

The recent technological revolution of Small Motors integrated with electronics is progressing remarkably, and the growing of its market is continuing so significantly.

Aichi, following the principle “Developing new types of motor with high performance using electronics control concept”, has developed a Brushless DC Motor for home appliances and residential equipment.

This papers are to describe the process for the decision of the new product development.

## 1 まえがき

近年産業社会の変化並びに技術進歩の速さは年々加速度を増し、特にFA、OA、HA、あるいはSA<sup>(注)</sup>などに代表されるエレクトロニクス技術の社会各分野への浸透は、目をみはるものがある。これらエレクトロニクス応用技術の飛躍的發展は、市場ニーズに呼応した半導体素子の絶え間ない高機能化と、低価格化によるものとみて異論はないであろう。この華麗なエレクトロニクス技術に支援され、あるいは、それら機能を補完する小形モータの成長性と技術開発が、最近とみに注目の的となってきた。

当社は20数年来、小形交流モータとそれらの応用品の製造・販売に特化してきたが、このような市場環境の激変を数年前に察知して、モータ事業の強化拡大のため、エレクトロニクス技術を応用した新しいタイプのモータの開発商品化を目標とするプロジェクトチームを策定した。

本号では、上記新形モータ開発プロジェクトに於ける情報収集から、開発コンセプトの確定までの経過について報告する。

## 2 小形モータ分野の特徴と市場動向

プロジェクトには基本的命題として、「エレクトロニクス技術により駆動・制御される高機能の新しいタイプの小形モータの開発」が与えられた。この主旨に副った具体的作業の第1ステップとして、一般的な研究開発戦略(図1)の定石通り、小形モータに関する情報収集・市場分析に取掛かった。

この作業過程で、小形モータには系統だった名称・定義付けや分類がほとんどなされていないこと、また小形モータの「小形」とは何を根拠で区分すべきか、あるいは各種小形モータの権威ある統計資料がないなど結構厄

介な問題に遭遇した。

上述のような問題に関しては、(社)日本電機工業会実施の58年度及び59年度調査報告「小形モータに関する市場調査」(以下「工業会調査報告」という。)により、ある程度の回答がなされた。この報告書は、調査方法として小形モータメーカーに対するアンケート・回答回収方式をとっているため、やや正確性に欠ける点などがあるものの、従来難問であった小形モータ分野の市場動向の分析把握が可能となり、貴重な資料となった。

以下本章では、上記「工業会調査報告」その他文献・資料により、小形モータ分野の特徴の浮き彫りと市場動向について述べる。

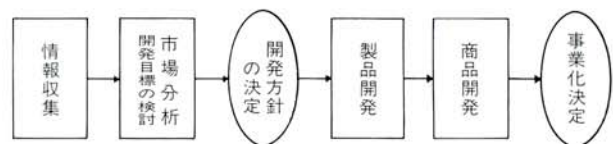


図1 / 一般的な研究開発戦略  
Fig. 1/Product research & development strategy

### 2.1 小形モータの分類

既に述べたように、一貫した思想による小形モータの分類表が見当たらないので、情報収集、市場分析の基礎資料とするために、当社独自の考え方による電動機の種類を行った。この分類表の作成により、小形モータ分野の動向が整理され、以後の諸作業推進を容易に見通すことができるようになった。

図2に「小形・制御性に重点を置いた電動機構造の分類」を示し、この分類表作成の基本的考え方を次の(1)~(3)項に示す。なお特に発展分化の激しい永久磁石励磁式直流モータ(回転電機子形とブラシレス形)の構造略図を図3(a)、図3(b)に示した。

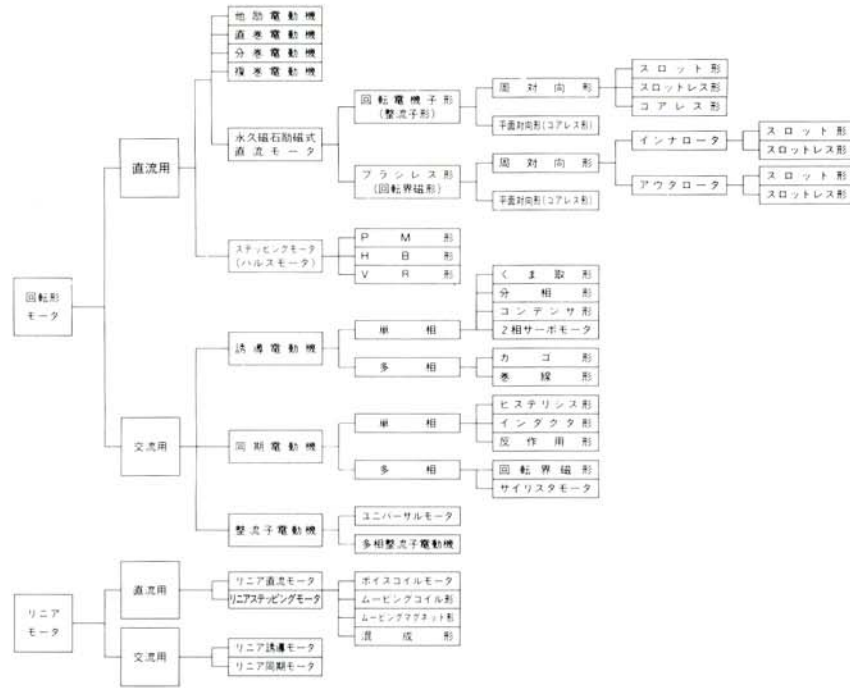


図2/小形・制御性に重点を置いた電動機構造の分類  
Fig. 2/Classification of electric motors by the point of "small and control"

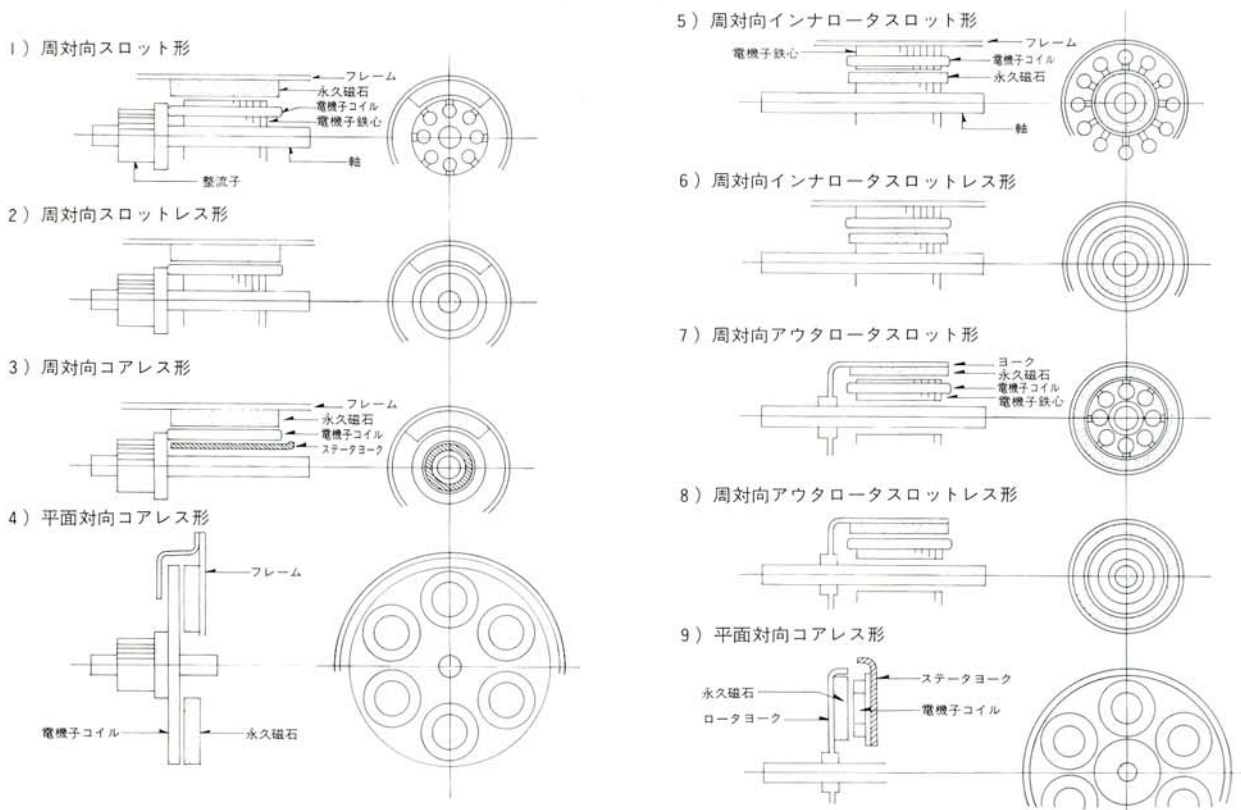


図3(a)/永久磁石励磁直流モータ構造略図(回転電機子形)  
Fig. 3(a)/Sketches of permanent magnet-excited DC motor (commutator type)

図3(b)/永久磁石励磁直流モータ構造略図(ブラシレス形)  
Fig. 3(b)/Sketches of permanent magnet-excited DC motor (brushless type)

(1) 小形モータの出力区分については、特に考慮しない。  
通産省「生産動態統計調査」及び「工業会調査報告」では、小形モータとして70W未満の容量範囲に限定して統計処理されているが、本分類では小形モータの出力区分について、特に考慮を払っていない。過去には汎用モータの出力下限、または家庭電化機

器用モータの出力上限が小形モータの一つの区切りの目途になっていたと思われるが、最近ではエアコンなどの家庭電化機器の大容量化、あるいはサーボ用モータ技術の包含などで、小形モータの範囲が拡大され、出力で区分するのは適当でない状況である。  
(2) サーボモータについては、誤解を招きやすいので、

2相サーボモータのみを表記し、その他は本来のモータ構造に包含した。

一般にサーボモータとは、構造上の改良を加えて所要の特性を出すように作られたサーボ専用モータを指すが、最近のようにエレクトロニクス技術が進歩すると、モータを駆動・制御する制御装置の内容によっては、モータの種類が何であってもサーボモータと呼称するケースが多くなっている。

例えば、コアレスモータを直流サーボモータと言ったり、直流サーボモータ(回転電機子形)に対し、ブラシレスDCサーボモータがあったり、あるいは近頃話題を呼んでいるバリアブルレクタンス(VR)モータをステッピングサーボモータと呼称したりすることになる。

また「ACサーボモータ」なる名称が新聞・雑誌などでよく見受けられるが、この名称は色々な意味合いで使われている。即ちブラシレス直流サーボモータをACサーボモータと呼称している場合があり、別の文献では、ACサーボモータには同期モータタイプ(ブラシレス直流サーボモータを指す)と誘導モータタイプの2種類があると説く。

なお周知のことではあるが、以前より「交流サーボモータ」としては、誘導式の2相サーボモータを意味する約束であった。

(3) 構成、機能などの特徴を直観的に取り上げて、慣習的に呼称される以下のモータ名称は省いた。

- (i) トランジスタモータ、ホールモータ、DDモータ、ICモータ  
(これらはブランド名で、すべてブラシレスDCモータに包含される。)
- (ii) マイクロモータ  
(回転電機子形なり、整流子形の直流モータと呼ぶべきものと思われる。)
- (iii) フラットモータ、ディスクモータ

## 2.2 小形モータの市場動向

最近の小形モータの成長要因としては、ラジオカセット、VTRなどの音響・ビデオ機器関係、フロッピーディスク装置、プリンタ、PPC、ファクシミリなどの情報・事務機器関係、あるいはFA関係や自動車産業などの需要の伸びと輸出の好調が大きな原動力となっているとみられる。

この状況については、「工業会調査報告」にて数量的に明解に報告されているので、以下この報告資料を引用して、小形モータの市場動向を概観する。

図4に示す小形モータ生産機種別構成比の推移、図5に示す58年度の小形モータ生産需要分野別構成比の2つの図を見ると、小形モータの中でも直流モータ全体の圧倒的な需給量の大きさとともに、直流モータの発展分化の激しさが理解できよう。

この関係は図6に示す小形モータ生産推移を見ると、更に明白になり、直流モータの内ではステッピングモータとブラシレスモータの驚異的な伸びがうかがえる。

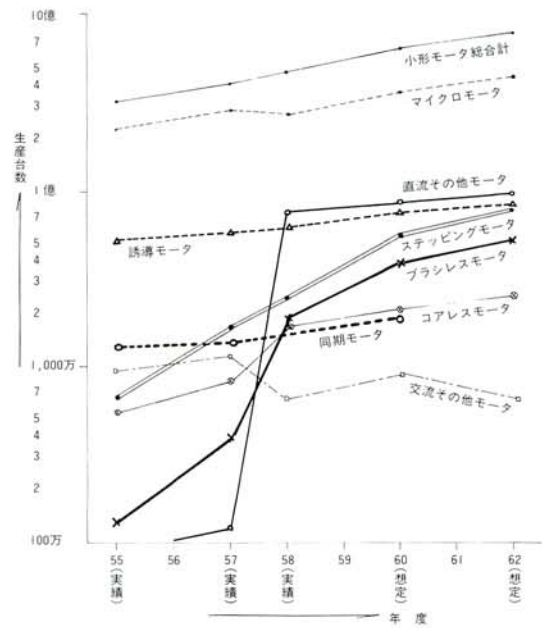


図6/小形モータの生産台数の推移  
Fig. 6/Production trends of small motor in volume by type

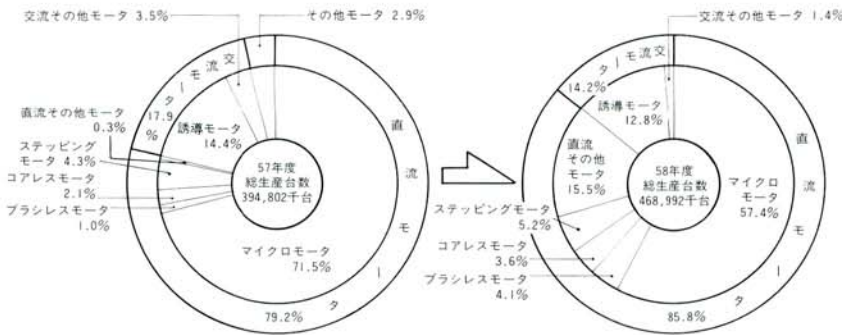


図4/小形モータ生産機種別構成比の推移  
Fig. 4/Production trends of small motor by type

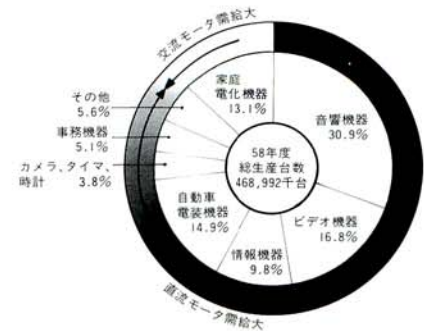


図5/小形モータ生産需要分野別構成比  
Fig. 5/Production ratio of small motor by application

これに対し交流の誘導モータは家庭電化機器関係の大きな需要に支えられ、急激な伸びはないが、着実にその数量伸長と裾野の拡大が進んでいるものと想定される。

なお「工業会調査報告」の調査及びデータ処理は下記条件で実施されたが、本文にデータを転用する際に若干手を加えたことをお断りして置く。

- (1) 調査方法は、選定した小形モータ製造事業所に直接アンケートして、回答を回収する方式を取っている。また各事業所が生産即所内消費する分については含まれていない。

注) 昭和58年度回収率 38.2%

昭和59年度回収率 46.6%

- (2) 小形モータの範囲としては、容量70W以下とし、マイクロモータについては入力3W以内で、玩具用途を除いてある。

注) 直流サーボモータや交流サーボモータなどが独立して分類統計処理されていたが、本文では各々を直流その他モータ、交流その他モータに含めてグラフ化した。

- (3) 昭和58年度と昭和59年度の各調査では、アンケート・回答事業所が異なっている。

注) 従って直流その他モータ、交流その他モータ及び同期モータについては、データのやや信頼性が落ちるとみられる。

### 3 開発方針の策定

最近の産業社会の動向を模擬的に図表化すると、図7に示すようにすべての分野でエレクトロニクス技術が導入され、機能の高度化、ソフト化あるいはシステム化が

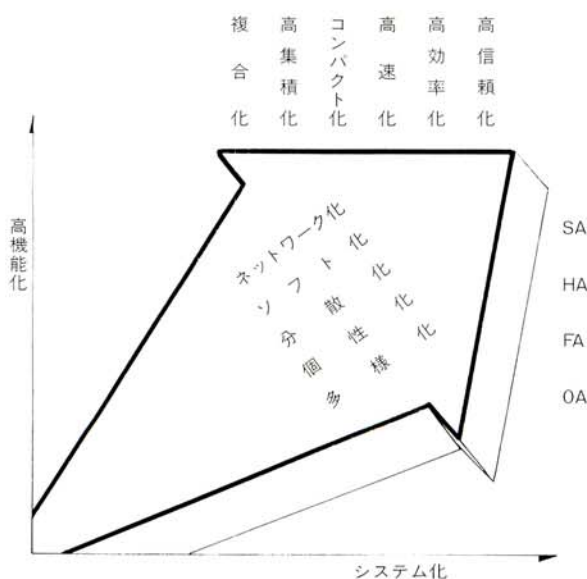


図7/産業社会のエレクトロニクス化の動向  
Fig. 7/Tendency of application of electronic device in industry

指向されているとみられる。

前2章で、その一端に触れた小形モータの動向も例外でなく、このような時代の流れに乗って成長発展してきたものと想定され、特に新しいコアレス、ステッピング、ブラシレスの各直流モータの発展は数量的に小形誘導モータの座を脅かすほどになり、今後はエレクトロニクス技術及び材料技術の発達に連動して、更に需要分野を拡大していくと予想される。

かような直流モータの拡大傾向は国内のみならず海外でも同様な動きが顕著で、特に米国のGM、GE及び半導体メーカーなどが新しい直流モータ、新永久磁石材料あるいはモータ駆動用のインテリジェントパワーICなどの開発・発表を積極的に進めている。

以上のような国内外の状況を一方で考慮しながら、技術開発対象を直流モータ分野に置いて、具体的にどのようなモータを、どの市場に、どんな商品として送り出すかというプロジェクト推進上の最大の山場を迎えることになった。

### 3.1 各種小形直流モータの技術動向と比較評価

小形直流モータの飛躍的な発展については既に提示した通りであるが、検討範囲の絞り込みのため、市場動向に合せて技術的な観点から課題の明確化を計った。

手初めに特に成長性の高い5種類の小形直流モータを選んで、市場・技術動向の概要を次の(1)~(5)項に示すように要約した。

#### (1) 回転電機子形直流モータ

(マイクロモータは含むが、コアレスモータは除く。)

固定子に永久磁石を使用した整流子タイプの極く標準的な直流モータである。コキングトルクを減少させたスロットレス形が一部計測機器などに使用されているが、一般的にはスロット形モータが主流である(図2及び3参照)。

産業用としては、メカ式ガバナ付加品が多量に供給されているが、最近では電子回路による電子ガバナ方式が増加傾向とみられる。

玩具用とか小物家庭電化機器用(電池駆動式が多い)として、一般には良く知られたモータであるが、ラジオカセット(メインモータ)、VTR(ローディング用)及び自動車電装機器(ワイパ、ウォッシュポンプなど)が主要需要先である。

高度な制御機能や信頼性あるいは耐久性などが要求される場合には、同様な用途にコアレスモータまたはブラシレスモータの採用が増加していると推定される。

#### (2) コアレスモータ

回転電機子形の内、電機子に鉄心を持たないもの(電機子は樹脂で固めたコイルと整流子より成る。)を一般にコアレスモータと呼び、形体・構造的に円筒形(周対向形)とフラット形(面对向形)に大別される(図2及び3参

照)。

コア付の回転電機子形モータより、低慣性、ローノイズ、信頼性及び長寿命の特徴があるため、ラジオカセット、VTR(ローディング、キャプスタン及びリール各モータ)及び計測機器などに多用される。

特にヘッドホンステレオの軽薄短小化競争の中で需要を伸ばしてきたと思われるが、更に高機能化と薄形化の進行により、その座を徐々にブラシレスモータに譲りつつあるとみられる。

考えられる要因としては、コアレスモータが一般的に回転センサ(タコジェネレータなど)を付加してサーボモータとして使用されているため、ブラシレスモータに置換えた場合、駆動制御回路は若干複雑になるが、回転センサ、整流子及びブラシなどの省略が可能となるためと思われる。

### (3) ブラシレスモータ

回転子に永久磁石を用い、整流子とブラシの機能を電子回路で置換えた直流モータで、形体・構造及び駆動方式により多種類に発展分化している(図2及び3参照。なお駆動方式については次号にて説明)。

用途的には過去よりDDプレイヤー、計測機器などに少量の需給があったが、整流子とブラシがないため、信頼性大、長寿命及びローノイズなどの長所が注目され、整流子付直流モータの置換え、及びエレクトロニクス技術の発展に伴う駆動制御技術の進歩により、新たな分野への応用が進んでいる。

特に最近のOA関係の発展によりコンピュータ外部記憶装置(FDD<sup>(注1)</sup>、HDD<sup>(注2)</sup>など)向けのスピンドルモータとして、あるいはノーメンテナンス性でFA、産業用ロボット向けのサーボモータとして、一躍脚光を浴びた。

現状では回転電機子形モータと同様に、音響・ビデオ機器と情報機器関係の需給が圧倒的に大きい、理想的な直流モータと考えられているため、需要分野の拡大と普及が期待されているモータである。

### (4) ステッピングモータ

ステッピングモータは整流子付の直流モータやブラシレスモータとは構造的にも駆動原理的にもやや異なり、最大の特徴としてパルス電源で駆動される点があげられる。

需要分野としては情報機器(FDD磁気ヘッド駆動、プリンタ紙送り及びリボン送りなど)、事務機器(ファクシミリなど)に集中し、その他に設備機器向けが若干ある。プリンタの紙送りに見られるように、機器側のニーズとステッピングモータの機能がマッチングして、最近急速に生産量が伸びている。これは、機器制御にデジタル制御あるいはマイコン導入の浸透が大きな要因となっている。

最近の主需要は、ロータに永久磁石を持つPM形とHB形の小容量機種が中心となっているが、この理由として

は、上記機器側のニーズにもよるが、ステッピングモータ自身の特性として、効率が良くないあるいは容量が大きくなると振動対策が必要などによるとみられる。この後者の理由により、今後ともステッピングモータの需要は小容量機種が中心で、需要分野が限定されるとの見方が一般的である。

なおオープン駆動制御が普通であるステッピングモータにおいて、フィードバック制御を付加したVR形ステッピングモータが将来のサーボモータとして見直され、最近国内及び国外で検討が進められている。

### (5) リニアモータ

最近リニア直流モータ、リニアステッピングモータに関する商品開発や技術文献の発表あるいは応用分野例の紹介などが多々見受けられるが、形体・構成が多岐に亘る上、カスタム仕様によるメーカー間の直取引が前提となっている点で、的が絞りにくい代表モータである。

別名ボイスコイルモータといわれるショートストロークのリニア直流モータは、以前よりHDDのヘッド駆動用などに使われ、近年その需要が伸びているとみられるに対し、プリンタまたはプロッタのペン駆動などに使われるロングストロークのリニアステッピングモータなどは、回転形のモータとのメリット比較をした場合、甚だ判断が難しい。更にこれがロングストロークのリニア直流モータとなると、リニアエンコーダを伴った構成を考えざるを得なく、なおのこと実体の把握が難しくなる。

マスコミなどではリニアモータの成長率が高いと報告されているが、数量的に統計に乗らない位の微々たる数値であるので、当分の間は技術開発が中心で、商業ベースは二の次で推移するとみられる。

なお電位による物質の歪現象を微小変位駆動などに利用する新原理モータとして、近年「超音波モータ」、「表面波モータ」などの技術開発あるいは実用化が一部に進んでいるが、汎用性に欠ける点でここでは触れない。また交流駆動のリニアモータについても、その容量が大きい点及び直流モータのカテゴリーから外れる点で、同様に検討対象から外した。

上述した各直流モータの概要並びにその他資料より、機能、特徴、市場性、コスト及び将来性などの評価項目を設定して、技術開発目標の一次選定のため、直流モータの総合評価を行った。

結果としては、表1に示すように価格面での課題を持つが、市場的にも技術的にも未成熟なことが逆に将来的な可能性を秘めていることと、従来の整流子形の直流モータの欠点を解消できるため、汎用性と市場分野の拡大が期待されることで、ブラシレスモータを選定することに大方の意見がまとまった。

表1 / 小形直流モータの総合評価表

Tab. 1 / Evaluation table on small DC motors

評価項目	耐久性	騒音・振動ノイズ	効率	コンパクト性	制御性能	信頼性	汎用性	コスト	技術完成度	市場分野の広さ	想定需要量	成長性	用途	総合評価順位
回転電機子形 直流モータ (マイクロモータ含む コアレスモータ除く)	△	△	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	△	ラジオカセット VTR 自動車電装機器 サーボモータ 小物機器	3
コアレス モータ (周対向形 面対向形)	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	ヘッドホンステレオ VTR 計測機器	2
ブラシレス モータ (周対向形 面対向形)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	◎	○	◎	FDDスピンドル HDDスピンドル サーボモータ ヘッドホンステレオ DDプレイヤー	1
ステッピング モータ (PM形 HB形 VR形)	◎	△	△	○	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	FDDヘッド駆動 HDDヘッド駆動 プリンタ紙送り ファクシミリ 設備機器	4
リニアモータ (リニア直流モ ータ、リニア ステッピング モータ)	◎	○	△	△	◎	◎	△	△	△	△	△	◎	HDDヘッド駆動 プリンタ・プロッ クタブン駆動	5

◎…優 ○…良 △…可

### 3.2 開発コンセプトの確定

前3・1節で述べたように、技術開発目標としてブラシレスモータが選ばれたが、経営戦略的に最も重要なこととして、市場動向、自社の技術資源及び設備投資などの要素をも考慮した上で、ユーザマインドに適合する具体的な商品開発テーマを確立する必要があった。

このような観点でここ数年間のモータに関連する市場ニュースを拾うと、「省力、省エネ対応の汎用インバータの発展」、「第1次産業ロボットブームに端を発したサーボモータの台頭」、「インバータエアコンの普及・進展」、「パソコン、OAの発展に伴うFDD用モータの急増」及び「OA、FA向の軸流ファンの需給のひっ迫」などがあり、当社としても時代の急激な変化が身近かに感じられた。

このような社外状況に対して、当社が従来より手掛けている小形誘導モータは、エアコン、ファンヒータあるいはショーケースなどの家庭電化機器や住宅設備機器用のファン駆動用モータが大半を占め、安定した需要分野であったが、この分野にもエレクトロニクス化、高機能化あるいは高効率化の波がしだいに押し寄せ、従来誘導モータでは顧客ニーズに対応できなくなる事態が予想された。

この社内外の環境変化並びに産業社会のエレクトロニクス化の大きな流れを念頭に置いて、プロジェクト発足以来収集・分析を進めた市場情報や技術動向あるいは社内関係者の提案などにより、ブラシレスモータを利用する幾つかの商品化テーマを選び、多方面より種々検討を加えた。

具体的な検討作業としては、商品化テーマそのものの調査・検討・分析は当然のこと、それらの製造手法や生産設備の検討あるいはそれらが組み込まれる最終商品の調査・分析などまで手を広げる必要があった。

例えば、サーボモータの技術の関与範囲を明確化するために、産業用ロボットの包含する技術を分解(図8)、FDD用モータの需要想定のために、FDDとパソコンの出荷台数の対比(図9)などを行った。

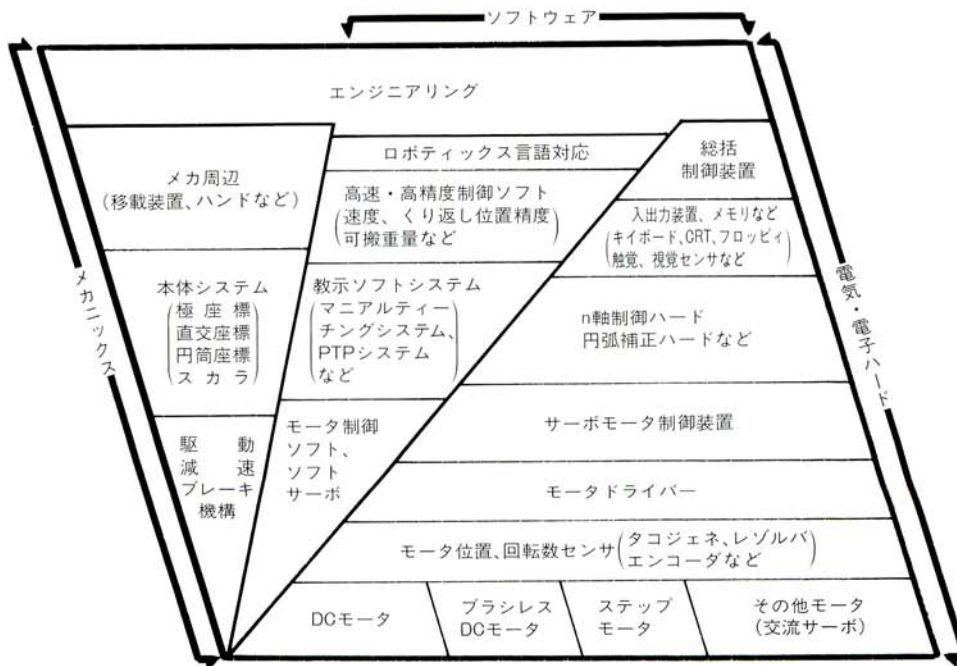


図8 / 産業用ロボット技術の階層的分解

Fig. 8 / Hierarchy system of industrial robot engineering

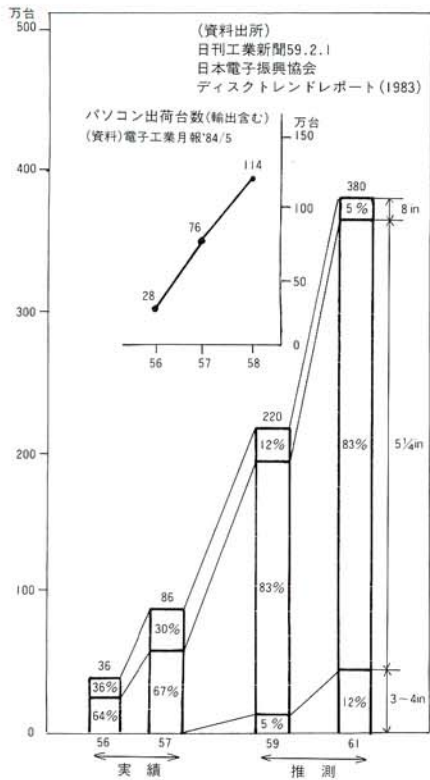


図9/FDDの出荷推移推定(国内)  
Fig. 9/FDD shipment trends in Japan

また入手可能な市場流通品については、サンプル品調査分析あるいは試作可能なものについては、技術習得を兼ねて試作製作・特性チェックなどの技術検討を実施した。更には関連する展示会やセミナーへの参加、並びに業界識者の意見聴取や、取引ルートを通じた需要メーカーの動向把握などの情報収集・分析を推進した。

これらの作業に併行して、トップマネージメントの参加を得て、開発方針の決定のために各種課題事項(図10参照)の報告・討議、各商品化テーマのリスク評価(例えば市場/技術マトリックス分析…図11)などを審議し、最終的に市場動向、販売戦略、技術・製造的対応及び設備投資などのすべての面で、当社に最も適すると思われる「家庭電化機器及び住宅設備機器向けのファン駆動用ブラシレスモータ」を商品開発テーマとして決定した。

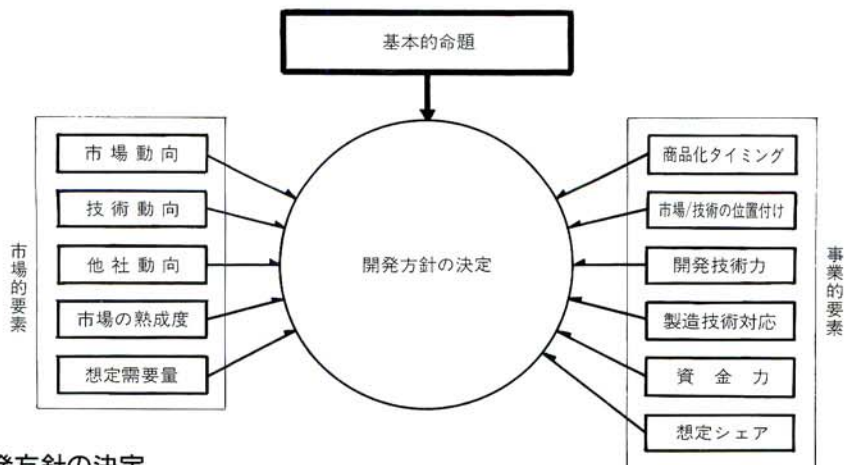
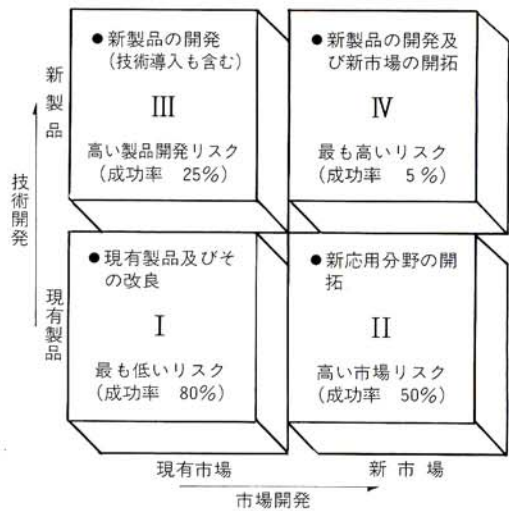


図10/一般的な開発方針の決定  
Fig. 10/Decision making in product planning process



注) I→II→III→IVの各象限順に事業の成功の確率が低くなる。

図11/新製品開発の市場/技術マトリックス  
Fig. 11/Market/Product matrix analysis in new product development

## 4あとがき

以上、小形モータ分野の特徴と市場動向を報告するとともに、その背景のもとに、当社における新形モータ開発コンセプトの確立までの経過について紹介した。

次号では、ブラシレスモータの技術概要と商品化した「家庭電化機器及び住宅設備機器向けのファン駆動用ブラシレスモータ」について報告する予定である。

終りにあたり、プロジェクト推進過程で御協力いただいた社内関係各位に厚く謝意を表する。

## 参考文献

- 「技術者のための研究開発マネジメント」  
岩田光信著 日刊工業新聞社
- 「小形モータに関する市場調査」  
(昭和58年度及び昭和59年度調査報告)  
(社)日本電機工業会