

電動力で住みよい社会に



明治大学
名誉教授

松瀬貢規 Koki Matsuse

電気エネルギーは、クリーンで制御性の良さ及び互換性が高いことなどから、家電・産業応用に限らず輸送など多くの動力源として利用されてきた。今、電動力は新たに航空機や船舶の推進制御、高速駆動などにも採用され、その適用領域が急激に展開拡大している。電動力技術は、適用領域の拡大に直面し各種用途の厳しい性能要求を克服すべき技術革新の特異点に来ている。

さて、地上から貧困や差別をなくし地球環境を守り成長するため、国連では「持続可能な開発目標（SDGs）」を各国政府の合意のもと2015年9月に17項目を定めた。2030年までの達成を目指している。電動力の利活用は、(6)「安全な水とトイレを世界中に」、(7)「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」、(9)「産業と技術革新の基盤をつくろう」及び(13)「気候変動に具体的な対策を」など8項目に直接的に係わる重要な基盤技術である。また、パリ協定COP25の温暖化対策は2020年から実行され、地球温暖化の最悪のシナリオ「人類が温暖化を止められる臨界点」を回避すべく喫緊の具体的な行動を促すものでもある。

可変速電動機は、ガス・ガソリンなどを燃料とする動力機器に対して省力・省エネルギー、省スペース、高効率・高性能、小形軽量などの利点があり大容量化、高速化も可能である。モータドライブの性能は、従来、精度が $\pm 21\%$ 、応答速度は 2rad/s 、可変速範囲は1:5程度であったが、ACドライブの性能向上により精度が $\pm 0.01\%$ 、応答速度は 60rad/s 、そして速度制御範囲が1:1000を超え、高度化して過酷な性能の要求にも対応可能となってきた⁽¹⁾。

PHEVのプリウスは現在の第4世代では高効率（97%）、高速（ $17,000\text{min}^{-1}$ ）のリラクタンストルク応用電動機駆動を達成している。大量のPHEVやEV製造に向けたモータ・インバータ・ギヤ一体化構造の超高パワー密度の駆動系が求められている。2020年7月運開予定の新幹線N700SシリーズはSiC高周波インバータ、高効率6極誘導電動機で床下レイアウトに柔軟性の高い駆動システムとして、リチウムイオン電池を搭載、緊急停電停止時に最寄り駅に自力走行が可能な機能を有している⁽²⁾。ディーゼル機関車の無電化路線で架線な

しの独立鉄道に燃料電池駆動推進電車、ハイブリッド電車もある。

大型航空機の電動化は2010年頃始まり、一定電源（115V_{ac}、400Hz）から235V_{ac}、380-760Hzの可変周波数に変え、ボーイング787型機やエアバスA380型機で導入している。電動与圧・空調や大出力電動操舵装置や電動スラストリバーサ駆動装置に採用し、エンジン内蔵電動機／発電機の搭載、電動サーボモータによる多機能アクチュエータ、ホイールインモータによる離着陸時のタクシーイング方式など石油燃料消費を極力抑制した高効率化と多機能化が進んだ。一方、中型機ではハイブリッド方式、小型電動航空機の推進システムの開発も進んでいる。この背景には、一人1km移動の二酸化炭素の排出量が鉄道19g、バス56g、航空96g、ガソリン自家用車137gの試算に見られるように⁽³⁾、大気汚染・温暖化対策、運航費の50%にもなるガソリン価格や都市部での離着陸時の騒音対策などがある。推進用電動機に対する要求は、5kW/kgの超高パワー密度の達成である。

船舶では、乗り心地を良くする大型豪華客船でハイブリッド発電・電動推進システムを搭載したクリスタルハーモニーがある。最近、港湾での海水大気汚染やエネルギー対策のためバッテリー駆動・電動推進システムで港湾案内タグボートが不要な操船機能つき大型船やノルウエーや中国の8000tクラスのカーフェリーなどが報告されている。

高速大・中容量ターボ圧縮機及び荷役・建機の無人化を含むACドライブ化の技術的要求が高く、ロボットの超低速高精度・多機能化や家電の超高速ドライブなど比較的小形モータに対する小形・軽量・高効率・高精度化に対する技術的要求

が高い。

超高速回転への要求は高く、回転子周辺速度が100m/s以上で300m/s程度を上限とする高速モータとその制御技術である。電源周波数も800Hz程度まで出力・制御可能な高圧高周波インバータが必要になる。

ところで、我が国の科学技術活動を客観的・定量的データに基づき体系的に把握するための基礎資料である「科学技術指標」（2019年8月版）によると、研究開発費、研究従事者数は主要各国では大学や公的機関などに比べ企業が最大である。また、日本では、電気機器・自動車などの産業の貿易収支費は依然として主要国中第1位を維持している。これは、大学と民間企業の共同研究実施件数及び研究費受入額が急速に増加していることが一因であろうか。

産業で達成したモータドライブの高度技術はそのシステムが持つ利点から、地球規模での需要が高く、拡大するニーズに応え技術開発がなされ得ると信じる。これまで培った技術力を基盤に可変速電動機の更なる技術革新を進め、新しい分野への展開と挑戦を期待する。

・プリウスは、トヨタ自動車(株)の登録商標である。

《参考文献》

- (1) K. Matsuse, S. Saito, and S. Tadakuma : "History of motor drive technologies in Japan-Part 1," IEEE Ind. Appl. Mag., Vol.19, No.6, pp.10-17, Nov./Dec. 2013, "-Part 2," IEEE Ind. Appl. Mag., Vol.20, No.1, pp.8-15, Jan/Feb. 2014
- (2) K. Sato, H. Kato, and T. Fukushima : "Development of SiC Applied Traction System for Shinkansen High-Speed Train," Proceeding of the 2018 International Power Electronics Conference, pp.3478-3483, May 2018
- (3) 毎日新聞8月20日（火）朝刊 12版6面