

PM モーターの技術と適用拡大の最新動向

—材料から応用製品まで—

PM モーターの適用拡大の動向調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. サーボドライブ	27
1.1 本誌の概要	3	5.1 はじめに	27
2. ユーザ調査：統計調査とヒアリング報告	5	5.2 サーボドライブの市場動向	27
2.1 はじめに	5	5.3 サーボドライブの技術の発展	28
2.2 PM モーター適用動向の統計調査	5	5.4 適用事例 射出成形機	31
2.3 PM モーター適用動向の事例調査	6	5.5 おわりに	35
2.4 PM モーター適用拡大に向けての 課題と方向性	8	6. 解析・制御技術	36
2.5 おわりに	9	6.1 はじめに	36
3. 産業分野における PM モーター・ドライブの適用動向	11	6.2 設計・モーター構造	36
3.1 はじめに	11	6.3 解析・制御技術	40
3.2 発電分野	11	6.4 おわりに	42
3.3 移動分野（建設機械とエレベーター）	13	7. 材料技術	44
3.4 産業分野	15	7.1 希土類磁石	44
3.5 PM モーターの標準系列調査	17	7.2 電磁鋼板	47
3.6 おわりに	18	8. あとがき	52
4. 輸送機器・民生機器分野	21		
4.1 はじめに	21		
4.2 輸送機器分野	21		
4.3 民生機器分野	24		
4.4 おわりに	26		

PM モーターの適用拡大の動向調査専門委員会委員

委員長	鳥羽 章夫(富士電機)	委員	塚越 昌彦(東芝三菱電機産業システム)
幹事	小坂 卓(名古屋工業大学)		戸田 広朗(JFEスチール)
	松橋 大器(明電舎)		戸張 和明(日立製作所)
幹事補佐	島田 大志(富士電機)		仲田 哲雄(ダイキン工業)
委員	石井 孝幸(東芝産業機器製造)		原 修二郎(安川電機)
	伊藤 卓(信越化学工業)		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)
	桜井 貴夫(三菱重工業)		山口 信一(三菱電機)
	高島 大(日産自動車)		山本 修(職業能力開発総合大学校)
	田澤 徹(パナソニック)		

1.1 本誌の概要

1. まえがき

CO2 削減や省エネのトレンドの本格化、サーボシステムの普及、および設計製造技術、その駆動技術の向上を背景として、永久磁石同期電動機（以下、PMモータ）の適用拡大が進んでいる。

PMモータ適用拡大の方向性としては、①汎用誘導機の置換え、②PMモータならではの特徴を生かした専用化の大きく2つある。また、PMモータの物量として最も大きいサーボモータにおいても、小形化、高性能化、大容量化等が進展している。

一方、PMモータの適用拡大に呼応するように、ネオジム磁石の価格高騰、調達難が大きな問題になっており、これに対応するための材料使用量低減、リサイクルの強化などの技術も開発されている。また、電磁鋼板においても、昨今のモータ高速化、低損失化の要求の高まりに対応した新たな展開が見られる。

このような状況を踏まえ、PMモータの適用拡大の動向調査専門委員会（調査活動期間：平成 22 年 5 月～平成 24 年 4 月）では、拡大を続けるPMモータの適用の状況について調査、分析、議論を行い、PMモータの更なる技術進歩と適用拡大の礎とすることを目的として、次の内容を中心として活動を進めてきた。

- (1) 新たな適用動向の調査と整理
- (2) 適用拡大に寄与する新技術の調査
- (3) 適用拡大に向けた課題の抽出と対応策の検討

さらに、PMモータのユーザとなる企業への訪問ヒアリングも実施し、「現場」の生の声を賛否両論収集し、リアリティのある課題や方向性を見出す取組みも実施した。

また、調査活動の基盤として、最近の文献を調査し、委員会の中で審議を行ってきた。文献の抽出段階において、調査の網羅性と効率化を図るため、web ベースの文献検索エンジンを活用する新たな取組みを行った。通常調査対象となる電気学会論文誌、IEEE Transactions、モータメーカ各社の技術報告等だけでなく、例えばアプリケーション視点の冊子として「電気設備学会誌」、「フルードパワーシステム」、省エネルギーの観点の冊子として「クリーンエネルギー」、「省エネルギー」といった文献も調査対象として、キーワード検索によって調査対象文献の母集合を形成し、有用な文献を抽出するという進め方を採った。結果として母集合となる文献は 915 件にもなり、広範な調査が実施できたと考えている。

本稿では、これらの調査で得られた知見を、以下に示す 6 つの章にて報告する。いずれも、実業務として最先端の技術の研究、開発を行っている委員による調査、分析結果であり、読者各位に有益な知見をもたらす内容であると確信する。

1.1.1 ユーザ調査：統計調査とヒアリング報告（第 2 章）

統計調査としては、日本電機工業会（JEMA）にて隔年で開催され、報告書が発行されている、インバータおよびモータのユーザへのアンケート形式の調査を取り上げ、その結果の分析を行った。本統計調査では、PMモータの認知度や使用状況に関する内容も含まれている。調査時期に応じた内容の見直しを行いつつも、基本的な調査項目を固定しているため、定点観測として大変有用である。

モータユーザへのヒアリングは、モータユーザの業態としての網羅性を鑑み、セットメーカ、エンドユーザ、およびエンジニアリング会社の各 1 社に対して行った。当然のことながら、モータの具体的な適用対象がユーザの事業に特化しているため、各業態における一般論の抽出はできないものの、実業としてモータを使用しているユーザにしか語れない迫力のある見解が得られたと考えている。

1.1.2 適用拡大：産業分野における PM モータ・ドライブの適用動向

ここでは、発電分野、移動分野、産業分野の 3 つについて、最近の動向を報告する。

発電分野では、再生可能エネルギーの主力として適用拡大が著しい風力発電に加え、用水路や工場排水路に適用される小容量水力発電を取り上げている。両者の容量範囲は大きく異なるものの、いずれにおいてもPM発電機が小型・高効率のメリットを活かしつつ適用されている。

移動分野では、建設機械およびエレベータについて述べている。建設機械では従来から動力として内燃機関と油圧ポンプが用いられているが、省エネ、CO2 削減ニーズに加え、排出ガス規制の法制化により、電動機を併用するハイブリッド化が進んでおり、小型・高効率のPMモータが採用されている。エレベータでは、現在の新機種ではほぼ 100%PMモータが用いられており、そこに至る経緯と最近の動向をまとめている。

産業分野では、大変広範囲でPMモータの適用が図られているところ、特徴的なアプリケーションを紹介する。

1.1.3 適用拡大：輸送機器・民生機器分野

アプリケーションとして、輸送機器では自動車と航空機、民生機器ではヒートポンプを取り上げている。

自動車は、EV、HEV の実用化が進み、これに伴ってPMモータの適用が近年著しく増大しており、その技術も日進月歩である。また、EV、HEV の駆動力となる主機のみならず、従来の自動車ではエンジンの動力を利用していた様々な補機が電動化される動きも活発である。航空機についても、動力、補機の電動化に特筆すべき動きがある。

民生分野では、一国のエネルギー消費の大きな部分を占める熱源用途での省エネ化を進めるため、家庭用給湯器にもヒートポンプの適用が拡大しており、広い運転範囲に渡