

## 成果と展望

# 顧客価値を生み出す強いコンポーネント・システムとIoTでつなぐソリューション



近藤 史郎  
富士電機株式会社 執行役員  
技術開発本部長

## 1. まえがき

富士電機は、エネルギー環境技術の革新を追求し、世界トップレベルのパワー半導体技術をコアに、これを駆使して生み出す特徴あるパワーエレクトロニクス（パワエレ）機器のコンポーネントを提供します。また、これらのコンポーネントに計測・制御技術を組み合わせることでシステムを強化するとともに、IoT（Internet of Things）技術を駆使してデータを収集し、最新の数理的手法を用いて解析することで新たな価値をお客さまに提供していきます。

研究開発方針の一つとして、“顧客価値を創出し、売上・利益拡大を実現する効率的な研究開発の推進”を掲げ、研究開発改革を推し進めました。2017年度から、製品開発機能は各事業本部の開発統括部門に集約し、技術開発本部は共通基盤技術と先端技術を担う体制を明確にして再編を完了しました。また、ステージゲートに相当するDR（デザインレビュー）について、その上流プロセスの改革として顧客価値検証のための仕組みを構築するとともに、技術マーケティング部門の創設による商品企画力の向上を進めました。さらに、先端技術と共通基盤技術の強化

を進め、強いコンポーネントとシステムの創出に取り組みました。

## 2. 顧客価値を生み出すIoTを活用したソリューション

IoTは、現場からデータを収集・蓄積し、サイバー空間で新しい価値を創出するシステム概念の総称です。富士電機では、IoTの活用を、事業拡大やビジネスモデル転換の手段と位置付けるベンダ視点と、生産性・品質向上、原価低減などの手段と位置付けるユーザ視点の双方で捉えて推進しています。2017年度は、フィールドデバイスと解析・最適化技術（アナリティクス・AI）の組合せを容易に実現するための基盤であるIoTプラットフォームの基本開発、およびクラウド移行のための開発を完了しました。具体的には、汎用のクラウド技術をベースにサービスを容易に構築可能なインタフェース機能や、現場の機器からデータを収集して処理を行うエッジコントローラとクラウドとの通信機能、セキュリティ機能、ならびにデータを診断・分析、予測、最適化する数理エンジンを備えたIoT

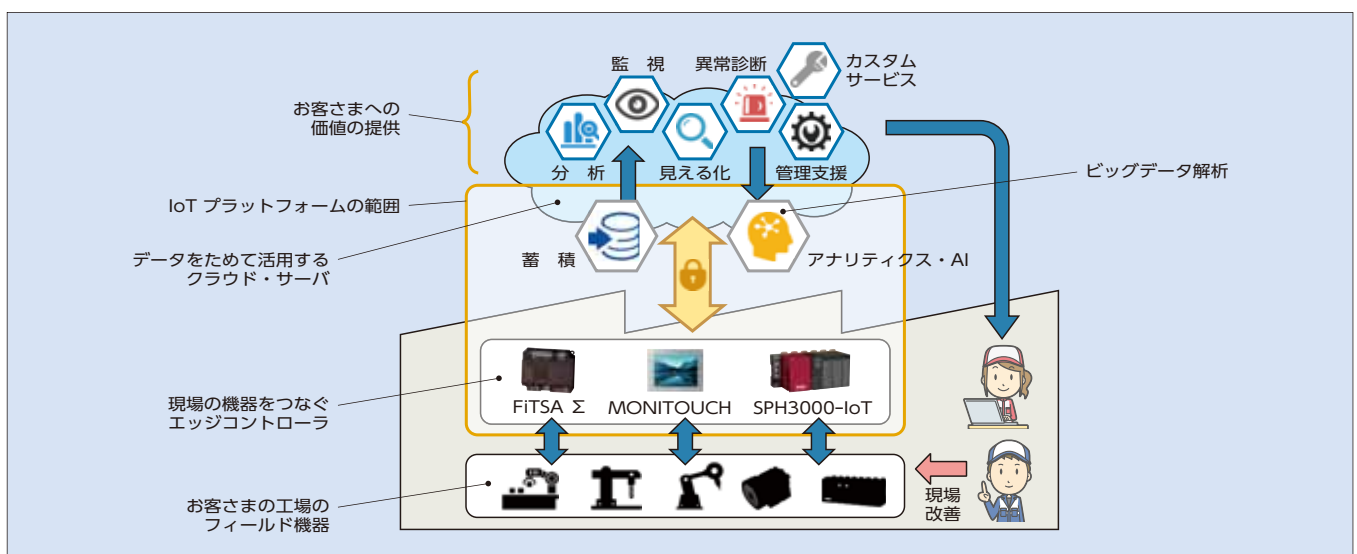


図1 IoTプラットフォーム

プラットフォームを開発しました（図1）。これらのプラットフォーム整備に並行して、社内工場における IoT 活用、IoT ソリューションを顧客フィールドで効果検証するプロジェクトなどを推進して、生産性の向上、製造品質の向上、運用・保守の効率化、プラント効率の改善、工程品質トレーサビリティの確保など、ユースケースを増やしています。富士電機の IoT 活用は、“Small, Quick Start & Spiral-Up” をモットーに、素早く始める IoT で、お客さまと協働することにより、顧客価値を創出しています。

### 3. パワー半導体とパワエレ技術のシナジー

急速に電動化が進む自動車分野向けに、車載用ディスクリット、車載用パワー半導体モジュール、車載用密閉型高電圧コンタクタ（HVC）、およびこれらを用いた車載用パワエレ機器の開発を進めています。車載用パワー半導体モジュールは、半導体スイッチの損失低減に加えて小型軽量で高電力密度が重要な顧客価値となるため、ダイオードと IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）をワンチップで実現する RC-IGBT（Reverse-Conducting IGBT：逆導通 IGBT）、軽量なアルミニウム製で放熱性能に優れたウォータージャケット一体型構造の冷却器、ならびに内部配線にリードフレームを用いたパッケージ技術を駆使して車載用大容量直接水冷 IGBT モジュールを開発しています（図2）。これらの技術により、6 in 1 IGBT モジュールとしては大容量の定格 750 V/1,200 A を実現しています。

従来の Si 半導体と比較して、スイッチング周波数が高い領域に至るまで低損失で、かつ、高温でも動作することから、次世代の半導体材料として注目されている SiC（炭化けい素）を用いた SBD（Schottky Barrier Diode）や、トレンチゲート構造の SiC-MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を開発し、世界最高レベルの性能と安定性を両立しています。パッケージとしては、銅ピン接続と樹脂封止技術を用いた新構造パッケージを適用し、All-SiC モジュールを開発しています。この新構造モジュールは、内部のインダクタンスを低減するとともに、高温動作が可能であり、SiC デバイス

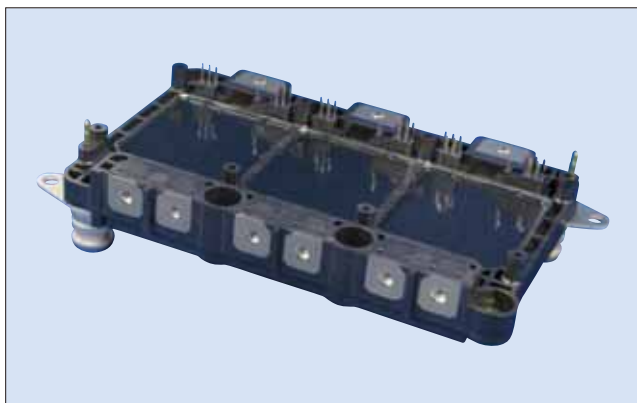


図2 車載用大容量直接水冷 IGBT モジュール

表1 All-SiC モジュール系列

パッケージ		タイプ 1B	タイプ 2B	タイプ 3LB
外形寸法 (mm)		W62 × D20 × H12	W68 × D26 × H13	W126 × D45 × H13
定格電圧	ゲート構造			
1,200 V	トレンチ	25A, 50A	75A, 100A	200A, 300A, 400A
1,700 V	トレンチ	-	-	130A, 200A, 260A



図3 耐環境インバータ「FRENIC-eFIT」

の高速動作や高信頼性を実現します。新構造モジュールに 1,200 V 耐圧の SiC トレンチ MOSFET チップを搭載した、定格容量 1,200 V/25 ~ 400 A の All-SiC モジュールと、新たに開発した 1,700 V 耐圧の SiC トレンチ MOSFET チップを搭載することにより、定格容量 1,700 V/130 ~ 260 A の All-SiC モジュールの系列拡大を行いました（表1）。

この SiC-MOSFET モジュールを用いたパワエレ機器として、低損失で発熱が少なく、かつ、高温動作が可能な特長を生かして、冷却ファンレスで全閉自冷構造の耐環境インバータ「FRENIC-eFIT」を開発しました（図3）。腐食性ガス雰囲気下や過酷な環境における用途の拡大が期待できます。このように SiC を用いた半導体モジュールは、付加価値が期待できるさまざまなパワエレ機器に展開していきます。

### 4. インダストリーソリューション分野

工場の自動化などへの活況な投資を背景に、ファクトリーオートメーション（FA）分野の伸長が続いています。富士電機ではこの分野でお客さまの要望に応えるために、パワエレ技術、制御技術、計測機器技術をコア技術として、強いコンポーネントとシステムを開発しています。

出力周波数の拡大、制御機能の追加や改善といった基

本性能の向上だけでなく、ユーザ支援機能の拡充による使いやすさの向上も実現した産業用大容量インバータ「FRENIC4400VM6」「FRENIC4800VM6」などを製品化し、国内の鉄鋼・非鉄メーカー向けに納入しました。

2016年度から継続して開発してきたサーボシステム「ALPHA7」や、モーションコントローラ「SPH3000D」などの特徴あるコンポーネントを用いたモーション制御技術で、精密な制御を必要とする工場の自動化などに貢献しています。

これらの技術の応用システムの一つとして、自動車産業分野向けに、WLTP（乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法）に対応したタイヤ試験装置を開発しました（図4）。駆動技術と精密な制御技術を組み合わせ、電気慣性制御を駆逐することにより軽自動車から4tトラック相当までの各種モード走行運転負荷制御が可能となります。

富士電機は、データ収集部の小型化や低価格化を行うため、工場などの加工設備の複数データを収集する際に、1サイクルごとにデータを集約して収集できる設備情報収集システム「MICREX-OnePack<sup>(1)</sup>」を開発し、製造加工ラインのIoT化を進めています。

プロセスオートメーション（PA）分野では、駆動制御技術、計測制御技術、工業電熱技術などをコア技術として、



図4 WLTPに対応したタイヤ試験装置

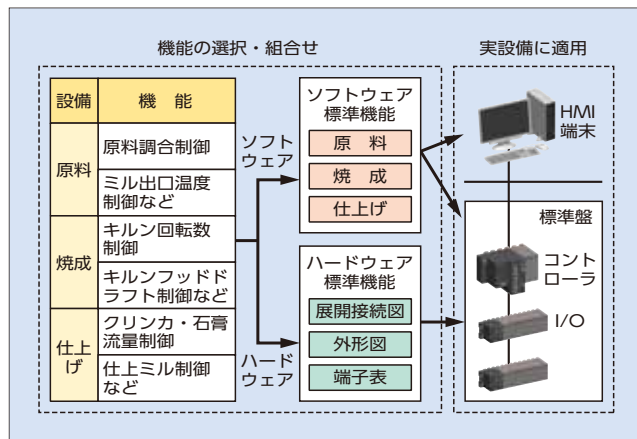


図5 セメントプラント向け監視制御システムのパッケージ

生産設備の安定稼働とエネルギー原単位削減を実現するコンポーネントやシステムを提供しています。

製品製造、操業の安定化および監視の容易化に応えるために、「MICREX-View XX（ダブルエックス）」の機能拡充を行いました。鉄鋼・非鉄分野では、これを用いて鉄鋼プラント向けの大規模監視制御システムを更新しました。セメント分野では、プラントの制御に必要な機能をプラットフォーム化したセメントプラント向け監視制御システムのパッケージを開発しました（図5）。これにより、国内外のパートナーやユーザによるエンジニアリングが容易になります。このほか、食品分野、発電分野などにも各種監視システムの納入を進めています。

## 5. エネルギーソリューション分野

エネルギーソリューション分野では、変電システム、受変電などの大容量パワーエレクトロニクス技術、エネルギーの監視制御技術をコアとして、社会インフラ・産業分野において、開閉装置、変圧器、系統保護リレーおよび電力系統の監視制御システムや配電自動化システムなどを展開しています。また、無停電電源装置（UPS）、施設用電源設備およびデータセンターの空調設備などの開発を進めています。情報・通信システムの高度化やクラウド化により伸長を続けるデータセンター向けUPSでは、高効率化に加え、給電信頼性の要求が高まっています。これらの要求に応えるため、北米向けにモジュール制御適用大容量UPS「UPS7400WX-T3U」を開発しました（図6）。モジュール1個当たり330kVAの容量で構成し、複数のモジュールを組み合わせることで容量の対応性を向上できます。また、各モジュールの分担電流が高効率運転領域となるように制御し、給電継続状態における修復を可能にしてお客さまの設備に柔軟に対応できます。

再生可能エネルギーの大量導入に起因する系統問題対策の重要性が増している中、欧米で先行しているスマートインバータの開発にも取り組んでいます。富士電機は、系統サポート機能を持つパワーコンディショナ（PCS）と、



図6 北米向けモジュール制御適用大容量UPS「UPS7400WX-T3U」

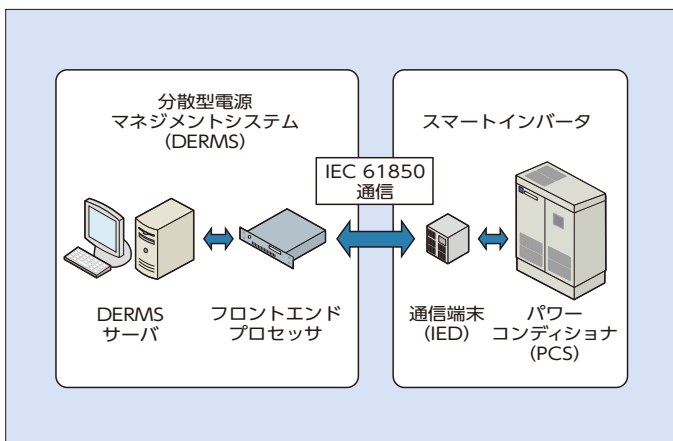


図7 スマートインバータの開発



図8 プッシュイン方式の省工数機器

IEC 61850 通信で通信接続を可能とする通信端末 (IED) を開発しました。また、スマートインバータと分散型電源マネジメントシステム (DERMS) 間の IEC 61850 通信による遠方監視制御機能を検証するための機能検証用 DERMS を開発し、東京電力ホールディングス株式会社に納品しました。これは、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の“電力系統出力変動対応技術研究開発事業”にて実証を進めています (図7)。

制御盤の配線工数低減に貢献するねじレスの新製品となる配線用遮断器・漏電遮断器「GT-A」、電磁接触器「SK」、サーマルリレー「TK」、サーキットプロテクタ「CP30F」、リレー・タイマ用ソケットのスプリング端子品を開発しました。挿入するだけで配線が完了するプッシュイン方式を全機種に採用するとともに、スキルレスで使いやすさを追求しています。また、IEC 規格、UL 規格などの主要な海外規格認証を取得しています (図8)。

## 6. 発電分野

発電分野では、低炭素社会の実現に向けて、地熱、太陽光、風力などの再生可能エネルギーの利用に積極的に取り組むとともに、火力や燃料電池を加え、電力供給における総合技術で社会に貢献していきます。



図9 バイナリー発電設備



図10 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) システム

九電みらいエナジー株式会社から建設一括請負工事 (土木工事を除く) 契約で受注したバイナリー発電設備 (発電端出力 4,990 kW) を納入し、2018 年 2 月 23 日に営業運転を開始しました (図9)。今まで発電に利用されず地下に戻されていた熱水を、発電に有効活用できるようにしました。低沸点媒体にノルマルペンタンを採用しています。

太陽光発電分野では、DC32.14 MW 太陽光発電設備の元請工事を受注し、2018 年 5 月から営業運転を開始しています。

高発電効率の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) システムの実現を目指し、NEDO プロジェクトに参画し、50 kW 級実証機の開発と 3,000 時間の運転評価を終了しました (図10)。

## 7. 食品流通分野

食品流通分野では、カップ式自動販売機で培った技術を応用し、海外市場をターゲットとした本格的なドリップ式コーヒーマシンを開発しました (図11)。UL 規格および NSF 規格の認証を取得することで、高いレベルの安全性を証明し、米国をはじめ、アジア・中国など、グローバル市場への展開を進めています。

国内では、アサヒ飲料株式会社と共同で氷点下温度域の



図 11 海外市場向けドリップ式コーヒーマシン

飲料を販売可能とする自動販売機を開発しました。“衝撃を与えると凍りだす”という過冷却現象を応用したもので、目の前で凍りだす楽しさや、口の中に広がるかき氷のような食感など、単にものを売るということから消費を促す演出をするということが可能となります。また、国内の流通・小売業界における人手不足対策と働き方改革へ向けて、富士電機が得意とするIoT、メカトロニクス（からくり）、冷却・加熱の技術を組み合わせ、利便性、省力化、省エネという三つをキーワードに新たな製品やサービスを開発していきます。

## 8. 基盤・先端技術

富士電機では、これまで述べてきた各技術を共通的に支える基盤技術や将来を見据えた先端技術の研究開発を行っています。共通基盤技術としては、電磁気、絶縁、EMC (Electromagnetic Compatibility)、熱流体、機械、樹脂・金属材料などの基盤技術に関わる実験、評価・解析やシミュレーションに取り組んでおり、先端技術としては、SiCの先を担う半導体材料の研究や材料物性や劣化現象などを予測する計算科学に取り組んでいます。

材料技術においては、マルチフェーズフィールド法による地熱タービンなどの腐食進行を予測するシミュレーション技術を開発しました(図12)。腐食液中のイオン拡散と金属溶解を統一して取り扱うことができ、さまざまな腐食環境・腐食モードにも対応でき、製品設計や予知保全などに活用していきます。この事例のほかにも、実験だけではなく計算科学を取り入れて、固体絶縁、半導体界面の解析に応用していきます。

試作回数を削減するため、モデルベース設計技術を開発

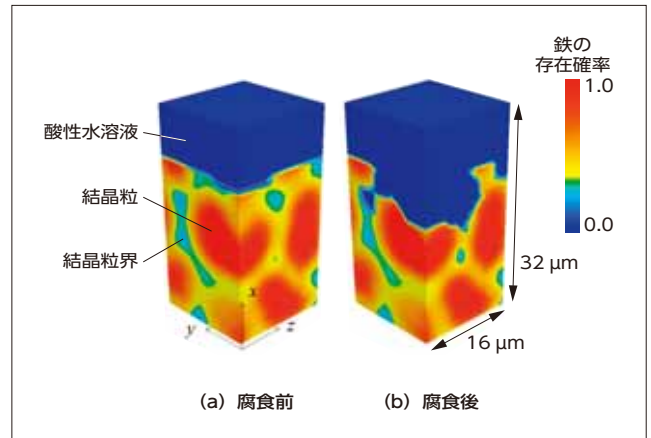


図 12 腐食進行を予測するシミュレーション技術

し、製品開発の設計プロセスの変革を進めています。パラメトリックな3D-CADの形状変更、解析設定の自動化などによりパワエレ機器の温度と騒音の多目的最適化手法を確立し、性能向上を確認しました。今後は、フロントローディングによる製品開発に応用していきます。

熱エネルギー技術としては未利用の低温排熱の有効活用を狙い、既に製品化した120℃排熱利用ヒートポンプでは到達できない高温水蒸気を提供するために、同一の圧縮機で二段階圧縮を可能とする技術を開発し、高効率な150℃高温蒸気発生装置を開発中です。

## 9. あとがき

富士電機が取り組んでいる、エネルギー環境技術の革新を追求し、電気エネルギーを安全・安心で効率的に利用していただく技術、熱エネルギーを有効に利用し省エネルギーに寄与する技術、そしてこれらを最適に制御し、IoTでつなぐことによって付加価値を高めるソリューション技術の概要を紹介してまいりました。また、富士電機では、新製品開発のプロセス変革に着手し、研究開発の仕組みの構築を進め、お客さまの価値創造に貢献できる商品を企画し、これに供する研究開発を進めてまいります。

このように今後も、技術革新を追求し、付加価値の高い、環境にやさしい製品・システムをお客さまに提供することにより、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

### 参考文献

- (1) 藤川奏孝ほか. IoT技術とモーション制御技術によるFAソリューション. 富士電機技報. 2018, vol.91, no.1, p.12-16.



\*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。