



リニア単軸ロボットPHASERシリーズ

“Phaser” Series Linear Single-axis Robots

海江田 隆 Takashi Kaieda 長森 基樹 Motoki Nagamori 加茂川 良 Ryou Kamogawa
●IMカンパニー 技術チーム



図1 PHASERシリーズ

Single-axis robots are widely used in factory automation as simple devices for placing functions. The market for these robots is now a mature one where there is little difference in performance between the products by the various makers. As a strategic product to offer our customers new value and give us an advantage in the market, the Yamaha IM Company has developed the new "Phaser" series single-axis robots that adopt linear motors as their drive units.

It has long been known that linear motors offer advantages in terms of top speed and accuracy compared to the conventional ball screw mechanisms used in most single-axis robots. However, they have not come into common use for factory automation due to the facts that they cost about twice as much and they make the robots larger and heavier. With the "Phaser" series we have succeeded in creating models in the same price range as conventional models by building the main components, especially the linear scale, into an internally integrated design. Also, by being the first in the industry to employ shaft type linear motors, we have been able to greatly reduce the unit size and weight compared to conventional linear motors. The resulting robots are incomparably smaller and lighter than linear-driven devices until now and no larger or heavier than conventional robots.

Since their release in November, 2003 at prices comparable to conventional units, these "Phaser" series models have been very well received in the marketplace because of their high performance, the fact that they are maintenance-free for long periods, their low operating noise levels and their double carrier capability. Here we report on the development of these "Phaser" series models.

1 はじめに

単軸ロボットは手軽な位置決め装置として、工場の自動化設備に広く使用されている。この商品は成熟期にあり、ここしばらくは機構、性能とも各社横並びの状態が続いている。ヤマハ発動機株式会社IM (Intelligent Machinery)カンパニーでは、そのような状況を打破し、お客様に新しい価値観を提案する切り札として、駆動源にリニアモーターを用いた単軸ロボットPHASERシリーズを発売した。

リニアモーターはボールネジなどを使った従来の機構に比べて、最高速度や精度など様々な面でアドバンテージがあることが知られていたが、コストが倍近い点、また大きく、重い点などから一般的なFA (Factory Automation) 分野では普及していないのが現状である。PHASERでは主要部品、特に位置検出器(リニアスケール)を内製化したことで従来機構なみの価格を実現することができた。また業界に先駆けてシャフトタイプのリニアモーターを採用したことで、従来のリニアモーターに比べて大幅に軽量コンパクトとなった。

高性能、長期メンテナンスフリー、低い動作騒音、ダブルキャリアなど様々な優位点を持ちながら、従来商品なみの価格を実現したPHASERシリーズは2003年11月の発売以来、市場では好評を持って迎えられている。

2 開発の背景

単軸ロボットは非常にシンプルな構造なので、他社に対して大きな技術的アドバンテージを得るのが難しく、性能的には横並びなのが現状である。市場では熾烈な価格競争が続いており、利益率も低下傾向にある。これらの状況を打破するには、今までに無い新しい魅力をお客様に提案し、新規需要や買い替え需要を喚起する必要があった。

リニアモーターを採用すれば最高速度、精度などの面で、ボールネジに代表される従来の機構に対し大きなアドバンテージがあることは知られていたが、リニアモーター、及びそれを駆動するために不可欠な位置検出器は非常に高価であり、一般的なFA分野への普及は進んでいなかった。これらをコストダウンすることで、今までに無い性能、価格、機能のバランスをもった単軸ロボットを開発し、上記目標を達成したいと考えた。

また従来もリニアモーターを使った単軸ロボットは存在したが、高価なばかりでなく、大きく、重いなどの欠点があった。その他にも動作内容の設定が難しく、耐環境性が劣ったりするなど、単軸ロボットとしての完成度はいずれも低く、従来の単軸ロボットからの置き換えを難しくしていた。これらの点でも我々が培った単軸ロボットのノウハウを投入し、使い勝手の良さをめざした。

3 構造

単軸ロボットPHASERの構造を図2に示す。

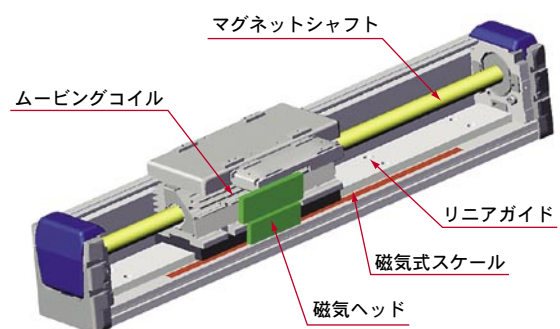


図2 構造図

3.1 モーター

業界に先駆けシャフトタイプのリニアモーター（以下シャフトモーター）を採用した。一般的なコアレスリニアモーターは図3のように磁石を対向させる構造になっており、限られた方向の磁束しか推進に使うことができない。これに対しシャフトモーターでは、全方向の磁束を利用可能（図4）なので、磁束の利用効率が高く、同じ推力ならば少量の磁石で済む。また、前者では対向する磁石間に吸引力が働くので、これを支える頑丈なフレームが必要となり大きく重くならざるを得ない。これに対しシャフトモーターは薄肉のステンレスパイプの中に磁石を整列させるだけの構造で、軽量、コンパクトに作れる（図5）。従来のリニアモーター駆動の単軸ロボットと比較して断面積で約40%、本体質量も三分の一以下と軽量コンパクトに仕上がった（図6）。

3.2 位置検出器

リニアモーターを動かすには位置検出器が不可欠なのだが、非常に高価なためコストダウンの最大のネックとなっていた。我々はこれを独自開発、内製化することで、大幅なコストダウンを目指した。全く経験の無い分野ではあったが、一つ一つ地道に問題解決を行い、比較的順調に開発を進めることができた。特に途中からヤマハ株式会社の技術協力を得られ、同社の磁気検出技術を生かせることも相まって、企画から商品化まで約1年という短期間で開発できた。

検出方式には耐環境性に優れた磁気式を採用した。分解能は $1\mu\text{m}$ 。高精度ながら多少の油汚れや粉塵のかかる環境でも位置検出可能である。入力信号の内挿、AD(Analog to Digital)変換の技術は既に従来の単軸ロボットで実績があり、信頼性の高いものができた。

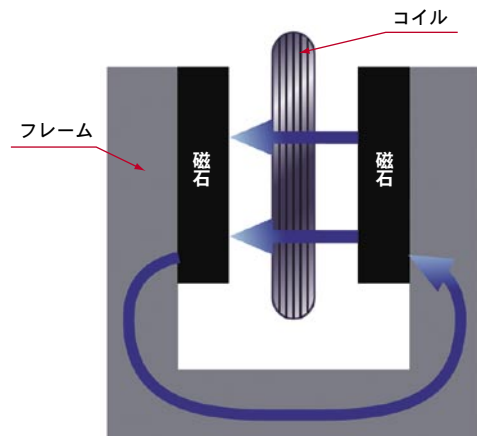


図3 一般的なコアレスリニアモーター

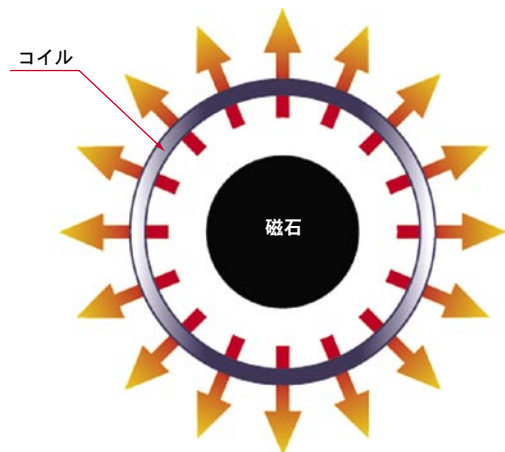


図4 シャフトモーター断面

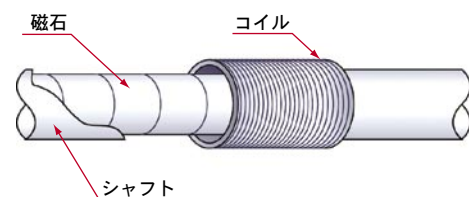
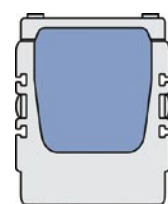
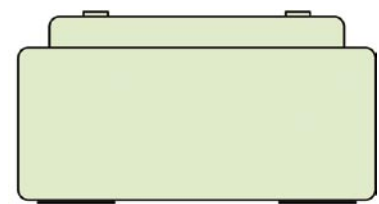


図5 シャフトモーター



PHASERシリーズ
MR16T



従来のコアレスリニアモーター単軸

図6 大きさの比較

3.3 断熱構造

一般的なリニアモーターにおいては、コイルから発生する熱がお客様のツールやワークにダイレクトに伝わってしまい問題になりがちである。PHASERではテーブルとムービングコイルの間に断熱層を設けることで、熱を伝わりにくくした(図7)。PHASERシリーズの1機種であるMR16Tの場合、この断熱層は定格動作している際の温度上昇を約15℃低減する効果がある。

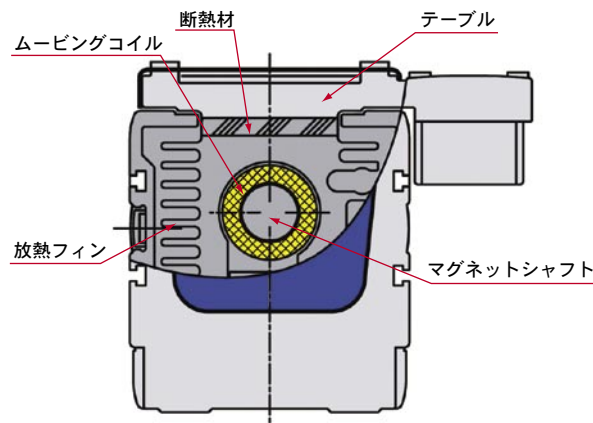


図7 断熱層

4 性能

4.1 高速

最高速度は2.5m/sec。従来の一般的なボールネジ仕様の単軸ロボットが1.0～1.2m/secであるのに対し、倍以上の最高速度を実現している。またボールネジはストロークが長くなるとネジ軸の共振周波数が低下するため、振動回避のために最高速度を下げなければならない。リニアモーターでは回転機構が無いのでそのような心配は無用であり、特に長いストロークにおいてサイクルタイム短縮に貢献する(図8)。

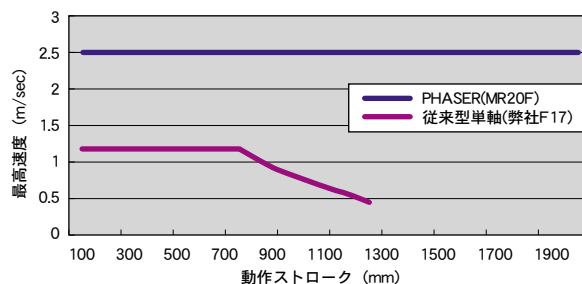


図8 動作ストローク-最高速度比較

4.2 高精度

バックラッシュが無く、位置検出器によるフルクロード制御のため、停止位置のバラツキは極めて少ない。繰り返し位置決め精度は $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下と従来モデルの半分以下である。

4.3 低速度リップル

検査器などでは極低速でスムーズな動きが必要である。コア付きのリニアモーターやボールネジでは構造的にある程度の速度変動は免れない。これに対しPHASERではコアレス構造のシャフトモーターの採用と周囲の部品の最適レイアウトにより極めて低い速度リップルを実現し、極低速での滑らかな運転を可能にした。

4.4 静粛性

動力伝達が非接触なのでボールネジなどに比べると動作時の騒音が圧倒的に少ない(図9)。

特にデスクトップファクトリーやクリーンルームなど静かな環境において作業者の負担を軽減できる。

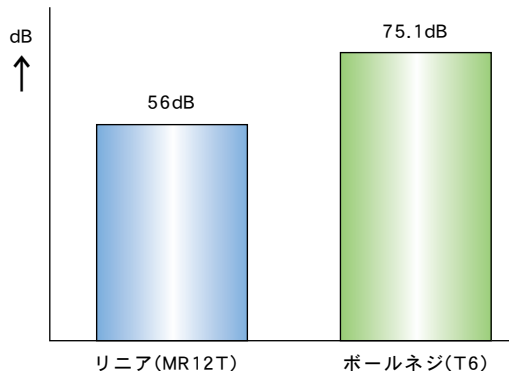


図9 騒音比較

4.5 耐環境性

従来のリニアモーター単軸は磁石が剥き出しになっているものが多く、設置や運用に細心の注意が必要となる場合があった。これに対し全周をアルミ押し出し材のカバーとステンレスシャッター(図10)で覆い、またそれぞれのカバーと磁石からの距離を最適にすることで、外部への漏れ磁束を少なくし、この問題を解消した。



図10 ステンレスシャッター

5 バリエーション

お客様のツール、ワークの種類により、ロボットに求められるスペックも様々である。多様なニーズに対応するため、推力、最大ストローク、ヘッド数の異なる4機種8バリエーションをカタログラインナップした(表1)。また、お客様の使用するケーブルベアをオプションで用意したり、外観デザインも統一感が出るよう気を使った。

表1 ラインナップ

仕様	モデル名	定格推力	最大可搬質量
シングルキャリア	MR12T	17N	3kg
	MR16T	23N	5kg
	MR16TH	32N	7kg
	MR20F	44N	15kg
	MR25F	80N	20kg
ダブルキャリア	MR12TD	17N	3kg
	MR16TD	23N	5kg
	MR16THD	32N	7kg

6 その他

6.1 ダブルキャリア

リニアモーターは駆動部と位置検出部が可動テーブル側にあるので、1軸上に複数のテーブルを設置することができる。例えばワークをライン上流から作業ステーションに移動させ、作業後にライン下流へ排出するアプリケーションなどで、上流側と下流側で2本の単軸ロボットを使用するケースがよく見られる。この場合、1軸上に2つのテーブルを設置したダブルキャリア仕様を用いればスペースを削減できるのみならず、LM(Linear Motion)ガイド、マグネットシャフトなどの主要部品を共有できるのでコストダウンも可能となる(図11)。

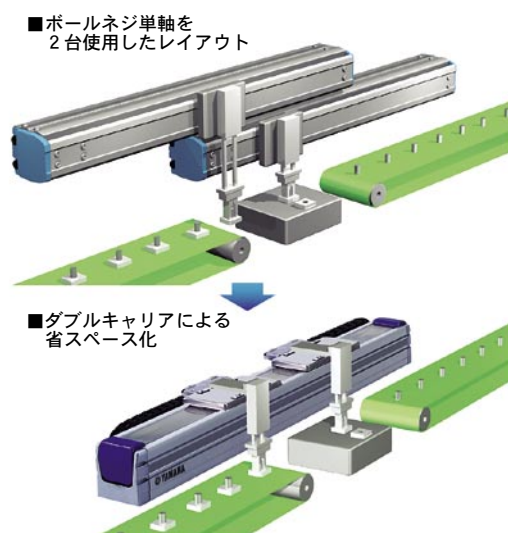


図11 ダブルキャリア

6.2 デュアルドライブ

新型多軸コントローラRCX141を用いれば2軸のPHASERを同期制御することが可能である(デュアルドライブ機能 図12)。これにより広範囲をカバーする大型の直交ロボットや液晶基板などの大型ワークの搬送に応用できる。

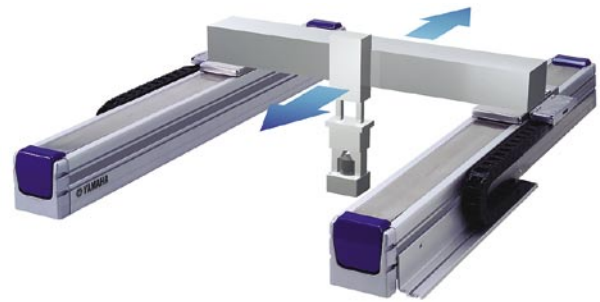


図12 デュアルドライブを使ったアプリケーション例

7

おわりに

現在、ロボット事業は厳しい競争の中にある。お客様にとって魅力があり、かつ利益を確保できる商品をタイムリーに開発し続けなければ、生き残ることはできない。そのためにも開発陣は他社ではやっていない新しいトライをしていかなければならないと思う。今後とも手を緩めずに、良い商品を市場に投入していきたい。

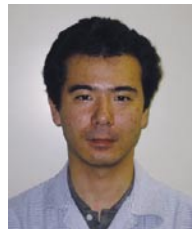
■著者



海江田 隆



長森 基樹



加茂川 良