	11.119	1.484
6	3	3	1	1	2	2	11.245	-1.719
7	1	2	1	3	2	3	9.328	-0.949
8	2	3	2	1	3	1	11.535	-1.053
9	3	1	3	2	1	2	11.256	-0.084
10	1	3	3	2	2	1	11.280	0.138
11	2	1	1	3	3	2	10.295	-0.273
12	3	2	2	1	1	3	10.659	-1.862
13	1	2	3	1	3	2	10.505	-1.715
14	2	3	1	2	1	3	10.126	-1.604
15	3	1	2	3	2	1	11.341	1.116
16	1	3	2	3	1	2	10.106	0.360
17	2	1	3	1	2	3	10.260	-2.042
18	3	2	1	2	3	1	11.803	-0.373

2.8 SN比及び感度の分散分析

SN比 η 及び感度 S を特性値とする分散分析を行なう。各要因効果の求め方を因子AのSN比の場合で示す。

$$CF = 1/18(9.906 + 10.854 + \dots + 10.260 + 11.803)^2 = 2044.505$$

$$ST = 9.906^2 + 10.854^2 + \dots + 10.260^2 + 11.803^2 - CF = 7.9725146$$

$$SA = \frac{(A_1 \text{の合計})^2 + (A_2 \text{の合計})^2 + (A_3 \text{の合計})^2}{6} - CF = 2.9551$$

同様にSB～SFまで計算する。

$$\begin{aligned} Se &= ST - (SA + SB + SC + SD + SE + SF) \\ &= 0.2048 \end{aligned}$$

分散分析の結果を表5、表6に示す。

分散分析表 (ARISN)

Source	f	S	V	F0	S'	p (%)
A	2	2.9551	1.4775	36.08	2.8732	36.04
B	2	0.3587	0.1793	4.38	0.2768	3.47
C	2	0.4475	0.2237	5.46	0.3656	4.59
D	2	0.4607	0.2304	5.63	0.3788	4.75
E	2	0.1505	0.0752	1.84	0.0686	0.86
F	2	3.3953	1.6976	41.45	3.3134	41.56
e	6	0.2048	0.0410	—	0.6962	8.73
T	17	7.9725	—	—	7.9725	100.00

★★ 工程平均 (ARISN) ★★

因子名	水準 1	水準 2	水準 3
e	10.6069	10.7083	—
A	10.5868	10.6724	10.7145
B	10.1423	10.6982	11.1322
C	10.4641	10.7115	10.7970
D	10.4455	10.7038	10.8234
E	10.6800	10.8413	10.4513
F	10.5287	10.7129	10.7311
F	11.1641	10.7051	10.1035
T	—	10.6576	—

★★ 要因効果図 望目特性 (10・Log(mr+2)) (db) ★★

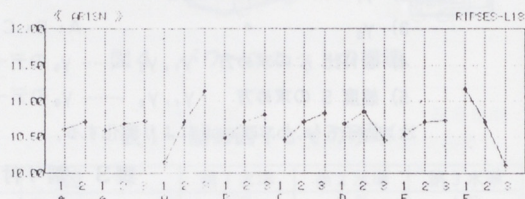


表5 SN比分散分析表と要因効果図

分散分析表 (ARI-S)

Source	f	S	V	F0	S'	p (%)
A	2	10.3318	5.1659	147.48	10.2617	14.99
B	2	7.2231	3.6116	103.11	7.1631	10.45
C	2	13.4839	6.7420	192.47	13.4138	19.59
D	2	33.7457	16.8728	481.70	33.6756	49.18
E	2	3.4449	1.7225	49.17	3.3749	4.93
e	6	0.2452	0.0409	—	0.5955	0.87
T	17	68.4747	—	—	68.4747	100.00

★★ 工程平均 (ARI-S) ★★

因子名	水準 1	水準 2	水準 3
e	-0.7824	-0.6949	—
A	-0.8205	-0.7204	—
B	-1.6966	-0.6977	—
C	-1.5496	—	0.0019
D	-1.8411	—	0.2744
E	-2.4199	—	0.9340
F	-1.77	-0.8662	-0.2389
T	—	-0.6820	-0.7460

★★ 要因効果図 望目特性 (10・Log(mr+2)) (db) ★★

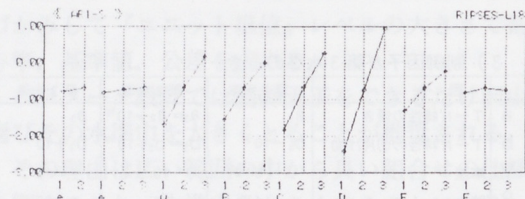


表6 感度分散分析表と要因効果図

2.9 最適条件の選定と目標値への調整

2.9.1 最適条件

SN比の大きい(安定性の良い)組合せは、

$$A_3 B_3 C_3 D_3 E_3 F_1$$

となる。その中でも寄与率の大きい因子はA Fであるが、

A: 変速段数に大きいと考えると考えられるがレイアウト上変更困難。

F : duty 100%をこえてしまうため変更困難。
その他の因子も含め S N 比改善度合が少ないので現設計を優先して、 $A_2 B_2 C_2 D_2 E_2 F_2$ を採用する。

2.9.2 最適条件の S N 比

$A_2 B_2 C_2 D_2 E_2 F_2$ 組合せの中で S N 比に寄与率の大きいのは $A_2 F_2$ である。従ってこの 2 つで最適条件での母平均を推定する。

$$\begin{aligned}\hat{\mu}(A_2, F_2) &= \bar{A}_2 + \bar{F}_2 - \bar{T} \\ &= 10.6982 + 10.7051 - 10.6576 \\ &= 10.7457 \quad (\text{db})\end{aligned}$$

2.9.3 感度による目標値への調整

S N 比の分散分析により最適条件を求めたが、今回のように開発目標値のある場合 S N 比を小さくしない因子の中から感度調整できる因子を選び目標値に合わせる。

$A_2 B_2 C_2 D_2 E_2 F_2$ の中で感度に寄与率の大きい $A_2 C_2 D_2$ でこの組合せでの母平均を推定する。

$$\begin{aligned}\mu(A_2 C_2 D_2) &= \bar{A}_2 + \bar{C}_2 + \bar{D}_2 - 2\bar{T} \\ &= (-0.6912) + (-0.6642) + (-0.7449) - 2 \times (-0.7436) \\ &= -0.6131 \quad (\text{db})\end{aligned}$$

これは目標と合わない、感度調整する必要がある。S N 比に影響が少なく感度に効く因子 D で調整する。

$$10 \log A^2 = B$$

-0.6131 と B との差分を因子 D で調整する。

因子 D の第 2 水準と第 1 水準の感度の差は、
 $-2.4199 - (-0.7449) = 1.675 \quad (\text{db})$

であり(表 1)制御因子の水準巾は 21.27% であるので比例計算により、第 2 水準より第 1 水準側へ 3.84% ずらせた値を設計基準にすればよい。

目標値に調整後の最適条件は $A_2 B_2 C_2 D_{1.5} E_2 F_2$ となる。この水準値を設計基準値として許容差設計を進める。

2.9.4 パラメータ設計による効果

O 次試作仕様でパラメータ設計を行ない仕様を一部変更し今回の実験を行なっている。今回求めた最適条件と O 次試作仕様の S N 比を比較する。

O 次試作仕様 44.74 (db)

今回の最適条件 51.338 (db)

差は 6.59 (db) の改善である。

$$10 \log \sigma^2 = 6.59$$

$\sigma^2 = 4.6$ ばらつき 1/4.6 の改善となった。

O 次試作仕様と同条件で比較するために今回求めた最適条件で確認計算を行ない S N 比を求めた。

3 許容差 (公差) 設計

3.1 許容差設計の方法

パラメータ設計により求めた各パラメータの基準値に対し、製造上の公差を与えたとき目的特性の値がどう変化するかを直交表を用いて実験又は計算により求める。

この時重要なことはあるパラメータの製造工程での寸法ばらつきが、標準偏差 σ_i で管理できるならば、水準の巾を下記のように決め直交表にわりつけ実験することにより、製造工程能力をふまえた図面公差の設定ができることである。

第 1 水準: $m - \sqrt{\frac{3}{2}} \sigma_i$

第 2 水準: m

第 3 水準: $m + \sqrt{\frac{3}{2}} \sigma_i$

σ_i = 各要因の製造工程のもつ標準偏差

m = パラメータ設計で求めた基準値

もし与えた公差中で目標値に達しない場合、各パラメータの寄与率をみてコストバランスを考え全体調整し公差決定する。

3.2 誤差因子の水準巾設定の考え方

パラメータ設計時制御因子としたものを誤差因子とし水準巾を次のように考えた。

A) 伝達効率 : パワーユニット、車両駆動系ロスばらつき。

B) 回路内部抵抗 : コンローラー、Batt-Box、ハーネス系ロスばらつき。

C) T センサー特性 : トルク検出特性ばらつき。

D) T センサーセット電圧 : 設定 O 点ばらつき。

E) コントローラー特性 : 出力特性ばらつき。

F) モータ出力特性 : T-N 特性ばらつき。
モーター出力特性を工場での調整方法に合わせて設定した。パラメータ設計で使用した設定方法と変えている。水準は表 7 による。

表7 誤差因子とその水準

因子		水準		
		第1水準	第2水準	第3水準
A	伝達効率	-0.82 %	基準値	+0.82 %
B	回路内部抵抗	+10 mΩ	//	-10 mΩ
C	トルクセンサー出力特性	-4.42 %	基準特性	+4.42 %
D	トルクセンサーセット電圧	0.884 V	基準値	0.916 V
E	コントローラー特性	-2.04 %	基準特性	+2.04 %
F	モーター特性	a -3.27 %	基準値	+3.27 %
		b -4.08 %	//	+4.08 %

水準巾の設定については各々の要因に対し技術検討を加え、製造工程能力を調べのを設定した。

3.3 外側因子の選定

実使用範囲でどうアシスト比がばらつくか調べたいので車速とペダル踏力をとりその範囲はパラメータ設計でとり上げた水準そのままとした。

3.4 直交表へのわりつけと実験

内側L18直交表に誤差因子を3列～8列に因子A～Fと順次わりつけ、外側へは車速とペダル踏力を二元配置でわりつけシミュレーション計算による実験を行なった。計測特性はアシスト比である。わりつけと実験結果は表8に示す。

3.5 データの解析

解析するデータはアシスト比の生データで行う（S/N比は使わない）各実験Noごとの9ヶのデータをくり返しデータとして解析する。

変動計算の1例を示す。

$$CF = 1/162(0.71+0.74+---+0.83)^2$$
$$= 127.73347$$

$$ST = 0.71^2 + 0.74^2 + --- + 0.83^2 - CF$$
$$= 0.7792$$

$$ST_1 = 1/9(6.54^2 + 8.00^2 + --- + 7.36^2) - CF$$
$$= 0.7485611$$

$$Se_2 = ST - ST_1$$
$$= 0.0307$$

$$SA = \frac{(A_1の合計)^2 + (A_2の合計)^2 + (A_3の合計)^2}{6 \times 9} - CF$$
$$= 0.0269$$

同様にSB～SFまで計算する。

$$Se_1 = ST_1 - (S_{1列} + S_{2列} + SA + SB + SC + SD + SE + SF)$$
$$= 0.0009$$

Se1はSe2に比べ十分小さいので誤差を全てプーリングする。分散分析の結果を表9に示す。

3.5.1 目標アシスト比推定

設計目標値となる組合せは、A2B2C2D2E2F2でありこの中で寄与率の大きな因子はCFである。この2因子で目標アシスト比の母平均を推定する。

表8 割り付けと実験結果

列	3	4	5	6	7	8	5 km/H			10km/H			15km/H			合計
	A	B	C	D	E	F	14 kg	34 kg	65 kg	14 kg	34 kg	65 kg	14 kg	34 kg	65 kg	
1	1	1	1	1	1	1										6.54
2	2	2	2	2	2	2										8.00
3	3	3	3	3	3	3										9.64
4	1	1	2	2	3	3										8.44
5	2	2	3	3	1	1										7.78
6	3	3	1	1	2	2										7.10
7	1	2	1	3	2	3										8.07
8	2	3	2	1	3	1										7.65
9	3	1	3	2	1	2										8.20
10	1	3	3	2	2	1										7.85
11	2	1	1	3	3	2										7.74
12	3	2	2	1	1	3										8.34
13	1	2	3	1	3	2										8.34
14	2	3	1	2	1	3										8.01
15	3	1	2	3	2	1										7.58
16	1	3	2	3	1	2										7.89
17	2	1	3	1	2	3										8.71
18	3	2	1	2	3	1										7.36
																143.85

分散分析表 《PAS-LIRA》

Source	f	S	V	F 0	S	p (%)
A	2	0.0269	0.0134	61.44	0.0264	3.39
B	2	0.0221	0.0110	50.46	0.0216	2.77
C	2	0.2400	0.1200	548.90	0.2395	30.74
D	2	0.0186	0.0093	42.62	0.0182	2.34
E	2	0.0538	0.0269	123.08	0.0534	6.85
F	2	0.3853	0.1927	881.47	0.3849	49.40
error	149	0.0326	0.0002	-	0.0352	4.52
T	161	0.7792	-	-	0.7792	100.00

★ ★ 工程平均 《PAS-LIRA》 ★ ★

因子名	水準 1	水準 2	水準 3
C	0.8893	0.8867	-
A	0.8909	0.8863	-
B	0.8728	0.8869	0.43
D	0.8743	0.8877	0.9028
E	0.8413	0.8877	0.9256
F	0.8757	0.8877	0.9019
F	0.8659	0.8877	0.9106
F	0.8827	0.8877	0.9483

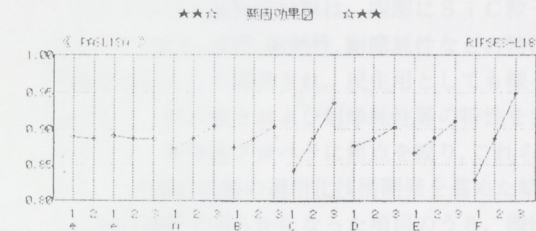


表9 分散分析表と要因効果図

$$\hat{\mu}(C_2, F_2)$$
$$= \overline{C_2} + \overline{F_2} - \overline{T}$$
$$= A$$

となり目標値と一致する。

3.5.2 アシスト比ばらつき範囲

計算結果により（表9）アシスト比ばらつき範囲は、

$$\sigma_x = \sqrt{V_T}$$
$$= \sqrt{0.7792 / 161}$$
$$= 0.0695683$$

$$\text{ばらつき範囲} = \pm 3\sigma \text{ (99.7\%)}$$
$$= \pm 0.2087$$

従ってアシスト比はA^{±0.2}となり、目標値に対し合わない。

3.5.3 目標値に合わせる公差の検討

パラメータ設計により求めた基準値ではばらつきを目標値に入れることはできないことがわかった。公差幅をせざるべき対策をとらなければならない。次の計算により求める。

$$\Delta i = \text{図面公差 (片側)}$$
$$h = \text{実験の水準幅}$$
$$\sigma i = h \times \sqrt{2/3}$$
$$\lambda i = \Delta i / 3\sigma i$$

V₀ = 設定した規格値で部品を製造したときの製品特性の分散
V_T = 実験で求めた製品特性の分散
ρ_i = 部品 i の寄与率
λ_i = 部品 i の許容差巾と実験を行なったときの部品のばらつき比

$$V_0 = V_T \left\{ 1 - \rho_A(1 - \lambda_A^2) - \rho_B(1 - \lambda_B^2) - \dots - \rho_n(1 - \lambda_n^2) \right\}$$

寄与率の高い因子C Fの公差を1/3にすると仮定して計算してみる。

$$\rho_C = 0.3074$$
$$\rho_F = 0.4940$$

$$V_0 = \frac{0.7792}{161} \left\{ 1 - 0.3074(1 - 1/3^2) - 0.494(1 - 1/3^2) \right\}$$
$$= 0.0013921$$

$$\sigma_x = \sqrt{V_0}$$
$$= 0.0373112$$

$$\text{ばらつき範囲} = \pm 3\sigma$$
$$= \pm 0.1$$

従って因子C Fの公差を1/3にすることによりアシスト比はA^{±0.1}となる。

4 計算結果のまとめ

以上の計算結果（表10）によりアシスト比が目値に入る図面公差を設定することができた。そしてこの図面公差に作り込む検討を製造部門とくり返し行なった。

量産に於てはパワーユニット完成状態で目標性能、ばらつきについても管理されている。

表10 計算結果まとめ

	因子	設計値	図面公差	寄与率
A	伝達効率	基準値	± 2%	3.39%
B	回路内部抵抗	//	± 28.5%	2.77%
C	トルクセンサー出力特性	基準特性	± 3.7%	30.74%
D	トルクセンサーセット電圧	基準値	± 4.5%	2.34%
E	コントローラー特性	基準特性	± 5 %	6.85%
F	モーター特性	a 基準値	± 2.7%	49.40%
		b //	± 3.3%	
アシスト比ばらつき巾			A ± 0.1	

5 おわりに

- (1)パラメータ設計，許容差（公差）設計の方法を使うことにより，目標アシスト比となる図面の基準値及び公差を比較的短時間に求めることができた。
- (2)特性（アシスト比）と要因の関係及び寄与率がわかり製造準備が重点化でき効率的に進められた。
- (3)各要因の傾向，寄与率が分かり，今後の開発に役立つ資料となる。

■参考文献

- (1)田口玄一：品質工学講座 1
開発，設計段階の品質工学
日本規格協会
 - (2)田口玄一：新製品開発における信頼性設計事例集
日本規格協会
 - (3)S/M P Q A研究会：P Q Aその手法と思想
ヤマハ発動機
- 注）P Q A：Perfect Quality Assurance の略

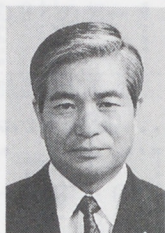
■著者



勝岡 達三



小山 裕之



五十嵐 二伯

アルミニウム基複合材料の エンジン部品への適用技術開発

Development of technology for Applying
Aluminum-base Composite Material to Engine Parts

芥川 知孝*

Chitaka Akutagawa

栗田 洋敬*

Hiroataka Kurita

要旨

アルミニウム基複合材料は、内部にSiC粒子を分散させることにより、アルミニウムの軽量性を生かしつつ、硬さ、強度、耐熱性、耐摩耗性などの特性向上をはかったものである。この複合材料は、軍用航空機を中心として開発され、民生用としても様々な部品への検討が行なわれているが、実用化された例は少なく、疲れ強さおよび耐摩耗性等の特性を含め、加工特性でも未解明な点が多い。今回、二輪車用ピストン、船外機プロペラに焦点を絞り、これらの部品に対して要求される様態、生産での加工工程をふまえ、この複合材料の適用化技術開発を進めた結果、大幅な特性の向上を図ることが出来た。本稿では、この検討過程で明らかになった項目のうち、機能面の特性について報告する。

Abstract

In addition to the lightness of Aluminum, Aluminum Metal Matrix Composite (Al-MMC) features improved mechanical properties such as hardness, strength, heat resistance and abrasion resistance caused by dispersing SiC particles. Al-MMC has been developed for the purpose of applications to military aircrafts. Applications to consumer appliances have also been studied, the material is put to practical use in very few cases. There are many unelucidated points in the processing properties and in the functional properties such as fatigue strength and abrasion resistance as well. In this study, we made efforts toward developing application technology of this composite material to motorcycle pistons and outboard motor propellers, taking into account the functions required for these parts and the machining processes for production. As a result, the properties of the material have been remarkably improved. Of all the properties elucidated in the course of this study, the properties concerning functions are reported in this paper.

1 はじめに

最近の自動車に対しては、高性能、快適性などのユーザーからのニーズ、地球環境、省エネルギー、安全性などの社会的な要求、コストなどの経済情勢からの要求など様々なことが求められている。従って、使用される部品は高機能化、複雑化しており、従来の機能、品質、コストに加え、素材についてはあらたにリサイクル性の課題も取り上げられている。これらの要求を満たすと考えられているアルミニウム基複合材料については、材料としてのポテンシャルは高いが、生産方法、コストの課題もあり、現実には普及していない。今回の開発は、素材の特性評価結果、加工における技術開発結果及びノウハウをより具体的な形で明らかにすることにより、この新しい素材、技術の

普及を図るため、静岡県科学技術振興財団の依頼を受け

産：株式会社日軽技研

学：豊橋技術科学大学

官：静岡県沼津工業技術センター

で共同研究・開発を行ったものである。

2 材料

今回の開発に使用した材料(DURALCAN)はDuralcan USAが開発した粒子分散型複合材料(図1、以下MMC)であり、種々のアルミニウムマトリックス中にSiC粒子を分散させたものである。⁽¹⁾⁽²⁾

ピストンには耐熱性が要求されることから、Cu、Ni、ならびにMgを多く含むF3Kマトリックスを選定した。また、プロペラについては耐食性が要求されるため、Cuを含まないF3Sおよび

* 技術本部 基盤技術研究センター

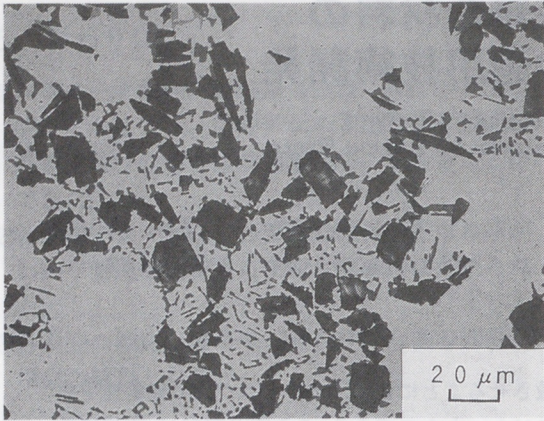


図1 アルミニウム基複合材料の組織

表1 粒子分散型複合材料のマトリックス組成

	Si	Fe	Cu	Mg	Ni	Ti	Mn	Zn	Al
F3K, x x S	9.50-10.50	0.20-2.80- MAX	2.80-3.20	0.80-1.20	1.00-1.50	0.20- MAX			REM
F3S, x x S	8.50-9.50	0.20- MAX	0.20- MAX	0.45-0.65		0.20- MAX			REM
F3N, x x S	9.50-10.50	0.80-1.20	0.20- MAX	0.50-0.70		0.20- MAX	0.50-0.80	0.03- MAX	REM
AC9B	18.0-20.0	0.80- MAX	0.50-1.50	0.50-1.50	0.50-1.50	0.20- MAX	0.50- MAX		REM
ADC5	9.50-10.50	0.80-1.20	0.20- MAX	0.50-0.80		0.20- MAX	0.50-0.70		REM

単位 (%)

F3Nマトリックスを選定した。開発に使用した素材のマトリックスおよび両者の現在使用素材の成分を表1⁽³⁾に示す。

3 材料特性

3.1 力学的特性

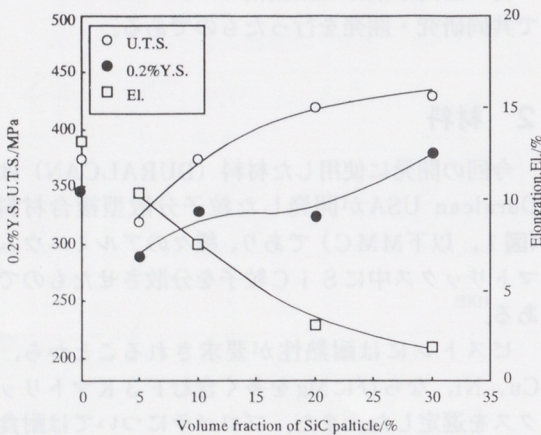


図2 SiCpアルミニウム合金複合材料の機械的性質

図2に、実験したMMCの最大引張り強さ(U.T.S)、耐力(0.2%Y.S)、及び伸び(El.)とSiC粒子の関係を示す。SiC粒子の体積率の増大にともない、0.2%Y.SおよびU.T.Sの強度特性は上昇するがEl.の延性特性値は減少する。図3に同複合材料の動的破壊靱性値(Jd)およびき裂進展抵抗靱性値(Tmat)とSiC粒子体積率との関係を示す。SiC粒子体積率の上昇に伴い、両値は減少する傾向にあり、SiC粒子によりマトリックスを強化した場合、靱性および延性値の改善が必要であり、粒子添加量としては10%~20%が適当であることがわかった。

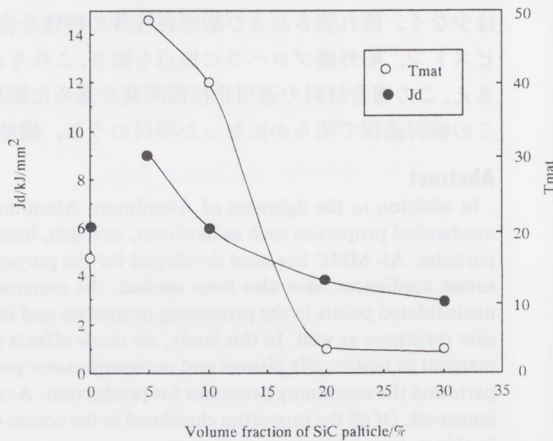


図3 SiCp/アルミニウム合金複合材料の動的破壊靱性値(Jd)およびき裂進展抵抗靱性(Tmat)

3.2 疲れ強さ

強化粒子体積率を10%に設定した金型鑄造材料と金型鑄造鍛造材複合材料(F3K10S)および現状材(AC9B)の疲労試験における応力と繰り返数の関係を図4に示す。鍛造材では疲労特性は格段に向上し高い疲労強度を有しており、高温時においても金型鑄造材をしのぐ疲労特性を示している。これは鍛造による鑄造欠陥の改善およびマトリックスと強化材界面間の強度向上が大きく作用していると考えられる。鑄造材に鍛造を加えることにより疲労強度が大幅に改善されることから、ピストンに使用する場合にはこの工程が最も良いことが明確になった。

3.3 衝撃強さ

図5に体積率10% (F3S10S), 20% (F3S20S)のMMCにより鋳造したプロペラおよび各社実機プロペラ (アルミニウム合金製) のシャルピー衝撃吸収エネルギー値を示す。ここで E_t は全吸収エネルギー, E_i は最大荷重点の公称き裂発生エネルギー, E_p はその後の公称き裂伝播エネルギーを示す。MMCで試作したプロペラと実機のプロペラを比較するとMMCの衝撃吸収エネルギーは著しく低く, SiCの体積率については他の試験同様20%のほうが衝撃吸収エネルギーは低く靱性が低いことがわかる。この結果よりMMCを実機プロペラとして用いる場合は, 強化材の体積率を低くすると共に製造工程において鋳造欠陥を減少させる等の靱性の改善を図る必要があると考えられる。

図6にマトリックス材 (AC9B), 強化材の体積率が10%の金型鋳造材 (F3K10S) および強化材の体積率が10%の金型鋳造鍛造材 (F3K10S) について, 常温および高温 (250°C) における衝撃吸収エネルギーを示す。常温について各試料の最高荷重点をみると, 金型鋳造鍛造材は他のAC9Bや金型鋳造材に比べ高い値を示し衝撃強さが向上している。また, いずれの材料も常温に比べ高温で衝撃吸収エネルギーは増加し, いずれの場合も, 公称き裂伝播エネルギー (E_p) の増加が高く, き裂進展に対する抵抗が向上したものと考えられる。特に金型鋳造鍛造材では他の材料と比較して著しく高い衝撃吸収エネルギーを示しており, この理由としては高温におけるマトリックス材の塑性変形態の増加, 複合材料の界面反応などの影響が少なく界面強度劣化が小さいことが考えられる。金型鋳造鍛造材の衝撃吸収エネルギー増加割合は他の試料と比較して著しく高く, 特に高温状況下においては疲れ強さを含め大変有利な材料であることがわかった。

3.4 耐摩耗性

3.4.1 対スリーブ摩耗試験

図7にスリーブ用材料を相手材とし, 周速を変化させたときのMMCと従来 (AC9B) との比摩耗量を比較した結果を示す。この範囲ではMMCは従来材に比べ優れた耐摩耗性を示しており, SiC粒子による相手材への攻撃性も従来材と同レベルであることが判った。試験後の表面観察では, 従来材の摩耗は凝着ではなく, 粗大なSi粒子が脱落し摩耗面間で碎かれ, 研摩砥粒のように働くこ

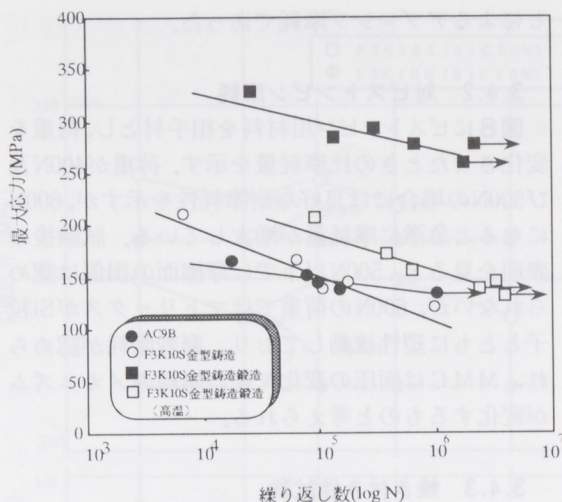


図4 各試料における疲労特性

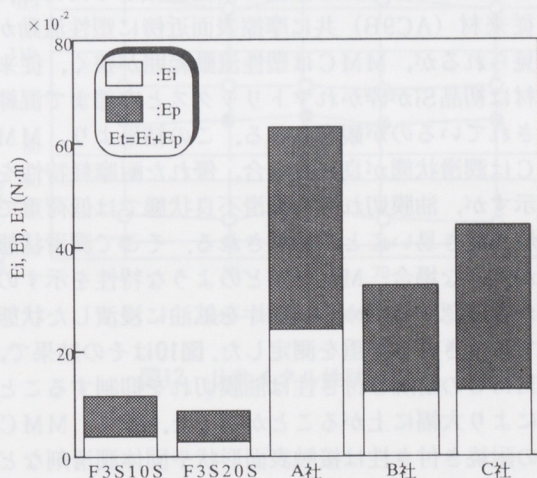


図5 各社実機プロペラの衝撃吸収エネルギー値

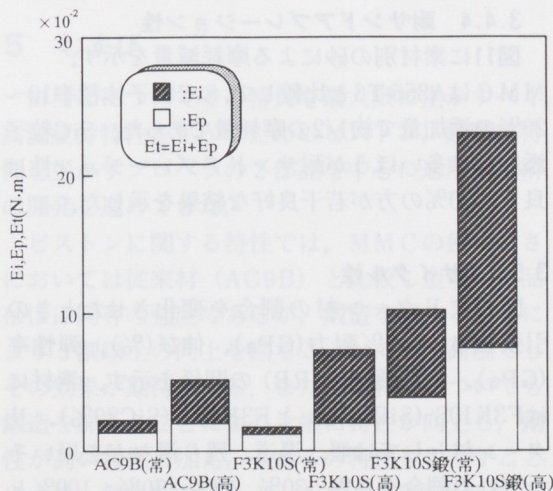


図6 各試料における衝撃吸収エネルギー

とによるアブレシブ摩耗であった。

3.4.2 対ピストンピン摩耗

図8にピストンピン用材料を相手材とし、荷重を変化させたときの比摩耗量を示す。荷重が400N及び500Nの場合には良好な耐摩耗性を示すが、600Nになると急激に摩耗量が増大している。試験後の表面を見ると、500N以下では摩擦面の損傷は認められないが、600Nの荷重ではマトリックスがSi粒子とともに塑性流動しており、凝着摩耗が認められ、MMCは面圧の変化に伴い摩耗のメカニズムが変化するものと考えられる。

3.4.3 焼き付き性試験

図9に試験片の周速と焼き付きの発生する荷重との関係を示す。摩擦面の断面組織からMMC、従来材（AC9B）共に摩擦表面近傍に塑性流動が見られるが、MMCは塑性流動範囲が狭く、従来材は初晶Siが砕かれマトリックスと内部まで混練されているのが観察される。この結果より、MMCは潤滑状態が良好な場合、優れた耐摩耗特性を示すが、油膜切れ等の潤滑不良状態では低荷重で焼き付き易いことが予想される。そこで潤滑状態が良好な場合、MMCがどのような特性を示すのかを確認するため、試験片を鉱油に浸漬した状態での焼き付き荷重を測定した。図10はその結果で、MMCの耐焼き付き性は油膜切れを抑制することにより大幅に上がることが判った。即ち、MMCの耐焼き付き性は接触表面形状や固体潤滑剤などによる保油性の改善により向上すると思われる。

3.4.4 耐サンドアブレーション性

図11に素材別の砂による摩耗減量を示す。MMCはA356-T6と比較して、SiC粒子体積率10～20%の添加量で約1/2の摩耗量であった。SiC粒子添加量が多いほうが耐サンドアブレーション性は良く、20%の方が若干良好な結果を示した。

3.5 リサイクル性

図12にリターン材の割合を変化させたときの引張強さ、0.2%耐力(GPa)、伸び(%), 弾性率(GPa)、及び硬さ(HRB)の関係を示す。素材にはF3K10S (SiC10%)とF3K20S (SiC20%)、リターン材としては堰、湯道、残り湯などを用いそれぞれの割合を0%, 30%, 50%, 70%, 100%と変化させ、金型に鋳込み、引張試験片を作製した。

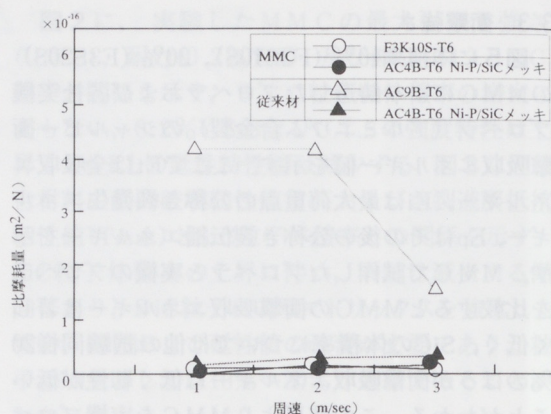


図7 各材料の比摩耗量の比較

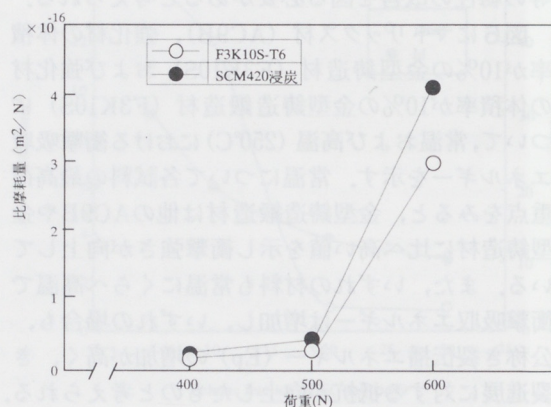


図8 比摩耗量におよぼす荷重の影響

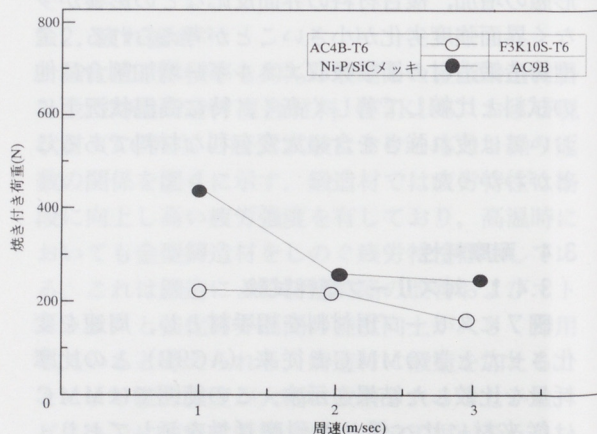


図9 焼き付き荷重に及ぼす周速の影響

この結果、リターン材100%でも新材だけの場合とほとんど特性が変わらないことが明確になった。また組織的にも変化なく、SiC粒子が凝集したような部分も認められなかった。これらの結果からこの材料のリサイクルは可能であると思われる。

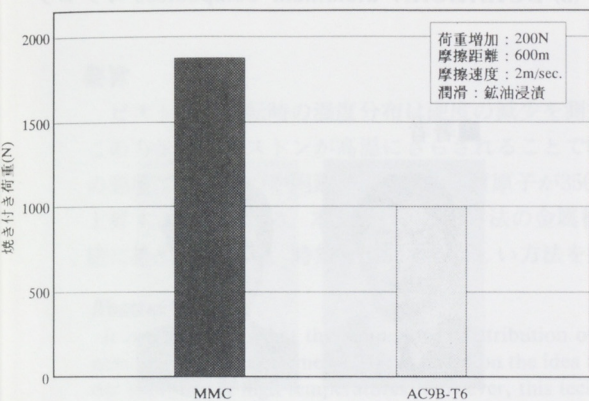


図10 耐焼き付き性評価

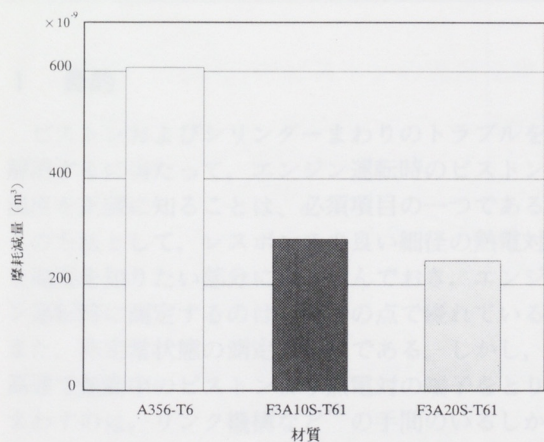


図11 サンドアブレーション試験

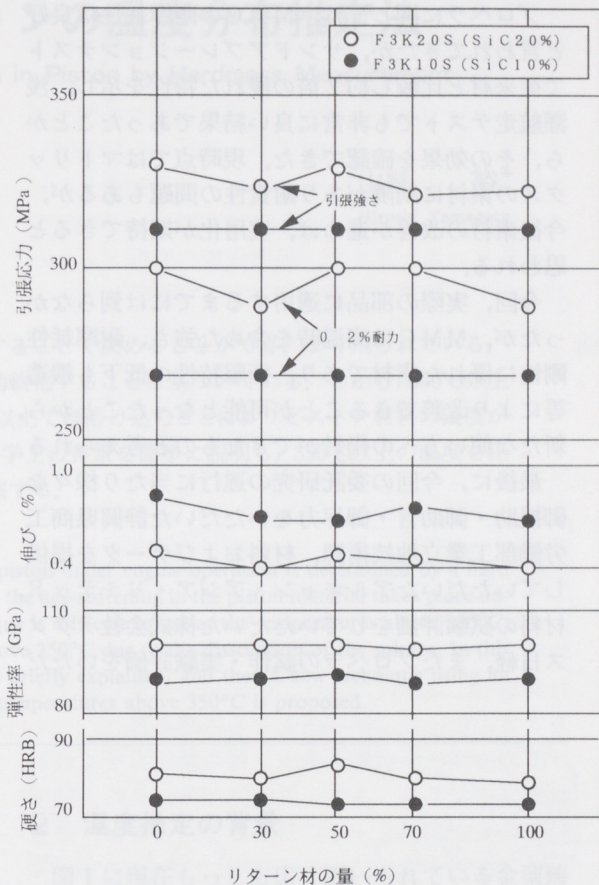


図12 リサイクル性試験

5 むすび

MMCについてその特長を最大限に生かすべく、高温疲労特性を生かすためのピストン、耐摩耗特性を生かすプロペラの2部品を中心に適用化技術の開発を進めてきた。

ピストンに関する特性では、MMCの疲れ強さにおいては従来材 (AC9B) と比較し金型鋳造品はほぼ同等の強度であるが、鍛造を加えることにより5割以上の向上を図ることができ、高温でもその効果が期待出来る。また衝撃特性についても鍛造を加えることにより大幅に特性が向上し、剛性が高い特性に加え、これらの特性を生かすことにより、軽量化を図ることができる素材として期待できる。

プロペラに関しては、MMCの耐摩耗性は良好と言われてきたが、サンドアブレーションテストで従来材と比較し約2倍の優れた特性を示し、浅瀬航走テストでも非常に良い結果であったことから、その効果を確認できた。現時点ではマトリックスの素材に制限があり耐食性の問題もあるが、今後素材の改善が進めば、実用化が期待できると思われる。

今回、実際の部品に適用するまでには到らなかったが、MMCは高温時を含めた強さ、耐摩耗性、剛性に優れた素材であり、衝撃特性の低下も鍛造等により改善できることが可能となったことから、新たな使い方への指針ができたものと考えられる。

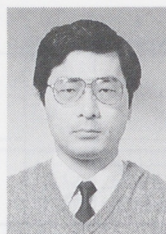
最後に、今回の委託研究の遂行に当たり様々な御援助・御助言・御尽力をいただいた静岡県商工労働部工業立地技術課、材料およびデータを提供していただいたアルキャン・アジア・リミテッド、材料の試験評価をしていただいた株式会社テクノス日軽、またプロペラの試作・実験評価をいた

いた三信工業株式会社の関係者の皆様方に心より御礼申し上げます。

■参考文献

- (1) United States Patent No.4,759,995
- (2) United States Patent No.4,786,467
- (3) DURALCAN aluminum composites カタログ

■著者



芥川 知孝



栗田 洋敬

硬度測定によるピストンの温度分布推定法

Estimation of Temperature Distribution in Piston by Hardness Measurement

山縣 裕*
Hiroshi Yamagata

要旨

ピストンの運転時の温度分布は硬度の減少を測定することで決めることができ、よく知られている。この方法は、ピストンが高温にさらされることで時効軟化することに基づいている。しかし、350℃以上の温度では使うのが困難で、それは溶質原子が350℃以上では溶け込むことによりピストン材料の硬度が上昇するためである。本文では、この方法の金属材料学上の背景を簡単に説明し、350℃以上の温度を正確に推定するため、時効を追加する新しい方法を提案する。

Abstracts

It is well-known that the temperature distribution of a piston under engine-operation is determined by a hardness-decrease measurement. This is based on the idea that the age-softening in the piston material takes place under exposure at high temperatures. However, this technique is difficult to use at the temperatures above 350°C, because the hardeness of the piston material increases above 350°C due to the dissolution of the solutes. In this paper, the metallurgical background on this technique is briefly explained, and then a new technique using an subsequent aging treatment to accurately determine the temperatures above 350°C is proposed.

1 目的

ピストンおよびシリンダーまわりのトラブルを解消するに当たって、エンジン運転時のピストン温度を正確に知ることは、必須項目の一つである。この方法として、レスポンスの良い細径の熱電対を温度を知りたい部分に埋め込んでおき、エンジン運転時に測定するのは、精度の点で優れている。また、非定常状態の測定も可能である。しかし、高速で運動中のピストンより熱電対の端子をとりまわすのは、リンク機構など⁽¹⁾の手間のいるしかけが必要で、必ずしも汎用性は高くない。このような要請に対し、合金の熱による軟化挙動から運転時の温度を簡便に推定する方法が、広く用いられている。しかし、この方法にも限界があり、高温では合金の溶体化が進み逆に硬化するため、350℃付近以上の温度は、従来、推定できなかった。

本文では、従来行われている過時効軟化から温度推定を行う方法の概略と、考案した高温域での温度推定方法について解説する。

2 温度推定の背景

図1に現在もっとも広く用いられている金型铸造ピストンの製造工程を示す。小型ガソリンエンジンのピストンには、四サイクルではJIS AC8A合金、二サイクルではJIS AC9Bが主に使用⁽²⁾されている。表1に合金成分を示す。両合金はSi量の差はあるものの、その他の成分は変わらない。Siは熱膨張を押さえるため、Niは高温強度の改善、

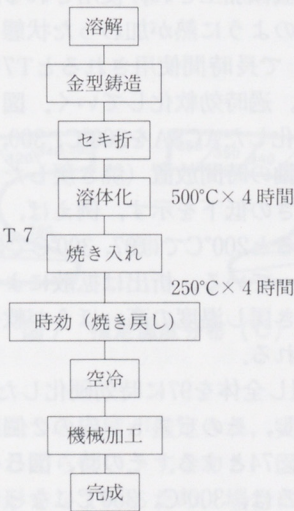


図1 金型铸造ピストン製造工程

* 技術本部 基盤技術研究センター

1%程度のCuおよびMgはAlマトリクスを時効強化するために添加されている。一例としてAC9B合金の顕微鏡組織を図2に示す。粗大な初晶Siと共晶Siおよび晶出金属間化合物の微細な分散が見られる。AC8A合金は図2から初晶Siを抜き去った組織を呈する。図1において、金型铸造したピストンには、溶体化・時効のT7と呼ばれる熱処理がされている。ここで、温度推定の原理ともかわるので、簡単に時効硬化について説明する。

図3⁽³⁾はAl-4%Cu合金を500℃で溶体化後、水焼き入れし、190℃で横軸の時間、焼き戻した時の硬さの変化を示す。約3から30時間にかけて硬化（時効硬化と呼ぶ）し、長時間では漸次軟化（過時効軟化と呼ぶ）していく。図4にAl-Cu系の状態図を示す。500℃での溶体化によりα固溶体としてAl中に溶け込んだCuは、190℃の焼き戻し（時効）によって安定組織のα+θ(Cu₂Al)に分解析出する。その途中、中間析出状態となり、結晶格子内部のひずみが増大し硬化する。図1の溶体化とは铸造後に晶出していたCuやMgの化合物をマトリクス中に一旦、溶け込ませる処理を言う。

この中間析出状態をうまく得て硬化させるのが時効硬化である。また、長時間加熱により、状態図上の安定組織α+θに分解してしまえば、硬さは再び低下する。これが過時効軟化である。AC8AおよびAC9Bにおいては、θやS(Al₅CuMg₂)などの析出相が出るまでの中間析出状態で時効硬化し、これらの析出相が安定に出ると過時効軟化する。時効硬化および過時効軟化は拡散律速により進むことが知られている。

ピストンはT7熱処理（図1）によって時効硬化状態とし、機械加工され、使用される。しかしながら、図3のように熱が加わった状態（おおむね150℃以上）で長時間使用されるとT7後の硬さは維持できず、過時効軟化していく。図5は、T7でHRF97に硬化したAC8Aを200℃、300、350の三つの温度で横軸の時間放置（焼き戻したことに相当）した時の硬さの低下を示す。例えば、1時間のところと比べると200℃では97、300℃では82、350℃では74となっている。析出は拡散により律速されるので、焼き戻し温度の高いほうが軟化は早いことがみてとれる。

T7熱処理し全体を97に時効硬化したピストンを1時間運転し、そのピストン内の2個所の硬さが、それぞれ82、74とする。その時、図5より各々の硬さのところは、300℃、350℃になっていたと推定される、T7熱処理したピストン素材について図

表1 ピストン合金成分 (wt%)

JIS	Cu	Si	Mg	Ni	Al
AC8A	1	12	1	1	残り
AC9B	1	19	1	1	残り

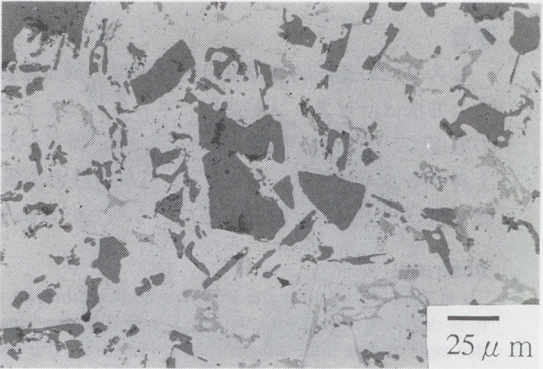


図2 AC9B合金の組織

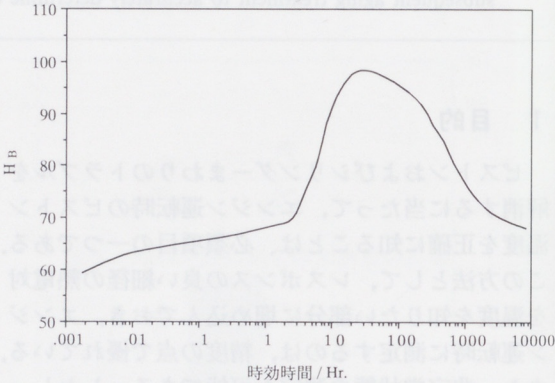


図3 Al-4wt%Cu合金の190℃時効による硬度変化

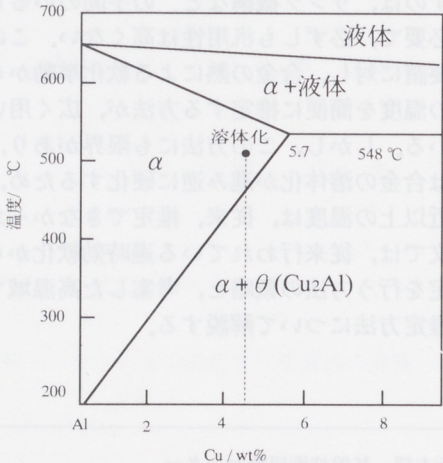


図4 Al-Cu系状態図の低Cu側

5のようなマスターカーブを各温度毎に作成しておき、運転時間のわかったピストンの硬さを測り、その硬さに対応する温度をカーブより読み取る。このようにして運転時の温度が推定される。但し、全運転時間中、測定したい各部の温度は各々、一定になっていた事が、正確に温度を推定する前提である。また、できるだけこのような状態になるよう運転パターンを選ぶ必要がある。

3 低温(<350°C)のピストンの温度推定

四サイクルピストン（径67mm、8500rpmで1時間運転）の吸気(IN)-排気(EX)および左(L)-右(R)方向のヘッド切断面の硬さの実測値を図6に示す。図7は図6をもとにマスターカーブを用い、推定した温度分布である。排気側に高温部分が片寄っている事が見て取れる。このようにして推定した温度は、熱電対により測った温度と、約10°C程度の差で正確であった。この方法によれば、テスト中にばらばらに壊れたピストンからでも、原理的には温度推定できる。

4 高温(<350°C)のピストンの温度推定

前節で説明したのは一般に行われている温度推定である。ところで、図8はある二サイクルピストン（径56mm、86時間運転）の運転後の硬度分布を示したものである。このデータをよくみると、図8(a)の○印で囲んだ値は、それより上側の熱がかかり、もっと温度が高いと考えられる所より1から5ポイントほど値が低くなっている。図5のカーブからは、高温に暴露されるほど硬さは低下するはずであるが、図8(a)ではヘッドの上面より下面の方が軟らかく、異常な値を示している。従来、高温にさらされるピストンでは正確な温度推定ができないといわれてきた挙動である。実は、加熱温度が高いと過時効による軟化ではなく、溶体化が進み(図4のαが安定な温度域に入るため)、再び硬化してしまうのである。図9はこのあたりの事情を説明するデータである。T7後の素材を各温度で1時間焼き戻した時の硬さの変化(実線)を示す。約400°C付近までは硬度が低下するが、極小を示し、さらに高温では再び硬化する。図9は図5のデータの1時間焼き戻しの時の硬さをピックアップしてプロットしたものに相当する。

例えば、運転後の硬さが72であったとする。こ

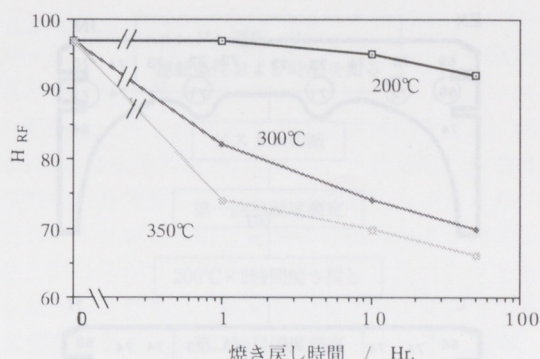


図5 AC8A焼き戻しによる硬度低下

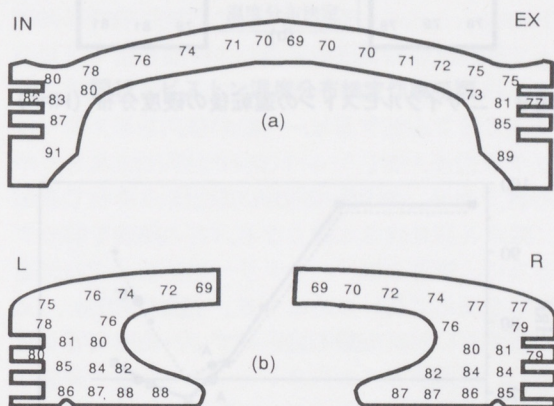


図6 四サイクルピストンの運転後硬度分布 (HRF)

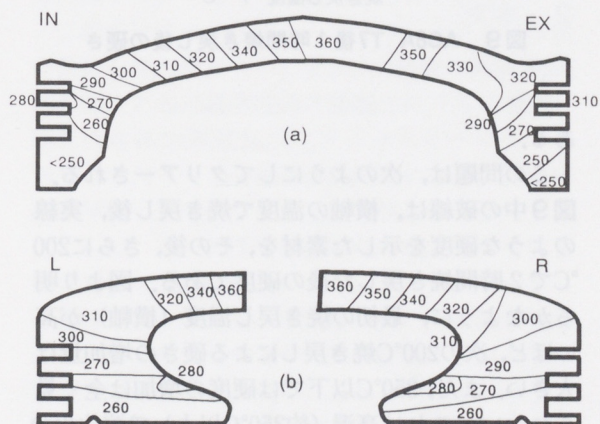


図7 推定温度分布 (°C)

(B点)の二つの温度が推定され、実際はどちらであったかわからない。すなわち、図9のカーブが鍋底状の形をしているため、場合によっては、高温部分のほうが低温部分より硬い値を示す事が

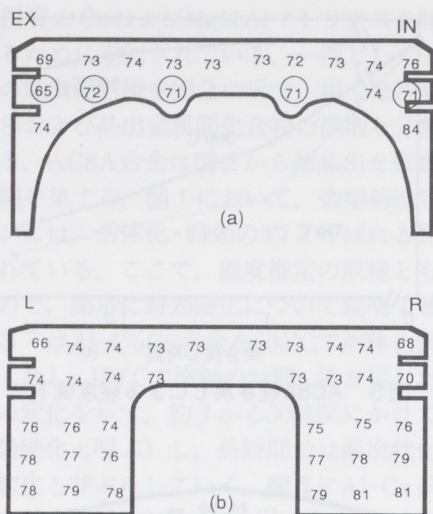


図8 ニサイクルピストンの運転後の硬度分布 (HRF)

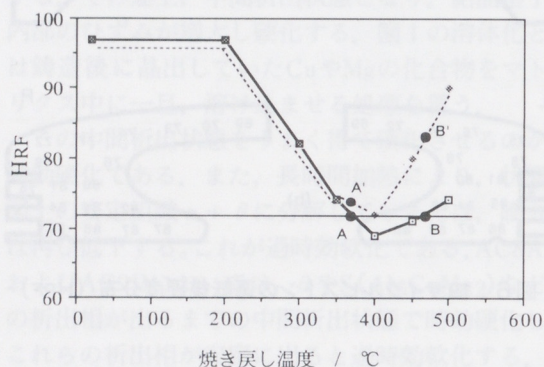


図9 AC8A T7後1時間焼き戻し後の硬さ

ある。

この問題は、次のようにしてクリアーされる。

図9中の破線は、横軸の温度で焼き戻し後、実線のような硬度を示した素材を、その後、さらに200°Cで2時間焼き戻した後の硬度である。図より明らかなように、最初の焼き戻し温度（横軸）が高いほど、次の200°C焼き戻しによる硬さの増加量は大きい。また、350°C以下では硬度の増加は全く見られない。これは高温（約350°C以上）で溶体化の進んだ時には、次の200°C焼き戻しで時効硬化が再び生じるためである。350°C以下の焼き戻しで溶体化しない時には、安定析出状態で変化が少ないことによる。場合によっては350°C以下の時、さらに過時効が進み、やや軟化することもある。硬さが図9で72と測定された時でも、そのものをさらに

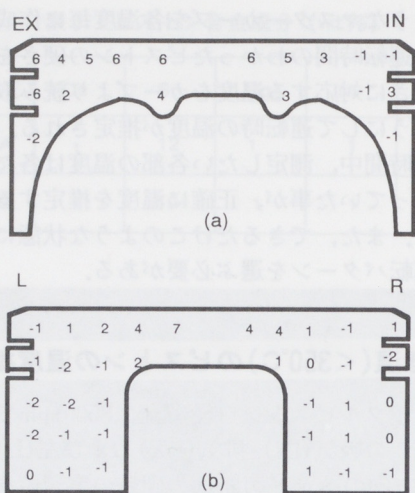


図10 200°C焼き戻し後の硬度分布 (HRF)

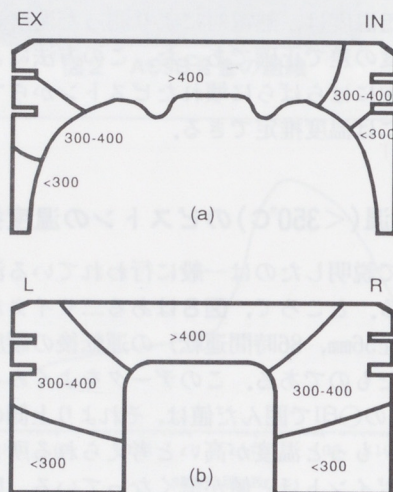


図11 推定温度分布 (°C)

200°Cで2時間焼き戻せば、A点の場合はA'まで、B点の場合はB'まで硬くなる。そして、硬さの増加が大きかった方がB点（高温側）であったことがわかるのである。

實際上、一回目の測定で図8のような異常が見られたピストンについて、200°Cで2時間焼き戻した後、二回目の測定を行い、その際の硬さの増加分を示したのが、図10(a)である。ヘッドの上面側の硬さの増加は下面側より大きく、図8(a)で見られた硬さの異常な逆転は、ヘッドが溶体化するほどの高温になっていたことを示す。このような方法で推定した温度分布はこの場合、図11であった。

以上の温度推定の手順を図12にまとめた。参考にされたい。

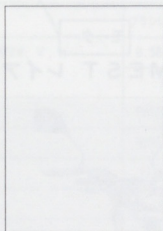
5 おわりに

エンジンの水冷化で、一時減少したピストンにかかる熱負荷は、高出力化、排ガス問題などで、最近ますます増加する傾向にある。本文で解説した方法は、簡便で実用的であり、おおいに活用されることをすすめる。

■参考文献

- (1) 古浜 庄一：内燃機関，22 (1983) 61.
- (2) 塩田 亘：軽金属，21 (1971) 670.
- (3) 須藤 一 他：金属組織学，丸善，(1972) 154.

■著者



山 縣 裕

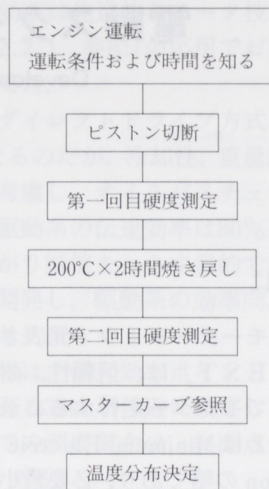


図12 ピストン温度分布推定作業手順

電動スクーター「MEST」の開発

Development of Electric Scooter "MEST"

高橋 博幸*

Hiroyuki Takahashi

高野 正**

Tadashi Takano

平岩 久佳*

Hisayoshi Hiraiwa

中野 孝俊***

Takatoshi Nakano

1 はじめに

昨秋、東京モーターショーで発表された電動スクーター「MEST」は、信頼性、耐久性等の評価、改良を経てモニター走行するに至っている。

「MEST」とはMinimum Electric System for Transportationの略であり、必要最小限のシステムで移動具として過不足のない性能を狙ったものである。即ちガソリン車並の性能、航続距離を電動車で得ようとする、一般的に、システム（バッテリー、モータ、コントローラ等）が大きくなつ重くなり、車両、特に人車一体の乗物である二輪車として成立し難くなる。この問題を解決する為に、筆者らは「バッテリー～駆動輪までの伝達効率を極めて高いものにする」手段を考えた。又いたずらに航続距離を追求せずに、使用実態を認識し、近距離アクセス通勤用として適度な性能、航続距離とすることで軽量、コンパクトな車両とした。以下に内容を紹介する。

2 本文

2.1 車両の特徴

電動システムを構成する主要部品はバッテリー、コントローラ、モータ、充電器等である。これらを効率的にかつコンパクトにレイアウトできるスクーターを車両形態として選んだ。図1にレイアウト、写真1に外観を示す。

モータ及びコントローラは発熱体である為冷却が性能確保上ポイントになる。MESTは、走行風を有効に利用し、自然空冷式としている。

充電器は車載形とし、家庭用100V電源から最大8hで満充電可能にしている。

バッテリーは密閉型鉛蓄電池とし、床下に4個直列配置（左右2個ずつ）している。

バッテリー残存容量計は、深放電を予防するフェ

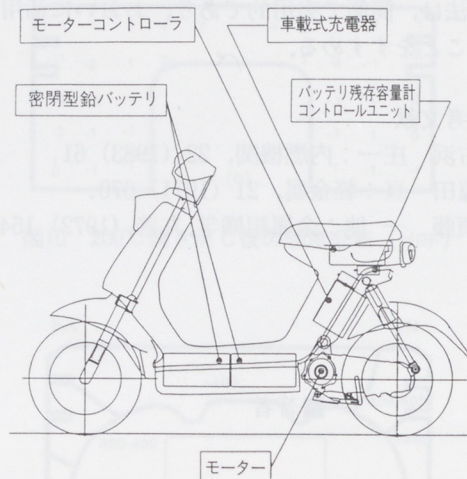


図1 MEST レイアウト図



写真1 MEST 外観

ールセーフ機能を折込み、信頼性、精度を高めたもので速度計内に表示（フューエルメータタイプ）している。

諸元・性能について、当社ガソリン車との比較を表1に、又、他社電動スクーターとの比較を表2に示す。表1から性能は、MINT並であると言える。最大出力がMINTより約30%小さいにもかかわらず、走行性能は同一であり、MESTの効率の良さが判る。表2から、MESTの消費電力は他社より小さく、効率が良いと言え、電力消費率は1kWh当り28.5km（都市内走行時）である。

* モーターサイクル事業本部 第2開発部

** 技術本部 棚卸技術部

*** モーターサイクル事業本部 第4開発部

表1 ガソリン車との性能比較

	MEST	MINT	JOG
車輦質量 kg	80	53	66
最高速度 km/h	50	50	60
0～50m加速 秒	7.1	7.2	5.2
最大出力 %	100	147	248
登坂能力 %	16	16	36

表2 MESTと他車比較

項 目		MEST	H-CUV	ヤマテ
寸	全長 mm	1530	1794	1690
	全幅 mm	630	615	650
法	全高 mm	1000	1036	1010
質	空車質量 kg	80	130	117
	乗車人員 人	1	1	1
量	自動車総重量 kg	135	185	172
	最高速度 km/h	50	60	55
性	登坂能力 $\tan\theta$ ($V=15$)	0.17	0.22	0.33
	最小回転半径 m	1.7	1.9	1.6
能	一充電走行距離 km	$V=30$ 10モード時 ①	39 62	60 30
	駆動方式	チェーン	Vベルト	←
原	種 類	ブラシレスDC	←	←
	定格出力・電圧・時間KW, V, h	0.58・48・	0.58・86.4・1	0.58・48・
機		1		1
電	制 御 方 式	PWM制御	←	←
	種 類	密閉型鉛	密閉NiCd	密閉型鉛
池	容量・電圧Ah/HR・V	17/5・12	20/1・14.4	30/5・12
	積載個数 個	4	6	4
池	総電圧 V	48	86.4	48
	② 電力量 Wh	700	1728	1200
充	消費電力 (①/②) km/kWh	28.9	24.8	25.0
	設置形式	車載	←	←
電	充電制御方式	定電圧定電流	2段定電流	←
	交流入力電源			
装	相数・電圧・電流 $\phi \cdot V \cdot A$	1・100・2.5	1・100・8	1・100・5
	標準充電時間 h	8	8	8

伝達効率向上の為に筆者らは多くの努力を払った。シャーシダイナモのロードロードを正確に設定する為、無風、平地乾燥路の浜岡コース等での実走データ取りからはじめた。次にシャーシでの伝達効率向上要因分析を繰返し、机上検討を重ねた。バッテリー→コントローラ（直流を交流にするインバーター）→モータ→駆動系→後輪までの経路毎に寄与率調査、改良を加え、目標とする効率、即ち後輪出力(W)／バッテリー出力(W)を最大65%以上、全車速平均（ $V=15\text{km/h}$ 以下除く）で50%以上にすることができた。モータ、コン

トローラの効率は先進的なモータ技術やインバーター技術（2.2.1 参照）の応用でピークでは90%近くまで出せた。

駆動系はダイレクトドライブ方式にすれば、効率100%になるのだが、冷却性、重量配分、組立性、整備性等を考慮し、オイルバスチェーンとした。これにより駆動系の伝達効率は80%以上を確保した。又ころがり抵抗をへらす目的で低ロスタイヤも並行して開発し、駆動系の効率向上に寄与することができた。

MESTでは、最大効率ポイントを原付一種の法定速度である30km/h付近に設定している。因みにこの速度での消費電力は、昼間点灯状態、1名時約450Wである。

MESTは車重80kgのうち3割強の25kgをバッテリーに使っている。これで、一充電走行距離は10モード（都市内走行パターン）で20kmである。ヤマハPASは、約6kgのバッテリーで人力併用で20km走行できる。車重や車速が違う為、単純比較はできにくいだが、MESTも省エネである。

2.2 技術的特徴

2.2.1 モータ、コントローラ

(1)モータ

MESTに搭載したモータは、永久磁石式三相交流同期型モータであり、一般には、ブラシレスDCモータ、または、PM(permanent magnet)型同期モータと呼ばれる種類のものである。

二輪では特に、各種キーコンポーネントの体積や重量を極力軽減する必要がある、モータ／制御系に於いても、高密度化、高出力化、高効率化が開発の大きな課題となる。

そこで、モータの電磁構造開発には、積極的に磁界解析手法を採り入れ、最適化形状を検討するとともに、モータ損失低減のために、様々な机上検証を行なった。

その結果、急加減速や高速回転に耐え得る構成とし、磁気飽和やトルク脈動の少ない電磁構造とすることができた。

また巻線部は、巻線密度の高い機械巻きを可能とし、磁極・回転数検出部には、塵埃や汚れなどに強い磁気式エンコーダをビルトイン構造とすることで、構造の簡素化に努めた。

最近の電気自動車に搭載されている駆動モータの全般的な傾向としては、堅牢で、大容量化を前提とした誘導機の流れと、効率を最優先した永久

磁石式同期モータの流れの二つが大勢を占めつつあり、従来用いられてきた直流モータは、耐環境性やメンテナンスフリーの観点から、敬遠される方向にある。

その背景には、最近の制御技術やパワーエレクトロニクスの進歩と研究開発に加え、希土類系磁石等の材料が進展してきたことによって、交流機搭載が実現可能となってきたからであると考えている。

(2) 永久磁石式同期モータの弱め界磁制御

駆動モータの特性としては、低速域で高トルク高速域では、出力一定に近いものが望ましい。

MESTに使用したモータには、小型・軽量・高トルク化を実現するために、永久磁石には、ネオジウム鉄系の希土類磁石を使用し、これによって、永久磁石による界磁磁束は、従来よく用いられているフェライト系に比べて数倍の強さを得ている。

モータのトルクを簡単な数式で表すと、以下の様になる。

$$T = K_t \cdot \Phi \cdot I$$

ここで、 T ：トルク、 K_t ：比例定数

Φ ：磁束、 I ：電流

従って、少ない電流で同じトルクを得るには磁束が大きくとれる材料を用いれば良いことになる。しかしながら、あまり磁束の大きな磁石を用いると、回転数の上昇限界に影響を及ぼすことになる。それは、モータの回転数が上昇するに従って、巻線が磁束を切ることによる誘起電圧（逆起電力）が高くなり、これによって回転数の上限が決まるからである。

モータの回転数を簡単な数式で表すと、以下の様になる。

$$N = E / (K_v \cdot \Phi)$$

ここで、 N ：回転数 K_v ：比例定数

Φ ：磁束 E ：逆起電力

従って、システム電圧がバッテリーによって限られるため、磁束の大きな磁石を用いると、通常の制御では、回転数を高くすることができ難くなる。

三相交流モータの場合は、電流ベクトルを回転磁界と同相の成分と、これに直交する成分に分解すると、前者が磁束形成のみに寄与する磁化電流、後者がトルク発生に直接寄与するトルク電流である。これらは、それぞれ直流機の界磁電流と電機子電流に相当する。従って、それぞれを互いに独立して制御することによって、巻線型直流機（直流分巻モータ）と同様にトルク制御や弱め界磁制

御を行うことができる。

すなわち、低速域では希土類磁石の保有エネルギー利用によって高トルクとし、ベース速度以上の高速域では、回転子と固定子との間のギャップ磁束を回転数の上昇とともに弱めることによって定出力に近い特性を得、同時に最高回転数も高くしている。これにより、従来の機械的な変速機構を用いず、モータ単独で広い速度域への対応が可能となった。

こうした技術を駆使することによって、バッテリーという限られた電圧・電流範囲のなかで、有効にモータの性能を引き出すことが可能となり、クラッチレスでチェーン駆動という極めてシンプルで高効率な動力伝達手段をとることができた。

モータの速度—トルク特性は、図2参照。

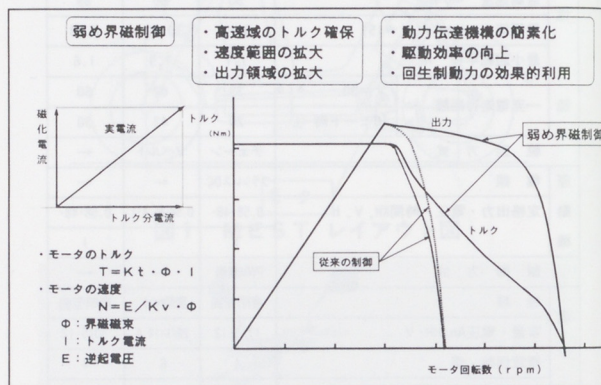


図2 モータの速度—トルク特性

(3) モータドライブ系の制御

モータの性能を有効に引き出すためには、モータドライブのための制御装置が必要となる。

ここで用いたドライブのための制御手段は、パルス幅変調方式(PWM=pulse width modulation)による正弦波電流制御型インバータを用いている。

インバータの主回路素子（電力用半導体デバイス）には、高速スイッチングが可能なパワーMOSFETを用い、10数kHzの搬送波で正弦波近似PWM制御を行っている。これによりモータ電流は、高調波の少ない正弦波に制御され、それによる損失は小さく、電磁騒音も低く抑えられている。モータ電流は、ホール素子を用いた電流検出器で検出され、指令として与えられたトルク電流と一致するようにフィードバック制御される。

トルク指令は、駆動と回生（E/Gブレーキに

相当)を滑らかに行うため、スロットルの開度量と車速双方の状態を検知することによって判断され、与えられる。また、電流制御部は、前述の弱め界磁制御による出力範囲拡大のため、専用開発したベクトル制御用LSIによって、デジタル的に演算処理される。これにより、モータドライブ系の制御が、高精度かつコンパクトなものとなった。

4)車両全体の統括制御

モータドライブ制御のみならず、車両のシステム全体を制御する機能も、コントローラに含まれている。

電池残存容量の情報も含め、始動から加速、定速、減速、停止に至る種々の状態量として、電圧、電流、速度、温度などの信号を、CPUに採り込み、故障や警報の必要が生じた場合には、モータの出力制御や機能停止などの指示命令を発するように設定されている。また、その際に検出された故障、警報情報は、RS-232Cによる通信で、外部に接続されるパソコンに伝送され、異常の発生源を識別できるようになっている。更にまた、外部接続するパソコンとの組み合わせによって、走行中の状態を予め設定した時間間隔ごとに記憶し、即座にグラフ化や数値化できるロギング機能も保有させることにした。これらは、開発段階の性能や機能検証に於いて、効果的な役割りを果たすことができた。こうした異常の識別やロギングツールとしての活用は、一般のサービス用としても有用であるため、今後更なる改良、修正を加えていくつもりである。

システム構成図とモータドライブの制御ブロック図は図3及び図4参照。

コントローラの外観と電流制御用LSIは、写真2と写真3に示す。

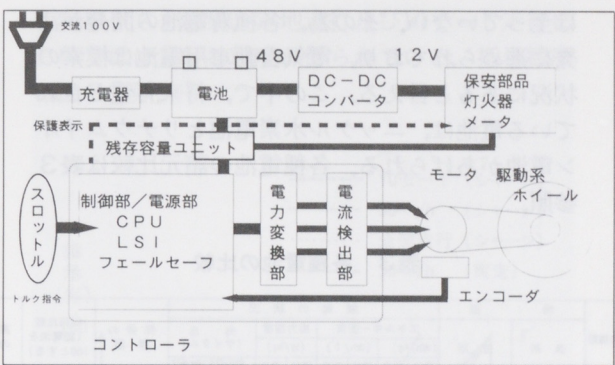


図3 システム構成図

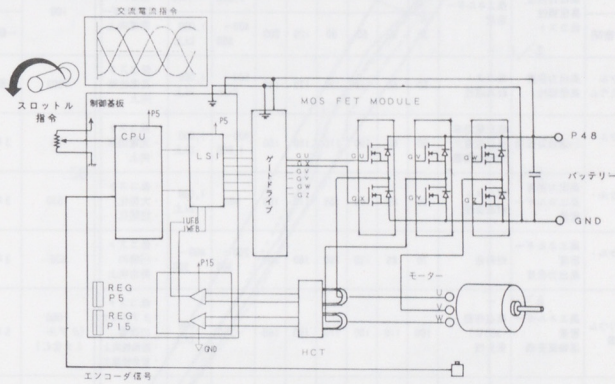


図4 モータドライブの制御ブロック図

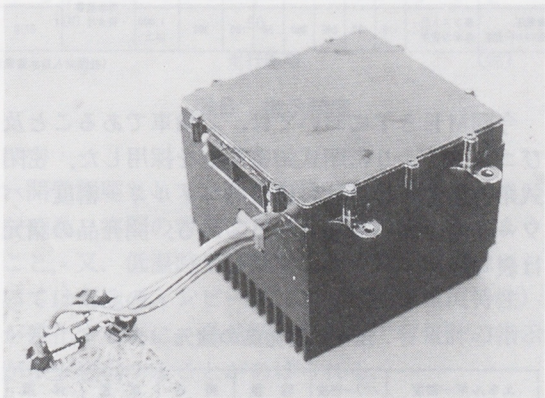


写真2 コントローラ外観

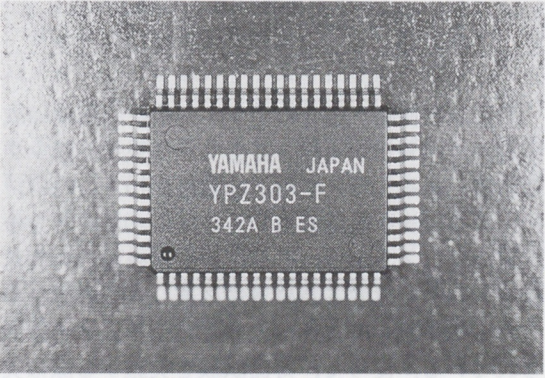


写真3 電流制御用LSI

2.2.2 電池・残存容量計

(1)電池

電気自動車の開発において、その動力源である電池の性能開発は非常に大きな課題である。電気自動車用電池を選択する際には、エネルギー密度・パワー密度・寿命・コスト・環境性・資源埋蔵量を考慮する必要があるが現在これらの条件を全て満足できる夢の電池は存在しない。現時点では、コストの観点から鉛電池が広く使用されているが、エネルギー密度の点において満足できるレベルに

は至っていない。その為、各種新電池の開発が活発に進められており、電気自動車用電池は模索の状況にあると言える。この中で、将来有望とされている電池は、ニッケル水素電池とリチウムイオン電池があげられる。各種電池の諸元比較は表3参照。

表3 各種電池の比較

電池の種類			特 徴		開 発 の 状 況						開 発 の 課 題	材料比較 (鉛電池を100とする)	実用化 の時期	
					エネルギー密度			出力密度		寿 命 (サイクル)				
			長 所	短 所	(Wh/kg)	現 状	将 来	(Wh/ℓ)	現 状	将 来				(W/kg)
鉛	開放	高出力密度 高信頼性 低コスト	低エネルギー密度	40	60	70	100	150	200	500~1,000	1,000~1,500	・低コスト ・エネルギー密度向上	100	実用中
	密閉			35	45	60	80	120	200	400~800	1,000以上			一部実用中
ニッケル・カドミウム		高出力密度 高信頼性	高コスト 耐高温性	50	60	110	120	170	180	500以上	1,000以上	・低コスト ・高温性能向上	1300	一部試験中
ニッケル・鉄		○活物質安価	低充電効率 自己放電大 密閉化困難	50	60	100	110	150	160	800~1,000	1,000以上	・低コスト ・充電効率向上	785	3年以上
ニッケル・水素		高出力密度 高エネルギー密度	高コスト 耐高温性	60	80	140	155	170	180	500	1,000以上	・低コスト ・大型化 ・密閉化	1530	3年以上
ニッケル・亜鉛		高エネルギー密度 高出力密度	短寿命	70	85	130	160	180	200	200~300	400~500	・低コスト ・○極の寿命向上	630	3年以上
ナトリウム・硫黄		高エネルギー密度 活物質安価	高温作動 (350℃) 安全性	100	110	100	110	150	160	~350	1,000以上	・低コスト ・βアルミナの改善 ・密閉性向上 ・安全性確立	1060 (βアルミナ含む)	5年以上
常温 リチウム		高電圧	短寿命 安全性 低出力密度	42	120	125	240		100	50	500以上	・低コスト ・大型化 ・寿命改善 ・安全性	2310	10年以上
リチウム イオン		高電圧 高エネルギー密度	高コスト 低出力密度	115	180	240	360	56	180	300	1,000以上		2770	

(社団法人日本蓄電池工業会資料)

今回MESTにおいては、二輪車であること及びコスト上より密閉式鉛蓄電池を採用した。密閉式鉛蓄電池としては、比較的エネルギー密度・パワー密度の高い電池となっている。開発品の諸元は表4参照。

表4 開発品の諸元

エネルギー密度		パワー密度	容 量	寿 命	重 量	体 積
Wh/kg	Wh/kg	W/kg	Ah (5HR)	∞	kg	l
33	85	274	17		6.2	2.4

次に放電性能を図5に示す。一般に、電池は放電電流が大きくなる程とり出せる電気量が減少する特性がある。たとえば、放電電流10Aの時は、15Ahであるが、放電電流40Aの時は、12Ahとなる。寿命はテスト中であるが、電動車の場合負荷電流が大きく変化する為に寿命に著しい悪影響を与え、定電流放電時に比べ寿命劣化が早いことが知られている。従って、寿命試験を実施する際は実

機の走行パターン電流による寿命試験を実施することが必要である。

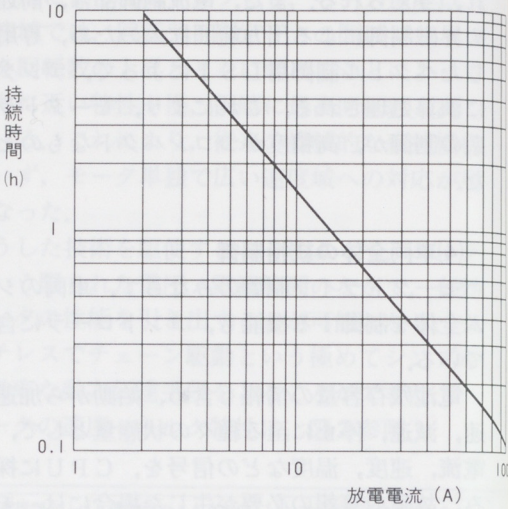


図5 開発品の放電性能

開発課題として、サイクル寿命の向上があげられる。電池単体としては、使用条件に合った正極・負極の活物質比、極板厚の選択が重要である。又、電池が著しく寿命劣化する使用領域を見極めることも非常に重要なことである。

(2)残存容量計

電池を動力源としている乗物において、使用している電池の容量があとどのくらい残っているかを知ることは、たいへん重要なことである。現在各種の残存容量計が実用化されているが、精度・コスト面で満足できる物はないと言える。各方式の比較は表5参照。

表5 各方式の比較

	比重検出方式	電流積算方式	電圧計方式	電圧電流方式
表示精度	○	△	×	△
コスト	×	△	○	△
汎用性	×	○	○	○
備 考	密閉式には使用できない	積算誤差を生じる	負荷電流に応じ指示容量が変動する	充電直後の指示精度が悪い
	光学式の為高価である	放電電流値により誤差を生じる		電流センサーが必要
		自己放電量を検出できない		温度特性があまり良くない
		電流センサーが必要		

今回MESTにおいては、精度面より電圧電流方式を採用した。一般に電池の放電電流と端子電圧は、残容量により図6のような特性となる。この特性をマップデータとして記憶しておき、実際に負荷をかけた時の電圧・電流値を計測し、現在の容量を算出・表示する。例えば、電圧・電流の実測値がV・iのA点の容量は、補正計算により約60%と算出される。

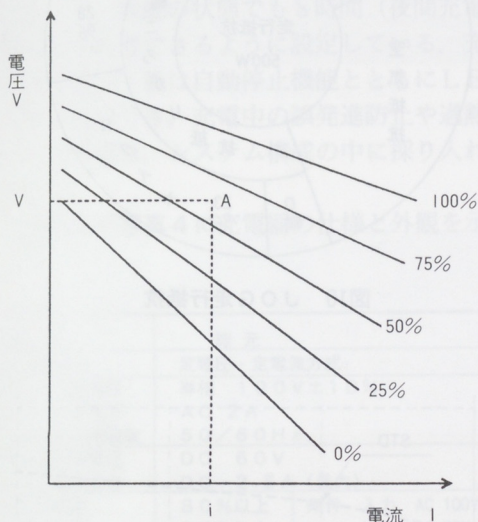


図6 電池の放電電流・電圧特性

システムとしては、電池の放電電流を検出する電流センサー(ホールCT)、電池の電圧及び電流値より容量を算出し、容量に応じたPWM出力を出すコントロールユニット、PWM出力により容量表示する電圧計で構成される。

システム図は図7参照。

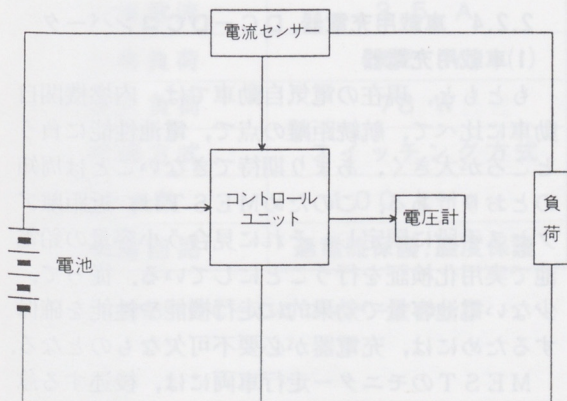


図7 電池残容量計システム図

実車テスト結果、定地走行及び10モード走行においてほぼ良好な精度が得られている。指示精度は図8参照。

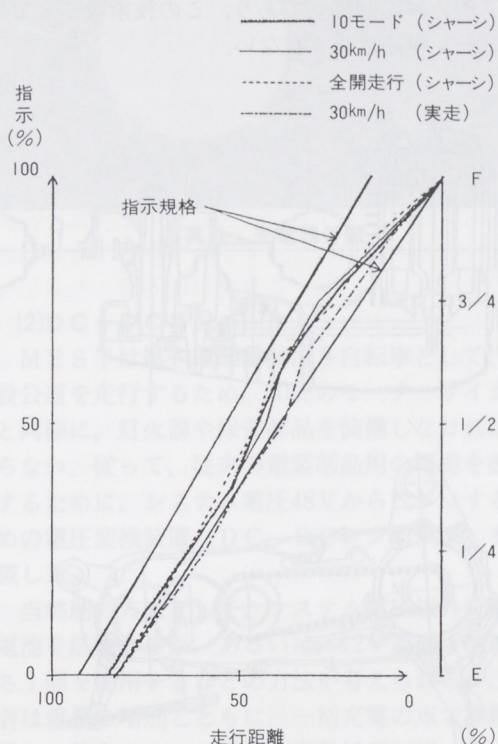


図8 指示精度

開発課題として、充電直後は電池電圧が高めになる為、実際の容量よりも多めに表示してしまうこと。又、低温時や容量性能が劣化した電池においては電池のインピーダンス(電圧・電流特性)が変化する為に、負荷電流の大小で容量計の指示が多少変動することがあげられる。

2.2.3 駆動系・低ロスタイヤ

MESTの駆動系を図9に示す。形式はオイルバスチェーンでユニットスイングのクランクケースに収めている。オイルバスチェーンは、当社では「パッソル」や「ミント」で実績があり、軽量、安価、シンプルで高い信頼性をもつ上に、伝達効率が高くMESTとしてもバランスのとれた手段である。特に伝達効率については、Vベルト変速駆動に比べて、チェーンの方が30%強高い(低負荷時)ので好都合である。MESTは単速である為、ガソリンエンジンの様に高回転まで原動機回

転数が確保されなければ目標とする走行性能は達成できない。一般的にモーターの最大回転数は3000rpm位でガソリンエンジンの $\frac{1}{3}$ 程度である。これを解決し6000rpm以上回る様にしたのが前述の「弱め界磁制御」であり、この技術なくしては、チェーン単速は成立しない。

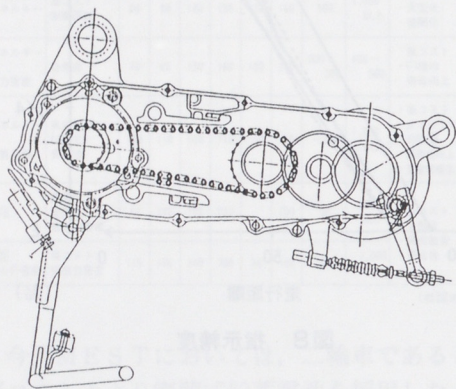
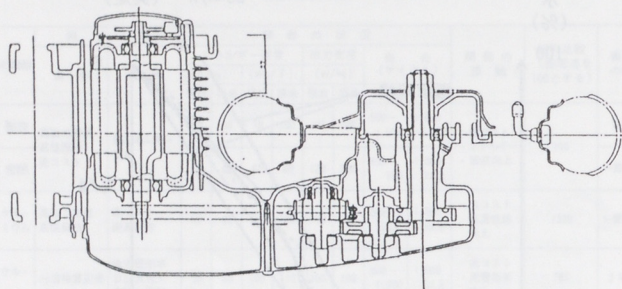


図9 MEST駆動系構造図

一方、タイヤについては低ころがり化（いわゆる低ロスタイヤ）をトライした。図10の様にガソリンスクーターの走行抵抗は、車速30km/hで約500W（車重63kgレベル）であり、タイヤの占める割合がこのクラスでは前後で40%以上ある。ここに着目し、仮にタイヤ単体で35%低ころがり化できれば、走行抵抗が全体で15%小さくでき、省電力化（伝達効率向上）に寄与できる。MESTではコンパウンドや空気圧の見直し等で図11の様に生産車のタイヤに比べて30%以上の低ロス化を達成した。このタイヤでのシャーシ上の消費電力を測ることで効果の程をみると、定地30km/hで11%、10モードで3%改善された。実走行ではフロントタイヤも寄与（シャーシはフロントクランプ）するので、定地で19%、10モードで5%の改善が得

られた。なお、このタイヤサイズは、80/90-10で、生産タイヤに比べて重量+5%である。

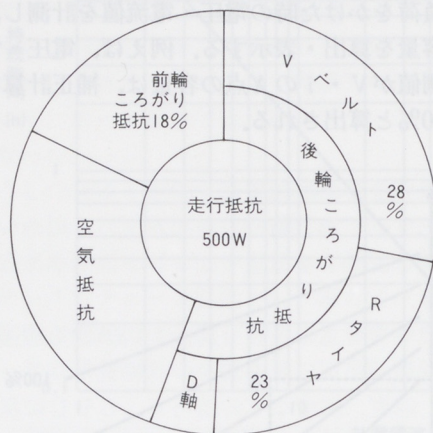


図10 JOG走行抵抗

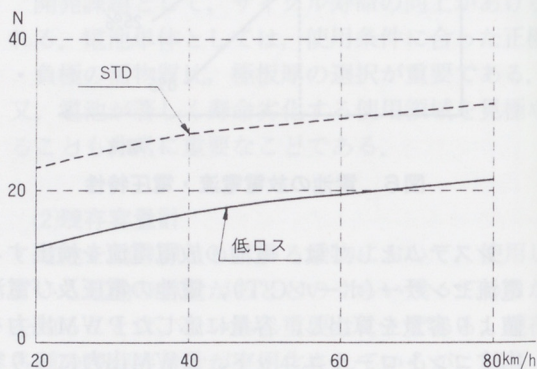


図11 タイヤ単体比較

2.2.4 車載用充電器、DC-DCコンバータ (1)車載用充電器

もともと、現在の電気自動車では、内燃機関自動車に比べて、航続距離の点で、電池性能に負うところが大きく、あまり期待できないことは周知のとおりである。このためMESTは、近距離アクセス手段に限定し、それに見合う小容量の鉛電池で実用化検証を行うことにしている。従って、少ない電池容量で効果的に走行機能や性能を確保するためには、充電器が必要不可欠なものとなる。

MESTのモニター走行車両には、後述する急速充電対応ソケットと普通充電用車載充電器を搭載し、その併用をはかることで機動性の拡大を

狙うことにした。

車載充電器の充電方式には、密閉式鉛電池の過充電防止と電池寿命などの配慮から、定電圧・定電流方式を採用した。その背景には、電気自動車は一充電走行距離が短く、ユーザーは心配のあまり、充電をやり過ぎる結果、電池寿命を低下させていることが多いからである。

充電は、充電器に備え付けられた引き出し式コードリールから家庭用100Vコンセントに直接接続でき、深い放電の状態でも8時間（夜間充電を意識）程で充電できるように設定している。充電中及び充電完了後は自動停止機能とともにLED表示にて識別でき、充電中の誤発進防止や過熱保護などの機能は、システム構成の中に採り入れられている。

図12及び写真4に充電器の仕様と外観を示す。

項 目	諸 元
充電方式	定電圧・定電流方式
入 入力電圧	単相 100V±10%
力 入力電流	AC 2A
出 入力周波数	50/60Hz
力 設定電圧	DC 60V
力 消費電流	DC 2.5A（最大）
特 効率	80%以上
性 力率	75%以上
冷却方式	自然空冷
保護機能	自動復帰型過熱保護 充電中の表示（LED） 充電中の誤発進防止

図12 車載用充電器の仕様

入力電圧範囲	36～60 V
出力電圧	12.5±0.5 V
定格電流	3.5 A
定格負荷	42 W
最大負荷	78 W
制御方式	スイッチング方式
周波数	100 kHz
保護回路	過電流保護、温度保護

図13 DC-DCコンバータの仕様

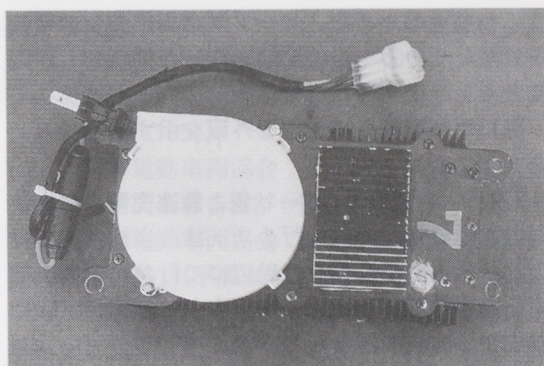


写真4 充電器外観

(2)DC-DCコンバータ

MESTは第一種原動機付き自転車として、一般公道を走行するため、50ccのモーターサイクルと同様に、灯火器や保安部品を装備しなければならない。従って、従来の電装部品用の電源を確保するために、システム電圧48Vから12Vにするための電圧変換装置（DC-DCコンバータ）を搭載した。

当然別の方法として、システム電圧以外に別の電池を搭載するか、あるいは、12V電池4個のうち1個を使用するなどの方法が考えられるが、前者は重量の増加とともに、一括充電の点で課題が残り、後者は1つの電池の容量低下に伴って、走行性能や一充電走行距離に影響を及ぼすことになる。更には、昼間点灯仕様の原動機付き自転車に於いては、両者ともに不利益な面が多いことなどにより、電圧変換の方法を選定した。

搭載したDC-DCコンバータは、一般によく用いられるスイッチング方式を採用し、昼間点灯などの常時使用する負荷はもとより、方向指示器、制動灯、警音器などの負荷変動にも追従できるよ

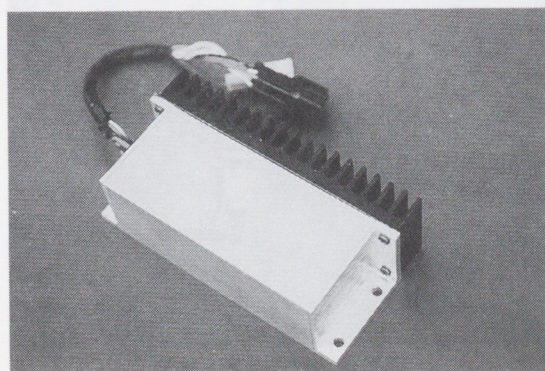


写真5 DC-DCコンバータ外観

うにしている。また、モータ制御用電源とは系統を分離して、万一走行機能を失った場合でも対応できるようにシステムを構成している。

図13及び写真5に仕様と外観を示す。

2.2.5 名古屋モニター状況と急速充電スタンド

名古屋のモニター走行テストは、当社単独ではなく、名古屋市及びその周辺にて行われている「電気自動車普及プロジェクト研究会」の実証試験に参加する方法で行なっている。

電気自動車普及プロジェクト研究会とは、電気自動車の普及に向けて、インフラ整備（特に急速充電スタンド）に関する基礎資料を得るために実証試験を行うものであり、参加者は3自治体24社（内、自動車メーカ：7社）、期間は平成5年から平成7年までの3ヶ年となっている。

平成6年6月時点では、電気自動車56台（内、電気スクータ5台）、急速充電スタンド16基にて実施中であり、当社のMESTも急速充電対応（4輪と同じ急速充電ソケット）し、4月より1台をモニターテスト兼実証試験に参加している。

急速充電スタンドは、多種の電気自動車を利用することができ、30分の充電で電池容量の50%を回復することができる。操作には、車両に対応した磁気カードによって識別され、スタンドの前面パネルに表示される手順に従って、運転者自らが充電操作を行うように製作されている。

こうした実証試験のデータが各月ごとに集計・解析され、運用状況や走行に対する影響など、インフラ整備に関わる諸問題の把握を行おうとするものである。

写真6及び写真7に名古屋市内に於ける走行テストの模様と急速充電スタンドを示す。



写真6 走行テスト風景

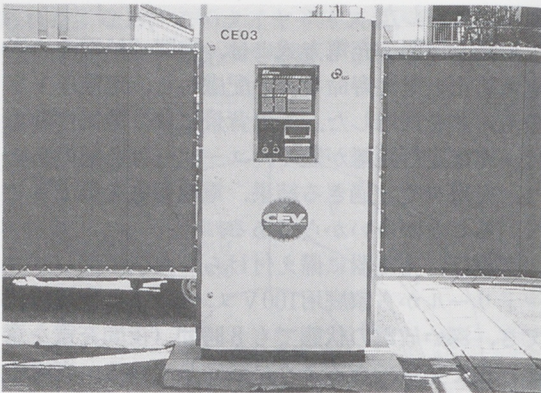


写真7 急速充電スタンド

3 開発問題点と課題

MESTには表6のような問題点があり、課題達成にむけて、努力している。しかし難易度が高く、一般のお客様に満足して頂ける様にするまでには、しばらくの時間を要すると考えている。

表6 MEST開発課題

	問 題 点	課 題	手 段
1	バッテリー寿命小 (ランニングコスト高)	寿命向上 2 倍	・バッテリーエネルギー密度向上と 寿命大幅向上
2	車両価格が高い	1/2	・市場開拓による台数UP ・金型仕様の最適化 ・モータ、コントローラ等の大幅 コストダウン
3	電気制御装置の耐久性、 信頼性	評価基準整 備と基準達 成	・自工会、電動車両協会や自社で の基準作り ・テスト車評価、改良 ・市場モニターによるデータ取り

4 おわりに

電動車のネックは、バッテリーと言われて久しいが、革新的な向上は見られないまでも、改善レベルの積み重ねて年々向上している。世界的にもUSAを中心にバッテリー開発が急速に進んでいるようである。MESTいや電動二輪車は、多量のバッテリーを搭載しなくてすむ近距離アクセスコミュニティーとしてなら、過不足のない航続距離や走行性能が得られることが実感できた。又充電器を車載しているので、充電スタンドの様なインフラが

なくとも、家庭や職場等で充電可能である。

価格さえリーズナブルであれば、十分普及するポテンシャルをもっていると考えている。既に、他社は少量販売やリース販売をしている状況であり、筆者らも追い付きたい気持ちはあるが、「お客様の満足」を思うと前述の課題をクリアにしないからならざるを得ない。

今回の先行開発に際し、多くの協力を頂いた方々に感謝すると共に、「夢をかたちに」できた喜びをわかしあいたいと思います。

■著者



高橋 博幸



高野 正



平岩 久佳

■参考文献（モータ／コントローラの部分のみ）

- 〔1〕 堀，他：「電気自動車用モータ・コントローラの最新技術」自動車技術会電気自動車シンポジウム論文集（1994）
- 〔2〕 日本電動車両協会：「平成4年度電気自動車将来動向調査報告書」（平成5年3月）
- 〔3〕 日本電動車両協会：「低公害車将来技術動向調査報告書」（平成6年3月）
- 〔4〕 日本電動車両協会：「第11回国際電気自動車シンポジウム報告書」（平成5年3月）

プレス型におけるコンカレントエンジニアリング

Concurrent Engineering on Press Die

1 まえがき

燃料タンクは社内成形されるプレス部品であり、オートバイの顔としての外観品質が厳しく要求される。それと同時にガソリンを内蔵するパーツとして安全性も見逃すことができない。近年内面の錆防止にメッキ鋼板が使用され、アウトとインナの合面など精度向上がより一層求められている。

2 コンカレント方式への移行

2-1 概要

プレス成形にはCADでデザインされた金型が使用されるが、デザイン段階での成熟度により、後工程でのリードタイムや製品精度が大きく影響される。

2-2 工程ごとの順次進行方式

以前の工程では情報は直列に流れるため、前工程での不具合が後工程にまで大きく及んでいた。

2-3 コンピュータによるコンカレント方式

そこで設計・解析・加工・測定の情報を集約し、上流工程において事前に対策ができるコンカレント（並列進行）方式を採用した。図1に情報の流れを示す。

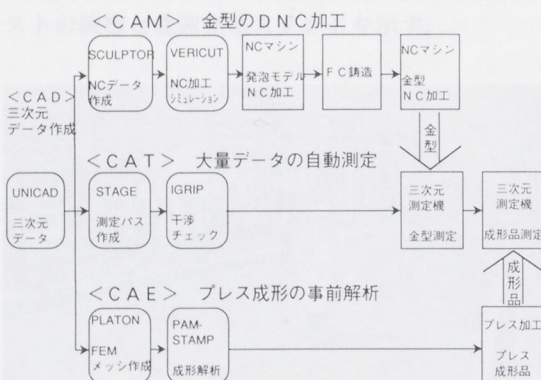


図1 コンピュータによるコンカレント方式

鈴木 章弘*

Akihiro Suzuki

3 コンピュータ新技術の導入

3-1 プレス成形シミュレーション(CAE)

プレス成形における割れやしわの発生を「PAM-STAMP」で予測し、デザインの可否を事前に検討する。XJR400タンクでの実験(写真1)と解析(写真2)の結果例を示す。

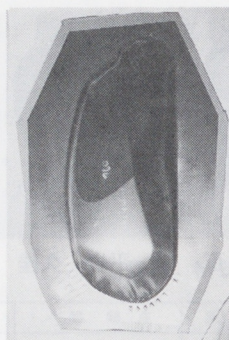


写真1

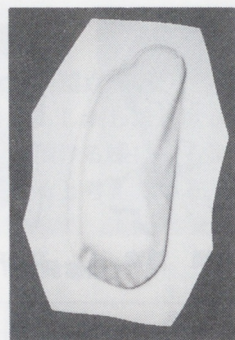


写真2

3-2 NC加工シミュレーション(CAM)

NCデータの精度確認を「VERICUT」で事前に行い、金型加工時の削り過ぎ・削り残し・ツールの干渉を未然に防ぐ。

3-3 金型や製品の自動測定(CAT)

数千点に及ぶ測定データをCADで教示することにより長時間の連続運転を可能にしている。また、測定機とワークの干渉は「IGRIP」で事前検証され、夜間の無人運転も行われている。

一般に測定は見逃されがちであるが、金型加工やプレス成形の結果を上流に戻す唯一の手段であり、現在ではコンカレント方式のキーテクノロジーと位置付けられている。

4 むすび

以上、コンカレント方式の採用により情報のフィードバックと問題点の事前対策が可能になった。今後は新機種への適用を進めていきたいと考えている。

* 生産企画本部 生技開発部

プロペラCADシステム(SPIRAL)の開発

Development of Propeller CAD "SPIRAL"

中浜 良二*

Ryoji Nakahama

斉木 英夫**

Hideo Saiki

伊代田和久**

Kazuhisa Iyoda

岡部 吉彦***

Yoshihiko Okabe

1 まえがき

船外機用プロペラは、従来2次元図面で設計していた。そこで、今回プロペラ設計・型設計専用の3次元CADシステムを作る事により、CAD/CAM連結を図り、試作品及び生産型の作製を容易にしかつ品質の向上を狙っている。

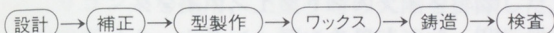


図1 ロストワックスによるステンレスプロペラ製作業務フロー

2 概要

2-1 CADシステム(SPIRAL)概要

プロペラは自由曲面で出来ており、また機能部品である為、形を思い通りに設計・製作するには手間と時間が掛かる。また、今まで形状検討が2次元データであり、その値では翼面がうねる事がしばしばある。そこで、設計において2次元の設計要素より3次元自由曲面データが自動で作成でき、形状評価・修正が容易にできるシステムを開発した。図2は形状作成に必要な要素である。

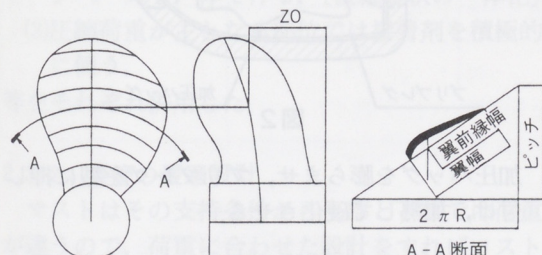


図2 形状作成要素

SPIRALへは、過去のプロペラデータや測定データも同じ手順で取り込める為(図3)、設計値や鋳造補正の入ったデータと測定値の比較もできる。

面のうねりに対しては、断面図を螺旋面に乗せ

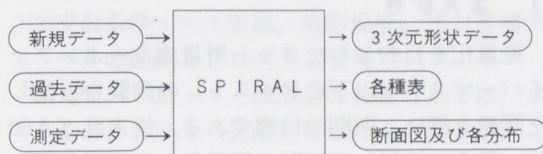


図3 SPIRAL入出力内容

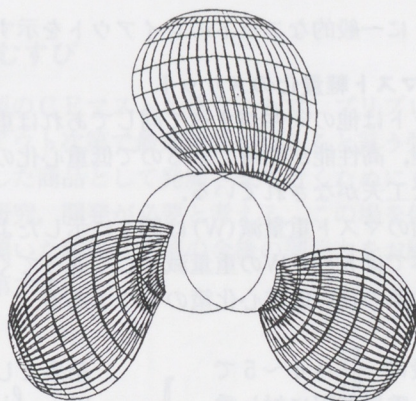


図4 3次元形状例

ずに、展開断面のまま3次元に配置した物を用いて、翼根元から先端方向へのうねりを取る機能を作成した点がポイントである。

2-2 CAD/CAM連結の課題

試作品作製については、NC化がほぼ出来たが生産型作製については、最適な鋳造補正を織り込んで型を作る事が今後の最大の課題である。この鋳造補正については、型とワックス、ワックスと鋳造品の否みを測定し比較する事により補正の最適値を検討している。

3 むすび

SPIRALによって、設計者が納得した3次元データが容易に作れ、後工程に渡せるようになった為、試作品や生産型が、NCや光造形を用いて短時間に作製出来るルートが開けた。

* 三信工業(株) 第1技術部

** 技術本部 開発支援センター

*** 三信工業(株) 技術管理部

ヨット用軽量カーボン・マストの内製化と技術開発

Production of Lightweight Carbon Yacht Mast in YAMAHA and Development of Technology

北川 欽哉*
Kinya Kitagawa

本山 孝**
Takashi Motoyama

白木 一幸***
Kazuyuki Shiraki

鳥居 利通***
Toshimichi Torii

清水 大資*
Daishi Shimizu

藤澤 隆宏***
Takahiro Fujisawaa

松下 正***
Tadashi matushita

1 まえがき

軽量化を目的としたヨット用炭素繊維強化プラスチック（以下CFマスト）の内製を目指した開発を行い、所期の目標である、従来品（A60 61-T6）に対して50%の軽量化、を達成した。

2 概要

図1に一般的なヨットのレイアウトを示す。

2.1 マスト軽量化のメリット

ヨットは他の条件がすべて同じであれば重心が低い程、高性能が期待できるので低重心化の為の様々な工夫がなされている。

今回のマスト重量減(W)は図1に示したように艇全体では5~6Wの重量減として返ってくる非常に効率の良い低重心化策の一つである。

一般に $\frac{\ell_1}{\ell_2} = 4 \sim 5$ でマスト重量減Wに対し重心高さ一定として、バラストキール重量は4~5W減らせる。

結果として、 $W + \frac{\ell_1}{\ell_2} W = 5 \sim 6 W$ の軽量化。

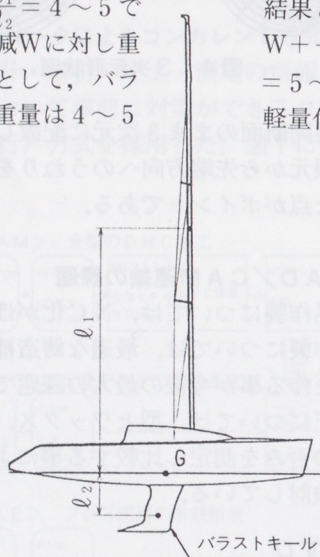


図1

2.2 製造法の選定

CFマストを作るに当っては様々な製法が考えられる。例を挙げると、

- (1) バキューム成形
- (2) フィラメントワインディング
- (3) シートワインディング
- (4) 内圧成形
- (5) オーメクレープ成形

以上は全てプリプレグ*等の仕様を前提とした成形法であるが、今回はこれらの内、品質・コスト・納期の観点から、内圧成形法（図2）を採用した。

*プリプレグ：予め必要量の樹脂を含浸、半硬化の状態にした繊維又は一方方向材で品質が安定、重量管理が楽。

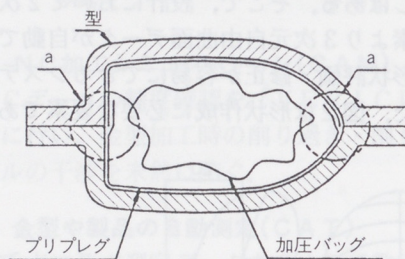


図2

加圧バッグを膨らませ、プリプレグを型に押し付け、加熱して硬化させる。

内圧成形法の特徴は・・・

- (1) プリプレグに高圧をかけられるので高い製品安定性と性能（比強度等）が得られる。
- (2) 型面が製品表面となるので仕上げ工数が少なく済む。
- (3) 合わせ型にも拘らず、ジョイントが成形時に完了し欠陥の少ない構造が得られる（図2-a）。
- (4) オートクレープに比べ設備投資は5~10分の1程度である。

* 舟艇事業部 技術部
** 舟艇事業部 生産企画部
*** ヤマハ蒲郡製造(株)

一方で、

- (5)高い圧力のため、高い型強度、剛性が要る。
- (6)樹脂の逃げ場がないため、パーティング面に樹脂が入り込み、型のエッジを痛める。

等の問題がある。

2.2.1 材料の開発、他

- (1)厚手のプリプレグ・・・既存のプリプレグではプライ教が多く加工費が上がるので、厚手のプリプレグ（ハンドリングを考慮して通常の約2倍）を開発した。
- (2)塗装下地・・・プリプレグと密着性の良いモールドコート用ウレタン塗料を開発、成形時に塗装下地を形成できた。又離型剤にノンシリコン系を採用、上塗り時の欠陥を排除した。
- (3)成形ノウハウ・・・初めての工法で、試行錯誤の結果、数多くのノウハウが蓄積できた。

2.3 技術課題

2.3.1 艀装品の取付

CFマストの素材には主にUDと呼ばれる一方向繊維を使用するが、これを効率良く使うためには可能な限り繊維の連続性を維持する必要がある。(具体的には竹を想像してもらうと良い)。そこに最大数tonもの荷重が加わる艀装品を効率良く取り付ける必要がある。

その方法として

- (1)荷重方向に合わせてパッチ増厚を行う。
- (2)素管からスムーズに変化させたフィッティングベースを一体で作る。〔複雑形状の一体化〕
- (3)圧縮荷重が主となる部位では接着剤を積極的に使う。

等をそれぞれ併用した。

2.3.2 素管の最適設計

マストはその支持条件から上部と下部では荷重が違うので、荷重に合わせた設計をすればコスト・重量とも最小限に抑えることができる。

通常のアルミマストは押し出し材で一定断面しか得られないので、必ず無駄な肉がついていることになる。一方CFマストは必要断面性能に合わせて厚さを変化させ、ゼイ肉を減らすことができる。また、グループ(セールをガイドするレール)はアルミの押し出し材を接着しているが今後、一体成形を考えて行きたい。

2.3.3 品質維持のための諸策

内圧成形法の採用により、人のスキルに頼る部分は大幅に減ったが、材料そのものが持つ敏感さのため、成形諸条件の内の一つが欠けてもNGとなる可能性が高い。

そこで主に次のような管理ポイントについて十分な検討を品証と製造工場の間で行った。

- (1)材料・・・メーカーロットNO、工場内保管状態の記録
- (2)成形条件・・・室温、成形温度、圧力等諸データの記録とプログラム管理
- (3)欠陥、不良・・・成形品の欠陥としては、ボイド、デラミ(剝離)等が考えられるが、これらは打音又は超音波探傷により検査が行われ、必要に応じて修正が行われる。

3 むすび

内製のCFマストと言うことで、プリプレグのレイアウト次第で最適設計が行えると言う強みを生かした商品として発展させて行くためにもさらなる研究、開発が必要と考える。この場を借りて協力頂いた関係各部署の今後の御協力をお願いする次第です。

小型船舶における舵直圧力計測法の紹介

Method for Measuring Direct Rudder Pressure on Small Boat

宮野 定夫*

Sadao miyano

末森 勝*

Masaru Suemori

1 まえがき

旋回中の小型船舶の舵に働く力(舵直圧力)を推定することは、舵の強度設計にとって重要なことである。いくつかの舵直圧力推定式が提案されているが、我々が取り扱っている小型の船に適合するか否かは検証されてはいなかった。

今回、実艇において舵直圧力を計測する手法を開発したので紹介する。

2 概要

図1に示す様に舵軸に歪みゲージを貼る。舵にはプロペラ後流による力が働き舵軸には前後モーメント、左右モーメント及びトルクが働く。これらをブリッジ回路によりに各々のモーメントに分離する。

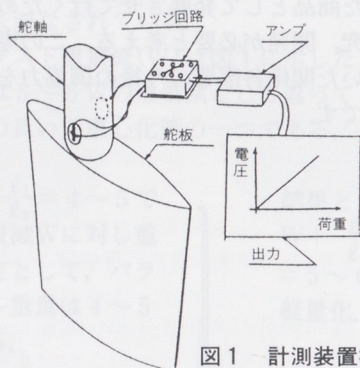


図1 計測装置概要

この計測手法の精度を確認するために風洞において6分力計との比較をおこなった。その結果を図2に示す。

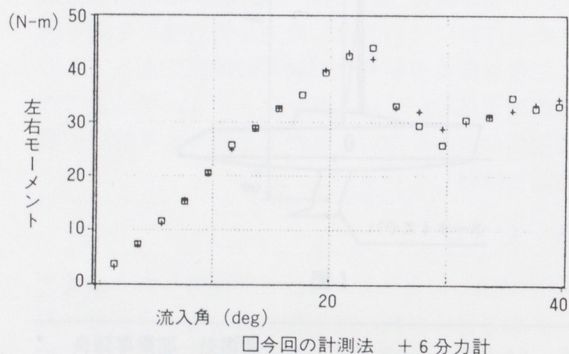


図2 今回の計測法と6分力計との比較

この結果より今回の舵直圧力計測手法の精度が十分であることが確認できた。

3 実艇による舵直圧力計測実験

この計測手法を用いて漁船の舵直圧力を計測し、当社で用いている推定式との比較をおこなってみた。漁船の主要目を表1に示す。

表1 漁船の主要目

全 長	17.31m
排水量	17.0 ton
スピード	23.1 kt
エンジン	600 ps

舵直圧力の計測結果を図3に示す。実艇の計測においては舵の面積中心を圧力中心と仮定し、陸上で既知の荷重をかけてキャリブレーションをおこなっているので計測値は(力)に換算されている。

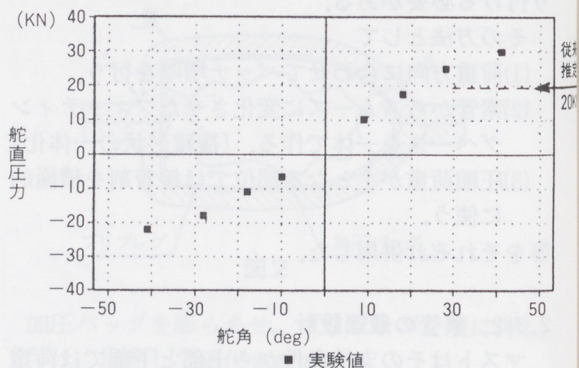


図3 舵直圧の実測値

この結果から従来の推定値は実際の値と大きく差があることがわかった。

4 むすび

今回の計測手法は高価な検力計も大がかりな工事も必要とせず、完成後の実艇にも適用できる。これまで未知だった舵に働く外力を把握し、当社の船に適合した推定式を導く予定である。

* 舟艇事業部 技術部

購買におけるコスト作り

Achievement of Cost Targets by Purchasing Division

1 まえがき

技術者が商品開発するうえで、購入品のコストは少なからず係わりあいがあり、常時、技術と購買の間ではそのやり取りをしている。今回、誌面をいただく機会を得たので、PRも兼ねて購入品のコストづくりについて述べてみたい。なお、コスト作りといっても範囲が広いので、ニューモデルにおけるコスト作りを対象にその特色について触れることにする。

生熊 美知雄*

Michio Ikuma

2 購入品コスト作り込みの特色

特色1 目標コスト制度

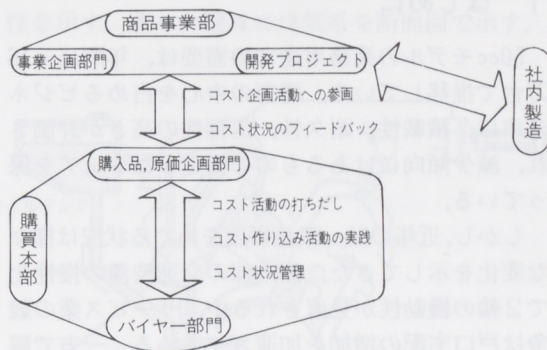
目標コストについては以下の図の様な考え方でニューモデル単位に設定している。購買本部は新規部品それぞれに部品別目標コストを設定し関係する開発部、企画部門と購買が連携した活動を展開

販売価格	目標利益		営業要望コスト		積上げ製造原価	技術部門費
	市場要求価格	売上原価				
		営業要望コスト	目標コスト	営業振替価格		補助部門費
						直接加工費
						材料費

開をする。購買本部ではコスト作り込みの指標として、この目標コスト達成率を各課、各人の状況を把握管理をしている。

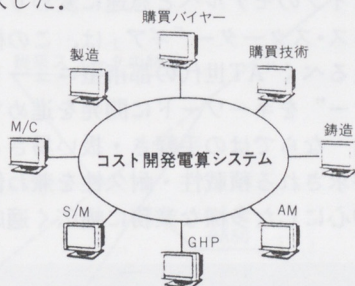
特色2 購買内に原価企画部門がある。

当社の場合、古くから購買内にニューモデルコストの企画・統括する機能があり、これは他社には余り例が無い特異なものである。これらは、当社の様に開発期間が短く、多くの商品が存在するところでは、バイヤー部門の混乱を防ぐ意味でうまく機能しているのではないかと考えている。



特色3 コスト開発支援電算システム

開発期間の短い当社の商品では、コスト情報のスピードが問題解決を左右しかねない。こうした点から開発コスト情報の全社システム化を数年前から導入した。



この全社システム化により、コストのビジュアル化と共有化が進み、『誰でも、いつでも、同じ情報源で、コスト会話の実現』のもと

- ①全社のコスト関心度の向上
- ②業務の質的向上
- ③コスト問題の早期対策

が図られた。

3 むすび

昨今、為替変動を中心とした外部環境の変化が著しい。今後も各事業部と連携したコンカレントエンジニアリングを一層推進していきたい。

* 購買本部 購買技術部

新世代ビジネス・スクーター「ギア」の紹介

New Generation Business Scooter "GEAR"

小林 正典*

Masanori Kobayashi

奥村 英隆*

Hidetaka Okumura

富田 稔**

Minoru Tomita

大西 哲郎**

Tetsuo Ohonishi

太箸 樹巨雄***

Kikuo Hutohashi

1 はじめに

50ccモデルの業務用途での需要は、年間15～16万台で推移している。需要の中心を占めるビジネス車は、積載性、耐久性、信頼性の高さが評価され、減少傾向にはあるものの安定したシェアを保っている。

しかし、近年の50cc業務需要をめぐる状況は様々な変化を示してきた。都市部の交通渋滞の慢性化で2輪の機動性が見直される中、サービス業の競争は戸口宅配の増加を加速させている。一方で雇用形態にも変化が見られ、例えば新聞配達員に占める女性の割合が50%にまで達し、各種宅配サービスも10代のアルバイトが業務の主力を担うなど、そうした例は様々なところに表れている。この結果、使用者のニーズも旧来のビジネス車からスクータータイプのモデルへと急速に変わりつつある。

ビジネス・スクーター「ギア」は、この様なニーズに応えるべく“AT世代の都市型ニュービジネススクーター”をキーワードに開発を進めてきた。スクーターならではの手軽さ・扱い易さとビジネス車に要求される積載性・耐久性を兼ね備え、都市部を中心にした多様な業務に幅広く適応するモ

デルである。

2 開発の狙い

Vベルト式自動変速機やフットボードなど、スクーターの手軽さ、扱い易さをそのまま活かしつつ、積載機能や耐久性などに業務使用を考慮した設計を施し、新世代の業務用スクーターと言うにふさわしい車作りを目指した。

技術開発の観点では次の5項目を開発目標とした。

- (1)20kgを越える重積載でも優れた操縦性・安定性を達成する。
- (2)頻繁な乗降や重量物の積載時にも苦にならない新型スタンドを開発する。
- (3)騒音、排気煙の低減を図る。
- (4)給油やメンテナンスの頻度を低減する。
- (5)鞍の積載への配慮、多様な業種に対応可能な豊富なオプションを並行して開発する。

また、デザイン面では「スマート」「クリーン」「フォーマル」をキーワードに、機能がかたちに表れたシンプルなデザインを心掛けた。



BA50



BA50ST

写真1 ギアの外観

* 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

3 エンジン仕様

重量物積載時の操安性向上の観点から大径タイヤを装着できること、フートボードスペースを広くとれることの2つの理由から、BW'sに使用されていた直立シリンダータイプのエンジンを開発のベースとして選択した。

極力既存の部品を使用して投資の削減を図りつつ、必要に応じて最新技術も投入し、燃費の向上や排気煙の低減など業務用というにふさわしいエンジンの開発を心掛けた。

3.1 性能

吸排気系の容量アップ、掃気・排気タイミングや燃焼室形状の見直しを行うと共に、冷却性の改善を加えることにより冷却ファンのロス馬力低減も図り、ベースエンジンに対して中低速域のトルクアップを狙いとした性能開発を行った。その結果、図1に示すように中低速性能が大幅に向上した。後述の変速特性とあいまって、スムーズでレスポンスに優れた、まさに業務用モデルの要求にマッチした走行性能を得ることができた。車の大きさを感じさせないきびきびした走行フィーリングに仕上がっている。

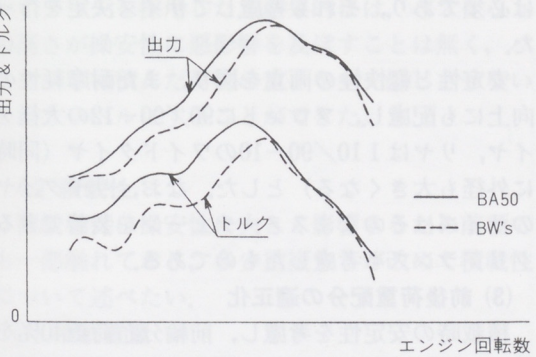


図1 エンジン性能比較

3.2 排気煙低減

93年より東南アジア向けのモデルを中心に採用し、その排気煙低減効果に高い評価を得ているYCLSを、今回スクータータイプのエンジンではじめて採用した。同時に排気系もデフューザーパイプ部に昇温材処理を施すと共にエキゾーストパイプからマフラーまで全体をグラスウールで包み、吸

音効果と保温性の向上を図った。これらによって低～中速回転時に余分なオイルが供給されることがなくなり、またマフラー内での燃焼もし易くなったため、暖気状態ではほとんど排気煙が目視できないまでに低減されると共に、カーボン詰まりもほとんど無いレベルとすることができた。アイドリングで長時間放置した後や低速走行後の急加速時の排気煙も大幅に低減されている。

図2にYCLSのしくみを、図3にオイル供給特性を示す。また、図4に排気系を断面図で示す。

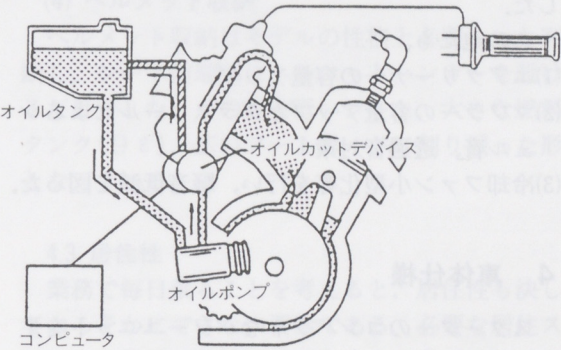


図2 YCLSのしくみ

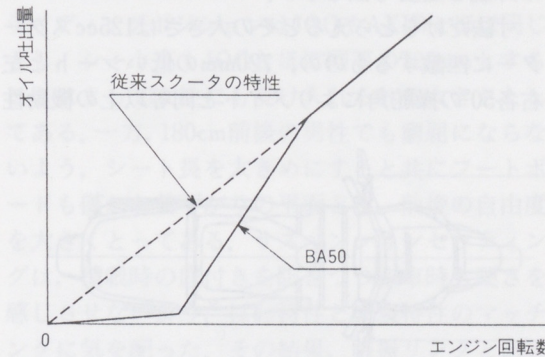


図3 オイル供給特性

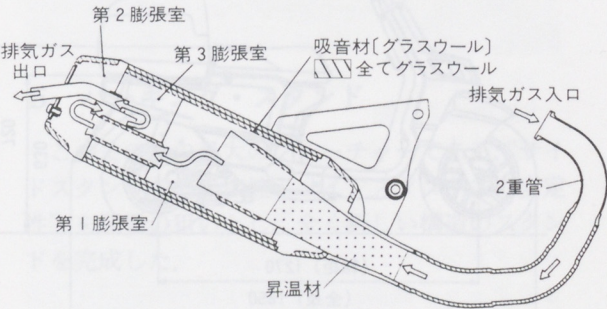


図4 マフラー断面図

3.3 騒音低減

スクーターの便利さを提供するVベルト式自動変速機は、常にエンジンの最大馬力回転数付近を使用することを特徴とする。したがって、(特に小排気量エンジンとの組み合わせでは)誰がどのように乗ってもかなりの高回転域を常用することになる。騒音の低減を図る上でこれは大きなハンディであり、変速点の低回転化はもっとも効果的な騒音低減策のひとつとなる。性能の項で述べた低～中速域のエンジン性能の向上は500rpmも変速点を下げることが可能とし、大幅な騒音低減をもたらした。

この他にも、

- (1)エアクリナーの容量アップ
- (2)マフラーの容量アップとグラスウールによるシエル音、透過音対策
- (3)冷却ファン小型化等を行い、騒音低減を図った。

4 車体仕様

スクーターのコンパクトなパワーユニットを生かし、積載性・居住性・機動性を高次元でバランスさせることを主眼にレイアウトした。図5にその外観と主要寸法を示す。

寸法だけをとりえとするとその大きさは125ccスクーターに匹敵するものの、720mmの低いシートと左右各50°の操舵角によりメイトと同等以上の機動性

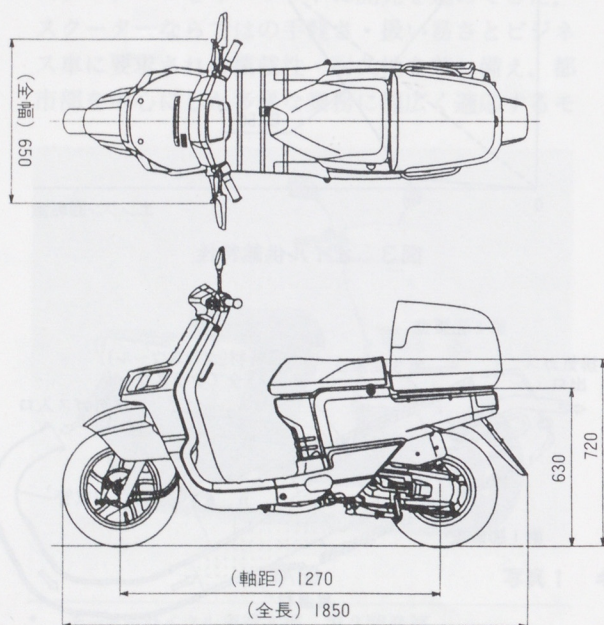


図5 外観と寸法

を確保している。ハンドル～シート～フットボードの位置関係はJOGやAXISとほぼ同じである。従って身長150cm台の女性にも無理なく乗れる。また、フラットで広いフットボードにより180cmのライダーにもけっして窮屈でないライディングポジションとなっている。

4.1 操縦性・安定性

20kgを越える重積載時にも優れた操安性を実現するため、フレーム剛性の向上・ホイール/タイヤの大径化・前後重量配分の適正化・積載位置の適正化等を検討し満足する結果を得ることができた。各々の項目について以下に説明する。

(1) フレーム剛性の向上

積載時の車両重量が125ccクラスのスクーターあるいはそれ以上となるため、剛性も125ccクラスと同等レベルを目標とした。ただし、重量の増加は走行性能だけでなく取扱い易さも損なうことになるため、大径パイプの使用やパイプワークの簡素化など軽量化にも十分に配慮した。

(2) 大径タイヤの採用

スクーターの定石とも言える10'ホイールはスペースを有効利用しミニマムサイズを達成する上で最も重要なアイテムのひとつであるが、重積載時にも優れた操安性を確保する上ではサイズアップは必須であり、それも考慮してサイズ決定を行った。

安定性と軽快性の両立を図り、また耐摩耗性の向上にも配慮し、フロントに90/90-12の大径タイヤ、リヤは110/90-10のワイドタイヤ(同時に外径も大きくなる)とした。なお、リヤタイヤのサイズはそのままスノーチェーンを装着できるクリアランスも考慮したものである。

(3) 前後荷重配分の適正化

積載時の安定性を考慮し、前輪分布荷重40%を狙った設計とした。これは同クラスのスクーターに較べると大幅な前輪荷重の増加である。また、ホイールベースに対して乗車位置を前寄りに配置したことにより、乗車時においてもほぼ同等の荷重分布とすることができ、素直な操縦性が得られた。

(4) 積載位置の適正化

従来のスクーターでは荷物のオーバーハングが大きく、積載時の操安性を向上する上で大きなネックとなる。そのため、後部の荷台(デッキまたはトランク)がリヤホイールの真上にくるように

レイアウトした。更に前寄りにレイアウトすればその分、操安性向上に寄与するもののホイールベースをいたずらに延ばすことにもなるため荷物の重量が前輪分布重量に影響しない位置として選定した。また、操安性向上の効果を期待すると同時に荷物の積み降ろしも容易にするため、荷台の高さも可能な限り低く設定した。メイトに比べると100mm近く下げている。

(5) フロントバスケット取付位置

新聞配達等で大きな役割を果たすフロントバスケットは積載量も10kgを越すため、そのレイアウトが操安性に大きく影響する。ハンドル操作に直接影響するため、影響度は最も大きい。そこで、フロントバスケット（オプション）の取付はフレームから直接ステーを出す構造とした。また、バスケットに積んだ荷物がヘッドライトの光を遮ることがないように、ヘッドライトをバスケット取付部の下にレイアウトした。その結果、(12'のフロントタイヤも影響し) バスケットの取付高さはメイトや従来のスクーターと比較すると多少高い位置となっている。フロントフェンダーを固定式とすれば、そこにヘッドライトを取り付けられるためバスケットの位置も下げられるが、ハンドルを大きく切った状態でフェンダーが残りフロントオーバーハングが大きくなるため、可動フェンダーのレイアウトを採用した。結果的には、バスケットの高さが操安性に悪影響を及ぼすことは無く、バスケットに積んだ荷物の重さを全く感じさせないというレベルにすることができた。

4.2 積載性

積載条件は操安性に大きく影響するため前項でも一部触れており、多少重複するが改めて積載性について述べたい。

(1) 積載重量

積載能力の決定に際しては、アンケートや訪問調査等により営業外交から配達業務まで幅広く使用実態を調査し、大部分のニーズをカバーできるよう設定した。

リヤデッキ又はトランクに20kg、フロントバスケット（オプション）に10kg、合計30kgの積載を可能とした。なお、レッグシールドに設けたフックも10kgの積載に対応した設計となっている。

(2) サイズ、容積

リヤデッキ、トランクの大きさもアンケート等による調査結果を参考に、大半のニーズをカバー

できるサイズとした。また、オプションの大型キャリアとフロントバスケットはニュースメイトと同サイズとしてある。宅配ビザ等で見られる大きなトランクは、業種によって必要なサイズも形態も異なるためアフターマーケットでの対応に頼った方が得策と考え、従ってトランクは標準の一種類のみの設定である。

(3) フートボード

レッグシールド部に設けたフックに鞆を掛けた状態でも支障がないよう、前後・幅方向共に広くフラットなスペースを確保した。

(4) ヘルメット収納

ヘルメット収納はモデルの性格上必要ないと判断し、シート前端部にヘルメットハンガーを設けるだけとした。その分を低いシート、大きな燃料タンク(9ℓ)、広いフートボードに割り振った形となっている。

4.3 居住性

業務で毎日乗ることを考えると、居住性も決しておろそかにできない要素である。必要な居住スペースは男性、女性どちらを中心に考えるかによっても大きく変わってくるが、なるべく幅広く受け入れられるよう十分に考慮した。前述の通り、ライディングポジションはJOGやAXISとほぼ同じとし、シート高もJOGとほぼ同等の720mmとすることによって女性にも受け入れられる大きさとしてある。一方、180cm前後の男性でも窮屈にならないよう、シート長を大きめにすると共にフートボードも僅かな前下がりの平面とし、前後の自由度を大きくとってある。サスペンションセッティングは、積載時の底付きを防ぎつつ空車時も硬さを感じさせないように、ばね特性と減衰特性のマッチングに気を配った。その結果、防振リンクとあいまって非常に滑らかな乗り心地に仕上げることができた。

5 パーキング・スタンド

このモデルの最大のフィーチャーである、“サイドスタンド並の操作性とメインスタンド並の安定性”を開発の狙いとし、全く新しい構造のスタンドを完成した。

5.1 基本コンセプト

積載重量が20kgを越すこと、1日に30～50回の使用が想定されることから、次の3項目を基本コンセプトとした。

- (1) 車を持ち上げず、前後輪接地したままとめる。
- (2) サイドスタンドのように車両を傾けず路面に垂直にとめる。
- (3) モーター等電力を使わず、人力による機械式とする。

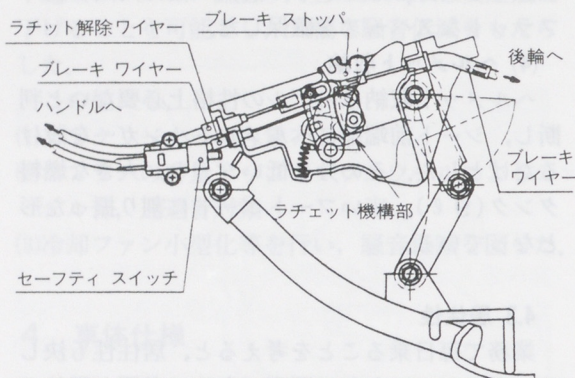


図6 パーキングスタンドの構造 (1)
(ラチェット部とパーキングブレーキ)

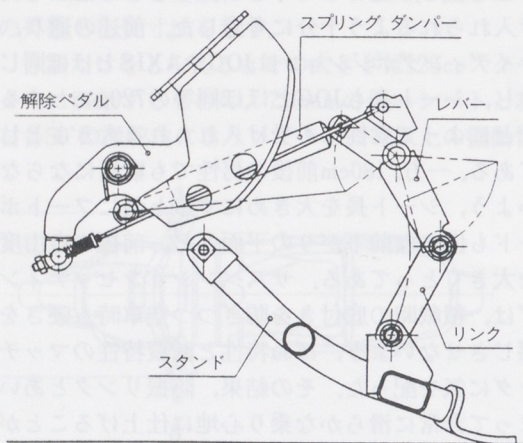


図7 パーキングスタンドの構造 (2)
(ガスオイルダンパーと解除機構)

5.2 構造と作動

構造を大きく分けると、①カンチレバー式のスタンド本体、②スタンドを収納状態に保持すると共にスタンド使用時は伸展させる役割も負うスプリングダンパー、③伸展状態にスタンドを保持するラチェット機構、④スタンド使用時にリヤブレーキを掛けたままとするブレーキストッパー、⑤

スタンドを収納するための解除ペダル、の5つから構成されている。紙面の都合上、詳細な解説ができず十分にご理解頂けないと思うが、図6～7に構造の略図を、また図8に操作方法を示す。

(1) 収納状態

スプリングダンパー（ガス・コイルばね併用オイルダンパー）によってスタンドは収納状態に保持されている。

(2) スタンド掛け

リヤブレーキレバーを握ってスタンドのフットバーを踏むと踏力によってスプリングダンパーが縮められ、中立点を越してからはばね力によってスタンドが接地するまで伸ばされる。スタンドは、ばね力によって地面に押しつけられると共に、縮み方向にはラチェットが掛かりスタンドが戻ることなく保持される。スタンドが出た状態では、ブレーキストッパーが作動してワイヤーを保持し、リヤブレーキが掛かったままとなる。このため、従来のスタンドでは停めることができない下り坂でも停車することができる。

(3) 荷物の積み降ろし

荷物を降ろすと、その分サスペンションが伸び地上高が増加するが、スタンドもスプリングダンパーによって伸ばされ接地状態が保たれる。荷物を積むときはラチェットが掛かっているため、縮むことはない。

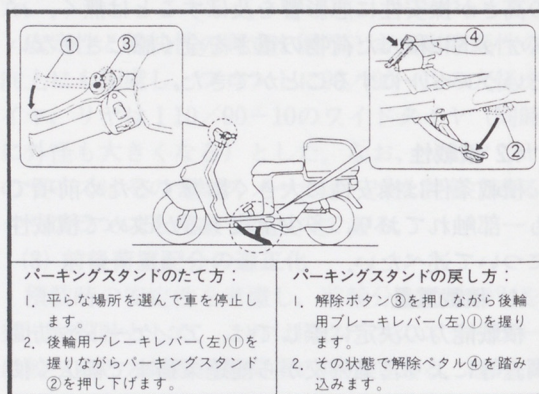


図8 パーキングスタンドの操作方法

(4) スタンドの解除

リヤブレーキレバーの根元に設けられた解除ボタンを押しながらレバーを握ると、ラチェット解除ワイヤーも作動しラチェットが解除される。この状態でフットボード上のペダルを踏むと、スタンドはダンパーを押し縮めながら収納方向へと動き、中立点を越してからはばね力によって収納位

置まで引き込まれる。

(5) 安全装置

スタンドが出た状態でも後輪が接地しているため、アクセルを開けると車が動いてしまう。そこでスタンドに設けた安全スイッチによってCDIユニットのリミッター回路を作動させ、スタンド収納状態でないとエンジン回転が一定以上に上昇しないようにした。

6 オプション

ユーザーの幅広いニーズに対応するため、各種用品をオプションとして設定した。企画、計画段階から部品事業部用品課に参画して頂き、写真2に示すような多種の用品を発売と同時にリリースすることが出来た。

(1) フロントバスケット

ステーを介してニュースメイトと同一のバスケットを取り付け可能とした。新聞配達だけでなく幅広く使える大型のバスケットで、銀行の営業・外交に使用される大きな鞆も収納出来る。

(2) 大型キャリア

新聞をたっぷり積めるよう、これもニュースメイトと同等の大きさとした。また、樹脂製のコンテナや“おかもちキャリア”も簡単に取り付けられるようステーに長孔を設けてある。

(3) リヤバスケット

フロントバスケットの2倍の大きさのバスケット。リヤデッキ上のスペースをフルに利用できる。ゴムバンドで荷物を固定する必要が無く、種々雑多な荷物を載せる場合に便利である。

(4) インナーラック

レッグシールドの内側に取り付けるメッシュのかごで、グローブなどの小物を入れるのに便利で

ある。対称形状として左右どちらにでも、あるいは両方に取り付けられるようにした。

(5) ナックルガード

雨や風から手を守るためのガード。いわゆるハンドルカバーほどの防寒効果は無いものの、厚手の手袋は出来ずかつハンドルカバーも使いにくい、という新聞配達を考慮して作った。従って、レバー操作はもちろんのこと、ハンドルを握ったり放したりという動作の妨げにならず、なおかつ防風・防雨性を最大限に得られるよう形状を工夫してある。

(6) ウインドシールド

ジェット型ヘルメットでも走れるよう、顔面に走行風が直接当たらないと共にシールド越しに路面が視認できる形状と高さとした。幅も広くして、肩口まで防風性を確保してある。

7 おわりに

開発の初期から生産立ち上がりに至るまでの間、開発メンバーだけでなく営業・サービスなど多くの方に乗っていただき、幅広く意見を聴きながら開発を進めてきた。その結果、全ての項目に亘ってコンセプト・開発目標が達成でき、その商品性に高い評価を頂いている。特に、パーキングスタンドの便利さと積載時の操安性の素晴らしさは抜群の評価を頂いており、自信を持って送り出すことができた。多くの方々のご理解・御協力により得られた結果である。紙面を借りて御礼申し上げます。

■著者



小林 正典



奥村 英隆



富田 稔



大西 哲郎



太善 樹巨雄

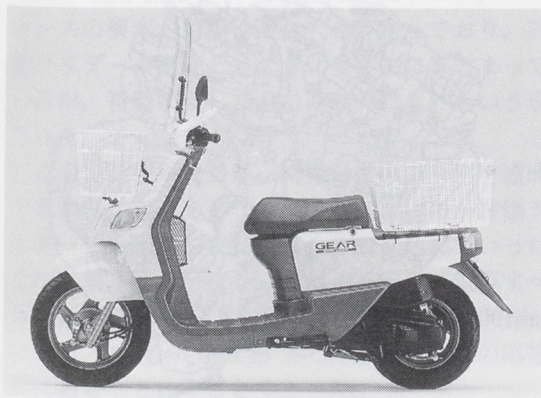


写真2 オプション装着車

ビッグスポーツバイク「XJR1200」の紹介

Big Sports Bike "XJR1200"

宮地 一郎*

Ichiro Miyachi

松木 関央**

Etsuo Matsuki

月花 良市***

Ryoichi Gekka

一木 富士男**

Fujio Ikki

徳永 良一****

Ryoichi Tokunaga

1 はじめに

近年、日本市場において、オーバー750ccの解禁及び本物、上級指向の風潮が強まり大型自動二輪車市場が活性化している。

なかでも市場のマストトレンドとなってきたP-4ネイキッドのカテゴリーにおいて、'93年に発売し、好評を得ているXJR400に続き、XJRブランドをより強固に確立する為に最高峰モデルとして、XJR1200を市場に送り出すこととなった。

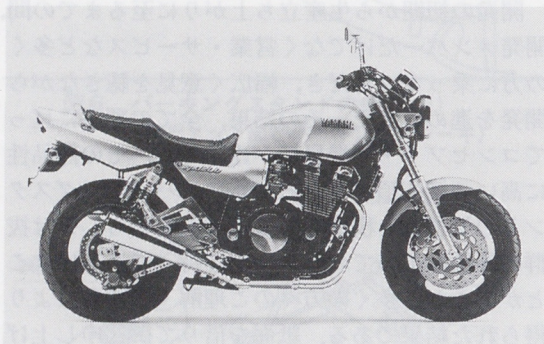


写真1 XJR1200

2 開発の狙い

「日本人の為のビックバイクを作りたい」この大目標に対し、基本コンセプトを次の2項目とした。

- ①大柄で存在感がありフィンの美しい空冷エンジンをオーソドックスにレイアウトされた車体に搭載し、ダイナミック感あふれるスタイリングのなかにもクオリティ感あふれるつくりを実現する。
- ②体感できる高い動力性能とあらゆる走行条件に応えることができる操縦性能でタフで優しい走りを実現する。

これらの開発の狙いを達成するために私達はどの様に開発を進めてきたか、御紹介します。

3 エンジン関係

3-1 エンジンの特徴

大柄で存在感があり美しい空冷エンジンとすることで、欧州市場で10年の実績のあるFJ1200のエンジンをパワーユニットに選んだ。この優れた基本性能をベースに改良を加え、信頼性・操作性・静粛性の向上を図り日本国内を重視した作り込みとした。

3-1-1 主な変更箇所

- ①ヘッドカバー新作
- ②シリンダヘッドフィン大型化
- ③オイルクーラー大型化
(放熱量38%UP)
- ④吸・排気系新作(TPS装着)
- ⑤駆動系廻り変更
- ⑥各部精度見直し

これらにより、デザイン面では更に大柄で存在感のある美しいスタイリングとなった。

また、機能面においては冷却性を向上し、クラッチ・シフト操作系も機能充実を図った。

性能面については、日本国内を重視し、低・中速域のパーシャル性能・過渡特性向上を図った。

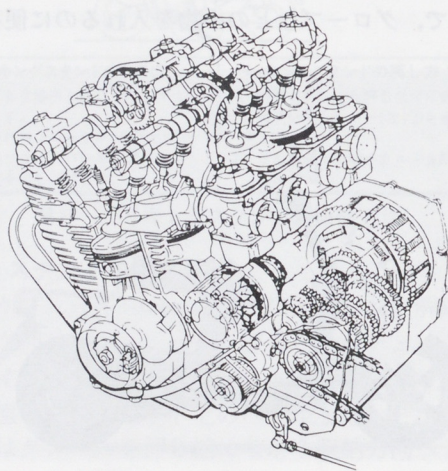


図1 エンジン外観図

* モーターサイクル事業本部 第1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

**** Y. M. T.

3-2 エンジンキャラクターの開発

基本コンセプトからエンジンキャラクターの作り込みの出発点は、「日本国内の使用条件において、1200ccのビックスバイクに乗る満足感を十分に味わえる事」であった。

二輪車の法定速度が80km/hの日本国内の道路において、乗って楽しめる為には〔図2〕の車速線図に見るように、2000rpm付近からの作り込みが重要になる。例えば、4000rpm以上で楽しいエンジンを作っても乗って楽しめる車速域が高くなりすぎる。こういった考えをベースに走り感の定量化手法を使って開発目標値を設定した。〔図3〕

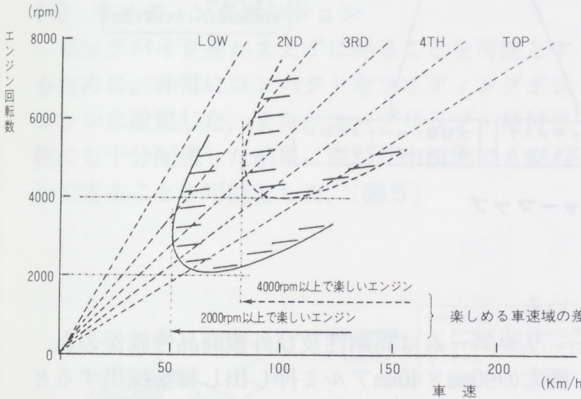


図2 車速線図

今回、走りの特徴を表現するファクターとしてトルク、レスポンス、スムーズ、パワー、コントロールの5要素を抽出し、目標としては〔図3〕の中央上側のチャートに示す、トルクとレスポンスを強調した設定とした。

次に開発初期の試作車の評価を実施したところ、〔図3〕左下側のチャートとなり特にトルク、レスポンスの要素が目標に対し大きく劣っており、評価ライダーの指摘としても「全体的にまとまっているが、特徴に乏しく面白みに欠ける」という事だった。

この評価結果を受け、開発目標の走り感を達成する為にはどこをどう改良すればよいのか評価ライダーとも議論を重ねて焦点を絞り込んでいった。その結果、明らかになったポイントは“重視すべき運転領域と条件は、当初の予想どうり4000rpm以下でスロットル開度10°までの低開度領域の応答性にある”ということであった。

XJR1200 走り感の定量化
(開発目標と経過)

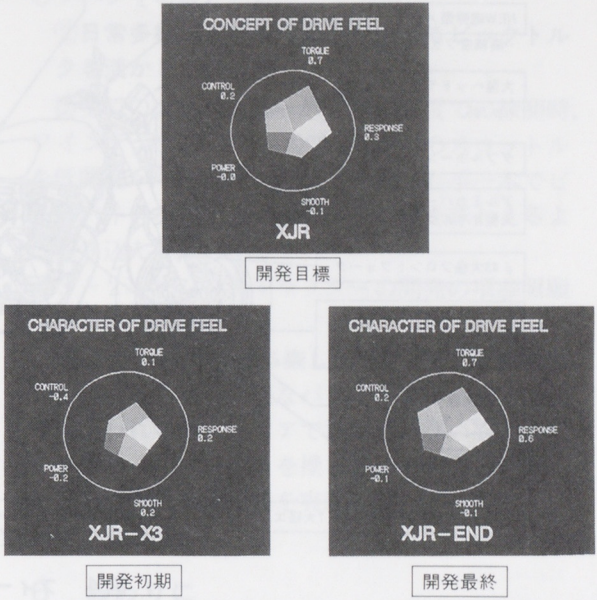


図3 走り感の定量化

以上の分析結果を基に、操作系、吸排気系、点火系、駆動系などの車両全般にわたるスペックの見直しを実施した。

その内容について以下に説明する。

①キャブレター過渡特性の改良

キャブレターとしては特に低開度域での、より早い応答性を得る為にスロットルバルブの動作を速め、燃料追従性を高める方向での作り込みを行った。

②マップ制御仕様の検討

エンジン回転数とスロットル開度により点火タイミングを決定するマップ制御システムを採用した。これにより、特にこの車にとって重要な低開度域のエンジンセッティングを大幅に充実させる事ができたが、その仕様決定に当たっては数多くの走行実験を重ね時間をかけて作り込みを行った。

③駆動系の検討

ライダーがアクセルを開けた瞬間から、後輪が駆動力を発生して路面を蹴るまでのタイムラグをできる限り小さくして、いわゆるダイレクト感を高める為に、エンジンマウントの仕様や、ホイールダンパーの硬度などに検討を加えた。

このような見直しを実施した後、最終仕様にて

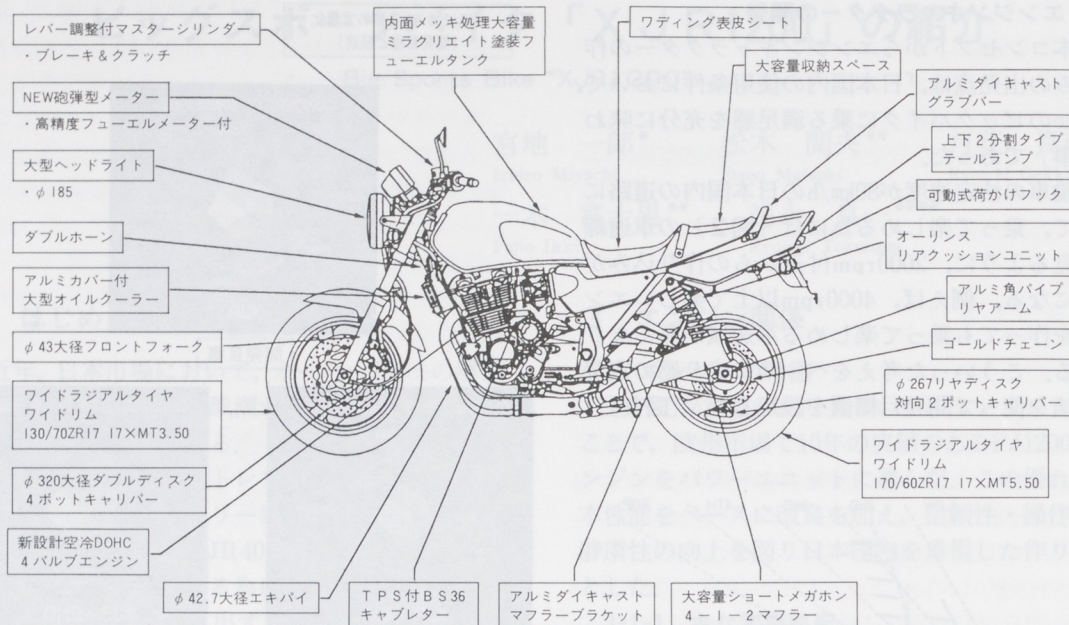


図4 フィーチャーマップ

再度走り感評価を行った。その結果は「図3」右下側のチャートであり、改善の主眼であったトルク、レスポンスのファクターで目標と同等以上のポイントを得ると共に、懸念されたコントロール性の低下も無かった。トータルで目標としていた走り感を得ることができた。

4 車体関係

4-1 車体の特徴

ネーキッドバイクの定義の一つに、「70年代のオーソドックスな車体レイアウトにエンジン・キャブレターがいばって存在すること」がある。このXJR1200は70年代のレイアウトを踏襲しつつも、現代の技術を加味し、大型バイクを自由に操り次元の高い走りを実現すると共に頂点モデルにふさわしいスタイリング・機能・装備とした。〔図4 フィーチャーマップ参照〕

4-1-1 フレーム・リアアーム

高速走行時の安定性を確保しつつ、軽快なハンドリングとなるよう車体剛性及び、デメンションを設定した。

フレームはメインパイプ部に外径φ38.1mm厚さ2.0mmの高張力鋼管を使用。エンジン搭載性向上の為、右側ダウンチューブの一部を脱着式として

いる。

リアアームは高剛性及び外観商品性確保の為、極太の90mm×40mmアルミ押し出し材を採用すると共に、リアアクスル廻りにアルミ削り出し材を使用し剛性の向上とともにクオリティの高い仕上がりとした。

4-1-2 サスペンション

フロントフォークはテレスコピックタイプとし大径φ43mmのインナーチューブを採用した。

また、リアサスペンションはコンベンショナルな2本タイプとした。初めての試みとしてスウェーデンのオーリンズ社とのライセンス生産品を採用し性能の向上と共に高い外観商品性を生み出している。

4-1-3 ホイール・ブレーキ

前後17インチのワイドリム・ワイドタイヤを採用し、骨太感・迫力を演出すると共にビクトルクを受け止め軽快でコントロール可能なハンドリングを生み出している。

ブレーキはフロントに大径φ320mmのディスクローターに対向4ポットキャリパーをダブルで装着し強力な制動能力とコントロール性を両立している。また、リアにはφ267mmのディスクローターに対向ピストンキャリパーを下付けに装着しスポーツ性を強調している。

4-1-4 コオリティ感のあるパーツ類

ヘッドライトステー・エンジンブラケット・チェーンケース・フットレストブラケット・ペダル・ステップ・グラブバー等、多くのアルミ部品を採用すると共にクリヤー塗装・アルマイト・バフパレル等最適な表面処理に依り更にコオリティ感を強調させた。

4-1-5 利便性への配慮

正確なフューエルメーター・ダブルホーン・レバー調整機構・ハザードランプ・荷掛けフック・サイクルロックや週刊誌の入る収納スペース等により利便性の向上を図った。

4-2 ライディングポジション

ビックバイクをかまえずに操ることを可能とするために、非常にコンパクトなライディングポジションに設定した。また、ニーグリップ・足付き性にも十分配慮した結果、混んだ市街地でも安心して走ることを可能とした。〔図5〕

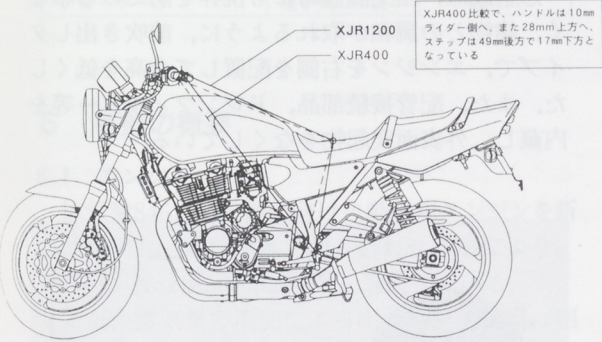


図5 ライディングポジション比較

5 “走り”のこだわり

走りに対する開発の狙いを実現するために、次の3点について特にこだわり作り込みをした。

①極低速における安定感・扱いやすさ

ビックバイクを多くの人たちに受け入れられ、楽しく乗っていただけるかどうか、安定感・扱いやすさが重要な要素になってきます。

これを日常で体験する一つにUターンがあります。XJR1200ではエンジンの極低での粘り・トルクの大きさと、重心の高さ・ハンドル切れ角・ア

ライメント・サス・タイヤ等車体関係とのマッチングの良さから極低・フルロックでいとも簡単にUターンを可能とした。

②日常多様域で味わうことができるビックトルクを活かした加速感

街中での2～3000rpmからの低開度での徐開時、ワインディングでの3～4000rpmからのスロットルを低開度から中開度へ開けたとき、右手一本でビックバイクならではの力強い加速感を味わえるよう作り込んだ。

(3-2 エンジンキャラクターの開発の項参照願います)

③ビックバイクを操る楽しさが体感できる操縦性

1200ccからくる強烈なパワーをヤマハ流と世間では言われているリニアで接地感の高い旋回性により600～400ccクラスを操っているように錯覚するほどの軽快な操縦性を実現した。

6 おわりに

XJR1200は国内市場において、市場をリードする最高峰モデルとして開発を進めてきた。結果として、国内市場・雑誌等で高い評価を得ることができました。この評価が今後とも継続するよう力を入れていきたいと思ひます。最後に、開発にあたり御協力をいただいた皆様に紙面をお借りして深く感謝したいと思います。

■著者



宮地 一郎



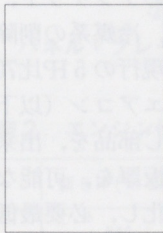
松木 関央



月花 良市



一木 富士男



徳永 良一

新 5HPGHP「MG5」の紹介

New 5HPGHP「MG5」

佐藤 敏光*

Toshimitu Sato

1 はじめて

GHPも、最初の2HPが市場に出てから7年が経過した。この間、3HP、3HPマルチ、5HP7、5HP、20HPとシリーズ化を行い、家庭用から業務用、更にはビル用マルチへと、巾広い市場ニーズに応じて来た。この様にシリーズ化により、順調に台数を伸ばして来たGHPであるが、その販売が従来のガス会社ルート主体である事もあり、市場への浸透を計り切れていなかった。今回紹介させて頂く、新5HPGHP(以下型式名MG5と呼ぶ)は従来モデルに対し、大巾なコストダウンを行い、流通ルートの利益を確保し、新たな販売ルート開拓を、目指したモデルである。

2 開発のねらい

具体的には、以下の3点を主な開発のねらいとした。

- (1)従来の5HPモデルに対し、20%以上のコストダウンを行う。
- (2)排気ガス自主規制値である、Nox500ppmをクリアする。
- (3)定期点検期間(メンテインターバル)を、現行の2倍である、4000時間毎に延ばす。

3 コストダウン設計のポイント

実際に設計するにあたっては次の4点を徹底的に追求した。

- (1)外板フレーム類のブラケット、ワイヤーハーネスのサブリード、冷媒系の削除可能部品を減らし、部品点数を現行の5HP比70%以下とする。
- (2)電気パッケージエアコン(以下EHPと呼ぶ)使用部品と全く同じ部品を、出来る限り使用する。
- (3)外板パネル類の板厚を、可能な限り薄くする。
- (4)機能をシンプル化し、必要最低限以外の機能は

オプション化又は制限をする。

4 仕様諸元

集中制御機能(同時に数台のGHPをコントロールする機能)のオプション化、配管長等に制限を加えたが、室外機騒音値の低減、暖房能力の向上、設置面積の低減等、実使用時の機能向上を計っている。(表1)

5 外観

窓下設置、屋上設置時にも視界を防たげる事なく、建物との調和が取れるように、前吹き出しタイプで、エンジンを右側に配置して全高を低くした。また、配管接続部品、ドレンフィルター等を内蔵し、外表面突起物をなくしている。

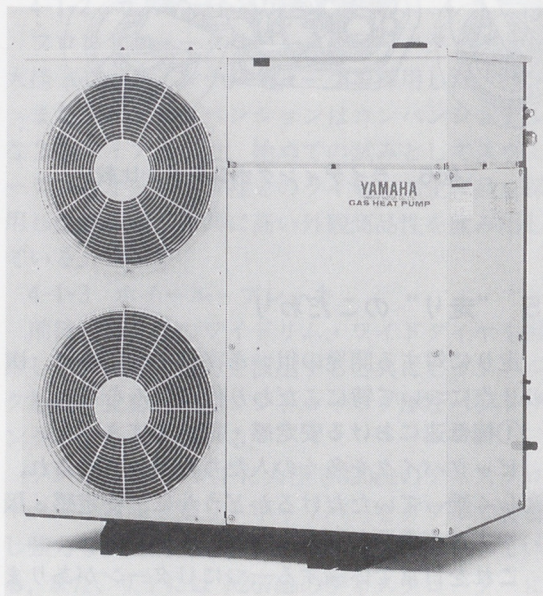


写真1 外観

* GHP事業部 開発部

表1 仕様諸元

モデル名	新5HP(MG5)	5HP従来モデル
外形寸法(mm)	高さ	1310
	横幅	1190
	奥行き	680
装備重量(kg)	303	320
電源(V)	AC200(単相)	AC200(単相)
室内外高低差(m)	30(外上)/25(外下)	30
室内間高低差(m)	0.5	4
配管長(m)	50	60
冷房性能(Kcal/hr)	8900~12,500	7,500~12,500
燃料消費(m3/hr)	0.77~1.55	0.58~1.55
暖房性能(Kcal/hr)	8700~16,000	7,300~15,000
燃料消費(m3/hr)	0.69~1.69	0.51~1.58
騒音(dB(A))	57	59
整備性	メンテ正面, 右側面	メンテ正面, 右側面
メンテインターバル(hr)	4,000	2,000
設置面積(m ²)	2.78	3.71
室内機バリエーション	天カセ(4方)	天カセ(4方)
	天カセ(2方)	天カセ(2方)
	天吊	天吊
	天埋	天埋
	ビルトイン	ビルトイン
	床置	床置
低温冷房(℃)	-5	10
エンジン排気量(cc)	846.1	553
集中制御	オプション	標準
マルチ化対応	別モデル	標準
アワーメータ	電子式LED表示	機械式

6 各部の概要

6.1 エンジン

排気量846.1ccの輸出向け自動車用エンジンを新たに採用し、希薄燃焼を組み合わせる事により、12モードNox値500ppm以下を達成している。

また、排気量の増加による出力向上の結果、相対的にエンジン回転数を低く設定できている事も、

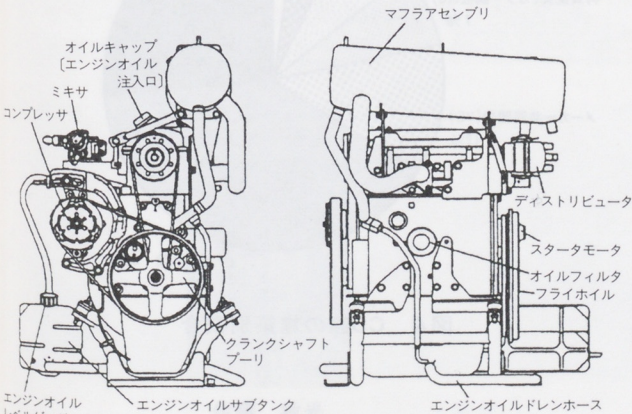


図1 エンジン外観

システム全体の騒音低減に寄与している。このエンジンの性能を表2に示す。

ベースの自動車用エンジンに対し、ピストン、ピストンリングまわりの改良によるオイル消費の改善、白金プラグ採用による長寿命化、更にオイルタンクの増量も行い、メンテインターバルの4000時間化を実現した。このオイル増量用補助タンクにはGHPとして初めて、ガラス入りナイロンのブロー成形品を採用し、高温度下での長期信頼性を確保している。(図1)

6.2 フレーム・パネル・カバー

(1)フレーム

7.5HPモデルとフレーム寸法及び据付けベース部品を共通化した。(図2)

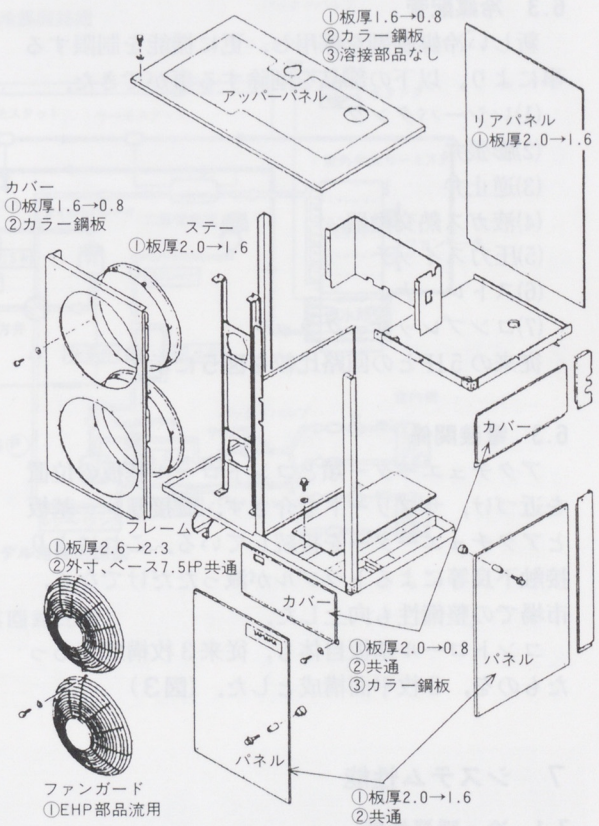


図2 パネル・フレーム仕様

表2 エンジン性能

	新5HP(MG5)	5HP従来モデル
排気量(cc)	846.1	548
最大出力(PS/rpm)	13.8/1900	11.6/2500

(2) パネル・カバー

メンテナンス面である前面及び側面のパネルは、共通部品である。

アッパーパネル、フロントカバー等エンジンルームまわり以外には、厚さ0.8mmのカラー鋼板(プレコート鋼板)を採用し、防錆性能向上とコストダウンの両立を計った。

また、固定用ブラケットは使用せず、各部品を直接固定する構造を取っている。(図2)

(3) ファンガード

現在、EHP量産機種に使用されている部品をそのまま部品メーカーより購入し、使用している。(図2)

6.3 冷媒配管

新しい冷媒制御を採用し、更に機能を制限する事により、以下の部品を削除する事ができた。

- (1) レシーバタンク
- (2) 膨張弁
- (3) 逆止弁
- (4) 液ガス熱交換器
- (5) 圧力スイッチ
- (6) ストレーナ
- (7) コンプレッサクラッチ

従来の5 HPとの回路比較を図5に示す。

6.3 電装関係

アクチュエーター類とコントロール基板の位置を近づけ、サブリードを介さず、直接リレー基板とアクチュエーターを接続している。これにより接触不良等によるトラブルが減っただけでなく、市場での整備性も向上した。

コントロール基板自体も、従来3枚構成であったものを、2枚平面構成とした。(図3)

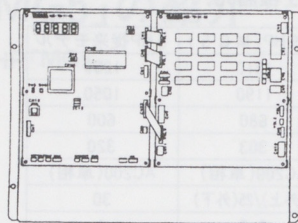
7 システム性能

7.1 冷・暖房性能

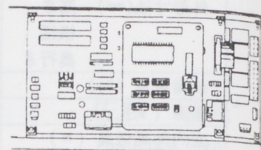
冷媒制御方法の改良により、暖房性能を1000kcal/hr向上し、EHPに対する優位性を確保すると共に、低温冷房も -5°C まで可能とし、寒冷地での使いやすさを増した。

7.2 騒音値

室外ファンの大径低回転化、エンジン使用回転



新 5 HP (MG5) 基板



5 HP 従来モデル基板

図3 基板構成

数の低下により、従来比 -2 dB(A) の57dB(A)の騒音値を達成している。

8 おわりに

以上、大巾なコストダウンを目標に開発した、MG5について紹介した。コストダウン額は当初の目標はやや下回ったが、かなり近いレベルで達成できた。施策別に見ると、設計上によるものが、70%以上を占めているが、全体としての成果は、GHP事業部のみならず、購買部、創輝(株)、各部品メーカーの皆様の協力のおかげと考えている。(図4)

あのなつかしい男性用化粧品と同じ型式名ということで、親しみを持って協力して頂いた皆様にここで改めて御礼をするとともに、MG5の販売拡大に期待したい。

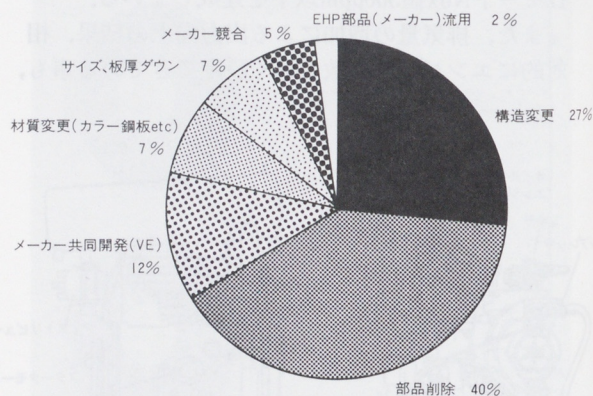


図4 CD額の施策別割合

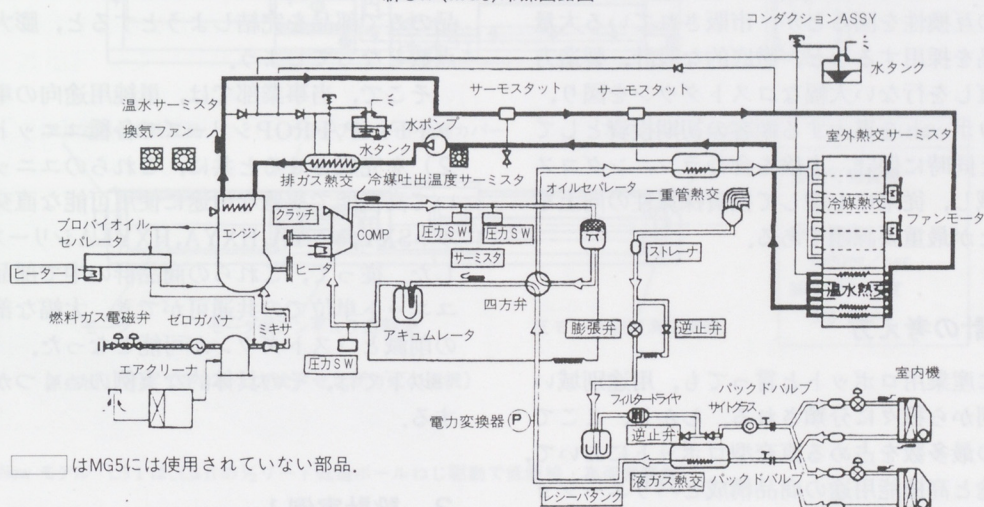
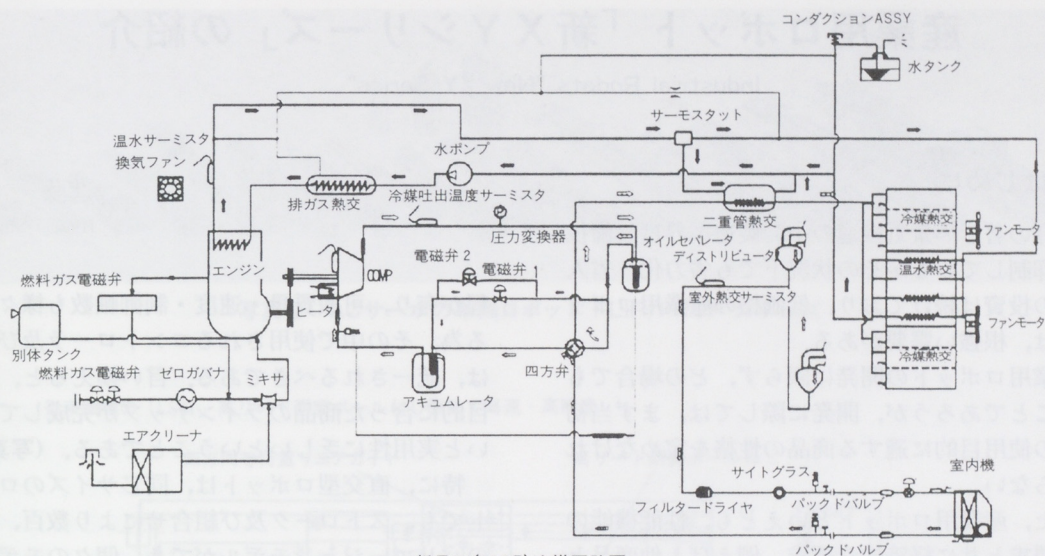
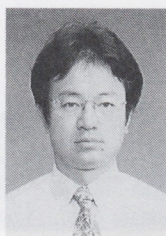


圖 5 冷媒回路比較

■著者



佐藤 敏光

産業用ロボット「新XYシリーズ」の紹介

Industrial Rodots "New XY Series"

1 はじめに

昨今の著しい景気後退の中、製造業界は設備投資を抑制しているがその状況下でも省力化、省人化への投資は続けており、低価格の産業用ロボットには、根強い需要がある。

産業用ロボットの開発に限らず、どの場合でも同じことであろうが、開発に際しては、まず当初にその使用目的に適する商品の性格を定めなければならない。

また、産業用ロボットといえども、性能機能の向上要求と共に経済的な要求、例えば、他商品との部品の互換性を図るとか、市販されている大量規格部品を採用するなど、徹底的な設計、製造方法の見直しを行ない大幅なコストダウンを図り、産業用ロボットを導入する顧客の初期投資としての価格と同時に保守、点検を含むランニングコストを低減し、従来にも増して投資採算性の向上を図ることが最重要課題である。

2 設計の考え方

一概に産業用ロボットと言っても、用途別域いは形態別から種々に分類される。しかし、ここでは需要の最多数を占める直交型ロボットにおいて、単純用途と高機能用途の商品構成とバリエーション展開について説明する。

産業用ロボットは、他の商品と異なり一商品だけ価格機能的に優れたものが開発できたとしても、産業用ロボットの使用条件から十分ではない。なぜなら、一つの生産ラインの中でも種々の作業工

進藤 弘*

Hiroshi Shinto

程が有り、可搬質量・速度・制御軸数も様々である為、その中で使用されるコントローラ及び言語は、統一されるべきである。言い換えると、使用目的に合った商品のラインナップが完成していないと実用性に乏しいということである。(写真1)

特に、直交型ロボットは、同じサイズのロボットでも、ストローク及び組合せにより数百、数千のバリエーションモデルができ、個々のモデル商品のみで部品を完結しようとする、膨大な部品点数となってしまふ。

そこで、当事業部では、単純用途向の単軸ロボットFLIP/FROPシリーズで各種ユニット(写真2)を完成させると共に、これらのユニットを用いて高機能で複雑な用途に使用可能な直交型ロボットSXY, MXYA, HXYA, HXYLAシリーズを構築した。従って、これらの商品群の中で部品単位、ユニット単位での共通可ができ、大幅な部品点数の削減とコストダウンが可能となった。

以下では、その具体的な実例のいくつかを紹介する。

3 設計実例 1

小型単軸ロボット「LSI」は、当社従来機種「LSII」に対し、駆動用ボールネジに1/2リードの転造品を仕様し、可搬質量を20kgから45kgにアップしながら、一方コスト面で各種構成部品の徹底

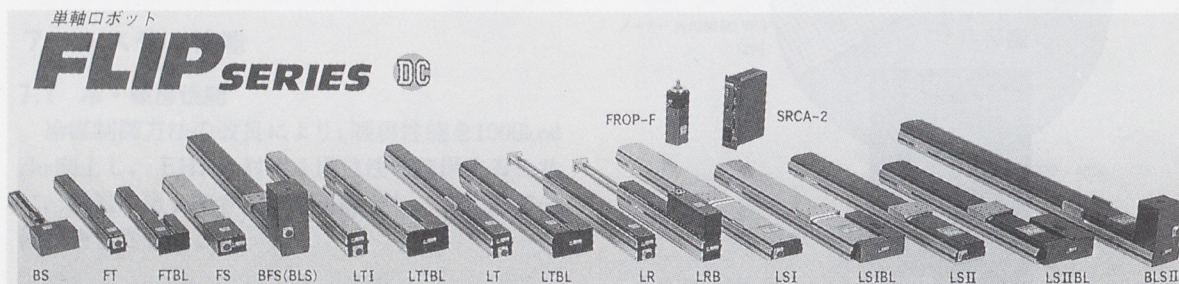


写真 1

* IM事業部 技術部

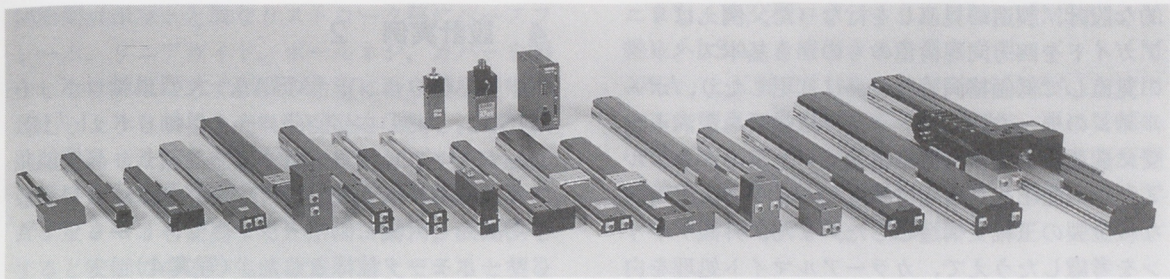
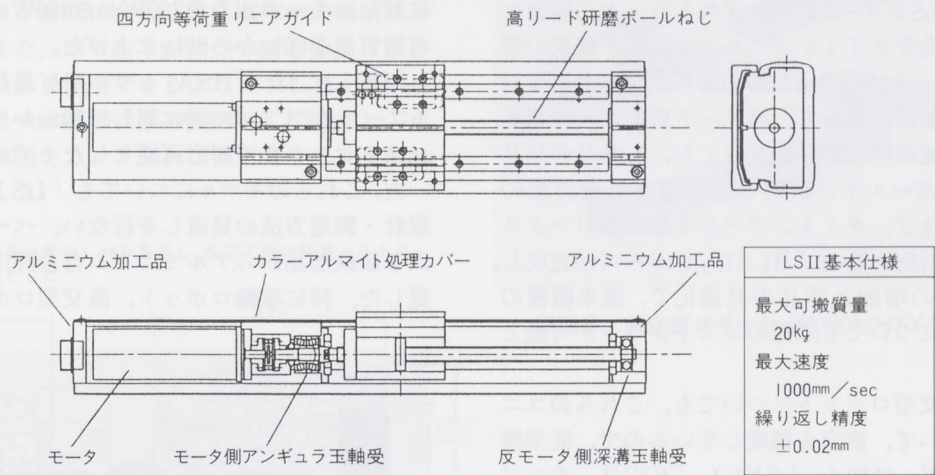


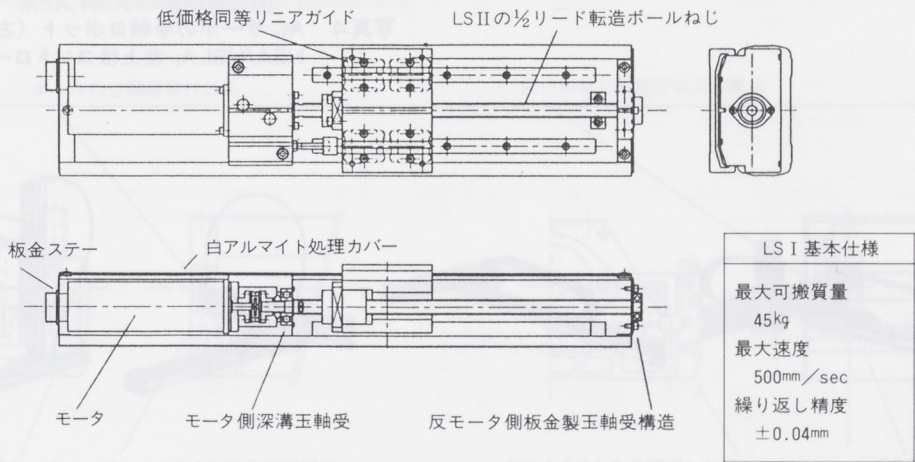
写真2 ACサーボの単軸ロボット FLIP/FROP シリーズ

従来機種の「LSII」高リード研磨ボールねじ駆動で高速・高精度



原点出し方式（突き当て方式／センサ方式の選択）

New モデル「LSI」は、LSIIの1/2リード転造ボールねじ駆動で低価格・高荷搬質量



原点出し方式（突き当て方式のみ）

図1 新機種の改善点

的な設計、製造の見直しを行なった。例えばリニアガイドを四方向等荷重のものから基本スペックの見直しで低価格同等性能品に変更したり、ボールネジのモータ側のアンギュラ玉軸受を深溝玉軸受に変更、反モータ側の玉軸受ハウジングをアルミニウム加工品から組付精度のバラツキ吸収可能な板金製の玉軸受構造とした。また、外観デザインを考慮したうえで、カラーアルマイト処理を白アルマイトに変更したり、その他機械加工や製造面で見直し検討を行なった結果、メカ部分の価格で38%~42%のダウン、コントローラを含むセット価格で20%~25%のダウンを達成した。(図1)

また、LSシリーズのロングストロークの需要に応え、駆動をタイミングベルトとして、従来の最長ストロークが1050mmを2050mmストロークまで対応可能とした。よって、高リード研磨ボールネジ駆動の高速高精度の「LSII」と、LSIIの1/2リード転造ボールネジ駆動で低価格高可搬質量の「LSI」及び、タイミングベルト駆動のロングストローク対応可能な「BLSII」シリーズが完成し、販売台数の増加と部品の共通化で、従来機種の「LSII」についても同様のコストダウンが可能となった。

小型直交型ロボットについても、これらのユニットを用いて、直交を構成しているのので、従来機種の「SXY」に加え、「SXYI」「SXYL」のシリーズが完成し、軸構成の豊富さ(アームタイプ・ムービングアームタイプ・ボールタイプ・XZタイプ・ガントリタイプ等)も加えて顧客のあらゆる用途に対応可能となった。(写真3)

4 設計実例 2

中型単軸ロボット「MSA」、大型単軸ロボット「HSA」、大型ロングストローク単軸ロボット「HSLA」についてもフルモデルチェンジし、高機能化すると同時に最大38% (該当機種「HSLA1150」) 平均30%と大幅に価格ダウンさせ、しかも全てACサーボモータ仕様とした。(写真4)

「MSA」は、当社従来機種「MS」に対し、リニアガイドの剛性アップを図り、モータ出力を180Wから300Wに変更、可搬質量を40kgから60kgに増大した。「HSA」についても当社従来機種「HS」に対し、モータ出力を300Wから400Wに変更し、可搬質量を60kgから80kgに上げた。

「HSLA」は、「HSA」シリーズが最長1050mmストロークまでしかないのに対し1150mmから最大2050mmストロークまで対応可能としたモデルである。一方、これらのモデルについても「LSI」同様の設計・製造方法の見直しを行ない、ベースフレームを鋳鉄部品からアルミニウム合金押出し材に変更した。特に単軸ロボット、直交型ロボットは、

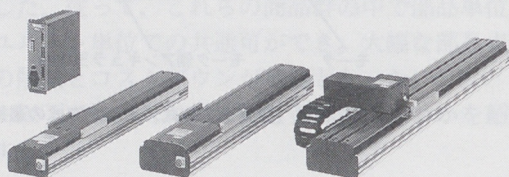


写真4 ACサーボの単軸ロボット (左より MSA/HSA/HSLA, 左上はコントローラSRCA)

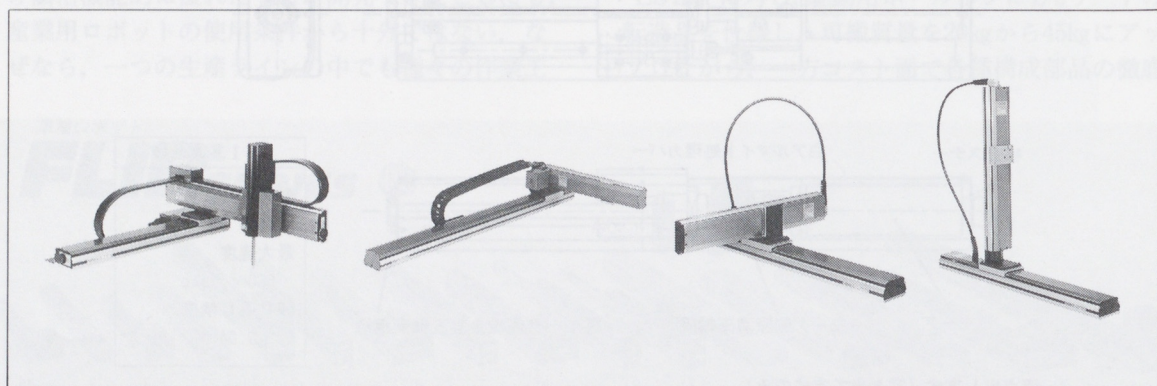


写真3 直交型ロボット (左より SXYアームタイプZRS付き4軸仕様/SXYLアームタイプ軸仕様/SXYムービングアームタイプ2軸仕様/SXYボールタイプ2軸仕様)

関節型ロボットと異なりストローク毎にベースフレーム、リニアガイド、ボールネジ、カバーを製作しなければならず顧客の希望に合う商品を短期対応しようとする売れ筋商品を予測し、部品納期に合わせた部品在庫を持たなければならない。単品又は小量生産の場合には、ベースフレームに、ダイプレートを使用するかアルミ鋳物、鉄鋳物とすると安価であるが生産数量が増えてくると型を起こして、アルミニウム合金押出し材とする方が、更に安価となる。ベースフレームカバー類をアルミニウム合金押出し材とした場合、機械加工が簡単になるので、短納期でも注文を受けてから加工してからも十分間に合い、部品在庫の大幅削減ができた。また、ボールネジについても極力メーカー標準在庫のまま使用できるようにする為、ボールネジの反モータ側軸受部の段付加工を廃止し、ボールネジ軸端をカットすれば使用できるようにした。(図2, 3)

アルミニウム合金押出し材を多用し、加工工数の軽減とストローク対応を容易とした。

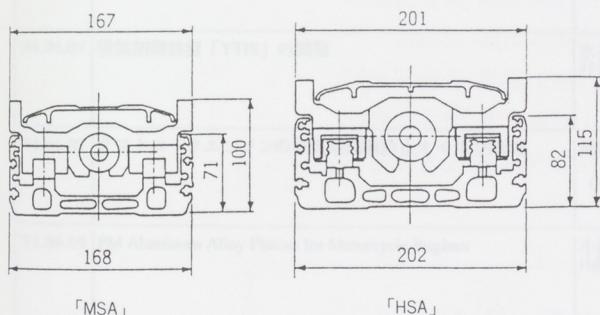


図2 MSA, HSA の断面構造図

また、直交型ロボットも、X軸に「MSA」、Y軸に「LSA」を使用する中型直交型ロボット「MXYA」とX軸に「HSA」、Y軸に「MSA」を使用する大型直交型ロボット「HXYA」、更にX軸に「HSLA」を用いた大型ロングストローク直交型ロボット「HXYLA」等についても同様の方法でシリーズが完成した。(写真5)

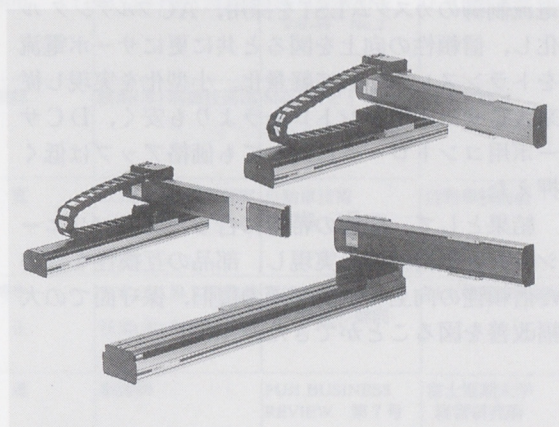


写真5 直交型ロボット (MXYA/HXY/HXYL)

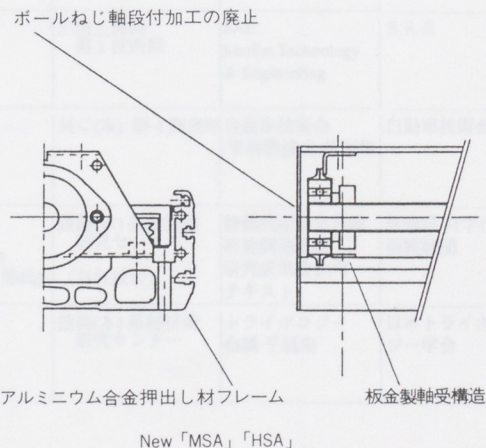
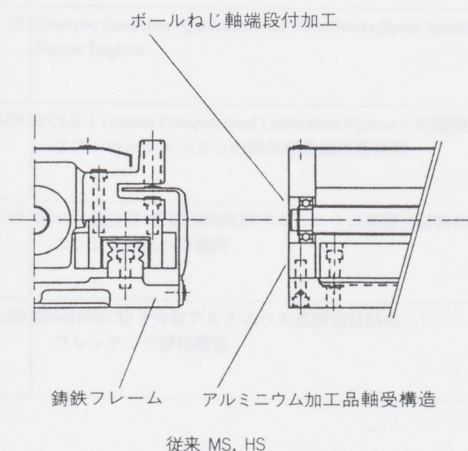


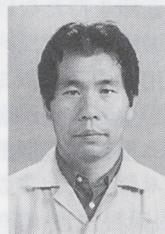
図3 MSA, HSA のボールねじの反モータ側軸受段付加工の廃止

5 おわりに

今回のモデルチェンジに伴いACサーボは、最近開発された省配線型の小型高応答ACサーボモータを採用、エンコーダの信号を15本より8本に減らし、ロボット本体内部配線廻りのコストダウンと信頼性の向上とメンテナンスの低減を図った。また組合せて使用するコントローラも、デジタル電流制御のカスタムLSIを採用、ACフルデジタル化し、信頼性の向上を図ると共に更にサーボ電流をトランスレスとして軽量化、小型化を実現し従来ACサーボ用コントローラよりも安く、DCサーボ用コントローラに対しても価格アップは低く押えた。

結果として、顧客の希望に合った商品バリエーションと価格納期を実現し、部品の互換性を含めた信頼性の向上とトラブルの復旧、保守面での大幅改善を図ることができた。

■著者



進藤 弘



図4 ACサーボの単軸ロボット（左より MSA/MHA/HSLA、右はコントローラSRCA）



図3 直交型2Rロボット（左より SXY アームタイプ2R5 付4軸仕様/SXYL/4R/4M/4M プ軸仕様/SXY ムービングアームタイプ2軸仕様/SXY ボールタイプ2軸仕様）

図4の工場計装設備用ロボット（左より MSA/MHA/HSLA、右はコントローラSRCA）

社外投稿

【期間：'94年1月～10月】

発表日	表題	執筆者	所属	掲載誌	主催団体・学会
'94.01.25	野外走行可能なレーザ位置計測式無人走行車輛	望月 博文 澤川 隆司 村井 孝之	技術(本) 制御技術部	ADVATY SYNPOSIUM 7th.	ピークルオート メーション技術 研究会
'94.01.31	Making Experimental Model Analysis Usable by Non-specialists Via Automation Technology	古沢 政生 生熊 宏行 (JERRY NIEB)	特機(事) 第1技術部 関Y E C (PEMTECH INC.)	第12回国際モータ ルアナリシス会議	S E M
'94.02.01	モーターサイクルにかける	水谷 昌司	MC(本) 第4開発部	TES MAGAZINE Vol.45 No.2	トヨタ技術会
'94.02.10	D D.モータ開発における磁界解析の利用	西山 統邦	技術(本) 制御技術部	Mag Netセミナー	(株)ADTECH
'94.03.01	第3回SETC国際会議報告	山本 寛	CCS(本) 品質管理室	自動車技術 48巻 3号	自動車技術会
'94.03.01	電動スクーター「MEST」開発の狙い レイアウト～諸元～開発課題	高橋 博幸 高野 正	MC(本) 第2開発部 技術(本) 制御技術部	電気自動車技術開 発の最近の動向	日本電動車両協会
'94.03.20	研究・製品開発とリスク・マネジメント	島本 進	創輝(株)	FUJI BUSINESS REVIEW 第7号	富士短期大学 経営研究所
'94.06.07	吸気制御装置「YTIS」の開発	水谷 昌司 井坂 義治	MC(本) 第4開発部	自動車技術会 中部支部通常総会 研究発表会	自動車技術会 (中部支部)
'94.06.07	2ストロークエンジンの排気系閉塞防止オイルの開発	河部 秀明 (小西 保夫氏)	MC(本) 第4開発部 (共石技研)	自動車技術会 中部支部通常総会 研究発表会	自動車技術会 (中部支部)
'94.06.09	PM Aluminum Alloy Pistons for Motorcycle Engines	小池 俊勝 山縣 裕	技術(本) 基盤技術 研究センター	PM '94粉末冶金 国際会議	
'94.08.20	製品開発マネジメントの基礎	島本 進	創輝(株)	戦略経営研究 18巻 1号	戦略経営協会
'94.09.13	Catalytic Converter Applications for Two-Stroke, Spark Ignited Marine Engines	藤本 博昭 五十川 敦 松本 直人	三信工業(株) 第1技術部	SAE Marine Technology & Engineering	S A E
'94.10.04	YCLS (Yamaha Computerised Lubrication System) の開発… 2ストロークエンジンの排気煙低減技術開発	矢代 善伸 高橋 邦男	MC(本) 第4開発部	自動車技術会 学術講演会 前刷集	自動車技術会
'94.10.28	低コスト・低公害・資源再利用型アルミニウム基複合材料の エンジン部品への適用	芥川 知孝 栗田 洋敏 平口 興志 (渡辺修一郎氏) 他7名	技術(本) 基盤技術 研究センター (日軽技研)	静岡県産学官共同 研究開発事業 研究成果普及用 テキスト	静岡県 科学技術 振興財団
'94.10.30	20vol%SiC粒子分散アルミニウム基複合材料の フレッチング摩耗特性	栗田 洋敏 山縣 裕	技術(本) 基盤技術 研究センター	トライボロジー 会議 予稿集	日本トライボロ ジー学会

編集後記

秋涼の候、「ヤマハ技術会 技報」第18号をお届けします。

表紙は「土星」です。従来毎号表紙を変えてきましたが、当分同一でいきたいと考えています。

内容面では、より多くのヤマハ技術会会員の皆様が投稿していただけるよう、1～2ページにまとめた技術紹介の頁を設けました。また、会員の皆様が社外で発表された社外投稿一覧も設けました。

今後も皆様にご愛読頂ける「ヤマハ技術会 技報」をつくっていきますのでご協力、ご支援をお願い致します。

(編集子)

技報編集委員会

委員長	寺井康晴	生産企画本部 生技開発部
副委員長	亀川邦夫	技術本部 開発支援センター
〃	鈴木勇	生産企画本部 生産企画部
委員	伊藤和徳	I M事業部 技術部
	鈴木晴久	モーターサイクル製造事業部 生産管理部
	阿部輝夫	モーターサイクル事業本部 第1開発部
	中村和朗	特機事業部 第2技術部
	久保田彰	舟艇事業部 技術部
	土本寛治	三信工業(株) 技術管理部
	松長伸彦	A M事業部 第3技術部
事務局委員	鈴木美恵子	技術本部 開発支援センター

ヤマハ技術会 技報 第18号

平成6年9月24日 印刷

平成6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

印刷所 〒432 浜松市米津町1181

桐屋印刷株式会社

