

# 永久磁石同期電動機（PM モーター）の用途展開

野原 学 Manabu Nohara  
 大西貴之 Takayuki Onishi  
 大西保範 Yasunori Onishi  
 松本忠弘 Tadahiro Matsumoto

キーワード PMモーター, 高効率, カスタマイズ, 巻上機, 低慣性モーター, 高速モーター, ギヤレス

## 概要



大容量高速PMモーター

産業機器システム全体の更なる高効率化・小形化が求められる中、電動機でも同様の要求が高まっている。当社は、これらの要求に対応するため、高効率・小形といった特長を有する永久磁石同期電動機（PMモーター）の多用途展開に力を入れて取り組んできた。

1967年に日本で初めてPMモーターの製品化に成功した合繊用途に始まり、1980年代に電気自動車へ、1990年代にはエレベータ用巻上機や射出成形機へ展開してきた。また、近年では大容量高速PMモーターを新たに開発し、高速回転用途への適用も進めている。

## 1 まえがき

永久磁石同期電動機（PMモーター）は、界磁に永久磁石を用いるため、二次励磁損が無く高効率である。環境問題・エネルギー問題への関心の高まりから、長年主流であった誘導モーターに替わり、PMモーターが使われることが多くなっている。

当社は、1967年の合繊機械用途をはじめとして、PMモーターを約半世紀にわたり生産してきた。

第1表に当社PMモーターの歴史を示す。これまでに、容量拡大や機械システムへの最適設計を進め、多種多様なカスタマイズ製品を生み出してきた。最近では大容量高速回転の要求に対応するなど、新規分野にも注力して開発を進めている。本稿では、一般産業用PMモーターの適用事例を紹介する。

第1表 当社PMモーターの歴史

PMモーターを中心に当社のモーターの歴史を示す。

1901	1970	1983	1990	1996	2010年
	アルニコ磁石	フェライト磁石	希土類磁石		
				エレベータ用PMモーター	
				PMサーボモーター	
				ダイナモ用PMモーター	
				電気自動車(EV)用PMモーター	
	合繊用PMモーター				
三相誘導電動機					

## 2 エレベータ向け用途

大都市部への人口集中に伴い、ビルの高層化が進み、巻上機には高速・大容量化が求められている。新設需要のほかに、リニューアル時期を迎えた既設エレベータ向けに、改修用巻上機の需要も多くある。また、新設・改修のどちらにも、設置面積の縮

小や工期短縮のため小形・軽量化の要求が高い。多様な需要がある中で、当社は低速から超高速、小容量から大容量までPMモータ巻上機のラインアップを取りそろえ、様々な要求に対応してきた。

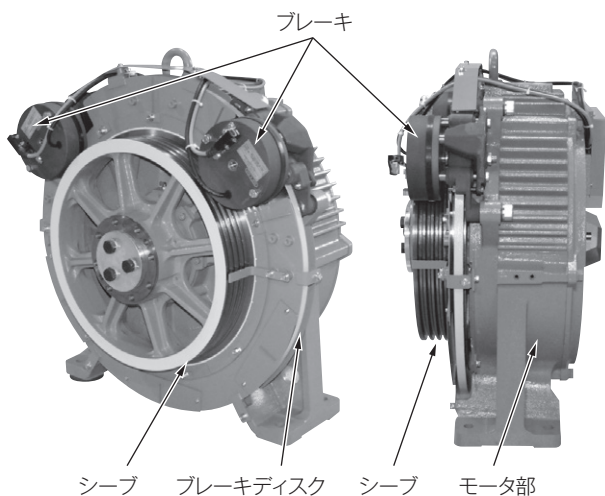
当社巻上機の特長製品の一つに、改修用に特化し昇降速度45～105m/min、積載荷重450～1000kgに対応した改修用巻上機がある。第1図に改修用巻上機の適用範囲を、第2図に改修用PM3.5Tの外観を示す。本機は既設の誘導電動機を使用したギヤード巻上機の置き換えとして対応し、以下の特長がある。

- (1) ギヤレスとするために大トルクが出せるPMモータを採用し、ギヤのメンテナンスが不要
- (2) 分割が可能
  - (a) 現地でのシーブ交換が容易
  - (b) 既設エレベータで搬入が可能

昇降速度 (m/min)	PM3.5T		PM5.2T		
105					
90					
60					
45					
	450	600	750	900	1000
	積載荷重(kg)				

第1図 改修用巻上機の適用範囲

昇降速度45～105m/min、積載荷重450～750kgに対応したPM3.5Tと昇降速度45～105m/min、積載荷重750～1000kgに対応したPM5.2Tをラインアップしている。



第2図 改修用PM3.5T

改修用PM3.5Tの外観を示す。

(3) 性能向上

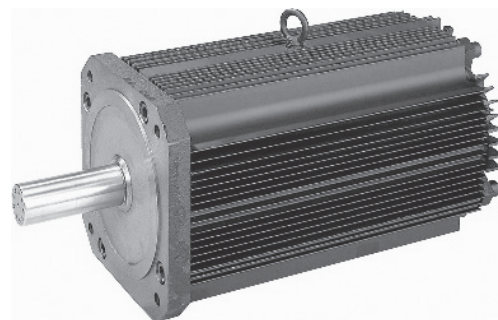
- (a) ギヤレス化でシステムの効率アップ・PMモータ採用でモータ単体の効率アップ (効率：85%、750kg-105m/min 定格負荷時)・低騒音 (騒音：50dB(A)、モータ単体定格負荷時)
- (b) 電磁界解析による磁石形状最適化によって、低トルクリプル化と乗り心地向上を実現

### 3 低慣性サーボモータ向け用途

射出成形機やプレス機械のような高速往復運動向けのサーボモータは、低慣性・ハイパワーレートが求められる。当社はこれまで、機械システムに最適なPMサーボモータを提案してきたが、従来製品の更なる高パワー密度化を目指し、コアモールド絶縁を適用した。

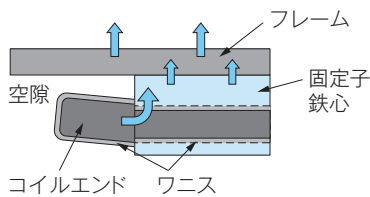
高パワー密度化には、冷却効率が重要な要素となる。冷却効率向上の有効な手段として、モールド化が挙げられる。今回、当社は新たなモールド充填技術を開発し、低慣性サーボモータのような鉄心長が長いモータに対し、ステータ鉄心のスロット内全域及びコイルエンドにモールド樹脂を充填した。

第3図にPMサーボモータの外観を示す。スロット部のコイルの発熱をステータ鉄心に効率よく伝えるとともに、スロット内とコイルエンドへ均一にモールド樹脂を充填することで、冷却効率の悪いコイル部の熱をモールド樹脂でステータ鉄心及びブ

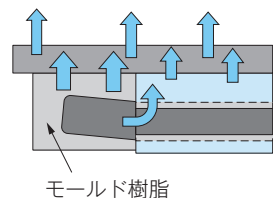


第3図 PMサーボモータ

PMサーボモータの外観を示す。鉄心長が500mmを超える長尺モータである。



(a) モールドなし



(b) モールドあり

#### 第4図 コイルエンド部の熱の伝わり方

モールド樹脂を充填させることで冷却効率が向上する。

フレームへ伝熱して放熱する。第4図にコイルエンド部の熱の伝わり方を示す。本技術を適用することで、冷却性能を格段に向上でき、当社従来機比でパワー密度を約30%向上した。

## 4 高速機械向け用途

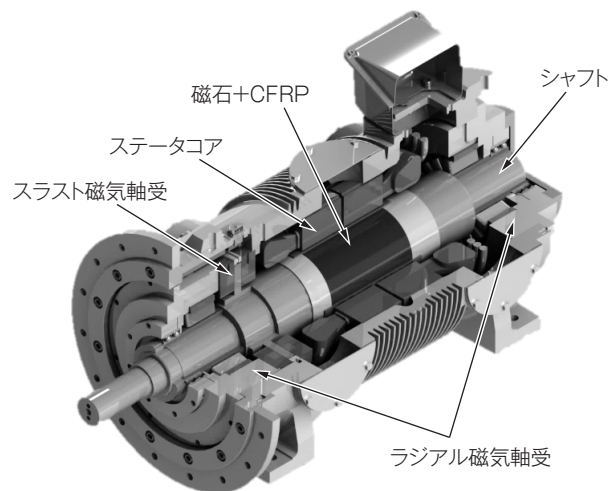
送風機・圧縮機などの流体機械では、エネルギー変換効率を高めるため高速回転が求められる。しかし、高速電動機は出力密度の増加に伴い損失密度が高くなる傾向がある。そこで当社は、磁気浮上式軸受を用いた出力250kW、回転速度20,000min<sup>-1</sup>の大容量高速PMモータをラインアップし、これらの用途への適用を目指している。第2表に本モータの仕様を、第5図にカットモデルを示す。本モータの主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 磁気軸受を採用 磁気軸受を採用し回転体を磁気浮上させることで、高速化の課題であった機械損の低減や潤滑油・グリースレスを実現
- (2) CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) リングを採用 回転子の磁石飛散保護として、CFRPリングを採用することで、高速回転に対応した耐遠心力強度の確保と非磁性リング使用による回転子の低損失化を実現

#### 第2表 大容量高速PMモータ仕様

大容量高速PMモータの仕様を示す。

項目	仕様
極数	2
定格出力	250kW
定格回転数	20,000min <sup>-1</sup>
周波数	333.3Hz
定格トルク	119.4N・m
冷却方式	空冷
軸受	磁気軸受



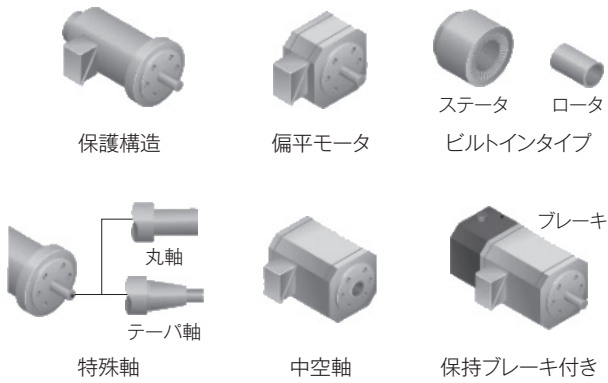
#### 第5図 大容量高速PMモータカットモデル

大容量高速PMモータのカットモデルを示す。

- (3) 他冷ブロワによる空冷方式を採用 他冷ブロワによる内部直接空冷方式によって、内部の温度上昇を効果的に冷却することで高速化を実現した。
- (4) 薄手電磁鋼板を採用 薄手電磁鋼板を採用し、高周波における発熱を抑制することで出力及び効率を向上

本モータを高速流体機械に適用することで、増速ギヤやカップリングを介して高速回転を実現していたシステムに対し、増速ギヤレスのダイレクトドライブ駆動システムを実現でき、以下のメリットが得られる。

- (1) 省エネルギー化 増速ギヤによる損失がなくなったことと、最新の損失低減技術適用でモータ効率が向上したことで、システム全体の効率向上を実現



第6図 PMモータカスタマイズ例

PMモータのカスタマイズ例を示す。

- (2) 省スペース化 増速ギヤや潤滑油の補機類や水冷・油冷といった冷却機構が不要なため、装置構成のシンプル化及びコンパクト化を実現
- (3) 省メンテナンス化 増速ギヤレスによって増速ギヤのメンテナンスが不要。また、モータも磁気浮上によって軸受が非接触なため軸受の交換が不要となり、潤滑油レスで給油作業も不要となることで省メンテナンス化を実現
- (4) 低振動・低騒音 機械的接触がない磁気軸受を使用しているため、従来の送風機と比べて振動が低く、増速ギヤがないため機械音が小さくなり、低騒音を実現

## 5 むすび

PMモータの適用事例を紹介した。当社は、そのほかにも様々なカスタマイズ機種を手掛けてきた。第6図にPMモータのカスタマイズ例を示す。

今後、電動機に求められる要求がますます厳しくなっていくことから、更なる高効率化・小形化・性能向上を推し進め、様々なカスタマイズ製品を提案し、お客様の要求に応じていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



野原 学  
Manabu Nohara  
電力応用事業部営業部  
電力応用製品のエンジニアリング業務に従事



大西 貴之  
Takayuki Onishi  
電力応用事業部回転機技術部  
電動機の開発に従事



大西 保範  
Yasunori Onishi  
電力応用事業部回転機技術部  
電動機の開発に従事



松本 忠弘  
Tadahiro Matsumoto  
電力応用事業部回転機技術部  
電動機の開発に従事