

# コイル固定型リニアモータの開発

クロノファング株式会社

代表取締役 渡邊 浩司

クロノファング(株) 渡邊 浩司

クロノファング(株) 中沖 徹

## はじめに

従来のリニアモーターは、永久磁石を固定子、コイルを可動子とする構造のために、可動部分の動力線が引きずられ、断線トラブルが生ずる等、高精度、高速度、長寿命等の要求には必ずしも応えられなくなっている。これらの問題を解決するために、従来と構造が逆のコイルを固定子、永久磁石を可動子とした新たなリニアモータを開発した。これにより、動力供給用ケーブルが固定されるので断線トラブルを回避でき、またコイルの強制冷却による温度制御も可能になり、高精度な位置決めと速度ムラの極めて少ない動作が実現できた。さらに、このリニアモータを発展させ、円弧形状とすることで回転運動を行えるリニアθアクチュエータの開発に成功した。

## 開発のねらい

図1に従来リニアモータとの比較を示す。従来、直線駆動システムとして一般的なプーリ・ベルト、シリンダ、ボールねじに代わる高精

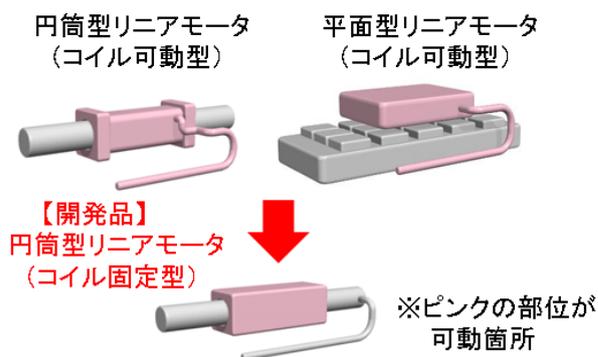


図1 従来リニアモータとの比較

度、高速度の機構として、リニアモータが大きく普及しているが、必ずしも現場のニーズに对应されているものでは無かった。特にその多くはコイル可動型で動力供給用ケーブルが可動子と接合されているので、ケーブルベア等で引き回す事になり、断線トラブルやサーボ外乱を招く可能性があった。また、長ストロークは実現できるが、高価な磁石材を多数用いる事で、製造コストを圧迫するものであった。このような問題点を解消すべく弊社では用途を300mm以下の小ストロークに絞り込み、コイル固定型で円筒型リニアモータ（以下、リニアモータMS）を開発した。また、コイル固定型の特長である動力供給用ケーブルを可動子が引きずらな

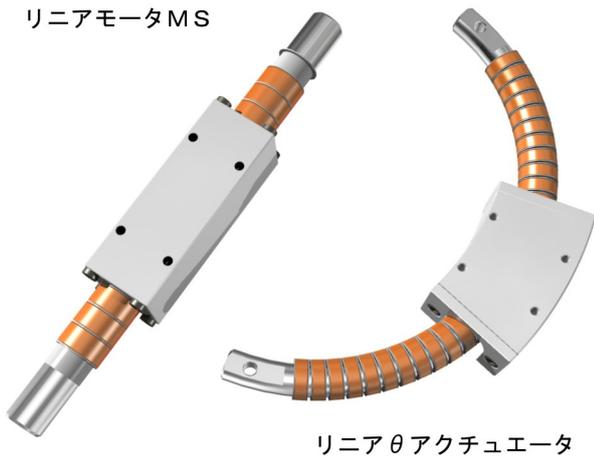


図2 開発品外観

い利点を生かし、可動子および固定子を全て円弧形状とした従来の回転型モータとは発想の異なるリニアθアクチュエータの開発にも成功した(図2)。

## 装置の概要

図3に開発したリニアモータMSの内部構造を示す。可動子体となるマグネットハウジングは、アルミ材など(非磁性)の直方体のブロックを円筒状に穴を開け、そこにリング形状の永久磁石を挿入して、両端に蓋を設ける単純な3ピース構造である。また、コイルユニットは、中空状のセンターコア(鉄芯)に銅線を巻き、連続的に配置構成している。中空状の鉄芯を用いて、そこに冷媒(圧縮空気、水、専用液体)を循環させることにより、コイルの温度が制御できる構造になっている。

リニアθアクチュエータは、磁石を円筒型で

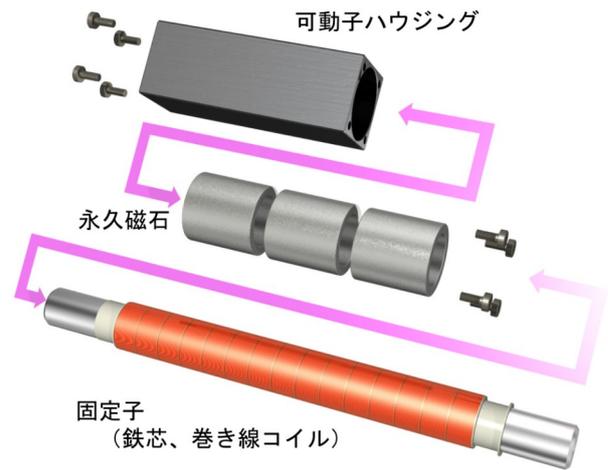


図3 リニアモータMSの構造

なくC型開放形状としている。いずれも3相のリニアモータであり、市販の3相ACサーボドライバ、外部エンコーダと接続することにより、滑らかな動作と高精度動作が実現できる。

## 技術上の特徴

### <ロングライフ>

従来のコイル可動型リニアモータとは異なり、コイルが固定側になるので、動力供給用ケーブルが傷まず、断線のトラブルがない。そのケーブル材もユーザーが任意なケーブルを選ぶことができる。そのために定期的なケーブル交換を必要とせず、信頼性が向上した。

### <コンパクト設計>

可動子が磁石で発熱源ではないので、放熱のためのヒートシンクを設けなくてよく、可動子にケーブルベアも用いないので、モータユニットとして省スペースとなっている。また、可動

子筐体は磁石を内包しているだけなので、その形状は設計上の自由度が高く、機械装置と親和性の良い設計が可能である。

### <温度制御>

従来のリニアモータでは困難とされた温度制御が可能である。図4に冷却のイメージを示す。固定子の中空構造の鉄芯に任意の冷媒を循環させることにより、温度制御が行える。図5に温度測定データを示す。水冷することにより、温度が一定に保たれていることが分かる。

※中空構造の鉄芯内部に冷媒を循環。

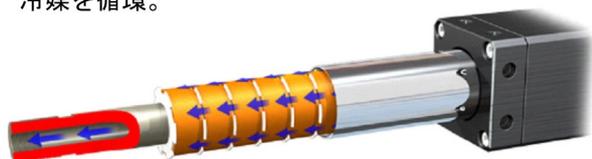


図4 冷却イメージ

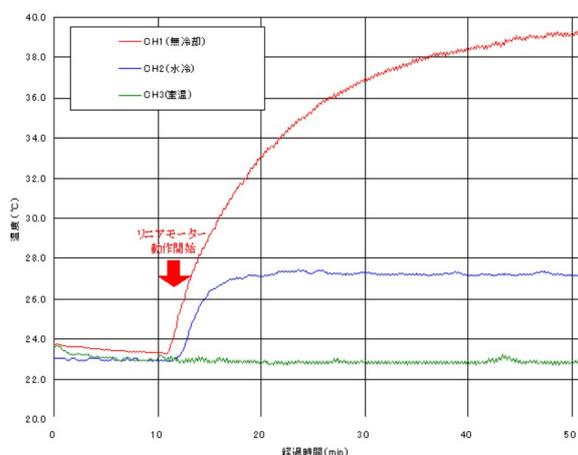


図5 温度制御の例

### <制御性と量産効果>

開発したリニアモータMSは、磁気吸引力が可動方向に対して均一であり、動作時に極めて低いコギング特性を示す。これにより良好なサーボ特性が得られ、サブナノメートル単位の超高分解能（外部エンコーダに依存）にも容易に対応できる。また、シンプル構造で部品点数も少なく、高価な磁石材も少量しか用いないので量産効果による低コスト化が可能になる。

### <リニアθアクチュエータ>

リニアθアクチュエータは、リニアモータMSの特徴を基本的に有し、更に回転型リニアモータとして独自の特徴を持っている。

減速ギアを介さない完全なダイレクトドライブ構造となり、極めて精緻な駆動が可能となっている。特に外周部に高精度光学式エンコーダを設けることで高い分解能が実現される（現況モデルで角度0.06秒確認）。また、外周部に

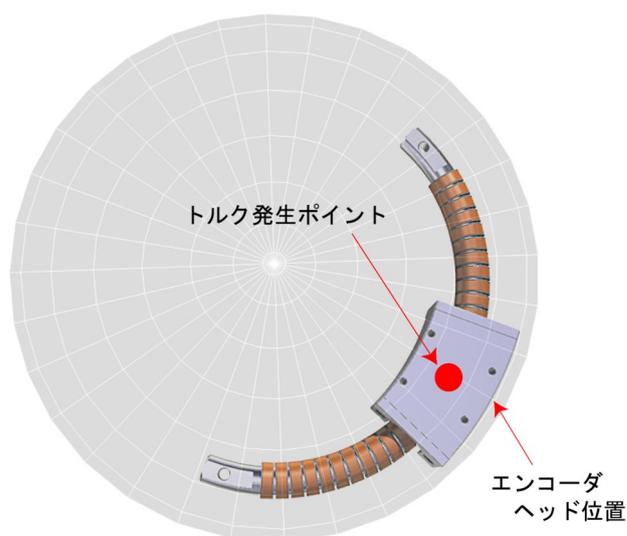


図6 リニアθアクチュエータ

力点が生じるために効率良くトルクが得られる。さらに設計の自由度も高く、回転角度も微小角度から無限ループ運動までカバーできている（図6）。全高も従来機構に比べ大幅に低くでき、装置に組み込まれる際の省スペース要望に対応している（図7、図8）。

いては可動子筐体の専用設計を実施し、搭載装置との最適融合を図り、省スペース、高精度、高速度の性能要求に寄与している。

ここ過去3年間において弊社モータ本体に起因するクレームはゼロであり、高い信頼性と耐久性が得られている。

## 工業所有権の状況

本開発品に関する特許は、国内登録2件、出願1件、海外登録2件である。

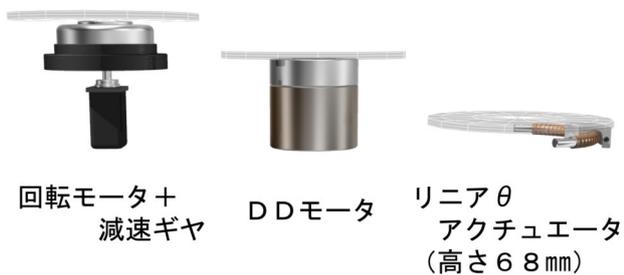


図7 ユニット高さ比較

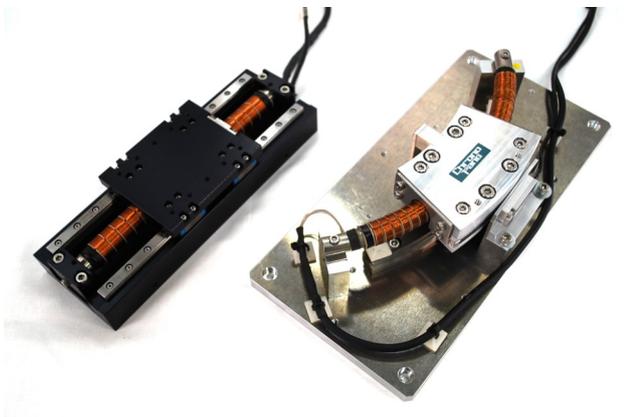


図8 ユニット写真（デモ機）

## むすび

コイル固定型で円筒型リニアモータというスタイルは、リニアモータMSの独自のスタイルであり、また、リニアθアクチュエータも新しいカテゴリーのモータとして独創的開発品と言える。これらの特徴を生かし、今後もあらゆる市場ニーズに応えられるように、より高い性能向上と技術革新を目指して取り組んでいきたい。

## 実用上の効果

リニアモータMSを用いた半導体製造関連装置においては、アクティブ冷却をすることで温度変化を±1℃以内に抑えることができ、高精度化に対応している。また、殆どの出荷先にお