

3相ステップングモータの開発

三浦 幸夫

Yukio Miura

小山田 靖史

Yasushi Oyamada

宮島 久幸

Hisayuki Miyajima

内山 和良

Kazuoyoshi Uchiyama

甘利 昭博

Akihiro Amari

金子 正義

Masayoshi Kaneko

1. まえがき

デジタル制御装置のアクチュエータとして、またオープンループによる制御の容易さの面より、ステップングモータは急速に普及してきた。

とりわけ、情報通信機器用・産業機器用にはHB型ステップングモータが多用されており、昨今の情報インフラの整備や情報ネットワーク化が進む中で、その市場はさらに広がっている。

なかでも複写機は、アナログ機からデジタル機へ、白黒からカラーへ、スタンドアロン機からネットワーク機へと高級機化している。これにともない良質な画質を得るために、使用されるアクチュエータには、より滑らかな回転特性が要求されてきている。

2. 開発の背景

複写機の業界において、PPCやLBPに使われるスキャナヘッド駆動に用いられるアクチュエータは、画像ムラを無くすためスキャン時にヘッドを一定速度で送る必要がある。このため、回転ムラの影響が出やすい低速度域($1s^{-1}$ 以下)ほど低振動化が要求される。つまり、低速度域の振動をいかに抑えるかが、装置における画質向上のカギとなっている。

ステップングモータにおいて、2相モータでは振動対策としてマイクロ駆動回路を組み合わせたユニットで、振動特性の向上をはかることになるが、5相モータにはかなわないことがある。これに対し、5相モータは振動特性面では優れているが反面、駆動回路と組み合わせたユニットで考えると、コストが高く高級機専用の観がある。

よって、ユーザが装置設計を行う場合、振動特性とユニットコストを念頭に、一方を妥協して選定をかけることになり、設計者から2相マイクロ駆動ユニットはもちろん、5相フル・ハーフ駆動ユニットより振動特性を優れたものとし、ユニットコストを2相に近づけたいという要望が出ていた。

そこで、2相ユニットと5相ユニットの双方の利点を生かした「ステップシン」3相HBステップングモータシリーズを新たに開発し、さらに派生ファミリーとして、PMロータタイプステップングモータも商品化した。

3. 3相「ステップシン」の特長

3.1 HBステップングモータシリーズ

[図1](#)に各サイズの代表的ステップングモータの外観を示す。

HBステップングモータシリーズは、幅広いニーズに対応するため、42角、50角、56角、60角の4サイズがある。また全長別2種類、電流別3種類の計6機種を各サイズで揃えている。

[表1](#)に製品としてラインアップされたシリーズの代表機種を記載する。

また、本シリーズの特長をあげると次のようになる。

(1)低振動

振動の低減を第一に磁気バランスを考慮し、固定子を12ポールで設計した。また、トルクリップルを抑える小歯構成をとることにより、振動特性は2相マイクロ駆動や5相フル・ハーフステップ駆動以上の性能を実現した。

(2)低騒音

組み立て構造を見直し、振動に強い構造とし、内部構造の強度を上げると共に、山洋独自の最適な磁気回路設計を施し、低騒音化を実現した。

(3)高トルク特性

「ステップシン」Hシリーズの設計思想を継承し、コンパクトで高トルクを実現した。代表機種として記載した4サイズの周波数対トルク特性を図2に示す。

(4)リード線レス(入力端子コネクタタイプ)

パワー入力ラインをコネクタ端子とすることで、ステッピングモータを装置に組み込む際の取り付けを容易にすると共に、ユーザの作業工数を軽減した。

3.2 PMロータタイプステッピングモータ

PMロータタイプモータは、ロータにその特徴がある。図3にロータ外観を示すように、HB型の回転子には小歯となる突極を持ったスタックでマグネットを挟み込む構成をとるが、これに対してPMロータタイプは、バックヨークとなるスタックのうえに円筒状のマグネットを配置し、ラジアル方向にNSの極を着磁することで構成している。

特性上、PMロータタイプのHBタイプに対する優位点は、次のようになる。

(1)超低騒音

追従できる周波数域で、低速から高速までの全域に渡り、約10dB[A]の騒音値低減ができる。図4に騒音値の比較を示す。

(2)高速追従性能

高速応答性能が向上し、回転数で 84s^{-1} まで追従するため、システムのスピードアップが可能となる。図5に同等トルクの2相HBステッピングモータを用いた比較を示す。

4. 事例

試験装置としては、市販品のPPC装置に56角HBステッピングモータを装着したものを使用した。スキャナを一定速度で送ってスキャナヘッドの動きを測定し、3相マイクロステップ駆動、2相マイクロステップ駆動、5相ハーフステップ駆動、および5相フルステップ駆動の比較を行なった。

スキャナヘッド部分の実測値を、図6に示す。

スキャナ部の走査速度は、縮小／拡大の倍率に応じた線速で駆動されるため、スキャナモータは各速度で常に一定回転で駆動されることが望まれる。一般に(条件にもよるが高機能機の場合)縮小／拡大の可変倍率は25～400%であり、使用されるアクチュエータの回転数は、 $10\sim 0.6\text{s}^{-1}$ に相当する。

図6からわかるように比較した全ての駆動方法において回転数 1.5s^{-1} 以上は、速度変動率がほぼ同等の値となり優位差はない。しかし、回転数が 1.0s^{-1} 以下の低速域では顕著な差となり、 0.6s^{-1} までの回転数で3相マイクロステップ駆動は、2相マイクロステップ駆動や5相フル・ハーフステップ駆動と比べて振動が抑えられた結果、速度変動率が向上していることがわかる。

振動を小さく抑えることは、製品の画質向上に直接結びつくため、3相マイクロステップ駆動は振動低減に非常に有効な手法である。

5. まとめ

以上、3相ステップングモータの概要を簡単に紹介した。

各種産業用機器においても、低振動化は重要な課題であり、3相「ステップシン」ステップングモータシリーズは、コスト低減を目的とした5相ステップングモータからの置換えや、振動特性向上のための2相ステップングモータからの置換えに最適なシリーズである。

また、2相、5相という従来の構成に加えて3相という新たなる方式を加えたことで、ユーザの選択肢を広げることができるため、さらに新しい市場の開拓も期待できるものである。

三浦 幸夫

1982年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの開発、設計に従事。

宮島 久幸

1972年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの開発、設計に従事。

甘利 昭博

1982年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの量産設計に従事。

小山田 靖史

1986年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの量産設計に従事。

内山 和良

1989年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの量産設計に従事。

金子 正義

1992年入社

サーボシステム事業部 設計第2部

ステップングモータの開発、設計に従事。

表1 型番代表機種一覧

型番	(片軸)	103H5332-0340	103H6332-0340	103H7332-0340	103H7832-0340	単位	条件
	(両軸)	103H5332-0310	103H6332-0310	103H7332-0310	103H7832-0310		
外観		42□×39 ^L	50□×51.3 ^L	56□×53.8 ^L	60□×53.8 ^L	mm	NOM.
駆動方式		バイポーラ	バイポーラ	バイポーラ	バイポーラ	—	スター結線
相数		3	3	3	3	相	
基本ステップ角		1.2	1.2	1.2	1.2	度	
定格電流		3	3	3	3	A/相	
巻線抵抗		0.84	1.3	1.4	1.5	Ω	±10% at 25°C
巻線インダクタンス		0.5	1.6	1.8	1.8	mH	±20% at 1kHz
ホールディングトルク		0.196	0.44	0.69	0.94	N・m	MIN. I = 3A 2相励磁
ロータイナーシャ		0.053×10 ⁻⁴	0.12×10 ⁻⁴	0.2×10 ⁻⁴	0.4×10 ⁻⁴	kg・m ²	NOM.
最大自起動周波数		2000	1800	1800	1400	pulse/s	MIN. 無負荷時*
最大応答周波数		14000	5200	3500	2800	pulse/s	MIN. 無負荷時*
質量		0.3	0.5	0.65	0.78	kg	NOM.

* 駆動回路:STK673-010 E=24V[DC] 3A/相 フルステップ

図1 3相「ステップシン」の外観



図2 シリーズ代表機種の周波数対トルク特性

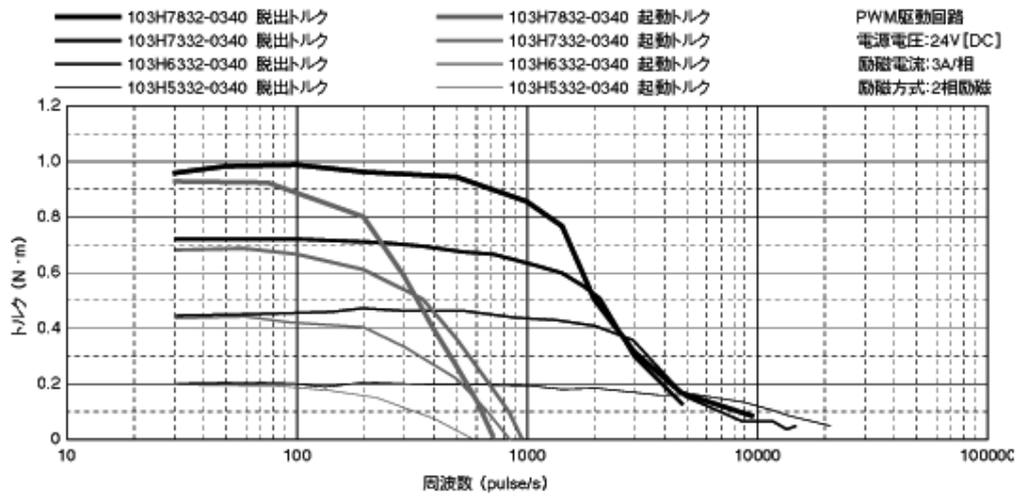


図3 タイプ別ロータ比較

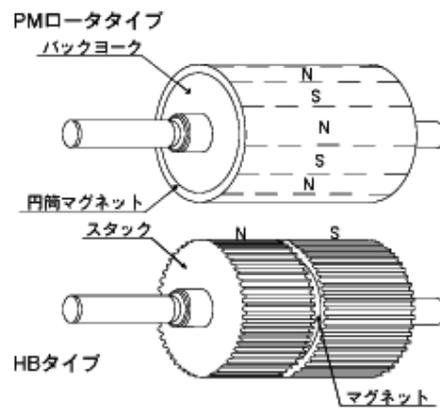


図4 ロータタイプによる騒音比較

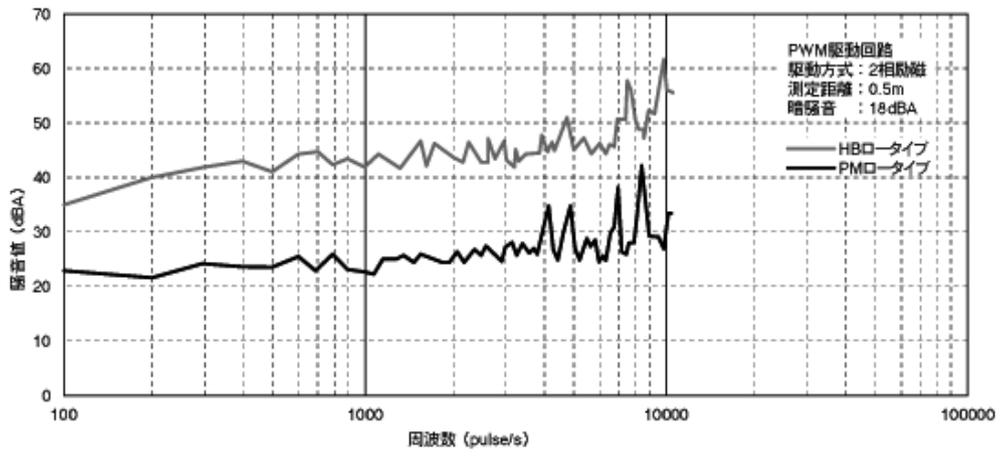


図5 タイプによる回転数対トルク特性比較

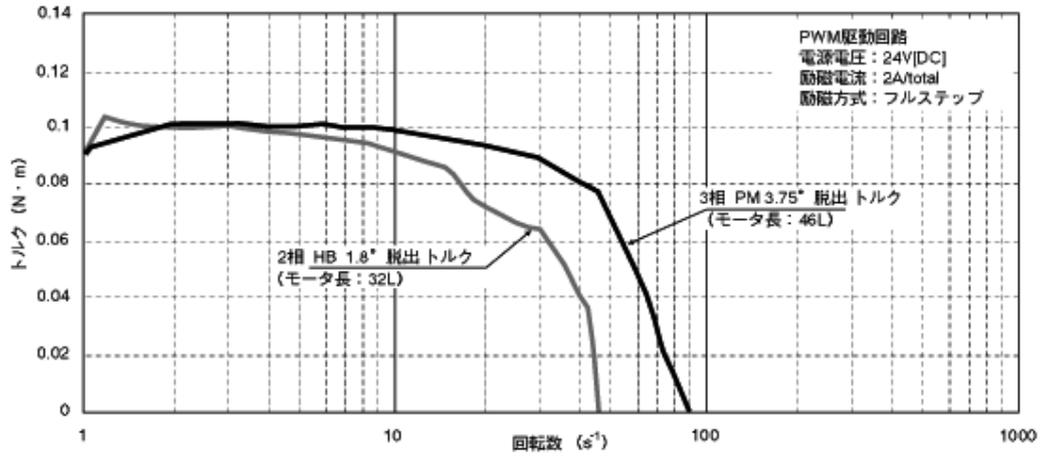


図6 PPCスキャナー部実機搭載評価

