

リニアモーター単軸ロボット PHASER シリーズ MF タイプ

The MF type models of Yamaha's "Phaser Series"
linear motor single-axis robots

加茂川 良 石塚 健次 平野 暁史

製品紹介



図1 PHASERシリーズ MFタイプ

Abstract

In recent years the trends toward larger LCD (Liquid Crystal Display) manufacturing equipment and faster factory transport systems have created the need for robotic arms with longer strokes as well as high speed and accuracy to serve as the drive arms in factory operations. To answer these market needs while also adding new value to differentiate our products from those of the competition and bring new creativity to the single-axis robot category, Yamaha Motor Company's IM (Intelligent Machinery) Company released in November, 2003 the MR type models of our "Phaser Series" shaft-type single-axis robots with coreless linear motor.

Now we release on the market our new MF type models of this series as the new top-of-the-line models capable of accommodating heavier loads over a longer stroke. The new MF models adopt the linear scale positioning mechanism developed and put to use on the MR models while utilizing a core-equipped linear motor as the drive motor to achieve a maximum load capacity of 100 kg and a maximum stroke of 4 m. And, despite their large size as single-axis robots, the MF type robots have also been developed to achieve high levels of speed and accuracy while maintaining low product cost.

1 はじめに

近年、液晶製造装置の大型化や工場内の搬送設備の高速化に伴い、それらの駆動軸として、ロングストロークかつ高速、高精度なものが求められている。こうした市場要求に加え、単軸ロボットとしての新たな価値の付与や他社との差別化を図り、単軸ロボット市場での独創性を確立すべく、ヤマハ発動機株式会社IM(Intelligent Machinery)カンパニー(以下、当社)では、2003年11月に、シャフトタイプのコアレスリニアモーター単軸ロボットPHASERシリーズ MRタイプを発売した。

今回、同シリーズの上位機種として、高可搬質量、ロングストロークに対応できるMFタイプ(図1)を市場に投入する。MFタイプは、MRタイプで開発、実用化した位置検出器(リニアスケール)を採用し、駆動モーターにコア付きリニアモーターを用いることで、最大可搬質量100kg、最大動作ストローク4mという大型単軸ロボットでありながら、高速、高精度かつ低価格な商品の開発を目標とした。

2 開発の背景

単軸ロボットは、従来、回転型モーターにボールネジを組合せた構成をとることが多く、性能、価格、構造の面において差別化を図りにくい状況にあった。そうした状況を打破し、新規市場を開拓する目的で、当社は2003年に、駆動源にリニアモーターを用いたPHASERシリーズMRタイプを開発、発売した。以来、現在までに、産業用ロボット市場において、高性能・軽量・コンパクト・低価格なりニアモーター単軸ロボットとして認知されている。

その中で、近年、液晶製造などに代表される工場設備において、より重い質量を、より長距離、高速かつ高精度に搬送したいという強い市場要求があったため、PHASERシリーズの商品優位性はそのままに、高推力、ロングストロークの商品の開発を行い、MRタイプではカバーできない性能領域を補完する必要があった(図2)。

3 特徴

MFタイプの仕様を表1に、構造を図3に示す。

3.1 位置検出器

リニアモーター単軸を駆動させるための位置検出器には、MRタイプで独自開発、内製化したリニアスケールを採用した。リニアスケールに記録された磁気信号を検出、内挿処理することで、分解能1 μ mという高精度を達成しながら、多少の汚れでは誤動作しない、優れた耐環境性を有している。同リニアスケールは、現在までにMRタイプで約2年間生産、出荷した実績があり、性能、品質において高い安定性を示すとともに、内製効果により商品のコストダウン

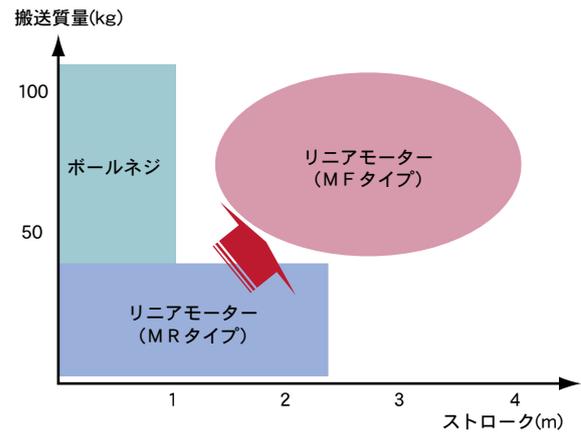


図2 単軸ロボットの性能領域

表1 PHASERシリーズMFタイプの仕様

型式	MF50	MF100
駆動方式	フラット型コア付きリニアモーター	
最高速度 (mm/s)	2,500	
定格推力 (N)	200	400
最大推力 (N)	600	1,200
最大可搬質量 (kg)	50	100
繰り返し位置決め精度 (μ m)	± 5	
ガイド構造	直動ガイド	直動ガイド (ローラー)
ストローク (mm)	1,050 ~ 4,020 (135mm ピッチ)	895 ~ 4,000 (135mm ピッチ)
幅 (mm)	210	
高さ (mm)	100	
位置検出方式	磁気式リニアスケール：分解能1 μ m	
コントローラー	SRCP-20-R, RCX141	SRCP-30-R

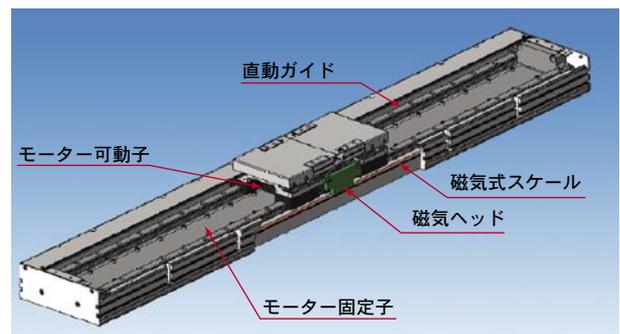


図3 PHASERシリーズMFタイプの構造

ンに大きく寄与している。

3.2 モーター

リニアモーターにはコア付きフラットタイプを採用した。コア付きリニアモーターの特長である高推力モーターを搭載することで、MRタイプの大型機種(MR25F)の約5倍の推力を発生する。一般にコア付きモーターは、コアレスモーターと比べて速度安定性において不利とされるが、MFタイプのモーター可動子には速度リップル低減措置が施されているため、同種のモーターと比べ、約5分の1以下のコギングリップル(推力の脈動)である。同モーターの採用により、圧倒的な高推力を発揮しながら、コアレスモーターのMRタイプとほぼ同等の速度安定性を確保することができた。

3.3 直動ガイド

MFタイプのコア付きリニアモーターには、可動子(コイル)と固定子(磁石)の間に、強力な磁気吸引力が作用する。単軸ロボットでは、スライダ上面に設置される搬送物の荷重を直動ガイドで受けるが、コア付きリニアモーター単軸では、搬送物の荷重に加えて、磁気吸引力を支持する必要がある。

MFタイプでは、これらの荷重を余裕をもって受けるために、MRタイプと比べ格段に高容量の直動ガイドを採用した。MF50では、直動ガイドにボール支持の高剛性ガイドを、高荷重対応のMF100では、高負荷容量、高剛性のローラーガイドを採用することで、機械耐久性を大幅に向上させるとともに、低騒音かつ低振動で動作させることができる。MF50では、ボールリテーナー入りの直動ガイドを、MF100では、スライドベアリング部に潤滑剤が含浸されたシール部材を配置することで、長期メンテナンスフリーを達成している。

また、MFタイプでは、単軸ロボットの軸端カバーを外すだけで、容易に直動ガイドへの給脂が可能な構造(図4)であるため、メンテナンス時にロボット上部の防塵シャッターを取りはずす必要がない。



図4 軸端カバーの取外し

3.4 断熱構造

コア付きリニアモーターでは、巻き線に通電することで発生する損失(銅損)に加えて、巻き線コア部に発生する渦電流損失(鉄損)により、コアレスモーターと比べて発熱が大きい。MFタイプでは、モーターから発生する熱を、ユーザーのツール取付け面に伝達にくくするために、モーター可動子固定部材とユーザー取付けスライダとの間に、断熱部材を配置した。また、モーター可動子固定部材には、放熱フィンを設け、放熱性を向上させている(図5)。

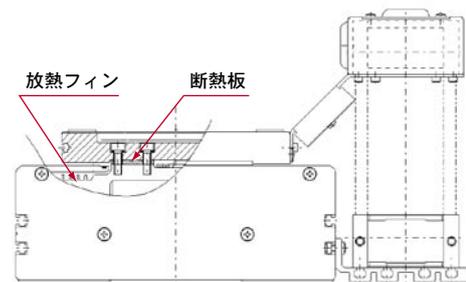


図5 断熱構造

3.5 防塵

リニアモーター単軸では、ロボット内部に大量かつ強力な磁石を配置する。万一ネジ等の部品をロボット内部に落下させた場合、ネジが磁石に張付き固定されてしまう。磁石と可動子との間には、数mm程度のクリアランスしかないので、ロボットが正常に動作しないばかりか、モーターが破損する。MFタイプではロボット上部にステンレスシャッターを配置し、これらの異物混入を防止するとともに、クリーンルームへのロボット導入を容易に行えるよう、密閉式のステンレスシャッター(図6)を標準装備した。

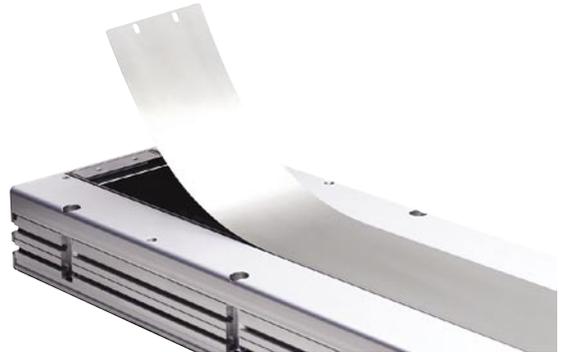


図6 ステンレスシャッター

3.6 取付け

ロングストロークのリニアモーター単軸では、軸長が長くなるにしたがって、その重量も重くなるため、設備に設置する際に、軸下面からの固定が困難である。ところが、防塵のために密閉構造とすると、軸内部へのアクセスを制限する必要があるため、結果として、軸背面からの取付け方法とすることが多い。MFタイプでは、軸内部への異物防止のステンレスシャッターを設けた防塵構造でありながら、軸上面より固定できる構造(図7)とすることで、装置への据え付けを簡便に行うことができる。



図7 上部からの取付け構造

4 性能

4.1 高速・高推力

MFタイプの定格推力は、MF50を200N、MF100を400Nとし、MRタイプと比べ、格段に高いものとした。また、高加減速に寄与する瞬時最大推力は、MF50で600N、MF100では1,200Nを達成した。

なお、MF50の可搬質量は50kg、MF100では100kgとし、大型の搬送物にも対応できる。また、最高速度は2,500mm/sとし、高速移動が可能である。ボールネジと異なり、長距離移動時でも最高速度を落とす必要がないリニアモーターでは、長距離搬送時などに大幅なタクトタイム(製品1台、あるいは部品1個を何秒で作らなければならないか、という時間)短縮が可能となる。

4.2 高精度

リニアモーター単軸では、通常、モーターと平行にリニアスケールを配置するフルクロード制御であるため、モーター駆動部とスライダーとの間に機械系が介在しない。そのため、ボールネジなどのようなバックラッシュがなく、高い繰り返し位置決め精度を達成できる。MFタイプは、MRタイプよりも大型ではあるものの、制御系はMRタイプと同一であるため、ロングストロークタイプでありながら、 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下の繰り返し位置決め精度を達成している。

5 ロボットコントローラー

MFタイプは、ロボットコントローラーに、SRCP(図8)およびRCX141(図9)を採用した。両コントローラーは制御系、動力系ともに、当社が長年培ってきた技術やノウハウを結集した極めて信頼性の高いものである。SRCPは、MRタイプを動作させるために開発された1軸制御用コントローラーであり、従来のロボット言語を使用したプログラム運用が可能である上に、パルス列入力にも対応した、汎用性の高いものである。また、RCX141は、PHASERシリーズ同士、あるいはPHASERシリーズ+ボールネジ単軸、ベルト単軸を同時に制御できる多軸制御用コントローラーである。

RCX141は、最大4軸まで制御できるため、1軸上に2スライダー配置したダブルキャリア仕様の制御や、2軸を同期制御するデュアルドライブ制御、リニアモーター単軸同士を組合せたリニアモーター直交仕様の制御として使用することができる。高推力、ロングストローク対応のMFタイプの発売により、MRタイプでは、実現が限られていた直交ロボットのベース軸としての利用も可能となるため、設備設計の可能性が大きく広がり、産業用ロボットのリニアモーター化がさらに進むものと期待できる。



図8 ロボットコントローラー SRCP



図9 ロボットコントローラー RCX141

6 おわりに

PHASERシリーズMRタイプは、産業用ロボット市場での閉塞感を打破し、当社ロボットの新たな可能性を発掘し、市場への浸透を果たした。これに続くMFタイプは、MRタイプで補えない部分を補完するために商品開発を行った。今後も市場ニーズを的確に反映する商品開発を行い、性能、コストともにユーザーに喜んでいただけるものを提供していきたい。

■著者



加茂川 良
Ryou Kamogawa

IMカンパニー
技術チーム



石塚 健次
Kenji Ishizuka

IMカンパニー
技術チーム



平野 暁史
Akifumi Hirano

IMカンパニー
技術チーム