

マイクロモータとその二、三の問題について

<シリーズ④>

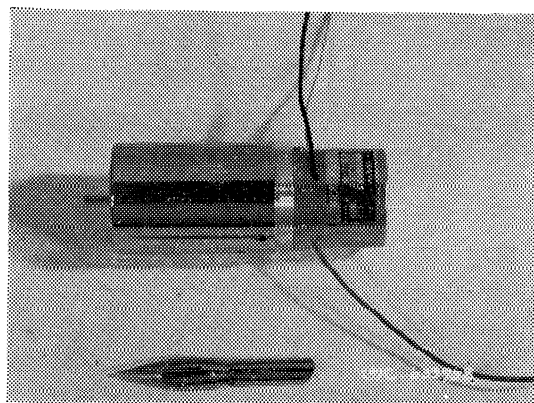
日立製作所多賀工場 岐部 淳治・大島 修三

1. ま え が き

最近、各種電子機器をはじめとして、携帯用機器、特に超小形を要求される精密級の特種機器などに、マイクロモータの需要が多くなってきた。これらの用途のうち、特に携帯用テープレコーダ、電動式8ミリシネカメラ、および携帯用プレーヤは需要が多く、輸出も相当量にのぼっている。そこで本文では、最近のマイクロモータの概要と、その二、三の問題をとりあげ、その内容を説明し、これらマイクロモータを応用される方々と、これを開発、製造される方々の、参考に供したいと考える。

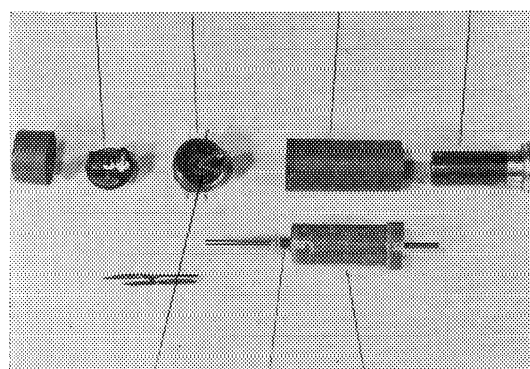
2. マイクロモータとは

マイクロモータといわれるものは、一般にそのほとんどは永久磁石を界磁とするガバナ付の直流電動機で、その出力は1W以下のものを指す。その外観は、写1に示すようなものである。これを原理、方式から分類すると、つぎのようになる。



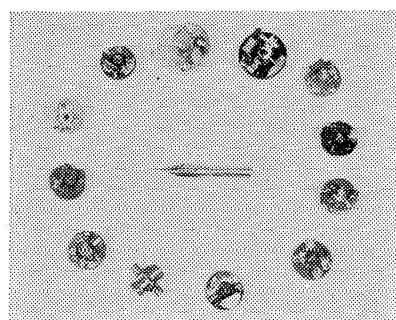
写 1 マイクロモータ外観図

- 1) 回転子による分類
- 一般直流機と同様の回転子を使用するもの。
 - 回転子にカップロータを使用するもの。(写2参照)
- 2) ガバナ方式による分類
- 一般のマイクロモータでは、回転数を一定値に制御するためにガバナを使用するが、このガバナ方式によってつぎのように分類される。



写 2 カップロータを使用するマイクロモータ

- ガバナ方式による分類
- 機械的な遠心力ガバナを使用するもの
 - 機械的ガバナとトランジスタの制御によるもの。
 - 1) タコジェネ・トランジスタにより制御するもの。
- ガバナ回転部中に開閉接点を有するもの (写3参照)
- 固定部中に開閉接点を有するもの



写 3 各種遠心力ガバナ

さらに、マイクロモータを用途別に分類すると、つぎのようになる。

- 用途別の分類
- 音響機器およびカメラ用: 携帯用テープレコーダ、8ミリシネカメラ、携帯用プレーヤ、ラジオチューナ、リモートコントロール
 - 精密機器用: 制御機器、記憶装置駆動、魚群探知器、検数装置、ロケット、人工衛星、医療機器
 - 純家庭用: 電気カミソリ、電気歯ブラシ、電気消ゴム

3. マイクロモータの構造

マイクロモータは、前述のごとく、永久磁石を界磁とするガバナ付の直流電動機で、その構造は、図1に示す

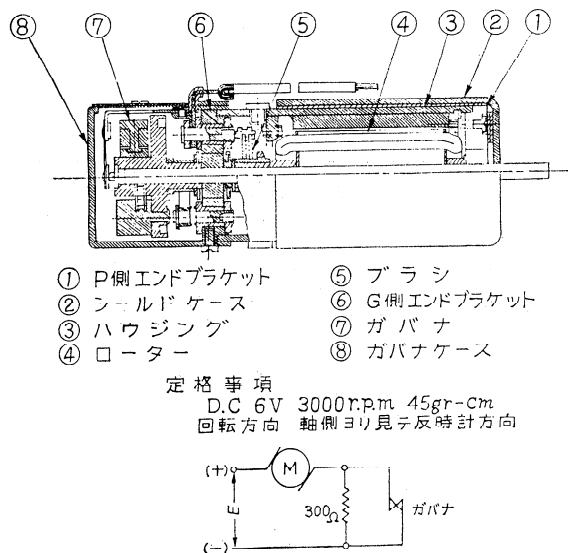
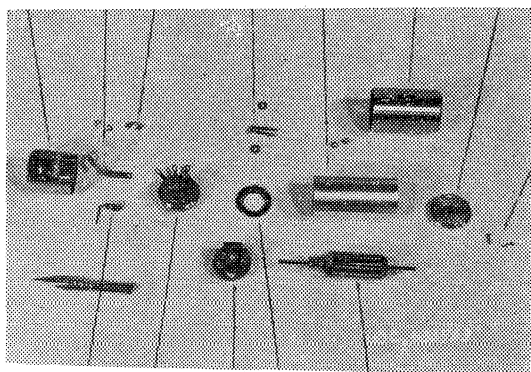


図 1

ように、直流電動機の部分とガバナの部分からなる。マイクロモータを構成する各部分は、主に回転子、整流機構、界磁、軸受、ガバナからなり、写4にその分解写真を示した。



写 4 マイクロモータ分解写真

つぎに、これら各部分の構造について簡単に説明する。

3.1 回転子：回

転子は、一般の直流電動機と全く同じで、回転子コアのスロットは、3, 5, 7ケの奇数ケのスロットが多く使われる。

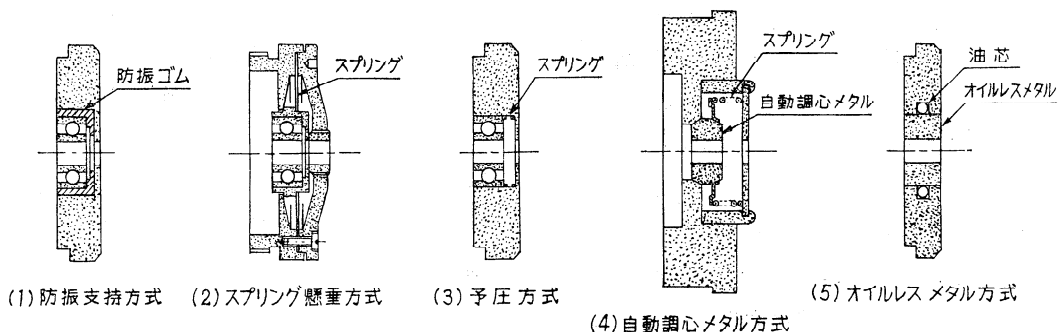


図 3

3.2 整流機構：整流子のセグメントは、コアスロット数と同数のものが使用され、整流子片間のスリットの巾は、0.1~0.5mmの範囲で、グルーピングしてあるものと、していないものがある。²⁾ グルーピングは、刷子の種類によってその必要性の有無が決まる。

マイクロモータでは特に寿命的安定性が要求されるので、特に整流機構は、この安定性に対し非常に重要で、マイクロモータメーカーの各社は、それぞれ独自の方式を採用している。図2に³⁾ 各種の整流機構を示し、これらの特長を表1にまとめた。

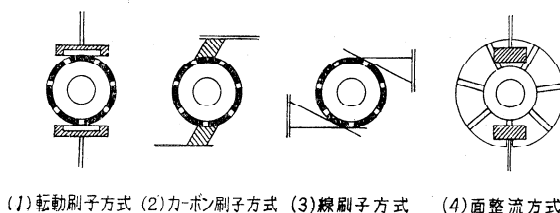


図 2

表 1 各種整流方式の特長の比較

整 流 方 式	特 長
(1) 転動刷方式	転動刷子が整流子と相互転動するため機械損が少い。但し転動刷子の騒音が大きく、その軸受に問題あり、刷子整流子共に金属であるため接触抵抗は少い。
(2) カーボン刷方式	刷子と整流子のなじみが良好の場合は接触抵抗も少く騒音も少い。しかし整流子のスリット内に刷子がつまる場合があり、電流増加の原因となる。
(3) 線 刷 子 式	細線を使用するものは機械損が少く、金属刷子であるので接触抵抗は少い。取付が簡単である。
(4) 面整流方式	軸方向寸法が極度に限られている用途には適しているがスラストがある場合が接触抵抗が変りやすい

3.3 界磁：界磁の永久磁石には、ほとんどアルニコVまたはフェライトが使用されている。アルニコVは、磁束を比較的多くとることができるので、モータを小

形化するには適しているが、漏洩磁束が多い。そのため、シールドケースを必要とする。一方、フェライトを使用するものは、磁束を多くとれないので小形化は難かしいが、安価な量産品には適している。

3.4 軸受：軸受構造は、図3に示したごとく各種の考案がなされ、実用化されている。ボールベアリングを使用するものは、ミニチュアベアリングを使用する関係上、ハメアイと取付けに十分注意する必要がある。

マイクロモータでは、ハメアイは一般に緩く、内外輪にしめしろを付けず、外輪に余圧を加えて好結果を得ている例が多い。また、取付けには軸受箱を十分に清拭し、ベアリングに僅かな異物でも混入しないような、細心の注意が払われている。

潤滑油には時計油が多く使用される。つぎに、オイルレスメタルはボールベアリングと比較し安価であるため、多く使用されている。しかし、使用にあたっては、無負荷損失の増加、低温時の損失の増加を十分考慮しておかなければならない。オイルレスメタルはほとんどが銅系のものであるが、鉄系のものも使われている。しかし、鉄系のものは錆の問題があるので、注意が必要とされている。オイルレスメタルに使われる油は、低温特性のよい、しかも粘性の低い油が使用される。普通はダイナモ油、スピンドル油などが使われるが、低温特性のよい航空機用油などが使用されている例もある。

ボールベアリングを使用する場合は、油の量を適当に決めないと、油が軸受より整流機構に飛散し、寿命を著しく短縮するので注意を要する。

3.5 ガバナ：ガバナは図2に示すように、遠心力ガバナである。このガバナの接点には、一般に白金系の接点を使用される。ガバナの遠心力ウェイトは、ガバナバネに取付けられ、遠心力とバネの作用により開閉動作を行なう。この、バネとウェイトの位置関係と、ウェイトの重心の位置は、全体の系の安定性に関係する。

以上、マイクロモータの構造と、その問題点を指摘したが、つぎにその特性について触れる。

4. マイクロモータに要求される事項

マイクロモータは種々の目的に使用され、それぞれの目的によって、諸特性のうちのいくつかが強調されるが、一般にはつぎの事項が重要である。

- 1) 電池を電源とすることが多いので、負荷電流が少なく、したがって効率がよく、低電圧まで使用できること。また、起動トルクも十分大きいこと。
- 2) 回転むらが少ないこと。（ワウ、フラッタが少ないこと）

いこと）

- 3) 電氣的ノイズが少ないこと。
- 4) 寿命的に安定していること。

4.1 マイクロモータの特性について

マイクロモータは、前述のように電池を電源とするため、負荷電流が少なく、したがって効率がよくなければならない。また、電池を長持ちさせるために、低電圧まで使用できる必要があるほか、低温のときでも、十分に相手の機構を働かせるために必要な起動トルクがなければならない。

これらの要求を満たすためには、まずマイクロモータにおいては、モータの寸法と特性の関係を考慮しなければならない。

一般に、この種のモータでは、モータの鉄心長を長くするよりも、外経寸法を大きくして磁石の磁束を取り、電機子抵抗を小さくした方が銅損は少なく、効率はよい。これらの関係はつぎの(1)～(4)式より明らかである。

$$T_0 + T_f = 1.625 Z \Phi I_f \times 10^{-5} \quad (\text{gr-cm}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$n_f = \frac{(E - RI_f) \times 10^8}{\frac{P}{a} \cdot Z \Phi} \quad (\text{r/s}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$R = \frac{kZ(L+l) \times 10^{-5}}{A} \quad (\Omega) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\eta = \left[\left(1 - \frac{T_0}{T} \right) - \frac{k'(L+l)T}{EA\phi} \left\{ 1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 \right\} \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

T_0 ：無負荷トルク (gr-cm) P ：極数

T_f ：負荷トルク (gr-cm) a ：並列回路数

Z ：導体数

L ：電機子鉄心長 (mm)

Φ ：磁束 (maxwell)

A ：巻線断面積 (mm²)

I_f ：負荷電流 (A)

k ：スロット数、並列回路、極数より決まる

E ：印加電圧 (V)

定数

n_f ：負荷回転数 (r/s)

定数

R ：電機子抵抗 (Ω)

k' ：回路により決まる定数

η ：効率 (%)

l ：エンドコイル長 (mm)

図4は負荷トルクに対する回転数、トルク、効率の関係を示した一例である。図中、モータ1と2は同一仕様のモータで、モータ1はモータ2より外経寸法が大きく、鉄心長は短かく、効率はよい。したがって、負荷電流も少ない。

つぎに、マイクロモータの特長としては、負荷電流は電化に対してほとんど変化しないことである。これは(1)式より明らかなように、電流はトルクのみの変動を受ける。

図5は、電圧に対する回転数、電流の関係を示した

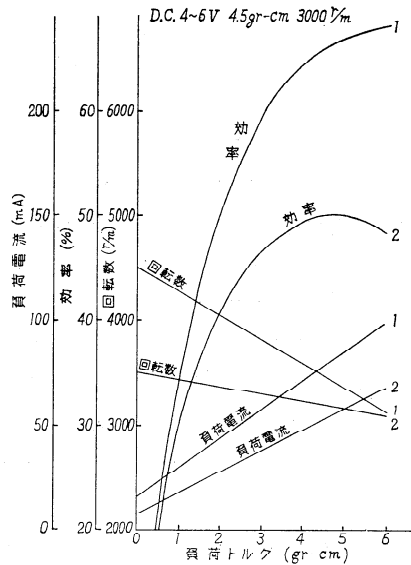


図 4

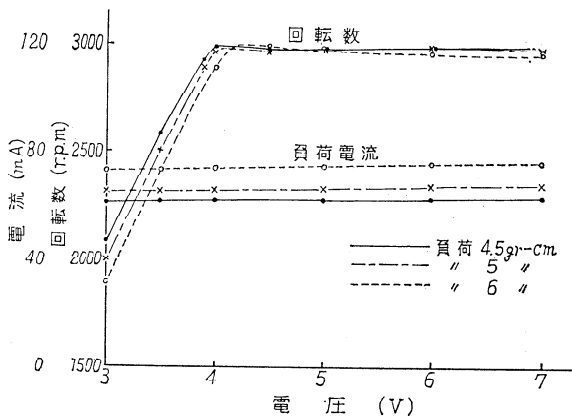


図 5

ものであるが、電流は、電圧の変化に対し、一定である。

4.2 マイクロモータのワウとフラッタについて

ワウは、一般に 10c/s 以下の回転むらで、フラッタは、10c/s 以上の回転むらを実効値で表わしたものである。テープレコーダにおいては、ワウは 9.5cm/sec のテープスピードの場合、⁴⁾ 0.7% 以下とされている。

一般に、マイクロモータのワウの問題は、負荷を含むモータの振動系の安定度の問題である。この安定度を大きく左右するものは、振動系の各要素であることはいうまでもないが、安定度を乱す因子には、つぎのようなものがある。(1)モータ回路の接触抵抗の変化、(2)ガバナ断続による脈動、(3)整流による電流の脈動、(4)重力(ガバナ部)(5)シャフトのフレ、このようにマイクロモータには、ワウに関係する多くの因子があり、振動系の安定度に大きな影響を与えるので、本節では、これらの詳細は別の機会にゆずることとし、今回は、振動系の慣性モーメントとワウの関係につい

て、簡単に説明する。

図 6 は、負荷を含む系全体の振動系の慣性モーメントを、横軸にとり、縦軸にワウの値を示すが、やはり慣性モーメントが大きい程、ワウは少ない。このことは、一般に回転数の変動を少なくするために使用される。フライホイール効果と一致する。

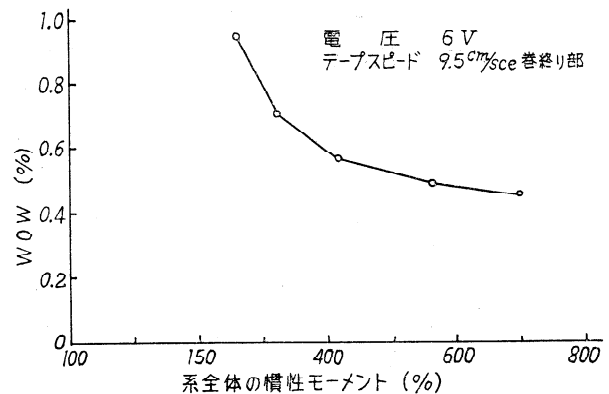


図 6

4.3 電氣的ノイズについて

電氣的ノイズは、ガバナの断続電流および整流時の電流変化による。電磁波ノイズが主な原因である。テープレコーダにおいては、S/N比は⁴⁾ 40db 以上が要求される。この電氣的ノイズを少なくするために、一般にモータの外周に、シールドケースをかぶせる。これは、シールドケースによって、電磁波的ノイズを吸収するためのもので、シールドケースには、鋼板あるいはパーマロイなどが使用される。また、テープレコーダをはじめとする。ほとんどの応用機器においては、増巾部分とモータの電源を共用にするため、ガバナの断続電流および整流時の電流変化が、直接増巾器に影響を与え、これが雑音の原因となるが、これらはフィルタ回路により、除くことができる。

4.4 寿命的な安全性について

マイクロモータの寿命的な安定性は、整流装置の寿命的な安定性の如何にかかっている。先にも述べたように、モータメーカはこの点に最重点を置き、各社独自の整流機構を使用しており、この方面の特許が多いのも、このためである。

寿命的な安定性を阻害する主な要因には、つぎのようなものがあげられる。(1)軸受油の整流機構への飛散。(2)整流子、刷子の接触不安定による。整流子、刷子の電氣的、機械的損耗。(3)刷子摩耗粉の、セグメント間スリットへの目づまり。(4)刷子の機械的振動。このような要因によって、負荷特性は阻害され、ひどいものは停止するものもある。この外、軸受の油切れによる無負荷損失の増加、異常音の発生などが、モータの性

能を落とすことになる。マイクロモータの寿命は、その用途にもよるが、500～2,000時間が要求される。

4.5 その他の問題点について

以上の問題のほかに、モータの周囲条件（温度、湿度）の変化に対する安定性、および耐振動、耐衝撃に対する性能の安定性の問題がある。マイクロモータは周囲条件として、 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、湿度95%の条件下で、特性の劣化があってはならないし、耐振動性に対しては、全振巾約1.5mm、周波数25c/s以下の振動に耐えなければならないといわれている。また、製作にあたっては、常に塵埃の付着せぬよう特に注意し、時計工作の技術に近い精度と作業を、確実にこなわなければならないといわれている。

5. む す び

以上、マイクロモータの概要と、その二、三の問題点について述べたが、これからのマイクロモータは、今後どのような方向に向って行くのであろうか。国内において、約20数社がマイクロモータの製造を行っており、外国においてはアメリカ、イギリス、ドイツ、スイス、オランダにおいて数社がマイクロモータを製造している。わが国は、トランジスタラジオ、テープレコーダ、8mmシネカメラ等を大量生産している関係上、マイク

ロモータの技術的なレベルは相当高い。

しかし、国内におけるものは、ほとんど前述の機械的ガバナを使用した。普通の直流電動機であるのに対し、外国のものには、トランジスタ方式のガバナを使用し、ワウ、フラッタおよびノイズの問題を、別な角度から解決しているものがある。このような動きから、将来は、マイクロモータもトランジスタ化され、いづれは無刷子式の直流電動機を、トランジスタガバナにより制御する時代がくるものと思う。

用途の面からみると、マイクロモータは、ロケット、人工衛生にも使用され、また医療関係では人工心臓に使われ、低価格では玩具用モータに至るまで、広い応用分野で使われている。

マイクロモータは、電子技術の発達と共に、今後はこれらの問題を解決して、ますますその応用範囲を広めてゆくものと思う。

文 献

1. 上村，山口：特許公報（昭38—11463）
2. 大岡，大西，大島：実用新案（昭38—8614）
3. 三島：特許公報（昭33—2514）
4. JIS. C 5511（テープレコーダ）
5. 池上：電子工業 12, 50, [1963, 10]