

PMモータの適用拡大に向けた新技術と 新分野への応用動向

PM モータの産業応用に向けた新技術調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. 設計・解析技術	28
1.1 PM モータ適用動向の事例調査	3	5.1 はじめに	28
1.2 PM モータの適用拡大に向けた新技術と 新分野への応用動向の概要	4	5.2 トルクリップル低減に関する技術動向	28
2. 産業・自動車・家電分野における PM モータ・ドライブの適用技術動向	7	5.3 損失低減に関する技術動向	30
2.1 はじめに	7	5.4 特徴的なモータ設計に関する技術動向	32
2.2 産業分野の適用動向	7	5.5 おわりに	34
2.3 自動車分野の適用動向	9	6. 駆動・制御技術	35
2.4 家電分野の適用動向	11	6.1 はじめに	35
2.5 おわりに	14	6.2 位置センサレス制御技術	35
3. PM モータの新たな広がり	16	6.3 産業応用へ向けた応用技術	40
3.1 はじめに	16	6.4 おわりに	43
3.2 医療機器への応用	16	7. 希土類磁石材料技術	45
3.3 電動ターボへの応用	17	7.1 はじめに	45
3.4 サーボプレスへの応用	18	7.2 希土類磁石の資源について	46
3.5 鉄道車両への応用	20	7.3 希土類磁石の低コスト化について	47
3.6 おわりに	21	7.4 希土類磁石の最新技術	48
4. PM 発電機の新技術と適用動向	22	7.5 おわりに	49
4.1 はじめに	22	8. あとがき	51
4.2 PM 発電機の主な適用動向	22		
4.3 おわりに	27		

PM モータの産業応用に向けた新技術調査専門委員会委員

委員長	山本 修(職業能力開発総合大学校)	委員	戸張 和明(日立製作所)
幹事	小坂 卓(名古屋工業大学)		仲田 哲雄(ダイキン工業)
	鳥羽 章夫(富士電機アドバンステクノロジー)		服部 知美(静岡理工科大学)
幹事補佐	松橋 大器(明電舎)		原 修二郎(安川電機)
委員	雨森 史郎(早稲田大学)		森本 茂雄(大阪府立大学)
	笠 展幸(岡山理科大学)		森本 雅之(東海大学)
	石井 孝幸(東芝産業機器製造)		山口 信一(三菱電機)
	伊藤 卓(信越化学工業)	途中退任委員	山本 康弘(明電舎)
	加藤 崇(日産自動車)		松田 聡(三菱重工業)
	北島 康彦(東洋電機製造)		三木 一郎(明治大学)
	桜井 貴夫(三菱重工業)		村上 浩(パナソニック)
	高見 弘(芝浦工業大学)	協力者	山田 哲夫(明電舎)
	田澤 徹(パナソニック)		朝日 直達(アイダエンジニアリング)
	塚越 昌彦(東芝三菱電機産業システム)		大立 泰治(ユーシン精機)
	千葉 明(東京理科大学)		長瀬 博(アイダエンジニアリング)
	百目鬼 英雄(東京都市大学)		遊佐 正行(日特エンジニアリング)

1. まえがき

永久磁石同期電動機（以下、PM モータ）を主体とするサーボモータは、2004 年度の生産高で誘導モータを主体とする産業用モータを上回るなど、可変速ドライブ用モータの中心的な役割を担いつつある⁽¹⁾。その一方で PM モータの適用先は、電気自動車、エレベータ、射出成型機、エアコンのコンプレッサなど、形状の制約や高い効率が要求される特定分野に偏る傾向があり、広くユーザーに浸透したとは言えずまだ普及の余地が大いにある。他のモータに類を見ない小形・高効率を実現できる PM モータの用途を拡大し普及させることは、関連産業の成長に寄与するばかりでなく、地球規模で見たモータによる消費エネルギーの低減にも繋がるため、社会的意義も大きい。

このような背景のもと PM モータの産業応用に向けた新技術調査専門委員会（調査活動期間：平成 19 年 11 月～平成 21 年 10 月）では、今後の PM モータの適用拡大を目指すことを目的として、産業応用分野の適用動向の調査ならびに適用拡大に寄与する研究開発動向の調査を鋭意進めてきた。注目すべき新分野への適用動向の調査にあたっては、いくつかのユーザ企業を訪問する事例調査を実施し、そこでの課題と対応策を調査した。近年数多く発表されている PM モータに関する論文を網羅的に調査し、この中で今後の PM モータの適用拡大に対して大きく寄与すると考えられる技術のピックアップを行なってきた。調査の視点としては、従来から言われている「誘導モータとの置換え」、「小形・高効率化」、「低コスト化」といった視点での適用拡大という切り口に終始することなく、これら以外の視点で適用拡大に繋がる答えを積極提示することを目指した。本報告書は、これらの調査結果をまとめたものである。

1.1 PM モータ適用動向の事例調査

本調査専門委員会では、関係各位の協力を得ていくつかのユーザ企業を中心に訪問し、PM モータの適用動向の実態調査を行った。本節では、このときの調査内容を紹介する。

1.1.1 サーボプレス機への適用（アイダエンジニアリング株式会社本社工場（神奈川県相模原市））

アイダエンジニアリング株式会社は 1917 年に創業した会社で、プレス機械を中心として事業を展開している。サーボプレス機は、従来一定速の動力＋フライホイール＋クラック機構で実現していたプレスの動作を、サーボモータによって直接的に実現するものである。プレスの動作をソフトウェアで自在に変更できる点が、従来の機械式に対する最大の優位点である。特殊なプレススライドモーションが要求される Mg 合金板やジュラルミン板などの温間成形や、成形速度が制限されるチタンや高張力の鋼板の速度制御成形およびステンレスの深絞り成形が可能でありながら、一

般的な抜き・曲げ・絞り成形を、生産性を犠牲にすることなく、プレススタンピングできる高付加価値の製品も登場している⁽²⁾。図 1.1 は近年開発された加圧能力 23000kN 級の大型サーボプレス機の外観である。自動車用ボディアウターパネルやインナーパネルの生産効率化と、高精度化、環境負荷の低減を可能にしている⁽³⁾。

工場見学では、数千トンの大型プレス機械の工場、サーボプレスのデモ、プレス加工品の展示ルームを見学した。サーボプレス機は、2002 年に販売を開始し、現在では出荷台数の 3 割がサーボプレスである。サーボプレス用のモータには、低速大トルク性が要求されるため、PM モータの適用は必須であるといえる。必要な性能を満足させるべく、モータ（ネオジム磁石の SPMSM）は自社開発製である。



図 1.1 加圧能力 23000kN 級の大型サーボプレス機⁽³⁾

1.1.2 自動巻線機への適用（日特エンジニアリング株式会社福島工場（福島県福島市））

日特エンジニアリング株式会社は 1972 年に設立した会社で、自動巻線機およびその周辺機器の開発、製造、販売を事業としている。自動巻線機の世界シェアは 1 位（26%、売上高 130 億円）であり、2 位以下を大きく引き離している。巻線機のコア技術は、組立・加工技術、制御技術、テンション技術、継線技術の 4 つである。巻線のタクトタイム向上を大きな背景として、従来エアを用いていた部分への PM モータによるサーボの適用が進んでいる。1 台の巻線機にはサーボが 10 軸以上用いられていることが通常である。工場見学では、巻線最終調整現場、各種巻線機、テンションコントローラ等を見学した。高速移動と停止時の振動抑制の両立が可能になるとことが PM モータによるサーボ適用の大きなメリットである。図 1.2 は、インナー／アウターローターの両方に対応可能なノズルタイプの自動巻線機である。サーボモータによるノズル上下高さの変更、分割送り、