

基盤・先端技術



基盤技術 先端技術

富士電機は“成長戦略の推進”として新商品の早期投入、カーボンニュートラル関連事業の拡大のため、差別化を実現する基盤技術や先端技術の研究開発に取り組んでいる。

工場におけるカーボンニュートラルの実現に向け、排温水の熱エネルギーを駆動源とするエジェクタを用い、排温水の冷却と同時に高効率で冷水生成が可能な業界初の冷却技術を開発した。低温排熱の有効利用や、冷却水生成に伴う消費電力の低減に貢献する。

環境規制の厳格化対応として水など阻害成分の吸収スペクトルが存在しない深紫外光を使用することで、 SO_x などを低濃度まで測定が可能なガス計測技術を開発した。また、アルカリ性水を合成し、配管に供給することで排水管内のぬめり成分（多糖類など）を溶かして細菌とともに除去し、排水管清掃の負担を軽減する技術を開発した。

低環境負荷素材への代替を促進する技術として、電気接点上のアークを磁気駆動し、アーク熱を拡散させる技術を開発した。 SF_6 代替により、課題となる絶縁能力の向上、遮断性能向上を可能とし、装置の大型化を抑制する。また、磁気設計技術を活用した新構造により、レアアースを使用しない磁石による鉄道車両ドアシステム向け高推力密度リニアモータを開発した。

新商品のための先端技術として、高温高風速の排ガスから電気力で直接粒子を補修・除去し、スクラバと併用で SO_x 除去と微粒子除去の両立を実現する船舶エンジン向け集じん技術を開発した。また、電気集じんと深紫外線照射のハイブリッドにより、感染症対策を実現する空間ウィルス不活化技術を開発している。

配電系統電圧調整用の電圧調整器の制御定数最適化演算にメタヒューリスティック手法を適用することで、膨大な制御定数の組合せの中から短時間で最適な制御定数を求められる技術を開発した。再生可能エネルギーの大量導入に伴い複雑化した配電系統の電圧を適正に維持することが可能となる。

AI（人工知能：Artificial Intelligence）関連技術として、プラント異常発生の原因を操業データから統計的因果推論の応用により自動分析する技術を開発した。エネ

ギー管理システムに搭載済みで、効率異常分析に適用している。また、画像認識 AI 技術の活用のため、画像認識 AI にユーザーが正しい領域を教示して再学習する技術を開発した。導入後の認識率維持のためのユーザーによるエンジニアリングが容易になる。

クラウド利用拡大のため、ログ形式などが異なる複数のソフトウェアの稼働ログを自動収集し、一元管理するログ管理プラットフォームを開発した。クラウドシステムの運転管理業務の省力化に貢献する。

設計やものづくりを支える技術として、大規模シミュレーションを短時間で実現する手法の開発を実施しており、3D 熱流体解析結果データを用いた機械学習モデルを構築した。3D 熱流体解析と同等の精度で数百分の 1 の時間で結果が得られた。今後はさらに、手法の信頼性を高め、製品開発での適用を目指していく。

ソフトウェアの開発工数削減のため、機能の一部で活用しているオープンソースソフトウェア（OSS）に対して、実機で十分な検証を行う手段が必要となる。テストケースを十分に備え、OSS を対象に実機で自動試験可能な試験環境を開発した。本環境により OSS を活用した高品質なソフトウェアを効率的に開発していく。

数百 W クラスの小容量電源に用いられる力率改善回路において、雑音端子電圧の発生源となる漏えい電流を打ち消すノイズキャンセラ技術を開発した。EMI（電磁障害：Electromagnetic Interference）フィルタの小型化に適用していく。

自動販売機の実機試験に代わるシミュレータとして冷凍回路モデルおよび庫内気流モデルを構築した。短時間のシミュレーションで運転制御試験が可能になる。

受配電機器や自動販売機などの最新の塗膜構成で屋外暴露試験、加速劣化試験を行い、塗膜構成を社内規格として整備した。品質確保および製造基盤技術強化に貢献する。

このように富士電機は、製品開発を支える先端技術、基盤技術の強化に継続的に取り組み、エネルギーと環境のフィールドで社会的価値の創出を目指していく。

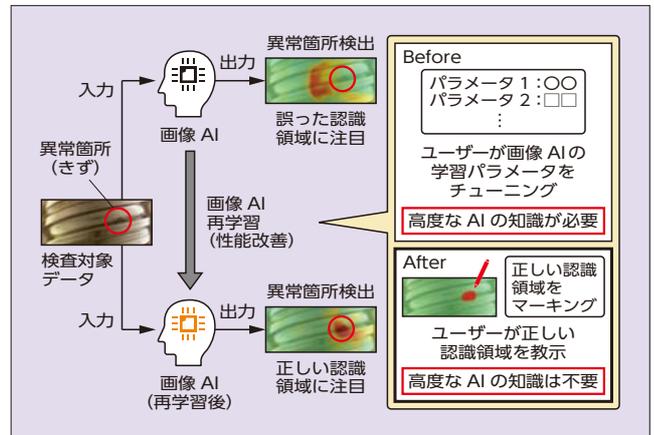
基盤技術

1 画像認識 AI の認識領域修正技術による性能改善

近年、AIによる画像認識技術の急速な発展により、外観検査など産業分野への適用が進んでいる。しかし、画像認識 AI (画像 AI) による異常検出において異常箇所を誤認識した場合、これを修正するには、高度な AI 知識を持つ専門家による学習パラメータの調整などの作業が必要であった。そこで、認識領域修正技術を開発し、AI の知識を持たないユーザーでも性能を改善することができるようにした。正しい領域を教示し、異常検出結果との誤差が小さくなるように、画像 AI を再学習することで、性能を改善する。これにより、画像 AI の品質向上を専門家の知識なしで容易に実現できる。

*BSDData [©2Obe (クリエイティブ・コモンズ・ライセンス (表示-継承4.0 国際))を改変して作成
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

図1 認識性能改善フロー*



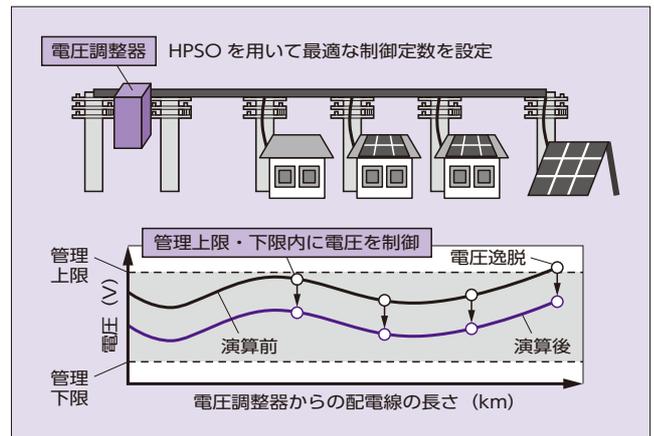
2 電圧調整器の制御定数最適化技術

2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、再生可能エネルギーの導入拡大が見込まれている。天候によって出力が変動する再生可能エネルギーの大量導入に伴い、配電システムの電圧への影響が大きくなることから、これを電気事業法で定められた管理上限・下限範囲内に維持するための監視・制御技術の高度化が求められている。

富士電機は、配電システムの電圧を調整する電圧調整器の制御定数を最適化する技術を開発した。この技術は、最適整定演算においてメタヒューリスティック手法の一つであるHPSO*を適用することで、膨大な制御定数の組合せの中から短時間で最適な制御定数を求めることができる。本技術を配電システム計画システムに適用することにより、複雑化していく配電システムの安定運用の維持に貢献する。

*HPSO : Hybrid Particle Swarm Optimization

図2 制御定数最適化技術の概要

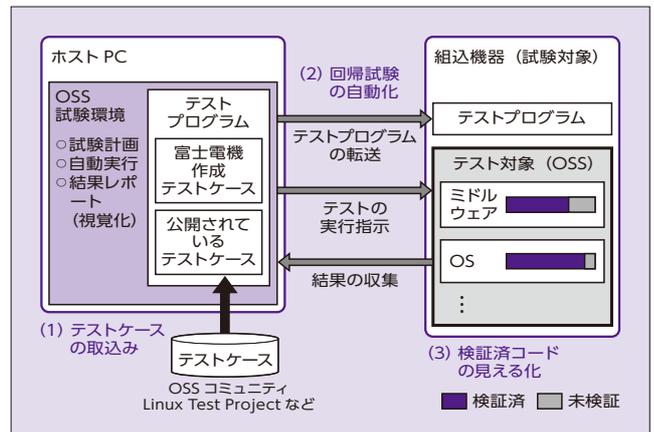


3 OSS 搭載ファームウェアの品質保証技術

組込機器のソフトウェアは、高機能化に伴って規模が拡大しており、開発工数を削減するためにオープンソースソフトウェア (OSS) の活用が進展している。一方で OSS を用いたソフトウェアの検証には、テストケース作成の省力化、頻繁に更新される OSS に対する回帰試験の効率化、検証済コード範囲の明確化などの課題があった。そこで、OSS を対象とした次の特徴を持つ試験環境を構築した。

- (1) 公開されているテストケース (2,000 以上) の取込みを可能にすることで、試験の準備工数を削減
- (2) テストケースの実行を自動化することで、OSS 更新時の回帰試験の工数を削減
- (3) テストを実行した検証済コードを見える化し、テストの網羅性を確認することが可能

図3 組込システムのテスト環境の構成例



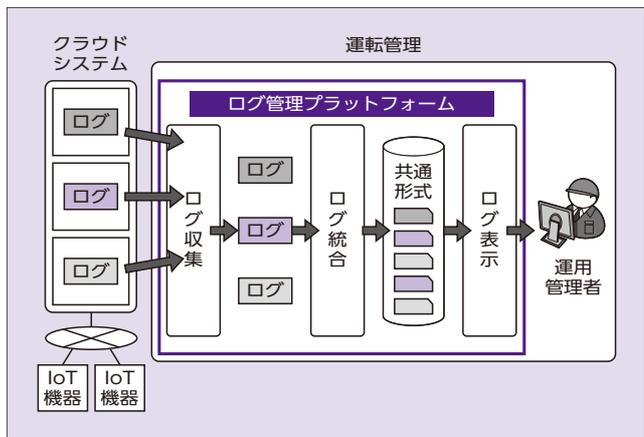
基盤技術

④ クラウドシステムのログ管理技術

IoT 機器から収集されるデータの活用などで、クラウドシステムの利用が広がっている。クラウドシステムは複数のソフトウェアが連携して動作するため、サービスの安定稼働のためには各ソフトウェアの稼働ログの監視が必須である。しかし、稼働ログはソフトウェアごとに保管されており、ログ形式なども異なるため管理が煩雑であった。

そこで、ログの収集から統合、表示までを容易に実現するログ管理プラットフォームを開発した。本プラットフォームはクラウドシステムから稼働ログを自動収集し、共通形式に変換した上で統合管理し、さらに発生時刻の相関などをグラフ表示することにより、監視作業の効率化や異常発生時の迅速な原因分析を支援する。今後は、本技術の適用を推進し、クラウドシステムの安定稼働に貢献する。

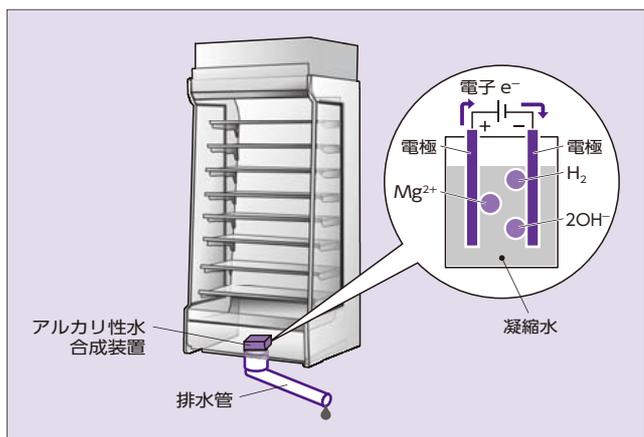
図4 ログ管理プラットフォーム



⑤ マグネシウム電解法によるアルカリ洗浄技術

富士電機は、マグネシウムを含む合金電極により水を電解処理することで、アルカリ性水を合成する技術を開発している。適用先の一つとしてコンビニエンスストアなどで利用されるショーケースの排水管の洗浄を検討している。ショーケースの冷却器で発生する凝縮水は、水道水とは異なり塩素成分を含まないため殺菌洗浄効果がなく、細菌が繁殖しやすい。細菌の繁殖によりぬめり汚れが発生し、配管詰まりや悪臭の原因となることから、店舗では定期的に排水管の清掃作業を行っている。この技術を搭載した電解処理槽に凝縮水を貯め、一定の pH 以上のアルカリ性水を合成し排水管に供給することで、ぬめり成分（多糖類など）を溶かし、細菌とともに除去する。これにより、ぬめり汚れの発生を抑制し、排水管清掃の負担を軽減できる。

図5 装置搭載例（ショーケースの配管内のぬめり除去）

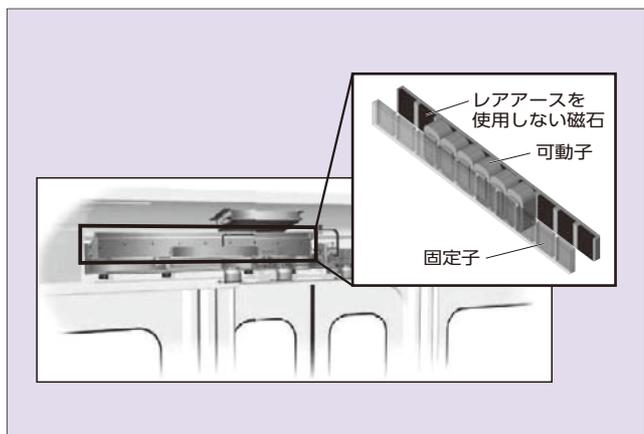


⑥ レアアースを使用しない高推力密度リニアモータ

鉄道車両ドアシステム向けのリニアモータには、高推力密度と、非常時の乗客によるドアの開閉を目的とした開扉抵抗力の低減の両立が求められる。これはコアレス構造と強力な磁石の採用で実現できるが、このような磁石に一般的に使用されるレアアースには、長期にわたる安定的な材料入手性に課題がある。富士電機は磁気設計技術を活用し、レアアースを使用しない磁石による鉄道車両ドアシステム向けリニアモータを開発した。コア付きのモータ構造を採用し、構造を最適化することにより、低磁力磁石でも従来品と同等の推力密度を実現しつつ、磁石とコアの相互作用による開扉抵抗力の増加を抑制した。

本開発により、安全・安心が求められる鉄道車両ドアシステム向けリニアモータの安定的な供給を可能とした。

図6 高推力密度リニアモータ



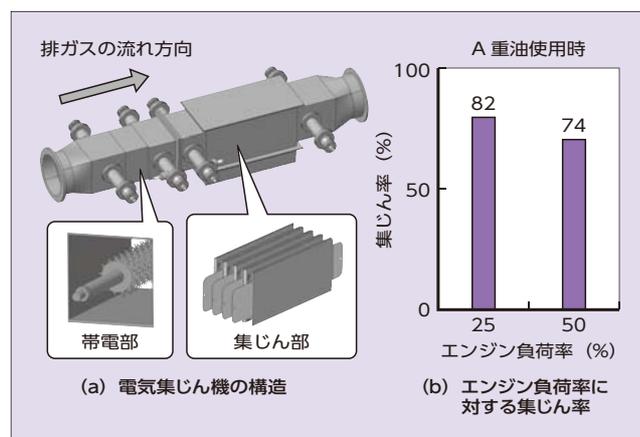
基盤技術

7 船舶エンジン向け高温高風速電気集じん技術

海運に関わる環境課題の対策として、船舶の排ガス中に含まれる微粒子を除去する技術が求められている。富士電機は、道路用の電気集じんシステムを船舶エンジンに応用する技術開発を行っている。A重油、C重油にて、高い集じん率（70%以上）が得られることを実証し、現在、第三者機関の認証取得に向けた安全性評価を推進している。主な特徴は次のとおりである。

- (1) ダクトを流れる高温（250℃超）、高風速（20m/s超）の排ガス流から電気の方で直接粒子を捕集・除去
- (2) 針電極の放電で微粒子を帯電させる帯電部と、高電界で帯電粒子を引き寄せて捕集する集じん部の二段式を採用し、帯電部での粒子の堆積を防いで機能を維持
- (3) スクラバとの併用でSO_xと微粒子の除去を両立可能

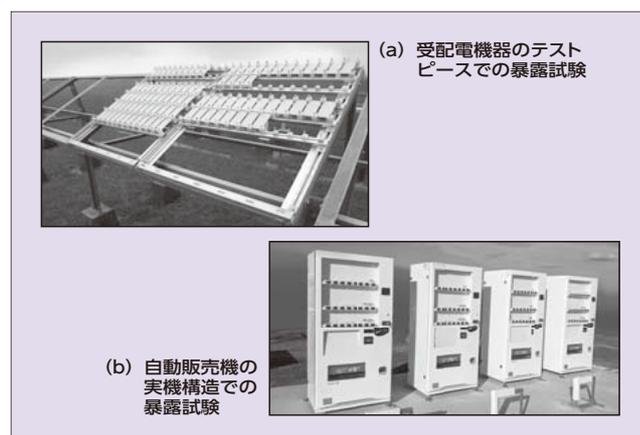
図7 電気集じん機の構造と集じん率



8 塗膜評価技術の確立

富士電機は、受配電機器や自動販売機などの板金筐体（きょうたい）に対し、防食性や意匠性などの付加価値を付与する塗装を行っている。近年、製品を設置する環境の多様化や、塗料の進化に伴い、新たな試験方法が必要となっていた。そこで、最新の塗膜の耐久性について、屋外暴露試験や加速劣化試験を行い、現状の製品設置環境に即した塗膜の種類、膜厚、施工方法を整備した。また、暴露試験品と加速劣化試験品との塗膜劣化および腐食速度の相関を取ることで、製品の実使用環境を模擬し、かつ、従来よりも短期間で劣化促進可能な加速劣化試験方法を確立した。これらの取組みにより、製品の設置環境に適した塗装膜の選定や、加速劣化試験を用いた品質確認を可能にし、信頼性の高い製品の提供に貢献する。

図8 暴露試験の様子



先端技術

1 紫外吸収分光法による低濃度ガス計測技術

環境規制の厳格化に伴い、ガス分析計には低濃度範囲における測定精度向上への要求が高まっている。従来の赤外線ガス分析計では、ガスに含まれる阻害成分（水分など）の吸収による外乱の影響のため、低濃度の安定した計測が困難だった。富士電機は、阻害成分の吸収スペクトルが存在しない紫外線分光技術を適用した低濃度ガス計測技術を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 多重反射ガスセルの適用により、測定光路長を伸ばすことで低濃度範囲（0～25ppm）の測定が可能
- (2) 3種類のガス成分（二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素）を同時に計測が可能
- (3) 消耗品である窒素酸化物変換触媒が不要であるため、低ランニングコストを実現

図9 紫外線ガス分析計（製品イメージ）



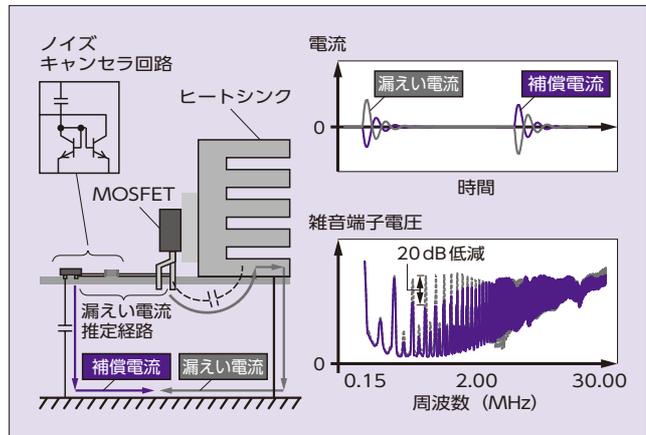
先端技術

② 力率改善回路のノイズキャンセラ技術

数百 W クラスの小容量電源に用いられる力率改善回路において、雑音端子電圧を低減するために設けられる EMI フィルタが、小型化の妨げとなっている。そこで、雑音端子電圧の発生源である漏えい電流を、逆極性の補償電流を注入することにより打ち消すノイズキャンセラ技術を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 汎用トランジスタを適用した、小型かつ簡単な回路構成により実現
- (2) 150 kHz ~ 2 MHz 帯域における雑音端子電圧を最大 20 dB (約 90%) 低減
- (3) スペクトラム拡散技術を併用することで、EMI フィルタを従来比約 50% に小型化が可能

図 10 アクティブノイズキャンセラ技術の原理と効果



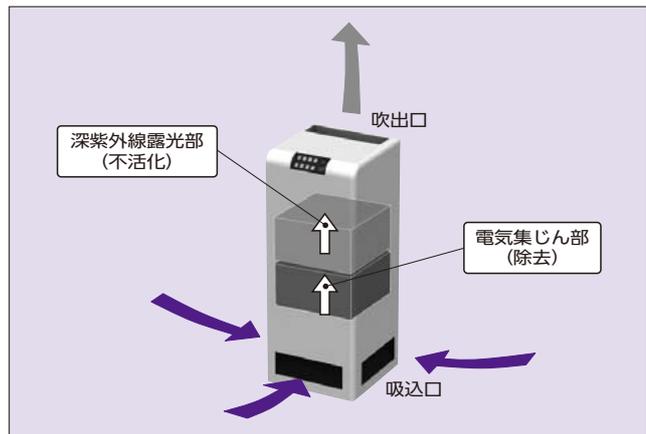
③ 空間ウイルス不活化技術

感染症対策に向け、電気集じんと深紫外線照射を組み合わせたハイブリッド式の空間ウイルス不活化装置を、環境省の実証事業*において開発している。本装置により、大風量の換気が不要となり、空調電気代を最大 40% 低減できる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 独自の円板構造電極により、人体に有害となるオゾンの排出を抑制しながら高効率にウイルスを除去 (除去率 99%、オゾン排出 ≤ 0.05 ppm)
- (2) 照明・流体連成解析技術にて抽出した深紫外線の均一照射 LED モジュールにより、装置内を通過するウイルスを高効率に不活化 (浮遊ウイルス不活化率 99%)

*環境省が発表している“革新的な省CO₂型感染症対策技術等の実用化加速のための実証事業”

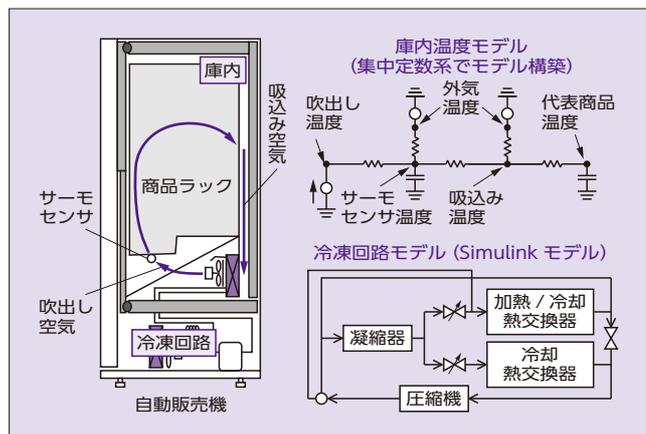
図 11 ハイブリッド式の空間ウイルス不活化装置



④ 1D シミュレーションを用いた自動販売機の冷熱開発技術

コロナ禍において、非接触・非対面という販売チャネルが注目され、自動販売機で販売する製品が多様化している。従来、自動販売機の開発は機種ごとに実機で運転制御試験を行うため、開発に時間がかかっていた。そこで、シミュレータ MATLAB/Simulink を使用して庫内温度モデルを構築した。このモデルは、三次元の空気の流れを必要最低限の温度ポイントをつなぐ 1D 回路モデルで表現することで、モデルを単純化し、解析時間の短縮を図った。その結果、実機試験で 48 時間かかる運転制御試験を 15 分に短縮した。実機とシミュレーションの誤差は、商品温度で平均 ± 1.5 K の予測精度を実現した。最終的には自動販売機的全開発期間を約半分に短縮することを目指す。

図 12 自動販売機の 1D シミュレーションモデル





*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。