

# ドライブと電源技術の現状と展望

特集

保坂 忍 (ほさか しのだ)

伊藤 伸一 (いとう しんいち)

## 1 まえがき

現在、省エネルギー（省エネ）、環境ニーズを中心としたドライブ・電源ソリューションへの期待が世界中で高まっている。例えば、本格的な ICT（Information and Communication Technology）化に伴い、わが国の情報量は 2025 年には現在の約 200 倍になると見込まれる。これに対応した IT 機器とシステムの消費電力は 2025 年には 2006 年に比べ 5.2 倍程度にもなると、グリーン IT 推進協議会では試算している。これが世界全体では BRICs などの発展もあり 9.4 倍と、日本を上回る伸び率となる。この消費電力の急増を抑制するため、パワーエレクトロニクス（パワエレ）技術を適用したグリーン ICT 化のソリューションが提案されている<sup>(1)</sup>。また、2009 年は地球温暖化対策に関連し、「京都議定書」で明記された第一約束期間初年度の日本の温室効果ガス排出量が明らかになる年である。そして目標値との乖離（かいり）を埋める排出量削減のための、省エネ・環境の追加施策を求められる可能性が高い。一方、パワエレ技術の進歩により市場ニーズに対応して製品も進化してきている。

富士電機では省エネ・環境に対する市場の強いニーズを取り込み、ドライブ事業を注力事業分野の一つとして中期戦略を策定した。ドライブ事業においては、産業・社会ソリューション、輸送ソリューション、エネルギー・環境ソリューション、コンポーネントの四つをターゲット分野と

図1 ドライブの事業コンセプト

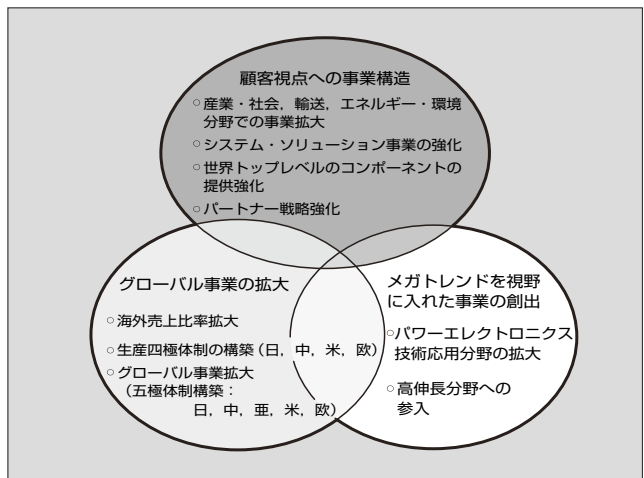


表1 ドライブ事業の四つの分野

サブユニット	注力市場	ベース商品	ソリューション
産業・社会ソリューション	国内産業プラント 海外鉄鋼圧延ライン 海外鉄鋼プロセスライン 自動車産業 石油化学	インバータ サーボ PM モータ PLC	○プラントのドライブソリューション ○PMモータによる省エネルギードライブソリューション ○グローバル展開
輸送ソリューション	車両用電機品 商船用電気推進 フォークリフト市場	車両用電機品 国内特機用電機品 インバータ	○新幹線・在来線車両システム、ドアシステム ○環境面で優れた船舶電気推進システム ○車両新規分野でのソリューション
エネルギー・環境ソリューション	IDC 市場 製造業 新エネルギー	中大電源 小型電源 太陽光 PCS	○グリーンデータセンターソリューション(電源/熱/新エネルギー) ○グリーン IDC 用電源、超高効率電源 ○新エネルギー分野(太陽光発電システム)
コンポーネント + 複合商品	クレーン 工作機械 印刷機械 試験機 半導体製造装置	インバータ サーボ PLC	○市場ニーズにあった商品を「より速く・より安く・より良いサービス」で提供 ○複合商品ビジネスの拡大(コンポーネントとシステムソリューション) ○省エネルギーソリューション



保坂 忍

ドライブ機器、プラントのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社ドライブ事業本部ドライブ統括部長。電気学会会員、日本鉄鋼協会会員。



伊藤 伸一

産業プラント制御システムの企画・設計業務に従事。現在、富士電機システムズ株式会社ドライブ事業本部システムエンジニアリングセンター共通技術部長。電気学会会員。

した。そして顧客視点への事業構造の見直し、システムソリューション事業の強化、世界トップレベルのコンポーネントの提供により、事業の拡大を図ることとしている。事業コンセプトを図1に、四つの分野の注力市場とベース商品を表1に示す。

以下の各章では、富士電機が注力しているドライブの市場動向と技術、製品開発戦略を紹介する。

## ② 市場の動向

### 2.1 産業・社会ソリューション

省エネ分野では、ファン、ポンプを中心とした二乗低減負荷機械のよりいっそうの運転効率の向上を図るために、電動機の変速駆動化が広く進められている。そのために汎用インバータや高圧インバータの適用、電動機の永久磁石形電動機（PM モータ）への置換えなどが行われている。さらにインバータと電動機を組み合わせたシステムとしての効率向上だけでなく、運転方法の改善を含めた総合効率の向上が求められるようになってきた。

鉄鋼、製紙、セメント、石油化学などの産業プラントでは、既設電動機および駆動制御装置の置換えによる老朽化更新、設備能力や機能向上のための設備更新の需要が堅調である。電動機の容量アップ、高速化による生産能力の増強、応答性向上による製品寸法精度や歩留り向上のためにドライブ装置の性能、機能が大きく貢献している。

### 2.2 輸送ソリューション

鉄道車両は国内の市場規模が安定している中で、N700系新幹線に代表されるように省エネに配慮した開発が積極的に進められている。海外ではアジアを中心とした新興国のインフラ整備のために、鉄道に対する投資が積極的に進められている。船舶でも電気推進船による環境対応が進められるようになってきた。商船の電気推進システムは今後伸びが期待できる市場である。

### 2.3 エネルギー・環境ソリューション

内部統制強化、業務効率向上の必要性から、IT 機器の集約、大型化、管理アウトソーシングの傾向が強まり、IDC（Internet Data Center）市場が拡大している。情報分野でのエネルギー消費量の低減が急務となっている。

太陽光発電や風力発電をはじめとした新エネルギーの急拡大に伴い、発電した電力を配電系統に接続するパワーコンディショナ、系統連系、電力安定化の技術も重要になってきている。

### 2.4 コンポーネント

産業分野では、省エネ、CO<sub>2</sub>削減、機械装置の安全性向上、搬送系での適用容量の範囲拡大などが、電動機、インバータ、サーボシステムのコンポーネントに要求されるようになった。

省エネを目的として、ファン、ポンプを最適な出力で

運転する汎用インバータ、電動機には機器効率の向上が求められる。また、機械装置へ搭載するサーボシステムへは、従来の高速、高精度だけでなく、シンプルなシステム構成、使いやすさ、セットアップ時間の短縮、そして低価格が要求されるようになってきている。

### 2.5 サービス

前述のソリューションやコンポーネントを顧客に納入した後の、更新・廃棄まで含めたライフサイクルにわたる運用支援にいっそうの期待が寄せられている。

特にコンポーネントとして国内外に広く納入している汎用インバータなどにおいても、緊急保全に必要な予備部品および完成品予備品の供給、ならびにその修理および技術支援に、いっそうの即応性がワールドワイドに要求されるようになってきた。

また、設備予防保全の充実のための、運転状況の把握に必要なデータの収集機能や、予期しない設備停止を回避し、いっそうの安定運用を行うための、予知保全技術の拡充とその高精度化が不可欠になってきている。

富士電機は上記の期待および要求に応えるために、ワールドワイドサービスネットワークの強化や予知保全技術の開発を積極的に実施し、運用支援の重要な要素であるライフサイクルにわたる保全支援（サービス）の充実を図っている。

## ③ 富士電機のドライブ・電源技術の動向

### 3.1 市場の動向

昨今、市場ニーズの大きなメガトレンドは、エネルギー・環境である。低損失、新エネルギーのキーワードのもと、低損失素子、回路技術によるドライブ・電源の低消費電力化、高効率化が追求され、また機械の電気推進化が始まっている。一方、太陽光、風力などの新エネルギーで発電された電力のパワーコンディショナによる変換、蓄電装置による貯蔵、双方向コンバータによる安定化が必要となってきた。また、スマートグリッドによる電力の最適運用のための製品・技術が市場に投入されている。このようにエネルギー・環境が重要視される現在の市場において、ドライブ・電源技術は極めて重要になってきている。

### 3.2 技術開発の方針

富士電機ではドライブ事業のビジョンとして、“パワエレ技術を最大限活用し環境に貢献する商品・システム・サービスを提供する No.1 企業となる”ことを目指している。そして四つのターゲット分野に対し、技術開発における基本方針を次のとおりとしている。

エネルギー・環境分野では電源事業の国内 No.1 を達成し、輸送分野ではパートナー戦略による拡大を進め、両分野とも海外へ本格的に進出する。産業・社会分野では高圧インバータ、PM モータを軸とした省エネビジネスを集中的に展開する。コンポーネント分野ではコンポーネントか

ら複合商品ビジネスへの変革，ならびにカスタマイズ対応に適した標準モジュール化を図った事業の拡大を目指すこととしている。そして，この4分野ごとにソリューションビジネス拡大に資する技術・キラー製品を開発することを重点施策とし，そのためのドライブ・電源の共通基盤技術を強化することとした。

### 3.3 技術開発の特徴

パワエレ技術はデバイス，回路，制御の3要素を組み合わせて成り立つ技術分野であり，これらの技術が密接な関連をもって融合することにより，競争力のある製品ができあがる。そしてこのパワエレ技術は，この3要素の技術にシナジーを持つ富士電機グループの強い分野である。富士電機ではこのグループシナジーを生かし，高効率の追求による低消費電力化での圧倒的な差別化製品を創出することとしている。

電源システム，可変速制御システム，車両船舶推進システムでの省エネ分野，太陽光パワーコンディショナ，風力発電双方向コンバータ，電源安定化装置，電力貯蔵の創エネ（創エネルギー）の分野に強力な製品を投入する計画である。具体的には新デバイスを適用したグリーンパワエレ開発と，従来から重点開発してきた共通基盤技術と組み合わせ，グリーン IDC，太陽光発電，電力貯蔵，グローバル車両システム，船舶推進システム，可変速ドライブの製品へ適用する計画である。

### 3.4 共通基盤技術

#### (1) パワエレプラットフォーム

富士電機では共通基盤技術の整理と再構築による開発資源の効率運用のために，共通技術の強化を進め，プラットフォームとしている。その主なツールは以下のとおりである。

- (a) リアクトル，変圧器の最適設計，限界設計による材料最少化と部品小型化を実現し，また設計段階における精度の高い性能予測を可能にして製品開発期間を短縮するための磁気部品設計ツール
- (b) その都度異なる顧客要求仕様にスピーディに対応でき，ミスの少ない設計を実現し，また設計変更や再評価時間を短縮する組込み電源向け自動設計ツール
- (c) 短時間で大規模なパワエレ盤内部の気流分布や，半導体モジュールのチップレベルの発熱による温度分布を短時間で高精度に予測できる冷却設計ツール

#### (2) 電力変換技術

ドライブ技術の要は，パワーデバイスと電力変換回路技術，そしてこれらを最適な条件で運用する制御技術である。富士電機は，社内にデバイス部門をもつという特長を最大限に生かし，従来からサイリスタ，トランジスタ，MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor），IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）などの変換素子をさまざまなパワエレ製品に適用してきた。数十 W クラスの情報機器用内部電源から十～数百 kVA

クラスの汎用インバータ，数 MVA クラスの圧延機用インバータ，数百 MVA クラスのアルミニウム電解用整流器などである。これらの製品にはそれぞれ用途に応じた特徴のある変換回路技術を適用している。

大容量変換器技術では，3.3kV IGBT 素子を直列接続しマルチレベル制御した 7.5MVA 産業用インバータ（図2）を製品化し，また大容量周波数変換装置，フリッカ補償装置への適用も視野に入れている。無停電電源装置では，機種共通のパワーユニットを用いてその並列接続により機種系列拡充と大容量化を実現している。

一方，小容量変換器では情報機器用内部電源の高電力密度化を図るために，絶縁トランスの巻線を多層プリント板の配線パターンを利用して構成する技術や，半導体スイッチング素子などの発熱をプリント板の配線パターンを利用して放熱する技術を実用化している。

#### (3) 制御技術

PM モータを低速時にも安定に駆動できる磁極位置センサレス制御技術を，鉄道車両などの用途向けに実用化している。これには磁極位置を精度良く推定でき，騒音や適用する電動機に制限のない磁束オブザーバ方式を適用している。

また，搬送機械や工作機械分野向けに高頻度オブザーバと低頻度オブザーバからなる，マルチレート型オブザーバを適用した振れ止め制御を実現した。この技術を適用して，クレーン設備の自動化におけるタクトタイム短縮に貢献している。

#### (4) 電動機技術

PM モータは回転子内部に永久磁石を配置し内部での損失を大幅に低減できることにより，電動機の高効率化と小型化を実現する，省エネおよび環境問題のニーズにマッチした製品である。富士電機では PM モータとインバータによる省エネシステムをドライブ事業のコア製品として，技術開発を進めている。そのキーアイテムとして，電動機の最適設計，性能予測，使用磁気材料の最少化，また，磁石の減磁耐量の設計を短時間でを行うための PM モータ設計プラットフォームを構築した。現在，工場設計部門で利用している。

図2 3.3kV IGBT 直列接続インバータ

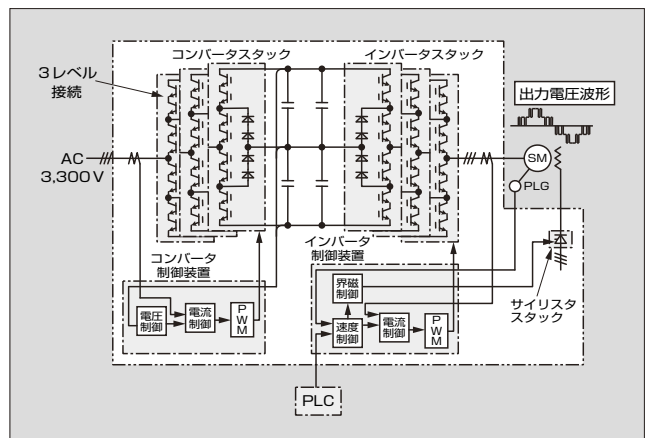
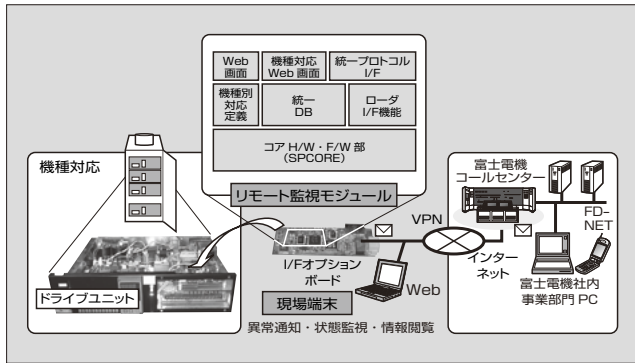


図3 リモート監視モジュール



(5) サービス関連技術

(a) リモート監視技術

制御用コンピュータの海外遠隔監視のため1975年ごろからリモート監視機能の開発を開始し、DCS（分散型制御装置）、UPS（Uninterrupted Power System：無停電電源装置）、発電装置、一部のインバータおよび燃料電池までその対象を広げてきた。

富士電機では、リモート監視機能を機器に実装する際に共通基盤の役割を果たすリモート監視モジュールを新たに開発し、全製品への実装を進めている。このことにより、従来の“製品の状態把握”機能に“プラント（設備）の状態把握”機能が付加され、運転状況の把握に必要な運転データの収集ができるようになった。設備の予防保全を充実させることができ、また納入試験や、納入後の設備停止保全時の立上げ試験の効率化にも寄与する。図3にインバータ用リモート監視モジュールの概要を示す。

(b) 予知保全技術

予知保全技術は、予防保全の中の状態監視保全技術であり、劣化診断技術および余寿命診断技術で構成される。富士電機では、油入変圧器は1980年ごろから、回転機については2000年ごろから劣化診断および余寿命診断を実施している。最近では、油入変圧器の余寿命診断の高精度化、モールド変圧器やインバータの劣化診断・余寿命診断技術のシステム化に加え、回転機械（電動機やその負荷機械）の振動を診断する、RFID（Radio Frequency Identification）を応用した無線式振動診断システムを開発した。

4 製品開発の方針

4.1 産業・社会ソリューション

強いコンポーネントと豊富なプラントエンジニアリングノウハウを融合させたシステム/サービスソリューションを提供するため以下の開発に取り組んでいる。

パワエレプラットフォームと連携した新製品開発として、省エネ分野で多くの実績のある高圧インバータの海外生産機種の系列拡大と国内競争力維持、向上のための開発を行っている。また大容量ドライブ装置の技術開発として、

IGBT モジュール直列接続インバータを製品化している。

一方、既設設備更新ビジネスの展開強化では、鉄鋼、製紙、石油化学を中心とした産業プラント用インバータ「FRENIC4000/4400 シリーズ」のメニュー拡大、サイリスタレオナードの機能拡張を進めるとともに、インバータ駆動電動機システムの電圧サージおよび軸受電食の理論的解明による信頼性向上を図った。

富士電機は、さらに自動車、建機分野などへの製品メニュー拡大のため、試験機駆動システム、大容量サーボシステムを開発した。

4.2 輸送ソリューション

鉄道車両分野の製品開発として、新幹線車両システム、在来線車両システム、リニアドアシステムの次世代技術開発に取り組んでいる。

新幹線車両システムでは、PM モータの磁極センサレス駆動システムを開発中である。在来線車両システムでは、IGBT 多直列接続技術を核とした補助電源の高性能、高機能化開発により、海外鉄道向け補助電源の多機能化開発を進める。ドアシステムでは、リニアモータ方式が高い評価を得ている。

船舶分野では、今後の市場ニーズに対応すべく、電気推進システムと補機駆動システムの統合されたシステム構築に向けた技術開発を進めていく。

4.3 エネルギー・環境ソリューション

省エネに対する市場の強いニーズへの対応、新エネルギー市場への参入、そして電源の安定化のため、以下の開発に取り組んでいる。

中大容量UPSでは、IDC用として高効率機種の「UPS7000D シリーズ」での並列冗長機能対応の拡充、「UPS8000D シリーズ」の待機冗長機能への対応を進めるとともに、損失低減のための開発を継続して、IDC分野へのいっそうの電源安定化と省エネ貢献を目指す。

小型電源では、国際エネルギースタートプログラム（エナジースター）（132ページの「解説2」参照）、CSCI（Climate Savers Computing Initiative）（132ページの「解説2」参照）などの効率規程を満足すべく製品開発を行っており、制御回路のデジタル化や新素子〔シリコンカーバイド（SiC）MOSFET〕の電源適用にも取り組む。

新エネルギー分野では、太陽光発電用パワーコンディショナ、電力貯蔵システム用パワーコンディショナの開発、製品化を進める。

4.4 コンポーネント

世界トップレベルのコンポーネントを提供するための開発に取り組んでいる。

新製品を効率良く、迅速に開発するため、パワエレプラットフォーム強化の一環として、以下の基盤技術開発を進める。

- (a) インバータユニットの熱解析モデル、伝導ノイズ解

析モデル、強度解析モデルの構築による、シミュレーション技術の強化

- (b) 機能安全技術の高度化
- (c) 通信インタフェースの高度化 (Ethernet <sup>〈注1〉</sup> 適用技術)
- (d) PM モータの耐振性能強化および評価技術の研究
- (e) PM モータ、サーボモータの共通化技術 (損失・冷却の限界設計技術)
- (f) 次世代汎用インバータ開発プロセス構築

これらの基盤技術開発を基に新たなコンポーネントとして、次世代の汎用インバータ、専用インバータ、サーボシステム、PM モータ、カスタムコントローラの開発に取り組んでいる。また、コンポーネントを組み合わせた複合商品のソリューション力強化のためにコントローラ用の各種パッケージソフトの開発に取り組んでいる。

#### 4.5 サービス

富士電機は顧客に納入したソリューションやコンポーネントの、ライフサイクルにわたる保全支援 (サービス) 機能の強化に取り組んでいる。

緊急保全への対応力強化のためのコールセンタ機能の拡充、部品供給管理システムおよびリモート監視システムの拡充に供する開発をワールドワイドな視点を持ち推進する。

また、設備予防保全の充実を狙った、リモート監視モ

〈注1〉 Ethernet : 富士ゼロックス株式会社の登録商標

ジュールの製品への実装拡大を推進する。さらには、予期しない設備停止を回避するために、新たな予知保全技術の確立および既存の予知保全技術の高精度化に向けた開発に取り組む。

#### 5 インバータ・電源の製品系列

ドライブ製品の一例として、インバータの製品系列を図4に示す。低圧小容量から高圧大容量機種、汎用用途から

図4 インバータの製品系列

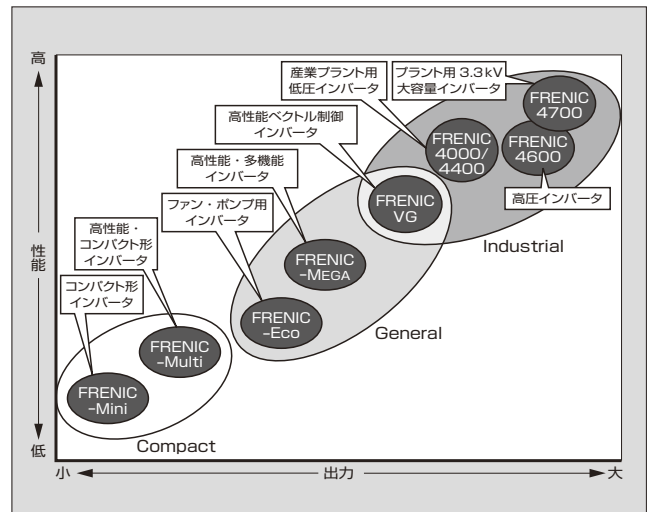


図5 無停電電源装置の製品系列

機種	シリーズ名 (製品名)	容量系列 (kVA)								主な用途		
		0.1	0.5	1	5	10	50	100	500		1,000	5,000
内部電源	DC/DC コンバータ	0.1~0.2										マザーボードなどに搭載
	高密度フロントエンド電源		1~3									マザーボードなどの一次側に使用
ミニ UPS	NetpowerProtect (100V)		0.5~3									PC などの単相負荷 NetpowerProtect : 常時商用 GX シリーズ : デュアルコンバージョン方式
	グローバルミニ UPS GX200 シリーズ (200V) GX100 シリーズ (100V)		0.7	10								
	インテリジェント UPS RX シリーズ				7	21						
中大容量 UPS	UPS6000D-1 シリーズ					20	100					中容量の計算機などの単相負荷 (入力は三相) 絶縁型
	UPS6100D シリーズ					10	100					中容量の計算機などの三相負荷絶縁型
	UPS6000D-3 シリーズ						100	1,500				大容量の計算機システムや製造設備用三相負荷絶縁型
	高効率 UPS7000D シリーズ							500				IDC などの大容量システム高効率 (95%) 非絶縁型
	UPS7700 シリーズ							100	600			海外仕様品 (三相4線) 高効率 (94%) 非絶縁型
	デュアルプロセッシング方式 UPS8000D シリーズ							100	2,000			IDC や製造設備用大容量システム超高効率 (98%) 非絶縁型, デュアルプロセッシング方式
	パラレルプロセッシング方式 UPS8100D シリーズ					15	75					中容量の製造設備用超高効率 (98%) 非絶縁型, パラレルプロセッシング方式

図6 主な製品のロードマップ

分野	戦略機種	主要分野	2009	2010	2011
コンポーネント	次世代普及型サーボシステム	工作機 (中国) 金属加工 (欧州)	200V, ~22kW	400V, ~55kW	海外 カスタマイズ
	高性能ベクトルインバータ (安全規格対応インバータ)	クレーン	機能安全 30~ 630kW, ~22kW	スタック タイプ 機能向上	
ソリューション/サービス	海外HVAC用インバータ	工場空調	Eco IP54 対応		
	高圧インバータ	省エネルギー、 環境対策	10kV 中国 6.0kV	アジア・ 欧州向け	米国向け
	プラント用大容量インバータ	鉄鋼、 非鉄金属、 石油化学	空冷 5MVA	水冷 10MVA	
	大容量サーボシステム	自動車、 建機	大容量 低速機	大容量 高速機	大容量 汎用機

高精度、高機能のプラント用途まで、幅広い市場ニーズに対応できるよう品ぞろえしている。

高効率 PM モータと汎用インバータ「FRENIC-MEGA」を組み合わせた省エネドライブシステムでは、IEC 60034-30 で規定される効率レベル IE4 相当を実現している。また、3.3 ~ 10 kV 電動機で駆動される大型ファン、ポンプの省エネに貢献する高圧インバータ「FRENIC4600 シリーズ」は、市場のニーズにマッチした製品として多数の製作実績を得ている。また、これらのインバータのプラットフォーム技術は、車両用インバータへも展開されている。

また、グリーン IT をはじめとした電源ソリューションの担い手となる電源装置の製品系列を図5に示す。各種用

途に応じた無停電電源装置をラインアップしている。

開発計画においては、ロードマップに基づいた製品づくりを進めている。エネルギー・環境ソリューション分野ではグリーン IDC の実現に向けた熱と電気のエネ全体的最適化を目指し、輸送ソリューション分野では鉄道車両のグローバル市場におけるソリューションビジネスへ対応したシステムに注力している。

製品づくりの一例として、コンポーネント、およびソリューション/サービス分野のロードマップを図6に示す。工作機械向けには普及型サーボシステムを製品化し海外メーカーに対する競争力を高め、また、多くの製作実績を持つ高性能ベクトル制御インバータでは今後海外市場を中心に要求される安全規格対応を図る。海外で大きな市場が期待される工場空調設備での省エネ用途には、低圧インバータの対環境性を向上させた専用機を製品化する。大きな省エネ効果を得ることができる工場のファン、ポンプの省エネ用途に、国内最高性能を持つ高圧インバータの海外向けシリーズを順次製品化していく。

⑥ あとがき

富士電機のドライブ、電源の技術と製品について、現状および今後の方針の一端を紹介した。特に 21 世紀はエネルギーと環境が技術のキーワードになり、パワーエレクトロニクス技術の進化への期待はなおいっそう強まることは確実である。富士電機は期待に応えるために、技術レベルを向上させるとともに省エネルギーと環境のニーズに対応した製品で社会へ貢献し続けていく所存である。

参考文献

- (1) 井上治, 今なぜグリーン IT なのか〜グリーン IT 推進協議会としての取り組み, 省エネルギー, vol.61, no.1, 2009, p.23.



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。